

# Äschenmonitoring Linthkanal

## Fortpflanzungserfolg nach Revitalisierung

### Empfehlungen für Schonbestimmungen



Schlussbericht, Dezember 2016

Auftraggeber: Amt für Natur, Jagd und Fischerei, Kanton SG, Fischereikommis-  
sion für den Zürichsee, Linthkanal und Walensee



Büro für Gewässerökologie  
und Wassertechnik

Dr. J. Guthruf, Dr. K. Guthruf-Seiler    Tel.: +41 31 781 49 40,  
Hängertstrasse 13 g, 3114 Wichtrach

## Impressum

- Autor:** Joachim Guthruf, Aquatica GmbH
- Fachliche Begleitung:** Michael Kugler, Amt für Natur, Jagd und Fischerei, Kanton SG  
Andreas Hertig, Amt für Landschaft und Natur, Fischerei- und Jagdverwaltung Kanton ZH  
Christoph Jäggi, Abteilung Jagd und Fischerei Kanton GL  
Kuno von Wattenwyl, Amt für Natur, Jagd und Fischerei Kanton SZ
- Auftraggeber:** Amt für Natur, Jagd und Fischerei, Kanton SG, Fischereikommission für den Zürichsee, Linthkanal und Walensee
- Zitiervorschlag:** GUTHRUF (2016): Äschenmonitoring Linthkanal, Fortpflanzungserfolg nach Revitalisierung, Empfehlungen für Schonbestimmungen. – Schlussbericht Aquatica, Auftrag: Amt für Natur, Jagd und Fischerei, Kanton SG, Fischereikommission für den Zürichsee, Linthkanal und Walensee: 54 S.

### Titelbild:

- oben: Aufweitung Henkelgiessen, Luftbild, <https://map.geo.admin.ch>
- Mitte links: Uferrevitalisierung rechtsufrig zwischen Benken und Grynau, Foto K. Guthruf
- unten links: Äschenlarven in der Uferrevitalisierung, Foto K. Guthruf
- unten rechts: Äschenlaichgruben in der Aufweitung Henkelgiessen, Foto J. Guthruf

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Inhaltsverzeichnis .....</b>                                                        | <b>2</b>  |
| <b>Dank.....</b>                                                                       | <b>4</b>  |
| <b>Zusammenfassung.....</b>                                                            | <b>5</b>  |
| <b>1. Einleitung.....</b>                                                              | <b>7</b>  |
| <b>2. Methodik .....</b>                                                               | <b>8</b>  |
| 2.1. Uferkartierung .....                                                              | 8         |
| 2.2. Substratkartierung.....                                                           | 8         |
| 2.3. Laichplatzkartierung .....                                                        | 8         |
| 2.3.1. Laichplatzflächen .....                                                         | 8         |
| 2.3.2. Eigenschaften von Laichgruben .....                                             | 9         |
| 2.4. Äschenlarvenkartierung.....                                                       | 9         |
| 2.5. Sonderfänge durch ausgewählte Angelfischer.....                                   | 9         |
| 2.5.1. Altersbestimmung .....                                                          | 10        |
| <b>3. Resultate.....</b>                                                               | <b>11</b> |
| 3.1. Angebot an geeignetem Substrat für laichende Äschen .....                         | 11        |
| 3.2. Äschenlaichplätze .....                                                           | 12        |
| 3.2.1. Fazit natürliche Fortpflanzung der Äsche.....                                   | 18        |
| 3.3. Äschenlarven-Bestand – Einfluss des Abflusses und der Uferstruktur.....           | 19        |
| 3.3.1. Kartierung 2013, Abfluss relativ hoch (122 m <sup>3</sup> /s) .....             | 20        |
| 3.3.2. Kartierung 2014: Abfluss gering (55 m <sup>3</sup> /s).....                     | 22        |
| 3.3.3. Kartierung 2015: Abfluss hoch (147 m <sup>3</sup> /s).....                      | 24        |
| 3.3.4. Fazit Äschenlarvenbestand .....                                                 | 26        |
| 3.4. Beschaffenheit der Ufer und Eignung als Larven- und Jungfischhabitat .....        | 27        |
| 3.4.1. Mauerwerk, N = 12 .....                                                         | 28        |
| 3.4.2. Blocksatz alt (bestehend), N = 32 .....                                         | 28        |
| 3.4.3. Blocksatz neu (entstanden bei Bauarbeiten 2011-2013), N = 4 .....               | 29        |
| 3.4.4. Bootshaaben, N = 2 .....                                                        | 29        |
| 3.4.5. Blockwurf, N = 2 .....                                                          | 30        |
| 3.4.6. Blocksatz mit Bühnen, N = 2 .....                                               | 30        |
| 3.4.7. Steinschüttung, N = 2 .....                                                     | 31        |
| 3.4.8. Blocksatz wellenförmig, N = 1 .....                                             | 31        |
| 3.4.9. Kiesschüttung mit Bühnen, N = 18 .....                                          | 32        |
| 3.4.10. Blocksatz mit vorgelagertem Schilf, N = 9 .....                                | 32        |
| 3.4.11. Naturufer mit Bühnen, N = 2 .....                                              | 33        |
| 3.4.12. Naturufer mit Blockwurf, N = 10 .....                                          | 33        |
| 3.4.13. Naturnahes Flachufer, in Buchten gegliedert, N = 44 .....                      | 34        |
| 3.4.14. Naturnahes Flachufer, in mehrere Arme gegliedert (Henkelgiessen), N = 11 ..... | 34        |
| 3.5. Die Äschenpopulation im Linthkanal.....                                           | 35        |
| 3.5.1. Äschenertrag gemäss Fangstatistik .....                                         | 35        |
| 3.5.2. Längenverteilung der Äschen.....                                                | 35        |
| 3.5.3. Wachstum.....                                                                   | 37        |
| 3.5.4. Fazit Altersaufbau.....                                                         | 39        |
| 3.6. Fangerfolg (“catch per unit effort”) und Prädationsdruck.....                     | 40        |
| 3.6.1. Fangerfolg.....                                                                 | 40        |
| 3.6.2. Häufigkeit von Prädatoren (Kormorane und Gänsesäger) während Fangsaison .....   | 40        |
| 3.6.3. Häufigkeit von Äschen mit Verletzungen durch fischfressende Vögel .....         | 41        |
| 3.6.4. Häufigkeit von Prädatoren ausserhalb der Fangsaison .....                       | 42        |
| 3.7. Laichreife und Fangmindestmass.....                                               | 43        |

|                                                                    |           |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.7.1. Situation in den Jahren 1998 - 2002 .....                   | 43        |
| 3.7.2. Situation heute.....                                        | 44        |
| <b>4. Bewirtschaftungsvorschläge .....</b>                         | <b>45</b> |
| 4.1. Zustand während der Jahrtausendwende.....                     | 45        |
| 4.1.1. Besatz.....                                                 | 45        |
| 4.1.2. Im Jahr 2002 geltende Schonbestimmungen.....                | 46        |
| 4.2. Veränderung seit dem Jahr 2002 .....                          | 46        |
| 4.3. Empfehlungen für die künftige Bewirtschaftung der Äsche ..... | 47        |
| 4.3.1. Besatz.....                                                 | 47        |
| 4.3.2. Schonbestimmungen.....                                      | 47        |
| 4.4. Prädatoren .....                                              | 50        |
| <b>5. Ausblick.....</b>                                            | <b>51</b> |
| 5.1. Uferstrukturen .....                                          | 51        |
| 5.2. Geschiebezugabe .....                                         | 51        |
| 5.3. Weiterführung des Äschenmonitorings.....                      | 52        |
| <b>6. Literaturverzeichnis.....</b>                                | <b>53</b> |

## Dank

Meinen herzlichen Dank möchte ich an Michael Kugler für die Leitung des Projekts richten. Bei den Instruktionen der für die Sonderfänge verantwortlichen Fischer unterstützte er mich so tatkräftig wie bei der Durchführung der Felduntersuchungen und der Suche von Helfern für die personalaufwändigen Arbeiten. Seine zahlreichen guten Ideen halfen beim Auswerten und Verfassen des Berichts ebenso wie wichtige Informationen und die zur Verfügung gestellten Daten und Literatur. Dies alles und die interessanten Fachgespräche führten zu einer sehr angenehmen Arbeitsatmosphäre während des gesamten mehrjährigen Projekts.

Kurt Keller danke ich herzlich für die zahlreichen und sehr angenehmen gemeinsamen Arbeitstage, für die hilfreichen Fachgespräche und die grosse Unterstützung mit seinen Orts- und Gewässerkenntnissen sowie die sichere Navigation des Boots durch Untiefen und Stromschnellen. Dank seiner gewissenhaften Vorbereitung der Felduntersuchungen und zahlreichen Beobachtungen vor Ort konnten wir die Laichplatzkartierungen in allen drei Jahren zum optimalen Zeitpunkt durchführen.

Claudia Friedl, Katrin Guthruf, Christoph Mehr, Andreas Zbinden und Marcel Zottele danke ich vielmals für die tatkräftige und gewissenhafte Unterstützung bei verschiedenen Feldarbeiten und für das angenehme Arbeitsklima.

Für die Äschenlarvenkartierungen waren noch weitere zusätzliche Helfer im Einsatz. Für die präzisen Aufnahmen während jeweils eines ganzen Feldtages danke ich folgenden Personen: Christoph Birrer, Susanne Felder, René Grolimund, Franz Inglin, Joseph Kälin, Kurt Keller, Michael Kugler, Melchior Laager, Hans Menzi, Franziska Perl, Nadine Remund, Jörg Schweizer, Peter Städler und Roger Staub.

Ohne die Sonderfänge durch Angelfischer wären das Wachstum und der Altersaufbau der Äschenpopulation im Dunkeln geblieben. Für die Sonderfänge und die Registrierung der Länge und zahlreicher weiterer Daten sowie der Entnahme von Schuppenproben an insgesamt 840 Äschen danke ich ganz herzlich den Linthkanal-Fischern Pascal Bader, André Blanc, Markus Blatter, Arthur Carabelli, Cosimo Dellomonaco, Bruno Denzler, Michael Fiechter, René Grolimund, Armin Hauser, Bruno Hediger, Martin Heussi, Rudolf Hösli, Marcel Keller, Melchior Laager, Hans Menzi, Walter Rieder, Roger Staub, Georg Steiner, Tobias Stocker, Eugen Wettstein und Balthasar Zopfi.

Andreas Hertig, Christoph Jäggi und Andreas Zbinden danke ich herzlich für Ihre fachliche Unterstützung bei der Planung und den Auswertungen.

Andreas Hertig danke ich besonders für die Eichung der Altersbestimmung an schwierig zu bestimmenden Äschenschuppen sowie für die zur Verfügung gestellten Fangzahlen und Längenverteilungen aus der regulären Äschen-Fangstatistik, sowie Wachstumsdaten aus den Jahren 1998 – 2002.

## Zusammenfassung

In den Jahren 1998 bis 2002 wurde die Äschenpopulation des Linthkanals im Rahmen einer Dissertation umfassend untersucht. Seither brachte das Projekt Hochwasserschutz Linth 2000 diverse Revitalisierungen, darunter eine Aufweitung und mehrere Uferrevitalisierungen.

Durch diese Veränderungen können sich die Fortpflanzungsbedingungen für die Äschenpopulation massgeblich verändern. Das Büro Aquatica wurde beauftragt, die Auswirkungen der Revitalisierung auf das Angebot an Laichplätzen und Larvenhabitaten zu untersuchen. Weiter war abzuklären, ob sich die Altersverteilung und das Wachstum der Äschen seit 2002 verändert haben. Darauf basierend waren Bewirtschaftungsempfehlungen abzugeben.

Das Sohlensubstrat des Linthkanals ist stellenweise als Laichsubstrat für Äschen geeignet, insbesondere an den Gleituffern der wenigen Flussbiegungen, in der Revitalisierung Henkelgiessen und dem Abschnitt unterhalb Grynau. Dazwischen befinden sich teilweise sehr lange Strecken mit ungeeignetem Substrat.

Das verfügbare Substrat wurde grösstenteils als Laichhabitat genutzt, mit Ausnahme der Strecke flussabwärts von Grynau, wo die Korngrösse ideal war, aber das Wasser vermutlich zu langsam floss. Die Fläche der Laichplätze erreichte lediglich 2.6% der Sohlenfläche des Linthkanals, was das begrenzte Laichplatzangebot unterstreicht. Obwohl die Revitalisierung Henkelgiessen nur 3% der Streckenlänge des Linthkanals ausmacht, befanden sich dort 32% der Laichplatzfläche. Betrachtet man nur die Laichplätze mit hoher Laichgrubendichte, so befinden sich sogar 56% der Gesamtfläche im Henkelgiessen. Die Korngrösse und Fliessgeschwindigkeit des Laichplatzes Henkelgiessen ist optimal für laichende Äschen. Im Gegensatz dazu waren die Uferrevitalisierungen nicht geeignet als Laichhabitat für Äschen.

Äschenlarven sind 15 mm lang und schwimmen an Ort gegen die Strömung an, die sie mit Nahrung versorgt. Ist die Strömung zu stark ( $> 10$  cm/s), werden sie mitgerissen. Äschenlarven sind deshalb auf strömungsberuhigte Zonen angewiesen und benötigen zudem seichtes Wasser, das ihnen Schutz vor Fressfeinden bietet. Uferverbauungen wie Mauerwerk und Blocksatz sind hingegen durch grosse Tiefe und starke Strömung bis unmittelbar ans Ufer charakterisiert. Der "Flaschenhals" für Äschenlarven lag früher bei geringen Abflüssen, wenn das Wasser an die harten Verbauungen reichte. Wenn hingegen der Pegel das grasbewachsene Vorland erreichte, fanden die Äschenlarven zwischen den Gräsern geeigneten Lebensraum. Die Revitalisierungen (Aufweitung wie auch Uferrevitalisierungen) dienen insbesondere bei geringem Abfluss als optimale Larvenhabitate: auf 23% der Uferlänge lebten im Jahr 2014 71% des Äschenlarvenbestandes. Der Äschenlarvenbestand bei geringem Abfluss war rund  $1\frac{1}{2}$  so gross wie der höchste zwischen 1989 und 2002 registrierte Wert. Somit trugen die Revitalisierungen sehr stark zur Entschärfung des "Flaschenhalses" bei. Der Stellenwert der natürlichen Fortpflanzung ist mit den Revitalisierungen gestiegen. Dem ist bei der Bewirtschaftung der Äsche Rechnung zu tragen.

Das durchschnittliche Wachstum der Äschen hat seit 2002 abgenommen. Dieser Rückgang ist aber mit 2 – 8 mm nur gering und nicht bei allen Altersklassen statistisch signifikant.

Weiter ist der Prozentanteil grosser Äschen an den Fängen durch Angelfischer zurückgegangen. Ebenso sind alte Äschen in den Sonderfängen seltener geworden als 2002. Dies spricht dafür, dass der Verlust an Äschen durch Befischung und Prädation gemessen am nachwachsenden Bestand grösser geworden ist. Im Unterschied zu der Aare BE, wo die alten Äschen im Laufe des Fangmatoriums zunahm, blieb eine solche Zunahme im Linthkanal aus. Auch die Zahl der Fischereipatente hat nicht zugenommen. Der Rückgang an grossen Äschen muss folglich andere Ursachen haben.

Das Angebot an geeigneten Laichplätzen hat durch die Revitalisierung im Henkelgiessen markant zugenommen. Über den ganzen Linthkanal betrachtet, ist das Laichplatzangebot aber nach wie vor sehr limitiert. Durch die Schaffung weiterer Aufweitungen und Geschiebezufuhr liesse sich das Angebot an geeigneten Laichplätzen stark erhöhen.

Die Beobachtungen im Henkelgiessen zeigten, dass Kormorane einen sehr hohen Druck auf die in der Renaturierung konzentrierte Laichpopulation ausübten. Kurzfristig ist ein Prädatorenmanagement ins Auge zu fassen, welches insbesondere während der Laichzeit auf den grossen Laichplätzen wirksam ist. Mittel- bis langfristig sind neue Laichplätze zu schaffen, um den Druck vom Henkelgiessen zu nehmen.

Erstlaicher sind durch das bestehende Fangmindestmass von 32 cm nicht geschützt und rasch wachsende Äschen werden ein Jahr früher herausgefangen als langsam wachsende. Um einen Schutz der Erstlaicher zu gewährleisten und die Längenselektion zu minimieren, müsste das Fangmindestmass auf 36 cm erhöht werden. Weiter wird empfohlen, die bestehenden Schongebiete beizubehalten. Da die schonende Wirkung der Fangzahlbeschränkung sehr unsicher und begrenzt ist, wird die Festlegung dem Bewirtschafter überlassen. Die Schonzeit genügt den gesetzlichen Vorgaben. Ob im Januar weiterhin gefischt werden darf, soll der Bewirtschafter festlegen.

## 1. Einleitung

Der Linthkanal ist ein Äschen-Gewässer von nationaler Bedeutung (KIRCHHOFER et al. 2002), welches im Rahmen einer Dissertation umfassend untersucht wurde (HERTIG 2006). Dabei wurde festgestellt, dass das Angebot an Larvenhabitaten bestandeslimitierend ist und dass nur in Jahren mit hohem Abfluss, wenn der Pegel bis ins Vorland reicht, ein substanzielles Jungäschenaufkommen möglich ist. Diese Habitatlimitierung war massgebend für das Management der Äschenpopulation. Das Fangmindestmass konnte sehr tief angesetzt werden, da der Einfluss der Fischerei auf den Äschenbestand damals nur gering war, wie die im Vergleich zu anderen Schweizer Populationen hohen Anteile alter Äschen zeigten.

Das neue Hochwasserschutzprojekt brachte der Äschenpopulation des Linthkanals grundlegende Veränderungen, wurde doch rund 10 km Uferlänge in Flachwasserzonen umgewandelt, welche sich erfahrungsgemäss viel besser als Habitat für Äschenlarven eignen als die ursprünglich harten Verbauungen aus Blocksatz. Damit sind die Aussichten sehr positiv, dass der limitierende Faktor massiv abgeschwächt wird oder möglicherweise ganz wegfällt. Dies kann Folgen für die Bewirtschaftung der Äsche haben.

Um die Äschenpopulation entsprechend ihren neuen ökologischen Voraussetzungen optimal zu bewirtschaften, muss der aktuelle ökologische Status bekannt sein. Folgende Fragen müssen dabei beantwortet werden:

- Werden die neuen Strukturen von den Äschenlarven angenommen?
- Wie schneiden sie im Vergleich mit den unveränderten verbauten Ufern ab?
- Wie gross ist der Bestand junger Äschen im Vergleich zu früher?
- Können im Linthkanal Äschenlaichplätze lokalisiert werden?
- Gibt es Anzeichen für eine Limitierung der Population durch Laichhabitate?

Daneben spielen aber auch der Bestandaufbau und das Wachstum der Population eine entscheidende Rolle:

- Hat sich das Wachstum seit der 1998-2002 (HERTIG 2006) verändert?
- Ist der Anteil alter Äschen nach wie vor hoch, gelangen viele Tiere zum Ablachen?
- Ist der Befischungsdruck nach wie vor gering (Angelverletzungen, Altersaufbau)?
- Gibt es Anhaltspunkte über den Prädationsdruck (Verletzungsquote, Beobachtungen)?

Die Ergebnisse der Untersuchungen sollten auch Anhaltspunkte liefern, ob das geltende Fangmindestmass von 32 cm immer noch vertretbar ist oder ob eine Erhöhung bzw. Senkung notwendig ist. Auch sind Angaben erwünscht, ob die geltende Schonzeit dem Lebenszyklus der Population entspricht und wie gross die Erfolgsaussichten der Reduktion der Fangzahlbeschränkung von 6 auf 4 Äschen und der Errichtung eines ca. 800 m langen Schongebiets sind.



## 2. Methodik

### 2.1. Uferkartierung

Bei niedrigem Abfluss von 35.9 m<sup>3</sup>/s, bei dem alle Uferverbauungen und Kiesschüttungen sichtbar waren, wurden beide Ufer des Linthkanals kartiert, indem das obere und das untere Ende und das untere Ende jedes Ufertyps mit dem GPS eingemessen wurden.

Folgende Ufertypen wurden unterschieden:

|                         |                                 |
|-------------------------|---------------------------------|
| Mauerwerk               | Blocksatz mit Buhnen            |
| Blocksatz alt           | Steinschüttung                  |
| Blocksatz mit Schilf    | Bootshaaben                     |
| Naturufer mit Buhnen    | Blocksatz wellenförmig          |
| Naturufer mit Blockwurf | Kiesschüttung mit Buhnen        |
| Blockwurf               | Naturnahes Flachufer, Buchten   |
| Blocksatz neu           | Naturnahes Flachufer, mehrarmig |

Zur Vereinfachung wurden diese Ufertypen in folgende Typen zusammengefasst:

|                                      |                      |
|--------------------------------------|----------------------|
| Mauerwerk                            | Bootshaab            |
| Blocksatz                            | Blocksatz mit Schilf |
| Blockwurf / strukturierter Blocksatz | Naturufer            |
| Steinschüttung steil                 |                      |

### 2.2. Substratkartierung

Vom in der Mitte des Linthkanals treibenden Boot aus wurde mit Hilfe eines Hydroskops (Rako-Kiste mit Acrylglasboden) die Substratzusammensetzung aufgenommen, indem die Prozentanteile folgender Korngrößen geschätzt wurden:

- gröberes Material ..... > 64 mm
- Schotter ..... 32.1 – 64 mm
- feine Schotter ..... 16.1-32 mm
- Kies ..... 8.1 – 16 mm
- Feinkies ..... 2.1 – 8 mm
- Sand/Schlamm ..... < 2 mm

Die Prozentanteile der grau hinterlegten Korngrößen, die von laichenden Äschen bevorzugt werden, wurden aufsummiert und als "geeignetes Laichsubstrat" zusammengefasst. Am 10.4.2013 (20.8 m<sup>3</sup>/s) wurde die Strecke zwischen dem Ausfluss aus dem Walensee und Grynau kartiert. Wassertrübungen auf Grund einer Baustelle verhinderten die Kartierung bis in den Obersee. Am 25.03.2015 (32.4 m<sup>3</sup>/s) wurde die Strecke zwischen Grynau und dem Obersee kartiert.

### 2.3. Laichplatzkartierung

#### 2.3.1. Laichplatzflächen

Der Linthkanal wurde vom Ausfluss aus dem Walensee in Weesen bis hinunter in den Zürichsee-Obersee vom Boot aus mit Hilfe eines Hydroskops auf Äschenlaichgruben abgesehen. Dabei wurden im Abstand von jeweils 10 m Transekte gefahren. Sties man dabei auf Laichgruben, wurde das Gebiet in näher beieinanderliegenden Transekten befahren und der Umriss des Laichplatzes mit GPS eingemessen. Falls Laichplätze bis in den seichten Uferbereich reichten (Ausfluss aus dem Walensee, Maagmündung, Rautibachmündung, Henkelgessen, Grynau), wurde die uferseitige Grenze wattend vom Ufer aus kartiert.

Am 2.4.2013 (24.3 m<sup>3</sup>/s) wurde die Strecke zwischen dem Seeausfluss in Weesen und der Rautibachmündung kartiert. Am 27.3.2014 (33.8 m<sup>3</sup>/s) wurde diese Strecke erneut kartiert, um Unterschiede von Jahr zu Jahr zu erkennen. Am 1.4.2014 (31.1 m<sup>3</sup>/s) folgte die Kartierung der Strecke zwischen Rautibachmündung und Giessen bei Benken. Am 25.03.2015 (32.4 m<sup>3</sup>/s) wurde die Strecke zwischen Giessen bei Benken und der Mündung in den Zürichsee-Obersee kartiert.

### 2.3.2. Eigenschaften von Laichgruben

An ausgewählten Laichgruben wurden folgende Parameter aufgenommen bzw. gemessen:

- Wassertiefe
- Fliessgeschwindigkeit an der Wasseroberfläche
- Fliessgeschwindigkeit 2 cm über dem Grund
- Substratzusammensetzung (siehe Kapitel 2.2).

### 2.4. Äschenlarvenkartierung

In drei aufeinanderfolgenden Jahren (2013 – 2015) wurden Äschenlarvenkartierungen durchgeführt. Auf Grund von Laichaktivität-Beobachtungen und Tagesgradberechnungen wurde der optimale Zeitpunkt für eine Kartierung, der Zeitpunkt mit der höchsten Äschenlarvendichte, abgeschätzt. Der Fischereiaufseher Kurt Keller verifizierte die Berechnungen durch Beobachtungen am Linthkanal.

Die Kartierung konnte unter normalen Bedingungen jeweils an einem Tag abgeschlossen werden. Dabei kartierten 10 Personen insgesamt 150 Strecken à 20 m Länge (Total 3'000 m). In allen drei Jahren wurden die identischen Strecken kartiert, welche anhand der Markierungstafeln bzw. Pfosten der Linth-Vermessung präzise eingemessen wurden. In einer Eichkartierung wurden allen Kartierenden das Aussehen der Äschenlarven sowie deren Unterscheidung von Bachforellen und juvenilen Cypriniden gezeigt, sowie Tipps für das Vorgehen bei der Kartierung vermittelt. Bei der gemeinsamen Kartierung ein und derselben Strecke wurden Differenzen zwischen den einzelnen Kartierenden ausgeräumt.

### 2.5. Sonderfänge durch ausgewählte Angelfischer

Die Fischereivereine rekrutierten 19 Angelfischer, welche vom Konkordat Linthkanal Sonderbewilligungen ausgestellt erhielten, mit denen sie die Äschen messen und ihnen Schuppen zur Altersbestimmung entnehmen durften.

Kurz vor Beginn der Sonderfänge wurden alle 19 Fischer instruiert und erhielten ihre Unterlagen (Sonderbewilligung, Fischmass, Pinzette für Schuppenentnahme, Minigrip-Beutel für Schuppenproben, Anleitung, Protokolle).

