



Master Thesis

Benthische Kleinfischarten des Tessins Verbreitung und Habitatsnutzung des Ghiozzo (*Padogobius bonelli*) und der Cagnetta (*Salaria fluviatilis*)

Author(s):

Elmiger, Christof

Publication Date:

2002

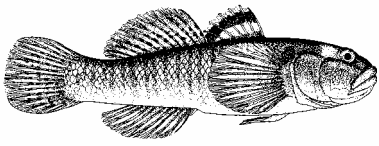
Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004418074> →

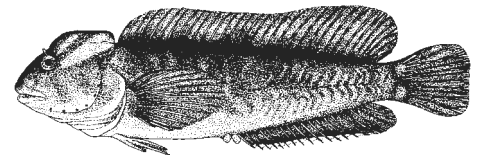
Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).



**Benthische Kleinfischarten
des Tessins: Verbreitung und
Habitatsnutzung des Ghiozzo
(*Padogobius bonelli*) und der
Cagnetta (*Salaria fluviatilis*)**



Diplomarbeit von Christof Elmiger
Abteilung systematische und ökologische Biologie
(XAa) der ETH Zürich

Betreuung: Dr. Rudolf Müller
2. April bis 2. Oktober 2002



EAWAG
Forschungszentrum für Limnologie
CH-6047 Kastanienbaum

Danke...

Während der Diplomarbeit habe ich von verschiedensten Seiten Hilfe und Unterstützung erfahren. Dafür möchte ich mich bei allen herzlich bedanken.

Besonders gefreut hat mich:

- die gute Betreuung und die tatkräftige Mithilfe bei der Feldarbeit von *Ruedi Müller*.
- die Gastfreundschaft von *Marco Lugli* und *Romano Romani* von der Università degli Studi di Parma, die mir den Ghiozzo im Torrente Stirone gezeigt haben.
- die Unterstützung bei der Suche nach Dokumenten durch die Bibliothekarinnen der EAWAG und die Mitarbeiter des Naturhistorischen Museums in Lugano.
- die technische Unterstützung durch *Erwin Schäfer*, *Mampasi Mbwenemo Bia* und *Hans Jürg Meng*.
- die geduldige Beratung von *Roman Lutz* vom statistischen Institut der ETH Zürich.
- die persönliche Hilfsbereitschaft von *Beatrice Jann*, *Brigitte Marazzi*, *Christian Rellstab*, *Elio Steiger*, *Markus Wilke*, *Pius Niederhauser*, *Scott Tiegs* und *Stefano Coratelli*.
- die Hilfsbereitschaft verschiedener Büros, Ämter und Institutionen: AquaPlus, Aquarius, Sezione protezione aria, acqua e suolo (*Mauro Veronesi* und *Marco Simona*), Servizio cantonale della caccia e pesca (*Bruno Polli*), CIP AIS, Ufficio protezione della natura, Parco Botanico del Cantone Ticino (Brissagoinsel).
- die Unterstützung meiner Familie.
- die Aufmunterungen, Ratschläge, Ideen und Fussballspiele von Freunden und von den Mitarbeitern der EAWAG in Kastanienbaum.
- die gemütliche Zeit mit den lieben Menschen der Wohngemeinschaft an der Technikumstrasse 10.

Kontakt

Christof Elmiger
Konradstrasse 49
8005 Zürich

chelmiger@student.ethz.ch

pdf-Version: <http://www.lab4web.com/chelmiger/da>

Titelbild: Ghiozzo (oben) und Cagnetta (unten)

Fischzeichnungen von Luigi Corsetti aus "I pesci delle acque interne italiane" Gandolfi, G., P. Torricelli, S. Zerunian, and A. Marconato 1991, Institutio Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung / Abstract.....	7
2	Einleitung.....	9
2.1	Fragestellungen und Ziele dieser Arbeit.....	9
2.2	Elemente der Untersuchung.....	9
2.3	Systematik und Biologie der beiden Kleinfischarten.....	10
2.3.1	Artnamen.....	10
2.3.2	Systematik.....	10
2.3.3	Morphologie.....	11
2.3.4	Lebensweise und Habitat.....	16
2.3.5	Fortpflanzung und Wachstum.....	16
2.3.6	Wirtschaftliche Bedeutung.....	17
2.4	Verbreitung und Schutzstatus weltweit.....	18
2.4.1	Rote Listen.....	18
2.4.2	Verbreitung und Status in verschiedenen Ländern.....	20
2.5	Untersuchungsgebiet.....	22
2.5.1	Übersicht.....	22
2.5.2	Details zu den Seen.....	23
3	Methoden.....	25
3.1	Fischbeobachtungen im Feld.....	25
3.2	Verbreitungsuntersuchung.....	25
3.2.1	Bisherige Kenntnisse zur Verbreitung.....	25
3.2.2	Aktuelle Verbreitung.....	25
3.2.3	Zeitraum und Umfang.....	26
3.3	Mikrohabitatsuntersuchung.....	26
3.3.1	Methode.....	26
3.3.2	Parameter und Messmethoden.....	26
3.3.3	Auswahl der zu untersuchenden Uferabschnitte.....	27
3.3.4	Arbeitsablauf.....	28
3.3.5	Zeitraum und Umfang.....	28
3.3.6	Datenanalyse.....	28
3.3.7	Mikrohabitatsuntersuchung in grösseren Tiefen.....	33
3.4	Fotografie.....	33
3.4.1	Aquarienfotos.....	33
3.4.2	Aussenaufnahmen.....	33
4	Resultate.....	35
4.1	Bisherige Kenntnisse zur Verbreitung.....	35
4.1.1	Ghiozzo.....	35
4.1.2	Cagnetta.....	35
4.2	Aktuelle Verbreitung.....	38
4.2.1	Seen.....	39
4.2.2	Fliessgewässer.....	39
4.3	Mikrohabitatsnutzung.....	39
4.3.1	Einfluss des Mikrohabitats auf Artenzusammensetzung, Grössenzusammensetzung und Abundanz.....	39

4.3.2	Nischenpräferenz.....	42
4.3.3	Versteckverhalten.....	49
4.3.4	Abundanz von Fischen und Nestern.....	49
4.3.5	Tiefenverteilung	50
4.4	Fotos	50
5	Diskussion.....	51
5.1	Methode.....	51
5.1.1	Feldarbeit.....	51
5.1.2	Datenanalyse	51
5.2	Verbreitung und Abundanz	52
5.2.1	Verbreitung des Ghiozzo.....	52
5.2.2	Verbreitung der Cagnetta	53
5.2.3	Abundanz.....	54
5.3	Mikrohabitatsnutzung.....	55
5.3.1	Nutzung des Substrates	55
5.3.2	Tiefenverteilung	56
5.4	Konkurrenz.....	56
5.5	Ökologische Bedeutung	58
5.5.1	Jäger.....	58
5.5.2	... und Gejagte.....	58
5.5.3	Grosszügiger Wirt	59
5.6	Status Rote Liste.....	59
5.6.1	Heutige Klassierung	59
5.6.2	Neubeurteilung	59
5.7	Schlussfolgerungen	61
6	Literaturverzeichnis.....	63
7	Anhang	69
7.1	Untersuchungsorte und Fischbeobachtungen.....	69
7.2	Steckbrief.....	73

1 Zusammenfassung / Abstract

Die beiden benthischen Kleinfischarten Ghiozzo (*Padogobius bonelli*) und Cagnetta (*Salaria fluviatilis*) kommen in der Schweiz nur südlich der Alpen im Tessin vor. Sie gelten in unserem Land als stark gefährdete Tierarten, unter anderem weil wenig über ihre Verbreitung und ihre Ansprüche an den Lebensraum bekannt ist. Das Ziel dieser Diplomarbeit war deshalb, sowohl die frühere als auch die heutige Verbreitung dieser beiden Fischarten in den Schweizer Gewässern abzuklären und zusätzlich Informationen über die Habitatsnutzung zu sammeln.

Dazu wurden eine Vielzahl von Uferabschnitten der beiden Seen Lago di Lugano und Lago Maggiore sowie einige Streckenabschnitte von Fliessgewässern im Einzugsgebiet der Seen auf Vorkommen des Ghiozzo und der Cagnetta untersucht. Im Weiteren wurde anhand von Transektuntersuchungen das Präferenzverhalten bezüglich verschiedener Mikrohabitatsparameter studiert. Dabei stellte sich heraus, dass zwischen den beiden Fischarten gewisse Unterschiede in der Mikrohabitatsnutzung bestehen, vor allem in Bezug auf Substratbeschaffenheit: die Cagnetta zeigt starke Präferenzen für Muttergestein und Felsblöcke, während der Ghiozzo eher in Zonen mit Steinen kleineren Durchmessers zu finden ist.

Vergleiche der früheren und heutigen Verbreitung zeigten, dass der Bestand der Cagnetta in beiden Seen über die vergangenen Jahrzehnte stark angewachsen ist, während die Population des Ghiozzo im Lago di Lugano in den letzten Jahren erheblich zurückgegangen ist. Im Lago Maggiore ist der Ghiozzo nach wie vor in grosser Zahl vorhanden. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde eine Neubewertung des Schutzstatus beider Fische durchgeführt. Es wird vorgeschlagen, für den Ghiozzo den Status "Stark gefährdet" beizubehalten und die Cagnetta unter "Nicht gefährdet" einzustufen.

In Switzerland the common goby (*Padogobius bonelli*) and the freshwater blenny (*Salaria fluviatilis*) are restricted to the lakes and streams in the Tessin, south of the alps. Their national conservation status is "Stark gefährdet" (IUCN 1993: Vulnerable, IUCN 2000: Endangered), mainly because little is known about these species' distribution and habitat requirements. The goal of this diploma thesis was therefore to clarify the past and the present distribution of the common goby and the freshwater blenny as well as to contribute knowledge about their habitat usage.

To determine distribution, shoreline sites of Lake Lugano and Lake Maggiore as well as segments of streams draining into lakes were surveyed for the occurrence of common gobies and freshwater blennies. Transect counts were performed to study the preference behaviour in terms of microhabitat parameters. It was found that the two fish species exhibit usage of different microhabitat, particularly regarding substrate composition: the freshwater blenny strongly prefers bedrock and boulder substrates, while the common goby is more likely to be found in zones of smaller substrate sizes. Comparison between past and present distributions reveals that the population of the freshwater blenny has grown in recent decades in both lakes, whereas the population of the common goby has considerably declined in Lake Lugano. In Lake Maggiore the common goby is still present in great numbers. Based on these findings I reevaluated the conservation status of the two species and propose to retain the status "Stark gefährdet" for the common goby and to reclassify the freshwater blenny as "Nicht gefährdet" (Least Concern).

2 Einleitung

2.1 Fragestellungen und Ziele dieser Arbeit

Ausgangslage

Über die Verbreitung und die Habitatsansprüche der beiden Tessiner Kleinfischarten Ghiozzo (*Padogobius bonelli* Bonaparte, 1846) und Cagnetta (*Salaria fluviatilis* Asso, 1801) in der Schweiz sind nur wenige Informationen vorhanden. Dies trägt dazu bei, dass beide Arten in der Schweiz als "Stark gefährdet" eingestuft worden sind (Kirchhofer et al. 1990). Es ist deshalb wünschenswert, die Kenntnisse über den Ghiozzo und die Cagnetta zu verbessern, damit der Status überprüft und falls nötig, Schutzmassnahmen ausgearbeitet werden können.

Ziele

- A. Abklären der früheren und heutigen Verbreitung in der Schweiz.
- B. Habitatsbedürfnisse des Ghiozzo und die Cagnetta abklären.
- C. Einen Beitrag zur Erarbeitung von Untersuchungsmethoden von benthischen Kleinfischen zu leisten.
- D. Fotografien zu machen, die für Vorlesungen, Kurse und andere Zwecke eingesetzt werden können.

Fragestellungen

- A. Wo sind der Ghiozzo und die Cagnetta früher vorgekommen, und wo kommen sie heute vor? Wie gross sind die Bestände?
- B. Welche Habitatsfaktoren beeinflussen die Abundanz der beiden Fischarten? Zeigen die untersuchten Fische Präferenzen bezüglich messbarer Habitatsparameter?
- C. Welche Methoden eignen sich für wissenschaftliche Arbeiten mit benthischen Kleinfischen?

2.2 Elemente der Untersuchung

1. Literatursuche über die frühere Verbreitung und heute bekannte Vorkommen
2. Suche von Augenzeugen, die den Ghiozzo oder die Cagnetta kennen
3. Feldarbeit zur heutigen Verbreitung
4. Feldarbeit zur Mikrohabitatsnutzung
5. Auswertung der Daten und Schreiben des Berichts

2.3 Systematik und Biologie der beiden Kleinfischarten

2.3.1 Artnamen

Im Folgenden sei eine kurze Übersicht über gebräuchliche lateinische, italienische und deutsche Namen gegeben. Da beide Fische in unserem Sprachraum gar nicht vorkommen, wird in dieser Arbeit den italienischen Namen den Vorzug gegeben, wie sie übrigens auch in der Roten Liste Verwendung finden (Kirchhofer et al. 1990).

Ghiozzo

Kottelat (1997), stellt klar, dass der bisher in der Literatur wohl am meisten verwendete Name *Padogobius martensii* keine Gültigkeit besitzt, und dass stattdessen der Name *Padogobius bonelli* (Bonaparte, 1846) zu verwenden ist. Weitere ungültige Synonyme sind: *Gobius fluviatilis*, *Gobius bonelli*, *Gobius martensii*, *Padogobius martensi*, *Padogobius panizzae* (Kottelat 1997; Froese & Pauly 2002). Auch im Italienischen existiert eine Reihe von Namen: Ghiozzo del Panizza, Ghiozzo di Fiume, Ghiozzo Padano (Locatelli 1990; Gandolfi et al. 1991; Giussani) werden häufig genannt; in der Südschweiz wird aber mangels Artverwandten in der Regel auf eine Differenzierung verzichtet und schlicht Ghiozzo verwendet (Pavesi 1872; Steinmann 1936 und andere). Im Deutschen verwendete Namen sind Panizza-Grundel und Gardasee-Grundel (Zaugg et al. 1990; Gerstmeier & Romig 1998).

Cagnetta

Die heute gebräuchliche Namenskombination *Salaria fluviatilis* (Asso, 1801) geht auf Bath (1977) zurück. Veraltete Synonyme sind unter anderem: *Blennius fluviatilis*, *Blennius cagnota*, *Blennius vulgaris* (Froese & Pauly 2002). Im Italienischen heisst der Fisch Cagnetta (Diminutiv von cagna, Hündin), Gerstmeier & Romig (1998) verwenden im Deutschen den Namen Süßwasserschleimfisch.

2.3.2 Systematik

Übersicht

Der Ghiozzo (Familie der Grundeln, Gobiidae) und die Cagnetta (Familie der Schleimfische, Blenniidae) werden beide der Ordnung der Barschartigen, Perciformes, zugeordnet. Aufgrund zahlreicher moderner Merkmale gelten die Barschartigen als fortgeschrittenste Fischgruppe und mit rund 6000 Arten stellen sie zugleich auch die artenreichste Wirbeltierordnung. Die morphologisch und ökologisch dem Ghiozzo sehr ähnliche Groppe (*Cottus gobio*, Familie der Groppen, Cottidae) gehört hingegen zur Ordnung der Drachenkopffartigen, Scorpaeniformes. Beide Ordnungen gehören zur Überordnung der Stachelflosser, Acanthopterygii, die sich durch Stachelstrahlen der Rücken- und Afterflossen auszeichnen (Fiedler 1991; Ziswiler 1991).

Grundeln

Die Familie der Grundeln (Gobiidae) ist mit 200 Gattungen und ca. 2000 Arten eine der artenreichsten Fischfamilien überhaupt (Fiedler 1991). Fast alle Grundelartigen sind kleiner als 30 cm. Die meisten Grundelartigen sind marine Warmwasserfische,

und sie erreichen die grösste Diversität in tropischen Ökosystemen wie Korallenriffen und Mangrovensümpfen. Daneben existieren aber auch einige Brackwasser- und Süsswasserformen. Innerhalb des monophyletischen Taxons werden drei evolutive Grundformen unterschieden (Miller 1993):

- A. Schmerlengrundeln (Indo-Australische Gattung *Rhyacichthys*): urtümlichste Form.
- B. Schläfergrundeln (ca. 40 Gattungen): tropisch, Brack- oder Süsswasserarten, Seitenlinie stark reduziert.
- C. typische Grundeln (ca. 160 Gattungen, u.a. *Padogobius*): Seitenlinie stark reduziert; Bauchflossen zu Saugscheibe verwachsen

In Italien kommen drei Grundelarten vor, die vollständig auf Süsswasserlebensräume spezialisiert sind: *Padogobius bonelli* (Adriatisches Einzugsgebiet), *Padogobius nigricans* (Tyrrhenisches Einzugsgebiet südlich des Apennins) sowie *Knipowitschia punctatissima* (Nordost-Italien) (Miller et al. 1994). Es wird angenommen, dass innerhalb dieser Abstammungslinien der Übergang zur Süsswasserlebensweise mehrmals erfolgt ist (Penzo et al. 1998). Im Mittelmeerraum findet man noch vier weitere, hauptsächlich im Süsswasser lebende Arten, unter ihnen auch die Marmorgrundel (*Proterorhinus marmoratus*), deren Verbreitungsgebiet dem Einzugsgebiet der Donau aufwärts, von den Ästuaren des Schwarzen Meers bis nach Österreich folgt (Miller 1990). Nördlich der Alpen gibt es keine Süsswassergrundeln (Gerstmeier & Romig 1998).

Schleimfische

Die Familie der Schleimfische (Blenniidae) umfasst rund 700 Arten (Gerstmeier & Romig 1998). Es sind zumeist tropische Meeresfische, nur wenige Arten kommen in nördlicheren Regionen vor. Schleimfische besitzen stark reduzierte Schuppen, die tief in der drüsenreichen, schleimigen Haut eingebettet sind, eine lange, durchgehende Rückenflosse und tragen an Stirn und Kopf oft artspezifische Hauttentakel. Die Schwimmblase ist stark reduziert (Bath 1977).

Während sich einige Schleimfische auf Brackwasserverhältnisse spezialisiert haben, so ist die Cagnetta die einzige Art ihrer Familie, die permanent im Süsswasser leben kann (Gerstmeier & Romig 1998). Sie ist der Gattung *Salaria* zugeordnet, deren vier Arten gemeinsam ist, dass die Männchen einen grossen, fleischigen Nackenkamm tragen (Bath 1977).

2.3.3 Morphologie

Als fortgeschrittene Knochenfische besitzen der Ghiozzo und die Cagnetta Rückenflossen, deren hartstrahliger vorderer Teil für Fortwärtsbewegungen abgelegt und für Kiel- oder Ruderfunktionen aufgestellt werden kann. Der hintere Teil, aus weichen Strahlen bestehend, stabilisiert und hilft in der Erzeugung von Schubkraft oder beim Bremsen. Ausserdem zeigen beide Arten folgende Merkmale, wie sie für benthische Knochenfische typisch sind (Hynes 1970): eine reduzierte Schwimmblase, reduzierte Schuppen, lateral plazierte Brustflossen, anterior plazierte und zur Erhöhung der Reibung morphologisch angepasste Bauchflossen, dorsoventral plazierte Augen. Die kleine Körpergrösse scheint optimal zu sein für die Nutzung kleiner Habitatsnischen und kleiner Beuteorganismen (Miller 1993).

Ghiozzo

Abbildung 1: Ein junger Ghiozzo, ca.4 cm (Aquarium).

Der Ghiozzo ist mit seiner Adultgrösse von 6-8 cm (Gandolfi & Tongiorgi 1974) eine der kleinsten Fischarten der Schweiz. Er besitzt einen breiten Kopf mit froschähnlich hervorstehenden Augen und einem schiefen Mund, der mehrreihig angeordnete konische Zähne birgt (Gandolfi et al. 1991). Die Brustflossen wie die Schwanzflosse sind gross und rund, die Rückenflosse ist zweiteilig. Die vorderere Rückenflosse weist drei Längs-Bänder auf, von denen das obere und das basale aktiv hell oder dunkel gefärbt werden können. Die zwei brustständigen Bauchflossen sind beim Ghiozzo zu einem trichterförmigen zu einer Haftorgan verwachsen (Gandolfi & Tongiorgi 1974). Damit können sich die Fische z.B. auch an Glasscheiben oder Kopfüber an einer Hand festsaugen. Bei den meisten Grundelartigen dient dieser Saugnapf wahrscheinlich der Reproduktion, wenn Männchen und Weibchen Seite an Seite an der Decke oder Wand des Nestes haften, um Eier abzulegen bzw. zu befruchten (Fatio 1882; Miller 1993). Wie die Abbildungen 1 und 3 zeigen, nutzen Ghiozzos den Bauchflosse auch gerne, um sich auf dem Substrat aufzustützen. In turbulentem Wasser sorgt die Saugkraft für einen ruhigeren Stand (Gibson 1993).

Im vorderen Teil des Körpers sind die Schuppen stark reduziert, im hinteren Bereich hingegen sind sie gut entwickelt. Die Körperfärbung kann stark variieren. Im allgemeinen ist sie unauffällig, mit dunklen, streifenartigen Flecken auf den Flanken. Das Körpermuster ist aber auch anpassbar¹: Aggressivität sowie reproduktive Aktivität bei Männchen wird durch dunkle Verfärbung des Kopfes, durch Betonung der Querstreifen am Körper, und durch dunkle Färbung der ersten Rückenflosse kommuniziert. Das oberste Band der Rückenflossen schimmert dann metallisch blau. Paarungsbereite Weibchen sowie unterwürfige Männchen färben den Körper hell und das graue Band der vorderen Rückenflosse soll dann angeblich rosa schimmern (Gandolfi & Tongiorgi 1974). In dieser Arbeit wurden allerdings neben der blauen Farbe vor allem Goldfärbung beobachtet (Abb.2). In der Literatur wird für Aggressi-

¹ Begeistert dazu äussert sich Fatio (1882): "Aucun de nos poissons d'eau douce, en Europe, pas même l'Épinoche (=Stichling), ne me paraît présenter, sous l'action des chromatophores, une mobilité et une variabilité aussi étonnante de la couleur."

vität sowie Paarungsbereitschaft bei Männchen auch eine Schwarzfärbung des ganzen Körpers erwähnt (Fatio 1882; Gandolfi et al. 1991).

Das Seitenlinienorgan ist beim Ghiozzo stark reduziert. Als Besonderheit fehlen beim Ghiozzo sogar sämtliche Kopfkanäle des Seitenlinienorgans, anstelle von lateralen Linienkanälen zwischen den Augen besitzt er paarige Reihen von interorbitalen Sinnespapillen. Dies unterscheidet den Ghiozzo von seinem nächsten Verwandten, dem Ghiozzo di Ruscello (*Padogobius nigricans*).

Das Männchen wird ein wenig grösser als das Weibchen, ausserdem haben sie einen längeren und breiteren Kopf als diese sowie einen kürzeren und dickeren Schwanzstiel. Die Genitalpapillen sind das sicherste Bestimmungsmerkmal: sie sind lang und konisch beim Männchen und kurz und breit beim Weibchen (Gandolfi & Tongiorgi 1974).

Der Ghiozzo sieht in seinem Äusseren der Groppe (*Cottus gobio*) in vielerlei Hinsicht sehr ähnlich. Das Merkmal, das den Ghiozzo am deutlichsten von der Groppe unterscheidet, sind seine verwachsenen Bauchflossen. Der kleine Saugnapf ist aber nicht leicht zu sehen. Er ist transparent, und wenn man den Fisch aus dem Wasser nimmt liegt er eng am Körper an. Die paarigen Bauchflossen der Groppe heben sich hingegen farblich und strukturell gut vom Körper ab und sind deshalb besser sichtbar. Mit ein bisschen Übung erkennt man den Ghiozzo aber auch ohne ihn fangen zu müssen; z.B. anhand des Kopfes, der im Verhältnis zum Körper etwas weniger breit geraten ist als bei der Groppe, anhand der allgemein etwas kleineren und schlankeren Erscheinung und allenfalls auch anhand der Musterung, die beim Ghiozzo etwas weniger kontrastreich zu sein scheint.



Abbildung 2: Metallische Farbeffekte der Rückenflossen.

Abbildung 3:

Die beiden Bauchflossen sind beim Ghiozzo zu einem Saugnapf verwachsen, der in diesem Bild senkrecht vom Körper abgespreizt wird. Die Öffnung (dunkel) zeigt nach vorne. (Aquarium)



Cagnetta

Abbildung 4: Ein Weibchen in typischer Beobachtungsstellung (Lago Maggiore).

Auch die *Cagnetta* besitzt grosse, segelförmige Brustflossen und eine konvexe Schwanzflosse. Die Rückenflossen sind zu einem langen, ungeteilten Band verwachsen. Die Afterflosse ist länger als beim *Ghiozzo*, und der Randsaum der Afterflosse schimmert metallisch blau (Wickler 1957). Die beiden kehlständigen Bauchflossen sind unverwachsen und von fingerartig geteilter Form. Mit einer Gesamtlänge von durchschnittlich 10-12 cm (Gandolfi et al. 1991) werden adulte *Cagnettas* deutlich grösser als *Ghiozzos*. Der Kopf ist hoch und von einer kurzen, steilen Schnauze gekennzeichnet. Das Maul ist dicht bezahnt und mit vier kräftigen Eckzähnen bestückt (Wickler 1957; Fiedler 1991). Direkt über den Augen befinden sich häufig kleine, fadenförmige Tentakel, manchmal mit mehrzipfligen Enden (Wickler 1957). Die stark reduzierten Schuppen sind tief in der schleimigen Haut eingebettet (Gerstmeier & Romig 1998).

Das Farbmuster der *Cagnetta* ist äusserst vielfältig und wurde von Wickler (1957) gut untersucht. *Cagnettas* können die Helligkeit ihrer Färbung derjenigen des Untergrundes anpassen. Wichtiger als der Untergrund scheint aber die Territorialität zu sein. Ausserhalb des Territoriums ist der Rücken meist gelblich-grün, der Bauch gelblich-weiss (Abb.4). Auf den Flanken befinden sich dunkle, unregelmässige Streifen, jene der dorsalen Körperhälfte färben auch die Basis der Rückenflosse. Auf jeder Seite des Kopfes fliessen zwei helle Streifen hinter dem Auge zusammen. Diese "Helmstreifen" bilden ein meist gut sichtbares, nach hinten offenes V. Territoriale Tiere sind dunkel gefärbt, die Musterung ist nur noch undeutlich oder gar nicht mehr sichtbar (Abb.5). Bei den Feldarbeiten für diese Arbeit konnte festgestellt werden, dass insbesondere brutbewachende und entsprechend territoriale Männchen oft schwarzviolette Farben annehmen, und dass sich der Farbwechsel innerhalb von wenigen Sekunden vollziehen kann. Weisse Poren säumen den Verlauf verschiedener Kanäle des Seitenliniensystems im Kopf- und im vorderen Rumpfbereich (Abb.5). Die Seitenlinie führt oberhalb des oberen Randes der angelegten Brustflosse nach hinten, biegt ungefähr auf Höhe des siebten Rückenflossenstachels nach unten ab und läuft anschliessend in Flankenmitte unsichtbar nach hinten weiter (Wickler 1957; Bath 1977).

