

Abklärungen zur Optimierung eines Renaturierungsprojektes im Rhein bei Diessenhofen als Lebensraum für Äschenlarven unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses der Schiffswellen

Anhang: Äschenlarvenbestand im Rhein



FOTOS: J. GUTHRUF

**AUFTRAGGEBER: KRAFTWERK SCHAFFHAUSEN AG**  
**ANHANG: JAGD UND FISCHEREIVERWALTUNG DES KANTONS THURGAU**

**August 1998**



Büro für Gewässerökologie  
und Wassertechnik

Dr. J. Guthruf, Dr. K. Guthruf  
Strandweg 27, 3084 Wabern

Tel.: 031 / 961 73 80  
Fax: 031 / 961 73 80  
FK: 49 - 363683 - 7

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>2</b>
<b>1. Ausgangslage</b> .....	<b>2</b>
<b>2. Einleitung</b> .....	<b>3</b>
2.1. Der Rhein .....	3
2.2. Der Lebenszyklus der Äsche .....	4
2.2.1. Laichzeit .....	4
2.2.2. Inkubationsphase .....	4
2.2.3. Larvale Phase .....	4
2.2.4. Juvenile Phase .....	5
2.2.5. Adulte Phase .....	5
2.2.6. Wanderungen .....	5
2.3. Schiffswellen .....	5
<b>3. Fragestellungen</b> .....	<b>6</b>
<b>4. Material und Methode</b> .....	<b>6</b>
4.1. Zeitpunkt der Larvenkartierung und Methodik .....	6
4.2. Messung der morphologischen und physikalischen Parameter .....	7
4.2.1. Uferneigung .....	7
4.2.2. Wellenhöhe und Breite des überspülten Uferstreifens .....	7
4.2.3. Fließgeschwindigkeiten .....	7
4.2.4. Uferstrukturen .....	7
4.2.5. Substrat .....	10
4.3. Einfluss des Schiffsverkehrs .....	10
4.4. Erfolgskontrolle an der Projektstrecke - Ist - Zustand .....	11
<b>5. Resultate</b> .....	<b>11</b>
5.1. Uferstrukturen .....	11
5.2. Substrat .....	12
5.3. Fließgeschwindigkeit .....	13
5.4. Uferneigung .....	14
5.5. Laichzüge .....	14
5.5.1. Distanz zum nächsten flussaufwärts gelegenen Laichzug .....	15
5.6. Einfluss von Schiffswellen .....	15
5.6.1. Beobachtung des Verhaltens während und nach der Wellen .....	15
5.6.2. Zusammenhang zwischen Wellenintensität und Larvendichte .....	16
5.6.3. Kurzfristige Auswirkungen: Zählungen vor und nach den Wellen .....	17
5.6.4. Längerfristige Auswirkungen der Schiffswellen: Vergleich der ersten .....	17
mit der dritten Kartierungsperiode	
5.6.5. Kontrollieren der Ufer auf angeschwemmte Larven .....	18
5.7. Erfolgskontrolle, Aufnahme Ist-Zustand in Projektstrecke .....	19
<b>6. Diskussion</b> .....	<b>20</b>
6.1. Uferstruktur, Neigung und Substrat .....	20
6.2. Schiffswellen .....	21
<b>7. Verdankungen</b> .....	<b>22</b>
<b>8. Literaturverzeichnis</b> .....	<b>22</b>
<b>9. Anhang: Äschenlarvenbestand im Rhein</b> .....	<b>23</b>
9.1. Ausgangslage .....	23
9.2. Material und Methode .....	23
9.3. Resultate .....	23
9.3.1. Uferkartierung .....	23
9.3.2. Larvendichte ausserhalb der Kartierungsstrecke .....	25
9.3.3. Schätzung des Larvenbestandes .....	25
9.3.4. Vergleich mit dem Bestand an Elterntieren .....	26
9.4. Diskussion .....	26
<b>10. Datenanhang</b> .....	<b>28</b>

## **Abklärungen zur Optimierung eines Renaturierungsprojektes im Rhein bei Diessenhofen als Lebensraum für Äschenlarven unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses der Schiffswellen**

### **Zusammenfassung**

Im Mai 1998 wurden am Hochrhein zwischen Bibermühli und Diessenhofen Äschenlarven-Kartierungen durchgeführt. Ziel der Arbeit war, ein geplantes Renaturierungsprojekt bestmöglich an die ökologischen Ansprüche der Äschenlarven anzupassen. Dabei galt dem Einfluss der Schiffswellen besonderes Augenmerk.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Äschenlarven wie in anderen Gewässern sehr stark auf seichte Habitate mit geringen Fliessgeschwindigkeiten angewiesen sind. Diese Bedingungen sind am besten an unverbauten, reich strukturierten Naturufeln erfüllt. Mauerwerk (keine Larven) und Blocksatz (ca. 4 % der Dichten natürlicher Ufer) sind Ufertypen, welche als Lebensraum für Äschenlarven äusserst ungeeignet sind.

Die Befürchtung, dass Äschenlarven durch Schiffswellen auf das Flussufer geworfen werden, konnte entkräftet werden. Beim Absuchen von 11 Stellen wurden lediglich an einem Ort einzelne gestrandete Larven gefunden. Weder kurz- noch langfristige Verminderungen der Larvendichte durch Schiffswellen konnten nachgewiesen werden, auch nicht an stark wellenexponierten Uferbereichen. Trotz Welleneinflusses waren flache Uferpartien (Neigung < 20 %) besonders wichtige Larvalhabitate.

Eine Schätzung des Äschenlarvenbestandes ergab, dass bei Mittelwasser die Besiedlung am grossenteils naturbelassenen rechten Ufer viel grösser ist als am linken. Noch deutlicher wird der Unterschied bei Hochwasserbedingungen, da Kiesbänke des linken Ufers überflutet werden und der Pegel bis an die uferseitig anschliessende Mauer reicht.

Bei der geplanten Renaturierung soll eine Strecke mit Mauerwerk in ein Flachufer umgewandelt werden. Dadurch wird ein wesentlicher Beitrag zur Schaffung von Larvalhabitaten für Äschen geleistet. Das Projekt trägt dazu bei, das Defizit an Lebensraum am linken Ufer abzubauen. Es gibt Hinweise, dass sich diese Verbesserung auch auf den Bestand fangfähiger Äschen auswirkt.

### **1. Ausgangslage**

Die Kraftwerke Schaffhausen AG hat ein Projekt zur Renaturierung eines 300 m langen Rheinabschnittes bei Diessenhofen ausgearbeitet. Ein wichtiges Ziel dieses Renaturierungsprojektes sind Lebensraumverbesserungen für die Äsche, die in der Schweiz gefährdet ist und deren bedeutendste Population im betreffenden Rheinabschnitt lebt.

Bei der Begehung vom 6.11.1997 waren deshalb Vertreter der Jagd- und Fischereiverwaltung des Kantons Thurgau (Dr. A. Krämer, K. Egloff) sowie der Fischerzunft Diessenhofen (J. Suter, U. Rütimann) anwesend. Der Augenschein ergab, dass das Renaturierungsprojekt, wenn überhaupt, nur geringfügige Verbesserungen bezüglich der Laichhabitate zur Folge hat. Die Umwandlung der bestehenden Mauer in ein flaches Kiesufer bewirkt dagegen, dass unzählige Habitate für Äschenlarven neu entstehen. Die Vertreter der Fischerei meldeten Zweifel an, ob das geplante Renaturierungsprojekt die erhofften Verbesserungen für Äschenlarven mit sich bringt. Sie befürchteten sogar, dass die Larven durch die Wellen der Schifffahrt auf die neu entstandenen Flachufer geworfen werden könnten und dort verenden würden. Die Kraftwerk Schaffhausen AG ist sehr daran interessiert, dass das Projekt bezüglich der Lebensbedingungen für die Äsche optimiert wird und beauftragte mich, die entsprechenden fischereibiologischen Vorabklärungen zu machen und für eine spätere Erfolgskontrolle den Ist - Zustand aufzunehmen.

## 2. Einleitung

### 2.1. Der Rhein



Abb. 1: Übersichtsplan : Rhein zwischen Stein und Büsingen, Zahlen (26-40) = Fließkilometer

Die Strecke zwischen Stein und Diessenhofen ist einer der letzten freifliessenden Abschnitte des Hochrheins. Linienführung und Ufer sind in hohen Anteilen naturbelassen. Dank dieser Eigenschaften beherbergt der Rhein eine Vielzahl seltener und bedrohter Tierarten. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnten mehrere Eisvögel beobachtet werden. Der Zwergtaucher findet geeigneten Lebensraum und ausreichendes Futterangebot, so dass bei Diessenhofen die grösste Population der Schweiz lebt (pers. Mitt. A. Krämer). Während der Untersuchungen konnten auch Spuren des Bibers festgestellt werden (Foto 1). Auch die Äsche (*Thymallus thymallus*) ist eine dieser bedrohten Arten. Die Population zwischen Auslauf Untersee (Stiegen / Eschenz) und Schaffhausen ist die grösste der Schweiz (STAUB ET AL. 1993) und pflanzt sich natürlich fort. Der hohe Natürlichkeitsgrad und die grosse Heterogenität der Strecke spielen eine wichtige Rolle für das Überleben der Äsche. Dieser Zusammenhang wird bei einer kurzen Beschreibung ihres Lebenszyklus deutlich:

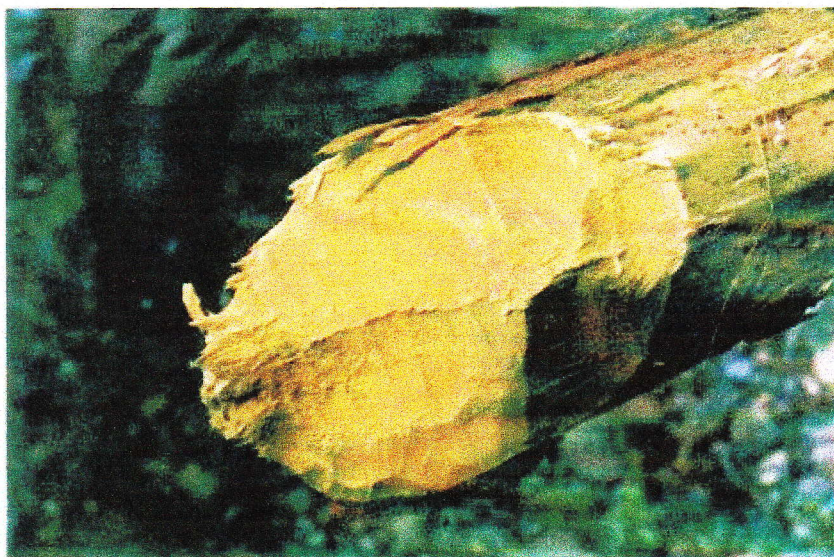


Foto 1: Ast mit Biberspuren

## 2.2. Der Lebenszyklus der Äsche

### 2.2.1. Laichzeit

Die Äsche laicht Ende März-April in Flussabschnitten mit starker Strömung und lockerem Kiessubstrat. Die ökologischen Ansprüche bezüglich Fließgeschwindigkeiten und besonders bezüglich der Substratkörnung sind sehr hoch. Bereits geringste Veränderungen können bewirken, dass ein Laichplatz nicht mehr benützt wird. Auch spielt die Strukturierung durch Totholz und Steine eine wichtige Rolle (GUTHRUF 1996, FABRICIUS & GUSTAFSON 1955). Die laichenden Äschen bringen die Eier in kleinen Gruben bis zu 7 cm tief ins Substrat ein (GONCZI 1989).

### 2.2.2. Inkubationsphase

Bis zum Schlüpfzeitpunkt bleiben die Eier ca. drei Wochen im Kiesbett. Während dieser Phase ist es wichtig, dass die Eier ausreichend mit Sauerstoff versorgt werden. Die Verdichtung des Kieses durch Feinmaterial kann dies verhindern, die Eier sterben ab. Nach dem Schlüpfzeitpunkt verbringen die Äschen ein paar Tage im Kiesbett, und leben vom Energievorrat im Dottersack.

### 2.2.3. Larvale Phase

Wenn der Energievorrat aufgebraucht ist, arbeitet sich die junge Äsche (jetzt als Larve bezeichnet) an die Kiesoberfläche und beginnt im fließenden Wasser mit der Nahrungsaufnahme. Sie misst anfänglich 15-20 mm und lebt gegen die Strömung kämpfend stationär an derselben Stelle (Foto 2). Sie ist deshalb auf seichte Areale mit sehr geringen Fließgeschwindigkeiten angewiesen. Die Larven leben meist gesellig in mehr oder weniger grossen Schwärmen. Territorialverhalten gibt es in dieser Phase nicht (BARDONNET & GAUDIN 1991). Untersuchungen in der Aare bei Bern ergaben, dass harte Uferverbauungen die Eignung als Larvalhabitat massiv verschlechtern. Die Dichten entlang von Blocksatzverbauungen betragen ca. 2 % dessen, was an naturnahen Ufern beobachtet werden konnte. Vermauerte Ufer waren unbesiedelt (GUTHRUF 1996). Diese larvale Phase dauert ca. drei Wochen, danach findet die Metamorphose zum juvenilen Fisch statt.

