

# Monitoring Alpenrhein



## Basismonitoring Ökologie 2009 bis 2011

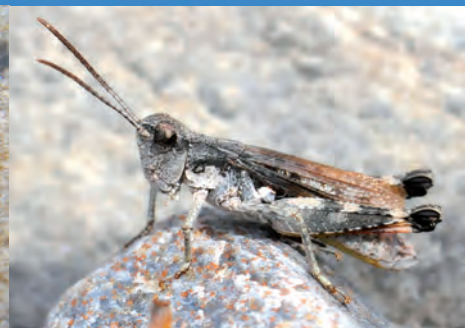
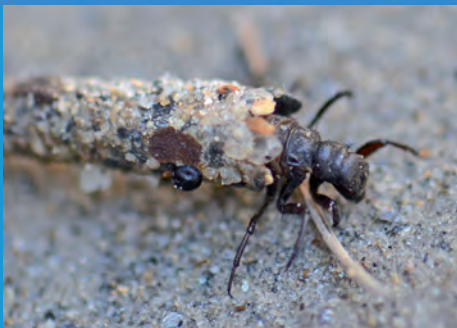
Benthosbesiedlung

Sonderuntersuchungen:

Jungfischhabitats

Besiedlung der Kiesbänke

Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA)  
Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie



St.Gallen, den 17. Juni 2011



# Monitoring Alpenrhein

---

## **Basismonitoring Ökologie 2009/2010**

Benthosbesiedlung

Sonderuntersuchungen:

Jungfischhabitats

Besiedlung der Kiesbänke

Internationale Regierungskommission Alpenrhein  
Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie

Juni 2011

## **Impressum**

### **Herausgeber:**

Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA)  
Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie

### **Bericht, Grafik & Gestaltung:**

HYDRA AG, St. Gallen

### **Titelbilder:**

Alpenrhein bei Mastrils (Foto: K. Varga)

*Allogamus auricollis*, *Cottus Gobio*, *Chorthippus pullus* (Fotos: S. Werner, P. Rey)

### **Zitiervorschlag:**

Rey, P., Werner, S., Mürle, U., Becker, A., Ortlepp, J. & J. Hürlimann: Monitoring Alpenrhein. - Basismonitoring Ökologie. Herausgeber: Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA), Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie. 150 S. St. Gallen 2011.

### **Bezugsadresse:**

Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA),  
Programmbeauftragte: Aurelia Spadin, Cresta 67 j, CH 7425 Masein  
e.mail: info@alpenrhein.net, www.alpenrhein.net

### **Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie:**

Mitglieder: Helmut Kindle (Liechtenstein, Vorsitz), Guido Ackermann (St. Gallen), Roland Riederer (St. Gallen), Marcel Michel (Graubünden), Nikolaus Schotzko (Vorarlberg), Gerhard Hutter (Vorarlberg)





## Inhalt

Zusammenfassung.....	8
Einleitung .....	9
<b>1. Basismonitoring Ökologie Alpenrhein</b>	<b>10</b>
1.1 Projektgebiet und Rheinabschnitte.....	12
1.2 Vom Flusscharakter zur Auswahl der Probestellen .....	14
1.3 Ursprung und Wasserführung .....	16
1.4 Wassertemperaturen und Larvenentwicklung.....	21
1.5 Methoden.....	22
<b>2. Probestellen und Ortsbefunde</b>	<b>24</b>
2.1 Vorderrhein oberhalb Illanz.....	26
2.2 Vorderrhein bei Reichenau .....	30
2.3 Hinterrhein bei Bonaduz.....	34
2.4 Alpenrhein bei Haldenstein .....	38
2.5 Alpenrhein bei Mastrils .....	42
2.6 Landquart oberhalb Igis-Landquart .....	46
2.7 Alpenrhein bei Triesen .....	50
2.8 Liechtensteiner Binnenkanal bei Ruggell.....	54
2.9 Alpenrhein bei Bangs .....	58
2.10 Ill bei Illspitz .....	62
2.11 Alpenrhein bei Lustenau.....	66
<b>3. Makrozoobenthos</b>	<b>70</b>
3.1 Taxazahlen und Besiedlungsdichten.....	72
3.2 Verteilung charakteristischer Zoobenthos-Taxa .....	76
3.3 Funktionelle Gruppen.....	82
3.4 Beurteilung der Ergebnisse .....	85
3.5 Indikator-Funktion und Zielarten .....	88
3.6 Indices zur Bestimmung der ökologischen Gewässergüte .....	90
<b>4. Benthos-Aufwuchs</b>	<b>96</b>
4.1 Artenspektrum und Verbreitung .....	97
4.2 Indikator-Funktion und Zielarten .....	100
4.3 Beurteilung der Ergebnisse .....	105
<b>5. Sonderuntersuchung Jungfische und Kleinfische</b>	<b>107</b>
5.1 Artenspektrum und Verbreitung .....	110
5.2 Jungfischdichten .....	113
5.3 Fischökologische Bedeutung der Mesohabitate .....	114
5.4 Reproduktionsbiologie.....	118
5.5 Indikator-Funktion und Zielarten .....	121
5.6 Fische und Sunkproblematik .....	122
5.7 Beurteilung der Ergebnisse .....	123

---

**6. Sonderprogramm Kiesbänke und Wasserwechselzonen** **126**

---

6.1	Lebensraumtypen .....	127
6.2	Faunenelemente und Artenüberblick.....	129
6.3	Florenelemente und Artenüberblick.....	137
6.4	Beurteilung der Ergebnisse .....	139

---

**7. Fazit des Basismonitorings Ökologie** **140**

---

7.1	Der Alpenrhein als Lebensraum.....	141
7.2	Ausblick.....	143

---

**8. Literatur** **144**

---

---

**9. Anhang** **152**

---

9.1	Daten Makrozoobenthos.....	152
9.2	Daten Fische .....	157

## Zusammenfassung

Mit dem Bericht zum „Basis-Monitoring Ökologie“ wird die erste Untersuchungskampagne des Monitoringkonzepts Alpenrhein der IRKA [44] abgeschlossen. Das Langzeitprogramm mit Schwerpunkt Gewässer- und Fischökologie soll fundierte Kenntnisse über die Biologie des Alpenrheins und über die Faktoren liefern, die seinen ökologischen Zustand beeinflussen. Wichtige abiotische und biotische Systembausteine werden in regelmässigen Intervallen untersucht, wie es bereits in unterliegenden Rheinabschnitten und anderen grossen europäischen Fließgewässern praktiziert wird [37, 38, 40, 41, 42, 56]. Künftig wird es möglich sein, Veränderungen in der Biologie des Alpenrheins in grösserem Zeitrahmen zu beobachten. Kenntnisse aus dem Basis-Monitoring bilden aber auch die Grundlage für spezifische Voruntersuchungen und Erfolgskontrollen bei allen Massnahmen im System (Umsetzungs-Monitoring).

Zentrales Thema des Basis-Monitorings Ökologie war die repräsentative Erfassung der Makrozoobenthos- und Phytobenthosbesiedlung\* des Alpenrheins und ausgewählter Zuflüsse. In Sonderprogrammen konnte darüber hinaus die Fischbesiedlung ufernaher Mesohabitate und die Besiedlung von Kiesbänken und Wasserwechselzonen untersucht werden. Im Herbst 2009 fanden an verschiedenen Flussquerschnitten im Alpenrhein, im Vorder- und Hinterrhein sowie in den Unterläufen von Lanquart, Liechtensteiner Binnenkanal und Ill Benthosprobenahmen mittels Multi-Habitat-Sampling statt. Wegen möglicher Gefahren durch einsetzenden Schwall erfolgte die Probenahme an den meisten Stellen durch gesicherten Tauchereinsatz. Zeitgleich und im Bereich derselben Querschnitte wurde die Fischfauna mittels Elektrofischerei erfasst. Jeweils im Sommer 2009 und 2010 fanden qualitative Untersuchungen der Fauna und Flora fünf ausgewählter Kiesbänke und Wasserwechselzonen statt.

Das Makrozoobenthos des Alpenrheins und des Vorder- und Hinterrheins ist erheblich von strukturellen und hydrologischen Defiziten beeinflusst. Nur innerhalb weniger naturnaher Abschnitte trifft man noch auf eine arten- und individuenreiche Benthosfauna. Dennoch konnten verschiedene seltene Arten beinahe entlang des gesamten Alpenrheins an geeigneten Habitaten nachgewiesen werden. Von den Quellflüssen bis zum Bodensee dominieren Bergbach- und Gebirgsflussarten, auentypische Faunenelemente fehlen. Die Individuendichten nehmen rheinabwärts ab. Zuflüsse tragen nicht nachweislich zur Bereicherung der Alpenrheinfauna bei.

Auch die Fischfauna im Alpenrhein wird von Strukturdefiziten und Schwall-/Sunk-Phänomenen beeinflusst. Höhere Jungfischdichten, ein Hinweis auf natürliche Reproduktion, findet man nur noch an Habitaten mit geeigneten Schutzstrukturen. Die Artenzahl der Fische nimmt rheinabwärts zu, nicht zuletzt durch den prägenden Einfluss des Bodensees im untersten Rheinabschnitt. Zwei Schwellen im Alpenrhein bilden zoogeografische Grenzen für mehrere Fischarten.

Auf einigen Kiesbänken im Alpenrhein und Hinterrhein konnte eine noch artenreiche Fauna und Flora nachgewiesen werden. Hierzu gehörten auch einige sehr seltene Arten, zwei von ihnen galten an ihren Fundorten bereits als verschollen.

Die Ergebnisse der Haupt- und der Sonderuntersuchungen zeigen neben vieler spezifischer Defizite, dass eine funktionierende Vernetzung von Lebensräumen im gesamten betrachteten Alpenrheinsystem fehlt. Es existieren kaum mehr ökologische Trittsteine, zwischen denen ein Arten- und Individuenaustausch stattfinden kann. Besonders einschneidend wirkt in diesem Zusammenhang das Fehlen funktionsfähiger Flussauen im Alpenrhein selbst und in seinen Zuflüssen.

\* Makrozoobenthos: Lebensgemeinschaft der wirbellose Kleinlebewesen der Gewässersohle; Phytobenthos: Lebensgemeinschaft des pflanzlichen Aufwuchses auf der Gewässersohle.

## Einleitung

Im Jahr 2007 hat die IRKA (Internationale Regierungskommission Alpenrhein) mit dem Monitoringkonzept Alpenrhein [44] die Basis für regelmässige biologische Untersuchungen am obersten Rheinabschnitt und seinen grössten Zuflüssen geschaffen. Solche Untersuchungen waren längst überfällig, da in allen unterhalb liegenden Rheinabschnitten bereits seit 1990 und in der Aare seit 2001 entsprechende Langzeitmonitoring-Programme durchgeführt wurden. Auch die Lebewelt des Alpenrheins wurde und wird im Rahmen anderer Fragestellungen [16, 20, 24, 25, 27, 31, 32, 44, 45, 46, 49, 50, 58] behandelt, ein Überblick über abschnittsabhängige Besiedlungen und zoogeografische Grenzen fehlte jedoch. Was ebenfalls fehlte, waren Vergleiche repräsentativer Probestellen, die Aussagen über unterschiedliche Struktur- und Geschiebe-Defizite sowie Effekte der Wasserkraftnutzung ermöglichten.

Die Untersuchungen am Alpenrhein sind wegen der geografischen Grenzlage des Flusses international zu koordinieren. Verantwortlich dafür zeichnet sich die Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie der IRKA mit ihren Fachvertretern aus Graubünden (Dr. Marcel Michel), St. Gallen (Dr. Guido Ackermann, Dr. Roland Riederer), Liechtenstein (Dr. Helmut Kindle) und Vorarlberg (Mag. Nikolaus Schotzko, DI Gerhard Hutter). Die Gruppe begleitet die Untersuchungen auch fachlich.

Der vorliegende Bericht behandelt die Ergebnisse aus den 2009 und 2010 durchgeführten Untersuchungen zur Benthosbesiedlung des Alpenrheins. Hierzu gehören die wirbellosen Kleinlebewesen der Flusssohle und der pflanzliche Aufwuchs des Sohlensubstrats. Aus methodischen Gründen konnten dabei zugleich überblicksmässige Erhebungen zur Jungfischbesiedlung der Ufer sowie zur floristischen und faunistischen Besiedlung der Kiesbänke und ufernahen Lebensräume durchgeführt werden. Der Auftrag zur Durchführung der ersten Untersuchungskampagne erging 2008 an die HYDRA AG, St. Gallen. Für die Bestimmung des pflanzlichen Aufwuchses und die fachliche Einordnung der Ergebnisse wurde Dr. Joachim Hürlimann (AquaPlus, Zug) herangezogen.

Da bisher noch keine entsprechenden Untersuchungen entlang des gesamten Alpenrheins stattfanden, mussten zuerst geeignete Probenahmestellen gesucht werden, die den Charakter der unterschiedlichen Rheinabschnitte und Unterläufe der grössten Zuflüsse repräsentativ vertraten. Hierzu wurde 2008 ein Vorprogramm mit qualitativer Probenahme durchgeführt. Insgesamt wurden fünf Probestellen im Alpenrhein, drei Probestellen in Vorder- und Hinterrhein sowie drei Probestellen in weiteren Rheinzufüssen für das Programm ausgewählt. Die Hauptuntersuchung fand im Spätherbst 2009 statt, zu einer Zeit, in der es die Abflüsse des Alpenrheins erlaubten, seine ständig benetzten und damit auch tiefere Bereiche der Sohle zu beproben und aufgrund seiner dann geringeren Trübung auch fotografisch zu dokumentieren.

Um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass der vorliegende Bericht am Anfang einer Langzeitdokumentation über regelmässige biologische Untersuchungen am Alpenrhein steht, wurde der aktuelle Zustand 2009 durch eine umfangreiche fotografische Bebilderung festgehalten. Der Bericht ist in sieben Kapitel gegliedert. Zunächst gehen die Autoren noch einmal auf die Grundzüge des Monitoringkonzepts ein, bevor in den Kapiteln 2 bis 4 die Probestellen, Methoden und Ergebnisse des Hauptthemas „Benthosuntersuchungen“ vorgestellt werden. Die Kapitel 5 und 6 widmen sich sodann den Sonderthemen „Jungfische“ und „Kiesbankbesiedlung“, bevor in Kapitel 7 die Schlussfolgerungen aus der ersten Untersuchungskampagne am Alpenrhein gezogen werden.

# 1. Basismonitoring Ökologie Alpenrhein

Das Basis-Monitoring Alpenrhein [45] ist ein Langzeitmonitoringprogramm, das die gewässerökologischen Charakteristika des Flusses und die ihnen zugrunde liegenden Kenngrößen erfasst. In regelmässigen Abständen werden verschiedene biotische und abiotische Module untersucht, um langfristige Veränderungen des ökologischen Gewässerzustandes zu erfassen und einordnen zu können. Die Module des Basismonitorings Alpenrhein sind:

- Hydromorphologie
- Wasserchemie
- Fischbesiedlung
- Benthosuntersuchungen
- Limikolen

Sonderbereiche sind unter anderem:

- Eignung ufernaher Gewässerlebensräume als Jungfischhabitat und Fisch-Reproduktionsraum;
- Zustand und Entwicklung flussbegleitender Lebensräume wie Kiesbänke, Wasserwechselzonen und Uferbereiche.

Die Inhalte des Basis-Monitorings, die Auswahl der Untersuchungsstellen und die Häufigkeit der Untersuchungen (Untersuchungsintervalle) sind so gewählt, dass für die Gewässerschutzarbeit und für allfällige Massnahmen stets ein als aktuell anzusehender Gewässerzustand zu Grunde gelegt werden kann. Gleichzeitig soll das Basis-Monitoring auch die Grundlage für ein möglichst effizientes (inhaltlich vollständiges aber dennoch wenig aufwändiges) Umsetzungs-Monitoring liefern, welches den Vorzustand und den Erfolg von Massnahmen am Gewässer erfassen soll. Ein so konzipiertes Basis-Monitoring wird deshalb als geeignetes Instrument angesehen, um den aktuellen gewässer- und fischökologischen Zustand des Alpenrheins aufzunehmen und die zukünftige Entwicklung des Flusses zu dokumentieren.

Die durch das geeignete Monitoring gewonnenen Kenntnisse über den aktuellen gewässerökologischen Zustand und Charakter des Fliessgewässersystems sollen Grundlage für eine erfolgreiche Gewässerschutzarbeit und für die Planung und Umsetzung von Gewässerentwicklungsmassnahmen sein.

## Fachliche Anforderungen

Das Basismonitoring soll möglichst effizient die unten aufgeführten Ansprüche erfüllen:

- die geeignete Auswahl repräsentativer Untersuchungsstellen durch bestmögliche Übertragbarkeit der Untersuchungsergebnisse auf den gesamten Fluss. Die Untersuchungsstellen beim Basis-Monitoring werden so festgelegt, dass ihre Beurteilungen typische Rheinabschnitte repräsentieren.
- die geeignete Auswahl von Fachbereichen und Indikatoren zur Charakterisierung des jeweils aktuellen gewässerökologischen Zustands des Alpenrheins. Indikatoren müssen so gewählt sein, dass ihr Zustand, ihr Vorhandensein oder Fehlen Rückschlüsse auf den Zustand des Gewässers zulassen.
- die regelmässige Wiederholung der Monitoringinhalte in geeigneten Intervallen zur Erfassung der langfristigen Veränderungen und Entwicklungen des Gewässers (--> Langzeitmonitoring).



Die Vorgaben für das Basismonitoring wurden in einer separaten Publikation der IRKA zusammengestellt.



- die Nutzung geeigneter Referenzen gegenüber dem Ist-Zustand zur Beurteilung der Auswirkungen menschlicher Einflüsse.

Untersuchungsinhalte, die sich für ein Basis-Monitoring eignen, müssen gute Indikatoren für die gewässertypische Charakteristik des „ursprünglichen“ Alpenrheins sein, gleichzeitig aber auch dem heutigen Charakter des Alpenrheins Rechnung tragen. Vor allem im Zusammenhang mit konkreten Entwicklungsmaßnahmen (Umsetzungs-Monitoring, [45]) müssen gewählte Inhalte auch jene gewässertypischen Lebensräume erfassen können, die heute fast verschwunden sind, sich bei Erfolg der Massnahme aber möglicherweise wieder entwickeln könnten (z.B. Auengewässer mit spezifischer Fauna und Flora, Kiesbänke).

Während der Durchführung des Basismonitorings konnten Synergien mit dem ebenfalls 2009/2010 laufenden IRKA-Programm D6 „Ökologische Auswirkungen des Schwall auf unterschiedliche Morphologien“ [46, 47] genutzt werden. So überschneidet sich die Probestelle Mastrilser Au bei beiden Programmen. Darüber hinaus werden die benthosbiologischen Kenntnisse über den Rhein um seinen obersten Abschnitt ergänzt und damit das entsprechende Langzeitmonitoring der Internationalen Rheinschutzkommission vervollständigt [41].

### **Benthos-Monitoring und Sonderuntersuchungen im vorliegenden Programm**

Als Makrozoobenthos bezeichnet man die Lebensgemeinschaft wirbelloser Tiere der Gewässersohle (Makroinvertebraten), die von blossen Auge sichtbar sind, und damit in der Regel eine Grösse von  $> 1$  mm besitzen. Die besondere Eignung von Makroinvertebraten als Indikatoren des Gewässerzustands basiert auf der Tatsache, dass deren Populationen

- wegen ihrer überschaubaren Entwicklungszeiten ( $< 1$  Jahr bis ca. 4 Jahre) sehr schnell auf Veränderungen im Gewässerzustand reagieren (Verschwinden, Erscheinen, Veränderung in der Besiedlungsdichte);
- relativ ortsgebunden sind und daher den jeweils herrschenden Gewässerzustand und dessen Veränderung räumlich eingrenzen können. Makroinvertebraten reagieren dabei sowohl auf Veränderungen der Wasserqualität (als Saprobie-Zeiger oder Saprobier), des Nährstoffangebots über Vermehrung ihrer Nahrungsgrundlage (als Trophie-Zeiger), als auch als Zeiger für hydromorphologische Veränderungen.

Der indikatorisch bedeutende Teil des pflanzlichen Aufwuchses sind die Kieselalgen, die sich vor allem als Trophiezeiger (Nährstoffgehalt) auszeichnen und aufgrund der Tatsache, dass sie auf dem Sohlensubstrat verankert bleiben, sehr kleinräumige Effekte anzeigen können (z.B. den Einfluss von Einleitungen). Wie das Makrozoobenthos, so reagiert auch der Kieselalgenaufwuchs sehr schnell auf Veränderungen der Umgebung.

Hinsichtlich des Algenaufwuchses und des Makrozoobenthos (MZB) existierten am unteren Alpenrhein und den dortigen Zuflüssen (V, SG, FL) zumindest regional gute, periodisch erhobene Daten. Vorarlberg ist dabei das einzige Land, das entsprechende Erhebungen bereits mehr als einmal nach den Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie durchgeführt hat [2, 26]. Liechtenstein, seit 2007 an die WRRL gebunden, hat erstmals 2008 an einer Rheinstelle und einer Stelle im Liechtensteiner Binnenkanal entsprechende Benthosdaten erfasst [62]. Am oberen Alpenrhein konzentrieren sich die Untersuchungen auf den Algenaufwuchs [ANU Graubünden]. Makrozoobenthos wurde nur in Rahmen von speziellen Untersuchungen erfasst (z.B. Schwall-Trübe-Untersuchung Alpenrhein [44], Besiedlung der Landquart [59] oder des Liechtensteiner Binnenkanals [79]). Eine flächige Befischung des Alpenrheins wurde letztmalig 2005 durchgeführt [27].

