

Fischbestandeserhebung an der Sarner Aa



**Auftraggeber: Amt für Landwirtschaft und Umwelt,
Dienststelle Gewässer und Fischerei**

Schlussbericht Februar 2007



Dr. J. Guthruf, Dr. K. Guthruf-Seiler
Hängertstrasse 13 g, 3114 Wichtrach

Büro für Gewässerökologie
und Wassertechnik

Tel.: 031 781 49 40,
Fax: 031 781 40 10

Danksagung

In die Untersuchungen waren zahlreiche Personen involviert, wobei die Zusammenarbeit über die Kantonsgrenzen hinaus funktionierte. Vielen Dank für die Mitarbeit und die Unterstützung:

Alain Schmutz und Erwin Wallimann danke ich ganz herzlich für die Planung und Begleitung der Untersuchung und für zahlreiche wertvolle Tipps im Laufe der Arbeiten. Besonderen Dank auch für die perfekte Organisation der elektrischen Bestandeskontrolle mit den zahlreichen Helfern und dem grossem Materialaufwand.

Die elektrische Bestandeskontrolle wäre nicht möglich gewesen ohne die vielen Helfer, besten Dank ihnen allen für die gelungene Aktion:

Erwin Wallimann

Philipp Amrein

Rudi Allraum

Zeno Beck

Josef Bernet

Christoph Burch

Ruedi Dillier

Marco von Glutz

Julius Rohrer

Franz Schröder

Josef Sigrist

Peter Spichtig

Ernst Stumvoll

Der Fischerei- und Jagdverwaltung des Kantons Luzern danke ich für die grossartige Unterstützung durch Philipp Amrein und für das Elektrofangerät. Der EAWAG danke ich für die Elektrosperre. Ohne diese Hilfe und die Spezialgeräte hätte die Bestandeskontrolle nicht durchgeführt werden können.

Alain Schmutz und Erwin Wallimann organisierten auch die Abgabe von Äschen aus den Anglerfängen. Das Material war einwandfrei und jeder einzelne Fisch war korrekt und vollständig dokumentiert, was gemäss Erfahrungen in anderen Arbeiten nicht selbstverständlich ist. Vielen Dank allen beteiligten Fischern:

Rudi Allraum

Zeno Beck

Ruedi Dillier

Roland Frey

Eddy Gasser

Herbert Kiser

Peter Ruckstuhl

Peter Spichtig

Armin Peter (EAWAG), Alain Schmutz und Erwin Wallimann danke ich herzlich für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1. Einleitung, Ziele der Arbeit	5
2. Methodik	6
2.1. Zählung der Äschenlarven	6
2.2. Artbestimmung	6
2.3. Uferstrukturtypen.....	6
2.4. Grobe Schätzung des Äschenlarvenbestandes	9
2.5. Fischbestandserhebung.....	11
2.6. Ergänzung des Datenmaterials durch Anglerfänge.....	11
2.7. Arbeiten im Labor.....	11
2.7.1. Altersbestimmung	11
2.7.2. Zeitpunkt der Jahrringbildung	11
2.7.3. Geschlechts- und Reifebestimmung	12
2.8. Statistische Analysen	13
3. Resultate	14
3.1. Die Sarner Aa	14
3.1.1. Zustand im 19. Jahrhundert.....	14
3.1.2. Veränderungen bis heute	15
3.1.3. Der heutige Zustand	15
3.1.4. Gewässerökologische Defizite	17
3.1.5. Massnahmen zur Verbesserung der heutigen Situation	17
3.2. Abhängigkeit der Äschenlarvendichte vom Ufertyp.....	18
3.3. Verteilung der Äschenlarven im Längsverlauf der Sarner Aa.....	20
3.4. Schätzung des Äschenlarvenbestandes	21
3.4.1. Larvenbestand im Längsverlauf der Sarner Aa.....	21
3.4.2. Uferspezifische Unterschiede.....	22
3.5. Fischbestandserhebung.....	23
3.6. Längenverteilung.....	26
3.7. Anglerfang, Besatz.....	27
3.7.1. Anglerfang	27
3.7.2. Einfluss des Äschenbesatzes auf den Äschenbestand.....	28
3.7.3. Massfischbesatz mit Bachforellen	29
3.8. Geschlechts- und Wachstumsanalysen an Anglerfängen.....	31
3.8.1. Längenwachstum der Äsche	31
3.8.2. Geschlechterverhältnis und Altersverteilung	32
3.9. Laichreife	33
4. Diskussion	34
4.1. Die Äsche.....	34
4.2. Die Fischfauna der Sarner Aa.....	35
5. Überlegungen über eine nachhaltige Bewirtschaftung	36
5.1. Schonbestimmungen	36
5.1.1. Fangmindestmass	36
5.1.2. Schonzeit.....	37
5.1.3. Fangzahlbeschränkung	37
5.2. Besatz.....	37
5.2.1. Äschenbesatz	37
5.2.2. Massfischbesatz mit Bachforellen	38
6. Literaturverzeichnis	39

Zusammenfassung

Das ursprünglich sehr dynamische und durch viele Verzweigungen, Biegungen und durch Altarme geprägte Gewässer ist heute kanalisiert und sehr monoton. Das Wehr Wichelsee staut die Sarner Aa auf ca. 1.5 km und unterbricht das Gewässerkontinuum. Schwellen und andere Bauten begrenzen den Aufstieg in die Zuflüsse. Diese Eingriffe schmälern das Angebot an Fischlebensraum beträchtlich. Im kanalartigen, immer gleich breiten und tiefen Gerinne sind die für die Entstehung neuer Laichplätze notwendigen Geschiebeumlagerungen kaum noch möglich.

Um das Ausmass der heute möglichen natürlichen Fortpflanzung zu dokumentieren, wurde im Mai 2006 der Äschenlarvenbestand kartiert. Eine Abfischung mit dem Elektrofängergerät im Oktober 2006 gab zudem Aufschluss über die Zusammensetzung des Fischbestandes. An Äschen aus Anglerfängen wurden Wachstum und Laichreife untersucht. Fang- und Besatzzahlen wurden statistisch ausgewertet.

An naturnahen Ufern war der Äschenlarvenbestand hoch. Mauerwerk- oder Blocksatzufer dagegen waren in der Regel unbesiedelt. Während in Sarnen kaum junge Äschen lebten, nahm der Bestand in Fliessrichtung zu. Gesamthaft wurde der Bestand auf rund 10'000 Äschenlarven geschätzt, ein Zeichen für eine erfolgreiche natürliche Fortpflanzung.

In der Sarner Aa lebten im Oktober 2006 vorwiegend Hasel, Barbe und Groppe, die Äsche trug 3% zum Gesamtbestand bei. Insgesamt konnten 14 Arten nachgewiesen werden, fünf davon stehen auf der Roten Liste. Die Nase ist vom Aussterben bedroht und die Äsche gefährdet. Im Mai konnte zudem das stark gefährdete Bachneunauge bei der Fortpflanzung beobachtet werden. Die meisten Arten pflanzen sich mehr oder weniger regelmässig erfolgreich fort.

Der Fang unterscheidet sich vom Fischbestand durch das Überwiegen der Bachforelle, von der jährlich 240 bis 568 kg als Massfische eingesetzt werden. Die im Bestand dominierenden karpfenartigen Fischarten (Alet, Barbe, Hasel), wegen ihres grätenreichen Fleisches von vielen Anglern gemieden, sind im Fang untervertreten.

Der Äschenbestand setzt sich trotz Einstellung des Besatzes nach 2002 aus fünf Altersklassen zusammen, ein Hinweis, auf regelmässigen Fortpflanzungserfolg. Das Vorkommen von mehr als 4 Jahre alten Äschen deutet zudem auf eine heute moderate Befischung hin. Verglichen mit anderen Schweizer Populationen wachsen die Äschen in der Sarner Aa langsam und erreichen mit einem Jahr 11 – 19 cm, mit 2 Jahren 21 – 28 cm, mit 3 Jahren 27 – 35 cm und mit 4 Jahren 33 – 40 cm. Mit 2 Jahren ist ein Teil der Männchen geschlechtsreif, die Weibchen laichen vermutlich erstmals mit 3 Jahren ab. Auch von den 3 jährigen Äschen werden nicht alle laichreif.

Ein positiver Einfluss des Besatzes auf den Äschenfang ist statistisch nicht nachweisbar. Als wesentlicher Prozess für die Bestandeseerneuerung erweist sich die natürliche Fortpflanzung, welche langfristig nur gewährleistet werden kann, wenn genügend Laichtiere zur Verfügung stehen. Das heute gültige Fangmindestmass (32 cm) bietet der Population diesbezüglich keinen ausreichenden Schutz und trägt dazu bei, dass vermehrt langsamwüchsige Äschen zur Fortpflanzung gelangen (Längenselektivität). Bei einem Mindestmass von 35 cm käme der grösste Teil der Äschen mindestens einmal zum Ablachen und die Längenselektivität wäre vernachlässigbar.

Je mehr mässige Bachforellen in einem Jahr eingesetzt werden, desto weniger Äschen werden zwei und drei Jahre später gefangen. Eine Konkurrenzierung der jungen Äschen durch die Bachforellen, vor allem in der heissen Jahreszeit, wird als Ursache vermutet.

Es wird empfohlen, auch weiterhin auf Äschenbesatz zu verzichten und voll und ganz auf natürliche Fortpflanzung zu setzen. Der Laichtierbestand sollte durch ein erhöhtes Fangmindestmass von 35 cm besser geschützt werden. Ein Verzicht auf Massfischbesatz mit Bachforellen würde sich ebenfalls positiv auf die Äschenpopulation auswirken.

Angesichts der heute überwiegend verbauten Ufer, der äusserst monotonen Gewässerstruktur und der weitgehend verloren gegangenen Dynamik liegt in der Revitalisierung der Sarner Aa ein sehr hohes Potenzial zur Förderung des Fischbestandes und der bedrohten Arten. Die Wiederherstellung des Gewässerkontinuums (inklusive Zuflüsse), die Reaktivierung der Dynamik, die Verbesserung der Gewässer und Uferstruktur und die Sanierung des Geschiebehaltungs sind wichtige Aspekte. Das meiste kann erreicht werden, wenn der Sarner Aa wieder mehr Raum gegeben wird. Von einer Aufweitung würden alle Fischarten in grossem Masse profitieren, nicht zuletzt die Arten der Roten Liste wie Äsche, Nase und Bachneunauge. Durch Aufweitung wird die Abflusskapazität erhöht, was dazu beiträgt, dass Hochwasserschäden wie im Jahr 2005 in Zukunft verhindert oder zumindest reduziert werden können.

1. Einleitung, Ziele der Arbeit

In der Sarner Aa zwischen Sarnersee und Wichelsee lebt eine kleine aber stabile Äschenpopulation. Die Äsche ist in der Schweiz gefährdet (KIRCHHOFER et al. 1994) und gesamteuropäisch nach Berner Konvention geschützt.

Ziel der Arbeit war die Ausarbeitung fischereibiologischer Grundlagen für eine ökologische Bewirtschaftung der Äschenpopulation in der Sarner Aa. Dabei waren Kenntnisse über das Ausmass und den Erfolg der natürlichen Fortpflanzung von zentraler Bedeutung.

Zu diesem Zweck wurden am 11. und am 12. Mai 2006 Larvenkartierungen in der Sarner Aa durchgeführt. Folgende Fragen standen dabei im Mittelpunkt:

- Dichteschätzungen an verschiedenen Stellen entlang des Flusslaufes sollten Aufschluss über den Erfolg der natürlichen Fortpflanzung geben. Die Schätzungen erfolgten deshalb in einem Jahr ohne jeglichen Äschenbesatz.
- Durch Artbestimmung wurde sichergestellt, dass es sich effektiv um Äschenlarven handelte.
- Eine Aufnahme der Verteilung der Larven im Längsverlauf der Sarner Aa sollte Aufschluss über mögliche Laichhabitats und Abschnitte mit Defiziten an Larvenhabitats geben.
- Es sollten Aussagen zum Einfluss verschiedener Uferstrukturen bzw. Verbauungstypen auf die Larvendichte gemacht werden als Grundlagen für die Planung zukünftiger Hochwasserschutzmassnahmen aus gewässerökologischer Sicht.
- Eine grobe Schätzung des Larvenbestandes sollte Aufschluss geben über das Ausmass der natürlichen Fortpflanzung. Dieses Wissen ist wichtig im Hinblick auf die künftige Bewirtschaftung der Population (Besatz oder nicht).

Eine elektrische Bestandeskontrolle diente zur Erhebung wichtiger Angaben zum Fischbestand der Sarner Aa und zur Äschenpopulation. Zur Erweiterung des Datenmaterials zur Äschenpopulation, wurden Äschen aus Anglerfängen untersucht. Bestandeskontrollen und Anglerfänge sollten zur Beantwortung folgender Fragen beitragen:

- Wie ist die Artenzusammensetzung des Fischbestandes der Sarner Aa, wie stark ist die Äsche vertreten;
 - Setzt sich der Äschenbestand aus verschiedenen Altersklassen zusammen, gibt es schwache oder nicht vorhandene Jahrgänge, gibt es Anzeichen einer Überfischung?
 - Kommen gefährdete, stark gefährdete oder vom Aussterben bedrohte Arten in der Sarner Aa vor und wenn ja wie ist deren Längsverteilung;
- Anhand der gewonnenen Daten sollen Vorschläge gemacht werden für ein nachhaltiges Management des Äschenbestandes (Mindestmass, Schonzeit, Besatz).
 - Falls möglich waren auch Aussagen über Management und Förderung anderer Fischarten erwünscht.
 - Zudem sollte der ökologische Einfluss des Besatzes mit fangfähigen Bachforellen beurteilt werden.
 - Eine Gesamtbeurteilung der Sarner Aa als Lebensraum für die Äsche und andere Fischarten sollte anhand vorhandener Daten vorgenommen werden. Dabei sollte auf bestehende Defizite hingewiesen werden und Verbesserungsvorschläge ausgearbeitet werden.

2. Methodik

2.1. Zählung der Äschenlarven

Am 11. und am 12.05.2006 wurden an der Sarner Aa insgesamt 43 meist 20 m lange Kontrollstrecken von Auge ausgezählt. Die Zählung erfolgte von unten nach oben, wobei die Larven nach Laufmetern getrennt erfasst wurden. Eine Polaroidbrille half beim Erkennen der Larven.

2.2. Artbestimmung

Von den Bachforellenbrütlingen können die Äschenlarven auf Grund ihrer geringeren Grösse und ihrer schlankeren Wuchsform sehr gut unterschieden werden. Cyprinidenlarven, welche zum Zeitpunkt der Kartierung bereits in der Sarner Aa waren, liessen sich anhand ihrer viel geringeren Grösse eindeutig von den Äschenlarven unterscheiden. In einem Schauglas konnten sich interessierte Fischer davon überzeugen, dass junge Äschen bereits im Larvenstadium an ihrer langen Rückenflosse und dem Ansatz zur Fettflosse erkennbar sind.

2.3. Uferstrukturtypen

In früheren Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Uferstruktur die Larvendichte wesentlich beeinflusst (GUTHRUF 1996; GUTHRUF 1998; GUTHRUF 2001). Aus diesem Grund wurden in der Sarner Aa folgende Strukturtypen unterschieden. Im Unterschied zu anderen Gewässern wurde in der Sarner Aa der Blockwurf in zwei Unterklassen aufgeteilt:

Mauerwerk

In grossen Teilen von Sarnen bilden senkrechte Mauern die Uferlinie. Im obersten Abschnitt wird das Ufer durch Schrägmauern aus Betonplatten befestigt (Abb. 1). Die Rauigkeit von Mauerwerk ist sehr niedrig, so dass die Fliessgeschwindigkeit bis unmittelbar ans Ufer unvermindert hoch ist. Die anfänglich nur etwa 1.5 cm langen Larven, deren Schwimmfähigkeit nur begrenzt ist, werden durch die hohen Fliessgeschwindigkeiten mitgerissen und finden entlang von vermauerten Uferpartien keine geeigneten Habitate.



Abb. 1 Mit Mauerwerk gesichertes Ufer unmittelbar unterhalb des Ausflusses aus dem Sarnersee (rechtsufrig). Foto: J. Guthruf.

Blocksatz

Obwohl Blocksatzverbauungen (Abb. 2) gegenüber Mauerwerk eine bedeutend höhere Rauigkeit besitzen, können bis sehr nahe an die Uferlinie hohe Fliessgeschwindigkeiten gemessen werden. Seichte Zonen mit geringer Fliessgeschwindigkeit sind sehr selten, so dass entlang solcher Verbauungen nur in Ausnahmen Äschenlarven leben können.



Abb. 2 Neue Blocksatzverbauung am linken Ufer unmittelbar oberhalb der Glaubenbergstrassen-Brücke, Foto: J. Guthruf.

Blockwurf unstrukturiert

Blockwurfverbauungen (Abb. 3) zeichnen sich gegenüber Blocksatz durch eine erhöhte Rauigkeit aus. Durch die unregelmässige Verlegung der Blöcke entstehen zum Teil grössere Flächen, welche auf Grund reduzierter Fliessgeschwindigkeit als Lebensraum für Äschenlarven geeignet sind. Oft fehlen aber auf Grund der steilen Anordnung grössere seichte Areale, so dass zwischen den einzelnen Larvenstandorten grosse unbesiedelte Strecken liegen.



Abb. 3 Blockwurfverbauung am linken Ufer 230 m unterhalb des Ausflusses aus dem Sarnersee, Foto: J. Guthruf.

Blockwurf strukturiert

An der Sarner Aa wurde ein Abschnitt beidseitig mit Blockwurf gesichert, der sich wesentlich vom in Abb. 3 dargestellten Blockwurf unterscheidet. Die Blöcke sind so verlegt, dass sich Buchten und buhnenartige Strukturen abwechseln. Hinter diesen entstehen ausgedehnte Zonen mit geringer Fliessgeschwindigkeit mit idealen Bedingungen für Äschenlarven. Die geringe Tiefe im Uferbereich kommt den Larven zusätzlich zugute, indem die Fliessgeschwindigkeit durch die raue Sohle weiter reduziert wird. Die geringe Wassertiefe verhindert, dass die Larven Fressfeinden (Prädatoren) zum Opfer fallen (Abb. 4).



