

Vollzug Umwelt

MITTEILUNGEN ZUR
FISCHEREI

NR. 74

Die Biologie des Rotauges im Luganersee (TI)

Con riassunto in italiano



Bundesamt für
Umwelt, Wald und
Landschaft
BUWAL

**MITTEILUNGEN ZUR
FISCHEREI**

NR. 74

**Die Biologie
des Rotauges
im Luganersee (TI)**

Con riassunto in italiano

Schlussbericht

Studie im Auftrag des
Ufficio della caccia e della pesca

**Herausgegeben vom Bundesamt
für Umwelt, Wald und Landschaft
BUWAL
Bern, 2003**

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)
*Das BUWAL ist ein Amt des Eidg. Departements für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)*

Autor (Bild und Grafik)

Joachim Guthruf, Aquatica GmbH

Konzept

Stefan Gerster, HYDRA

Projektleitung

Joachim Guthruf

Betreuung

Dr. Bruno Polli, Ufficio della caccia e della pesca

Auftraggeber

Ufficio della caccia e della pesca

Echolot-Untersuchungen

Ufficio della caccia e della pesca

Tauchuntersuchungen

Luca Paltrinieri, BIOTEC, Beatrice Jann, IDRA

Fotos und Layout

Joachim Guthruf

Mitarbeit BUWAL

Claudia Friedl

Zitiervorschlag

GUTHRUF, J. (2002): Die Biologie des Rotauges im
Luganer-see (Kanton TI). - BUWAL, Mitteilungen zur
Fischerei 74: 89 S.

Bezug

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
Dokumentation
3003 Bern
Fax + 41 (0)31 324 02 16
E-Mail: docu@buwal.admin.ch
Internet: www.buwalshop.ch

Bestellnummer

MFI-74-D

© BUWAL 2003

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
Résumé	3
Riassunto	5
I) Lago di Lugano	5
II) La fauna ittica e la pesca	5
III) Metodi.....	6
IV) Risultati.....	7
IV.I) Determinazione delle specie	7
IV.II) Età e crescita.....	7
IV.III) Periodo riproduttivo, maturità sessuale, fecondità.	8
IV.IV) Alimentazione	9
IV.V) Scelta degli habitat	10
V) Discussione	12
V.I) Vantaggi del gardon nei confronti dell'alborella.....	12
V.II) Domande aperte, contraddizioni.....	12
VI) Previsione.....	14
1 Einleitung	15
1.1 Ausgangslage.....	15
1.2 Zielsetzungen	15
1.3 Auftrag.....	15
1.4 Die Biologie des Rotauges (<i>Rutilus rutilus</i>).....	16
1.4.1 Verbreitung	16
1.4.2 Lebenszyklus, Lebensraum und Ernährung.....	16
1.4.3 Alter, Wachstum, Kondition und Geschlechterverhältnis	17
1.5 Pigo, Triotto und Alborella (kurzer Abriss über die Biologie)	19
1.5.1 Pigo (<i>Rutilus pigus</i> , Lacépède 1804)	19
1.5.2 Triotto (<i>Rutilus rubilio</i> , Bonaparte 1837).....	19
1.5.3 Alborella (<i>Alburnus alburnus alborella</i> De Filippi, 1844)	20
1.6 Der Luganersee, Limnologie und Wasserqualität.....	22
1.6.1 Allgemeine Kenndaten	22
1.6.2 Wassererneuerung und Zirkulationsverhalten.....	22
1.6.3 Nährstoffgehalte	23
1.6.4 Primärproduktion, Phyto- und Zooplankton.....	24
1.6.5 Trophiegrad	24
1.6.6 Fischereiliche Bewirtschaftung, Fangstatistik.....	25
2 Methoden	29
2.1 Rotaugenfänge (Netzfischer, Sonderfänge)	29
2.2 Bestimmen von Länge und Gewicht	29
2.3 Artbestimmung	30
2.4 Altersbestimmung	31
2.5 Laichreife, Fekundität.....	34
2.6 Mageninhaltsanalyse	35
2.7 Habitatuntersuchungen.....	36
2.7.1 Laichhabitatuntersuchungen	36
2.7.2 Larvenhabitatuntersuchungen.....	37
2.7.3 Juvenilhabitatuntersuchungen.....	38
2.8 Echolot-Transekte in der Bucht von Agno	38

3	Resultate	41
3.1	Untersuchte Arten.....	41
3.2	Länge und Gewicht.....	42
3.3	Konditions-Faktor nach Fulton	43
3.4	Wachstum und Alter	45
3.5	Laichzeit, Geschlechtsreife und Fekundität.....	47
3.6	Nahrungsökologie.....	51
3.6.1	Rotauge.....	51
3.6.2	Nahrungsspektrum anderer Arten	54
3.6.3	Parasiten.....	55
3.7	Habitatwahl.....	56
3.7.1	Beschreibung der untersuchten Ufertypen und Choriotope	56
3.7.2	Laichhabitats.....	57
3.7.3	Larvenhabitats	64
3.7.4	Juvenilhabitats	68
3.8	Räumliche und zeitliche Verteilung der Fische im Golf von Agno	71
4	Diskussion	75
4.1	Alter, Wachstum Laichreife und Populationsbiologie	75
4.2	Nahrung.....	76
4.3	Habitats	77
4.4	Bedeutung des Rotauges beim Rückgang der Alborella	77
4.5	Wissenslücken.....	78
5	Ausblick	81
5.1	Das "Weissfisch-Problem" nördlich der Alpen.....	81
5.1.1	Änderungen in der Bewirtschaftung.....	81
5.1.2	Verwertung.....	82
5.2	Vorschläge für den Luganersee	83
6	Literaturverzeichnis	85

Zusammenfassung

In den letzten zehn Jahren hat sich im Luganersee die Zusammensetzung des Fanges grundlegend geändert: Die Alborella (*Alburnus alburnus alborella*), eine wirtschaftlich interessante Fischart, welche früher über 50% des Ertrages ausmachte, ist fast gänzlich verschwunden. Heute werden die Cypriniden ("Weissfische") durch das Rotauge (*Rutilus rutilus*) dominiert, welches auf der Alpensüdseite ein Neozoe ist. Weissfische machen heute 65 - 75% des Ertrages der Netzfischer aus und werden im Kanton Tessin bisher kaum vermarktet.

Zur Beurteilung, ob das in den Achtzigerjahren eingeschleppte Rotauge für das Verschwinden der Alborella verantwortlich ist, wurden Untersuchungen zur Biologie der Rotaugen durchgeführt. Insgesamt wurden 418 auf verschiedene Weise behändigte Cypriniden vermessen. An 278 Fischen wurden Altersbestimmungen und an 117 Tieren Magenanalysen gemacht. Die Lebensraumansprüche von vier verschiedenen Lebensstadien wurden erhoben. Die räumliche und zeitliche Verteilung der Fische wurde mittels Echolot untersucht.

Die überdurchschnittlich gute Kondition, das rasche Wachstum, die frühe Laichreife und die hohe Fruchtbarkeit der Population sprechen für günstige Umweltbedingungen. Die Wassertemperatur ist höher als in den meisten Seen nördlich der Alpen. Weiter begünstigt der hohe Trophiegrad des Luganersees das Rotauge. Zudem wird vermutet, dass die Rotaugendichte im Verhältnis zu den Nahrungs- und Raumressourcen (noch) gering ist.

Das raschwüchsige Rotauge entwächst seinen Haupt-Fressfeinden (Barsch und Zander) viel schneller als die langsamwüchsige Alborella. Die hohe Fruchtbarkeit gibt dem Rotauge zusätzliche Vorteile gegenüber der Alborella.

Juvenile Rotaugen fressen zu einem hohen Anteil Zooplankton, insbesondere Blattfusskrebse (Cladocera), welche auch in der Nahrung der Alborella eine zentrale Rolle spielen. Im Gegensatz zur Alborella kann das Rotauge auf Insekten und Pflanzen/Algen ausweichen. Dank des schnellen Wachstums können sich Rotaugen schon ab dem Alter von zwei Jahren von Wandermuscheln ernähren. Das Rotauge kommt somit für die Alborella als Nahrungskonkurrent in Frage und ist dank seines breiteren Nahrungsspektrums besonders in Zeiten mit Zooplankton-Knappheit im Vorteil.

Rotaugen laichen, wie die Alborella, im unmittelbaren Uferbereich. Ansonsten stellen sie keine hohen Ansprüche an Laichsubstrat, Ufertyp und Tiefe. Ufer mit Kiessubstrat, bevorzugte Laichgebiete der Alborella, werden auch vom Rotauge benützt. Durch die frühere Laichzeit haben sich die jungen Rotaugen bereits im Uferbereich etabliert, wenn die Alborellen schlüpfen.

Junge Cypriniden halten sich im Sommer im unmittelbaren Uferbereich auf und verlassen diesen im Herbst.

Im Sommer und Herbst sind die Fische auf die obersten 4 m konzentriert. In Tiefen ab 4 m ist die Fischdichte gering. Im Spätherbst und Winter konzentrieren sich die Fische an einzelnen Stellen im See in mehr oder weniger grossen Schulen. Die heutige Artengemeinschaft - dominiert durch das Rotauge - hat eine ähnliche räumliche und zeitliche Verteilung wie die durch die Alborella dominierte Fischlebensgemeinschaft vor zehn Jahren.

Die Biologie des Rotauges und die räumliche Verteilung der Fische sprechen dafür, dass das Rotauge gegenüber der Alborella verschiedene Vorteile besitzt. Ob diese Vorteile zur Verdrängung der Alborella führten, kann im Nachhinein nicht gesagt werden. Zur sicheren Beurteilung, ob eine Verdrängung vorliegt, müsste die Nahrungs- und Habitatwahl beider Arten vor und nach der Einschleppung des Rotauges bekannt sein. Insbesondere zur Biologie der Alborella fehlen wichtige Grundlagen.

In den letzten Jahrzehnten wurden nebst dem Rotauge zahlreiche weitere Neozoen eingeführt, und der Zander, ein Top-Prädator, hat parallel zum Rückgang der Alborella im Fang stark zugenommen. Andere Neozoen können als Ursache des Verschwindens der Alborella nicht ausgeschlossen werden. Die Habitatwahl und Nahrungsökologie dieser Arten ist jedoch bisher kaum bekannt.

Nebst der Veränderung der Artengemeinschaft haben sich Nährstoffsituation, Lichtverhältnisse (Sichttiefe) und Plankton in den letzten Jahren stark verändert. Die Ursache des Verschwindens der Alborella wird unter Umständen nie geklärt werden können.

Eine Ausrottung oder massgebliche Dezimierung der Rotaugenpopulation ist nicht möglich. Gemäss Erfahrungen nördlich der Alpen können Rotaugen genutzt und vermarktet werden. Entsprechende Vorschläge für den Luganersee werden gemacht.

Résumé

Ces dix dernières années, la composition des captures s'est radicalement modifiée dans le lac de Lugano: l'alborella (*Alburnus alburnus alborella*), une espèce de poisson intéressante d'un point de vue économique qui représentait autrefois plus de 50% des captures, a presque entièrement disparu. Actuellement, les cyprinidés ("poissons blancs") sont dominés par le gardon (*Rutilus rutilus*), espèce introduite dans les années 80 au sud des Alpes. Les poissons blancs représentent 65 à 75% des captures des pêcheurs aux filets; dans le canton du Tessin, ils ne sont pratiquement pas commercialisés.

Afin de déterminer si le gardon est à l'origine de la disparition de l'alborella, on a étudié sa biologie. Au total, on a mesuré de différentes manières 418 cyprinidés. Sur 278 poissons, on a procédé à une détermination de l'âge, sur 117, à des analyses de l'estomac. On a également déterminé leurs exigences en matière d'habitat à quatre stades différents de leur vie. Enfin, on a étudié sa distribution spatiale et temporelle.

Les populations de gardon présentent une bonne condition physique, une croissance rapide, une maturité sexuelle précoce et une grande fertilité; cela démontre des conditions environnementales favorables. La température de l'eau est plus élevée que dans la plupart des lacs du nord des Alpes. L'état trophique du lac de Lugano favorise en outre la prolifération du gardon. Enfin, on suppose que la densité de cette espèce est (encore) faible compte tenu de la nourriture et de l'espace disponibles.

Le gardon, qui grandit rapidement, échappe plus facilement à ses principaux prédateurs (la perche et le sandre) que ne le fait l'alborella qui croît lentement. Sa grande fertilité est un avantage supplémentaire.

Les jeunes gardons se nourrissent principalement de zooplancton, notamment de cladocères (*Cladocera*), qui jouent également un rôle important dans l'alimentation de l'alborella. Mais contrairement à l'alborella, le gardon peut, au besoin, manger des insectes et des plantes/algues. Grâce à sa croissance rapide, le gardon peut se nourrir de bivalves dès l'âge de deux ans. Compte tenu de son régime alimentaire similaire, le gardon constitue donc un concurrent pour l'alborella. Son large spectre alimentaire constitue, en outre, un atout durant les périodes où le zooplancton est rare.

Tout comme l'alborella, le gardon fraie à proximité immédiate des rives. Autrement, il n'a pas d'exigences très élevées pour le substrat de frai, le type de rive et la profondeur. Les rives avec un substrat graveleux, qui sont les frayères préférées de l'alborella, sont également utilisées par le gardon. La période de frai étant plus précoce, les jeunes gardons occupent déjà la rive lorsque les alborellas émergent.

Les jeunes cyprinidés occupent la zone rivulaire pendant la période estivale, ils quittent ces lieux en automne.

En été et en automne, les poissons se concentrent en surface jusqu'à une profondeur d'environ 4 m. Leur densité est faible plus en profondeur. A la fin de l'automne et en hiver, les poissons se concentrent en certains endroits du lac, en bancs plus ou moins grands. La communauté actuelle des espèces, qui est dominée par le gardon, a une répartition spatiale et temporelle semblable à celle de la communauté piscicole d'il y a dix ans, qui était dominée par l'alborella.

La biologie du gardon et la répartition spatiale des poissons montrent que le gardon possède différents avantages par rapport à l'alborella. Rétrospectivement, on ne peut pas dire si c'est en raison de ces avantages que le gardon a supplanté l'alborella. Pour évaluer de manière fiable si tel est le cas, il faudrait connaître le choix de la nourriture et des habitats des deux espèces avant et après l'introduction du gardon. Or il nous manque des informations importantes concernant la biologie de l'alborella.

Ces dernières décennies, on a introduit d'autres espèces comme le sandre, un superprédateur, et dont les captures ont augmenté parallèlement au recul de l'alborella. On ne peut donc pas exclure que d'autres néozones soient à l'origine de la disparition de l'alborella. Or on ne sait pas grand chose pour l'instant du choix des habitats et de l'écologie alimentaire de ces espèces.

Les importants changements observés ces dernières années ne concernent pas seulement la communauté des espèces piscicoles mais également la situation relative aux substances nutritives, aux conditions de lumière (clarté de l'eau) et au plancton. Il se peut donc qu'on ne connaisse jamais les causes de la disparition de l'alborella.

Une extermination ciblée des peuplements de gardons ou une diminution massive des effectifs n'est pas possible. Selon les expériences faites au nord des Alpes, les gardons peuvent être commercialisés. Ce rapport présente des propositions dans ce sens pour le lac de Lugano.

Riassunto

I) Lago di Lugano

Agli inizi del secolo scorso il Lago di Lugano si trovava in una situazione oligotrofica. Con l'avvento del turismo e lo sviluppo economico, il carico del lago aumentò molto velocemente per colpa degli scarichi fognari, che vi fecero affluire elevati quantitativi di nutrienti. Le alghe crebbero rigogliose, ma una volta morte e depositatesi sul fondo, causarono un grande consumo di ossigeno a medie e grandi profondità. Attraverso la decomposizione delle alghe, nelle acque profonde furono liberati dei sali, che conseguentemente aumentarono la densità dell'acqua di fondo. Nel contempo, l'aumento della temperatura delle acque di superficie portò ad una diminuzione del loro peso specifico. Si è dunque formata una stratificazione sempre più stabile della colonna d'acqua, così che la circolazione, necessaria per il rifornimento di ossigeno delle acque profonde, non ha più raggiunto il fondo del lago dagli anni 60. L'ambiente vitale dei pesci si è perciò fortemente ridotto.

Diverse misure di protezione delle acque hanno fatto sì, che le concentrazioni di fosforo nei due bacini sia diminuita negli strati superficiali interessati dalla circolazione invernale. Questo ha conseguentemente portato a una leggera diminuzione della produzione primaria. Il fitoplancton ha reagito non solo in modo quantitativo, ma anche qualitativo, dato che lo spettro delle specie si è prima evoluto a favore delle diatomee e più tardi delle alghe verdi. Di quest'evoluzione ha approfittato soprattutto lo zooplancton che si nutre di fitoplancton attraverso la filtrazione dell'acqua (branchiopodi, diaptomidi). A sua volta lo zooplancton è un'importante fonte di cibo per i pesci.

I quantitativi di nutrienti di entrambi i bacini, ma soprattutto delle acque profonde del bacino nord, rimangono comunque ancora alti. Nonostante i miglioramenti, il lago viene ancora oggi definito come eutrofico.

Lavori citati: (BARBIERI ET AL. 1989; POLLI & SIMONA 1992; BARBIERI ET AL. 1994; LIECHTI 1994; BARBIERI ET AL. 1998; BARBIERI ET AL. 1999).

II) La fauna ittica e la pesca

Nel 19° secolo nel Lago di Lugano vivevano 22 specie autoctone di pesci e una importata in epoca antica: la carpa. 10 specie, rispettivamente sottospecie, vivono solo al sud delle Alpi. Verso il 1900 per aumentare il valore commerciale delle catture sono state introdotte nuove specie (Tab. R1).

Tab. R1: Specie introdotte nel Lago di Lugano per la prima volta verso il 1900.

Seesaibling	Salmerino	<i>Salvelinus alpinus</i>
Regenbogenforelle	Trota iridea	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
Äsche	Temolo	<i>Thymallus thymallus</i>
Sonnenbarsch	Persico sole	<i>Lepomis gibbosus</i>
Felchen	Coregone	<i>Coregonus sp.</i>

Per lo stesso motivo dal 1954 venne immesso nel lago il lucioperca o sandra (*Sander lucioperca*). Nel contempo arrivarono nel lago il pesce rosso (*Carassius auratus*), il persico trota (*Micropterus salmoides*), il pesce gatto americano (*Ictalurus melas*) e lo storione sterleto (*Acipenser ruthenus*) senza che i reponsabili cantonali per la pesca ne fossero informati. Di conseguenza non è nota la data esatta di queste introduzioni. A questo gruppo appartiene anche il gardon (*Rutilus rutilus*), la cui area di distribuzione originariamente si estendeva a nord delle Alpi.

Il prodotto annuo della pesca con rete negli ultimi 18 anni oscillava normalmente tra le 30 e le 53 t, ciò che corrisponde a 9-16 kg/ha: paragonato con il resto della Svizzera si tratta di un valore medio. Dal 1988 è iniziato un profondo mutamento nelle catture: l'alborella (*Alburnus alburnus alborella*) che fino ad allora rappresentava più della metà del prodotto, ha subito un

forte calo, scomparendo del tutto dalle catture nel corso del seguente decennio. Contemporaneamente le catture di pesce bianco sono aumentate, passando dal 20% al 60% del ricavato totale (Fig. R1). Il termine "pesce bianco" comprende tutti i ciprinidi ad eccezione della tinca (*Tinca tinca*) e della carpa (*Cyprinus carpio*). Dal 1997 questo gruppo era composto in prevalenza da gardon. Anche le catture di lucioperca sono molto aumentate in questo periodo. Dal 1996 le catture da parte di pescatori con rete e a lenza nella parte svizzera del lago sono leggermente diminuite. L'80% delle catture sono effettuate dai pescatori con rete, il 20% ai pescatori a lenza. Il pesce bianco, attualmente ancora difficile da smerciare rappresenta il 20% delle catture dei pescatori a lenza e l'80% delle catture dei pescatori con rete. I pescatori con rete subiscono di conseguenza in modo maggiore le conseguenze dei mutamenti della fauna ittica, rispetto ai pescatori a lenza. Lavori citati: (MENG & MÜLLER 1990; MÜLLER & MENG 1992; POLLI 1997; POLLI 1999; POLLI 2000; POLLI 2000).

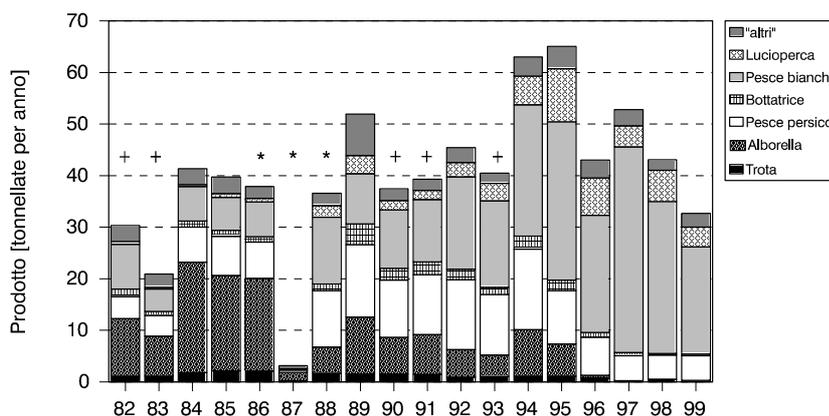


Fig. R1 Composizione specifica del prodotto annuo della pesca con reti nel Lago di Lugano (*): sett. 1986 – inizio luglio 1988: divieto di pesca nella parte svizzera (Cernobyl). (+): Cifre riguardanti il solo pescato della parte svizzera. Dati: Ufficio della Caccia e della Pesca.

III) Metodi

In tutto sono stati analizzati 418 ciprinidi: 393 gardon, 12 pighi (*Rutilus pigus*), 7 scardole (*Scardinius erythrophthalmus*), 2 cavedani (*Leuciscus cephalus*), 1 carpa, 1 tinca e 1 carasso (carpa di Prussia; *Carassius auratus gibelio*). Carassi, carpe e gardon non appartengono alla fauna indigena del Lago di Lugano. La specie del genere *Rutilus* che vive a sud delle Alpi, il Triotto (*Rutilus rubilio*), non ha potuto essere rintracciata lungo la durata dello studio, nonostante intense ricerche nel Lago di Lugano, nel Lago Maggiore e in diversi corsi d'acqua ticinesi. Gli esemplari di paragone provengono dal Lago di Como.

I pesci analizzati provengono dalle catture con reti branchiali da fondo, bilancino e guadino da acquario. Di ogni pesce sono stati misurati la lunghezza e il peso, e sono stati annotati il sesso e il peso delle gonadi. Di 278 animali si è determinata l'età con l'ausilio delle squame. Sulla base di alcune femmine si è determinato in modo gravimetrico il numero delle uova. Di 117 pesci si è effettuata l'analisi stomacale. I risultati sono stati espressi come importanza volumetrica relativa e come frequenza di comparsa relativa delle singole categorie di cibo. L'analisi degli habitat hanno dato indicazioni sulle esigenze ambientali dei gardon e di altri ciprinidi durante il periodo della frega, la fase larvale e la fase giovanile. Per descrivere la distribuzione spaziale dei pesci giovani e adulti l'Ufficio caccia e pesca ha effettuato, in stagioni diverse, quattro osservazioni con l'ecoscandaglio. In questo caso non si sono potute distinguere le diverse specie ittiche.

IV) Risultati

IV.I) Determinazione delle specie

In base alle caratteristiche morfologiche, alla colorazione, al numero di raggi delle pinne e con l'ausilio di analisi delle ossa faringee si è potuta distinguere con certezza la maggior parte delle specie di ciprinidi. Il carassio è stato determinato con sicurezza in base alle 45 spine sul primo arco branchiale. La distinzione più difficile è stata quella tra pigo e gardon. Diverse caratteristiche esterne sono state necessarie per la determinazione delle specie: per primo si sono contate le squame della linea laterale, dato che il pigo ne presenta in numero superiore rispetto al gardon. Esistendo tra gardon e pigo un margine di sovrapposizione (46 – 48 squame) si è aggiunto il colore dell'iride che nella parte superiore è gialla nel pigo, mentre nel gardon è chiaramente rosso-marrone. Il colore delle pinne ventrali e anali nei gardon, dopo il primo anno di età, è sempre rossastro, mentre nel pigo è grigio scuro. La bocca dei gardon si trova in posizione terminale, mentre nel pigo è leggermente infera e durante il periodo riproduttivo i maschi di pigo sviluppano degli evidenti tubercoli nuziali. Il pigo è mediamente più slanciato del gardon, come hanno dimostrato analisi del fattore K.

IV.II) Età e crescita

Paragonati ai gardon di altri ambienti acquatici, quelli del Lago di Lugano crescono velocemente e diventano molto grandi (Fig. R2). La femmina più grande che è stata analizzata misurava 367 mm, il maschio più grande 318 mm (lunghezza totale). L'esponente della relazione lunghezza-peso supera nettamente il valore tre, da cui si desume che i gardon, con l'avanzare dell'età diventano più corpulenti, con una maggiore incurvatura della schiena. Questo è tipico per i gardon. La condizione dei gardon del Lago di Lugano, confrontata con quella di altre popolazioni, è alta e anche in inverno diminuisce solo di poco.

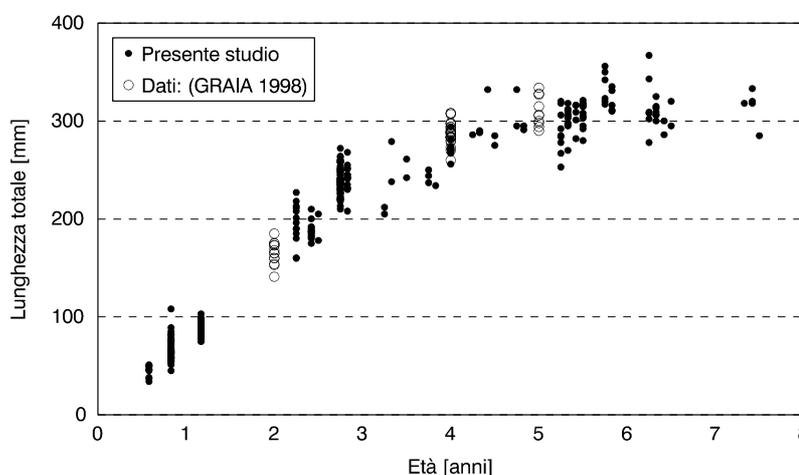


Fig. R2: Crescita dei gardon nel Lago di Lugano. Il primo di gennaio è per definizione la data di cambiamento di età. A un pesce 1⁺ catturato a febbraio (nato l'anno precedente) viene attribuita un'età di 1.083 (1+1/12).

L'età massima dei gardon del Lago di Lugano (7 anni) paragonata a quella di altri popolamenti (13 anni) è relativamente bassa (Fig. R3). Probabilmente ciò è riconducibile in primo luogo al fatto che il gardon è presente in grandi quantità nel Lago di Lugano solo da pochi anni: nel 1988, durante i rilevamenti per l'atlante di distribuzione dei pesci e dei ciclostomi della Svizzera, la sua presenza non era ancora conosciuta: solo a partire dal 1992 le catture di pesce bianco (in prevalenza gardon) sono aumentate massicciamente. I gardon di 7 anni appartengono perciò a una delle prime annate numerose delle popolazioni. La dominanza di animali di 2 e 5 anni e la scarsa presenza di gardon di 4 anni indica che possono esserci coorti meno numerose e non è spiegabile attraverso una selettività a livello

della pesca con rete. Con l'avanzare dell'età nel Lago di Lugano, come in altri ambienti acquatici, prevalgono sempre più le femmine. Diversi autori ipotizzano che questo fenomeno possa essere spiegato con una maggiore mortalità dei maschi durante il periodo di frega.

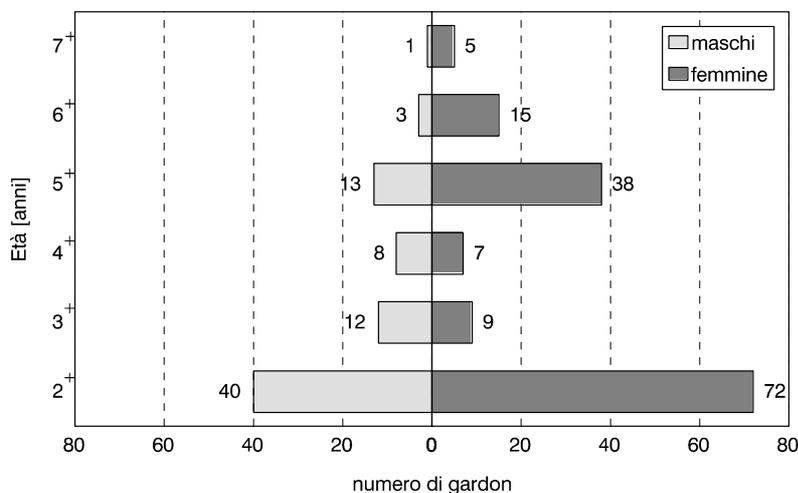


Fig. R3: Distribuzione delle classi di età per il gardon nel Lago di Lugano, suddivisa secondo il sesso (N = 201, 77 maschi e 146 femmine). I pesci con meno di due anni sono stati tralasciati, data l'impossibilità di determinarne il sesso.

IV.III) Periodo riproduttivo, maturità sessuale, fecondità.

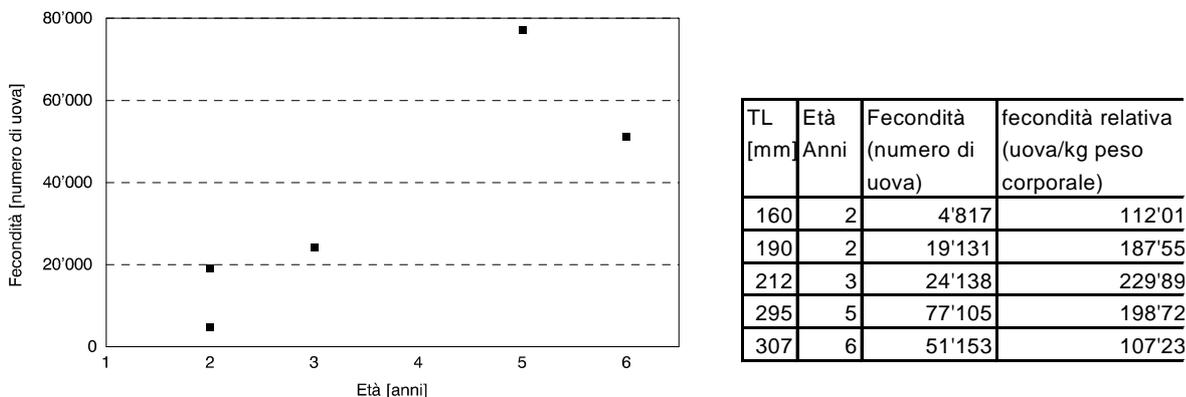


Fig. R4: Fecondità (numero di uova) di 5 gardon di lunghezza diversa, del Lago di Lugano. I valori numerici e la fecondità relativa sono rappresentati in modo dettagliato nella tabella a destra. TL = lunghezza totale.

Da osservazioni fatte sul lago nonché dal peso delle gonadi, sempre basso nel periodo tra maggio e giugno, si desume che il periodo di frega dei gardon si situa tra fine aprile e inizio maggio. Da ottobre si possono distinguere gli animali maturi da quelli immaturi di entrambi i sessi in base al peso delle gonadi, ma meglio ancora in base al quoziente derivato dal peso delle gonadi e del corpo (indice gonadosomatico, GSI). Una femmina di gardon può produrre fino a 140 g di uova, ciò che corrisponde a ¼ del suo peso corporeo. I gardon del Lago di Lugano diventano maturi molto presto. Almeno una parte di entrambi i sessi partecipa per la prima volta alla frega già all'età di 2 anni. Mentre praticamente tutte le femmine adulte analizzate erano mature, una parte dei maschi non era pronta per la riproduzione, indicando che dopo il raggiungimento della maturità sessuale i maschi non partecipano probabilmente tutti gli anni alla frega. Grazie alla grande quantità di uova che producono, le femmine di gardon assicurano la continuità della popolazione. Già all'età di 2 anni possono produrre da 4'000 a 20'000 uova. Animali più anziani ne possono anche produrre 80'000 (Fig. R4). La precocità dei gardon del Ceresio, la continua deposizione di uova delle femmine durante

ogni anno della loro vita e in particolare attraverso l'alto numero di uova per ogni femmina, risulta un grande potenziale riproduttivo per la popolazione rispetto a quelli di altri ambienti.

IV.IV) Alimentazione

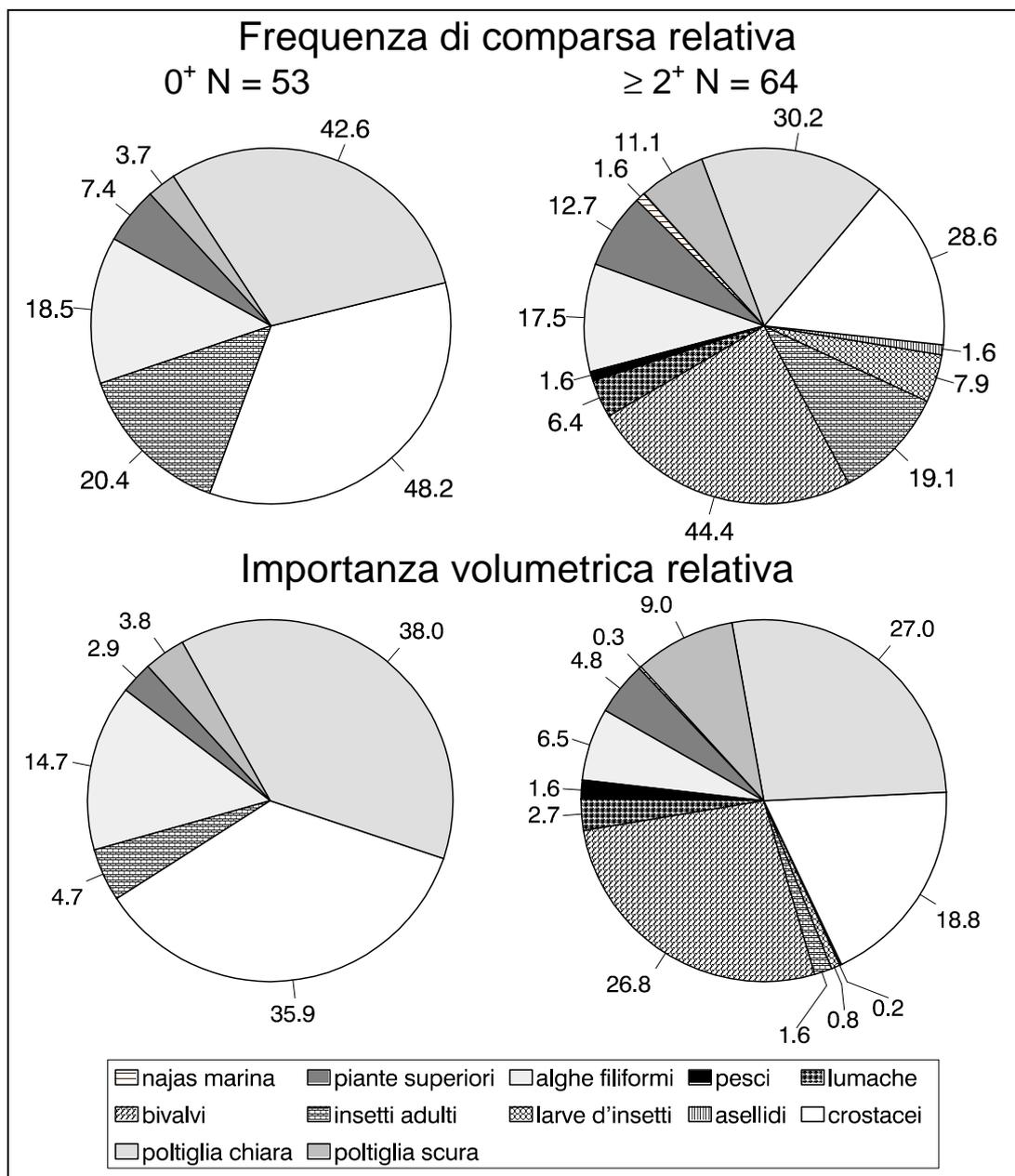


Fig. R5: Spettro alimentare del gardon nel Lago di Lugano suddiviso secondo l'età dei pesci: 0+ e pesci più vecchi (≥ 2+). Sopra: frequenza di comparsa relativa, sotto: percentuale volumetrica delle diverse categorie di cibo.

Crostacei, soprattutto branchiopodi che giocano un ruolo importante nell'alimentazione dell'alborella, sono stati ritrovati sia interi, sia sotto forma di poltilgia chiara nel 90% degli stomaci di giovani gardon (0+). Questo corrisponde circa al ¼ del volume alimentare di questa classe di età. Accanto ai crostacei giocano un certo ruolo le alghe filamentose, pezzetti di piante acquatiche e insetti. Il cibo dei gardon più vecchi (≥ 2+) è più variato e la percentuale di crostacei (inclusa la poltilgia chiara) è un po' minore: 60% nella frequenza di comparsa relativa, risp. 45% per il volume. Compagnano, come nuova componente alimentare

compaiono, i molluschi con un quantitativo non indifferente, rappresentati prevalentemente dalla dreissena. Il 44% dei gardon più vecchi avevano mangiato delle dreissene, ciò che corrisponde al 27% del volume del cibo. Cibi vegetali (alghe filamentose e piante acquatiche) sono stati trovati in percentuali pari a quelle dei gardon più giovani (Fig. R5). La dreissena può essere sfruttata dai gardon del Lago di Lugano già ad uno stadio alquanto giovane, cioè già in età 2⁺. La dreissena è stata trovata nello stomaco dei gardon più vecchi durante tutti i mesi, ad eccezione del campione di giungo. Lo zooplankton invece è stato riscontrato nei mesi da marzo a giugno, mentre il cibo vegetale è stato assunto in prevalenza in quantità maggiori nei mesi da giugno a ottobre. I gardon più vecchi avevano mangiato anche quantitativi minimi di pesci. Lo spettro alimentare del pigo assomiglia molto a quello del gardon. L'alimentazione delle scardole differisce chiaramente da quella del gardon e del pigo, essendo composta da una grande quantità di materiale vegetale e una parte considerevole di pesce. In estate si possono osservare le scardole mentre cacciano giovani ciprinidi.

IV.V) Scelta degli habitat

Habitat di frega

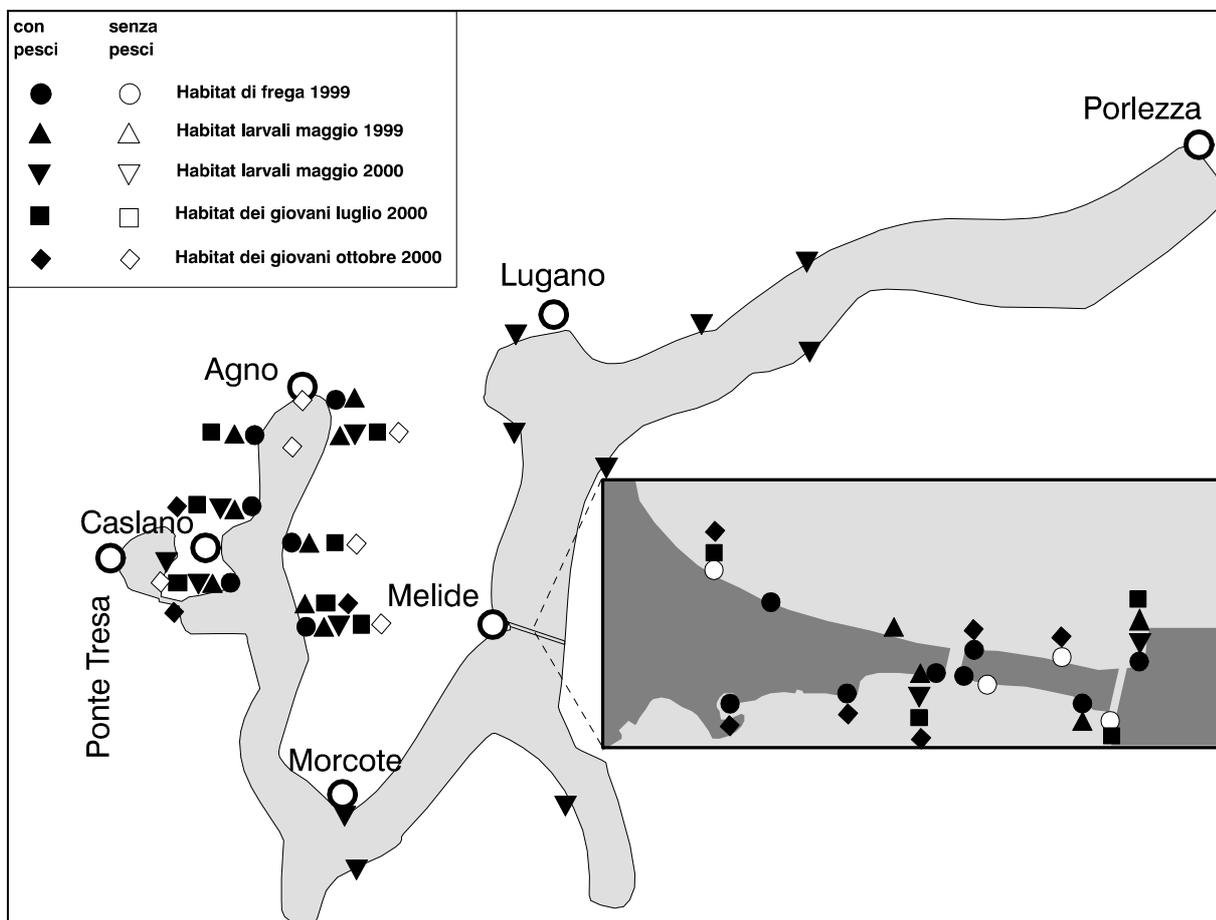


Fig. R6: Distribuzione spaziale del gardon nel Lago di Lugano durante le diverse fasi di sviluppo.

Agli inizi di maggio, nel 1999 e nel 2000, sono state effettuate delle osservazioni riguardanti gli habitat di frega in diversi punti lungo le sponde del Lago di Lugano (fig. R6). In una parte dei siti (Poncione, ponte diga di Melide) si sono potuti osservare dei riproduttori durante la frega. Grazie a catture speciali con reti si è determinata la specie dei riproduttori: si trattava esclusivamente di gardon. Negli altri punti, dove la frega è stata documentata solo attraverso la presenza delle uova, non si è potuto per il momento determinare la specie di ciprinide che

le ha deposte. Attraverso i campioni fissati in alcol la determinazione della specie potrà essere effettuata più tardi. Lo stesso vale per gli individui di larve e giovani di ciprinidi che sono stati conservati. Si è potuto dimostrare che i riproduttori si dirigevano miratamente verso habitat in prossimità della riva e di regola fregavano in zone poco profonde. Riguardo al tipo di riva e al substrato comunque la specificità era ridotta. Solo rive con costruzioni in muratura sono state evitate dai gardon. Rive rocciose, a blocchi, con ghiaia, ma anche strutture vegetali come rami, radici, legna galleggiante o canneti sono stati usati dal gardon come luogo di frega. Solo sopra substrati formati da ghiaietta fine, sabbia o melma non si sono trovati né uova, né riproduttori. In particolare va menzionato il fatto che i gardon sfruttano anche le rive in ghiaia, ambiente prediletto dall'alborella per la frega.