Untermassige Äschen sowie Tiere, welche nach Erreichen der Tagesfangzahl gefangen wurden, mussten wieder freigelassen werden. Äschen, die das Fangmindestmass erreicht hatten, durften im Rahmen der erlaubten Fangzahl entnommen werden. Diese Sonderfänge erfolgten in drei aufeinander folgenden Fangsaisons (2012/13; 2013/14; 2014/15) und waren auf die Monate Oktober bis Januar des Folgejahres begrenzt.

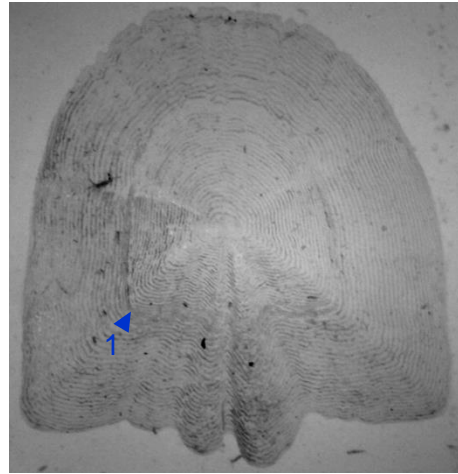
Jede gelandete Äsche (massige und untermassige) wurde auf 0.5 cm genau gemessen und auf Verletzungen durch fischfressende Vögel kontrolliert. Zur Altersbestimmung wurden Schuppen entnommen und umgehend per Post an den Leiter der Untersuchung geschickt. Zur Berechnung des Fangerfolgs ("catch per unit effort") wurde die am Gewässer verbrachte Zeit, sowie die Anfangs- und Endzeit notiert. An jedem Fangtag wurde zudem die Zahl der beobachteten Kormorane und Gänsesäger nach Aktivitätsmuster getrennt (fliegend, jagend, ruhend) protokolliert.

### 2.5.1. Altersbestimmung

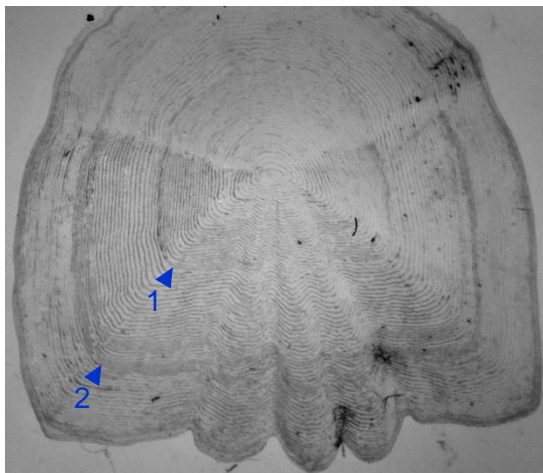
An den meisten in den Sonderfängen gefangenen Äschen wurden Altersbestimmungen durchgeführt. Ausnahme bildeten ein Teil der 0<sup>+</sup>-Äschen, die in den Jahren 2012/13 und 2013/14 gefangen wurden. Im Rahmen der Sonderfänge wurden pro Äsche 4 – 5 Schuppen zwischen Rückenflosse und Fettflosse entnommen. Um die Wahrscheinlichkeit von Regeneraten gering zu halten, wurde die genaue Stelle der Schuppenproben in den Fangjahren variiert (1 bzw. 2 Reihen unterhalb der Seitenlinie). Das Alter der Äschen wurde anhand der Jahrringe (Annuli) bestimmt (siehe Abb. 1). Mit Hilfe von Längenrückberechnung wurden die Jahresendlängen der zurückliegenden Jahre ermittelt.



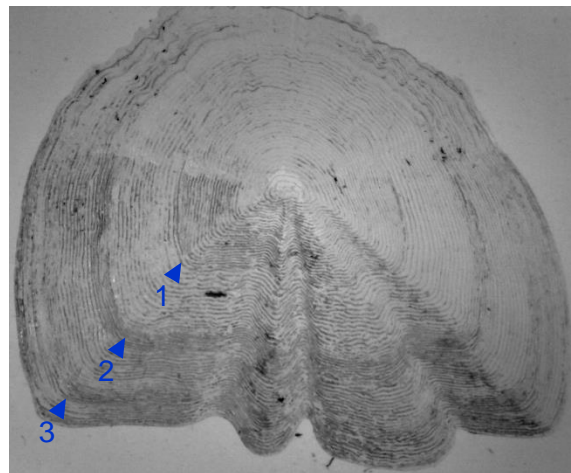
0<sup>+</sup>-Äsche (09.10.2014)



1<sup>+</sup>-Äsche (13.11.2013)



2<sup>+</sup>-Äsche (09.10.2014)



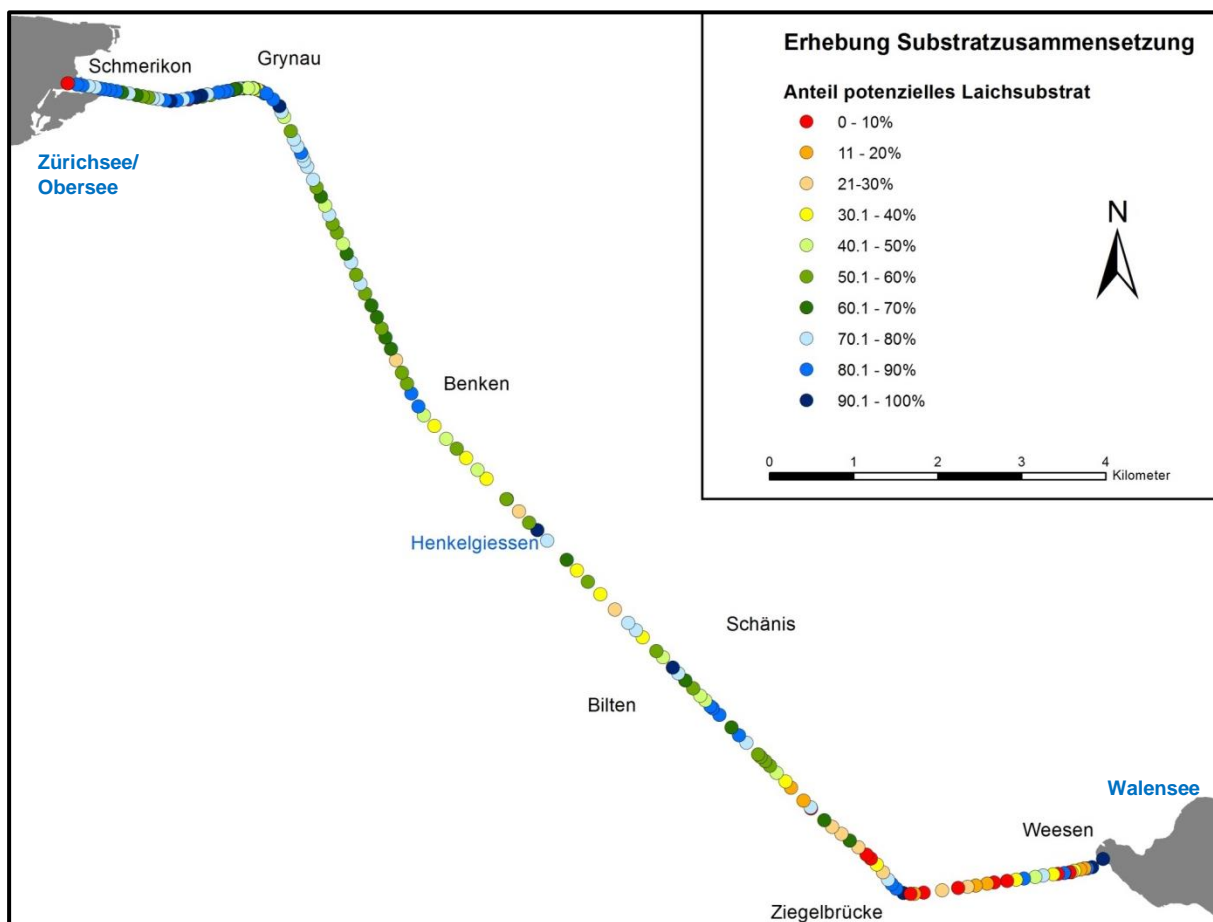
3<sup>+</sup>-Äsche (13.11.2013)

**Abb. 1 Schuppen von Linthkanal-Äschen im Alter von 0<sup>+</sup> bis 3<sup>+</sup>. Sonderfänge von Angelfischern. In Klammern: Fangdatum. Blaue Dreiecke: Jahrringe (Annuli).**

### 3. Resultate

#### 3.1. Angebot an geeignetem Substrat für laichende Äschen

Die Zusammensetzung des Substrats des Linthkanals variiert im Verlauf des Gewässers sehr stark: Zwischen dem Walensee und der Stromschnelle zwischen Ziegelbrücke und Schänis ist das Substrat mehrheitlich ungeeignet für laichende Äschen: Oberhalb von Ziegelbrücke sind dafür primär Feinsedimente (Sand/Schlamm) oder grossflächige Besiedlung mit der Zebrauschel (*Dreissena polymorpha*) verantwortlich. Unterhalb von Ziegelbrücke steigt das Gefälle, und das Substrat ist zu grob für die Fortpflanzung der Äsche. Zwischen der Stromschnelle und oberhalb von Grynau folgt eine Strecke mit mehrheitlich wenig bis ungeeignetem Substrat. Innerhalb sowie ausserhalb dieser Strecke waren die Spots mit geeignetem Substrat häufig auf der Innenseite von Flussbiegungen gelegen (Ausmündung aus dem Walensee, Ziegelbrücke, Benken, Grynau). Auch die Aufweitung im Henkelgiessen fällt durch sehr geeignetes Laichsubstrat für Äschen auf (Abb. 2). Daneben finden sich mehrere Flächen mit geeignetem Laichsubstrat im Raum Schänis. Sehr grosse Flächen mit gutem Laichsubstrat für Äschen befanden sich im Teilabschnitt, der oberhalb von Grynau begann und bis hinunter zur Mündung in den Obersee reichte (Abb. 2). Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass das Gefälle des Kanals - und damit die Fliessgeschwindigkeit abnehmen und sich Mittel- bis Feinkies ablagern kann.



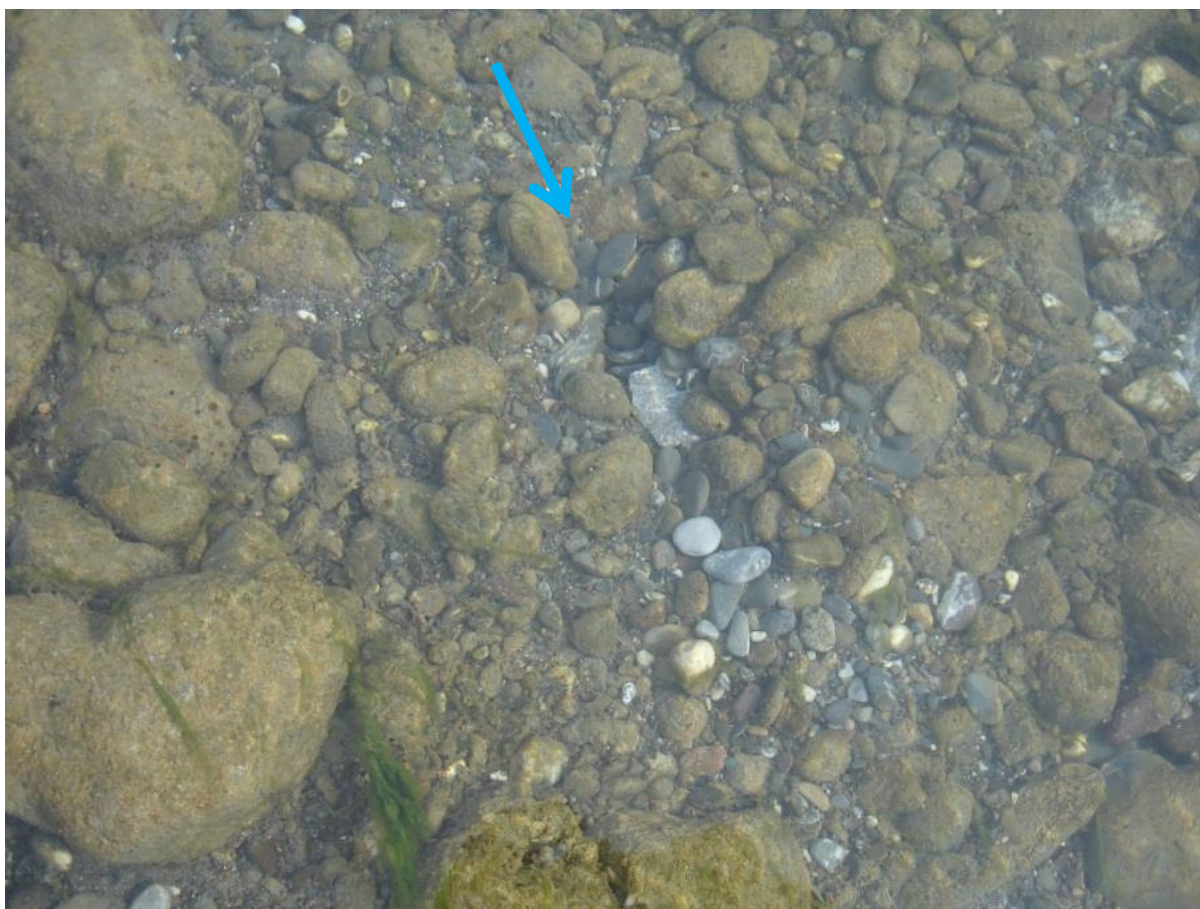
**Abb. 2** Ergebnisse der Substratkartierung im Linthkanal vom treibenden Boot aus. Erhebung am 10. April 2013 (Weesen bis Benken) und am 25. März 2015 (Benken bis Mündung in den Obersee). Anteil an Laichsubstrat für Äschen (Kies bis Feinkies, Korndurchmesser 2 – 63 mm).

### 3.2. Äschenlaichplätze

Die Laichplatzkartierung bestätigt, dass die meisten Flächen mit geeignetem Sohlensubstrat (Abb. 3) effektiv als Laichhabitate genutzt wurden, so die Flussbiegungen bei der Ausmündung aus dem Walensee, bei Ziegelbrücke, Benken, Grynau, aber auch die Aufweitung im Henkelgiessen (siehe Abb. 4 - Abb. 7). Sowohl in der Aare zwischen Thun und Bern (GUTHRUF 2008) als auch in der Reuss (GUTHRUF 1999, GUTHRUF & GUTHRUF 2012) konzentrierten sich die Äschenlaichplätze im Bereich von Flussbiegungen sowie dem Wechsel von Aufweitungen und Verengungen.

Dazwischen befinden sich lange Strecken ohne einen einzigen Laichplatz, insbesondere in den langen begradigten Strecken zwischen Weesen und Ziegelbrücke, und zwischen Benken und Grynau (siehe Abb. 4 - Abb. 7). Innerhalb der langen Uferrevitalisierung zwischen Benken und Grynau konnte kein einziger Äschenlaichplatz gefunden werden (Abb. 6). Diese Feststellung belegt, dass die Uferrevitalisierungen trotz der Kiesschüttungen nicht als Laichplatz genutzt wurden. Abgesehen vom schmalen Uferstreifen war das Sohlensubstrat zu grob und zu stark kolmatiert für laichende Äschen. Letzteres war an dem starken Bewuchs der Sohle mit Moosen erkennbar.

Im Gegensatz dazu wurden in der Aufweitung im Henkelgiessen total 6 Äschenlaichplätze gefunden, 5 davon mit hoher Laichgrubendichte (Abb. 5). Insbesondere der oberste dieser Laichplätze wies eine sehr grosse Flächenausdehnung auf. Dies hat zur Folge, dass die Fläche der Laichplätze im Henkelgiessen rund einen Drittel der gesamten Laichplatzfläche des Linthkanals beträgt, obwohl die 580 m lange Aufweitung lediglich 3% des gesamten Linthkanals ausmacht. Berücksichtigt man nur die Laichplätze mit hoher Laichgrubendichte, so befindet sich über die Hälfte deren Fläche innerhalb der Aufweitung im Henkelgiessen (Tab. 1).



**Abb. 3** Äschen-Laichgrube aus dem Linthkanal, Henkelgiessen. Pfeil = Fliessrichtung.

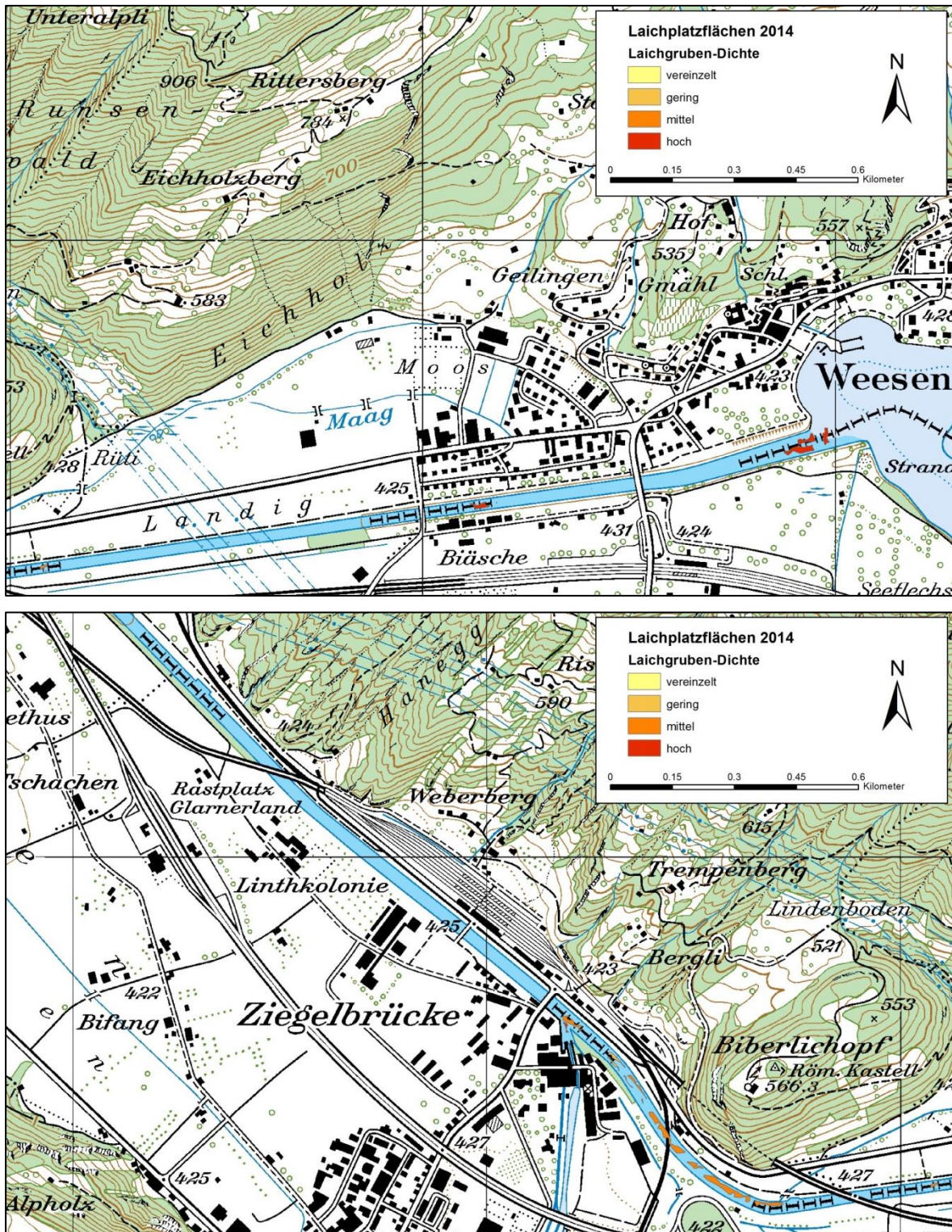


Abb. 4 Äschenlaichplätze im Linthkanal im April 2014 zwischen Weesen und Landig (oben) und zwischen Landig und Linthkolonie (unten). Die Laichplätze werden farblich nach ihrer Laichgrubendichte unterschieden.

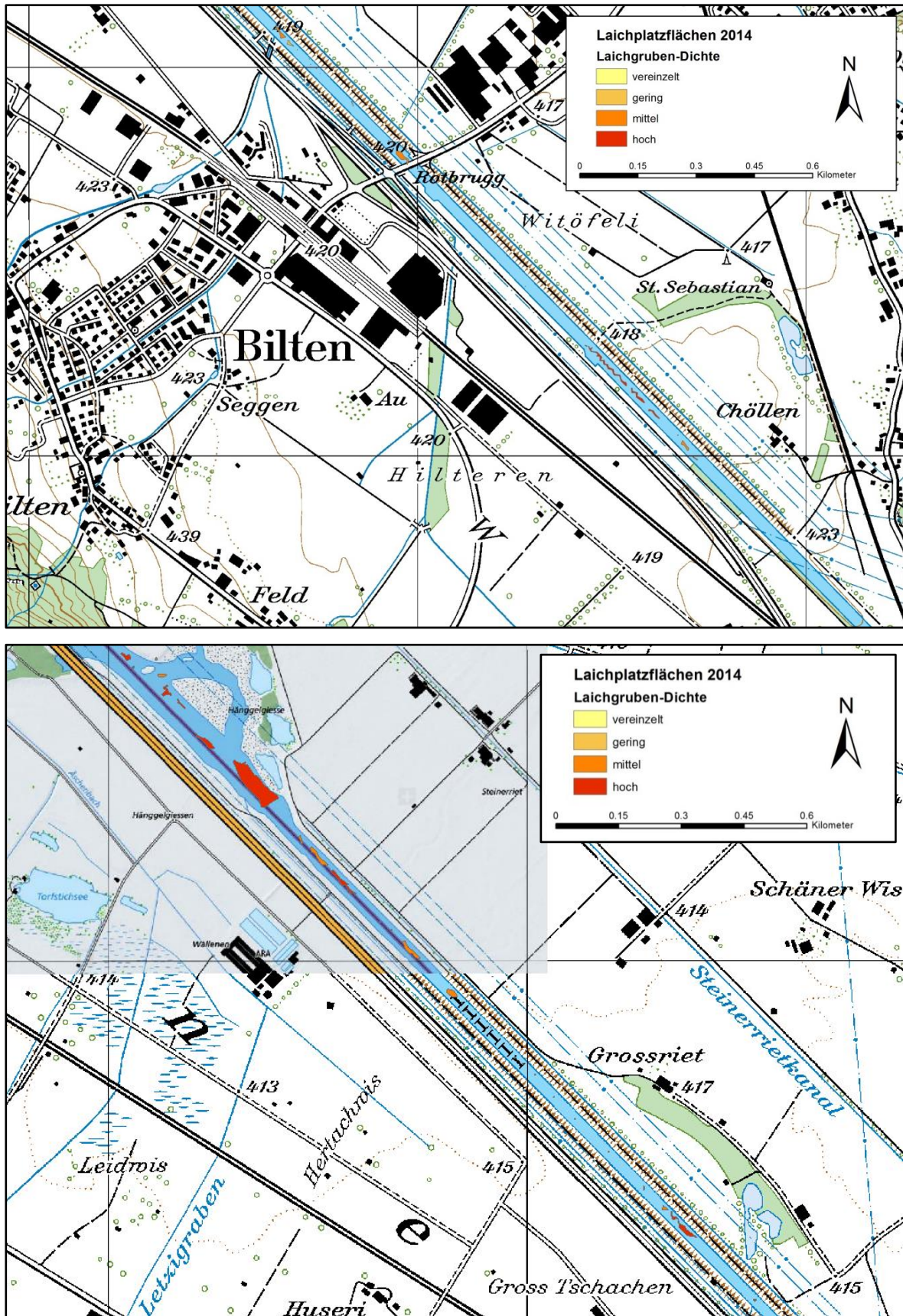
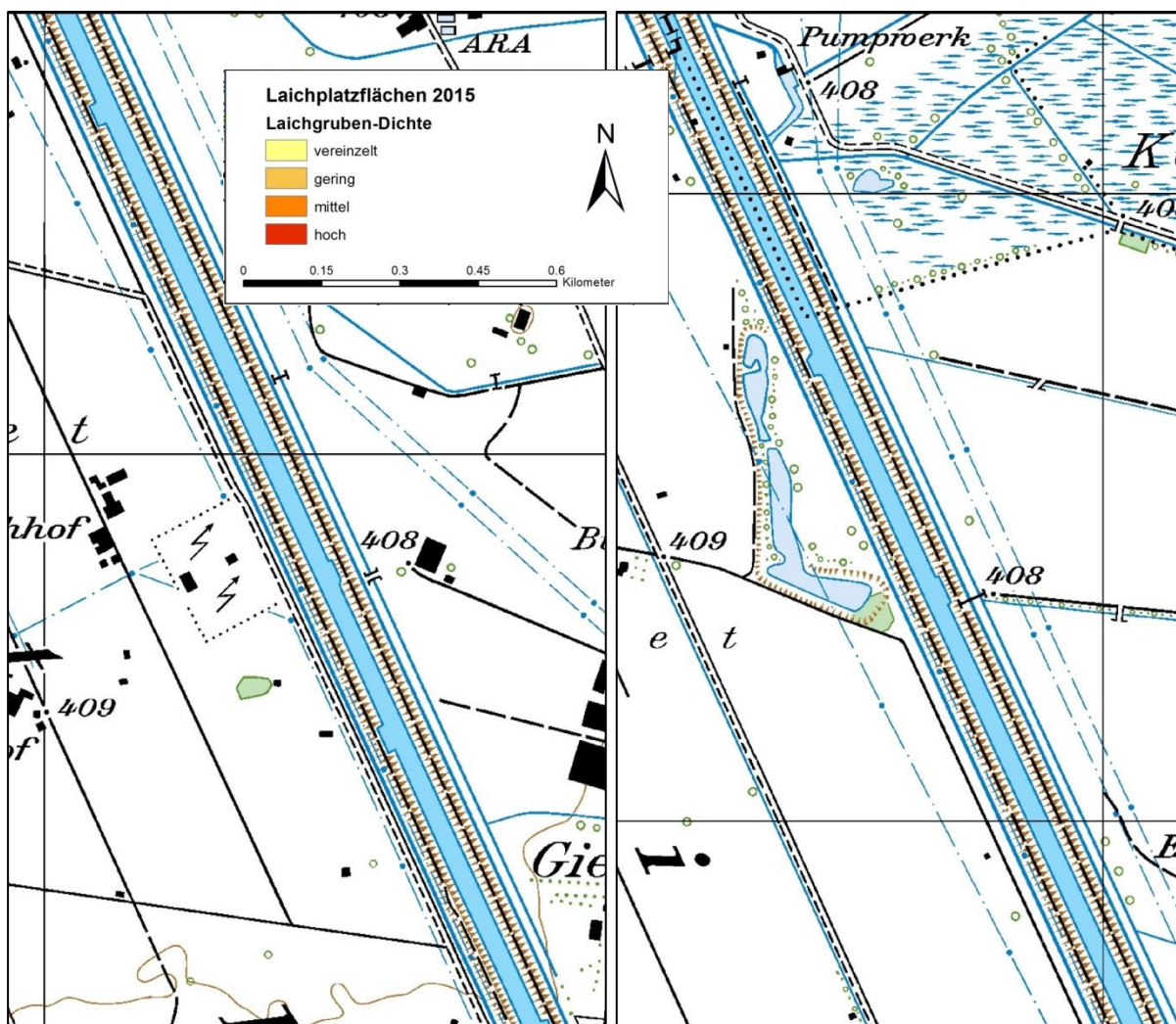


Abb. 5 Äschenlaichplätze im Linthkanal im April 2014 zwischen Linthkolonie und Mündung des Biltnerbaches (oben) und zwischen der Mündung des Biltnerbaches und dem Henkelgiessen (unten). Die Laichplätze werden farblich nach ihrer Laichgrubendichte unterschieden.