Abb. 4 Strukturierter Blockwurf unterhalb der Brücke Brünigstrasse, Foto: J. Guthruf.

Monotones Naturufer

Monotone Naturufer entstehen dort, wo z. B. das Ufer entlang eines geraden Dammes durch Vegetation in kleinere Buchten gegliedert wird. Bei Hochwasser spielen Grasbüschel, Kräuter, oder sogar Sträucher und Bäume eine entscheidende Rolle. Monotone Naturufer können auch entlang von Kiesschüttungen entstehen (Abb. 5).



Abb. 5 Monotones Naturufer (Kiesschüttung) oberhalb der Brücke zwischen Kernmatt und Kreuzstrasse (linksufrig), Foto: J. Guthruf.

Strukturiertes Naturufer

Im untersten Abschnitt der Untersuchungsstrecke wird das Ufer der Sarner Aa ganz wesentlich durch die Vegetation geprägt, sei es durch unterspülte Wurzelballen von Erlen, ins Wasser hängende Äste, ganze Bäume, die im Wasser liegen oder durch Ansammlungen von Schwemmholz. Im Bereich dieser Holzstrukturen entsteht ein Mosaik verschiedener Fließgeschwindigkeiten und Tiefen mit idealen Bedingungen für Äschenlarven (Abb. 6). An verschiedenen Gewässern wurden entlang strukturierter Naturufer die höchsten Larvendichten beobachtet.



Abb. 6 Strukturiertes Naturufer oberhalb der Mündung des Kernmattbaches, rechtsufrig, Foto: J. Guthruf.

2.4. Grobe Schätzung des Äschenlarvenbestandes

Wie im vorangehenden Kapitel bereits erwähnt, hat die Uferstruktur einen wesentlichen Einfluss auf die Dichte der Äschenlarven. Aus diesem Grund ist eine Bestandsschätzung nur möglich, wenn die Uferbeschaffenheit der zu beurteilenden Uferstrecken bekannt ist.

Im Jahr 2003 wurden in der Sarner Aa eine ökomorphologische Erhebungen durchgeführt. Dabei wurde unter anderem der Verbauungstyp beider Ufer und der Verbauungsgrad [%] aufgenommen. Diese Daten reichen aus zur groben Charakterisierung der Ufer. Im Rahmen der Äschenlarvenkartierung 2006 wurden beide Ufer begangen, um Modifikationen seit 2003 zu erfassen. Zudem wurden fischökologisch relevante Uferstrukturen differenziert, welche im Rahmen der Ökomorphologie einheitlich aufgenommen worden waren: Unterscheidung Blockwurf strukturiert und unstrukturiert bzw. Naturufer monoton und strukturiert.

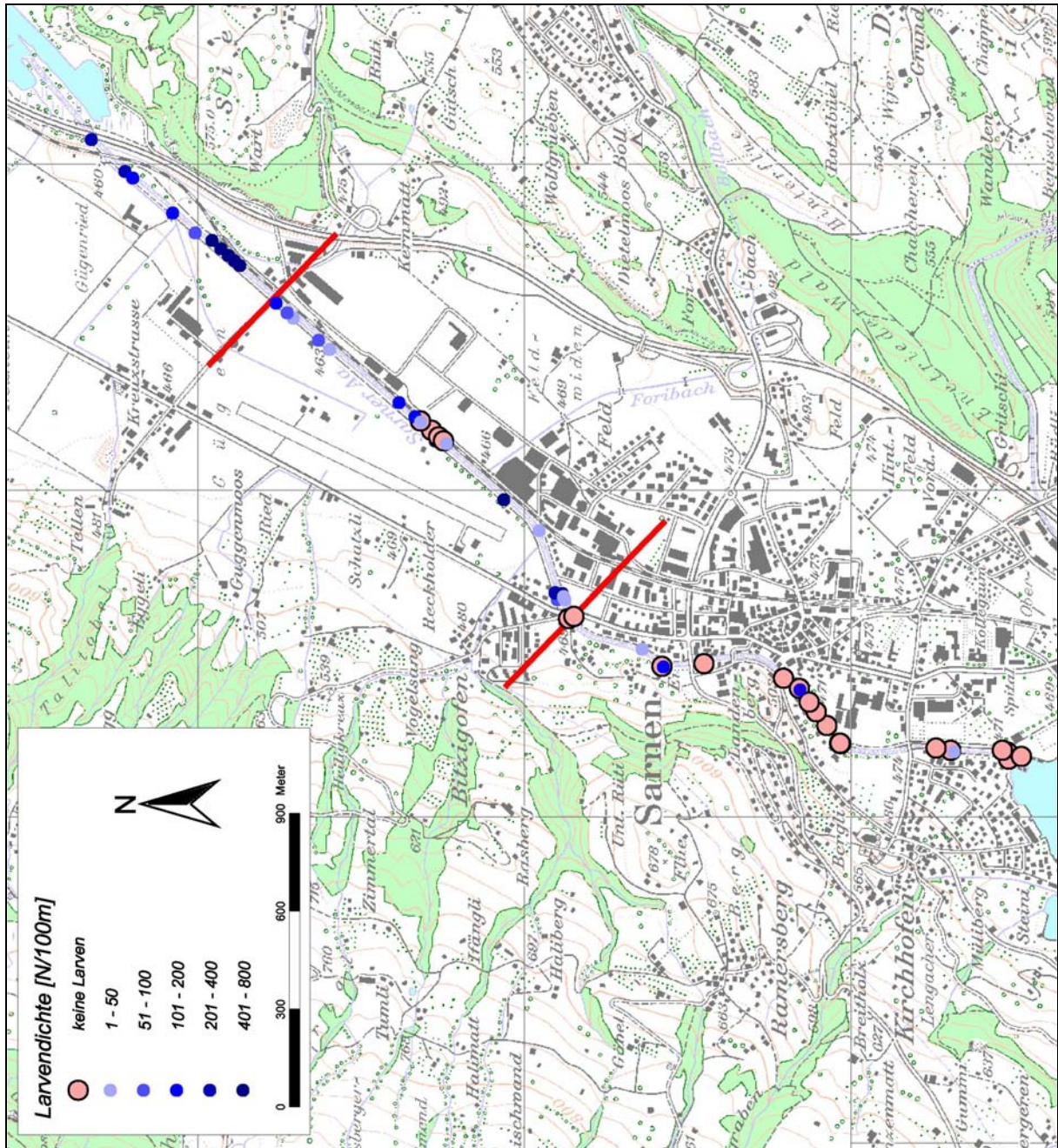


Abb. 7 Plan der Sarner Aa zwischen Sarner- und Wichelsee mit der Unterteilung in obere (Sarnen), mittlere (Flugplatz) und untere Teilstrecke (Wald), siehe rote Balken. Die Larvenvorkommen wurden in verschiedene Dichteklassen eingeteilt.

Zusätzlich wurde die Sarner Aa in folgende drei Teilstrecken unterteilt (Abb. 7):

- Obere Teilstrecke **Sarnen**: Seeausfluss bis Brücke Brünigstrasse (661'627 / 194'865);
- mittlere Teilstrecke **Flugplatz**: Brücke Brünigstrasse bis Brücke Kernmatt – Kreuzstrasse (662'586 / 195'763);
- untere Teilstrecke **Wald**: Brücke Kernmatt – Kreuzstrasse bis zur Mündung in den Wichelsee.

Der Larvenbestand wurde folgendermassen berechnet: Die durchschnittliche Larvendichte [Ind/Laufmeter] wurde nach Teilstrecken und Uferstrukturtypen getrennt aufgenommen. Die mittleren Larvendichten wurden mit der entsprechenden Streckenlänge multipliziert.

Diese Berechnung soll am Beispiel des **Abschnittes Flugplatz, linkes Ufer, strukturiertes Naturufer** dargestellt werden: Der Abschnitt Flugplatz umfasst am linken Ufer insgesamt **670 m** strukturiertes Naturufer. An diesem Ufertyp leben im Abschnitt Flugplatz (linkes und rechtes Ufer gepoolt) im Mittel **4.7 Larven pro Laufmeter**. Durch Multiplikation der beiden Zahlen ergibt sich am linken Ufer für den betrachteten Ufertyp und Abschnitt ein Larvenbestand von **3'149 Larven**. Diese Berechnungen wurden an beiden Ufern für alle Strukturtypen und Teilabschnitte vorgenommen.

2.5. Fischbestandeserhebung

Am 28.10.2006 wurden drei Strecken an der Sarner Aa von unten nach oben elektrisch abgefischt, wobei jeweils zwei Geräte (Grassel EL T 61; Grassel EL 64) mit insgesamt drei Anoden zum Einsatz gelangten. Um ein Entweichen der Fische zu verhindern, wurde jede Strecke am oberen Ende mit einer elektrischen Sperre versehen.

Jede Strecke wurde in einem Durchgang befischt. Die Angaben zu Abundanz und Biomasse beziehen sich deshalb auf die **minimale Bestandesgrösse**.

Alle Fische wurden mit 2-Phenoxy-Ethanol (Verdünnung: 3 ml auf 10 l Wasser) narkotisiert, auf die Art bestimmt, gemessen (Totallänge TL Genauigkeit 1 mm) und gewogen (Lebendgewicht, Genauigkeit 1 g).

Zur Altersbestimmung wurden allen gefangenen Äschen 5 – 10 Schuppen eine Reihe unterhalb der Seitenlinie zwischen Rücken- und Fettflosse entnommen. Jede Äsche wurde auf Verletzungen durch Angelhaken und Prädatoren kontrolliert. Nach den Untersuchungen wurden die Äschen während mindestens einer Stunde in mit Sauerstoff versorgtem Frischwasser gehältert, damit sie sich von der Narkose erholen konnten. Anschliessend wurden sie freigelassen.

2.6. Ergänzung des Datenmaterials durch Anglerfänge

8 Angler vom Fischereiverein Obwalden erhoben an insgesamt 39 gefangenen Äschen folgende Daten: Totallänge [mm]; Gewicht [g]; Fangdatum und Fangort. Für Rückfragen wurden die Personalien des Anglers angegeben. Damit das Alter bestimmt werden konnte, wurden jeder Äsche Schuppen entnommen.

Zum Zweck der Geschlechts- und Reifebestimmung wurden die Eingeweide jedes Fisches eingefroren und zur Analyse abgegeben.

2.7. Arbeiten im Labor

2.7.1. Altersbestimmung

Die Schuppen wurden in einem Plastikbeutel (Minigrip) eingefroren aufbewahrt. Vor der Altersbestimmung wurden sie im Ultraschallbad gereinigt, zwischen zwei Objektträgern montiert und unter dem Binokular (Vergrösserung 19.8x – 25.7x) auf ihr Alter bestimmt.

Die Distanz zwischen dem Zentrum der Schuppe (Nucleus) und jedem Jahrring (Annulus) wurde an der vorderen unteren Ecke der Schuppe gemessen und zur Längentrückberechnung verwendet. Auf diese Weise konnte die Länge hochgerechnet werden, die der Fisch bei jedem Jahreswechsel hatte.

2.7.2. Zeitpunkt der Jahrringbildung

Zur richtigen Deutung des Schuppenbildes sind Kenntnisse über den Zeitpunkt der Jahrringbildung notwendig. Anhand der nach Fangdatum getrennten Darstellung der Distanz zwischen dem Schuppenrand und dem letzten Annulus konnte ermittelt werden, in welcher Jahreszeit die Äschen der Sarner Aa ihre Jahrringe in ihren Schuppen anlegen. Abb. 8 zeigt

deutlich, dass bei 2⁺- und 3⁺-Äschen der Zuwachs seit dem letzten Annulus in den Monaten Juni bis August bereits relativ weit, bzw. im September und Oktober noch weiter fortgeschritten ist. Die Annulusbildung findet somit zwischen November und Mai statt, am wahrscheinlichsten im März. **Bei allen Fischen stimmt somit die Zahl der Annuli mit dem effektiven Alter der Fische überein.**

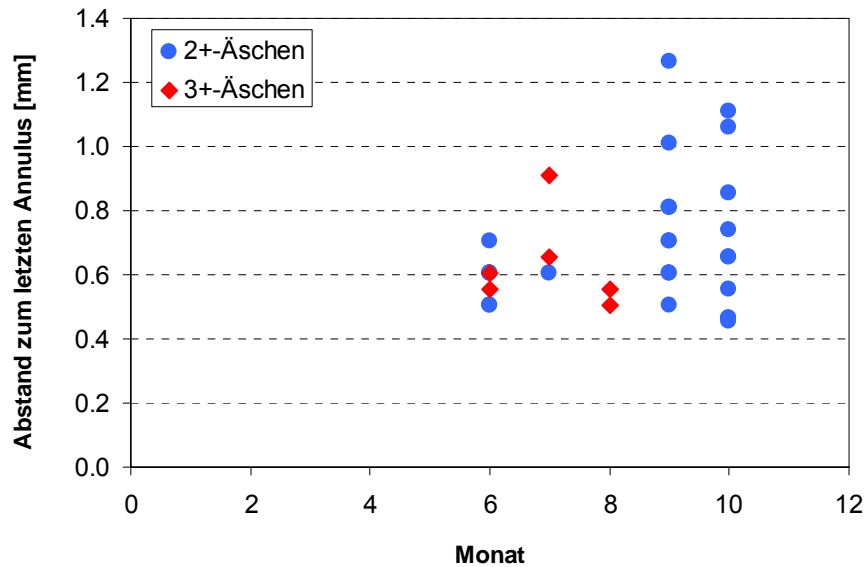


Abb. 8 Abstand zwischen dem letzten (äussersten) Jahrring und dem äusseren Schuppenrand (Y-Achse) dargestellt gegen den Fangmonat (X-Achse).

2.7.3. Geschlechts- und Reifebestimmung

Von den Fischorganen, die die Angler abgeliefert hatten, wurden die Gonaden (Geschlechtsorgane) separiert, um unter dem Binokular das Geschlecht zu bestimmen. Auf einer Analysewaage wurden die Gonaden auf 0.01 g genau gewogen. Das Gewicht der Gonaden wurde durch das Gewicht des Fisches dividiert und in Prozenten ausgedrückt (gonadosomatischer Index GSI). Dieser GSI wurde gegen das Fangdatum der Fische aufgetragen (Abb. 9).

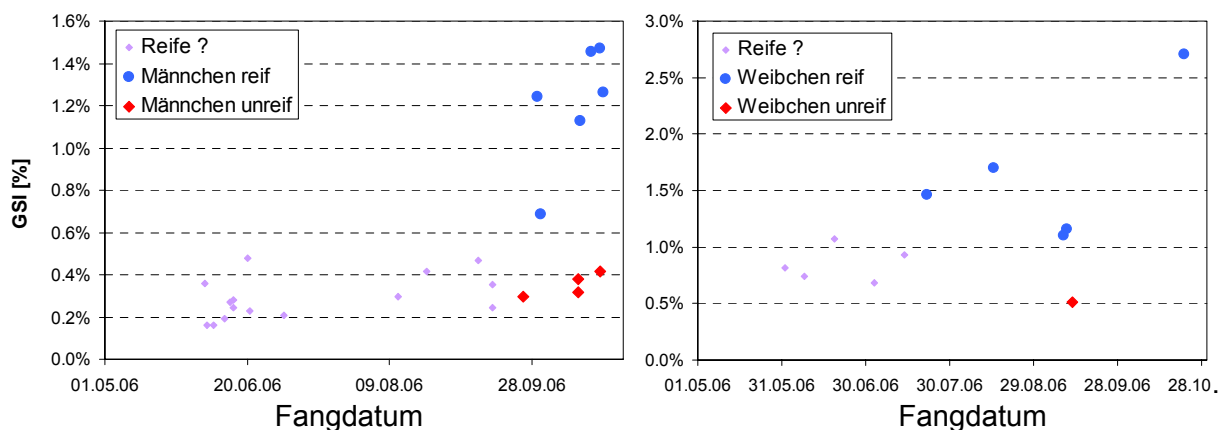


Abb. 9 Gonadosomatischer Index bei Männchen (links) und Weibchen (rechts) aufgetragen gegen das Fangdatum (X-Achse). N = 36, 25 Männchen und 11 Weibchen

Die Gonadenentwicklung bei Männchen und Weibchen beginnt im Verlauf des Sommers, so dass reife und unreife Männchen etwa ab September sicher unterschieden werden können. Bei den Weibchen ist eine Unterscheidung bereits ab Ende Juli möglich. Da ein relativ grosser Teil der Fische, vor allem der Männchen vor dem entsprechenden Datum gefangen

wurde, konnten von den 39 Fischen nur 10 Männchen und 6 Weibchen sicher eine Reifebestimmung durchgeführt werden (Abb. 9).

2.8. Statistische Analysen

Mit nichtparametrischer statistischer Analyse (Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman) wurde getestet, ob ein Zusammenhang zwischen der Besatzmenge und dem Äschenfang besteht, der 1 bis 4 Jahre nach dem Besatz gemacht wird. Diese Analyse wurde für Sömmerlinge und Jährlinge separat durchgeführt und zusätzlich für den gesamten Äschenbesatz, ausgedrückt in Sömmerlingseinheiten (SE). Diese berechnen sich wie folgt (ROTH 1985):

$$SE = Brut \cdot 0.1 + VS \cdot 0.2 + S\ddot{o} \cdot 1.0 + J\ddot{a} \cdot 3.0$$

wobei:

SE = Sömmerlingseinheiten,

Brut = Anzahl eingesetzte Äschenbrütlinge,

Sö = Anzahl eingesetzte Äschensömmerlinge,

Jä = Anzahl eingesetzte Äschenjährlinge,

Die gleiche Analyse wurde durchgeführt, um allfälligen Abhängigkeiten zwischen der Besatzmenge mit Bachforellen (Massfischbesatz) und dem Äschenfang mit 0 bis 4 Jahren Verzögerung auf die Spur zu kommen.