Geschlechtsreife Männchen sind grösser als Weibchen und gut zu erkennen am deutlich ausgebildeten fleischigen Kamm, der über den Augen beginnt und vor der Rückenflosse aufhört² (Abb.6). Offenbar können auch Weibchen einen kleinen Kamm besitzen, weshalb das Geschlecht bei jungen Fischen besser anhand der unterschiedlich ausgebildeten Analfelder unterschieden wird (Wickler 1957).

In Italien und in der Türkei wurde beobachtet, dass sich einzelne Populationen auf morphologischer und morphometrischer Ebene bemerkenswert unterscheiden. (Gandolfi et al. 1991).

Obwohl die Cagnetta sich äusserlich klar vom Ghiozzo unterscheidet, kann die sichere Identifizierung im Feld anfänglich Mühe bereiten. Bei kleinen Cagnettas sieht die Rückenflosse manchmal zweiteilig aus, da sie sehr transparent und in der Mitte stark eingebuchtet sein kann. Ausserdem erscheint der Kopf im Verhältnis zum Rumpf breiter als bei adulten Tieren. Gute Merkmale im Feld sind deshalb neben der Form der Rückenflosse vor allem auch die Kopfform im Seitenprofil, das neugierige Verhalten und die typische seehundähnliche Körperhaltung, wenn die Cagnetta sich auf ihren Bauchflossen aufstützt.

Abbildung 5:
Ein territorial gefärbtes Weibchen (Aquarium). Das Seitenliniensystem ist gut sichtbar (weisse Punkte).



Abbildung 6:
Ein brutbewachendes Männchen mit deutlich ausgebildetem Nackenkamm (Lago di Lugano).



² Auch männliche Fische der Percidae weisen geschwollene Nackenkämme auf. Es wird vermutet, dass diese wichtige sekretorische oder sensorische Funktionen erfüllen, z.B. Sekretion von Fungiziden zum Schutz der Eier (Page & Swofford 1984).

2.3.4 Lebensweise und Habitat

Sowohl der Ghiozzo wie die Cagnetta kommen hauptsächlich in kleineren Fließgewässern und in Seen vor. Sie leben auf dem Grund, wo sie Jagd auf benthische Makroinvertebraten machen und sich unter Steinen verstecken können. Cagnettas können auch junge Fische aus der Wassersäule fangen (Freeman et al. 1990). Männchen wie Weibchen sind territorial, und verteidigen ihr Versteck und die umliegende Zone gegenüber Artgenossen (Wickler 1957; Gandolfi & Tongiorgi 1974). Bei den Cagnettas beschränkt sich das territoriale Verhalten möglicherweise auf die Periode der Fortpflanzung (Freeman et al. 1990). Die Cagnetta kann unter Steinen selber Hohlräume graben und kotet ausserdem stets nur ausserhalb der Höhle (Wickler 1957).

Den Ghiozzo und die Cagnetta kann man tagsüber beide im Freien beobachten, dabei legen sie jedoch ein sehr unterschiedliches Verhalten an den Tag. Der Ghiozzo ist sehr scheu, und verschwindet meistens unter einem Stein, bevor man ihn entdeckt hat. Auch die Cagnetta flieht meistens, oft setzt sie sich aber einfach ein paar Meter weiter wieder ungeschützt hin. Sie zeigt eine ausgesprochene Neugier gegenüber fremden Objekten. Legt man an in einem guten Habitat seine Hand auf den Seegrund, so versammelt sich in kürzester Zeit bald ein halbes bis ein Dutzend Cagnettas darum herum, und die grossen werden es sich nicht nehmen lassen, wenigstens eine Kostprobe zu versuchen.

2.3.5 Fortpflanzung und Wachstum

Die beiden Fischarten weisen auch bezüglich Fortpflanzung viele Gemeinsamkeiten auf. Die Fortpflanzungszeit beginnt im Frühling um den April herum und hört im Sommer gegen Ende Juli auf. Männchen locken Weibchen in die Höhle, wo dieses mehrere hundert Eier in einer einzelnen Schicht an die Unterseite des Steins klebt (Wickler 1957; Marconato et al. 1989). Im Gegensatz zur Groppe, die die Eier mehrschichtig auf das Substrat klebt, ist deshalb die Fläche des Neststeins limitierend für die Gelegegrösse (Marconato et al. 1989). Die Nesthöhle bietet einerseits Schutz, andererseits vermutlich auch eine grössere Wahrscheinlichkeit, dass die Spermien in turbulentem Wasser die Eier erreichen und befruchten können (Gibson 1993). In der Folge bewacht das Männchen das Gelege und sorgt mit Fächelbewegungen der Brustflossen für Sauerstoffzufuhr, bis die Larven nach ungefähr 2 Wochen schlüpfen (Wickler 1957; Marconato et al. 1989). Die Weibchen können mehrmals ablaichen, und grössere Männchen ergattern in der Regel mehrere Gelege verschiedener Weibchen. Diese sind aufgrund des unterschiedlichen Alters anhand stadiumsspezifischer Farbveränderungen voneinander unterscheidbar (Abb.7) (Wickler 1957; Marconato et al. 1989). Ein solch grosser Fortpflanzungsaufwand ist typisch für kleine Fische mit kurzer Lebensdauer (Miller 1996).

Ghiozzo

Das Männchen des Ghiozzo lockt das Weibchen mit einem speziellen Balzgesang an, der erst abreist, wenn das Weibchen abgelaicht und das Nest verlassen hat (Lugli et al. 1995). Möglicherweise befähigt dieses akustische Balzritual erfolgreiche Fortpflanzung auch bei Dunkelheit. Die Eier des Ghiozzo sind elliptisch (Merkmal der Gobiidae, Miller 1993), mit mehreren Millimetern Länge ziemlich gross und von

hellgelblicher Farbe (Abb.7). Sie sind grösser als jene der Cagnetta (Fatio 1882: 1.5 mm Durchmesser). Der Längenzuwachs von einjährigen Fischen im Bach Stirone (It) betrug in den Monaten Februar und März durchschnittlich 12 mm. Die Lebenserwartung liegt bei 2-3 Jahren (Gandolfi & Tongiorgi 1974).

Cagnetta

Die Eier der Cagnetta messen im Durchmesser ca. 1 mm und sind von rötlicher Farbe (Abb.7). Die Minimaltemperatur zum Laichen liegt bei 18°C (Wickler 1957). Im See Kinneret in Israel ist die Fortpflanzung das ganze Jahr über möglich (Aidlin et al. 1994). Wie im Feld beobachtet werden konnte, werden die Eier nicht nur am Neststein selbst, sondern oft auch auf darunterliegenden Steinen festgemacht. Das Männchen streicht zur Brutpflege wiederholt mit dem Bauch über die Eier. Da Eier ohne diese Brutpflege verpilzen, ist anzunehmen, dass der Körperschleim wirksame Schutzstoffe enthält. Ausserdem säubert das Männchen die Eier mit dem Mund von Schmutz und Pilzfäden; unbefruchtete oder stark verpilzte Eier werden aus der Höhle entfernt (Wickler 1957).³

Die Larven (3.5 bis 15 mm) halten sich über mehrere Wochen freischwebend in der litoralen und der limnetischen Zone auf, in letzterer mit maximaler Abundanz an der oberen Grenze der Thermokline in einigen Metern Tiefe. Ab einer Grösse von ca. 15 mm migrieren die Larven ins seichte Wasser, um sich auf dem Substrat niederzulassen (Aidlin et al. 1994; Vila-Gispert & Moreno-Amich 1998).

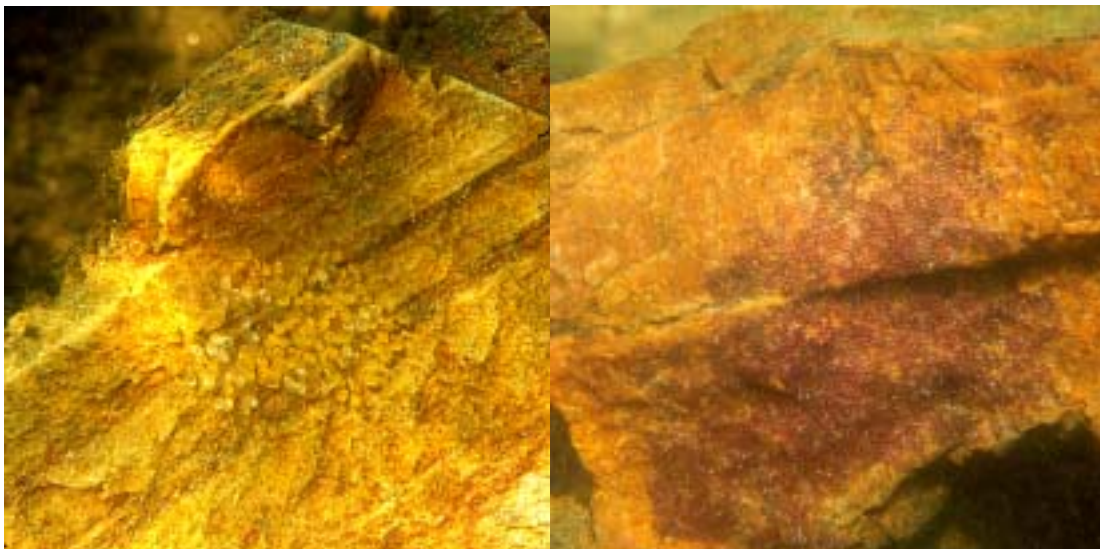


Abbildung 7: Eier des Ghiozzo (links) und der Cagnetta (rechts). Dieses Nest der Cagnetta besteht aus zwei Gelegen (das untere ist von dunkler, das obere von heller Farbe).

2.3.6 Wirtschaftliche Bedeutung

Weder dem Ghiozzo noch der Cagnetta kam jemals echte wirtschaftliche Bedeutung zu. An einigen Orten sollen sie gelegentlich als "Frittura" zubereitet worden sein, ansonsten wurden sie vor allem als Köderfische eingesetzt (Fatio 1882; Steinmann 1936; Borroni & Grimaldi 1978).

³ Vielleicht kann es sich die Groppe leisten, die Eier mehrschichtig am Stein festzumachen, da in ihrem kühlen Lebensraum die Verpilzungsgefahr möglicherweise niedriger ist.

2.4 Verbreitung und Schutzstatus weltweit

2.4.1 Rote Listen

Hintergrund

Rote Listen von Tier- und Pflanzenarten sind ein gebräuchliches Werkzeug im Naturschutz, um auf bedrohte Arten und auf die Wichtigkeit des Artenschutzes hinzuweisen. Sie werden heutzutage regelmässig beigezogen, wenn im Umweltschutz Prioritäten gesetzt und Entscheide gefällt werden müssen. Nationale Rote Listen sind von grosser Bedeutung, weil sie zum einen Massnahmen auf regionaler Stufe unterstützen und zum anderen eine wichtige Informationsquelle für globale Listen und Massnahmen darstellen (Gärdenfors et al. 2001). Dazu kommt, dass ein grosser Teil von Tier- und Pflanzenarten nur in nationalen Listen erfasst sind (Rodriguez et al. 2000).

Das am häufigsten benutzte System zur Erstellung von Roten Listen stammt von der International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). Die IUCN verfolgt das Ziel, ein weltweit akzeptiertes und verstandenes Klassifizierungssystem zu schaffen. Aufgrund der wachsenden Bedeutung der Roten Listen sind seit her die Kategorien und Kriterien mehrmals revidiert und angepasst worden, im Bestreben, eine objektive und transparente Klassifizierung zu erreichen (Mace & Lande 1991; IUCN 2001). Die IUCN Kriterien für globale Einschätzungen können aber nicht unverändert auf regionaler, bzw. nationaler Stufe angewandt werden. Nationale Grenzen repräsentieren meistens nicht die Verbreitungsgrenzen einer Art und so macht es auch wenig Sinn, den Zustand einer regionalen Population⁴ unabhängig von benachbarten Populationen zu betrachten. Für die Erstellung von regionalen Roten Listen ist deshalb ein spezielles Set von Leitlinien entwickelt worden (Gärdenfors et al. 2001).

Gefährdungskategorien

In Tabelle 1 wurde versucht, die Kategorien der verschiedenen Systeme einander sinngemäss gegenüberzustellen. Die Kategorien mit grauem Hintergrund (1-4, E-I, CR-VU) werden manchmal unter dem allgemeinen Status "Bedroht" zusammengefasst (Threatened, IUCN 2001).

⁴ Der Populationsbegriff wird hier im Sinne der IUCN verwendet. Population: Gesamtzahl der Individuen eines Taxons. Regionale Population: Anteil einer globalen Population innerhalb des untersuchten Gebietes.

Tabelle 1: Die Gefährdungskategorien verschiedener Versionen. Kategorien in derselben Reihe sind ungefähr gleichwertig. Grauer Hintergrund: Threatened / Bedroht.

Schweiz 1990 (Kirchhofer et al. 1990)		IUCN 1993 (Groombridge 1993)		IUCN 2000 (Hilton-Taylor 2000)	
Ausgestorben	0	Extinct	Ex	Extinct	EX
				Extinct in the Wild	EW
Vom Aussterben bedroht	1	Endangered	E	Critically Endangered	CR
Stark gefährdet	2	Vulnerable	V	Endangered	EN
Gefährdet	3	Rare	R	Vulnerable	VU
Potentiell gefährdet	4	Indeterminate	I		
(Potentiell gefährdet)				Near Threatened	NT
Nicht gefährdet				Least Concern	LC
(Potentiell gefährdet)		Insufficiently Known	K	Data Deficient	DD
				Not Evaluated	NE

Kriterien des aktuellen Systems

Die Rote Liste der Fische und Rundmäuler der Schweiz (Kirchhofer et al. 1990) wurde in Anlehnung an die alten Kategorien der IUCN ausgerichtet, wie sie die IUCN selbst noch bis 1994 verwendete (Groombridge 1993). Es sind aber auch dieselben Kategorien, die für andere Rote Listen der einheimischen Fauna angewandt werden (Kirchhofer et al. 1990).

Kriterien und Leitlinien des neuen Systems

Neuerdings ist ein Grossteil der Kriterien quantitativer Natur. Im neuen System liegen den drei Hauptkategorien (CR, EN, VU) dieselben fünf Kriterien (A bis E, siehe unten) zugrunde, und nur die quantitativen Grenzwerte ändern sich je nach Gefährdungsstufe. Die Grenzwerte beziehen sich beim Kriterium A auf den Grad des Populationsrückgangs, beim Kriterium B auf die Grösse von Verbreitungsgebieten (extent of occurrence) bzw. Habitatsflächen (area of occupancy) in Kombination mit Habitatsfragmentierung, Populations- oder Habitatsrückgängen und -fluktuationen, beim Kriterium C respektive D auf die Bestandesgrösse, und beim Kriterium E auf die Höhe einer berechneten Aussterbewahrscheinlichkeit. Ein Taxon qualifiziert sich für eine Kategorie, wenn eines oder mehrere der zugehörigen Kriterien erfüllt sind.

Für regionale Rote Listen sind in einem ersten Schritt die Kriterien für globale Einschätzungen auf die regionale Population eines Taxons anzuwenden, um dann in einem zweiten Schritt die Einstufungen unter Berücksichtigung der Nachbarpopulationen zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen.

Führt eine Neubeurteilung eines Taxons zu einer höheren Gefährdungsstufe, so soll die Umklassierung ohne Verzögerung stattfinden. Umgekehrt darf eine Umklassierung von einer höheren in eine niedrigere Gefährdungskategorie erst dann vollzogen werden, wenn über einen Zeitraum von mindestens fünf Jahren keines der Kriterien der höheren Kategorie erfüllt war. Eine unverzügerte Herabsetzung des Status darf nur erfolgen, wenn die ursprüngliche Klassifikation auf fehlerhaften Annahmen beruhte (IUCN 2001) (Gärdenfors et al. 2001).

2.4.2 Verbreitung und Status in verschiedenen Ländern

Ghiozzo

Die Hauptverbreitung des *Ghiozzo* liegt im Einzugsgebiet der Adria von Norditalien, mit Tessiner Gewässern als nördlichste Randregion. Weitere bekannte Vorkommen liegen weiter östlich in den dalmatinischen Flüssen Kroatiens (Miller 1990). Als invasive Art (aufgrund von Freisetzen) tritt der *Ghiozzo* südwestlich des Apennins im Einzugsgebiet des Tyrrhenischen Meers auf und scheint lokal den Niedergang seines nächsten Verwandten *P. nigricans* zu verursachen (Miller 1990; Bianco & Ketmaier 2001).

Globaler Status: Potentiell bedroht (Near Threatened, Hilton-Taylor 2000).

Tabelle 2: Verbreitung (V), Status (S) und Gründe für die Einstufung (in Klammern) des *Ghiozzo* in den einzelnen Ländern. Wo der Gefährdungsgrad auf IUCN-Kriterien basiert, ist dies zusammen mit dem Versionsjahr vermerkt.

Schweiz	V:	Lago Maggiore, Lago di Lugano (Pedroli et al. 1991)
	S:	IUCN 1988: Stark gefährdet (Bestandesschwund, kleine Bestände, beschränkte Kenntnisse, Randstellung im europäischen Verbreitungsgebiet, Kirchhofer et al. 1990)
Italien	V:	Gardasee und Flüsse im Einzugsgebiet des Po sowie Flüsse die in die nördliche Adria münden (Gandolfi & Tongiorgi 1974)
	S:	Lokal gefährdet: Habitatszerstörung, organische Verschmutzung (Bianco 1995)
Slowenien	V:	Widersprüchliche Angaben; teilweise als Verbreitungsgebiet erwähnt (Povz 1995; Hilton-Taylor 2000; Froese & Pauly 2002), teilweise nicht (Povz 1996)
	S:	-
Kroatien	V:	Flüsse Krka und Zrmanja (Miller 1990), See Vrana (Mrakovcic et al. 1995)
	S:	IUCN1989: Stark gefährdet (Mrakovcic et al. 1995)

Cagnetta

Die Cagnetta ist als typisch sekundäre Süsswasserart rund um das Mittelmeer verbreitet. Die dem Lago Maggiore am nächsten gelegenen Populationen kommen im Lac de Bourget (Frankreich) und im Lago di Mergozzo bzw. Ticino (Italien) vor.

Globaler Status: nicht evaluiert (Hilton-Taylor 2000).

Tabelle 3: Verbreitung (V), Status (S) und Gründe für die Einstufung (in Klammern) der Cagnetta in den einzelnen Ländern. Wo der Gefährdungsgrad auf IUCN-Kriterien basiert, ist dies zusammen mit dem Versionsjahr vermerkt.

Schweiz	V: Lago Maggiore, Lago di Lugano (Pedroli et al. 1991) S: IUCN 1988: Stark gefährdet (beschränkte Kenntnisse, Gefährdung in Italien, Kirchhofer et al. 1990)
Spanien	V: Flüsse des atlantischen und des mediterranen Einzugsgebietes (Guadiana, Guadalquivir bzw. Segura, Ebro u.a., Elvira 1995) S: IUCN 1986: vom Aussterben bedroht (Habitatszerstörung, Gewässerverschmutzung, Bejagung durch invasive Art, Elvira 1995; Côté et al. 1999)
Frankreich	V: Kleine Küstenflüsse (u.a. Korsika), Zuflüsse von grossen Flüssen (z.T. auch in grossen Flüssen selbst), alpine Seen (Lac Bourget, Lac Annecy, Changeux & Pont 1995) S: IUCN 1992: Stark gefährdet (Datenmangel, Gefährdung in Spanien Changeux & Pont 1995)
Italien	V: Seen (Lago di Garda, Lago Maggiore, Lago di Mergozzo), Fließgewässer (u.a. Ticino), Brackwasser auf Festland und Inseln (Sardinien). In Norditalien sind die Populationen ziemlich fragmentiert (Gandolfi et al. 1991). S: In Zentralitalien vom Aussterben bedroht: Verschmutzung von Flüssen (Bianco 1995)
Kroatien	V: Fluss Krka, See Vrana (Mrakovcic et al. 1995) S: IUCN 1989: stark gefährdet (Mrakovcic et al. 1995)
Griechenland	V: See Volvi, See Kourna (Kreta), Rentina (Froese & Pauly 2002) S: nicht gefährdet (Bianco 1995)
Türkei	V: Flüsse Anatoliens (Balik 1995) S: In Anatolien potentiell gefährdet: Gewässerverschmutzung (Balik 1995)
Weitere Länder	Algerien, Marokko, Portugal, Albanien, Israel, (Froese & Pauly 2002), Montenegro (Maric 1995)

2.5 Untersuchungsgebiet

2.5.1 Übersicht

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Kanton Tessin, Schweiz, und gehört zur biogeografischen Region des südlichen Tessins (Gonsenth et al. 2001). Das Gewässersystem dieses Gebiets wird geprägt durch die beiden grenzübergreifenden Seen Lago di Lugano (Ceresio, Luganersee) und Lago Maggiore (Verbano, Langensee). Sie sind Teil der oberitalienischen Seenlandschaft, münden im Ticino und gehören somit zum hydrogeographischen Einzugsgebiet des Po. Die tiefen Seebecken beider Seen entstanden wahrscheinlich durch präglaziale Flüsse, und wurden später von Gletschern ausgeweitet (Liechti 1994). Das Ufergebiet ist geprägt von den steilen Flanken der umliegenden Berge. Mit einem Jahresmittel um die 12°C und jährlichen Niederschlägen um 1650 mm weist die Region ein mildes, aber niederschlagsreiches Klima auf (LSA 2001; Pallanza 2001). Zusammen mit der voralpinen Morphologie sorgt dieses insubrische Klima für turbulente, schnellfließende Flüsse und Bäche (Barbieri & Polli 1992). Während das Wasser des Lago di Lugano via Tresa in den Lago Maggiore gelangt, fließen die beiden südlichsten Bäche Faloppia und Breggia via Chiasso in den Lago di Como.

Die landschaftliche und klimatische Attraktivität des Gebietes führte in den 1960er Jahren zu einer starken Besiedelung der Region und damit auch zu einer hohen Nährstoffbelastung der Seen durch Abwässer. Die intensive Bautätigkeit hatte auch eine weitgehenden Zerstörung natürlicher Ufergebiete zur Folge (Maddalena et al. 2000).

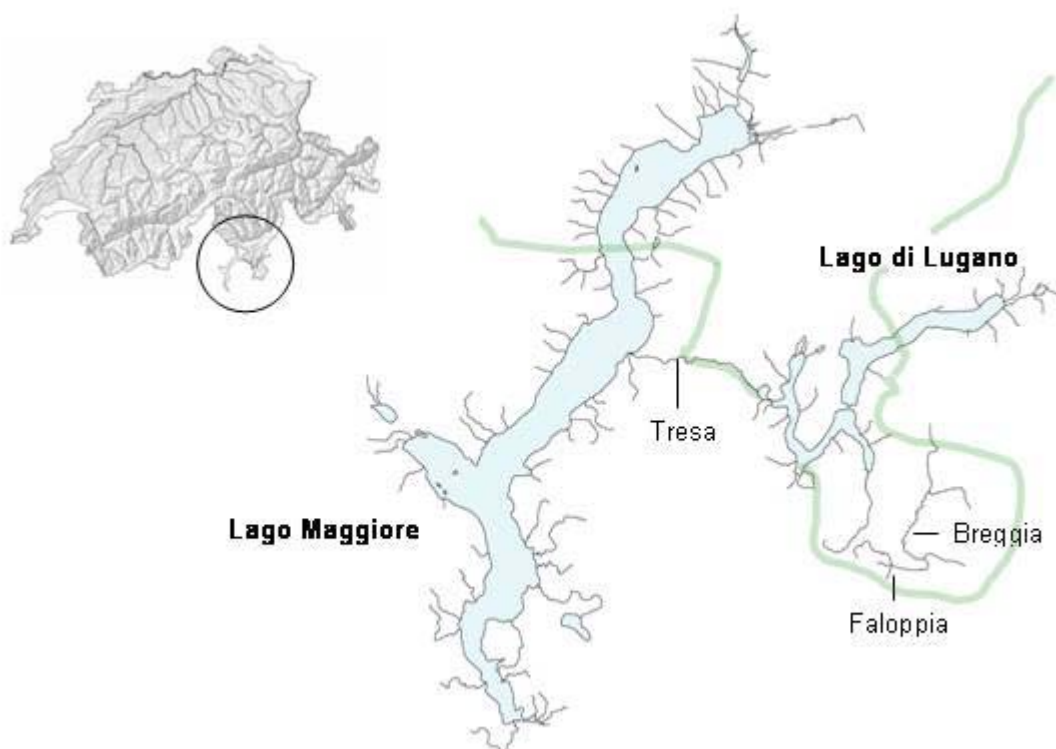


Abbildung 8: Die Schweiz (Swisstopo 2001), das südliche Tessin (eingekreist) sowie die beiden Grenzseen und einige Fließgewässer des Tessins (Swisstopo 1998). Grüne Linie: ungefähre Verlauf der Landesgrenze.

2.5.2 Details zu den Seen

Tabelle 4: Steckbrief der beiden grossen Seen des Tessins. Oberfläche, mittlere Tiefe, Länge, Seespiegel (LSA 2001; Pallanza 2001), Einzugsgebiet (Pallanza). Uferlänge berechnet mit ArcView (ESRI 2001) auf Basis des DGN (Swisstopo 1998).

		Lago Maggiore	Lago di Lugano
Oberfläche	km ²	212.5	48.9
Einzugsgebiet	km ²	6599	566
Mittlere Tiefe	m	177.5	130
Länge	km	66	21
Uferlänge	km	173.3	90.8
Seespiegel	m.ü.M.	193.5	270.5
Wasseraufenthaltszeit	Jahre	4	Nordbecken: 12.3 Südbecken: 1.4

Durchmischung und Sauerstoff in den Seen

Das Becken des Lago di Lugano lässt sich in drei Teile gliedern: Bei Ponte Tresa besteht ein kleines Becken, das durch eine Moräne vom restlichen See abgetrennt ist. Bei Melide schaffen eine weitere Moräne und der darauf erbaute Damm ein südliches und ein nördliches Becken mit erheblich reduziertem Wasseraustausch. Das Nordbecken des Lago di Lugano ist aufgrund seiner Tiefe, Windgeschütztheit und Eutrophierung stark meromiktisch, das Wasser ab 150 m Tiefe ist permanent anoxisch. Das Südbecken hingegen ist holomiktisch und weist eine viel geringere Wasseraufenthaltszeit auf (Liechi 1994). Trotzdem liegt die Sauerstoffkonzentration über dem Seegrund nur von Januar bis April über dem kritischen Grenzwert von 4 mg O₂/l (LSA 2001).

Der Lago Maggiore wird in der Regel nur alle 7-20 Jahre vollständig durchmischt. In den Zwischenjahren liegt die maximale Durchmischungstiefe zwischen 100 und 200 Metern. Trotzdem sinkt der Sauerstoffgehalt auch über Grund nie unter 5.7 mg O₂/l, unter anderem dank der tiefen Einschichtung alpiner Zuflüsse (Liechi 1994).