**Abb. 6** Äschenlaichplätze im Linthkanal im April 2015 zwischen Giessen Benken (Bootshaab) und Mündung ARA Benken (linker Kartenausschnitt) und zwischen Ellbogen und der Kantonsgrenze GL/SZ oberhalb Grynau (rechter Kartenausschnitt).



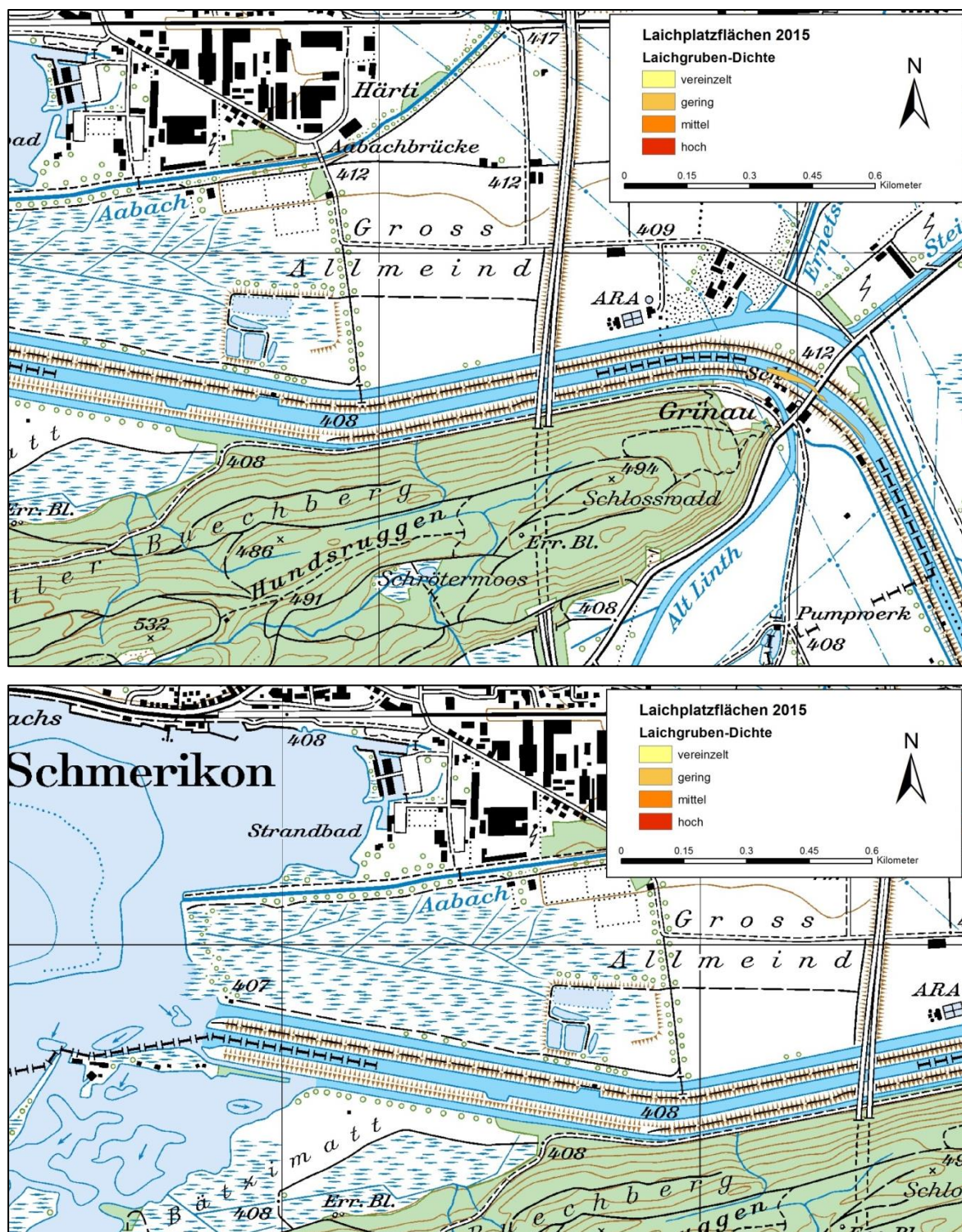


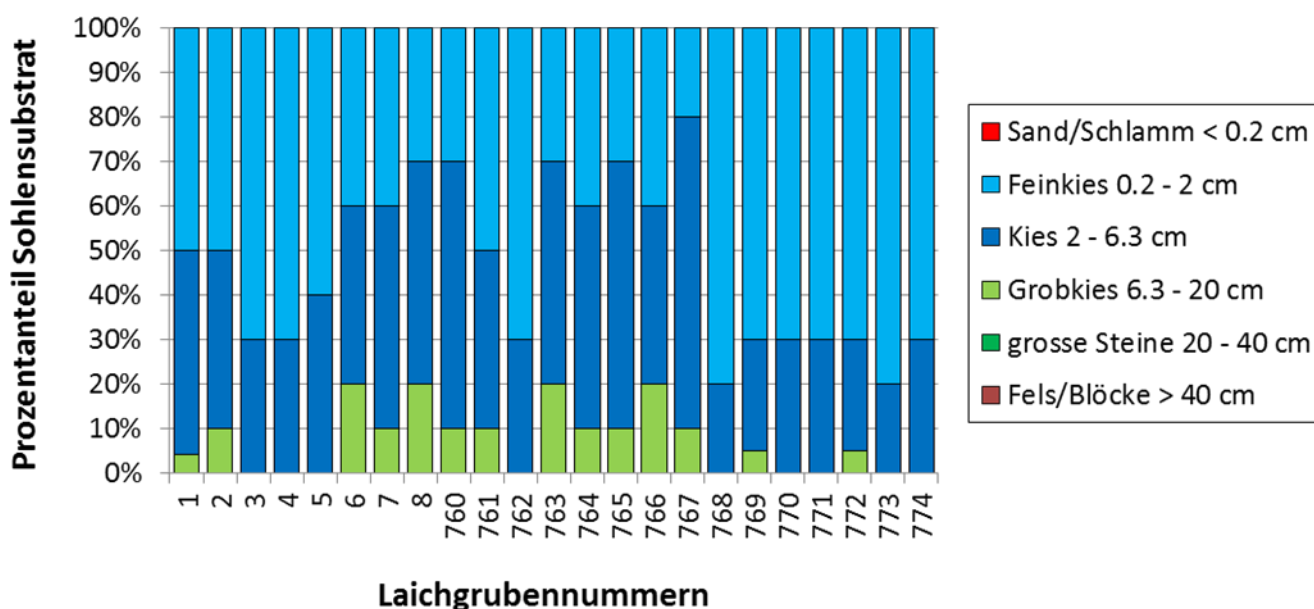
Abb. 7 Äschenlaichplätze im Linthkanal im April 2015 zwischen der Kantonsgrenze GL/SZ oberhalb Grynau und Bätzimatt (oben) und zwischen Bätzimatt und der Mündung in den Obersee (unten). Die Laichplätze werden farblich nach ihrer Laichgrubendichte unterschieden.

Obschon die Korngrössenverteilung des Substrats im untersten Teil des Linthkanals (unterhalb von Grynau) an sich optimal für laichende Äschen wäre (Abb. 2), konnte in diesem Bereich des Kanals keine einzige Äschenlaichgrube lokalisiert werden (Abb. 7). Dies dürfte damit zusammenhängen, dass im Rückstaubereich des Obersees die Fliessgeschwindigkeit für laichende Äschen zu gering ist.

**Tab. 1 Laichplatzflächen [m<sup>2</sup>] im Linthkanal getrennt nach der Revitalisierung Henkelgiessen und der restlichen Fläche des Kanals nach Laichgrubendichte getrennt. Laichplatzkartierung 2014 (Seeabfluss Weesen - Giessen Benken) und 2015 (Giessen Benken - Mündung in den Obersee).**

| Laichgrubendichte | Henkelgiessen | Rest   | Total  | Henkelgiessen | Rest | Total |
|-------------------|---------------|--------|--------|---------------|------|-------|
| vereinzelt        | 36            | 216    | 252    | 14%           | 86%  | 100%  |
| gering            | -             | 417    | 417    | 0%            | 100% | 100%  |
| mittel            | 140           | 6'800  | 6'940  | 2%            | 98%  | 100%  |
| hoch              | 5'156         | 4'008  | 9'164  | 56%           | 44%  | 100%  |
| Summe             | 5'332         | 11'441 | 16'773 | 32%           | 68%  | 100%  |

Substratanalysen auf den Laichgruben im Henkelgiessen verdeutlichen, dass die Substratzusammensetzung ideal für laichende Äschen ist: Weder wurden Feinsedimente gefunden, noch größere Substrate als Grobkies. Auch Grobkies selbst erreicht nur Flächenanteile von maximal 20% (Abb. 8).



**Abb. 8 Korngrößenverteilung auf 23 Äschen-Laichgruben im Henkelgiessen.**

Auch die 2 cm über den Laichgruben gemessenen Fließgeschwindigkeiten liegen ausnahmslos im von den laichenden Äschen bevorzugten Bereich (Abb. 9).

Daraus ist zu schliessen, dass die Bedingungen für die natürliche Fortpflanzung der Äsche im Henkelgiessen optimal sind, dies im klaren Gegensatz zum grössten Teil des Linthkanals, der durch für laichende Äschen ungeeignete Substrate dominiert ist.

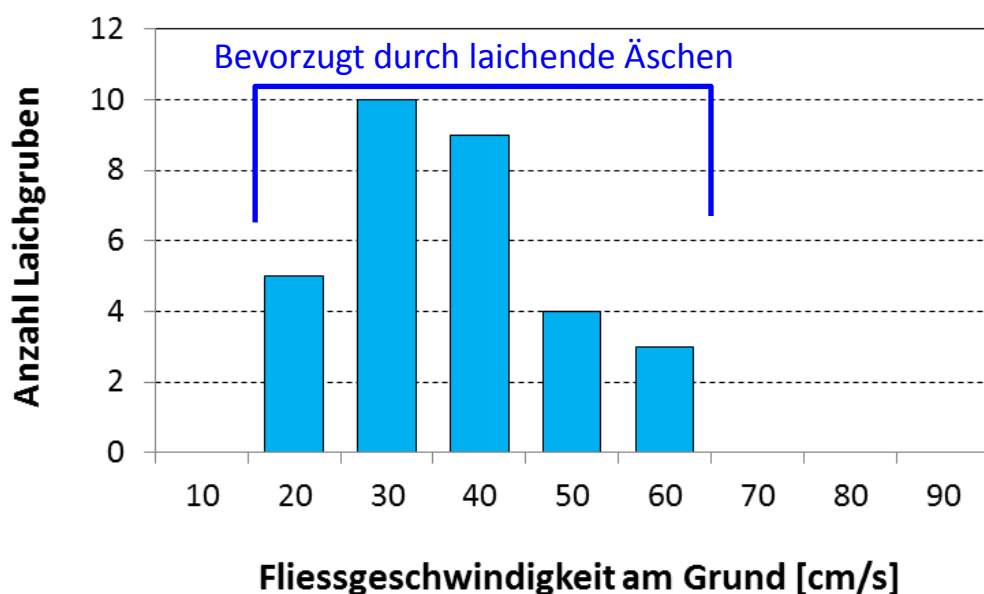


Abb. 9 Fließgeschwindigkeiten 2 cm über Grund auf 31 Äschen-Laichgruben im Henkelgiessen.

### 3.2.1. Fazit natürliche Fortpflanzung der Äsche

Aus der Substratkartierung geht hervor, dass sich im Linthkanal Äschen-Laichplätze befinden, auch im verbauten Teil. Dort konzentrieren sie sich aber primär auf das Gleitufer der wenigen vorhandenen Flussbiegungen.

Lediglich 2.6% der Fläche des Linthkanals wurden als Laichplätze genutzt. Somit stellen geeignete Laichplätze für Äschen im Linthkanal eine sehr eng begrenzte Ressource dar, welche durchaus zum limitierenden Faktor werden kann.

Umso erfreulicher ist in diesem Kontext die Auswirkung des Henkelgiessens, welcher nicht nur als Laichhabitat angenommen wurde, sondern der zu einem bedeutenden Laichplatz geworden ist. Im Gegensatz dazu nutzten die Äschen die Uferrevitalisierungen nicht als Laichplätze.

Die Ergebnisse der Laichplatzkartierung legen nahe, dass das Angebot an geeigneten Laichplätzen im Linthkanal sehr limitiert ist, aber durch die Aufweitung Henkelgiessen erheblich zugenommen hat. Dadurch ist das Potenzial der natürlichen Fortpflanzung der Äsche gestiegen. Damit ist der Stellenwert der natürlichen Fortpflanzung, der bereits in den Jahren 1998 – 2001 gross war (HERTIG 2006), noch weiter angewachsen, was bei der Bewirtschaftung der Äsche (Besatz, Schonbestimmungen) zu berücksichtigen ist.

Im Hinblick auf künftige Revitalisierungen ist der Tatsache Rechnung zu tragen, dass die Uferrevitalisierungen im Gegensatz zur Aufweitung Henkelgiessen nicht als Laichplätze genutzt wurden. Wird eine Schaffung zusätzlicher Laichplätze gewünscht, sind Revitalisierungen erforderlich, welche eine Erhöhung der Breiten- und Tiefenvariabilität einschliessen (ZAUNER et al. 2000). Da die Geschiebezufuhr in den Linthkanal heute äusserst begrenzt ist, sind ebenso periodische Kiesschüttungen zur Reaktivierung des Geschiebehaushalts zu empfehlen. Auf diese Weise können an geeigneten Stellen, insbesondere in Aufweitungen, neue Laichplätze entstehen. Auflockerungen bestehender Kiessohlen mit einem Bagger erwiesen sich in der Aare bei Thun als weniger erfolgreich als Kiesschüttungen (GUTHRUF 2005).

### 3.3. Äschenlarven-Bestand – Einfluss des Abflusses und der Uferstruktur

Äschen vergraben ihre Eier bis zu 7 cm tief im Kies. Die vollständige Ei-Entwicklung findet deshalb im Kies statt. Auch nach dem Schlüpfen verbringen die jungen Äschen im Schutz des Kiesel, bis der Dottervorrat annähernd aufgezehrt ist. Dieser Energievorrat ermöglicht den jungen Äschen zu wachsen und die Schwimmfähigkeit zu erlangen.

Kurz bevor die jungen Äschen mit der Nahrungsaufnahme beginnen, sie haben mittlerweile eine Länge von 15 mm erreicht, arbeiten sie sich tagsüber an die Kiesoberfläche und verweilen dort noch bis zum Anbruch der Nacht. Im Schutz der Dunkelheit lassen sie sich durch die Strömung flussabwärts verdriften, wobei sie versuchen, strömungsgeschützte Stellen im Uferbereich zu erreichen. Dort schwimmen die Äschenlarven an Ort gegen die Strömung an und lassen sich von der fliessenden Welle mit Nahrung versorgen. Wegen ihrer sehr begrenzten Grösse können sie maximal 10 cm/s schnell schwimmen. Übersteigt die Fliessgeschwindigkeit diesen Schwellenwert, werden sie immer weiter flussabwärts verdriftet. Der Wert von 10 cm/s gilt tagsüber. Während der Nacht suchen die Äschenlarven annähernd stehendes Wasser im unmittelbaren Uferbereich auf (SEMPEski & GAUDIN 1994, GAUDIN & SEMPEski 1995, SEMPEski & GAUDIN 1995).



**Abb. 10 Äschenlarven im Linthkanal entlang der Uferrevitalisierung zwischen Benken und Grynau.**

Die zu Beginn der larvalen Phase lediglich 1.5 cm langen Äschenlarven (Abb. 10) können maximal 10 cm/s schnell schwimmen und sind deshalb sehr verwundbar durch hohe Fliessgeschwindigkeiten. Da mit dem Abfluss auch die Fliessgeschwindigkeit zunimmt, wird normalerweise die Stärke eines Jahrgangs massgeblich durch die Abflussbedingungen während der frühen Entwicklungsphase bestimmt. In der Semois in Belgien z. B. ist ein Jahrgang in einem Jahr ohne Hochwasser bis zu 80x stärker als in einem Jahr mit einem mittleren Hochwasser (PHILIPPART 1989). Auch bei der arktischen Äsche konnte die starke Korrelation

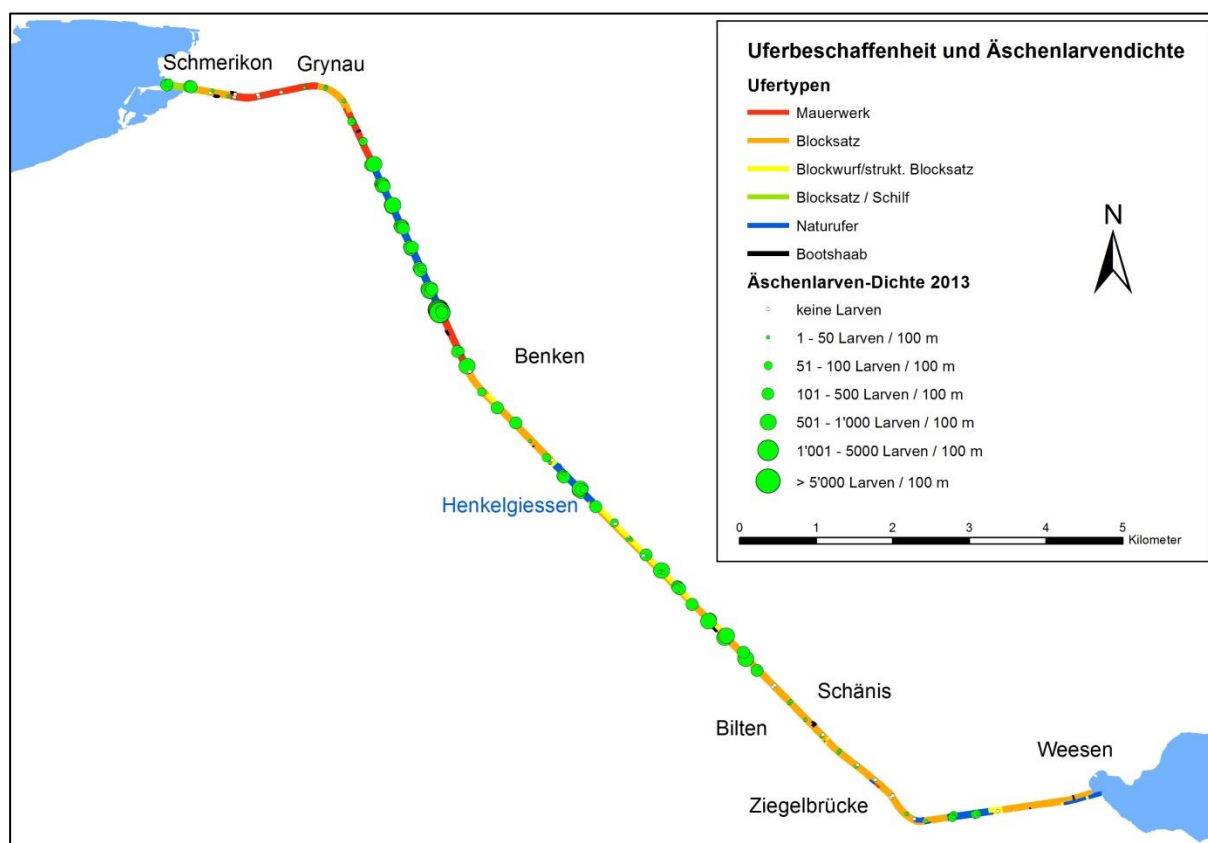
zwischen dem Abfluss während der frühen Entwicklung und der Jahrgangsstärke nachgewiesen werden (CLARK 1992).

Im vollständig verbauten Linthkanal war die Situation speziell, indem bei sehr geringem Abfluss relativ viele Äschenlarven aufkommen können, da die Wasser-Landgrenze unterhalb der harten Verbauungen zu liegen kommt und ein relativ gut strukturiertes Ufer zur Verfügung steht. Bei geringen bis mittleren Abflüssen erreicht das Wasser praktisch überall die harten Verbauungen und die Fliessgeschwindigkeiten entlang der glatten Ufer sind so hoch, dass kaum Larven überleben können. Bei hohem Abfluss hingegen reicht das Wasser bis ins Vorland und die Äschenlarven finden im überfluteten Gras geeignete Habitate. Entsprechend gut waren die Überlebenschancen in solchen Jahren und entsprechend stark die Jahrgänge (HERTIG 2006).

In der Zwischenzeit wurden längere Uferstrecken revitalisiert und an ehemals verbauten Ufern stehen heute in Buchten gliederte naturnahe Ufer zur Verfügung.

### 3.3.1. Kartierung 2013, Abfluss relativ hoch (122 m<sup>3</sup>/s)

Das Jahr 2013 war durch einen relativ hohen Abfluss geprägt, mit Pegelständen, die an verbauten wie unverbauten Uferabschnitten bis ins mit Gras bewachsene Vorland reichten. Dies hatte zur Folge, dass sich verbaute und nicht verbaute Ufer hinsichtlich der Äschenlarvendichte nicht sehr stark unterschieden.

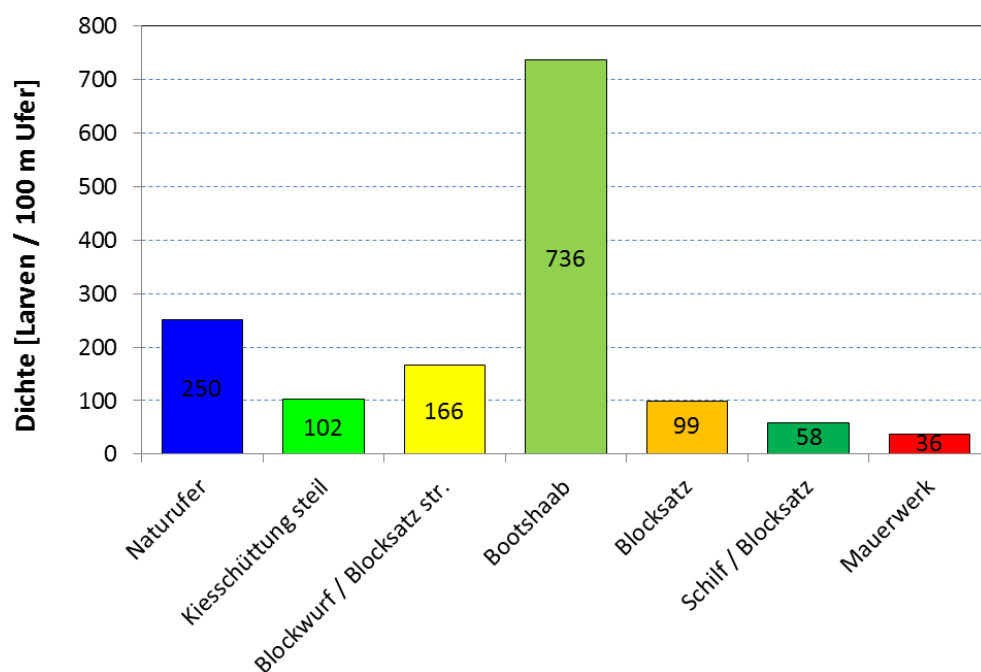


**Abb. 11 Uferbeschaffenheit und Äschenlarvendichten im Mai 2013 bei relativ hohem Abfluss des Linthkanals (122 m<sup>3</sup>/s).**

Insbesondere im Bereich unterhalb von Bilten, wo der Kanal nicht so tief eingeschnitten verläuft, reichte das Wasser bis ins Vorland. In dieser Strecke kamen die Äschenlarven auch an hart verbauten Ufern in relativ hoher Dichte vor und der Unterschied zwischen verbautem und nicht verbautem Ufer war nur begrenzt (Abb. 11). Oberhalb von Bilten hingegen, wo der Kanal in einem tiefen Einschnitt verläuft, reichen die Uferverbauungen weiter hinauf und

auch oberhalb der Verbauungen ist das Ufer sehr glatt und das Angebot an Larvenhabitat sehr begrenzt. Deshalb ist der Unterschied von verbautem und nicht verbautem Ufer in dieser Strecke sehr ausgeprägt (Abb. 11). Mit Mauerwerk verbaute Uferpartien wiesen mit wenigen Ausnahmen auch bei hohem Abfluss nur sehr geringe Äschenlarvendichten auf (Abb. 11).