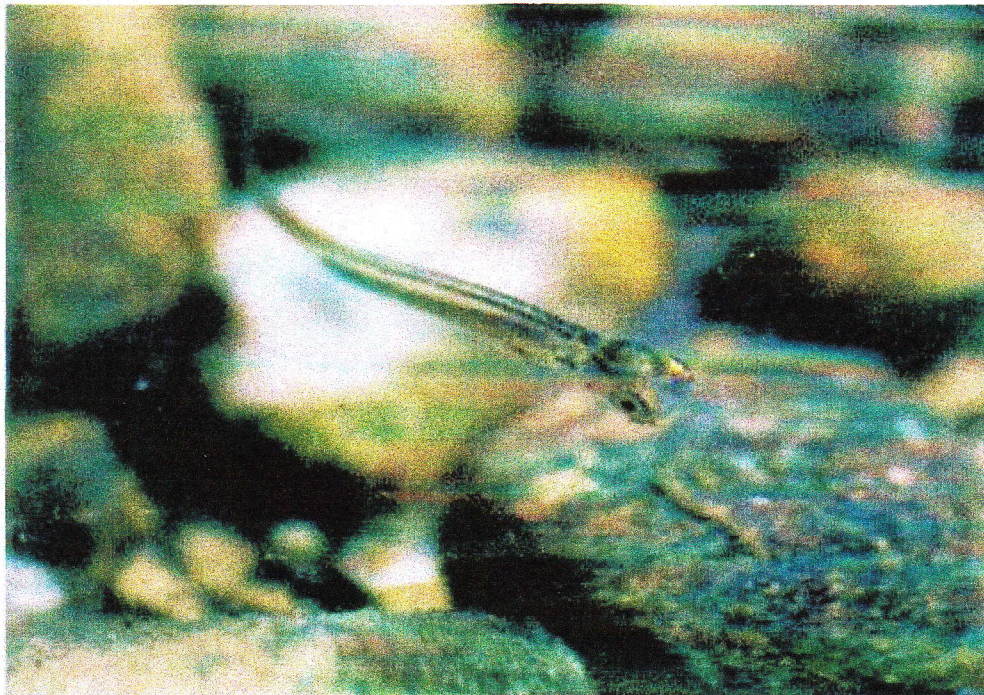


Foto 2: Äschenlarve

#### 2.2.4. Juvenile Phase

Die juvenilen Äschen nehmen Territorien ein, die sie gegeneinander verteidigen. Sie suchen zunehmend tiefere, bodennahe Habitate auf. In dieser Phase ist das Wachstum sehr rasch. Mit zunehmender Grösse suchen die Jungäschen auch immer höhere Strömungsgeschwindigkeiten auf.

#### 2.2.5. Adulte Phase

Die ausgewachsenen Äschen haben ihre Nahrungshabitate in Abschnitten mit hohen Fliessgeschwindigkeiten und grosser Tiefe. Diese Bedingungen sind am besten in Kolken erfüllt, welche auch den wichtigsten Lebensraum in diesem Stadium darstellen.

#### 2.2.6. Wanderungen

Jedes Entwicklungsstadium benötigt seinen speziellen Lebensraum. Fehlt nur ein einziger, kann die Population ihren Lebenszyklus nicht schliessen und stirbt aus. Auch muss die Wanderung zwischen den einzelnen Habitaten gewährleistet sein. Deshalb können auch Wanderhindernisse die Ursache für das Verschwinden einer Population sein.

Der Rhein bei Diessenhofen ist eines der Gewässer, in denen alle diese Habitate vorhanden sind und die Äschen noch frei wandern können (bis in den Bodensee). Der einzige Nachteil ist der starke Verbauungsgrad am linken Ufer.

### 2.3. Schiffswellen

Der Rhein ist zwischen Stein und Schaffhausen schiffbar. Es sind Personenschiffe mit bis zu 700 Plätzen in Betrieb. Der Wellenschlag dieser Schiffe richtet grosse Schäden am Ufer an. Dazu kommt eine beachtliche Zahl an privaten Motorbooten, welche etwa zu einem Drittel zum Schaden beitragen (HUBER & WEISS 1986). Die Personenschifffahrt beginnt im Mai, während der larvalen Phase der Äsche verkehren täglich 6 Schiffe.

Ein Wellenereignis wird wie folgt beschrieben (HUBER & WEISS 1986):

Als erstes steigt der Wasserspiegel sanft zur **Stauwelle** an, welche durch den Aufstau des Wassers durch den Schiffskörper entsteht. Es schliesst die **Sunkwelle** an (Foto 8), der Pegel sinkt deutlich unter den Pegel vor der Schiffspassage. Das Absinken während der Sunkphase kann je nach Schiff stärker sein als das höchste Ansteigen des Pegels. Darauf folgen die **Sekundärwellen**, welche vom Bug und Heck des Schiffes ausgehen. Diese erreichen in der Regel die grössten Höhen (**Schwall**), insbesondere wenn sich Bug- und Heckwellen überlagern (Foto 9). Die Wellenamplitude (Sunk + Schwall) kann bis zu 50 cm betragen. Die Wellenhöhe hängt primär von der Geschwindigkeit des Schiffes ab. Die Wellen talwärts fahrender Schiffe sind in der Regel höher als bergwärts fahrender, Schiffe erzeugen beim Richtungswechsel höhere Wellen als bei der geraden Fahrt.

Bei der grossen Energie, die diese Wellen ausüben, ist nicht auszuschliessen, dass sie auch das Leben und die Habitatwahl der Äschenlarven beeinflussen.

### 3. Fragestellungen

- **Bringt ein Renaturierungsprojekt Habitatverbesserungen für Äschenlarven?**
- **wie gross sind diese?**
- **Mit welchen baulichen Massnahmen kann ein optimales Habitatangebot und eine maximale Larvendichte erzielt werden?**
- **wie gross ist der Bestand an Äschenlarven zwischen Stein am Rhein (Brücke) und Laag oberhalb Büsingen?**
- **Gibt es Unterschiede zwischen Diessenhoferwasser und Büsingerwasser bezüglich Larvendichte?**

**Im Zusammenhang mit der Schifffahrt interessieren besonders folgende Teilfragen?**

- **Wie reagieren Äschenlarven auf Schiffswellen?**
  - Können Verhaltensweisen beobachtet werden, die sie vor Stränden oder Verdriftung schützen?
  - Kann beobachtet werden, dass Äschenlarven durch Wellen stranden?
  - Gibt es Unterschiede in der Dichte oder der räumlichen Verteilung der Larven vor und nach der Schiffspassage?
- **Gibt es dabei Unterschiede in Bezug auf den Schiffstyp oder die Geschwindigkeit?**
- **Sind Flachufer auch im Hochrhein bei Diessenhofen geeignete Habitate für Äschenlarven (leben an Flachufern mehr Äschenlarven als an Steilufern)?**
- **Wird die Bedeutung von Flachufern durch den Wellenschlag vermindert (leben an Flachufern weniger Äschenlarven als an Steilufern; nimmt die Larvendichte an Flachufern längerfristig ab)?**
- **Wird durch den Strukturierungsgrad der Ufer die Eignung als Larvalhabitat erhöht?**

**Falls wirklich die Bedeutung von Flachufern durch den Einfluss des Wellenschlages vermindert wird:**

- **Ab welchen Uferneigungen tritt diese Dichtereduktion ein?**
- **Kann durch Erhöhung der Strukturierung (wellenförmige Kiesschüttung, variable Neigung) die Dichtereduktion durch Wellenschlag entschärft werden?**

## 4. Material und Methode

### 4.1. Zeitpunkt der Larvenkartierung und Methodik

Dr. J. Walter (Fischereiaufseher des Kantons SH) teilte mir am 2.5.1998 mit, dass er die ersten Larven im Rhein beobachtet hat. Die erste Kartierungsperiode dauerte vom 6.5.98 bis am 9.5.1998, die 2. Kartierungsperiode vom 18.5.98 bis 26.5.98. Die Kartierung wurde in zwei Perioden durchgeführt, da die Larvendichte zeitlich sehr stark variieren kann (die Larven verlassen das Kiesbett nicht alle gleichzeitig, es gibt Zeiten mit hoher Mortalität) (GUTHRUF 1996). Die zweimalige Kartierung war zudem notwendig, um längerfristige Beeinträchtigungen durch die Schifffahrt erkennen zu können. Von der Fischerzunft Diessenhofen wurden zwei ortskundige Personen zur Verfügung gestellt, die mich mit dem Boot der Bürgergemeinde Diessenhofen zu den verschiedenen Untersuchungsstellen brachten und mir bei der Wahl der Kartierungsstellen behilflich waren. Sie führten die Messungen der Wellenhöhe, Uferneigung und Fliessgeschwindigkeit durch.

Die Kartierungsstrecken wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt: Die Variabilität bezüglich Uferstruktur, Substrat, Fliessgeschwindigkeit, Intensität der Schiffswellen sollte

möglichst umfassend abgedeckt werden. Die Lage der Strecken ist aus Abb. 1 und der Tabelle im Anhang zu entnehmen.

Die Larvenkartierungen waren nur bei sonnigem und windstillem Wetter möglich, da die Larven ohne Sonne oder bei gekräuselter Wasseroberfläche nur sehr schlecht sichtbar sind. Eine Polaroidbrille diente während der zweiten Untersuchungsperiode zum besseren Erkennen der Larven, indem Spiegelungen der Wasseroberfläche vermindert wurden. Die 20 m langen Kartierungsstrecken wurden in 1 m-Intervalle eingeteilt (Schnur mit Metermarken) und die Larven wurden auf jedem Laufmeter separat gezählt oder deren Zahl von Auge geschätzt (semiquantitative Methode). Dabei wurde immer von unten nach oben vorgegangen. Die Larvenzahlen wurden als **Dichte** (Anzahl Larven pro 100 m) ausgerechnet.

## 4.2. Messung der morphologischen und physikalischen Parameter

### 4.2.1. Uferneigung

Ein 2 m-Jalon mit cm-Skalierung wurde senkrecht zur Uferlinie so plaziert, dass 1 m ins Wasser und 1 m aufs Land ragte. Mit einer Wasserwaage wurde er in horizontale Lage gebracht und mit einem cm-skalierten 1 m-Jalon wurde anschliessend die Höhendifferenz ( $\Delta_H$ ) gemessen. Die Uferneigung wurde berechnet, indem  $\Delta_H$  durch  $\Delta_L$  (= 2 m) geteilt und in Prozent ausgedrückt wurde.

### 4.2.2. Wellenhöhe und Breite des überspülten Uferstreifens

Der Geschwemmselsaum (= oberste Wellenmarke, Foto 4) wurde bei dieser Messung zu Hilfe genommen. Die Messungen erfolgten nach der gleichen Methode wie die Neigungsmessungen an 1-2 Stellen pro Kartierungsstrecke. Jalon und Wasserwaage wurden von Herrn P. Hunziker, Kraftwerk Schaffhausen, zur Verfügung gestellt.

### 4.2.3. Fliessgeschwindigkeiten

Mit dem Propellermessgerät MiniWater (Schiltknecht Messtechnik AG, Gossau) wurde in drei Uferabständen (20 cm, 50 cm, 100 cm) Mittelwert und Maximum über 10 Sekunden gemessen. Da die Fliessgeschwindigkeit je nach Heterogenität der Strecken stark variieren kann, wurden an jeder Kartierungsstrecke diese Messungen an 5 Stellen durchgeführt (Laufmeter 0, 5, 10, 15, 20) und für jede der 6 Messungen der Mittelwert gebildet.

### 4.2.4. Uferstrukturen

Auf der Strecke Stein - Diessenhofen kommen vor allem vier Ufertypen vor:

- **Naturufer strukturiert (NUS):** Die Uferlinie ist nicht gerade, sondern in Buchten und Landzungen gegliedert, oder das Ufer enthält Strukturelemente wie Totholz oder Steinblöcke (Foto 3).



Foto 3: Naturufer strukturiert rechtsufrig, 850 m unterhalb Bibernühli

- **Naturufer monoton (NUM):** Die Uferlinie ist gerade. Buchten, Landzungen und weitere Strukturelemente fehlen. Die Korngrösse ist in der Regel homogen. Kiesschüttungen werden zu diesem Typ gezählt, da das Ufersubstrat mehr oder weniger den natürlichen Verhältnissen entspricht (Foto 4).



Foto 4: Naturufer monoton, 100 m oberhalb Kapelle St. Nikolaus, Obergailingen. Auf diesem Bild ist auch der Geschwemmselsaum (obere Wellengrenze) gut erkennbar.

- **Blocksatz (BS):** Die Uferlinie wird durch mehr oder weniger grobe Blöcke gebildet, die aufeinandergeschichtet sind (im Gegensatz zu Blockwurf). (Foto 5).



Foto 5: Blocksatz Campingplatz Läui, 400 m unterhalb Schupfl, linksufrig

- **Mauerwerk (MW):** Das Ufer ist mit einer senkrechten oder wie in den meisten Fällen mit einer schrägen Mauer versehen. Auch Mauern aus vermörtelten Steinblöcken gehören in diesen Typ, da die Eigenschaften für Äschenlarven die gleichen sind (GUTHRUF 1996). Nahezu drei Viertel dieser Verbauungen wurden vor dem 2. Weltkrieg angelegt (HUBER & WEISS 1986).