Pegelstand

Beide Seen sind beim Abfluss reguliert. Die durchschnittliche Höhe des Wasserspiegels liegt im Lago di Lugano auf 270.5 m.ü.M, im Lago Maggiore auf 193.5 m.ü.M. Im Verlaufe eines Jahres erreicht der Wasserstand um Februar/März herum sein Minimum und im Mai/Juni sein Maximum, wobei die durchschnittlichen Pegelschwankungen im Lago di Lugano etwa 30 cm, im Lago Maggiore ca. 50 cm ausmachen (Mittelwerte 1930-2000, BWG 2000). Starke Regenfälle führten im Frühjahr 2002 zu kurzfristigen Pegelschwankungen von 0.9 m im Lago di Lugano bzw. 2.5 m im Lago Maggiore (BWG 2002a, 2002b).

Temperatur

Im Lago di Lugano beginnt die Erwärmung des Epilimnions im April und hält an bis Ende August. Die oberste Schicht erwärmte sich im Jahr 2000 auf über 26°C, während sie im Lago Maggiore wahrscheinlich aufgrund kühlerer Zuflüsse und der kürze-

ren Erneuerungszeit des Wassers etwas kühler war (24°C). In der Tiefe stellt man im Lago di Lugano seit einigen Jahren eine leichte Temperaturzunahme fest, möglicherweise als Folge atmosphärischer Erwärmungen (LSA 2001; Pallanza 2001, M. Veronesi, pers. Mitt.).

Eutrophierung

Im Lago di Lugano lag die mittlere Gesamtphosphorkonzentration 1965 mit Werten um 25 mg Pm^{-3} im mässig belasteten Bereich, stieg in den folgenden Jahren rapide an und erreichte in den 1980er Jahren Höchstwerte von ca. 125 mg Pm^{-3} . Sanierungsmassnahmen im Einzugsgebiet vermochten den Phosphoreintrag stark zu reduzieren. In der Folge sank die mittlere Phosphorkonzentration Mitte der 1990er Jahre auf ca. 65 mg Pm^{-3} ; in tieferen Lagen des Nordbeckens liegt die Phosphorkonzentration aber immer noch um die 250 mg Pm^{-3} , was sich aufgrund der meromiktischen Verhältnisse und der extrem niedrigen Erneuerungsrate des Wassers nur im Verlauf von Jahrzehnten verbessern dürfte (CIP AIS 1998). Die jährliche Primärproduktion im Lago di Lugano liegt im Moment bei ca. 300 g Cm^{-2} , was etwa der doppelten Produktion eines schwach belasteten Sees entspricht (Liechti 1994).

Im Lago Maggiore stieg im selben Zeitraum die Gesamtphosphorkonzentration von vormals deutlich unter 10 mg Pm^{-3} auf über 30 mg Pm^{-3} an, und konnte in der Folge durch Sanierungen wieder um ca. zwei Drittel gesenkt werden. Die jährliche Primärproduktion sank innerhalb der letzten Jahre von 250 g Cm^{-2} auf ca. 175 g Cm^{-2} (Liechti 1994).

3 Methoden

3.1 Fischbeobachtungen im Feld

Ohne Hilfsmittel ist es auch im untiefen Litoral sehr schwierig, die Fische auf dem Seegrund zu erkennen. Für die Beobachtung von Fischen haben sich Taucherbrille, Schnorchel und ein Tauchanzug oder aber ein Guckkasten in Kombination mit Watstiefeln gut bewährt. Der Guckkasten ist eine Plastikkiste ohne Deckel, bei der der Boden durch eine Glasscheibe ersetzt worden ist. Diese Scheibe ermöglicht einen ungestörten Blick ins Wasser. Geschnorchelt wurde mit einem Trocken- oder mit einem Nasstauchanzug, je nach Wassertemperatur. Fischbeobachtungen in grösserer Tiefe erfolgten durch Taucher mit Atemgerät (R. Müller, M. Wilke).

Für die Artbestimmung sind am Anfang Aquariennetze wichtig, mit denen die Fische gefangen und in Ruhe betrachtet werden können. Im Frühjahr sind Gummihandschuhe empfehlenswert, die gegen das kalte Wasser schützen.

3.2 Verbreitungsuntersuchung

3.2.1 Bisherige Kenntnisse zur Verbreitung

Für die Erfassung der früheren Verbreitung wurde einerseits versucht, die vorhandene Information in der Literatur zu verwerten. Eine nützliche Übersicht zur Literatur über die Fische der Südschweiz gaben Müller & Meng (1992). Weitere nützliche Bücher zur einheimischen Fischfauna wurden in der Bibliothek der EAWAG in Kastanienbaum oder im Bibliotheksnetzwerk NEBIS aufgestöbert. Auf der anderen Seite wurde auch versucht, an unpublizierte Informationen heranzukommen. Dabei haben vor allem persönliche Kontakte weitergeholfen. Der Versuch, mittels eines Steckbriefs (siehe Anhang) unter Fischern, Tauchern und den Besuchern des Museo della Pesca (Caslano) weitere Augenzeugen zu finden, zeigte keine Erfolge.

3.2.2 Aktuelle Verbreitung

In den Untersuchungen zur Verbreitung wurde versucht, eine Vielzahl von Uferabschnitten des Lago Maggiore und des Lago di Lugano auf die Präsenz der beiden Fischarten zu überprüfen, und dabei auch Erfahrungen mit der Identifikation der Fische zu sammeln. Dabei wurden vor allem leicht zugängliche Orte auf Schweizer Gebiet berücksichtigt (oft Badestrände). Ausserdem wurden einzelne, etwas weiter von der Mündung gelegene Abschnitte der Flüsse Vedeggio, Breggia, Laveggio und Canobino näher untersucht. Pro Ort wurde jeweils ca. 0.5 bis 1 h damit verbracht, das untiefe Litoral (bis ca. 85 cm Wassertiefe) abzusuchen, hauptsächlich indem grössere freiliegende Steine sorgfältig umgedreht wurden. Untersuchungsorte wurden in einer Skizze festgehalten und darin Fundorte und Temperaturmesswerte eingetragen sowie Bemerkungen notiert.

Reine Sand- und Kiesstrände wurden nicht näher untersucht, da es sich bald herausstellte, dass Ghiozzos und Cagnettas an solchen Orten nicht vorkommen. Wenn an einem Uferabschnitt ein Zufluss mündete, so wurde jeweils der unterste Streckenabschnitt des Fliessgewässers und ein Teilstück oberhalb der ersten Schwelle auf Fischvorkommen untersucht.

Weitere Angaben zur Verbreitung lieferten die Untersuchungen zur Mikrohabitatsnutzung.

3.2.3 Zeitraum und Umfang

Die Verbreitungsuntersuchungen wurde an insgesamt 13 Tagen zwischen dem 30.4. und dem 28.8.2002 durchgeführt. In dieser Zeit wurden 30 verschiedene Seeuferabschnitte untersucht (zwei davon zweimal), 13 Flussabschnitte im Mündungsgebiet und 4 Flussabschnitte im Mittellauf bzw. weiter von der Mündung entfernt.

3.3 Mikrohabitatsuntersuchung

Da der Ghiozzo und die Cagnetta grundsätzlich dasselbe Habitat bewohnen (der steinige Grund von Seen und Fliessgewässern mit mässiger Strömung), konzentrierten sich die Untersuchungen zu den Habitatsansprüchen auf die kleinräumige Nutzung dieses Lebensraumes (Mikrohabitatsnutzung).

3.3.1 Methode

Für die Untersuchung der Mikrohabitatsnutzung wurde nach Testen mehrerer Methoden der Variante von Greenberg (1991) den Vorzug gegeben. In dieser wird ein Transektstreifen in Unterquadrate eingeteilt. Dabei entspricht die Seitenlänge der Quadrate der Breite der Transekte. In der Folge werden für jedes Quadrat sowohl das Fischvorkommen als auch verschiedene Habitatsparameter notiert. Die Breite der Transekte bzw. der Quadrate wurde auf einen Meter festgelegt.

3.3.2 Parameter und Messmethoden

Fische und Nester

Pro Quadratmeter wurden Anzahl, Art und Grösse der gefundenen Fische bestimmt. Der Versuch, die Länge der Fische mit einer Messvorrichtung zu schätzen verlief unbefriedigend. Daher wurden die Tiere nach Augenmass in die Klassen "Gross" (Ghiozzos grösser als ca. 4 cm, Cagnettas grösser als ca. 5 cm) oder "Klein" eingeteilt. Bei den Erhebungen auf den Brissagoinseln wurde ausserdem die Position der Fische erfasst, indem bei jeder Fischbeobachtung notiert wurde, ob der Fisch exponiert oder versteckt vorgefunden worden war (Versteckt = für den Beobachter erst durch entfernen des Steines sichtbar).

Für jedes Nest wurden Fischart (aufgrund Bewacher oder Eier identifizierbar) und Grösse des Neststeins (siehe Substratparameter) festgehalten.

Allgemeine Parameter

Pro Quadratmeter wurden Wassertiefe und -temperatur gemessen sowie der Abstand zum Ufer notiert.

Substratparameter

Die Schätzung der Substratparameter erfolgte jeweils auf einer 1600 cm² grossen Fläche in der Mitte jedes Quadratmeters. Dazu wurde ein 40 x 40 cm grosser Metallrahmen benutzt, der mit Schnur in 9 Unterquadrate unterteilt war (Idee von Dethier et al. 1993; Simonson 1993). Folgende Substratparameter wurden erfasst:

1. Epiphytenbewuchs: Der Trophiegrad von Gewässern schlägt sich auch im Wachstum von epiphytischen Algen nieder (Thomas & Schanz 1976), ausserdem korrelierte in einer dänischen Studie die Zahl von Makroinvertebraten signifikant mit der Menge filamentöser Algen (Brodersen 1995). Das Ausmass des Epiphytenbewuchses wurde gesamthaft für die 1600 cm² Fläche aufgrund von optischen Kriterien bewertet. Das System für diese Bewertung stammt von Thomas (1976) und umfasst sechs Schweregrade (Tabelle 5).
2. Makrophyten: wurden in der erreichbaren Wassertiefe in der Regel keine vorgefunden.
3. Substratzusammensetzung: Dieser Parameter hat sich in verschiedenen Studien als wichtiger Faktor der Verteilung von benthischen Fischen erwiesen (Freeman et al. 1990; Greenberg 1991). Um die Flächenanteile von verschiedenen Substrattypen zu schätzen, wurde für jedes Unterquadrat des Rahmens der dominante Substrattyp festgehalten. Die Substrattypen lehnen sich an die "Modified Wentworth Scale" an und wurden von Bain & Stevenson (1999) übernommen (Tabelle 6). Als weitere Kategorie wurde "Muttergestein" berücksichtigt. Auf Gestein abgelagerter Sand oder Silt wurde nur berücksichtigt, wenn die Ablagerungen die Konturen der Unterlage unkenntlich machten.
4. Anzahl der Unterstände: Als möglicher Unterstand wurde jeder freiliegende Stein betrachtet, der mindestens zur Hälfte innerhalb des Metallrahmens lag und eine Länge von mehr als 5 cm aufwies. In den Voruntersuchungen wurden keine Fische unter kleineren Steinen gefunden.
5. Grösse der grössten Unterstände: Diese Grösse schien messenswert, da sowohl Ghiozzo- als auch Cagnettamännchen eine Präferenz für grosse Neststeine zeigen. Die A-, B- und C-Achse (längste, mittlere bzw. kürzeste Achse) der zwei grössten freiliegenden Steine wurden auf einen cm genau gemessen (Bain et al. 1985). Achsen von Felsblöcken (A-Achse von mehr als 26 cm) wurden nicht gemessen.

Tabelle 5: Klassifizierung des Mikrophytenbewuchses (Algen und kurzstengelige Moose) nach Thomas & Schanz (1975).

Klasse	Beschreibung
1	kein Algenaufwuchs, oder nur ein leichter Hauch
2	deutliche Überzüge, ohne Zotten
3	Ausbildung von Fäden und Zotten
4	Fäden und Zotten gut ausgebildet
5	Fäden und Zotten überziehen alle Steine
6	intensiver Bewuchs lässt Steinumrisse verschwinden

Tabelle 6: Klassifizierung von Substrattypen nach Grösse (Bain & Stevenson 1999).

Substrattyp	Partikelgrösse [mm]
Silt	<0.059
Sand	0.06 - 1
Kies	2 - 15
Stein	16 - 63
Schutt	64 - 256
Felsblock	>256

3.3.3 Auswahl der zu untersuchenden Uferabschnitte

Da für diese Mikrohabitatsstudie ein Vergleich zwischen den beiden Arten angestrebt wurde, fand der Grossteil der Datenaufnahme im Lago Maggiore statt. Das Angebot untersuchbarer Uferabschnitte war aufgrund diverser Einschränkungen (keine störenden Badegäste, leichte Zugänglichkeit, nicht zu tief, nicht zu steil) eher klein. Als günstiger Arbeitsort erwiesen sich die Brissagoinseln, die einerseits mit einem allgemeinen Badeverbot belegt sind, andererseits auch eine vielfältige Substratstruktur

aufweisen. Ein grosser Teil der Daten wurde deshalb auf der grösseren der beiden Brissagoinseln erhoben.

3.3.4 Arbeitsablauf

Als Transektmarkierung dienten je zwei 10 m und zwei 5 m lange Nylonschnüre, auf denen mit rotem Klebeband Meter-Abschnitte markiert und beschriftet, und mit blauem Klebeband die 0.5 m Intervalle markiert worden waren. Diese Transektleinen wurden an jedem Ende mit Bleigewichten beschwert und rechtwinklig zur Uferlinie ins Wasser geworfen. Für die Position der ersten Transekte wurde jeweils ein beliebiges, markantes Objekt am Ufer bestimmt, und von dort aus eine zufällige Distanz abgemessen (Zufallszahlen von Haahr 1998). Die restlichen Leinen wurden in Abständen von 10 m neben dem ersten Transekt ausgelegt (bei kurzen Uferabschnitten wurden die Abstände auf 5 m verkürzt, bei besonders flachen wurden mehrere Leinen aneinandergehängt). Nach einer Pause von ungefähr einer Viertelstunde, die genutzt werden konnte um die Datenblätter (wasserfeste Qualität) vorzubereiten und die Schnorchelausrüstung anzuziehen, wurden die Fisch- und Nestzählungen durchgeführt. Es wurde jeweils am äusseren Ende eines Transekts begonnen, und quadratmeterweise in Richtung Strand gearbeitet. Ein Einmeter-Metallrohr diente als Mass für die Breite des abzusuchenden Streifens. In jedem Quadratmeter wurden sämtliche Steine umgedreht und die Daten zu den gefundenen Fischen und Nestern notiert. (Nützlich: eine von Hand aufgetragene cm-Skala auf dem Schreibbrett). Anschliessend an die Fischzählungen wurden mittels Watstiefel alle Transekte quadratmeterweise auf Wassertiefe und -temperatur sowie sämtliche Substratparameter hin untersucht. Wo die Transekte nur schwimmend erreichbar waren, wurden sämtliche Geräte in eine Kiste geladen und an den Untersuchungsort gestossen. Auf Temperaturmessungen wurde in diesem Fall wegen möglicher Schadennahme des Gerätes verzichtet.

3.3.5 Zeitraum und Umfang

Die Mikrohabitatsaufnahmen wurden zwischen dem 13.6 und dem 19.7.2002 an insgesamt acht Tagen durchgeführt (nicht mitgerechnet: Tage für das Testen der Methode). In dieser Zeit wurden 11 Uferabschnitte oder total 32 Transekte bearbeitet. Acht von diesen Uferabschnitten, bzw. 22 Transekte, lagen im Lago Maggiore. Die durchschnittliche Länge pro Transekt betrug 6.75 m. Sämtliche Mikrohabitatsaufnahmen wurden tagsüber bei sonnigem Wetter unter entsprechend guten Lichtverhältnissen durchgeführt. Das Zählen der Fische und die Aufnahme der Mikrohabitatsparameter dauerten je ungefähr eine halbe Stunde für 5 m Transektlänge.

3.3.6 Datenanalyse

Datenaufbereitung

Wie in Abbildung 9 a) schematisch dargestellt, lassen sich die erfassten Daten in vier räumliche Ebenen (See, Strand, Transekt, Quadratmeter) gliedern. Grundsätzlich ist eine Datenanalyse auf jeder dieser Ebenen möglich; da jedoch innerhalb einzelner Strände, Transekte und Quadratmeter sowohl die Habitatsvariabilität als auch die Zahl der Fischbeobachtungen niedrig sind, macht es am meisten Sinn, die Daten auf der Ebene See auszuwerten. Dazu kann man entweder direkt alle Quadratmeterdaten

eines Sees vereinigen (Abb.9 b), oder man kann die Quadratmeterdaten zuerst auf einer Unterebene (Transekt- oder Strandebene) zusammenfassen und erst dann auf Seeebene weiterverarbeiten (c bzw. d). Jede Methode führt zu unterschiedlichen Resultaten. Wenn Daten vor der Verarbeitung auf der obersten Ebene auf einer tieferen zusammengefasst werden, so haben ungewöhnliche Einzelereignisse mehr Einfluss auf das Schlussresultat⁵. Andererseits schwächen Zusammenfassungen auf tiefer Untererebene unerwünschte Verzerrungen des Endresultates durch unbekannte Effekte ab⁶. Dies könnte von Vorteil sein, wenn die Daten, wie in der hier durchgeführten Studie, von eher wenigen und erst noch selektiv gewählten Untersuchungsflächen stammen. Aufgrund dieser Überlegungen wurde beschlossen, die Datenanalyse auf verschiedene Arten durchzuführen, und die Ergebnisse im Quervergleich auf übereinstimmende Muster hin zu untersuchen.

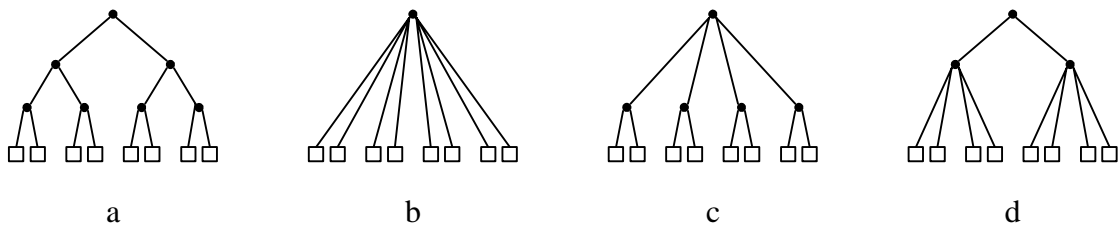


Abbildung 9: Räumliche Gliederung der Daten (a) und Varianten beim Vereinigen der Daten zwecks Datenanalyse auf oberster Ebene (b, c, d). Ebenen von oben nach unten: See, Strand, Transekt, Quadratmeter.

Einfluss des Mikrohabitats auf Artenzusammensetzung, Grössenzusammensetzung und Abundanz

Der Einfluss verschiedener Mikrohabitatsparametern auf die benthische Fischfauna wurde mittels schrittweiser multipler Regression (S-PLUS 2000, Stepwise Regression direction both, MathSoft 1999) analysiert. Die Zielgrößen waren die Abundanzen der beiden Arten einzeln, die Abundanz der beiden Arten zusammengenommen, die Populationszusammensetzung bezüglich Fischarten (ausgedrückt als Quotient der Abundanzen Ghiozzo/Cagnetta) sowie die Populationszusammensetzung bezüglich Fischgrößen (ausgedrückt als Quotient der Abundanzen Klein/Gross). Es wurden nur die Transektdaten vom Lago Maggiore verwendet, da nur hier beide Fischarten gefunden worden waren.

Das Ergebnis einer Regressionsanalyse ist stark von den zur Verfügung gestellten Variablen abhängig. Da nicht klar ist, welche Habitatsparameter bzw. erklärende Variablen für die Fische tatsächlich von Bedeutung sind (bzw. welche davon in der Feldarbeit in solcher Weise erfasst worden sind, wie sie auch von den Fischen wahrgenommen werden), wurden zwei Sets von erklärenden Variablen erstellt:

⁵ Wenn beispielsweise eine Art auf einem Transekt nur einmal beobachtet wird, so erhalten die Daten dieser Einzelbeobachtung beim Mitteln auf Transektebene dasselbe Gewicht wie die Daten von 20 Fischbeobachtungen eines zweiten Transekts.

⁶ Ein Transekt, der einen exotischen Substrattyp und unabhängig davon eine grosse Fischabundanz aufweist, verfälscht beispielsweise den Selektionsindex, da ein unproportional grosser Anteil der Gesamtbeobachtungen auf einem unterproportional vertretenen Substrat erfolgt ist.

- A. Neigung des Transekts (in Grad; auf Quadratmeter-Ebene nicht vorhanden), Wassertiefe (cm), Mikrophytenbewuchsklassen (Klassen 1-6 zusammengefasst in: wenig = 1-3, viel = 4-6), Anzahl Unterstände, B-Achse der grössten Unterstände⁷(cm), Flächenanteile der Substrattypen (siehe B)
- B. Flächenanteile der Substrattypen Sand, Kies, Stein, Schutt, Felsblock, Muttergestein

Für jede Zielgrösse wurde die Analyse dreimal mit jeweils unterschiedlicher Art der Datenzusammenfassung durchgeführt (Abb.9, Typ b, c, und d).

Da auf der Unterebene Strand im Verhältnis zur Anzahl erklärender Variablen des Sets A nicht genügend viele Daten für die Zielvariablen vorhanden waren, musste die Analyse des Typs Strand für das Set A anhand einer anderen Variante der Regressionsmethode analysiert werden (S-PLUS 2000, Stepwise Regression direction forward, MathSoft 1999).

Für die Regressionsanalysen wurden einige der Variablen einer Transformation unterzogen: Auf Daten zu den relativen Anteile der einzelnen Substratkategorien wurde die Arcus-Sinus-Transformation⁸ (Stahel 1999), auf Verhältnisse der Grössen- und Artenzusammensetzung die Logarithmus-Transformation angewandt⁹. Daten zur Abundanz der Individuen wurden wurzeltransformiert¹⁰.

Nischenpräferenz

Die Auswertung erfolgte für die sechs Parameter Substratzusammensetzung (Flächenanteile), Anzahl Unterstände (in 2er-Klassen), B-Achse der grössten Unterstände (in 25 mm-Klassen), Mikrophyten (Klassen 1-6), Distanz vom Ufer (in 1 m-Klassen) und Wassertiefe (in 10 cm-Klassen). Die Nischenpräferenz wurde basierend auf den Unterebenen Quadratmeter und Strand ausgewertet, wobei für die Substratzusammensetzung auch noch der dritte Weg mit auf Transektdaten basierenden Daten angewandt wurde. Es wurden nur die Transektdaten vom Lago Maggiore verwendet, da vom Lago di Lugano eher wenig Datensätze mit einer geringen Mikrohabitatsvariabilität zur Verfügung standen.

Als Mass für die Präferenz wurde der Selektionsindex (selection index) von Manly et al. (1993) gewählt. Wenn eine Ressource in i Kategorien eingeteilt wird, so sei A_i die Anzahl Ressourceneinheiten im Beobachtungsgebiet, die zur Kategorie i gehören, A_+ die Gesamtzahl an Ressourceneinheiten im Beobachtungsgebiet, U_i die Anzahl Nutzungsbeobachtungen einer Ressourcenkategorie und U_+ die Gesamtzahl an Nut-

⁷ Das Mass der B-Achse wird oft herangezogen, um die Steingrössen eines Habitats zu charakterisieren (Bain & Stevenson 1999).

⁸ Die Arcus-Sinus-Transformation ($xt = \arcsin\sqrt{x}$) dehnt die Randbereiche einer Verteilung von Anteilen, und staucht den mittleren Bereich. Sie ist nach Krebs (1999) besonders dann angezeigt, wenn Anteile kleiner als 30% oder grösser als 70% sind.

⁹ Hierzu wurde im Zähler und im Nenner des Verhältnisses der Summand 0.5 addiert und das Verhältnis anschliessend zur natürlichen Basis logarithmiert. Die Logarithmus-Transformation eines Verhältnisses ($x:y$) hat zur Folge, dass die beiden Verhältnisbereiche von 0 bis 1 (für $x < y$) und von 1 bis unendlich (für $x > y$) symmetrisch verteilt werden (ersterer von $-\infty$ bis 0, letzterer von 0 bis $+\infty$). Dadurch spielt es auch keine Rolle mehr, ob das Verhältnis $x:y$ oder $y:x$ betrachtet wird. Der Summand 0.5 sorgt dafür, dass auch dann noch "sinnvolle" Verhältnisse resultieren, wenn x oder $y = 0$ sind.

¹⁰ Zähltdaten sind in der Regel eher Poisson- denn Normalverteilt. Durch die Transformation werden die Varianzen vom Durchschnitt unabhängig gemacht (Sokal & Rohlf 1995). Es wurde die Transformation $xt = \sqrt{x+0.5}$ angewendet, wie dies empfohlen wird, wenn unter den Zähltdaten auch "Nullen" vorhanden sind.

zungsbeobachtungen. Die relative Verfügbarkeit ra_i einer Ressourcenkategorie berechnet sich als $ra_i = A_i / A_+$, und die relative Nutzung einer Ressourcenkategorie ru_i entsprechend als $ru_i = U_i / U_+$. Der Selektionsindex w_i berechnet sich als

$$w_i = \frac{ru_i}{ra_i} \quad (\text{Manly et al. 1993}).$$

Wenn ein Tier eine Ressource zufällig nutzt, d.h. die Nutzung entspricht der Verfügbarkeit, so hat w_i den Wert 1. Grössere Werte lassen auf Präferenz, niedrigere Werte auf Meidung einer Ressource schliessen¹¹. Der Term lässt sich umformen zu

$$w_i = \frac{U_i}{U_+ ra_i}.$$

Der Term $U_+ ra_i$ entspricht der Anzahl Nutzungsbeobachtungen, die man erwarten würde, wenn die Nutzung zufällig erfolgen würde, das heisst, wenn die Zahl der Nutzungsbeobachtungen gemäss der Ressourcenverfügbarkeit verteilt wäre. Er entspricht somit auch dem Erwartungswert, wie er für Chiquadrat-Tests eingesetzt werden muss. Für Berechnungen basierend auf der Quadratmeterebene (Abb.9 a) konnte direkt diese Formel verwendet werden.

Für die Berechnung des Selektionsindex w_i für ein grösseres Gebiet aufgrund der Daten von j Teilgebieten (Abb.9 b und c), wurden folgende Möglichkeiten erwogen (die alle unterschiedliche Resultate ergeben):

a) Mitteln der Indices $w_i = \overline{w_{ij}}$

b) Neuberechnung des Index anhand gemittelter Nutzungs- und Verfügbarkeitskoeffizienten (ru_i, ra_i)

$$w_i = \frac{\overline{ru_{ij}}}{\overline{ra_{ij}}}$$

c) Neuberechnung des Index anhand summierter Beobachtungs- und Erwartungswerte

$$w_i = \frac{\sum U_{ij}}{\sum (U_{+j} ra_{ij})} = \frac{U_i}{\sum (U_{+j} ra_{ij})}$$

Da sich Variante c) auch für Chiquadrat-Teststatistiken eignet (sie beruht direkt auf Beobachtungs- und Erwartungswerten), wurde dieser Formel den Vorzug gegeben.