3. Resultate

3.1. Die Sarner Aa

3.1.1. Zustand im 19. Jahrhundert

Die Sarner Aa war ursprünglich sehr stark durch die Geschiebezufuhr der grossen Melchaa beeinflusst, die unterhalb von Sarnen von rechts in die Sarner Aa entwässerte. Die Sarner Aa selbst war damals ein Gerinne mit vielen Biegungen, Flussinseln und Altarmen (Abb. 10). Die Breite des Gewässerbetts variierte zwischen 30 und 170 m. Die Sarner Aa war auf ihrer gesamten Länge durchgängig und bildete die natürliche Verbindung zwischen Sarner- und Alpnachersee. Auf Grund ihrer Gefälle- und Breitenverhältnisse gehörte sie der Äschenregion an.

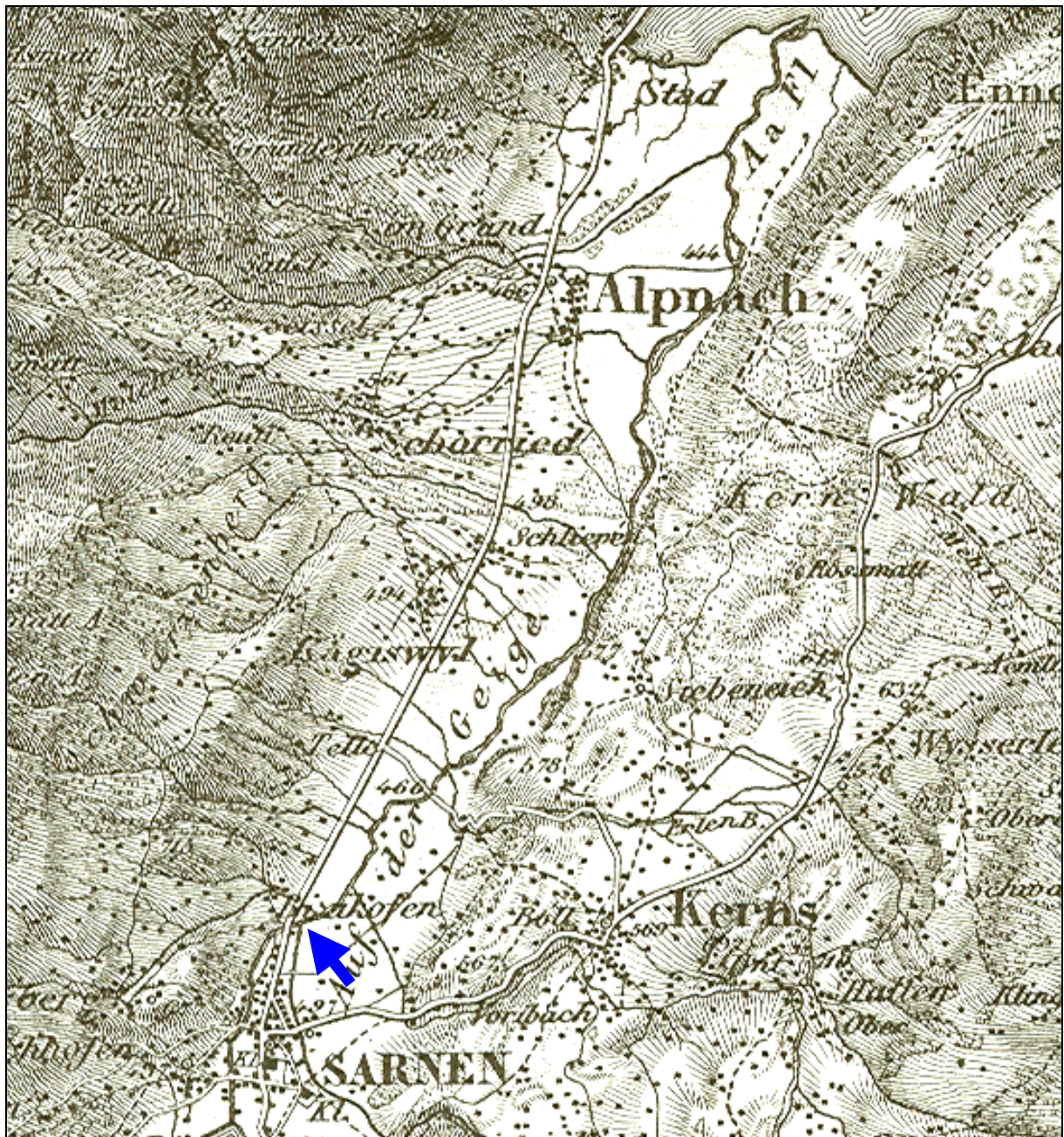


Abb. 10 Sarner Aa vor der Korrektur der grossen Melchaa. Blauer Pfeil: Ursprüngliche Mündung der grossen Melchaa. Dufourkarte aus dem Jahr 1864.

Da die Tiefenvariabilität sehr stark von der Breitenvariabilität abhängt (JUNGWIRTH 1981, 1984), muss man sich die Sarner Aa im 19. Jahrhundert als Gewässer vorstellen, in dem sich tiefe Kolke und Rinnen mit seichten, rasch überflossenen Strecken abwechselten. Ausgedehnte Kiesbänke prägten wesentlich das Erscheinungsbild des Gewässers. In zahlreichen Buchten und Nebenarmen war auch bei Hochwasser die Fliessgeschwindigkeit stark reduziert. Die ursprünglichen Altarme am rechten Talrand wiesen wahrscheinlich auch bei Hochwasser kaum Strömung auf.

Gemäss Erfahrungen in anderen Gewässern ist anzunehmen, dass damals in den stark durchströmten Flussarmen mit hoher Tiefenvariabilität und stark strukturierten Uferzonen (Totholz) vor allem Äsche, Bachforelle, Nase, Alet, Barbe, Groppe und Trüsche vorkamen, wogegen seichte und schwach durchflossene Nebenarme sowie seicht überflossene Kiesbänke wichtige Habitate für Kleinfische (Schneider) und Jungstadien verschiedener Arten (Äsche, Nase, Barbe, Alet) darstellten.

Die zahlreichen Verzweigungen und Biegungen sowie die hohe Breitenvariabilität wirken sich auch positiv auf die Strömungs- und Substratvielfalt aus. Das Bachneunauge, das zum Abbläuen auf lockeren Feinkies angewiesen ist und dessen Larve (Querder) in Feinsedimentablagerungen lebt, war vermutlich viel häufiger als heute. Auch andere auf feines Kiessubstrat angewiesene Arten wie Schmerle und Gründling dürften früher häufiger vorgekommen sein. In den Nebenarmen und Altwässern fanden indifferente Arten wie Laube, Brachsen, Rotaugen, Flussbarsch und Hecht sowie ausgesprochene Stillwasserarten wie Rotfeder und Schleie günstige Bedingungen für ihren Lebenszyklus inklusive Fortpflanzung.

Das zusammenhängende und frei durchwanderbare Gewässersystem mit Zuflüssen und Verbindung zu den beiden Seen ermöglichte Fischen wie der Seeforelle das Überleben, welche im Laufe ihres Lebenszyklus zwischen stehendem und fliessendem Wasser wechseln.

Es ist davon auszugehen, dass in der Sarner Aa strömungsliebende Fischarten der Äschenregion klar dominierten. Vor allem die Äsche und die Nase dürften damals bedeutend häufiger gewesen sein als heute.

3.1.2. Veränderungen bis heute

Auf Grund der umfangreichen Geschiebeablagerungen durch die grosse Melchaa kam es bei Hochwasser zu einem Rückstau, der teilweise bis hinauf in den Sarnersee reichte. Zur Verhinderung der dadurch bedingten grossen Hochwasserschäden wurde die Melchaa im Jahr 1880 in den Sarnersee umgeleitet (VISCHER 2000), wodurch die Geschiebezufuhr dieses wichtigsten Zubringers ausblieb. Später wurde auch der Lauf der Sarner Aa kanalisiert, wie der Vergleich der damaligen (Abb. 10) mit der heutigen Situation zeigt.

1957 entstand bei Alpnach die rund 6 m hohe Wichelsee-Staumauer, welche die Sarner Aa auf einer Länge von knapp 1.5 km aufstaute. Da eine Fischwanderhilfe auch heute noch fehlt, wirkt die Talsperre als Hindernis für auf- und abwärts wandernde Fische (PETER 1993). In der 2 km langen Strecke der Sarner Aa vom Wehr bis hinunter zur Wasserrückgabe herrschen Restwasserbedingungen (BEFFA & HÜRLIMANN 2001).

3.1.3. Der heutige Zustand

Abfluss und Gefälle

Die Fliessstrecke oberhalb des Wichelsees gehört heute anhand der Breite und des Gefälles der Barbenregion an. Das Abflussregime ist weder durch Wasserentnahmen noch durch ein Regulierwehr direkt beeinflusst.

Durch die unterhalb des Wichelsees herrschenden Restwasserbedingungen wird die Fischfauna stark beeinträchtigt, was sich sowohl in der Dichte, der Biomasse und der Diversität niederschlägt. In der Fliessstrecke häufige Arten wie Äsche und Alet konnten in der Restwasserstrecke nicht nachgewiesen werden (PETER 1993).

Ökomorphologie im Jahr 2003

Heute ist die Sarner Aa auf der gesamten Fließstrecke oberhalb des Wichelsees kanalisiert und begradigt, ihre Breite variiert noch im engen Bereich zwischen 15 und 20 m und die Tiefenvariabilität ist gemessen am ursprünglichen Zustand nur noch sehr gering (Abb. 11).

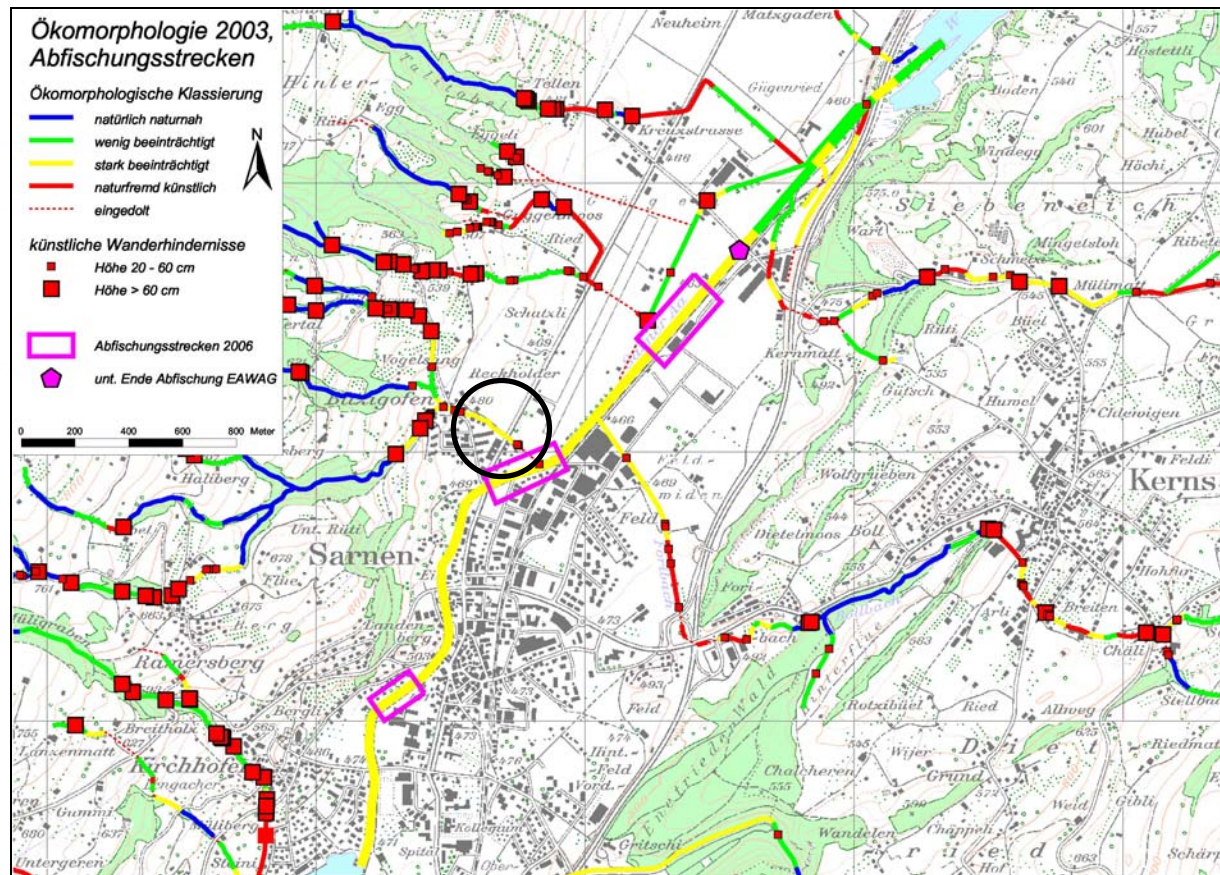


Abb. 11 Ökomorphologische Klassierung der Sarner Aa und ihrer Zuflüsse und Wanderhindernisse für Fische. Datenerhebung: Sommerhalbjahr 2003 (GUTHRUF & DÖNNI 2004). Die Strecken der elektrischen Bestandskontrollen sind in violetter Farbe dargestellt. Schwarzer Kreis: Bitzighoferbach, der nach 2003 restrukturiert wurde.

Die Ufer sind geradlinig und in weiten Teilen befestigt - oft mit Mauerwerk oder anderen Bauweisen, entlang welcher die für Jungfische wichtigen Stillwasserzonen fehlen. Der Zustand der Ufer wird im Kapitel mit den Äschenlarven eingehender behandelt.

Als Folge der Begradigung und Kanalisierung ist eine Geschiebedynamik kaum noch möglich, wodurch die Erhaltung bzw. Entstehung von Laichhabitaten für kieslaichende Fischarten nur noch in äusserst beschränktem Masse stattfinden kann. Erosions- und Sedimentationsprozesse finden ausser bei Extremhochwassern kaum noch statt.

In der Gesamtbewertung wurde die Sarner Aa überwiegend als stark beeinträchtigt klassiert. Lediglich in Teilen des bestockten Abschnitts unterhalb der Brücke Kernmatt - Kreuzstrasse ist das Gewässer wenig beeinträchtigt (Abb. 11).

Die Zuflüsse der Sarner Aa waren im Jahr 2003 im Talboden mit wenigen Ausnahmen stark beeinträchtigt, naturfremd/künstlich oder eingedolt. Der Bitzighoferbach wurde nach 2003 im unteren Teil ausgedolt und restrukturiert. Der Zustand in Abb. 11 entspricht somit nicht mehr der aktuellen Situation.

Der Austausch zwischen der Sarner Aa und ihren Zuflüssen wird durch Wanderhindernisse eingeschränkt: Beim Foribach befindet sich das unterste Hindernis, eine 20 cm hohe Schwelle bereits ca. 200 m von der Mündung entfernt. Jungfische und Kleinfischarten kön-

nen dieses Hindernis nicht überwinden. Rund 1.5 km von der Mündung entfernt limitiert eine über einen Meter hohe Geschieberückhaltesperre die Aufwärtswanderungen aller Fische. Dazwischen liegen 15 weitere 20 - 40 cm hohe Sohlsschwellen. Im Kernmattbach befindet sich rund 600 m von der Mündung entfernt eine 50 cm hohe Betonschwelle, die für viele Fische unüberwindbar ist. Rund 1.1 km von der Mündung entfernt begrenzt ein 2.5 m hohes Wehr die Aufstiegsmöglichkeiten aller Fische (Abb. 11).

3.1.4. Gewässerökologische Defizite

- Wandermöglichkeiten innerhalb der Sarner Aa sind nicht mehr gewährleistet (KW Wichelsee). Auch der Austausch mit den Zuflüssen funktioniert zum Teil nur noch begrenzt.
- Kanalisiertes, begradigtes Gerinne,
 - Defizit an Strömungsvielfalt,
 - Defizit an Pools und Riffles,
 - Defizit an Fischunterständen,
 - Defizit an Jungfischhabitaten,
 - Defizit an Laichplätzen,
 - eintönige Substratzusammensetzung,
 - Austausch Oberflächen- und Grundwasser stark reduziert, Temperaturvielfalt stark eingeschränkt,
- Verzahnung zwischen Wasser und Land fehlt, der Kontakt zwischen Ufervegetation und Gewässer ist nur im untersten Teil vorhanden, allerdings auch dort nur in beschränktem Mass,
- Ufer sind zum grossen Teil nicht bestockt (Beschattung und Eintrag von Fischnahrung fehlen).
- fehlende Ufer- und Geschiebedynamik → Defizit an Laichplätzen für Kieslaicher,
- Die Zuflüsse der Sarner Aa sind mit Geschiebesammlern ausgerüstet, wodurch ein Geschiebenachschub verhindert oder zumindest stark reduziert wird.

3.1.5. Massnahmen zur Verbesserung der heutigen Situation

- Bau einer Fischmigrationshilfe beim Wehr Wichelsee, die für alle Arten passierbar ist, die in der Sarner Aa vorkommen bzw. vorkamen, insbesondere für die Äsche¹.
- Wandermöglichkeiten in die Zuflüsse der Sarner Aa wiederherstellen (Entfernung künstlicher Wanderhindernisse wie Sohlsschwellen etc.),
- Dotierwassermenge unterhalb des Wichelsees so weit erhöhen, dass die Sarner Aa von den gewässertypischen Arten wieder als Habitat und als Wanderachse genutzt werden kann.
- Der Sarner Aa soll so viel Raum gegeben werden, dass sich wieder Biegungen, Verengungen, Aufweitungen sowie Abschnitte mit verzweigtem Lauf entwickeln können.
- Erhöhung der Dynamik (Uferanrisse zulassen),
- Reaktivierung Geschiebehaushalt (Zubringer),
- Verzicht auf Entfernung von Holzstrukturen,
- Entfernung unnötiger Uferbefestigungen,
- Wo Befestigungen weiterhin notwendig sind, Ersatz durch Bauweisen, die Fische und Gewässerorganismen als Lebensraum nutzen können (Raubäume, Buhnen, aufgelöster Blockwurf).
- Revitalisierung der eingedolten, naturfremden und stark beeinträchtigten Zubringer der Sarner Aa, damit die Fische diese wieder als Lebensraum, Laich- und Rückzugsgebiet nutzen können.

¹ Diese Massnahmen werden bereits im Winter 2007/08 umgesetzt.