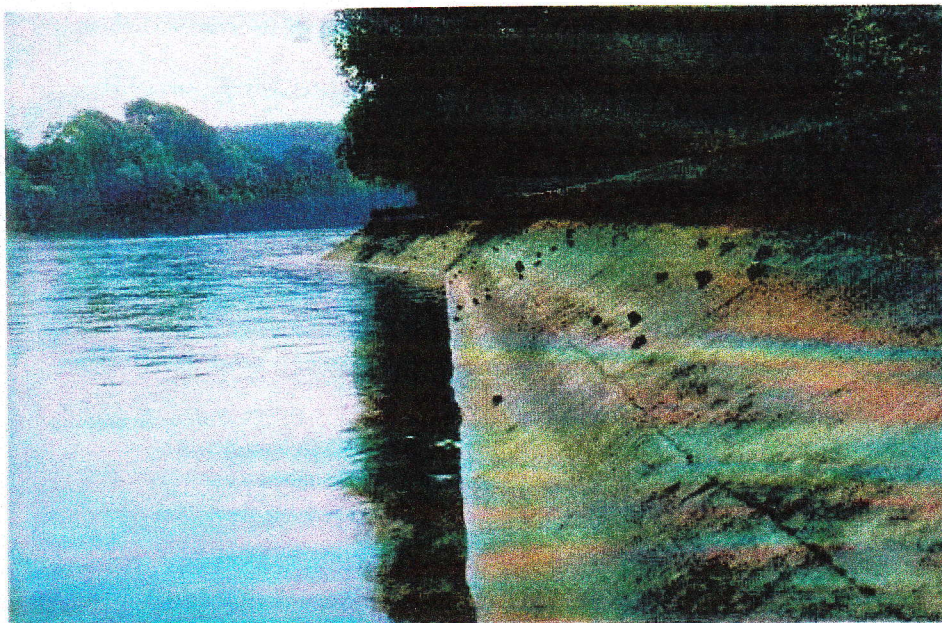


Foto 6: Mauerwerk: Stützmauer oberhalb Diessenhofen, linksufrig

Dazu kommt ein Ufertyp, der im Rahmen des Uferunterhalts durch das Kraftwerk Schaffhausen an einer Stelle zur Anwendung kam:

- **Kiesschüttung mit Störsteinen und Bühnen aus Porphy (POR)** (Foto 7).



Foto 7: Kiesschüttung mit Störsteinen und Bühnen aus Porphy ca. 400 m unterhalb der Kapelle St. Nikolaus in Obergailingen

#### 4.2.5. Substrat

An jeder Kartierungsstrecke wurde der minimale, maximale und mittlere Korndurchmesser festgehalten und das vorherrschende Substrat nach der Wentworthskala (GUTHRUF 1996) bestimmt. Weiter wurde protokolliert, ob die Korngrößenverteilung homogen, mittelmässig (Mischung weniger Substratklassen) oder heterogen ist.

#### 4.3. Einfluss des Schiffsverkehrs

Am 5.5.1998 machte ich eine Berg- und eine Talfahrt in der Kapitänskabine der Schiffe "Arenenberg" und "Schaffhausen" mit. Der Augenschein diente dazu, mir ein Bild über den Einfluss der Wellen zu machen und besonders wellenexponierte und wellengeschützte Stellen und die Fahrrinne mit Hilfe der Kapitäne auf der Karte einzutragen. Die Kartierungsstellen wurden unter anderem nach diesen Kenntnissen festgelegt.

**Längerfristige Einflüsse:** 35 Strecken wurden je 1x in der ersten und zweiten Periode kartiert und dichtemässige Unterschiede festgehalten.

**Kurzfristige Einflüsse:** Vier Strecken wurden in der ersten Periode (Larven noch klein) vor und nach der Schiffspassage kartiert und dichtemässige Unterschiede festgehalten. Zusätzlich wurde die räumliche Verteilung innerhalb der Strecke vor und nach der Passage miteinander verglichen.

**Gestrandete Larven:** 10 Strecken wurden nach der Schiffspassage auf ans Ufer geworfene Larven untersucht. Es wurden insbesondere vom Rhein isolierte Pfützen und Ansammlungen von Geschwemmsel abgesucht. An einer besonders exponierten Stelle (Läui, viele Larven in unmittelbarer Ufernähe, relativ hohe Wellen) wurde ca. 1 m<sup>2</sup> Kies im Rheinwasser gewaschen und auf tote Larven untersucht.

**Verhalten der Larven während des Wellenereignisses:** An vier Stellen wurde das Verhalten der Larven während des Wellenereignisses (insbesondere während der Stau- und Sunkwellen und nach dem Wellenereignis) beobachtet.

#### 4.4. Erfolgskontrolle an der Projektstrecke - Ist - Zustand

Mit dem Zweck einer späteren Erfolgskontrolle (nach erfolgter Renaturierung) wurde der Bestand an Äschenlarven in der 300 m langen Projektstrecke aufgenommen. Dazu wurde die gesamte Strecke kartiert.

### 5. Resultate

#### 5.1. Uferstrukturen

Als erstes wurde statistisch getestet, ob sich die mittlere Larvenzahl des jeweiligen Ufertyps zeitlich (von 1. zur 2. Kartierungsperiode) verändert. Obwohl die Zentralwerte jeweils in der zweiten Kartierungsperiode bei allen Ufertypen höher waren, konnte bei keinem der Ufertypen ein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden. Bei geringerer Streuung der Larvendichten oder grösseren Stichprobenzahlen wäre unter Umständen ein Unterschied nachweisbar. (Tab. 1). Um grössere Stichprobenzahlen zu erhalten, wurden bei allen weiteren Berechnungen die Ergebnisse der ersten und zweiten Untersuchungsperiode gepoolt.

Tab. 1: Test ob die mittleren Larvendichten innerhalb des gleichen Ufertyps zwischen 1. und 2. Kartierungsperiode (1. K. und 2. K.) signifikant verschieden sind.

Ufertyp	Median 1.K.	Median 2.K.	Wilcoxon-Rangsummentest
Mauerwerk	0	0	p = 0.109 nicht signifikant
Blocksatz	205	1'545	p = 1.000 nicht signifikant
Naturufer monoton	1'195	2'545	p = 0.075 nicht signifikant
Naturufer strukturiert	3'630	4'965	p = 0.180 nicht signifikant

Wie in anderen Gewässern bestehen auch im Rhein grosse Unterschiede bezüglich verschiedenen Uferstrukturen. Die grössten Larvendichten wurden entlang strukturierter Naturufer angetroffen mit einem Maximum von 25'000 Larven auf 100 m. Der Durchschnitt liegt bei 5'000 Larven / 100 m. In einer weiteren Gruppe (monotone Naturufer (NUM), Kiesschüttung mit Buhnen und Störsteinen aus Porphy (POR) und Mauerwerk mit vorgelagerter seichter Ruhigwasserzone (MW/NUM)) wurden rund 2'500 Larven / 100 m, also halb so viele Larven gezählt wie entlang strukturierter Naturufer. Blocksatzufer fielen mit 200 Larven / 100 m deutlich ab. Dabei ist diese Zahl nur so hoch, da sich im Blocksatz einer Strecke ein Block gelöst hatte und sich so ein Hinterwasser bildete, in dem sich in der 1. Periode 85 % der Larven aufhielten. Entlang von 5 Strecken mit Mauerwerk wurde während beiden Kartierungsperioden keine einzige Larve gefunden (Abb. 2).

Aus den Fehlerbalken in Abb. 2 ist auch erkennbar, dass die Ergebnisse sehr stark streuen. Trotz dieser grossen Streuung unterschied sich das strukturierte Naturufer von allen anderen Ufertypen durch signifikant höhere Larvendichten. Mauerwerk hebt sich von allen Ufertypen signifikant durch die geringsten Larvendichten ab (Tab. 2).

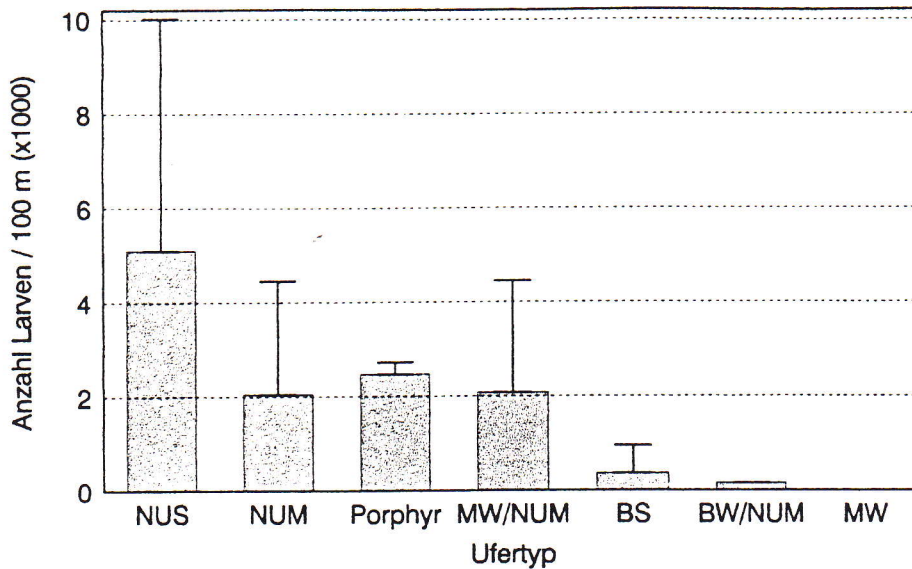


Abb. 2: Äschenlarvendichte (Anzahl pro 100 m Uferstrecke) nach Uferstruktur. NUS: Naturnahes Ufer, strukturiert; NUM: Naturnahes Ufer, monoton; Porphy; Kiesschüttung strukturiert mit Buhnen und Störsteinen aus Porphy; BS: Blocksatz; BW: Blockwurf, MW: Mauerwerk. Die semiquantitative Aufnahme erfolgte durch Zählung / Schätzung der Larven vom Ufer aus. Balken: arithmetisches Mittel; Fehlerbalken: Standardabweichung.

Diese Ergebnisse machen deutlich, dass mit dem geplanten Renaturierungsprojekt ein wesentlicher Beitrag zur Verbesserung der Habitatbedingungen für Äschenlarven geleistet werden kann.

Tab. 2: Statistischer Vergleich der verschiedenen Uferstrukturen untereinander bezüglich der mittleren Larvendichte.

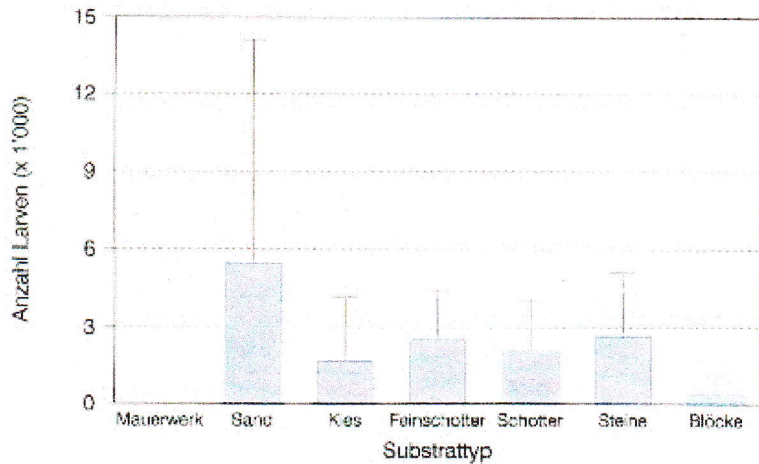
Ufertyp 1	Ufertyp 2	Wilcoxon-Rangsummentest
Mauerwerk	Blocksatz	p = 0.027 signifikant
Mauerwerk	Naturufer monoton	p = 0.005 signifikant
Mauerwerk	Naturufer strukturiert	p = 0.005 signifikant
Blocksatz	Naturufer monoton	p = 0.600 nicht signifikant
Blocksatz	Naturufer strukturiert	p = 0.028 signifikant
Naturufer monoton	Naturufer strukturiert	p = 0.005 signifikant

## 5.2. Substrat

Auf Sandsubstraten wurden die höchsten Larvendichten festgestellt. Die geringsten Dichten wurden dagegen entlang von Strecken mit für die Äschenregion unnatürlichen Substraten (Blocksatz, Mauerwerk) beobachtet. (Abb. 3). Auch Strecken mit einheitlichem, homogenem Substrat wiesen deutlich geringere Dichten auf als solche mit heterogenem (Tab. 3).

Tab. 3: Abhängigkeit der Larvendichte von der Substrateigenschaft.

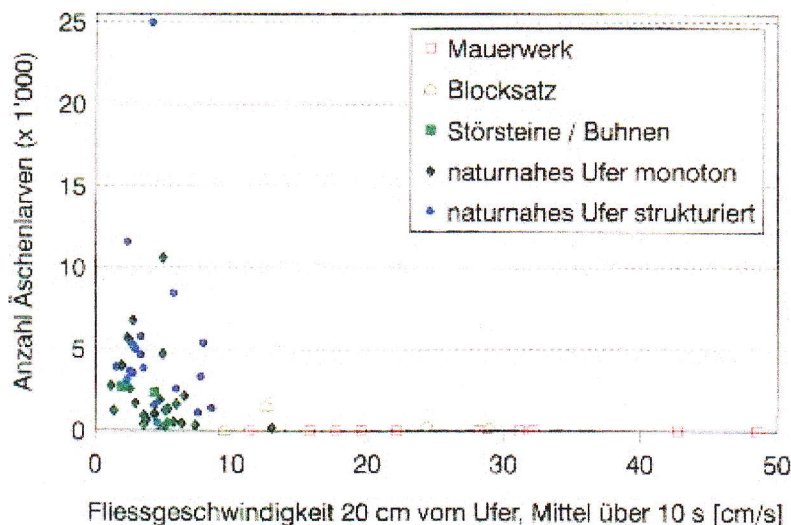
Substrateigenschaft	arithmetisches Mittel	Standardabweichung
heterogen	2865	2162
mittelmässig	3702	5597
homogen	947	1545



**Abb. 3:** Äschenlarvendichte in Abhängigkeit vom vorherrschenden Substrat. (Durchmesser der Substrate: Sand 0.07-2 mm; Kies 2.1-16 mm; Feinschotter 16.1-32 mm; Schotter 32.1-64 mm; Steine 64.1-128 mm; Blöcke > 384 mm). Balken: arithmetisches Mittel; Fehlerbalken: Standardabweichung.