¹¹ Beispiel: Quadratmeter 1 besteht zu 50% aus Sand, zu 50% aus Kies, es werden 5 Fische gezählt. Quadratmeter 2 besteht zu 100% aus Sand, es werden 3 Fische gezählt. A-sand = 1.5, A-kies = 0.5, A+ = 2, U-sand = 5.5, U-kies = 2.5, U+ = 8, ra-sand = 0.75, ra-kies = 0.25, ru-sand = 0.69, ru-kies = 0.31, w-sand = 0.92, w-kies = 1.24. Kies wird also mehr bevorzugt als Sand.

Mit Hilfe von Kontingenztafeln (S-PLUS 2000, Pearson's chi-square test without Yates' continuity correction, MathSoft 1999) wurde getestet, ob sich die Arten in der Ressourcennutzung unterscheiden (H_0 : Fischart und Ressourcenkategorie sind unabhängig). Die Frage, ob die Arten gewisse Ressourcenkategorien über andere bevorzugen, oder ob die Nutzung zufällig erfolgt (H_0 : die Nutzung der Ressourcen erfolgt zufällig und entspricht somit der Verfügbarkeit der Ressourcen) wurde mit einem Chi-Quadrat-Test (Excel, Microsoft 2001) geprüft, unter Verwendung der bereits für den Selektionsindex berechneten Beobachtungs- und Erwartungswerte. Wenn die Erwartungswerte für die Substratkategorien nicht genügend gross waren (Stahel 1999: 4/5 der Erwartungswerte sollten >4 , die restlichen >1 sein), wurden Klassen zusammengefasst (was allerdings die Signifikanzklasse des Testergebnisses nie veränderte).

Versteckverhalten

Der statistische Vergleich der Daten zur Exponiertheit (H_0 : Die Fische wählen die Position zufällig, d.h. sie werden gleich oft im Freien wie im Versteckten beobachtet) erfolgte mittels Chi-Quadrat-Test (Excel, Microsoft 2001). Die Daten dazu stammen von den 13 Transekten auf den Brissagoinseln.

Abundanz von Fischen und Nestern

Vergleiche von Nest- und Populationsabundanzen (H_0 : Die Nest- bzw. Populationsabundanz ist in beiden Seen gleich gross) zwischen den beiden Seen wurden mittels Chi-Quadrat-Test (Excel, Microsoft 2001) statistisch geprüft. Für die Auswertung der Populationsdichten konnten die Daten von Maroggia nicht miteinbezogen werden, da dort eine andere Methode zur Abundanzschätzung angewendet worden war. Auf dieselbe Weise verglichen wurden die Abundanzen von Ghiozzos und Cagnettas innerhalb des Lago Maggiore.

Nicht verwertete Daten

Daten, die in einer Wassertiefe von 15 cm erhoben worden waren, wurden aus sämtlichen Auswertungen ausgeschlossen, da in dieser Tiefe Fischbeobachtungen mittels Schnorcheln unzuverlässig sind. Auf Auswertungen zur Temperatur wurde verzichtet, da die Tagesschwankungen der Temperaturen grösser waren als die gemessenen Unterschiede zwischen den Stränden. Der Wasserstand der Seen wurde nicht in die Analyse einbezogen, da die Pegelschwankungen während den Transektarbeiten mit 20 cm äusserst gering waren (BWG 2002a, 2002b). Silt wurde kein einziges Mal als dominierendes Substrat beobachtet und kommt deshalb in der Auswertung nicht vor. Die Grösse der Neststeine konnte wegen ungenügender Anzahl nicht weiter analysiert werden.

3.3.7 Mikrohabitatsuntersuchung in grösseren Tiefen

Da in den bisher aufgeführten Methoden die Verbreitung der Fische bloss bis maximal ein Meter Tiefe erfasst werden konnte, wurde versucht, durch den Einsatz von Tauchern mit Atemgeräten ein besseres Bild über die Tiefenverteilung der Fische zu erhalten. Die Abundanzen bei verschiedenen Tiefen wurde entweder nach Augenmass oder anhand von Transektmethoden (vgl. 3.3.1) abgeschätzt. Insgesamt wurden drei Tauchgänge im Lago Maggiore (Taucher: R. Müller) und zwei Tauchgänge im Lago di Lugano (Taucher: M. Wilke) durchgeführt.

3.4 Fotografie

3.4.1 Aquariefotos

Fotos von Tieren in Aquarien wurden mit folgender Ausrüstung gemacht: Nikon F-801, AF Micro Nikkor 55 mm, Blitzgerät Nikon SB-24, Verbindungskabel für das Blitzgerät, 100 ISO Diafilm. Das Blitzgerät war auf einem Stativ festgemacht und möglichst schräg gegen die Aquariumvorderseite gerichtet. Die Einstellungen an Kamera und Blitz waren wie folgt: Zeitautomatik mit vorgewählten Blenden zwischen 22 und 32, matrixgesteuerter Aufhellblitz (TTL) mit manuell auf 24 mm eingestelltem Zoomreflektor.

3.4.2 Aussenaufnahmen

Die Aufnahmen in den Seen erfolgten mit folgender Ausrüstung: Nikonos IV-A, W-Nikkor 35 mm, Nahaufnahmesatz bestehend aus Nahlinse, Rahmenhalter, Rahmen (auf den Rahmen wurde zum Teil verzichtet), 100 ISO Diafilm. Die Entfernungsskala war dabei auf unendlich eingestellt, die Blende meist auf f/11 (sonnige Verhältnisse).

4 Resultate

4.1 Bisherige Kenntnisse zur Verbreitung

Die Resultate sind in den Tabellen 7 und 8 (folgende Seiten) zusammengefasst.

4.1.1 Ghiozzo

Pavesi (1872) ist in seinem Werk "I pesci e la pesca del Cantone Ticino" der erste, der für den Ghiozzo umfassende Angaben zur Verbreitung auf Schweizer Gebiet macht, und den Ghiozzo auch im Lago di Lugano beschreibt. Zuvor haben zwar einige andere Autoren, z.B. Heckel (1858, Original nicht gesehen), den Ghiozzo im Lago Maggiore erwähnt, aber diese Schilderungen scheinen vor allem Gebiete in Italien zu betreffen (Fatio 1882). Seit Pavesis Schrift sind keine neuen Erkenntnisse mehr dazugekommen, und ausser ihm machen nur Fatio (1882) und Steinmann (1948; 1952) unmissverständlich klar, dass sie den Fisch auch selber gesehen haben. Die Fundorte Faloppia und Breggia von Pavesi (1872) werden später nicht mehr bestätigt und verschwinden wieder aus der Literatur. Einige Jahrzehnte später, im Verbreitungsatlas der Fische und Rundmäuler der Schweiz (Pedroli et al. 1991), wird für den Ghiozzo als Verbreitungsgebiet sowohl der Lago Maggiore als auch der Lago di Lugano angegeben. Dies ist die erste Publikation seit 1952, deren Verbreitungsangaben auf konkreten Beobachtungen zu beruhen scheinen.

Die neusten Funde in beiden Seen stammen von den Tauchern S. Coratelli und M. Wilke, die die Tiere in zwei bis drei Meter Tiefe beobachteten sowie von Mitarbeitern des Servizio cantonale della caccia e pesca, die den Ghiozzo im Jahr 2000 bei Morcote in grösserer Zahl per Elektrofängergerät fangen konnten (B. Polli, Pers. Mitt.).

4.1.2 Cagnetta

Laut Pavesi (1872) und Fatio (1882) erwähnen drei Autoren vor ihnen (Cuvier & Valenciennes 1836; Schinz 1840; Monti 1864) den Lago Maggiore als Verbreitungsgebiet die Cagnetta. Pavesi (1872, S.73) äussert starke Zweifel an der Richtigkeit dieser Angaben und schliesst die Cagnetta von der Liste einheimischer Fischarten aus. Der nächste schriftliche Beleg eines Cagnetta-Vorkommens im Lago Maggiore folgt erst mehr als 100 Jahre später von Borroni und Grimaldi (1978), die den Fisch an mehreren Orten rund um den italienischen Teil des Sees vorgefunden haben. Im selben Jahr sollen laut Kirchhofer (1990) Exemplare auf schweizerischem Gebiet im Lago Maggiore, und sieben Jahre später auch im Lago di Lugano beobachtet worden sein. Quellenangaben dazu liegen keine vor, dafür aber zwei Dokumente von Steiger (1981b; 1981a), die vom Fund einer Cagnetta im Lago Maggiore berichten. Die ersten schriftlichen Angaben über ein Auftreten der Cagnetta im Lago di Lugano wurden bei Locatelli (1990) gefunden. In den 1990er Jahren wurde die Cagnetta ausserdem bei Abfischungen mit dem Elektrofängergerät zu verschiedenen Jahreszeiten in den Flüssen Tresa, Scairolo, Vedeggio und Laveggio entdeckt (Büro Aquarius, pers. Mitt.).

Tabelle 7: Bisherigen Kenntnisse über die Verbreitung des **Ghiozzo**.

Jahr	Autor	Ort	Beobachtung	Bemerkungen
1858	Heckel und Kner	Lago Maggiore	?	gemäss Pavesi
?	Boniforti	Lago Maggiore	?	gemäss Pavesi
1859-63	Lavizzari	Lago Maggiore	?	gemäss Pavesi
1864	Monti	Lago Maggiore	?	gemäss Fatio
1872	Pavesi	Lago Maggiore	+	
		Lago di Lugano	++	Lugano, Malpensata, Punta di S. Martino, Bissone
		Faloppia	+	
		Breggia	+	
1882	Fatio	Lago Maggiore	++	
		Lago di Lugano	++	
		Faloppia	--	
		Breggia	--	
1935	Steinmann	Lago Maggiore	--	
		Lago di Lugano	--	
		Faloppia	--	
		Breggia	--	
1947	Decarli-Buetti	-	-	Seen und Flüsse
1948	Steinmann	Lago Maggiore	--	
		Lago di Lugano	++	Ponte Tresa, Fuss des Monte S. Salvatore
		Faloppia	--	
		Breggia	--	
1952	Steinmann	Lago Maggiore	++	
		Lago di Lugano	++	
1952	Dottrens	Lago Maggiore	-	
		Lago di Lugano	-	
1991	Pedroli	Lago Maggiore	+	
		Lago di Lugano	+	
1997	Locatelli	Lago Maggiore	--	
		Lago di Lugano	--	
----- unpublizierte Angaben -----				
ca. 1980*	Steiger	Lago di Lugano	++	Riva San Vitale
1981*	Müller	Lago Maggiore	++	Badestrand von Cannobio (IT)
1995*	Coratelli	Lago Maggiore	++	Vira
2000*	Coratelli	Lago di Lugano	++	Campione
2000*	Polli	Lago di Lugano	++	Morcote (Vedo)
2002*	Wilke	Lago di Lugano	++	Paradiso
* = Funddatum	Beobachtung durch Autor: ++ sicher, + wahrscheinlich, - eher nicht, -- sicher nicht			

Tabelle 8: Bisherigen Kenntnisse über die Verbreitung der **Cagnetta**.

Jahr	Autor	Ort	Beobachtung	Bemerkungen
1836	Cuvier und Valenciennes	Lago Maggiore	?	gemäss Pavesi 1872
1840	Schinz	Lago Maggiore	--	gemäss Fatio 1882
1864	Monti	Lago Maggiore	--	gemäss Pavesi 1872
1978	Borroni & Grimaldi	Lago Maggiore	++	nur auf italienischem Gebiet gesucht
1978 *	Kirchhofer et al. (1990)	Lago Maggiore	-	Schweizer Gebiet; ohne Quellenangabe
1980 *	Steiger	Lago Maggiore	++	Gerra (Gambarogno)
1985 *	Kirchhofer et al. (1990)	Lago di Lugano	?	ohne Quellenangabe
1990	Locatelli	Lago di Lugano	++	Melide
1991	Pedroli	Lago Maggiore	++	
		Lago di Lugano	++	
1997	Locatelli	Lago di Lugano	++	
		Scairolo	?	
unpublizierte Angaben				
1993*	B. Polli	Tresa	++	Madonna del Piano
1993*	B. Polli	Tresa	++	
1995*	B. Polli	Scairolo	++	Barbengo/Figino
1999*	B. Polli	Scairolo		Barbengo
1997*	M. Escher	Vedeggio	++	ARA Lugano, unterhalb
1997*	B. Polli	Laveggio		Riva S. Vitale
1998*	B. Polli	Laveggio	++	Riva S. Vitale
1999*	Polli	Scairolo		Barbengo
2000*	Polli	Lago di Lugano	++	Morcote (Vedo)
* = Funddatum Beobachtung durch Autor: ++ sicher, + wahrscheinlich, - eher nicht, -- sicher nicht				

4.2 Aktuelle Verbreitung

Die Resultate zu den Verbreitungsuntersuchungen sind in Abbildung 10 dargestellt. Neben Ghiozzo und Cagnetta wurde im Litoral auch noch eine Reihe andere Fischarten beobachtet; z.B. Steinbeisser (*Cobitis taenia*), Trüsche (*Lota lota*), Egli (*Perca fluviatilis*), Zander (*Sander lucioperca*), Forellenbarsch (*Micropterus salmoides*), und Alet (*Leuciscus cephalus*). Eine vollständige Übersicht zu sämtlichen untersuchten Orten und den jeweils vorgefundenen Fischarten ist in den Tabellen A1 bis A5 im Anhang zu finden.

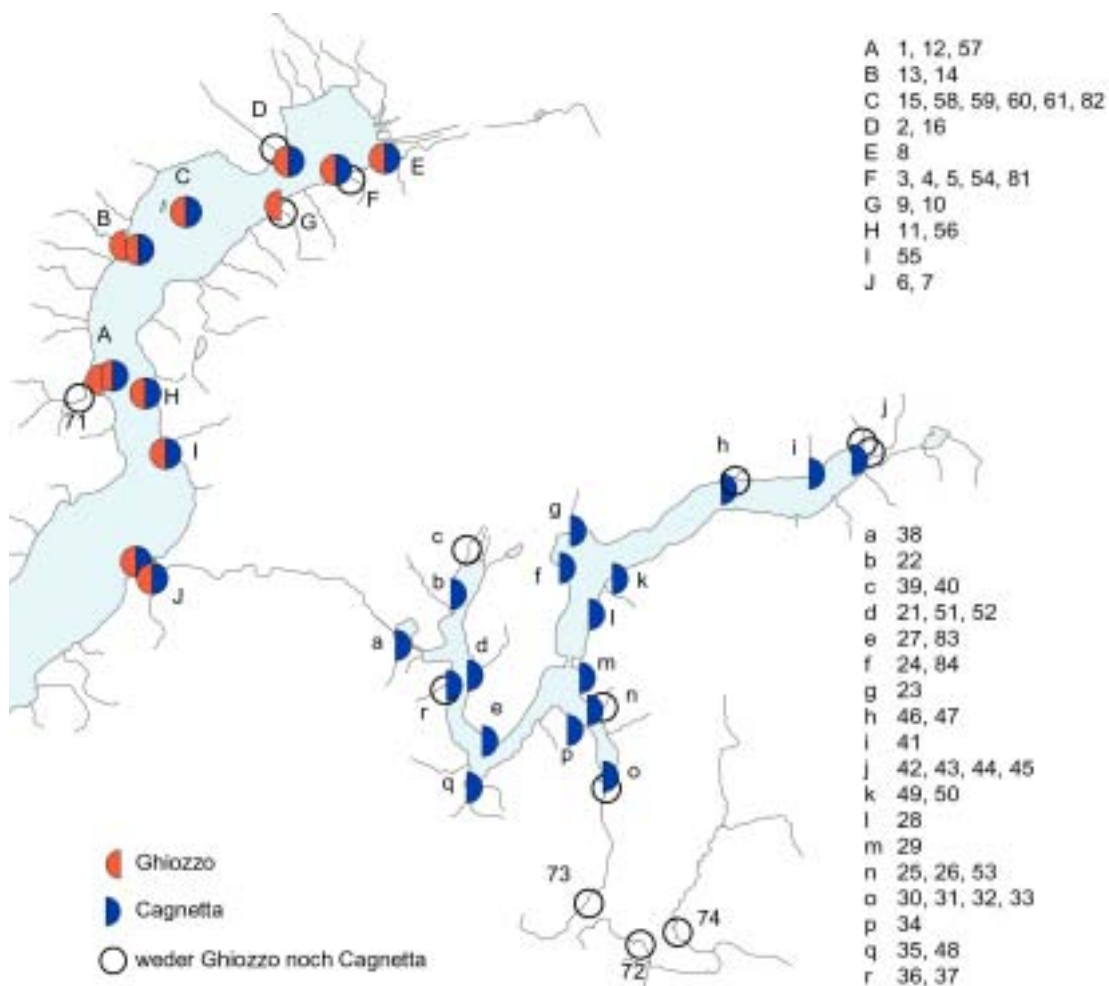


Abbildung 10: Verbreitungsgebiet des Ghiozzo und der Cagnetta gemäss der Feldarbeiten im Frühjahr und Sommer 2002. Die zu einer Verbreitungsangabe (Buchstabe) zugehörigen Beobachtungen (Nummern) sind in den Tabellen A1 bis A5 im Anhang detailliert beschrieben. Karte: DGN (Swisstopo 1998), verändert.

4.2.1 Seen

Im Lago Maggiore wurden an nahezu allen untersuchten Seeuferabschnitten sowohl der Ghiozzo als auch die Cagnetta gefunden. An den Uferabschnitten des Lago di Lugano konnte stets die Cagnetta beobachtet werden, ausser in Agno, wo die Steine aufgrund starker Einbettung in das Sediment keine Unterschlupfmöglichkeiten boten. Der Ghiozzo konnte im Lago di Lugano nicht nachgewiesen werden.

4.2.2 Fliessgewässer

Im Torrente S. Giovanni (It) konnten kurz vor der Mündung in den Lago Maggiore mehrere Ghiozzos und eine einzelne Cagnetta beobachtet werden. Im Cannobino (It), im Riale del Sacro Monte und im Riale di Vira wurde der Ghiozzo auch gefunden, allerdings lagen diese Fundorte stets im Mündungsgebiet, wo sich Fluss- und Seewasser des Lago Maggiore bereits zu vermischen beginnen. Mehr als 20 m flussaufwärts von der Mündung entfernt wurde weder der Ghiozzo noch die Cagnetta jemals gefunden. In vier Fliessgewässern wurde stattdessen die Groppe angetroffen (Riale di Vira, Riale di Cedullo, Cannobino, Maggia). Die Groppe wurde im Frühjahr auch im Seelitoral von Cannobio (It) beobachtet, im Sommer nicht mehr. In den Fliessgewässern Faloppia, Laveggio und Breggia konnten keinerlei benthische Kleinfische gefunden werden.

4.3 Mikrohabitatsnutzung

4.3.1 Einfluss des Mikrohabitats auf Artenzusammensetzung, Grössenzusammensetzung und Abundanz

Die Resultate der Regressionsanalyse sind in der Tabelle 8 zusammengefasst. Die Resultate beziehen sich alle auf Ghiozzo- und Cagnettapopulationen des Lago Maggiore.

Auf Quadratmeterdaten basierende Analysen zeigen durchwegs Bestimmtheitsmasse (R^2) von unter 0.5, das heisst, die jeweiligen Modelle erklären weniger als die Hälfte der Varianz in den Zielgrössen. Umgekehrt weisen praktisch alle Analysen des Strand- oder Transekttyps R^2 -Werte von deutlich über 0.5 auf; das heisst, die Variablensets und die errechneten Koeffizienten beschreiben die Zielgrössen ziemlich gut. Die grössten R^2 -Werte erreichen die auf der Unterebene Strand basierenden Analysen, allerdings besitzen sie grössere p-Werte für die F-Statistik als auf Transektunterebene basierende Resultate.

Tabelle 9 (folgende Seite): Einfluss von verschiedenen Faktoren auf die Artenzusammensetzung (Verhältnis Ghiozzo / Cagnetta), Grössenzusammensetzung (Verhältnis Klein / Gross) und Abundanzen (Dichte Ghiozzo, Dichte Cagnetta, Dichte Gesamt) gemäss Regressionsanalyse. *Quadratmeter*, *Transekt* und *Strand* bezeichnen die unterschiedlichen Arten der Datenzusammenfassung, auf der die Resultate beruhen, *Set A* und *Set B* bezeichnen die unterschiedlichen Variablensets, die für die Analyse zur Verfügung gestellt wurden (siehe Methoden). *R-2* steht für das Bestimmtheitsmass R^2 . *Koeff.* ist der ermittelte Koeffizient der Regressionsgleichung, *SK* die zugehörige Signifikanzklasse (n.s. $p > 0.05$, * $0.05 > p > 0.01$, ** $0.01 > p > 0.001$, *** $0.001 > p$).

	Quadratmeter				Transekt				Strand			
	Set A		Set B		Set A		Set B		Set A		Set B	
	Koeff.	SK	Koeff.	SK	Koeff.	SK	Koeff.	SK	Koeff.	SK	Koeff.	SK
Ghiozzo / Cagnetta												
Neigung	-	-	-	-	0.41 *	-	-	-	-	-	-	-
Tiefe	0.01 **	-	-	-	0.04 n.s.	-	-	-	-	-	-	-
Mikrophyten Faktor viel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unterstände	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-Achse	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sand	-1.00 *	-	-	-	2.74 **	-	-	-	7.39 **	-	-	-
Kies	-	0.61 n.s.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stein	-1.31 **	-0.69 **	-	-	4.47 ***	-	-	-	-	5.98 **	-	-
Schutt	-0.81 *	-	-	-	1.92 **	-	-	-	-	1.81 n.s.	-	-
Felsblock	-2.35 ***	-1.55 ***	-	-	-	-3.06 ***	-	-	-	-	-	-
Muttergestein	-2.04 ***	-1.24 ***	-	-	-	-2.55 ***	-	-	-	-	-	-
R-2	0.449	0.410	-	-	0.790	0.741	-	-	0.767	0.890	-	-
p (F-Statistik)	0.000 ***	0.000 ***	-	-	0.000 ***	0.000 ***	-	-	0.004 **	0.004 **	-	-
Klein / Gross												
Neigung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tiefe	-0.01 **	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mikrophyten Faktor viel	-0.11 n.s.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unterstände	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B-Achse	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sand	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kies	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.20 n.s.	-	-
Stein	-	-	-	-	1.13 n.s.	1.13 n.s.	-	-	2.61 ***	3.29 *	-	-
Schutt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.17 n.s.	-	-
Felsblock	-0.56 ***	-0.47 ***	-	-	-0.88 *	-0.88 *	-	-	-	0.99 n.s.	-	-
Muttergestein	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.20 n.s.	-	-
R-2	0.140	0.085	-	-	0.479	0.479	-	-	0.864	0.991	-	-
p (F-Statistik)	0.000 ***	0.000 ***	-	-	0.002 **	0.002 **	-	-	0.001 ***	0.023 *	-	-
Dichte Ghiozzo												
Neigung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tiefe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mikrophyten Faktor viel	0.09 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unterstände	-	-	-	-	0.06 ***	-	-	-	-	-	-	-
B-Achse	0.002 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sand	-	-	-	-	-	-0.33 n.s.	-	-	-	-	-	-
Kies	0.66 **	0.82 ***	-	-	0.64 **	-	-	-	1.65 **	-	-	-
Stein	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1.87 *	-	-
Schutt	0.33 ***	0.38 ***	-	-	-	-	-	-	-	-1.16 **	-	-
Felsblock	-0.34 *	-0.21 *	-	-	-0.41 ***	-0.52 **	-	-	-	-1.84 **	-	-
Muttergestein	-	-	-	-	-	-0.37 **	-	-	-	-0.86 *	-	-
R-2	0.311	0.275	-	-	0.727	0.507	-	-	0.797	0.973	-	-
p (F-Statistik)	0.000 ***	0.000 ***	-	-	0.000 ***	0.005 **	-	-	0.003 **	0.011 *	-	-
Dichte Cagnetta												
Neigung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tiefe	-0.004 **	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mikrophyten Faktor viel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unterstände	0.02 n.s.	-	-	-	0.03 n.s.	-	-	-	-	-	-	-
B-Achse	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sand	0.50 n.s.	-	-	-	-	-	-	-	-1.03 *	-	-	-
Kies	0.53 n.s.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stein	0.59 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-1.62 **	-	-
Schutt	0.61 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.76 **	-	-
Felsblock	0.92 **	0.32 ***	-	-	0.25 **	0.28 **	-	-	-	-0.65 *	-	-
Muttergestein	1.02 ***	0.36 ***	-	-	0.43 ***	0.34 ***	-	-	-	-	-	-
R-2	0.351	0.277	-	-	0.642	0.568	-	-	0.585	0.944	-	-
p (F-Statistik)	0.000 ***	0.000 ***	-	-	0.000 ***	0.000 ***	-	-	0.027 *	0.006 **	-	-
Dichte Gesamt												
Neigung	-	-	-	-	0.09 n.s.	-	-	-	-	-	-	-
Tiefe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mikrophyten Faktor viel	0.09 n.s.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unterstände	0.02 n.s.	-	-	-	0.06 *	-	-	-	-	-	-	-
B-Achse	0.002 *	-	-	-	0.01 n.s.	-	-	-	-	-	-	-
Sand	-	-	-	-	-	-1.15 *	-	-	-	-	-	-
Kies	0.67 **	0.68 **	-	-	-	-	-	-	1.22 *	-	-	-
Stein	-	-	-	-	-	-1.04 n.s.	-	-	-	-2.54 *	-	-
Schutt	0.28 *	0.29 **	-	-	-0.41 n.s.	-0.83 *	-	-	-	-1.52 **	-	-
Felsblock	-	-	-	-	-1.14 *	-1.11 *	-	-	-	-1.84 *	-	-
Muttergestein	0.43 ***	0.27 **	-	-	0.29 n.s.	-0.75 n.s.	-	-	-	-0.60 n.s.	-	-
R-2	0.156	0.098	-	-	0.636	0.327	-	-	0.524	0.951	-	-
p (F-Statistik)	0.001 ***	0.003 **	-	-	0.010 **	0.229 n.s.	-	-	0.042 *	0.027 *	-	-

Regressionsanalysen zeigen lediglich statistische Zusammenhänge und liefern damit lediglich Hinweise auf Kausalzusammenhänge (Stahel 1999). Da die Resultate je nach Variablenset und Analyseebene unterschiedlich ausfallen, scheinen solche Kausalzusammenhänge am ehesten da gegeben zu sein, wo sich ein Muster in unterschiedlichen Analysen wiederholt. Im folgenden wird deshalb versucht, das Augenmerk auf solche Muster zu richten, wobei den Quadratmeter-Resultaten aufgrund ihrer unbefriedigenden R^2 -Werte weniger Gewicht beigemessen wird.