Regelmässige Untersuchungen des MZB fehlen im Oberlauf des Alpenrheins und mehreren dortigen Zuflüssen. Lediglich der Hinterrhein wurde im Zusammenhang mit Schwall- und Sunkeffekten intensiver untersucht [16, 49, 50, 81]. Über die beim vorliegenden Programm behandelte ufernahe Jungfischbesiedlung im Alpenrhein und die faunistische Besiedlung der Kiesbänke lagen bisher dagegen noch keine vergleichenden Daten vor.

## 1.1 Projektgebiet und Rheinabschnitte

Das Projektgebiet ist im Wesentlichen durch den Betrachtungsraum und die Massnahmenvorschläge des Entwicklungskonzepts Alpenrhein (EKA) vorgegeben [6], das in diesem Zusammenhang als übergeordnetes Gewässerentwicklungsprogramm angesehen werden kann. Projektgebiet für das Alpenrhein-Monitoring ist daher der Alpenrhein (Rheinschlauch) zwischen Reichenau (GR) und seiner Mündung in den Bodensee (Rheinvorstreckung). Hinzu kommen die mündungsnahen Bereiche der grösseren, direkten Zuflüsse.

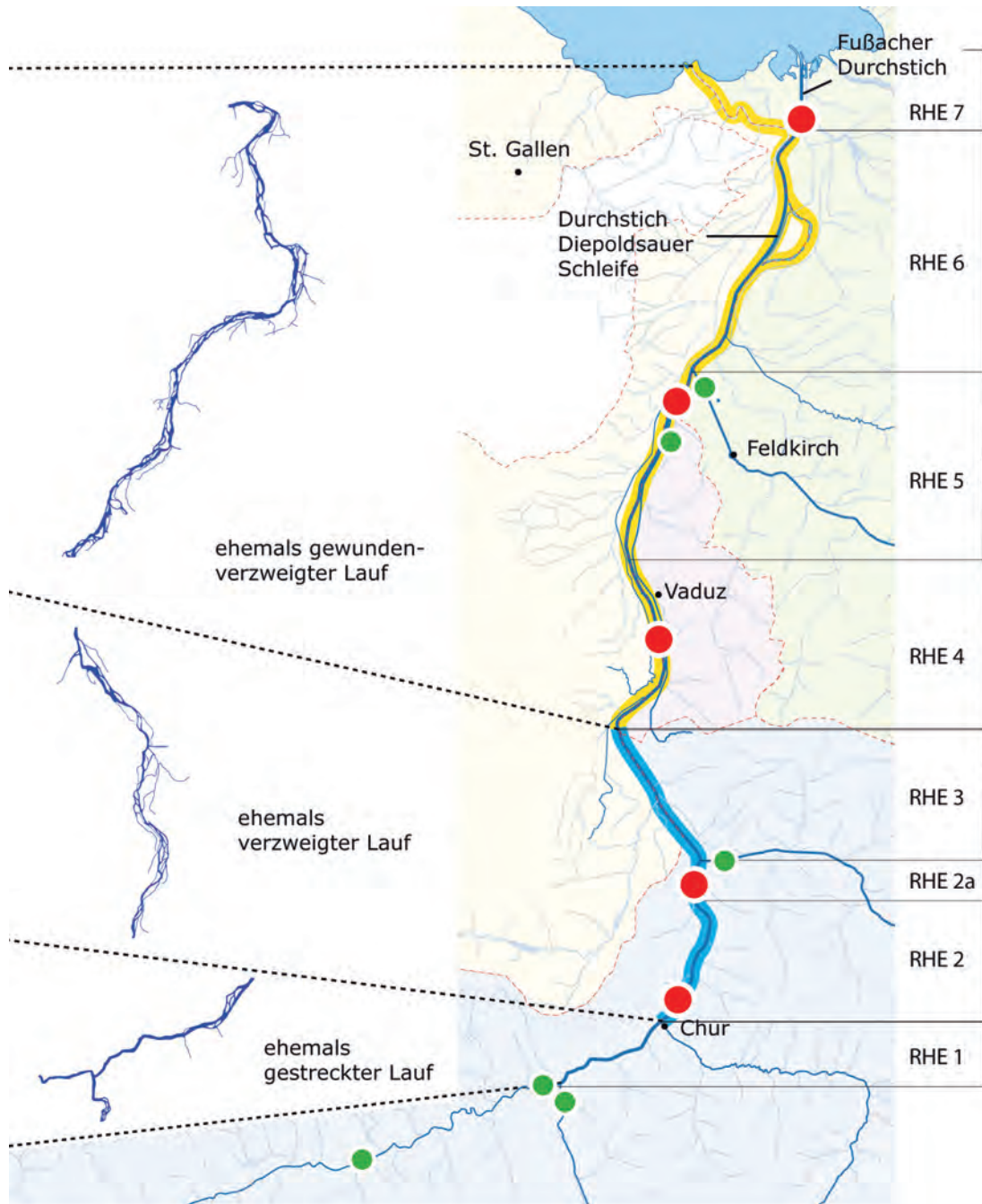


Abb. 1: Auf Basis der historischen Referenz (hier: DUFOUR-Karte von 1863) unterscheidbare vier Abschnittstypen des Alpenrheins zwischen Reichenau und dem Bodensee. Zusammen mit den anthropogenen Überprägungen durch die Rheinregulierung ergeben sich sieben charakterlich unterscheidbare Rheinabschnitte, wobei der Bereich um Mastrils als Referenz gesondert beurteilt wird. Rote Punkte: Lage der Probetranssekte für die Benthosuntersuchung im Rheinschlauch; grüne Punkte: Probetranssekte in den Rheinzufüssen. HYDRA 2006 ©.



Als repräsentative Zuflüsse für das Benthosmonitoring wurden ausgewählt: Vorder- und Hinterrhein, Landquart, Liechtensteiner Binnenkanal (LBK) und Ill. Ausgehend von der historischen Referenz wurde der Alpenrheinlauf in vier ursprünglich voneinander unterscheidbare Abschnitte (Abschnittstypen) eingeteilt (Abb. 1). Diese Abschnitte decken sich sowohl mit den Planungshinweisen des EKA als auch mit den geltenden Prinzipien zur Unterscheidung von Wasserkörpern nach EU-Wasserrahmenrichtlinie. Für die weiterführende Einteilung nach Monitoringabschnitten wurden darüber hinaus anthropogen überprägte Charakteristika mit berücksichtigt, so dass nun - je nach Inhalt des Basis-Monitorings - bis zu 7 unterscheidbare Rheinabschnitte festgelegt wurden.

### Besonderheiten der Flussausprägung

Eine weitere, grundsätzliche Unterscheidung des Rheinlaufs manifestiert sich in der Möglichkeit, seinen ursprünglichen Charakter eines gewunden-verzweigten Laufs zurück zu erlangen. Die dem Fluss zur Verfügung stehende Gerinnebreite nimmt entgegen der Wasserführung rheinabwärts tendenziell ab, so dass die letzten noch vorhandenen Furkationsabschnitte oberhalb der Landquartmündung durch lange Strecken mit alternierenden Kiesbänken abgelöst werden, bis das Gerinne unterhalb der Illmündung nur noch eine kanalartige Ausprägung zulässt (Abb. 2).

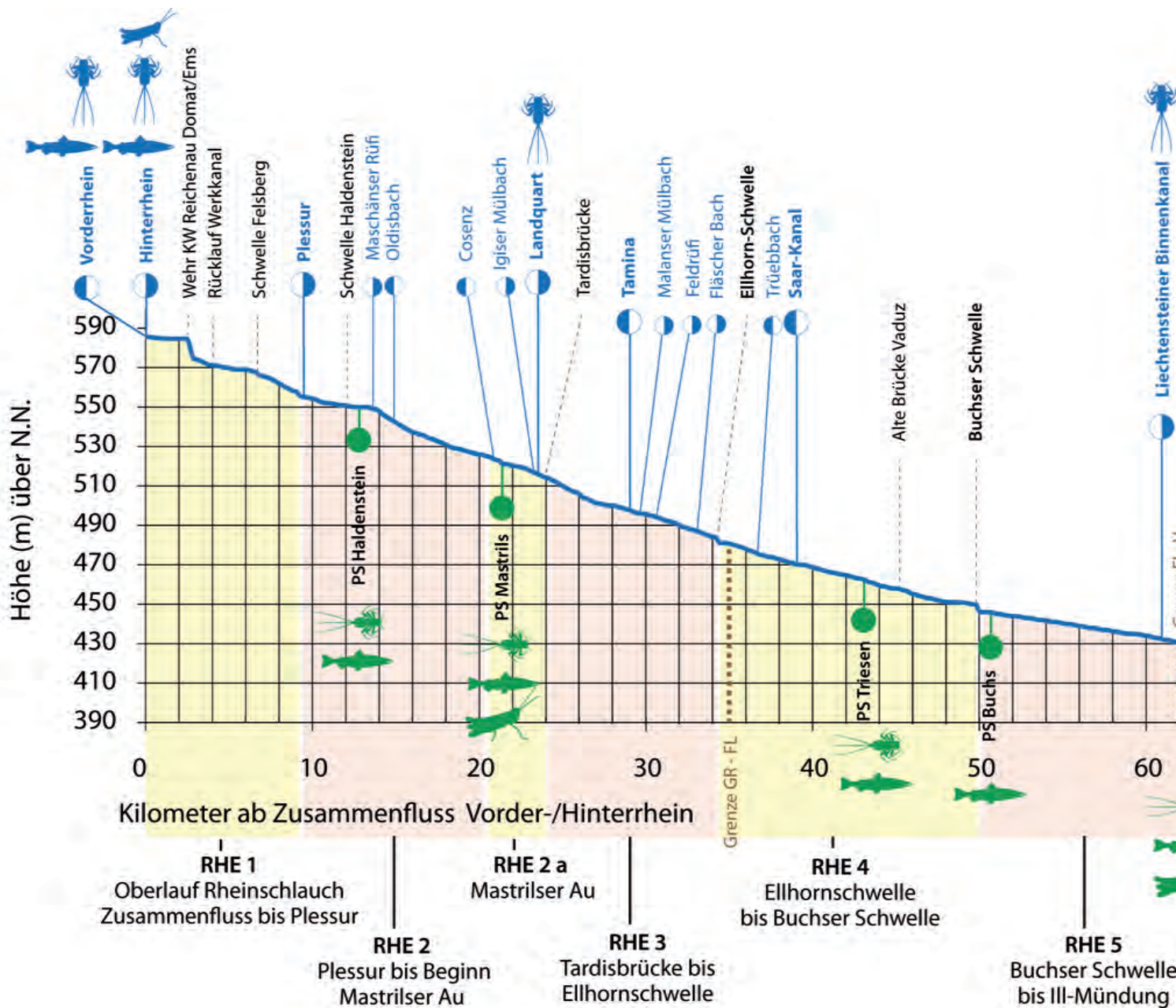


Abb. 2: Unterschiedliche Gerinnebreiten führen im Alpenrhein zu typischen Ausprägungen des gewunden-verzweigten Laufs. Auf Abschnitt 2 (RHE 2), unterhalb der Plessurmündung bei Chur, hat der Rhein an wenigen Stellen wie z.B. in der Mairtrilser Au (RHE 2a, Bild oben links) noch genügend Gerinnefläche, um Furkationen und Kiesinseln auszubilden. Von der Tardisbrücke abwärts bis zur Illmündung (RHE 3 bis RHE 5) wurde der Rhein in ein Regelprofil gezwängt. Noch immer besteht aber die Tendenz, sich zu verzweigen; hierzu fehlt der Raum und es kann sich jeweils nur ein Furkationsarm ausbilden. Es entsteht ein Muster alternierender Kiesbänke in regelmässigen Abständen (Bild oben: Blick von Süden auf das Ellhorn). Unterhalb der Illmündung wird das Rheinbett trotz höherer Wasserführung noch schmaler und kanalartiger, wobei es ständig benetzt bleibt. Kiesinseln fehlen (Bild unten links). Fotos HYDRA 2003, 2004 ©.



## 1.2 Vom Flusscharakter zur Auswahl der Probestellen

Wichtige Vorgabe aus dem Monitoringkonzept [45] war es, für die unterschiedlichen Rheinabschnitte repräsentative Probestellen auszuwählen, die anhand ihrer Indikatoren den jeweils dominanten Charakter des jeweiligen Flussabschnitts anzeigen. Daher waren neben den grob unterscheidbaren Merkmalen des Flusslaufs auch sein Gefälle, die Mündungen von Zuflüssen sowie der Einfluss von Rückstauereichen, Kraftwerkstufen und bedeutenden Sohlschwellen zu berücksichtigen. Die unterschiedlichen Monitoringinhalte konnten deshalb auch nicht alle an den jeweils gleichen Stellen abgehandelt werden. Während sich die Probenorte von Makrozoobenthos und Jungfischen deckten, wurden die Untersuchungen auf Kiesbänken auch an davon abweichenden Orten durchgeführt. Aufgrund des vorgegebenen Aufwands für das Gesamtprogramm wurden nicht alle sieben Rheinabschnitte durch Probestellen repräsentiert (vgl. Abb. 1). So wurde z.B. der oberste, teilweise eingestaute Alpenrhein- (ARH-)Abschnitt von Reichenau bis zum KW Reichenau nicht untersucht. Auf die Untersuchung anderer Abschnitte konnte wegen ihrer Ähnlichkeit zu repräsentierten Strecken verzichtet werden. (z.B. RHE 3, RHE 6).



## Längsverlauf, Stufen und Zuflüsse

Der Gefälleverlauf des Alpenrheins ist regelmässig und flacht sich zu seiner Mündung in den Bodensee hin kontinuierlich ab. Bei seinem etwas mehr als 90 km langen Lauf zwischen Reichenau (GR) und der Rheinvorstreckung bei Hard (Vorarlberg) überwindet der Fluss rund 200 Höhenmeter (Abb. 3). Die meisten der 2 bis 4 m hohen Sohlenschwellen in seinem Lauf sind anthropogen und z.T. zur Stabilisierung von Brückenfundamenten oder als Geschiebeschwellen eingebaut. Die Ellhornschwelle dient zusätzlich zur Ableitung von Sohlenfiltrat-Wasser in das Gebiet Äule Häg und von dort aus in den Liechtensteiner Binnenkanal. Lediglich das Wehr des KW Reichenau kann bezüglich des Fischabstiegs als Kontinuumsunterbrechung eingestuft werden [35]. Ellhornschwelle und Buchser Schwelle scheinen für aufwärts wandernde Fischarten aber auch gewisse Hindernisse darzustellen [27, 35].

Von den ursprünglich mehr als 40 direkten Alpenrheinzufüssen erreichen heute nur noch 16 den Fluss im Bereich ihrer früheren Mündungen. Alle anderen werden von Binnenkanälen links und rechts des Rheins aufgefangen und an Stellen eingeleitet, die einer optimalen Gebietsentwässerung Rechnung tragen.

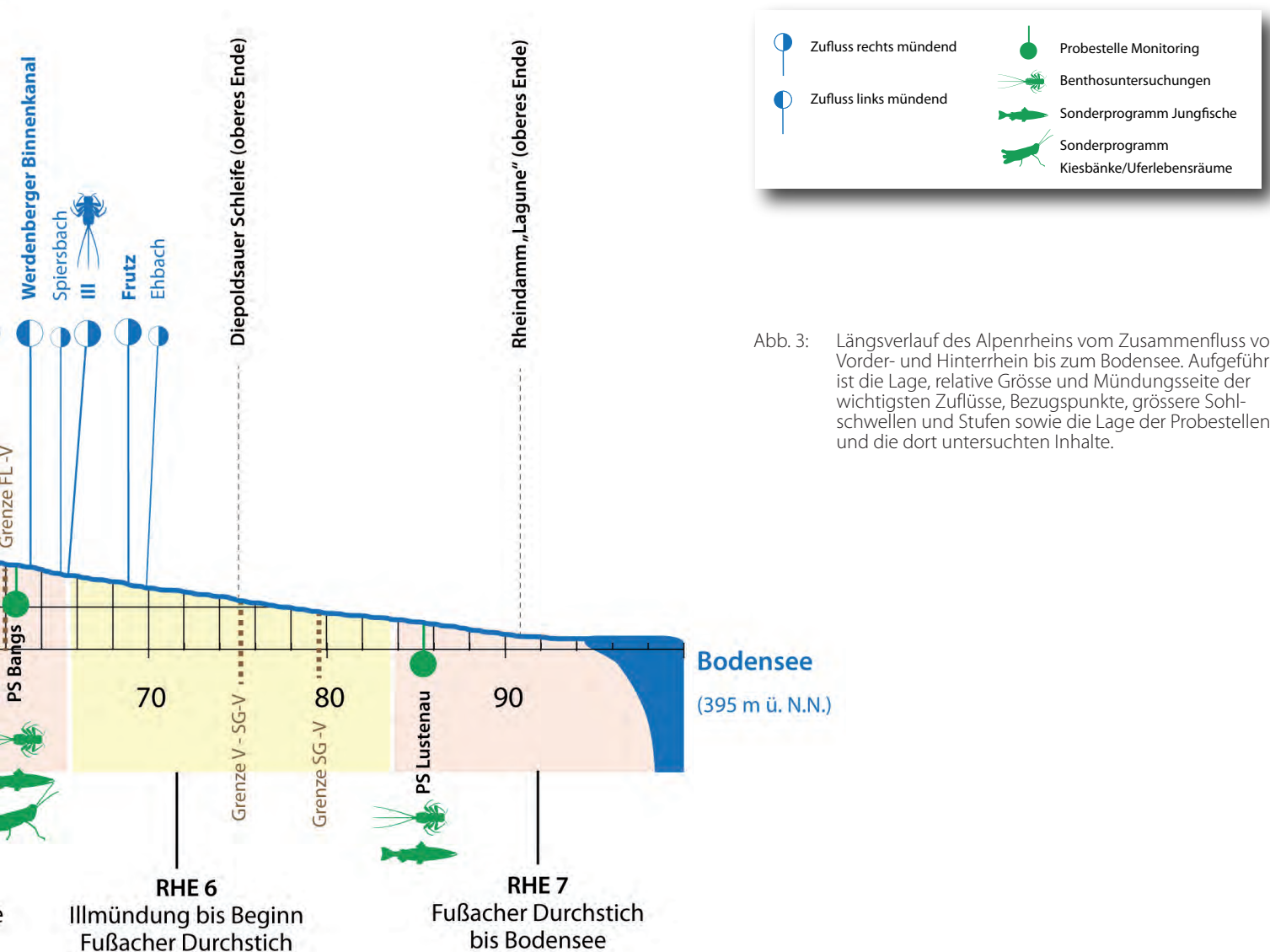


Abb. 3: Längsverlauf des Alpenrheins vom Zusammenfluss von Vorder- und Hinterrhein bis zum Bodensee. Aufgeführt ist die Lage, relative Grösse und Mündungsseite der wichtigsten Zuflüsse, Bezugspunkte, grössere Sohlenschwellen und Stufen sowie die Lage der Probestellen und die dort untersuchten Inhalte.



## 1.3 Ursprung und Wasserführung

Der Alpenrhein und sein Einzugsgebiet sind - zusammen mit dem Bodensee - deutliche erdgeschichtliche Spuren der letzten Eiszeiten. Im Pleistozän bedeckte immer wieder ein riesiger, über 1000 m mächtiger Rheingletscher das Gebiet. In den dazwischen liegenden Warmzeiten schmolz dieser als Alpenrhein jeweils in Richtung Bodensee ab, zunächst noch direkt nach Norden in die Ur-Donau, im mittleren Eiszeitalter nach Westen in den Ur- und später in den Aare-Rhein [36]. Noch vor 14 000 Jahren war das Alpenrheintal von Chur nordwärts mit dem Bodensee und dem Illsee eine zusammenhängende Seenplatte, bevor vor etwa 4000 Jahren das Tal durch bis zu 200 m mächtige Alluvionen verfüllt war und der Alpenrhein seine letzte natürliche Form erlangte. Diese behielt er bis Ende des 19. Jahrhunderts, dann wurde er im Rahmen der internationalen Rheinregulierung in seine heutige Form gebracht.

### Einzugsgebiet

Der Alpenrhein fließt heute von seinem Ursprung nahe des Oberalppasses in seiner längsten Ausdehnung ca. 165 km bis zu seiner Mündung in den Bodensee. Obwohl der Rhein nominell oberhalb des Tomasees auf rund 2800 m entspringt, liegt sein höchster Wasserursprung noch einmal deutlich höher, am Gletscher des 3418 m hohen Tödi (Abb. 4). Vom Pegel Diepoldsau aufwärts umfasst das Einzugsgebiet 6200 Quadratkilometer. Der Abfluss des Alpenrheins ist aufgrund dieses zu einem grossen Teil hochalpinen Einzugsgebiets nival geprägt. Schmelzwasser bestimmt die fröhsommerlichen Abflussspitzen des Flusses, die ihrerseits den Pegel des Bodensees entscheidend beeinflussen. Vorder- und Hinterrhein können eigentlich nicht als Zuflüsse, sondern eher als Ursprungs- bzw. Quellflüsse des Alpenrheins ähnlicher Dimension bezeichnet werden. Bis auf einen kleinen italienischen Abschnitt des Reno di Lei und des Lago di Lei, der zur Region Lombardia zählt, und dem Bereich um Sontga Maria (Ticino), liegt der gesamte Ursprung des Alpenrheins auf dem Gebiet Graubündens. An zwei Stellen, auf Höhe des Alvier und auf Höhe des Hohen Kasten gelangt noch eine geringe Wassermenge aus anderen Einzugsgebieten durch den jeweiligen Bergstock auf natürliche Weise ins Alpenrheintal [36].