### 5.3. Fließgeschwindigkeit

Wie in der Aare bei Bern (GUTHRUF 1996), dem River Frome (SCOTT 1985) und verschiedenen französischen Gewässern (BARDONNET & GAUDIN 1991) ist die Fließgeschwindigkeit auch im Rhein ein Schlüsselparameter für die Habitatwahl der Äschenlarven (Abb. 4). Sobald die durchschnittliche Fließgeschwindigkeit in unmittelbarer Ufernähe 9 cm/s überschreitet, fallen die Larvendichten auf null. Ausnahme bildet die Blocksatzstrecke ( $v = 13$  cm/s), die schon im Kapitel 5.1. behandelt wurde (Abb. 4). Aus dieser Abbildung ist aber auch deutlich der Zusammenhang zwischen der Fließgeschwindigkeit und der Uferstruktur erkennbar: Fließgeschwindigkeiten, die für Larven zu hoch waren, wurden ausschliesslich entlang von Strecken mit harter Verbauung (Blocksatz, Mauerwerk) gemessen. Die Ergebnisse zeigen zudem, dass ein relativ schmaler Streifen mit schwacher Strömung ausreicht, um einer beachtlichen Anzahl Larven Lebensraum zu bieten. Die Kiesschüttung, welche mit Bühnen und Störsteinen aus Porphyr strukturiert ist, ist ein Beispiel dafür.



**Abb. 4** Abhängigkeit der Larvendichte von der Fließgeschwindigkeit unter besonderer Berücksichtigung der Uferstruktur.

## 5.4. Uferneigung

Äschenlarven besiedeln im Rhein wie in anderen Gewässern bevorzugt Flachufer. Die höchsten Dichten wurden entlang von Ufern mit Neigungen zwischen 0 und 20 % festgestellt (Abb. 5), Bedingungen, welche sich bei gegebenen Gefälle und Substrat auch natürlicherweise einstellen (HUBER & WEISS 1986). Für das geplante Renaturierungsprojekt bedeutet dies, dass die Uferneigung von 1:5 (oder eher noch weniger) ideale Verhältnisse für die Äschenlarven darstellt. Unnatürliche Uferneigungen (> 40 %) wiesen durchweg geringere Besiedlungsdichten auf. Die hohen Dichten entlang der senkrechten Mauer 1. und 2. Kartierung oberhalb des Strandbades Diessenhofen) erklären sich dadurch, dass ein flaches Kiesufer mit Stillwasserzone der Mauer vorgelagert war, in welchem sich zahlreiche Larven aufhielten.

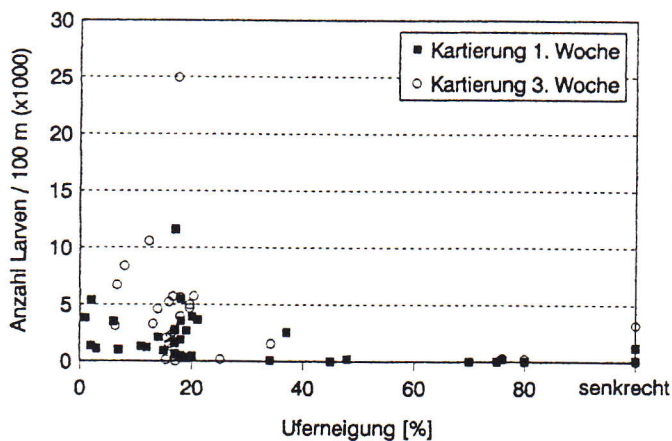


Abb. 5: Äschenlarvendichte in Abhängigkeit von der Uferneigung im Rhein zwischen Biber-  
mühle und Diessenhofen nach Kartierungsperioden (erste und dritte Woche) getrennt.

## 5.5. Laichzüge

Während der Äschenlaichzeit werden auf den Laichplätzen mit Zugnetzen laichende Äschen gefangen, um Eier für die Aufzucht von Besatzfischen zu gewinnen (Laichzüge). Anlässlich der ersten Begehung wurden mit Hilfe von Herrn J. Suter, Zunftmeister von Diessenhofen, die Orte der Laichzüge auf der Karte eingezeichnet. Anschliessend wurde die Distanz jeder Stelle, wo Larven kartiert worden waren, zum nächsten oberhalb gelegenen Laichzug berechnet.

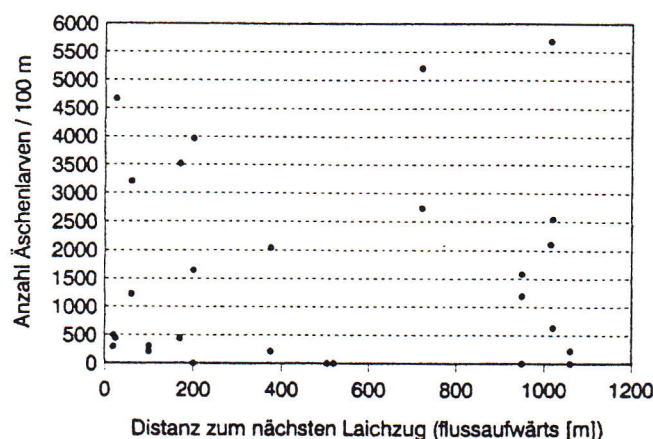


Abb. 6: Larvendichte in Abhängigkeit zur Distanz zur Stelle des nächsten flussaufwärts gelegenen Laichzuges.

### 5.5.1. Distanz zum nächsten flussaufwärts gelegenen Laichzug

Es konnte kein Zusammenhang zwischen der Distanz zum nächsten flussaufwärts gelegenen Laichzug und der Larvendichte festgestellt werden (Varianzanalyse:  $p = 0.81$ , nicht signifikant). Dieses Ergebnis kann folgendermassen erklärt werden: Laichzüge können nur auf Laichplätzen durchgeführt werden, die gut mit Netzen befischbar sind, also keine Hindernisse wie Steinblöcke und Totholz enthalten. Gerade Gebiete mit solchen Hindernissen weisen jedoch die höchsten Laichtierdichten auf (Fabricius & Gustafson 1949) und gehören zu den wichtigsten Laichplätzen. Es ist deshalb davon auszugehen, dass auf den Laichzügen nur ein Teil der Laichplätze erfasst wird. Ausserdem ist bekannt, dass die Larven nach der Emergenz eine gewisse Strecke in Fließrichtung driften (Bardonnnet & Gaudin 1991), bis sie einen Einstand finden. Wo dieser liegt, hängt primär davon ab, ob er als Larvalhabitat geeignet ist, was klar aus den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung hervorgeht.

## 5.6. Einfluss von Schiffswellen

### 5.6.1. Beobachtung des Verhaltens während und nach den Wellen

Im Verlauf der **Stauwellen** (leichtes, regelmässiges Ansteigen des Pegels) versuchen die Larven, ihren Standort bezogen auf den Kiesgrund zu halten und schwimmen gegen die Strömung an. Damit verhindern sie, dass sie näher ans Ufer getrieben werden.



Foto 8: Während der Sunkphase weicht der Wasserspiegel weit unter das Niveau des Ruhestandes zurück.

In der anschliessenden **Sunkphase** (Foto 8) verhalten sie sich ebenso (Halten des Standortes). Wenn die Wassertiefe an ihrem Standort zu gering ist, lassen sie sich mit der Strömung ein Stück in Flussmitte verfrachten. Der anschliessende Schwall und die sich brechenden Wellen (Foto 9) trüben das Wasser stark (Foto 10), so dass Beobachtungen erst wieder nach der Beruhigung des Wassers möglich sind.

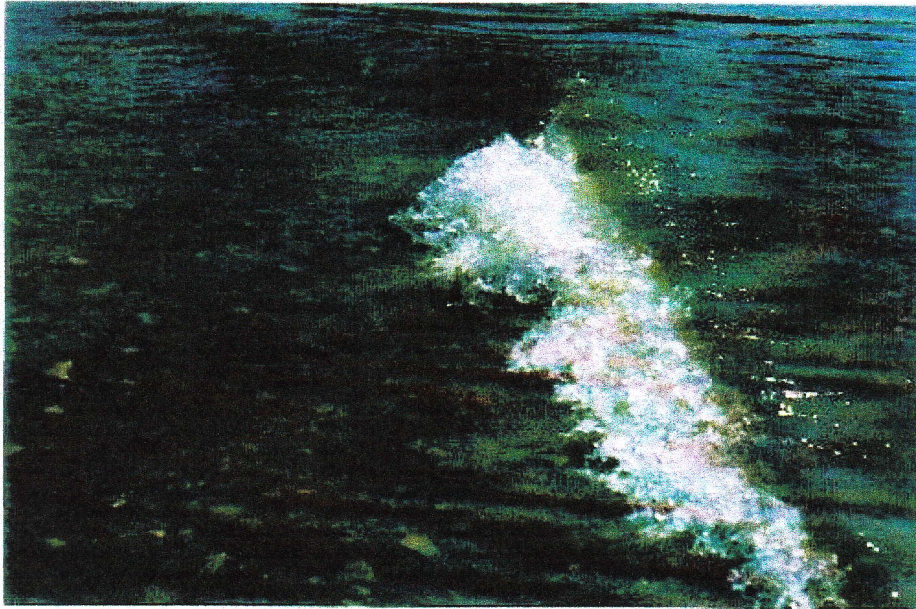


Foto 9: Sekundärwellen, die schwallartig über das Ufer hereinbrechen und sich im seichteren Uferbereich überschlagen.



Foto 10: Während und nach dem Schwall ist das Wasser getrübt und Beobachtungen der Larven sind nicht möglich.

Sobald die Trübung durch die Wellen nachlässt befinden sich die Larven wieder mehr oder weniger an ihren ursprünglichen Standorten.

### 5.6.2. Zusammenhang zwischen Wellenintensität und Larvendichte

Es konnte weder ein Zusammenhang zwischen der Wellenhöhe ( $\Delta_H$ ) und der Larvendichte noch zwischen der Breite des überspülten Uferstreifens ( $\Lambda_L$ ) und der Larvendichte festgestellt werden (Abb. 7), was auch aus dem statistischen Test hervorgeht: Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang (Varianzanalyse  $p(\Delta_H) = 0.65$ ;  $p(\Lambda_L) = 0.36$ ). Entlang von stark wellenexponierten Abschnitten leben nicht weniger Larven als entlang von wellengeschützten.

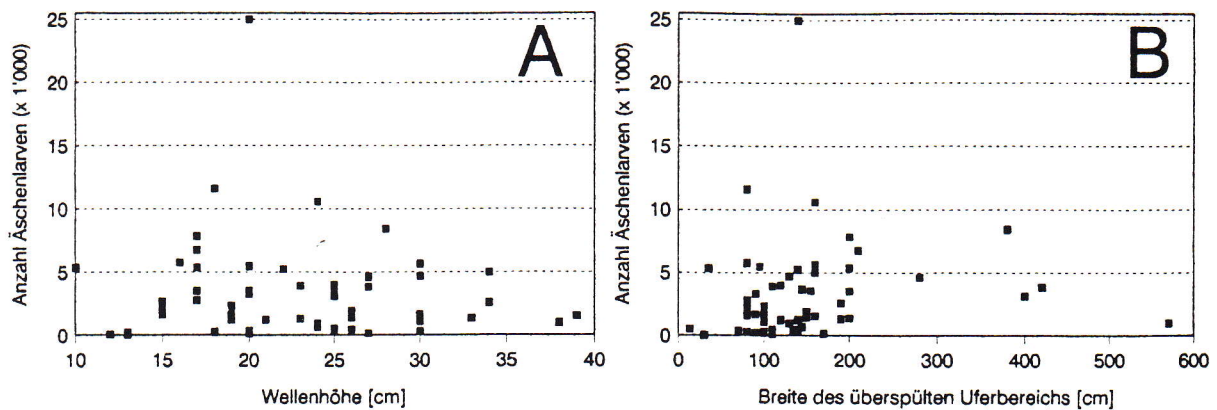


Abb. 7: Abhängigkeit der Larvendichte von der Wellenhöhe (A) und der Breite des von den Kursschiffwellen überspülten Uferbereichs (B).