Flächenanteile Unterstandssubstrate

Mit Unterstandssubstrat sind die Substrattypen Stein, Schutt, Felsblock und Muttergestein gemeint, die aufgrund ihrer Struktur Versteck und Nistmöglichkeiten bieten. Die Abundanz des Ghiozzo korreliert negativ mit den Felsblock- und Muttergesteinsvorkommen, die Abundanz der Cagnetta verhält sich umgekehrt. Ihre Korrelation mit Felsblock- und Muttergesteinsvorkommen ist stets positiv, oder im Fall von Strand, Set B zumindest weniger negativ als jene der Ghiozzo-Abundanz und gleichzeitig weniger negativ als die Koeffizienten für Stein und Schutt. Entsprechend ist das Abundanzverhältnis Ghiozzo/Cagnetta positiv korreliert mit Stein und Schutt, und negativ korreliert mit Felsblock und Muttergestein. (Auf Quadratmeterebene ist die Korrelation zu Stein- und Schuttvorkommen zwar nicht positiv, immerhin aber kleiner als zu Felsblock- oder Muttergesteinsvorkommen). Die Gesamtabundanz an Fischen scheint eher negativ mit allen vier Unterstandssubstraten korreliert zu sein, das Abundanzverhältnis kleine Fische/grosse Fische (beide Arten zusammen) scheint positiv mit Steinvorkommen korreliert zu sein.

Flächenanteile Beilagesubstrate

Die Abundanzen sind im allgemeinen positiv mit Kies korreliert, und eher negativ mit Sand. Das Verhältnis Ghiozzo zu Cagnetta korreliert in den meisten Fällen positiv mit Sandvorkommen.

Weitere Faktoren

Die Abundanzen korrelieren auf Transektebene mehr oder weniger signifikant positiv mit der Anzahl Unterstände. Die übrigen Variablen (Neigung, Tiefe, Mikrophyten, Unterstände, B-Achse) zeigen keine konsistente Muster, weder bezüglich Abundanzen noch bezüglich Arten- oder Grössenzusammensetzung.

4.3.2 Nischenpräferenz

Die Ergebnisse zu den Selektionsindices und den Tests für unterschiedliche bzw. für unzufällige Habitatsnutzung beziehen sich auf Ghiozzo- und Cagnettapopulationen des Lago Maggiore. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 10-15 zusammengefasst und in den Abbildungen 11-16 graphisch dargestellt. Die Darstellung zur Verfügbarkeit der einzelnen Parameterklassen soll helfen abzuschätzen, wie viel Einfluss allfällige Einzelereignisse haben könnten. Im folgenden werden nur relative Aussagen zum Präferenz- bzw. Meideverhalten gemacht, wie dies Johnson (1980) nahelegt¹².

Substratzusammensetzung

Die Nullhypothese, dass der Ghiozzo und die Cagnetta das Substrat auf dieselbe Weise nutzen, kann klar verworfen werden. Allerdings zeigt der Selektionsindex für die Substratkategorien nur in der auf Quadratmeterdaten basierenden Auswertung starke Präferenzen bzw. Meidungen für den einen oder anderen Substrattyp an; entsprechend kann die Nullhypothese der zufälligen Habitatsnutzung nur in dieser Auswertung mit sehr starker Signifikanz verworfen werden. In allen drei Berechnungsarten zeigt sich, dass die Cagnetta Felsblöcke und Muttergestein stärker präferiert (bzw. weniger stark meidet) als der Ghiozzo, und dass das Umgekehrte für die Substrattypen Sand, Kies und Schutt gilt.

Übrige Parameter

Die Nullhypothese, dass der Ghiozzo und die Cagnetta das Mikrohabitat auf dieselbe Weise nutzen, kann für alle Parameter klar verworfen werden. Die Cagnetta zeigt deutlich grössere Vorlieben als der Ghiozzo für Stellen ohne Unterstände, ansonsten sind die Unterschiede zwischen den beiden Arten relativ klein. Die differenzierte Nutzung von Flächen mit verschieden vielen Versteckmöglichkeiten ist nur für den Ghiozzo signifikant. Bezüglich der Grösse der grössten Unterstände zeigt der Ghiozzo klare (und stark signifikante) Präferenz für den mittleren Grössenbereich (B-Achse zwischen 63 und 162 mm), während die Cagnetta eher solche Stellen mit viel schmalen oder viel breiteren Steinen zu bevorzugen scheint (nur in der Quadratmeter-Auswertung signifikant).

Die Nutzung von Stellen mit bestimmten Veralgungsgraden ist beim Ghiozzo stark signifikant, allerdings ist ein konsistentes Nutzungsmuster nicht erkennbar, abgesehen von einer Abneigung für völlig unveralgte Substrate.

Die Cagnetta zeigt Präferenzen für den ufernahen Litoralbereich und Meideverhalten für Zonen, die weiter als 3 Meter vom Ufer entfernt sind. Dies widerspiegelt sich in den Resultaten zur Tiefenverteilung: Die Cagnetta bevorzugt (innerhalb des obersten Meters des Litorals) die seichten Zonen bis ca. 40 cm Tiefe (schwach signifikant), während der Ghiozzo keine signifikant unzufällige Nutzung erkennen lässt.

¹² Nutzung-Verfügbarkeits-Studien hängen von der Vorstellung ab, die der Untersuchende von den Ressourcen hat, die dem Tier zur Verfügung stehen. Je nachdem, welche Parameter in die Analyse einbezogen werden, können die Ergebnisse bezüglich Präferenz unterschiedlich ausfallen. Die Rangordnung unter den Komponenten bleibt jedoch gleich, das heisst, eine relative Aussage wird weniger verfälscht (Johnson 1980).

Tabelle 10: Selektionsindex für die verschiedenen **Substrattypen** sowie Chiquadrat-Teststatistik zur Hypothese, dass die beiden Arten die Substrate auf dieselbe Weise nutzen ($p1$) bzw. dass die Fische einer Art das Substrat zufällig nutzen ($p2$). *M2* (Quadratmeter), *Transekt* und *Strand* bezeichnen die unterschiedlichen Arten der Datenzusammenfassung, auf der die Resultate beruhen.

Substrat- typen	M2		Transekt		Strand		Verf. in %
	Ghiozzo	Cagnetta	Ghiozzo	Cagnetta	Ghiozzo	Cagnetta	
Sand	0.961	0.184	0.858	0.506	0.705	0.543	7.4
Kies	2.493	0.612	1.057	0.910	0.982	0.847	3.7
Stein	1.125	0.621	0.800	1.116	0.835	1.040	20.1
Schutt	1.333	0.672	1.194	0.936	1.382	0.882	38.5
Felsblock	0.160	1.702	0.589	1.087	0.482	1.084	14.7
Muttergest.	0.474	2.111	0.956	1.001	0.649	1.086	15.7
p1 (Chi2)	0.000 ***		0.000 ***		0.000 ***		
p2 (Chi2)	0.000 ***	0.000 ***	0.398 n.s.	0.955 n.s.	0.017 *	0.927 n.s.	

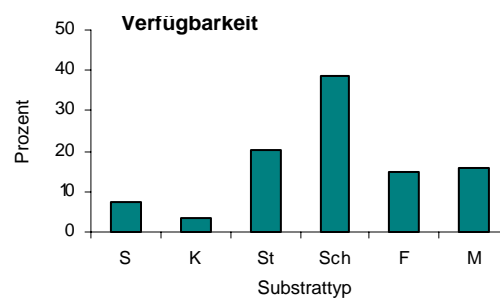
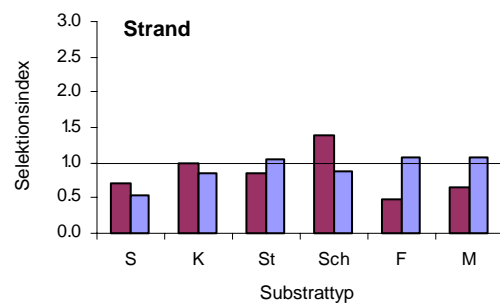
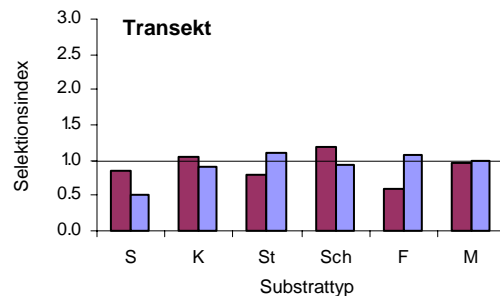
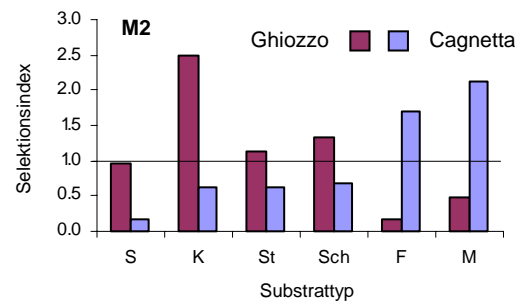


Abbildung 11: Balkendiagramme zum Selektionsindex der **Substrattypen** Sand (S), Kies (K), Stein (St), Schutt (Sch), Felsblock (F), Muttergestein (M), sowie zu ihrer Verfügbarkeit. Die Hilfslinie markiert den Selektionsindex von 1.0. Werte darüber werden als Präferenz, Werte darunter als Meidung interpretiert. *M2* (Quadratmeter), *Transekt* und *Strand* bezeichnen die unterschiedlichen Arten der Datenzusammenfassung, auf der die Resultate beruhen.

Anzahl Unterst.	M2		Strand		Verf. in %
	Ghiozzo	Cagnetta	Ghiozzo	Cagnetta	
0	0.076	2.103	0.100	1.384	9.22
1-2	0.409	0.931	0.505	0.907	12.06
3-4	0.903	0.392	0.878	0.545	15.60
5-6	1.560	1.130	1.383	1.009	19.86
7-8	1.468	0.813	1.269	0.955	16.31
9-10	0.993	0.996	1.247	1.022	9.22
11-12	0.745	1.319	1.328	1.140	8.51
13-14	0.851	0.617	0.909	0.581	4.96
15-16	1.324	0.959	0.731	1.479	2.13
17-18	1.324	0.959	1.219	0.646	2.13
p1 (Chi2)	0.000 ***		0.000 ***		
p2 (Chi2)	0.000 ***	0.024 *	0.015 *	0.692 n.s.	

Tabelle 11: Selektionsindex für die **Unterstandsdichte** sowie Chiquadrat-Teststatistik zur Hypothese, dass die beiden Arten diesen Parameter auf dieselbe Weise nutzen ($p1$) bzw. dass die Fische diesen Parameter zufällig nutzen ($p2$). *M2* (Quadratmeter) und *Strand* bezeichnen die unterschiedlichen Arten der Datenzusammenfassung, auf der die Resultate beruhen.

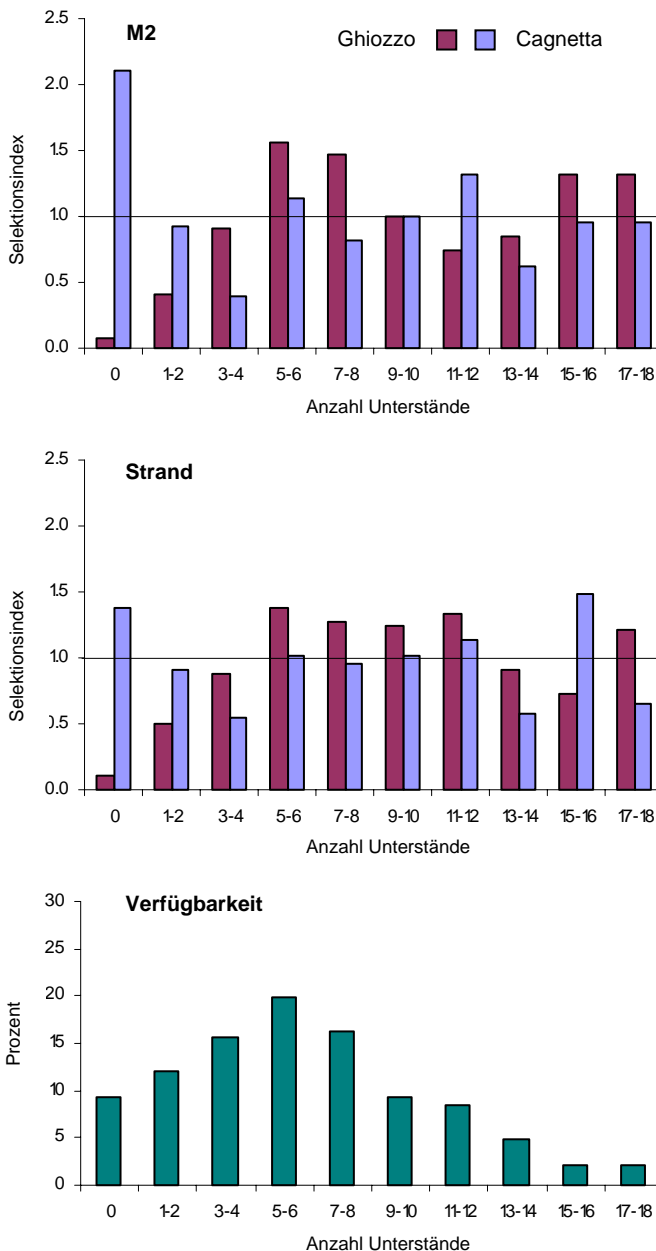


Abbildung 12: Balkendiagramme zum Selektionsindex der **Unterstandsdichte**. Die Hilfslinie markiert den Selektionsindex von 1.0. Werte darüber werden als Präferenz, Werte darunter als Meidung interpretiert. *M2* (Quadratmeter) und *Strand* bezeichnen die unterschiedlichen Arten der Datenzusammenfassung, auf der die Resultate beruhen.

Tabelle 12: Selektionsindex für die **Grösse der grössten Unterstände** sowie Chi-Quadrat-Teststatistik zur Hypothese, dass die beiden Arten diesen Parameter auf dieselbe Weise nutzen ($p1$) bzw. dass die Fische diesen Parameter zufällig nutzen ($p2$). *M2* (Quadratmeter) und *Strand* bezeichnen die unterschiedlichen Arten der Datenzusammenfassung, auf der die Resultate beruhen.

B-Achse [mm]	M2		Strand		Verf. in %
	Ghiozzo	Cagnetta	Ghiozzo	Cagnetta	
0 - 12	0.076	2.103	0.100	1.384	9.22
13 - 37	0.000	1.439	0.000	0.750	1.42
38 - 62	0.496	0.599	0.460	1.462	17.02
63 - 87	1.362	0.904	1.164	1.091	24.82
88 - 112	1.943	0.626	1.297	0.661	16.31
113 - 137	2.185	0.432	1.602	0.373	7.09
138 - 162	1.241	0.000	1.730	0.000	2.84
163 - 187	0.271	1.439	0.599	0.952	7.80
188 - 212	0.993	1.439	1.481	1.731	2.13
213 - 237	0.000	0.000	0.000	0.000	0.71
>238	0.199	1.727	0.767	1.039	10.64
p1 (Chi2)	0.000 ***		0.000 ***		
p2 (Chi2)	0.000 ***	0.000 ***	0.003 **	0.192 n.s.	

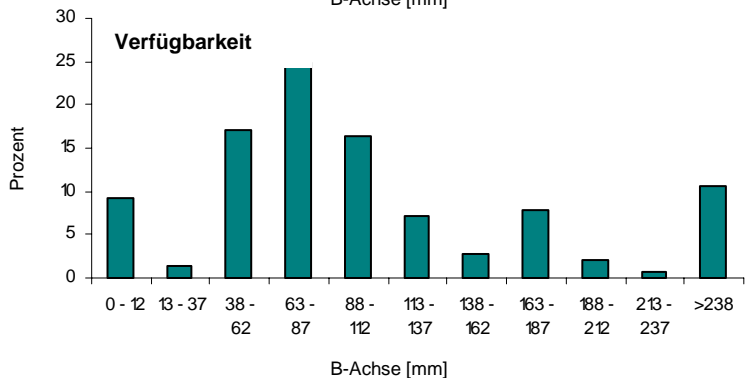
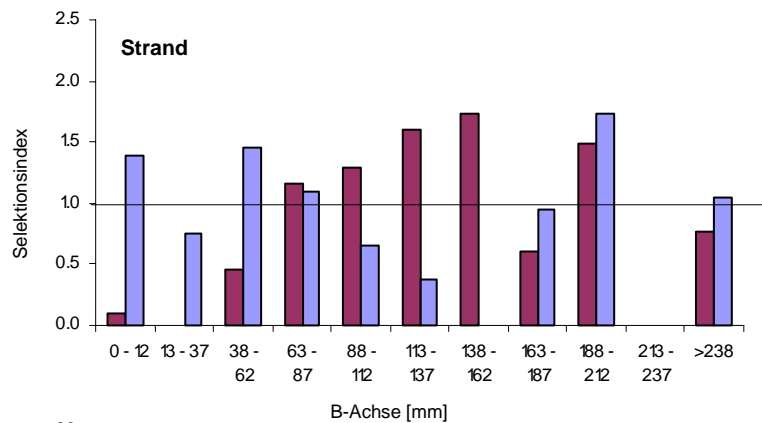
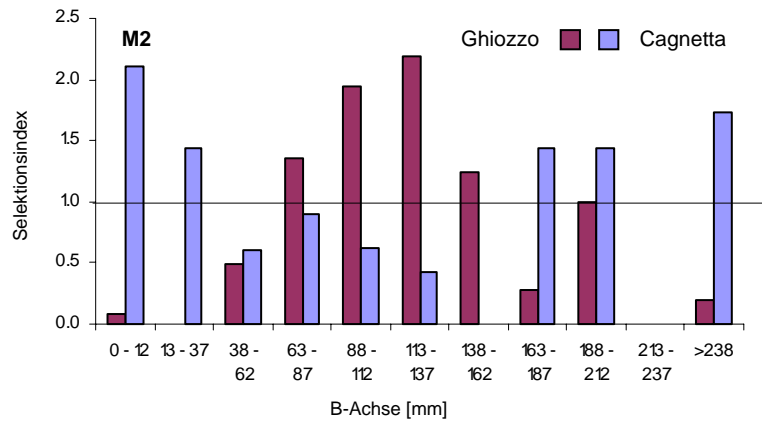


Abbildung 13: Balkendiagramme zum Selektionsindex der **Grösse der grössten Unterstände**. Die Hilfslinie markiert den Selektionsindex von 1.0. Werte darüber werden als Präferenz, Werte darunter als Meidung interpretiert. *M2* (Quadratmeter) und *Strand* bezeichnen die unterschiedlichen Arten der Datenzusammenfassung, auf der die Resultate beruhen.

Mikroph. [Klassen]	M2		Strand		Verf. in %
	Ghiozzo	Cagnetta	Ghiozzo	Cagnetta	
1	0.638	0.617	0.474	1.661	19.86
2	1.454	1.285	1.359	1.129	19.86
3	1.754	0.671	1.172	0.643	21.28
4	0.685	1.736	1.177	1.090	20.57
5	0.276	0.879	0.691	0.836	12.77
6	0.621	0.180	1.136	0.625	5.67
p1 (Chi2)	0.000 ***		0.000 ***		
p2 (Chi2)	0.000 ***	0.001 ***	0.004 **	0.210 n.s.	

Tabelle 13: Selektionsindex für den **Mikrophytenbewuchs** sowie Chi-Quadrat-Teststatistik zur Hypothese, dass die beiden Arten diesen Parameter auf dieselbe Weise nutzen ($p1$) bzw. dass die Fische diesen Parameter zufällig nutzen ($p2$). *M2* (Quadratmeter) und *Strand* bezeichnen die unterschiedlichen Arten der Datenzusammenfassung, auf der die Resultate beruhen.

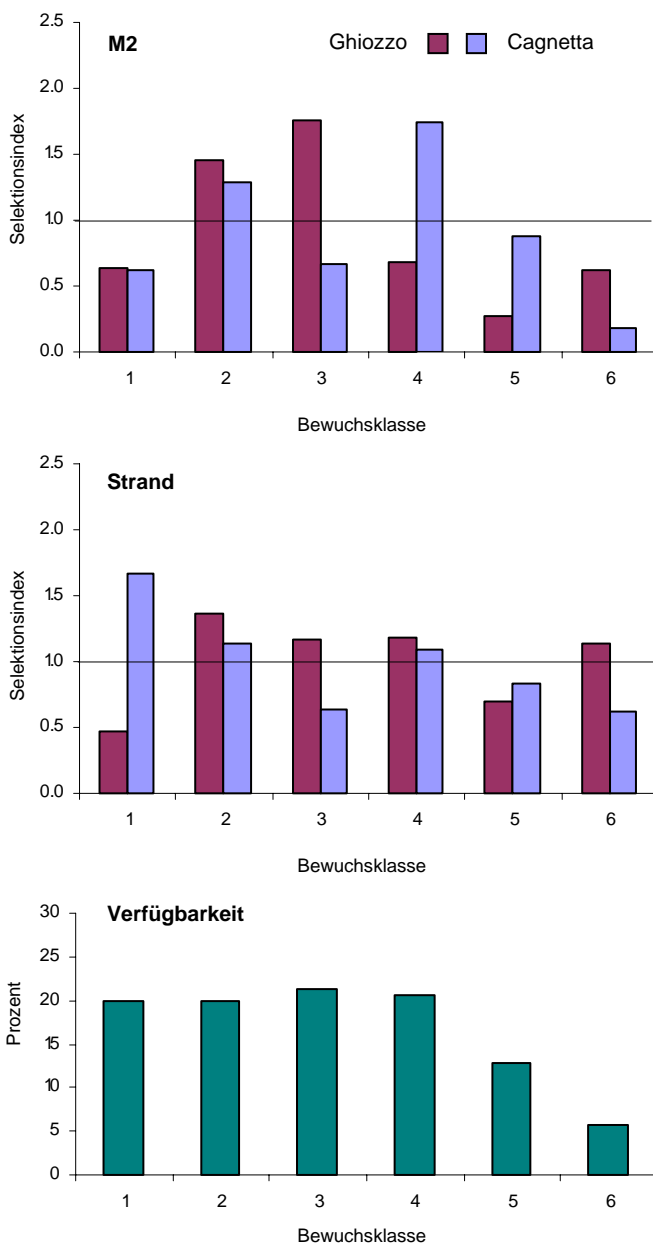


Abbildung 14: Balkendiagramme zum Selektionsindex des **Mikrophytenbewuchses**. Die Hilfslinie markiert den Selektionsindex von 1,0. Werte darüber werden als Präferenz, Werte darunter als Meidung interpretiert. *M2* (Quadratmeter) und *Strand* bezeichnen die unterschiedlichen Arten der Datenzusammenfassung, auf der die Resultate beruhen.

Tabelle 14: Selektionsindex für die **Distanz zum Ufer** sowie Chiquadrat-Teststatistik zur Hypothese, dass die beiden Arten diesen Parameter auf dieselbe Weise nutzen ($p1$) bzw. dass die Fische diesen Parameter zufällig nutzen ($p2$). *M2* (Quadratmeter) und *Strand* bezeichnen die unterschiedlichen Arten der Datenzusammenfassung, auf der die Resultate beruhen.

Distanz [m]	M2		Strand		Verf. in %
	Ghiozzo	Cagnetta	Ghiozzo	Cagnetta	
0-1	0.355	1.747	0.428	1.244	9.93
1-2	0.804	1.781	0.767	1.645	14.89
2-3	1.135	1.439	1.082	1.329	14.89
3-4	1.135	0.822	1.082	0.759	14.89
4-5	1.097	0.682	1.019	0.626	13.48
5-6	1.444	0.392	1.208	0.469	7.80
6-7	1.444	0.654	1.208	0.782	7.80
7-8	0.883	0.160	1.070	0.201	6.38
8-9	0.794	1.151	1.111	1.265	3.55
9-10	0.662	0.000	0.855	0.000	2.13
10-11	1.489	0.000	2.727	0.000	1.42
11-12	0.000	0.000	0.000	0.000	1.42
>12	0.993	0.000	1.818	0.000	1.42
p1 (Chi2)	0.000 ***		0.000 ***		
p2 (Chi2)	0.231 n.s.	0.000 ***	0.553 n.s.	0.026 *	

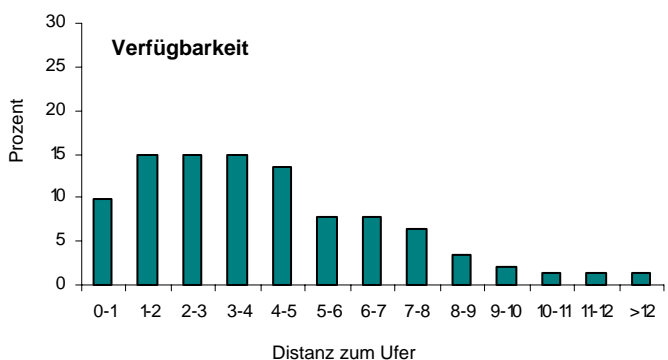
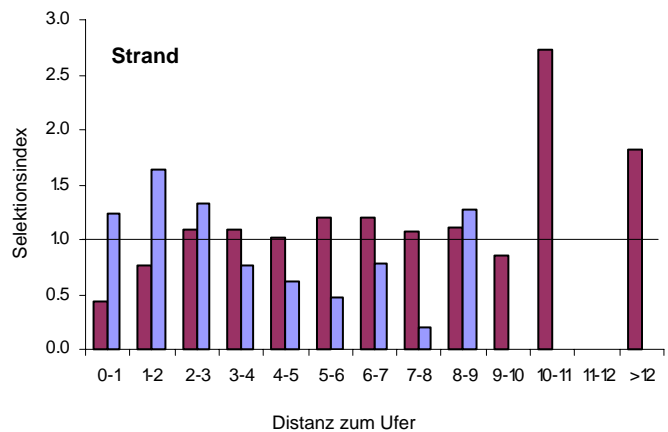
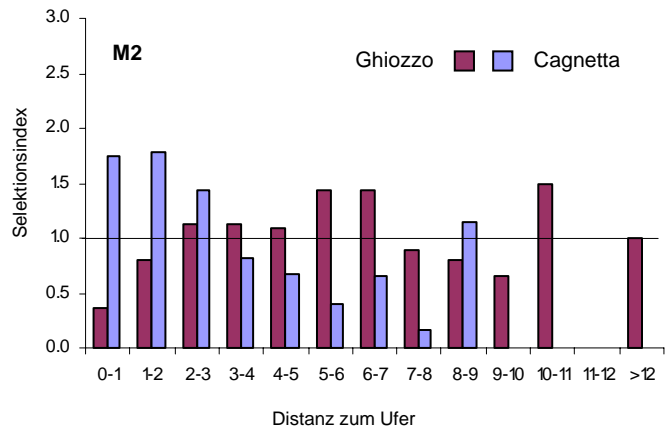


Abbildung 15: Balkendiagramme zum Selektionsindex der **Distanz zum Ufer**. Die Hilfslinie markiert den Selektionsindex von 1.0. Werte darüber werden als Präferenz, Werte darunter als Meidung interpretiert. *M2* (Quadratmeter) und *Strand* bezeichnen die unterschiedlichen Arten der Datenzusammenfassung, auf der die Resultate beruhen.