3.2. Abhängigkeit der Äschenlarvendichte vom Ufertyp

Auf der gesamten untersuchten Strecke waren Ufer, die mit **Mauerwerk und Blocksatz** gesichert waren, ohne Larven. Diese Feststellung deckt sich weitgehend mit Untersuchungen an der Aare (GUTHRUF 1996), am Rhein (GUTHRUF 1998) und an der Reuss (GUTHRUF 2001).

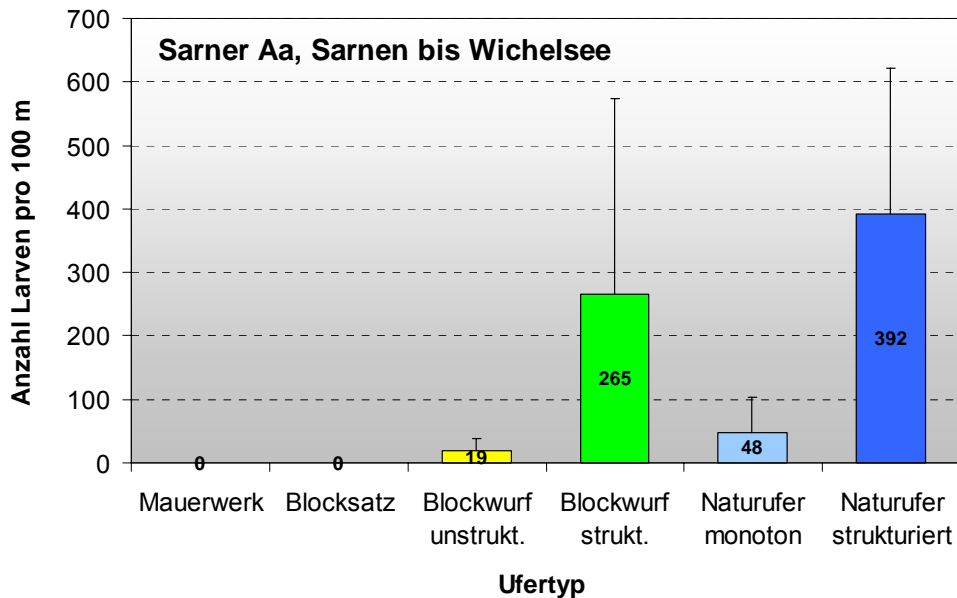


Abb. 12 Larvendichte entlang verschiedener Ufertypen entlang der Sarner Aa vom Sarnersee bis hinunter zum Wichelsee.

Nur an einer einzigen Stelle im Bereich einer flach abfallenden Rampe konnten 6 Äschenlarven gezählt werden (Abb. 13). Auch an der Aare in Thun (HOLZER et al. 2002) und Bern (GUTHRUF 2002) konnten Äschenlarven in solchen **Sonderstrukturen** beobachtet werden. Da solche strömungsberuhigten und seichten Stellen an der Sarner Aa sehr selten vorkommen, wurden sie nicht speziell erfasst.



Abb. 13 Flache Rampe am rechten Ufer in Sarnen.

Entlang von Ufern, welche mit unstrukturiertem Blockwurf verbaut sind (Abb. 3), lebten im Durchschnitt 19 Äschenlarven pro 100 m (Abb. 12). Ganz deutlich besser fiel das Ergebnis

beim strukturierten Blockwurf (Abb. 4) aus, konnten doch im Durchschnitt 265 Larven pro 100 m gezählt werden (Abb. 12).

Die Dichte entlang **monotoner Naturufer** (Abb. 5), war mit 48 Larven pro 100 m deutlich geringer als diejenige auf Strecken mit strukturiertem Blockwurf, was die Qualität von strukturiertem Blockwurf als Habitat für Äschenlarven einmal mehr unterstreicht. Auch an der Aare bei Bern wurden mit strukturiertem Blockwurf gute Ergebnisse erzielt (GUTHRUF 2002).

Die höchsten durchschnittlichen Larvendichten wurden aber mit annähernd 400 Tieren pro 100 m an **unverbauten und strukturierten Ufern** festgestellt (Abb. 12), mit einem Maximalwert von 740 Larven pro 100 m. Dieser Ufertyp ist hauptsächlich verantwortlich für das natürliche Aufkommen von jungen Äschen.

3.3. Verteilung der Äschenlarven im Längsverlauf der Sarner Aa

Die Analyse der Larvendichten im Längsverlauf eines Gewässers und nach Ufern getrennt gibt Aufschluss über die Lage der Laichplätze sowie über positive und negative Einflüsse von Uferverbauungen, Zuflüssen und Einleitungen (GUTHRUF et al. 2003).

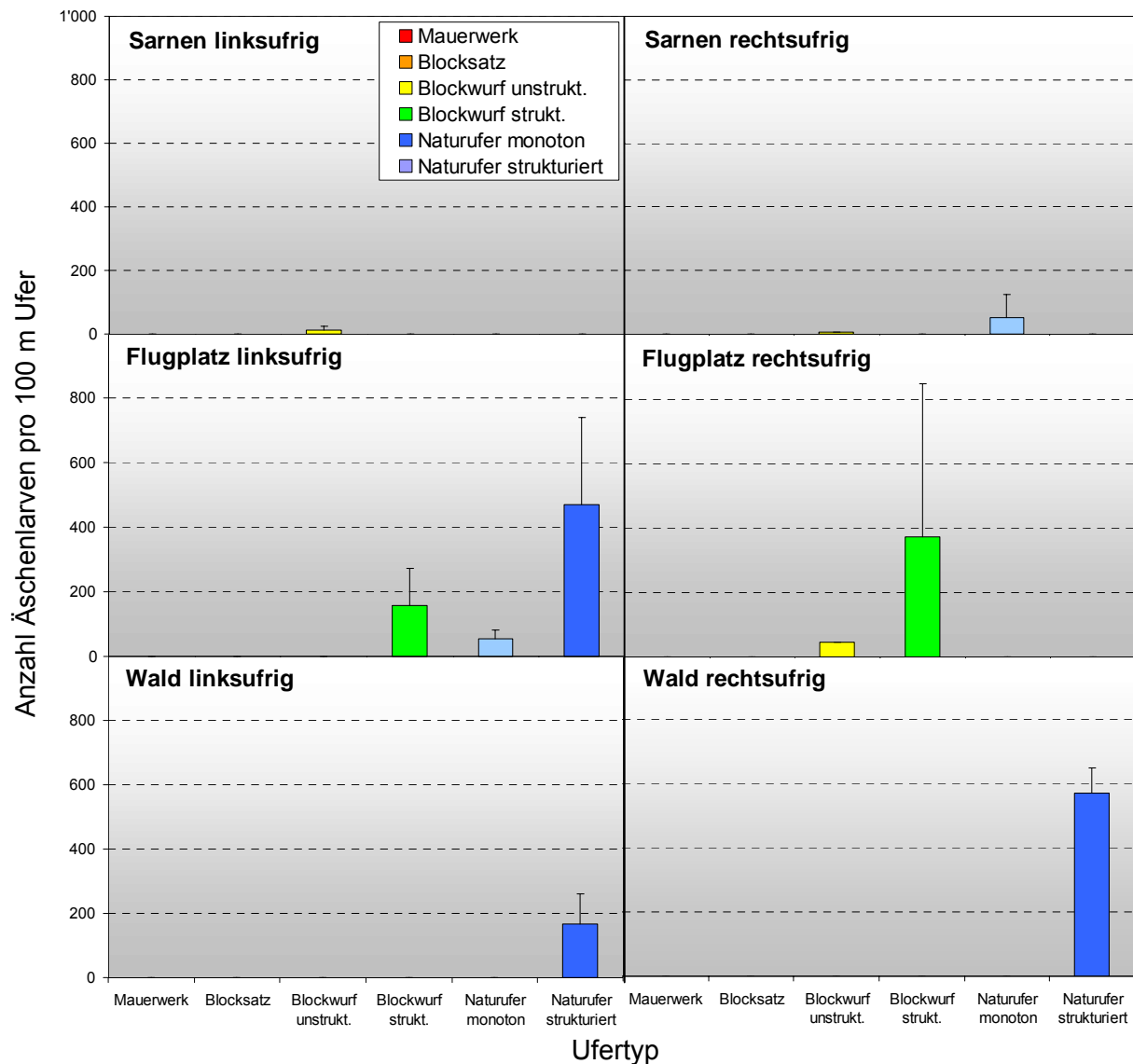


Abb. 14 Äschenlarvendichten nach Ufer, Teilstrecke und Uferstrukturtyp getrennt. Säulen: Mittelwert, Fehlerbalken: Standardabweichung.

Auf dem Plan der Sarner Aa (Abb. 7) ist klar erkennbar, dass in **Sarnen** kaum Larven gefunden werden konnten. Es ist aber auch ersichtlich, dass wenige 100 m vom Seeauslauf entfernt bereits Larven vorkamen, was beweist, dass sich die obersten Laichplätze bereits im unmittelbaren Bereich des Seeabflusses befanden. Die Dichten waren aber auf Grund der fast ausschliesslich harten Verbauungen nur gering. Ob auch Defizite an geeigneten Laichhabitaten zum schlechten Ergebnis in Sarnen beigetragen haben, kann nur schwer beurteilt werden, da optimale Larvenhabitats in Sarnen fehlen. Dies schlägt sich auch an beiden Ufern in einer sehr geringen mittleren Dichte nieder (Abb. 14).

In der mittleren Teilstrecke auf der Höhe des **Flugplatzes** wurden an den meisten kontrollierten Abschnitten Äschenlarven gefunden. Ausnahme bilden mehrere Punkte ohne Larven am rechten Ufer im Bereich der langen Blocksatzverbauung (Abb. 7). In diesem Abschnitt

fällt zudem die hohe Dichte entlang des strukturreichen Blockwurfes auf. Aber auch der grosse Unterschied zwischen dem weitgehend naturnahen linken und dem überwiegend mit Blocksatz verbauten rechten Ufer ist deutlich sichtbar (Abb. 14).

In der untersten Teilstrecke, wo Wald die Sarner Aa säumt, kamen in allen kontrollierten Strecken Larven vor (Abb. 7), und die Dichten waren in den meisten Kontrollabschnitten sehr hoch, was eindeutig mit dem Dominieren der strukturierten Naturufer zusammenhängt. Der Unterschied zwischen linkem und rechtem Ufer im unteren Abschnitt ist durch die harten Verbauungen des rechten Ufers im mittleren Abschnitt erklärbar: Ein grosser Teil der driften- den Larven, die das rechte Ufer im mittleren Abschnitt erreichen, finden dort keinen geeig- neten Lebensraum und werden durch die Strömung bis hinunter in den untersten Abschnitt verfrachtet. Ähnliches liess sich auch in der Reuss in Luzern beobachten (GUTHRUF 2001).

3.4. Schätzung des Äschenlarvenbestandes

3.4.1. Larvenbestand im Längsverlauf der Sarner Aa

Die vorliegende Bestandesschätzung darf angesichts der geringen Stichprobenzahl und der zum Teil grossen Streuung nur als grobe Annäherung betrachtet werden. Danach lebten im Zeitraum vom 11. und 12. Mai 2006 **rund 10'000 Äschenlarven** in der Sarner Aa. Auf Grund von Beobachtungen vor der Kartierung (pers. Mitt. E. Wallimann, kant. Fischereiaufseher) und der Tatsache, dass ein wesentlicher Teil der Larven bereits weit entwickelt war, ist davon auszugehen, dass die Kartierung in etwa zum Zeitpunkt der höchsten Larvendichte stattfand.

Obwohl die Teilstrecke in Sarnen mit 1.6 km die längste aller drei Teile ist und etwa 40% des gesamten Gewässers umfasst, trägt sie mit 1.6% praktisch nicht zum Larvenbestand bei. Der unterste Abschnitt dagegen, auf den lediglich 28% der gesamten Strecke entfallen, dient 55% des Larvenbestandes als Lebensraum. Noch deutlicher fallen die Unterschiede bei der Betrachtung der Uferstrukturen aus: Strukturreiche Naturufer, welche etwa einen Drittel der gesamten Uferstrecke darstellen, beherbergen 90% des Larvenbestandes (Tab. 1, Tab. 2).

Tab. 1 Längen der Uferstrecken der Sarner Aa in Metern nach Teilstrecken (Spalten) und Uferstruktur (Zeilen) aufgeschlüsselt.

Ufertyp	Sarnen	Flugplatz	Wald	Summe	Prozent
Mauerwerk/Blocksatz	2'510	425	220	3'155	39%
Blockwurf unstrukturiert	630	610	230	1'470	18%
Blockwurf strukturiert	0	200	0	200	2%
Naturufer monoton	50	445	0	495	6%
Naturufer strukturiert	30	900	1'770	2'700	34%
Summe Uferlänge	3'220	2'580	2'220	8'020	100%
Prozent	40%	32%	28%	100%	

Tab. 2 Äschenlarvenbestand der Sarner Aa in [Anzahl Larven] nach Teilstrecken (Spalten) und Uferstruktur (Zeilen) aufgeschlüsselt.

Ufertyp	Sarnen	Flugplatz	Wald	Summe	Prozent
Mauerwerk/Blocksatz	0	0	0	0	0%
Blockwurf unstrukturiert	32	275	104	410	3%
Blockwurf strukturiert	0	530	0	530	4%
Naturufer monoton	14	245	0	259	2%
Naturufer strukturiert	141	4230	6531	10'902	90%
Larvenbestand Total	187	5'279	6'635	12'101	100%
	2%	44%	55%	100%	

3.4.2. Uferspezifische Unterschiede

Die sehr harte Verbauung des rechten Ufers in der mittleren Teilstrecke schlägt sich nicht nur in der Larvendichte, sondern auch im Larvenbestand nieder. Am rechten Ufer lebte weniger als die Hälfte der Larven, die auf der gleichen Strecke am grösstenteils naturnahen linken Ufer gezählt werden konnten. Im unteren Teil tragen trotz unterschiedlicher Dichte beide Ufer massgeblich zum grossen Larvenbestand bei, da für die Berechnung des Bestandes das Mittel aus beiden Ufern verwendet wurde (Abb. 15). Bei getrennter Erhebung beider Ufer wäre der Bestand am linken Ufer kleiner und am rechten entsprechend grösser als dargestellt. Auf den Gesamtbestand hat dies jedoch keinen Einfluss.

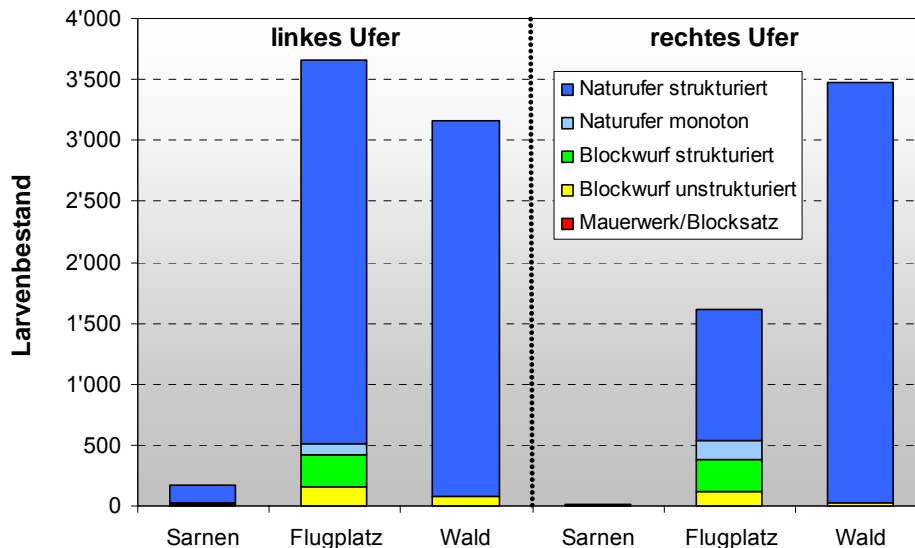


Abb. 15 Äschenlarvenbestand der Sarner Aa nach Ufern (Unterteilung in der Mitte), Teilstrecken (X-Achse) und nach Uferstrukturen (Farben der Säulen, Legende) getrennt dargestellt.

3.5. Fischbestandeserhebung

Zahlenmässig war der Hasel am häufigsten, gefolgt von Barbe, Alet und Groppe. Nur rund 3% des erfassten Fischbestandes waren Äschen. Da die Äschen ins freie Wasser flüchten und die Fangequipe geschickt umgehen können, ist ihre Fangchance geringer als diejenige von Arten, die in Verstecke und Unterstände flüchten. Aber auch bei Berücksichtigung dieses Sachverhaltes dürfte der Äschenanteil am gesamten Fischbestand nicht über 10% liegen, was angesichts der hohen Sommertemperaturen zu erwarten ist. Die Bachforelle, eine weitere kaltstenotherme (nur bei niedrigen Temperaturen überlebensfähige) Art, die im Vergleich zur Äsche mit der Elektrofischerei leichter erfasst werden kann, erreichte ebenfalls nur geringe Anteile (Abb. 16 links).

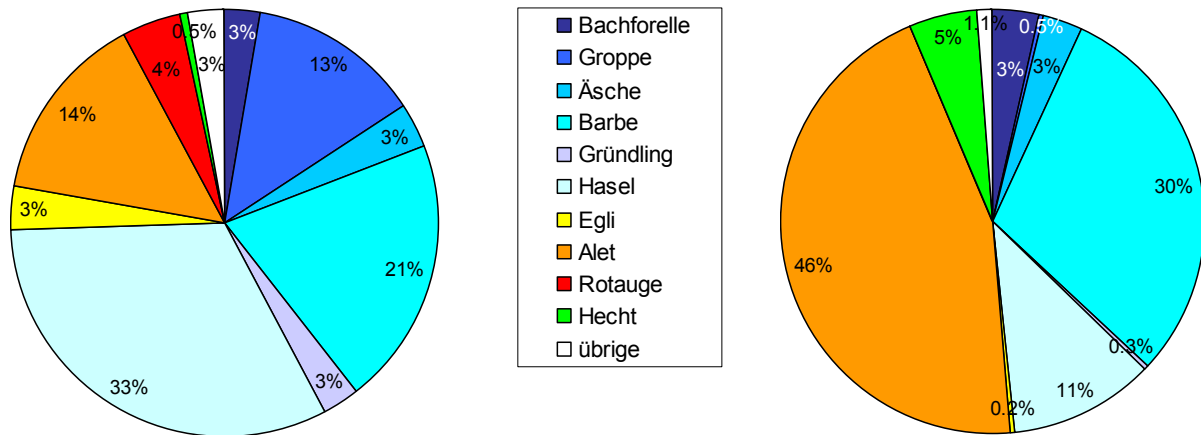


Abb. 16 Fischartenzusammensetzung in der Sarner Aa anlässlich der elektrischen Bestandeskontrolle vom 28.10.2006. Links: zahlenmässige, rechts: gewichtsmässige Zusammensetzung. Folgende Arten sind unter "übrige" zusammengefasst: Laube, Nase, Trüsche, Zander.