Bei der Ufertyp-spezifischen Betrachtung fällt auf, dass die durchschnittlichen Äschenlarvendichten in den Bootshaaben mit Abstand am höchsten waren. Bootshaaben sind künstliche "Buchten" welche ursprünglich gebaut wurden, dass die Waidlinge, welche früher für den Warentransport auf dem Linthkanal verantwortlich waren, stationiert werden konnten. Bereits während der Untersuchung zwischen 1998-2002 sammelten sich in den Bootshaaben grosse Schwärme von Äschenlarven, und zwar in den Ecken, wo das Wasser strömungsberuhigt und zudem infolge Feinsedimentablagerungen seicht war (Abb. 12). Die zweithöchste mittlere Äschenlarvendichte wurde entlang von naturnahen Flachufern registriert (Abb. 12), unter anderem im Henkelgiessen und in den Uferrevitalisierungen. Auch relativ hohe Äschenlarvendichten gab es an mit Blockwurf oder durch Buchten und kleinen Bühnen strukturiertem Blocksatz befestigten Ufern (Abb. 12). Steile Kiesschüttungen, unstrukturierter Blocksatz (auch mit vorgelagertem Schilf) und Mauerwerk waren durch geringe Äschenlarvendichten geprägt (Abb. 12).



**Abb. 12 Mittlere Äschenlarvendichten entlang verschiedener Uferstruktur-Typen am Linthkanal im Jahr 2013 mit relativ hohem Abfluss (122 m<sup>3</sup>/s).**

Die hohen Larvendichten in den Bootshaaben wirkten sich auch auf den Äschenlarvenbestand aus: Obwohl dieser Ufertyp lediglich 2% der Uferlänge ausmacht, lebte am Kartierungstag 9% des Äschenlarvenbestandes in Bootshaaben (Tab. 2).

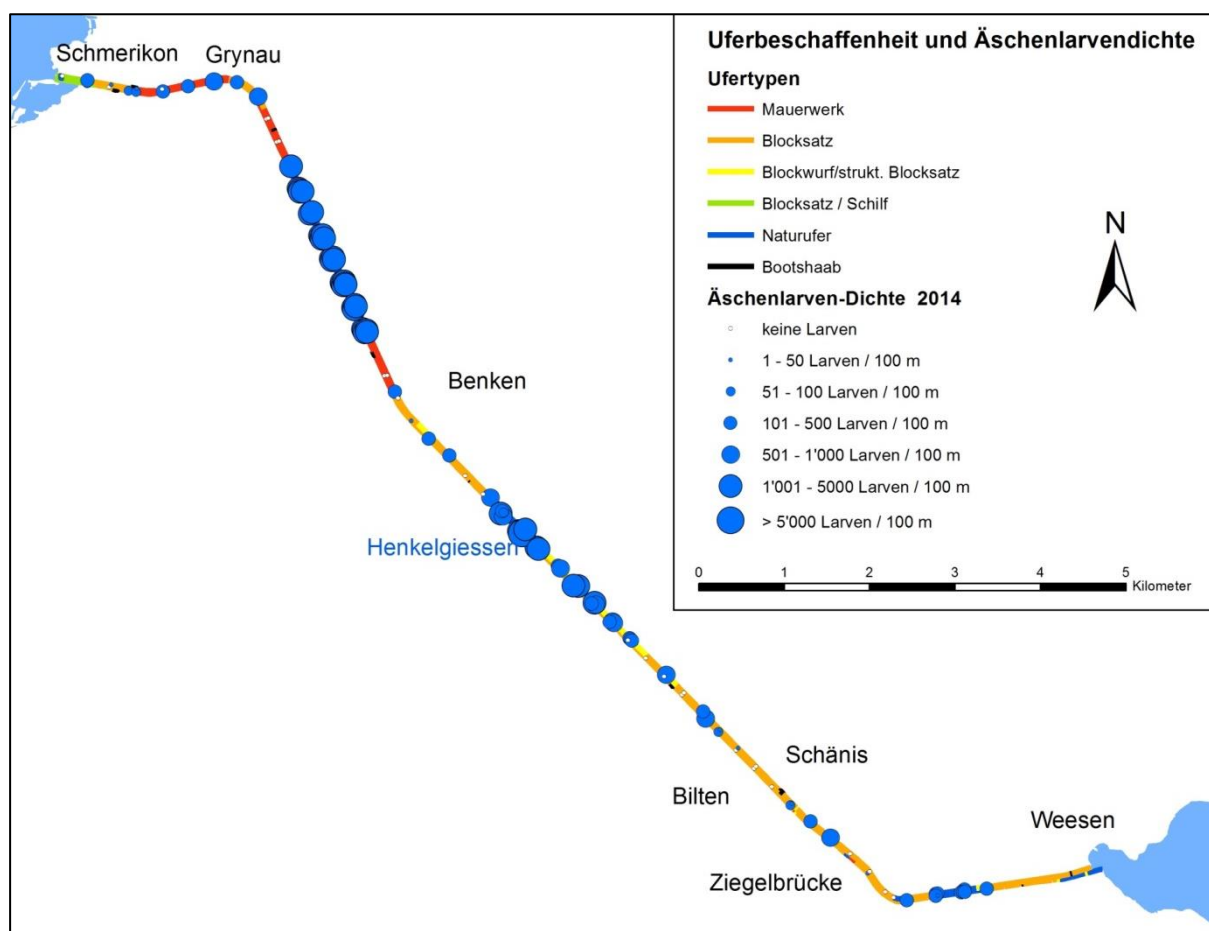
Auch die Naturufer weisen eine sehr positive Bilanz auf: Während dieser Ufertyp lediglich 23% der Uferlinie bildet, lebte im Jahr 2013 dort 42% des Äschenlarvenbestandes. Im Gegensatz dazu schneiden der Blocksatz und insbesondere das Mauerwerk schlecht ab: Während 15% der Uferlänge mit Mauerwerk befestigt waren, lebten dort lediglich 4% des Äschenlarvenbestandes (Tab. 2). Da die verbauten Ufer bei diesem Abfluss erheblich davon profitierten, dass die Wasserlinie bis ins grasbewachsene Vorland reichte, kann man für die Beurteilung dieser Ufertypen von einem "best case" sprechen. Entsprechend hoch ist der Handlungsbedarf, die hart mit Blocksatz und insbesondere mit Mauerwerk verbauten Ufer in naturnahe Ufer umzuwandeln, wie dies auf einer relativ langen Strecke zwischen Giessen und Gryнау realisiert wurde.

**Tab. 2** Aufteilung der Uferlänge und des Äschenlarvenbestandes auf verschiedene Uferstrukturtypen im Jahr 2013 mit relativ hohem Abfluss (122 m<sup>3</sup>/s). Blaue Zellen: Anteil am Larvenbestand höher als an Uferlänge. Rote und orange Zellen: Anteil am Larvenbestand geringer als an Uferlänge.

| Ufertyp                             | Uferlänge     |        | Äschenlarven  |        |
|-------------------------------------|---------------|--------|---------------|--------|
|                                     | Wert          | Anteil | Wert          | Anteil |
| Kiesschüttung                       | 1'984         | 6%     | 2'019         | 4%     |
| Naturufer                           | 7'779         | 23%    | 19'480        | 42%    |
| Schilf / Blocksatz                  | 936           | 3%     | 547           | 1%     |
| Bootshaab                           | 573           | 2%     | 4'220         | 9%     |
| Blocksatz                           | 16'781        | 49%    | 16'626        | 36%    |
| Blockwurf / Blocksatz strukturiert. | 900           | 3%     | 1'492         | 3%     |
| Mauerwerk                           | 5'235         | 15%    | 1'899         | 4%     |
| <b>Summe</b>                        | <b>34'188</b> |        | <b>46'283</b> |        |

### 3.3.2. Kartierung 2014: Abfluss gering (55 m<sup>3</sup>/s)

Der Abfluss des Linthkanals war im Jahr 2014 sehr gering, so dass die harten Uferverbauungen an den meisten verbauten Zähl-Standorten wirksam waren, das heisst die Uferlinie im Bereich der Verbauungen zu liegen kam. An einzelnen Stellen war der Pegel so tief, dass die Wasseranschlaglinie sogar unterhalb der Verbauungen zu liegen kam.

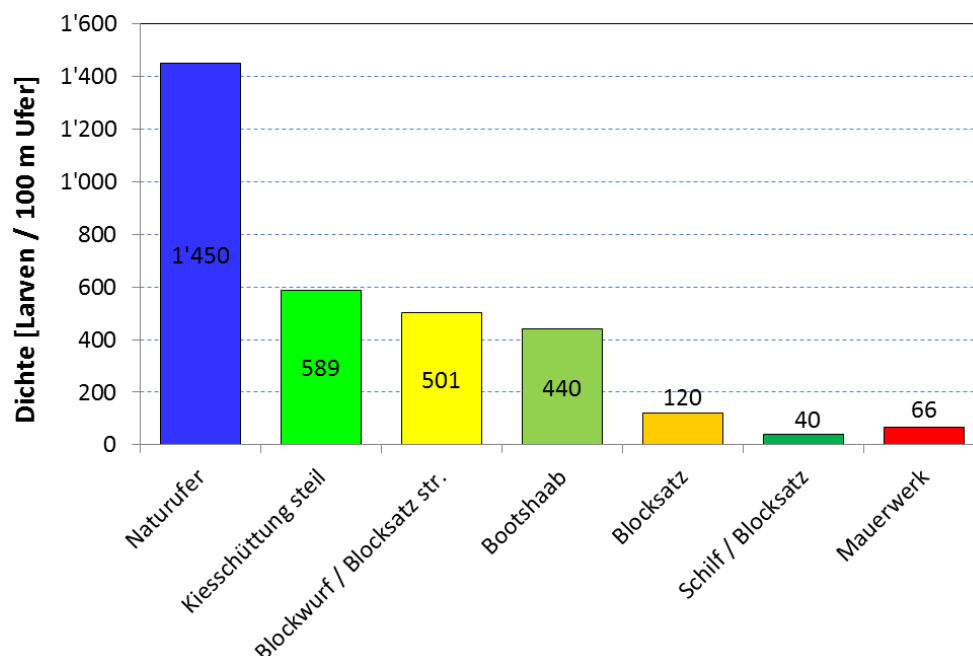


**Abb. 13** Uferbeschaffenheit und Äschenlarvendichten im Mai 2014 bei sehr geringem Abfluss des Linthkanals (55 m<sup>3</sup>/s).

Entsprechend war der Unterschied zwischen naturnahen und verbauten Ufern sehr ausgeprägt. An den mit Blocksatz und Mauerwerk verbauten Ufern konnten mit wenigen Ausnahmen keine oder nur einzelne Äschenlarven gefunden werden. Im Gegensatz dazu waren die unverbauten Ufer ohne Ausnahme durch sehr hohe Äschenlarvendichten charakterisiert, insbesondere die revitalisierten Abschnitte im Henkelgiessen und zwischen Giessen und Grynau (Abb. 13).

Bei dem geringen Abfluss im Jahr 2014 waren die Äschenlarvendichten in den Bootshaaben viel weniger hoch als im Jahr 2013. Die mit Abstand meisten Äschenlarven lebten an den Naturufern (Abb. 14). Auch im Quervergleich mit den Bootshaaben im Jahr 2013 (736 Larven/100 m) waren die Larvendichten am Naturufer im Jahr 2014 (1'450 Larven/100 m) etwa doppelt so hoch. Bei geringem Abfluss waren auch steile Kiesschüttungen, Blockwurf, strukturierter Blocksatz und Bootshaaben relativ dicht besiedelt (Abb. 14). Der unstrukturierte Blocksatz (auch mit vorgelagertem Schilf) und das Mauerwerk schnitten wie bereits im Vorjahr mit Abstand am schlechtesten ab (Abb. 14).

Misst man die hart verbauten Ufer nach der durchschnittlichen Larvendichte an den naturnahen Ufern, so lebten entlang der Verbauungen 12 bis 35-mal weniger Äschenlarven.



**Abb. 14 Mittlere Äschenlarvendichten entlang verschiedener Uferstruktur-Typen am Linthkanal im Jahr 2014 mit geringem Abfluss (55 m<sup>3</sup>/s).**

Die Schätzung des Äschenlarvenbestandes ergab, dass entlang der Naturufer, welche zum grössten Teil durch die Revitalisierungen im Henkelgiessen und zwischen Giessen und Grynau gebildet werden, 71% des Äschenlarvenbestandes lebten, obwohl dieser Ufertyp lediglich 23% der Uferlinie bildete.

Schlecht schnitten hingegen Blocksatz mit 47% der Uferlänge und nur 12% des Larvenbestandes und Mauerwerk mit 15% der Uferlänge und nur 2% des Äschenlarvenbestandes ab (Tab. 3).

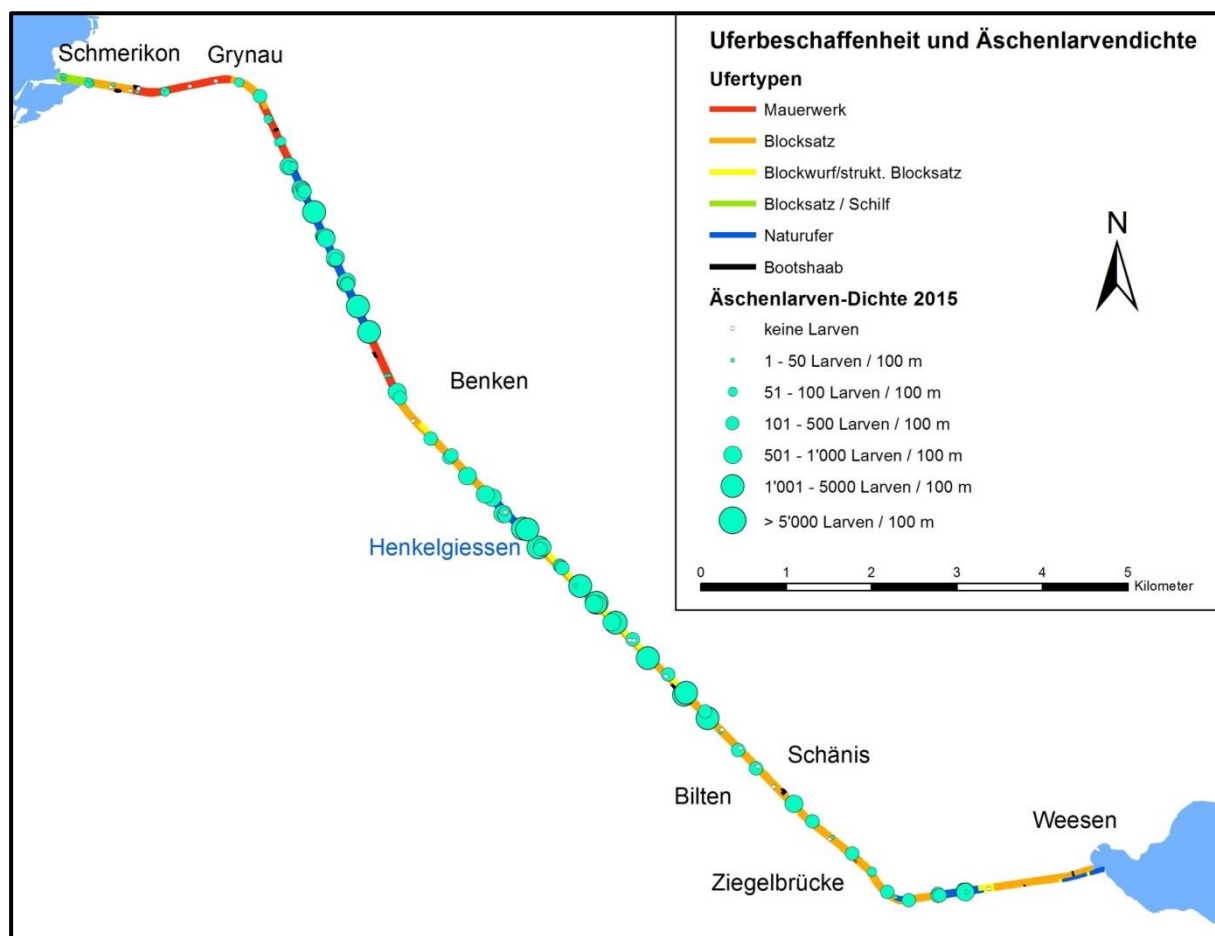


**Tab. 3** Aufteilung der Uferlänge und des Äschenlarvenbestandes auf verschiedene Uferstrukturtypen im Jahr 2014 mit geringem Abfluss (55 m<sup>3</sup>/s). Blaue Zellen: Anteil am Larvenbestand höher als an Uferlänge. Rote / orange Zellen: Anteil am Larvenbestand geringer als an Uferlänge.

| Ufertyp                             | Uferlänge     |     | Äschenlarven   |     |
|-------------------------------------|---------------|-----|----------------|-----|
| Kiesschüttung                       | 1'984         | 6%  | 11'680         | 7%  |
| Naturufer                           | 7'779         | 23% | 112'778        | 71% |
| Schilf / Blocksatz                  | 936           | 3%  | 379            | 0%  |
| Bootshaab                           | 573           | 2%  | 2'523          | 2%  |
| Blocksatz                           | 15'976        | 47% | 19'166         | 12% |
| Blockwurf / Blocksatz strukturiert. | 1'705         | 5%  | 8'541          | 5%  |
| Mauerwerk                           | 5'235         | 15% | 3'464          | 2%  |
| <b>Summe</b>                        | <b>34'188</b> |     | <b>158'531</b> |     |

### 3.3.3. Kartierung 2015: Abfluss hoch (147 m<sup>3</sup>/s)

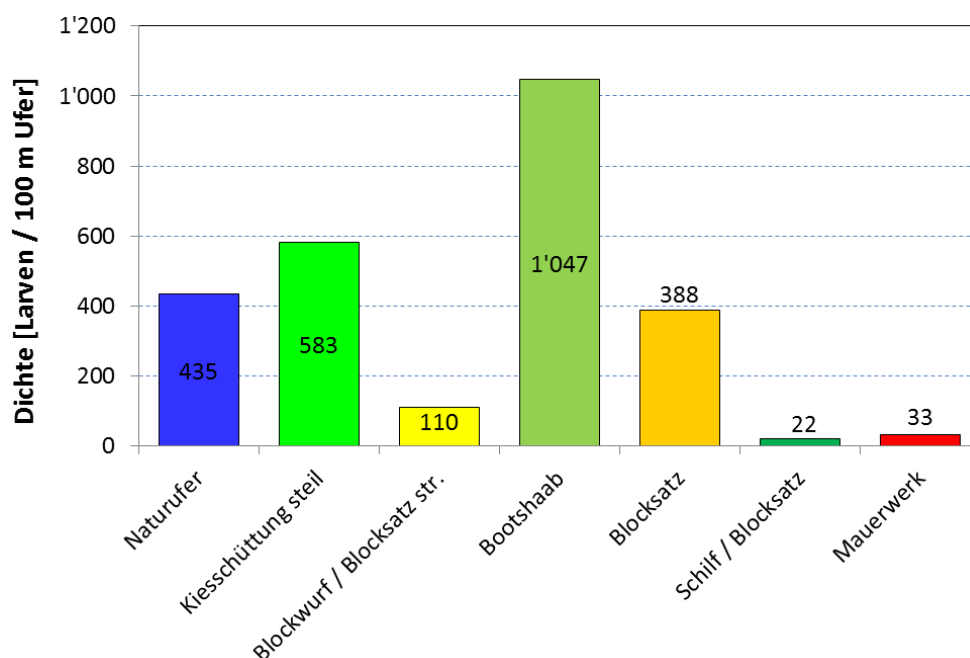
Das Jahr 2015 war durch einen überdurchschnittlich hohen Abfluss geprägt, der dazu führte, dass die Wasserlinie an verbauten wie unverbauten Uferabschnitten bis ins mit Gras bewachsene Vorland reichte. Dies hatte zur Folge, dass die Unterschiede zwischen verbauten und unverbauten Ufern nur noch gering waren.



**Abb. 15** Uferbeschaffenheit und Äschenlarvendichten im Mai 2015 bei hohem Abfluss des Linthkanals (147 m<sup>3</sup>/s).

Im Jahr 2015 waren die Verbauungen grösstenteils überflutet. Selbst wo der Linthkanal in einem tiefen Einschnitt verläuft, war die Uferlinie durch Bäume und Sträucher strukturiert, welche für Strömungsschatten sorgten. Der Unterschied zwischen revitalisierten und mit Blocksatz hart verbauten Strecken war bei diesem Wasserstand nur noch sehr gering, da die Wasserlinie in naturnahen wie verbauten Strecken bis ins Vorland reichte. Die Mit Mauerwerk befestigten Strecken waren selbst bei diesem sehr hohen Abfluss in den meisten Fällen unbesiedelt (Abb. 15).

In den durchschnittlichen Äschenlarvendichten waren, wie bereits im Jahr 2013, Bootshaab am dichtesten besiedelt. Auch relativ vielen Äschenlarven boten die steilen Kiesschüttungen Lebensraum, da diese grösstenteils überflutet waren und die Wasser-Land-Grenze überwiegend bis ins grasbewachsene Vorland reichte. Die dritthöchste Äschenlarvendichte entfiel auf die Naturufer, in welchen die Wasserlinie ebenfalls praktisch ohne Ausnahme bis ins Vorland reichte (Abb. 16). Auch die hohe mittlere Äschenlarvendichte entlang der mit Blocksatz verbauten Ufer ist diesem Umstand zuzuschreiben. Mauerwerk und Blocksatz mit Schilf waren hingegen selbst bei hohem Abfluss weitgehend unbesiedelt (Abb. 16).



**Abb. 16 Mittlere Äschenlarvendichten entlang verschiedener Uferstruktur-Typen am Linthkanal im Jahr 2015 mit hohem Abfluss (147 m<sup>3</sup>/s).**

Der Umstand, dass das Wasser ins Vorland reichte, unabhängig davon, ob das Ufer verbaut ist oder nicht, lässt die Unterschiede bezüglich der Bestandesanteile zwischen den einzelnen Ufertypen verschwimmen: Abgesehen vom Mauerwerk, das unverändert durch sehr niedrige Anteile am Äschenlarvenbestand charakterisiert ist, gleichen sich bei den anderen Ufertypen die Anteile am Larvenbestand den Anteilen an der Uferlänge an. Entsprechend ist in Jahren mit sehr hohem Abfluss der Unterschied zwischen Naturufer und verbauten Ufern relativ gering (Tab. 4).

**Tab. 4 Aufteilung der Uferlänge und des Äschenlarvenbestandes auf verschiedene Uferstrukturtypen im Jahr 2015 mit hohem Abfluss (147 m<sup>3</sup>/s). Blaue Zellen: Anteil am Larvenbestand höher als an Uferlänge. Rote / orange Zellen: Anteil am Larvenbestand geringer als an Uferlänge.**

| Ufertyp                             | Uferlänge     |     | Äschenlarven   |     |
|-------------------------------------|---------------|-----|----------------|-----|
| Kiesschüttung                       | 1'984         | 6%  | 11'563         | 10% |
| Naturufer                           | 7'779         | 23% | 33'800         | 29% |
| Schilf / Blocksatz                  | 936           | 3%  | 203            | 0%  |
| Bootshaab                           | 573           | 2%  | 6'001          | 5%  |
| Blocksatz                           | 15'976        | 47% | 62'002         | 53% |
| Blockwurf / Blocksatz strukturiert. | 1'705         | 5%  | 1'878          | 2%  |
| Mauerwerk                           | 5'235         | 15% | 1'725          | 1%  |
| <b>Summe</b>                        | <b>34'188</b> |     | <b>117'172</b> |     |

### 3.3.4. Fazit Äschenlarvenbestand

Die Aufweitung des Linthkanals im Henkelgiessen sowie die Uferrevitalisierung zwischen Giessen und Grynau trugen in Jahren mit geringem Abfluss des Linthkanals gleichermaßen massiv zur Erhöhung des Äschenlarvenbestandes bei. Somit leisten auch die Uferrevitalisierungen einen massgeblichen Beitrag zur Erhaltung und Förderung des Äschenbestandes, auch wenn ihre positiven Auswirkungen auf das Angebot an Laichplätzen ausblieben.

Die Uferrevitalisierungen beschränken sich auf den Nieder- bis Mittelwasserbereich des Linthkanals und gehen anschliessend in das grasbewachsene Vorland über. Hat der Pegel einmal dieses Vorland erreicht, unterscheiden sich verbaute und nicht verbaute Strecken kaum noch hinsichtlich ihres Strukturierungsgrades und damit hinsichtlich ihrer Eignung als Larvenhabitat für Äschen.

Dasselbe gilt für die verbauten Strecken, deren harte Verbauungen uferseitig ins grasbewachsene Vorland übergehen.

Daraus ist abzuleiten, dass sich Naturufer und verbaute Ufer hinsichtlich des Habitatangebots für Äschenlarven am stärksten bei geringem Abfluss unterscheiden, wenn in den befestigten Strecken die harte Uferverbauung und an Naturufern das revitalisierte Flachufer wirksam sind.

Mit zunehmendem Abfluss werden immer grössere Teile des Vorlandes überflutet und verbaute Ufer und Naturufer gleichen sich immer mehr aneinander an. Da der Übergang vom Kanal zum Vorland nicht überall gleich hoch gelegen ist, erreicht die Wasserlinie bei steigendem Abfluss nicht an allen Stellen gleichzeitig das Vorland. Entsprechend ist die Angleichung von verbauten und unverbauten Ufern nicht ein plötzlicher, sondern ein kontinuierlicher Prozess.

Dies bestätigte sich bei der Aufteilung des Larvenbestandes, auf die verschiedenen Ufertypen: Bei geringem Abfluss ist der Nutzen der Revitalisierungen mit Abstand am grössten: **Auf 23% der Uferlänge lebten im Jahr 2014 71% der Äschenlarven.** Damit wirken sich die Revitalisierungen bei den Abflüssen sehr positiv auf den Äschenlarvenbestand aus, bei denen früher der "Flaschenhals" lag und tragen dadurch zu einem hohen und gleichmässigeren Aufkommen von Äschenlarven bei als früher. Der Äschenlarvenbestand des Jahres 2014 war mehr als 1½-mal so gross wie der höchste Äschenlarvenbestand der Jahre 1998 – 2002 (HERTIG 2006), siehe auch Abb. 17.