### 5.6.3. Kurzfristige Auswirkungen: Zählungen vor und nach den Wellen

An vier Stellen wurde vor und nach der Schiffspassage eine Zählung durchgeführt. Zwei Strecken, beides strukturierte Naturufer mit geringer Neigung (eine darunter, Nr. 4, mit grossen Wellenhöhen) verzeichneten eine Zunahme der Larvendichte um rund 50 %. Eine von zwei Strecken mit monotonem Naturufer war unverändert, die andere wies eine Abnahme um 25 % auf. Die Ergebnisse sind wegen der geringen Stichprobenzahl mit Vorsicht zu interpretieren. Sicher ist aber, dass Äschenlarven an natürlichen Flachufer nicht merklich durch Schiffswellen beeinträchtigt werden - solche Abschnitte wirken eher als "Refugien" für Larven aus unstrukturierten Strecken (Tab. 4).

Tab. 4: Ergebnisse der 4 Larvenkartierungen vor und nach der Schiffspassage (= Pass.) während der ersten Kartierungsperiode. NUM=Naturufer monoton, NUS = Naturufer strukturiert.

Nr.	Datum	Ufertyp	Neigung	Larvendichte [N/100 m]		$\Delta_L$ cm	$\Delta_H$ cm	Schiff
				vor Pass.	nach Pass.			
4	6.5.98	NUS	3.1 %	1'070	1'645	100	30	Arenenberg↓; Schaffhausen↑
15	9.5.98	NUS	6.3 %	5'335	7'800	200	17	Arenenberg↓; Schaffhausen↑
24	8.5.98	NUM	18.4 %	1'865	1'400	150	26	Thurgau↑
29	8.5.98	NUM	11.4 %	1'285	1'285	190	23	Schaffhausen↑

Auch innerhalb der einzelnen Strecken gab es kleinräumige Unterschiede in der Verteilung vor und nach der Schiffspassage, was zusammen mit den oben erwähnten Zu- bzw. Abnahmen vermuten lässt, dass die Larven durch die Schiffswellen in der Flussachse verfrachtet werden. Ob dieser Effekt längerfristig einen Einfluss auf die Larven ausübt, wurde mit der Wiederholung aller 35 Kartierungen 10 Tage nach der ersten Kartierungsperiode abgeklärt.

### 5.6.4. Längerfristige Auswirkungen der Schiffswellen: Vergleich der ersten mit der zweiten Kartierungsperiode

Es gibt keinen Zusammenhang zwischen der Uferneigung und der Veränderung der Dichte zwischen der ersten und der zweiten Kartierungsperiode (Abb. 8). Die statistische Auswertung führt zu demselben Ziel (Varianzanalyse  $p = 0.66$ , kein signifikanter Zusammenhang). Auch wurde getestet, ob die Besiedlungsdichte in wellenexponierten Abschnitten stärker abnimmt als in wellengeschützten. Auch hier konnte kein statistischer Zusammenhang ermittelt werden (Varianzanalyse  $p(\Delta_H) = 0.66$ ;  $p(\Delta_L) = 0.47$ , beide Parameter: kein signifikanter Zusammenhang).

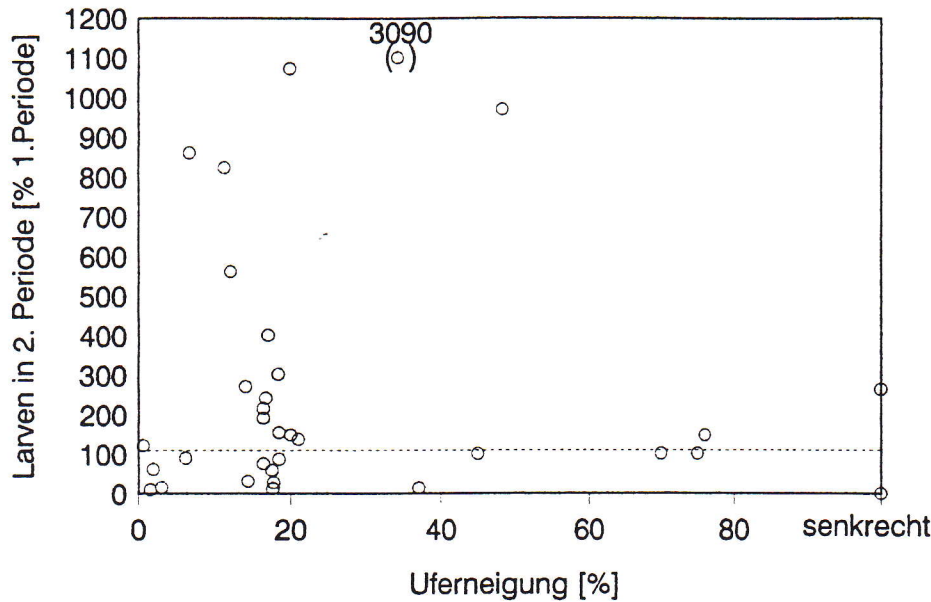


Abb. 8: Veränderung der Larvendichte zwischen der 1. und 2. Kartierungsperiode in Abhängigkeit von der Uferneigung. Die Dichte der 2. Kartierungsperiode (D2) ist als Prozent der Dichte der 1. Kartierungsperiode (D1) dargestellt. Die 100 %-Linie (keine Veränderung) ist als gestrichelte Linie erkennbar.

### 5.6.5. Kontrollieren der Ufer auf angeschwemmte Larven

Insgesamt 11 Kontrollen wurden an 8 verschiedenen Strecken unmittelbar nach der Schiffspassage durchgeführt. An einer einzigen Strecke (Mündung Schleifenbach) wurden auf insgesamt drei Kontrollen 2 Larven gefunden, die in vom Rhein abgeschnittenen Pfützen gefangen waren, und 2, die im Geschwemmsel hängengeblieben waren (Tab. 5). An dieser Strecke kamen mehrere ungünstige Faktoren zusammen:

- In unmittelbarer Ufernähe hielten sich mehrere Tausend Larven auf.
- Durch die Bachmündung können lokal Strömungen entstehen, die die Larven irreleiten.
- Im an dieser Stelle sehr dichten Geschwemmselwall können sich die Larven verfangen.

Tab. 5: Uferkontrollen nach der Schiffspassage. Legende: Ufertyp: NUM=Naturufer monoton, NUS = Naturufer strukturiert. Schiffsnamen: TG = "Thurgau", AB = "Arenenberg", SH = Schaffhausen, KR = "Kreuzlingen". Suche Ufer: visuelle Kontrolle, besonders in Pfützen und im Geschwemmsel, Steine umdrehen.

Datum	Zeit	Ufertyp	km	Ufer	Streckenlänge [m]	Schiffspassagen	Suche am Ufer	Kies waschen	Angeschwemmte Larven (Anzahl)
6.05.98	10,15	NUS	30.700	R	20	TG ↑	x		0
6.05.98	10,15	NUS	31.470	R	20	TG ↑	x		0
6.05.98	14,40	NUS	31.580	R	40	AB ↓, SH ↑	x		0
7.05.98	10,15	NUM	33.250	L	20	TG ↑	x		0
7.05.98	12,00	NUM	32.380	L	10	AB ↓	x	x	1 Jungfisch, 0
7.05.98	14,40	NUS	33.700	R	40	AB ↑, SH ↓	x		2
8.05.98	10,20	NUM	34.440	R	20	TG ↑	x		0
8.05.98	16,50	NUM	31.750	R	20	SH ↑	x		0
9.05.98	14,35	NUS	33.700	R	20	AB ↓, SH ↑	x		0
19.05.98	14,45	NUM	33.750	R	20	KR ↓, SH ↑	x		2
20.05.98	16,40	NUS	33.700	R	20	AB ↑	x		1 Junghecht, 0

Im Verhältnis zur Larvendichte ist jedoch die Zahl der gestrandeten Larven sehr gering. Die dritte Kontrolle an dieser Strecke und die Kontrollen an allen übrigen Uferabschnitten waren negativ, auch das Waschen von ca. 1 m<sup>2</sup> Kies an einer besonders exponierten Stelle brachte keine Äschenlarven zutage (Tab. 5). Es gibt also besondere Situationen, unter denen Larven angeschwemmt werden, sie sind aber die Ausnahme. Ein Einfluss auf die Populationsdynamik der Äsche ist auszuschliessen.

### 5.7. Erfolgskontrolle, Aufnahme Ist - Zustand in Projektstrecke

Die lückenlose Kartierung entlang der Projektstrecke ergab ein Total von 2'075 Larven. 92 % dieser Larven konzentrierten sich auf die Stellen, wo die vorgelagerte Kiesbank bis an die Uferlinie reichte. Diese günstigen Umstände sind auf die geringe, unter dem langjährigen Mittel liegende Wasserführung zurückzuführen. Bei normalem oder hohem Abfluss wären diese Kiesbänke überspült und der gesamte Uferabschnitt würde gerade noch Lebensraum für 161 Individuen bieten. Wenn man die Zunahme der Fliessgeschwindigkeit einbezieht, ist sogar davon auszugehen, dass bei Hochwasser entlang diesem vermauerten Ufer keine einzige Larve mehr leben kann. Der gleiche Uferabschnitt würde in renaturiertem Zustand je nach Strukturierungsgrad Lebensraum für 6'000 bis 16'000 Larven bieten.

**Tab. 6: Ist-Zustand entlang der Projektstrecke Allmend: Bestand an Äschenlarven vor der Renaturierung**

Ufertyp	Kilometer		Strecken Länge [m]	Anzahl Larven	
	unt. Ende	ob. Ende		N/Strecke	N/100m
NUM	33.350	33.264	86	900	1047
MW	33.264	33.222	42	11	26
NUM	33.222	33.205	17	150	882
NUM (Str. 9)	33.205	33.185	20	137	685
NUM	33.185	33.171	14	125	893
MW	33.171	33.097	74	150	203
NUM	33.097	33.050	47	602	1281
<b>Summe / Mittelwert (N/100m)</b>			<b>300</b>	<b>2075</b>	<b>717</b>

## 6. Diskussion

### 6.1. Uferstruktur, Neigung und Substrat

Die kleinen Äschenlarven sind auf geringe Fließgeschwindigkeiten angewiesen. Der Rhein bei Rheinklingen erreicht trotz seines relativ geringen Gefälles (0.34 - 0.51 ‰) bei Hochwasser Fließgeschwindigkeiten von 1.5 m/s (HUBER & WEISS 1986). Diese Strömungen sind viel zu stark für das Überleben der Äschenlarven. Dank der Verzahnung von Land und Wasser wird die Strömung im Uferbereich gebremst. So entstehen im Grenzbereich Ufer-Wasser günstige Lebensbedingungen. Je stärker die Ufer strukturiert sind, umso besser sind die Lebensbedingungen, umso mehr Larven können dort leben. Uferabschnitte mit Buchten und Stillwasser hinter Totholz, gehören zu den wichtigsten Habitaten für Äschenlarven. Vermauerte Ufer sind dagegen "Wüsten" für Jungfische. Entlang den meisten vermauerten Ufern konnte keine einzige Larve gefunden werden. An Blocksatzufer leben gerade noch 4 % der Larven, die an strukturierten Ufern Lebensraum finden. Von grosser Relevanz für die Populationsdynamik der Äsche ist die Frage, ob der Bestand durch das **Angebot an Larvalhabitaten** limitiert ist, oder ob ganz andere Lebensräume (Laichhabitate, Juvenilhabitate etc.) bestandesbegrenzend sind. Falls zweiteres zutreffen würde, bewirkte eine Uferrenaturierung lediglich eine gleichmässigerere Verteilung der Larven, nicht aber eine Erhöhung deren Dichte. Diese Frage ist nur mit jahrzehntelangen Bestandesabschätzungen in verschiedenen Entwicklungsstadien abschliessend zu beantworten, wie dies Elliott (1994) in kleineren Fließgewässern an Forellenpopulationen untersuchte. Eine entsprechende Untersuchung am Rhein ist methodisch nicht machbar. Es bleibt deshalb nur die Möglichkeit, Indizien für oder gegen eine Habitatlimitierung zu suchen. Der Vergleich des rechten und des linken Ufers soll dazu beitragen:

Am linken Ufer, welches lange, für Äschenlarven ungünstige Strecken aufweist, müssten sich erwartungsgemäss die Larven auf günstige Habitate konzentrieren. Die Dichten an diesen Stellen wären viel höher als an vergleichbaren Ufertypen des rechten Ufers, da dieses durchwegs mehr oder weniger gute Eigenschaften aufweist. Konzentrierungseffekte sind folglich rechtsufrig nicht zu erwarten. Die Ergebnisse widersprechen dieser Annahme: Weder strukturierte noch monotone Naturufer unterscheiden sich bezüglich Larvendichte im Vergleich von linkem und rechtem Ufer (Wilcoxon-Rangsummentest,  $p = 0.23$  (strukturiert);  $p = 0.51$  (monoton), beide nicht signifikant). Auch weisen Abschnitte unterhalb langer Mauerstrecken (Strecken 9 und 20) nicht überdurchschnittlich hohe Besiedlungsdichten auf. Die höchsten Dichten wurden an besonders geeigneten Habitaten am rechten Ufer gefunden. Dieses Ergebnis ist ein Hinweis, dass 1998 die Larvalhabitate den Larvenbestand limitierten, dies obwohl 1998 die Abflussbedingungen äusserst günstig waren (Kapitel 9). Alle verfügbaren Kenntnisse sprechen also für das Renaturierungsprojekt.