Gewichtsmässig dominierten Alet, Barbe und Hasel, welche zusammen 87% der Fischbiomasse ausmachten. Grosswüchsige Fischarten wie der Hecht erreichten im Vergleich zum zahlenmässigen Anteil eine viel höhere Biomassequote. Dasselbe gilt auch für den Alet und die Barbe, welche durch über 1.5 kg bzw. durch über 1.0 kg schwere Tiere vertreten waren. Der schwerste Hasel dagegen wog lediglich 180 g, weshalb diese Art im Vergleich zur zahlenmässigen Quote auf viel niedrigere Gewichtsanteile kam (Abb. 16 rechts).

Tab. 3 Ergebnisse der Bestandeskontrolle vom 28.10.2006. Gefährdungsstatus: 1: vom Aussterben bedroht, 3: gefährdet, 4 potenziell gefährdet, Z. N. zoogeografischer Neuling.

	Gefährdungs-Status	Schutz Europa	Dichte [Anzahl Fische]				Biomasse [kg]			
			unten	Mitte	oben	Summe	unten	Mitte	oben	Summe
Alet			24	61	9	94	16.063	15.174	1.000	32.237
Äsche	3	1	11	9	1	21	0.675	1.443	0.012	2.130
Bachforelle	4		3	15	1	19	0.371	1.973	0.156	2.500
Barbe	4		52	80	1	133	11.069	10.319	0.002	21.390
Egli			5	4	13	22	0.033	0.042	0.056	0.131
Groppe	4		50	29	6	85	0.115	0.114	0.151	0.380
Gründling			17	2		19	0.200	0.014		0.214
Hasel			35	155	22	212	0.565	6.826	0.557	7.948
Hecht			2	1		3	2.994	0.769		3.763
Laube			2	2	3	7	0.013	0.002	0.072	0.087
Nase	1	1	2	4		6	0.007	0.018		0.025
Rotauge			15	12	2	29	0.032	0.028	0.022	0.082
Trüsche			1	2	2	5	0.098	0.292	0.266	0.656
Zander	Z. N.		1			1	0.047			0.047
Summe			220	376	60	656	32.282	37.014	2.294	71.590

Sehr erfreulich war der Fang von insgesamt 6 Nasen in der mittleren und in der unteren Strecke (Tab. 3). Bei den 83 – 97 mm langen Tieren dürfte es sich gemäss Vergleichen mit Literaturangaben (DEDUAL 1986; DEDUAL 1990; ULMANN 1993) um 1⁺-Tiere handeln. Da die Nase erst im Alter von 6 – 12 Monaten auf Algennahrung umstellt (DEDUAL 1986; DEDUAL 1990; ULMANN 1993), kann es sich bei den Fischen mit fertig ausgebildeter unterständiger Mundspalte nicht um 0⁺-Tiere handeln. Dass es sich bereits um 2⁺-Tiere ist unwahrscheinlich da Nasen in diesem Alter zwischen 115 und 220 mm messen, wie Literaturdaten von 35 Populationen zeigen (DEDUAL 1986; DEDUAL 1990; ULMANN 1993). Da in der Sarner Aa keine Nasen eingesetzt werden, weisen die vorliegenden Ergebnisse darauf hin, dass die natürliche Reproduktion der Nase in der Sarner Aa funktioniert. Die Dichte dieser Art war aber nur gering, was mit dem weitgehend monotonen Gerinne und dem beschränkten Angebot an geeignetem Laichsubstrat zusammenhängen dürfte.

Drei Arten (Bachforelle, Barbe und Groppe) sind potenziell gefährdet, eine Art ist gefährdet (Äsche) und eine vom Aussterben bedroht (Nase). Zudem konnte im Mai 2006 ein ausgewachsenes Bachneunauge bei seinen Laichvorbereitungen in der Sarner Aa beobachtet werden. Die Art gilt als stark gefährdet. Nase, Bachneunauge und Äsche sind laut Berner Konvention (EUROPARAT 1979; EUROPARAT 1987) gesamteuropäisch geschützt (Tab. 3).

Vergleich mit früheren Daten

Im Jahr 1989 wurde der Fischbestand der Sarner Aa bereits einmal aufgenommen (PETER 1993). Die damalige Befischungstrecke überlappte teilweise mit der unteren Strecke, die im Oktober 2006 befischt wurde. Im Jahr 2006 konnten zwei Arten (Nase, 2 Exemplare; Zander, 1 Exemplar) nachgewiesen werden, die im Elektrofang 1989 fehlten. Die Elritze war dagegen in der Bestandeskontrolle 1989 (2 Individuen), nicht aber 2006 vertreten.

Beim Vergleich der Abundanz und Biomasse muss berücksichtigt werden, dass im Jahr 2006 nur in einem Durchgang gefischt wurde. Die Gesamtabundanz war im Jahr 1989 um einen Faktor 5 - 10 höher als im Jahr 2006. Der Vergleich der Biomasse fällt weit weniger deutlich aus (Faktor 1.5 bis 2). Im Jahr 1989 lebten viel mehr Fische in der Strecke als 2006. Da der Jung- bzw. Kleinfischanteil 1989 höher war, war das Durchschnittsgewicht der Fische damals geringer. Während Barbe und Trüsche im Jahr 1989 bedeutend häufiger waren als im Jahr 2006, ist es beim Hasel umgekehrt (Tab. 4).

Tab. 4 Dichte und Biomasse in der unteren Strecke, Vergleich der Jahre 1989 (PETER 1993) und 2006 (vorliegende Arbeit). 1989 wurde der Gesamtbestand erfasst, bei der vorliegenden Arbeit nur der in einem Durchgang erfasste Teil.

	EAWAG-Daten 1989				Aquatika-Daten 2006			
	Abunbdanz		Biomasse		Abunbdanz		Biomasse	
Alet	1'325	36.2%	40.47	31.7%	44	10.9%	29.44	49.8%
Äsche	23	0.6%	4.23	3.3%	20	5.0%	1.24	2.1%
Bachforelle	16	0.4%	2.42	1.9%	5	1.4%	0.68	1.1%
Barbe	1'091	29.8%	71.39	55.9%	95	23.6%	20.28	34.3%
Egli	88	2.4%	0.35	0.3%	9	2.3%	0.06	0.1%
Groppe	859	23.5%	2.7	2.1%	92	22.7%	0.21	0.4%
Gründling	200	5.5%	0.74	0.6%	31	7.7%	0.37	0.6%
Hasel	14	0.4%	1.45	1.1%	64	15.9%	1.04	1.8%
Hecht	3	0.1%	0.35	0.3%	4	0.9%	5.49	9.3%
Laube	3	0.1%	0.02	0.0%	4	0.9%	0.02	0.0%
Nase					4	0.9%	0.01	0.0%
Rotauge	16	0.4%	0.08	0.1%	27	6.8%	0.06	0.1%
Trüsche	23	0.6%	3.59	2.8%	2	0.5%	0.18	0.3%
Zander					2	0.5%	0.09	0.1%
Elritze	7	0.2%	0.01	0.0%		0.0%		0.0%
Summe	3'661	100.0%	127.8	100.0%	403	100.0%	59.16	100.0%

Die Einteilung der Fische in Strömungsgilden nach ZAUNER et al. (2001) zeigt, dass sich der Fischbestand zahlenmässig zu 43% aus Arten zusammensetzt, die sowohl beim Laichen als auch im übrigen Teil ihres Lebens auf Strömung angewiesen sind. Rechnet man den Hasel dazu, der beim Abbläichen auf Strömung und Kiessubstrat angewiesen ist, so wird ein Anteil von rund drei Viertel erreicht. Somit machen flusstypische Fischarten den wesentlichen Teil des Bestandes aus, was in den Stauhaltungen des Hochrheins und der Staukette der Aare zwischen Bielersee und Mündung in den Rhein nicht der Fall ist (GUTHRUF 2005). In diesem Anteil kommt der Wert der mehrere Kilometer langen Fließstrecke deutlich zum Ausdruck. Die indifferenten Arten, welche sowohl in stehendem als auch in fließendem Wasser leben und abbläichen können, erreichen zahlenmässig rund ein Viertel und Stillwasserarten fehlen praktisch ganz (Abb. 17 links).

Der grosse Anteil grosser Alet ist ausschlaggebend, dass die Gruppe der indifferenten Arten gewichtsmässig auf höhere Anteile kommt als anhand der zahlenmässigen Auswertung. Auch die Arten, die sich im Stillwasser fortpflanzen sind durch den grosswüchsigen Hecht gewichtsmässig stärker vertreten als zahlenmässig (Abb. 17 rechts).

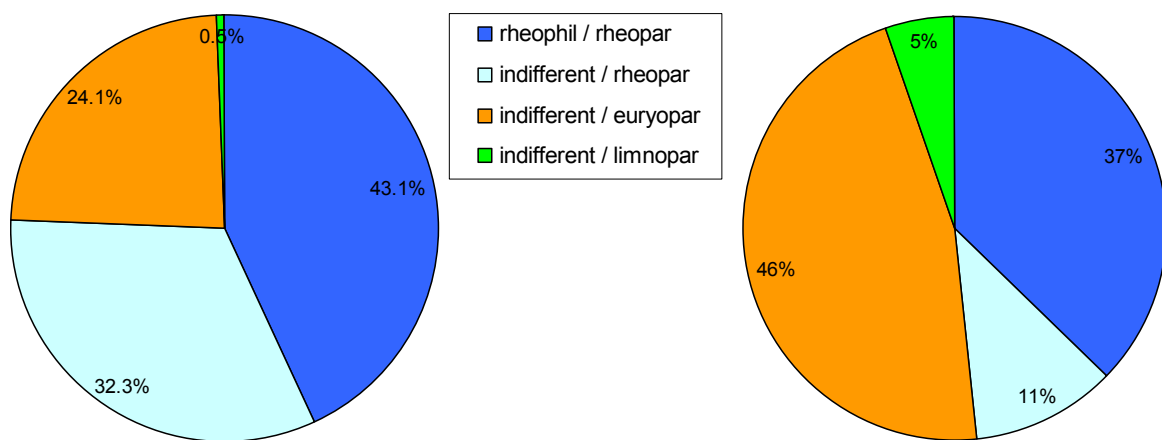


Abb. 17 Zugehörigkeit der Fischarten zu den Strömungsgilden gemäss ZAUNER et al. (2001). Rheophil = strömungsliebend; rheopar = beim Abbläichen auf Strömung angewiesen; indifferent = kann in strömenden und stehendem Wasser leben; euryopar = kann in strömenden und stehendem Wasser laichen; limnopar = kann nur in stehendem Wasser laichen.

3.6. Längenverteilung

Bei der Längenverteilung der verschiedenen Fischarten fallen Gruppen mit ähnlicher Länge auf, welche zumindest im unteren Längenbereich als Altersklassen gedeutet werden können. Mehrere, über das gesamte Längenspektrum verteilte Peaks sprechen für einen regelmäßigen Fortpflanzungserfolg - das Fehlen von Peaks für Ausfälle von Jahrgängen (Abb. 18).

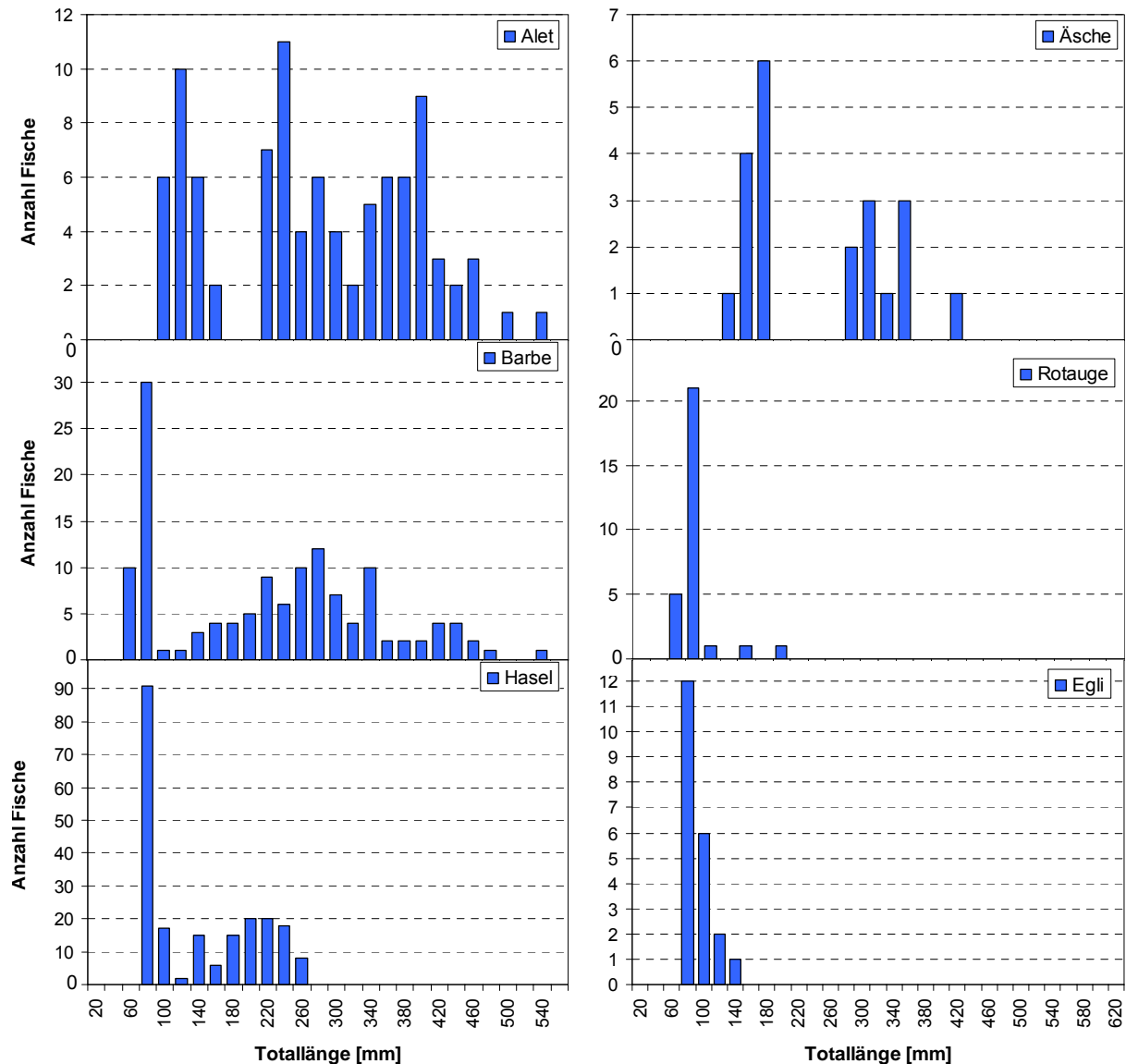


Abb. 18 Längen-Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Fischarten in der Sarner Aa bei der Bestandeskontrolle vom 28.10.2006. Es wurden nur Arten berücksichtigt mit Fangzahlen über 20 Stück. X-Achse: obere Klassengrenze, 100 bedeutet: Längengruppe von 81 bis 100 mm. Die Y-Skala wurde für jede Art verschieden gewählt.

Der **Alet** war durch zahlreiche Altersklassen vertreten, wie aus dem Längenhistogramm gut herauszulesen ist (Abb. 18). Die kleinste Längengruppe war aber im Vergleich mit den größeren Tieren eher unterrepräsentiert. Entweder war der Fortpflanzungserfolg im entsprechenden Jahr reduziert, oder der grösste Teil der Alet dieser Längengruppe hielt sich in anderen Strecken auf, z. B. im Struktur- und totholzreichen untersten Abschnitt.

Auch bei der **Barbe** und beim **Hasel** sind mehrere Längengruppen vorhanden, wobei im Unterschied zum Alet auch die kleinste Längengruppe sehr stark vertreten war.

Die **Äsche**, die nur in geringer Zahl gefangen wurde, war durch mehrere Längengruppen vertreten (Abb. 18). Die Altersbestimmung bestätigt diese Beurteilung, insgesamt waren vier

Jahrgänge vorhanden, wobei der jüngste Jahrgang (2006) am häufigsten war (Abb. 19). Vier 1⁺-Äschen zeigen, dass ein Teil der vier Monate alten Jungtiere das Jahrhunderthochwasser im August 2005 schadlos überlebte.

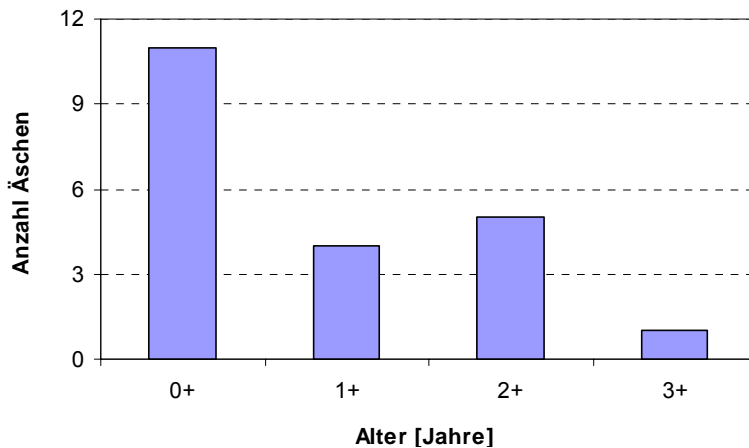


Abb. 19 Altersverteilung der Äsche an der Bestandeskontrolle vom 28.10.2006.