Damit hat die Revitalisierung einen massgeblichen Beitrag dazu geleistet, dass der Stellenwert der natürlichen Reproduktion auch hinsichtlich des Larvenaufkommens gestiegen ist. Den Äschen stehen heute bessere Laichplätze und bessere Habitate für die jüngsten in der fliessenden Welle lebenden Entwicklungsstadien zur Verfügung. Dies ist bei der Bewirtschaftung der Äsche zu berücksichtigen.

Einerseits ist der Stellenwert des Besatzes seit 1998 – 2002 gesunken, da der Ausgleich von Jahren mit ungünstigem Abfluss während der Larvenphase massiv an Bedeutung verloren

hat, wenn nicht sogar ganz hinfällig geworden ist. Heute übernehmen die Revitalisierungen und die laichenden Äschen die Funktion des Besatzes. Andererseits gewinnen die Schonbestimmungen zur Bewahrung und zum Schutz eines Laichtierbestandes stark an Bedeutung.

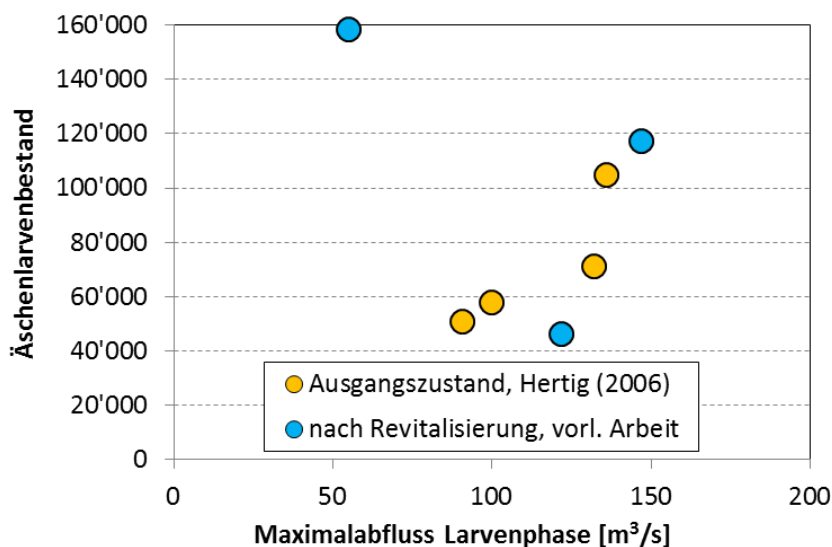


Abb. 17 Äschenlarvenbestand vor und nach der Revitalisierung bei verschiedenen maximalen Abflüssen während der Larvenphase bis zum Zeitpunkt der Kartierung.

### 3.4. Beschaffenheit der Ufer und Eignung als Larven- und Jungfischhabitat

Anlässlich der Uferkartierung wurden beide Ufer des Linthkanals auf Grund ihrer Beschaffenheit und des Verbauungsgrades beurteilt. Die vorhandenen Ufertypen wurden hinsichtlich ihres Verbauungsgrades, der Steilheit, des Substrats und der Verzahnung zwischen Wasser und Land unterschieden. Zudem wurden beim Blocksatz bestehende und neu gebaute Strecken unterschieden. Alle Ufertypen wurden bezüglich ihrer Eignung als Lebensraum für Äschenlarven und Jungfische beurteilt.

Zur Beurteilung und Bewertung der Verbauungen wurden die durchschnittlichen Äschenlarvendichten verwendet. Dazu eignete sich das Jahr 2014 mit geringem Abfluss am besten, da der Pegel praktisch ohne Ausnahme im Bereich der Verbauungen bzw. der Schüttungen lag. In den beiden anderen Jahren waren beachtliche Teile der Verbauungen und Schüttungen überflutet und der Pegel reichte bis ins grasbewachsene Vorland.

Deshalb wurden die Ufertypen ausschliesslich auf Grund der Äschenlarvendichten im Jahr 2014 bewertet. Dabei gelangte folgender Schlüssel zur Anwendung:

| Bewertung     | Äschenlarven pro 100m Ufer |
|---------------|----------------------------|
| ausgezeichnet | > 1'000                    |
| sehr gut      | 750 - 1'000                |
| gut           | 500 - 750                  |
| mässig        | 250 - 500                  |
| ungenügend    | 100 - 250                  |
| schlecht      | < 100                      |

Die Bewertung basiert teilweise auf geringen Stichprobenzahlen, und andere Faktoren als Ufertypen spielten eine Rolle. In diesen Fällen wurde die Bewertung in Klammern gesetzt und anhand von Erfahrungen in anderen Gewässern (Hochrhein TG, SH, Aare BE, Reuss LU, AG, Sarner Aa) neu beurteilt.

### 3.4.1. Mauerwerk, N = 12

Mit Mauerwerk befestigte Uferpartien weisen eine sehr glatte Oberfläche auf, so dass die Fliessgeschwindigkeit bis unmittelbar ans Ufer sehr hoch ist und strömungsberuhigte Refugien für Jung- und Kleinfische fehlen. Wegen der Steilheit der Verbauung ist das Wasser bis ans Ufer tief und der Schutz von Jungfischen vor Fressfeinden entfällt. Es ist lediglich bei hohem Abfluss als Jungfischhabitat geeignet, wenn der Pegel bis ins Vorland reicht (Abb. 18).



Abb. 18 Mit Mauerwerk befestigtes Ufer rechtsufrig oberhalb Grynau, Foto J. Guthruf.

### 3.4.2. Blocksatz alt (bestehend), N = 32

Mit Blocksatz verbaute Ufer weisen eine glatte Oberfläche auf, und die Fliessgeschwindigkeit ist auch unmittelbar am Ufer hoch. Strömungsberuhigte Refugien für Jung- und Kleinfische sind nur in Ausnahmen verfügbar. Wegen der Steilheit der Verbauung ist das Wasser bis ans Ufer tief, und Jungfische sind nicht vor Fressfeinden geschützt. Lediglich bei hohem Abfluss ist er als Jungfischhabitat geeignet, wenn der Pegel bis ins Vorland reicht (Abb. 19).



Abb. 19 Mit Blocksatz befestigtes Ufer rechtsufrig oberhalb Giessen, Foto J. Guthruf.

### 3.4.3. Blocksatz neu (entstanden bei Bauarbeiten 2011-2013), N = 4

Die steile Verbauung mit tiefem Wasser am Ufer bietet wenig Schutz vor Fressfeinden, und das Angebot an strömungsberuhigten Zonen ist sehr begrenzt. Die Steine sind aber weniger stark verfugt als beim alten Blocksatz. Der Ufertyp lag beidseitig unterhalb langer Strecken mit Mauerwerk-Verbauungen und profitierte von der Verdriftung der Larven aus den Strecken mit Mauerwerk. Deshalb wird die Eignung mit "mässig" überschätzt. Auf Grund von Erfahrungen in anderen Gewässern wurde er als "ungenügend" eingestuft (Abb. 20).



Abb. 20 Neu erstellte Blocksatz-Verbauung oberhalb Grytau rechtsufrig, Foto J. Guthruf.

### 3.4.4. Bootshaaben, N = 2

Bootshaaben wirken als strömungsberuhigte Zonen. Die Äschenlarven konzentrierten sich auf die Ecken der Bootshaab, vor allem auf die obere. Bootshaaben wiesen bei geringem Abfluss nur durchschnittliche Besiedlungsdichten auf. Bei hohem Abfluss hingegen waren die Dichten sehr hoch (Abb. 21).



Abb. 21 Bootshaab unterhalb von Giessen rechtsufrig, Foto J. Guthruf. Pfeile: Bevorzugte Standorte der Äschenlarven.

### 3.4.5. Blockwurf, N = 2

Dieser Ufertyp ist bedeutend besser geeignet als Lebensraum für Äschenlarven und Jungfische als Mauerwerk und Blocksatz. Im Vergleich zu Naturufern ist aber das Angebot an strömungsberuhigten Zonen nur begrenzt. Da das Wasser vor der Verbauung meist tief ist, bietet Blockwurf relativ wenig Schutz vor Fressfeinden. Auf Grund von Erfahrungen in anderen Gewässern wurde die Bewertung von "ungenügend" zu "mässig" korrigiert (Abb. 22).



Abb. 22 Blockwurf-Verbauung oberhalb Ziegelbrücke rechtsufrig, Foto J. Guthruf.

### 3.4.6. Blocksatz mit Buhnen, N = 2

Die Ergänzung eines bestehenden Blocksatzes mit Buhnen führt zu einer sehr starken Verbesserung als Habitat für Äschenlarven und Jungfische, insbesondere wenn die Ecken ober- und unterhalb der Buhnen mit Kies aufgefüllt werden, so dass ein flaches Ufer entsteht (GUTHRUF 2011b, GUTHRUF & GUTHRUF 2012). Die Äschenlarven konzentrierten sich jeweils in den Ecken ober- und unterhalb der Buhnen (Abb. 23).

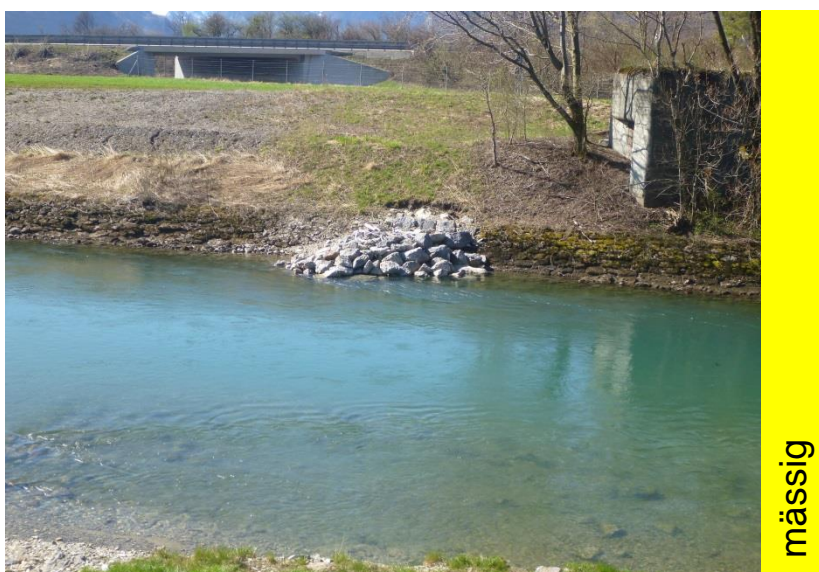


Abb. 23 Buhnen im Bereich einer bestehenden Blocksatz-Verbauung oberhalb Ziegelbrücke linksufrig, Foto J. Guthruf.

### 3.4.7. Steinschüttung, N = 2

Steinschüttungen mit Bollensteinen sind als Lebensraum für Äschenlarven besser geeignet als Verbauungen mit Blocksatz. Die Äschenlarven-Dichten waren aber im Durchschnitt 3 – 4x geringer als entlang eines naturnahen Flachufers mit feinerem Substrat. Dies könnte an der Steilheit dieses Ufertyps liegen und daran, dass das Wasser in die Steinpackungen infiltriert und Äschenlarven so in den “Untergrund“ gesogen werden können (Abb. 24).



Abb. 24 Relativ steile Steinschüttung unterhalb Schänis rechtsufrig, Foto J. Guthruf.

### 3.4.8. Blocksatz wellenförmig, N = 1

Wellenförmiger Blocksatz schafft in den Buchten strömungsberuhigte Zonen. Die steile Anordnung sorgt aber nur für einen sehr begrenzten Schutz der Äschenlarven und Jungfische vor Fressfeinden. Da flussaufwärts lange, mit Blocksatz verbaute Strecken anschliessen, werden zahlreiche Larven von oben eingeschwemmt, was zu einer Überbewertung dieses Ufertyps führt. Anhand von Erfahrungen in anderen Gewässern wurde der Ufertyp von “gut“ zu “mässig“ korrigiert (Abb. 25).



Abb. 25 Wellenförmiger Blocksatz oberhalb der Brücke Schänis rechtsufrig, Foto J. Guthruf.



### 3.4.9. Kiesschüttung mit Buhnen, N = 18

Im Vergleich zu blossen Kiesschüttungen schaffen Buhnen und dazwischen liegende Buchten strömungsberuhigte Zonen. Das steile Ufer schützt Äschenlarven und Jungfische aber nur begrenzt vor Fressfeinden. Auch dieser Ufertyp profitierte von langen flussaufwärts anschliessenden, mit Blocksatz verbauten Strecken, aus denen Larven eingeschwemmt wurden. Dies führte zu einer Überbewertung dieses Ufertyps. Auf Grund von Erfahrungen in anderen Gewässern wurde er von "sehr gut" zu "mässig" korrigiert (Abb. 26).



Abb. 26 Kiesschüttungen mit Buhnen unterhalb Schänis rechtsufrig, Foto J. Guthruf.

### 3.4.10. Blocksatz mit vorgelagertem Schilf, N = 9

Das Wasser ist bis ans Ufer tief; das Schilf schützt aber vor Strömung und Fressfeinden. Möglicherweise entgingen Äschenlarven an der Aussenkante des Schilfs der Zählung. Zudem lagen oberhalb dieses Ufertyps lange Strecken ohne Laichplätze. In den Jahren 1998 bis 2002 war die Dichte entlang dieses Ufertyps relativ hoch (HERTIG 2006), und dieser ist vermutlich stark unterbewertet. Er wurde von "schlecht" zu "mässig" korrigiert (Abb. 27).

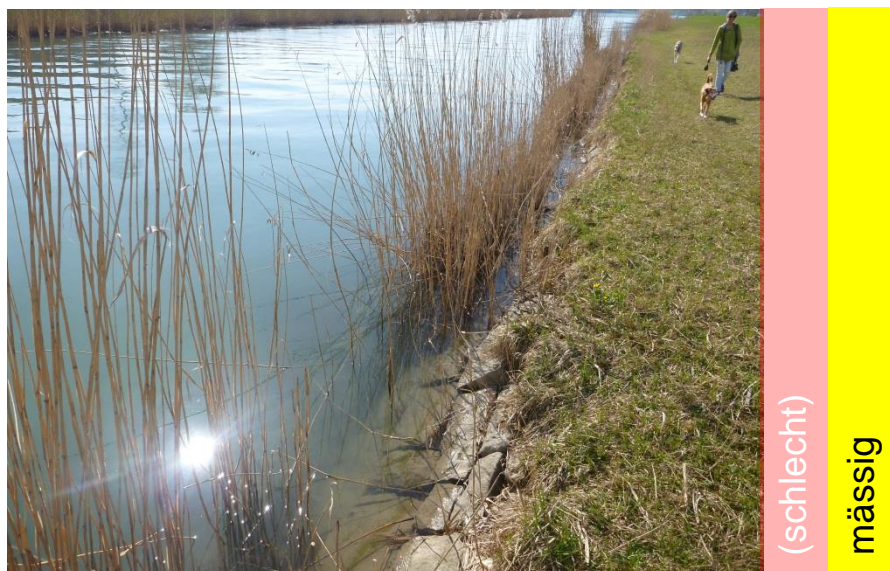


Abb. 27 Mit Blocksatz befestigtes Ufer mit Schilf unterhalb Grynau, Foto J. Guthruf.

### 3.4.11. Naturufer mit Buhnen, N = 2

Dieser Ufertyp mit Buhnen, die die Strömung brechen ist an sich sehr gut als Lebensraum für Äschenlarven und Jungfische geeignet. Das relativ steil abfallende Ufer bietet hingegen nur begrenzten Schutz vor Fressfeinden. Dieser Ufertyp wurde sehr stark **unterbewertet**, da sämtliche Stellen unterhalb einer langen Strecke ohne Laichplätze lagen. Auf Grund von Erfahrungen in anderen Gewässern wurde die Bewertung deshalb von "schlecht" zu "gut" korrigiert (Abb. 28).



Abb. 28 Natur-Ufer mit Buhnen oberhalb Ziegelbrücke linksufrig, Foto J. Guthruf.

### 3.4.12. Naturufer mit Blockwurf, N = 10

Dieser sehr flache Ufertyp mit Blöcken und Blockgruppen bietet Schutz vor Fressfeinden sowie Strömung und ist als Lebensraum für Äschenlarven und Jungfische ideal. Dieser Ufertyp wurde massiv **unterbewertet**, da viele Stellen unterhalb einer langen Strecke ohne Laichplätze lagen. Auf Grund von Erfahrungen in anderen Gewässern wurde die Bewertung deshalb von "ungenügend" zu "sehr gut" korrigiert (Abb. 29).



Abb. 29 Natur-Ufer mit Blockwurf oberhalb Ziegelbrücke rechtsufrig, Foto J. Guthruf.

### 3.4.13. Naturnahes Flachufer, in Buchten gegliedert, N = 44

Das flach auslaufende Ufer schützt Äschenlarven und Jungfische vor Fressfeinden. Die Gliederung in Buchten sorgt für eine optimale Strömungsberuhigung und damit optimale Larven- und Jungfischhabitate. Diese Uferrevitalisierung kann hinsichtlich ihrer Eignung als Larven- und Jungfischhabitat als "ausgezeichnet" eingestuft werden (Abb. 30).



Abb. 30 Naturnahes Flachufer unterhalb von Giessen rechtsufrig, Foto J. Guthruf.

### 3.4.14. Naturnahes Flachufer, in mehrere Arme gegliedert (Henkelgiessen), N = 11

Das flach auslaufende Ufer bietet Schutz vor Fressfeinden und Strömungsberuhigung. Die Arme erhöhen die Länge der von den Larven besiedelten Uferlinie sehr stark, und der Abschnitt kann als optimales Larven- und Jungfischhabitat eingestuft werden, Bewertung als "ausgezeichnet" (Abb. 31).



Abb. 31 Naturnahes Flachufer im Henkelgiessen rechtsufrig, Foto J. Guthruf.

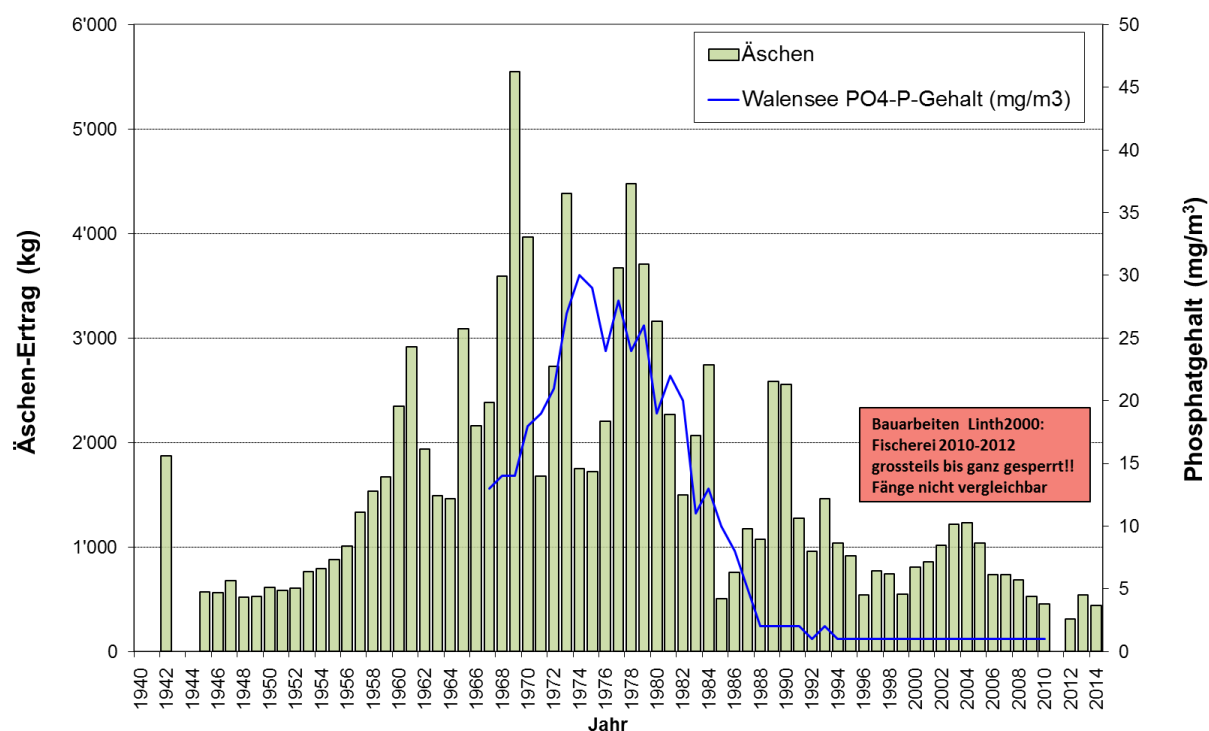
### 3.5. Die Äschenpopulation im Linthkanal

#### 3.5.1. Äschenertrag gemäss Fangstatistik

Zwischen 1945 und 1952 war der Äschenertrag auf relativ tiefem Niveau konstant und stieg anschliessend bis 1961 kontinuierlich an, gefolgt von einer Phase mit starken Schwankungen bis ca. 1990. Zwischen 1990 und 2014 folgte wiederum eine Phase mit geringeren Schwankungen, aber auch mit geringerem Äschenertrag, welcher nur noch ca. 1/3 so hoch war wie in den Jahren mit starken Schwankungen (Abb. 32).

Auch wenn die Phosphorkonzentrationen im Walensee vor 1966 nicht bekannt sind, deutet die hoch signifikant positive Korrelation (Spearman's Rangkorrelation,  $p < 0.0001$ ) zwischen Orthophosphat-Konzentration und Äschenertrag an, dass ein Zusammenhang zwischen dem Nährstoffgehalt des Walensees und dem Äschenertrag bestehen könnte (Abb. 32).

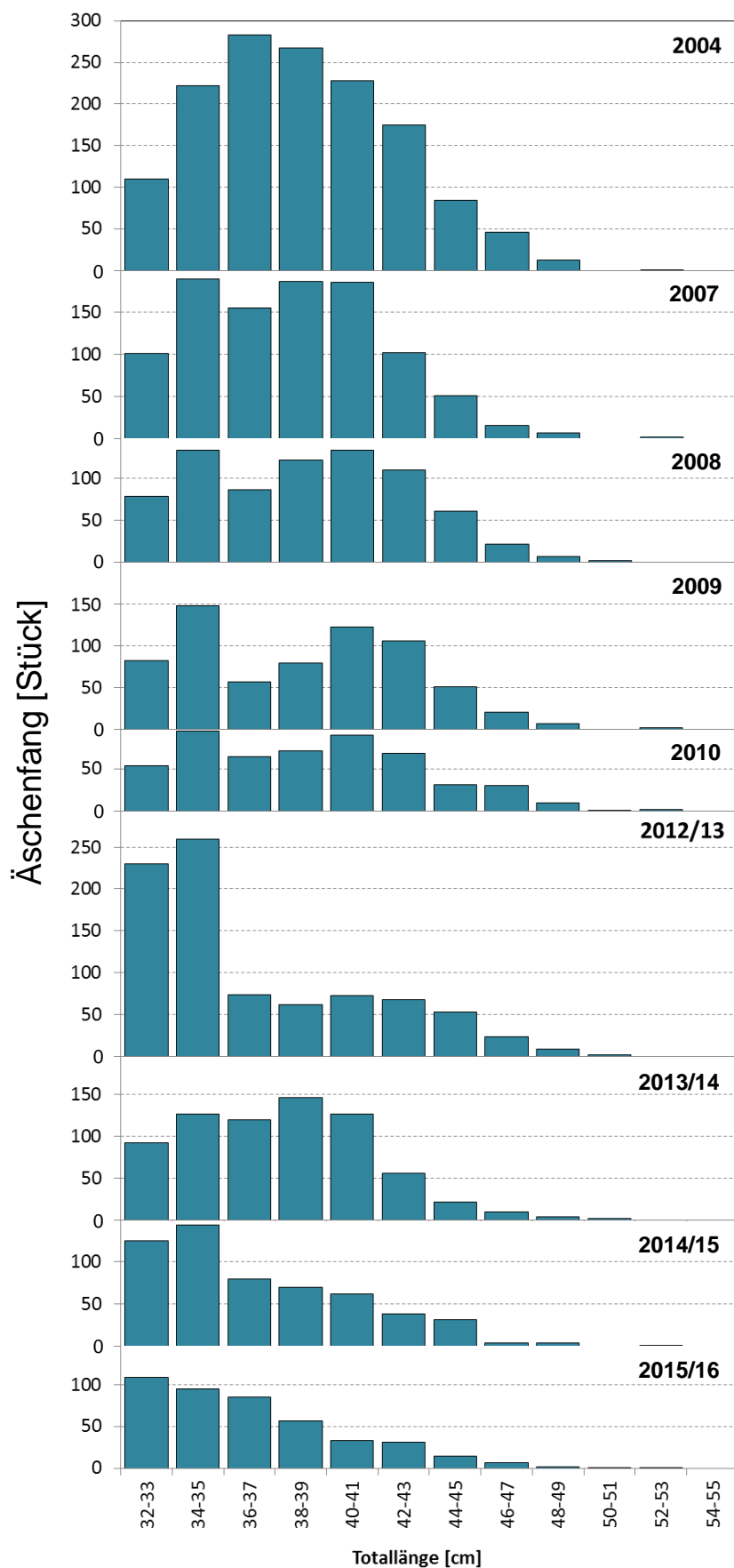
Dies könnte über den Input an See-Zooplankton funktionieren, welches selbst im Jahr 2000 mit sehr geringem Phosphorgehalt als bedeutende Nahrung der Äschenlarven galt: 87% der untersuchten Tiere hatten Wasserflöhe (*Daphnia sp.* und 7% hatten Hüpferlinge (*Cyclops sp.*) im Magen. Auch zahlenmässig war das Zooplankton mit 38% im Mageninhalt der Äschenlarven relativ stark repräsentiert. Wegen der geringen Grösse der Plankter war ihr Gewichtsanteil mit 13% nur relativ gering (HERTIG 2006).