Habitat larvali

A maggio, nel 1999 e nel 2000, si sono eseguite delle osservazioni sulla scelta di habitat da parte delle larve dei ciprinidi. In entrambi gli anni in tutti i siti si sono osservate delle larve (Fig. R6). Sia i riproduttori, sia le larve hanno mostrato una specificità riguardo alla struttura della riva. Solo in tre tratti di riva naturale senza vegetazione (spiagge di sabbia o ghiaia), in un tratto con muratura e in uno a blocchi non si sono osservate delle larve, né nel 1999, né nel 2000. Lungo le rive a blocchi, in entrambi gli anni, si sono stimate le densità massime di larve. Al secondo posto, in fatto di densità, risultavano nel 1999 le rive con vegetazione (canneti, vegetazione sporgente) e nel 2000 le rive in muratura. Durante tutte le osservazioni colpiva la poca profondità alla quale si trovavano le larve. A parte un solo caso, le larve sono state trovate nei primi 50 cm della colonna d'acqua, anche in zone con acqua molto più profonda. Inoltre la presenza delle larve è fortemente legata alla riva: nel 76% di siti rilevati le larve più distanti si trovavano a meno di 10 m dalla riva. Più della metà delle larve di ciprinidi situate a più di 10 m da riva si trovava al limite esterno di un canneto e la loro distanza dal margine estremo del canneto non superava mai i 3 m. Anche all'interno dei canneti vivevano larve di ciprinidi, in densità minore però rispetto al margine esterno. Grandi densità di larve sono pure state osservate ai confini tra luce e ombra sotto alberi sporgenti o lungo muri verticali.

Habitat dei giovani

A luglio e a ottobre del 1999 si sono eseguiti dei rilevamenti negli stessi siti della cartografia per la frega e le larve, per osservare la presenza di giovani gardon (0^+). I risultati di questi due rilevamenti sono stati molto diversi: mentre a luglio in tutti i siti si sono osservati dei giovani pesci, a ottobre, a parte poche eccezioni, le zone vicine a riva del bacino sud del lago erano deserte. I pochi banchi di giovani pesci osservati nel bacino sud erano relativamente distanti da riva. Al contrario, lungo il ponte diga di Melide, si sono potuti osservare dei giovani pesci nella maggior parte dei siti (Fig. R6). Anche in questo caso i pesci erano però più distanti da riva rispetto a luglio. Si può presumere che il rilevamento fatto a ottobre coincideva con il momento nel quale i pesci lasciano il litorale. Non tutti i gardon in inverno si staccano però dal litorale, come dimostrano grandi banchi rilevati nello stretto di Lavena. Perfino a febbraio del 1999 vi si sono potuti ancora osservare grandi banchi di gardon giovani e subadulti. Osservazioni simili si possono fare in inverno anche nei porticcioli. Il forte legame dei giovani gardon alle piante acquatiche sommerse, constatato in altri corpi d'acqua, non ha potuto essere confermato nel Lago di Lugano. A causa delle rive spesso molto ripide esistono solo rare zone con una vegetazione sommersa rigogliosa. Di conseguenza la maggior parte dei giovani ciprinidi, gardon compresi, sono stati osservati in zone senza piante acquatiche sommerse.

Distribuzione spaziale e temporale dei pesci nel Lago di Lugano

Attraverso rilevamenti fatti con l'ecoscandaglio durante il mese di agosto si sono registrate grandi densità di pesce a poca profondità (0 – 4 m) che restava alta anche a grande distanza

da riva. I pesci erano però distribuiti in modo tale che a parte poche eccezioni venivano localizzati come echi singoli. A ottobre la distribuzione spaziale dei pesci era simile. Una novità però era il rilevamento di numerosi banchi di pesci, nei quali gli animali erano talmente assiepati, che tutto il banco veniva rilevato dall'ecoscandaglio come un solo oggetto. I banchi si trovavano più frequentemente nello strato che andava dai 4 agli 8 m di profondità. La profondità massima nella quale si sono ancora rilevati dei banchi era di 16 m. Durante i mesi di febbraio e marzo i pesci erano raggruppati in densi banchi, tranne poche eccezioni. Si sono registrati solo pochi echi singoli. La distribuzione estiva „a tappeto“ negli strati superficiali viene sostituita in inverno da poche zone a forte concentrazione. Nel contempo i pesci in inverno si trovano a profondità maggiore. Questi modelli di distribuzione spaziale e temporale mostrano molti parallelismi con la situazione di 10 anni fa (MENG & MÜLLER 1990), sebbene la composizione delle specie di allora fosse completamente diversa. Le catture effettuate 10 anni fa con reti pelagiche a strascico mostravano che tutti gli echi registrati allora erano in pratica dovuti esclusivamente all'alborella. Oggi dominano altre specie, in modo particolare il gardon. Le alte concentrazioni di pesci nello strato superficiale durante l'estate dovrebbero essere riconducibili pure oggi, come venne postulato già 10 anni fa, alla scarsa presenza di ossigeno delle acque profonde. Presso Figino, durante le estati del 1997 e del 1998, già a 13 m si sono misurati valori di ossigeno inferiori a 4 mg/l. Nel 1996, tra agosto e settembre, questo limite si trovava perfino a soli 9 m. La situazione non è praticamente migliorata dal 1989.

Un ulteriore motivo per la preferenza degli strati superficiali dovrebbe consistere nell'alta temperatura ottimale dei percidi e dei ciprinidi: sia l'alimentazione, sia la velocità di digestione, presupposti per una crescita veloce, sono maggiori in acque calde.

V) Discussione

V.I) Vantaggi del gardon nei confronti dell'alborella

- I gardon prediligono lo stesso cibo dell'alborella (branchiopodi), ma possono passare già in età relativamente giovane (2⁺) a un'alimentazione basata in gran parte sui molluschi.
- I gardon usano in parte gli stessi habitat di frega dell'alborella (superfici di ghiaia in vicinanza della riva), ma possiedono inoltre un vasto spettro di altri habitat di frega.
- Dato che l'alborella frega più tardi del gardon, si può partire dal presupposto che le larve di gardon siano già ben stabilite lungo il litorale quando nascono le alborelle. Si può supporre, che gardon e alborelle si trovino in concorrenza per il cibo e l'ambiente vitale.
- La crescita del gardon è significativamente più veloce ed esso raggiunge una taglia maggiore. La veloce crescita fa sì che il gardon esca già con il primo anno di vita dallo spettro di prede dei pesci persici. Tra il secondo e il terzo anno di vita supera anche le dimensioni delle prede del lucioperca. L'alborella può essere catturata dal pesce persico anche durante il secondo anno di vita e in casi eccezionali perfino in età superiore, e per tutta la vita viene predata dal lucioperca.
- Il gardon ha un potenziale riproduttivo maggiore di quello dell'alborella, dato che i gardon raggiungono prima la maturità sessuale e presentano una grande fecondità.
- Rilevamenti fatti con l'ecoscandaglio hanno mostrato che la distribuzione spaziale e temporale del popolamento ittico odierno, dominato dal gardon, non differisce in modo sostanziale dalla distribuzione dell'alborella di dieci anni fa. Il pelago, l'ambiente vitale principale dell'alborella, è ora densamente popolato da altre specie.

V.II) Domande aperte, contraddizioni

Le sovrapposizioni osservate rispetto al cibo e all'ambiente vitale fanno pensare che l'alborella e il gardon siano in concorrenza tra di loro. Comunque molte domande importanti restano senza risposta a causa della debole base di dati riguardanti l'alborella. Altri risultati

invece mettono in discussione l'idea che la presenza del gardon sia l'unica causa della diminuzione dell'alborella:

- Il momento più probabile per una concorrenza per lo spazio e il cibo è a maggio, quando l'alborella nasce e la zona litorale è occupata da densi banchi di larve di gardon. Si sa però troppo poco sull'alimentazione e la scelta di habitat delle larve dell'alborella. Inoltre non si sa per quanto tempo, dopo la nascita, le alborelle restavano in vicinanza della riva.
- Molto importante per valutare se la concorrenza da parte dei gardon abbia potuto contribuire alla scomparsa dell'alborella è la composizione odierna della fauna ittica della zona pelagica, risp. dei popolamenti di gardon che vi risiedono. I rilevamenti fatti finora con l'ecoscandaglio mostrano solamente che vi si trovano densi banchi di pesci. I rilevamenti con l'ecoscandaglio non danno nessuna indicazione sulla composizione specifica, in particolare sulla percentuale di gardon. La domanda potrebbe trovare una risposta se i rilevamenti con l'ecoscandaglio fossero combinati con delle pesche con reti pelagiche a strascico (vedi MENG & MÜLLER 1990). Un risultato altrettanto buono potrebbe essere fornito da pesche speciali nel pelago, combinate con rilevamenti con l'ecoscandaglio.
- La biomassa media dei branchiopodi pelagici al momento della scomparsa dell'alborella non è né diminuita né aumentata nei tre punti di misurazione (Gandria, Melide, Figino, BARBIERI ET AL. 1998). La biomassa della dafnia (*Daphnia hyalina*), preda preferita dell'alborella, è perfino aumentata a partire dal 1988. Questa constatazione contraddice l'ipotesi, secondo la quale una riduzione della fonte di cibo o la concorrenza per lo stesso possano essere le cause della scomparsa dell'alborella.
- Il grado di trofia, le condizioni di luminosità (valori di trasparenza) e il plancton sono profondamente mutati negli ultimi decenni. Per questo non si può escludere un influsso dei fattori ambientali sulla scomparsa dell'alborella.
- Nel lago sono state introdotte, accanto al gardon, numerose altre specie. Una di queste, il lucioperca, che può cibarsi anche di alborelle adulte, è fortemente aumentato nel periodo durante il quale è scomparsa l'alborella. Non si può escludere che questa o un altro delle nuove specie arrivate da altre zone zoogeografiche, abbia contribuito alla diminuzione dell'alborella. Analisi dello spettro alimentare del lucioperca in acque nelle quali convive con l'alborella potrebbero contribuire a posteriori a chiarire questo punto.
- Inoltre sarebbe immaginabile che l'azione congiunta di fattori come la concorrenza (gardon – alborella) e la predazione (lucioperca – alborella) abbiano potuto contribuire alla scomparsa dell'alborella.

Riassumendo, dai risultati dello studio si può dedurre che il gardon presenta molte esigenze ecologiche simili a quelle dell'alborella riguardo al cibo e all'habitat durante importanti periodi del ciclo vitale. Si creano così i presupposti per una concorrenza che può essere una possibile causa della scomparsa dell'alborella. Inoltre studi ecologici mostrano che il gardon, in base alla sua crescita veloce e il suo grande potenziale riproduttivo, ha molti vantaggi per prevalere in una simile situazione di concorrenza.

Se una specie venga soppiantata da un'altra, o se diverse specie possano condividere l'ambiente vitale e le risorse alimentari, dipende da molti fattori. Per una valutazione sicura di un eventuale soppiantamento dell'alborella dovrebbero essere a disposizione dati sulla biologia del gardon e dell'alborella, in particolare sulle loro preferenze alimentari e di habitat, prima e dopo l'introduzione del gardon. Inoltre sono necessari dati sulla modifica delle densità dei popolamenti delle differenti specie (FAUSCH 1988).

Dato che il crollo dei popolamenti di alborella è avvenuto così velocemente, sono a disposizione solo i suoi dati biologici fino al momento dell'introduzione del gardon e inoltre lo spettro alimentare e la preferenza ambientale degli stadi giovanili è poco conosciuta.

Durante lo stesso periodo, assieme al gardon si sono stabiliti nel Lago di Lugano altre nuove specie dal punto di vista zoogeografico, della cui biologia nel Lago di Lugano si sa ancora poco.

Indizi molto forti puntano verso una concorrenza tra gardon e alborella, ma per i motivi citati sopra non può essere tratta una conclusione sicura in merito a questo argomento.

VI) Previsione

Data la similitudine della situazione del Lago di Lugano con quella degli anni 50 nei laghi dell'Altopiano, si può trarre profitto dai principi applicati allora, dai successi e dalle sconfitte. Nel paragrafo seguente si vuole dare un breve schizzo della storia del problema del gardon. Dagli anni 50 le catture di pesce bianco nei laghi dell'Altopiano aumentavano (specialmente di gardon e di abramidi) e come oggi in Ticino, non trovavano acquirenti sul mercato. Fu istituita una commissione per risolvere il problema. Da una parte vennero discusse delle misure di gestione che favorissero le specie economicamente interessanti (coregone, luccio, lucioperca, trota di lago) e riducessero i popolamenti di pesce bianco. Dopo diversi esperimenti più o meno infruttuosi tutte le misure furono sospese. D'altra parte si valutarono diverse iniziative per l'utilizzo e lo smercio del pesce bianco. Di tutte le proposte solo un tipo di sfruttamento ebbe successo: la frittura di gardon che, offerta inizialmente durante grandi manifestazioni, diventò ben presto una specialità. Dal 1980 nell'Altopiano le catture di gardon sono in diminuzione, praticamente nel momento in cui la richiesta ha superato l'offerta. Come sull'Altopiano anche in Ticino la soluzione del problema dello smercio del gardon non è da ricercare nello sfruttamento di massa (produzione di conserve, di cibo per animali, ecc.), ma in metodi già conosciuti. Come al nord delle Alpi bisognerebbe cercare di creare un mercato (attraverso manifestazioni, esposizioni, il coinvolgimento delle società). Nel frattempo esiste la possibilità di vendere filetti di gardon al nord delle Alpi, dato che là, almeno regionalmente, la richiesta supera l'offerta. Inoltre bisogna riflettere se giovani gardon possano essere utilizzati nelle ricette che prevedevano l'uso di alborelle. Comunque questo è ragionevole solo se si può dimostrare che non ci sia una convivenza con specie rare che rischierebbero così di essere decimate.

Come ha dimostrato l'esperienza fatta al nord delle Alpi, il successo delle misure proposte dipende in gran parte dall'evoluzione del carico di sostanze nutritive nei laghi:

- Il predominio del gardon dipende in modo determinante dall'alto grado di trofia (SVÄRDSON 1976; BROUGHTON & JONES 1978; PERSSON 1983).
- Le condizioni ambientali per specie economicamente interessanti (trote di lago e coregoni) possono essere migliorate attraverso una diminuzione del carico di sostanze nutritive nei laghi.
- Il successo riproduttivo dei coregoni può essere migliorato con una diminuzione del carico di sostanze nutritive.

Un miglioramento durevole della situazione ittica e della pesca è possibile solo attraverso un'ulteriore diminuzione del carico di sostanze nutritive del Lago di Lugano.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Im Luganersee (Lago di Lugano, Ceresio) haben sich in den letzten Jahren die Bestände der Rotaugen (*Rutilus rutilus*) stark entwickelt, währendem diejenigen der Alborella (*Alburnus alburnus alborella*) zusammengebrochen sind. Da es mit den momentanen Restbeständen der Alborella kaum möglich ist, diese Art gezielt zu untersuchen und Gründe für ihr Verschwinden zu finden, soll das Hauptaugenmerk einer ichthyologischen Studie auf das Rotauge gerichtet werden.

Das wie die Alborella zur Familie der Karpfenfische (*Cyprinidae*) gehörende Rotauge ist in Europa nördlich der Alpen und Pyrenäen weitverbreitet; in Südeuropa wird es durch verwandte Arten wie Pigo (*Rutilus pigus* LAC.) im Tessin und Norditalien und Triotto (*Rutilus rubilio* BONAPARTE) im Tessin, in ganz Italien bzw. den Adria-Anrainerstaaten ersetzt.

Im Tessin ist das Nord-Rotauge also eingeschleppt worden und scheint - im Gegensatz zu den praktisch überall im Schweizer Mittelland massiv zurückgegangenen Beständen - hier sehr geeignete Lebensbedingungen gefunden zu haben.

1.2 Zielsetzungen

Mit der autökologischen Studie zum Rotauge im Luganersee sollen vertiefende Kenntnisse zur Biologie und Lebensweise dieser Art erarbeitet werden. Die systematische Einordnung der im Luganersee nun häufig anzutreffenden Art sowie die Unterscheidung der verschiedenen *Rutilus*-Arten sind grundlegend für das gesamte Rotaugen-Projekt.

Dann sind aber auch Kenntnisse der Habitatwahl und der Nahrungsökologie vonnöten, um allfällige Konkurrenzverhältnisse respektive Kompetitionsvorteile der betrachteten Arten - insbesondere Rotauge vs. Alborella - aufzuzeigen.

Folgende Themen sind im Rahmen dieser Studie zu behandeln:

- genaue Artbestimmung der häufig vorkommenden *Rutilus*-Arten (systematische Klassierung und Artmerkmale);
- Wachstum und Geschlechtsreife;
- Nahrungsökologie;
- räumliche Habitatwahl während den verschiedenen Entwicklungsstadien;
- Laichverhalten und Fekundität;
- Schlussfolgerungen und Aussichten.

1.3 Auftrag

Mit dem Entscheid vom 4.12.1998 wurde dem Büro HYDRA in Schüpfen der Auftrag erteilt, eine Studie über die Biologie der Rotaugenpopulation im Luganersee durchzuführen.

Wegen einer Anstellung von Stefan Gerster als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Jagd- und Fischereiverwaltung des Kantons Solothurn wurde die Durchführung der Arbeit an Joachim Guthruf, Aquatica GmbH, übergeben. Stefan Gerster hat weiterhin in der Projektleitung und bei der Überarbeitung des Berichtes mitgewirkt.

Die Untersuchung wird im Rahmen der Commissione italo-svizzera per la pesca durchgeführt und vom Ufficio della caccia e della pesca del Cantone Ticino geleitet.

Finanziert wird das Projekt durch den Kanton Tessin mit Unterstützung durch den Bund (BUWAL, Sektion Fischerei).

1.4 Die Biologie des Rotauges (*Rutilus rutilus*) (Literaturzusammenfassung)

1.4.1 Verbreitung

Das ursprüngliche Verbreitungsgebiet des zur Familie der Karpfenfische gehörenden Rotauges, reicht von den Pyrenäen und Irland im Westen bis zur Lena (Sibirien) und vom Karischen Meer (Nördliches Eismeer) bis zum südlichen Rand des Schwarzen und des Kaspischen Meeres sowie zum Aralsee. In Mitteleuropa bilden die Alpen die südliche Verbreitungsgrenze (Abb. 1).

Ihr Vorkommen reicht von hoch gelegenen Bergseen (FISCHEREIINSPEKTORAT 1999) bis in die Brackwasserregion der grossen europäischen Flüsse. In Südeuropa leben nahe verwandte Arten wie der Pigo, welcher in Norditalien und dem Tessin vorkommt und der Triotto, welcher das Tessin, Norditalien und die Anrainerstaate der Adria besiedelt.

In der Schweiz ist das Rotauge eine der häufigsten Arten. In der roten Liste der Fische und Rundmäuler der Schweiz (KIRCHHOFER ET AL. 1994) ist es als "nicht gefährdet" aufgeführt. Allerdings haben in den letzten Jahren in mehreren Seen und Fliessgewässern starke Fang- und Bestandeseinbrüche stattgefunden (GERSTER 1998).



Abb. 1: Verbreitung des Rotauges (LADIGES & VOGT 1979).
Distribuzione del gardon (LADIGES & VOGT 1979)

1.4.2 Lebenszyklus, Lebensraum und Ernährung

Rotaugen kommen in Seen und Fliessgewässern vor, wobei die Bestände in Seen als hoch und in Flüssen meist als gering gelten (KIRCHHOFER ET AL. 1994). Innerhalb der Fliessgewässer werden in der Regel langsam fliessende Partien besiedelt. In Zuflüssen der Bottnischen See (MÜLLER 1982) und anderen Gewässern (LADIGES & VOGT 1979) haben die Rotaugen sogar eine anadrome Lebensweise angenommen, das heisst sie leben im Meer und machen Laichwanderungen in die Zuflüsse. Schon als Jungfische wandern sie wieder ins Meer ab (MÜLLER 1982).

Rotaugenmännchen und -weibchen werden im Alter von 2-4 Jahren erstmals laichreif (BONFIGLIOLI 1997; NAUWERCK 1999), wobei die Laichreife bei den meisten Weibchen in der Regel ein Jahr später eintritt als bei den Männchen (ROTH 1969; MÜLLER 1983; LOVAS 1988; BONFIGLIOLI 1997). Die Laichzeit beginnt normalerweise, wenn die Wassertemperatur 10 °C

erreicht und fällt je nach Gewässer in die Zeit von Mitte April bis Mitte Juni (LOVAS 1988). Die Männchen, welche zur Laichzeit einen Laichausschlag ausbilden (Laichperlen), finden sich in den Uferzonen, bevorzugt in Gebieten mit reichem Pflanzenbewuchs ein. Einige Tage später gesellen sich die Weibchen dazu. Die Tiere schliessen sich zu dichten Schwärmen zusammen und beginnen mit dem Ablaichen (SEIFERT 1984). Die Weibchen sind sehr fruchtbar und geben 50'000 bis 100'000 Eier ab (LOVAS 1988; BONFIGLIOLI 1997). Die Fekundität von jungen Fischen ist mit durchschnittlich 1'740 – 5'570 Eiern geringer (TOWNSEND & PERROW 1989). Da die Eizahl mit der Grösse der Laichtiere zunimmt, wird sie häufig auf das Körpergewicht bezogen. Bei Rotaugen beträgt diese Grösse 75'000 Eier pro kg Körpergewicht (GERSTER 1998). Die Eier messen 1 bis 1.5 mm und kleben an Ästen, Wasserpflanzen oder Steinen an (LOVAS 1988) oder setzen sich auf dem Grund ab. Je nach Wassertemperatur schlüpfen die Embryonen 7 bis 15 Tage nach dem Ablaichen, heften sich während den ersten Tagen nach dem Schlüpfen an Unterwasserpflanzen oder Steinen fest und verweilen dort, bis der Energievorrat im Dottersack aufgezehrt ist. Anschliessend beginnen sie mit der Nahrungsaufnahme.

Kleine Rotaugenlarven leben in grossen Schwärmen ausschliesslich im Litoral (HORPPILA ET AL. 1996). Im Genfersee z. B. ernährten sie sich primär von Rädertierchen (*Rotifera*). Vereinzelt wurden auch schon Zuckmückenlarven (*Chironomidae*) gefressen (PONTON & STROFFEK 1987). In anderen Gewässern wurde in diesem Stadium primär Phytoplankton aufgenommen (SVÄRDSON 1976). Zwei Wochen später ist das Verhältnis dieser beiden Nahrungskategorien umgekehrt, und die grösseren Zuckmücken bildeten den Hauptteil der Nahrung (NAUWERCK 1999). In anderen Gewässern spielt schon früh im Leben Zooplankton eine wesentliche Rolle bei der Nahrung der Rotaugen und auch ein Teil der adulten Rotaugen bleibt planktivor (ELORANTA & ELORANTA 1978 zit. in BÜSSER 1980; NAUWERCK 1999). Die Planktivorie wird vor allem bei Rotaugen im Pelagial beobachtet. Es kann vorkommen, dass die bevorzugten planktischen Blattfusskrebse (*Cladocera*) von einem starken Rotaugen-Jahrgang vollständig abgeschöpft werden (TOWNSEND & PERROW 1989).

Litoralrotaugen ernähren sich dagegen vermehrt von Weichtieren (vor allem Wandermuschel), Detritus und Wasserpflanzen (BÜSSER 1980). Im Winter enthalten die Mägen in der Regel wenig Nahrung und Mollusken, Insekten und Benthos dominieren. Im Frühjahr fressen Rotaugen aus dem Mondsee vermehrt Algen und Teile höherer Wasserpflanzen (NAUWERCK 1999). Diese Nahrungsgruppe wird vor allem in Jahreszeiten aufgenommen, wenn keine andere Nahrung verfügbar ist (SVÄRDSON 1976). Das Nahrungsspektrum des Rotauges ist sehr breit und variiert je nach Lebensraum sehr stark. Dieses breite Nahrungsspektrum und die opportunistische Lebensweise (PONTON & STROFFEK 1987) dürften mit ein Grund dafür sein, dass die Art als sehr konkurrenzstark eingestuft wird (SVÄRDSON 1976; PERSSON 1983). Auch wenn Rotaugen in oligotrophen Gewässern überleben können (SVÄRDSON 1976), steigt ihre Konkurrenzstärke gegenüber dem Barsch mit zunehmendem Trophiegrad des Gewässers (SVÄRDSON 1976). Verschiedene Autoren verbinden die Dominanz der Rotaugen mit nährstoffreichen, eutrophen und trüben Bedingungen eines Gewässers (COWX & BROUGHTON 1986).

Während im Sommer das Litoral, welches durch Wasserpflanzen besonders strukturiert ist, einen ganz wichtigen Lebensraum für die Rotaugen, auch ältere Jahrgänge, darstellt, wandert zeitweise ein nicht unwesentlicher Teil des Bestandes ins Pelagial (SVÄRDSON 1976; HORPPILA & PELTONEN 1994; HORPPILA ET AL. 1996).

In den meisten Seen verlassen die Rotaugen im Winter das Litoral und suchen grössere Tiefen auf. Grosse Rotaugenschwärme werden zudem während des Winters in Bootshäfen beobachtet (ROSSIER 1995).

1.4.3 Alter, Wachstum, Kondition und Geschlechterverhältnis

In der Schweiz, aber auch in anderen Ländern, waren die ältesten untersuchten Rotaugen 15 Jahre alt (LOVAS 1988; ROSELL 1994) und erreichten Längen von 40 cm bzw. Gewichte um 1 kg. Das grösste beschriebene Rotauge mass 50 cm, Fischer fingen ein Exemplar von 2.9 kg Gewicht (LOVAS 1988).

Im ersten Lebensjahr ist das Wachstum der Rotaugen sehr stark. Raschwüchsige Rotaugen sind weniger lang der Prädation piscivorer Fische ausgesetzt als langsamwüchsige. KEMPE (1962 zit. in SVÄRDSON 1976) konnte beobachten, dass die mittlere Länge einer Kohorte während der Winterphase (Wachstum eingestellt) markant zunahm, was er mit längenselektiver Mortalität erklärt. In dieselbe Richtung wird interpretiert, dass in allen Gewässern, gleich welcher Temperatur und welches Trophiegrades die Länge bei der Bildung des ersten Annulus nie unter 40 – 45 mm lag. Zudem konnte in verschiedenen Gewässern gezeigt werden, dass starke Jahrgänge meist in Jahren mit hohen Sommertemperaturen und folglich günstigen Wachstumsbedingungen auftreten (MÜLLER & MENG 1986; LOVAS 1988; BONFIGLIOLI 1997).

Rotaugen in Fliessgewässern mit starker Strömung sind schlank und torpedoförmig, während sie in stehenden oder langsam fliessenden Gewässern hochrückiger sind (KÖHLER 1992). Dies drückt sich auch in einer höheren Kondition aus. Weiter wird die Kondition der Fische durch den Trophiegrad beeinflusst: In eutrophen Gewässern leben in der Regel hochrückigere und korpulentere Rotaugen als in oligotrophen. Rotaugen weisen je nach Lebensraum eine grosse Variabilität auf, weshalb Verwechslung mit anderen Arten (z. B. Rotfeder) möglich sind (GERSTER 1998). Mit zunehmendem Nährstoffgehalt im Gewässer war auch ein rascherer Eintritt der Geschlechtsreife zu beobachten. Während (HARTMANN 1978) eine Zunahme des Wachstums im Laufe der Eutrophierung des Bodensees nachweisen konnte, bewirkte die Abnahme des Nährstoffgehaltes in verschiedenen Schweizer Seen bisher keinen nachweisbaren Wachstumsrückgang (MÜLLER & MENG 1986; BÜSSER & TSCHUMI 1987; LOVAS 1988; BONFIGLIOLI 1997). Dies wird damit erklärt, dass nebst dem Nährstoffgehalt auch die Fischdichte, welche im gleichen Zeitraum rückläufig war, eine wesentliche Rolle spielt (LOVAS 1988).

Weibchen wachsen in der Regel nach Erreichen der Geschlechtsreife schneller als Männchen (Abb. 2).

Das Geschlechterverhältnis verschiebt sich nach Eintritt der Laichreife mit zunehmendem Alter immer mehr zu Gunsten der Weibchen. Dies wird durch eine erhöhte Mortalität der Männchen nach Eintritt der Geschlechtsreife erklärt (ZAUGG 1987).

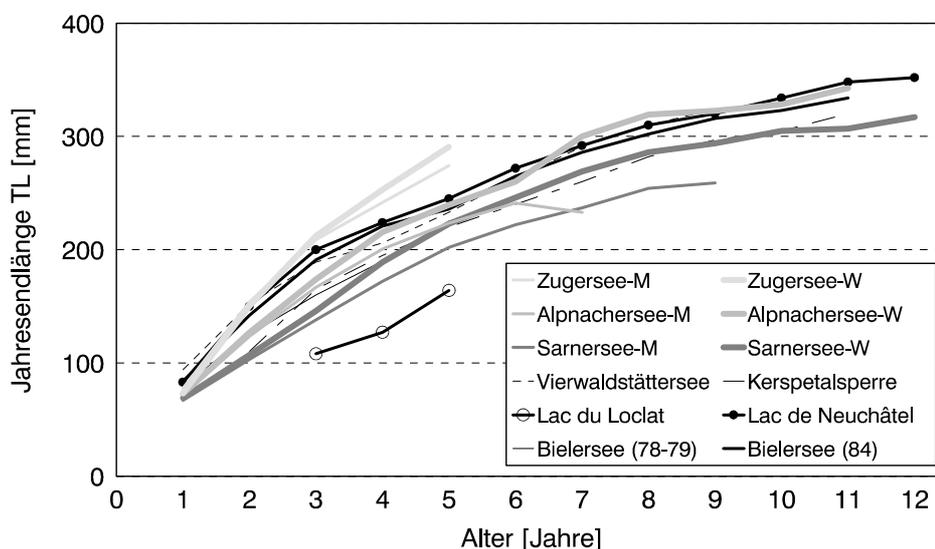


Abb. 2: Wachstum verschiedener Rotaugenpopulationen. Daten: Zugersee: BONFIGLIOLI (1997); Alpnachersee: LOVAS (1988); Sarnersee: MÜLLER & MENG (1986); Keratalsperre: MELLIN & STEMMER-BRETTAUER (1993); Vierwaldstättersee, Lac de Neuchâtel, Bielersee (84), Lac du Loclat: ZAUGG (1987); Bielersee (78-79): BÜSSER & TSCHUMI (1987).

Crescita di diversi popolamenti di gardon. Dati: Lago di Zugo: BONFIGLIOLI (1997); Lago di Alpnach: LOVAS (1988); Lago di Sarnen: MÜLLER & MENG (1986); Chiusa del Keratal: MELLIN & STEMMER-BRETTAUER (1993); Lago dei Quattro Cantoni, Lac de Neuchâtel, Lago di Biemme (84), Lac du Loclat ZAUGG (1987); Lago di Biemme (78-79) BÜSSER & TSCHUMI (1987). Jahresendlänge = taglia a fine anno; TL = lunghezza totale; Alter [Jahre] = Età [anni]. M = maschi, W = femmine.

1.5 Pigo, Triotto und Alborella (kurzer Abriss über die Biologie)

1.5.1 Pigo (*Rutilus pigus*, Lacépède 1804)

Form, Aussehen

Der Körper ist langgestreckter, seitlich abgeflachter als derjenige des Rotauges und von eleganter Form. Die Oberlippe springt etwas vor, so dass das Maul leicht unterständig ist. Der Kopf ist im Verhältnis zum Körper klein. Der Rücken ist grünlichgrau, die Seiten glänzen heller als diejenigen des Rotauges (LADIGES & VOGT 1979). Die Flossen und Augen sind im Gegensatz zum Rotauge nie rötlich. Die Flossen sind schwärzlich, die Augen gelblich. Die Schlundzähne sind stark entwickelt, 1-reihig (6(5)-5). Die Zahl der Seitenlinienschuppen liegt zwischen 46 und 51. Der Pigo erreicht eine Körperlänge von bis zu 40 cm.

Vorkommen

Das Vorkommen des Pigo beschränkt sich auf den nördlichen Teil des Einzugsgebietes des Po: Lago Maggiore, Luganersee, Comersee, Gardasee, Po, Etsch, Brenta, Sile, Piave, Livensa. Die Bestandesgrösse wird in Seen als mittelmässig, in Fliessgewässern (Fliessgeschwindigkeit 0.5 – 1 m/s) als gering eingestuft.

In der Schweiz wird der Pigo wegen seiner geringen Verbreitung als potenziell gefährdet betrachtet (KIRCHHOFER ET AL. 1994).

Biologie

In den Seen hält sich der Pigo vorwiegend in grösseren Tiefen auf und kommt zur Laichzeit zwischen April und Mai in die oberen Wasserschichten. Seine Nahrung besteht soweit bekannt aus Würmern, Mollusken und Kleinkrebsen.

Im Luganersee ist er wirtschaftlich nicht von Bedeutung, was auch der Grund sein dürfte, dass über die Populationsdynamik und Biologie dieser Art sehr wenig bekannt ist.

1.5.2 Triotto (*Rutilus rubilio*, Bonaparte 1837)

Form, Aussehen

Der Körper ist mässig getreckt, gedrungen. Die Rücken- und Afterflossen sind höher als lang. Der Flossenansatz ist entsprechend kurz. Die Seitenlinie senkt sich bis zum unteren Drittel der Körperhöhe. Der Rücken ist dunkel bräunlichgrün. Brust-, Bauch- und Afterflossen sind leicht rötlich. Die Augeniris variiert von gelblich bis ziegelrot. Manchmal verläuft eine schmale bleigraue Binde längs den stark silberglänzenden Seiten. Der Triotto wird maximal 25 cm lang.

Vorkommen

Der Triotto ist die kleinere der mit dem Rotauge verwandten Arten, welche südlich der Alpen vorkommen.

Sein Verbreitungsgebiet ist grösser als dasjenige des Pigo: Tagliamento, Etsch, Po, in Italien bis nach Kalabrien und von Dalmatien bis zum Aspropotamos in Griechenland.

Biologie

Der Triotto ist ein Schwarmfisch der offeneren Wasserzonen, der aber auch in die bewachsenen Uferzonen eindringt, vor allem zum Laichen im April und Juni. Er lebt von Kleinkrebsen, Insektenlarven und Würmern, aber auch von Anflugnahrung. Stellenweise ist er sehr häufig und entsprechend von wirtschaftlicher Bedeutung, im Luganersee hingegen nicht.

Der Triotto des Luganersees ist langsamwüchsig und erreichte 1989 (Altersklassen 82 -87) erst im Alter von mehr als 7 Jahren eine Länge zwischen 18 und 20 cm (MÜLLER & MENG 1992). Die wenigen gefangenen und untersuchten Fische stammten alle aus dem Nordbalkan.

Im 19. Jahrhundert (PAVESI 1871-1872 zit. in MÜLLER & MENG 1992) galt er im Luganersee als verbreitet. Anfang bis Mitte des 20. Jahrhunderts ist er zwar vorhanden, aber ohne Angaben zur Häufigkeit (GHIDINI 1910, STEINMANN 1936 zit. in MÜLLER & MENG 1992). 1991 wird eine mittlere Verbreitung im Luganersee angegeben, und die Art wird als ungefährdet eingestuft (KIRCHHOFER ET AL. 1994). Wie gross die Bestände im Luganersee heute ungefähr sind, ist nicht bekannt, da bei den Ertragszahlen der Netzfischer Triotto, Pigo und Rotauge nicht unterschieden werden (Klasse "andere Arten"). Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass kleine Rotaugen und Triotti auf Grund morphologischer Merkmale kaum voneinander unterschieden werden können.

1.5.3 Alborella (*Alburnus alburnus alborella* De Filippi, 1844)

Form, Aussehen

Die Alborella hat einen langgestreckten, seitlich stark abgeflachten Körper mit oberständigem Maul. Der Rücken ist grünblau bis graugrün. Die Seiten sind silbern, der Bauch weiss bis silbern. Die Alborella wird maximal 20 cm lang, im Luganersee waren die grössten gefangenen und vermessenen Tiere rund 16 cm lang (LEHMANN 1990). Von den übrigen Cypriniden des Luganersees unterscheidet sie sich durch die lange Afterflosse mit zahlreicheren Flossenstrahlen.

Vorkommen

Die Alborella findet man in der Südschweiz im Lago Maggiore, im Luganersee und in den Flüssen Ticino, Tresa und Vedeggio. Sie ist im Po bis zum Isonzo, ebenso wie in Dalmatien und Albanien beheimatet.

Biologie

Die Alborella ist ein oberflächenorientierter, pelagisch lebender Schwarmfisch. Im Luganersee wurden im Frühherbst (September) 1989 zwischen 0 und 14 m Tiefe so viele Fische geortet, dass Netzzüge durchgeführt werden konnten (LEHMANN 1990; MÜLLER & MENG 1992). Sämtliche der über 10'000 gefangenen Fische waren Alborellen. Es wird vermutet, dass die hohen Temperaturen und das grosse Nahrungsangebot primär den Ausschlag geben, dass die Alborella-Schwärme das Oberflächenwasser stark bevorzugen (MENG & MÜLLER 1990; MÜLLER & MENG 1992). Die Abwesenheit von Fischen in tiefen Wasserschichten des Südbeckens wird mit den geringen Sauerstoffkonzentrationen ab 10 m Tiefe erklärt.

Die Alborella frisst hauptsächlich Zooplankton. Untersuchungen im Luganersee zeigten, dass bestimmte Zooplankton-Arten bevorzugt gefressen werden: Obwohl Blattfusskrebse und Ruderfusskrebse (*Copepoda*) im See in ähnlicher Häufigkeit vorkommen, ernährt sich die Alborella bevorzugt von herbivoren Blattfusskrebsen (LEHMANN 1990).

Die Laichzeit ist relativ spät und dauert vom Mai bis in den Juli.

Alborellen wachsen sehr langsam. Sie erreichten im Luganersee 2.5 cm Länge im Alter von einem Jahr. Auf den Schuppen bildet sich der 1. Annulus im zweiten Jahr. Der grösste Teil der 1989 im Luganersee gefangenen und vermessenen Alborellen war zwischen 10 und 13 cm lang. Dies entspricht einem Alter von 3 bis 6 Jahren.

Wirtschaftlich hatte die Alborella vor allem eine lokale Bedeutung im Luganersee. Auf einer Seefläche von rund 3'070 ha (Schweizerteil des Luganersees) wurden 1986 16.5 t Alborellen gefangen, was rund 47.2% des gesamten Ertrages der Netzfischer entspricht. Die grössten Alborella-Erträge wurden im Luganersee zwischen 1984 und 1986 gewonnen. Bis 1995 variierten die Erträge der Netzfischer zwischen 5 und 10 t/Jahr. 1996 brach der Fang zusammen und seit 1997 werden von den Netzfischern keine Alborellen mehr angelandet. Die Angelfischer wiesen 1997 noch einen geringen Alborella-Ertrag (864 kg) aus. Es wird jedoch vermutet, dass es sich hauptsächlich um kleine Rotaugen handelt (POLLI 1999). Die Gründe für den Zusammenbruch sind unklar.

Tab. 1: Bestimmungsmerkmale der im Luganersee vorkommenden von ihrem Habitus her ähnlichen Cyprinidenarten und Angaben über deren Biologie (LADIGES & VOGT 1979; PEDROLI ET AL. 1991). Zur Artbestimmung herangezogene Merkmale sind hellgrau hervorgehoben.

Fischart	Rotauge	Pigo	Triotto	Alborella
	<i>Rutilus rutilus</i>	<i>Rutilus pigus</i>	<i>Rutilus rubilio</i>	<i>Alburnus albidus alborella</i>
Anz. Flossenstrahlen D	12-14	12-14	12-14	10-12
Anz. Flossenstrahlen A	12-14	14	11-14	14-16
Anz. Flossenstrahlen P	16	17-18	17-18	16
Anz. Flossenstrahlen V	10	10	10	10
Anz. Flossenstrahlen C	19	19	19	19
Schlundknochen-Zähne	5 (6) - 5	5 (6) - 5	5 - 5	2.5 - 5.2
Länge [cm]	40 (meist 25-30)	< 40	< 25	< 20
Bau	gedrungen	langgestreckt	gedrungen	langgestreckt
Augenfarbe	rot		gelblich - ziegelrot	
Lage Seitenlinie			bis ins untere Körperdrittel	
Anz. Seitenlinienschuppen	(36) 40-47 (48)	46-51		
Laichausschlag Männchen	ja	sehr kräftig		
Fekundität	5'000 - 100'000	40'000 - 60'000		
Farbe P, V	hellrot		rötlich	
Farbe A	rot		rötlich	
Farbe D, C	graurot			
Maul		Oberlippe vorstehend		oberständig
Länge Brütlinge	4.5 - 6.5 mm			
Lebensraum	Ufernähe	grössere Tiefe	grössere Tiefe	oberflächenorientiert
Laichhabitat	Ufernähe			
Laichtemperatur	> 10 °C			
Laichzeit	April - Mai	April - Mai	April - Mai	Mai - Juli
Dauer Laichzeit	4 - 10 Tage			
erstmalige Laichreife	2 - 3-jährig			1(?) - 2-jährig

Tab. 1: Caratteri di determinazione delle specie di ciprinidi con morfologia simile, presenti nel Lago di Lugano e indicazioni sulla loro biologia (LADIGES & VOGT 1979; PEDROLI ET AL. 1991). I caratteri usati per la determinazione sono evidenziati in grigio chiaro.