Selbst unter der Annahme, dass keine Limitierung durch Larvalhabitate gegeben ist, wirken sich lange, vermauerte Uferabschnitte negativ auf das Überleben der Larven aus: Die Gefahr, dass sie Fressfeinden zum Opfer fallen, den Sichtkontakt zum Ufer verlieren oder durch Turbulenzen in uferferne Flussbereiche verfrachtet werden, ist entlang von vermauerten Ufern viel grösser. Lange naturferne Abschnitte verlängern zudem die Dauer der Drift, während der die Larven keine Nahrung zu sich nehmen, und erhöhen damit die Gefahr des Todes durch Verhungern.

Nicht die Art des Substrates spielte primär eine Rolle sondern dessen Heterogenität. Durch heterogenes Substrat entstehen ebenfalls eine Vielzahl von Zonen mit geringer Fließgeschwindigkeit.

Als weiterer wichtiger Faktor bestimmt die Wassertiefe die Habitatwahl der jungen Äschen: In seichten Arealen sind sie in Sicherheit vor Fressfeinden und verlieren den Sichtkontakt zum Grund auch bei trübem Wasser nicht (GUTHRUF 1996). Uferabschnitte mit geringer Neigung bieten diesbezüglich günstige Bedingungen, indem der Seichtwasserstreifen breit und die Habitatfläche entsprechend gross ist. Dieser Sachverhalt kam bei der Kartierung klar zum Ausdruck: Die grössten Larvendichten fanden sich bei einer Uferneigung < 20 %.

Ein Renaturierungsprojekt ist auch unter Berücksichtigung der Schiffswellen am Rhein von grossem Vorteil für die Äschenlarven. Die Strukturierung des Ufers durch Totholz und Buchten erhöht das Angebot als Lebensraum nochmals um einen Faktor 2-3.

## 6.2. Schiffswellen

Die zahlreichen Ergebnisse bezüglich Schiffswellen weisen alle in dieselbe Richtung: Es können keinerlei Auswirkungen festgestellt werden:

- Weder während der 1. noch während der 2. Untersuchungsperiode war die Larvendichte an wellenexponierten Ufern geringer als an wellengeschützten.
- Die Besiedlungsdichte nahm kurzfristig nicht ab, was Kartierungen vor und nach der Schiffspassage bewiesen. Einzig die räumliche Verteilung änderte sich geringfügig.
- Auch längerfristige Abnahmen der Bestandesdichte konnten an wellenexponierten Stellen nicht festgestellt werden, die Dichte nahm zwischen der 1. und 2. Untersuchungsperiode nicht ab.
- Beim Absuchen von insgesamt 11 Stellen auf gestrandete Larven wurden lediglich an einer Stelle (Zufluss Schleifenbach, Obergailingen) einzelne gestrandete Larven gefunden. An allen übrigen Stellen waren die Befunde negativ.

Insbesondere besteht kein Zusammenhang zwischen der Uferneigung und einer allfälligen Beeinträchtigung der Larven durch Schiffswellen. Das geplante Renaturierungsprojekt bringt also, auch unter Berücksichtigung des Einflusses durch Schiffswellen, grosse Vorteile für die Äschenlarven. Das Angebot an Lebensraum wird dadurch stark vergrössert.

## 7. Verdankungen

- Als erstes möchte ich Peter Hunziker, Kraftwerk Schaffhausen AG, vielmals für das engagierte Projektmanagement danken. Er organisierte das Umfeld der Arbeit perfekt und stellte benötigte Daten, Hilfsmittel und Unterlagen speditiv und unbürokratisch zur Verfügung. Er hat mit seinen guten Ideen wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen.
- Den beiden Brüdern Josef und Adolf Brütsch, beides Mitglieder der Fischerzunft Diessenhofen gebührt besonderer Dank: Sie haben ihre grosse Ortskenntnis und langjährige Erfahrung als Pontoniere in die Arbeit eingebracht. Ohne ihren engagierten Einsatz hätte die Arbeit niemals im vorliegenden Rahmen durchgeführt werden können.
- Herrn Herter, Präsident der Bürgergemeinde Diessenhofen, danke ich vielmals, dass er die Mithilfe durch die Herren Brütsch und das Boot organisiert hat.
- Vinzenz Maurer (HYDRA Bern) möchte ich für das Scannen der Fotos vielmals danken.
- J. Walter und A. Krämer haben beim Durchlesen der Arbeit wertvolle Anregungen und Tips eingebracht - Vielen Dank.
- Ein Dankeschön meiner Frau Katrin für das Durchlesen und Redigieren des Berichts.

## 8. Literaturverzeichnis

- BARDONNET, A.; GAUDIN, P., PERSAT, H. (1991): Microhabitats and diel downstream migration of young grayling (*Thymallus thymallus* L.). - *Freshwater Biology*, 26: 365-376.
- ELLIOTT, J.M. (1994): *Quantitative Ecology and the brown trout*. - Oxford University Press, Oxford Series in Ecology and Evolution: 286 pp.
- FABRICIUS, E.; GUSTAFSON, K.-J. (1955): Observarions on the spawning behaviour of the grayling, *Thymallus thymallus* (L.). - *Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 36: 75-103.
- GÖNCZI, A.P. (1989): A study of physical paramters at the spawning sites of the European grayling (*Thymallus thymallus* L.). - *Regulated Rivers: Research and Management* 3: 221-224.
- GUTHRUF, J. (1996): *Populationsdynamik und Habitatwahl der Äsche (Thymallus thymallus L.) in drei verschiedenen Gewässern des schweizerischen Mittellandes*. - Diss. ETH Nr. 11720: 190 pp.
- HUBER, A.; WEISS, H.W. (1986): *Wellenerosion am Rhein*. - *Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich (VAW)* 88: 247 pp.
- STAUB, E.; KRÄMER, A.; MÜLLER, R.; RUHLÉ, CH.; WALTER, J. (1993): *Grundlagenbericht zum Thema Kormoran und Fische*. - *BUWAL, Schriftenreihe Fischerei* 50: 156 pp.
- VICENTINI, H. (1997): *Aeschen-Bestandesschätzung bei Stein am Rhein Winter 1996/1997*. - Gutachten im Auftrag des Departementes des Innern des Kantons Schaffhausen, Planungs- und Naturschutzamt des Kantons Schaffhausen, Fischerei- und Jagdverwaltung des Kantons Thurgau, BUWAL, Sektion Fischerei, Bern: 16 pp.

## 9. Anhang: Äschenlarvenbestand im Rhein

### 9.1. Ausgangslage

Die Jagd- und Fischereiverwaltung des Kantons Thurgau ist darauf angewiesen, möglichst viele Daten über die Äschenpopulation zu erhalten, zur sicheren Interpretation der Ergebnisse des laufenden Markierexperiments und zum Entwickeln eines angepassten Bewirtschaftungskonzepts. Ich erhielt den Auftrag, den Bestand an Äschenlarven in der Strecke Stein - Laag zu schätzen, um so feststellen zu können, wo die wesentlichen Prozesse der frühen Entwicklungsstadien ablaufen.

### 9.2. Material und Methode

Die Äschenlarven sind auf seichte, ufernahe Habitate angewiesen. Sie sind daher auf ufernahe Lebensräume begrenzt (GUTHRUF 1996; BARDONNET & GAUDIN 1991). Durch Uferkartierungen ist deshalb der Larvenbestand praktisch quantitativ erfassbar. Da die Larvendichte je nach Uferstruktur sehr stark variiert, muss die Berechnung getrennt nach Uferstrukturen erfolgen. Die Grundlagen über die Larvendichten sind in den Larvenkartierungen vorhanden. Folgende zusätzlichen Untersuchungen waren notwendig:

- **Uferkartierungen:** Vom Boot aus wurde der Anteil der verschiedenen Uferstrukturen an der Strecke Stein am Rhein - Laag oberhalb Büsingen aufgenommen. Es wurden zwei Situationen unterschieden: - Uferstrukturen bei Mittelwasser (aktuelle Situation),  
- die Situation, die bei Hochwasser herrschen würde.
- **zusätzliche Larvenkartierungen ausserhalb der Untersuchungsstrecke Bibernühli-Diessenhofen:** Zur Abklärung, ob die Larvendichten mit denjenigen der Untersuchungsstrecke vergleichbar sind, wurden Kartierungen zwischen Stein am Rhein und Hemishofen und zwischen Laag und Büsingen durchgeführt.

Der **Larvenbestand** wurde berechnet, indem die mittlere Larvendichte [N/m] einer bestimmten Uferstruktur mit der Streckenlänge, auf der diese Struktur vorhanden ist multipliziert wurde. Der Gesamtbestand wurde durch Aufaddieren der Ergebnisse der verschiedenen Uferstrukturen ermittelt.

$$(N/m_{\text{Blocksatz}} \cdot \text{Streckenlänge}_{\text{Blocksatz}} + N/m_{\text{Mauerwerk}} \cdot \text{Streckenlänge}_{\text{Mauerwerk}} + \dots)$$

### 9.3. Resultate

#### 9.3.1. Uferkartierung

Der Larvenbestand ist abhängig vom Ufertyp, wie deutlich aus Kapitel 5.1. hervorgeht. Deshalb war zur Abschätzung des Larvenbestandes eine Uferkartierung notwendig. Diese wurde am 26. Mai 1998 realisiert. Die Wasserführung ist mit der Situation zur Zeit der Larvenkartierungen vergleichbar.

Aus den Ergebnissen der Uferkartierung (Abb. 9) geht hervor, dass bei Mittelwasser (Wasserlinie bei  $Q = 347 \text{ m}^3/\text{s}$ ) sich fast die Hälfte aus monotonem Naturufer zusammensetzt. Ein Viertel ist reich strukturiertes Naturufer. Dagegen säumen harte Verbauungen (Blocksatz und Mauerwerk) über 20 % der Uferlinie.

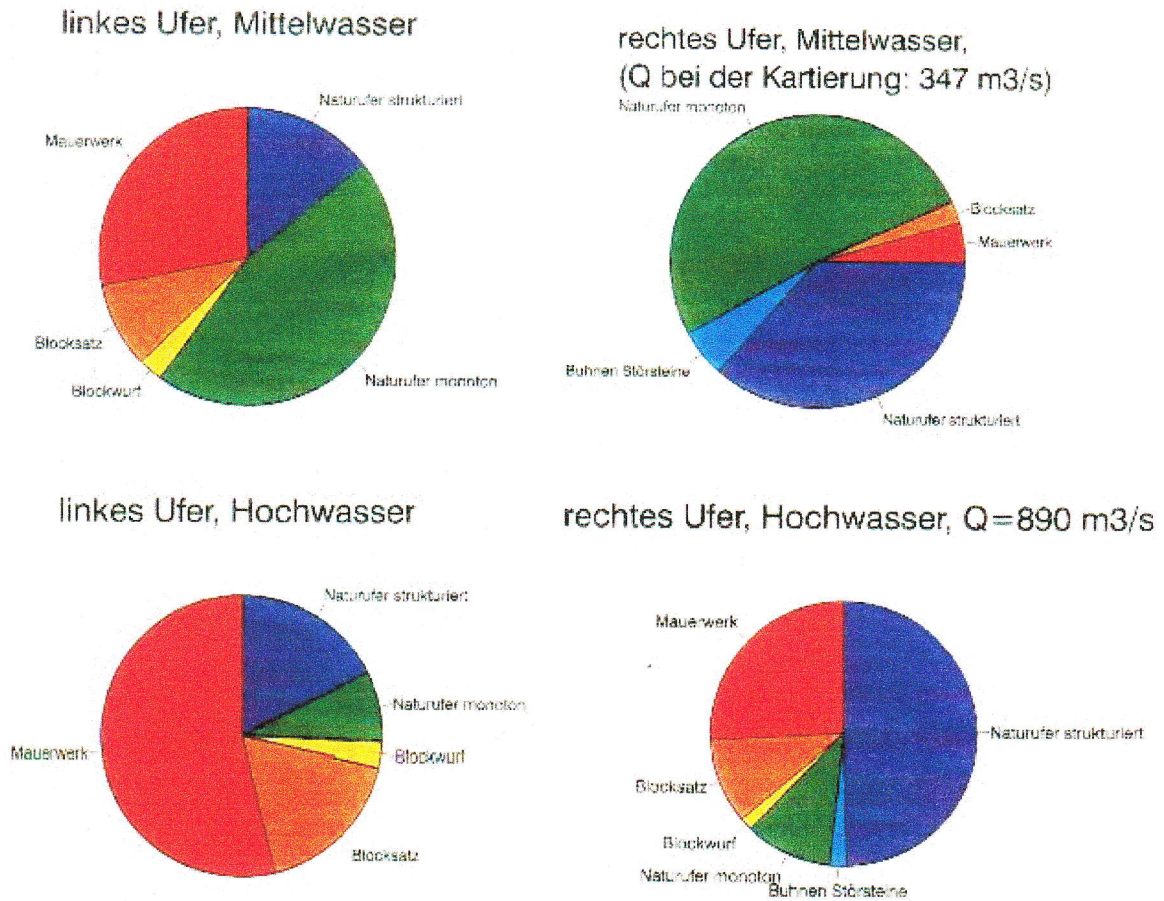


Abb. 9 Uferkartierung am Rhein zwischen Stein am Rhein (Brücke) und Laag (oberhalb Büsingen) für das linke und rechte Flussufer nach Wasserstand getrennt.



Foto 11: Uferverbauung bei der Mühle Obergailingen: Die natürliche Kiesbank wird bei Hochwasser überflutet, der Pegel erreicht das Mauerwerk - zum Nachteil der Äschenlarven.