Egli und **Rotauge**, waren nur durch Jungfische vertreten (Abb. 18), welche vermutlich aus dem Sarnersee verdriftet worden sind. Adulte Exemplare fehlten.

Bei der **Groppe**, einer Kleinfischart, die maximale Längen von 15 cm erreichen kann, ist die Unterteilung in feinere Längensklassen notwendig. Auch sie pflanzt sich mehr oder weniger regelmässig in der Sarner Aa fort (Abb. 20). Das praktische Fehlen der jüngsten Altersklasse darf nicht als Hinweis auf einen Ausfall eines Jahrgangs gewertet werden. Die geringe Grösse dieser Tiere und ihre Lebensweise unter den Steinen machen den Fang sehr unwahrscheinlich.

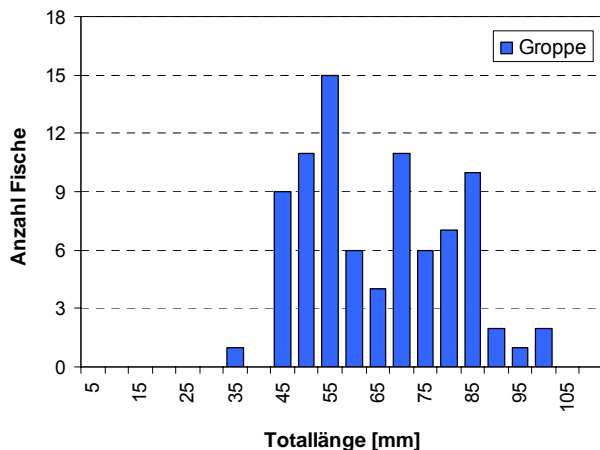


Abb. 20 Längenverteilung der Groppe anlässlich der Bestandeskontrolle vom 28.10.2006.

3.7. Anglerfang, Besatz

3.7.1. Anglerfang

Im Anglergang fällt auf den ersten Blick der sehr hohe Anteil der Bachforelle auf. Jährlich werden 240 bis 568 kg Bachforellen als Massfische in die Sarner Aa eingesetzt. Der geringe Anteil dieser Art bei der elektrischen Bestandeskontrolle am 28. Oktober 2006 erklärt sich dadurch, dass ein grosser Teil der Tiere bereits herausgefangen oder verwendet war. Untersuchungen in der Luzerner Reuss, die auch mit Massfischen besetzt wird, zeigten, dass der grösste Teil der individuell markierten Besatzforellen in den ersten 50 Tagen nach Besatz

gefangen wurden (MUGGLI 1994). Mehr als die Hälfte der gefangenen Bachforellen war unter 20 cm lang, ein Hinweis auf eine erfolgreiche natürliche Reproduktion der Bachforelle in der Sarner Aa oder auf Einwanderung aus Seitengewässern. Die als "Ruchfische" bezeichneten karpfenartigen Fische sind im Anglerfang bedeutend schwächer vertreten als in der Bestandskontrolle, was damit erklärbar ist, dass diese Arten wegen ihres grätenreichen Fleisches von Anglern gemieden werden. Die Egli- und Felchenfänge werden hauptsächlich im Ausfluss des Sarnersees getätigt. Je nach Jahr wurde ein höherer oder ein niedrigerer Anteil der Sarner Aa zugerechnet (Abb. 21). Aus diesem Grund sind Aussagen über Veränderungen des Bestandes dieser beiden Arten nicht möglich. Die Äsche ist im Durchschnitt zu rund 15% am Gesamtfang vertreten. Ihr Anteil ist somit etwa fünfmal so hoch wie in der Bestandskontrolle, was unterstreicht, dass die Art wie in anderen Gewässern auch von den Anglern gezielt befischt wird.

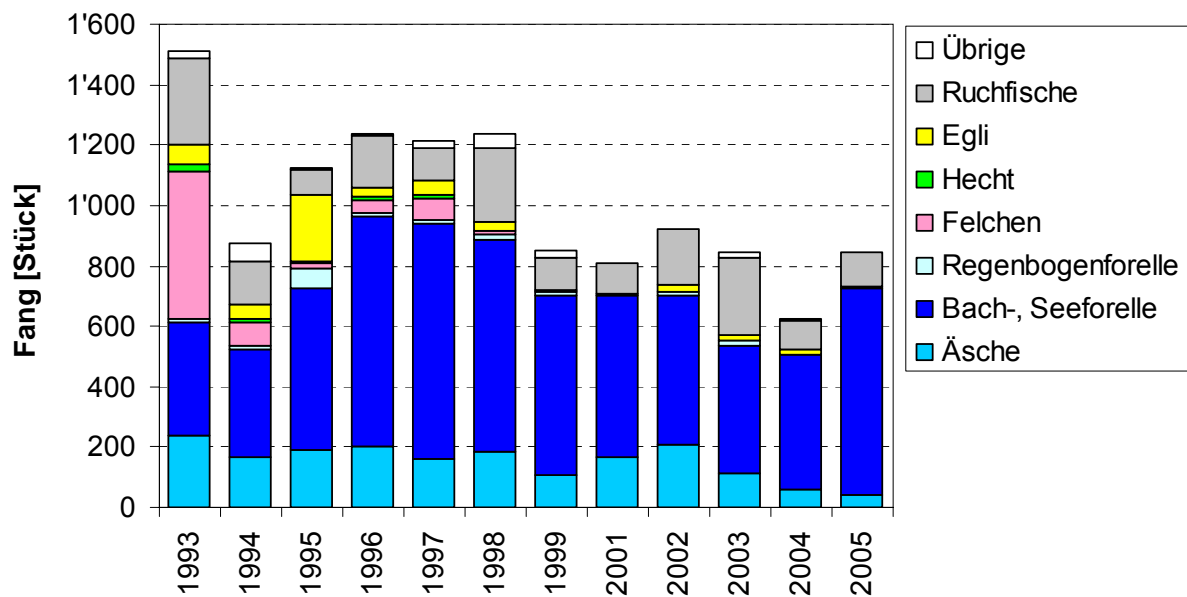


Abb. 21 Anglerfänge in der Sarner Aa zwischen Sarnersee und Wichelsee. Karpfenartige Fischarten (Barbe, Alet, Hasel, Nase etc.) wurden unter der Bezeichnung "Ruchfische" zusammengefasst. Daten: Amt für Landwirtschaft und Umwelt, Dienststelle Gewässer und Fischerei.

Abgesehen von den letzten drei Jahren ist der Äschenfang stabil. Die schlechten Fänge dieser drei Jahre können durch Umweltfaktoren erklärt werden: Das Jahr 2003 fiel durch ausserordentlich hohe Sommertemperaturen auf, welche die Äschen zwangen, für längere Zeit die Nahrungsaufnahme einzustellen und in Zonen mit kühlerem Wasser (Grundwasseraufstösse und kühle Zuflüsse) Schutz zu suchen. Am 28.08.2003 konnten z. B. im Pool vor der Mündung des Foribaches zwischen 50 und 100 Äschen verschiedener Grössenklassen beobachtet werden. Es ist davon auszugehen, dass wie in anderen Gewässern (BADER et al. 2004) auch in der Sarner Aa ein Teil der Äschen den Hitzesommer 2003 nicht überlebte. Auch im Juli 2006 wurden in der Sarner Aa wieder sehr hohe Temperaturen gemessen. Die Jahre 1999, 2004 und 2005 waren dagegen durch extreme Hochwasserereignisse geprägt.

3.7.2. Einfluss des Äschenbesatzes auf den Äschenbestand

Bis und mit 2002 wurde die Sarner Aa jährlich mit Äschen besetzt, der grösste Teil als Sömmerlinge. In manchen Jahren wurden zusätzlich zu den Sömmerlingen Jährlinge eingesetzt. Im Jahr 1996 wurde die Sarner Aa einmalig mit 40'000 Brütlingen besetzt (Abb. 22).

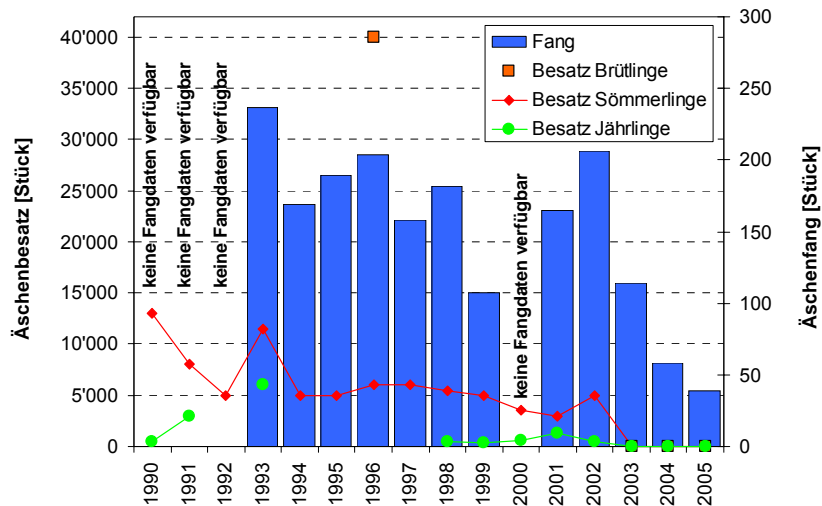


Abb. 22 Äschenbesatz und Fang in der Sarner Aa. Daten: Amt für Landwirtschaft und Umwelt, Dienststelle Gewässer und Fischerei.

Die statistische Analyse gibt keinen Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen Besatz- und Fangdaten (Tab. 5). Folglich kann weder der Besatz mit Sömmerlingen noch mit Vorsömmerlingen den Fang merklich beeinflussen. Auch dem umfangreichen Besatz mit Brütlingen im Jahr 1996 folgt kein Jahr mit entsprechend erhöhten Fangzahlen (Abb. 22). Der fehlende Einfluss des Besatzes auf den Fang stimmt sehr gut mit den Ergebnissen der Larvenkartierung überein, die zeigen, dass die natürliche Fortpflanzung in der Sarner Aa funktioniert und dass für die Larven zumindest streckenweise geeignete Habitate zur Verfügung stehen. Auch der Altersaufbau der Population spricht für einen mehr oder weniger regelmäßigen Fortpflanzungserfolg, konnten doch Tiere aus allen vier Jahrgängen (2003 – 2006) nachgewiesen werden, welche nachweislich nicht durch Besatz gestützt wurden (siehe Kapitel 3.6). Alle diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass Äschenbesatz den Fischbestand wenn überhaupt nur unwesentlich zu beeinflussen vermag.

Tab. 5 Test eines Zusammenhangs zwischen dem Äschenbesatz und dem Äschenfang 1 bis 4 Jahre nach Besatz (Verzögerung) durch Berechnung des Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman. Beim Besatz wurden Sömmerlinge, Jährlinge und Sömmerlingseinheiten (SE) unterschieden. P-Niveau-Werte unter 0.05 zeigen eine Signifikanz an.

Prüfgrösse	Verzögerung [Jahre]	Gültige	Spearman	t(N-2)	p-Niveau	Entscheid
Sömmerlinge & Fang	1	12	0.211	0.682	0.511	nicht signifikant
Jährlinge & Fang	1	12	0.043	0.136	0.894	nicht signifikant
SE & Fang	1	12	0.095	0.303	0.768	nicht signifikant
Sömmerlinge & Fang	2	12	0.432	1.516	0.161	nicht signifikant
Jährlinge & Fang	2	12	0.366	1.243	0.242	nicht signifikant
SE & Fang	2	12	0.331	1.109	0.293	nicht signifikant
Sömmerlinge & Fang	3	12	0.522	1.936	0.082	nicht signifikant
Jährlinge & Fang	3	12	-0.086	-0.272	0.791	nicht signifikant
SE & Fang	3	12	0.141	0.450	0.662	nicht signifikant
Sömmerlinge & Fang	4	11	0.507	1.765	0.111	nicht signifikant
Jährlinge & Fang	4	11	-0.181	-0.554	0.593	nicht signifikant
SE & Fang	4	11	0.101	0.304	0.768	nicht signifikant

3.7.3. Massfischbesatz mit Bachforellen

Es ist bekannt, dass das Einsetzen von fangfähigen Salmoniden in grosser Dichte zu einer Schädigung der Äsche beitragen kann. In der Giesse bei Belp hat die Freilassung grosser

Mengen von Regenbogenforellen im Längenbereich zwischen 21 und 30 cm zu einem sukzessiven Verschwinden des Äschenbestandes geführt (GUTHRUF 1996). Jährlich werden zwischen 240 – 568 kg, mehr als 25 cm lange Bachforellen in die Sarner Aa eingesetzt. Auch diese können einen Einfluss auf den Äschenbestand haben, indem sie junge Äschen fressen oder bestimmte Altersklassen konkurrenzieren. Dem zweiten Aspekt ist besonderes Gewicht einzuräumen, da beides Kaltwasserarten sind und da Zonen mit kühlem Wasser für diese beiden Arten je länger je mehr zum limitierenden Faktor werden können. Gerade in dieser empfindlichen Phase kann sich Konkurrenz und der damit zusammenhängende Stress verheerend auswirken (Krankheiten, Erschöpfung).

Aus diesem Grund wurde nach der gleichen Methode wie beim Äschenbesatz getestet, ob ein Zusammenhang zwischen dem Forellenbesatz und dem Äschenfang besteht. Aus dieser statistischen Analyse geht hervor, dass der Äschenfang zwei und drei Jahre nach einem starken Besatz mit Bachforellen deutlich niedriger war als nach einem Jahr in dem der Massfischbesatz tief war (Tab. 6).

Tab. 6 Test eines Zusammenhangs zwischen dem Bachforellenbesatz und dem Äschenfang 0 bis 4 Jahre nach Besatz (Verzögerung) durch Berechnung des Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman. P-Niveau-Werte unter 0.05 zeigen eine Signifikanz an.

	Verzögerung [Jahre]	Gültige	Spearman	t(N-2)	p-Niveau	Entscheid
Besatz Bafo & Fang Ae	0	12	-0.259	-0.847	0.417	nicht signifikant
Besatz Bafo & Fang Ae	1	12	-0.455	-1.614	0.138	nicht signifikant
Besatz Bafo & Fang Ae	2	12	-0.669	-2.846	0.017	signifikant
Besatz Bafo & Fang Ae	3	12	-0.585	-2.281	0.046	signifikant
Besatz Bafo & Fang Ae	4	12	0.259	0.849	0.416	nicht signifikant

Dies ist auch sehr deutlich aus Abb. 23 ersichtlich: Je mehr Bachforellen eingesetzt wurden, desto weniger Äschen wurden zwei bzw. drei Jahre später gefangen. Auch wenn andere Faktoren wie Abfluss, Temperatur, Witterung und geänderte Schonbestimmungen den Äschenfang beeinflussen, darf der Zusammenhang mit dem Massfischbesatz nicht ausser Acht gelassen werden, da es, wie oben erwähnt ökologische Mechanismen gibt, welche zu einer Schädigung des Äschenbestandes durch die Massfische führen können.

Betrachtet man die Wachstumskurve und die Altersverteilung im Fang, wo 2⁺ und 3⁺ -Äschen überwiegen, so ist ein solcher Zusammenhang plausibel, weist aber auch darauf hin, dass sich der negative Einfluss der Massfische im ersten Lebensjahr der Äschen manifestiert.

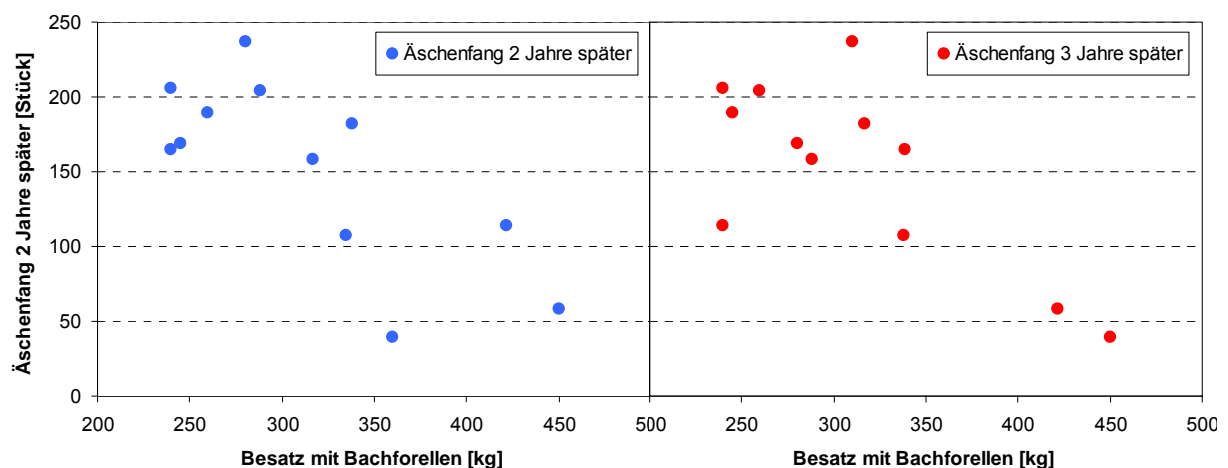


Abb. 23 Äschenfang in der Sarner Aa (Y-Achse) aufgetragen gegen den Massfischbesatz mit Bachforellen zwei (links) bzw. drei (rechts) Jahre vorher. Daten: Amt für Landwirtschaft und Umwelt, Dienststelle Gewässer und Fischerei.

3.8. Geschlechts- und Wachstumsanalysen an Anglerfängen

3.8.1. Längenwachstum der Äsche

Im Alter von einem Jahr messen die Äschen der Sarner Aa durchschnittlich 154 mm, mit zwei Jahren 260 mm, mit drei 318 mm und mit vier Jahren 355 mm (Abb. 24). Wie bei den meisten untersuchten Populationen Europas wachsen auch in der Sarner Aa die Weibchen nach Erreichen der Geschlechtsreife langsamer als die Männchen (Abb. 24), da die Weibchen einen beachtlichen Teil ihres Energievorrates in die Eier investieren müssen.