Specie	gardon	pigo	triotto	alborella
	<i>Rutilus rutilus</i>	<i>Rutilus pigus</i>	<i>Rutilus rubilio</i>	<i>Alburnus albidus alborella</i>
No. raggi della pinna dorsale	12-14	12-14	12-14	10-12
No. raggi della pinna anale	12-14	14	11-14	14-16
No. raggi della pinna pettorale	16	17-18	17-18	16
No. raggi della pinna ventrale	10	10	10	10
No. raggi della pinna caudale	19	19	19	19
„denti“ delle ossa faringee	5 (6) - 5	5 (6) - 5	5 - 5	2.5 - 5.2
Lunghezza [cm]	40 (solit. 25-30)	< 40	< 25	< 20
Corporatura	tozza	slanciata	tozza	slanciata
Colore degli occhi			gialliccio-rosso mattone	
Posizione della linea laterale	Rosso	46-51		
No di scaglie lungo la linea lat.	(36) 40-47 (48)			
Tubercoli nuziali nel maschio	si	Molto evidenti		
Fecondità	5'000 - 100'000	40'000 - 60'000		
Colore delle pinne pettorali e ventrali	Rosso chiaro		Rossicce	
Colore delle pinne anali	Rosso		Rossicce	
Colore della pinna dorsale e caudale	Rosso grigio			
Bocca		Labbro superiore sporgente		Rivolta all'insù
Lunghezza degli avannotti	4.5 - 6.5 mm			
Habitat	Vicino a riva	A grandi profondità	A profondità maggiori	Vicino alla superficie
Siti di frega	Vicino a riva			
Temperatura per la frega	> 10 °C			
Periodo di frega	Aprile - Maggio	Aprile - Maggio	Aprile - Maggio	Maggio - Luglio
Durata della frega	4 - 10 giorni			
Prima frega	2 - 3 anni			1(?) - 2 anni

1.6 Der Luganersee, Limnologie und Wasserqualität

Die Entwicklung des Luganersees im Laufe der letzten 17 Jahre ist in den Berichten zur "Untersuchung der Entwicklung des Luganersees" der Internationalen Kommission zum Schutz der italienisch-schweizerischen Gewässer dokumentiert. Die Daten stammen aus den Berichten (BARBIERI ET AL. 1989; BARBIERI ET AL. 1994; BARBIERI ET AL. 1998; BARBIERI ET AL. 1999).

1.6.1 Allgemeine Kenndaten

Der See wird wegen morphologischer Unterschiede und der sich daraus ergebenden Differenzen in der Hydrobiologie in zwei Hauptbecken unterteilt und getrennt untersucht, wobei die Trennungslinie entlang des Damms von Melide verläuft. Das dritte, flache Becken vor Ponte Tresa wurde teils separat untersucht.

Tab. 2: Limnologische und hydrologische Kenndaten des Luganersees (LIECHTI 1994).
Dati limnologici e idrologici del Lago di Lugano (LIECHTI 1994).

Oberfläche <i>Superficie</i>	48.8	km ²
Nordbecken <i>Bacino nord</i>	27.5	km ²
Südbecken <i>Bacino sud</i>	20.3	km ²
Ponte Tresa	1.0	km ²
Maximale Tiefe <i>Profondità massima</i>		
Nordbecken <i>Bacino nord</i>	288	m
Südbecken <i>Bacino sud</i>	95	m
Ponte Tresa	50	m
Mittlere Tiefe <i>Profondità media</i>	130	m
Nordbecken <i>Bacino nord</i>	171	m
Südbecken <i>Bacino sud</i>	55	m
Ponte Tresa	33	m
Volumen <i>Volume</i>	5.86	km ³
Nordbecken <i>Bacino nord</i>	4.69	km ³
Südbecken <i>Bacino sud</i>	1.14	km ³
Ponte Tresa	0.03	km ³
Mittlere Abflussmenge <i>Deflusso medio</i>	25.2	m ³ /s
theoretische Aufenthaltszeit des Wassers		
<i>Tempo teorico di permanenza dell'acqua</i>	8.2	Jahre / anni
Nordbecken <i>Bacino nord</i>	12.3	Jahre / anni
Südbecken <i>Bacino sud</i>	1.4	Jahre / anni
Ponte Tresa	14	Tage / giorni
Fläche Einzugsgebiet (ohne See) <i>Area del bacino imbrifero</i>		
Nordbecken <i>Bacino nord</i>	269.7	km ²
Südbecken <i>Bacino sud</i>	587.5	km ²
Permanente Einwohnerzahl im schweizerischen Einzugsgebiet <i>parte svizzera</i>	175'000	
gesamte Einwohnerzahl <i>Popolazione del bacino imbrifero totale</i> (inkl. Tourismus und Industrie <i>incl. turismo e industria</i>)	320'000	

1.6.2 Wassererneuerung und Zirkulationsverhalten

Messungen des Sauerstoffgehaltes über Grund (BALDI et al. 1949; JAAG 1964; VOLLENWEIDER 1965; ZIMMERMANN 1969 alle zit. in BARBIERI ET AL. 1989) sowie Bestimmungen des Alters des Tiefenwassers mit Hilfe von Tritium-Analysen (LIECHTI 1994) ergaben, dass das Wasser des **Nordbeckens** früher zumindest zeitweise bis an die tiefste Stelle zirkulierte. Seit Mitte der 60er Jahre hingegen ist das Tiefenwasser nicht mehr mit der Atmosphäre in Kontakt gekommen (LIECHTI 1994). Eine gesteigerte thermische Schichtung (Zunahme der Oberflächentemperatur) und eine Zunahme der chemischen Schichtung (steigende Nährstoff- bzw. Salzkonzentrationen im Hypolimnion) werden als Ursachen angenommen (LIECHTI 1994). So verminderte sich die Tiefe der von der Winterzirkulation erfassten Wasserschicht von 125 m (80er Jahre) auf 75 m (90er Jahre).

Die fehlende Mischung mit dem Oberflächenwasser verhindert, dass das Tiefenwasser mit Sauerstoff versorgt wird. Beim bakteriellen Abbau von Biomasse wird Sauerstoff gezehrt. Wenn kein Sauerstoff mehr vorhanden ist, übernehmen anaerobe Bakterien den Abbau von Biomasse, wobei der nach faulen Eiern stinkende Schwefelwasserstoff und andere reduzierte chemische Verbindungen frei werden. Diese sind für die meisten höheren Organismen giftig. Zur Oxidation dieser reduzierten Verbindungen sind sehr grosse Mengen Sauerstoff notwendig (Sauerstoffdefizit). Während in den 60er Jahren in der grössten Tiefe des Nordbeckens zeitweise noch Sauerstoff nachgewiesen werden konnte (1962, 1964, 1966 und 1967), entwickelte sich seit den 70er Jahren ein immer stärkeres Sauerstoffdefizit. Bei einer Sauerstoffkonzentration von 4 mg/l können in der Regel Salmoniden noch überleben. 1998 war dies maximal bis in 60 m Tiefe der Fall. Eine ausgeprägte Zirkulationsphase senkte diese Grenze in Februar und März 1999 erneut auf rund 80 m.

Im **Südbecken** ist dank der geringeren Tiefe und der besseren Windexposition eine jährliche Vollzirkulation möglich. Seit der Trophiegrad in den 70er Jahren zugenommen hat, sank auch hier während der Stagnationszeit die Sauerstoffkonzentration über Grund auf Null. In den 90er Jahren verkürzten zusätzlich die höheren Temperaturen in den obersten Schichten die Zirkulationsphase - in einzelnen Jahren um bis zu 30 Tage. 1998 wurden über Grund lediglich während ca. 2 Monaten (Mitte Februar - Mitte April) Werte von mehr als 4 mg O₂/l gemessen. Im Herbst 1998 (Ende August - Mitte November) lag die Sauerstoffkonzentration lediglich in den obersten 20 Metern über 4 mg/l. Da im Metalimnion (Sprungschicht), der Zone mit dem stärksten Temperaturgradienten, sehr viel absinkende Biomasse abgebaut wird, kommt es dort im Sommer zu einer starken Sauerstoffzehrung und geringen Sauerstoffkonzentrationen. Dieses metalimnische Sauerstoffminimum ist vor allem im Südbecken sehr ausgeprägt. Im Sommer 1996 beispielsweise lag die Sauerstoffkonzentration bereits in weniger als 10 m Tiefe unter 4 mg/l. Im gleichen Zeitraum überstieg die Temperatur bis in 5 m Tiefe 20 °C. Zwischen der warmen Oberflächenschicht und dem Tiefenwasser mit geringem Sauerstoffgehalt bleibt denjenigen Fischen, die auf niedrige Temperaturen und hohe Sauerstoffkonzentrationen angewiesen sind (Forelle, Seesaibling, Felchen) zu dieser Zeit nur ein sehr schmaler Tiefenbereich, der als Lebensraum geeignet ist.

1.6.3 Nährstoffgehalte

Mit 20 – 40 µg P/l im **Nordbecken** war die Belastung des Sees 1964 noch verhältnismässig gering. Als Folge des "Wirtschaftswunders" und der steigenden Bedeutung der Region als Tourismusgebiet stieg die Belastung zwischen 1960 und 1965 stark an (LIECHTI 1994). Selbst in der Schicht, welche einer jährlichen Vollzirkulation unterliegt, lag die Konzentration 1976 bei 74 µg P/l. Dank Massnahmen in den Einzugsgebieten der Zuflüsse (Inbetriebnahme verschiedener ARAs bereits seit 1976) und dem Phosphatverbot für Waschmittel von 1986 verminderte sich dieser Wert bis 1992 auf 52 µg P/l und nahm bis 1998 weiter auf 23 µg P/l ab. Wegen der sehr hohen und immer noch zunehmenden Phosphorkonzentrationen im Hypolimnion ist der Gesamtphosphorgehalt über die ganze Tiefe gemittelt bis heute stabil bei 150 µg P/l geblieben. Das erklärte Ziel, der mesotrophe Zustand bzw. ein Wert von rund 25 - 30 µg P/l, ist noch lange nicht erreicht. Wegen der langen Wasseraufenthaltszeit und der schlechten Durchmischung ist davon auszugehen, dass es Jahrzehnte dauern wird, bis sich die Wasserqualität im ganzen See erholt hat (BARBIERI & MOSELLO 1992; LIECHTI 1994).

Auch im **Südbecken** war die Belastung 1964 mit 15 µg P/l sehr gering. Wie im Nordbecken stieg sie sehr rasch an und erreichte 1984 140 µg P/l. Dank der kurzen Wassererneuerungszeit und der vollständigen Zirkulation reagierte das Südbecken rasch auf die abnehmenden Frachten der Zuflüsse - die mittlere Konzentration verminderte sich bis 1992 markant auf 65 µg P/l. 1998 wurde ein Zirkulationswert von 60 µg P/l gemessen. Zur Erreichung des Sanierungszieles ist eine weitere massgebliche Verminderung notwendig

Im Gegensatz zu den nördlichen Mittellandseen, welche einen hohen Anteil an Agrarflächen im Einzugsgebiet aufweisen und dadurch stärker mit Stickstoff belastet werden, war der Gesamtstickstoffgehalt trotz der Zunahme zwischen 1988 und 1990 um rund 40% im Südbecken mit $1.4 \mu\text{g N/l}$ und im Nordbecken mit $0.72 \mu\text{g N/l}$ niedrig. 1998 erreichte die Konzentration des Nordbeckens nur gerade in den untersten 50 m mehr als $1 \mu\text{g N/l}$. In den oberen 100 m Wassertiefe verblieb der Gehalt mit Werten zwischen 0.5 und $0.7 \mu\text{g N/l}$ auf dem Niveau von 1990.

Im Südbecken blieb der Zirkulationswert 1998 zwischen 1.2 und $1.3 \mu\text{g N/l}$ im Vergleich zu 1990 ebenfalls unverändert.

1.6.4 Primärproduktion, Phyto- und Zooplankton

Die Primärproduktion wurde erstmals 1976 im Südbecken bei Agno gemessen und betrug $690 \text{ g C/m}^2\cdot\text{a}$. Sie nahm in den letzten Jahren tendenziell ab (Abb. 3). Sie ist aber, gemessen an der Produktion schwach belasteter Seen ($< 150 \text{ g C/m}^2\cdot\text{a}$), immer noch sehr hoch. Dies trotz der sehr starken Abnahme der Nährstoffbelastung.

Es konnte aber eine Veränderung der Zusammensetzung der Primärproduzenten beobachtet werden. Die meist fädigen Blaualgen nahmen zugunsten der Kieselalgen und im Lauf der Jahre auch zugunsten der im Sommer auftretenden Grünalgen ab.

Infolgedessen nahmen im Zooplankton zwischen 1988 und 1994 diejenigen Arten zu, die Phytoplankton filtrieren konnten (Blattfusskrebse und Diptomiden), so dass in den Sommermonaten Klarwasserstadien zu beobachten waren (POLLI & SIMONA 1992). Seit 1989 ist der "Frassdruck" dieser herbivoren Crustaceen im Nordbecken während ca. 4 Monaten (April - Juli) und im Südbecken während ca. 2 Monaten (Mai - Juni) feststellbar.

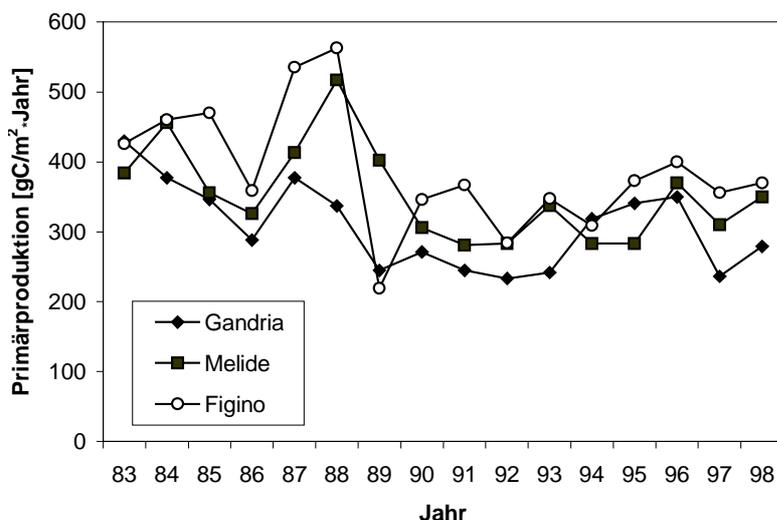


Abb. 3: Entwicklung der Primärproduktion zwischen 1983 und 1998 im Nordbecken (Gandria) und im Südbecken des Luganersees (Melide und Figino). Daten: (BARBIERI ET AL. 1989; BARBIERI ET AL. 1994; BARBIERI ET AL. 1998; BARBIERI ET AL. 1999).

Evoluzione della produzione primaria tra il 1983 e il 1998 nel Bacino nord (Gandria) e nel Bacino sud del Lago di Lugano (Melide e Figino). Dati: (BARBIERI ET AL. 1989; BARBIERI ET AL. 1994; BARBIERI ET AL. 1998; BARBIERI ET AL. 1999). Jahr = anno.

Die Klarwasserphase verlängerte sich ab Mitte der 90er Jahre und die mittlere Sichttiefe vergrößerte sich seit 1988 von 4.6 m (Nordbecken) bzw. von 2.7 m (Südbecken) auf 5 bis 6 m .

1.6.5 Trophiegrad

Auf Grund der Gesamtposphorkonzentration zwischen 0 und 100 m Tiefe wurde das Nordbecken 1961 als meso-eutroph, 1975 eu-hypertroph und 1988 wieder als meso-eutroph

beurteilt. Das Südbecken war 1964 oligo-mesotroph, 1975 eu-hypertroph und 1988 eutroph. Zwischen 1988 und 1994 schien sich der Trophiegrad der beiden Becken zu vermindern, wenn auch der grosse Nährstoffvorrat im Hypolimnion des Nordbeckens nicht vergessen werden darf.

Ende der 90er Jahre wurde der See insgesamt weiterhin als eutroph eingestuft.

1.6.6 Fischereiliche Bewirtschaftung, Fangstatistik

Zusammensetzung der Fischfauna und zeitliche Veränderung

Im 19. Jahrhundert lebten 22 autochthone Arten und eine eingeführte (Karpfen) im Luganersee. 10 Arten bzw. Unterarten kommen ausschliesslich südlich der Alpen vor.

Agone	<i>Alosa agone</i>
Pigo	<i>Rutilus pigus</i>
Triotto	<i>Rutilus rubilio</i>
Strigione	<i>Leuciscus Souffia muticellus</i>
Savetta	<i>Chondrostoma soetta</i>
Barbo canino	<i>Barbus meridionalis</i>
Barbo	<i>Barbus plebejus</i>
Alborella	<i>Alburnus alburnus alborella</i>
Ghiozzo	<i>Padogobius bonelli</i>
Cagnetta	<i>Salaria fluviatilis</i>

Um 1900 wurden gleich mehrere neue Arten eingeführt welche in ihrem ursprünglichen Verbreitungsgebiet sehr geschätzte Speisefische sind. Von diesen Einsätzen versprach man sich eine Steigerung des kommerziellen Wertes der Fänge.

Seesaibling	Salmerino	<i>Salvelinus alpinus</i>
Regenbogenforelle	Trota iridea	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
Äsche	Temolo	<i>Thymallus thymallus</i>
Sonnenbarsch	Persico sole	<i>Lepomis gibbosus</i>
Felchen	Coregone	<i>Coregonus sp.</i>

Ein Teil davon konnte sich etablieren, und war z. T. zahlenmässig stark in den Fängen vertreten. 1954 wurden zum erstenmal Zander (*Sander lucioperca*) ausgesetzt. Goldfisch (*Carassius auratus*), Forellenbarsch (*Micropterus salmoides*) und amerikanischer Zwergwels (*Ictalurus melas*) wurden ebenfalls eingeschleppt, allerdings nicht offiziell. Deshalb ist das Datum des erstmaligen Einsatzes nicht bekannt. Es wurden ebenfalls schon Sterlet (*Acipenser sp.*) und Wels (*Silurus sp.*) gefangen.

Als Folge dieser Einsätze hatte sich die Fischfauna des Luganersees Anfang der 90er Jahre auf rund 30 Fischarten zugenommen (MÜLLER & MENG 1992).

Die eingeführten Edelfische gaben zuerst gute Erträge. Ab Mitte der 50er Jahre nahmen die Fänge ab. Der Sonnenbarsch wurde nur in unbedeutenden Mengen gefangen. Im gleichen Zeitraum stieg der Cyprinidenanteil in den Fängen stark an. Für diese Veränderungen wird hauptsächlich die zunehmende Eutrophierung bis Mitte der 80er Jahre verantwortlich gemacht (BARBIERI et al. 1989 zit. in MÜLLER & MENG 1992). Es wird angenommen, dass der Salmonidenbestand im See weiterhin vom Besatz abhängt, solange die Phosphorkonzentrationen nicht stark abnehmen und eine deutliche Reoligotrophierung stattfindet (MÜLLER 1992 zit. in MÜLLER & MENG 1992).

Fangstatistik der letzten 18 Jahre

Vom September 1986 bis Anfangs Juli 1988 galt im Schweizer Teil des Luganersees ein Fangverbot wegen befürchteter radioaktiver Verstrahlung der Fische als Folge des Reaktorunfalls in Tschernobyl. Zudem umfasst die Statistik nicht in allen Jahren die Fänge aus dem italienischen Teil des Luganersees (Abb. 4). Dennoch lassen sich aus der Fangstatistik Hinweise auf tiefgreifende Bestandesveränderungen seit 1982 ableiten.

Der Ertrag des Luganersees kann im schweizerischen Vergleich als durchschnittlich bezeichnet werden und schwankt normalerweise zwischen 30 und 53 Tonnen pro Jahr, was einem flächenspezifischen Ertrag von 9 bis 15.5 kg/ha entspricht. Das Jahr 1987, in welchem ganzjährig nur auf italienischer Seite mit Netzen gefischt wurde, weicht sehr stark nach unten ab. In den Jahren 1994 und 1995 wurden mit 63 und 65 Tonnen (18.4 und 19.0 kg/ha) bezogen auf die betrachtete Periode überdurchschnittlich hohe Erträge erzielt.

Die vorwiegend pelagisch lebenden Arten (Forelle, Felchen, Agone und Alborella) machten 1982 - 1987 zwischen 40 und 50% des Gesamtfanges der Netzfischerei aus. Anschliessend setzte ein massiver Rückgang des Fanges pelagisch lebender Fischarten ein (Abb. 4). 1999 machten diese gerade noch 4.8% des Gesamtfanges aus, wofür hauptsächlich der Rückgang der Alborella verantwortlich ist, die bis 1994 mehr als 80% des Fanges pelagisch lebender Arten ausmachte. Innerhalb von 3 Jahren war der Alborella-Ertrag praktisch auf Null zusammengebrochen (Abb. 5).

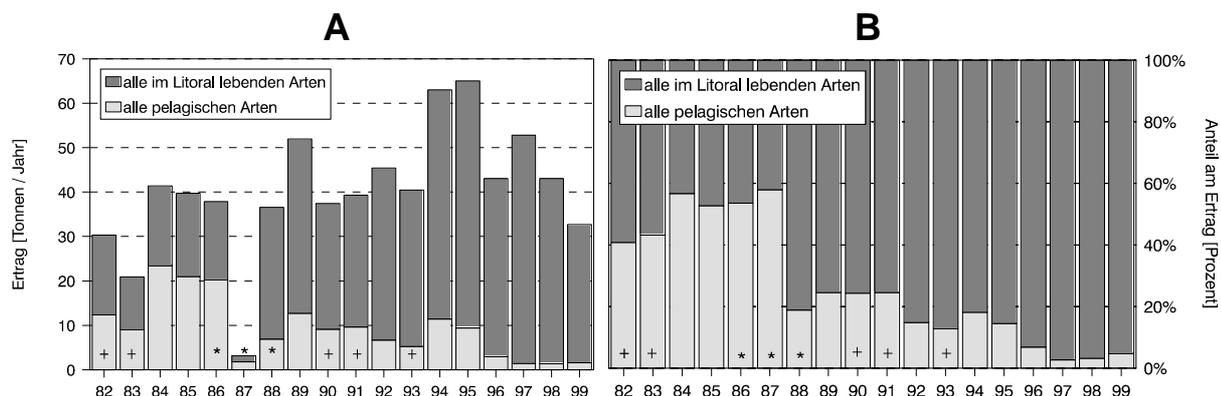


Abb. 4 Netzfangerei-Ertrag im Luganersee nach Arten, welche vorwiegend im Litoral bzw. im Pelagial leben. (*): Sept. 1986 - Anfang Juli 1988: Fangverbot im schweizerischen Teil (Tschernobyl). (+): Nur Fangzahlen aus dem schweizerischen Teil. A: Absoluter Ertrag; B: relative Zusammensetzung. Daten: (POLLI 1997; POLLI 1999).

Confronto del prodotto annuo di pesca con reti nel Lago di Lugano tra la zona pelagica e litorale. (): sett. 1986 – inizio luglio 1988: divieto della pesca nella parte svizzera (Cernobyl). (+): Cifre riguardanti il pescato solo della parte svizzera. A: confronto ponderale; B: confronto percentuale. (POLLI 1997; POLLI 1999). Ertrag [Tonnen / Jahr] prodotto [tonnellate / anno]; Relativer Ertrag [Prozent] = percentuale del prodotto.*

Der Ertrag an Fischen, welche vorwiegend im Litoral leben, nahm nicht nur prozentual, sondern auch absolut sehr stark zu. Dazu trugen hauptsächlich verschiedene Cyprinidenarten bei, die zu einer Gruppe (Weissfische) zusammengefasst wurden. Ab 1997 setzt sich diese Gruppe hauptsächlich aus Rotaugen zusammen (POLLI 1999). Seit wann das Rotauge im Fang der vorwiegend im Litoral vorkommenden Fische überwiegt, ist nicht bekannt. Es ist aber davon auszugehen, dass das Rotauge in den 80er Jahren im Luganersee noch nicht oder nur in sehr geringen Mengen gefangen wurde, da es im Verbreitungsatlas der Fische und Rundmäuler der Schweiz (PEDROLI ET AL. 1991) noch nicht aufgeführt ist. Die Zanderfänge haben seit Mitte der 80er Jahre sehr stark zugenommen.

Diese Veränderung hat auch einschneidende wirtschaftliche Auswirkungen: Während der Anteil wirtschaftlich und kulinarisch interessanter Arten bis 1987 im Durchschnitt 76% betrug, sank dieser Anteil im Durchschnitt der letzten drei Jahre auf unter 30%. 72% des Fanges bildeten Weissfische (grösstenteils Rotaugen), welche südlich der Alpen bislang kaum zu vermarkten sind.

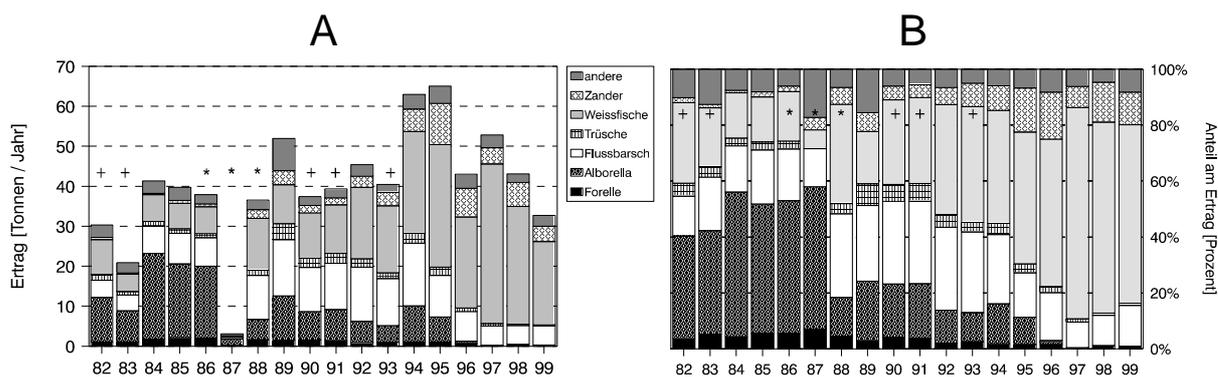


Abb. 5 Artzusammensetzung des Netzfischerei-Ertrages im Luganersee (*): Sept. 1986 - Anfang Juli 1988: Fangverbot im schweizerischen Teil (Tschernobyl). (+): Nur Fangzahlen aus dem schweizerischen Teil. A: Absoluter Ertrag; B: relative Zusammensetzung. Daten: Ufficio della Caccia e della Pesca.

Composizione specifica del prodotto annuo della pesca con reti nel Lago di Lugano (): sett. 1986 – inizio luglio 1988: divieto di pesca nella parte svizzera (Cernobyl). (+): Cifre riguardanti il solo pescato della parte svizzera A: confronto ponderale; B: confronto percentuale. Dati: Ufficio della Caccia e della Pesca. Ertrag [Tonnen / Jahr] prodotto [tonnellate / anno]; Relativer Ertrag = percentuale del prodotto. Andere = altri; Zander = Lucioperca; Weissfische = pesce bianco; Trüsche = bottatrice; Flussbarsch = pesce persico; Forelle = trota.*

Seit 1997 stehen für den schweizerischen Teil des Luganersees nicht nur die Fänge der Netzfischerei, sondern auch diejenigen der Angelfischer zur Verfügung (POLLI 1999). Die Angelfischerei trug zu etwas mehr als 22% (9'222 t/a) zum Gesamtertrag bei (Abb. 6). Weiter ist erkennbar, dass der Gesamtertrag in den letzten vier Jahren tendenziell rückläufig ist. Im Nordbecken wurden von den Anglern in jedem Jahr mehr Fische angelandet als im Südbekken (Abb. 6).

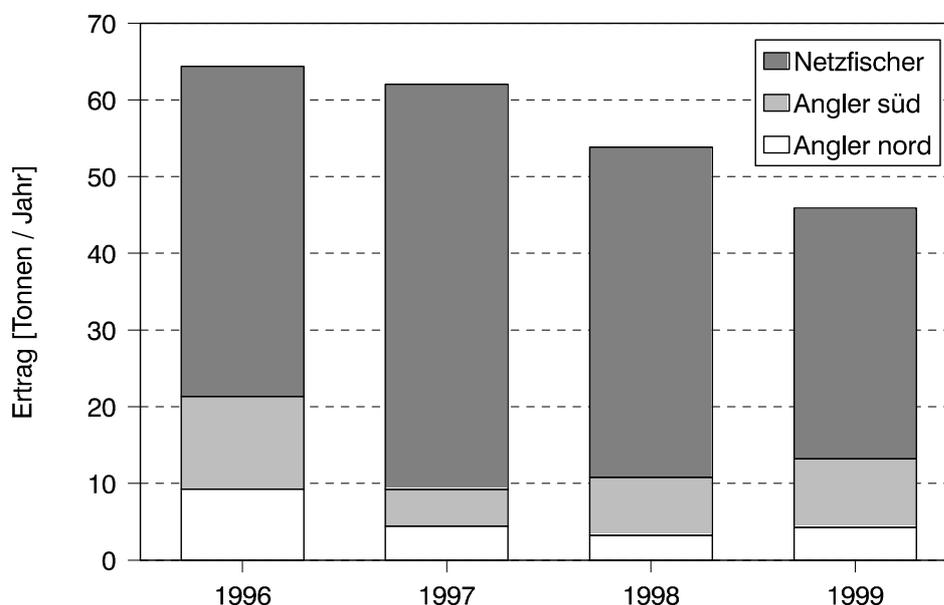


Abb. 6: Verteilung des Fanges auf Netz- und Angelfischer im schweizerischen Teil des Luganersees 1996 – 1999. Bei den Angelfischern werden die Erträge nach den beiden Seebecken (süd / nord) unterschieden. Daten: Ufficio della Caccia e della Pesca.

Confronto ponderale fra le catture dei pescatori con rete e i pescatori con lenza nella parte svizzera del Lago di Lugano 1996 – 1999. Le catture dei pescatori con lenza nei due bacini (sud / nord) del lago sono rappresentate distintamente. Dati: Ufficio della Caccia e della Pesca. Ertrag [Tonnen/Jahr] = prodotto [tonnellate/anno]; Netzfischer = pescatori con rete; Angler = pescatori con lenza.

Die kulinarisch hoch eingestuften Arten (Seeforelle, Seesaibling, Karpfen, Zander, Hecht und Aal) sind in den Anglerfängen anteilmässig viel stärker vertreten als in den Fängen der Netzfischer. Es ist anzunehmen, dass dies einerseits durch gezielte Wahl der Fangmethode (Fangort, Zeit, Tiefe und Köder), aber auch durch das Freilassen nicht erwünschter Fische zustandekommt. Im Gegensatz dazu müssen die Netzfischer alle Fische behändigen, auch Arten, welche sich nicht so gut vermarkten lassen. Auf diese Weise lässt sich erklären, dass annähernd drei Viertel der angelandeten Fische Weissfische sind. (Abb. 7). Die Netzfischer sind somit von den Veränderungen der Fischfauna weitaus stärker betroffen als die Angelfischer.

Daneben gibt es Arten (Barsch, Trüsche), welche in den Netz- und Anglerfängen in etwa gleichen Anteilen vertreten sind. Einzig die Agone ist in den Netzfängen stärker vertreten als in den Anglerfängen.

Bemerkenswert ist ausserdem, dass, ohne Berücksichtigung der Rotaugen, eingeführte Fischarten über die Hälfte des Anglerfanges und ca. 20% des Fanges der Netzfischer ausmachen.

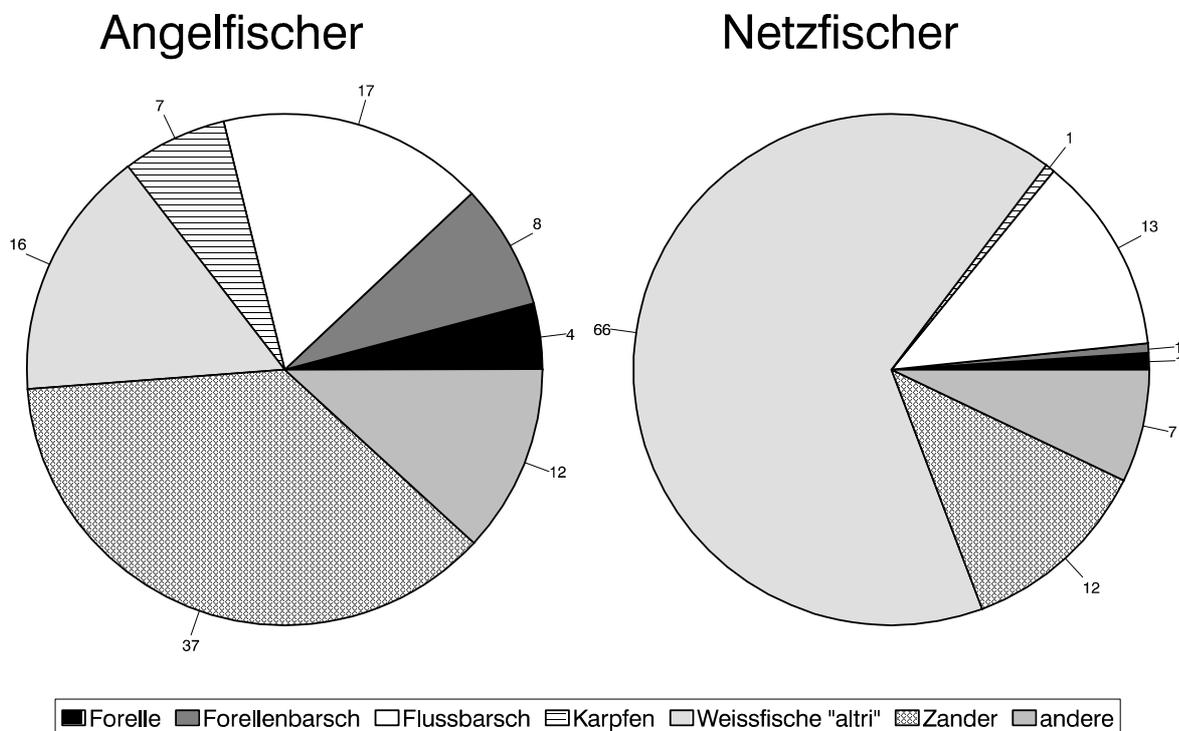


Abb. 7 Zusammensetzung des Ertrages von Anglern und Netzfischern im Luganersee (Mittelwerte in Tonnen der Jahre 1996 – 1999). Die Anglerfänge wurden nur im schweizerischen Teil des Luganersees erhoben. Daten: Ufficio della Caccia e della Pesca.

Composizione delle catture dei pescatori con lenza e dei pescatori con rete nel Lago di Lugano (valori medi [tonnellate] degli anni 1996 – 1999). Le catture dei pescatori con lenza vengono rilevate solo nella parte svizzera del Lago di Lugano. Dati: Ufficio della Caccia e della Pesca. Forelle = trota; Forellenbarsch = persico trota; Flussbarsch = pesce persico; Karpfen = carpa; Weissfische = pesce bianco; Zander = Lucioperca; andere = altri; Netzfischer = pescatori con rete; Angler = pescatori con lenza.

2 Methoden

2.1 Rotaugenfänge (Netzfischer, Sonderfänge)

Vom 16.2.1999 bis am 8.12.2000 gaben Netz- und Angelfischer Rotaugen und andere Fischarten, insbesondere die beiden anderen Rutilus-Arten (Trioitto und Pigo) ab. Netzfischer achteten darauf, dass verschiedene Maschenweiten zur Anwendung kamen. Die Fische wurden, nach Fangdatum, Fangort und Fischart getrennt, in Plastiksäcke verpackt. Nach Zugabe eines Fangprotokolls (Abb. 8) wurden die Fische tiefgefroren. In gefrorenem Zustand wurden die Fische nach Oberwichterach gebracht und dort untersucht.

PROTOCOLLO DI CATTURA

Prego compilare in matita o in penna tutti i campi contrassegnati in grigio

Prego indicare il luogo di cattura con una croca sulla cartina.

Specie:

Numero: pezzi

Data:

Profondità: m

Attrezzo di cattura

Canna:

Esca:

Rete volante:

Rete da fondo:

Maglia: mm

Abb. 8: Fangprotokoll, welches den Fischern abgegeben wurde.

Protocollo per la registrazione delle catture consegnato ai pescatori.

Zusätzlich wurden während den Habitatkartierungen Fische gefangen (Kapitel 2.7). Während der larvalen Phase konnten die Tiere mit einem Teesieb gefangen werden. während der juvenilen Phase wurde ein Köderfischblatt (Maschenweite 5 mm) verwendet. Die Fische dieser Sonderfänge wurden unmittelbar nach dem Fang in Äthanol (70%) konserviert.

Insgesamt wurden 418 Fische abgeliefert. 128 Stück waren in Grundnetzen, 7 in Schwebnetzen und 158 mit dem Köderblatt gefangen. 125 Fische enthielten keine Angaben zur Fangmethode. 115 Fische stammten aus dem Nordbecken, 225 aus dem Südbecken und bei 78 Fischen fehlten Angaben über den Fangort. Insgesamt wurden Fische von acht verschiedenen Arten abgeliefert, 393 Rotaugen, 12 Pigo, 7 Rotfedern, 1 Schleie, 1 Karpfen, 1 Alet, und ein Giebel. Ein Fisch konnte nicht sicher auf die Art bestimmt werden, da er sowohl Merkmale vom Pigo als auch vom Rotauge hatte. Es handelte sich um ein Männchen mit nur einer Testis, möglicherweise ein Hybride.

2.2 Bestimmen von Länge und Gewicht

Der grösste Teil der Fische wurde frisch aufgetaut gemessen und gewogen. Auf einer Messlatte mit Millimeter-Skala wurde die Totallänge (TL) von der Schnauze bis zum Ende der natürlich ausgebreiteten Schwanzflosse gemessen, Genauigkeit: 1 mm. Mit einer Waage (Wedo ACCURAT 5000) wurden die Fische gewogen, Genauigkeit: 1 g. Bei grösseren Fischen wurde das Lebergewicht und bei reifen Fischen das Gonadengewicht ermittelt.

Ein Teil der Fische wurde nach der Konservierung in Alkohol (70%) gemessen und gewogen. An insgesamt 55 Rotaugen verschiedener Grösse wurden Vergleichsmessungen und Gewichtsbestimmungen (frisch, tiefgefroren, in Alkohol 70%) durchgeführt. Mit GM-Regression (RICKER 1973) wurden Umrechnungs-Funktionen berechnet.

$TL_{(gefroren)} = TL_{(frisch)} \cdot 0.993 - 0.235$	$TL_{(gefroren)} = TL_{(Alkohol)} \cdot 1.009 - 0.1298$	$TL =$ Totallänge [mm] $G =$ Gewicht [g]
$G_{(gefroren)} = G_{(frisch)} \cdot 0.987 + 0.858$	$G_{(gefroren)} = G_{(Alkohol)} \cdot 1.2050 + 0.5361$	

2.3 Artbestimmung

Ab einem Alter von einem Jahr wurden die Fische nach Bestimmungsliteratur (MUUS & DAHLSTRÖM 1968; LADIGES & VOGT 1979; PEDROLI ET AL. 1991) auf die Artzugehörigkeit bestimmt. Erschwerend bei der Unterscheidung der drei Rutilus-Arten ist die Tatsache, dass sie bis vor wenigen Jahren allopatrisch vorkamen, mit dem Alpenbogen als Trennlinie. Aus diesem Grund wird in den meisten Bestimmungsschlüsseln auf die Trennung des Verbreitungsgebietes verwiesen und nicht weiter auf diagnostische Merkmale eingegangen (MUUS & DAHLSTRÖM 1968; LADIGES & VOGT 1979; PEDROLI ET AL. 1991). Die Artbestimmungskriterien der im Luganersee vorkommenden und schwierig unterscheidbaren Arten sind in Tab. 1 dargestellt.



Foto 1: Rotaugen (Nr. 26, oben, gefangen am 13.9.1999) und Pigo (Nr. 16, unten, gefangen am 18.4.1999) im Luganersee.
Gardon (No. 26, sopra, catturato il 13.9.1999) e pigo (No. 16, sotto, catturato il 18.4.1999) del Lago di Lugano.



Foto 2: Pigo (Nr. 12), gefangen am 17.4.1999 im Luganersee. Die Iris ist auch in der oberen Hälfte gelb und das Maul ist unterständig.
Pigo (No. 12) catturato il 17.4.1999 nel Lago di Lugano. L'iridie è gialla anche nella metà superiore e la bocca è leggermente infera.



Foto 3: Pigo, (Nr. 16) gefangen am 18.4.1999 im Luganersee. Laichreifes Männchen mit deutlich sichtbarem Laichausschlag (Perlen) an Kopf und Rücken.
Pigo, (No. 16) catturato il 18.4.1999 nel Lago di Lugano. Maschio pronto alla riproduzione con evidenti tubercoli nuziali sul capo e il dorso.

Für die Unterscheidung von Pigo und Rotauge (Foto 1) wurden mehrere Unterscheidungskriterien beigezogen: Als erstes wurden die Seitenliniensuppen gezählt, da der Pigo im Durchschnitt mehr davon aufweist als das Rotauge. Da es zwischen Rotauge und Pigo einen Überlappungsbereich gibt (46-48, Tab. 1, S. 7), wurde zusätzlich die Farbe der Iris protokolliert, welche beim Pigo in der oberen Hälfte gelblich, beim Rotauge dagegen deutlich rotbraun gefärbt ist (Foto 2). Die Farbe der Bauchflossen und Afterflosse ist beim Rotauge nach Erreichen des ersten Lebensjahres immer rötlich, beim Pigo dagegen in der Regel dunkelgrau. Das Maul ist beim Pigo unterständig, beim Rotauge endständig (Foto 1-2). Ausserdem entwickeln männliche Pigo während der Laichzeit einen sehr ausgeprägten Laichausschlag (Foto 3).

Bei der Unterscheidung des Triotto von den beiden anderen Arten wurde auf die gedrungene Statur und ein dunkles Band auf der Seite geachtet. Gerade im Zusammenhang mit den geplanten genetischen Untersuchungen wurde ganz gezielt nach dieser Art gesucht, indem Netz- und Angelfischer des Luganersees und des Lago Maggiore angewiesen wurden, an den Gebieten mit bekannten Vorkommen zu fischen. Mit Hilfe der Ortskenntnisse der Fischereiaufseher und Tessiner Fischereibiologen wurden Sonderfänge an Stellen gemacht, wo früher der Triotto vorkam. Weder im Luganersee und Lago Maggiore noch in Fließgewässern konnte aber ein einziges Exemplar gefunden werden. Die Triotti für die genetischen Untersuchungen stammten aus dem Lago di Como.

Ähnliches gilt für die Alborella: Weder in den Netzfängen noch in den Sonderfängen im Luganersee konnte eine Alborella gefangen werden. Die Exemplare für die genetischen Untersuchungen stammten aus dem Lago di Muzzano.

2.4 Altersbestimmung

Die Schuppen wurden in einem Plastikbeutel (Minigrip) tiefgefroren aufbewahrt. Vor der Altersbestimmung wurden sie im Ultraschallbad gereinigt, zwischen zwei Objektträgern montiert und unter dem Binokular (Vergrößerung 6.5 – 40x) auf ihr Alter bestimmt.