Am linken Ufer ist der Rhein viel stärker verbaut als am rechten: 37 % sind hart verbaut, strukturiertes Naturufer ist nur noch zu 14 % vorhanden. An zahlreichen Uferabschnitten, die bei Mittelwasser Naturufer aufweisen, reicht der Pegel bei Hochwasser an die harten Uferverbauungen (Foto 11). Am linken Ufer ist fast drei Viertel der Strecke hart verbaut. Dagegen nimmt aber auch der Anteil strukturierten Naturufers zu, da häufig an monotone Kiesufer durch Bestockung strukturierte Naturufer anschliessen.

### 9.3.2. Larvendichte ausserhalb der Kartierungsstrecke

Die Larvendichte zwischen Stein am Rhein und Biberfühli liegt im Schwankungsbereich der Untersuchungsstrecke. Dagegen sind die Dichten bei Büsingen deutlich geringer als in der Untersuchungsstrecke (Wilcoxon Rangsummentest  $p = 0.05$ ). Trotz der an sich günstigeren Fliessgeschwindigkeit leben im Stauwurzelbereich deutlich weniger Larven als in der Fliessstrecke.

Tab. 7: Larvenkartierung zwischen Stein und Büsingen: Vergleich der verschiedenen Strecken nach Ufertypen getrennt (Mittelwert und Standardabweichung (Stabw)).

Strecke	Ufertyp	Mittelwert	Stabw
Stein-Biberfühli	NUS	5678	4310
Biberfühli-Diessenhofen	NUS	5106	4917
Laag-Büsingen	NUS	264	322
Stein-Biberfühli	NUM	2675	
Biberfühli-Diessenhofen	NUM	2055	2401
Laag-Büsingen	NUM	1212	930

### 9.3.3. Schätzung des Larvenbestandes Stein am Rhein (Brücke) - Laag

Die Ergebnisse der Bestandsschätzung müssen als grobe Näherung betrachtet werden, da die Daten semiquantitativ erhoben wurden und die statistischen Schwankungen recht hoch sind. Die Bestandsschätzungen ergeben in der ersten Kartierungsperiode ein Total von 430'000 Larven. Bis zur zweiten Kartierung kamen noch Larven dazu, die in der Zwischenzeit noch aus dem Kiesbett emergiert waren, die Schätzung liegt bei rund 800'000.

Am rechten Ufer leben dank dem hohen Natürlichkeitsgrad zwischen 61 und 65 % der Larven. Bei Hochwassersituationen wird die Bedeutung des rechten Ufers noch grösser sein: Zwischen 69 und 72 % der Larven werden auf dieser Uferseite leben. Auch auf den Gesamtbestand hat der Habitatverlust in der Hochwassersituation (Kapitel 9.3.1.) einen Einfluss: Die Einbusse dürfte zwischen 12 und 21 % betragen (Tab. 8).

Tab 8: Bestandsschätzung der Äschenlarven zwischen Stein am Rhein (Brücke) und Laag oberhalb Büsingen. Die Resultate sind nach Wasserstand, Kartierungsperiode, Flussseite und Ufertypen gegliedert. L[N] / R[N] = Anzahl Larven am linken / rechten Ufer.

Mittelwasserstand				Ufertypen	Hochwasserstand			
1. Periode		2. Periode			1. Periode		2. Periode	
L [N]	R [N]	L [N]	R [N]		L [N]	R [N]	L [N]	R [N]
6318	977	16479	2548	Mauerwerk	0	0	0	0
1759	449	14679	3751	Blocksatz	3333	1914	27807	15973
527	0	4397	0	Blockwurf	527	310	4397	2587
67969	76673	167720	189198	Naturufer monoton (NUM)	11959	15883	29509	39192
0	16992	0	14720	NUM mit Bühnen, Störsteinen	0	6372	0	5520
71649	183053	107339	274237	Naturufer strukturiert	87941	247992	131747	371524
<b>148221</b>	<b>278145</b>	<b>310614</b>	<b>484453</b>	<b>Summe</b>	<b>103760</b>	<b>272471</b>	<b>193460</b>	<b>434795</b>
35%	65%	39%	61%	Anteil linkes - rechtes Ufer [%]	28%	72%	31%	69%
<b>426366</b>		<b>795067</b>		<b>Total (rechts und links)</b>	<b>376231</b>		<b>628255</b>	

### 9.3.4. Vergleich mit dem Bestand an Elterntieren

Die Daten zum Bestand an Elterntieren (Vicentini 1998) verwendete ich zur Berechnung der gesamten Zahl an Eiern, die 1998 im Rhein zwischen Stein und Laag abgelaicht worden waren. Man erhält so einen groben Anhaltspunkt über Mortalitäten im Verlauf der embryonalen Phase. Das Vorgehen wurde wie folgt gewählt:

Aufgrund von Stichproben aus dem Laichfischfang bestimmte der kantonale Fischereiaufseher K. Egloff die prozentualen Anteile von Männchen, Weibchen und unreifen Tieren innerhalb der verschiedenen Jahrgänge.

Die Zahl der zwischen Stein und Bibermühli lebenden Rogner erhielt ich durch Multiplikation des prozentualen Anteils reifer Weibchen mit dem Schätzwert von Vicentini (1998) (Tab. 10). Die Eizahl wurde für jeden Jahrgang separat aufgrund der Fekundität der Aarepopulation (Guthruf 1996) berechnet. Die Eizahlen wurden anschliessend addiert und der Tatsache, dass sich die Bestandesschätzung der Elterntiere nur auf 41 % der Strecke der Larvenkartierung bezieht, Rechnung getragen.

Tab. 10: Berechnung der Gesamt-Eizahl aufgrund der Bestandesschätzung (Vicentini 1998)

Alter	Bestandesschätzung (Vicentini 1998)	% reife Weibchen	Anzahl reife Weibchen	Eier/Weibchen (Aare)	Anzahl Eier
1+		29.8	1247	4662	5813514
2+		2.6	110	7367	810370
3+		3.9	164	9818	1610152
Strecke Stein - Biber	4'180	36.4	1'521	21'847	8'234'036
Strecke Stein - Laag (Div. durch 0.41)	<b>10'195</b>	<b>36.4</b>	<b>3'703</b>		<b>20'044'471</b>

Dieselbe Berechnung wurde für das obere und untere Vertrauensintervall vorgenommen. Schätzwert: **20 Mio. Eier** (Vertrauensintervalle: **7.8 Mio.** bis **73.3 Mio.** Eier). Die Überlebensrate der Eier bis zum Larvenstadium beträgt somit schätzungsweise 4 % (Vertrauensintervalle: 1.2 bis 10.4 %). Wenn man berücksichtigt, dass der effektive Elternbestand eher im unteren Bereich des Vertrauensintervalls liegt (Vicentini 1998), und die Elterntiere, die dem Laichfischfang zum Opfer fielen, nicht berücksichtigt sind, wird die Überlebensrate bei ungefähr 10 % liegen. Dieses Ergebnis ist plausibel, da der grösste Anteil der Laichtiere 1<sup>+</sup>-Weibchen waren, deren Eier in der Fischzucht einen deutlich unter dem Durchschnitt liegenden Schlüpfertag aufweisen. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass es sich um eine sehr grobe Schätzung handelt, in der zahlreiche Annahmen getroffen wurden, durch welche sich Fehler einschleichen können.

## 9.4. Diskussion

In einer rund 12 km langen Strecke halten sich gemäss Schätzung zwischen 430'000 und 800'000 Larven auf, eine Zahl, die höher ist als in irgendeinem Äschengewässer, in dem Larvenzählungen durchgeführt wurden. In diesen Zahlen sind die Besatzfische nicht enthalten, da diese bei der ersten Schätzung (430'000) noch nicht im Rhein waren und bei der zweiten Schätzung zwar bereits ausgesetzt waren, aber das Larvenstadium schon zum Besatzzeitpunkt längstens abgeschlossen hatten. Dieses Ergebnis veranschaulicht die immense Bedeutung der natürlichen Fortpflanzung in diesem Rheinabschnitt. Insbesondere ist dabei zu bedenken, dass der Laichtierbestand 1998 relativ schwach war (pers. Mitt. K. Egloff und J. Walter, kantonale Fischereiaufseher TG / SH). Besonders wichtig für die Bewirtschaftung der Äsche ist daher die Erhaltung eines ausreichend grossen Laichtierbestandes und der Schutz der Habitate aller Entwicklungsstadien der Äsche. Auch unter diesem Aspekt ist das geplante Projekt unbedingt zu empfehlen. Aus den Ergebnissen geht auch deutlich hervor, wie wichtig das naturnahe rechte Rheinufer für die Larvenentwicklung

der Äsche ist: 65 % der jungen Larven hielten sich am rechten Ufer auf. Der Grund für das Defizit am linken Ufer ist eindeutig in den harten Uferverbauungen zu suchen.

Diese Aufnahmen wurden unter aussergewöhnlichen Bedingungen gemacht. Der Abfluss (330-372 m<sup>3</sup>/s) lag deutlich unter dem langjährigen Mittel im Mai (449m<sup>3</sup>/s). Bei höherem Abfluss steigt der Pegel über die Naturufer am Fuss der Schrägmauern, und grosse Teile der Ufer mit natürlichem Substrat verschwinden. Zusammen mit den zunehmenden Fliessgeschwindigkeiten führt dies zu einem grossen Verlust an Larvalhabitaten. Unter diesen Bedingungen gewinnt das rechte Ufer noch mehr an Bedeutung. Es ist davon auszugehen, dass bei Hochwasser über 70 % der Äschenlarven am rechten Ufer leben.

Renaturierungen können dazu beitragen, das Habitatdefizit am linken Rheinufer abzubauen. Jahrgänge, welche durch das Angebot an Larvalhabitaten limitiert sind, werden entsprechend zahlreicher. Renaturierte Ufer stellen nicht nur dem Fischer gesteigerte Fänge in Aussicht, sondern tragen auch dazu bei, die Äsche im Rhein langfristig zu erhalten.