Tiefe [cm]	M2		Strand		Verf. in %
	Ghiozzo	Cagnetta	Ghiozzo	Cagnetta	
0-9	0.496	2.878	0.174	2.800	1.42
10-19	0.883	1.759	0.723	1.739	6.38
20-29	0.840	1.107	0.699	1.251	9.22
30-39	0.683	1.349	0.657	1.449	11.35
40-49	1.430	0.633	1.346	0.956	17.73
50-59	0.878	0.996	1.004	1.070	18.44
60-69	1.170	0.668	1.174	0.726	19.86
70-79	0.844	1.151	1.301	0.695	14.18
80-89	0.993	0.000	1.080	0.000	1.42
p1 (Chi2)	0.008 **		0.008 **		
p2 (Chi2)	0.347 n.s.	0.040 *	0.098 n.s.	0.031 *	

Tabelle 15: Selektionsindex für die **Tiefe** sowie Chi-quadrat-Teststatistik zur Hypothese, dass die beiden Arten diesen Parameter auf dieselbe Weise nutzen ($p1$) bzw. dass die Fische diesen Parameter zufällig nutzen ($p2$). *M2* (Quadratmeter) und *Strand* bezeichnen die unterschiedlichen Arten der Datenzusammenfassung, auf der die Resultate beruhen.

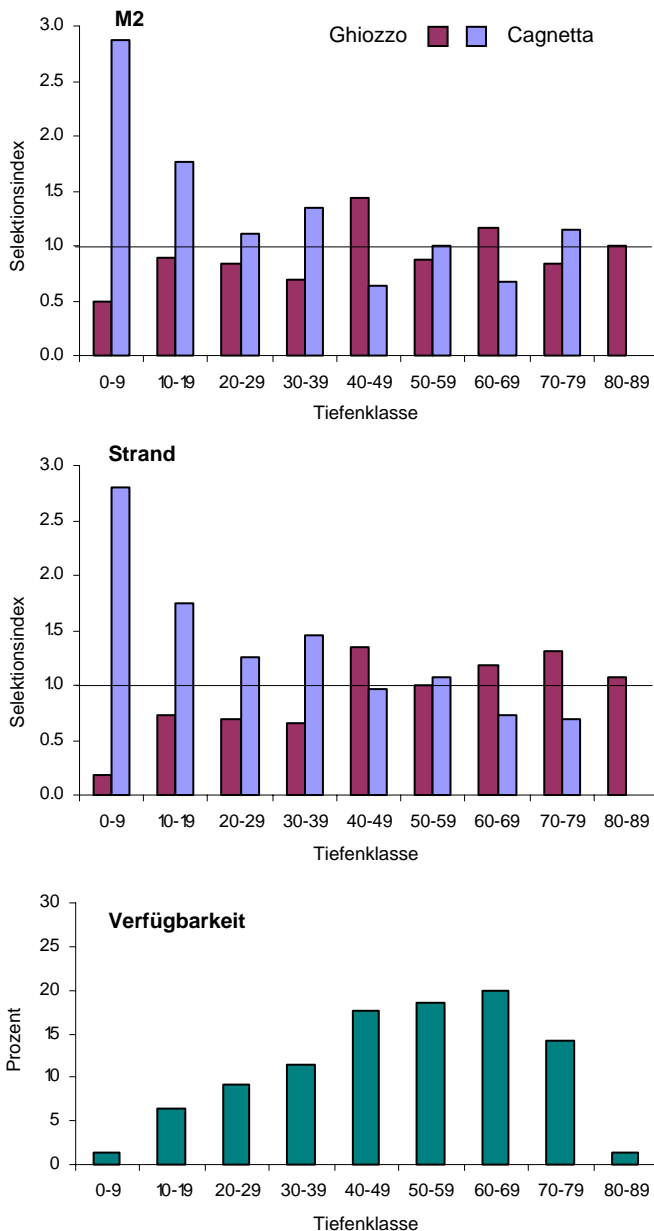


Abbildung 16: Balkendiagramme zum Selektionsindex der **Tiefe**. Die Hilfslinie markiert den Selektionsindex von 1.0. Werte darüber werden als Präferenz, Werte darunter als Meidung interpretiert. *M2* (Quadratmeter) und *Strand* bezeichnen die unterschiedlichen Arten der Datenzusammenfassung, auf der die Resultate beruhen.

4.3.3 Versteckverhalten

Ghiozzos sind mit sehr grosser Signifikanz eher in Verstecken als im Freien beobachtet worden, während Cagnetts keine Präferenz für einen der beiden Standorte zeigten. Diese Aussagen treffen jeweils auf beide Grössenklassen zu.

Tabelle 16: Versteckverhalten der Fische während Mikrohabitatserhebungen auf den Brissagoinseln sowie die Chiquadrat-Teststatistik zur Hypothese der zufälligen Positionswahl der Fische.

Position	Ghiozzo			Cagnetta		
	klein	gross	gesamt	klein	gross	gesamt
exponiert	0	2	2	17	20	37
versteckt	26	25	51	19	17	36
p (Chi2)	0.000	0.000	0.000	0.739	0.622	0.907

4.3.4 Abundanz von Fischen und Nestern

Die geschätzten mittleren Abundanzen der Cagnetta sind für den Lago di Lugano ca. 2.5 mal grösser als für den Lago Maggiore. Die Schätzungen für die Nestdichten im Lago di Lugano übersteigen jene für den Lago Maggiore um das achtfache. Die Nullhypothese der gleichen Dichten in beiden Seen kann mit sehr starker Signifikanz verworfen werden. Ebenfalls stark signifikant ($p \text{ Chi}2 = 4.51E-3$) ist das Ergebnis, dass der Ghiozzo im Lago Maggiore in grösserer Abundanz vorkommt als die Cagnetta. Die Schätzung der totalen Abundanz benthischer Kleinfische (Ghiozzos und Cagnetts) ist jedoch in beiden Seen etwa gleichgross.

Da die Daten nicht auf echten Zufallsstichproben beruhen und deshalb nur bedingt repräsentativ sind, sollten sie nicht absolut interpretiert werden.

Tabelle 17: Untersuchte Fläche, mittlere Fischabundanzen, Verhältnis grosser Fische zu kleine Fische (*Verh.gr/kl*) sowie Chiquadrat-Teststatistik zur Hypothese der gleichen Fischdichte für beide Seen. In Klammern: absolute Zähldaten.

Fische	Fläche [m ²]	Ghiozzo		Cagnetta		Gesamt Dichte [Ind/m ²]
		Dichte [Ind/m ²]	Verh. gr / kl	Dichte [Ind/m ²]	Verh. gr / kl	
Lago di Lugano	39	0 (-)	-	1.770 (69)	-	1.770 (69)
Lago Maggiore	141	1.007 (142)	0.63	0.695 (98)	1.09	1.702 (240)
p (Chi2)				0.000		0.777

Tabelle 18: Untersuchte Fläche, mittlere Nestabundanzen sowie Chiquadrat-Teststatistik zur Hypothese der gleichen Nestdichte für beide Seen. *Gh* Ghiozzo, *Ca* Cagnetta, in Klammern: absolute Zähldaten.

Nester	Fläche [m ²]	Nester Gh [Nester/m ²]		Nester Ca [Nester/m ²]		Nester Ges. [Nester/m ²]	
Lago di Lugano	53	0	(-)	0.283	(15)	0.283	(15)
Lago Maggiore	141	0.007	(1)	0.035	(5)	0.043	(6)
p (Chi2)				0.000		0.000	

4.3.5 Tiefenverteilung

Bei den Tauchgängen im Lago Maggiore (Taucher: R. Müller) konnten Ghiozzos und Cagnettas bis auf 6 m Tiefe beobachtet werden. Unterhalb dieser Tiefe waren die Substratbedingungen nicht geeignet für Ghiozzos oder Cagnettas (schlammig, keine Unterstände). Die grössten Abundanzen für den Ghiozzo wurden zwischen 1 m und 2 m und für die Cagnetta zwischen 0 m und 4 m Tiefe festgestellt. Diese Abundanzmaxima sind möglicherweise auch von der Topologie beeinflusst: an steilen Halden waren in der Regel deutlich weniger Fische zu finden als an flachen (siehe Tabelle 19).

Tabelle 19: Tiefe, Neigung der Halde sowie mittlere Fischabundanzen für zwei Tiefentransekte auf der grossen Brissagoinsel.

Tiefe [m]	Transekt A			Transekt B		
	Neigung [Grad]	Ghiozzo [Ind/m ²]	Cagnetta [Ind/m ²]	Neigung [Grad]	Ghiozzo [Ind/m ²]	Cagnetta [Ind/m ²]
<1	8	4.57	2.00	12	2.20	0.00
1-2	8	6.29	0.86	12	2.60	0.20
2-3	30	1.00	0.00	14	0.50	0.00
3-4	30	1.00	0.00	14	0.75	0.75
4-5	30	1.00	0.00	19	0.67	0.00
5-6				19	1.67	0.33

Bei Tauchgängen im Lago di Lugano (Taucher: M. Wilke) wurden Cagnettas bis auf 10.5 m Tiefe gesichtet. Massenansammlungen einer Algenart (*Planktothrix rubescens*) verunmöglichten Beobachtungen in grösserer Tiefe. Die höchsten Abundanzen an Cagnettas wurden in 2-3 m Tiefe gefunden.

Wie bei den Untersuchungen zur Verbreitung und Mikrohabitatsnutzung in Vira festgestellt werden konnte, verlagert der Ghiozzo seinen Standort bei temporärem Hochwasser nur bedingt; entsprechend wurden viel weniger Fische gezählt. Bei unterdurchschnittlichem Wasserstand hingegen wurden die grössten Abundanzen an Ghiozzos gefunden (vgl. Beobachtungen 3 und 4, Tabelle A1 im Anhang).

4.4 Fotos

Eine Auswahl an Fotografien ist in der Einleitung zu finden, wo sie das Kapitel über die Biologie der Fische illustrieren.

5 Diskussion

5.1 Methode

5.1.1 Feldarbeit

In zahlreichen Studien ist die Mikrohabitatswahl von Flussfischen mittels Lebendbeobachtung untersucht worden (z.B. Grossman & Freeman 1987; Heggenes et al. 1993; van Snik Gray & Stauffer 1999). Dabei wurden in einem Gewässerabschnitt Positionen von ungestörten Fischen markiert und anschliessend auf ausgewählte Habitatparameter hin untersucht. Den so erhobenen Nutzungsdaten gegenüber stehen Daten, die von Zufallspunkten stammen und somit das Habitatsangebot widerspiegeln sollen. Auch für die vorliegende Arbeit wurde diese Methode in Erwägung gezogen, beim Testen im Feld aber als unbefriedigend empfunden. Das Hauptproblem stellte die grosse Abundanz an Fischen (oft mehrere pro Quadratmeter) dar, die es unmöglich macht, die Positionen von sämtlichen Fischen an einem Uferabschnitt zu markieren. Ebenfalls schwierig ist es, auf objektive Weise Positionen einer zufälligen Stichprobe (z.B. jedes fünften Fisches) zu markieren. Ein weiterer Grund, der für die hier verwendete Streifentransekt-Methode von Greenberg (1991) spricht, ist die Tatsache, dass beim gründlichen Absuchen einer begrenzten Fläche verborgene Fische entdeckt wurden, die andernfalls leicht übersehen worden wären.

Ein Problem für jede beobachtende Methode stellt das extrem unterschiedliche Verhalten der beiden Fischarten dar. Wie aus der Auswertung zum Versteckverhalten hervorging, sind Ghiozzos vor allem unter Steinen anzutreffen, während sich ein grosser Teil der Cagnettas im Freien aufhält. Sie sind so neugierig, dass sie durch Schnorchler und fremde Objekte angezogen werden (und dabei ihre ursprüngliche Position verlassen). Untersuchungen zur Populationsabundanz oder Mikrohabitatsnutzung der beiden Arten können somit verfälscht werden (siehe auch 5.3.1 Nutzung des Substrates). Eine objektivere, wenn auch weniger schonende Methode, um den Ghiozzo und die Cagnetta vergleichbar zu untersuchen, stellt deshalb das Quadratmeter-Elektrofangergerät dar, wie es beispielsweise in Nordamerika zur Untersuchung von benthischen Fischgemeinschaften in Fliessgewässern eingesetzt worden ist (Weddle & Kessler 1993; Kessler et al. 1995). Aber auch damit ist man in der Anwendung auf untiefe Stellen beschränkt, ausserdem ist nicht ganz klar, wie gut in der strömungsarmen Litoralzone Fische mit stark reduzierten Schwimmblasen tatsächlich aus den Verstecken hervorgespielt werden. Bei sämtlichen Methoden, bei denen nur im obersten Litoralbereich des Sees gearbeitet wird, sollte unbedingt auf den Wasserstand geachtet werden (siehe 4.3.5 Tiefenverteilung). Wenn nicht die Habitatsnutzung, sondern Populationsgrössen im Vordergrund stehen, so stellt eine Zählung pelagischer Larven eventuell eine gute Alternative dar. Allerdings ist dies bis jetzt erst für die Cagnetta beschrieben (Aidlin et al. 1994; Vila-Gispert & Moreno-Amich 1998).

5.1.2 Datenanalyse

Statistische Tests wie z.B. der Chi-Quadrat-Test gehen oft von Unabhängigkeit der beobachteten Ereignisse aus. Gesellige oder territoriale Tiere beeinflussen sich gegenseitig in ihrer Verbreitung, und Beobachtungen zu dieser Verbreitung verletzen damit

die Grundannahme der Unabhängigkeit (Dasgupta & Alldredge 2000). Im vorliegenden Fall des Ghiozzo und der Cagnetta scheinen die Territorien allerdings sehr klein, und die Einschränkung durch das antisoziale Verhalten deshalb eher vernachlässigbar zu sein.

Die Tatsache, dass die Analyse des Typs Quadratmeter die niedrigsten Bestimmtheitsmasse aufwies, hat wahrscheinlich damit zu tun, dass der Wertebereich der Zielvariablen auf Quadratmeterebene wegen der beschränkten Fläche sehr klein ist. Ausserdem wurden bei diesem Massstab einige Nuller (z.B. keine Fische auf einem Quadratmeter) verzeichnet. Dies hat nur in der Regressionsanalyse Auswirkungen und stellt z.B. für Auswertungen bezüglich Präferenzindex keine Einschränkung dar.

Die multiple Regressionsanalyse wird oft zur Vorhersage oder Herleitung von funktionalen Beziehungen zwischen Variablen verwendet. Bei der Interpretation von Resultaten muss beachtet werden, dass Variablen, für die kein Korrelationskoeffizient ausgegeben wird, deshalb nicht unwichtig sein müssen; möglicherweise korrelieren sie schlicht mit anderen, die im Regressionsmodell enthalten sind (Sokal & Rohlf 1995). Eine ähnliche Fehlinterpretation kann bei den Präferenzindizes gemacht werden, wie die folgenden Gedanken von Johnson (1980) zeigen: Präferenz widerspiegelt sich in Selektion, was mit den hier angewandten Methoden aber nur entdeckt wird, wenn eine Ressource auch selten ist. Wenn eine für einen Organismus wichtige Ressource im Überfluss vorhanden ist, so kann die Nutzung kleiner sein als das Angebot, was zur irreführenden Schlussfolgerung verleiten könnte, dass die Ressource von niedrigem Wert sei.

5.2 Verbreitung und Abundanz

5.2.1 Verbreitung des Ghiozzo

Aufgrund der Verwechslungsgefahr mit anderen Fischen sollten Angaben zur Verbreitung von Ghiozzo und Cagnetta in älteren Dokumenten mit Vorsicht betrachtet werden, besonders wenn der Autor die Angaben nicht selber überprüft hat. So schreibt Pavesi (1872), dass nicht nur fast alle Fischer, sondern auch einige Autoren den Ghiozzo mit der sehr ähnlich aussehenden Groppe (*Cottus gobio*) verwechseln und die kleinere Gestalt als Hinweise auf junges Alter oder weibliches Geschlecht deuten. Die Verwechslungsgefahr widerspiegelt sich auch darin, dass die beiden Fischarten diverse alte Namen teilen, die von Ortschaft zu Ortschaft anders sein konnten. Ein Quervergleich der Lokalnamen zwischen Pavesi (1872) und Decarli-Buetti (1947) zeigt, dass die Namen Ghiozzo, Beutt, Bôttrisitt und Bavàscia früher für den Ghiozzo und die Groppe synonym benutzt worden sind. Da Pavesi (1872) sich dieses Problems bewusst war, darf man annehmen, dass seine Verbreitungsangaben zum Ghiozzo Ende des 19. Jahrhunderts korrekt sind.

Seen

Dass die Ghiozzovorkommen im Lago di Lugano trotz intensiver Suche nicht bestätigt werden konnten (auch dort nicht, wo vor zwei Jahren noch Ghiozzos in grösserer Stückzahl per Elektrofangerät gefangen worden sind), heisst nicht, dass der Ghiozzo in diesem See ausgestorben ist. Aber es ist doch davon auszugehen, dass in den letzten Jahren ein Populationsschwund stattgefunden hat, so dass momentan die Bestände

des Ghiozzo im Lago di Lugano sehr klein und auf tiefere Regionen beschränkt sind. Es ist unklar, ob dieser Rückgang einen allgemeinen Popoulationstrend widerspiegelt oder schlicht Teil der natürlichen Fluktuation ist. Ein möglicher Hinweis, wonach die Populationen schon früher einmal sehr niedrig gewesen sein könnten, liefert Steinmann (1936), der über den Ghiozzo schreibt: "(...) soll da und dort recht häufig sein, doch war es uns 1935 nicht möglich, auch nur ein schweizerischen Exemplar aufzutreiben"; 13 Jahre später fand er ihn dann doch und hielt fest, dass er "ziemlich zahlreich" sei (Steinmann 1948).

Fliessgewässer

In den Bächen und Flüssen scheint der Ghiozzo nicht (mehr) vorzukommen. In mehreren Flüssen wurden in den Neunziger Jahren Elektroabfischungen durchgeführt und zum Teil die Cagnetta gefunden, nicht aber der Ghiozzo. Möglicherweise ist ihm das Wasser zu kühl oder die Strömung zu stark. In Italien kommt der Ghiozzo jedenfalls vor allem in Bächen mit mässiger Strömung unterhalb von 400 m.ü.M. vor (Gandolfi & Tongiorgi 1974). So scheint die Aussage Decarli-Buettis (1947), man finde den Ghiozzo auch in den Flüssen der Täler, eher zweifelhaft. Auch in den von Pavesi angegebenen Fliessgewässern Breggia und Faloppia konnte der Ghiozzo nicht nachgewiesen werden. Die beiden Fliessgewässer sind im unteren Teil jedoch massiv verbaut worden und weisen über weite Strecken keine natürliche Gerinnesohle mehr auf. Merkwürdigerweise ist in der Literatur nichts zu finden über etwaige Ghiozzopopulationen im Lago di Como, dem Zielgewässer sowohl der Breggia als auch der Faloppia.

Das Problem der Verbauung stellt sich auch an nahezu sämtlichen Seemündungen, von wo aus der Ghiozzo in Zuflüsse aufsteigen könnte. Jeweils wenige Meter von der Mündung flussaufwärts wartet in der Regel bereits die erste grössere Bachverbauung, wie sie für Kleinfische unpassierbar sind. Für den Ghiozzo dürfte ähnliches gelten wie für die Groppe, für die Schwellen ab einer Höhe von 20 cm als unpassierbar gelten (Utzinger et al. 1998).

5.2.2 Verbreitung der Cagnetta

Auch die Cagnetta ist für ungeübte Augen mit anderen Fischen verwechselbar, z.B. mit dem Ghiozzo, der Groppe (*Cottus gobio*) oder der jungen Trüsche (*Lota lota*), die ja auch eine durchgehende Rückenflosse besitzt (Borroni & Grimaldi 1978). Auch der Steinbeisser (*Cobitis taenia*) zeigt eine ähnliche Lebensweise und Gestalt. Steinbeisser und Hundsbärbe (*Barbus caninus*) wurden früher ausserdem mit ähnlich klingenden Namen bezeichnet (Cagnora bzw. Cagnon) (Pavesi 1872). Dazu kommt noch, dass die Cagnetta vor 1978 in kaum einer Schrift über die einheimischen Fische erwähnt worden ist und deshalb von vielen Fischinteressierten gar nicht hätte bestimmt werden können.

Seen

Dass die Präsenz der Cagnetta erst 1978 bestätigt wurde, lässt sich auf unterschiedliche Arten erklären: Entweder war diese Art schon seit langem vorhanden und wurde bis dahin übersehen, oder der Fisch war tatsächlich erst seit kürzerem im Lago Maggiore zu hause, sei es aufgrund von Freisetzungen oder aufgrund selbstständiger Im-

migration (Borroni & Grimaldi 1978). Borroni und Grimaldi (1978) unterstützen die erste Hypothese, da sie es für unwahrscheinlich halten, dass Fischer lebendige Tiere über so grosse Distanzen transportieren würden, bzw. dass die Cagnetta innerhalb eines Jahrhunderts die erforderlichen Distanzen hätte selbständig zurücklegen können. Dabei gehen sie davon aus, dass die nächstgelegenen Cagnettapopulationen im Gardasee und seinen Zu- und Abflüssen heimisch waren. Eine weitere Möglichkeit, jene der Kombination von Translokation und selbständiger Wanderung, wird von Borroni und Grimaldi (1978) nicht diskutiert. Sie vermuten, dass die Cagnetta im Lago di Garda viel häufiger und deshalb den Leuten auch schon länger bekannt gewesen, im Lago Maggiore hingegen selten und deshalb mit anderen Fischarten verwechselt worden sei. Dies trifft sicherlich zu, denn Pavesi hat den Fisch trotz ausführlichem Suchen nie gefunden, und glaubte ihn deshalb von der Liste der einheimischen Fische ausschliessen zu müssen (Pavesi 1872). Gründe für einen Aufschwung der Cagnettapopulation nach jahrhundertelanger unerkannter Präsenz werden von Borroni & Grimaldi (1978) keine genannt.

Ausdehnungen von Verbreitungsgebieten müssen aber nicht unbedingt ausgeschlossen sein; solche werden zum Beispiel in Frankreich und Italien beobachtet. Während auch in Frankreich der Verdacht geäussert wird, dass die Cagnetta in den "neuen" Gebieten früher einfach übersehen worden sei (Changeux & Pont 1995), so soll es sich im Ticino (Ausfluss Lago Maggiore, Italien) tatsächlich um rezente, selbständige Ausdehnungen handeln (Gandolfi et al. 1991).

Unabhängig davon, wie lange die Cagnetta nun schon in unseren Seen heimisch ist, kann man aufgrund der Veränderung des Verbreitungsgebietes sicher sagen, dass ihre Population in den vergangenen Jahrzehnten in beiden Seen stark angewachsen ist.

Fliessgewässer

Im Gegensatz zum Ghiozzo kennt man die Cagnetta heute auch in den Schweizer Fliessgewässern Tresa, Scairolo, Vedeggio und Laveggio. Von den neun grössten Fliessgewässern um den Lago di Lugano sind das jene vier, die 2001 die grössten Durchschnittstemperaturen (zwischen 12.2°C und 14.5°C) aufwiesen (Daten von M. Veronesi, Ufficio Protezione e Depurazione Acque, Sezione Protezione Aria, Acqua e Suolo, Lugano). Obwohl drei von ihnen im Spätsommer 2001 die für Cagnettas nötigen Bruttemperaturen von mindestens 18°C erreichten, dürfte sich aufgrund der beschränkten Fortpflanzungssaison nur die Tresa als Laichgewässer eignen, die bereits ab Juli mehr als 20°C warm war.

5.2.3 Abundanz

Fische

Wenn das Substrat im litoralen Lebensraum geeignete Verstecke (freiliegende Steine aller Art, Felsritzen, etc.) bietet, dann kommen der Ghiozzo und die Cagnetta in grossen Mengen vor, im Schnitt ein bis zwei Tiere pro Quadratmeter, wobei der Ghiozzo im Lago Maggiore etwas häufiger ist als die Cagnetta. Die gleichgrosse Gesamtabundanz an benthischen Kleinfischen (Ghiozzo und Cagnetta) in den beiden Seen könnte damit erklärt werden, dass der Lebensraum beschränkt und im Lago di Lugano von

der Cagnetta auf Kosten des Ghiozzo übernommen worden ist. Diese Aussage ist jedoch spekulativ und im Hinblick auf die Datenmenge heikel.

Eine vorsichtige Hochrechnung (Annahmen: ein 0.5 m breiter Habitatsstreifen rund um die Seen, Abundanz von 1 Fisch m⁻² (bei einem 1:1 Artverhältnis im Lago Maggiore) ergibt Populationsgrößen von rund 45'000 Cagnettas im Lago di Lugano und je 40'000 Cagnettas und Ghiozzos im Lago Maggiore.

Nester

Das Resultat, dass im Lago di Lugano die Nestdichte verglichen mit der Abundanz der Cagnetta ungleich grösser ist als im Lago Maggiore, deckt sich mit den Beobachtungen zu den Verbreitungsuntersuchungen.

Die Temperatur ist zusammen mit der Photoperiode bei Fischen oft ausschlaggebend für Beginn und Ende der Fortpflanzungszeit und nebenbei auch entscheidend für die Eientwicklung und somit für den Schlüpfertag (Matthews 1998). Möglicherweise animieren die leicht höheren Sommertemperaturen im Lago di Lugano die Cagnettas zu überdurchschnittlichen Brutanstrengungen. Die Erklärung könnte auch in einer unterschiedlichen Tiefenverteilung der Nester zu suchen sein. Die Anzahl der gefundenen Nester im Lago Maggiore ist im Vergleich mit den grossen Populationen an denselben Stellen sehr klein, insbesondere auch für den Ghiozzo. Vermutlich wird ein Grossteil der Nester in grösserer Wassertiefe angelegt.

5.3 Mikrohabitatsnutzung

Grundsätzlich teilen der Ghiozzo und die Cagnetta denselben Lebensraum im Seelitoral. Die Auswertungen der Nischenpräferenz sowie die Regressionsanalysen zeigen jedoch, dass die Populationen im Lago Maggiore das Litoral bezüglich der gemessenen Mikrohabitatsparameter unterschiedlich nutzen (zumindest innerhalb des obersten Tiefenmeters).

5.3.1 Nutzung des Substrates

In der Nutzung des Substrates sind die Unterschiede zwischen Ghiozzo und Cagnetta hochsignifikant. Diesem Ergebnis steht die Tatsache gegenüber, dass nur in einer von drei Auswertungsvarianten eine selektive Nutzung der verschiedenen Substrattypen mit starker Signifikanz nachgewiesen werden konnte. Dennoch ergeben die Analysen der Abundanzen bzw. Artenzusammensetzung und die Analysen zu den Nischenpräferenzen bezüglich Substrattypen und Unterstandsgrösse ein einheitliches Bild: die Cagnetta ist eher mit groben Substrattypen (Felsblöcke, Muttergestein) assoziiert, während der Ghiozzo kleinere Unterstände als Verstecke vorzieht.

Diese Ergebnisse widerspiegeln das Verhalten, wie es durch die Taucharbeiten festgehalten worden ist. Es ist nicht auszuschliessen, dass die grosse Scheu des Ghiozzo die Erhebungen beeinflusst hat. Je grösser ein Stein und je tiefer die Felsritze, desto schwieriger oder gar unmöglich wird es für den Beobachter, versteckte Tiere zu entdecken. Umgekehrt scheint es aber unwahrscheinlich, dass die Beobachtungen zur Habitatsnutzung der Cagnetta verfälscht sind. Möglicherweise hat die differenzierte Substratnutzung der Cagnetta mit ihrer grösseren Gestalt zu tun; grobes Substrat bietet wohl eher grössere Spalten und Höhlen als feines.