**Abb. 32 Äschen-Fangstatistik Linthkanal 1942 – 2014. Ab Winter 2012/13 durfte zusätzlich im Januar gefischt werden. Im Vergleich dazu: Orthophosphatkonzentration (PO<sub>4</sub>-P) des Walensees. Daten: Fischereikommission für den Zürichsee, Linthkanal und Walensee.**

#### 3.5.2. Längenverteilung der Äschen

Aus der Längenverteilung der regulären Anglerfänge (Abb. 33) ist ersichtlich, dass der Anteil der über 37 cm langen Äschen (was etwa der Altersgrenze zwischen 1<sup>+</sup> und 2<sup>+</sup> entspricht) zwischen 2004 und 2015 signifikant abgenommen hat (Spearman's Rangkorrelation,  $p < 0.0001$ ). Dieser Rückgang setzte bereits vor 2012 ein und ist somit nicht durch den Umstand erklärbar, dass ab 2012 zusätzlich im Januar gefischt werden kann. Auch die Fangzahl von über 45 cm langen Äschen hat zwischen 2004 und 2015 signifikant abgenommen (Spearman's Rangkorrelation,  $p < 0.05$ ). Allerdings kann bei dieser Längenklasse nicht ohne weiteres auf das Alter geschlossen werden, da sich das Wachstum verändert haben könnte.

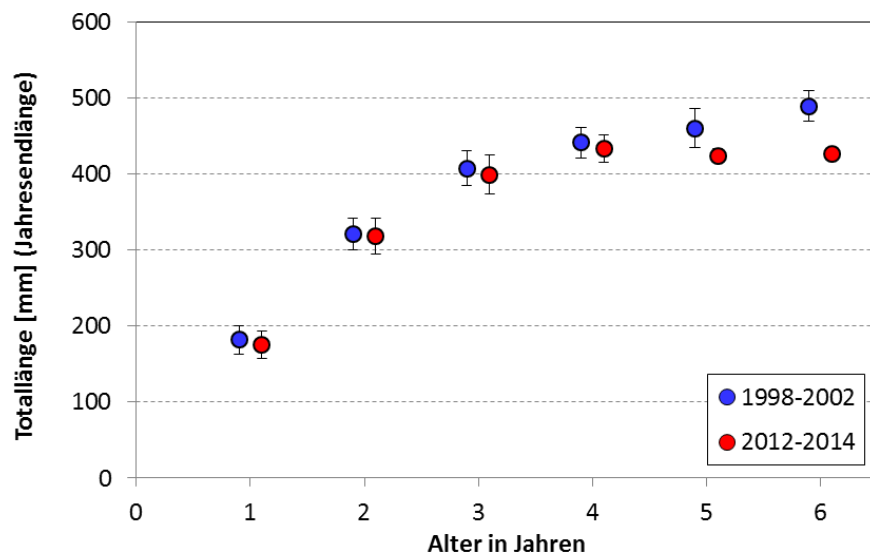


**Abb. 33** Längenverteilung der regulären Anglerfänge im Linthkanal vom Oktober bis Dezember in den Jahren 2004 – 2015/16. Ab Winter 2012/13 durfte zusätzlich im Januar gefischt werden. Daten: Fischereikommission für den Zürichsee, Linthkanal und Walensee.

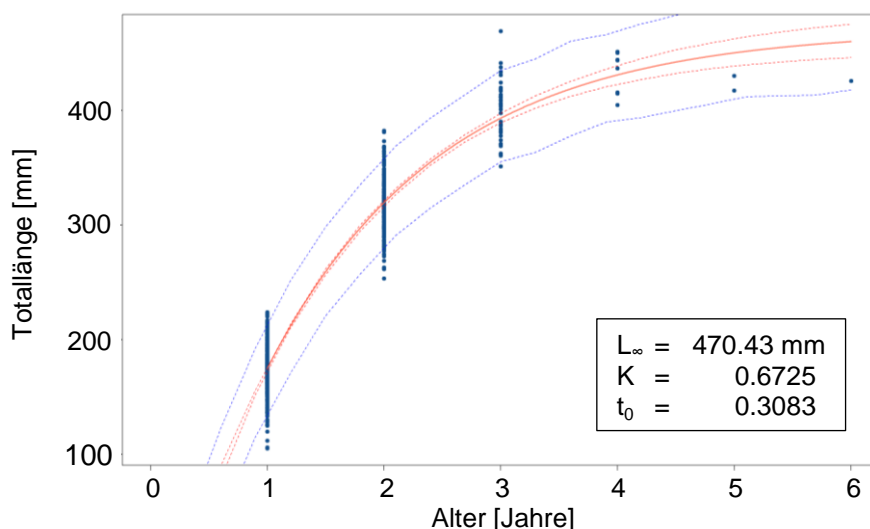
Im Unterschied zu den Äschen über 37 cm Länge hat sich die Fangzahl der bis 37 cm langen Äschen nicht verändert. Das deutet darauf hin, dass in den letzten Jahren vermehrt jüngere Äschen gefangen wurden, insbesondere der starke Unterschied zwischen der Entwicklung der Fangzahlen der Äschen bis 37 cm Länge und über 37 cm Länge.

### 3.5.3. Wachstum

Altersbestimmungen zeigen, dass sich das durchschnittliche Wachstum der Äschen seit den Untersuchungen von HERTIG (2006) in den Jahren 1998 bis 2002 leicht vermindert hat. Die Differenz ist aber in den ersten vier Jahren mit 2 – 8 mm bzw. 2 – 4% nur gering (Abb. 34). Auch die mittlere Länge, der sich die Population asymptotisch annähert, das so genannte  $L_{\infty}$  nach von Bertalanffy hat von 482.8 auf 470.4 mm abgenommen (Abb. 35). Da die Urdaten aus den Jahren 1998 bis 2002 nicht vorlagen, waren statistische Tests nicht möglich.



**Abb. 34** Wachstum der Äsche im Linthkanal (Jahresendlängen). Vergleich der Jahre 1998 – 2002 (HERTIG 2006) mit den Jahren nach der Revitalisierung 2012 – 2014. Blaue und rote Punkte: Mittelwert, Fehlerbalken: Standardabweichung.



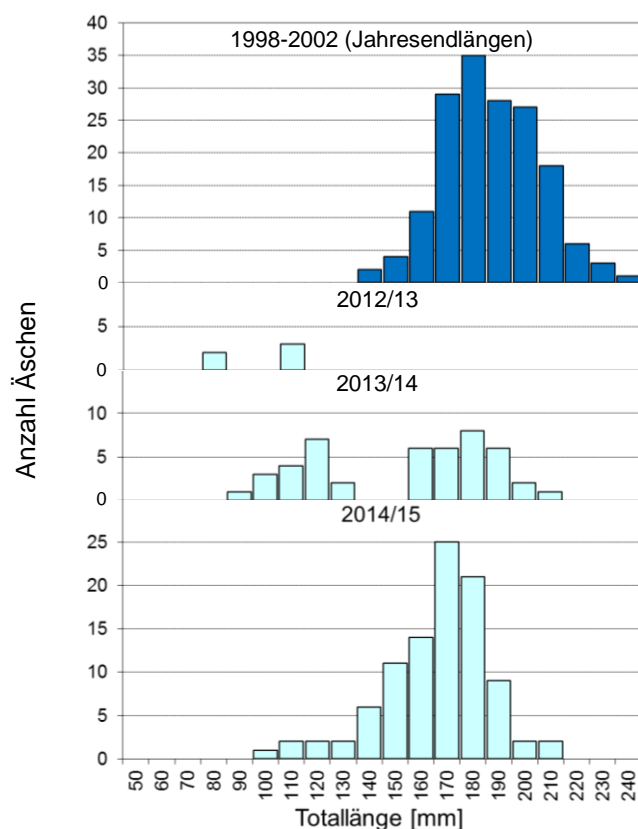
**Abb. 35** Wachstumskurve der Äschenpopulation im Linthkanal nach von Bertalanffy, berechnet nach der Bootstrap-Methode. Best Fit (durchgezogene rote Linie), 95% Vertrauensband (rot gestrichelte Linie) und Prognoseband (blau gestrichelte Linie). Berechnungsgrundlage: Jahresendlängen Äschen Sonderfänge 2012/13 – 2014/15.

Ein statistischer Test der Jahresendlängen zeigt, dass die durchschnittliche Länge der Äschen nicht in allen Altersklassen signifikant abgenommen hat: Während die Äschen im Alter von 1 und 3 Jahren in der Periode Jahren 2012-2014 signifikant kleiner waren als in der Periode 1998-2002, waren bei den 2-jährigen sowie bei den 4-jährigen und älteren Äschen keine signifikanten Unterschiede nachweisbar (Tab. 5).

**Tab. 5 Statistischer Test zum Vergleich der durchschnittlichen Jahresendlängen der Äschen zwischen den Perioden 1998-2002 und 2012 – 2014, Wilcoxon-Rangsummentest. Rote Schrift: Statistisch signifikante Unterschiede,  $p < 0.05$ .**

| Vergleich 1998-2002 mit 2012-2014 | Gültige | T    | Z      | p-Wert |
|-----------------------------------|---------|------|--------|--------|
| 1-jährig                          | 164     | 1541 | 8.5772 | 0.0000 |
| 2-jährig                          | 92      | 2015 | 0.4828 | 0.6292 |
| 3-jährig                          | 28      | 36   | 3.8028 | 0.0001 |
| 4-jährig                          | 8       | 10   | 1.1202 | 0.2626 |
| 5-jährig                          | 2       | 0    | 1.3416 | 0.1797 |

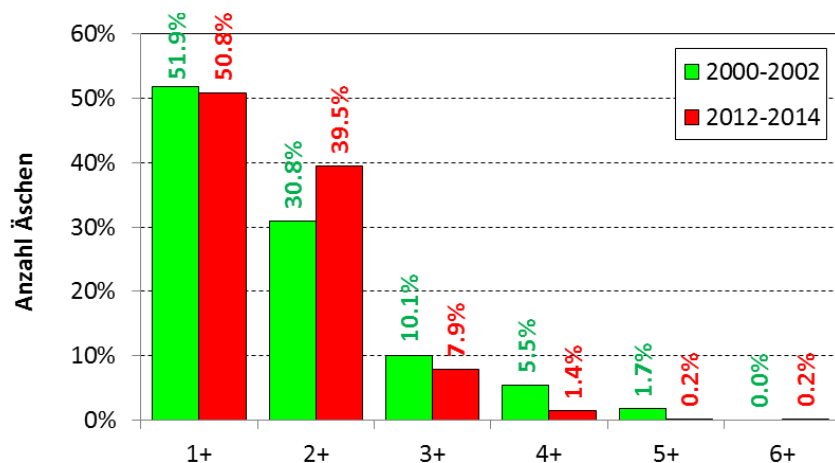
Bereits aus der Längenverteilung der jüngsten Äschen ist ersichtlich, dass die Fische nicht mehr der Längenverteilung aus den Jahren 1998 – 2002 entsprechen, welche zwischen 16 und 23 cm (gemessene Längen) bzw. 15 und 24 cm (rückberechnete Längen) schwankten (HERTIG 2006). Zwischen 2012 und 2015 massen die jungen Äschen vom Oktober bis Januar des Folgejahres zwischen 8 und 21 cm (Abb. 36). Im Winter 2014/15 war die Längenverteilung linksschief und 2013/14 zweigipflig (Abb. 36). Die im Vergleich zur Untersuchung in den Jahren 1998 – 2002 geringeren Durchschnittslängen blieben auch bei den älteren Äschen erhalten (Abb. 34).



**Abb. 36 Längenverteilung der unter 1 Jahr alten Äschen ( $= 0^+$ ) in den Wintern 2012/13, 2013/14 und 2014/15). Sonderfänge Angelfischer Linthkanal im Vergleich mit den Jahresendlängen der Äschen in den Jahren 1998-2002.**

Trotz des leicht geringeren Wachstums bestätigt sich auch in der Altersverteilung, dass der Anteil der alten Äschen im Vergleich zu der Erhebung in den Jahren 1998 – 2002 abgenommen hat: Insbesondere die 3 und mehr Jahre alten Äschen ( $\geq 3^+$ ) sind seltener geworden; ihr Anteil ist von 17.3% auf 9.7% geschrumpft. Dieser Wert ist vergleichbar mit der Aare im Bereich der Engehalbinsel mit 7.6% aber nicht so kritisch wie in der Aare zwischen Thun und Bern. An beiden genannten Aarestrecken wurde eine Erhöhung des Fangmindestmasses empfohlen, so dass alle  $1^+$ -Äschen geschont werden (GUTHRUF 1996).

Der Anteil der jungen Äschen im Alter von  $1^+$  hat dagegen am Linthkanal seit 2002 weder ab noch zugenommen, während der Prozentsatz der Äschen im Alter von  $2^+$  von 30.8 auf 39.5% klar zunahm (Abb. 37).



**Abb. 37 Altersaufbau der Äschenpopulation im Linthkanal vor der Revitalisierung in den Jahren 2000 – 2002 (HERTIG 2006), und nach der Revitalisierung in den Jahren 2012 – 2014). In beiden Datensätzen wurden ausschliesslich Äschen berücksichtigt, welche das Fangmindestmass von 32 cm erreicht hatten.**

### 3.5.4. Fazit Altersaufbau

Die Untersuchungen zur Altersverteilung belegen, dass sich die Alterspyramide der Äschenpopulation im Linthkanal seit 2002 verändert hat, indem der Anteil der alten Äschen abgenommen hat. Da sich beide Untersuchungen über mehrere Jahre erstrecken, die Stichproben beiderseits auf Sonderfängen durch Angelfischer basieren und auch die Fangperiode (Oktober bis Dezember/Januar) weitgehend übereinstimmt, sind Artefakte als Ursache für den Unterschied sehr unwahrscheinlich.

Die Abnahme des Anteils alter Fische wird in vielen Fällen als Hinweis auf eine Überfischung gedeutet. Da Äschen im Linthkanal aber auch durch Kormorane gefressen werden (STAUB et al. 1987a, STAUB 1992, STAUB et al. 1992, STAUB 2001), welche wie die Fischer selektiv grosse Äschen entnehmen (STAUB et al. 1987a), kann nicht scharf zwischen Befischung und Prädation unterschieden werden.

Die festgestellte Veränderung des Altersaufbaus ist als Hinweis zu deuten, dass sich der Druck durch Fischerei und Prädation im Verhältnis zum nachwachsenden Äschenbestand erhöht hat. Hinweise auf weitere Ursachen für die Abnahme des Anteils alter Äschen (Krankheiten, kraftwerksbedingte Mortalität, Emigration) liegen nicht vor. Auch hinsichtlich der Sommertemperaturen ist der Linthkanal nicht das kritischste Äschen-Gewässer der Schweiz mit einem absoluten Spitzenwert im Jahr 2003 von 24.7°C und dem maximalen Tagesmittelwert von 24.0°C. Im Vergleich dazu überstieg das Tagesmittel am Rhein bei Rekingen an drei aufeinanderfolgenden Tagen die Marke von 26°C, mit einer Spitze von 26.3°C. Dies führte zu einem Ausfall von zehntausenden von Äschen im Rhein zwischen Stein am Rhein und Rheinfallbecken (BADER et al. 2004).



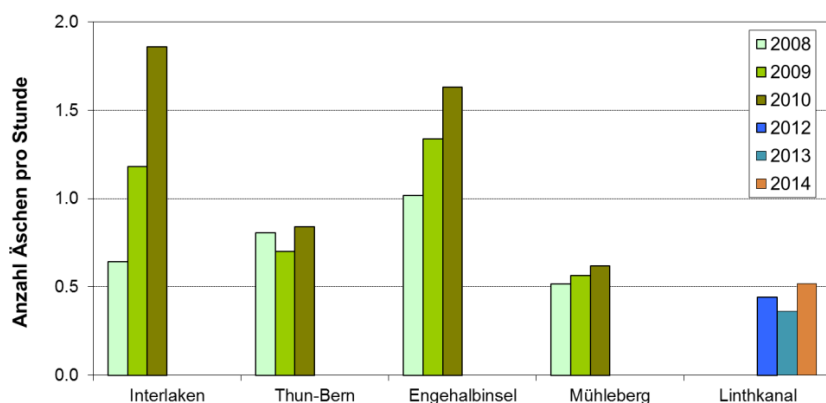
Die festgestellte Entwicklung des Altersaufbaus legt nahe, dass einerseits die bestehenden Fischerei-Schonbestimmungen überprüft werden und dass andererseits Massnahmen zur weiteren Eindämmung des Prädationsdrucks durch Kormorane und eventuell Gänsesäger geprüft werden müssen.

### 3.6. Fangenerfolg (“catch per unit effort“) und Prädationsdruck

#### 3.6.1. Fangenerfolg

Anlässlich der Sonderfänge wurde konsequent die Fangdauer registriert. Zusammen mit der Zahl der gefangenen Äschen kann der Fangenerfolg oder “catch per unit effort, CPUE“ berechnet werden, wobei sowohl massige als auch untermassige Äschen gezählt wurden.

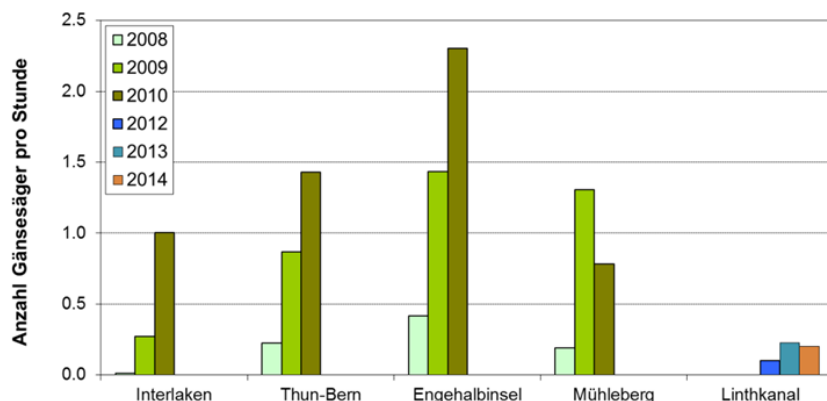
Der CPUE variierte im Linthkanal von Jahr zu Jahr nur sehr geringfügig und war in der letzten der drei Fangsaisons (2013/14) am höchsten (Abb. 38). Der Vergleich mit verschiedenen Aarestrecken des Kantons Bern zeigt, dass der Fangenerfolg im Linthkanal vergleichbar ist mit der Aare bei Mühleberg. In den Berner Strecken wurden je nach Jahr zwei bis viermal so hohe Fangenerfolge erzielt als im Linthkanal (Abb. 38).



**Abb. 38** Durchschnittlicher Fangenerfolg (Äschen pro Stunde) anlässlich von Sonderfängen durch ausgewählte Angelfischer. Vergleich Linthkanal mit verschiedenen Aarestrecken im Kanton Bern.

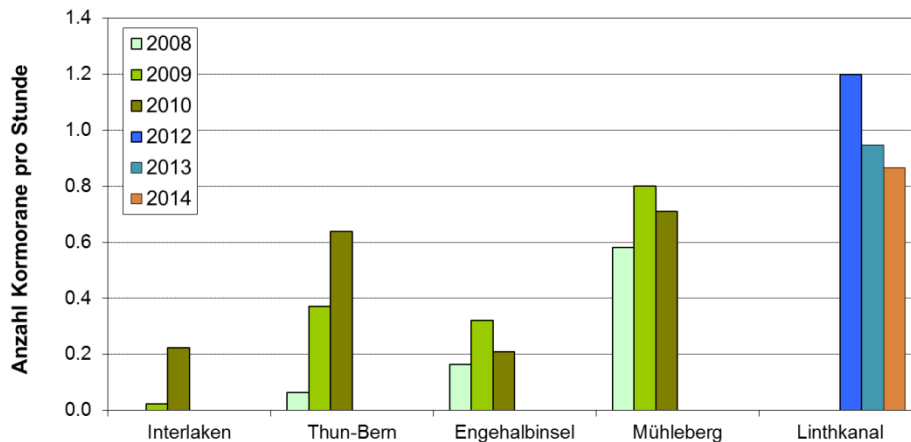
#### 3.6.2. Häufigkeit von Prädatoren (Kormorane und Gänsesäger) während Fangsaison

Im Vergleich mit der Aare im Kanton Bern, wo bis über zwei Gänsesäger pro Stunde beobachtet werden konnten, waren Gänsesäger am Linthkanal nur sehr selten zu beobachten. Auf vier bis zehn Stunden am Wasser wurde ein Gänsesäger beobachtet (Abb. 39).



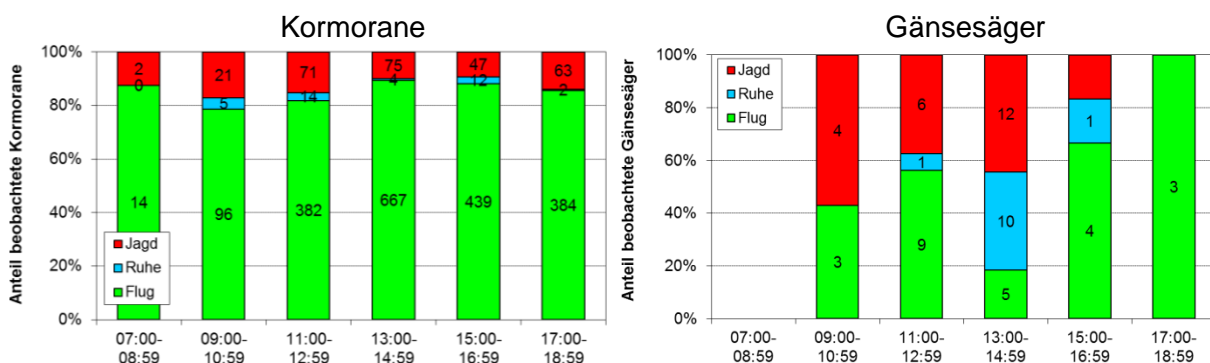
**Abb. 39** Gänsesäger-Zählungen durch Angelfischer anlässlich der Sonderfänge (Vögel pro Stunde Präsenz am Wasser). Vergleich zwischen Linthkanal und verschiedenen Aarestrecken im Kanton Bern.

Bei den Kormoranen war es gerade umgekehrt: Die Häufigkeit der Beobachtungen war am Linthkanal bedeutend höher als an irgendeiner der Aarestrecken. Pro Stunde Präsenz am Wasser wurde durchschnittlich ein Kormoran beobachtet (Abb. 40). Bei der Beurteilung der beiden Vogelarten hinsichtlich ihrer Relevanz am Linthkanal ist der Kormoran prioritär.



**Abb. 40 Kormoran-Zählungen durch Angelfischer anlässlich der Sonderfänge (Vögel pro Stunde Präsenz am Wasser). Vergleich zwischen Linthkanal und verschiedenen Aarestrecken im Kanton Bern.**

Allerdings ist für die Beurteilung eines möglichen Einflusses fischfressender Vögel auch ihre Aktivität entscheidend. Die Erhebungen zur Aktivität ergaben, dass lediglich etwa 12% der beobachteten Kormorane am Fressen waren, während der überwiegende Teil der Vögel über den Linthkanal flog (Abb. 41). Bei den Kormoranen änderten die Aktivitäten im Tagesverlauf nur wenig. Die im Kanton Bern festgestellte vermehrte Nahrungsaufnahme der Kormorane in den frühen Morgenstunden konnte am Linthkanal nicht bestätigt werden (Abb. 41). Beim Gänsesäger war der Anteil jagender Vögel mit 31% aller Beobachtungen bedeutend höher (Abb. 41). Angesichts der sehr geringen Zahl beobachteter Gänsesäger war die absolute Zahl jagender Vögel nur etwa halb so hoch wie beim Kormoran.



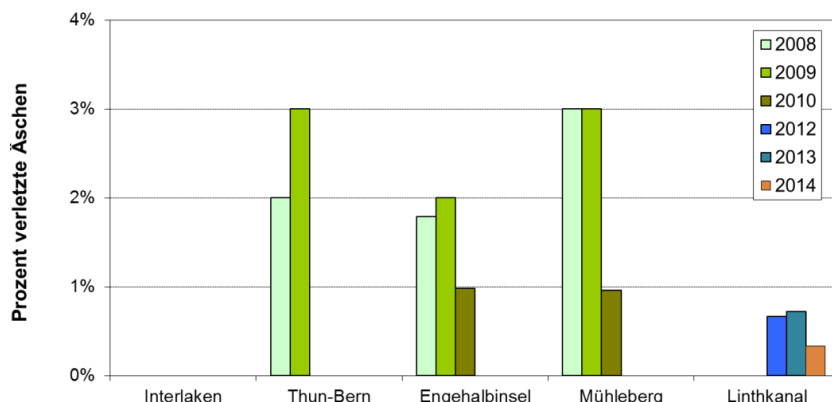
**Abb. 41 Aktivitätsmuster der beobachteten Kormorane (links) und Gänsesäger (rechts) am Linthkanal nach Tageszeiten gegliedert.**

### 3.6.3. Häufigkeit von Äschen mit Verletzungen durch fischfressende Vögel

Anlässlich der Sonderfänge wurden nur sehr selten Äschen mit Verletzungen durch Prädatoren gefangen. Die Quote lag in allen Jahren unter 1% (Abb. 42). Diese Werte sind vergleichbar mit denjenigen aus der Aare im Kanton Bern, aber bedeutend tiefer als im Rahmen von Erhebungen anlässlich des Laichfischfangs am Rhein, wo der Anteil verletzter Fische bis zu 28% betrug (STAUB et al. 1992) oder an der Aare bei Thun, wo jede vierte Äsche Kormoran-Verletzungen aufwies (GUTHRUF 2011a).