Abb. 4: Höchste Stelle des Einzugsgebiets und letzter grösserer Rheingletscher - der Tödi (3418 m). Foto HYDRA 2010 ©



Abb. 5: Der Vorderer Rhein in seiner natürlichen Form - Rheinschlucht nahe Flims (GR). Foto HYDRA 2010 ©



## Abflussverlauf im Jahrgang und zur Untersuchungszeit

Um die Abflüsse des Alpenrheins unterhalb des Zusammenflusses sowie typische Abflüsse von Vorder- und Hinterrhein zu charakterisieren, wird auf die Daten der Landeshydrologie 2009 zurückgegriffen (Abb. 6).

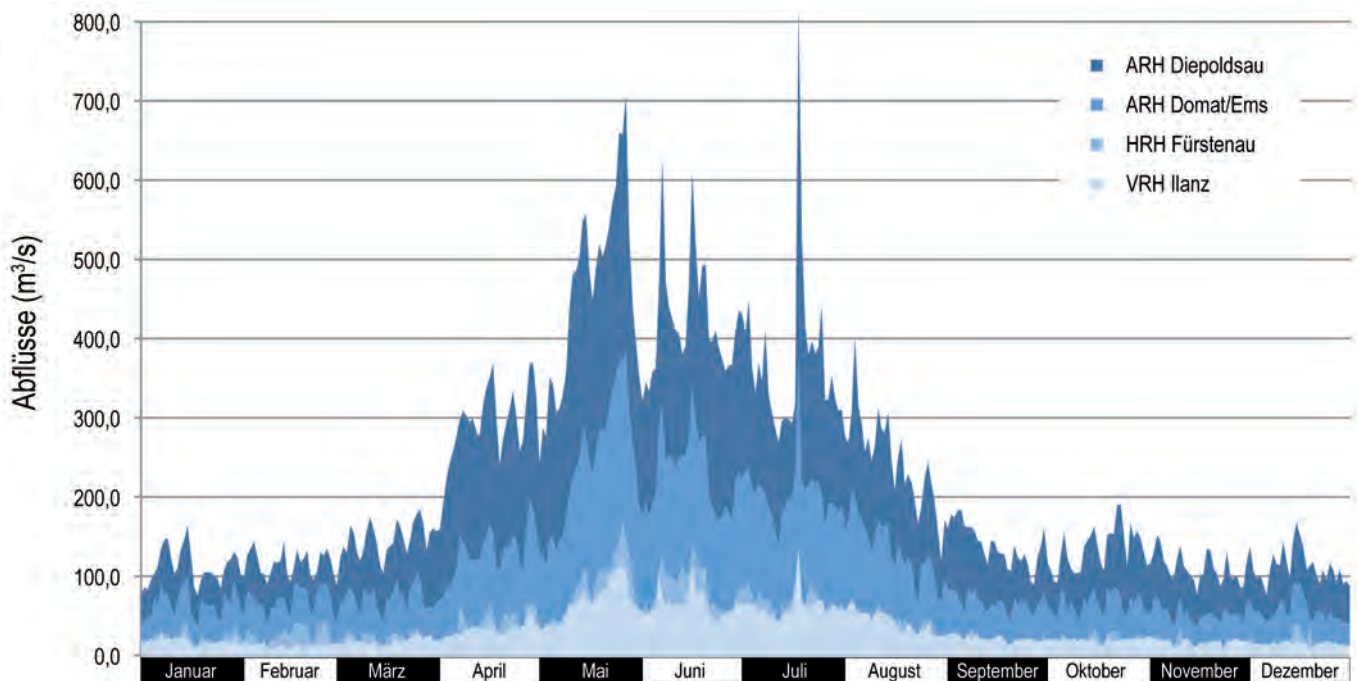


Abb. 6: Abflussverlauf (Tagesmittelwerte 2009) an verschiedenen Messstellen im Vorderrhein, Hinterrhein und Alpenrhein. Quelle: Landeshydrologie CH.

Der nahezu parallele Verlauf der Abflüsse von Vorder-, Hinter- und Alpenrhein zeigt einen direkten Zusammenhang zwischen den Abflussverläufen in hohen und in niederen Lagen des Einzugsgebietes. Wie unten noch detailliert beschrieben wird, werden die dargestellten Tagesmittel noch einmal durch ein- bis mehrfache tägliche Schwallereignisse an allen dargestellten Stellen überlagert. Zusammen mit dem in Abb. 7 vorgestellten Abflussgeschehen zwischen dem 15. Oktober und 15. Dezember 2009 zeigt dies, dass eine Probenahme in Alpenrhein und seinen Quellflüssen eigentlich nur vom gewählten Zeitfenster an bis etwa Ende Februar durchführbar ist.

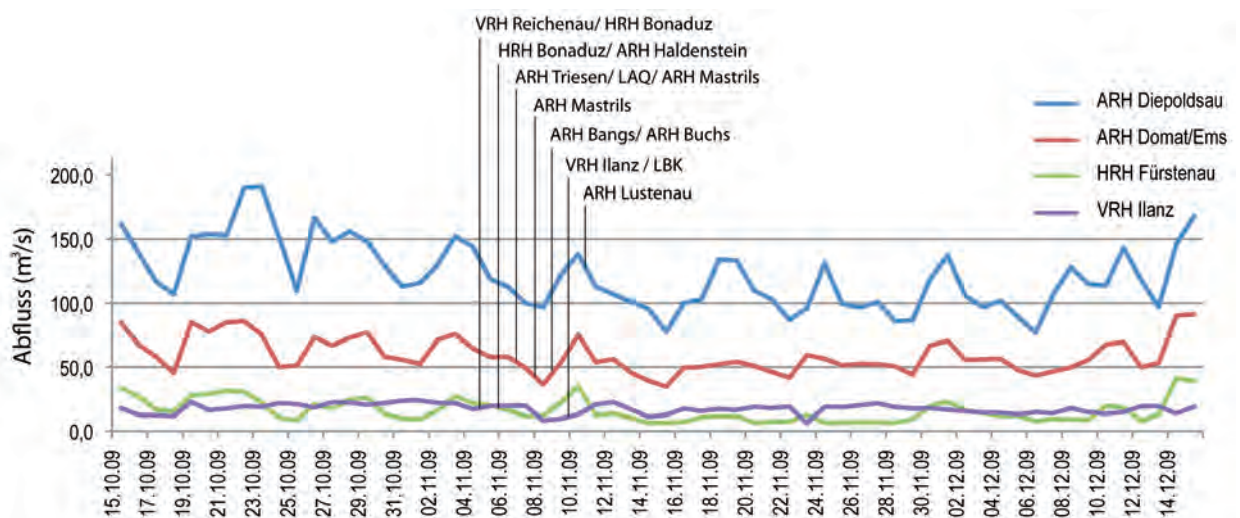


Abb. 7: Abflussverläufe (Tagesmittelwerte 2009) zum Zeitpunkt der Probenahmen zum Basismonitoring.

## Wasserkraftnutzung

Vorder- als auch Hinterrhein und ein Grossteil ihrer Zuflüsse sind durch eine Vielzahl von Kraftwerkstufen in ihren Abflüssen reguliert. Durch Wasserfassungen und Wasserrückgaben unterhalb der Kraftwerke unterscheiden sich die Fliessgewässerabschnitte in Restwasserstrecken und Schwall-Sunk-Strecken. Darüber hinaus unterbrechen fast 30 Speicherseen und -becken das Fliessgewässerkontinuum des Systems (Abb. 8). Im Alpenrhein selbst existiert mit der Stufe Reichenau bei Domat/Ems ein Flusskraftwerk mit Rückstaubereich.

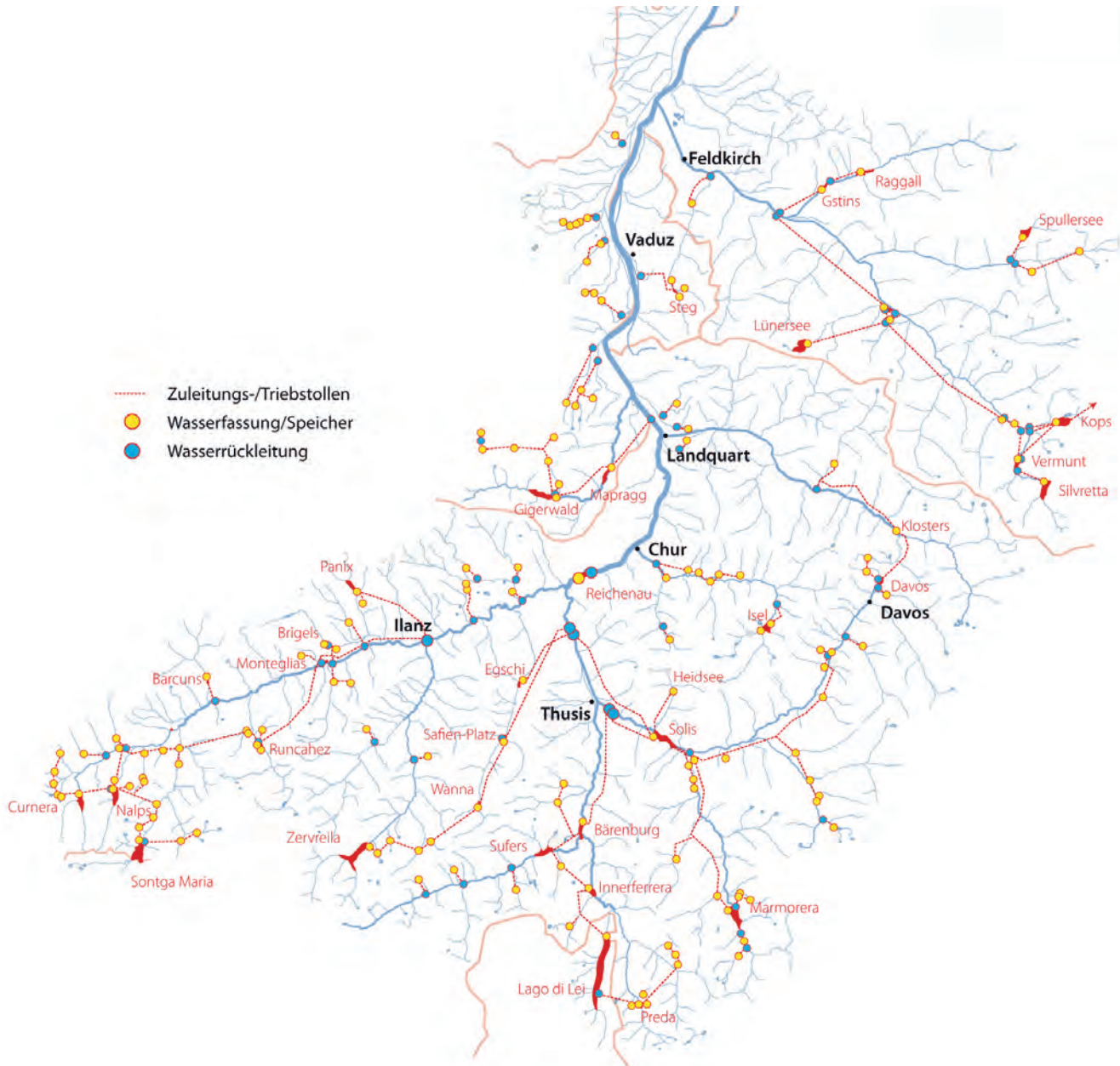


Abb. 8: Netz der Wasserkraftnutzung im Einzugsgebiet des Alpenrheins. Kleinkraftwerke sind nicht vollständig eingetragen.

Restwasserstrecken, Abschnitte ohne jegliches Restwasser und Schwall-Sunk-Strecken beeinflussen heute einen grossen Teil der direkten und indirekten Alpenrheinzufüsse. Restwasserstrecken sind dabei in ihrer Ausprägung völlig unterschiedlich und haben nur eines gemeinsam: in ihnen fliesst weniger Wasser, als ihnen natürlicherweise aus dem Einzugsgebiet zufließen würde. Das entnommene Wasser wird dem Gewässer weiter unten oder dem darauffolgenden grösseren Fliessgewässer als Schwall wieder zugeleitet.



## Restwasserstrecken und Abschnitte ohne Restwasser

In einem Grossteil der Kraftwerkstufen wird nach geltenden Gesetzen Restwasser dotiert/belassen. Hier kommt es zu unterschiedlichen ökologischen Effekten. Während Restwasserstrecken in tieferen Lagen oft einen gewissen Verlust biologischer Produktivität verursachen (Verkleinerung der benetzten Fläche), sind alpine Restwasserstrecken zeitweise deutlich produktiver als ihre benachbarten, natürlich durchflossenen Abschnitte. Auch hier verringert sich die besiedelbare Fläche, zugleich fallen aber auch selektierende hydraulische Stressfaktoren weg, die zuvor eine Ansiedlung strömungssensiblerer Arten verhindert haben.

Viele der Kraftwerke mit älteren Konzessionen besitzen noch gar keine Restwasserregelung. Vor allem in hochalpinen Zuflüssen mit groben Gewässersohlen findet man deshalb auch völlig ausgetrocknete Bachabschnitte oder Versickerungstrecken, in denen das wenige Wasser nur noch im Untergrund (interstitiell) fliesst (Abb. 9). Wie die vielen Stauseen stellen solche zeitweise trockenen Strecken Unterbrechungen des Fließwasserkontinuums dar, die von Fischen und anderen ständig im Wasser lebenden Organismen nicht überwunden werden können. Auch wenn sie zeitweise wieder Wasser führen, können sie praktisch nur durch Wasserinsekten besiedelt werden, deren Imagines die längste Zeit ausserhalb des Wassers leben.



Abb. 9: Durch den Kraftwerkbetrieb bedingte Störungen des Fließwasserkontinuums: Oben links: Stausee (Suferner See, Hinterrhein); Oben rechts: Rheinabschnitt ohne Restwasser (Madriser Rhein); Unten links: Schwalleinleitung (Ilanz, Vorderrhein); Unten rechts: Flusskraftwerk Reichenau mit Stau (unten), Werkkanal und Restwasserabschnitt. Fotos: HYDRA 2004, ecowert (unten rechts) 2010, 2008 ©.

## Von Schwall und Sunk beeinflusste Abschnitte

Das in den Fließgewässern gefasste und in Speicherbecken zurückbehaltene Wasser wird über einen Triebstollen in ein tiefer liegendes Kraftwerk geleitet und unterhalb davon wieder gepulst an das System zurückgegeben. Diese Rückleitung erfolgt in der Regel in Form eines zeitlich begrenzten Schwall, gefolgt von einem schnellen Rückgang des Schwall, dem Sunk. Je nach Speicherkapazität der Kraftwerke und Strombedarf können Schwall-

Sunk-Ereignisse mehrfach täglich stattfinden und in unterschiedlichen Amplituden ablaufen. Diese, das Verhältnis zwischen Basisabfluss (Restwasser) und Vollabfluss (Basisabfluss + Schwall), sowie die damit verbundenen Schwall- und Sunkgeschwindigkeiten, sollen nach dem neuen Schweizer GSchG [20, 72] auf ein ökologisch akzeptables Mass begrenzt werden. Nach der alten Regelung sind dagegen noch unbegrenzte Amplituden möglich, in einzelnen Fällen liegen sie im Einzugsgebiet des Alpenrheins sogar deutlich über 1:15 [49, 50, 60, 81].

Die ökologischen Folgen von Schwall und Sunk sind getrennt zu betrachten. Bei Schwall wird eine plötzliche hohe hydraulische Energie ins Gewässer gebracht; bis auf schwimmstarke Organismen werden Fische und Makroinvertebraten passiv verdriftet. In der Regel sind auch die Intervalle zwischen aufeinanderfolgenden Schwallen so kurz, dass sich kaum neue Tiere im direkt belasteten Bereich ansiedeln oder über ihn hinweg aufsteigen können. Somit können auch Schwalleinleitungen (flussaufwärts) eine Unterbrechung des Fließwasserkontinuums darstellen. Je weiter ein Gewässerabschnitt von der Schwalleinleitung entfernt ist, desto stärker wird die Energie abgepuffert, die auf Wasserkörper und Gewässersohle wirkt. Entscheidend für die ökologischen Folgen des Schwalls ist demnach vor allem die Flanke des Energieanstiegs, indirekt messbar als Pegelanstieg/min.

Im Gegensatz dazu besteht bei Sunk die Gefahr, dass Organismen, die sich während des Schwalls an den energieärmeren Gewässerrändern konzentriert haben, bei schnellem Wasserrückgang nicht mehr die Haupttrinne des Flusses erreichen und stranden. Wieder hängen die ökologischen Folgen von der Geschwindigkeit ab, in der der Wasserspiegel sinkt und damit Flächen trockenfallen. Um diesen Phänomenen Rechnung zu tragen, werden in der Regel die Auflagen (Sunk/min) für den Sunkverlauf deutlich strenger angesetzt als für den Schwall [60, 81].

Der auf Abb. 10 zu erkennende Schwall im Alpenrhein wird nicht nur durch seine Ursprungsflüsse, sondern auch durch das KW Reichenau und dann noch einmal durch die Rückleitungen fast aller direkten grösseren Zuflüsse von Schwall und Sunk beeinflusst; in besonderem Masse sind dies die Landquart und die Ill.

Da die Kraftwerkbetriebe den Grossteil ihrer Stromerzeugung nach dem Bedarf richten, können Schwallzeiten Schwallintervalle und Schwallamplituden - zumindest im Einzugsgebiet - nicht vorhergesagt werden. Etwas anders verhält es sich beim Schwall, der vom Flusskraftwerk Reichenau generiert wird und oft regelmässige Tagesperiodika aufweist [7, 44].

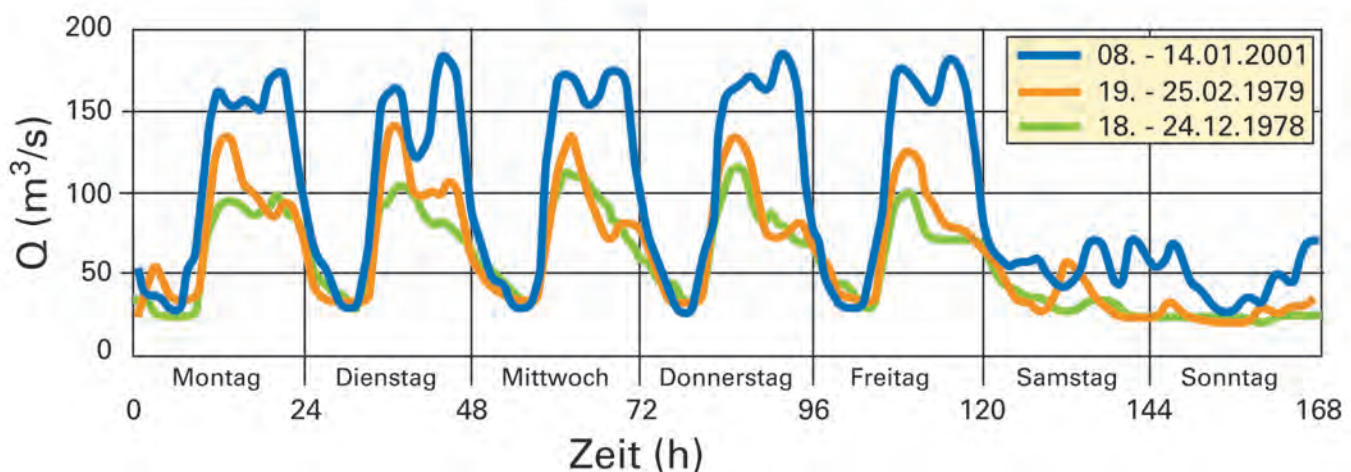


Abb. 10: Schwallverlauf unterhalb des Kraftwerks Reichenau (Domat/Ems) innerhalb dreier ausgewählter Zeitfenster. Grafik: HYDRA 2001 ©.

## 1.4 Wassertemperaturen und Larvenentwicklung

Betrachtet man die Verhältnisse im obersten Abschnitt des Untersuchungsgebiets (Vorderrhein bei Ilanz) und dem untersten Teil (Alpenrhein bei Diepoldsau) (Abb. 11), so spiegelt der Verlauf der Wassertemperaturen die nivalen Verhältnisse des Einzugsgebiets wider. Mit maximal 14-15° C werden zu keiner Zeit Wassertemperaturen erreicht, die denen der unterhalb des Bodensees liegenden Rheinabschnitte nahe kommen. So erreicht beispielsweise der Hochrhein regelmässig sommerliche Werte von deutlich über 25 °C.