# 10. Datenanhang

Nr.	Datum	Ufer/typ	Kilometer unt. Ende	Ufer	mittlere Neigung [%]	Mittelwert über 5 Stellen V (gemittelt über 10 s)			Substrat [cm]			dominierendes Substrat	Substrat Struktur	Anzahl Larven (n/100 m)	Bemerkungen
						20 cm	50 cm	100cm	min	max	MW				
1	06.05.98	NUS	30.700	R	2.0%	8.0	11.2	14.0	0.0	40	4	Schotter	heterogen	5330	
2	06.05.98	NUS	31.470	R	1.8%	8.6	15.6	42.8	0.0	100		Sand	heterogen	1340	
3	06.05.98	NUS	31.500	R	0.7%	3.6	3.8	5.8	0.0	100		Sand	heterogen	3805	
4	06.05.98	NUS	31.580	R	3.1%	7.6	17.0	20.4	0.0	50	5	Schotter	heterogen	1070	vor Schiffspassage Arenenberg (abw.), Schaffhausen (aufw.)
5	06.05.98	NUS	31.580	R	3.1%	7.6	17.0	20.4	0.0	50	5	Schotter	heterogen	1645	Nr. 4 nach Schiffspassage Arenenberg (abw.), Schaffhausen (aufw.)
6	06.05.98	NUM	32.000	L	16.5%	6.0	6.4	10.6	2.0	50	3	Schotter	mittelmässig	1580	
7	06.05.98	BS grob	32.300	L	76.0%	29.0	32.4	38.2	50.0	200	100	grosse Blöcke	homogen	205	
8	06.05.98	MW	32.720	L	45.0%	19.6	29.6	36.6	0.0	0	0	Mauerwerk	homogen	0	
9	07.05.98	NUM	33.220	L	17.1%	3.8	7.2	5.4	2.0	7	5	Schotter	homogen	635	
10	07.05.98	MW	33.150	L	75.0%	28.2	27.6	27.8	0.0	0	0	Mauerwerk	homogen	0	
11	07.05.98	NUS	33.520	L	17.7%	2.8	4.8	6.2	0.2	7	5	Schotter	homogen	3515	
12	07.05.98	NUS	33.640	R	20.0%	1.6	2.0	3.2	2.0	7	5	Schotter	homogen	3880	
13	07.05.98	NUS	32.670	R	21.0%	2.6	3.6	6.2	0.0	50	1.5	Kies	heterogen	3630	
14	07.05.98	NUM	33.765	R	12.2%	1.4	0.8	2.2	0.2	30	7	Schotter	heterogen	1195	
15	07.05.98	NUS	33.700	R	6.3%	2.8	8.0	14.8	0.2	30	7	Schotter	heterogen	3485	
16	07.05.98	BS	33.960	R	34.2%	9.6	14.2	16.2	20.0	30	25	Blöcke	homogen	50	
17	07.05.98	BW/BU/NUM	34.060	R	18.5%	2.0	4.8	3.8	3.0	40	5	Schotter	heterogen	2655	
18	07.05.98	MW	34.055	L	70.0%	32.2	31.6	25.4	0.0	0	0	Mauerwerk	homogen	0	
19	07.05.98	MW/NUM	34.760	L	Senkrecht	4.0	4.8	4.8	0.0	0	0	Mauerwerk	homogen	1220	Mauer senkrecht
19a	07.05.98	(MW)/NUM	34.760	L	Senkrecht	4.0	4.8	4.8	0.2	7	5	Schotter	homogen	40	Mauer senkrecht
19b	07.05.98	MW/(NUM)	34.760	L	Senkrecht	4.0	4.8	4.8	0.0	0	0	Mauerwerk	homogen	1180	Mauer senkrecht
20	08.05.98	NUM	32.920	L	16.5%	1.2	2.8	4.4	0.0	100	10	kleine Steine	mittelmässig	2730	
21	08.05.98	NUM (KS)	33.570	L	17.6%	5.8	11.4	14.6	2.0	7	5	Schotter	homogen	495	
22	08.05.98	MW	33.750	L	75.0%	15.8	24.2	19.0	0.0	0	0	Mauerwerk	homogen	0	
23	08.05.98	NUM (KS)	34.350	L	16.8%	3.0	4.6	3.4	2.0	7	4	Schotter	homogen	1640	
24	08.05.98	NUM (KS)	34.440	R	18.4%	4.8	4.6	4.8	3.0	5	4	Schotter	homogen	1865	vor Schiffspassage Thurgau (aufw.)
25	08.05.98	NUM (KS)	34.440	R	18.4%	4.8	4.6	4.8	3.0	5	4	Schotter	homogen	1400	Nr. 24 nach Schiffspassage Thurgau (aufw.)
26	08.05.98	MW/NUM	34.960	R	Senkrecht	21.6	30.2	32.6	0.0	0	0	Mauerwerk	homogen	95	Mauer senkrecht
26a	08.05.98	MW/(NUM)	34.960	R	Senkrecht	21.6	30.2	32.6	0.0	0	0	Mauerwerk	homogen	0	
26b	08.05.98	(MW)/NUM	34.960	R	Senkrecht	21.6	30.2	32.6	0.0	80	10	kleine Steine	heterogen	95	
27	08.05.98	NUM	32.065	L	14.2%	6.6	8.0	14.0	0.0	30	3	feine Schotter	mittelmässig	2105	
28	08.05.98	NUS	31.850	R	16.5%	2.4	3.4	7.0	0.0	70	0.2	Sand	mittelmässig	11575	
29	08.05.98	NUM	31.750	R	11.4%	5.4	9.4	11.2	0.0	40	0.2	Sand	mittelmässig	1285	vor Schiffspassage Schaffhausen (aufw.)
30	08.05.98	NUM	31.750	R	11.4%	5.4	9.4	11.2	0.0	40	0.2	Sand	mittelmässig	1285	Nr. 29 nach Schiffspassage Schaffhausen (aufw.)
31	08.05.98	NUM	31.630	R	6.8%	4.4	3.6	4.2	0.0	60	0.2	Sand	mittelmässig	975	
32	09.05.98	NUM	31.330	R	14.5%	3.6	6.4	10.8	0.3	40	1.5	Kies	mittelmässig	910	
33	09.05.98	BS/NUM	30.975	L	48.3%	7.8	16.2	20.2	50.0	150	100	Blöcke	homogen	210	
33a	09.05.98	BS/(NUM)	30.975	L	48.3%	7.8	16.2	20.2	50.0	150	100	Blöcke	homogen	50	
33b	09.05.98	(BS)/NUM	30.975	L	48.3%	7.8	16.2	20.2	0.0	10	5	Schotter	mittelmässig	160	
34	09.05.98	NUS	31.075	R	17.8%	2.6	2.8	3.4	0.0	60	3	feine Schotter	heterogen	5450	
35	09.05.98	NUS	31.300	R	37.0%	6.0	6.4	9.8	0.0	50	3	feine Schotter	heterogen	2550	
36	09.05.98	NUM	34.175	L	19.9%	5.4	9.0	9.0	0.2	8	3	feine Schotter	mittelmässig	435	
37	09.05.98	NUS	33.700	R	6.3%	2.8	8.0	14.8	0.2	30	7	Schotter	heterogen	5335	Nr. 15 vor Schiffspassage Arenenberg (abw.), Schaffhausen (aufw.)
38	09.05.98	NUS	33.700	R	6.3%	2.8	8.0	14.8	0.2	30	7	Schotter	heterogen	7800	Nr. 15 nach Schiffspassage Arenenberg (abw.), Schaffhausen (aufw.)
39	09.05.98	NUM (KS)	33.520	R	18.5%	5.2	8.0	10.0	2.0	30	5	Schotter	homogen	260	
40	09.05.98	MW	33.260	L	80.0%	11.4	11.8	8.0	0.0	0	0	Mauerwerk	homogen	0	
1	18.05.98	NUS	30.700	R	13.1%	7.8	12.6	15.8	0.0	40	4	Schotter	heterogen	3270	
35	18.05.98	NUM	31.300	R	18.0%	3.6	7.4	5.6	0.0	50	3	feine Schotter	heterogen	345	
6	18.05.98	NUM	32.000	L	16.6%	5.2	9.4	14.2	2.0	50	3	Schotter	mittelmässig	1190	
27	18.05.98	MW/NUM	32.065	L	16.6%	3.4	5.6	5.8	0.0	30	3	feine Schotter	mittelmässig	5690	
7	18.05.98	BS	32.300	L	76.0%	24.4	38.6	37.8	50.0	200	100	grosse Blöcke	homogen	300	
3	18.05.98	NUS	31.500	R	13.9%	3.4	4.0	5.0	0.0	100		Sand	heterogen	4600	Minimalwert, 0+-Äschen auch ausserhalb des durchwatbaren Bereiches
2	18.05.98	NUM	31.470	R	15.4%	13.0	18.2	27.6	0.0	100		Sand	heterogen	125	
31	18.05.98	NUS	31.630	R	9.0%	5.8	5.8	8.2	0.0	60	0.2	Sand	mittelmässig	8375	Minimalwert, 0+-Äschen auch ausserhalb des durchwatbaren Bereiches
4	18.05.98	BW/NUM	31.580	R	25.1%	3.6	8.8	11.8	0.0	50	5	Schotter	heterogen	160	
32	18.05.98	NUM	31.330	R	18.0%	4.8	8.6	12.8	0.3	40	1.5	Kies	mittelmässig	280	
33	18.05.98	BS/NUM	30.975	L	15.5%	4.0	16.0	16.6	50.0	150	100	Blöcke	homogen	2035	
33a	18.05.98	BS/(NUM)	30.975	L	15.5%	4.0	16.0	16.6	50.0	150	100	Blöcke	homogen	135	
33b	18.05.98	(BS)/NUM	30.975	L	15.5%	4.0	16.0	16.6	0.0	10	5	Schotter	mittelmässig	1900	
8	19.05.98	MW	32.720	L	17.1%	48.5	61.6	64.4	0.0	0	0	Mauerwerk	homogen	0	
9	19.05.98	NUM	33.220	L	16.6%	2.6	3.6	6.6	2.0	7	5	Schotter	homogen	2545	
21	19.05.98	NUM (KS)	33.570	L	19.4%	7.4	15.2	20.0	2.0	7	5	Schotter	homogen	290	
22	19.05.98	MW	33.750	L	75.0%	31.2	43.2	51.8	0.0	0	0	Mauerwerk	homogen	0	
19	19.05.98	MW/NUM	34.760	L	Senkrecht	4.6	5.0	4.6	0.0	0	0	Mauerwerk	homogen	3205	Minimalwert, 0+-Äschen auch ausserhalb des durchwatbaren Bereiches
19a	19.05.98	MW/(NUM)	34.760	L	Senkrecht	4.6	5.0	4.6	0.2	7	5	Schotter	homogen	0	Minimalwert, 0+-Äschen auch ausserhalb des durchwatbaren Bereiches
19b	19.05.98	(MW)/NUM	34.760	L	Senkrecht	4.6	5.0	4.6	0.0	0	0	Mauerwerk	homogen	3205	Minimalwert, 0+-Äschen auch ausserhalb des durchwatbaren Bereiches
10	19.05.98	MW	33.150	L	75.0%	22.2	32.2	36.2	0.0	0	0	Mauerwerk	homogen	0	
12	19.05.98	NUS	33.640	R	20.3%	3.4	3.6	4.4	2.0	7	5	Schotter	homogen	5725	
39	19.05.98	NUM (KS)	33.520	R	18.4%	6.4	8.0	11.8	2.0	30	5	Schotter	homogen	400	
28	19.05.98	NUS	31.850	R	17.5%	4.2	3.8	3.4	0.0	70	0.2	Sand	mittelmässig	24950	
29	19.05.98	NUM	31.750	R	12.3%	5.0	8.2	9.4	0.0	40	0.2	Sand	mittelmässig	10570	
20	20.05.98	NUS	32.920	L	15.9%	2.8	4.0	6.2	0.0	100	10	kleine Steine	mittelmässig	5210	Minimalwert, 0+-Äschen auch ausserhalb des durchwatbaren Bereiches
40	20.05.98	MW/NUM	33.260	L	80.0%	16.0	20.2	19.2	0.0	0	0	Mauerwerk	homogen	225	
40a	20.05.98	MW/(NUM)	33.260	L	80.0%	16.0	20.2	19.2	0.0	0	0	Mauerwerk	homogen	30	
40b	20.05.98	(MW)/NUM	33.260	L	80.0%	16.0	20.2	19.2	3.0	5	4	Schotter	homogen	195	
11	20.05.98	NUS	33.520	L	17.4%	4.6	6.0	13.4	0.2	7	5	Schotter	homogen	435	

# Abklärungen zur Optimierung eines Renaturierungsprojektes im Rhein

Nr.	Datum	Ufer typ	Kilometer unt. Ende	Ufer	mittlere Neigung [%]	Mittelwert über 5 Stellen V (gemittelt über 10 s)			Substrat (cm)			dominierendes Substrat	Substrat Struktur	Anzahl Larven (n/100 m)	Bemerkungen
						20 cm	50 cm	100cm	min	max	MW				
18	20.05.98	MW	34.055	L	70.0%	42.8	48.2	40.6	0.0	0	0	Mauerwerk	homogen	0	
36	20.05.98	NUM	34.175	L	19.6%	5.0	7.2	9.0	0.2	8	3	feine Schotter	mittelmässig	4665	
23	20.05.98	NUM	34.350	L	17.9%	2.0	3.8	6.8	2.0	7	4	Schotter	homogen	3960	
41	20.05.98	NUM	37.750	R					3.0	7	5	Schotter	homogen	285	
42	20.05.98	NUM	38.100	R					0.0	0.01	0.01	Sand	homogen	5	
43	20.05.98	NUS	37.950	R					0.0	20	2	feine Schotter	mittelmässig	115	
44	20.05.98	NUS	37.800	R					0.0	10	1	Kies	mittelmässig	355	
26	20.05.98	MW	34.960	R	Senkrecht	17.8	18.8	22.2	0.0	0	0	Mauerwerk	homogen	0	
17	20.05.98	BW/BU/NUM	34.060	R	16.3%	4.4	2.2	1.8	3.0	40	5	Schotter	heterogen	2300	
15	20.05.98	NUS	33.700	R	6.4%	2.4	5.8	6.8	0.2	30	7	Schotter	heterogen	3105	
34	25.05.98	NUS	31.075	R	16.0%	4.4	5.4	3.0	0.0	60	3	feine Schotter	heterogen	1510	Minimalwert. 0+-Äschen auch ausserhalb des durchwatbaren Bereiches
13	25.05.98	NUS	32.670	R	19.6%	3.0	4.0	7.0	0.0	50	1.5	Kies	heterogen	4965	Minimalwert. 0+-Äschen auch ausserhalb des durchwatbaren Bereiches
14	25.05.98	NUM	33.765	R	6.7%	2.8	2.2	2.8	0.2	30	7	Schotter	heterogen	6700	Minimalwert. 0+-Äschen auch ausserhalb des durchwatbaren Bereiches
16	25.05.98	BS	33.960	R	34.2%	12.6	20.2	21.8	20.0	30	25	Blöcke	homogen	1545	
24	25.05.98	NUM (KS)	34.440	R	17.9%	2.4	4.4	5.4	3.0	5	4	Schotter	homogen	5625	Minimalwert. 0+-Äschen auch ausserhalb des durchwatbaren Bereiches
46	25.05.98	BW/NUM	38.300	L					2	50	4	Schotter	heterogen	115	
47	25.05.98	NUS	38.150	L					0.0	50	4	Schotter	heterogen	1900	
48	25.05.98	NUS	39.200	L					0.0	10	0.01	Sand	mittelmässig	2195	Minimalwert. 0+-Äschen auch ausserhalb des durchwatbaren Bereiches
49	25.05.98	NUM	40.000	L					0.0	10	0.5	Feinkies	mittelmässig	15	
50	25.05.98	NUS	39.200	R					0.2	10	4	Schotter	homogen	1495	
51	25.05.98	NUM	38.900	R					0.2	10	4	Schotter	homogen	870	Minimalwert. 0+-Äschen auch ausserhalb des durchwatbaren Bereiches
52	25.05.98	NUM (KS)	38.300	R					0.2	10	4	Schotter	mittelmässig	295	
53	26.05.98	NUS	27.000	R										1380	Minimalwert. 0+-Äschen auch ausserhalb des durchwatbaren Bereiches
54	26.05.98	NUM	28.350	L										2675	
55	26.05.98	NUS	28.800	R										10000	Minimalwert. 0+-Äschen auch ausserhalb des durchwatbaren Bereiches
56	26.05.98	NUS	28.840	R										5655	Minimalwert. 0+-Äschen auch ausserhalb des durchwatbaren Bereiches