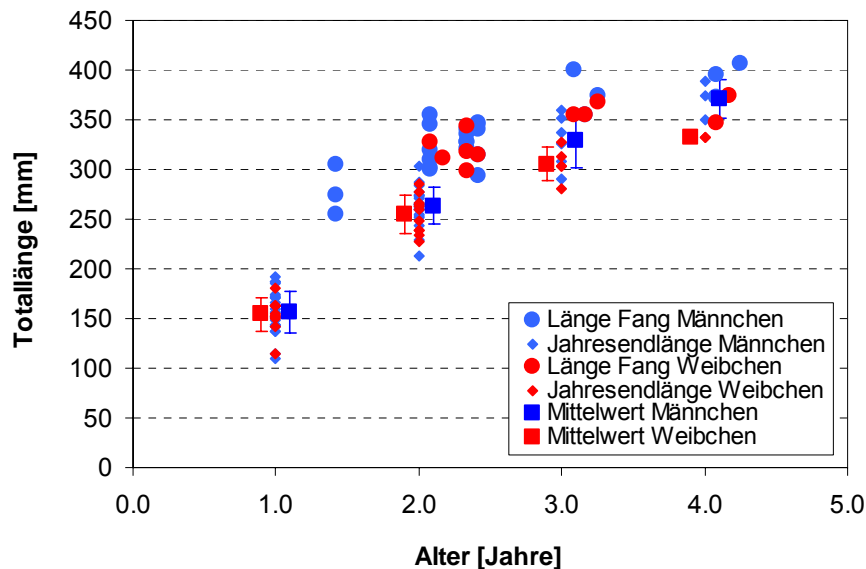


Abb. 24 Wachstum der Äsche in der Sarner Aa nach Geschlechtern getrennt. Grosse Punkte: Länge der Fische während des Fangs. Kleine Quadrate: Jahresendlängen (Rückberechnung). Grosse Quadrate bezeichnen die mittlere Jahresendlänge, Fehlerbalken die Standardabweichung. Daten: Anglerfänge, N = 47.

Im Vergleich mit anderen Schweizer Populationen wachsen die Äschen der Sarner Aa am langsamsten, ähnlich wie dasjenige der benachbarten Population in der Luzerner Reuss. Im internationalen Vergleich ist das Wachstum durchschnittlich (Tab. 7). Vor allem die nordischen Populationen, diejenigen aus der Slowakei und aus Grossbritannien wachsen langsamer als die Populationen am südlichen Rand des Verbreitungsgebietes in Mitteleuropa (Tab. 7).

Das Maximal festgestellte Alter der Äschen in der Sarner Aa ist mit 4⁺ vergleichsweise niedrig, wobei berücksichtigt werden muss, dass die Stichprobe mit 59 Tieren (20 aus Elektrofischfang, 39 aus Anglerfängen) nur gering war.

Tab. 7 Wachstum der europäischen Äsche in verschiedenen Gewässern Europas.

* = Originaldaten als Gabellänge, Umrechnung nach GUTHRUF (1996).
 ** = Originaldaten als Standardlänge, Umrechnung nach NAIKSATAM (1974).
 (+) = Probenahmen im Juli.

Arbeit	Gewässer (Land)	Totallänge im Alter von n Jahren							Alter		% Erst-Laicher	Reife ab TL
		1	2	3	4	5	6	7	max.	1. Reife		
Guthruf 1996	Aare (CH)	202	347	393					4	2	10-60	270
Hertig 2006	Linthkanal (CH)	190	337	403	442	459			8+			
Rippmann 1987	Linthkanal (CH)	150	330	400	450				4			
Staub et al. 1992	Hochrhein (CH)	200	325	390	425	445	470		6	2	10-80	
Guthruf 2006	Aare Thun (CH)	163	320	398	434	454	457	466	7+			
Persat 1976	Ain (F)	150	290	355						2	60/25	
Jungwirth & Schmutz 1985	Traun (A)	160	290	380	410							
Guthruf 2001	Reuss Luzern (CH)	191	283	345					3+			
Guthruf 1996	Giesse Belp (CH)	150	280	330	375	395	420		7+	3		280
Ensmenger 1987	Reuss Luzern (CH)	170	275	340	390	425	425		7	3		
vorliegende Arbeit	Sarner Aa	154	260	318	355				4+			
Ernst & Nielsen 1983	Gudena (DK)	140	250	340	390	430	460		6	2-4		300
Woolland & Jones 1975	Llynn Tegid (GB)	131*	244	323	387	410	431		6	3		
Woolland & Jones 1975	Upper Dee (GB)	131*	231	292	342	361			8	3		
Kaufmann et al. 1991	Mur (A)	116	211	297						3		300
Wiesbauer et al. 1991	Salzach (A)	111	198	276	342	389			6	4-5		340
Hellawell 1969	River Lugg (GB)	134**	198	238	302	358			4	2	8/9	
Jungwirth et al. 1983	Inn (A)	100	195	285	370	420	450		8	(3)-4		350
Nagy 1984	Bela (Slowakei)	131**	184	228	274	308			5+			
Peterson 1968	Indalsälven (S)	94	172	239	296	349	386		8	5		350
Sedlar 1970	Nitra (Slowakei)	102	166	227	276	324			6			
Müller 1961 (+)	Lilla Lule Älv (S)	30	154	204	253	298	332		10+			
Somme 1935	(Norwegen)	50	115	183	242	278	308		7	5-6		

3.8.2. Geschlechterverhältnis und Altersverteilung

Das Geschlechterverhältnis ist mit 25 Männchen zu 11 Weibchen stark zugunsten der Männchen verschoben.

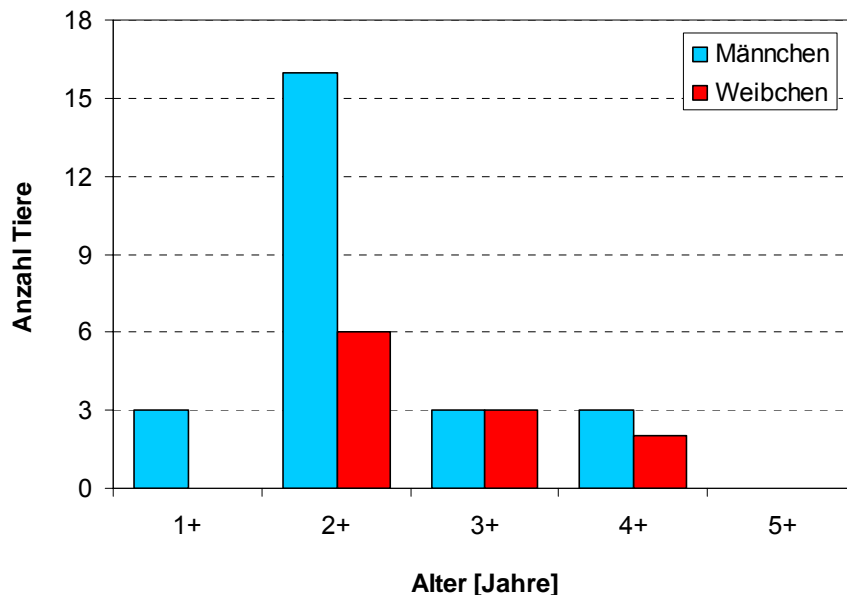


Abb. 25 Altersverteilung der Äschen in der Sarner Aa nach Geschlecht getrennt. Anglerfänge, N = 36. Bei zwei Fischen fehlten die Gonaden, so dass eine Geschlechtsbestimmung nicht möglich war.

Dies ist einerseits dadurch erklärbar, dass Männchen schneller wachsen als Weibchen und deshalb rascher das Fangmindestmass von 32 cm erreichen. Andererseits konnte in der Aare bei Thun ebenfalls ein zugunsten der Männchen verschobenenes Geschlechterverhältnis beobachtet werden. Vergleiche mit den 1980er-Jahren zeigten, dass damals noch mehr Weibchen vorhanden waren. Die Gründe für die Veränderung sind noch nicht bekannt.

Auch die Äschenfänge der Angler setzen sich aus verschiedenen Jahrgängen zusammen, woraus abgeleitet werden kann, dass die natürliche Reproduktion in der Regel funktioniert.

3.9. Laichreife

Die Laichreife tritt in manchen Schweizer Gewässern bereits am Ende des zweiten Lebensjahres ein, wobei nie alle Tiere mit 2 Jahren ablaichen. Der Anteil der Erstlaicher schwankt am Rhein oberhalb Schaffhausen je nach Jahr zwischen 10 und 60%, an der Aare zwischen Thun und Bern sogar zwischen 10 und 80% (GUTHRUF 1996). Mit drei Jahren sind in den Gewässern mit raschem Wachstum alle Äschen laichreif, Männchen wie Weibchen (Tab. 7). In der Sarner Aa wird ein Teil der Männchen bereits mit 2 Jahren geschlechtsreif. Unter zwei 1⁺-Männchen waren zwei reife Tiere und ein unreifes. 1⁺-Weibchen waren leider nicht in der Stichprobe. Unter den 2⁺-Äschen war bei den Weibchen wie bei den Männchen nur ein Teil reif. Ältere Tiere als 2⁺ (ein 3⁺- und ein 4⁺-Weibchen) waren alle laichreif (Tab. 8).

Tab. 8 Geschlechtsreife von Äschenmännchen und -weibchen nach Altersklassen getrennt. Anzahl Fische: 10 Männchen und 6 Weibchen.

	♂ reif	♂ unreif	♀ reif	♀ unreif
1 ⁺	2	1	0	0
2 ⁺	4	3	3	1
3 ⁺	0	0	1	0
4 ⁺	0	0	1	0

Aus der Wachstumskurve (Abb. 26) ist ersichtlich, dass bei den Männchen bereits ein 25 cm langes Tier reif war. Ansonsten waren wenige Tiere aus dem Längenbereich unter 30 cm verfügbar. Es zeigte sich auch, dass es bis 35 cm lange Männchen und Weibchen gab, die noch nicht laichreif waren (Abb. 26).

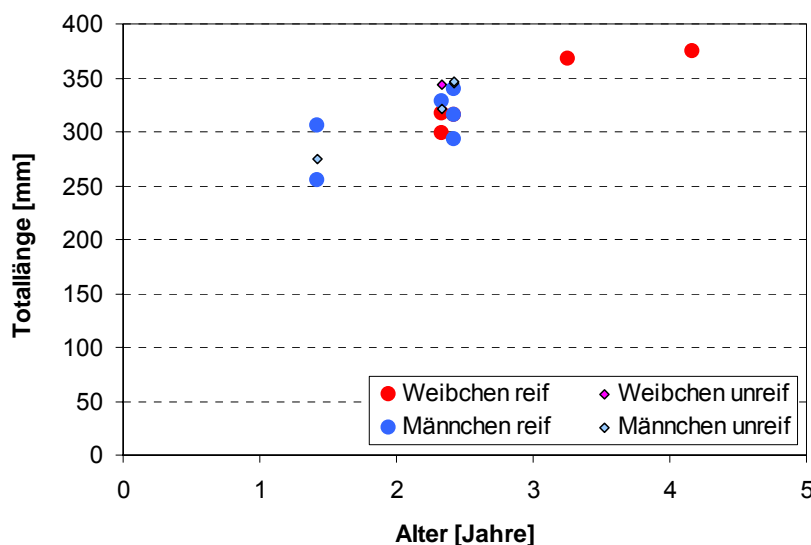


Abb. 26 Geschlechtsreife der Äschenmännchen und -weibchen in der Sarner Aa nach Länge und Alter. Daten: Anglerfänge, 10 Männchen und 6 Weibchen.

4. Diskussion

4.1. Die Äsche

Die Fliessstrecke der Sarner Aa zwischen Sarnersee und Wichelsee ist mit rund 4 km nur sehr kurz. Auch die festgestellte Biomasse ist mit 4 kg/ha (PETER 1993) nur begrenzt. Aus diesem Grund ist auch kein exorbitanter Äschenfang zu erwarten. Die Monotonie des Gewässers, die auf weiten Strecken der Sarner Aa fehlenden Äschenhabitate, vor allem für Jungstadien, verhindert zur Zeit noch grössere Dichten und damit höhere Fangerträge.

Zudem können die hohen Sommertemperaturen zum limitierenden Faktor für die auf kaltes Wasser angewiesene Äsche werden (SCHMUTZ & MATULLA 2004). Extremereignisse können Populationen chronisch oder akut schädigen. Angesichts der zunehmenden Erwärmung unserer Gewässer (JAKOB et al. 1996) wird diese Problematik in Zukunft an Bedeutung gewinnen. In natürlichen Gewässern ist die Temperatur sehr vielfältig, wie Untersuchungen am Tagliamento (Norditalien) zeigten. Selbst im Unterlauf dieses Flusses, wo das Wasser für Äschen im Sommer letale Temperaturen erreicht, können Äschen in Grundwasseraufstössen in grosser Dichte überleben. In kanalisierten Gewässern ist der Austausch zwischen Oberflächen- und Grundwasser sehr stark reduziert und die Temperaturvielfalt entsprechend eingeschränkt. Hohe Temperaturen wirken sich deshalb erwartungsgemäss in kanalisierten Gewässern stärker aus als in natürlichen, besonders, wenn Wandermöglichkeiten durch Aufstiegshindernisse eingeschränkt sind und die Fische Flussabschnitte mit erhöhter Temperatur nicht verlassen können.

Angesichts der kurzen Fliessstrecke mit geeigneten Larvenhabitaten ist ein Larvenbestand von rund 10'000 Tieren beachtlich und spricht für ein Funktionieren der natürlichen Fortpflanzung der Äsche. Die obersten Laichplätze befinden sich im Bereich des Seeabflusses. Die Larvendichten entlang naturnaher Ufer sind vergleichbar mit denjenigen, die im Mai 2006 an der Luzerner Reuss festgestellt wurden (je nach Abschnitt durchschnittlich 180 bis 600 Individuen pro 100 m Ufer). Beobachtungen während der larvalen Phase im Mai 2003 zeigten, dass die 2006 festgestellten Dichten deutlich übertroffen werden können. Erfahrungen des kantonalen Fischereiaufsehers E. Wallimann zeigen zudem, dass der Äschenlarvenbestand in den meisten Jahren gut ist.

Die harten Verbauungen in über der Hälfte der Uferstrecke verhindern aber heute, dass lange Strecken von Äschenlarven besiedelt werden können. Durch eine naturnahere Gestaltung der Ufer in Sarnen und am rechten Ufer im mittleren Abschnitt könnte das Angebot an Larvenhabitaten stark erhöht werden, was mit Sicherheit einen positiven Effekt für die Äschenpopulation hätte. Bereits der Ersatz von Mauerwerk durch strukturierten Blockwurf bringt sehr grosse Verbesserungen mit sich, wie die Kartierung deutlich zeigte. Solche Erhöhungen des Habitatangebots für Äschenlarven tragen bedeutend stärker zur Förderung des Äschenbestandes bei als Besatzmassnahmen. Im Gegensatz zu Besatzmassnahmen ist die Förderung des Bestandes durch Verbesserung der Habitatsituation nachhaltig und mittel- bis langfristig weniger kostspielig.

Auch bei beschränkten Raumverhältnissen wie in Sarnen lassen sich Möglichkeiten finden, um die Situation für Äschenlarven stark zu verbessern, wie das Einbringen von Totholz an der Aare in Thun eindrücklich zeigte (GUTHRUF 2004).

Das Vorhandensein mehrerer Jahrgänge sowie der geringe Anteil von Angelverletzungen sprechen für einen heute relativ geringen Befischungsdruck. Die Gefahr einer Überfischung ist zur Zeit nicht hoch, kann aber jederzeit zunehmen, indem mehr gefischt wird, oder indem die Bestandesdichte abnimmt. In einem solchen Fall gewährt das bestehende Fangmindestmass dem Äschenbestand keinen ausreichenden Schutz. Nur durch ein jährliches Monitoring und rasches Reagieren, wie dies heute im Rhein zwischen Stein und Schaffhausen praktiziert wird, kann eine Schädigung der Population durch Überfischung rechtzeitig verhindert werden. Eine Erhöhung des Fangmindestmasses auf 35 cm würde der Population langfristig Sicherheit vor Überfischung bieten, ohne Monitoring.

4.2. Die Fischfauna der Sarner Aa

Erfreulicherweise konnte im Rahmen der Äschenlarvenkartierungen ein ausgewachsenes Bachneunauge in der Sarner Aa bei seinen Laichvorbereitungen beobachtet werden. Die in der Schweiz stark gefährdete Art ist sowohl auf sandig-schlammige Flussabschnitte mit entsprechend reduzierter Strömung (Larvenstadium) als auch auf kiesigen Grund mit mässiger Strömung und einer gewissen Geschiebeumlagerung angewiesen. Auch diese Art profitiert von heterogeneren Ufern, von einer stärkeren Verzahnung zwischen Gewässer und Umland sowie von einer Reaktivierung der Geschiebedynamik.

Mit der Nase kommt in der Sarner Aa eine vom Aussterben bedrohte Fischart in geringer Zahl vor. Die gefundenen Jungtiere (wahrscheinlich 1⁺-Fische) deuten darauf hin, dass die natürliche Fortpflanzung in der Sarner Aa, wenn auch in begrenztem Mass, auch heute noch funktioniert. Sowohl Laichtiere als auch Larven und Jungtiere profitieren sehr stark von Uferrevitalisierungen, von der Schaffung von Flachwasserzonen und von der Reaktivierung der Geschiebedynamik, wie Untersuchungen an der Donau zeigten (ZAUNER et al. 2001).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Sarner Aa ein beachtliches Potenzial an gefährdeten Arten beherbergt. Durch eine Strukturierung der heute monotonen Ufer, durch eine Verzahnung von Wasser und Land und durch eine Förderung der Geschiebedynamik können diese Reste früherer Populationen soweit gefördert werden, dass sie langfristig überlebensfähig sind. Diese Ziele können kombiniert werden mit den Zielen des Hochwasserschutzes, indem der Sarner Aa mehr Raum zugestanden wird.

Besonders die Äsche profitiert sehr stark von solchen Restrukturierungsmassnahmen, wie Untersuchungen an der Drau in Österreich sehr deutlich zeigten (ZAUNER et al. 2000). Sowohl für junge wie für ausgewachsene Äschen entstand in der restrukturierten Strecke ein grosses Angebot an neuen Lebensräumen. Die wieder hergestellte Dynamik liess ausgedehnte Kiesbänke entstehen, welche für die Laichtiere, Adulte und besonders für junge Äschen von unschätzbarem Wert waren (ZAUNER et al. 2000).