Da Rotaugen in der Schweiz nicht in Fischzuchten gezüchtet werden, ist es nicht möglich, an Individuen bekannten Alters zu gelangen. Um so wichtiger ist die Überprüfung, ob die Annuli auf den Schuppen wirklichen Jahrringen entsprechen. In diesem Zusammenhang müssen folgende Fragen beantwortet werden:

- **Bilden Rotaugen mehrmals im Jahr Ringe auf den Schuppen?**
- **Gibt es Jahre, in welchen kein Annulus gebildet wird?**
- **Bilden die Rotaugen schon im ersten Lebensjahr Schuppen und einen Annulus?**

Zur Beantwortung dieser Fragen ist es sehr wichtig,

- **Fische verschiedener Altersklassen, inklusive der jüngsten, zu untersuchen;**
- **Proben aus verschiedenen Jahreszeiten einzubeziehen;**
- **aufzuzeigen, in welchem Monat die Annulusbildung stattfindet;**
- **zu zeigen, dass nur in einer bestimmten Jahreszeit Annuli gebildet werden.**

Zur Erfassung des Zeitpunktes der Annulusbildung wurde an insgesamt 278 Rotaugen, an welchen zuvor Altersbestimmungen gemacht worden waren, der gesamte Schuppenradius gemessen. Weiter wurde der Schuppenzuwachs seit dem letzten Annulus gemessen, in Prozent des gesamten Schuppenradius ausgedrückt und im Jahresverlauf dargestellt (Abb. 9). Da der jährliche Längenzuwachs und damit auch der Schuppenzuwachs mit zunehmendem Alter abnimmt, wurde die Darstellung nach Altersklassen getrennt vorgenommen (Abb. 9).

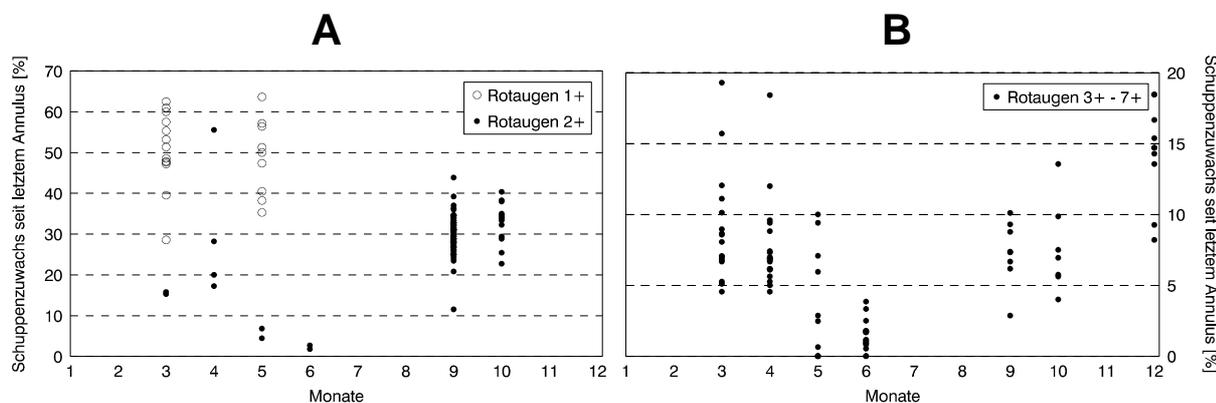


Abb. 9: Darstellung des Schuppenzuwachses seit dem letzten Annulus in Prozent des gesamten Schuppenradius getrennt für 1⁺ und 2⁺-Rotaugen (A) bzw. 3⁺ - 7⁺-Rotaugen (B). Die Altersangaben beziehen sich auf Altersbestimmungen auf den Schuppen. Korrekturen nach HILE (1950) wurden erst später vorgenommen (s. Text).

*Rappresentazione dell'accrescimento delle squame a partire dall'ultimo annulo, in percento rispetto al raggio complessivo della squama, separato secondo le classi di gardon 1⁺ e 2⁺ (A) risp. 3⁺ - 7⁺ (B). Le indicazioni di età si riferiscono a determinazioni dell'età fatte tramite le squame. Le correzioni secondo HILE (1950) sono state effettuate solo in seguito (vedi testo).
Monate = mesi; **Rotaugen** = gardon.*

Abb. 9 zeigt, dass sowohl bei jungen als auch bei alten Rotaugen nur im Mai hohe und tiefe Werte zugleich vorkommen. Dies ist dahingehend zu interpretieren, dass im Mai ein Teil der Population den Annulus schon gebildet hatte und ein Teil noch nicht. In den Junifängen wurden ausschliesslich tiefe Werte festgestellt. Da in keinem anderen Monat tiefe und hohe Werte zugleich feststellbar sind, kann daraus geschlossen werden, dass die Annulusbildung im Mai stattfindet. In Europa variiert der Zeitpunkt der Annulusbildung zwischen April und August. In den meisten Gewässern Zentraleuropas findet die Annulusbildung Anfang Juni statt (ZAUGG 1987).

Da definitionsgemäss der Alterswechsel bei Fischen der nördlichen Hemisphäre am ersten Januar angesetzt wird (HILE 1950), wurde bei allen Rotaugen mit Fangmonat Januar - April und bei allen im Mai gefangenen Fischen, deren Schuppenzuwachs seit dem letzten Annulus mehr als 10% (1⁺ bis 2⁺) bzw. mehr als 5% (>2⁺) betrug, zum Alter, welches auf Grund der Schuppen bestimmt wurde, ein Jahr dazu addiert. Bei Fischen, welche zwischen Juni und Dezember gefangen wurden, wurden keine Korrekturen vorgenommen. Bei den meisten

Rotaugen war die Altersbestimmung sehr einfach, was unter anderem mit dem verhältnismässig geringen Alter der Fische zusammenhängen dürfte.

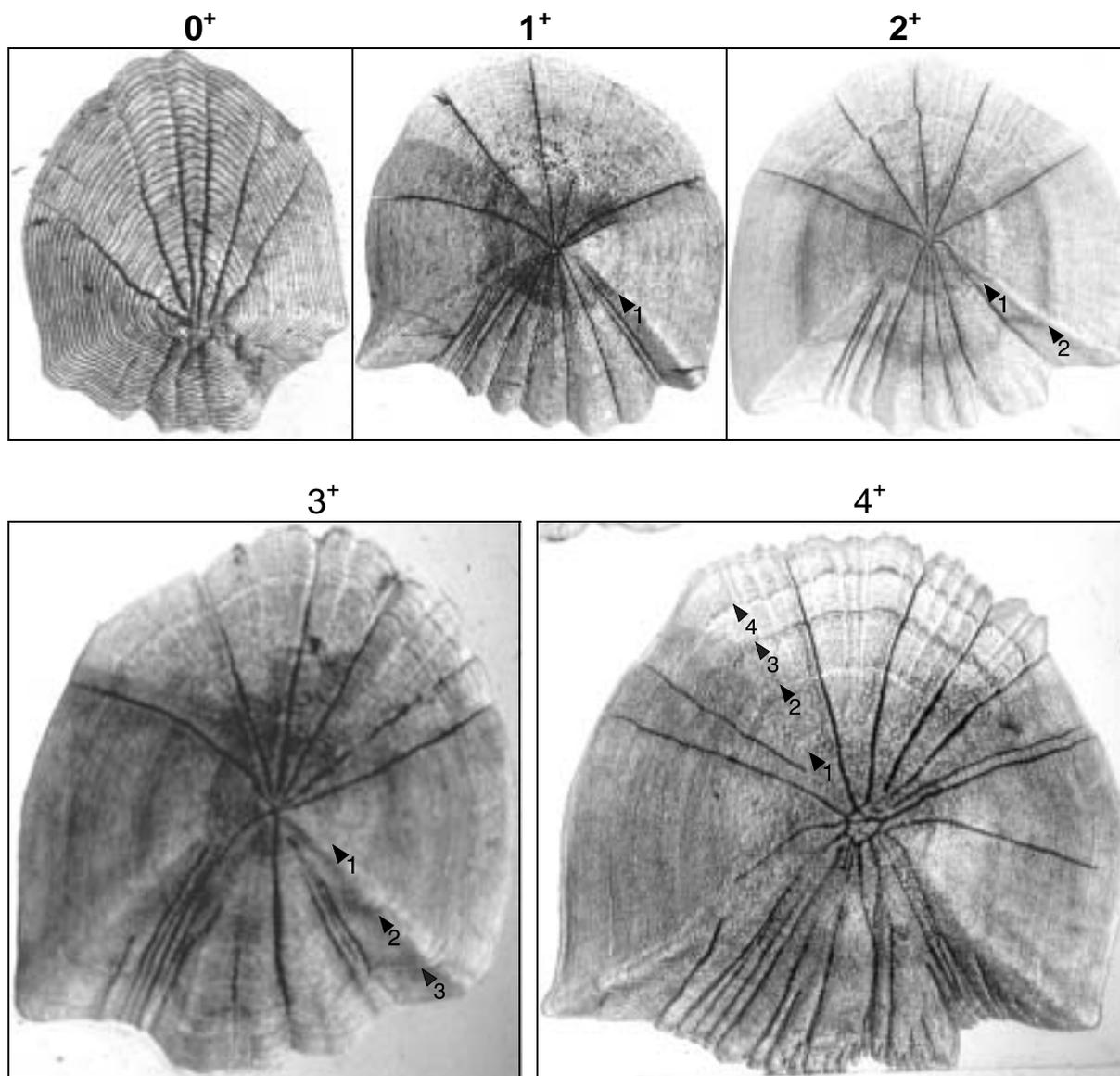


Foto 4: Schuppen von Rotaugen aus dem Luganersee von Altersklassen 0⁺ bis 4⁺. Die Lage der Annuli (1 bis 4) ist mit Pfeilen gekennzeichnet. Die Altersangaben entsprechen dem auf den Schuppen abgelesenen Alter, Korrekturen (s. S. 18 unten) wurden noch nicht vorgenommen. Fangdaten: 0⁺ 6.10.1999; 1⁺ 6.5.1999; 2⁺ 13.9.1999; 3⁺ 8.12.1999; 4⁺ 29.3.1999.

Squame di gardon del Lago di Lugano delle classi di età 0+ fino a 4+. La posizione degli annuli (1 a 4) è indicata dalle frecce. Le indicazioni di età corrispondono all'età rilevata sulle squame, le correzioni (vedi pag. 18 in basso) non sono state operate. Dati sulle catture: 0+ 6.10.1999; 1+ 6.5.1999; 2+ 13.9.1999; 3+ 8.12.1999; 4+ 29.3.1999.

Die auf diese Weise ermittelten Alterswerte wurden mit dem Fangmonat ergänzt. Ein im November gefangener 2⁺-Fisch erhielt den Wert 2.83 (2+10/12). In der Wachstumskurve wurde das Alter (X-Achse) gegen die Totallänge (Y-Achse) aufgetragen.

In vielen Arbeiten wird das Alter als Jahresendlänge ausgedrückt, das heisst die Länge, welche der Fisch bei der Bildung des letzten Annulus hatte. Jahresendlängen sind deshalb mit Wachstumsdaten anderer Gewässer direkt vergleichbar. Als Grundlage wurde bei jedem Rotauge der gesamte Schuppenradius und der Schuppenzuwachs seit dem letzten Annulus

gemessen. Durch Längenrückberechnung kann die Länge während der Bildung des letzten Annulus ermittelt werden.

Dazu steht eine breite Palette verschiedener Methoden zur Verfügung (BAGENAL 1978). Bei Rotaugen-Arbeiten kommen meist zwei zur Anwendung: (PONTON & GERDEAUX 1987) verwendeten für die Längenrückberechnung eine lineare Funktion, mit welcher für jeden Fisch individuell die Jahresendlänge aus der Länge während des Fanges, dem gesamten Schuppenradius und dem Annulus-Radius berechnet wird. Andere Autoren verwenden eine Polynom-Funktion, um dem allometrischen Wachstum Rechnung zu tragen (MANN 1973; MÜLLER 1983; MÜLLER & MENG 1986; LOVAS 1988; BONFIGLIOLI 1997). Dabei wird die Jahresendlänge auf Grund einer gemeinsamen Regressionsfunktion und dem Schuppenradius berechnet. Diese Funktion ist sehr empfindlich auf Streuung.

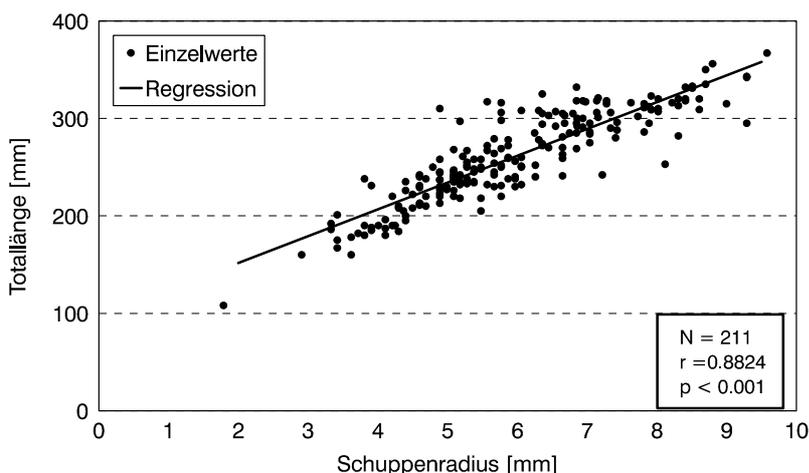


Abb. 10: Darstellung des Schuppenradius gegen die Totallänge des Fisches für Rotaugen > 100 mm.

Lunghezza del raggio della squama rispetto alla lunghezza totale del pesce per i gardon > 100 mm. Einzelwerte = Valori singoli; Regression = Regressione lineare.

Da es sich bei einem hohen Prozentsatz der Schuppen um Regenerate handelte, stammten die Schuppen nicht immer von der gleichen Stelle und die Streuung war im Vergleich mit anderen Arbeiten gross. Zudem ist die lineare Funktion für den angegebenen Bereich ein guter Fit (Abb. 10). Aus diesem Grund wurde die lineare Funktion gewählt.

$$L_{ann} = \frac{(L_{tot} - L_0) \cdot SR_{ann}}{SR_{tot}} - L_0$$

- L_{ann} Länge beim letzten Annulus (Jahresendlänge)
- L_{tot} Länge beim Fang
- L_0 Länge bei Schuppenbildung
- SR_{tot} Schuppenradius total (Fang)
- SR_{ann} Schuppenradius beim letzten Annulus

2.5 Laichreife, Fekundität

Insgesamt an 250 Fischen, 231 Rotaugen, 9 Pigo, 7 Rotfedern, 2 Alet und einem Fisch mit Merkmalen von Rotauge und Pigo wurden Geschlechtsbestimmungen durchgeführt. Dazu wurden alle Fische aufgeschnitten.

Der gonadosomatische Index (GSI) (Gonadengewicht / Gewicht des Fisches) gibt Aufschluss über den Entwicklungsstand der Gonaden und erlaubt Rückschlüsse über den Zeitpunkt der Laichzeit. Zudem ermöglicht der GSI Aussagen über das Alter und die Länge beim Eintritt der Geschlechtsreife.

An fünf Rotaugen wurden mit der gravimetrischen Methode Untersuchungen zur Fekundität durchgeführt. Die Gonaden von Weibchen aus März-Fängen, (kurz vor der Laichzeit), wur-

den in Äthanol 70% konserviert. Drei Proben à 100 Eier wurden ausgezählt, zum Abtropfen auf Fliesspapier gelegt und anschliessend auf einer Analysewaage (Mettler 2000) gewogen (Genauigkeit: 1 mg). Anschliessend wurde der Rest der Eier gewogen. Die Gesamteizahl wurde nach folgender Formel berechnet:

$F = \frac{G(\text{tot} - 300) \cdot 100}{MW(100)} + 300$	F absolute Fekundität (Eizahl) $G(\text{tot} - 300)$ Gonadengewicht abzüglich 300 Eier (3 Proben) $MW(100)$ Mittelwert aus 3 Proben (Gewicht von 100 Eiern)
---	--

In einem weiteren Schritt wurde die relative Fekundität berechnet (Eizahl pro kg Körpergewicht).

2.6 Mageninhaltsanalyse

Insgesamt an 117 Rotaugen und 10 Fischen von anderen Arten wurden Magenanalysen durchgeführt. Den frisch aufgetauten Fischen wurde der Magen-Darmtrakt entnommen, seitlich eingeschnitten und in Äthanol 70% fixiert. Unter dem Binokular (Vergrösserung 25 bis 40x) wurde der Mageninhalt analysiert.

Es wurden zwei Auswertungsmethoden angewendet:

frequency of occurrence: Der Anteil der Population, welcher eine bestimmte Nahrungskategorie gefressen hatte, wird in Prozent ausgedrückt (BAGENAL 1978). Da ein Teil der Fische mehr als eine Nahrungskategorie im Magen hatte, übersteigt das Gesamttotal 100%.

Mittlere Volumenanteile: Bei jedem Fisch wurde der Anteil der verschiedenen Nahrungskategorien am gesamten Mageninhalt geschätzt. Diese Volumenanteile wurden gemittelt. Fische, welche viel im Magen hatten, wurden nicht stärker gewichtet als Fische mit wenig Mageninhalt, da das gesamte Volumen der einzelnen Fische nicht bestimmt wurde.

2.7 Habitatuntersuchungen

2.7.1 Laichhabitatuntersuchungen

Da die Laichzeit nach Literaturangaben beginnt, wenn die Wassertemperatur im Uferbereich 10 °C erreicht und nur ca. eine Woche dauert, war es notwendig, die Situation im Vorfeld der Laichzeit genau zu beobachten. Aus den Temperaturmessungen von 1996 bis 1998 (BARBIERI ET AL. 1998; BARBIERI ET AL. 1999) war bekannt, dass im Südbecken früher 10 °C erreicht werden (7. bis 12. April) als im Nordbecken (12. bis 18. April). Deshalb wurden von Mitte April an an verschiedenen Stellen im Uferbereich Temperaturen gemessen. Am 15.4.1999 wurden im Südbecken (Caslano) und am 17.4.1999 im Nordbecken (Seedamm Melide Nordseite) 10 °C erreicht. Am 18.4.1999 wurde von Fischern erstmals gemeldet, dass sie vermuten, laichende Rotaugen beobachtet zu haben. Am 21.4.1999 wurden vom Boot und vom Ufer aus verschiedene Uferabschnitte systematisch auf Laichtiere und Laich abgesehen.

Dabei wurde:

- das Sediment aufgewirbelt, mit Benthosnetz aufgefangen und auf Eier kontrolliert;
- Steine und Blöcke auf Laich abgesucht;
- Äste, Wurzeln und Wasserpflanzen auf Laich kontrolliert.

Es konnten weder Laichaktivitäten noch Laich gefunden werden. Die Temperatur betrug damals im unmittelbaren Uferbereich zwischen 10.2 und 12.1 °C.

Am 29.4.1999 wurden im Bereich des Seedamms von Melide laichende Rotaugen beobachtet.

Am 3. und 4.5.1999 wurden vom Boot und vom Ufer aus systematische Laichplatzkartierungen nach oben beschriebener Methodik durchgeführt. Die Untersuchungsgebiete sind in Abb. 11 dargestellt. Die Standorte wurden so ausgewählt, dass auf kleinem Raum verschiedene Choriotope (Teillebensräume, der einem bestimmten Strukturtyp zugeordnet sind) zur Verfügung standen und auf diese Weise allfällige Habitatpräferenzen erkannt werden können. An jeder kontrollierten Stelle (mit oder ohne Laichplatz) wurden die in Tab. 3 aufgelisteten Parameter aufgenommen:

Tab. 3: Bei Laichplatzkartierungen erfasste Parameter.

Parametri rilevati durante la cartografia dei siti di frega.

Standort / Sito	X-Koord. / Coordinata X	Y-Koord. / Coordinata Y	
Ufertyp (Verbauung) / Tipo di riva (manufatti)			
Substrat-Typ / Tipo di substrato			
Schilf / Canneto	ja / si	nein / no	
Temperatur / Temperatura [°C]			
Uferabstand / Distanza da riva [m]	Maximum / massimo	Minimum / minimo	Optimum / optimum
Wassertiefe / Profondità [cm]	Maximum / massimo	Minimum / minimo	Optimum / optimum
Laichtiere vorhanden / Presenza di riproduttori	ja / si	nein / no	
Tiefe Laichtiere / Profondità dei riproduttori [cm]	Maximum / massimo	Minimum / minimo	Optimum / optimum
Eier vorhanden / Presenza di uova	ja / si	nein / no	

Da das Tiefenspektrum der Laichplätze durch Kartierungen vom Ufer und vom Boot aus nicht vollständig erfasst werden konnte, wurden an einem Teil der bekannten Laichgebiete Tauchgänge durchgeführt. Dabei wurde die Tiefenverteilung des Laiches erfasst und beobachtet, welche Fischarten ablaichten.

Zur sicheren Identifikation der Laichtiere wurden an einem Laichplatz Sonderfänge mit Kiemennetzen durchgeführt.

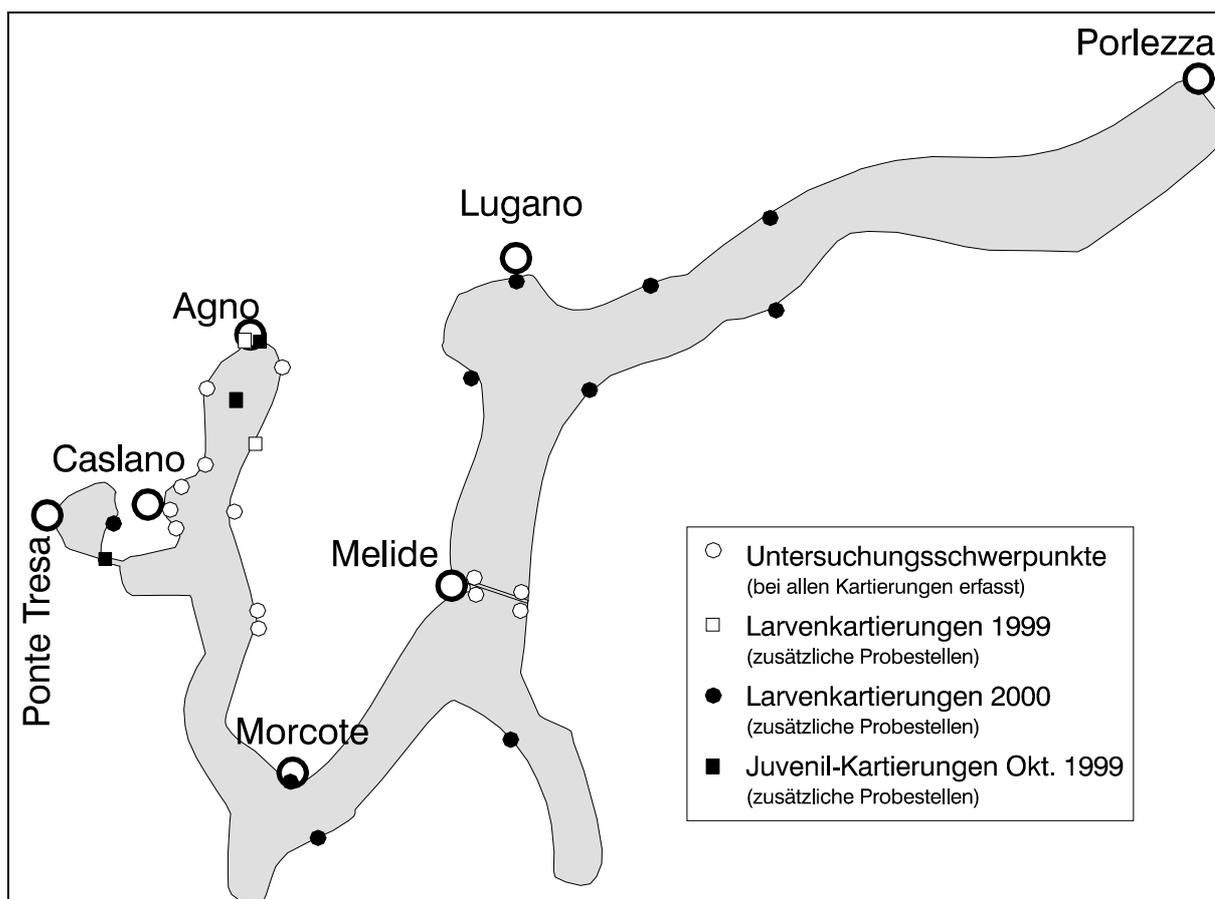


Abb. 11: Standorte der Habitatkartierungen vom Mai 1999 bis Mai 2000. An den Untersuchungsschwerpunkten (weisse Punkte) wurden bei allen Kartierungen Erhebungen gemacht. Zusätzliche kartierte Standorte während der Larvenkartierung 1999 bzw. 2000 und der 2. Juvenilkartierung im Oktober 1999 sind mit weissen Kästchen, schwarzen Punkten und schwarzen Kästchen gekennzeichnet.

*Punti nei quali è stata effettuata la cartografia degli habitat dal maggio 1999 fino al maggio 2000. Nei punti chiave (in bianco) sono stati raccolti dati durante ogni rilievo. Inoltre, i siti supplementari controllati durante il regolamento cartografico delle larve nel 1999 risp. nel 2000 e durante il secondo rilevamento cartografico degli stadi giovanili nell'ottobre 1999 sono stati contrassegnati rispettivamente con quadrati bianchi, punti neri e quadrati neri. **Bei allen Kartierungen erfasst** = dati raccolti per ogni rilevamento cartografico; **zusätzliche Probestellen**: = siti supplementari.*

2.7.2 Larvenhabitatuntersuchungen

Am 27.5.1999, also rund einen Monat nach der Laichzeit, wurden an denselben Standorten, wo Laichplatzkartierungen durchgeführt worden waren, vom Boot und vom Ufer aus Larvenkartierungen durchgeführt. Zusätzlich wurden zwei weitere Stellen kartiert. Wie bei den Laichplatzkartierungen wurden pro Standort, sofern vorhanden, verschiedene Choriotope untersucht.

Zur Abschätzung der **Larvendichte** (Tab. 4) wurde folgende Methode entwickelt: Ein Teesieb (Innendurchmesser 6.5 cm) wurde auf einer Strecke von ca. einem Meter schnell durch das Wasser gezogen. Die darin befindlichen Larven wurden gezählt. Bei grossen Fangzahlen wurden die Larven unmittelbar nach dem Fang in Äthanol 70% fixiert und im Labor ausgezählt. Bei grossen Dichteunterschieden innerhalb eines Choriotops wurden mehrere Züge durchgeführt und das Ergebnis gemittelt.

Tab. 4: Bei Larvenkartierungen erfasste Parameter.
Parametri rilevati per la cartografia delle larve.

Standort / Sito	X-Koord. / Coordinata X	Y-Koord. / Coordinata Y	
Ufertyp (Verbauung) / Tipo di riva (manufatti)			
Substrat-Typ / Tipo di substrato			
Substrat-Ø / Diametro del substrato [cm]	Bereich / intervallo	dominierend / dominante	
Wasserpflanzen / Piante acquatiche	ja / si	nein / no	
Schilf / Canneto	ja / si	nein / no	
Temperatur / Temperatura [°C]			
Dichte / Densità	stima della densità#		
Uferabstand / Distanza da riva [m]	Maximum / massimo	Minimum / minimo	Optimum / optimum
Wassertiefe / Profondità [cm]	Maximum / massimo	Minimum / minimo	Optimum / optimum
Tiefe der Fische / Profondità dei pesci [cm]	Maximum / massimo	Minimum / minimo	Optimum / optimum
Fischprobe / Campionamento di pesci	ja / si	nein / no	

2.7.3 Juvenilhabitatuntersuchungen

Vom 12. - 13.7.99 und vom 6. – 8.10.1999 wurden Kartierungen der juvenilen Fische durchgeführt. Die Untersuchungsstandorte sind in Abb. 11 angegeben. Am 6.10.1999 wurden zusätzlich an einer Stelle mitten im See vor Melide, wo jagende Möwen beobachtet worden waren, Probefänge mit einem Köderfischblatt gemacht.

An jedem Standort wurden dieselben Parameter wie bei den Larvenkartierungen aufgenommen. Eine Ausnahme bildet die Fischdichte im juvenilen Stadium, welche nicht mehr erfasst werden konnte.

Die Tiefenverteilung der Jungfische wurde mit Hilfe von Tauchgängen (8.10.1999) an den Stellen, wo Rotaugen beobachtet worden waren, näher untersucht. Im Juli konnten die Jungfische noch mit einem Aquarienfeumer gefangen werden. Im Oktober konnten die Fische nur noch mit einem Köderfischblatt gefangen werden. Die so gefangenen Jungfische wurden unmittelbar nach dem Fang in Äthanol 70% fixiert und nach Fangort und Choriotop getrennt in Plastikbehälter gefüllt.

2.8 Echolot-Transekte in der Bucht von Agno

Zu vier verschiedenen Jahreszeiten (August und Oktober 1999 bzw. Februar und März 2000) fuhr das Ufficio della Caccia e della Pesca im Golf von Agno Echolot-Transekte, wobei jeweils die oberste Wasserschicht bis in 20 m Tiefe erfasst wurde. Alle Transekte wurden mit demselben Boot mit der minimal möglichen Tourenzahl gefahren. Dadurch war eine konstante Fahrtgeschwindigkeit gewährleistet. Ebenso wurde die Einstellung des Echolots bei allen Fahrten gleich gehalten (Tab. 5).

Tab. 5: Einstellungen des Echolots (Marke Lowrance)
Regolazione dell'ecoscandaglio (di marca Lowrance)

Schwingerkonus	20 °
Pulslänge (P)	200 µs
Maximaltiefe	20 m
Papiergeschwindigkeit (PSD)	3 (4)
Diskrimination (D)	0

Mit dem Ziel, vergleichbare Resultate zu erhalten, wurden während allen vier Daten möglichst die gleichen Routen gefahren.

Die Echogramme wurden von Hand ausgewertet, wobei nur der Bereich zwischen 1.5 und 20 m Wassertiefe berücksichtigt wurde. Echos in den obersten 1.5 m Wassertiefe können nicht ausgewertet werden (MENG & MÜLLER 1990).

Nur in lockeren Beständen können Einzelfische unterschieden werden. Dichte Ansammlungen (Fischschulen) wurden nicht nach Einzelechos ausgewertet sondern als

Schule erfasst und gezählt. Wenn sich eine Fischschule über verschiedene Tiefenbereiche erstreckte, wurde sie in jedem Tiefenbereich gezählt.

Da der Durchmesser des Echolot-Schallkegels mit dem Quadrat der Wassertiefe zunimmt, nimmt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fisch erfasst wird, mit der Tiefe zu. Entsprechend dieser Gesetzmässigkeit wurden die Korrekturen vorgenommen (Tab. 6).

Tab. 6: Tiefenkorrektur-Faktoren der Echolotdaten.

Fattori di correzione per la profondità dell'ecoscandaglio

Tiefenbereich <i>Intervallo di profondità</i>	Mittel <i>Valore medio</i>	(Mittel) ² <i>(Valore medio)²</i>	Korrekturfaktor <i>Fattore di correzione</i>
1.5 - 4 m	2.75	7.6	1.0
4 - 8 m	6	36.0	4.8
8 - 12 m	10	100.0	13.2
12 - 16 m	14	196.0	25.9

Gemäss Tab. 6 wird die Anzahl Fischechos des Bereiches 1.5 - 4 m unverändert belassen, die Anzahl Echos im Bereich zwischen 16 und 20 m werden durch 42.8 geteilt, da die Chance 42.8 mal grösser ist, dass ein Fisch dort unten im grossen Durchmesser des Schallkegels erfasst wird.

3 Resultate

3.1 Untersuchte Arten

Die Unterscheidung der verschiedenen Cyprinidenarten erfolgte in der Regel auf Grund äusserer morphologischer Merkmale. Zur Eichung der Artbestimmung und zur sicheren Bestimmung von Grenzfällen wurden Schlundknochen (*ossa pharyngea*) herauspräpariert. Mit der Kombination dieser Methoden konnten alle untersuchten Cypriniden mit Ausnahme der Gattung *Rutilus* sicher unterschieden werden. Der Giebel konnte auf Grund der 45 Reusendornen auf dem ersten Kiemenbogen sicher bestimmt werden (Tab. 7).

Die *Rutilus* Arten Rotauge und Pigo konnten auf Grund mehrerer äusserer Merkmale unterschieden werden (s. Methoden).

Tab. 7: Zahl der im Rahmen dieser Studie untersuchten Fischarten mit deutschen, italienischen und wissenschaftlichen Artnamen.

Specie rilevate durante il presente studio, con i relativi nomi specifici in tedesco, italiano e latino, e quantità di pesci analizzati.

Artnamen (deutsch)	Artnamen (italienisch)	Artnamen wissenschaftlich	Anzahl
Alet	Cavedano	<i>Leuciscus cephalus</i>	2
Giebel	Carassio	<i>Carassius auratus gibelio</i>	1
Karpfen	Carpa	<i>Cyprinus carpio</i>	1
Pigo	Pigo	<i>Rutilus pigus</i>	12
Pigo (evtl. Hybride)	Pigo (evtl. Hybride)		1
Rotaug	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	393
Rotfeder	Scardola	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	7
Schleie	Tinca	<i>Tinca tinca</i>	1
Total			418

Die Häufigkeitsverteilung der Anzahl Seitenlinienschuppen ist deutlich zweigipflig, ermöglicht aber allein keine 100%ige Auftrennung der beiden Arten (Abb. 12). Die Auftrennung der Fische auf Grund ihrer äusseren Merkmale (Flossenfarbe, Iris-Farbe, Lage des Mauls) stimmt aber sehr gut mit der Zahl der Seitenlinienschuppen überein. Im Bereich mit 47 Seitenlinienschuppen, welcher auch in der Literatur als Überlappungsbereich angegeben wird, befinden sich sowohl Fische mit morphologischen Merkmalen von Pigo und Rotaug.

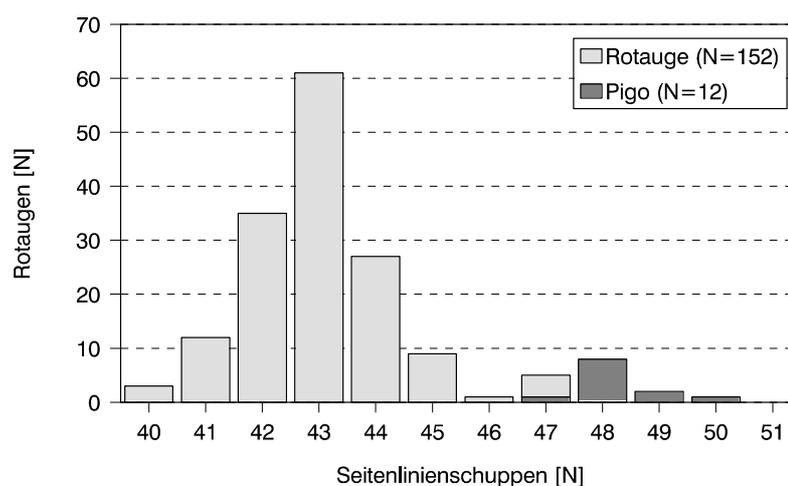


Abb. 12: Häufigkeitsverteilung der Anzahl Seitenlinienschuppen von Rotaug und Pigo.

Distribuzione di frequenza del numero di squame della linea laterale nel gardon e nel pigo.

Die Kombination verschiedener Merkmale (Anzahl Seitenlinienschuppen mit dem K-Faktor oder der Längen-Gewichts-Beziehung zeigt zwar, dass sich die Pigo im unteren Grenzbereich der Kurven befinden. Das heisst der Pigo ist ein schlanker gebauter, weniger

corpulenter Fisch als das Rotauge. Eine sichere Unterscheidung ist aber nicht möglich (Abb. 13).

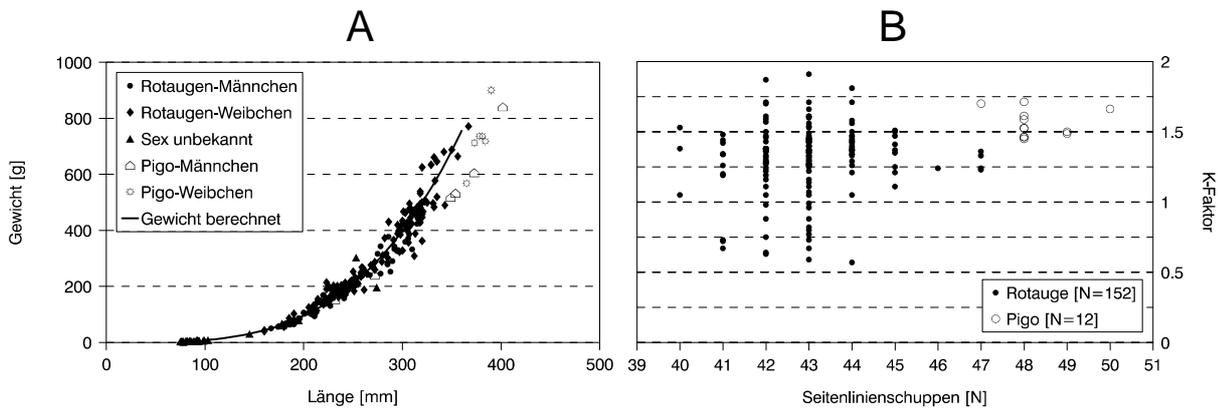


Abb. 13: Darstellung der Arten Rotauge und Pigo auf Grund der Längen-Gewichts-Beziehung (A) und der Zahl der Seitenliniensuppen kombiniert mit dem K-Faktor (B).

Le specie gardon e pigo rappresentate in base alla relazione lunghezza-peso (A) e al numero di squame della linea laterale rispetto al fattore K (B). Pigo-Weibchen = femmine di pigo; Rotaugen-Männchen = maschi di gardon; Sex unbekannt = sesso non determinato; Gewicht berechnet = peso calcolato; Kondition (Korpulenz, K-Faktor) = condizione (corpulenza, fattore K).

Im Rahmen dieser Studie wurde ein Fisch mit 44 Seitenliniensuppen untersucht, welcher gleichzeitig Rotaugen-Merkmale (Obere Hälfte der Iris rot) und Pigo-Merkmale (dunkelgraue Bauch- und Afterflossen, schlanker Körper) aufwies. Beim Sezieren wurde lediglich eine Testis festgestellt. Diese Kombination von Merkmalen ist möglicherweise ein Hinweis, dass es sich um einen Hybriden handelte. Aus verschiedenen Arbeiten geht hervor, dass Rotaugen mit verschiedenen Cyprinidenarten hybridisieren (CRIVELLI & DUPONT 1987; WOOD & JORDAN 1987; ZAUGG 1987). Die Unterscheidung der Hybriden von den beiden ursprünglichen Arten ist auf Grund morphologischer Kriterien allein sehr schwierig. Nur genetische Ansätze ermöglichen eine sichere Unterscheidung.

3.2 Länge und Gewicht

Im Vergleich zu anderen Gewässern erreichen die Rotaugen des Luganersees sehr grosse Längen. Das grösste vermessene Weibchen kam auf eine Totallänge von 367 mm, das grösste Männchen erreichte 318 mm. Der Exponent der Längen-Gewichtsbeziehung (Abb. 14) liegt deutlich über drei, was auf ein allometrisches Wachstum hindeutet. Die Rotaugen sind als kleine Fische schlank und Torpedoförmig und werden mit zunehmender Grösse immer hochrückiger und/oder corpulenter. Allometrisches Wachstum ist typisch für Rotaugen. Auch in anderen Populationen liegt der Exponent deutlich über 3 (ZAUGG 1987; LOVAS 1988; MELLIN & STEMMER-BRETTTHAUER 1993; BONFIGLIOLI 1997). Eine Ausnahme bildet die Population des Lac du Lochat (ZAUGG 1987).

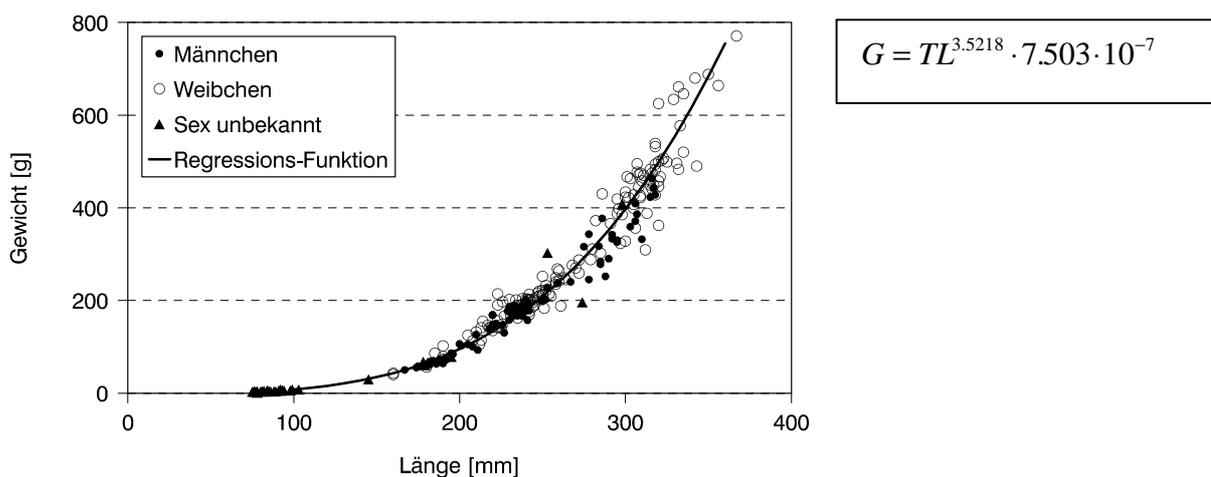


Abb. 14: Längen-Gewichtsbeziehung der Rotaugen des Luganersees nach Geschlechtern getrennt. N = 261, 75 Männchen, 145 Weibchen, 41 Tiere ohne Geschlechtsbestimmung.

Relazione lunghezza-peso del gardon nel Lago di Lugano con distinzione dei due sessi N = 261, 75 maschi, 145 femmine, 41 animali dei quali non è stato determinato il sesso. Männchen = maschi; Weibchen = femmine; Sex unbekannt = sesso non determinato; Regressions-Funktion = Regressione.

3.3 Konditions-Faktor nach Fulton

Die Veränderung der Korpulenz mit der Grösse ist auch in der Darstellung des Konditionsfaktors gegen die Totallänge (Abb. 15) erkennbar. Kleine Fische haben eine signifikant tiefere Kondition als grosse. Aus dieser Abbildung ist auch erkennbar, dass der Pigo bei gleicher Länge eine geringere Korpulenz aufweist als das Rotauge.

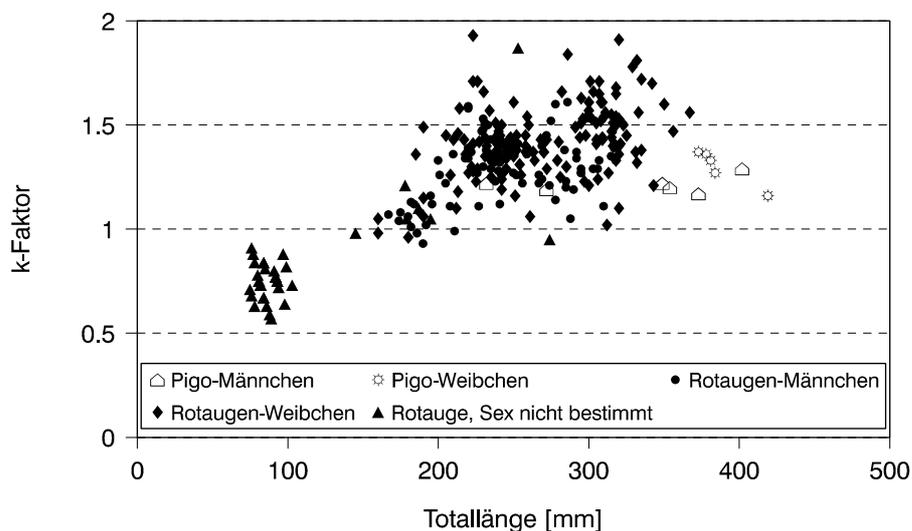


Abb. 15: Konditionsfaktor vs. Totallänge; Fische nach Art und Geschlecht getrennt.