5.3.2 Tiefenverteilung

Im obersten Meter des Litorals zeigen Cagnettas Präferenzen für Flächen in untiefer Ufernähe. Möglicherweise hat dies damit zu tun, dass in diesen Regionen aufgrund der Wellentätigkeit meistens auch weniger Unterstände zur Verfügung stehen (Cagnettas zeigen auch eine Präferenz für Zonen mit wenig Versteckmöglichkeiten, vermutlich weil sie weniger scheu sind als der Ghiozzo). Der oberste Meter ist aber wahrscheinlich nicht der Hauptlebensraum der beiden Arten, wie die wenigen Nester im Lago Maggiore zeigen. Hohe Abundanzen wurden jeweils in ca. 3 m Tiefe beobachtet, aber der Ghiozzo und die Cagnetta sind auch in grösseren Tiefen recht zahlreich vorhanden. Bis in welche Tiefen sich der Ghiozzo und die Cagnetta regelmässig aufhalten, scheint stark von der Topologie und der Substratzusammensetzung abhängig zu sein und kann hier nicht schlüssig beantwortet werden. Im Lago di Lugano könnte die Algenart *Planktothrix rubescens*, die sich auf ca. 10 m Tiefe einschichtet, zumindest saisonal eine Barriere bilden, da ihre Mineralisierung im Epilimnion (ca. 12-15 m Tiefe) eine nahezu vollständige Sauerstoffzehrung in dieser Zone zur Folge hat. Im Gardasee wurden Ghiozzos auch schon in 50 m Tiefe angetroffen (Giussani). Falls zwischen der Population auf den Brissagoinseln und jener des Seeufers am Lago Maggiore ein Genaustausch besteht, so führt der Weg dem Seegrund entlang über mindestens 150 m tiefe Gebiete (Swisstopo 1995, 1998). Zumindest die Cagnetta könnte diese Tiefen allenfalls auch "überschwimmen", da sie der bessere Schwimmer zu sein scheint und auch schon im freien Wasser gefunden worden ist (Gerstmeier & Romig 1998).

Einen Hinweis zu möglichen saisonalen Tiefenwanderungen liefert Wickler (1957), wonach gemäss Malfer (1915 oder 1927) die Cagnetta sich im Winter vorwiegend in 10-15 m Tiefe aufhalten soll. Da für die vorliegende Arbeit nur bis Ende August Feldaufnahmen gemacht wurden, konnte diese Frage nicht weiter verfolgt werden. Folgende Beobachtung scheint aber erwähnenswert: In Vedo (Morcote) wurden beim ersten Besuch anlässlich der Verbreitungsuntersuchungen sehr viele grosse Cagnettas beobachtet. Beim 2. Besuch Ende August wurden im obersten Meter fast nur noch sehr kleine Cagnettas gesichtet.

5.4 Konkurrenz

Die Unklarheit über die Dauer der Präsenz der Cagnetta in den beiden Seen lässt viel Raum offen für Spekulationen über eine mögliche Konkurrenz zwischen den beiden Arten, die letztendlich verantwortlich sein könnte für das Schicksal des Ghiozzo im Lago di Lugano. Bei direkten Konfrontationen wären Cagnettas wahrscheinlich aufgrund der Körpergrösse überlegen. Im folgenden sollen einige Formen von Konkurrenz angesprochen werden, wie sie die Verbreitung von Ghiozzo und Cagnetta beeinflussen könnten.

Substrat

Für benthische Fische wie den Ghiozzo und die Cagnetta erfüllt das Substrat lebenswichtige Funktionen wie Nahrungssuche, Schutz vor Räubern, Bau von Nestern. Dass im Lebensraum Litoral bezüglich der Substrate (Verstecke, Neststeine, Nahrungsquellen) erhebliche Konkurrenz zwischen dem Ghiozzo und der Cagnetta bestehen könnte, ist offensichtlich. Die Intensität dieser Konkurrenz (oder das Verhältnis von

intra- zu interspezifischer Konkurrenz) anhand der Daten zur Nischenpräferenz messen zu wollen ist jedoch schwierig, wie die nachfolgenden Überlegungen von Abrams (1980) aufzeigen. So kann eine Halbierung aller Ressourcen die Intensität der Konkurrenz erhöhen, die Daten zur Nischenpräferenz würden sich jedoch dadurch nicht zwingend verändern. Wenn andererseits ein Ressourcenüberangebot vorhanden ist, so besteht kein Grund für Konkurrenz, ganz gleich wie stark die Arten sich in der Ressourcennutzung überlappen. Umgekehrt kann die starke Konkurrenz bei Ressourcenknappheit zu einer veränderten (spezialisierten) Ressourcennutzung führen, die keine Überlappungen mehr aufweist. Dieser Vorgang der interaktiven Segregation ist von Nilson (1967) beschrieben worden.

Temperatur

Temperatur kann bei Fischen durchaus als eine Nische betrachtet werden, da sie als Ressource ähnliche Eigenschaften aufweist wie z.B. Nahrung (Magnuson et al.). Die Temperatur beeinflusst unter anderem die Wachstumsgeschwindigkeit von Fischen (Magnuson et al.), oder auch die Fortpflanzung (siehe auch 5.2.3, Abschnitt Nester). Zu den Temperaturpräferenzen der beiden Arten ist jedoch nichts genaueres bekannt.

Interaktion mit Krebsen

In italienischen Flüssen teilen Ghiozzos ihren Lebensraum mit dem italienischen Dohlenkrebs (*Austropotamobius pallipes italicus*), was gemäss M. Lugli (pers. Mitt.) positive und negative Auswirkungen haben kann. Einerseits verdrängt der Krebs den Ghiozzo aus Nestern, andererseits schafft er neue Nistgelegenheiten, indem er Löcher gräbt. Einer amerikanischen Studie zufolge verteidigen männliche Johnny Darter (*Etheostema nigrum*) ihre Nester gegenüber der eierraubenden Krebsart *Orconectes sanborni* meistens erfolgreich, indem kleinere Krebse durch aggressives Auftreten des Darters, grössere durch kleine Nesteingänge vom Betreten des Nestes abgehalten werden können (Rahel 1989).

Im Lago di Lugano kommt heute hauptsächlich der amerikanische Kamberkrebs (*Orconectes limosus*) vor (Maddalena et al. 2000)¹³. Er versteckt sich gerne in selbstgegrabenen Löchern oder unter Steinen und kommt stellenweise (z.B. in Morcote) in sehr grosser Abundanz vor, wie bei den Feldarbeiten festgestellt werden konnte. Die etwas grössere und wahrscheinlich auch aggressivere¹⁴ Cagnetta besitzt möglicherweise Vorteile gegenüber dem Ghiozzo, falls Selbstverteidigung gegenüber Krebsen gefragt ist.

Eierraub

Sowohl vom Ghiozzo als auch von der Cagnetta ist bekannt, dass sie sich in natürlicher Umgebung zuweilen an Eiern vergreifen. Während beim Ghiozzo Heterokannibalismus (Konsum von Eiern der Artgenossen) dokumentiert ist (Lugli et al. 1992),

¹³ Der früher verbreitete einheimischen Dohlenkrebs (*Austropotamobius pallipes*) ist praktisch aus dem See verschwunden, vermutlich in erster Linie wegen Habitatszerstörung. Der Kamberkrebs ist eine invasive Art, deren Präsenz im Lago di Lugano zum ersten Mal 1990 beobachtet worden ist. Es besteht die Möglichkeit, dass der Kamberkrebs via Tresa in den Lago Maggiore gelangen könnte, wo die Art bis jetzt noch nicht gefunden worden ist (Maddalena et al. 2000).

¹⁴ E. Steiger berichtet von einer Cagnetta, die im Aquarium wiederholt eine kleine Schleie attackierte und deren Flossen verletzte (Steiger 1981b).

so ist für die Cagnetta Filialkannibalismus (Verzehr von eigenen Eiern) beobachtet worden (Vinyoles et al. 1999). Ob sie auch Eier von anderen Arten fressen, wird nicht beschrieben.

5.5 Ökologische Bedeutung

Mit Dichten von mehreren Individuen pro Quadratmeter sind Ghiozzos und Cagnetten ein wichtiges Element der benthischen Lebensgemeinschaft im Litoral des Lago di Lugano und des Lago Maggiore. Die folgenden Punkte sollen zeigen, welche Funktionen sie als benthische Kleinfische im Ökosystem Seelitoral ausüben können.

5.5.1 Jäger...

Als Konsumenten von Periphyton, Zoo- und Phytoplankton, Makroinvertebraten, Makrophyten und Fischen haben Fische einen festen Platz in der Nahrungskette von aquatischen Ökosystemen. Obwohl der Energie- und Kohlenstofffluss durch die Trophiestufe der Fische in der Regel sehr gering ist (Wetzel 2001), stellen sie dennoch eine operationelle Komponente des Ökosystems dar, die z.B. Artenzusammensetzung und Produktivität der Beuteorganismen beeinflussen kann. Fische, die benthische Makroinvertebraten jagen, reduzieren die Biomasse der benthischen Fauna und erhöhen gleichzeitig deren Produktivität (Wetzel 2001). Ausserdem verändert die Bejagung von benthischen Makroinvertebraten die Abundanz einzelner Taxa und die Artenzusammensetzung der Invertebratengemeinschaft. Die meist grössenselektive Prädation kann zudem die Grössenstruktur und sogar Life-History Parameter (z.B. Grösse bei Erreichen der Geschlechtsreife) von Makroinvertebratenpopulationen beeinflussen (Matthews 1998).

5.5.2 ... und Gejagte

Umgekehrt sind kleine Fische oft auch Nahrung für grössere Tiere. In amerikanischen Seen ernährt sich der Yellow Perch (*Perca flavescens*) je nach Jahreszeit zu einem grossen Teil von Johnny Darter (*Etheostoma nigrum*), einer Fischart, die dem Ghiozzo im Verhalten und Aussehen äusserst ähnlich ist (Fullhart et al. 2002). In Spanien steht die Cagnetta auf dem Speisezettel des eingeführten Hechts (*Esox lucius*), und ist zum Teil deswegen vom Aussterben bedroht (Elvira 1995; Elvira et al. 1996). Wickler (1957) zitiert Malfer (1915 oder 1927), wonach zu den Frassfeinden der Cagnetta auch die Nattern gehören. Während den Feldarbeiten am Lago Maggiore konnten mehrmals schwimmende Schlangen, vermutlich Würfelnattern (*Natrix tessellata*) beobachtet werden. Diese Natterart sucht gezielt Beute zwischen Steinen am Gewässergrund (Riegler et al. 2002).

Im Lago di Lugano konnte auch beobachtet werden, wie ein junger Zander (*Sander lucioperca*) von ca. 15 cm Körperlänge eine relativ grosse Cagnetta (ca. 5 cm) davontrug. Junge Zander und Egli (*Perca fluviatilis*) schienen sich vor allem gegen Ende des Sommers in grosser Zahl im Litoral aufzuhalten, aber es konnten manchmal auch grosse Fische, z.B. Forellenbarsche (*Micropterus salmoides*) beobachtet werden, die die Litoralzone durchstreiften.

5.5.3 Grosszügiger Wirt

Aus dem besonderen Lebenszyklus der Süßwassermuscheln ergibt sich für die Cagnetta eine weitere ökologische Funktion, zumindest in Spanien. Süßwassermuscheln benötigen Wirtsorganismen, in der Regel Fische, zur Ernährung und Verbreitung ihrer parasitischen Larven (Glochidien). Dabei entwickeln sich zuweilen artspezifische Abhängigkeiten. Neue Untersuchungen zeigen, dass in Spanien neben dem praktisch ausgestorbenen Stör (*Acipenser sturio*) nur die Cagnetta als Wirt für die Muschelart *Margaritifera auricularia* in Frage kommt. Besatzmassnahmen für die Cagnetta (in Spanien selber vom Aussterben bedroht) sind deshalb ein fester Bestandteil eines Schutzprogrammes, welches das Überleben der vom Aussterben bedrohten Muschel auf längere Zeit gewährleisten soll (Araujo & Ramos 2001).

5.6 Status Rote Liste

5.6.1 Heutige Klassierung

In der aktuellen Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei (VBGF 1993, Stand 16.1.01) ist sowohl der Ghiozzo als auch die Cagnetta als "Stark gefährdet eingestuft". Für beiden Arten wird geltend gemacht, dass man wenig über ihre Verbreitung und Ansprüche an den Lebensraum weiss. Im weiteren wird der hohe Gefährdungsgrad damit begründet, dass in Italien die Cagnetta gefährdet ist, und dass der Ghiozzo eine Randstellung im europäischen Verbreitungsgebiet einnimmt und nur noch in kleinen Beständen vorkommt (Kirchhofer et al. 1990).

Dass die Randstellung im europäischen Verbreitungsgebiet, bzw. ein höherer Gefährdungsgrad von Populationen in Nachbarländern eine besondere Verantwortung zum Schutz einer Art darstellen ist nachvollziehbar. Ob dies jedoch ein Grund für eine zusätzliche Erhöhung des Gefährdungsstatus darstellen soll, scheint fragwürdig. Einerseits eröffnet sich so die Möglichkeit des Zirkelschlusses zwischen Ländern, andererseits bin ich der Meinung, dass eine regionale Rote Liste die regionalen Verhältnisse reflektieren sollte. Für den Fall, dass eine Art national nicht bedroht ist, global hingegen schon, empfehlen Gärdenfors et al (2001), die betreffende Art in die Rote Liste aufzunehmen, den Status jedoch zu belassen. Es wäre sicherlich auch sinnvoll, in diesem Punkt bereits heute den neuen IUCN Leitlinien zu folgen und nationale Gefährdungsgrade immer in Kombination mit dem globalen Status sowie mit Schätzungen zum Anteil der nationalen an den globalen Populationen zu präsentieren. Auf diese Weise können trotzdem angemessene Entscheide über Schutzmassnahmen getroffen werden.

5.6.2 Neubeurteilung

Im Kommentar der Roten Liste fordern Kirchhofer et al. (1990) Untersuchungen, die die Verbreitung und Habitatsbedürfnisse des Ghiozzo und der Cagnetta abklären sollen. Die vorliegende Arbeit dürfte diese Forderung wenigstens teilweise erfüllen, und mit den neuen Informationen zur Verbreitung und Abundanz der Tiere soll im folgenden eine Reevaluation des Gefährdungsstatus gewagt werden. Allfällige Herabsetzungen der Gefährdungsstufe sollten ohne Einhaltung einer fünfjährigen Sicherheitsfrist durchführbar sein, da in diesem Fall die Neueinstufungen weniger auf Populationsveränderungen als auf einer besseren Einschätzung der Situation beruhen. Sol-

che Beurteilungen reflektieren immer nur den momentanen Stand der Kenntnisse. Es ist deshalb wichtig, dass die Populationen auch künftig im Auge behalten und die Einstufungen gegebenenfalls neuen Entwicklungen angepasst werden.

Die Neubeurteilung wird sowohl für das bisher in der Schweiz verwendete System als auch für das neue IUCN System durchgeführt (siehe dazu 2.4.1 Rote Listen).

Grundannahmen

Für die folgenden Einschätzungen wird davon ausgegangen, dass die Ghiozzopopulation im Lago di Lugano in den letzten Jahren stark zurückgegangen, im Lago Maggiore hingegen mit hoher Bestandesstärke stabil geblieben ist. Der Bestand der Cagnetta ist im gesamten Verbreitungsgebiet gross und stabil. Da es eher wenig Sinn macht, im Lago Maggiore zwischen schweizerischen und italienischen Populationen zu unterscheiden, wird im folgenden sowohl für Bestandesgrössen als auch für Habitatsflächen der gesamte See miteinbezogen. Eine weitere wichtige und bestreitbare Grundannahme ist, dass eine peripher verbreitete Population in einem grossen See auch durch ein Extremereignis nicht existenziell bedroht wäre.

Aktuelles System

Gemäss den Kriterien der schweizerischen Roten Liste (Kirchhofer et al. 1990) qualifiziert sich der Ghiozzo wegen seines Bestandesrückganges im Lago di Lugano für die Stufe "Stark gefährdet". Für die Cagnetta scheint aufgrund ihrer Verbreitung und Abundanz die Kategorie "Nicht gefährdet" angemessen.

Neues System

Die folgenden Beurteilungen orientieren sich am IUCN Kriterienkatalog Version 3.1 (IUCN 2001) sowie an den Empfehlungen für die Anwendung dieser Version auf regionaler Stufe (Gärdenfors et al. 2001).

Da das Habitat des Ghiozzo in der Schweiz nicht ernsthaft fragmentiert ist, und weil auch nicht bekannt ist, dass die Population natürlicherweise stark fluktuieren würde, kommt Kriterium B nicht zur Anwendung. Kriterium C1 kann erfüllt sein für den Gefährdungsgrad "Vulnerable", sofern man der Ansicht ist, dass die Population nicht 10'000 *fortpflanzungsfähige* Individuen zählt. Da die Gründe für die sinkende Abundanz des Ghiozzo im Lago di Lugano nicht bekannt sind, kommen die Kriterien A2, A3, und A4 zur Beurteilung, in denen nach einem beobachteten, (oder zu erwartenden), anhaltenden Bestandesrückgang über eine Zehnjahresperiode gefragt wird. Die Grenzwerte für die drei Gefährdungskategorien Critically Endangered, Endangered, und Vulnerable liegen bei >80%, >50%, respektive >30%. Wenn man annimmt, dass der Bestand des Ghiozzo im Lago Maggiore heute grösser ist als früher im Lago di Lugano, so ist die Kategorie "Vulnerable" (Gefährdet) angemessen.

Die Cagnetta, für die in dieser Untersuchung kein Populationsrückgang festgestellt wurde, erfüllt keines der Kriterien. Sie erhält den Status "Least Concern" (Nicht bedroht).

Da die Populationen beider Arten in den betreffenden Gewässern von den nächstliegenden Populationen in Italien isoliert zu sein scheinen, sind die anhand globaler Kriterien erlangten Gefährdungsgrade auch auf regionaler bzw. nationaler Stufe beizubehalten.

5.7 Schlussfolgerungen

Der Ghiozzo und die Cagnetta dominieren die benthische Fischfauna im Litoral des Lago Maggiore. Die Cagnetta kommt auch im Lago di Lugano in sehr grosser Zahl vor. Ob sich die beiden Arten konkurrenzieren, kann nicht beantwortet werden, es gibt aber klare Hinweise, dass sie das Mikrohabitat, vor allem bezüglich Substrat, auf unterschiedliche Weise nutzen.

Die Population des Ghiozzo im Lago di Lugano ist in neuerer Zeit aus nicht bekannten Gründen stark zurückgegangen. Umgekehrt hat die Cagnetta in den letzten Jahrzehnten sowohl im Lago Maggiore als auch im Lago di Lugano einen starken Populationszuwachs erlebt. Die Gründe für diese Bestandesveränderungen sind nicht bekannt. Ansonsten scheinen die Cagnettapopulation im Lago di Lugano und die Populationen beider Arten im Lago Maggiore ziemlich gross zu sein, wobei der Ghiozzo im Lago Maggiore etwas häufiger ist als die Cagnetta.

Aufgrund dieser Erkenntnisse schlage ich vor, die Cagnetta für die Schweiz als "Nicht bedroht" einzustufen und für den Ghiozzo, gemäss der bisherigen Beurteilungspraxis, die Gefährdungsklasse "Stark gefährdet" beizubehalten. Im Sinne einer besseren internationalen Vergleichbarkeit wäre es wünschenswert, wenn die Schutzkategorien und Kriterien für alle schweizerischen Roten Listen möglichst bald dem neuen Standard der IUCN angepasst würden. Eine Einschätzung gemäss dieses Standards führt beim Ghiozzo unter Umständen zu einem niedrigeren Status (Gefährdet). Auf die Ausarbeitung von aktiven Schutzmassnahmen für den Ghiozzo, wie Kirchhofer et al. (1990) dies anregen, kann im Moment wohl verzichtet werden. Wichtiger scheint hingegen die Ausarbeitung eines Monitorings, um die Bestände und ihre Fluktuationen im Auge zu behalten. Im Vordergrund steht die Frage, ob der beobachtete Bestandesrückgang beim Ghiozzo im Lago di Lugano die natürliche Fluktuation widerspiegelt, oder ob ein längeranhaltender Rückgang vorliegt, der bis zum lokalen Aussterben führen könnte. Erwünscht wäre eine möglichst einfache, standardisierbare Methode (möglicherweise Larvenfänge, vgl. 5.1.1 Feldarbeit), die eine zuverlässige Schätzung der relativen oder absoluten Bestandesgrössen ermöglicht.

Bei einer Revitalisierung der Fliessgewässer sind die Bedürfnisse der Kleinfische unbedingt zu berücksichtigen (z.B. niedrige Schwellen). Fischeinsätze, besonders im Fall der Faloppia und der Breggia, sind wohl nur dann sinnvoll, wenn Abklärungen zwar günstige Habitatsbedingungen, aber fehlende Populationen zeigen.

Interessante Aufgaben aus wissenschaftlicher Sicht wären sicherlich Untersuchungen zum Isolationsgrad der verschiedenen See- und Flusspopulationen im europäischen Verbreitungsgebiet (beziehungsweise zwischen Subpopulationen innerhalb eines Sees, z.B. zwischen Brissagoinsel und Seeufer) und darausfolgende Unterschiede auf morphologischer oder genetischer Ebene. Dies könnte auch eine Antwort auf die nach wie vor ungelöste Frage geben, seit wann denn die Cagnetta wirklich in unseren Gewässern heimisch ist.

6 Literaturverzeichnis

- Abrams, P. 1980. Some comments on measuring niche overlap. *Ecology* 61:44-49.
- Aidlin, M., A. Gasith, and M. Goren. 1994. Selected aspects in the biology and ecology of *Salaria fluviatilis* (Blenniidae) in the littoral zone of lake Kinneret. Page 91. *Israel Journal of Zoology*.
- Araujo, R., and M. A. Ramos 2001. Action plans for *Margaritifera auricularia* and *Margaritifera margaritifera* in Europe. Council of Europe Publishing, Strasbourg.
- Bain, M. B., J. T. Finn, and H. E. Booke. 1985. Quantifying stream substrate for habitat analysis studies. *North American Journal of Fisheries Management* 5:499-500.
- Bain, M. B., and N. J. Stevenson 1999. Aquatic habitat assessment: common methods. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Balik, S. 1995. Freshwater fish in Anatolia, Turkey. *Biological Conservation* 72:213-223.
- Barbieri, A., and B. Polli. 1992. Description of Lake Lugano. *Aquatic Sciences* 54:181-183.
- Bath, H. 1977. Revision der Blenniini (Pisces: Blenniidae). *Senckenbergiana Biologica* 57:167-234.
- Bianco, P. G. 1995. Mediterranean endemic freshwater fishes of Italy. *Biological Conservation* 72:159-170.
- Bianco, P. G., and V. Ketmaier. 2001. Anthropogenic changes in the freshwater fish fauna of Italy, with reference to the central region and *Barbus graellsii*, a newly established alien species of Iberian origin. *Journal of Fish Biology* 59 (Supplement A):190-208.
- Borroni, I., and E. Grimaldi. 1978. Presenza di *Blennius fluviatilis* (Pisces: Blenniidae) nel Lago Maggiore. *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia* 36:303-308.
- Brodersen, K. P. 1995. The effect of wind exposure and filamentous algae on the distribution of surf zone macroinvertebrates in Lake Esrom, Denmark. *Hydrobiologia* 297:131-148.
- BWG. 2000. Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2000. Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG).<http://www.bwg.admin.ch/service/hydrolog/d/index.htm>. Zugriffsdatum: 14.04.02
- BWG. 2002a. Hydrologische Daten von 312 Stationen: Serie mensile 2022 Lago Maggiore - Locarno. Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG).<http://www.bwg.admin.ch/service/hydrolog/d/index.htm>
- BWG. 2002b. Hydrologische Daten von 312 Stationen: Serie mensile 2101 Lago di Lugano - Melide, Ferrera. Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG).<http://www.bwg.admin.ch/service/hydrolog/d/index.htm>
- Changeux, T., and D. Pont. 1995. Current status of the riverine fishes of the French Mediterranean Basin. *Biological Conservation* 72:137-158.
- CIP AIS. 1998. Lugano e Maggiore Informano. Page 4. Commissione Internazionale per la Protezione delle Acque Italo-Svizzere (CIP AIS), Milano.