Um den ursprünglichen Artenreichtum wiederherzustellen, sind weitergehende Massnahmen notwendig wie die Wiederherstellung des Längskontinuums. Diesbezüglich ist die Vernetzung der Sarner Aa unter- und oberhalb des Wichelsees ein wichtiges Thema. Das geplante Umgehungsgewässer muss für alle Fischarten, insbesondere für Äschen passierbar sein. Die hohe Dichte von Äschen im Mündungsbereich des Foribaches zeigt auch die Bedeutung der Zuflüsse mit kaltem Wasser auf. Aus diesem Grund ist es auch wichtig, dass die Zuflüsse der Sarner Aa für Fische erreichbar und in einem naturnahen Zustand sind.

5. Überlegungen über eine nachhaltige Bewirtschaftung

5.1. Schonbestimmungen

5.1.1. Fangmindestmass

Larvenkartierungen wie auch die Fischbestandeserhebungen zeigten, dass die natürliche Fortpflanzung der Äsche in der Sarner Aa funktioniert. Die Schonbestimmungen müssen deshalb so ausgelegt werden, dass der Laichtierbestand genügend gross ist, um einen natürlichen Fortbestand der Population nachhaltig zu gewährleisten. Da die Äsche sehr empfindlich auf Befischung reagiert (GUTHRUF 1996), sind ökologisch angepasste Schonbestimmungen unumgänglich. Die wirksamste Massnahme zum Schutz des Laichtierbestandes ist das Fangmindestmass. Andere Massnahmen wie Fangfenster oder Regulierung über den Befischungsdruck können eine Überfischung nur verhindern, wenn sie durch ein jährliches Monitoring begleitet werden, wie dies am Rhein zwischen Stein und Schaffhausen praktiziert wird (KIRCHHOFER et al. 2002).

Tab. 9 Verschiedene mögliche Fangmindestmasse und ihre Auswirkungen.

Fangmindestmass	32 cm	35 cm	38 cm
Schutz der 1 ⁺ - Äschen:	alle	alle	alle
Schutz der 2 ⁺ - Äschen:	weniger als 1/3	alle	alle
Schutz der 3 ⁺ - Äschen:	keine	keine	die meisten
Schutz der Laichtiere:	gering	gut	sehr gut
Längenselektion	stark (2 ⁺)	sehr gering	gering
Risiko Überfischung	hoch	gering	sehr gering
Reduktion Fang	unverändert*	mässig*	stark*

* Annahme: unveränderter Äschenbestand

Für ein ökologisch angepasstes Fangmindestmass sind drei mögliche Ansätze denkbar (Tab. 9, Abb. 27):

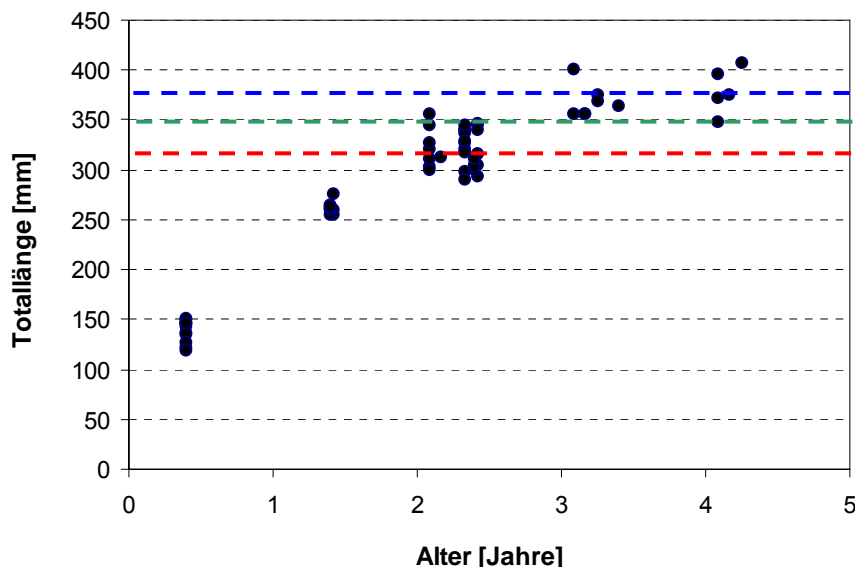


Abb. 27 Wachstumskurve der Äsche in der Sarner Aa (Elektro- und Anglerfänge, Länge zum Zeitpunkt des Fangs) und drei mögliche Fangmindestmasse.

Beim heute gültigen Fangmindestmass von **32 cm** werden alle 1⁺-Äschen geschont, wovon aber nur ein Teil geschlechtsreif wird. Vor allem 1⁺-Weibchen dürften kaum Fortpflanzungsfähig sein, da gemäss Literaturangaben die kleinsten reifen Weibchen 27 cm messen (GUTHRUF 1996).

Von den 2⁺-Äschen, die in der Sarner Aa ebenfalls nur zum Teil laichreif werden, wird weniger als 1/3 geschont. Berücksichtigt man, dass vor allem bei den Männchen die grössten Tiere eines Jahrgangs laichreif werden, so dürfte der Anteil der reifen 2⁺-Äschen, die geschont werden, deutlich unter einem Viertel liegen. Der Schutz der Laichtiere ist somit bei einem Fangmindestmass von 32 cm nur gering. Da rasch wüchsige 2⁺-Äschen früher gefangen werden können, haben langsam wüchsige Äschen des gleichen Jahrgangs eine grössere Fortpflanzungschance, was langfristig zu einer Senkung des Längenwachstums beitragen kann (Längenselektion). Gesamthaft ist das Risiko einer Überfischung hoch. Eine Reduktion des Fangs findet dagegen nicht statt, da keine Veränderung gegenüber heute eintritt (Tab. 9).

Bei Erhöhung des Fangmindestmasses auf **35 cm** würden alle 1⁺- und mehr oder weniger alle 2⁺- Äschen geschont. Entsprechend könnte ein relativ hoher Anteil der Äschen mindestens einmal ablaichen, bevor sie behändigt werden dürfen. Die Längenselektion ist bei diesem Fangmindestmass äusserst gering. Bei Annahme einer unveränderten Bestandesgrösse können die Fischer weniger abschöpfen. Es ist aber nicht auszuschliessen, dass sich durch die Förderung des Laichtierbestandes die Bestandesdichte erhöht und die durch das Fangmindestmass verursachten Verluste mehr als wettgemacht werden. Zudem sind die gefangenen Äschen grösser, wodurch das Gesamtgewicht des Fangs (Ertrag) gegenüber heute eher zunimmt.

Bei Erhöhung des Fangmindestmasses auf **38 cm** würden alle 1⁺-, 2⁺- und die meisten 3⁺- Äschen geschont. Ein Teil der Äschen kommt mehrmals zum Ablaichen. Die Laichtiere werden mit dieser Massnahme optimal geschützt. Negative Punkte dieser Variante sind eine gewisse Längenselektion und eine zu erwartende deutliche Einbusse der Fangzahlen, da das Fangmindestmass nahe der maximal erreichbaren Länge liegt.

Ein Fangmindestmass von 32 cm birgt die Gefahr einer Überfischung. Das gut gepufferte Abflussregime der Sarner Aa macht keine besonderen Massnahmen zur Förderung eines mehrmaligen Ablaichens (Fangmindestmass von 38 cm) erforderlich. Die Festlegung des Fangmindestmasses bei **35 cm** ist am sinnvollsten.

5.1.2. Schonzeit

Die Verlängerung der Schonzeit auf Ende Mai ist aus fischökologischer Sicht sehr zu begrüssen, da den vom Ablaichen geschwächten Tieren die Möglichkeit einer Erholung gegeben wird. In der Aare in Thun lässt sich alljährlich beobachten, wie die Laichäschen Anfang Mai, im Anschluss an die Laichzeit grosse Mengen an Eintagsfliegen zu sich nehmen.

5.1.3. Fangzahlbeschränkung

Aus fischökologischer Sicht gibt es keinen Anlass, die bestehenden Fangzahlen zu ändern. Auch bezüglich der übrigen Schonbestimmungen besteht kein Handlungsbedarf.

5.2. Besatz

5.2.1. Äschenbesatz

Angesichts des sehr beschränkten Angebots an geeigneten Larvenhabitaten ist der Äschenlarvenbestand von rund 10'000 Tieren beachtlich. Beobachtungen im Jahr 2003 zeigten, dass die Dichte entlang naturnaher Ufer in günstigen Jahren bedeutend höher sein kann. Beobachtungen durch den Fischereiaufseher E. Wallimann zeigten zudem, dass die Fort-

pflanzung in den letzten vier Jahren immer erfolgreich war, trotz des Hitzesommers 2003 und den Hochwassern in den Jahren 2004 und 2005, was wegen des durch den Sarnersee gepufferten Abflussregimes zu erwarten ist. Dies bestätigt sich auch im Äschenbestand, in dem trotz fehlenden Besatzes in den letzten vier Jahren und trotz des Hitzesommers 2003, dem heissen Juli 2006 und Hochwassern in den Jahren 2004 und 2005 alle Jahrgänge vertreten sind. Ein Erfolg des Äschenbesatzes mit Brütlingen, Sömmerlingen und Jährlingen konnte dagegen nicht nachgewiesen werden. Aus diesem Grund ist zu empfehlen, auf eine Stützung des Bestandes mit Besatzfischen zu verzichten. Sollte von Seiten der Fischer dennoch der Wunsch nach Äschenbesatz kommen, sollte dies nur mit Fischen geschehen, deren Elterntiere aus der Sarner Aa stammen.

5.2.2. Massfischbesatz mit Bachforellen

Die statistischen Analysen sprechen für einen negativen Einfluss des Massfischbesatzes mit Bachforellen auf die Äschenfänge. Der wahrscheinlichste Mechanismus einer Schädigung der Äschen durch die Bachforellen ist Konkurrenzierung in limitierenden Habitaten bei hohen Wassertemperaturen. Angesichts der fortschreitenden Erwärmung unserer Fließgewässer (JAKOB et al. 1996) ist davon auszugehen, dass dieser Einfluss mit der Zeit immer stärker wird. Durch Einstellung des Massfischbesatzes mit Bachforellen kann ein wesentlicher Beitrag geleistet werden zur Erhaltung bzw. Förderung der Äschenpopulation.

6. Literaturverzeichnis

- BADER, S. et al. (2004): Auswirkungen des Hitzesommers 2003 auf die Gewässer, Dokumentation. - BUWAL, Schriftenreihe Umwelt, Gewässerschutz **369**: 98 S.
- BEFFA, C.; HÜRLIMANN, J. (2001): Ermittlung von charakteristischen Strömungsparametern in verzweigten und unverzweigten Gerinnen mit dem Flachwassermodell. - *Ingenieurbiologie* 11 (2001) 4: 30-34.
- DEDUAL, M. (1990): Biologie et problèmes de dynamique de population du Nase (*Chondrostoma nasus nasus*) dans la Petite Sarine. - Thèse de doctorat Université de Fribourg: 168 S.
- PETER (1993): Gewässerschutz im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees, Teilbericht: Die Fischfauna der Fließgewässer - Datenübersicht und Interpretation. - Gutachten EAWAG im Auftrag der Umweltschutzämter der Kantone Luzern, Nidwalden, Obwalden, Schwyz und Uri: 327 S.
- EUROPARAT (1979): Übereinkommen über die Erhaltung der europäischen wildlebenden Pflanzen und Tiere und ihrer natürlichen Lebensräume. - Mitgliedstaaten des Europarats und die anderen Unterzeichner dieses Abkommens: 34 S.
- EUROPARAT (1987): Übereinkommen vom 19. September 1979 über die Erhaltung der europäischen wildlebenden Pflanzen und Tiere und ihrer natürlichen Lebensräume. Änderungen der Anhänge II und III des Übereinkommens. - Mitgliedstaaten des Europarats und die anderen Unterzeichner dieses Abkommens: 34 S.
- GUTHRUF, J. (1996): Populationsdynamik und Habitatwahl der Äsche (*Thymallus thymallus* L.) in drei verschiedenen Gewässern des schweizerischen Mittellandes. Dissertation EAWAG/ETH: 180 S.
- GUTHRUF, J. (1998): Abklärungen zur Optimierung eines Renaturierungsprojektes im Rhein bei Diesenhofen als Lebensraum für Äschenlarven unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses von Schiffswellen. - Gutachten Aquatica im Auftrag der Kraftwerk Schaffhausen AG: 29 S.
- GUTHRUF, J. (2001): Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung der Äsche (*Thymallus thymallus* L.) in der Luzerner Reuss. - Gutachten, Schlussbericht Aquatica im Auftrag der Fischerei- und Jagdverwaltung des Kantons Luzern: 45 S. + Anhang.
- GUTHRUF, J. (2002): Aare Hochwasserschutzkonzept 2000, fischereibiologisches Gutachten im Zusammenhang mit den Kiesentnahmen, Schlussbericht. - Gutachten Aquatica im Auftrag der Stadt Bern, Direktion für Planung, Verkehr und Tiefbau: 44 S. inkl. Anhang.
- GUTHRUF, J. (2004): Äschenlaichplätze Aare Thun, Planung der Ersatzmassnahmen, Begleitung der baulichen Realisierung, Erfolgskontrolle der Ersatzmassnahmen. - Gutachten Aquatica im Auftrag des Oberingenieurs Kreis I, Thun: 41 S.
- GUTHRUF, J. (2005): Koordinierte Fischaufstiegszählung am Hochrhein. - Zwischenbericht Aquatica im Auftrag der Internationalen Fischereikommission für den Hochrhein, des BUWAL, Sektion Fischerei (Leitung) und des Bundeslandes Baden-Württemberg (Regierungspräsidium Freiburg): 24 S. + 8 S. Anhang.
- GUTHRUF, J.; RIPPMANN, U.; VICENTINI, H. (2003): Reuss unterhalb Luzern, Auswirkungen von Abwässern auf Fischbestand und Fischerei, Schlussbericht. - Schlussbericht Aquatica, Rippmann und Vicentini im Auftrag der Fischerei- und Jagdverwaltung des Kantons Luzern, des Amtes für Umweltschutz des Kantons Luzern und der Perlen Papier AG: 86 S.
- GUTHRUF, J.; DÖNNI, W. (2004): Ökomorphologische Erhebung der Fließgewässer im Kanton Obwalden. - Gutachten Aquatica und AquaPlus im Auftrag des Regierungsrats des Kantons Obwalden: 23 S.
- HOLZER, G.; MÜLLER, R.; PETER, A.; SCHNEIDER, M. (2002): Fischereiliches Gutachten über die Aarebaggerung in Thun. - Gutachten EAWAG im Auftrag des Wasser- und Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern: 184 S.
- JAKOB, A.; LIECHTI, P.; SCHÄDLER, B. (1996): Temperatur in Schweizer Gewässern - Quo vadis? - Gas Wasser Abwasser **76**(4/96): 288-294.
- JUNGWIRTH, M. (1981): Auswirkungen von Fließgewässerregulierungen auf Fischbestände. - Gutachten BOKU im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Forschungsarbeiten Wasserwirtschaft und Wasserversorgung: 104 S.
- JUNGWIRTH, M. (1984): Auswirkungen von Fließgewässerregulierungen auf Fischbestände, II. - Gutachten BOKU im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Forschungsarbeiten Wasserwirtschaft und Wasserversorgung.: 188 S.
- KIRCHHOFER, A.; BREITENSTEIN, M.; GUTHRUF, J. (2002): Äschenpopulationen von nationaler Bedeutung. - Mitteilungen zur Fischerei **70**: 120 S.

- KIRCHHOFER, A.; ZAUGG, B.; PEDROLI, J.-C. (1994): Rote Listen der gefährdeten Fische und Rundmäuler der Schweiz. - Rote Liste, BUWAL: 35-37.
- MUGGLI, J. (1994): Markierungsexperiment mit fangreifen Forellen in der Reuss, Luzern 1987 und 1988. - Bericht Fischerei- und Jagdverwaltung des Kantons Luzern: 3 S.
- NAIKSATAM, A. S. (1974): Age and growth of the European grayling, *Thymallus thymallus* (Linnaeus 1758) (Osteichthyes: Thymallidae) from upper Vlatava River of Czechoslovakia. - Vest. Cs. Spol. Zool. **38**: 106-112.
- ROTH, H. (1985): Berechnung der Schäden bei Fischsterben in Fließgewässern. - BUWAL, Schriftenreihe Fischerei **44**: 3 - 40.
- SCHMUTZ, S.; MATULLA, C. (2004): Beurteilung der Auswirkungen möglicher Klimaänderungen auf die Fischfauna anhand ausgewählter Fließgewässer. - Gutachten Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement (IHG) und Institut für Meteorologie (BOKU-Met) im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: 47 S.
- VISCHER, D. (2000): Die Vorbilder der Juragewässerkorrektion in der Wasserbau-Geschichte. - Der Seebutz, Jubiläumsband 2000: 29 - 34; 53 - 56. www.seebutz.ch/images/DieVorbilder01.pdf; www.seebutz.ch/images/DieVorbilder00.pdf.
- ULMANN, P. (1993): Die räumliche Verteilung juveniler und adulter Nasen (*Chondrostoma nasus*, L.) in einem anthropogen beeinflussten Aare-Abschnitt bei Bern. - Lizentiat Universität Bern, Abteilung Synökologie: 55 S.
- ZAUNER, G.; PINKA, P.; UNFER, G.; SCHMUTZ, S.; JUNGWIRTH, M. (2000): Beurteilung flussbaulicher Massnahmen an der Oberen Drau in Hinblick auf die Verbesserung der ökologischen Funktionsfähigkeit, Teil Fischökologie. - Bericht Universität für Bodenkultur im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft; und des Wasserwirtschaftsamtes Spittal/Drau: 110-130.
- ZAUNER, G.; PINKA, P.; MOOG, O. (2001): Pilotstudie Oberes Donautal, Gewässerökologische Evaluierung neugeschaffener Schotterstrukturen im Stauwurzelbereich des Kraftwerks Aschach. - Bericht Universität für Bodenkultur im Auftrag der Wasserstrassendirektion: 131 S.