Aus folgenden Gründen sind im Rahmen der Sonderfänge tiefe Verletzungsquoten zu erwarten:

- Angesichts des hohen Anteils an jungen Äschen in der Population ist die Wahrscheinlichkeit sehr gering, dass eine Äsche verletzt entkommt. Die meisten überleben einen Kontakt mit dem Kormoran nicht.
- Zudem ist die Wahrscheinlichkeit, dass verletzte Äschen an die Angel gehen, geringer als bei unverletzten Tieren. Dies dürfte eine mögliche Erklärung sein, warum verletzte Tiere in Netzfängen häufiger sind als in Anglerfängen.



**Abb. 42 Prozentanteil von Äschen mit Verletzungen durch fischfressende Vögel. Erhebung im Rahmen der Sonderfänge. Vergleich zwischen dem Linthkanal und verschiedenen Aarestrecken im Kanton Bern.**

Auch bei Berücksichtigung der oben erwähnten Anmerkungen zu den Verletzungsquoten kann der Schluss gezogen werden, dass der Einfluss von Gänsesägern und Kormoranen auf die Äschenpopulation während der Fangsaison nur begrenzt ist. Die im Vergleich zu anderen Gewässern geringen Präsenzen jagender Vögel sowie die tiefen Verletzungsquoten sprechen deutlich dafür.

### 3.6.4. Häufigkeit von Prädatoren ausserhalb der Fangsaison

Allerdings kann Prädation nicht nur während der Fangsaison vorkommen. Gänsesäger und Kormorane erreichen im Winterhalbjahr ihre höchsten Dichten, wenn zahlreiche, aus Nord-europa stammende überwinternde Tiere in die Schweiz kommen (STAUB et al. 1987a, STAUB 2001). Erst gegen Ende des Winters verlässt der grössere Teil des Bestandes an Kormoranen und Gänsesägern Mitteleuropa, um in Nordeuropa zu brüten. Lediglich die in der Schweiz brütenden Tiere oder Tiere, die die Schweiz auf ihren verspäteten Wanderungen gegen Norden überqueren, leben ausserhalb des Winters in der Schweiz. Die Zahl der in der Schweiz brütenden Brutpaare hat in den letzten Jahren zugenommen (KELLER & MÜLLER 2015).

Entscheidend für die Beurteilung des Einflusses der Prädatoren auf den Äschenbestand ist die Frage, ob die Vögel die laichenden Äschen beeinflussen.

Im Jahr 2015 konzentrierten sich die Laichtiere sehr stark auf dem Laichplatz Henkelgiessen: Anlässlich der Laichplatzkartierung vom 25.03.2015 konnten alleine auf dem grossen Laichplatz im oberen Teil des Henkelgiessens rund 50 laichreife Männchen beobachtet werden, die allesamt Laichverhalten zeigten.

Etwa eine Woche später, am 31.03.2015, konnte der Fischereiaufseher Andreas Zbinden auf dem Laichplatz Henkelgiessen 20-25 jagende Kormorane beobachten.

Am 01.04.2015 war die Zahl der auf dem Laichplatz Henkelgiessen jagenden Kormorane auf 38-40 und am 2.4.2016 auf 60 Vögel angewachsen. Am 1.4.2016 erfolgte der Abschuss eines Kormorans durch die Wildhut. Magenanalysen ergaben, dass der Vogel eine Äsche

gefressen hatte. Ab dem 02.04.2015 liessen sich keine Äschen mehr auf Laichplatz Henkelgiessen beobachten (pers. Mitteilung Kurt Keller, Fischereiaufseher Kanton St. Gallen).

Diese Beobachtung zeigt, dass Kormorane ausserhalb der Fangsaison erheblichen Schaden am Äschen-Laichtierbestand anrichten können. Dass laichende Äschen das Ziel von Kormoranen darstellen können, konnte bereits am Hochrhein zwischen Stein am Rhein und Diesenhofen (STAUB et al. 1987a) und an der Aare in Thun belegt werden (GUTHRUF 2011a). Im Falle des Linthkanals lag der Schaden nicht alleine in der Entnahme von Laichtieren, sondern auch darin, dass die laichenden Äschen den optimal geeigneten Laichplatz bereits lange vor dem Ende der Laichzeit verliessen.

Im Hinblick auf die Bewirtschaftung der Äsche ist unbedingt ein Management der fischfressenden Vögel einzuplanen. Im Besonderen sind Massnahmen zu treffen, um die Kormorane von den Laichplätzen der Äschenpopulation des Linthkanals fernzuhalten. Diesbezüglich sind speziell die Laichplätze beim Ausfluss aus dem Walensee, zwischen Maag- und Rautibachmündung, im Henkelgiessen, bei Giessen und Gryнау im Auge zu behalten.

### 3.7. Laichreife und Fangmindestmass

#### 3.7.1. Situation in den Jahren 1998 - 2002

In den Jahren 1998 bis 2002 wurden im Linthkanal Reifegraduntersuchungen an Äschen durchgeführt. Diese ergaben, dass Äschen im Alter von 2 Jahren (1<sup>+</sup>) je nach Beurteilungsmethode zu 14% (Auswertung Laichmarken) bzw. 26% (Laichfischfang) laichreif werden und dass ältere Äschen zu 95% (Laichmarken) bzw. 92% (Laichfischfang) reif werden.

Dies deckt sich mit Beobachtungen aus der Aare im Kanton Bern, wo 2 Jahre alte Äschen zum Teil und drei und mehr Jahre alte Äschen zu 100% laichreif werden. Allerdings war in der Aare der Anteil der reifen Fische höher: Je nach Jahr waren auf Grund von Sonderfängen durch Angelfischer im Oktober zwischen 29 und 55% der 1<sup>+</sup>-Männchen und zwischen 33 und 75% der 1<sup>+</sup>-Weibchen laichreif (GUTHRUF 1996). Während bei den Männchen die reifen Tiere signifikant grösser waren als die unreifen, war bei den Weibchen kein längenmässiger Unterschied zwischen reifen und unreifen Tieren nachweisbar (GUTHRUF 1996).

Aus der Längenverteilung der Linthkanal-Äschen aus dem Äschen-Laichfischfang ist ersichtlich, dass die kleinste reife Äsche 33 cm lang war (Pfeil in Abb. 43).

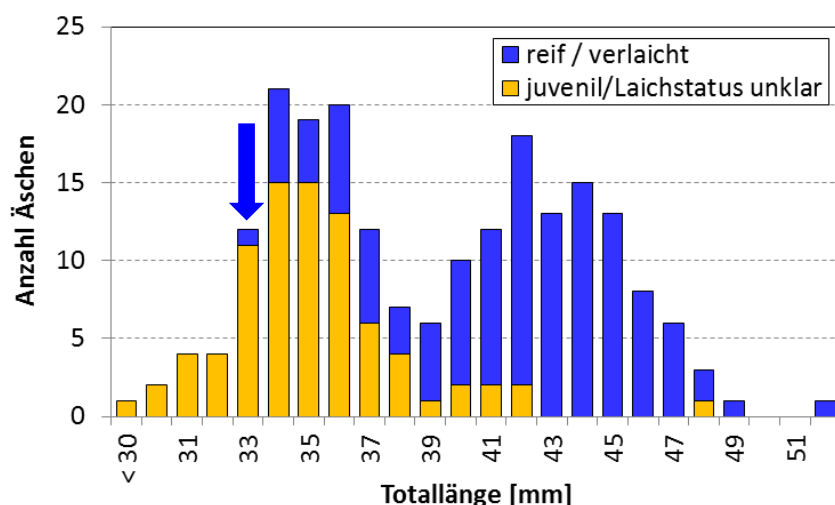


Abb. 43 Längenverteilung und Laichreife der Äschen im Linthkanal im Rahmen des Laichfischfangs in den Jahren 1998 – 2002. Daten: (HERTIG 2006). Pfeil: kleinste reife Äsche.

Da selbst die kleinste reife Äsche mit 33 cm (Abb. 43) behändigt werden kann, bevor sie zum Abblachen kommt, trägt das jetzige Fangmindestmass von 32 cm nicht zum Schutz der Erstlaicher bei (HERTIG 2006).

Der Befischungsdruck ist die entscheidende Grösse, ob trotz dieses Fangmindestmasses eine nachhaltige Nutzung der Äschenpopulation möglich ist. Je nach Untersuchung wurde die Befischungsintensität am Linthkanal unterschiedlich beurteilt: Ruhlé & RIGET (1998) gingen von einem "hohen Fangdruck am Linthkanal" aus, und sahen darin einen möglichen Grund für den Fangrückgang. HERTIG (2006) hingegen schloss auf Grund geringer Quoten von Angelverletzungen (13% bei Äschen  $\geq 1^+$ ), von Mortalitäts-Berechnungen (natürliche Mortalität 44%; Befischungsmortalität 27%) und des damals "ausgewogenen" Altersaufbaus, dass der Befischungsdruck "vergleichsweise moderat" ist. Darauf abstützend wurde empfohlen, auf eine Veränderung des "reproduktionsbiologisch viel zu tiefen Fangmindestmasses" zu verzichten (HERTIG 2006).

### 3.7.2. Situation heute

Das geltende Fangmindestmass von 32 cm schützt Erstlaicher auch bei den aktuellen Wachstumsbedingungen nicht. Auch die Länge der kleinsten  $2^+$ -Äschen liegt gemäss aktuellen Altersbestimmungen deutlich über dem Fangmindestmass (Abb. 44). Dieser Befund deckt sich mit der Beurteilung von früheren Arbeiten (RULÉ & RIGET 1998, HERTIG 2006).

Zudem übt das geltende Fangmindestmass einen starken Selektionsdruck aus, da es nahe der Mitte der  $1^+$ -Längenverteilung liegt (Abb. 44). Das bedeutet, dass die schnell wachsenden  $1^+$ -Äschen selektiv herausgefangen werden, während die langsam wachsenden Individuen ein Jahr länger im Linthkanal verbringen, bis die Angelfischer sie behändigen dürfen. Wie stark sich diese Längenselektion ausgehend vom Fangmindestmass auswirkt, wird im Wesentlichen durch den Befischungsdruck bestimmt. Das Thema Befischungsdruck wird in Kapitel 3.7.1 behandelt. Wie hoch dieser heute ist, kann nicht beurteilt werden.

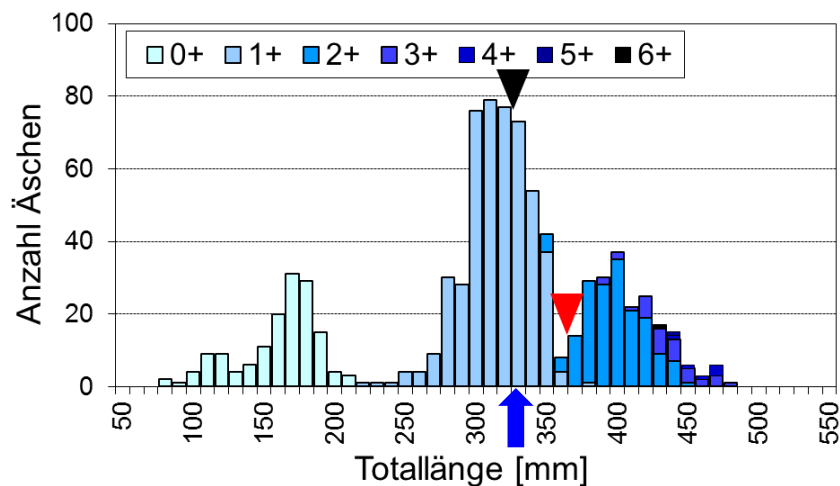


Abb. 44 Längenverteilung und Alter der Äschen im Linthkanal im Rahmen der Sonderfänge durch Angelfischer in den Jahren 2012 – 2015. Schwarzes Dreieck: bestehendes Fangmindestmass von 32 cm. Blauer Pfeil: Länge der kleinsten laichreifen Äsche im Laichfischfang der Jahre 1998 – 2002 Daten: (HERTIG 2006). Rotes Dreieck: Vorschlag eines Fangmindestmasses zum Schutz der Erstlaicher.

## 4. Bewirtschaftungsvorschläge

### 4.1. Zustand während der Jahrtausendwende

#### 4.1.1. Besatz

Der Linthkanal war praktisch durchgehend kanalisiert, Naturufer machten lediglich 2.5% der Uferlinie aus und Verbauungen mit Blocksatz oder Mauerwerk bildeten auf 97.5% der Uferlänge die Wasseranschlaglinie. Bei niedrigem Abfluss waren deshalb die Habitate für Äschenlarven limitierend. Lediglich bei hohem Abfluss, wenn der Pegel bis ins grasbewachsene Vorland reichte, fanden die Äschenlarven geeigneten Lebensraum. Fiel der Pegel aber während der Larvenphase der Äsche nur kurzzeitig unter diese Marke, war der ganze Jahrgang verloren. Entsprechend gab es sehr starke jährliche Schwankungen in der Äschenlarvendichte und sehr grosse Unterschiede in der Jahrgangsstärke (HERTIG 2006). Um die Jahre mit geringem Abfluss auszugleichen, war damals Äschen-Besatz sehr wichtig (RULÉ & RIGET 1998, HERTIG 2006). Während der Linthkanal früher in Jahren, in denen der Laichfischfang zu wenig Laichtiere erbrachte, mit Äschen besetzt wurde, deren Elterntiere aus dem Hochrhein stammten (STAUB et al. 1992, VONLANTHEN et al. 2010), fand der Besatz in den letzten Jahren ausschliesslich mit Äschen statt, deren Elterntiere aus dem Linthkanal selbst stammten. Die Eier wurden auf Laichfischfängen gewonnen. Später wurde ein Elternstamm aufgezogen auf der Basis von Äschenlarven, die im Linthkanal gefangen wurden (pers. Mitt. M. Kugler). Ab 2012 wurden Brütlinge, Vorsommerlinge und Sommerlinge eingesetzt (Tab. 6). Die Besatzzahlen waren aber bedeutend geringer als in früheren Jahren (Abb. 45).

Tab. 6 Äschen-Besatz im Linthkanal in den Jahren nach Abschluss der Revitalisierungen, nach Besatzalter getrennt

| Jahr | Brut  | Vorsommerlinge | Sommerlinge |
|------|-------|----------------|-------------|
| 2012 |       | 6'977          | 477         |
| 2013 |       |                |             |
| 2014 |       | 25'000         |             |
| 2015 | 8'000 |                |             |

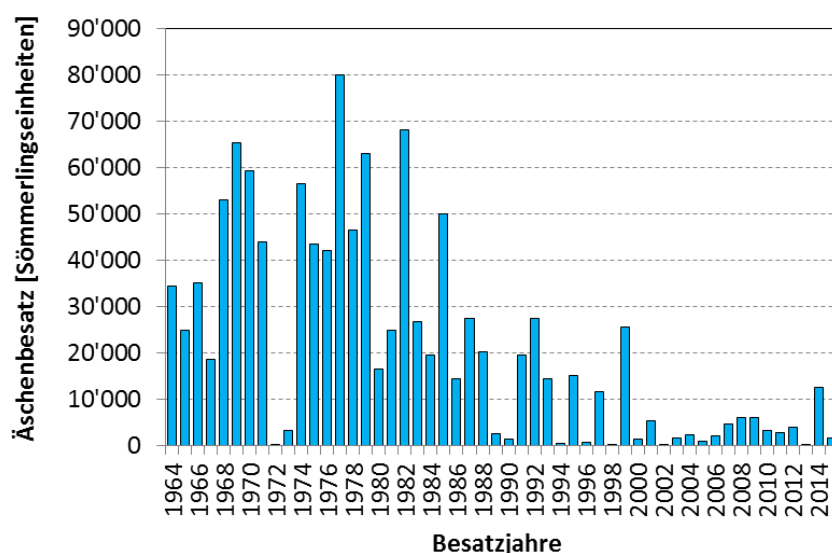


Abb. 45 Äschen-Besatz im Linthkanal umgerechnet in Sömmerlingseinheiten SE (Brut = 0.1SE; Vorsömmerling/Streckling = 0.5 SE, Sömmerlinge = 1 SE, Jährlinge = 1.5 SE. Daten: Amt für Natur, Jagd und Fischerei des Kantons St. Gallen.

#### 4.1.2. Im Jahr 2002 geltende Schonbestimmungen

Bereits zwischen 1998 und 2002 war das Fangmindestmass von 32 cm in Kraft. Die Erstlaicher waren nicht geschützt. Da der Altersaufbau trotz dieses reproduktionsbiologisch zu tief angesetzten Fangmindestmasses aus zahlreichen Jahrgängen bestand, wurde auf eine Erhöhung des Fangmindestmasses verzichtet.

weitere Schonbestimmungen:

- Fangzahlbeschränkung: 6 Edelfische (Forellen, Äschen, Felchen) pro Tag
- Äschen-Schonzeit: 1. Januar bis 31 Mai.
- Schongebiet: Walensee-Auslauf bis Landig

#### 4.2. Veränderung seit dem Jahr 2002

Seit dem Jahr 2002 haben sich im Linthkanal mehrere Voraussetzungen wesentlich verändert: Im Henkelgiessen entstand ein wichtiges Laichgebiet mit idealen Bedingungen. Uferrevitalisierungen führten dazu, dass der Anteil von Naturufern von 2.5% auf 23% gestiegen ist. Diese beiden Verbesserungen führten dazu, dass starke Jahrgänge nicht nur in Jahren mit hohem Abfluss aufkommen können, sondern auch in Jahren, wenn die Wasserlinie an den befestigten Ufern im Bereich der harten Verbauungen aufs Ufer trifft. In einem solchen Jahr mit geringem Abfluss (2014) entwickelte sich ein so grosser Äschenlarvenbestand, wie er in den Jahren zwischen 1998 und 2002 nie anzutreffen war (Abb. 17). Daraus ist abzuleiten, dass der **Stellenwert der Naturverlaichung gegenüber der Zeit vor der Revitalisierung sehr stark gestiegen ist**. Starke Jahrgänge können nicht nur in Jahren mit hohem Abfluss aufkommen, sondern neu auch bei geringem Abfluss.

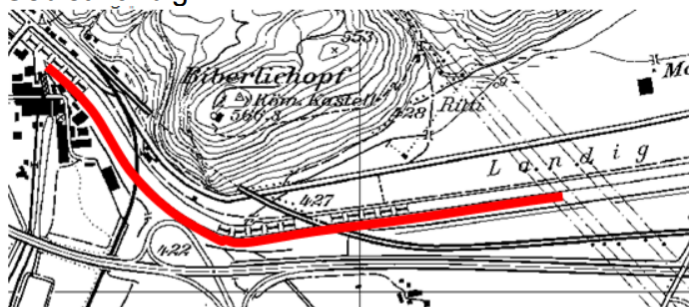
- Es ist deshalb zu prüfen, ob Äschen-Besatz in Zukunft noch notwendig ist.
- Da der Stellenwert der natürlichen Fortpflanzung gegenüber früher gestiegen ist, sind Massnahmen zum Schutz des Laichtierbestandes zu ergreifen (Schonbestimmungen, Prädatoren-Management).

Ein Teil der Massnahmen wurde bereits umgesetzt: So wurde die maximale Fangzahl der Äschen von 6 auf 4 Tiere reduziert und Schongebiete in den revitalisierten Abschnitten ausgedehnt. Im Gegenzug wurde die Äschen-Schonzeit um einen Monat verkürzt:

Aktuell geltende Schonbestimmungen:

- Fangzahlbeschränkung: 4 Forellen oder Äschen pro Tag
- Äschen-Schonzeit: 1. Februar bis 31 Mai.
- Schongebiete: Landig bis Rautibach-Mündung, Henkelgiessen

Gebiet Landig:



Gebiet Hänggelgiessen:

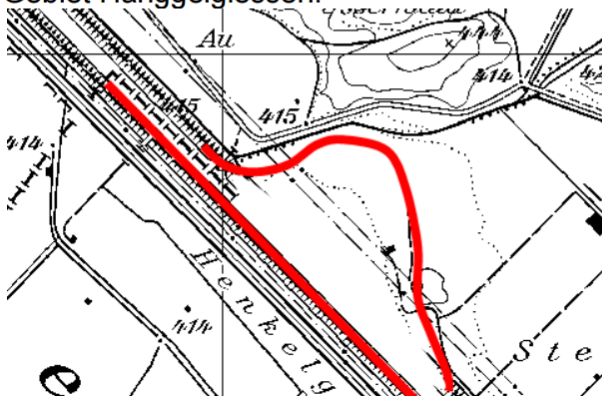


Abb. 46 Aktuell geltende Schongebiete.

### 4.3. Empfehlungen für die künftige Bewirtschaftung der Äsche

#### 4.3.1. Besatz

Genetische Untersuchungen an den drei im Kanton St. Gallen gelegenen Äschenpopulationen von nationaler Bedeutung (Linthkanal, Werdenberger Binnenkanal und Thur / Necker) ergaben, dass die Äschenpopulation des Linthkanals zusammen mit derjenigen des Hochrheins eine Ober-Einheit bildet (VONLANTHEN et al. 2010). **“Die genetischen Unterschiede (zwischen den Populationen im Linthkanal und Hochrhein sowie allen anderen SG-Populationen) sind dabei relativ gross, und der natürliche Genfluss zwischen diesen Populationen ist sehr gering. Es muss deshalb davon ausgegangen werden, dass sich die Populationen lokal angepasst haben, und diese sollten somit alle getrennt bewirtschaftet werden“.** Die Autoren kommen deshalb zum Schluss, dass **“Alle ... Populationen sind genetisch stark unterschiedlich und sollten somit eigenständige Bewirtschaftungseinheiten darstellen, welche nicht anthropogen vermischt werden“** (VONLANTHEN et al. 2010).

Sollte man sich in Zukunft für eine Weiterführung des Äschen-Besatzes entscheiden, muss dieser zwingend auf Elterntieren aufbauen, welche aus dem Linthkanal stammen. Um dessen Erfolg aufzeigen zu können, ist dieser mit einer Wirkungskontrolle zu begleiten (Markierung der Besatzfische).

#### 4.3.2. Schonbestimmungen

Angesichts des gestiegenen Stellenwerts der natürlichen Reproduktion sollte der Laichtierbestand der Äsche stärker gefördert werden. Die Sonderfänge ergaben aber, dass ältere Tiere und damit sichere Laichtiere prozentual eher abgenommen haben. Dieser Rückgang des Anteils alter Tiere ist zudem ein Hinweis, dass die “Reserve“ des Bestandes seit 2002 kleiner geworden ist. Dies muss nicht zwingend auf eine Erhöhung des Befischungsdrucks



zurückgeführt werden, da sich Befischung und Prädation (die beide die Äschen erst ab einer gewissen Grösse nutzen) addieren.

Die neue Äschen-Bewirtschaftung muss deshalb folgende Ziele erreichen:

- Die neuen Schonbestimmungen müssen die Erstlaicher schützen,
  - Die Längenselektion des Fangmindestmasses sollte möglichst gering sein,
  - Das Prädatoren-Management sollte garantieren, dass Äschen ablaichen können
- Um 1<sup>+</sup>-Äschen absolut zu schützen, wäre ein **Fangmindestmass von 38 cm** nötig. Dieses bewirkt aber eine relativ starke Längenselektion bei den 2<sup>+</sup>-Äschen

Ein **Fangmindestmass von 36 cm** führte nur zu sehr geringen Einbussen durch Befischung bei den 1<sup>+</sup>-Äschen (1 von total 471 1<sup>+</sup>-Äschen könnte gefangen werden) würde aber die Längenselektion minimieren.

Beide **Schongebiete** befinden sich im Bereich von Äschenlaichplätzen und tragen somit zur Schonung des dortigen Laichtierbestandes bei. Da die Wanderungen der Äschen nicht bekannt sind, ist der Anteil der Tiere, die auch während der Fangsaison im Schongebiet bleiben, nicht bekannt. Die Beobachtung zahlreicher und teilweise sehr grosser laichender Äschen im Henkelgiessen spricht dafür, dass einige Äschen auch während der Fangsaison im Schongebiet verweilen. Deshalb wird empfohlen, diese Schongebiete trotz der Unsicherheit mit den Wanderungen beizubehalten (Abb. 46).

Die **Schonzeit** deckt die Laichzeit der Äsche gut ab und bietet vor und nach der Reproduktionsphase einen Puffer von rund einem Monat. Es gibt deshalb keinen Handlungsbedarf für eine Verlängerung oder Verkürzung der Schonzeit. Es sei deshalb dem Bewirtschaftler überlassen, über die Länge der Schonzeit zu entscheiden.

Unabhängig vom Schutz der Laichtiere sollte die Entscheidung über eine Äschenfischerei im Januar auch Überlegungen dazu enthalten, wie viele der gefangenen Äschen bei einem Fangmindestmass von 36 cm behändigt werden dürfen. Die nach Monaten und Längensklassen getrennt erhobene Fangstatistik lässt eine solche Beurteilung zu.