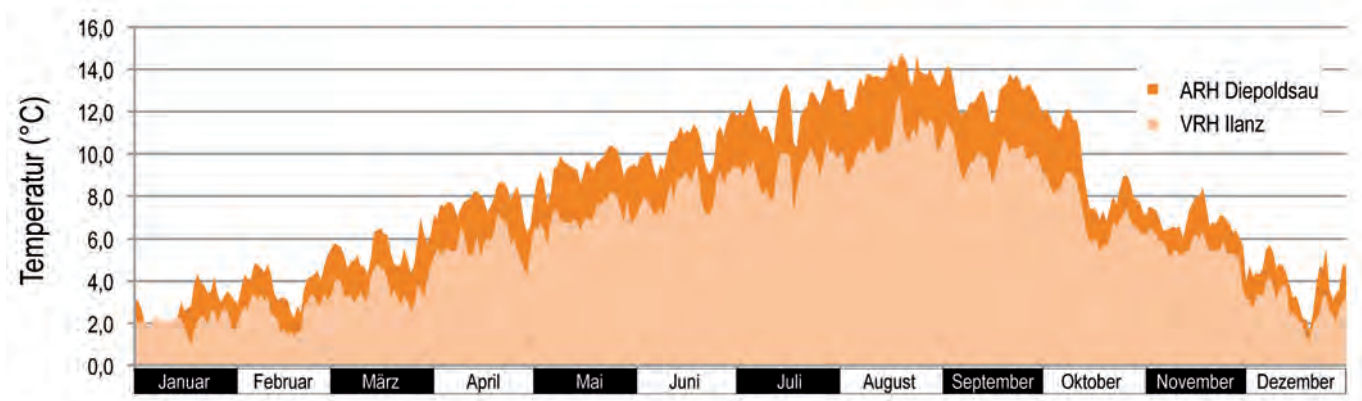


Abb. 11: Jahresverlauf des Wassertemperaturen an den zwei Rheinstellen Ilanz (Vorderrhein) und Diepoldsau (Alpenrhein). Quelle: Landeshydrologie ©.

Aufgrund der z.T. bis in den Hochsommer anhaltenden Schneeschmelze erreicht der Alpenrhein seine höchsten Temperaturwerte erst bei wieder sinkendem Wasserstand zwischen Ende August und Anfang Oktober. In besonders heissen Sommern - wie z.B. 2003 - spiegelt der Fluss dabei einen gegenüber den Lufttemperaturen stark verzögerten Verlauf der Wassertemperaturen wider, den auch andere alpine Gewässer zeigten: je heisser der Sommer, desto mehr der verbleibenden Schnee- und Gletscherflächen schmelzen ab, der Abfluss bleibt stabil hoch und die Temperaturen niedrig. Im vom Bodensee gepufferten Hochrhein steigen dagegen die Wassertemperaturen nahezu analog zum Anstieg der Lufttemperaturen und erreichen davon abhängig auch ihre Temperaturmaxima [56].

### Temperaturabhängige Entwicklung der Benthosorganismen

Im Alpenrhein lebt, wie die folgenden Kapitel zeigen werden, ein hoher Anteil so genannter hemilimnischer, d.h. nur einen Teil ihrer Lebenszeit im Wasser lebender Benthosorganismen; sie zählen alle zur Klasse der Insekten. Die Entwicklungszeiten und damit auch die Schlupfzeiten der Wasserinsekten hängen dabei unterschiedlich stark auch von den Wassertemperaturen ab. Aus diesem Grund können mit einer Benthosprobenahme zu einem einzigen Zeitpunkt im Jahr nicht alle vorkommenden Organismen erfasst werden. Auch erreichen die Insektenlarven zu unterschiedlichen Zeiten unterschiedliche Larvalgrössen.

### Auswirkungen auf die Aussagekraft der Untersuchungen

Der im Rahmen des vorliegenden Monitorings genutzte Zeitraum hat sich nach zwei Rahmenbedingungen orientiert: a) aufgrund vertraglicher Vorgaben mussten die Untersuchungen im Jahr 2009 abgeschlossen sein; b) die Abflusssituation des Rheins ermöglichte es erst ab Anfang November, Benthosproben auch aus der Flussmitte zu sammeln. Legt man die o.g. Larvalentwicklungen zugrunde, so bilden die im beprobten Zeitraum nachgewiesenen Organismen wahrscheinlich nicht das gesamte vorhandene Artenspektrum ab. Ausserdem lagen einige der wichtigen Taxa noch als frühe Larvenstadien vor, die noch nicht auf Artniveau bestimmbar waren.



## 1.5 Methoden

### Benthos-Probenahme

Makrozoobenthosproben wurden als Multi-Habitat-Sampling [19, 45, 73, 76] genommen. Dabei wurden die in einem zuvor bestimmten Untersuchungsabschnitt dominierenden Choriotope (Klein-Habitate) entsprechend ihres Flächenanteils beprobt. Maximal wurden 5 Mischproben aus dem linken und rechten ufernahen Bereich sowie von der tieferen Sohle entnommen. Eine Mischprobe wurde aus maximal 5 Teilproben (z.B. dominante Habitate im Verhältnis 2:1 ergibt 3 Teilproben) zu je 0,1 m<sup>2</sup> zusammengestellt. Entscheidend war, dass unabhängig von der morphologischen Ausprägung der Probestelle die Anzahl der Proben bzw. die beprobte Fläche pro Stelle vergleichbar gross war. Die Besiedlung anderer vorhandener Habitate wurde in Sammelproben qualitativ erfasst.

Die ufernahe Probenahme erfolgte in der Regel mittels Kicksampling einer definierten Fläche oder mit einem Surber-Sampler definierter Grundfläche. Wegen der unterschiedlichen Gerinneausprägung und der Grösse des Flusses repräsentierten die ufernah genommene Proben aber immer nur einen Teil des Flussquerschnitts. Für die Probenahme in tieferen oder stärker strömenden Bereichen wurden Taucher eingesetzt, da nur so eine flächenbezogene Beprobung (Unterwasser-Sampler) in grösseren Tiefen möglich war. Auch für die qualitative Probenahme war stellenweise der Einsatz eines Tauchers nötig.



Abb. 12: Methoden der Benthos-Probenahme: links: Unterwasser-Sampler; Mitte: Eine Benthosprobe wird vom Taucher an Land gebracht; rechts: Fliessgeschwindigkeitsmessung. Fotos: HYDRA ©.



Abb. 13: Methoden der Benthos-Probenahme: links: Qualitative Probenahme mit Taucher; Mitte: auch bei geringeren Wassertiefen werden die quantitativen Proben mit Taucher genommen; rechts: Teilprobe aus der Flussmitte. Fotos: HYDRA ©.

### Auswertung und Bestimmung

Die Auswertung der Makrozoobenthosproben erfordert immer einen verhältnismässig hohen Aufwand. Die Tiere können nur zu einem kleinen Teil bereits vor Ort aussortiert werden und müssen – aus den mit Substratresten zusammen fixierten Proben – im Labor weiter ausgelesen werden. Das Bestimmungsniveau wurde so gewählt, dass ein optimaler Informationsgewinn/Indikatorwert durch die Beprobung möglich war. Die Bestimmung erfolgte unter dem Binokular, bei schwer unterscheidbaren Taxa war zusätzliche Präparationsarbeit nötig.



## Äusserer Aspekt, Ortsbefund

Das Modul „Äusserer Aspekt“ ist ein Instrument zur Beurteilung des makroskopisch sichtbaren Zustandes der Fließgewässer. Zur protokollarischen Erhebung der unterschiedlichen Indikatoren, die im Rahmen des Benthosmonitorings stattfand, wurden die Vorgaben aus dem Modul-Stufen-Konzept des BAFU angewendet [18]. Unter Indikatoren des Äusseren Aspekts/Ortsbefund werden alle Umweltinformationen bzw. Gewässercharakteristika zusammengefasst, die mit geringem Aufwand vor Ort erhoben werden können und dennoch einen guten bis sehr guten Indikatorwert besitzen. Das Modul des Äusseren Aspekts zur Gewässerbeurteilung dient dazu, Vorgaben gemäss den Anforderungen an die Wasserqualität, wie sie in der Schweizer Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 festgelegt sind, zu ergänzen. Folgende Indikatoren/Parameter des Äusseren Aspekts werden untersucht [18, 45]: Strömungscharakter, Heterotropher Bewuchs (Pilze, Bakterien, Protozoen), Verschlammung, Eisensulfid, Faulschlamm Bildung, Schaumbildung, Trübung, Färbung, Geruch, Kolmation, Feststoffe, Abfälle und sonstige Verunreinigungen.

## Sonderuntersuchung Jungfische

Im Rahmen des Benthosmonitorings wurde auch die ufernahe und sohlenbezogene Fischbesiedlung mittels Elektrofischerei untersucht. Diese Sonderuntersuchung ist als Ergänzung zum eigentlichen Fischmonitoring zu betrachten, das bereits 2005 mit einem Boot über grössere Rheinabschnitte hinweg durchgeführt wurde [27]. Der Fokus der Sonderuntersuchung lag auf dem Fang von Jungfischen und Kleinfischen, die durch ihre Präsenz Hinweise auf erfolgreiche Reproduktion bzw. das Vorhandensein von geeigneten Jungfischhabitaten geben konnten. Gefischt wurde mit jeweils einer Anode mit einem maximalen Uferabstand von 10 m am Rande von Kiesbänken und z.T. weniger als 2 m an tiefgründigen Uferabschnitten. Nach dem Fang wurden alle Fische vermessen.

Neben der eigentlichen Befischung wurde die Rheinsohle mit Driftnetzen auf das Vorhandensein von Fischeiern untersucht. Während der Untersuchung konnten auch Forellen-Laichgruben aufgenommen/lokalisiert werden. Darüber hinaus wurden auch Fischbeobachtungen protokollarisch festgehalten.



Abb. 14: Methoden der Sonderuntersuchung Jungfische: links: elektrische Befischung der ufernahen Bereiche; Mitte: Vermessen des Fangs; rechts: Aufsammeln von Fischeiern mit Driftnetzen. Fotos: HYDRA ©.

## Sonderuntersuchung Kiesbänke und Uferlebensräume

Zwischen Juli und September 2010 wurden ausgewählte Kiesbankflächen und Bereiche der Wasserwechselzone am Ufer auf ihre spezifische Besiedlung untersucht. Die Erfassung wichtiger Indikatorarten aus Flora und Fauna erfolgte ausschliesslich qualitativ. Die Bestimmung erfolgte am lebenden Material vor Ort und/oder anhand der umfangreichen Fotodokumentation.

## 2. Probestellen und Ortsbefunde

Vor der endgültigen Festlegung der Stellen wurden im August 2008 die für den jeweiligen Gewässerabschnitt repräsentativen Probestellen ausgewählt. Mit einer orientierenden (qualitativen) Beprobung wurden 2008 erste Informationen zu Dichte und Zusammensetzung des Makrozoobenthos gewonnen. Daneben ergaben sich Anhaltspunkte für die Durchführung der Probenahmen im Monitoring (Erreichbarkeit, Notwendigkeit bzw. Möglichkeit eines Tauchereinsatzes etc.). Die letztlich ausgewählten Probetranssekte im Alpenrhein bzw. Probestellen in den Rheinzufüssen sind der Übersicht von Abb. 15 zu entnehmen.



Abb. 15: Probestellen/Probetranssekte des Basismonitorings Alpenrhein: rot Stellen im Alpenrhein; grün: Stellen in den Quellflüssen/Zufüssen; gelb: zusätzliche Stelle für die Jungfischuntersuchung.

Aufgrund verschiedener Einschränkungen des Untersuchungsprogramms konnten nicht alle der in Abb. 1 dargestellten, charakterlich unterscheidbaren Rheinabschnitte auch durch repräsentative Benthosprobestellen vertreten werden. So ist der oberste Rheinabschnitt 1, der ehemals gestreckte Rheinlauf zwischen dem Zusammenfluss von Vorder- und Hinterrhein und der Plessurmündung bei Chur nicht vertreten, wird jedoch von drei direkt angrenzenden Stellen (VRH Reichenau, HRH Bonaduz und ARH Haldenstein) umrahmt. Somit ist wohl der freifliessende Charakter unterhalb des KW Reichenau durch die Stelle Haldenstein ausreichend vertreten, der Rückstaubereich oberhalb des Kraftwerks dürfte dagegen deutliche Besiedlungsunterschiede gegenüber den Unterläufen von Vorder- und Hinterrhein aufweisen.

Rheinabschnitt 2, der ehemals verzweigte Lauf, ist gleich durch zwei Probestellen repräsentiert. Während ARH Haldenstein den Übergang zwischen gestrecktem (s.o.) und verzweigten Lauf repräsentiert, kann die Stelle ARH Mastrils als die breiteste, naturnah verbliebene Rheinstrecke eine Referenz für strukturell naturnahe Verhältnisse des Abschnitts betrachtet werden. Ob sie über den Abschnitt hinaus Referenzstatus besitzt, konnte auf Basis der bisher vorliegenden Monitoring-Module noch nicht geklärt werden. In Rheinabschnitt 3, der ebenfalls den verzweigten Rheinlauf (unterhalb der Landquartmündung) vertritt, wurde auf eine Probestelle verzichtet, zumal die folgende Stelle bei Triesen die heutigen Verhältnisse des mittleren Alpenrheins ebensogut vertritt.

Innerhalb der Rheinabschnitte 4 bis 7, dem ehemals gewunden-verzweigten Lauf, wurden drei Probestellen festgelegt. ARH Triesen und ARH Bangs repräsentieren unterschiedliche Aspekte des Abschnitts alternierender Kiesbänke im heutigen Alpenrhein. Die Stelle ARH Lustenau vertritt dagegen die schmale, so genannte „Internationale Rheinstrecke“, unterhalb der Mündung der letzten grösseren Rheinzufüsse, kurz vor der Rheinmündung in den Bodensee.

An allen Alpenrheinstellen wurden umfangreiche flächenbezogene und qualitative Benthosuntersuchungen durchgeführt. Auch wurden hier entsprechend der vorhandenen Mesohabitate unterschiedlich umfangreiche Jungfischuntersuchungen durchgeführt.

Von den 20 noch verbliebenen, ständig Wasser führenden Rheinzufüssen wurden die Ursprungsflüsse Vorder- und Hinterrhein, die Landquart, der Liechtensteiner Binnenkanal und die Ill durch Probestellen in ihren Unterläufen repräsentiert. Damit waren Zuflüsse vertreten, deren Potential aufgrund ihrer Grösse theoretisch zu einem kontinuierlichen Organismenzustrom in den Alpenrhein beitragen kann. Mit dem Liechtensteiner Binnenkanal war darüber hinaus auch ein künstliches Gewässer vertreten, welches aufgrund seines Einzugsgebiets auch Faunenelemente der Aue sowie der Tal- und Riedbäche enthält. Die Stelle VRH-Ilanz wurde als zusätzliche orientierende Probestelle ins Programm übernommen, um den Anteil der Gebirgsflussarten im Alpenrhein abschätzen zu können. Wie im Alpenrhein selbst, so wurde auch an den beiden Unterlaufstellen von Vorder- und Hinterrhein (VRH-Reichenau und HRH-Bonaduz) ein umfangreicheres Untersuchungsprogramm als an den übrigen Rheinzufüssen durchgeführt.

Auf den folgenden Seiten werden die einzelnen Probestellen/-transekte ausführlich beschrieben (Lage, Anfahrt, Charakteristik etc.), der Äussere Aspekt zusammengefasst und die charakterisierenden Ergebnisse der Benthos- und Fischbesiedlung sowie biologische und strukturelle Besonderheiten vorgestellt.



## 2.1 Vorderrhein oberhalb Ilanz



Abb. 16: Vorderrhein oberhalb Ilanz (GR). Foto: HYDRA 2010 ©.

Im Bereich von Ilanz fliesst der Vorderrhein durch ein breites Hochtal. Der Fluss besitzt hier keine grössere Breitenvariabilität und keine Furkationen. Er ist von Kulturland, später von Siedlungsinfrastruktur gesäumt. Vor allem im Längsverlauf zeigt der Fluss aber noch variable Struktur und die für einen Gebirgsfluss typischen Substratmosaiken und Korngrössen. Die Ufer sind allerdings bereits über grössere Strecken mit Blocksatz gesichert.

### Lage und Charakteristik der Untersuchungsstelle



**Koordinaten:**

y 733787 / x 181582 (rechtes Ufer)

**Höhe:**

700 m ü. M.

**benetzbare Gerinnebreite:**

55 - 60 m

**Zufahrt:**

Ilanz, nach Brücke über Vorderrhein rechts, in die Plauin Liung bis Ende öffentlicher Weg (Holzlager)

Kartenbasis: Swisstopo ©.

Die Probestelle für die flächenbezogene Probenahme (PS quant.) liegt oberhalb Ilanz, auf der rechten Flussseite. Die Strömungsrinne liegt schwerpunktmässig auf der rechten Flussseite, wo sich auch die PS befindet. Qualitative Sammelpfosten wurden von hier aus aufwärts bis in einen stromschnellenartigen Abschnitt gesammelt. Die



Probestelle ist als Restwasserstrecke vom Betrieb der Vorderrheinkraftwerke beeinflusst, verbleibende Wasserstandsschwankungen verursachen stellenweise starke Sohlenkolmation. Ca. 250 m unterhalb der Probestelle liegt eine bedeutende Schwalleinleitung (vgl. Abb. 9, unten links und Abb. 8).

### Beprobung, beprobte Substratflächen

Während der Probenahme kam es zu keinen merklichen Wasserstandsschwankungen. Der Rhein zeigte eine sehr niedrige Wasserführung (Restwasser), so dass er an den meisten Stellen mit Wathosen gequert werden konnte. Für die Probenahme war kein Tauchereinsatz nötig, jedoch eine Sicherung des Probenehmers, der zur besseren Handhabung des Samplers einen Tauchanzug trug. Die qualitative Probenahme erfolgte watend.



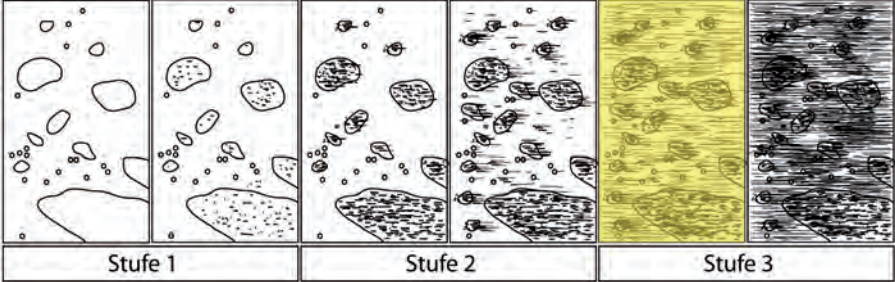
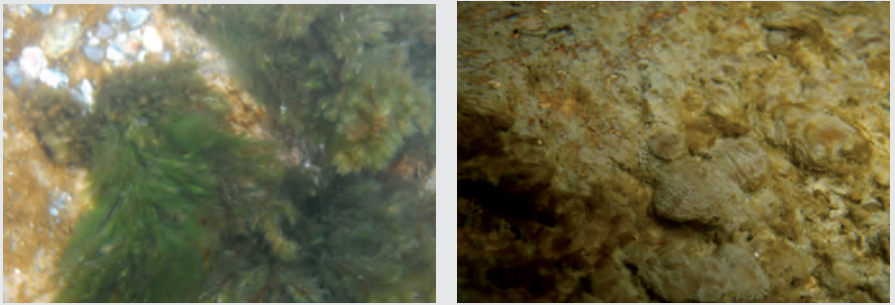

Abb. 17: Untersuchungsstelle VRH-Ilanz. Blick von Rheinmitte flussabwärts. Foto: HYDRA 2009 ©.



Abb. 18: Mittels UW-Sampler beprobte Teilflächen (Teilproben 1-3) aus den mittleren Bereichen der PS VRH-Ilanz. Die weisse Bandmarkierung im Bild unten entspricht jeweils 2 cm. TP1-3 = Teilproben; FG = Fließgeschwindigkeiten min/mittel/max; WT = Wassertiefe. Kolmationskategorien: Stufe 1 = keine Kolmation ●; Stufe 2 = geringe Kolmation ●; Stufe 3 = mittlere/mässige Kolmation ●; Stufe 4 und 5 = starke und/oder äussere Kolmation ●. Fotos: HYDRA 2009 ©.