Indice di condizione rispetto alla lunghezza totale; i pesci sono distinti secondo la specie e il sesso.). Pigo-Weibchen = femmine di pigo; Rotaugen-Männchen = maschi di gardon; Sex nicht bestimmt = sesso non determinato; Gewicht berechnet = peso calcolato; Kondition (Korpulenz, K-Faktor) = condizione (corpulenza, fattore K).

Die Kondition der Tiere (Korpulenz, K-Faktor nach Fulton) streut in jedem Monat sehr stark. Im Jahresverlauf ist keine eindeutige Tendenz erkennbar. In allen Monaten war die Kondition der Weibchen (Median) grösser als diejenige der Männchen (Abb. 16). Die Kondition juveni-

ler Rotaugen weicht deutlich nach unten ab. Diese Feststellung stimmt mit anderen Arbeiten überein (LOVAS 1988; BONFIGLIOLI 1997). Der Unterschied zwischen zweijährigen und älteren ist viel weniger ausgeprägt.

Im Vergleich mit anderen Populationen ist der K-Faktor der Luganersee-Rotaugen sehr hoch. Selbst in den Frühjahrsmonaten, in welchen andere Populationen ein Minimum aufweisen, ist kaum eine Abnahme feststellbar.

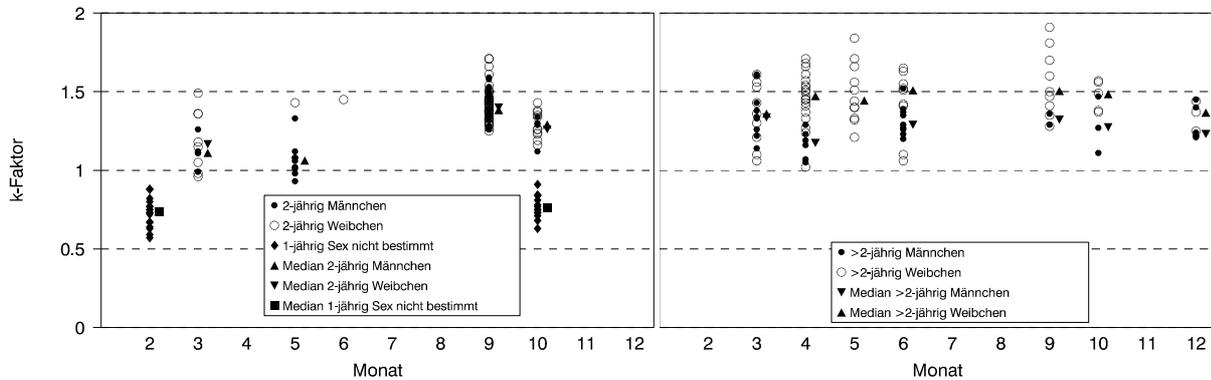


Abb. 16: Veränderung des Konditionsfaktors der Rotaugen (nach Geschlechtern getrennt) im Jahresverlauf. Die Zentralwerte (Mediane) sind nach rechts verschoben dargestellt. Linke Grafik: 1 – 2-jährige, rechte Grafik: ältere Rotaugen.

Andamento dell'indice di condizione dei gardon (suddivisi secondo i sessi) sull'arco dell'anno. I valori centrali (mediane) sono rappresentati a destra dei punti. Grafico di sinistra: gardon di 1 – 2 anni; grafico di destra: gardon più vecchi. 2-jährig Männchen = maschio di 2 anni; Sex nicht bestimmt = sesso non determinato.

Der im Vergleich mit anderen Populationen sehr hohe K-Faktor und die kaum feststellbare Abnahme im Winter spricht für ausgezeichnete Lebens- und Nahrungsbedingungen im Luganersee.

3.4 Wachstum und Alter

Die Rotaugen des Luganersees wachsen sehr schnell und die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit stimmen mit der Untersuchung von (GRAIA 1998) überein. Insbesondere im ersten Lebensjahr ist die Wachstumsverzögerung während der Wintermonate deutlich sichtbar (Abb. 17).

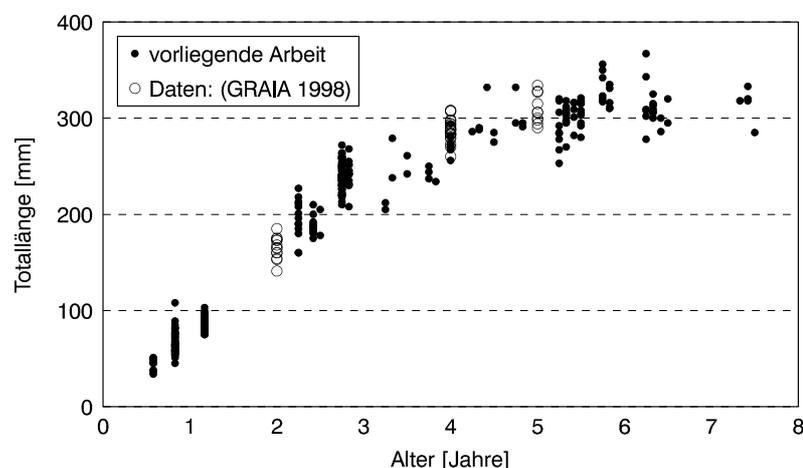


Abb. 17: Wachstum der Rotaugen im Luganersee. Als Alterswechsel ist der erste Januar definiert. ein im Februar gefangener 1⁺-Fisch (im Vorjahr geschlüpft) erhält den Wert 1.083 (1+1/12).

Crescita dei gardon nel Lago di Lugano. Il primo di gennaio è per definizione la data di cambiamento di età. A un pesce 1⁺ catturato a febbraio (nato l'anno precedente) viene attribuita un'età di 1.083 (1+1/12). Vorliegende Arbeit = presente studio; Alter [Jahre] = Età [anni]; Totallänge = lunghezza totale.

Um die Ergebnisse mit anderen Arbeiten vergleichen zu können, wurden Längerrückberechnungen durchgeführt. Dabei wurde diejenige Länge berechnet, welche der Fisch bei der Bildung des letzten Annulus, das heisst am Ende der letzten Phase mit verlangsamtem Wachstum, hatte (vgl. Kapitel 2.4).

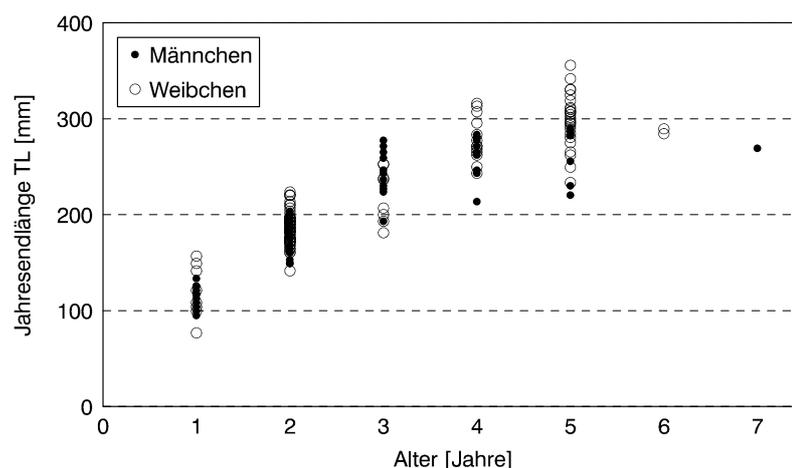


Abb. 18: Wachstum der Rotaugen im Luganersee nach Geschlechtern getrennt (N=205; 76 Männchen (maschi) und 129 Weibchen (femmine). Jahresendlänge (taglia a fine anno): Länge bei der Bildung des letzten Annulus (Rückberechnung). (Alter [Jahre] = età [anni])

Crescita del gardon nel Lago di Lugano con distinzione tra i sessi (N=205; 76 maschi e 129 femmine). Lunghezza annuale: lunghezza raggiunta alla formazione dell'ultimo annulo (calcolo regressivo).

Schon bei der Bildung des ersten Annulus erreichen die Rotaugen eine mittlere Totallänge von 111 mm, beim zweiten 178 mm, beim dritten 228 mm beim vierten 278 mm und beim fünften Annulus 299 mm (Abb. 18). Dies ist im schweizerischen und im internationalen Vergleich als sehr hoch einzustufen (Abb. 2). Vom vierten Jahr an wachsen die Weibchen schneller als die Männchen. Dieser geschlechtsspezifische Unterschied wurde in zahlreichen anderen Gewässern beobachtet (MANN 1973; GOLDSPIK 1979; MÜLLER & MENG 1986; LOVAS 1988).

Im Vergleich zu anderen Rotaugenpopulationen (bis 13 Jahre) ist das maximale Alter der gefangenen Rotaugen im Luganersee (7 Jahre) verhältnismässig gering (Abb. 19). Dies dürfte primär damit zusammenhängen, dass es sich um eine eingeführte Art handelt und die Population sich erst seit wenigen Jahren etabliert hat. Im Jahr 1988, während den Erhebungen zum Verbreitungsatlas für Fische und Rundmäuler der Schweiz (PEDROLI ET AL. 1991), war das Vorkommen noch nicht bekannt, und ab 1992 nahmen die Weissfischfänge stark zu. Das bedeutet, dass siebenjährige Rotaugen aus der Zeit stammen, als die Population stark am Zunehmen war.

Das Dominieren von zwei und fünfjährigen und die sehr schwache Vertretung von vierjährigen Rotaugen im Fang ist ein Hinweis, dass die Jahrgänge 1994 und 1997 sehr stark waren und der Jahrgang 1996 unterdurchschnittlich ausfiel. Die grossen Unterschiede der Jahrgangsstärken lassen sich nicht allein durch die Selektivität der Kiemennetze erklären.

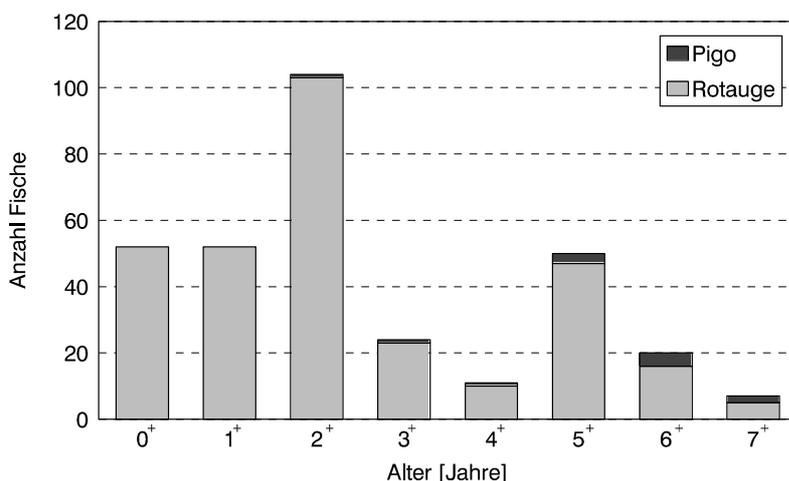


Abb. 19: Altersaufbau der Rotaugen und Pigo im Luganersee. Netz- und Anglerfänge, ergänzt mit Sonderfängen April 1999 bis Januar 2000.

Composizione delle età di gardon e pigo nel Lago di Lugano. Catture della pesca con rete e con lenza, completata con pescate speciali da aprile 1999 a gennaio 2000.

Im Unterschied zu den Rotaugen wurden vorwiegend alte Pigo gefangen. Eine mögliche Ursache könnte in der Habitatsegregation der beiden Arten liegen: Aus der Literatur ist bekannt, dass das Rotauge in der Regel eher geringe Tiefen besiedelt, der Pigo dagegen bevorzugt in grosser Tiefe lebt, was dazu geführt haben könnte, dass letztere Art in den Sonderfängen im Litoral (kleine Fische) nicht erfasst wurde und erst in den entlang der Halde eingesetzten Grundnetzen gefangen wurde. Wegen der sehr geringen Stichprobenzahl (Pigo) ist eine weitergehende Interpretation nicht sinnvoll.

Wie in vielen anderen Arbeiten über Rotaugen in Seen und Fliessgewässern (MANN 1973; GOLDSPIK 1979; PONTON & GERDEAUX 1987; ZAUGG 1987; LOVAS 1988; NAUWERCK 1999) ist das Geschlechterverhältnis auch in der Population im Luganersee mit zunehmendem Alter immer stärker zugunsten der Weibchen verschoben. Bereits in der Altersklasse 2⁺ überwiegen die Weibchen. Eine Ausnahme bilden 3⁺ und 4⁺, welche allerdings zahlenmässig nur sehr schwach repräsentiert sind (Abb. 20). Verschiedene Autoren gehen davon aus,

dass dieses Phänomen auf eine erhöhte Mortalität der Männchen nach der Laichzeit zurückzuführen ist (GOLDSPINK 1979; PONTON & GERDEAUX 1987; ZAUGG 1987; LOVAS 1988).

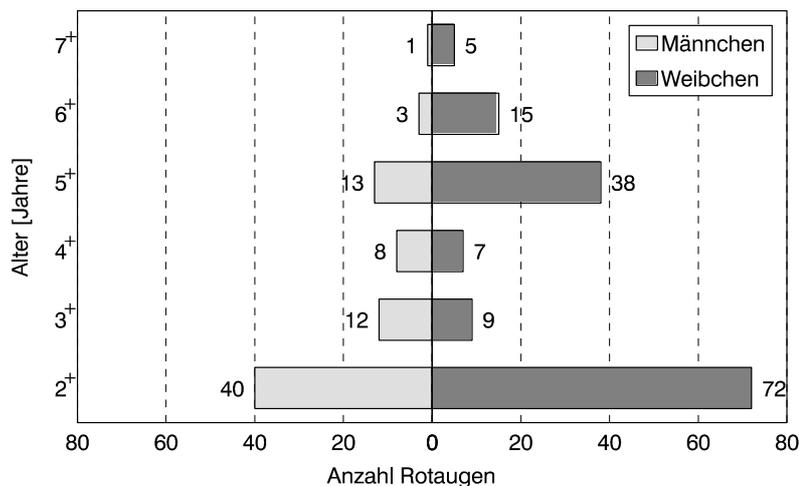


Abb. 20: Alterspyramide der Rotaugen im Luganersee nach Geschlechtern getrennt (N = 223, 77 Männchen und 146 Weibchen). Weniger als 2-jährige Fische wurden weggelassen, da keine Geschlechtsbestimmungen vorgenommen wurden.

Distribuzione delle classi di età per il gardon nel Lago di Lugano, suddivisa secondo il sesso (N = 201, 77 maschi e 146 femmine). I pesci con meno di due anni sono stati tralasciati, data l'impossibilità di determinarne il sesso. Anzahl Rotaugen = numero di gardon.

3.5 Laichzeit, Geschlechtsreife und Fekundität

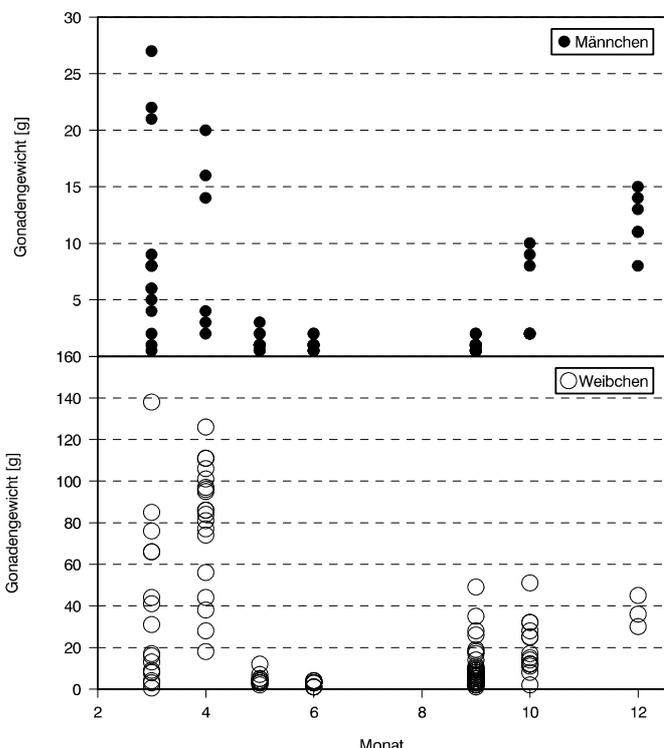


Abb. 21: Gonadengewicht [g] von Rotaugenmännchen und Weibchen im Luganersee im zeitlichen Verlauf. Netzfänge April 1999 bis Januar 2000; N = 203: 74 Männchen und 129 Weibchen.

Peso delle gonadi [g] di maschi e femmine di gardon del Lago di Lugano sull'arco dell'anno. Catture con reti da aprile 1999 fino a gennaio 2000; N = 203: 74 maschi e 129 femmine.

Im Mai sind bei beiden Geschlechtern die Gonadengewichte ohne Ausnahme sehr gering, woraus zu schliessen ist, dass die Laichzeit schon vorher stattgefunden hat. Auch im Juni sind die Gonadengewichte sehr gering. Erst im Oktober ist bei beiden Geschlechtern eine merkliche Zunahme der Gonadengewichte erkennbar. Vom Oktober an ist auch auf Grund des Entwicklungsgrades der Eierstöcke und Hoden eine sichere Unterscheidung der Fische

möglich, welche im folgenden Jahr laichreif geworden wären. Ein Rotaugenweibchen kann in einem Jahr bis zu 140 g Eier produzieren (Abb. 21).

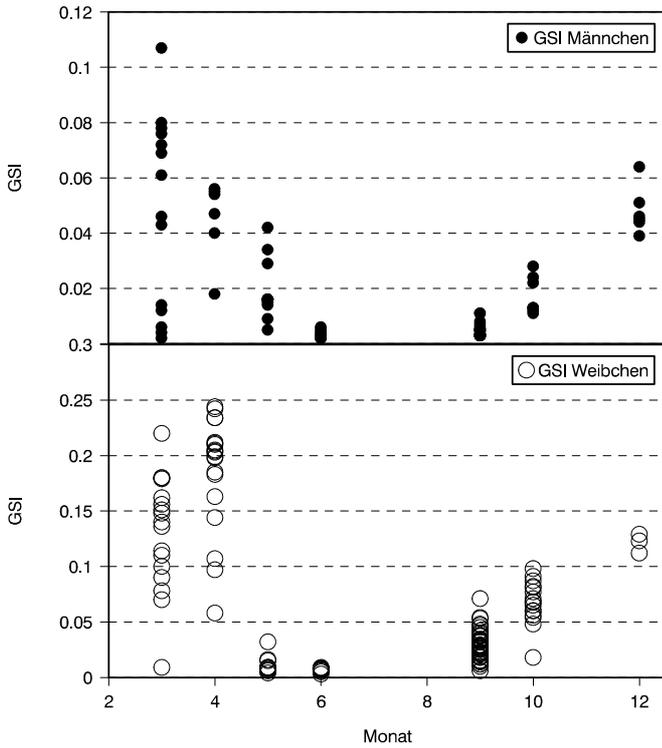


Abb. 22: Gonadosomatischer Index (GSI) von Rotaugenmännchen und Weibchen im Luganersee im zeitlichen Verlauf. Netzfänge April 1999 bis Januar 2000; N = 203: 74 Männchen und 129 Weibchen. *Indice gonadosomatico (GSI) per maschi e femmine di gardon del Lago di Lugano sull'arco dell'anno. Cature con reti da aprile 1999 fino a gennaio 2000; N = 203: 74 maschi e 129 femmine.*

Mit der Berechnung des gonadosomatischen Index (GSI) ist es möglich, dass grosse und kleine Fische gleich behandelt werden. Auf diese Weise ist auch die Unterscheidung reifer und unreifer Fische besser möglich (Abb. 22). Vom Oktober an waren Männchen mit GSI > 0.02 und Weibchen mit GSI > 0.05 ohne Ausnahme reif. Fische unter diesem Wert waren unreif. Aus dieser Abbildung ist noch deutlicher der Unterschied zwischen April (sehr hohe GSI) und Mai (sehr niedrige Werte) erkennbar. Die Laichzeit muss folglich Ende April bis Anfang Mai stattgefunden haben.

Vor der Laichzeit beträgt der GSI bis zu 0.25, das heisst die Gonaden machen bis zu einem Viertel des Körpergewichts eines laichreifen Weibchens aus. Aus der Abbildung ist aber auch ersichtlich, dass ein nicht unwesentlicher Teil des Gonadenwachstums während der Winterzeit stattfindet.

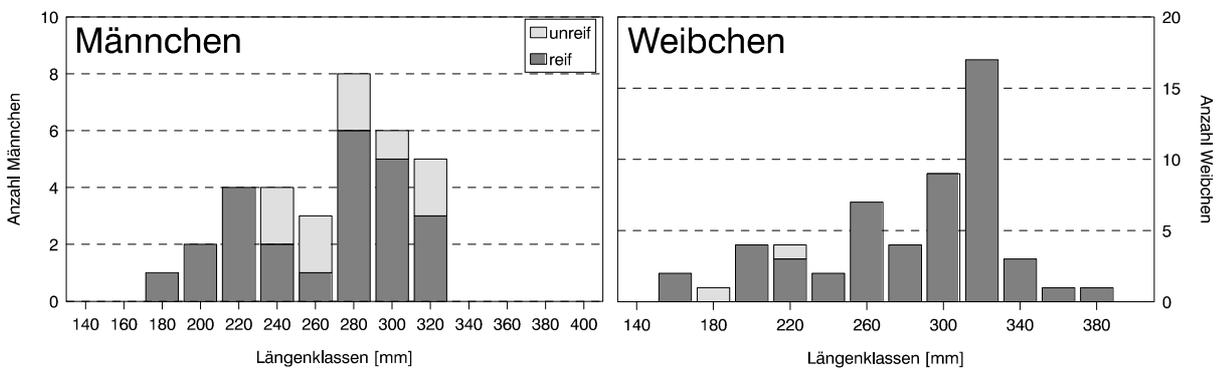


Abb. 23: Geschlechtsreife der Rotaugen in Abhängigkeit von der Totallänge nach Geschlechtern getrennt. Es wurden ausschliesslich Fänge zwischen Oktober und April berücksichtigt. N = 88, 33 Männchen (*maschi*) und 55 Weibchen (*femmine*).

Maturità sessuale del gardon in relazione alla lunghezza totale a seconda dei sessi. Sono state prese in considerazione solo le catture tra ottobre e aprile. N = 88, 33 maschi e 55 femmine. Längenklassen = classe di lunghezza; reif = maturo; unreif = immaturo.

Im Luganersee kommen bereits sehr kleine Rotaugen erstmals zum Ablachen. Das kleinste laichreife Männchen hatte eine Totallänge von 167 mm und das kleinste Weibchen mass 160 mm. Weiter ist erkennbar, dass praktisch alle gefangenen Weibchen geschlechtsreif waren. Lediglich zwei von 55 untersuchten Tieren waren unreif. Bei den Männchen hingegen war ein nicht unwesentlicher Anteil, vor allem grössere Tiere, nicht laichreif, was dafür spricht, dass die Männchen nicht in jedem Jahr zum Ablachen kommen (keine hundertprozentige Iteroparie).

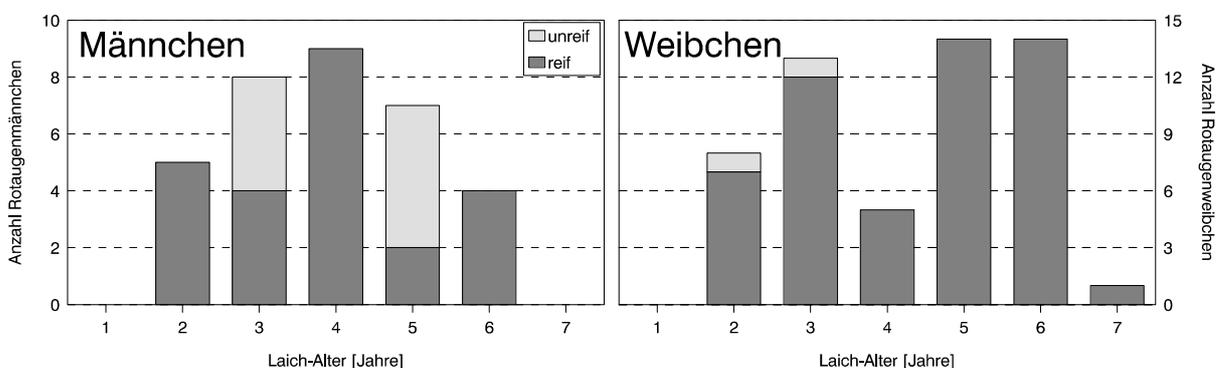


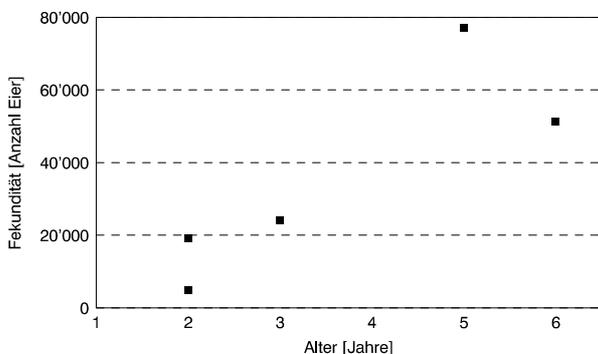
Abb. 24: Geschlechtsreife der Rotaugen in Abhängigkeit vom Laichalter (Alter in Jahren, mit dem die Fische das nächste Mal ablaichen würden) nach Geschlechtern getrennt. Es wurden ausschliesslich Fänge zwischen Oktober und April berücksichtigt. N = 88, 33 Männchen (maschi) und 55 Weibchen (femmine).

Maturità sessuale del gardon in relazione all'età di fregola (età, in anni, alla quale i pesci fregherebbero la prossima volta) secondo i sessi. Sono state prese in considerazione solo le catture tra ottobre e aprile. N=88, 33 maschi e 55 femmine. reif = maturo; unreif = immaturo.

Die Rotaugen des Luganersees erreichen in sehr jungem Alter erstmals die Laichreife; zumindest ein Teil der Männchen und Weibchen laicht bereits im Alter von zwei Jahren erstmals ab. Wie hoch der Anteil laichreifer 2-jähriger Rotaugen ist, kann auf Grund der geringen Stichprobe nicht sicher beurteilt werden, zumal Kiemennetze vor und während der Laichzeit besonders fangselektiv sind.

Ein Teil der drei- und fünfjährigen Männchen war unreif. Ob diese Zweijahresperiode durch Zufall zustande kommt, ob ein Teil der Männchen nur jedes zweite Jahr ablaicht, oder ob Kohorten mit starker bzw. schwacher Kondition für dieses Bild verantwortlich sind, kann auf Grund der geringen Stichprobenzahl nicht beurteilt werden.

Bei den Weibchen fanden sich lediglich zwei unreife Tiere, beides junge Fische (2 bis 3-jährige). Die Weibchen ab vier Jahren waren alle geschlechtsreif (Abb. 24).



TL [mm]	Alter Jahre	Fekundität (Eizahl)	relative Fekundität [Eier/kg Körpergew.]
160	2	4'817	112'016
190	2	19'131	187'555
212	3	24'138	229'890
295	5	77'105	198'724
307	6	51'153	107'238

Abb. 25: Fekundität (Eizahl) von 5 Rotaugen verschiedener Länge aus dem Luganersee. Die numerischen Werte und die relative Fekundität sind im einzelnen in der rechts anschliessenden Tabelle dargestellt.

Fecondità (numero di uova) di 5 gardon di lunghezza diversa, del Lago di Lugano. I valori numerici e la fecondità relativa sono rappresentati in modo dettagliato nella tabella a destra.

Das Reproduktionspotenzial der Population ist nicht nur dadurch sehr hoch, indem die Fische bereits sehr jung zum Ablaichen kommen, es wird zusätzlich erhöht durch eine sehr hohe Fekundität. Bereits im Alter von zwei Jahren kann ein Weibchen mit 4'000 bis 20'000 Eiern zum Fortbestand der Population beitragen und ältere Tiere bringen es auf eine Eizahl von 80'000 (Abb. 25; Foto 5).



Foto 5: Seziertes laichreifes Rotaugenweibchen. Die Gonaden füllen praktisch die ganze Bauchhöhle aus. Mit gravimetrischer Methode wurde eine Eizahl von annähernd 80'000 Stück berechnet.

Femmina di gardon matura sezionata. Le gonadi riempiono praticamente tutta la cavità toracica. Con l'ausilio del metodo gravimetrico si è stimato il numero di uova a circa 80'000.

3.6 Nahrungsökologie

3.6.1 Rotauge

Von den 1999 insgesamt 418 abgelieferten Rotaugen, wurde bei 117 (28%) der Mageninhalt untersucht. 54 Rotaugen (alle 0⁺) wurden mit Hilfe des Köderfischblattes in Ufernähe, die übrigen Rotaugen (2⁺ oder älter) mit Kiemennetzen gefangen. Zwei der untersuchten Mägen waren vollständig leer. Die Altersklasse 1⁺ fehlt in den Magenanalysen.

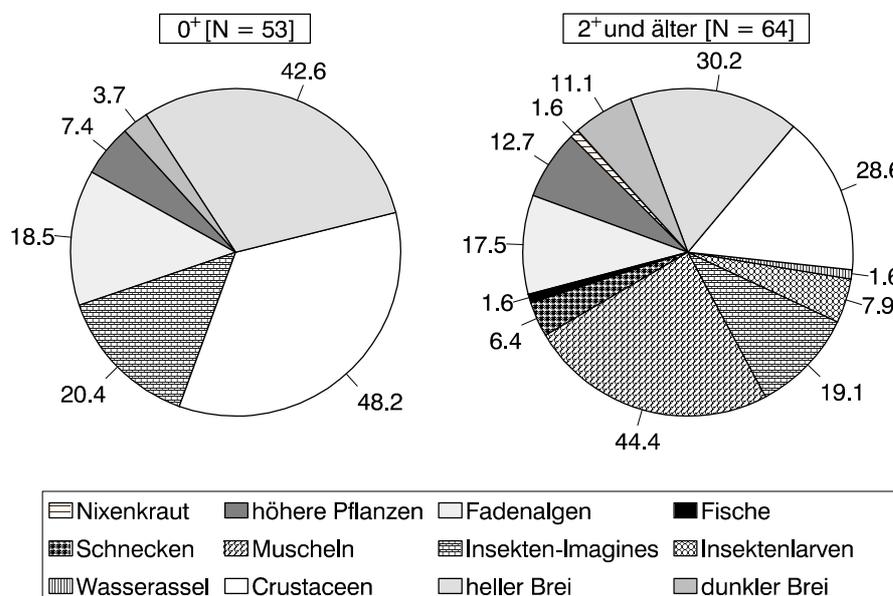


Abb. 26: Nahrungsanzusammensetzung der Rotaugen getrennt nach 0⁺-Fischen und älteren Tieren. Anteil der Population [%], welcher eine bestimmte Nahrungskategorie im Magen hatte (frequency of occurrence). Die Summe aller Werte übersteigt 100%, da ein grosser Teil der Fische mehr als eine Nahrungskategorie im Magen hatte.

Spettro alimentare del gardon, con distinzione tra pesci 0⁺ e pesci più vecchi. Percentuale della popolazione [%], che presentava nello stomaco una delle categorie di cibo (frequenza di comparsa relativa). La somma di tutti valori supera il 100%, dato che una gran parte dei pesci aveva nello stomaco più di un tipo di nutrimento. Nixenkraut = najas marina; Schnecken = lumache; Wasserassel = asellidi; höhere Pflanzen = piante superiori; Muscheln = bivalvi; Crustaceen = crostacei; Fadenalgen = alghe filiformi; Insekten-Imagines = insetti adulti; Insektenlarven = larve d'insetti; heller Brei = poltiglia chiara; dunkler Brei = poltiglia scura; Fische = pesci.

Während Crustaceen in fast der Hälfte der Mägen der Jungfische gefunden wurden (48.2%), fand sich diese Kategorie nur bei etwas mehr als einem Viertel der älteren Rotaugen (28.6%). Hauptsächlich wurden Bestandteile von Daphnien gefunden, vereinzelt Überreste von Ruderfuss- und Muschelkrebse (in den Mägen zweier Jungfische). Ältere Rotaugen hatten auch Ehippien (Dauerstadien von Daphnieneiern) im Magen. Auf Grund der Färbung des hellen Breies, der durchsichtig, hellgrau, teils glänzend und körnig war, ist zu vermuten, dass dieser zu einem grossen Teil aus stark anverdauten Crustaceen besteht.

In rund 1/5 der Mägen der Jungfische und der älteren Rotaugen fanden sich Bestandteile (vor allem Flügel) von Insekten-Imagines. In den Mägen der grösseren Rotaugen tauchten auch Kopfkapseln von Zuckmücken-Larven auf (7.9%). Weitere tierische Nahrung wurde bei den Jungfischen nicht angetroffen.

Hingegen wurden in über 50% der Mägen der älteren Rotaugen Schalen von Mollusken gefunden, hauptsächlich Wandermuschel. Einzelne Mägen waren förmlich vollgestopft damit. Andere Rotaugenmägen waren gefüllt mit Schneckenhäusern. Vereinzelt fressen die Rotaugen auch Wasserasseln und sogar Fisch.

Vegetarische Nahrung wie das Nixenkraut (*Najas sp.*), andere höhere Pflanzen und Fadenalgen wurde von den Jungfischen (in rund 25%) und noch stärker von den älteren Rotaugen (in mehr als 30%) genutzt (Abb. 26).

Das Nahrungsspektrum der Jungfische ist weniger breit als dasjenige der älteren Rotaugen. In den einzelnen Jungfischen fanden sich nie mehr als 3 Nahrungsgruppen gleichzeitig (Mittelwert 1.4 ± 1). Bei den älteren Rotaugen frassen einzelne Tiere sehr gezielt nur eine Nahrungsgruppe. Bei anderen waren bis zu 6 Gruppen vertreten (Mittelwert 1.8 ± 1.6).

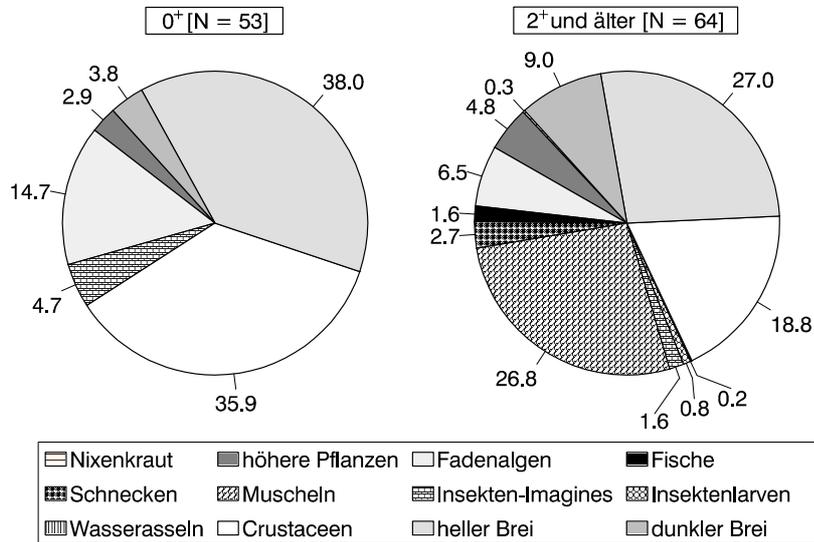


Abb. 27: Nahrungszusammensetzung der Rotaugen im Luganersee getrennt nach 0⁺-Fischen und älteren Tieren. Volumenanteile der verschiedenen Nahrungskategorien [Prozent]. Spettro alimentare del gardon del Lago di Lugano suddiviso tra pesci 0⁺ e pesci più vecchi. Percentuale volumetrica delle diverse categorie di cibo [in percento]. Tipi di laimento: vedi Abb. 26.

Nahrungsspektrum nach Altersklassen

Die Volumenanteile bei den Jungfischen (Abb. 28) betonen die Bevorzugung der Crustaceen noch mehr, insbesondere wenn man den hellen Brei ebenfalls zu den Crustaceen zählt (75%). Die älteren Rotaugen haben nebst Crustaceen (48%, inkl. hellen Brei) vor allem Wandermuschel- Schalen (26.8%) im Magen.

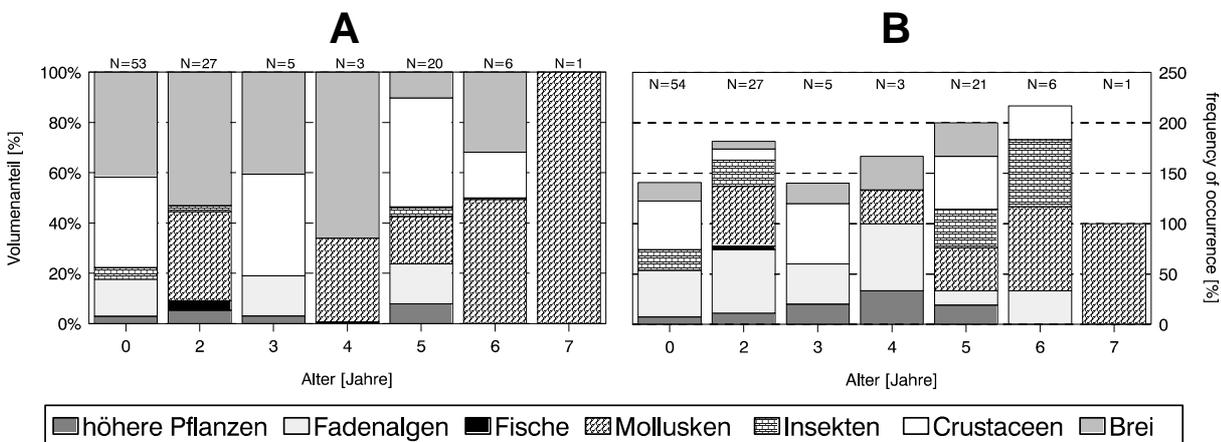


Abb. 28: Nahrungszusammensetzung der Rotaugen nach Altersgruppen getrennt. Volumenanteile der verschiedenen Nahrungskategorien (A) und frequency of occurrence (B). Spettro alimentare del gardon, suddiviso secondo le classi di età. Percentuale volumetrica delle diverse categorie di cibo (A) e frequenza di comparsa relativa (B). Tipi di alimento: vedi Abb. 26. Mollusken = molluschi.

Die Altersklasse 2⁺ zeigt gegenüber den 0⁺-Fischen eine Erweiterung des Nahrungsspektrums um die Mollusken. Eine weitere Veränderung des Nahrungsspektrums mit zunehmendem Alter konnte im Rahmen dieser Untersuchung nicht aufgezeigt werden (Abb. 28). Bei Altersklassen mit geringer Stichprobenzahl fehlen einzelne Kategorien im Nahrungsspektrum, obschon z. B. die Tiere der Altersklasse 3 an verschiedenen Orten, in verschiedenen Tiefen und zu verschiedenen Jahreszeiten gefangen worden waren. Die Stichprobengrösse war zu klein, als dass das ganze Spektrum erfasst werden konnte, zumal es Nahrungsspezialisten gibt, welche nur eine Nahrungskategorie fressen. Die Altersklasse 7 z. B. ist nur durch ein Individuum vertreten, welches ausschliesslich Wandermuschel gefressen hatte. Auffällig ist, dass einzelne Nahrungsgruppen wie Insekten und Teile höherer Pflanzen in vielen Mägen gefunden wurden, aber einen vernachlässigbaren Anteil am Magenvolumen ausmachen (Abb. 28), ganz im Gegensatz zu den Nahrungsgruppen der Crustaceen und Mollusken (Wandermuschel und Schnecken).

Nahrungsspektrum im Jahresverlauf

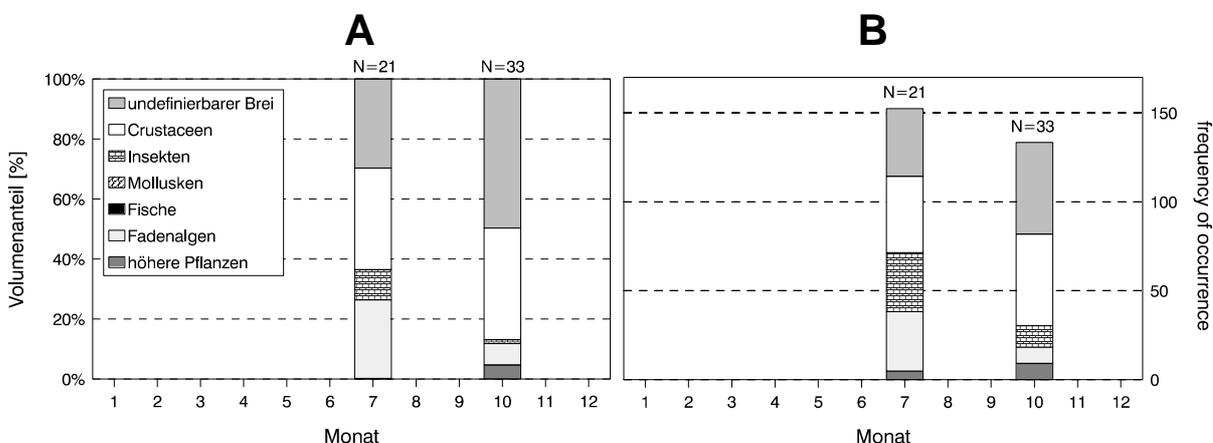


Abb. 29: Nahrungszusammensetzung der 0⁺-Rotaugen nach Fangmonaten getrennt. Volumenanteile der verschiedenen Nahrungskategorien (A) und frequency of occurrence (B).

Spettro alimentare dei gardon 0⁺ a seconda del mese di cattura. Percentuale volumetrica delle diverse categorie di cibo (A) e frequenza di comparsa relativa (B). Tipi di alimento: vedi Abb. 26/28.

Jungfische wurden erstmals im Juli im Alter von ca. 2 Monaten gefangen (Abb. 29). Im Oktober wurden erneut Jungfische (Alter 5 Monate) in Ufernähe gefangen. Sowohl im Sommer wie im Spätherbst bildeten die Crustaceen die Hauptnahrung der Jungfische. Im Sommer bildeten nebst Crustaceen Fadenalgen und Insekten wichtige Nahrungsbestandteile. Im Herbst ersetzen höhere Pflanzen (hauptsächlich Samen) die Insekten. Die Verteilung der Nahrungskategorien ist volumenmässig und in der frequency of occurrence sehr ähnlich. Ausnahme bilden die Insekten, welche in vielen Mägen vorhanden waren, aber nur in geringer Menge gefressen wurden.