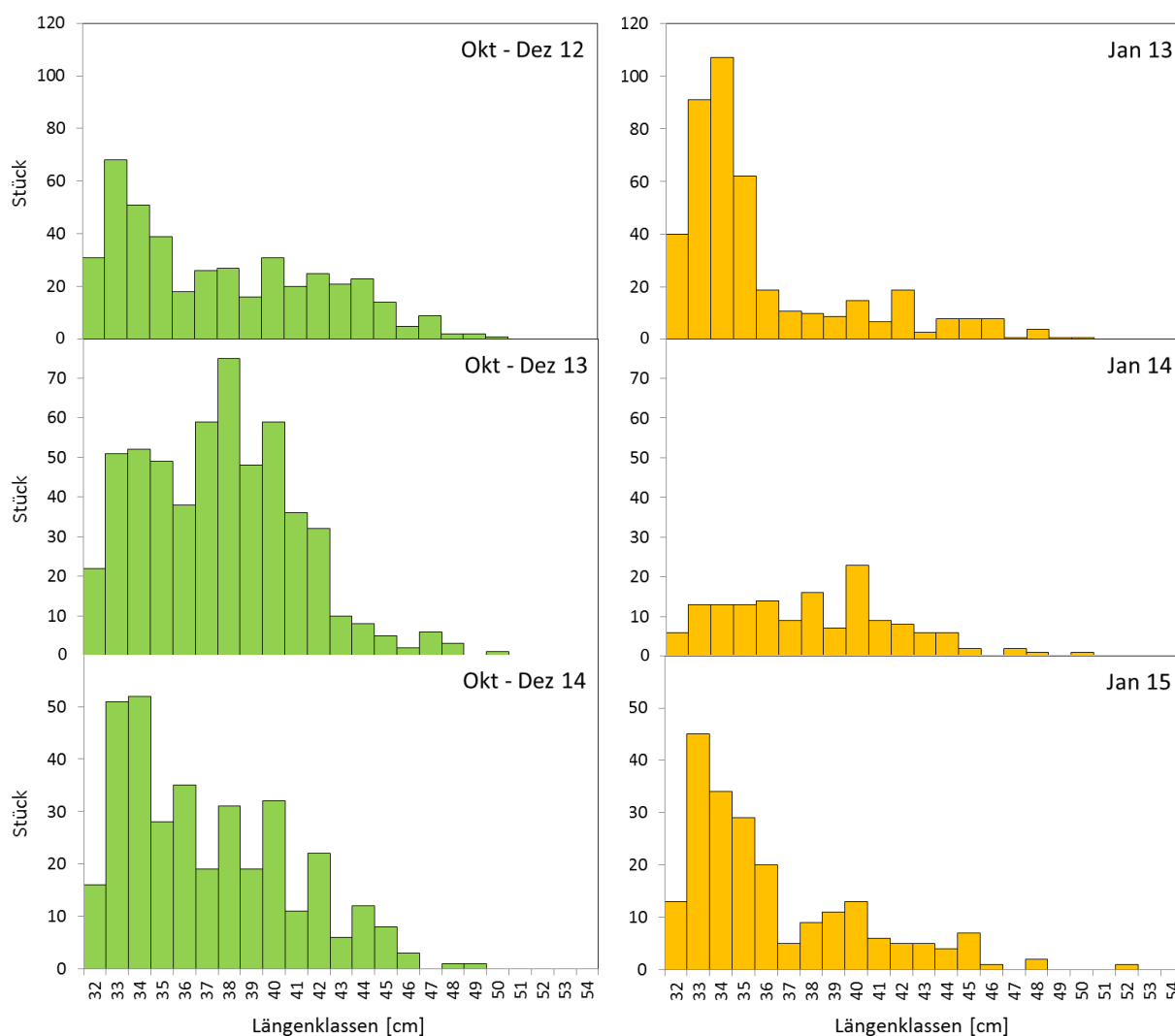
Beim heute geltenden Fangmindestmass erfolgen je nach Jahr zwischen 21 und 50% des Gesamtfangs im Januar. Bei einem Fangmindestmass von 36 cm läge dieser Anteil mit 28 - 43% über dem Erwartungswert auf Grund der Anzahl möglicher Fangtage (25%).

Aus der Längenverteilung ist weiter ersichtlich, dass in Jahren mit starken 2<sup>+</sup>-Jahrgängen (2013-14) sowohl im Oktober bis Dezember als auch im Januar mehr als die Hälfte der gelandeten Äschen behändigt werden kann (Tab. 7).

In Jahren mit starken 1<sup>+</sup>-Jahrgängen hingegen (2012-13, 2014-15) erreichen rund 75% der Äschen das Schonmass nicht, und bereits im Oktober bis Dezember können nur 23 - 27% der Äschen behändigt werden. Im Januar solcher Jahre kann nur ein kleiner Bruchteil der gelandeten Äschen behändigt werden (Tab. 7). In solchen Jahren müssen 80 bzw. 88% der gelandeten Äschen, wieder freigelassen werden, was kurz vor der Laichzeit mit einem gewissen Stress und Verletzungsrisiko verbunden ist. Die Längenverteilungen sind in Abb. 47 dargestellt.

**Tab. 7 Nach Fangmonaten getrennte Anteile der Äschen, die bei einem Fangmindestmass von 36 cm behändigt werden dürfen. Daten Längenverteilung: Fischereikommission für den Zürichsee, Linthkanal und Walensee. Da diese ausschliesslich Äschen über 32 cm umfassten, war eine Korrektur anhand der Sonderfänge  $\geq 1^+$  erforderlich.**

|                        | 2012-2013 | 2013-2014 | 2014-2015 |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Anteil massige Okt-Dez | 23%       | 54%       | 27%       |
| Anteil massige Jan     | 12%       | 55%       | 20%       |



**Abb. 47** Längenverteilung der im Linthkanal gefangenen Äschen nach Fangmonaten und Fangjahren getrennt. Daten: Fischereikommission für den Zürichsee, Linthkanal und Walensee.

Es ist aber auch zu berücksichtigen, dass die Aktivitäten im Zusammenhang mit der Winterfischerei möglicherweise die Kormorane davon abhalten, den Äschen nachzustellen, zumindest in den intensiv befischten Strecken. Selbst wenn die Abwehr-Wirkung der Fischer begrenzt ist, besteht die Möglichkeit, dass Kormoran-Einfälle frühzeitig erkannt und Abwehrmassnahmen eingeleitet werden können.

Der Beitrag der **Fangzahlbeschränkung** zur Schonung des Äschenbestandes ist in Patentgewässern nur begrenzt, wie Erfahrungen in der Aare zwischen Thun und Bern zeigten. Die Beschränkungen der Fangzahlen wurden durch erhöhte Anglerpräsenz mehr als wettgemacht. Nach dem Ende des dreijährigen Fangmoratoriums und einer Verschärfung der Tagesfangzahl von 6 auf 2 Äschen und der Einführung einer Jahresfangzahl von 20 Äschen erzielten die Fischer einen höheren Fang als vor der Einschränkung, während sich der Ertrag [kg] mehr als verdoppelte. Fangzahlbeschränkungen dürften deshalb eher zu einer "gerechteren" Verteilung des Fangs unter den Fischern als zu einer effektiven Schonung des Äschenbestandes beitragen. Es wird deshalb keine Empfehlung bezüglich einer Fangzahlbeschränkung abgegeben.

Die Beurteilung des Fangmindestmasses basiert auf den Reifeuntersuchungen aus den Jahren 1998 – 2002. Da das Wachstum seither nur sehr geringfügig und je nach Altersklasse

nicht signifikant zurückgegangen ist, wird empfohlen, die Reifebestimmungen aus den Jahren 1998 – 2002 zu verwenden.

Es ist aber sinnvoll, im Abstand von 5 – 10 Jahren das Wachstum der Äschen an 50 bis 100 Tieren zu überprüfen und falls das Wachstum weiter abnimmt, im Rahmen von Sonderfängen durch Angelfischer Reifeuntersuchungen durchzuführen.

### 4.4. Prädatoren

Bereits in früheren Jahren spielte Kormoranprädatoren im Linthkanal eine entscheidende Rolle: Während im Winter 1982/83 erste Kormoraneinflüge erfolgten, suchten die Vögel das Gewässer im folgenden Winter bereits in grösseren Zahlen auf. Ab 1983/84 bis zum Beginn des Winters 1984/85 erfolgten Abwehraktionen der Fischer mit Petarden. Nach einem Verbot solcher "Selbsthilfeaktionen" folgte im späten Winter 1984/85 eine sehr starke Prädatoren durch Kormorane (STAUB et al. 1987b).

Diese führte nicht nur zu einem massiven Rückgang der Anglerfänge um 82%, sondern auch zu einem Zusammenbruch des Äschen-Laichfischfangs, der als "catch per unit effort CPUE" dargestellt werden kann und somit belegt, dass ein effektiver Zusammenbruch des Bestandes stattgefunden hat (STAUB et al. 1992). Vor allem aber die zeitliche Abfolge eines sehr guten Anglerfanges (1984) gefolgt von einem aussergewöhnlich schlechten Laichfischfang widersprach diametral der bisherigen Erfahrung und engt den Zeitraum des Einbruchs des Äschen-Bestandes ein auf die Periode zwischen Dezember 1984 und März 1985 ein, dem Zeitraum, als die Kormorane den Linthkanal zum Fressen aufsuchten (STAUB et al. 1992).

Die Prädatoren wirkte sich auch auf den Altersaufbau der Äschen aus, welcher vor der Prädatoren durch ein Überwiegen kleiner Tiere und nach dem Kormoraneinfall durch ein Überwiegen alter Tiere geprägt war, welche zu gross für das Beutespektrum der Vögel waren. Das Beutespektrum der Kormorane ist breit, wie Auswurf- und Magenanalysen ergaben: Äschen zwischen 15 und 45 cm Länge wurden gefressen, wobei Tiere zwischen 28 und 45 cm Länge überwogen (STAUB et al. 1992). Diese Ergebnisse decken sich mit Angaben zur maximalen Grösse von Fischen, die Kormorane verschlingen können: Diese liegt bei 800 g (SUTER 1993, zit. in BAARS et al. 2001), was bei Umrechnung mit einer Längen-Gewichts-Beziehung für Äschen eine Länge von 45 cm ergibt. Vor allem in nahrungsarmen Zeiten kommt es dazu, dass Kormorane bis 5 kg schwere Fische verletzen, die sie niemals schlucken können (BAARS et al. 2001). Die Grösse der Äschen, die durch Kormorane verletzt werden – und diesen Kontakt teilweise nicht überleben – ist deshalb bedeutend höher als die Obergrenze des Beutespektrums der Vögel.

Auch in anderen Gewässern liessen sich starke Bestandeseinbrüche bei Äschenpopulationen beobachten, so in verschiedenen Gewässern der Schweiz (STAUB et al. 1992), aber auch in bayerischen und österreichischen Gewässern (BAARS et al. 2001).

Kormorane können Äschenbestände so stark dezimieren, dass sich infolge des Fehlens laichreifer Tiere ein völliger Zusammenbruch der Bestände abzeichnet (BAARS et al. 2001): An der Lenne (Nordrhein-Westfalen) wurde z. B. im ersten Winter mit Kormoranprädatoren ein Verlust des Äschenbestandes von 93% registriert (FRENZ et al. 1997). An der mittleren Gail führte Kormoranprädatoren zu einer Reduktion der Äschen-Biomasse zwischen 67 und 99% (Honsig-Erlenburg & Friedl 1997 zit. in Baars et al. 2001). Diese Befunde gelten nicht nur für monotone Lebensräume regulierter oder gestauter Gewässerstrecken, sondern insbesondere auch für Fließstrecken mit vielfältiger, dem natürlichen Gewässertyp entsprechenden Habitatausstattung und intakten hydrologischen Verhältnissen (JUNGWIRTH et al. 2003). Verluste durch Kormoranprädatoren lassen sich somit nicht durch Revitalisierung kompensieren, wie die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigten.

Gänsesäger fressen bedeutend kleinere Fische als Kormorane. Ihr Beutespektrum reicht von 4.4 bis 22.6 cm Körperlänge (PLATTEUW 1985; SJÖBERG 1988 zit. in BAARS 2001). Verschiedene Untersuchungen zeigten, dass Fischarten, die Versteckmöglichkeiten nutzen, viel

seltener von Gänsesägern erbeutet werden als Arten wie die Äsche, die im Freiwasser leben (BAARS et al. 2001, JUNGWIRTH et al. 2003). In mehreren Gewässern des bayerischen Voralpenlandes vollzog sich der Rückgang der Äschenbestände zeitgleich mit der Zunahme der Gänsesäger-Zahlen (STEINHÖRSTER & STEIN 1997 zit. in BAARS 2001). Auffallend war, dass die Äschen trotz der Prädation sich noch erfolgreich fortpflanzten und die Jungäschen über mehrere Monate bis zum ersten Winter erfolgreich aufwuchsen. Bis zum Ende des ersten Lebensjahres verschwanden diese aber dann grösstenteils aus dem Gewässer (BAARS et al. 2001). Abwehrmassnahmen von Gänsesägern in der Ammer führten dazu, dass die jungen Äschen den ersten Winter überlebten und die Dichte der Äschenpopulation signifikant zunahm. In Referenzstrecken ohne Abwehr der Prädatoren blieb eine solche Erholung des Bestandes aus (HANFLAND 2002, HANFLAND 2003).

In Gewässern bei gleichzeitigem Auftreten von Kormoranen und Gänsesägern sind die Auswirkungen auf die Äschenbestände am deutlichsten sichtbar, da ein- bis fünfjährige Äschen in deren Beutespektrum fallen: In den oberen Abschnitten der Iller und Isar waren die Äschenbestände im Jahr 2001 fast erloschen. Arten, welche sich unter Steinen oder in Blockverbauungen versteckt aufhalten (Schmerle, Groppe, Elritze) sind von einem solchen Rückgang nicht betroffen (BAARS et al. 2001).

Die Untersuchungen im Rahmen der Sonderfänge im Linthkanal, und insbesondere die Beobachtung auf den Laichplätzen zeigten, dass Prädation durch fischfressende Vögel am Linthkanal nicht zu vernachlässigen ist. Anhand des aktuellen Schadensbildes ist der Kormoran im Linthkanal stärker zu gewichten als der Gänsesäger. Auch das erfolgreiche Aufkommen der jungen Äschen bis zum Alter von 1<sup>+</sup> spricht für diese Einschätzung. Im Gegensatz dazu findet in der Aare zwischen Thun und Bern, wo Gänsesäger relativ häufig sind, eine starke Dezimierung der Äschen zwischen dem November des ersten und des 2. Lebensjahres statt.

**Ein Prädatoren-Management** muss gewährleisten, dass die absolut geschonten 1<sup>+</sup>-Äschen zu Laichtieren heranwachsen können und auf den Laichplätzen nicht gestört werden.

## 5. Ausblick

### 5.1. Uferstrukturen

Die Äschenlarvenkartierungen haben gezeigt, dass die bestehenden Uferverbauungen mit Blocksatz und insbesondere mit Mauerwerk als Lebensraum für Äschenlarven kaum oder überhaupt nicht geeignet sind und deshalb ein grosses gewässerökologisches Defizit darstellen. Die Äschenlarvenkartierungen zeigten aber auch, dass die naturnahen Flachufer eine massive Verbesserung gegenüber dem Ausgangszustand darstellen, insbesondere in Jahren mit geringem Abfluss während der Larvenphase. Diese erreichen jedoch heute lediglich einen Uferanteil von knapp einem Viertel.

Bei künftigen wasserbaulichen Eingriffen ist darauf zu achten, dass bestehende Verbauungen mit Mauerwerk und Blocksatz in naturnahe Flachufer umgewandelt werden. Falls dies aus Platzgründen nicht möglich ist, beispielsweise im eng eingeschnittenen Kanalabschnitt zwischen der Maagmündung und Schänis, so kann der Ufertyp gewählt werden, welcher hinsichtlich der Äschenlarvendichte das beste Ergebnis erbrachte (siehe Kapitel 3.4).

### 5.2. Geschiebezugabe

Die Revitalisierung am Henkelgiessen trug zu einer massiven Verbesserung des Laichplatz-Angebots im Linthkanal bei. Die Substratkartierungen zeigten aber auch, dass im Linthkanal Prozesse im Gang sind, welche zum Verlust von Laichplätzen führen können: So war die Sohle im oberen Teil des Kanals auf langen Strecken mit Feinsedimenten bedeckt. Dieser Prozess erfolgt sehr langsam, da das Wasser des Linthkanals in der Regel sehr klar und arm an Schwebstoffen ist. Einleitungen von Schlamm aus Baustellen, wie sie während der

Äschenlaichzeit im Jahr 2014 im Bereich von Weesen festgestellt wurden, können diesen Prozess massiv beschleunigen. Solche Einleitungen sind deshalb unter allen Umständen zu unterlassen. Ebenso fiel in dieser Strecke auf, dass relativ grosse Flächen mit Beständen der Dreikantmuschel überdeckt waren. Es ist davon auszugehen, dass die erwähnten Prozesse zu einem zunehmenden Verlust von Äschenlaichplätzen beitragen - auch im Henkelgiessen - und dass mangels Geschiebetrieb keine neuen hinzukommen. Es wird deshalb empfohlen, zu prüfen, ob sauberes Geschiebe, welches Geschiebesammlern in Zuflüssen des Linthkanals entnommen wird, im Linthkanal eingebracht werden kann. Dadurch könnte ein begrenzter Geschiebetransport reaktiviert werden, welcher sich in zahlreichen Gewässern sehr positiv auf den Fortpflanzungserfolg der Äsche auswirkte (SCHLEGEL 1996, SCHÄLCHLI et al. 2010, BREITENSTEIN & KIRCHHOFER 2011).

### 5.3. Weiterführung des Äschenmonitorings

Äschenlarvenkartierungen sind ein geeignetes Mittel, um Veränderungen des Fortpflanzungserfolges der Äsche sichtbar zu machen. Können Kolmation und Besiedlung durch Dreikantmuscheln zum Verschwinden bzw. Kiesschüttungen oder Revitalisierungen zur Entstehung von neuen Laichplätzen führen?

Da die Uferstruktur die Äschenlarvendichte ganz massgeblich beeinflusst, sollten die Kartierungen wie in den Jahren 2013 – 2015 nach Uferstrukturen spezifisch erfolgen. Ebenso sollten die Kartierungsstrecken möglichst über den ganzen Linthkanal sowie gleichmässig auf beide Ufer verteilt werden.

Da ein Grossteil des Äschenlarvenbestandes entlang naturnaher Ufer lebt, sollte dieser Ufertyp bei der Auswahl der Kartierungsstrecken doppelt gewichtet werden, wie dies bereits in den Jahren 2013 – 2015 der Fall war.

Um die Daten mit den Erhebungen der Jahre 2013 – 2015 vergleichen zu können, sollte eine Auswahl aus den bereits damals kartierten Strecken getroffen werden.

Mangels Zählpersonal muss die Gesamtzahl der zu kartierenden Strecken von 150 auf 60 reduziert werden. Daraus ergibt sich folgender Schlüssel:

| Ufertyp                      | Anzahl Strecken à 20m |
|------------------------------|-----------------------|
| Mauerwerk                    | 4                     |
| Blocksatz alt                | 12                    |
| Blocksatz neu                | 2                     |
| Blocksatz mit Bühnen         | 2                     |
| Blocksatz mit Schilf         | 4                     |
| Bootshaab                    | 2                     |
| Kiesschüttung steil          | 3                     |
| Kiesschüttung steil / Bühnen | 3                     |
| Naturufer                    | 24                    |
| Naturufer / Bühnen           | 4                     |
| <b>Summe Strecken</b>        | <b>60</b>             |

## 6. Literaturverzeichnis

- BAARS, M., MATHES, E., STEIN, H., STEINHÖRSTER, U. (2001): Die Äsche. Hohenwarsleben, Wetarp Wissenschaften: 128 S.
- BADER, S., DEVANTHÉRY, D., HERTIG, A., JAKOB, A., KAN, C., KOHLI, E., KOZEL, R., KUMMER, M., LIECHTI, H., LIECHTI, P., LUKES, R., MARTI, P., ROULIER, C., SCHORER, M., SCHÜRCH, M., SIEBER, U. (2004): Auswirkungen des Hitzesommers 2003 auf die Gewässer, Dokumentation. - BUWAL, Schriftenreihe Umwelt, Gewässerschutz 369: 174 S.
- BREITENSTEIN, M., KIRCHHOFER, A. (2011): Reaktivierung des Geschiebehaushaltes der Aare Fischökologische Untersuchungen - Erhebungen 2005-2011. - Bericht WFN, Auftrag: Fischereiinspektorat des Kantons Bern, Amt für Umwelt des Kantons Solothurn: 13 S.
- CLARK, R. A. (1992): Influence of stream flows and stock size on recruitment of Arctic grayling (*Thymallus arcticus*) in the Chena River, Alaska. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 1027-1034.
- FRENZ, C., KLINGER, H., SCHUHMACHER, H. (1997): Zwischenbericht zur Situation von Aesche (*Thymallus thymallus* L.) und Bachforelle (*Salmo trutta* L.) in der Lenne (NRW) - Lebensraum, Kormorane und Angelfischerei. - Natur und Landschaft 72: 401-407.
- GAUDIN, P., SEMPEKI, P. (1995): The role of river bank habitat in the early life of fish: Example of grayling, *Thymallus thymallus*. - Ecohydrology & Hydrobiology 1: 203-208.
- GUTHRUF, J. (1996): Populationsdynamik und Habitatwahl der Äsche (*Thymallus thymallus* L.) in drei verschiedenen Gewässern des schweizerischen Mittellandes. - Dissertation ETH Zürich: 180 S.
- GUTHRUF, J. (1999): Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung der Äsche (*Thymallus thymallus* L.) in der Luzerner Reuss. - Gutachten, Zwischenbericht Aquatica, Auftrag: Fischerei- und Jagdverwaltung des Kantons Luzern: 12 S. + Anhang.
- GUTHRUF, J. (2005): Äschenlaichplätze Aare Thun. - Schlussbericht Aquatica, Auftrag: Oberingenieur Kreis I, Thun: 49 S.
- GUTHRUF, J. (2008): Nachhaltiger Hochwasserschutz Aare Thun - Bern Erfolgskontrolle, Ist-Zustand Gewässerökologie und Fische. - Bericht Aquatica, Auftrag: Tiefbauamt des Kantons Bern, Oberingenieur Kreis II: 70 S.
- GUTHRUF, J. (2011a): Äschen-Monitoring Aare Kanton Bern. - Schlussbericht Aquatica, Auftrag: Fischereiinspektorat des Kantons Bern: 58 S.
- GUTHRUF, J. (2011b): Aufwertung der Aare bei Interlaken, Schaffung von Habitaten für die gefährdete Äsche. - Arbeitsbericht Aquatica, Auftrag: Renaturierungsfonds des Kantons Bern: 18 S.
- GUTHRUF, J., GUTHRUF, K. (2012): Aufwertung der Ufer in der Reuss bei Mühlau, Konzept, Ist-Zustand (2011) und Erfolgskontrolle (2012). - Schlussbericht Aquatica, Auftrag: WWF, Riverwatch: 19 S.
- HANFLAND, S. (2002): Erfolgskontrolle von praxisüblichen Besatzmaßnahmen mit Äschen (*Thymallus thymallus*) in ausgewählten südbayerischen Fließgewässern. - Dissertation Technische Universität München: 190 S.
- HANFLAND, S. (2003): Äschenbesatz in bayerischen Gewässern, Untersuchungen zum Erfolg von bestandsstützenden Besatzmaßnahmen. - Schriftenreihe des Landesfischereiverbandes Bayern 10: 1-103.
- HERTIG, A. (2006): Populationsdynamik der Aeschen (*Thymallus thymallus*) im Linthkanal mit besonderer Berücksichtigung der Habitatnutzung der Aeschenlarven. - Dissertation Universität Zürich: 161 S.
- JUNGWIRTH, M., HAIDVOGL, G., MOOG, O., MUHAR, S., SCHMUTZ, S. (2003): Angewandte Fischökologie an Fließgewässern. Wien, facultas: 547 S (Text zum Kormoran und Gänsesäger auf S. 328).

- KELLER, V., MÜLLER, C. (2015): Kormoranbruten Schweiz 2014. - Bericht schweizerische Vogelwarte: 2 S.
- KIRCHHOFER, A., BREITENSTEIN, M., GUTHRUF, J. (2002): Äschenpopulationen von nationaler Bedeutung. - BAFU, Mitteilungen zur Fischerei 70: 120 S.
- PHILIPPART, J.-C. (1989): Ecologie des populations de poissons et caractéristiques physiques et chimiques des rivières dans le bassin de la Meuse belge. - Bulletin de la Société Géographique de Liège 25: 175-198.
- RULÉ, C., RIGET, H. (1998): Äschen-Besatzwirtschaft im Linthkanal, Versuch einer Analyse. - Amtsbericht Gallen, Jagd- und Fischereiverwaltung des Kantons St. Gallen: 18 S.
- SCHÄLCHLI, U., BREITENSTEIN, M., KIRCHHOFER, A. (2010): Kiesschüttungen zur Reaktivierung des Geschiebehauhalts der Aare - die kieslaichenden Fische freuts. - Wasser Energie Luft 102: 209-213.
- SCHLEGEL, H. (1996): Reaktivierung des Geschiebehauhalts der Aare zwischen Emme und dem Rhein. - Technischer Bericht Abegg, S., Auftrag:
- SEMPESKI, P., GAUDIN, P. (1994): Size related changes in diel distribution of young grayling (*Thymallus thymallus*). - Canadian J. Fish. Aquat. Sci. 52: 1842-1848.
- SEMPESKI, P., GAUDIN, P. (1995): Habitat selection by grayling (*Thymallus thymallus*) II. Preliminary results on larval and juvenile daytime habitats. - J. Fish Biol. 47: 345-349.
- STAUB, E. (1992): Kormoran/Fisch-Problematik: Unterschiedlich Darstellung. - Sportfischer + Wissenschaft 9: 6-7.
- STAUB, E. (2001): Einfluss des Kormorans auf Anglerfang und Fischbestand. - wasser, energie, luft 93: 17-18.
- STAUB, E., BLANKENHORN, H. J., BURCKHARDT, D., FREI, A., KLINGLER, K., KRÄMER, A., MÜLLER, R., PERDOLI, J. C., RIPPIMANN, U., RUHLÉ, C., SCHIFFERLI, L., STRAUB, M., SUTER, W., THÖNEN, W., WALTER, J. (1987a): Kormoran und Fischerei. - BUWAL, Schriftenreihe Fischerei 47: 56 S.
- STAUB, E., BÜTTIKER, B., KRÄMER, A. (1987b): Grundlagen für Modellsimulationen zur Bewirtschaftung des Barsches (*perca fluviatilis* L.) im Bodensee. - BUWAL, Schriftenreihe Fischerei 46: 40 S.
- STAUB, E., KRÄMER, A., MÜLLER, R., RUHLÉ, C., WALTER, J. (1992): Grundlagenbericht zum Thema Kormoran und Fische. - BUWAL, Schriftenreihe Fischerei 50: 156 S.
- VONLANTHEN, P., MARBACH, Y., SEEHAUSEN, O. (2010): Genetische Differenzierung der Äschen im Kanton St. Gallen. - Bericht EAWAG, Auftrag: Amt für Natur, Jagd und Fischerei des Kantons St. Gallen: 17 S.
- ZÄUNER, 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, Auftrag: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft; Wasserwirtschaftsamt Spittal/Drau: 110-130.