## Äusserer Aspekt, Ortsbefund im Bereich der Probenahmestelle

Aspekt	Ausprägung
<b>Gerinnemorphologie</b>	Wenig beeinträchtigt aber historisch eingengerter, gestreckter Lauf; Ufer teilweise gesichert
<b>Gewässernutzung</b>	Wasserkraft, Restwasserstrecke, kurz oberhalb Rückleitung Schwall
<b>Umlandnutzung</b>	Grünland- und Holzwirtschaft, Siedlung, Gehölzsaum li ca. 15 m, re. 7 m bis Waldanfang
<b>Strömungscharakter</b>	Restwasserstrecke; variable Strömung mit Turbulenzen und Beschleunigungsstrecken.
<b>Heterotropher Bewuchs</b>	nicht nachgewiesen
<b>Aufwuchsdichten, durchschnittliche Bedeckung der Gewässersohle</b> (nach Thomas & Schanz 1976) Stufe 1 = < 10 % Stufe 2 = 10 % - 50 % Stufe 3 = > 50 %	
<b>Aufwuchs</b> z.T. dichter, teppichartiger Aufwuchs auf dem Hartsubstrat <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kieselalgen</li> <li>• fädige Kiesel- und Grünalgen</li> <li>• Moose (v.a. marginal)</li> <li>• wenig Hydrurus</li> <li>• auch Fein- und Mittelkiesflächen mit Aufwuchs</li> </ul>	
<b>Eisensulfid</b>	Im Hauptgerinne nicht nachgewiesen, marginal an Steinen unter Laubabdeckung
<b>Verschlammung, Faulschlamm</b>	Im Hauptgerinne nicht nachgewiesen, marginal an Steinen unter Laubabdeckung
<b>Schaumbildung</b>	nicht nachgewiesen
<b>Trübung</b>	nicht nachgewiesen
<b>Färbung, Verfärbung</b>	nicht nachgewiesen
<b>Geruch</b>	keiner
Kolmation (nach Schälchli [68, 70]) <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Stufe 1</b> = nicht kolmatiert Substrat grobkörnig (Steine, Kies) Lückenraum dominant grobporig</li> <li>● <b>Stufe 2</b> = schwach kolmatiert Substrat locker (Steine, Kies, Sand) Lückenraum grob- bis feinporig</li> <li>● <b>Stufe 3</b> = mittlere Kolmation Substrat leicht verfestigt Lückenraum zu ¼ feinporig</li> <li>● <b>Stufe 4</b> = starke Kolmation Substrat deutlich verfestigt. Noch feinporiger Lückenraum sichtbar</li> <li>● <b>Stufe 5</b> = vollständige Kolmation Substrat stark verfestigt. Kein Lückenraum sichtbar</li> </ul>	 <p>Auch im Restwasserabschnitt findet man kleinflächige Wasserwechselzonen mit deutlicher Kolmation der <b>Stufe 3</b> und <b>Stufe 4</b> kolmatiert. Im benetzten Bereich und auf Kiesbänken gibt es kaum Verdichtungen. Innere Kolmation: Grob- und Feinsand, Lückenraum noch gut sichtbar. Äussere Kolmation: hauptsächlich kohäsiver Silt.</p>

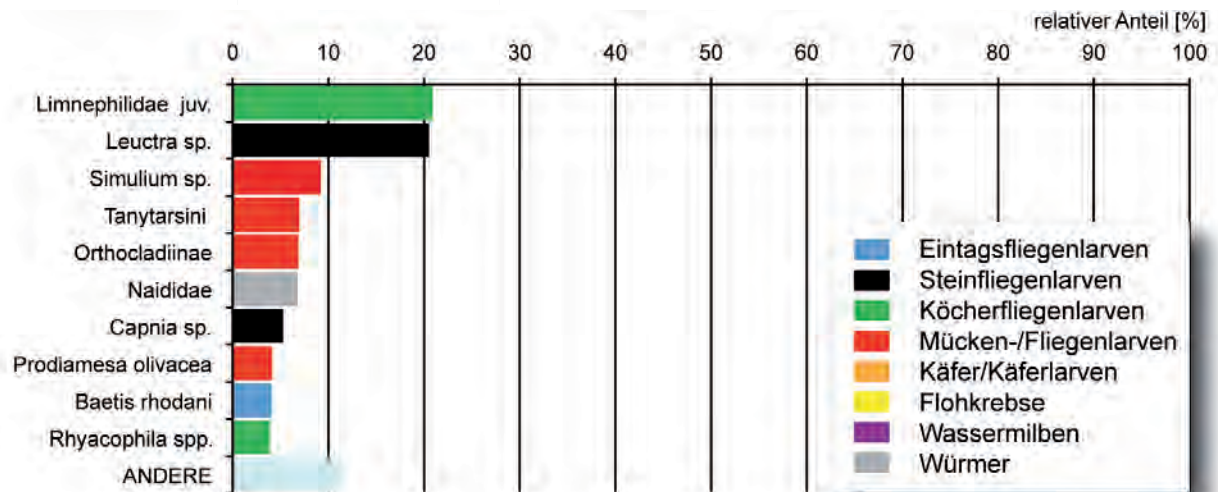


## Biologische Charakteristik und Besonderheiten

### Makroinvertebraten

#### Leitarten/ Begleitarten

*Baetis alpinus*, *Ecdyonurus helveticus*-Gruppe (*E. picteti*, *E. helveticus*), *Epeorus alpicola*, *Rhithrogena alpestris*, *Rhithrogena endenensis* / *Capnia* sp., *Isoperla rivulorum*, *Perlodes intricatus*, *Rhabdiopteryx alpina*, *Allogamus auricollis*, *Philopotamus ludificatus*, *Rhyacophila torrentium*



### Fische

#### Leitarten/ Begleitarten

Untere Forellenregion (Metarhithral): Bachforelle, Groppe / Seeforelle, Elritze [27, 33].

Seit dem Bau der Fischtreppe am KW Reichenau bei Domat/Ems gelangen Seeforellen wieder an ihre angestammten Laichplätze im Vorderrhein. Der Fluss ist (anders als der Hinterrhein mit seiner natürlichen Aufstiegsgränze an der Viamala-Schlucht) bis über Disentis hinaus für die grossen Salmoniden durchwanderbar. Auch oberhalb der Probestelle Ilanz wurde eine grosse Laichgrube gefunden, die wahrscheinlich von Seeforellen angelegt wurde. Bachforellen sind im Restwasserabschnitt relativ häufig, Gropfen verbreitet.

### Besonderheiten



Im ufernahen Bereich liegt sehr viel Detritus. Im Vergleich zur Flussmitte sind hier Würmer, Käfer und die Larven der Steinfliegenart *Capnia* deutlich häufiger.

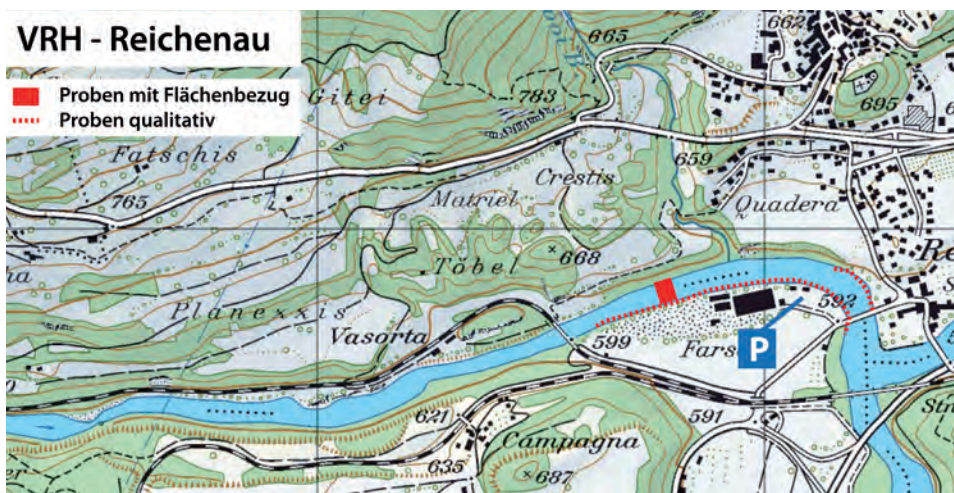
## 2.2 Vorderrhein bei Reichenau

### VRH - Reichenau



Abb. 19: Vorderrhein (Bildmitte oben) und Hinterrhein fließen bei Reichenau-Tamins (GR) zusammen und bilden den Alpenrhein. Die Probestelle Vorderrhein-Reichenau, liegt ca 300 m oberhalb der Mündung. Foto: HYDRA 2011 ©.

Ab Ilanz-Castrisch und durch die gesamte Rheinschlucht hindurch befindet sich der Vorderrhein in einem strukturell weitestgehend natürlichen Zustand (vgl. Abb. 5). Auch noch kurz vor dem Zusammenfluss mit dem Hinterrhein zeigt der Fluss seinen ursprünglichen Verlauf, seine Ufer befinden sich aber vor besiedelten Flächen und sind an Prallhängen nun vermehrt durch Blocksatz hart gesichert.



#### Koordinaten:

y 749784 / x 187851 (rechtes Ufer)

#### Höhe:

590 m ü. M.

#### benutzbare Gerinnebreite:

55 - 75 m

#### Zufahrt:

Reichenau, nach Brücke über Vorderrhein rechts, Kart-Halle.

Kartenbasis: Swisstopo ©.

### Lage und Charakteristik der Untersuchungsstelle

Die Probestelle für die flächenbezogene Probenahme liegt oberhalb Reichenau, auf der rechten Flussseite, 350 m oberhalb des Zusammenflusses von Vorder- und Hinterrhein. Es handelt sich um einen flachen Gewässerabschnitt auf der Gleithangseite rechts mit grossen Kies-Steinbänken. Die Strömungsrinne wechselt auf Höhe der



Probestelle auf die linke Flussseite. Qualitative Sammelprouben wurden auch im Abschnitt oberhalb davon und unterhalb bis kurz vor der Mündung sowie auf der gegenüber liegenden Flussseite gesammelt. Von Ilanz abwärts und damit auch an der Untersuchungsstelle ist der Abfluss stark vom Betrieb der Vorderrheinkraftwerke beeinflusst. Er zeigt dabei aber Pegelstandsänderungen, die selten über 0,5 m variieren.

### Beprobung, beprobte Substratflächen

Die relative Lage der Wasserkante (Wasserwechselzone) an der grossen Kiesbank bewegte sich zum Probenahmezeitpunkt um bis zu 4 m. Eine Probenahme mithilfe des gesicherten Tauchers (ohne Pressluftflasche) konnte bis etwa 15 m ab rechter Wasserkante (Kiesbank) und somit etwa in Gerinnemitte durchgeführt werden. Hier erreicht der Vorderrhein eine Tiefe von etwas über 1 m bei Fliessgeschwindigkeiten bis 1,5 m/s. Auch die qualitative Probenahme erfolgte weitestgehend mit Taucher, dies bis in eine Wassertiefe von > 2m (Blockwurf links oberhalb Mündung). Repräsentative ufernahe Proben mittels Kicksampling können nur bei tiefstem Sunk oder als Sammelprouben mit dem Taucher genommen werden.



Abb. 20: Untersuchungsstelle Vorderrhein-Reichenau. Blick von der rechten Rheinseite flussaufwärts. Foto: HYDRA 2009 ©.

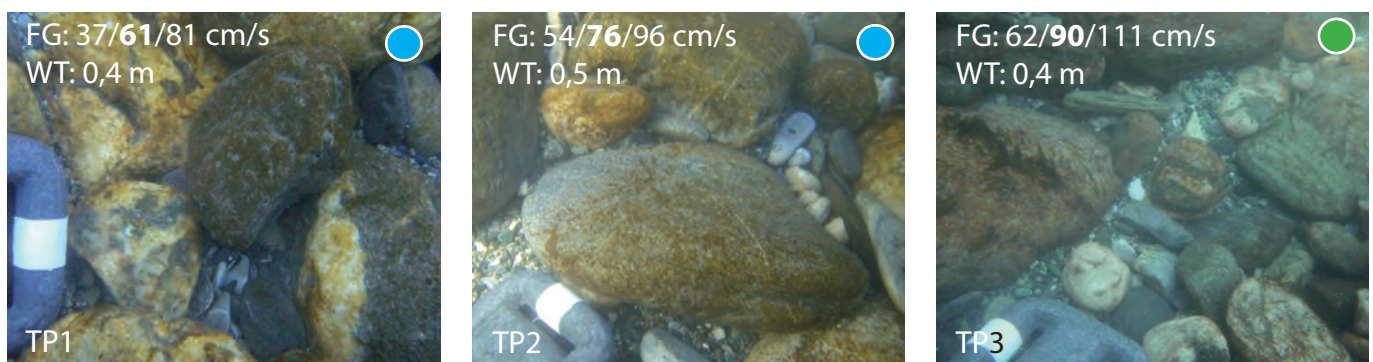



Abb. 21: Mittels UW-Sampler beprobte Teilflächen (Teilproben 1-3) aus den mittleren Bereichen der PS VRH-Reichenau. Die weisse Bandmarkierung im Bild unten entspricht jeweils 2 cm. TP1-3 = Teilproben; FG = Fliessgeschwindigkeiten min/**mittel**/max; WT = Wassertiefe. Kolmationskategorien: Stufe 1 = keine Kolmation ●; Stufe 2 = geringe Kolmation ●; Stufe 3 = mittlere/mässige Kolmation ●; Stufe 4 und 5 = starke und/oder äussere Kolmation ●. Fotos: HYDRA 2009 ©.



## Äusserer Aspekt, Ortsbefund im Bereich der Probenahmestelle

## VRH - Reichenau

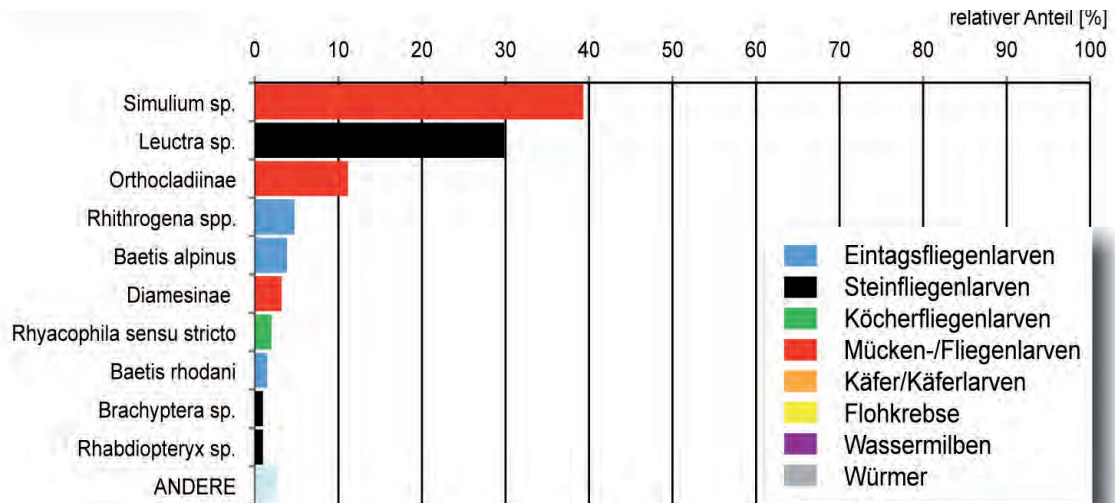
Aspekt	Ausprägung
<b>Gerinnemorphologie</b>	Gerinne wenig beeinträchtigt, Prallhangufer hart gesichert.
<b>Gewässernutzung</b>	Wasserkraft, mässiger Pegelanstieg/Sunk; Kiesabbau am Gleithang
<b>Umlandnutzung</b>	Ackerfläche, Siedlungsfläche Industrie. Gehölzsaum li ca. 20 m, re < 3 m.
<b>Strömungscharakter</b>	variable Strömung ohne ausgeprägte Perioden, gute Horizontalvariabilität
<b>Heterotropher Bewuchs</b>	nicht nachgewiesen
<b>Aufwuchsdichten, Bedeckung der Gewässersohle</b> (nach Thomas & Schanz 1976) Stufe 1 = < 10 % Stufe 2 = 10 % - 50 % Stufe 3 = > 50 %	
<b>Aufwuchs</b> Makrooptische Dokumentation der maximal bewachsenen Flächen. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kieselalgen</li> <li>• lokal fädige Grünalgen (&lt; 10 %)</li> </ul>	
<b>Eisensulfid</b>	vereinzelt in kolmatierten Bereichen
<b>Verschlammung, Faulschlamm</b>	nicht nachgewiesen
<b>Schaumbildung</b>	nicht nachgewiesen
<b>Trübung</b>	nicht nachgewiesen
<b>Färbung, Verfärbung</b>	nicht nachgewiesen
<b>Geruch</b>	keiner
<b>Kolmation</b> (nach SCHÄLCHLI [68, 70]) <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Stufe 1</b> = nicht kolmatiert Substrat grobkörnig (Steine, Kies). Lückenraum dominant grobporig</li> <li>● <b>Stufe 2</b> = schwach kolmatiert Substrat locker (Steine, Kies, Sand). Lückenraum grob- bis feinporig</li> <li>● <b>Stufe 3</b> = mittlere Kolmation Substrat leicht verfestigt. Lückenraum zu ¾ feinporig</li> <li>● <b>Stufe 4</b> = starke Kolmation Substrat deutlich verfestigt. Noch feinporiger Lückenraum sichtbar</li> <li>● <b>Stufe 5</b> = vollständige Kolmation Substrat stark verfestigt. Kein Lückenraum sichtbar</li> </ul>	 <p>Im Bereich der Wasserwechselzone ist das Substrat in der <b>Stufe 4</b> kolmatiert. Oberhalb der aktuellen Wasserwechselzone und im Gerinne findet man dagegen kaum Kolmation. Innere Kolmation: Feinsand und Silt, Lückenraum teilweise noch sichtbar; vereinzelt schwarze Reduktionsschichten unter den Steinen. Äussere Kolmation: hauptsächlich kohäsiver Silt.</p>

## Biologische Charakteristik und Besonderheiten

## Makroinvertebraten

## Leitarten/ Begleitarten

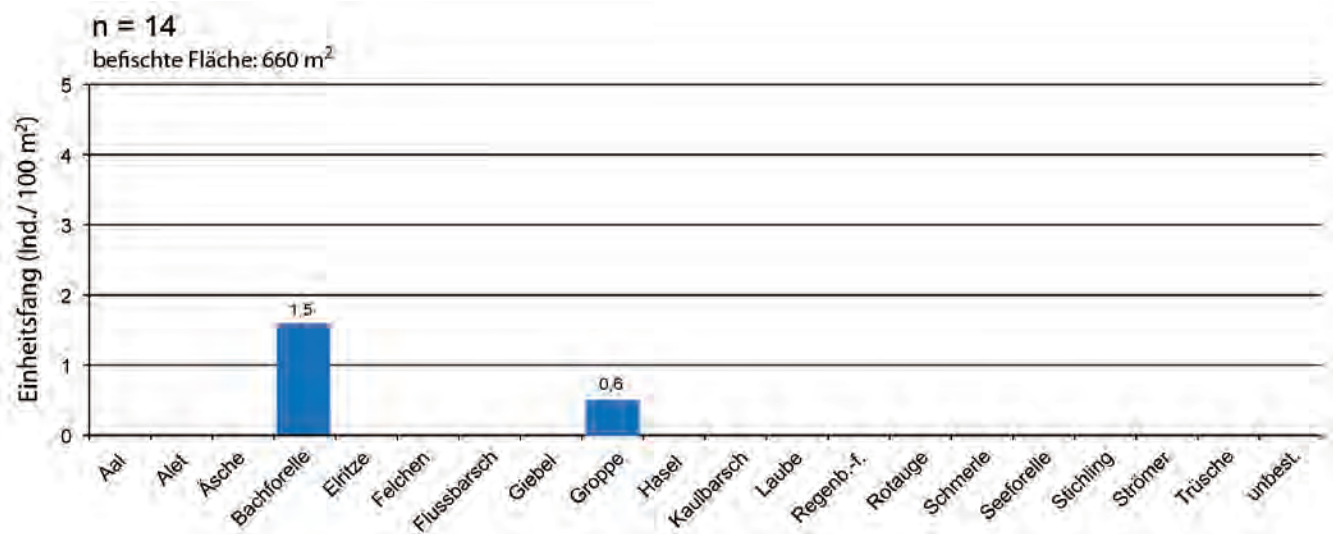
*Baetis alpinus*, *Ecdyonurus venosus*, *Rhithrogena gratianopolitana* / *Taeniopteryx kühtreiberi*, *Perla grandis*, *Leuctra* spp., *Allogamus auricollis*, *Rhyacophila dorsalis*



## Fische

## Leitarten/ Begleitarten

Untere Forellenregion (Metarhithral)/Äschenregion (Hyporhithral): Bachforelle, Groppe, Strömer / Seeforelle, Äsche, Alet, Elritze, Schmerle [27, 33]



## Besonderheiten



Mehr als die Hälfte aller Benthosorganismen im Unterlauf des Vorderrheins zählen zu den Dipteren (Mücken-/ Fliegenlarven), der grösste Teil davon zu den Kriebelmücken (Simulien, Foto links), die offenbar ausreichende Mengen organischer Partikel aus dem Fluss filtern können. Simulien heften sich mit einer Haftscheibe am Körperende auf exponierten Blöcken fest und tolerieren so stärkste Strömungen.



## 2.3 Hinterrhein bei Bonaduz



Abb. 22: Hinterrhein bei Bonaduz-Plazzas (GR), 1,5 Km oberhalb des Zusammenflusses mit dem Vorderrhein. Foto: HYDRA 2011 ©.

Kurz oberhalb seines Zusammenflusses mit dem Vorderrhein weitet sich der Hinterrhein auf Höhe Bonaduz (GR) noch einmal zu einer breiten Au mit ausgedehnten, vielfach mit Tamarisken bewachsenen Kiesbänken. Der Fluss zeigt hier - mit Ausnahme weniger gesicherter Abschnitte - strukturell noch weitestgehend natürlichen Charakter, bevor er von hier an abwärts am linken Ufer wieder durch harten Blocksatz gesichert wird.

### Lage und Charakteristik der Untersuchungsstelle



#### Koordinaten:

y 750715 / x 186515 (linkes Ufer)

#### Höhe:

592 m ü. M.