Bei den älteren Rotaugen fanden sich in den Frühjahrsmonaten (März bis Juni) regelmässig Crustaceen in den Mägen (teils in mehr als 50% der Tiere). In den Herbstmonaten September und Oktober fehlt diese Nahrungsgruppe. Die 18 untersuchten Tiere dieser Monate wurden hauptsächlich südlich wie nördlich des Damms von Melide zwischen 3 und 5 Meter Tiefe gefangen. 3 Tiere stammten aus Netzen, die vor Magliaso gesetzt wurden. Im März und Mai wurden ebenfalls vereinzelt ältere Rotaugen in 3 bis 5 m Tiefe vor dem Seedamm von Melide gefangen. Diese hatten alle Crustaceen im Magen.

Zum Vergleich: die Jungfische des Monats Oktober, deren Mageninhalt analysiert wurde, wurden alle in 0 - 2 m Tiefe vor dem Damm von Melide gefangen, wovon mehr als die Hälfte Crustaceen im Magen hatten.

Die zwei Altersgruppen weisen eine unterschiedliche Nahrungszusammensetzung auf, selbst wenn sie sich zur gleichen Zeit im gleichen Gebiet aufhalten. Das Nahrungsangebot wird so vielfältig genutzt.

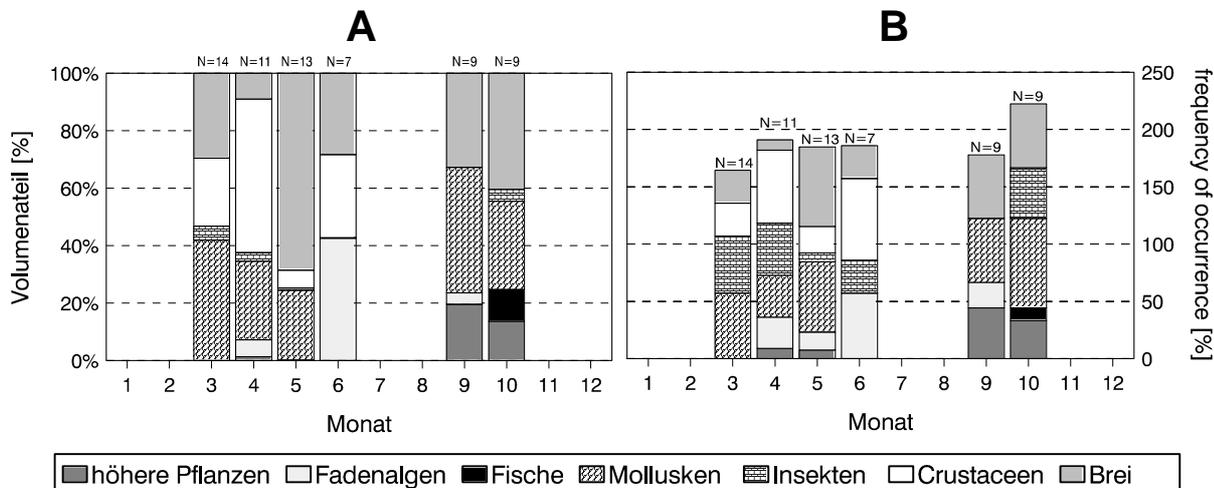


Abb. 30: Nahrungszusammensetzung von 2⁺-Rotaugen und älteren Tieren nach Fangmonaten getrennt. Volumenanteile der verschiedenen Nahrungskategorien (A) und frequency of occurrence (B).

Spettro alimentare dei gardon 2⁺ e di animali più vecchi, a seconda del mese di cattura. Percentuale volumetrica delle diverse categorie di cibo (A) e frequenza di comparsa relativa (B). Tipi di alimento: vedi Abb. 26/28.

Zusammenfassend ist hervorzuheben, dass Zooplankton bei den jungen wie bei den alten Rotaugen einen wesentlichen Teil der Nahrung darstellt. Die ausgeprägte Planktivorie der Rotaugen wurde bereits früher beschrieben (BRENNER 1973; BÜSSER & TSCHUMI 1987; PONTON & GERDEAUX 1988; TOWNSEND & PERROW 1989; HORPPILA ET AL. 1996). In der Crustaceennahrung dominierten im Luganersee wie in anderen Gewässern Blattfusskrebse (BRENNER 1973; BÜSSER 1980; TOWNSEND & PERROW 1989; GRAIA 1998). Vor allem bei kleinen Rotaugen hat das Zooplankton eine sehr grossen Anteil. Diese Beobachtung deckt sich mit den Resultaten von TOWNSEND & PERROW (1989). Bei noch jüngeren Rotaugen spielen Rädertierchen (*Rotifera*) und Zuckmückenlarven eine wichtige Rolle (PONTON & STROFFEK 1987). Ältere Rotaugen hatten nicht nur im Luganersee in zunehmendem Mass Mollusken im Magen sondern auch in anderen Gewässern. In vielen Fällen handelte es sich um Wandermuscheln (*Dreissena polymorpha*) (MANN 1973; BÜSSER 1980).

Die hohen Crustaceen-Anteile in den Frühjahrs- und Sommermonaten und das vollständige Fehlen dieser Nahrungskategorie im Herbst kann mit dem Angebot der hauptsächlich gefressenen Blattfusskrebse erklärt werden. Erhöhte Blattfusskrebs-Biomassen sind von April bis September feststellbar, mit Maxima in den Monaten Mai bis August. Im Winter dagegen sind sie schlecht vertreten. Daten: 1992 und 1996-1998 (BARBIERI ET AL. 1994; BARBIERI ET AL. 1998; BARBIERI ET AL. 1999).

3.6.2 Nahrungsspektrum anderer Arten

Die Nahrungszusammensetzung des **Pigo** ist, verglichen mit derjenigen des Rotauges, sehr ähnlich. Im Gegensatz dazu unterscheidet sich die Nahrung der untersuchten **Rotfedern** ganz wesentlich. Der grösste Teil der Nahrung war pflanzlich (Fadenalgen und höhere Pflanzen) und einen nicht unerheblichen Anteil bildeten Jungfische. In den Sommermonaten (Juli bis August) konnten im Uferbereich bei Carrabietta nebst Alet und Forellenbarschen regelmässig auch grosse Rotfedern beobachtet werden, welche juvenilen Cypriniden nachstellten.

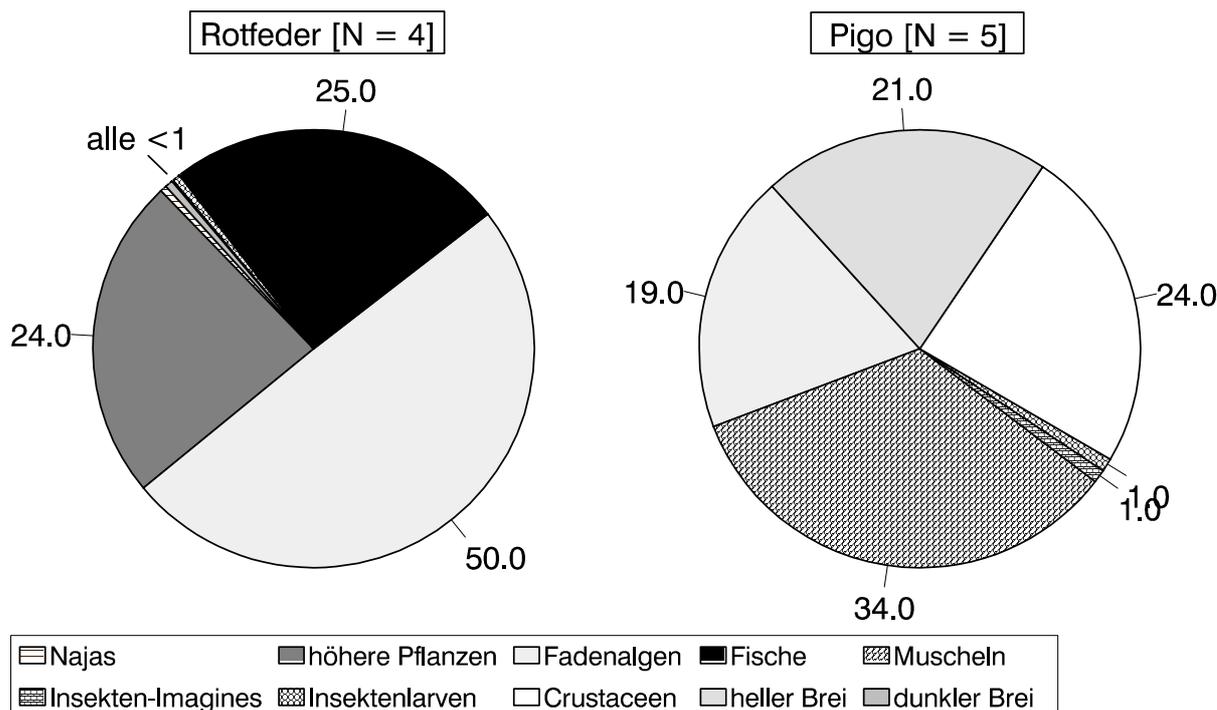


Abb. 31: Nahrungszusammensetzung von 4 Rotfedern (Fangmonate: 3 Sept., 1 Okt.) und 5 Pigo (Fangmonate: 1 Mär., 2 Apr., 1 Jun.) aus dem Luganersee. Volumenanteile der verschiedenen Nahrungskategorien in Prozent.

Spettro alimentare di quattro 4 scardole (mesi di cattura: 3 sett., 1 ott.) e 5 pighi (mesi di cattura: 1 marzo, 2 aprile, 1 giugno) del Lago di Lugano. Percentuale volumetrica delle diverse categorie di cibo. Tipi di alimento: vedi Abb. 26/28.

3.6.3 Parasiten

Nur in drei der insgesamt 117 untersuchten Verdauungstrakte (3%) konnten Parasiten gefunden werden. Ein Fisch wies einen schwachen Acanthocephala-Befall auf. In zwei weiteren Fischen konnten Cestoda gefunden werden.

Schwimmbase (Nemathoda), Haut, Leber (Cestodenfinnen) und Augen (Diplostomum) wurden nicht gezielt untersucht.

3.7 Habitatwahl

3.7.1 Beschreibung der untersuchten Ufertypen und Choriotope

An verschiedenen Standorten, mit Schwerpunkten im Bereich des Seedammes von Melide und im Becken von Agno, wurden Habitatuntersuchungen durchgeführt. An jedem Standort wurden verschiedene Stellen mit unterschiedlichem Ufertyp ausgewählt und bezüglich Eignung als Habitat für verschiedene Entwicklungsstadien des Rotauges beurteilt. Folgende Ufertypen wurden unterschieden:

Naturufer mit Vegetationsstrukturen

Zu diesem Ufertyp wurden Ufer mit Wasserschilfbeständen oder überhängender Vegetation gezählt. Ebenso tragen Wurzelwerk, umgefallene Bäume oder Schwemmholz zu einer Strukturierung des Ufers bei und wurden zu diesem Ufertyp gezählt (Fotos 6 und 7).



Foto 6: Naturufer mit Wasserschilfbestand und überhängender Vegetation nördlich der Scairolo-Mündung.
Riva naturale con canneto e vegetazione sporgente a nord della foce dello Scairolo.



Foto 7: Ins Wasser gefallener Baum bei der westlichen Spitze des Monte Caslano (Poncione).
Albero caduto in acqua sulla punta occidentale del Monte di Caslano (Poncione).

Naturufer ohne Vegetationsstrukturen

Zu diesem Ufertyp wurden Ufer gezählt, bei welchen die Vegetation nicht bis an die Uferlinie reichte. Meistens handelte es sich um Ufer mit Sand-, Schlick- oder Kiessubstrat, selten (wie in Foto 8) spielten Felsblöcke eine Rolle.

Felsufer

Nur an einer Stelle im Schwerpunktgebiet unserer Untersuchungen fanden sich Felsufer (Foto 9). Durch die senkrechten und zerklüfteten Strukturen und das Abfallen in grosse Tiefen unterscheidet sich dieser Ufertyp von allen anderen ganz wesentlich.



**Foto 8: Naturufer ohne Vegetationseinfluss
Kiesinsel mit Felsblöcken bei Casoro,
nördlich der Scairolo-Mündung.**
*Riva naturale senza influsso della
vegetazione. Isola di ghiaia con massi
presso Casoro, a nord della foce dello
Scairolo.*



**Foto 9: Felsufer bei der östlichen Spitze
des Monte Caslano (Poncione).**
*Riva rocciosa presso la punta orientale
del Monte di Caslano (Poncione).*

Blockwurf

Ein Teil der Ufer des Luganersees sind mehr oder weniger stark anthropogen beeinflusst. Vor allem im Bereich des Seedammes von Melide sind weite Strecken mit groben Blöcken verbaut. Diese Verbauung hat Ähnlichkeit mit Naturufern im Bereich von Felsstürzen, welche vor allem im Nordbecken häufig vorkommen. Allerdings unterscheiden sie sich von den Naturufern, indem Holzstrukturen in der Regel fehlen (Foto 10).

Mauerwerk

Vor allem im Bereich von Siedlungen und Ferienhäusern ist das Ufer oft mit Mauern verbaut. Mauern sind sehr strukturarm und die Wassertiefe ist in der Regel schon unmittelbar davor sehr gross.



Foto 10: Blockwurfufer an der Südseite des Seedamms von Melide, östliche Hälfte.
Riva a blocchi sulla parte sud della Diga di Melide, metà orientale.

3.7.2 Laichhabitats

Nachdem ein Fischer verlaichte Rotaugen in den Netzen gefunden hatte und an verschiedenen Stellen Rotaugenschwärme in Ufernähe beobachten konnte, wurden am 21.4.1999 folgende Standorte im Luganersee auf laichende Rotaugen oder Laich abgesucht:

1. Ufer vis à vis Gandria von Cantine di Gandria bis 300 m südwestlich der Landesgrenze (italienische Seite).
2. Cava Ronchetti bis Cantine di Caprino.
3. Nordseite des Seedammes von Melide.
4. Südseite des Seedammes von Melide.
5. Scairolo-Delta, Scairolo-Mündung bis Torracia.

Obwohl die Temperaturen an diesem Tag zwischen 10.2 und 12.1 °C lagen, konnten an keinem der Standorte laichende Fische beobachtet oder Laich gefunden werden (Methoden siehe Kapitel 2.7.1). Bei Cantine di Caprino wurden ca. sechs 15 bis 25 cm lange und zwei 30 – 35 cm lange Cypriniden (wahrscheinlich Rotaugen) beobachtet. Weder die grossen noch die kleinen zeigten Laichverhalten. Ein Kick-Sampling an der Stelle, wo die Fische beobachtet wurden, erbrachte keinen Laich. Daraus ist zu schliessen, dass die Laichzeit zu diesem Zeitpunkt noch an keiner der untersuchten Stellen begonnen hatte.

Nachdem am 1.5.1999 erstmals im Bereich des Seedammes von Melide laichende Rotaugen beobachtet werden konnten, wurden am 3. und 4.5.1999 umfangreiche Laichplatzkartierungen durchgeführt.

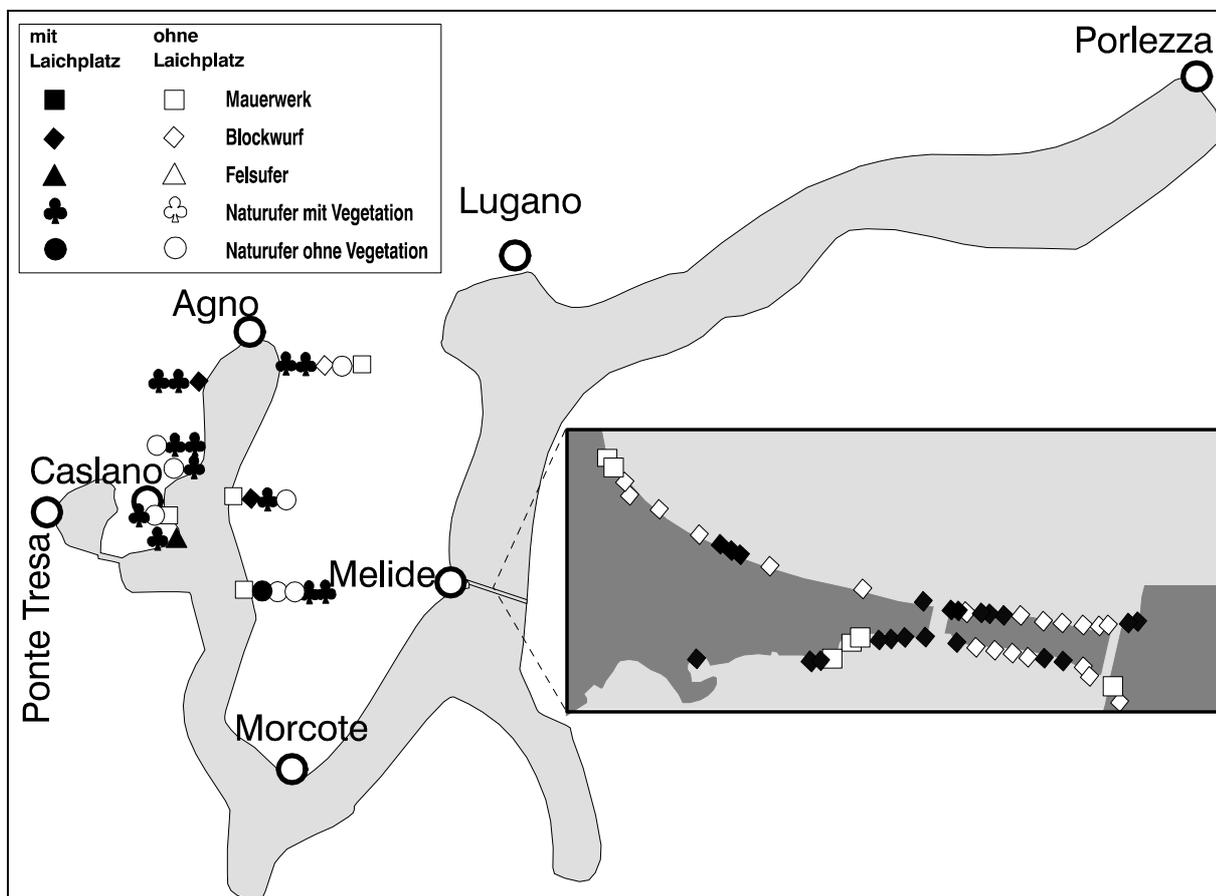


Abb. 32: Laichplatzkartierungen vom 3. und 4.5.1999. Darstellung der Untersuchungsstandorte nach Ufertypen getrennt, siehe Legende. Ein Nachweis eines Laichplatzes ist mit einem schwarzen Symbol gekennzeichnet, weisse Symbole bedeuten einen negativen Befund.

*Cartografia delle zone di frega dal 3. al 4.5.1999. Rappresentazione dei siti nei quali si sono effettuati i rilevamenti, suddivisi a seconda del tipo di riva, vedi legenda. I siti nei quali si è riscontrata un'attività di frega sono contrassegnati in nero, quelli dove invece non c'erano segni di frega in bianco. **Mauerwerk** = muratura; **Blockwurf** = blocchi; **Felsufer** = roccia; **Naturufer mit/ohne Vegetation** = riva naturale con/senza vegetazione mit/ohne Laichplatz = con/senza sito di frega.*

An allen untersuchten Standorten war an einem Teil der beprobten Stellen abgelaicht worden (Abb. 32). An drei Standorten (Seedamm von Melide Nord und Südseite (Kartenausschnitt) und beim Monte Caslano (Poncione) konnten laichende Rotaugen und Laich gefunden werden. Artbestimmung an toten Fischen und an Sondernetzfängen ergaben, dass es sich bei den Laichtieren um Rotaugen handelt. Alle anderen Laichplätze wurden auf Grund von Laich nachgewiesen. An diesen Stellen ist die Art, die abgelaicht hat, vorerst noch nicht bekannt.

Wie die Ufertyp-spezifischen Auswertungen ergaben, gibt es Strukturen, welche von den Laichtieren gemieden werden. An keiner der 10 vermauerten Uferstrecken konnten laichende Rotaugen oder Laich beobachtet werden, in unmittelbar daneben gelegenen Stellen mit anderer Struktur wurde dagegen abgelaicht. Ebenso wurden unstrukturierte Naturufer (Sandstrände, Schlicksubstrat, Feinkies) eher gemieden. Nur eine von acht untersuchten Stellen wurde als Laichplatz benutzt: An einem flachen Strand mit Feinkies nördlich der Scairolo-Mündung konnten an einem einzelnen Felsblock Eier gefunden werden (Foto 8).

Blockwurfufer wurden teilweise (24 von 44 untersuchten Stellen) als Laichplätze angenommen. Die Höhlen und Kanten des Blockwurfs stellen ein geeignetes Laichsubstrat dar. Auch im Genfersee werden Blockwurfufer von Rotaugen als Laichhabitat benützt (PONTON & STROFFEK 1987). Die räumliche Verteilung entlang des Seedamms von Melide (Abb. 32, Detailkarte) zeigt, dass vor allem der Bereich der beiden Kanäle sehr attraktiv für die Fische ist. Auch ausserhalb dieser Durchlässe gab es Laichplätze.

Eine grosse Bedeutung als Laichgebiete kommt Naturufern zu, welche durch Vegetation strukturiert sind. An allen elf untersuchten Standorten wurden sehr zahlreiche Laichtiere bzw. grosse Laichmengen beobachtet.

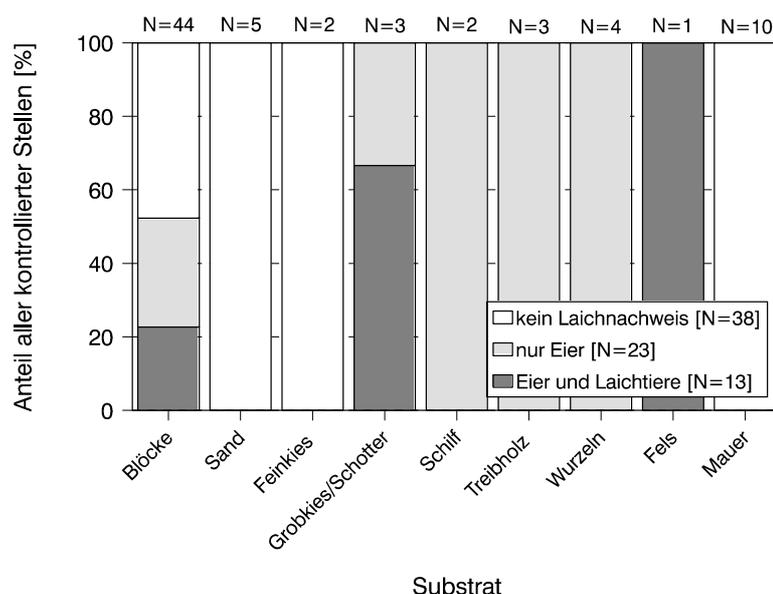


Abb. 33: Relative Häufigkeit von Laichplätzen nach Ufersubstraten getrennt. N = Anzahl untersuchte Standorte. Insgesamt wurden 74 Standorte untersucht.

Abbondanza relativa dei siti di frega suddivisi secondo il tipo di substrato della riva. N = numero di siti rilevati. In totale sono stati controllati 74 siti. Anteil aller kontrollierter Stellen = percentuale sul totale dei siti controllati; kein Laichnachweis = nessun segno di frega; nur Eier = solo uova; Eier und Laichtiere = uova e riproduttori; Substrat = substrato; Blöcke = blocchi; Sand = sabbia; Kies = ghiaia; Schotter = pietrisco; Schluff = canneto; Treibholz = legname galleggiante; Wurzeln = radici; Fels = roccia; Mauer = muro.

Bei der Betrachtung der Laichplätze bezüglich dem vorherrschenden Substrat wird deutlich, dass feine Substrate (Sand, Schluff und Kies) und unstrukturierte, glatte Flächen (Mauer) nicht als Laichsubstrate geeignet sind. Es war sehr gut zu beobachten, dass die Tiere beim Abgelaichen gezielt Gegenstände aufsuchen, welche ihren Körpern einen Widerstand bieten und an welchen die Eier anhaften können. Vegetationsbedingte Strukturen sind

diesbezüglich ideal, was die hundertprozentige Wahl als Laichhabitat beweist. Wasserschilfbestände, Wurzeln (Foto 11), ins Wasser hängende Äste, und Ansammlungen von Schwemmholz wurden gleichermassen als Laichhabitat genutzt.

An den Standorten, wo laichende **Rotaugen** beobachtet werden konnten, wurden Stellen mit Kiessubstrat (Durchmesser 3 – 11 cm), Naturufer mit Vegetation, Felsufer und Blockwurf als Laichhabitat benützt. Die Rotaugen decken somit das gesamte beobachtete Spektrum an Laichhabitaten ab und zeigen eine sehr geringe Habitatspezifität.



Foto 11: Das Kiesufer bei der östlichen Spitze des Monte Caslano (Poncione) wurde von zahlreichen Rotaugen als Laichhabitat aufgesucht.

La riva con pietrisco, a est della punta del Monte di Caslano (Poncione) è stata usata da molti gardon come sito di frega.



Foto 12: An den Wurzelballen eines am Ufer stehenden Baumes nördlich der Scairolo-Mündung bei Casoro befanden sich grosse Mengen Cyprinidenlaich.

Attaccate al complesso radicale di questo albero che cresce lungo la riva a nord della foce dello Scairolo presso Casoro si sono trovate grandi quantità di uova di ciprinidi.

Kiessubstrat Ø 3 – 11 cm (Foto 11) liegt diesbezüglich an der unteren Grenze. Über Kies oder Sand wurden weder Laich noch Laichtiere beobachtet.

Ebenso werden glatte Flächen gemieden, wie die Ergebnisse an vermauerten Ufern zeigen. Fels unterscheidet sich von Mauerwerk durch das Vorhandensein von Vorsprüngen und Klüften. Gerade solche Strukturen wurden beim Ablachen gezielt aufgesucht, wie Beobachtungen bei Poncione zeigen.



Foto 13: Laichende Rotaugen beim Seedamm von Melide. Die Fische schlossen sich in grossen Schulen zusammen. Das eigentliche Ablaichen konnte nicht fotografiert werden, da es meist im Zwischenraum zwischen den Blöcken stattfand.

Guardon in frega presso il ponte diga di Melide. I pesci si sono raggruppati in grossi banchi. La frega in sè non ha potuto essere fotografata, dato che avveniva in prevalenza negli interstizi fra i blocchi.

Bei Tauchgängen beim Seedamm von Melide vom 6.5.1999 wurden Eier sowohl auf Blöcken von 1.5 m Durchmesser als auch auf Steinen von 10 bis 15 cm Durchmesser gefunden. Enge Zwischenräume zwischen grossen Blöcken waren bevorzugte Mikrohabitate.

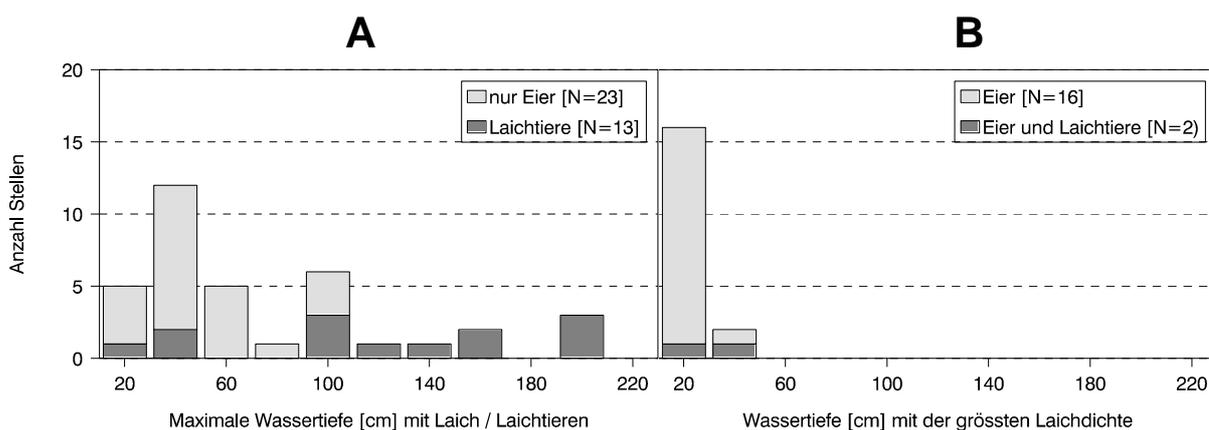


Abb. 34: Tiefenverteilung der Laichplätze (Eier bzw. Laichtiere). N = Anzahl untersuchte Standorte. A: Maximale Tiefe gefundener Eier oder beobachteter Laichtiere; B: Tiefe, in welcher die höchste Eidichte festgestellt wurde. X-Achse: Tiefenklassen, obere Klassengrenze, 60 bedeutet Tiefenbereich von 41 bis 60 cm.

*Distribuzione della profondità dei luoghi di frega (presenza di uova risp. riproduttori). N = numero di siti rilevati. A: profondità massima alla quale si sono trovate le uova o osservato i riproduttori; B: profondità alla quale si è rilevata la densità massima di uova. Ascissa: classi di profondità, limite superiore della classe, ad es. 60 indica l'intervallo da 41 a 60 cm di profondità. **Maximale Wassertiefe mit Laich/Laichtieren** = profondità massima con uova/riproduttori; **Wassertiefe mit der grössten Laichdichte** = profondità con la massima concentrazione di uova.*

Bei der Tiefenverteilung der vom Ufer und vom Boot aus beobachteten Laichplätze fällt auf, dass sehr häufig in geringer Tiefe abgelaidet worden ist (Abb. 34A). Bei einem Teil der Laichplätze (begrenzter Tiefenbereich mit geeigneten Strukturen) konnte zudem die Tiefe mit der grössten Eidichte bestimmt werden (Abb. 34B). Auch daraus ist eine Häufung der Eier in geringer Tiefe erkennbar.

Beim steil abfallenden Seedamm dagegen war die Tiefenverteilung vom Ufer und vom Boot aus nicht überblickbar und wurde deshalb anlässlich des Tauchgangs vom 6.5.1999 überprüft: Der weitaus grösste Teil der Eier wurde im Tiefenbereich zwischen 30 und 80 cm gefunden. Einzelne, an Steine angeklebte Eigelege konnten auf der Nordseite des Dammes im Bereich des Hauptkanals bis in eine Tiefe von 4.50 m gefunden werden.

Auf der Südseite des Dammes war die bevorzugte Laichtiefe ähnlich, die Gelege reichten aber weniger tief. Auf der westlichen Seite (Richtung Melide) betrug die Maximaltiefe 2.0 m, auf der östlichen Seite (Richtung Bissone) 2.5 m.

Die geringe Laichtiefe hat im Luganersee mehrere Vorteile: An der Oberfläche sind die Temperaturen höher als in der Tiefe, und die temperaturabhängige Embryonalentwicklung kann schneller ablaufen. Die Jungfische kommen früher zum Schlüpfen und haben somit einen Entwicklungs- und Wachstumsvorsprung. Die Geschwindigkeit des Wachstums ist ein ganz wesentlicher Faktor für das Überleben von Cypriniden (SVÄRDSON 1976; LOVAS 1988), da die raschwüchsigsten am schnellsten eine Grösse erreichen, mit welcher sie nicht mehr von Prädatoren gefressen werden können. MÜLLER (1983) stellte im Frühjahr eine Immigration von alten (laichreifen) Rotaugen vom Vierwaldstättersee in den Alpnachersee fest. Er vermutet, dass die Tiere auf ihren Laichwanderungen gezielt den wärmeren, makrophytenreichen Seeteil aufsuchen.

Eine weitere Eigenschaft des unmittelbaren Uferbereiches ist die intensive Durchmischung des Wassers durch den Welleneinfluss und die ausgeprägten Wasserströmungen. Gerade im hoch eutrophen Luganersee könnte dies ein Vorteil sein, indem die Eier in stärkerem Ausmass mit Frischwasser und Sauerstoff versorgt werden.

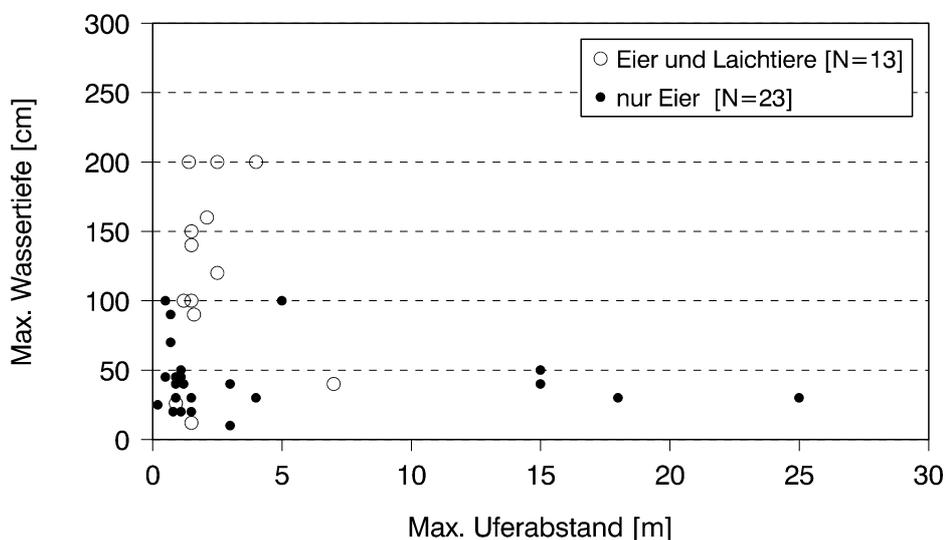


Abb. 35: Verteilung der Cyprinidenlaichplätze bezüglich Maximaltiefe und maximalem Uferabstand der Eier bzw. der Laichtiere. Bei Beobachtung von Laichtieren ist die Zuordnung zur laichenden Art möglich. Bei Laich-Funden ist lediglich die Aussage möglich, dass es sich um einen Cypriniden-Laichplatz handelt. N = Anzahl Laichplätze.

Distribuzione delle zone di frega dei ciprinidi in riferimento alla profondità massima e alla distanza massima da riva delle uova, risp. dei riproduttori. Se venivano osservati dei riproduttori, si poteva determinare la specie in frega. Nel caso del ritrovamento di sole uova, si è potuto solo indicare ch si trattava di un sito di frega di ciprinidi. N = numero dei siti di frega.

Die Tiefenverteilung ist sehr mit dem Abstand vom Ufer gekoppelt (Abb. 35). Die Nähe zum Ufer hat den Vorteil, dass sich die Larven nach dem Schlüpfen im unmittelbaren Uferbereich,

ihrem späteren Lebensraum befinden. Ausnahmen bilden vier mehr als 15 m vom Ufer entfernte Laichplätze. Drei davon befanden sich am äusseren Rand von Wasserschilfbeständen, eine am Rand einer kleinen Kiesinsel. Alle übrigen untersuchten Laichplätze waren weniger als 7 m vom Ufer entfernt.

Die Temperaturmessungen an den Kontrollstellen ergaben, dass die Tiere im Temperaturbereich zwischen 13 und 15 °C in der Regel noch am Laichen waren, während bei Temperaturen ab 17 °C der Laichvorgang bereits abgeschlossen war und nur noch der Laich gefunden werden konnten (Abb. 36). An diesen Stellen waren die Eier auch bereits viel weiter entwickelt (Augenpunktstadium) als an den Stellen, wo die Fische noch am Abbläuen waren. Die Temperatur ist ein Schlüsselparameter für den Beginn der Laichzeit der Rotaugen (MUUS & DAHLSTRÖM 1968). Die angegebene Grenze für den Laichbeginn von 10 °C (MUUS & DAHLSTRÖM 1968; PEDROLI ET AL. 1991) war im Luganersee bereits Mitte April erreicht. Die Rotaugen im Luganersee laichen somit gegenüber der bekannten Faustregel etwas verspätet. Auch die Annahme, dass die Rotaugen schon früher laichten, aber unbeachtet blieben, kann verworfen werden, da zum Zeitpunkt der Laichplatzkartierung, 13 Tage nach der Kontrolle vom 21.4.1999 noch keine einzige Larve beobachtet werden konnte. Unter ähnlichen Temperaturen schlüpfen Rotaugen im Müggel-See fünf Tage nach der Laichzeit und hatten den Dottersack nach weiteren vier Tagen aufgezehrt (SCHILDE 1936).

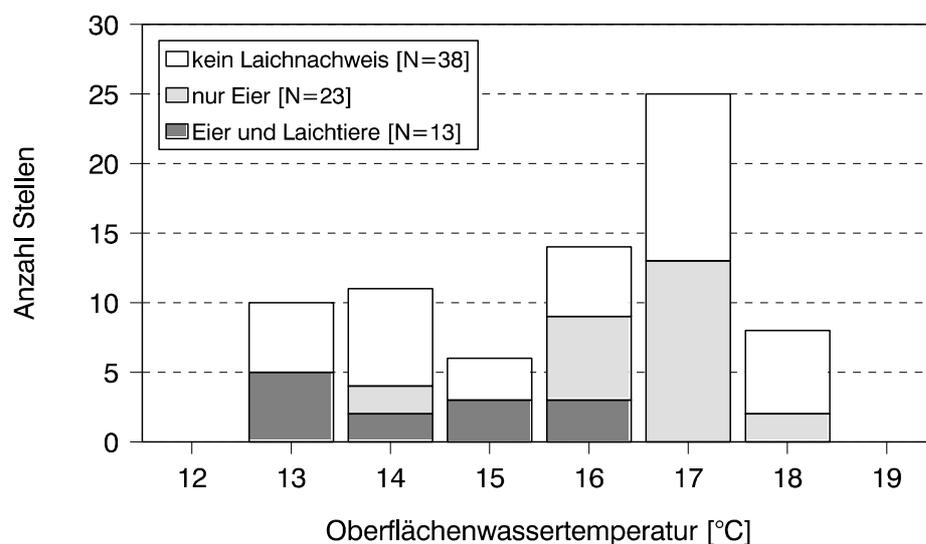


Abb. 36: Oberflächentemperatur an den verschiedenen auf Cyprinidenlaichplätze kontrollierten Stellen. Stellen ohne Laichnachweis und solche auf Grund von Eifunden, bzw. auf Grund von Laichtieren und Laich ermittelt worden sind. N = Anzahl untersuchte Standorte, total 74. X-Achse: obere Klassengrenze (17 bedeutet: Temperaturbereich von 16.1 bis 17.0 °C).

Temperatura dell'acqua di superficie nei siti controllati per la presenza di freghe di ciprinidi. Suddivisione dei luoghi in siti dove non è stata rilevata un'attività di frega, siti con sole uova e siti con uova e riproduttori. N = numero di siti rilevati, sul totale di 74 siti. Ascissa: limite superiore della classe (17 significa: le temperature si trovano nell'intervallo da 16.1 a 17.0 °C).

3.7.3 Larvenhabitate

Am 27.5.1999, knapp einen Monat nach der Laichzeit, wurden Larvenkartierungen durchgeführt. Da die Artbestimmung der Larven auf Grund morphologischer Kriterien alleine nicht sicher möglich ist, ist im Weiteren nur von Cyprinidenlarven die Rede.

Auf Grund der aus der Literatur bekannten Laichzeiten ist es möglich, dass am 27.5.1999 bereits Larven aller im See vorkommenden Cyprinidenarten vorhanden waren. Im Jahr 2000 fand die Probenahme bedeutend früher (9.5.2000) statt, so dass spät laichende Arten (Alborella, Karpfen, Strigione und Schleie) vermutlich noch nicht im Larvenstadium waren. Alle übrigen im Luganersee vorkommenden Cyprinidenarten kommen auch im Jahr 2000 in Frage.

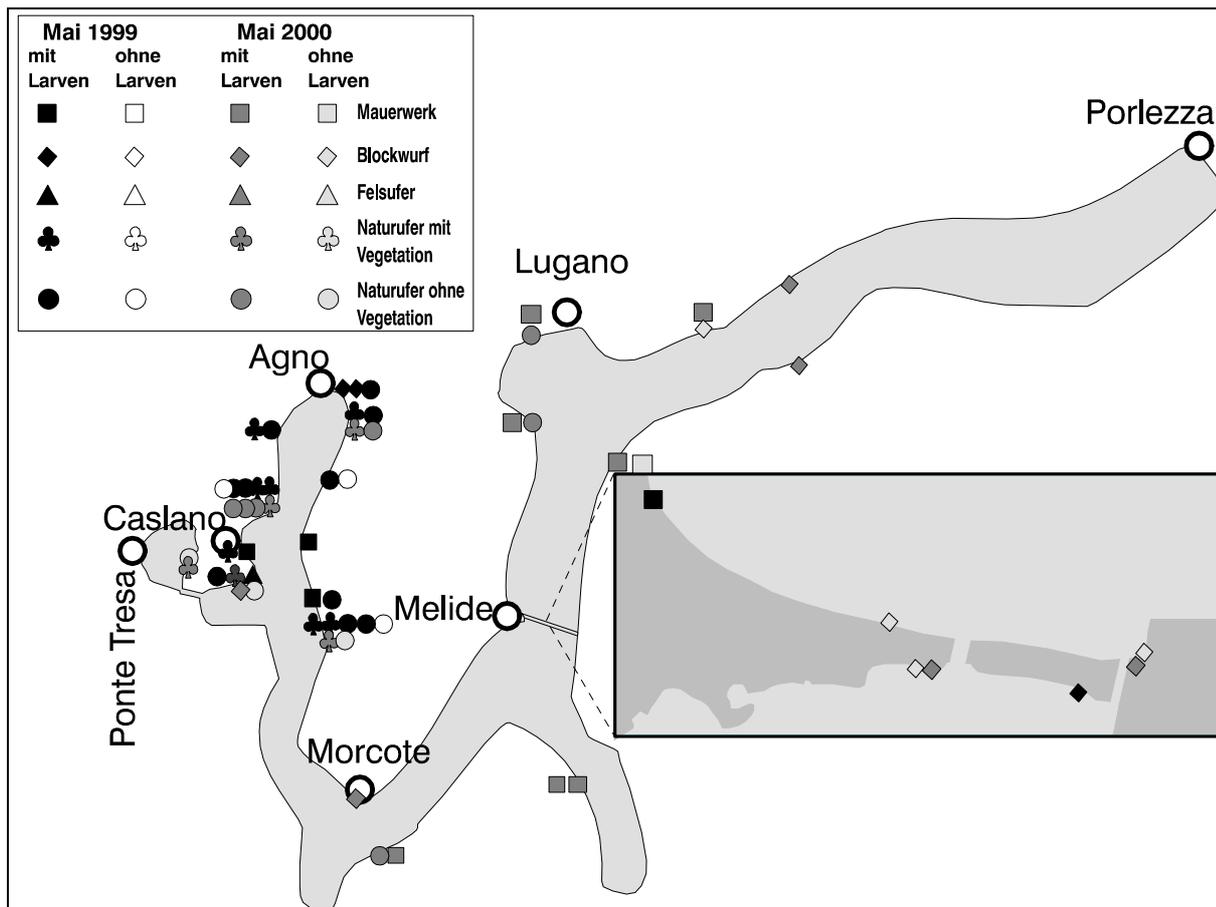


Abb. 37: Larvenkartierungen vom 27.5.1999 und vom 9.5.2000. Darstellung der Untersuchungsstrecken nach Ufertypen getrennt, siehe Legende. Waagrecht und senkrecht verbundene Symbole beziehen sich auf den gleichen Standort.