- Côté, I. M., D. Vinyoles, J. D. Reynolds, I. Doadrio, and A. Perdices. 1999. Potential impacts of gravel extraction on Spanish populations of river blennies *Salaria fluviatilis* (Pisces, Blenniidae). *Biological Conservation* 87:359-367.
- Cuvier, and Valenciennes 1836. *Histoire naturelle des poissons*, Paris.
- Dasgupta, N., and J. R. Alldredge. 2000. A chi-square goodness-of-fit analysis of dependent resource selection data. *Biometrics* 56:402-408.
- Decarli-Buetti, L. 1947. *I pesci dei laghi e dei fiumi del Cantone Ticino*. Tipografia Leins & Vescovi, Bellinzona.
- Dethier, N., E. S. Graham, S. Cohen, and L. M. Tear. 1993. Visual versus random-point percent cover estimations: "objective" is not always better. *Marine Ecology Progress Series* 96:93-100.
- Elvira, B. 1995. Conservation status of endemic freshwater fish in Spain. *Biological Conservation* 72:129-136.
- Elvira, B., G. G. Nicola, and A. Almodovar. 1996. Pike and red swamp crayfish: A new case on predator-prey relationship between aliens in central Spain. *Journal of Fish Biology* 48:437-446.
- ESRI. 2001. *ArcView GIS 3.2*. ESRI.
- Fatio, V. 1882. *Faune des vertébrés de la Suisse*.
- Fiedler, K. 1991. *Lehrbuch der Speziellen Zoologie Band II: Wirbeltiere, Teil 2: Fische*. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Freeman, M. C., D. Vinolas, G. D. Grossman, and A. Desostoa. 1990. Microhabitat use by *Blennius fluviatilis* in the Río Matarraña, Spain. *Freshwater Biology* 24:335-345.
- Froese, R., and D. Pauly. 2002. *FishBase*. International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM) Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <http://www.fishbase.org/>. Zugriffdatum: 24.05.02
- Fullhart, H. G., B. G. Parsons, D. W. Willis, and J. R. Reed. 2002. Yellow perch piscivory and its possible role in structuring littoral zone fish communities in small Minnesota lakes. *Journal of Freshwater Ecology* 17:37-43.
- Gandolfi, G., and P. Tongiorgi. 1974. Taxonomic position, distribution, and biology of the gobies present in the Italian freshwaters, *Padogobius martensi* (Günther) and *Gobius nigricans* Canestrini (Osteichthyes, Gobiidae). *Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova* 80:92-118.
- Gandolfi, G., P. Torricelli, S. Zerunian, and A. Marconato 1991. *I pesci delle acque interne italiane*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- Gärdenfors, U., C. Hilton-Taylor, G. M. Mace, and J. P. Rodriguez. 2001. The application of IUCN Red List criteria at regional levels. *Conservation Biology* 15:1206-1212.
- Gerstmeier, R., and T. Romig 1998. *Die Süßwasserfische Europas: für Naturfreunde und Angler*. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart.
- Gibson, R. N. 1993. Intertidal teleosts: life in a fluctuating environment. Page 715 in T. J. Pitcher, editor. *Behaviour of teleost fishes*. Chapman & Hall, London.
- Giussani, G. 2002. *Specie ittiche d'acqua dolce e salmastra del territorio italiano*. Bertoni, B. <http://www.iii.to.cnr.it/pesci/>. Zugriffdatum: 24.06.02

- Gonsenth, Y., T. Wohlgenuth, B. Sansonnens, and A. Buttler 2001. Die biogeographischen Regionen der Schweiz. Erläuterungen und Einteilungsstandard. Bundesamt für Umwelt, Land und Landschaft (BUWAL), Bern.
- Greenberg, L. A. 1991. Habitat use and feeding behavior of thirteen species of benthic stream fishes. *Environmental Biology of Fishes* 31:389-401.
- Groombridge, B., editor. 1993. 1994 IUCN red list of threatened animals. IUCN, Gland, Switzerland, and Cambridge, UK.
- Grossman, G. D., and M. C. Freeman. 1987. Microhabitat use in a stream fish assemblage. *Journal of Zoology* 212:151-176.
- Haahr, M. 1998. Random.org - Web interface to the true random numbers. Trinity College Dublin. www.random.org. Zugriffsdatum: 27.05.02
- Heckel, J. J., and R. Kner 1858. Die Süßwasserfische der Oesterreichischen Monarchie, Leipzig.
- Heggenes, J., O. M. W. Krog, O. R. Lindas, J. G. Dokk, and T. Bremnes. 1993. Homeostatic behavioral responses in a changing environment: brown trout (*Salmo trutta*) become nocturnal during winter. *Journal of Animal Ecology* 62:295-308.
- Hilton-Taylor, C., (Compiler). 2000. 2000 IUCN red list of threatened species. IUCN, Gland, Switzerland. <http://www.redlist.org/search/details.php?species=15871>. Zugriffsdatum: 02.08.02
- Hynes, H. B. N. 1970. The ecology of running waters. Liverpool University Press, Liverpool.
- IUCN 2001. IUCN Red List categories and criteria: version 3.1. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge.
- Johnson, D. H. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology* 61:65-71.
- Kessler, R. K., A. F. Casper, and G. K. Weddle. 1995. Temporal variation in microhabitat use and spatial relations in the benthic fish community of a stream. *American Midland Naturalist* 134:361-370.
- Kirchhofer, A., B. Zaugg, and J.-C. Pedroli 1990. Rote Liste der Fische und Rundmäuler der Schweiz. Schweizerisches Zentrum für die kartografische Erfassung der Fauna.
- Kottelat, M. 1997. European freshwater fishes. *Biologia* 52:1-271.
- Krebs, C. J. 1999. Ecological methodology. Benjamin/Cummings (Addison-Wesley Longman).
- Liechti, P. 1994. Der Zustand der Seen der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Land und Landschaft (BUWAL), Bern.
- Locatelli, R. 1990. "Cagnetta" nel Ceresio: si tratta di un pesce. *Giornale del Popolo*, Lugano, 2.11.90.
- LSA 2001. Ricerche sull'evoluzione del Lago di Lugano. Aspetti limnologici. Programma quinquennale 1998-2002. Campagna 2000. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere.
- Lugli, M., L. Bobbio, P. Torricelli, and G. Gandolfi. 1992. Breeding ecology and male spawning success in 2 hill-stream populations of the freshwater goby, *Padogobius martensi*. *Environmental Biology of Fishes* 35:37-48.

- Lugli, M., G. Pavan, P. Torricelli, and L. Bobbio. 1995. Spawning vocalizations in male freshwater gobiids (Pisces, Gobiidae). *Environmental Biology of Fishes* 43:219-231.
- Mace, G. M., and R. Lande. 1991. Assessing extinction threats: toward a reevaluation of IUCN threatened species categories. *Conservation Biology* 5:148-157.
- Maddalena, T., B. Jann, and L. Paltrinieri. 2000. Inventario dei gamberi del cantone ticino - Lago Ceresio, parte svizzera. Page 32. Pro Natura, Sezione Ticino, Lugano.
- Magnuson, J. J., L. B. Crowder, and P. A. Medvick. 1979. Temperature as an ecological resource. *American Zoologist* 19:331-343.
- Malfer. 1915 oder 1927. *Atti del 'Acc. d'Agr. Verona*.
- Manly, B., L. McDonald, and D. Thomas 1993. Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies. Chapman & Hall, London.
- Marconato, A., A. Bisazza, and G. Marin. 1989. Correlates of male reproductive success in *Padogobius martensi* (Gobiidae). *Journal of Fish Biology* 34:889-899.
- Maric, D. 1995. Endemic fish species of Montenegro. *Biological Conservation* 72:187-194.
- MathSoft. 1999. S-Plus 2000. Lucent Technologies.
- Matthews, W. J. 1998. Patterns in freshwater fish ecology. Chapman & Hall, New York.
- Microsoft. 2001. Microsoft Excel 2002. Microsoft Corporation.
- Miller, P. J. 1990. The endurance of endemism: the mediterranean freshwater gobies and their prospects for survival. *Journal of Fish Biology* 37 (Supplement A):145-156.
- Miller, P. J. 1993. Grading of gobies and disturbing of sleepers. *Natural Environmental Research Council News* 27:16-19.
- Miller, P. J. 1996. The functional ecology of small fish: some opportunities and consequences. Pages 175-199 in P. J. Miller, editor. *Miniature vertebrates : the implications of small body size*. The Zoological Society of London, Oxford.
- Miller, P. J., M. Serventi, D. Soregaroli, P. Torricelli, and G. Gandolfi. 1994. Isozyme genetics and the phylogeny of Italian freshwater gobies (Teleostei: Gobioidae). *Journal of Fish Biology* 44:439-451.
- Monti 1864. *Notizie dei pesci delle Provincie di Como e Sondrio e del Cantone Ticino*. C. A. Ostinelli, Como.
- Mrakovcic, M., S. Misetic, and M. Povz. 1995. Status of freshwater fish in Croatian Adriatic river systems. *Biological Conservation* 72:179-185.
- Müller, R., and H. J. Meng. 1992. Past and present state of the ichthyofauna of Lake Lugano. *Aquatic Sciences* 54:338-350.
- Nilson, N.-A. 1967. Interactive segregation between fish species. Pages 295-303 in S. D. Gerking, editor. *The biological basis of freshwater fish production*. Blackwell, Oxford.
- Page, L. M., and D. L. Swofford. 1984. Morphological correlates of ecological specialization in darters. *Environmental Biology of Fishes* 11:139-159.
- Pallanza, H. I. I laghi italiani. <http://www.iii.to.cnr.it/>. Zugriffsdatum: 15.05.02
- Pallanza, I. I. d. I. V. 2001. Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. *Aspetti limnologici*. Programma quinquennale 1998-2002. Campagna 2000.

- Pavesi, P. 1872. I pesci e la pesca del Cantone Ticino. Tipografia Veladini e Comp., Lugano.
- Pedroli, J.-C., B. Zaugg, and A. Kirchhofer 1991. Verbreitungsatlas der Fische und Rundmäuler der Schweiz. Schweizerisches Zentrum für die kartografische Erfassung der Fauna.
- Penzo, E., G. Gandolfi, L. Bargelloni, L. Colombo, and T. Patarnello. 1998. Messinian salinity crisis and the origin of freshwater lifestyle in western Mediterranean gobies. *Molecular Biology and Evolution* 15:1472-1480.
- Povz, M. 1995. Status of freshwater fishes in the Adriatic catchment of Slovenia. *Biological Conservation* 72:171-177.
- Povz, M. 1996. The Red Data List of the freshwater lampreys (Cyclostomata) and fishes (Pisces) of Slovenia. Page 341 in A. Kirchhofer, and D. Hefti, editors. *Conservation of endangered freshwater fish in Europe*. Birkhäuser Verlag, Basel.
- Rahel, F. J. 1989. Nest defense and aggressive interactions between a small benthic fish (the johnny darter *Etheostoma nigrum*) and crayfish. *Environmental Biology of Fishes* 24:301-306.
- Riegler, C., H. Teufl, and J. Hill. 2002. Amphibien und Reptilien Österreichs. <http://www.herpetofauna.at/>. Zugriffsdatum: 26.09.02
- Rodriguez, J. P., G. Ashenfelter, F. Rojas-Suarez, J. J. G. Fernandez, L. Suarez, and A. P. Dobson. 2000. Local data are vital to worldwide conservation. *Nature* 403:241-241.
- Schinz 1840. *Europ. fauna*, II.
- Simonson, T. D. 1993. Correspondence and relative precision of stream habitat features estimated at two spatial scales. *Journal of Freshwater Ecology* 8:363-373.
- Sokal, R. R., and F. J. Rohlf 1995. *Biometry: the principle and practice of statistics in biological research*. W. H. Freeman and Company, New York.
- Stahel, W. A. 1999. *Statistische Datenanalyse*. Vieweg.
- Steiger, E. 1981a. *Blennius fluviatilis* Asso, un pesce nuovo per le acque ticinesi. *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*:53.
- Steiger, E. 1981b. Un nuovo pesce nelle acque svizzere del Lago Maggiore? *Acquicoltura Ticinese* 65:4.
- Steinmann, P. 1936. *Die Fische der Schweiz*. Sauerländer & Co, Aarau.
- Steinmann, P. 1948. *Schweizerische Fischkunde*. Sauerländer & Co, Aarau.
- Steinmann, P. 1952. Die Systematik der Fische und der Fischbestand der Schweiz. Pages 52-99 in W. R. Corti, editor. *Fisch und Fischerei*. Verlag Gottfried Schmid, Winterthur.
- Swisstopo. 1995. Locarno 1312. Bundesamt für Landestopographie, Wabern.
- Swisstopo. 1998. DGN - Digitales Gewässernetz der Schweiz. Bundesamt für Landestopographie, Wabern.
- Swisstopo. 2001. Relief der Schweiz. Bundesamt für Landestopographie, Wabern.
- Thomas, E. A., and F. Schanz. 1976. Beziehungen zwischen Wasserchemismus und Primärprodukten in Fliesswässern, ein limnologisches Problem. *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 121:309-317.

- Uttinger, J., C. Roth, and A. Peter. 1998. Effects of environmental parameters on the distribution of bullhead *Cottus gobio* with particular consideration of the effects of obstructions. *Journal of Applied Ecology* 35:882-892.
- van Snik Gray, E., and J. R. Stauffer. 1999. Comparative microhabitat use of ecologically similar benthic fishes. *Environmental Biology of Fishes* 56:443-453.
- VBGf 1993, Stand 16.1.01. Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei.
- Vila-Gispert, A., and R. Moreno-Amich. 1998. Seasonal abundance and depth distribution of *Blennius fluviatilis* and introduced *Lepomis gibbosus*, in Lake Banyoles (Catalonia, Spain). *Hydrobiologia* 386:95-101.
- Vinyoles, D., I. M. Côté, and A. de Sostoa. 1999. Egg cannibalism in river blennies: the role of natural prey availability. *Journal of Fish Biology* 55:1223-1232.
- Weddle, G. K., and R. K. Kessler. 1993. A Square-Meter Electrofishing Sampler for Benthic Riffle Fishes. *Journal of the North American Benthological Society* 12:291-301.
- Wetzel, R. G. 2001. *Limnology*. Academic Press.
- Wickler, W. 1957. Vergleichende Verhaltensstudien an Grundfischen. I. Beiträge zur Biologie, besonders zur Ethologie von *Blennius fluviatilis* Asso im Vergleich zu einigen anderen Bodenfischen. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 14:393-428.
- Zaugg, B., J.-C. Pedrolí, and E. Ritter 1990. Süßwasserfische - einfach bestimmt. Pro Natura, Basel.
- Ziswiler, V. 1991. Wirbeltiere Band I. Zentralstelle der Studentenschaft der Universität Zürich.

7 Anhang

7.1 Untersuchungsorte und Fischbeobachtungen

Tabelle A1: Untersuchungsorte und Fischbeobachtungen am Lago Maggiore.

Index Nr.	Datum WS [m.ü.M.]	Ort		Koordinaten		Art	Anz.	N	T [C]	Meth.
				Ost	Nord					
1	30.04.02 192.6	Cannobio IT	U	697 610	102 620	Ghiozzo Cagnetta Groppe Steinbeisser	+ + + e		14	S
2		Locarno (Maggiamündung) (Maggiamündung)	U	705 500	112 350	Ghiozzo Cagnetta	+ +			S
3		Vira (Gambarogno)	U	708 150	111 100	Ghiozzo	+++		15	S
4	16.05.02 194.3	Vira (Gambarogno)	U	708 150	111 100	Ghiozzo Cagnetta Steinbeisser	+ E e		13-16	S
5		Riale di Vira	F	708 150	111 100	Ghiozzo Forelle (klein) Egli Trüsche Groppe	e + E E E		14	S
6	29.05.02	Germignaga IT	U	699 550	94 650	Cagnetta	e		13	G
7	194.2	Torrente S. Giovanni	F	699 550	94 650	Ghiozzo Cagnetta Forelle (klein)	e E ++		19	A
8	11.06.02 194.5	Magadino	U	709 550	111 850	Ghiozzo Cagnetta	e E	ja		S
9	17.06.02 193.8	S. Nazzaro	U	705 100	109 750	Ghiozzo	e		23	G
10		Riale di Cedullo	F	705 100	109 750	Groppe			18	A
11		Ronco Valgrande / delle	U	700 000	102 250	Ghiozzo Cagnetta Egli	+++ +++ +			S
12	19.06.02 193.7	Cannobino (Cannobio IT)	F	697 610	102 620	Ghiozzo Groppe	e e			G
13		Brissago	U	698 650	108 500	Ghiozzo Cagnetta Egli	+ + +			S
14		Riale del Sacro Monte	F	698 650	108 500	Ghiozzo	e			
15	20.06.02 193.7	Brissagoinsel (gross)	U	700 150	109 700	Ghiozzo Cagnetta Alet	+++ ++ ++			S
16		Maggia	F	705 100	112 300	Groppe	e			S

WS: Wasserstand; Messwerte von 12 Uhr Mittags aus den Messtellen des Bundesamt für Wasser und Geologie in Locarno bzw. Melide (BWG 2002a, 2002b).

U Uferabschnitt, **F** Fliessgewässerabschnitt

Fischarten: Alet *Leuciscus cephalus*, Cagnetta *Salaria fluviatilis*, Egli *Perca fluviatilis*, Forelle *Salmo trutta spp.*, Forellenbarsch *Micropterus salmoides*, Ghiozzo *Padogobius bonelli*, Steinbeisser *Cobitis taenia*, Trüsche *Lota lota*, Zander *Sander lucioperca* (nur sicher identifizierte aufgezählt)

Anz. Anzahl: + mehrere, ++ viele, +++ sehr viele, e einzelne, E Einzelfund

N: Nester, **T:** Wassertemperatur

Methode: S Schnorcheln, T Tauchen, G Guckkasten, A von Auge

Tabelle A2: Untersuchungsorte und Fischbeobachtungen am Lago di Lugano.

Index Nr.	Datum WS [m.ü.M.]	Ort		Koordinaten		Art	Anz.	N	T	Meth.
				Ost	Nord					
21	15.05.02 270.5	Figino	U	713 600	89 850	Cagnetta Forellenbarsch Zander	++ e E	ja ja	17	S
22		Magliaso	U	712 850	92 900	Cagnetta	++			S
23	16.05.02 270.5	Lugano (Parco Civico)	U	717 950	95 650	Cagnetta Alet	+++ +++	ja		S
24		Paradiso	U	717 600	94 150	Cagnetta	+++	ja		S
25		Maroggia	U	718 600	88 000	Cagnetta Alet	+++ +++	ja		S
26		Mara	F	718 600	88 000	Forelle (klein)	e			S
27	28.05.02 270.8	Morcote (Vedo)	U	713 450	87 500	Cagnetta	+++	ja		S
28	30.05.02 270.7	Campione IT	U	719 000	92 550	Cagnetta Alet	+ ++			G
29		Bissone	U	718 250	89 800	Cagnetta	++	ja		G
30		Riva S. Vitale (Laveggio)	U	719 350	84 900	Cagnetta	++		17	G
31		Laveggio	F	719 350	84 900	-			14	G
32		Riva S. Vitale (Zentrum)	U	719 050	85 050	Cagnetta	+		20	G
33		Riva S. Vitale (Battuta)	U	718 900	85 900	Cagnetta Forellenbarsch	+++ e	ja ja	20	G
34		Poiana	U	717 900	87 800	Cagnetta	++			G
35		Porto Ceresio IT	U	713 200	84 800	Cagnetta	+	ja		G
36		Brusimpiano IT	U	712 700	89 550	Cagnetta	e		15	G
37		Rio Trallo	F	712 700	89 550	Forelle (klein)	+		13	G
38		Ponte Tresa IT	U	710 250	91 100	Cagnetta	e			G
39		Agno	U	713 800	94 750	-				G
40		Canale Prati Maggiori	F	713 250	94 650	-				G
41	31.05.02 270.6	Cima IT	U	728 000	98 300	Cagnetta	++	ja	18	G
42		Porlezza (Rezzo) IT	U	730 250	99 300	Cagnetta	+	ja	20	G
43		Rezzo	F	730 250	99 300	-			13	G
44		Porlezza (Cuccio) IT	U	730 450	98 900	Cagnetta	+		19	G
45		Cuccio	F	730 450	98 900	-			15	G
46		S. Mamette IT	U	724 900	98 150	Cagnetta Alet	++ +++	ja		G
47		Solda	F	724 900	98 150	Steinbeisser	E		15	G
48	25.07.02 270.5	Riva S. Vitale (Battuta)	U	718 900	85 900	Cagnetta	+++		24	S
49	07.08.02 270.7	Caprino	U	719 750	94 000	Cagnetta	+++		24	S
50		Cava Ronchetti	U	720 500	94 350	Cagnetta	+++		24	S

WS: Wasserstand; Messwerte von 12 Uhr Mittags aus den Messtellen des Bundesamt für Wasser und Geologie in Locarno bzw. Melide (BWG 2002a, 2002b). **U** Uferabschnitt, **F** Fließgewässerabschnitt

Fischarten: Alet *Leuciscus cephalus*, Cagnetta *Salaria fluviatilis*, Egli *Perca fluviatilis*, Forelle *Salmo trutta* spp., Forellenbarsch *Micropterus salmoides*, Ghiozzo *Padogobius bonelli*, Steinbeisser *Cobitis taenia*, Trüsche *Lota lota*, Zander *Sander lucioperca* (nur sicher identifizierte aufgezählt)

Anz. Anzahl: + mehrere, ++ viele, +++ sehr viele, e einzelne, E Einzelfund

N: Nester, **T:** Wassertemperatur **Methode:** S Schnorcheln, T Tauchen, G Guckkasten, A von Auge

Tabelle A3: Untersuchungsorte der Mikrohabitatsstudie.

Index Nr.	Datum WS [m.ü.M.]	Ort		Koordinaten		Art	Dichte [Fi/m ²]	N	T	L tot [m]
				Ost	Nord					
51	13.06.02 270.6	Cásoro	U	713 650	90 350	Cagnetta	3.3	7	21.9	16
52		Figino	U	713 600	89 850	Cagnetta	0.7	2	20.5	23
53	14.06.02 270.5	Maroggia	U	718 600	88 000	Cagnetta	-	6	22.3	14
54	17.06.02 193.8	Vira (Gambarogno)	U	708 150	111 100	Ghiozzo Cagnetta	1.2 0.0	1 0	21.4	25
55	18.06.02 193.8	Maccagno (IT)	U	700 100	99 750	Ghiozzo Cagnetta	0.9 0.2	0 0	18.6	14
56		Ronco Valgrande / delle Monache (IT)	U	700 000	102 250	Ghiozzo Cagnetta	4.3 1.0	0 0	21.9	6
57	19.06.02 193.7	Cannobio (IT)	U	697 610	102 620	Ghiozzo Cagnetta Trüsche	0.6 0.2 E	0 0	22.7	20
58	07.07.02 193.7	Brissagoinsel (gross)	U	700 150	109 700	Ghiozzo Cagnetta	0.3 1.4	0 1	-	18
59	08.07.02 193.6	Brissagoinsel (gross)	U	700 150	109 700	Ghiozzo Cagnetta	1.4 0.4	0 0	18.8	21
60	09.07.02 193.6	Brissagoinsel (gross)	U	700 150	109 700	Ghiozzo Cagnetta	0.9 1.3	0 2	19.7	27
61		Brissagoinsel (klein)	U	700 250	110 050	Ghiozzo Cagnetta	0.1 1.4	0 2	-	10

WS: Wasserstand; Messwerte von 12 Uhr Mittags aus den Messtellen des Bundesamt für Wasser und Geologie in Locarno bzw. Melide (BWG 2002a, 2002b).

U Uferabschnitt, **F** Fließgewässerabschnitt

Fischarten: Alet *Leuciscus cephalus*, Cagnetta *Salaria fluviatilis*, Egli *Perca fluviatilis*, Forelle *Salmo trutta* spp., Forellenbarsch *Micropterus salmoides*, Ghiozzo *Padogobius bonelli*, Steinbeisser *Cobitis taenia*, Trüsche *Lota lota*, Zander *Sander lucioperca* (nur sicher identifizierte aufgezählt)

N: Nester, **T:** Wassertemperatur

Ltot : Gesamtlänge aller Transekten (Methode: Schnorcheln)

Tabelle A4: Untersuchungsorte am Mittellauf von Fließgewässern

Index Nr.	Datum	Ort		Koordinaten		Art	Anz.	N	T [C]	Meth.
				Ost	Nord					
71	19.06.02	Cannobio in Cannobio IT	F	696 900	102 000	Groppe	e		21	A
72	25.07.02	Faloppia bei Novazzano	F	720 800	78 250	-	+++		15	G
73		Laveggio bei Genestrerio	F	718 000	79 400	-	+++		14	G
74		Breggia bei Balerna	F	722 230	78 650	-			14	G

U Uferabschnitt, **F** Fließgewässerabschnitt

Fischarten: Alet *Leuciscus cephalus*, Cagnetta *Salaria fluviatilis*, Egli *Perca fluviatilis*, Forelle *Salmo trutta* spp., Forellenbarsch *Micropterus salmoides*, Ghiozzo *Padogobius bonelli*, Steinbeisser *Cobitis taenia*, Trüsche *Lota lota*, Zander *Sander lucioperca* (nur sicher identifizierte aufgezählt)

Anz. Anzahl: + mehrere, ++ viele, +++ sehr viele, e einzelne, E Einzelfund

N: Nester, **T:** Wassertemperatur

Methode: **S** Schnorcheln, **T** Tauchen, **G** Guckkasten, **A** von Auge

Tabelle A5: Untersuchungsorte zur Tiefenverteilung.

Index Nr.	Datum	Ort		Koordinaten		Art	Anz.	N	Meth.	Max. Tiefe [m]	Max.Dichte	
				Ost	Nord						Tiefe [m]	Tiefe [m]
81	15.05.02 194.3	Vira (Cambarogno)	U	708 150	111 100	Ghiozzo	++			5*	2-3***	
82	19.06.02 193.7	Brissagoinsel (gross)	U	700 150	109 700	Ghiozzo Cagnetta	+++ ++		T	6*	Tr.A 1-2	Tr.B 1-2
83	29.08.02 270.5	Morcote (Vedo)	U	713 450	87 500	Cagnetta Egli Forellenbarsch Zander	+ ++ e +		S / T	10.5*	2***	
84		Paradiso	U	717 600	93 900	Cagnetta Egli Forellenbarsch Zander	++ ++ ++ ++		S / T	10.5**	2-3***	

WS: Wasserstand; Messwerte von 12 Uhr Mittags aus den Messtellen des Bundesamt für Wasser und Geologie in Locarno bzw. Melide (BWG 2002a, 2002b).

U Uferabschnitt, **F** Fließgewässerabschnitt

Fischarten: Alet *Leuciscus cephalus*, Cagnetta *Salaria fluviatilis*, Egli *Perca fluviatilis*, Forelle *Salmo trutta* spp., Forellenbarsch *Micropterus salmoides*, Ghiozzo *Padogobius bonelli*, Steinbeisser *Cobitis taenia*, Trüsche *Lota lota*, Zander *Sander lucioperca* (nur sicher identifizierte aufgezählt)

Anz. Anzahl: + mehrere, ++ viele, +++ sehr viele, e einzelne, E Einzelfund

N: Nester,

Methode: S Schnorcheln, T Tauchen, G Guckkasten, A von Auge

Max. Tiefe: Tiefe, bis der die Tiere beobachtet werden konnten

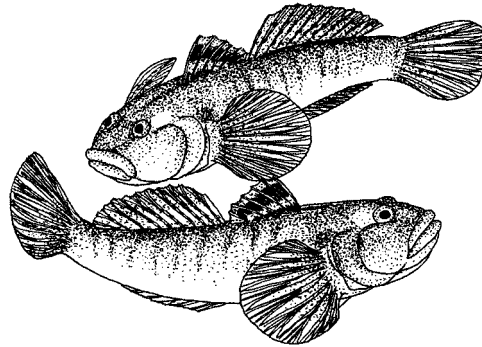
(* ungenügendes Habitat in grösserer Tiefe, ** ungenügende Sicht in grösserer Tiefe)

Max Dichte Tiefe: Tiefe, in der die grösste Dichte beobachtet worden ist.

(*** Angaben geschätzt)

7.2 Steckbrief

Conosce questi piccoli pesci ?



Sono dei **Ghiozzi** (*Padogobius bonelli* o *Padogobius martensii*).

Il Ghiozzo assomiglia molto alla Cagnetta (*Blennius fluviatilis* o *Salaria fluviatilis*) e allo Scazzone (*Cottus gobio*). Questi tre pesci vivono prevalentemente sotto o tra i sassi, nascosti sul fondo delle acque. Il Ghiozzo si differenzia dagli altri due soprattutto per le sue pinne pettorali disposte come una specie di organo aspiratore. La Cagnetta invece si distingue per la sua lunga e continua pinna dorsale.

In Svizzera il Ghiozzo e la Cagnetta sono considerate specie "molto minacciate", e la loro distribuzione e le loro abitudini di vita sono poco conosciute. Per queste ragioni, con il mio lavoro di diploma (al Politecnico Federale di Zurigo), vorrei colmare queste lacune e conoscere meglio questi pesci indigeni.



Ghiozzo



Cagnetta



Scazzone

Forse Le é già capitato una volta di girare un sasso sulle rive del Lago Maggiore e di trovarvi sotto uno di questi pesciolini? Se così fosse, Le sarei veramente grato se me lo raccontasse, anche se fosse stato molto tempo fa. Ogni informazione é molto importante.

Mi interessano:

- Avvistamenti di Scazzoni sulle rive dei laghi;
- Avvistamenti di Ghiozzi e Cagnette in laghi, fiumi e riali.

Per favore invii le Sue osservazioni (con data e descrizione dettagliata del luogo) al seguente indirizzo:



EAWAG

EAWAG, Christof Elmiger
Forschungszentrum für Limnologie
6047 Kastanienbaum
chelmiger@student.ethz.ch