#### benetzbare Gerinnebreite:

65 - 185 m

#### Zufahrt:

von Richtung Reichenau, hinter Bahnunterführung links, zunächst geteilter Weg, dann Schotterstrasse linke Flussseite. Genehmigung bei Ortschaftspolizei einholen.

Kartenbasis: Swisstopo ©.

Die Probestelle, die aufgrund der Mobilität der Kiesflächen auf der topografischen Karte nicht korrekt abgebildet werden kann, liegt etwa in Gerinnemitte und am Rand einer stabilen Kiesbank, die bei Schwall hinterflossen wird (Abb. 22). Zwischen Kiesbank und dem gegenüber liegenden Rheinufer befindet sich die Hauptrinne des Flusses. Dieser Rheinabschnitt ist in besonderem Masse vom Betrieb der KW Hinterrhein beeinflusst. Die Amplitude des



Schwalls, der dem Hinterrhein aus der Albula oder von oberhalb Rothenbrunnen zufliesst, kann theoretisch bis zu 18:1 betragen. Während die Sohle in den Strömungsrinnen meist durch lockeren Grobkies und Steinsubstrat überdeckt ist, sind alle Wasserwechselzonen in der Regel stark kolmatiert. Zwischen Sunk und Schwall vergrössert sich dabei die benetzte Fläche etwa um das Doppelte; ufernahe Seitengerinne fallen dabei trocken und füllen sich wieder.

### Beprobung, beprobte Substratflächen

Während der Probenahme kam es an der Probestelle zu Schwallanstiegen und Sunkraten von deutlich mehr als 2 cm/min. Die Probenahme erfolgt wegen der hier teils sehr starken Strömung mit gesicherter Tauchercrew (3 Personen) und Pressluftflaschen bereits ab einer Sunk-Wassertiefe von 0,5 m. Auf diese Weise konnte das Gerinne bei Sunk bis etwa in Gerinnemitte beprobt werden. Qualitative Proben wurden wegen der hohen Habitatdiversität an allen unterscheidbaren und erreichbaren Abschnitten gesammelt.



Abb. 23: Untersuchungsstelle HRH-Bonaduz. Blick von Kiesbank Mitte flussaufwärts. Foto: HYDRA 2009 ©.


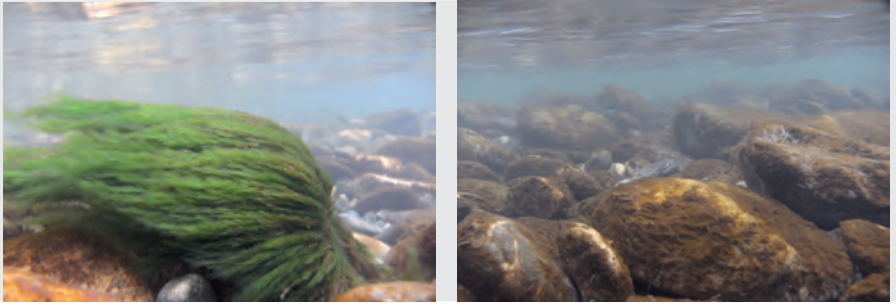



Abb. 24: Mittels UW-Sampler beprobte Teilflächen (Teilproben 1-3) aus den mittleren Bereichen der PS HRH-Bonaduz. Die weisse Bandmarkierung im Bild unten entspricht jeweils 2 cm. TP1-3 = Teilproben; FG = Fliessgeschwindigkeiten min/**mittel**/max; WT = Wassertiefe. Kolmationskategorien: Stufe 1 = keine Kolmation ●; Stufe 2 = geringe Kolmation ●; Stufe 3 = mittlere/mässige Kolmation ●; Stufe 4 und 5 = starke und/oder äussere Kolmation ●. Fotos: HYDRA 2009 ©.



## Äusserer Aspekt, Ortsbefund im Bereich der Probenahmestelle

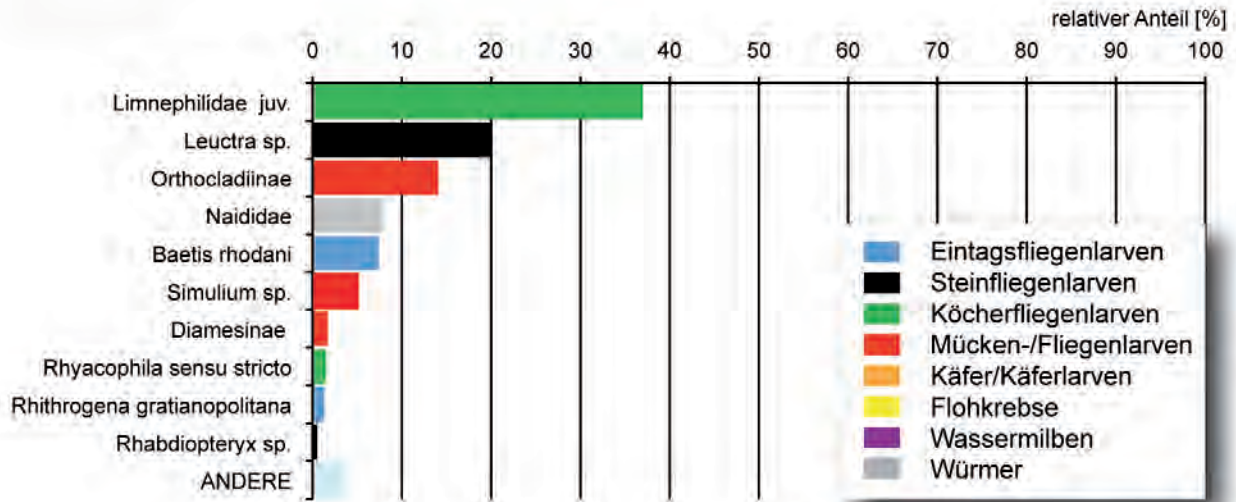
## HRH - Bonaduz

Aspekt	Ausprägung
<b>Gerinnemorphologie</b>	Naturnah, mit natürlichen Furkationen und ausgeprägtem Prall- und Gleithang
<b>Gewässernutzung</b>	Wasserkraft, starke Schwall-Sunk-Amplitude bis 18:1, extrem schneller Pegelanstieg/Sunk
<b>Umlandnutzung</b>	keine, nahe Autobahn A 13; Uferwald mit direktem Übergang zu Bergwald
<b>Strömungscharakter</b>	natürliche, stark variable Strömungsverhältnisse bei Normalabfluss
<b>Heterotropher Bewuchs</b>	nicht nachgewiesen
<b>Aufwuchsdichten, durchschnittliche Bedeckung der Gewässersohle</b> (nach Thomas & Schanz 1976) Stufe 1 = < 10 % Stufe 2 = 10 % - 50 % Stufe 3 = > 50 %	 <p style="text-align: center;">Stufe 1                      Stufe 2                      Stufe 3</p>
<b>Aufwuchs</b> Makrooptische Dokumentation der maximal bewachsenen Flächen <ul style="list-style-type: none"> <li>fädige Kieselalgen</li> <li>Hydrurus</li> <li>Moose in Temporärgerinnen</li> </ul>	
<b>Eisensulfid</b>	kein, ausserhalb der PS in temporär stehenden Bereichen und am Grund von Altwässern
<b>Verschlämmung, Faulschlamm</b>	keine, ausserhalb der PS in temporär stehenden Bereichen und am Grund von Altwässern
<b>Schaumbildung</b>	keine
<b>Trübung</b>	keine
<b>Färbung, Verfärbung</b>	keine
<b>Geruch</b>	keiner
<b>Kolmation</b> (nach SCHÄLCHLI [68, 70]) <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Stufe 1</b> = nicht kolmatiert Substrat grobkörnig (Steine, Kies). Lückenraum dominant grobporig</li> <li>● <b>Stufe 2</b> = schwach kolmatiert Substrat locker (Steine, Kies, Sand). Lückenraum grob- bis feinporig</li> <li>● <b>Stufe 3</b> = mittlere Kolmation Substrat leicht verfestigt. Lückenraum zu ¾ feinporig</li> <li>● <b>Stufe 4</b> = starke Kolmation Substrat deutlich verfestigt. Noch feinporiger Lückenraum sichtbar</li> <li>● <b>Stufe 5</b> = vollständige Kolmation Substrat stark verfestigt. Kein Lückenraum sichtbar</li> </ul>	 <p>Im Bereich der Wasserwechselzone ist das Substrat in der <b>Stufe 4 bis 5</b> kolmatiert, was sich in harten Abbruchkanten der Kiesbänke manifestiert (rechtes Bild). Innere Kolmation: Grob- und Feinsand, Lückenraum noch sichtbar. Äussere Kolmation: hauptsächlich kohäsiver Silt.</p>

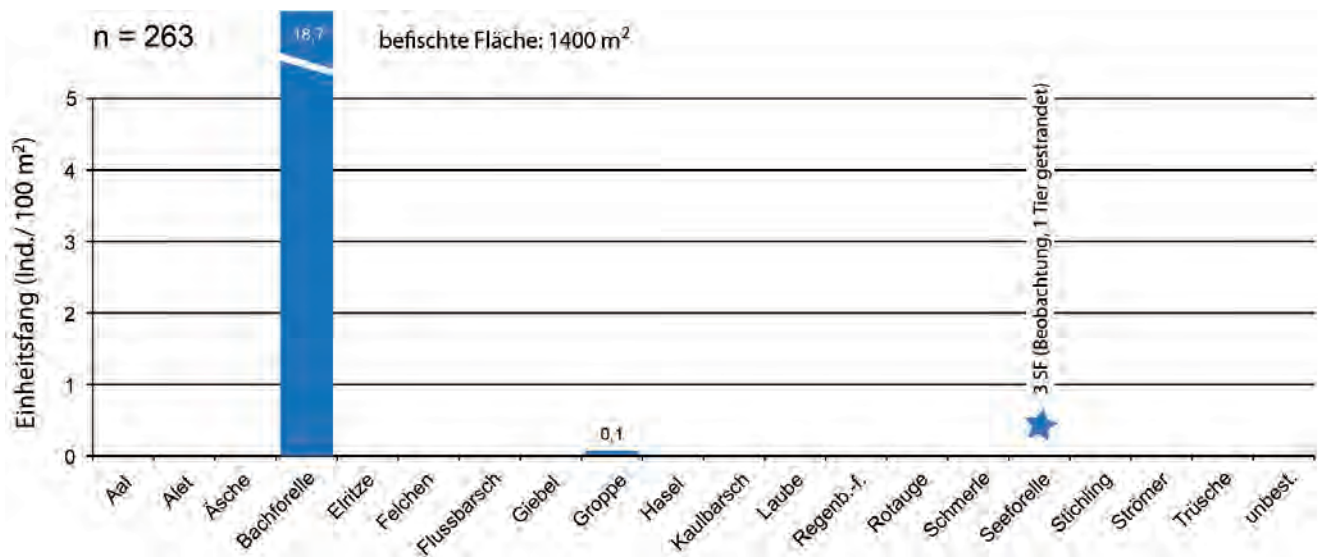
**HRH - Bonaduz**

**Biologische Charakteristik und Besonderheiten**

**Makroinvertebraten**  
**Leitarten / Begleitarten** *Baetis alpinus, Baetis rhodani, Rhithrogena gratianopolitana, Leuctra spp. / Allogamus auricollis, Rhyacophila dorsalis*



**Fische**  
**Leitarten / Begleitarten** Untere Forellenregion (Metarhithral), Übergang zur Äschenregion (Hyporhithral): Bachforelle, Groppe / Seeforelle, Äsche, Alet, Elritze, Schmerle [27, 33]



**Besonderheiten**



Bei schnellem Sunk fällt ein Nebengerinne trocken, das von Seeforellen als Aufstiegskorridor genutzt wird. Eine nicht bekannte Zahl der grossen Salmoniden kann keine tieferen benetzten Bereiche mehr erreichen und verendet. Bild: gestrandeter Seeforellen-Milchner, 86 cm.



## 2.4 Alpenrhein bei Haldenstein



Abb. 25: Der Alpenrhein bei Haldenstein (GR) uh. Chur. Foto: HYDRA 2008 ©.

Haldenstein ist die oberste Probestelle im Alpenrhein. Der 60 m breite Fluss ist hier, etwa 3 km unterhalb der Plessurmündung, stark reguliert und von parallel verlaufender Verkehrs- und Siedlungsinfrastruktur gesäumt. der Gehölzgürtel am Ufer ist oft nicht breiter als 5 m.

### Lage und Charakteristik der Untersuchungsstelle



**Koordinaten:**

y 759567 / x 194354 (rechtes Ufer)

**Höhe:**

548 m ü. M.

**benetzbare Gerinnebreite:**

60 - 65 m

**Zufahrt:**

von Brücke Strasse rechts rheinabwärts bis Trafohäuschen; zu Fuss dann Reiterweg bis zur grossen Kies-Schotterbank.

Kartenbasis: Swisstopo ©.

Der Bereich der Probenahmestelle weist eine der wenigen Kiesbänke des Abschnitts auf, die horizontale Strukturvielfalt bleibt aber gering. Auf dem gesamten Rheinabschnitt sind beide Ufer durch sehr groben, bis über 3 m hohen Blocksatz gesichert. Der Abfluss ist durch den Kraftwerkbetrieb des Flusskraftwerks Reichenau geprägt. Der von ihm generierte Schwallenanstieg und Sunk fällt etwas moderater aus als derjenige an den mündungsnahen Stellen an Vorder- und Hinterrhein. Die täglichen Pegelschwankungen bleiben im Bereich unter 0,5 m bei



einer Wasserwechselzone, die auf der Kiesbank 5 - 10 m Breite nicht überschreitet. Während der Untersuchung fanden zwischen Rheinbrücke und Probestelle umfangreiche Baggerarbeiten im Gerinne statt.

### Beprobung, beprobte Substratflächen

Während der Probenahme kam es zu leichtem Schwallanstieg, der die Probenahme nicht weiter behinderte. Diese erfolgte wegen der starken Strömung im Hauptgerinne mit gesichertem Taucher (2 Personen) ohne Pressluftflasche. Zusätzliche qualitative Proben wurden oberhalb der PS, hauptsächlich im Bereich des Blocksatzes und sehr flach benetzter Flächen gesammelt. Zum Zeitpunkt der Benthosprobenahme fand ca. 150 m oh. der Probestelle Baggerarbeiten im Rhein statt. Möglicherweise drifteten durch die damit verbundene Sohlensaufwirbelung vermehrt Sedimentbewohner in die PS ein.



Abb. 26: Untersuchungsstelle ARH-Haldenstein. Blick von der rechten Rheinseite flussaufwärts. Foto: HYDRA 2009 ©.



Abb. 27: Mittels UW-Sampler beprobte Teilflächen (Teilproben 1-3) aus den mittleren Bereichen der PS ARH-Haldenstein. Die weiße Bandmarkierung im Bild unten entspricht jeweils 2 cm. TP1-3 = Teilproben; FG = Fließgeschwindigkeiten min/mittel/max; WT = Wassertiefe. Kolmationskategorien: Stufe 1 = keine Kolmation ●; Stufe 2 = geringe Kolmation ●; Stufe 3 = mittlere/mässige Kolmation ●; Stufe 4 und 5 = starke und/oder äussere Kolmation ●. Fotos: HYDRA 2009 ©.



## Äusserer Aspekt, Ortsbefund

Aspekt	Ausprägung
<b>Gerinnemorphologie</b>	stark beeinträchtigt, Gerinne eingengt, gerade Linienführung
<b>Gewässernutzung</b>	Wasserkraft, Schwall-Sunk-Amplitude bis ca. 1:4, mässiger Pegelanstieg/Sunk
<b>Umlandnutzung</b>	wenig Grünlandwirtschaft, dahinter Verkehrs- und Siedlungsinfrastruktur
<b>Strömungscharakter</b>	monotone, leicht turbulente Strömung mit Gradient zur linken Rheinseite
<b>Heterotropher Bewuchs</b>	nicht nachgewiesen

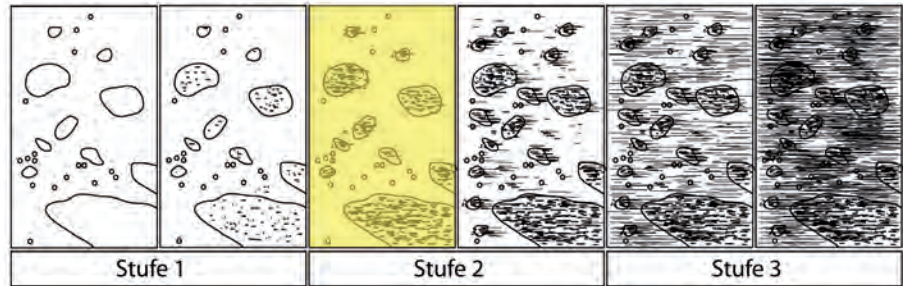
**Aufwuchsdichten, durchschnittliche Bedeckung der Gewässersohle**

(nach Thomas &amp; Schanz 1976)

Stufe 1 = &lt; 10 %

Stufe 2 = 10 % - 50 %

Stufe 3 = &gt; 50 %



Stufe 1

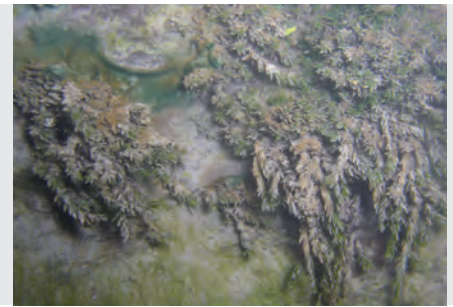
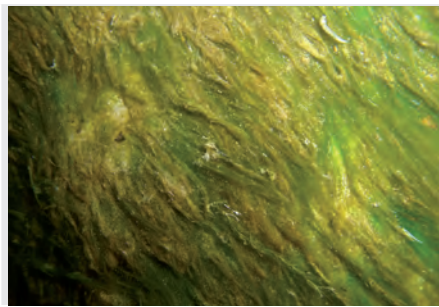
Stufe 2

Stufe 3

**Aufwuchs**

Makrooptische Dokumentation der maximal bewachsenen Flächen

- fädige Kieselalgen
- fädige Grünalgen
- Hydrurus
- Moose an ufernahen Blöcken

**Eisensulfid**

nicht nachgewiesen

**Verschlämmung, Faulschlamm**

keine

**Schaumbildung**

keine

**Trübung**

keine während Probenahme, aber Baggerarbeiten Sohle unter Brücke oh der Probestelle

**Färbung, Verfärbung**

keine

**Geruch**

kein

**Kolmation** (nach SCHÄLCHLI [68, 70])

- **Stufe 1** = nicht kolmatiert

Substrat grobkörnig (Steine, Kies). Lückenraum dominant grobporig

- **Stufe 2** = schwach kolmatiert

Substrat locker (Steine, Kies, Sand). Lückenraum grob- bis feinporig

- **Stufe 3** = mittlere Kolmation

Substrat leicht verfestigt. Lückenraum zu ¾ feinporig

- **Stufe 4** = starke Kolmation

Substrat deutlich verfestigt. Noch feinporiger Lückenraum sichtbar

- **Stufe 5** = vollständige Kolmation

Substrat stark verfestigt. Kein Lückenraum sichtbar



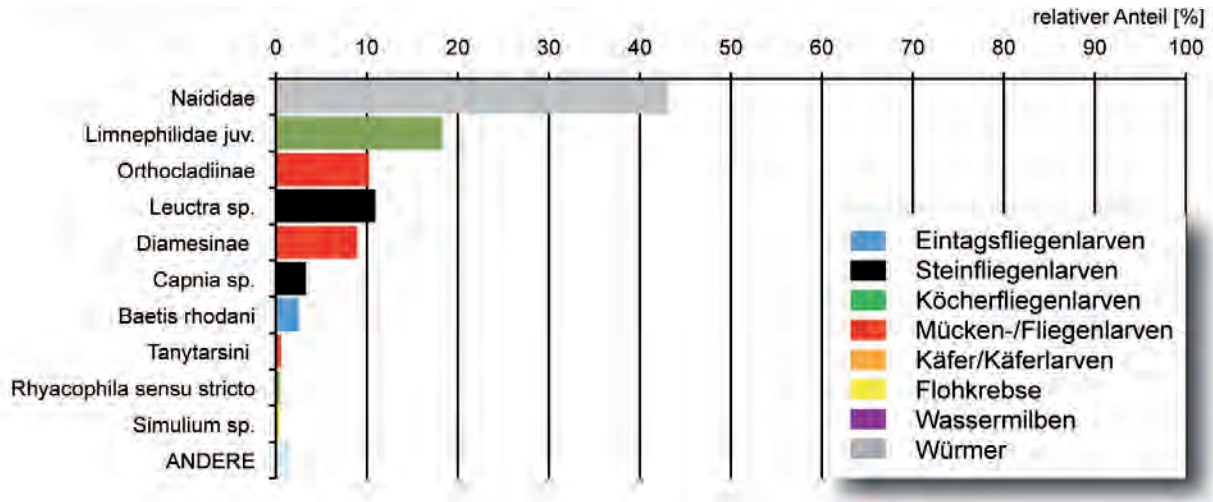
Im Bereich der Wasserwechselzone ist das Substrat in **Stufe 3** kolmatiert (Bild links) mit stellenweise dünner Feinsedimentauflage (möglicherweise auch von Baggerarbeiten). Zwischen Wasserwechselzone und Uferblocksatz findet man stellenweise nagelfluhartige Verfestigungen (**Stufe 5**) von Grobkies und Steinen.