*Cartografia delle larve del 27.5.1999 e del 9.5.2000. Rappresentazione delle tratte di riva osservate, suddivise secondo il tipo di riva, vedi legenda. Simboli collegati orizzontalmente e verticalmente si riferiscono a uno stesso sito. **Mauerwerk** = muratura; **Blockwurf** = blocchi; **Felsufer** = roccia; **Naturufer mit/ohne Vegetation** = riva naturale con/senza vegetazione **Mit/ohne larven** = con/senza larve*

1999 wurden an allen untersuchten Standorten, unabhängig von der Uferstruktur, Cyprinidenlarven gefunden. Einzig an drei Stellen mit Naturufer ohne vegetationsbedingte Strukturen (Sand- oder Kiesstrände bei der Magliasinamündung, bei Casoro, und bei Pian Roncaa) konnten keine Larven gefunden werden. Auch im Mai 2000 wurden an allen Standorten Larven gefunden. Drei der 5 untersuchten Stellen ohne Larven waren Naturufer ohne Vegetation.

Dieses Ergebnis veranschaulicht eine sehr grosse Plastizität der Cyprinidenlarven bezüglich Habitatwahl. Dies ist einerseits dadurch erklärbar, dass die hauptsächlich vorkommende Art, das Rotauge, ein Opportunist ist (BRENNER 1973), welcher sich in unterschiedlichsten

Lebensräumen zurechtfinden kann. Andererseits besteht eine grosse Wahrscheinlichkeit, dass eine Larvenfauna, welche sich aus verschiedenen Arten mit unterschiedlichen Habitatansprüchen zusammensetzte, beobachtet und beschrieben wurde.

In Abb. 37 wird nur unterschieden zwischen "Larven vorhanden und "keine Larven". Die Schätzung der Larvendichte ermöglicht eine feinere Abstufung der Eignung der verschiedenen Uferstrukturen als Habitat für Cyprinidenlarven.

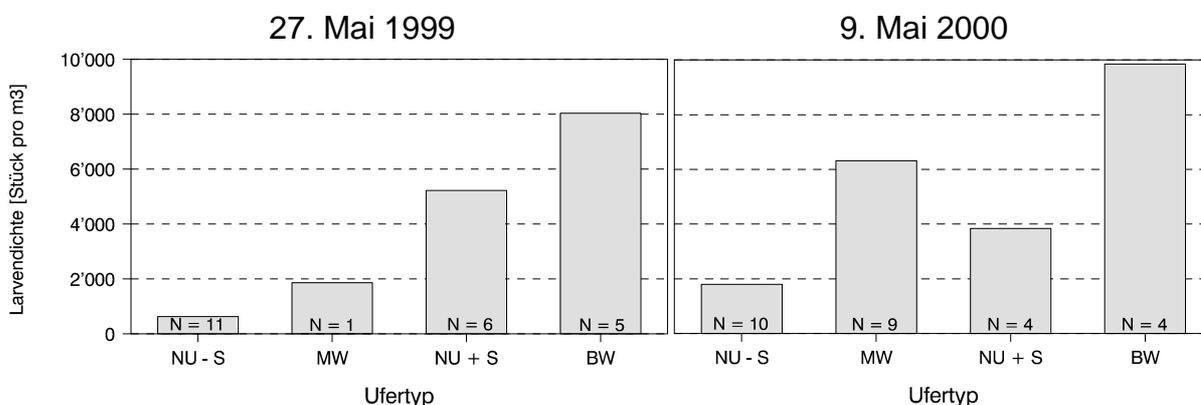


Abb. 38: Schätzung der durchschnittlichen Larvendichte [Stück pro m³ Wasserkörper] entlang verschiedener Ufertypen im Mai 1999 und im Mai 2000. NU-S = Naturufer ohne Schilf, NU+S = Naturufer mit Schilf, BW = Blockwurf, MW = Mauerwerk. N = Anzahl untersuchte Stellen.

Stima della densità media delle larve [individui per m³ di acqua] lungo diversi tipi di riva nel maggio 1999 e nel maggio 2000. NU-S = riva naturale senza canneto, NU+S = riva naturale con canneto, BW = riva a blocchi, MW = riva con muro. N = numero di siti osservati.

Bei den Dichteangaben handelt es sich zwar nur um grobe Schätzungen (s. Methoden), sie geben aber die Grössenordnung der Besiedlung wieder. In beiden Jahren wurden ähnliche Dichten festgestellt. Bei günstigen Uferstrukturen konnten im Mittel 8'000 bzw. 10'000 Individuen pro Kubikmeter Wasser geschätzt werden. Zwischen den verschiedenen Ufertypen gab es grosse Unterschiede, welche die Ergebnisse der räumlichen Verteilung (Abb. 37) im grossen und Ganzen bestätigen. In beiden Jahren wurden entlang von Blockwurfufern die höchsten Larvendichten festgestellt und entlang von Naturufern ohne vegetationsbedingte Strukturen (Sand- und Kiesstrände ohne Bewuchs) die geringsten. Während 1999 entlang von vermauerten Ufern eher geringe Larvendichten beobachtet wurden, waren die Werte im Mai 2000 noch höher als entlang strukturierter Schilfufer.

Die Cyprinidenlarven zeigen eine sehr ausgeprägte oberflächenorientierte Lebensweise. Auch an Stellen mit grosser Wassertiefe kamen die Larven mit einer Ausnahme nicht tiefer als 50 cm vor. Die Tiefe mit der grössten Larvendichte lag im engen Bereich zwischen 1 cm und 30 cm. Auch diese Verteilung ist dadurch erklärbar, dass die Temperatur in den obersten Wasserschichten erhöht ist und ein rasches Wachstum ermöglicht.

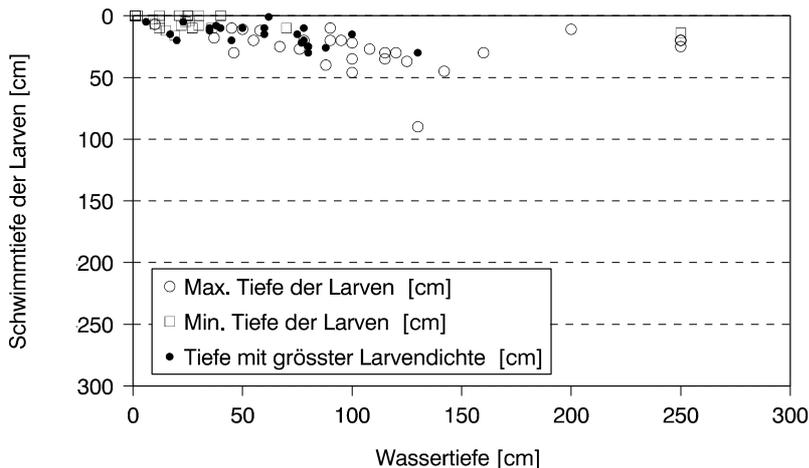


Abb. 39: Tiefenverteilung der Cyprinidenlarven. Die gesamte Wassertiefe ist gegen die minimale und maximale Tiefe der Larven und diejenige Tiefe, in welcher am meisten Larven schwammen, aufgetragen. Anzahl kontrollierte Standorte: 32, davon 29 mit Larvenvorkommen.

Distribuzione lungo la profondità delle larve dei ciprinidi. La profondità minima, quella massima alla quale nuotavano le larve e quella con la maggiore densità sono riportate rispetto alla profondità totale del sito. Numero di siti controllati: 32, di cui 29 con presenza di larve.

Andererseits spielt auch die Distanz zum Ufer eine wichtige Rolle. An 76% der Stellen lebten auch die entferntesten Larven näher als 10 m vom Ufer. Über die Hälfte der wenigen Standorte, wo Larven weiter als 10 vom Ufer entfernt vorkamen, waren Ufer mit Wasserschilfröhrichten (Abb. 40). Die Larven lebten dort in grösster Dichte an der seeseitigen Grenze des Schilfbestandes und die äussersten Larven konnten nur 1 bis maximal 3 m vom Schilf entfernt beobachtet werden. In Lücken des Wasserschilfbestandes konnten Larven in geringerer Dichte beobachtet werden.

Bei Poncione ragte eine grosse Linde weit über das Wasser, und einige Äste des Baumes hingen ins Wasser. Im Licht-Schattenbereich dieser Linde wurden die grössten Larvendichten beobachtet. Ähnliche Beobachtungen konnten bei Mauern gemacht werden, welche Schatten auf das Wasser werfen und auch bei den Wasserschilfbeständen.

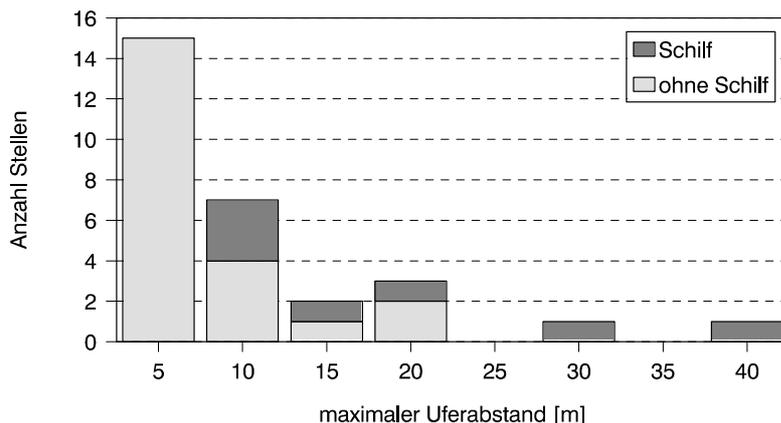


Abb. 40: Maximaler Uferabstand der Cyprinidenlarvenschwärme getrennt nach Standorten mit und ohne Schilf. X-Achse: Obere Klassengrenze. 40 bedeutet: 35.1 bis 40 m Uferabstand. Anzahl Stellen mit Larven: 22 ohne und 7 mit Schilf.

Distanza massima da riva dei banchi di larve di ciprinidi, suddivisa secondo la presenza o assenza di canneto lungo riva. Ascissa: limite superiore della classe. 40 significa: 35.1 a 40 m di distanza. Numero di siti con larve: 22 con e 7 senza canneto.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Larven an allen untersuchten Standorten im **Uferbereich** in sehr grosser Dichte leben. Die unterschiedlichsten Ufertypen, auch hart

verbaute, wiesen einen Larvenbestand auf. Das **Habitatspektrum kann, abgesehen von der ausgeprägten Uferaffinität, als sehr breit bezeichnet werden**. An allen untersuchten Standorten waren die Larven in der **obersten Wasserschicht** konzentriert.

Die Konzentration von Cyprinidenschwärmen in Makrophytenbeständen (TOWNSEND & PERROW 1989; ROSSIER 1995) kann in dieser Arbeit nicht bestätigt werden. Wegen der steil abfallenden Ufer bilden Bestände submerser Makrophyten im Luganersee die Ausnahme. Auch ohne diese Pflanzenbestände lassen sich Cyprinidenschwärme in immensem Ausmass feststellen. Auch wenn vorerst keine Artbestimmung möglich ist, ist davon auszugehen, dass zumindest ein Teil dieser Cypriniden Rotaugen sind.

3.7.4 Juvenilhabitate

Im Juli und im Oktober 1999 wurden wieder die gleichen Standorte wie bei den Laich- und Larvenkartierungen beprobt. Zwischen Juli und Oktober ergab sich ein völlig anderes Bild bezüglich Verteilung der juvenilen Cypriniden. Während im Juli ohne Ausnahme an allen Standorten Jungfische beobachtet werden konnten, waren im Oktober, vor allem im Südbekken des Sees, mit wenigen Ausnahmen die Uferzonen verlassen. Die wenigen Jungfischschwärme, welche im Südbekken (Hafen Torraccio, Magliasina-Mündung, Enge von Lavena) gefunden werden konnten, waren relativ weit vom Ufer entfernt. Auf dem See vor Agno, wo fischende Möwen beobachtet worden waren, blieben zahlreiche Züge mit dem Senknetz bis in eine Tiefe von 10 m ohne Erfolg.

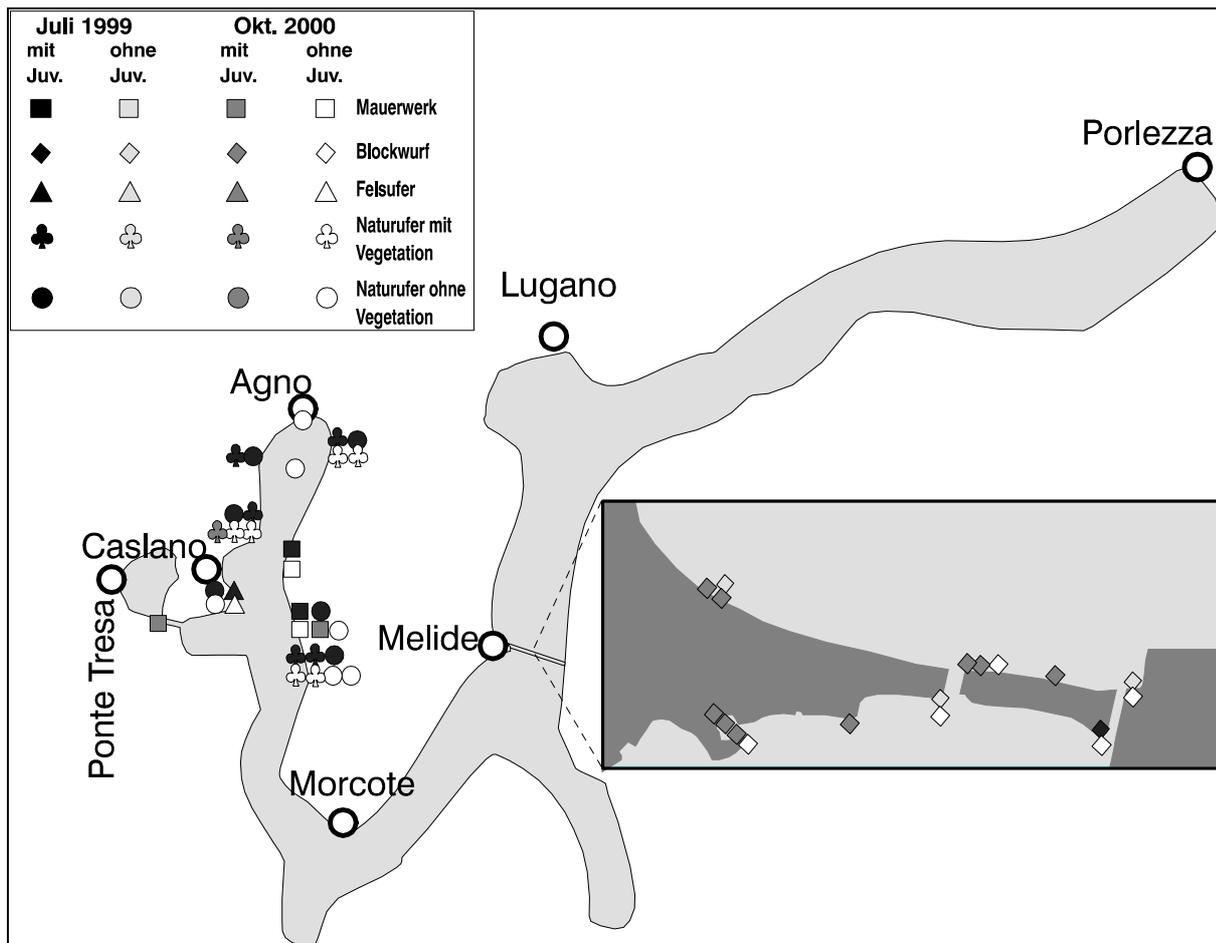


Abb. 41: Kartierung des Vorkommens juveniler Cypriniden vom 12.7. und vom 6.10.1999. Darstellung der Untersuchungsstrecken nach Ufertypen getrennt, siehe Legende.

*Cartografia della presenza di giovani cirpinidi il 12.7. e il 6.10.1999. Rappresentazione delle tratte di riva osservate, suddivise secondo il tipo di riva, vedi legenda. **Mauerwerk** = muratura; **Blockwurf** = blocchi; **Felsufer** = roccia; **Naturufer mit/ohne Vegetation** = riva naturale con/senza vegetazione; **mit/ohne juv.** = con/senza giovani cirpinidi.*

Im Unterschied zum Südbekken konnten an den meisten untersuchten Stellen beim Seedamm von Melide Jungfische beobachtet und gefangen werden. Auch dort kamen sie weiter vom Ufer entfernt vor als im Juli. Es ist anzunehmen, dass mit der Untersuchung im Oktober der Zeitpunkt erfasst wurde, als die Jungfische das Litoral verliessen, wie dies auch in anderen Seen der Fall ist (ROSSIER 1995). Nicht alle Fische machen allerdings diese Wanderung mit, wie Beobachtungen von grossen Schwärmen juveniler Rotaugen in der Enge von Lavena beweisen. Selbst im Februar 1999 lebten dort sehr grosse Schwärme. Auch in manchen Bootshäfen lassen sich im Winter juvenile Rotaugen beobachten (pers. Mitt. Luigi Corti). Diese Feststellung deckt sich mit Beobachtungen im Genfersee (ROSSIER 1995).

Obwohl submerse Makrophyten in anderen Gewässern ein wesentliches Jungfischhabitat darstellen und ökologisch von ausserordentlicher Bedeutung sind (TOWNSEND & PERROW 1989), bilden Standorte mit Unterwasservegetation im Luganersee die Ausnahme. Entsprechend sind die jungen Cypriniden im Luganersee nicht an diesen Habitattyp gebunden und wurden meist an Stellen ohne submerse Makrophyten beobachtet.

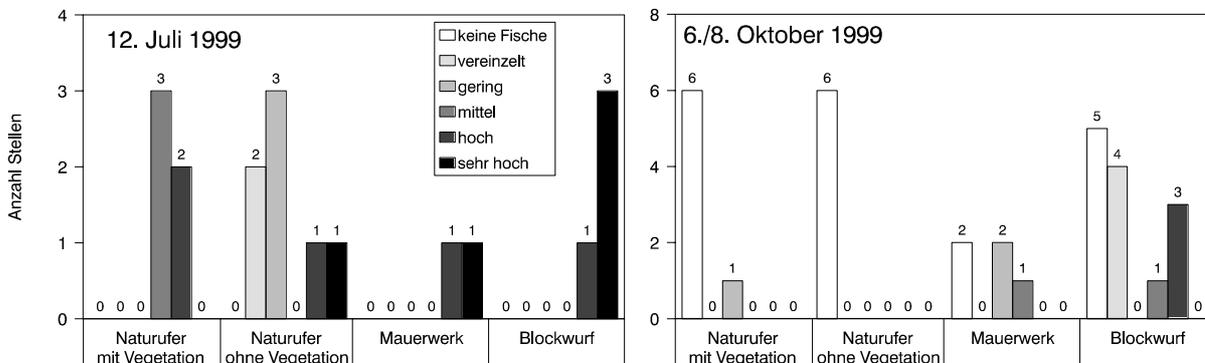


Abb. 42: Vergleich der Dichte der juvenilen Cypriniden entlang verschiedener Ufertypen im Juli und Oktober 1999.

Confronto della densità di giovani ciprinidi lungo diversi tipi di riva a luglio e a ottobre, 1999. Keine Fische = senza pesci; vereinzelt = pesci singoli; gering = pochi pesci; mittel = densità media; hoch = densità alta; sehr hoch = densità molto alta.

Wie in Abb. 42 dargestellt, kamen hohe Dichten von juvenilen Cypriniden im Juli 1999 sowohl an Naturufern mit Vegetation, als auch an anthropogen beeinflussten Uferstrukturen (Blockwurf, Mauern) vor. Wie bei den Larven war auch die Dichte juveniler Fische an Naturufern ohne Vegetationsstrukturen am geringsten. Auch die Dichteschätzungen zeigen die grosse Abnahme der Dichte zwischen Juli und Oktober. Einzig entlang von Blockwurfufern (Seedamm Melide) wurden noch grössere Zahlen juveniler Fische beobachtet.

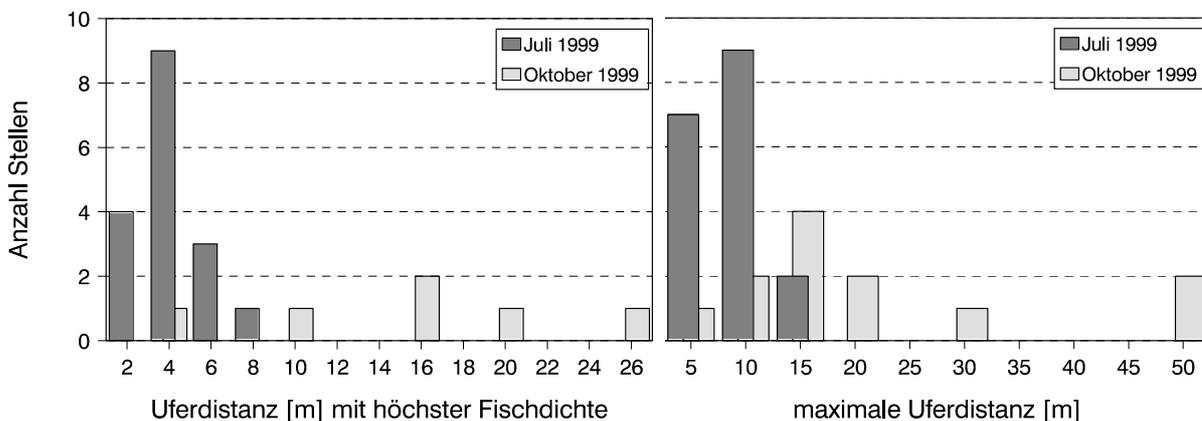


Abb. 43: Uferabstand der Schwärme juveniler Cypriniden. Vergleich der Aufnahmen vom 12.7. mit denjenigen vom 6./8.10.1999. X-Achse: Obere Klassengrenze. 40 bedeutet: 35.1 bis 40 m Uferabstand.

Distanza da riva dei banchi di giovani ciprinidi. Confronto dei rilevamenti del 12.7. con quelli del 6./8.10.1999. Ascissa: Limite superiore delle classi. 40 significa: da 35.1 a 40 m di distanza da riva. Uferdistanz mit maximaler Fischdichte = distanza da riva della massima concentrazione di pesci; maximale Uferdistanz = distanza massima da riva.

Die Zunahme des **Uferabstandes** der Fischschwärme (Abb. 43) gibt einen Hinweis, dass eine beginnende Verschiebung der Fische in Richtung Pelagial oder Benthos der Grund für die beobachteten Veränderungen ist. Während die Jungfische im Juli nie weiter als 15 m vom Ufer entfernt angetroffen werden konnten, und die Dichtemaxima nicht weiter als 8 m vom Ufer entfernt waren, konnten im Oktober bis 50 m vom Ufer entfernt 0⁺-Fische gefangen

werden und die höchsten Dichten der Schwärme wurden je nach Standort bis zu 25 m vom Ufer entfernt beobachtet (Abb. 43)

Eine wesentliche Zunahme der **Tiefe**, in welcher sich die Jungfische aufhielten, konnte hingegen nicht festgestellt werden. Auch im Oktober konnten im Bereich des Seedamms von Melide zahlreiche Jungfische unmittelbar unter der Wasseroberfläche beobachtet werden. Allerdings wurden bei unseren Erhebungen nur ein marginaler Teil des Bestandes juveniler Fische erfasst. Es ist gut denkbar, dass der grössere Teil der jungen Cypriniden zu diesem Zeitpunkt bereits zu einer benthischen oder pelagischen Lebensweise übergegangen war.

3.8 Räumliche und zeitliche Verteilung der Fische im Golf von Agno

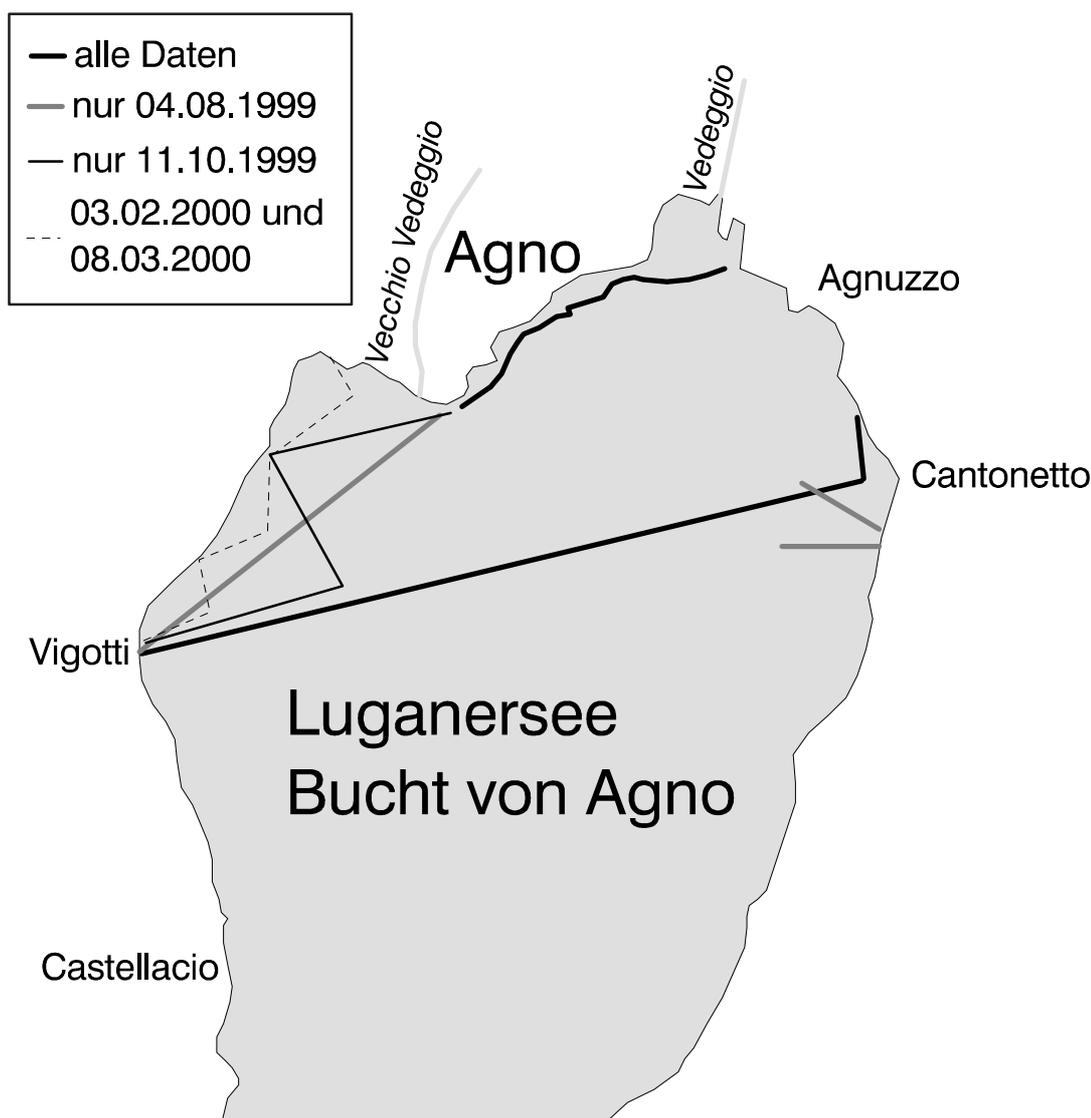


Abb. 44: Echolot-Transecte in der Bucht von Agno. Daten: Ufficio della caccia e della pesca.
Transetti rilevati con escoscandaglio nel golfo di Agno. Dati: Ufficio della caccia e della pesca. Alle Daten = in tutte le date; nur 04.08.1999 = solo il 04.08.1999; nur 11.10.1999, 03.02.2000 und 08.03.2000 = solo l'11.10.1999, il 03.02.2000 e l'08.03.2000.

Bei den Echolot-Untersuchungen zwischen 1999 und 2000 (Abb. 45) liessen sich im **August** sehr hohe Konzentrationen von Fischen in geringer Tiefe (1.5 bis 4 m) nachweisen. Auch in grosser Entfernung vom Ufer war die Dichte sehr hoch. Im tieferen Bereich dagegen konnten praktisch keine Fische nachgewiesen werden. Der überwiegende Teil lebte in relativ lockeren Verbänden, so dass die Einzelfisch-Echos unterscheidbar waren. Nur eine kleine Fischschule konnte im Tiefenbereich zwischen 4 und 16 m festgestellt werden.

Im **Oktober** war die Konzentration in der oberflächennahen Wasserschicht immer noch sehr hoch. Daneben waren die Fische aber in vermehrtem Mass in dichten Schulen zusammengeschlossen, in welchen sich Einzelfisch-Echos nicht mehr unterscheiden liessen. Die Schulen wurden ausschliesslich in Bereichen mit geringer Wassertiefe (< 18 m), bevorzugt im Tiefenbereich zwischen 4 und 8 m beobachtet.

Im **Winter** (Februar, März) waren kaum noch Einzelfisch-Echos feststellbar. Die obersten 20 m des Pelagials waren praktisch leer; es liessen sich auch keine Schulen nachweisen. Die Fische hielten sich im untersuchten Bereich (0 – 20 m) bevorzugt in dichten Schulen in

Wassertiefen zwischen 0 und 18 m auf. Alle Schulen wurden in Zonen mit geringer Tiefe (<18 m) festgestellt. Die horizontale Ausdehnung der festgestellten Schulen war relativ gering und lag zwischen 2.5 und 5 m.

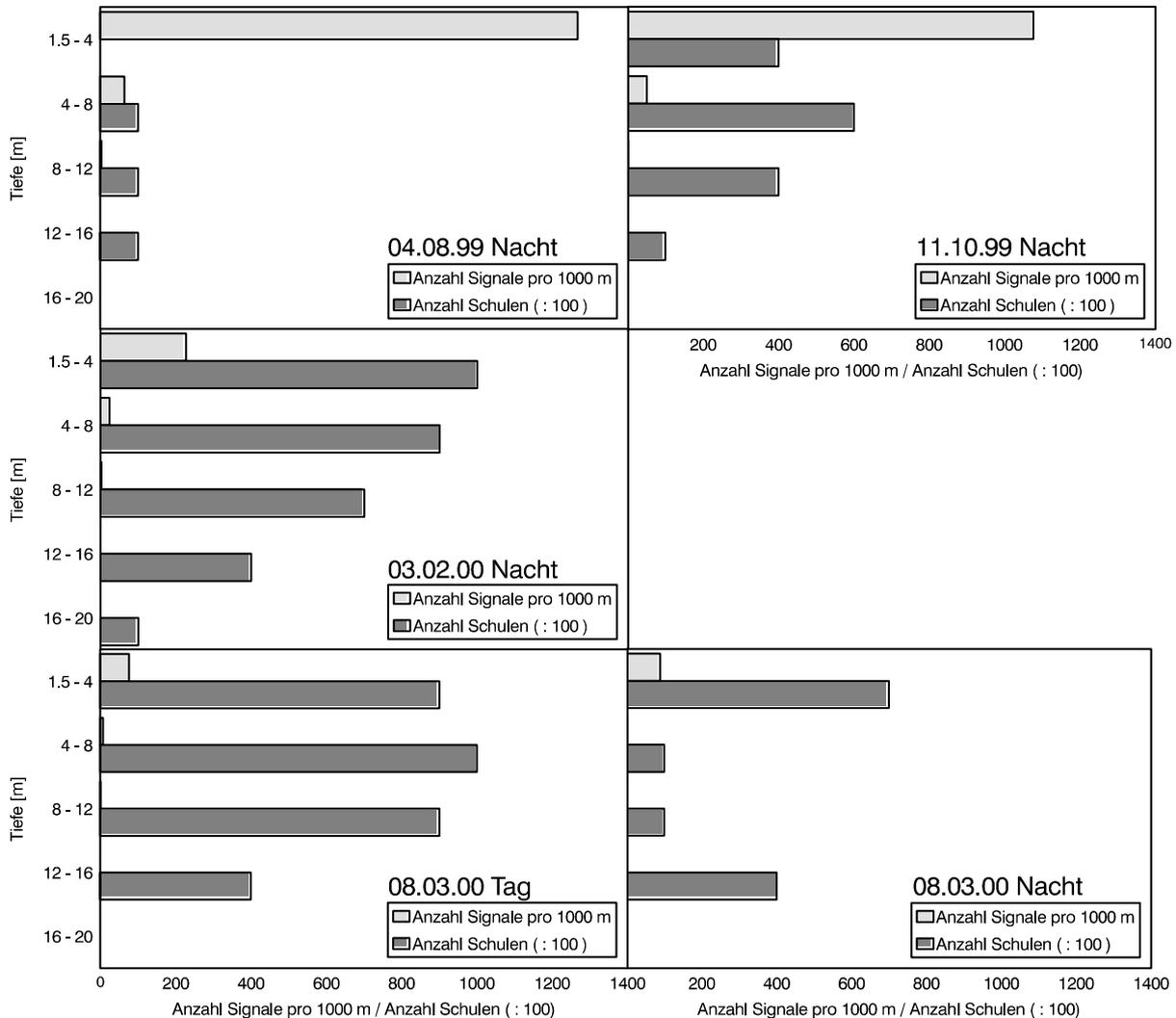


Abb. 45: Tiefenverteilung von Einzelfischechos (helle Balken), und von Fischschulen (dunkle Balken, 100-fach vergrössert) in der Bucht von Agno zwischen dem 4.8.1999 und dem 8.3.2000.

Distribuzione delle profondità degli echi di singoli pesci (colonne chiare), e di banchi di pesci (colonne scure, ingrandite 100 volte) nel golfo di Agno tra il 4.8.1999 e il 8.3.2000. Anzahl Signale pro 1000 m = numero di segnali su 1000 m;

Anzahl Schulen = numero di banchi (: 100). Tag/Nacht = giorno/notte.

Die deutliche Abnahme der Besiedlung der oberflächlichen Wasserschichten zwischen Sommer und Winter deckt sich auch mit der Untersuchung der Juvenilhabitate. Die flächen-deckende Besiedlung der oberflächennahen Wasserschichten im Sommer weicht einer Konzentration an wenigen Stellen im See (z. B. Enge von Lavena) im Winter. Gleichzeitig nimmt die Tiefe zu, in der sich die Fische aufhalten.

Diese Ergebnisse weisen sehr grosse Ähnlichkeiten mit den Erhebungen vor 10 Jahren auf (MENG & MÜLLER 1990). Auch 1989 waren im Sommer sehr grosse Fischdichten in den obersten 10 m Wassertiefe feststellbar mit einem Dichtemaximum in 6 m. Auch war im Oktober 1989 die Oberflächenschicht des gesamten Pelagials besiedelt, während der Tiefenbereich vollständig verlassen war. Damals wurde der See sogar bis in 30 m Tiefe untersucht. Im Winter konzentrierten sich die Fische ebenfalls in grossen Schulen an einzelnen Stellen im See.

Das Verhalten und die Raumnutzung der Fische hat sich also zwischen 1989 und 1999/2000 nicht wesentlich geändert, obwohl damals die Artenzusammensetzung eine völlig andere war als heute. Damals wurden in den parallel zu den Echolot-Untersuchungen durchgeführten Schleppnetzfangen ausschliesslich Alborellen gefangen. Die Alborella dominierte auch in den Fängen der Netzfischer. Heute ist diese Art in den Fängen verschwunden und es ist davon auszugehen, dass sie, wenn überhaupt, nur noch unwesentlich zur Artenzusammensetzung im See beiträgt. Heute dominieren andere Arten, insbesondere das Rotauge.

Die Konzentration der Fische während des Sommers in den obersten Wasserschichten lässt sich - wie bereits damals postuliert - durch die immer noch schlechten Sauerstoffbedingungen erklären. Diese ist im Sommer während der Stagnationsphase am geringsten, da das Wasser in mittleren Tiefen nur bei Temperaturstürzen oder sehr starkem Wind und Wellengang mit Sauerstoff versorgt wird. Bei Figino wurden 1997 und 1998 zwischen September und Oktober bereits in einer Tiefe ab 13 m Sauerstoffkonzentrationen von weniger als 4 mg/l gemessen. 1996 lag die Sauerstoffgrenze von 4 mg/l zwischen August und September sogar bei 9 m (BARBIERI ET AL. 1998; BARBIERI ET AL. 1999). Die Situation hat sich gegenüber 1989 (MENG & MÜLLER 1990) kaum wesentlich verbessert.

Rotaugen und andere Cypriniden sowie Barsche haben ein deutlich höheres Temperaturoptimum als Forellen, Felchen und Saiblinge. Dies dürfte mit ein Grund sein, dass in der obersten Wasserschicht sehr viele Fischechos festgestellt werden konnten. Fische mit hohem Temperaturoptimum finden im warmen Oberflächenwasser viel Nahrung und wachsen schnell, da sowohl die Fressaktivität als auch die Verdauungsgeschwindigkeit mit der Umgebungstemperatur zunimmt.

Am 11.10.1999 kamen Fischschulen bis in 16 m Tiefe vor, jedoch ausschliesslich im Uferbereich um Agno. Dies ist dadurch erklärbar, dass die beiden Zuflüsse Vedeggio und Vecchio Vedeggio dem See kühles und sauerstoffreiches Wasser zuführen, welches wahrscheinlich in der Bucht von Agno lokal bessere Verhältnisse schafft als im Pelagial (Messstelle Figino).

4 Diskussion

4.1 Alter, Wachstum Laichreife und Populationsbiologie

Die Kondition der Rotaugen im Luganersee ist im Vergleich zu anderen Populationen hoch und sinkt auch im Winter nur unwesentlich ab. Eine weitere Eigenschaft ist das, vor allem in den ersten Lebensjahren vergleichsweise rasche Wachstum (Abb. 46). Dieses ermöglicht Männchen und Weibchen das Ablaichen bereits im Alter von zwei Jahren. Da die Eizahl abhängig vom Körpergewicht ist, erreichen die raschwüchsigen Rotaugen auch nach wenigen Jahren eine im Vergleich mit anderen Populationen (GOLDSPINK 1978; GOLDSPINK 1979; SCHMIDT 1983; TOWNSEND & PERROW 1989) hohe Fekundität. Zudem spricht vieles dafür, dass sich der grösste Teil der Weibchen nach Erreichen der Geschlechtsreife jedes Jahr fortpflanzen kann (Iteroparie). Die Population hat demnach ein grosses Reproduktionspotenzial und kann bei günstigen Umweltbedingungen und geringem Konkurrenzdruck sehr rasch zunehmen. Das gegenüber den Männchen erhöhte Wachstum und die geringere Mortalität der Weibchen kann als weiterer Schritt zur Maximierung des Reproduktionspotenzials interpretiert werden (GOLDSPINK 1979).

Gegenüber Arten mit geringerem Wachstum und geringerer Fekundität ist das Rotauge im Vorteil.

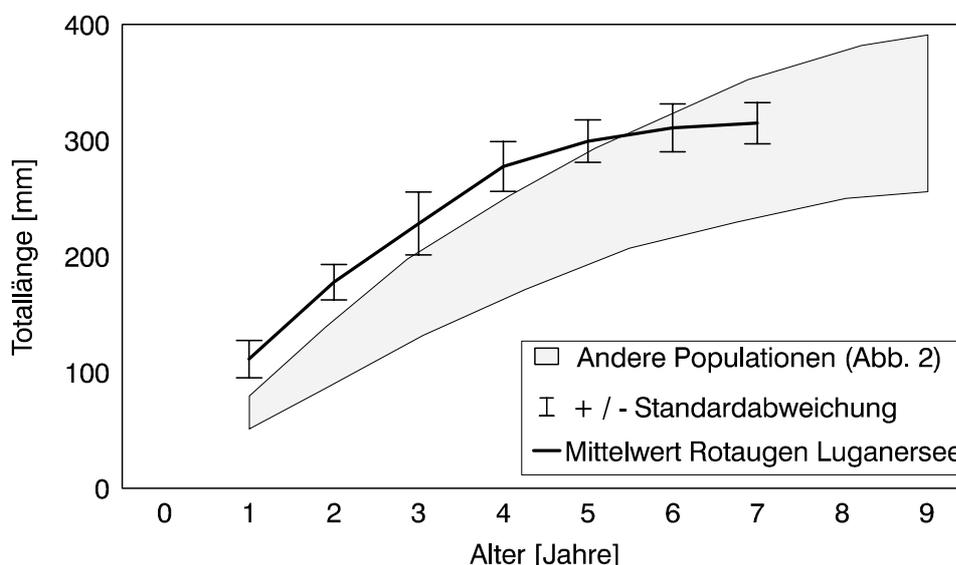


Abb. 46: Vergleich des Wachstums der Rotaugen im Luganersee mit anderen Populationen (Schattierter Bereich, aus Abb. 2).

Confronto della crescita dei gradon del Lago di Lugano con quella di altre popolazioni (area ombreggiata, da Abb. 2). +/- Standardabweichung +/- deviazione standard; Mittelwert Rotaugen Luganersee = valore medio dei gradon del Lago di Lugano.

Die erfassten Daten zur Biologie der Rotaugenpopulation des Luganersees sprechen für äusserst günstige Lebensbedingungen.

Als Erstes bewirkt das milde Klima, dass sich die Rotaugen früher als in anderen Seen (Mitte bis Ende April) fortpflanzen können. Die Sommertemperaturen sind im Durchschnitt wärmer als in Seen nördlich der Alpen und bieten den Rotaugen somit bessere Wachstumsbedingungen. In zahlreichen Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass Rotaugen im ersten Lebensjahr bei hohen Temperaturen im Durchschnitt eine höhere Kondition aufweisen (KLIMCZYK-JANIKOWSKA 1978) und schneller wachsen als bei niedrigen (SCHILDE 1936; BROUGHTON & JONES 1978; GOLDSPINK 1978; PONTON & GERDEAUX 1987; GRIFFITHS & KIRKWOOD 1995). Da raschwüchsige Fische (SVÄRDSON 1976; GRIFFITHS & KIRKWOOD 1995) dem Nahrungsspektrum ihrer Prädatoren schneller entwachsen (LOVAS 1988), ist anzuneh-

men, dass mit dem raschen Wachstum auch eine verminderte Mortalität verknüpft ist. Gegenüber langsamwüchsigeren Arten ist das Rotauge diesbezüglich im Vorteil.