**ARH - Haldenstein**

**Biologische Charakteristik und Besonderheiten**

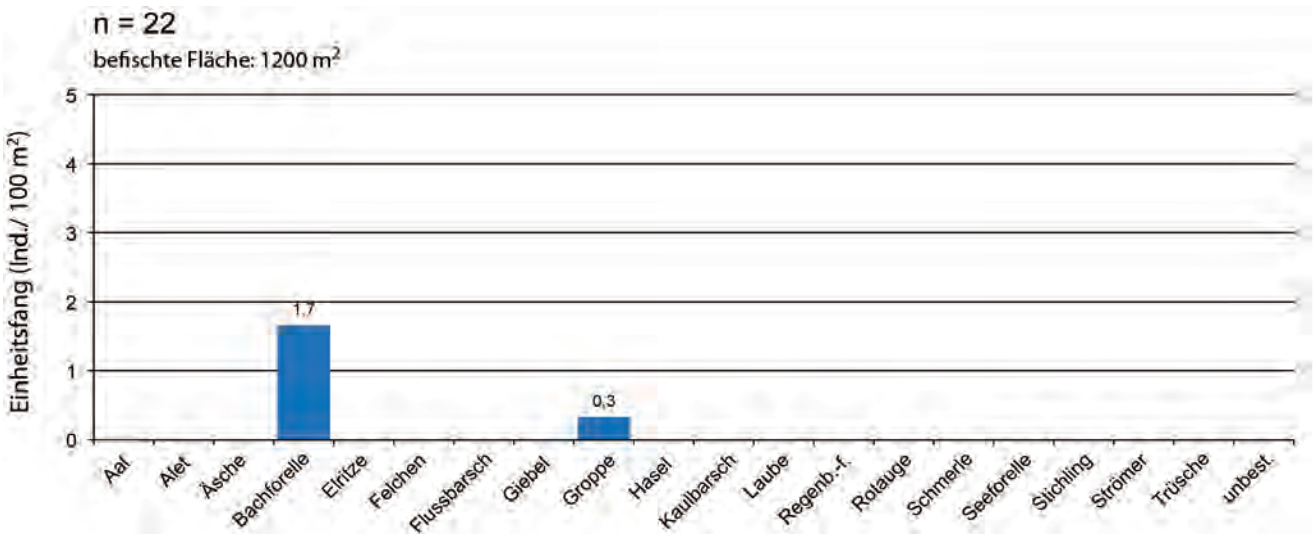
**Makroinvertebraten**

**Leitarten/ Begleitarten** *Baetis rhodani, Baetis alpinus, Rhithrogena gratianopolitana, Leuctra spp. / Allogamus auricollis, Rhyacophila dorsalis*



**Fische**

**Leitarten/ Begleitarten** Untere Forellenregion (Metarhithral), Übergang zur Äschenregion (Hyporhithral): Bachforelle, Groppe, Strömer, Äsche / Seeforelle, Nase, Alet, Elritze, Schmerle [27, 33]



**Besonderheiten**



Auf mehreren grösseren ufernahen Blöcken an der Probestelle wurden nicht weiter bestimmbare, wurzelartige organische Texturen gefunden. Eine genauere Untersuchung des Phänomens wurde noch nicht durchgeführt.



## 2.5 Alpenrhein bei Mastrils

### ARH - Mastrils 1



Abb. 28: Alpenrhein zwischen Untervaz (GR) und Mastrils (GR), Bereich der so genannten Mastrilser Au. Foto: HYDRA 2008 ©.

Die Mastrilser Au ist der letzte naturnah verbliebene und breite Abschnitt des Alpenrheins. Sie beginnt am nördlichen Ende von Untervaz und endet auf Höhe der Landquartmündung. Der Rhein zeigt hier ein Spektrum unterschiedlich alter, stabiler und bewachsener Kiesbänke. Links von natürlichem Fels begrenzt, findet man stellenweise auch tiefe Kolke. Auf der rechten Seite verläuft zwischen Fluss und A 13 ein gesicherter Rheindamm.

### Lage und Charakteristik der Untersuchungsstelle



#### Koordinaten:

y 760065 / x 201774 (linkes Ufer)

#### Höhe:

515 m ü. M.

#### benetzbare Gerinnebreite:

115 - 270 m

#### Zufahrt:

Anfahrt über Untervaz Sportplatz, danach Weg entlang der Cosenz. An zwei Höfen vorbei. Zufahrtgenehmigung bei Café Rheinblick erfragen, dort parken.

Kartenbasis: Swisstopo ©.

Die Probestelle befindet sich im oberen Teil einer grossen Kiesbank auf der linken Rheinseite sowie in einem durchflossenen Nebengerinne links der Kiesbank. Der Rheinabschnitt ist vom Kraftwerkbetrieb in gleichen Masse beeinflusst wie an der Stelle Haldenstein; im Bereich der Kiesbänke und Flachufer ist die Wasserwechselzone



bei gleichen Pegelschwankungen jedoch erheblich grossflächiger. Auf der rechten Rheinseite kommt es stellenweise zum Aufstoss von klarem, relativ warmem Wasser aus dem Sohlenfiltrat.

### Beprobung, beprobte Substratflächen

Die Probenahme erfolgte am Wochenende, um ein Arbeiten bei Schwallanstieg zu vermeiden. Trotz der dann nur flach überströmten Probeflächen musste ein gesicherter Taucher (2 Personen) ohne Flasche eingesetzt werden. Die zusätzliche Probe mit Flächenbezug im Nebengerinne und die meisten qualitativen Proben wurden watend auf beiden Rheinseiten gesammelt. In tiefen Gumpen kam wieder ein Taucher mit Flasche zum Einsatz. Die Untersuchungsstelle in der Mastrilser Au zeigte - neben derjenigen in Bonaduz - die meisten unterschiedlichen Teillebensräume mit deutlich unterschiedlicher Besiedlung.



Abb. 29: Untersuchungsstelle Alpenrhein-Mastrils. Blick von der linken Rheinseite flussaufwärts. Foto: HYDRA 2009 ©.



Abb. 30: Mittels UW-Sampler beprobte Teilflächen (Teilproben 1-3) aus den mittleren Bereichen der PS ARH-Mastrils. Die weisse Bandmarkierung im Bild unten entspricht jeweils 2 cm. TP1-3 = Teilproben; FG = Fliessgeschwindigkeiten min/**mittel**/max; WT = Wassertiefe. Kolmationskategorien: Stufe 1 = keine Kolmation ●; Stufe 2 = geringe Kolmation ●; Stufe 3 = mittlere/mässige Kolmation ●; Stufe 4 und 5 = starke und/oder äussere Kolmation ●. Fotos: HYDRA 2009 ©.

## Äusserer Aspekt, Ortsbefund

## ARH - Mastrils 1

Aspekt	Ausprägung
<b>Gerinnemorphologie</b>	naturnah, Furkationen und temporäre Nebengerinne, bogige Linienführung
<b>Gewässernutzung</b>	Wasserkraft, starkes Schwall-Sunk-Regime bis 4:1, mässiger Pegelanstieg/Sunk
<b>Umlandnutzung</b>	keine, rechtsrheinisch nahe A 13
<b>Strömungscharakter</b>	sehr variable Strömung bei Normalwasserstand
<b>Heterotropher Bewuchs</b>	nicht nachgewiesen

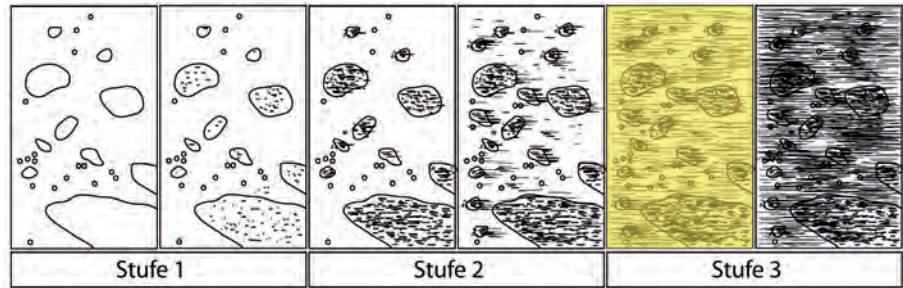
### Aufwuchsdichten, durchschnittliche Bedeckung der Gewässersohle

(nach Thomas & Schanz 1976)

Stufe 1 = < 10 %

Stufe 2 = 10 % - 50 %

Stufe 3 = > 50 %



### Aufwuchs

Makrooptische Dokumentation der maximal bewachsenen Flächen

- fädige Kieselalgen
- fädige Grünalgen
- Hydrurus
- Moose



<b>Eisensulfid</b>	nicht nachgewiesen
<b>Verschlammung, Faulschlamm</b>	keine
<b>Schaumbildung</b>	keine
<b>Trübung</b>	keine
<b>Färbung, Verfärbung</b>	keine
<b>Geruch</b>	kein

### Kolmation (nach SCHÄLCHLI [68, 70])

● **Stufe 1** = nicht kolmatiert

Substrat grobkörnig (Steine, Kies). Lückenraum dominant grobporig

● **Stufe 2** = schwach kolmatiert

Substrat locker (Steine, Kies, Sand). Lückenraum grob- bis feinporig

● **Stufe 3** = mittlere Kolmation

Substrat leicht verfestigt. Lückenraum zu ¾ feinporig

● **Stufe 4** = starke Kolmation

Substrat deutlich verfestigt. Noch feinporiger Lückenraum sichtbar

● **Stufe 5** = vollständige Kolmation

Substrat stark verfestigt. Kein Lückenraum sichtbar



Da die Flächen der Wasserwechselzonen in der Mastrilser Au besonders gross sind, sind auch hier Kolmationen von Substratflächen allgegenwärtig. Oberhalb der Wasserkante bei Niederwasser liegt Kolmation der **Stufe 4** und zusätzlich noch leichte äussere Kolmation vor. In den seltener überströmten höheren Bereichen ist die Verfestigung etwas geringer, da hier hauptsächlich grobsandige Anteile vorliegen. Äussere Kolmation fehlt.

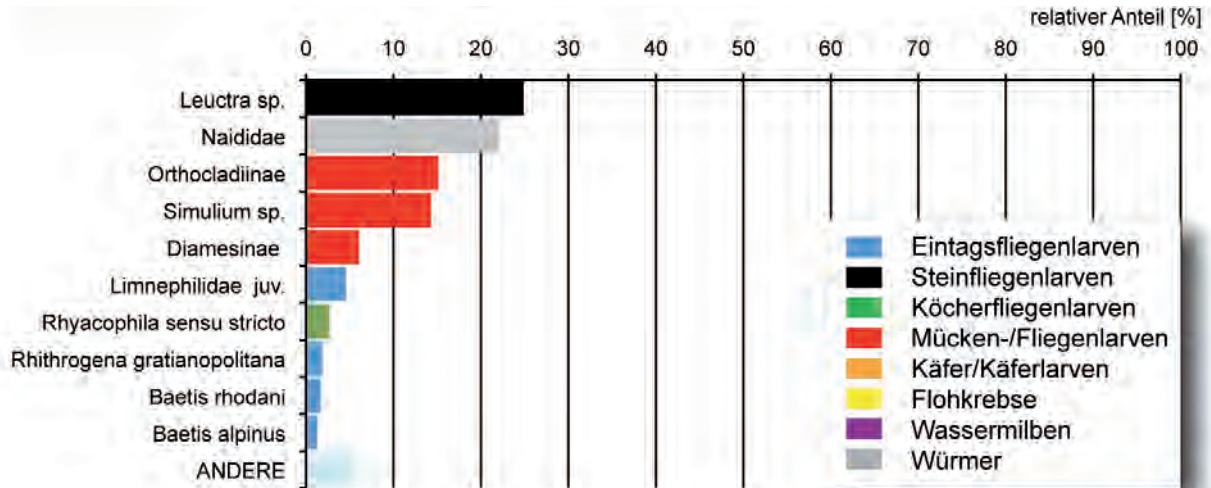


**ARH - Mastrils 1**

**Biologische Charakteristik und Besonderheiten**

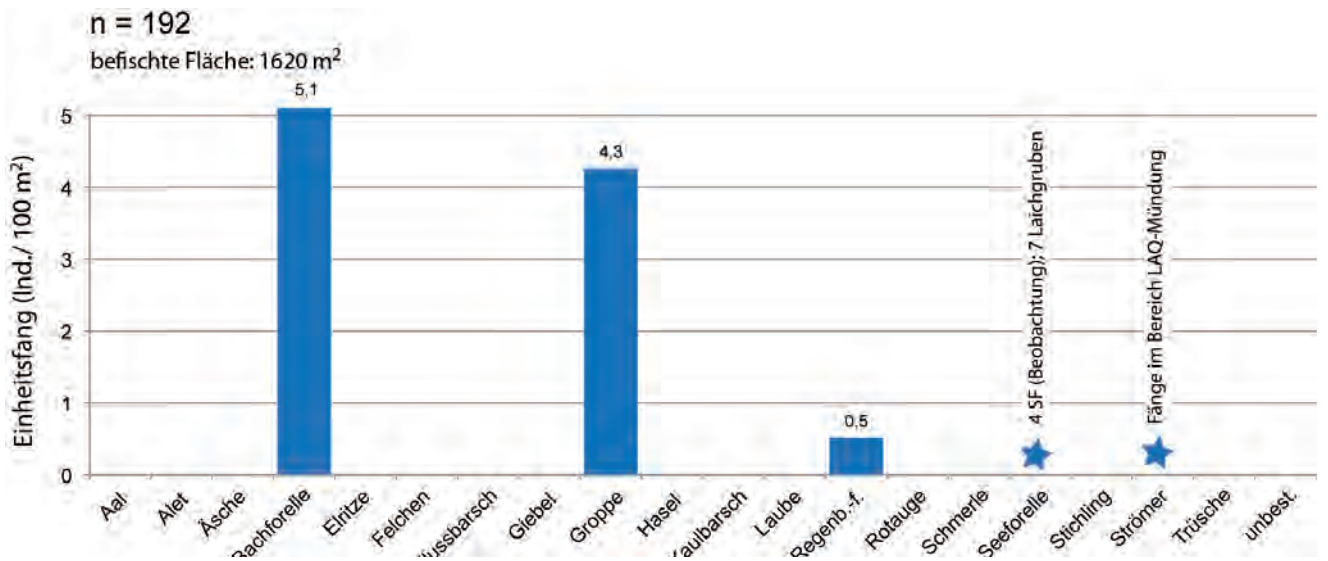
**Makroinvertebraten**

**Leitarten/ Begleitarten** *Baetis rhodani, Baetis alpinus, Rhithrogena gratianopolitana, Brachyptera trifasciata, Leuctra spp. / Gammarus fossarum, Elmis maugetii, Limnius volckmari, Atherix ibis*



**Fische**

**Leitarten/ Begleitarten** Äschenregion (Hyporhithral): Äsche, Bachforelle, Groppe, Strömer / Seeforelle, Nase, (Barbe), Alet, Elritze, Schmerle [27, 33]



**Besonderheiten**



Die noch erhaltene Vielfalt an Mesohabitaten in der Mastrilser Flusssau manifestiert sich in sehr unterschiedlichen Besiedlungsmustern. So sind die Köcherfliegenlarven der Art *Allogamus auricollis* lokal sehr häufig, obwohl sie über die gesamte Flussbreite betrachtet eine eher untergeordnete Rolle spielen (siehe Grafik oben: Limnephilidae juv.).



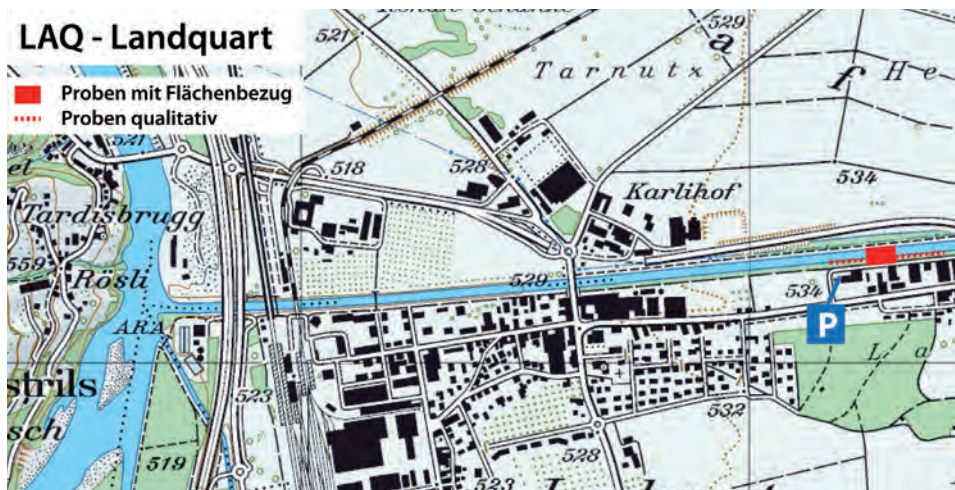
## 2.6 Landquart oberhalb Igis-Landquart



Abb. 31: Landquart oberhalb von Igis-Landquart. Die Schwellen wurden Ende 2009 in raue Rampen umgewandelt. Foto: HYDRA 2008 ©.

Unterhalb der Chlus, der Engstelle, die das Prättigau vom Rheintal trennt, fliesst die Landquart reguliert mit rund 20 m Breite ihrer Mündung im Stadtgebiet von Igis-Landquart entgegen. Der Abschnitt ist geprägt durch die regelmässige Folge von Sohlschwellen, die seit 2009 im Rahmen eines umfangreichen Revitalisierungsprogramms in raue Rampen umgewandelt werden. Da das Einzugsgebiet der Landquart überwiegend durch mergeligen Bündnerschiefer fliesst, ist der Fluss nach jedem Regen und auch bei Schwall des Kraftwerks stark getrübt.

### Lage und Charakteristik der Untersuchungsstelle



#### Koordinaten:

y 762375 / x 204260 (linkes Ufer)

#### Höhe:

526 m ü. M.

#### benetzbare Gerinnebreite:

20 - 22 m

#### Zufahrt:

Gewerbegebiet Landquart, Wuhrstrasse (Höhe Firmengebäude „AvescoCat“)

Kartenbasis: Swisstopo ©.

Die Probestelle, die rund 100 m westlich der Kantonsstrassenbrücke liegt, repräsentiert den gesamten unteren



Landquartabschnitt. Die Sohle ist vertikal nur mässig strukturiert und durch grobes Steinsubstrat mit kleineren Grobkiesflächen geprägt. Marginal, selten auch im mittleren Gerinne, liegen als weiteres natürliches Element grosse gerundete Blöcke, die als Störstrukturen für die Strömung wirken und in deren Bereich es zu Substratdiversifizierung kommt. Beidseitig sind die Ufer durch unregelmässigen Blocksatz gesichert.

### Beprobung, beprobte Substratflächen

Eine Probenahme ist nur bei Sunk möglich. Durch die gleichförmige Substratzusammensetzung (Grobkies und Steine) ist die Besiedlung durch flächenbezogenes Kicksampling hinreichend erfasst. Während der in Teilprobe 3 vertretene, etwas tiefere Gerinnebereich weit über die Hälfte des Querschnitts repräsentiert, sind ufernah fast überall auch mässig bis stark kolmatierte Flächen vorhanden.



Abb. 32: Untersuchungsstelle LAQ-Landquart. HYDRA 2008 ©.



Abb. 33: Mittels Kicksampling beprobte Teilflächen (Teilproben 1-3) aus der PS LAQ-Landquart. TP1-3 = Teilproben; FG = Fließgeschwindigkeiten min/**mittel**/max; WT = Wassertiefe. Kolmationskategorien: Stufe 1 = keine Kolmation ●; Stufe 2 = geringe Kolmation ●; Stufe 3 = mittlere/mässige Kolmation ●; Stufe 4 und 5 = starke und/oder äussere Kolmation ●. Fotos: HYDRA 2009 ©.