Im Unterschied zu vielen grossen Seen nördlich der Alpen ist der Luganersee auch heute noch eutroph. Eutrophe Gewässer bieten Rotaugen günstige Lebensbedingungen und die Grundlage für eine dominierende Stellung in der Fischartengemeinschaft (SVÄRDSON 1976; BROUGHTON & JONES 1978; PERSSON 1983). Bei einer Reoligotrophierung nimmt der kompetitive Vorteil der Art ab (HORPPILA & PELTONEN 1994). In zahlreichen Seen nördlich der Alpen sind die Rotaugenbestände zurückgegangen (ZAUGG 1987; GERSTER 1998) und als ein möglicher Grund wird die Abnahme der Trophie angenommen.

In eutrophen Seen ist das Nahrungsangebot sehr hoch und den Rotaugen steht nicht nur das Litoral zur Verfügung. Zumindest ein Teil der Populationen kann zeitweise das Pelagial besiedeln (BRENNER 1973; BÜSSER & TSCHUMI 1987; LOVAS 1988; HORPPILA ET AL. 1996).

Auf Grund dieser Ausführungen erscheint es plausibel, dass milde Temperaturen und ein hoher Trophiegrad zu raschem Wachstum, hoher Kondition und früher Geschlechtsreife beitragen. In zahlreichen Gewässern wurden aber Abweichungen von dieser Regel beobachtet: Im Bodensee nahm das Wachstum der Rotaugen beim Übergang vom oligotrophen zum mesotrophen Zustand zu, nicht aber vom mesotrophen in den eutrophen (HARTMANN 1978 zit. in BRENNER 1973). Im Madü-See war das Wachstum trotz Oligotrophie überdurchschnittlich. Im Alpnachersee wuchsen die Rotaugen trotz markanter Abnahme der Trophie nicht langsamer (LOVAS 1988). Dies ist dadurch erklärbar, dass nebst Temperatur und Trophie die Bestandesdichte einen bedeutenden Einfluss auf Wachstum, Laichreife und Kondition hat (SCHILDE 1936; LOVAS 1988).

Das heisst, im Luganersee wäre ein derart schnelles Wachstum, eine so hohe Kondition und so frühe Laichreife kaum möglich, wenn die Fischdichte im Verhältnis zum Angebot an Nahrung und Lebensraum nicht relativ gering wäre.

Eine geringe Dichte im Vergleich zu den verfügbaren Ressourcen kann auf unterschiedliche Weise zustande kommen:

- Es ist denkbar, dass die Bestandesdichte immer noch am Zunehmen ist und die Population weder habitat- noch nahrungslimitiert ist. Diese Annahme wird gestützt durch die ungebrochene Zunahme der Cyprinidenfänge.
- Es ist möglich, dass der Bestand in einem frühen Entwicklungsstadium (Laichzeit oder Larvenphase) durch limitierte Habitate oder Ressourcen reguliert wird (Flaschenhalstheorie) und der Population nach dem Engpass keine Wachstumshindernisse mehr entgegenstehen.
- Eine weitere Erklärung könnte darin liegen, dass je nach Jahrgang nur wenige Tiere überleben. Kalte Temperaturen nach der Laichzeit können zu einer ausgeprägten Eimortalität führen (GOLDSPINK 1978) und auch während dem ersten Lebensjahr können die Ausfälle je nach Wassertemperatur sehr gross sein (PONTON & GERDEAUX 1987). Die unterschiedlichen Jahrgangsstärken sprechen dafür, dass dies auch im Luganersee eine Rolle spielt. Allerdings sind die Unterschiede im Vergleich zum Genfersee, wo mehrere Kohorten hintereinander vollständig fehlen (PONTON & STROFFEK 1987), weniger ausgeprägt.

4.2 Nahrung

Bezüglich Ernährung ist das Rotauge ein Opportunist. Obwohl in zahlreichen Gewässern Zooplankton die dominierende Nahrung darstellt (BRENNER 1973; PONTON & GERDEAUX 1988; GRAIA 1998), sind Rotaugen durchaus in der Lage, während Phasen von Nahrungsknappheit praktisch ausschliesslich von Algen und Detritus zu leben (KLIMCZYK-JANIKOWSKA 1978; PERSSON 1983). Diese Fähigkeit gibt Rotaugen einen Konkurrenzvorteil gegenüber anderen Arten, welche während solchen Phasen der Nahrungsknappheit grosse Verluste erleiden oder stark geschwächt werden (PERSSON 1983). Das Rotauge ist, zumindest in klei-

nen Gewässern, durchaus in der Lage, das Angebot an Blattfusskrebse bis zur Erschöpfung zu nutzen (TOWNSEND & PERROW 1989).

Im Luganersee bildet Crustaceenplankton, vor allem bei jungen Rotaugen, den Hauptteil der Nahrung. Daneben wurden aber zahlreiche verschiedene Nahrungskategorien gefunden, unter anderem sogar Jungfische. In planktonarmen Zeiten weichen auch die Rotaugen im Luganersee auf Algen und Wasserpflanzen aus. Das schnelle Wachstum ermöglicht es den Rotaugen, ihr Nahrungsspektrum schon am Ende des zweiten Lebensjahres um eine wichtige Nahrungskategorie, die Wandermuschel zu erweitern. Wandermuscheln wurden mit der Schale gefressen. Erst ab einer gewissen Grösse sind die Rotaugen kräftig genug, um die Muscheln vom Substrat loszureissen und mit ihren Schlundzähnen zu zerkleinern. Im Bielersee wurden Wandermuscheln im Mageninhalt erst bei Rotaugen der Altersklasse 6 und älter gefunden, die eine minimale Länge von knapp 24 cm Länge erreicht hatten (ROTH 1969). Wandermuscheln sind während des ganzen Jahres verfügbar. Das Ausweichen auf die Wandermuschel gibt dem Rotauge einen Vorteil gegenüber Fischarten, welche diese Möglichkeit nicht haben.

4.3 Habitate

Rotaugen sind, wie viele andere Fischarten auch, während der Laichzeit sehr stark an das Litoral gebunden. Laichtiere brauchen zudem ein hartes Substrat und eine minimale Korngrösse von einigen Zentimetern. Ansonsten konnten keine hohen Habitatansprüche festgestellt werden. Nur ganz harte Uferverbauungen (Mauerwerk) wurden von den laichenden Rotaugen gemieden.

4.4 Bedeutung des Rotauges beim Rückgang der Alborella

Rotaugen haben gegenüber der Alborella mehrere Vorteile

- Rotaugen wachsen schnell und entwachsen schon nach dem ersten Lebensjahr dem Nahrungsspektrum des Barsches. Mit Erreichen des zweiten bis dritten Lebensjahres sind Rotaugen auch nicht mehr als Beute des Zanders geeignet. Die Alborella kann auch noch im zweiten Lebensjahr vom Barsch erbeutet werden und gehört während ihres ganzen Lebens zum Beutespektrum des Zanders.
- Das Wachstum ist bedeutend rascher und das Rotauge wird viel grösser.
- Das Rotauge hat ein grösseres Reproduktionspotenzial als die Alborella, da Rotaugen früher laichreif werden und eine grössere Fekundität aufweisen.
- Rotaugen fressen bevorzugt dieselbe Nahrung wie die Alborella (Blattfusskrebse), können aber schon in relativ jungem Alter (2^+) zu einem grossen Anteil auf Molluskennahrung umstellen, was ihnen einen Vorteil gegenüber der Alborella verschafft.
- Rotaugen haben ein breites Spektrum an Laichhabitaten und benützen zum Teil gleiche Laichhabitats (Kiesflächen in Ufernähe) wie die Alborella.
- Da die Alborella später ablaicht als das Rotauge, ist davon auszugehen, dass Rotaugenlarven sich schon im Litoral etabliert haben, wenn die Larven der Alborella schlüpfen. Es ist anzunehmen, dass die Rotaugen die frisch geschlüpften Alborellen um Nahrung und Lebensraum konkurrenzieren.
- Echolot-Untersuchungen zeigten, dass sich die räumliche und zeitliche Verteilung des heutigen Fischbestandes, welcher durch Rotaugen dominiert ist, nur unwesentlich von der Verteilung der Alborella vor zehn Jahren unterscheidet. Das Pelagial, der Haupt-Lebensraum der Alborella, wird heute durch andere Arten dicht besiedelt.

Offene Fragen

- Die Alborella weist eine ausgesprochen pelagische Lebensweise auf (LEHMANN 1990), während das Rotauge entsprechend Literaturangaben bevorzugt im Litoral lebt. Entscheidend ist, ob und wie lange sich die Habitate der beiden Arten überschneiden. Da die Alborella später ablaicht als das Rotauge, ist in der Laichphase kaum eine Habitatkonkurrenz anzunehmen. Der wahrscheinlichste Zeitpunkt einer Konkurrenz um Raum und Nahrung ist im Mai, wenn die Alborella schlüpft und die Uferzone voll dichter Schwärme von Rotaugenlarven ist. Es ist aber viel zu wenig über die Nahrung und Habitatwahl der Alborellar-Larven bekannt, um im Nachhinein Rückschlüsse über eine allfällige Konkurrenz ziehen zu können. Insbesondere ist nicht bekannt, wie lange sich die Alborellen nach dem Schlüpfen im Uferbereich aufhalten.
- Man weiss heute nicht, wie gross der Rotaugenanteil der im Pelagial lebenden Fischbestände ist. Ebenso wenig ist bekannt, in welchen Monaten die Rotaugen das Pelagial besiedeln.
- Die durchschnittliche Biomasse der Blattfusskrebse im Pelagial hat in der Periode, als die Alborella verschwand, an allen drei Messstellen (Gandria, Melide, Figino) weder zu- noch abgenommen (BARBIERI ET AL. 1998). Die Biomasse des Wasserfloh (*Daphnia hyalina*), die bevorzugte Nahrung der Alborella, hat nach 1988 sogar zugenommen. Diese Feststellung widerspricht der Hypothese, dass ein vermindertes Nahrungsangebot oder Nahrungskonkurrenz die Ursache des Rückganges der Alborella sein könnten.
- Im See wurden nebst dem Rotauge zahlreiche Neozoen eingeführt. Eine dieser Arten, der Zander, für welchen selbst adulte Alborellen als Nahrung geeignet sind, hat im Zeitraum, als die Alborella verschwand, stark zugenommen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass dieser, oder andere zoogeografische Neulinge zum Rückgang der Alborella beigetragen haben.
- Der Trophiegrad, die Lichtverhältnisse (Sichttiefe) und das Plankton hat sich in den letzten Jahrzehnten tiefgreifend verändert.

Im vorliegenden Bericht konnte gezeigt werden, dass das eingeschleppte Rotauge gegenüber der Alborella, aber auch gegenüber anderen südlich der Alpen vorkommenden Arten grundlegende Vorteile besitzt. Ob es zu einer Verdrängung einer Art kommt, oder ob sich die Arten den verfügbaren Lebensraum und Nahrungsressourcen teilen können, hängt von zahlreichen Faktoren ab.

Zur sicheren Beurteilung einer allfälligen Verdrängung der Alborella müssen Daten über die Biologie von Rotauge und Alborella, insbesondere über Habitat- und Nahrungspräferenzen, vor und nach der Einschleppung, verfügbar sein. Weiter werden Daten über die Veränderung der Bestandesdichte der verschiedenen Arten benötigt (FAUSCH 1988).

Da der Zusammenbruch der Alborella-Bestände derart rasch stattfand, sind Daten zur Biologie dieser Art lediglich über die Zeit vor der Einschleppung des Rotauges verfügbar und die Habitatwahl und Ernährung, insbesondere in jungen Stadien, ist nur ungenau beschrieben.

Zudem wurden neben dem Rotauge zahlreiche andere zoogeografische Neulinge eingeführt, welche sich im gleichen Zeitraum etablierten, über deren Biologie aber noch nichts bekannt ist. Aus diesen Gründen kann die Frage, ob die Alborella durch das Rotauge verdrängt worden ist, wohl nie gänzlich geklärt werden.

4.5 Wissenslücken

- Bei den Laichhabitatuntersuchungen konnten an einzelnen Stellen die Laichtiere auf ihre Artzugehörigkeit bestimmt werden. Bei allen übrigen Habitatuntersuchungen konnten lediglich Aussagen über die Habitatwahl von Cypriniden gemacht werden. Die Habitatwahl der Rotaugen ist nicht bekannt. Folglich ist die Frage nach einer allfälligen räumlichen Konkurrenzierung der Alborella durch das Rotauge bisher unbeantwortet. Während allen Untersuchungen (Laich-, Larval- und Juvenilhabitate im Juli und Oktober) wurden Proben

genommen, welche mit Hilfe genetischer Untersuchungen im Nachhinein auf die Art bestimmt werden könnten. Vorarbeiten wurden im Rahmen eines Lizentiats an der Universität Bern geleistet. Mit Hilfe dieser Zusatzuntersuchungen liesse sich sehr viel über die Habitatwahl der Rotaugen und anderer Cypriniden, aber auch über die anteilmässige Verteilung der verschiedenen Arten im Uferbereich und über allfällige Vergesellschaftungen aussagen.

- Eine Analyse der Fangstatistik ergab, dass sowohl zwischen Alborella- und Weissfischertrag (seit 1995 zu ca. 90% aus Rotaugen bestehend) als auch zwischen Alborella und Zanderertrag eine signifikant negative Korrelation besteht. Es ist daher denkbar, dass Zander oder Rotauge oder das Zusammenwirken beider Arten den Zusammenbruch des Alborella-Bestandes verursacht oder beschleunigt haben könnte. Zur näheren Beleuchtung dieser Frage wären jedoch weitergehende Untersuchungen notwendig, welche den Rahmen dieser Studie übersteigen. Insbesondere wäre die Nahrungswahl des Zanders in einem Gewässer mit und einem Gewässer ohne Alborella zu untersuchen. Zudem wäre abzuklären, ob der Zanderertrag effektiv die Bestandesdichte widerspiegelt oder ob Anpassungen in den Fangmethoden respektive der Fangintensität oder Fangselektivität für diese Veränderung verantwortlich sein könnten.
- Ganz entscheidend für die Beurteilung, ob die Konkurrenz durch die Rotaugen zum Verschwinden der Alborella beigetragen haben könnte, ist die heutige Zusammensetzung der Fischfauna des Pelagials bzw. der dort lebende Rotaugenbestand. Diese Frage könnte beantwortet werden, indem Echolot-Untersuchungen mit Schleppnetzfangen kombiniert würden (siehe MENG & MÜLLER 1990). Ein ähnlich gutes Resultat könnten repräsentative Sondernetzfänge im Pelagial liefern, kombiniert mit Echolot-Untersuchungen.

5 Ausblick

Angesichts des grossen Rotaugenbestandes ist eine Dezimierung oder gar eine Ausrottung der Population im Luganersee nicht möglich. Aufgabe wird es sein, so gut es geht, mit der neuen Art zu leben und die Art bestmöglich zu nutzen. Da in den 50er Jahren in den meisten Mittelland- und Voralpenseen nördlich der Alpen ein "grosses Weissfischproblem" bestand, kann aus den Lösungsansätzen, Erfolgen und Misserfolgen gelernt werden. In einem kurzen Abriss ist die Geschichte des Rotaugenproblems im folgenden Kapitel dargestellt. Die Angaben stützen sich auf die Arbeiten von (ROTH 1969; SCHÄR 1978; MÜLLER 1983) und auf mündliche Informationen des Berufsfischers Marcel Martin (Bielersee).

5.1 Das "Weissfisch-Problem" nördlich der Alpen

Seit den 50er Jahren nahmen die Bestände der Cypriniden und des Flussbarsches in den Mittellandseen und später auch in den nördlichen Alpenrandseen aufgrund der Eutrophierung zu. Parallel dazu nahmen die Felchen und Saiblingfänge in den betroffenen Seen ab. Ausnahmen bildeten Thuner-, Briener- und Walensee. Trotz der Inbetriebnahme vieler Kläranlagen im Einzugsbereich der Seen war eine Abnahme der Produktion der Seen erst nach mehreren Jahren zu erwarten.

Rotaugen und Brachsmen (*Abramis brama* L.) waren hauptsächlich für die Zunahme der Weissfischfänge verantwortlich. Die Berufsfischer traf diese Entwicklung besonders, da kaum eine Nachfrage für die grätenreichen Weissfische vorhanden war. Die Preise für Weissfische waren seit den 50er Jahren kontinuierlich gesunken. So konnten die Weissfische nur zu einem Preis verkauft werden, der nicht kostendeckend war, wie das Beispiel vom Bodensee-Obersee von 1969 zeigt.

Fischart	Preis [Fr./kg]
Weissfische	0.17
Blaufelchen	3.40
Flussbarsche	2.61

Die Berufsfischer sahen deshalb davon ab, Weissfische intensiv zu befischen, womit sich diese ungestört vermehren konnten. Als die Bestände in den Seen immer grösser wurden, beobachtete man, dass die Rotaugen neu auch im Pelagial Schwärme bildeten und auf diese Weise vermehrt als Beifang beim Felchenfang auftauchten. Als Folge befischten verschiedene Berufsfischer auch die Felchen weniger intensiv, da der Beifang ihnen zuviel Arbeit und zuwenig Brot brachte.

5.1.1 Änderungen in der Bewirtschaftung

- Die Stützung der Felchenbestände in eutrophen Seen durch Besatz wurde damals nicht als sinnvoll betrachtet (ROTH 1969). Allerdings zeigten spätere Untersuchungen, dass beispielsweise im stark eutrophen Sempachersee sehr hohe Felchenerträge möglich sind. Natürliche Fortpflanzung trägt kaum zur Erhaltung dieses Bestandes bei, da der akute Sauerstoffmangel und das Vorkommen von reduzierten toxischen chemischen Verbindungen in der Wasser-Sediment-Grenzschicht das Überleben der Eier trotz der Seebelüftung verunmöglichen. Folglich stammt der hohe Felchenertrag im Wesentlichen aus Besatzmassnahmen (VENTLING-SCHWANK & MÜLLER 1991; VENTLING-SCHWANK 1992).
- Erhöhter Besatz von Hechten führte zu keinem geringerem Weissfischertrag (ROTH 1969), da der Hechtbestand durch das Angebot an Territorien und nicht durch Nahrung limitiert ist und Hechte bei zu hoher Dichte kannibalisch werden.
- Der Besatz von Aalen war unerwünscht, da diese sehr gern Felchen fressen und eher Felchen als Rotaugen regulieren wie in norddeutschen Maränenseen festgestellt wurde.

- Man ging damals davon aus, dass Zander sich nur für kleine, stark getrübe Seen ohne echtes Hypolimnion eignen.
- Seeforellen bevorzugen oligo- bis mesotrophe Gewässer.

Zusammenfassend war der Erfolg der Förderung von Konkurrenten oder Prädatoren sehr gering, wenn nicht gar inexistent.

5.1.2 Verwertung

Am 1. September 1965 bestellte das Eidgenössische Departement des Innern eine Kommission von Fachleuten, die den Auftrag erhielt, Vorschläge zur Verminderung der Weissfischbestände und zu deren zweckmässigen Verwertung auszuarbeiten:

Vor der grossen Zunahme der Weissfischbestände waren diese zum Teil als Lebendfutter an Fischzuchten verkauft worden. Das neue Trockenfutter erwies sich als einfacher in der Handhabung und es waren vor allem keine Übertragungen von Krankheiten zu befürchten, welche bei dichten Beständen von Cypriniden und Flussbarschen (z. B. die sogenannte, von Bakterien ausgelöste Fleckenseuche) recht häufig auftraten und in den 60er Jahren immer wieder zu Fischsterben führten. Diese Art der Verwertung musste verworfen werden.

Das Ergebnis der Abklärungen der Kommission zeigte klar, dass der Absatz für die direkte menschliche Ernährung gefördert werden sollte. Wobei der Handel ebenso klar kein Interesse an Weissfischen signalisierte, da der Schweizer Konsument in erster Linie tiefgekühlten, portionierten Meerfisch oder wenn schon Süsswasserfisch, dann sicher ohne Gräten, bevorzuge.

Da Hecht und Karpfen ebenfalls solch gabelähnliche Gräten besitzen und in anderen Ländern als Delikatesse verspeist werden, wurden die wenig aussichtsreichen Erklärungen des Handels nicht als endgültig hingenommen:

Verschiedenste industrielle Verarbeitungsmethoden wurden abgeklärt und entweder aus hygienischen oder kulinarischen Gründen oder da keine Kostendeckung gewährleistet war, verworfen:

- Rotaugen-Fischstäbchen und Fischbrätstückchen sind nur bei einer grossindustriellen Verarbeitung möglich, doch der Jahresertrag (rund 1'000 T) der Schweiz ist dafür zu klein.
- Die Herstellung von Reineiweiss, wie es Kanada aus Fischabfällen gewinnt, wurde wegen zu geringen Jahreserträgen verworfen.
- Die Herstellung von Fischmehl mit zwei verschiedenen Verfahren wurde ebenfalls geprüft. Das eine Verfahren konnte den Hygienestandards nicht standhalten, das andere wurde weiter geprüft, obschon den Berufsfischern die Unkosten nicht gedeckt wurden.
- Die direkte Verfütterung in der Schweinemast wurde bei kurzen Transportwegen befürwortet. Die Kosten wurden jedoch bei längeren Transportwegen oder einer zusätzlichen Aufarbeitung wie Pürieren und Abkochen zu hoch.
- Das Verfüttern von Weissfischkonserven an Katzen wurde aus psychologischen Gründen verworfen. Wer isst schon selber Katzenfutter?
- Die Verbrennung in Kehrriechanlagen sollte nur aus seuchehygienischen Gründen durchgeführt werden, da das tierische Eiweiss zu wertvoll ist.

Die Herstellung verschiedener Produkte und ihre direkte Vermarktung durch die Berufsfischer versprach grösseren Erfolg:

- Friture junger Rotaugen an Grossanlässen (Ausstellungen, Vereins-, Dorffeste etc.). Die Tiefkühlung der Weissfische für einen bestimmten Anlass ist kein Problem. Das vorgän-

gige Einlegen in eine Salzsole verhindert unerwünschte Geschmacksveränderungen und konserviert zusätzlich.

- Direktverkauf filetierter Rotaugen und Brachsmenranchen an Privatkunden.
- Herstellung von Traiteur-Produkten wie Rollmops, Marinaden, Fischsalat etc.

Das Problem mit den Gräten wurde vorgängig auf zwei verschiedene Weisen gelöst:

1. Die Gräten der Filets von kleinen Fischen konnten durch Marinieren im Zitronensaft aufgeweicht werden.
2. Die Filets grosser Rotaugen wurden mit einer speziellen Maschine in sehr kurzen Abständen eingeschnitten, so dass das Fleisch am Stück blieb, aber die Gräten in kurze Teile zerschnitten waren und beim Essen nicht mehr störten.

Dieser Weg wurde mit Erfolg beschritten. Seit 1978, als die Berufsfischer erstmals Rotaugenfriture an ihrem BEA-Stand (Ausstellung in Bern) verkauften, entwickelte sich dies zu einer gefragten Spezialität. Die Gräten sind weder ein physisches noch psychisches Problem mehr.

Um die Berufsfischer zu unterstützen, zahlten Bund und Kantone während der Jahre mit grossen Weissfischerträgen Beiträge an die notwendige Infrastruktur (Filetier- und Schneidemaschinen, Kühlaggregate). Ebenso wurde der Rotaugen-Absatz mit kg-Beiträgen subventioniert.

Nach 1980 setzte ein merklicher Rückgang der Weissfischerträge im Bielersee ein. Etwa zu diesem Zeitpunkt wurde die Nachfrage grösser als das Angebot (M. Martin, mdl. Mitt.). In den Jahren mit den grössten Fängen konnten nur im Winter gefangene Rotaugen verwertet werden (Monate mit "R"), da im Sommer gefangene Fische oft einen unangenehmen Geschmack nach Algen hatten. Infolge der verbesserten Wasserqualität (Reoligotrophierung) konnten die Weissfische ohne geschmackliche Einbusse auch im Sommer verwertet werden. Nur während und ca. einen Monat nach der Laichzeit werden keine Rotaugen gefangen. Brachsmen wurden nicht mehr befischt.

Da es seit der Einführung des neuen Fischereigesetzes keine Subventionen mehr gibt, sind gute Absatzmöglichkeiten nach wie vor wichtig. Ein grosser Teil wird weiterhin an der BEA und an Vereinsanlässen als Friture verkauft.

5.2 Vorschläge für den Luganersee

Die Situation ist im Luganersee heute ähnlich wie in den 50er Jahren im Mittelland. Auch im Tessin haben die Berufsfischer die hauptsächliche Belastung der wirtschaftlich **noch** wenig geschätzten Fischart zu tragen. Wie die Versuche nördlich der Alpen zeigten, ist die Lösung im Luganersee nicht in Massenverwertungen zu suchen, zumal diese einen nicht unerheblichen Druck auf bedrohte Arten haben können (ZAUGG 1987). Im Luganersee leben mehrere Arten, welche von solchen Massenfängen negativ beeinflusst werden könnten (Agone, Triotto, Pigo, Alborella, Savetta etc.). Aus diesem Grund ist an Stelle von Massenfängen eine verstärkte Nutzung des Rotauges im Rahmen der heute bereits angewendeten Fangmethoden anzustreben und einen "Markt" für die Fische aufzubauen. Zur rationellen Verarbeitung und Lagerung der Rotaugen werden spezielle Aparaturen benötigt (Kühlanlagen, Filetier- und Schneidemaschine). Es wäre allenfalls zu prüfen, ob diese Anschaffungen durch kantonale Beiträge unterstützt werden könnten. Weiter ist in Zusammenarbeit mit den Netzfischern zu prüfen, ob für den gezielten Fang von Rotaugen Änderungen der heute geltenden Fang- und Schonbestimmungen notwendig sind.

Eine grosse Aufgabe der Fischer wird es sein, im Kanton Tessin einen Markt für Rotaugen aufzubauen (Veranstaltungen, Ausstellungen, Vereine). Die Fischer können dabei vom grossen Erfahrungsschatz des schweizerischen Berufsfischerverbandes profitieren. Bis dies der Fall ist, besteht sicher auch die Möglichkeit, Rotaugenfilets in die Nordschweiz zu verkaufen,

da dort, zumindest regional, die Nachfrage das Angebot übersteigt. Während der Expo 2002 wird die Nachfrage sehr gross sein, gilt doch Rotaugen-Friture heute als Spezialität der drei Mittellandseen. Über die notwendige Infrastruktur und Absatzorganisation kann der Berufsfischerverband der Schweiz Auskunft geben.

Im Weiteren ist zu überlegen, ob sich juvenile Rotaugen eignen, nach den bekannten Albo-rella-Rezepten verarbeitet zu werden. Allerdings ist dies aus ökologischer Sicht nur dann sinnvoll, wenn nachgewiesen werden kann, dass seltene Arten nicht mit den Rotaugen vergesellschaftet sind, da diese damit ungewollt dezimiert würden.

Wie die Erfahrungen am Sempachersee zeigen, können Besatzmassnahmen zu einer Verschiebung der Artenzusammensetzung zugunsten wirtschaftlich interessanter Arten beitragen. Wenn auch der Felchenfang im Luganersee heute noch weniger als eine halbe Tonne pro Jahr beträgt, so hat der Fang seit den 80er Jahren sehr stark zugenommen (Abb. 47). Mit den vorwiegend pelagisch lebenden Felchen soll den Netzfischern eine gesteigerte Nutzung des Pelagials ermöglicht werden. Aus diesen Gründen wird diese Art besonders gefördert: Durch gezielten Besatz mit uferlaichenden Rassen soll die Chance der natürlichen Reproduktion erhöht werden. Die Gefahr, dass der gesamte Laich ungenügenden Sauerstoffbedingungen in der Grenzschicht Wasser-Sediment zum Opfer fällt, ist im Uferbereich geringer als im Tiefenwasser. Durch die Aufzucht in Netzkäfigen soll zudem die Aufzucht-kapazität gesteigert werden.

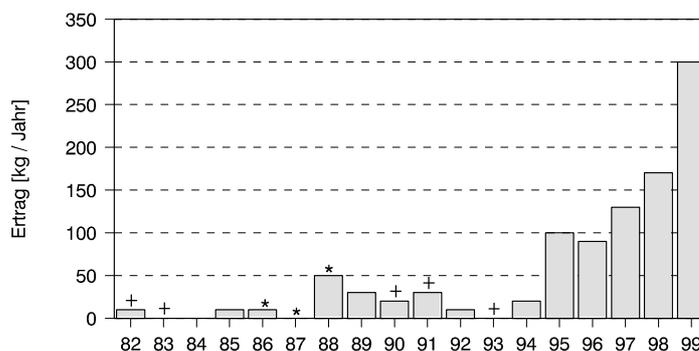


Abb. 47 Felchenertrag Netzfischerei im Luganersee Daten: Ufficio della Caccia e della Pesca.
 (*): Zwischen Sept. 1986 und Anfang Juli 1988: Fangverbot im schweizerischen Teil (Tschernobyl).
 (+): Nur Fangzahlen aus dem schweizerischen Teil.
Catture di coregone della pesca con rete del Lago di Lugano. Dati: Ufficio della Caccia e della Pesca.
 (*): Tra settembre 1986 e inizio luglio 1988: divieto di pesca nella parte svizzera (Cernobyl).
 (+): Solo cifre riguardanti le catture nella parte svizzera.

Wie die Erfahrungen nördlich der Alpen zeigen, wird der Erfolg der vorgeschlagenen Massnahmen massgeblich durch die weitere Entwicklung der Nährstoffbelastung des Sees bestimmt:

- Das Dominieren der Rotaugen hängt ganz entscheidend von einem hohen Trophiegrad ab (SVÄRDSON 1976; BROUGHTON & JONES 1978; PERSSON 1983).
- Der Fortpflanzungserfolg der Felchen kann durch eine Abnahme der Nährstoffbelastung gesteigert werden (vgl. Kapitel 5.1.1).
- Die Lebensraumbedingungen für Seeforellen und Felchen können durch eine verminderte Nährstoffbelastung verbessert werden (vgl. Kapitel 1.6.2).

Eine nachhaltige Verbesserung der fischereilichen Situation ist nur möglich, wenn die Nährstoffbelastung des Luganersees weiter reduziert wird.

6 Literaturverzeichnis

- BAGENAL, T. (1978): Methods for assessment of fish production in fresh waters. - 365 S.
- BARBIERI, A.; MOSELLO, R. (1992): Chemistry and trophic evolution of Lake Lugano in relation to nutrient budget. - *Aquatic Sciences* 54: 219-237.
- BARBIERI, A.; POLLI, B.; SIMONA, M.; RIGHETTI, G.; MARTINI, L. (1989): Recherche sull'evoluzione del Lago di Lugano; aspetti limnologici, Programma quinquennale 1983-1987: Relazione conclusiva. - Commissione Internazionale per la Protezione delle Acque Italo-Svizzere, Laboratorio Studi Ambientali (LSA), D. A. C. T.: 89 S.
- BARBIERI, A.; SIMONA, M.; SALVEDÈ, G.; ZAMBONI, F. (1994): Recherche sull'evoluzione del Lago di Lugano; aspetti limnologici, Programma quinquennale 1988 - 1992: Campagna 1992 e Rapporto quinquennale 1988 - 1992. - Commissione Internazionale per la Protezione delle Acque Italo-Svizzere, Laboratorio Studi Ambientali (LSA), D. A. C. T.: 109 S.
- BARBIERI, A.; SIMONA, M.; VERONESI, M.; ZAMBONI, F. (1998): Recherche sull'evoluzione del Lago di Lugano; aspetti limnologici, Programma quinquennale 1988 - 1992: Campagna 1996 e 1997 e Rapporto quinquennale 1993 - 1997. - Commissione Internazionale per la Protezione delle Acque Italo-Svizzere, Laboratorio Studi Ambientali (LSA), D. A. C. T.: 124 S.
- BARBIERI, A.; SIMONA, M.; VERONESI, M.; ZAMBONI, F. (1999): Recherche sull'evoluzione del Lago di Lugano; aspetti limnologici, Programma quinquennale 1998 - 2002: Campagna 1998. - Commissione Internazionale per la Protezione delle Acque Italo-Svizzere, Laboratorio Studi Ambientali (LSA), D. A. C. T.: 80 S.
- BONFIGLIOLI, R. A. (1997): Populationsdynamik des Rotauges (*Rutilus rutilus* (L.)) im Zugersee. - Diplomarbeit Forschungszentrum für Limnologie der EAWAG / ETH, Kastanienbaum LU: 66 S.
- BRENNER, T. (1973): Die Auswirkung der Eutrophierung des Bodensees auf Nahrung und Wachstum der Plötze (*Rutilus rutilus*). - *Der Fischwirt* 23: 98-99.
- BROUGHTON, N. M.; JONES, N. V. (1978): An investigation into the growth of 0-group roach, (*Rutilus rutilus* L.) with special reference to temperature. - *J. Fish Biol.* 12: 345-357.
- BÜSSER, P. (1980): Nahrungsökologie der Rotaugen (*Rutilus rutilus* L.) im Litoral und Pelagial des Bielersees. - Liz. Universität Bern, Bern: 54 S.
- BÜSSER, P.; TSCHUMI, P.-A. (1987): Nahrungsökologie der Rotaugen (*Rutilus rutilus* L.) im Litoral und Pelagial des Bielersees. - *Schweiz. Z. Hydrol.* 49: 63-74.
- COWX, I. G.; BROUGHTON, N. M. (1986): Changes in the species composition of anglers' catches in the River Trent (England) between 1969 and 1984. - *J. Fish Biol.* 28: 625-636.
- CRIVELLI, A. J.; DUPONT, F. (1987): Biometrical features of *Alburnus alburnus* x *Rutilus rubilio* natural hybrids from Lake Mikri Prespa, northern Greece. - *J. Fish Biol.* 31: 721-733.
- FAUSCH, K. D. (1988): Tests of competition between native and introduced salmonids in streams: What have we learned? - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 2238-2246.
- FISCHEREIINSPEKTORAT (1999): Jahresbericht 1999. - Fischereiinspektorat des Kantons Bern, 64 S.
- GERSTER, S. (1998): Hochrhein, Rückgang der Rotaugenbestände; mögliche Ursachen. - BUWAL, Mitteilungen zur Fischerei 60: 139-215.
- GOLDSPIK, C. R. (1978): Comparative observations on the growth rate and year class strength of roach *Rutilus rutilus* L. in two Cheshire lakes, England. - *J. Fish Biol.* 12: 421-433.
- GOLDSPIK, C. R. (1979): The population density, growth rate and production of roach *Rutilus rutilus* (L.) in Tjeukemeer, The Netherlands. - *J. Fish Biol.* 15: 473-498.
- GRAIA (1998): Analisi del popolamento ittico del Lago Ceresio. - Provincia di Varese, G.R.A.I.A. Srl - Gestione e Ricerca Ambientale Ittica Acque, V. R., 2 - 21020 Varano Borghi (VA): 29 S.
- GRIFFITHS, D.; KIRKWOOD, R. C. (1995): Seasonal variation in growth, mortality and fat stores of roach and perch in Lough Neagh, Northern Ireland. - *J. Fish Biol.* 47: 537-554.
- HARTMANN, J. (1978): Fischwachstum bei Oligo-, Meso- und Eutrophie des Bodensees. - *Schweiz. Z. Hydrol.* 40: 32-39.
- HORPPILA, J.; MALINEN, T.; PELTONEN, H. (1996): Density and habitat shifts of roach (*Rutilus rutilus*) stock assessed within one season by cohort analysis, depletion methods and echosounding. - *Fisheries Research* 28: 151-161.
- HORPPILA, J.; PELTONEN, H. (1994): The fate of a roach *Rutilus rutilus* stock under extremely strong fishing pressure and its predicted development after the cessation of mass removal. - *Journal of Fish Biology* 45: 777-786.
- KIRCHHOFER, A.; ZAUGG, B.; PEDROLI, J.-C. (1994): Rote Listen der gefährdeten Fische und Rundmäuler der Schweiz. - BUWAL, 35-37
- KLIMCZYK-JANIKOWSKA, M. (1978): Influence of warmed water on the growth and feeding of the roach (*Rutilus rutilus* L.). - *Acta Hydrobiol.* 20: 175-185.

- KÖHLER, C. (1992): Morphologische Untersuchungen zur intraspezifischen Variabilität des Rotauges *Rutilus rutilus* (L.), aus dem Rhein. - Fischökologie 6: 43-67.
- LADIGES, W.; VOGT, D. (1979): Die Süßwasserfische Europas. - Paul Parey, Hamburg Berlin: 300 S.
- LEHMANN, C. (1990): Wachstum, Nahrungswahl und trophische Stellung der Alborella im Luganersee. - Diplomarbeit (unvollendet) ETH, Kastanienbaum LU: 35 S. + 12 S. Anhang.
- LIECHTI, P. (1994): Der Zustand der Seen in der Schweiz. - BUWAL, Schriftenreihe Umwelt 237: 159 S.
- LOVAS, R. (1988): Populationökologische Untersuchungen am Rotauge (*Rutilus rutilus* L.) im Alpnachersee. - Diplomarbeit ETH, Kastanienbaum LU: 46 S.
- MANN, R. H. K. (1973): Observations on the age, growth, reproduction and food of the roach *Rutilus rutilus* (L.) in two rivers in southern England. - J. Fish Biol. 5: 707-736.
- MELLIN, A.; STEMMER-BRETTAUER, B. (1993): Fischbestand und fischparasitologische Aspekte der fischereilich nicht genutzten Kerspeltasperre. - Artenschutzreport 1993: 23-29.
- MENG, H. J.; MÜLLER, R. (1990): Untersuchung des Fischbestandes im Luganersee. - Dipartimento dell'economia pubblica cantone Ticino, EAWAG: 44 S.
- MÜLLER, K. (1982): Jungfischwanderungen zur Bottensee. - Arch Hydrobiol. 95: 271-282.
- MÜLLER, R. (1983): Das Weissfischproblem im Alpnacher See. - Der Fischwirt 5: 37-39.
- MÜLLER, R.; MENG, H. J. (1986): Factors governing the growth rate of roach *Rutilus rutilus* (L.) in pre-alpine Lake Sarnen. - Schweiz. Z. Hydrol. 48: 135-144.
- MÜLLER, R.; MENG, H. J. (1992): Past and present state of the ichthyofauna of Lake Lugano. - Aquatic Sciences 54: 338-350.
- MUUS, B. J.; DAHLSTRÖM, P. (1968): Süßwasserfische Europas. - München: 224 S.
- NAUWERCK, A. (1999): Fakultativ planktivore Fische im Mondsee und ihre Nahrung - II. Das Rotauge (*Rutilus rutilus* L.). - Österreichs Fischerei 52: 17-29.
- PEDROLI, J.-C.; ZAUGG, B.; KIRCHHOFER, A. (1991): Verbreitungsatlas der Fische und Rundmäuler der Schweiz. - Centre suisse de cartographie de la faune, Neuchâtel: 207 S.
- PERSSON, L. (1983): Effects of intra- and interspecific competition on dynamics and size structure of a perch *Perca fluviatilis* and a roach *Rutilus rutilus* population. - Oikos 41: 126-132.
- POLLI, B. (1997): Andamento della pesca professionale sul lago di Lugano nel periodo 1992-1995. - Ed.: Calderoni, A.: Ricerche sulle acque italo-svizzere nel quadriennio 1992 - 1995: 73-83.
- POLLI, B. (1999): Rapporto informativo sulla pesca nel lago di Lugano, gestione 1998. - Sottocommissione tecnica della commissione italo-svizzera per la pesca, 10 S.
- POLLI, B.; SIMONA, M. (1992): Qualitative and quantitative aspects of the evolution of the planctonic populations in Lake Lugano. - Aquatic Sciences 54:
- PONTON, D.; GERDEAUX, D. (1987): La population de gardon (*Rutilus rutilus* (L.)) du Lac Léman en 1983-85. Structure en âge, déterminisme du recrutement, analyse de la croissance. - Bull. Fr. Pêche Piscic. 305: 43-53.
- PONTON, D.; GERDEAUX, D. (1988): Quelques aspects de l'alimentation de deux poissons planctonophages du Lac Léman: Le corégone (*Coregonus schinzii palea* *cuv. et val.*) et le gardon (*Rutilus rutilus* (L.)). - Bull. Fr. Pêche Piscic. 308: 11-23.
- PONTON, D.; STROFFEK, S. (1987): Régime alimentaire des alevins de Gardons (*Rutilus rutilus* (L.)) dans un port du lac Léman. Comparaison avec la nourriture disonible. - Schweiz. Z. Hydrol. 49: 329-342.
- RICKER, W. E. (1973): Linear regression in fishery research. - J. Fish. Res. Board Can. 30: 409-434.
- ROSELL, R. S. (1994): Changes in fish populations in Lower Lough Erne: A comparison of 1972-3 and 1991-2 gill net survey data. - Biology and Environment 94B: 275-283.
- ROSSIER, O. (1995): Spatial and temporal separation of littoral zone fishes of Lake Geneva (Switzerland - France). - Hydrobiologia 300/301: 321-327.
- ROTH, H. (1969): Das Weissfischproblem in der Schweiz. - Veröffentlichungen des Eidgenössischen Amtes für Umweltschutz und der Eidgenössischen Fischereiinspektion 26: 9 S.
- SCHÄR, O. (1978): Neue Wege bei der Verwertung von Weissfischen in der Schweiz. - Veröffentlichungen des Eidgenössischen Amtes für Umweltschutz und der Eidgenössischen Fischereiinspektion 37: 54-59.
- SCHILDE, W. (1936): Das Wachstum der Plötze (*Leuciscus rutilus* L.) in norddeutschen Seen. - Sonderdruck Z. Fischerei Hilfswiss. 34: 683-717.
- SCHMIDT, K. (1983): Rotauge. - Blinker, 168 S.
- SEIFERT, K. (1984): Angel- und Fischereischule 3: Spezielle Fischkunde. - BLV Verlagsgesellschaft, München: 136 S.
- SVÄRDSON, G. (1976): Interspecific population dominance in fish communities of Scandinavian lakes. - Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm 55: 144-171.

- TOWNSEND, C. R.; PERROW, M. R. (1989): Eutrophication may produce population cycles in roach, *Rutilus rutilus* (L.), by two contrasting mechanisms. - J. Fish Biol. 34: 161-164.
- VENTLING-SCHWANK, A. (1992): Reproduktion und larvale Entwicklung der Felchen (*Coregonus* sp.) im eutrophen Sempachersee. - Dissertation ETH, Kastanienbaum: 140 S.
- VENTLING-SCHWANK, A.; MÜLLER, R. (1991): Survival of coregonid (*Coregonus* sp.) eggs in Lake Sempach, Switzerland. - Verh. Internat. Verein. Limnol. 24: 2451-2454.
- WOOD, A. B.; JORDAN, D. R. (1987): Fertility of roach x bream hybrids, *Rutilus rutilus* (L.) x *Abramis brama* (L.), and their identification. - J. Fish Biol. 30: 249-261.
- ZAUGG, B. (1987): Quelques aspects de dynamique des populations, de biologie générale et de biométrie du gardon (*Rutilus rutilus* L.) dans quatre lacs du Plateau suisse. - Dissertation Neuchâtel, Neuchâtel: 119 S.