## Äusserer Aspekt, Ortsbefund

Aspekt	Ausprägung
<b>Gerinnemorphologie</b>	stark beeinträchtigt bis naturfern; harte Ufersicherungen; keine bis wenig Tiefenvariabilität.
<b>Gewässernutzung</b>	Wasserkraft, starkes Schwall-Sunk-Regime bis 10:1, mässiger Pegelanstieg/Sunk
<b>Umlandnutzung</b>	Siedlungs- und Verkehrsinfrastruktur
<b>Strömungscharakter</b>	monotone, leicht turbulente Strömung, Variation an den rauhen Rampen/zuvor Schwellen
<b>Heterotropher Bewuchs</b>	nicht nachgewiesen

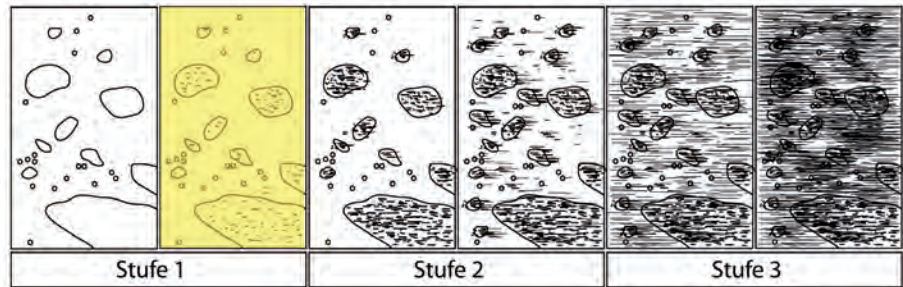
**Aufwuchsdichten, durchschnittliche Bedeckung der Gewässersohle**

(nach Thomas &amp; Schanz 1976)

Stufe 1 = &lt; 10 %

Stufe 2 = 10 % - 50 %

Stufe 3 = &gt; 50 %

**Aufwuchs**

Makrooptische Dokumentation der maximal bewachsenen Flächen

- selten fädige Kieselalgen
- selten fädige Grünalgen
- vereinzelt Moose



<b>Eisensulfid</b>	nicht nachgewiesen
<b>Verschlammung, Faulschlamm</b>	keine
<b>Schaumbildung</b>	keine
<b>Trübung</b>	leicht bis mässig, ausserhalb Probenahmezeitpunkt oft stark (EZG Bündnerschiefer)
<b>Färbung, Verfärbung</b>	keine
<b>Geruch</b>	leichter ARA-Geruch (von Mündung)

**Kolmation** (nach SCHÄLCHLI [68, 70])● **Stufe 1** = nicht kolmatiert

Substrat grobkörnig (Steine, Kies). Lückenraum dominant grobporig

● **Stufe 2** = schwach kolmatiert

Substrat locker (Steine, Kies, Sand). Lückenraum grob- bis feinporig

● **Stufe 3** = mittlere Kolmation

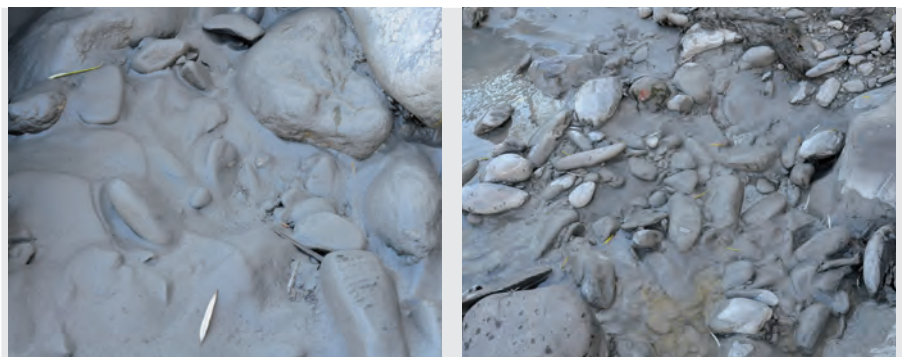
Substrat leicht verfestigt. Lückenraum zu ¼ feinporig

● **Stufe 4** = starke Kolmation

Substrat deutlich verfestigt. Noch feinporiger Lückenraum sichtbar

● **Stufe 5** = vollständige Kolmation

Substrat stark verfestigt. Kein Lückenraum sichtbar



Im Bereich der Wasserwechselzone ist das Substrat in den **Stufen 4** und **5** kolmatiert. Oberhalb der aktuellen Wasserwechselzone findet man häufig eine äussere, verfestigte Kruste. Die äussere Kolmation besteht hauptsächlich aus kohäsivem Silt.

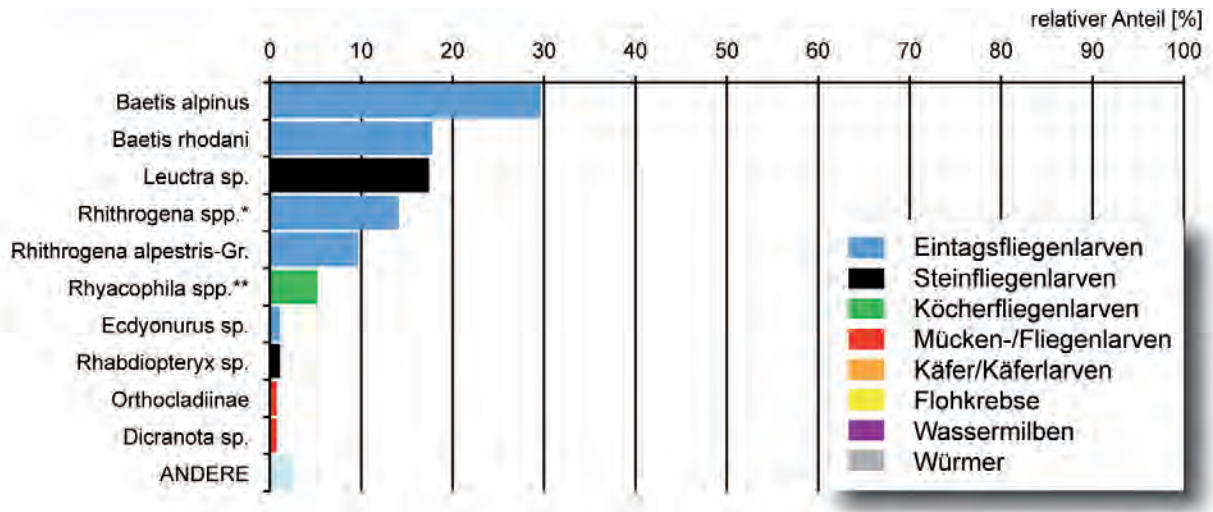


## Biologische Charakteristik und Besonderheiten

### Makroinvertebraten

#### Leitarten/ Begleitarten

*Baetis alpinus*, *Ecdyonurus helveticus*-Gruppe (*E. picteti*, *E. helveticus*), *Rhithrogena alpestris*, *Rhithrogena endenensis* / *Capnia* sp., *Isoperla rivulorum*, *Perlodes intricatus*, *Rhabdiopteryx alpina*, *Allogamus auricollis*, *Rhyacophila torrentium*



### Fische

#### Leitarten/ Begleitarten

Untere Forellenregion (Metarhithral), Übergang zur Äschenregion (Hyporhithral): Bachforelle, Groppe, Strömer, Äsche / Seeforelle, Nase, Alet, Elritze, Schmerle [27, 33]

Die Landquart ist der Alpenrheinzufluss, in dessen Oberlauf sich die historisch höchst gelegenen Laichgebiete der Seeforellen befinden. Durch Kraftwerkbetrieb und Flussregulierungen ist der Aufstieg heute auf die untersten 2 Fliesskilometer begrenzt. Im Rahmen eines gross angelegten Revitalisierungsprogramms sollen sich die fischökologischen Verhältnisse wieder deutlich verbessern. Beim Laichfischfang auf Seeforellen werden immer wieder auch Bachforellen, Strömer und grössere Mengen von Groppen im LAQ-Unterlauf nachgewiesen.

### Besonderheiten



Eintagsfliegenlarven und hier vor allem die Bergbachart *Baetis alpinus* (Foto: Hydra, Archiv) dominieren die Benthosbiozönose im Unterlauf der Landquart. Die in vergleichbaren Flüssen sonst abundanten Köcherfliegen der Familie Limnephilidae sind dagegen selten. Ob dieses Fehlen und die ungewöhnliche Dominanz der Eintagsfliegen auf die oft starke Trübefracht und den Schwall in der Landquart zurückzuführen ist oder andere Gründe hat, ist noch unbekannt.

## 2.7 Alpenrhein bei Triesen

### ARH - Triesen



Abb. 34: Alpenrhein bei Triesen (FL). Der Rhein ist hier Grenzfluss zwischen CH- Kanton St. Gallen und Liechtenstein. Foto: HYDRA 2003 ©.

Der geschiebereiche Alpenrhein besitzt im gesamten regulierten Abschnitt zwischen Mastrilser Au und Ill-Mündung ein Trapezprofil, das mit durchschnittlich 100 m Breite zu schmal ist, um natürliche Furkationen und Kiesinseln auszubilden. Diese Korsage manifestiert sich deshalb in der Bildung so genannter alternierender Kiesbänke, die am harten Uferverbau „kleben“ und zwischen denen der Fluss in regelmässigen Perioden die Richtung in Form von Schnellen wechselt. Wie schon im Bereich der Mastrilser Au tritt auch hier zwischen unterem Teil der Kiesbänke und dem Blockufer Sohlenfiltrat-Wasser aus, das sich in seiner Transparenz, Farbe und Temperatur vom Rheinwasser oft deutlich unterscheidet.

### Lage und Charakteristik der Untersuchungsstelle



#### Koordinaten:

y 757739 / x 220195, rechtes Ufer

#### Höhe:

460 m ü. M.

#### benetzbare Gerinnebreite:

99 - 102 m

#### Zufahrt:

Hauptstrasse Triesen-Vaduz, Abzweig Sandhüslerweg links, bis Rheindamm vorfahren, dort mehrere Parkmöglichkeiten.

Kartenbasis: Swisstopo ©.

Der Bereich um die Probestelle Triesen repräsentiert in besonderem Masse den oben beschriebenen Flusscha-



rakter. Die Hauptrinne des Rheins liegt auf der linken Flussseite und weist bei Sunk eine Wassertiefe von 1,4 - 1,6 m auf. Die Sohle wird durch den typischen Alpenrheinkies geprägt (hauptsächlich Grobkies und Steine), zwischendurch findet man auch gerundete Blöcke. Die Kiesbank der Untersuchungsstelle besitzt zum Blockufer hin (hinterstromig an das Hauptgerinne angebunden) ausgeprägte Wasseraustritte von klarem, relativ warmem Sohlenfiltrat. Der Kraftwerkbetrieb manifestiert sich in Pegelschwankungen bis maximal ca. 1 m, während der Untersuchungen jedoch lediglich ca. 25 cm.

### Beprobung, beprobte Substratflächen

Zur Beprobung der Hauptrinne musste auch bei Sunk ein gesicherter Taucher eingesetzt werden. Aufgrund des harten Strömungsgradienten konnte der Taucher mehr als 6 m von der Uferkante entfernt nicht mehr arbeiten. Die qualitativen Proben wurden an ähnlichen Choriotopen um die Kiesbank, im Blocksatz und im Bereich der Wasseraufstösse hinter der Kiesbank gesammelt.



Abb. 35: Untersuchungsstelle ARH-Triesen. Blick von der rechten Rheinseite flussabwärts. Foto: HYDRA 2009 ©.

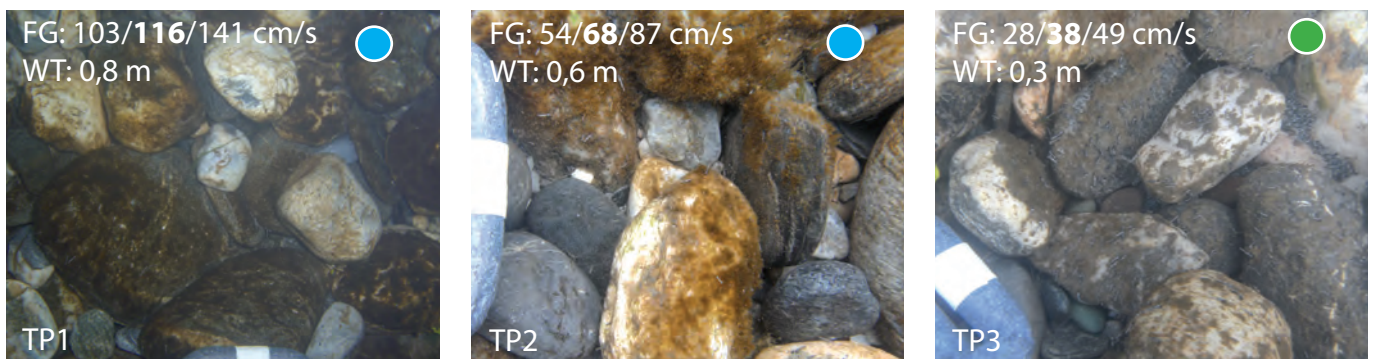





Abb. 36: Mittels UW-Sampler beprobte Teilflächen (Teilproben 1-3) aus den mittleren Bereichen der PS ARH-Triesen. Die weisse Bandmarkierung im Bild unten entspricht jeweils 2 cm. TP1-3 = Teilproben; FG = Fliessgeschwindigkeiten min/**mittel**/max; WT = Wassertiefe. Kolmationskategorien: Stufe 1 = keine Kolmation ●; Stufe 2 = geringe Kolmation ●; Stufe 3 = mittlere/mässige Kolmation ●; Stufe 4 und 5 = starke und/oder äussere Kolmation ●. Fotos: HYDRA 2009 ©.

## Äusserer Aspekt, Ortsbefund

## ARH - Triesen

Aspekt	Ausprägung
<b>Gerinnemorphologie</b>	stark beeinträchtigt; alternierende Kiesbänke, harte Ufersicherungen, gerade Linienführung
<b>Gewässernutzung</b>	Wasserkraft, Schwall-Sunk-Regime bis 4:1, mässiger Pegelanstieg/Sunk
<b>Umlandnutzung</b>	Grünlandnutzung, linksrheinisch nahe A 13
<b>Strömungscharakter</b>	mässig variabel zwischen alternierenden Kiesbänken, leicht turbulent
<b>Heterotropher Bewuchs</b>	nicht nachgewiesen
<b>Aufwuchsdichten, durchschnittliche Bedeckung der Gewässersohle</b> (nach Thomas & Schanz 1976) Stufe 1 = < 10 % Stufe 2 = 10 % - 50 % Stufe 3 = > 50 %	
<b>Aufwuchs</b> Makrooptische Dokumentation der maximal bewachsenen Flächen <ul style="list-style-type: none"> <li>fädige Kieselalgen</li> <li>Hydrurus (selten)</li> </ul>	
<b>Eisensulfid</b>	nicht nachgewiesen
<b>Verschlammung, Faulschlamm</b>	keine
<b>Schaumbildung</b>	keine
<b>Trübung</b>	keine, ausserhalb der Probenahmezeit oft mässig getrübt (Landquart)
<b>Färbung, Verfärbung</b>	keine
<b>Geruch</b>	leichter ARA-Geruch
<b>Kolmation</b> (nach SCHÄLCHLI [68, 70]) <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Stufe 1</b> = nicht kolmatiert Substrat grobkörnig (Steine, Kies). Lückenraum dominant grobporig</li> <li>● <b>Stufe 2</b> = schwach kolmatiert Substrat locker (Steine, Kies, Sand). Lückenraum grob- bis feinporig</li> <li>● <b>Stufe 3</b> = mittlere Kolmation Substrat leicht verfestigt. Lückenraum zu ¼ feinporig</li> <li>● <b>Stufe 4</b> = starke Kolmation Substrat deutlich verfestigt. Noch feinporiger Lückenraum sichtbar</li> <li>● <b>Stufe 5</b> = vollständige Kolmation Substrat stark verfestigt. Kein Lückenraum sichtbar</li> </ul>	 <p>Im Bereich der Wasserwechselzone ist das Substrat in der Regel nicht mehr als in <b>Stufe 3</b> kolmatiert. Höher liegende Bereiche der Kiesbänke sind allerdings z.T. sehr stark versandet. Sandflächen über dem Substrat findet man auch im Hinterwasser und zwischen Kiesbank und Blockufer.</p>

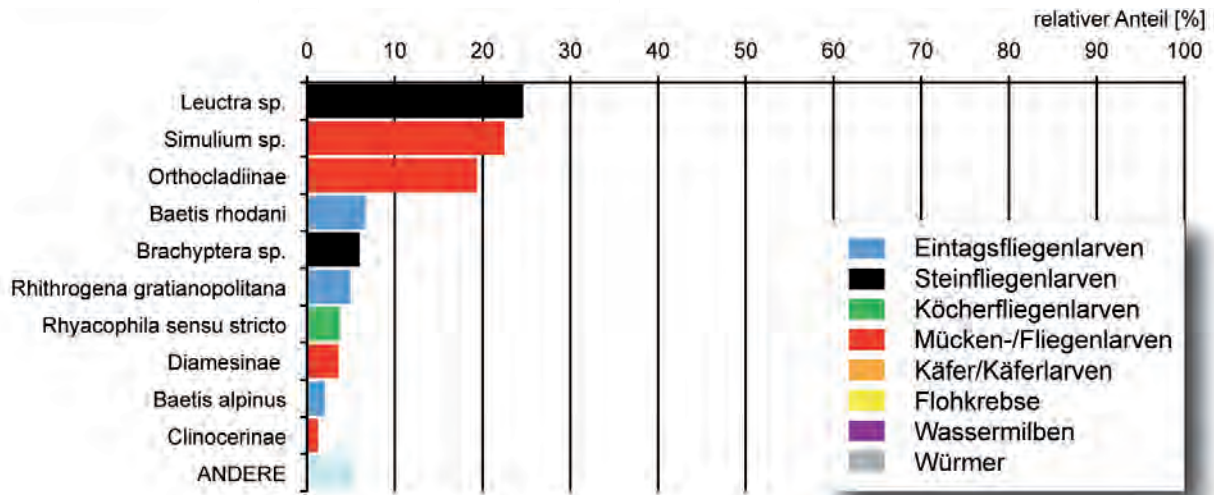


Biologische Charakteristik und Besonderheiten

ARH - Triesen

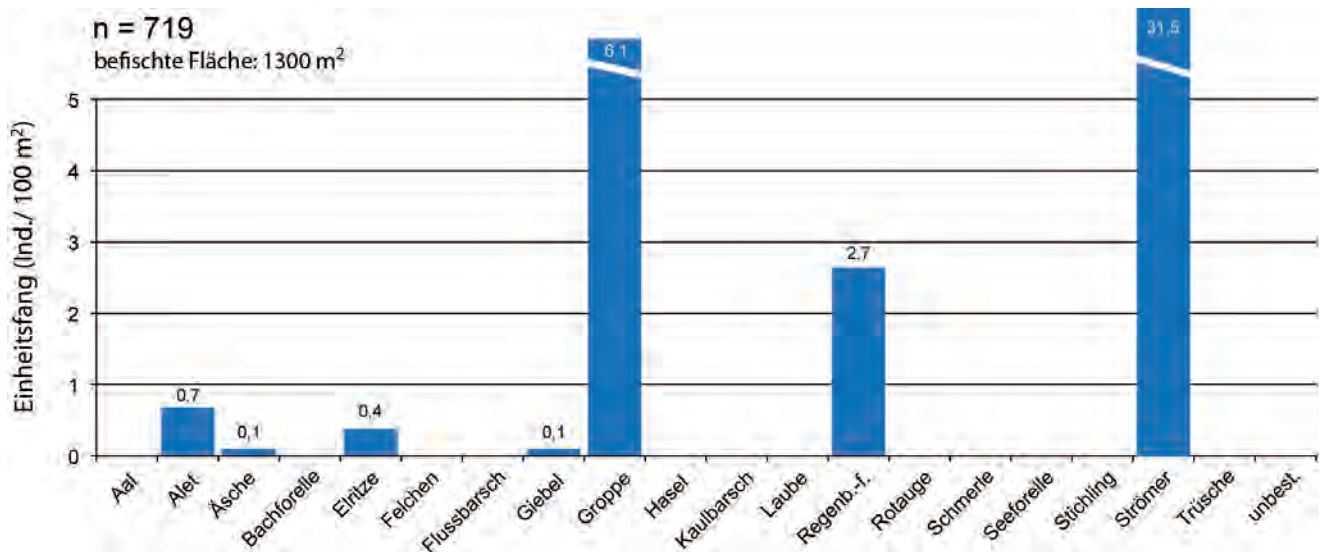
Makroinvertebraten

Leitarten/ Begleitarten *Baetis rhodani, Baetis alpinus, Rhithrogena gratianopolitana, Brachyptera trifasciata, Leuctra spp. / Gammarus fossarum, Elmis maugetii, Limnius volckmari, Atherix ibis, Prodiamesa olivacea*



Fische

Leitarten/ Begleitarten Bachforelle, Groppe, Strömer, Äsche / Seeforelle, Nase, Barbe, Hasel, Alet, Elritze, Schmerle, Laube, Flussbarsch, Brachsen [27, 33]



Besonderheiten



Die ungewöhnlich grosse Zahl an Strömern (320 + ca. 250 Brütlinge), die an der Stelle Triesen nachgewiesen wurde, wird auf den Einfluss exfiltrierenden klaren und wärmeren Wassers im strukturreichen Hinterwasser zwischen Blocksatz und Kiesbänken zurückgeführt. Ob es sich dabei um Sohlenfiltrat oder gar um Grundwasser handelt, ist noch unklar. Dieses an mehreren Stellen beobachtete Phänomen ist möglicherweise dafür mitverantwortlich, dass sich trotz Trübe- und Schwallbelastung im Alpenrhein Mesohabitate erhalten, an denen sich anspruchsvolle Fischarten reproduzieren und entwickeln können.



## 2.8 Liechtensteiner Binnenkanal bei Ruggell



Abb. 37: Liechtensteiner Binnenkanal neben der Rheinbrücke bei Ruggell. Foto: HYDRA 2008 ©.

Der Liechtensteiner Binnenkanal ist der Sammler aller ehemaligen Liechtensteiner Rheinzufüsse. Er mündet direkt vor der liechtensteinisch-vorarlbergischen Grenze in den Alpenrhein. Rund 2 km oberhalb zeigt er sich noch in seiner ursprünglich Mitte des 19. Jh regulierten Form mit völlig gerader Linienführung und Trapezprofil; die letzten 1,5 km wurden bis Anfang 2009 revitalisiert. Ein Teil des Kanalwassers (ca. 400 l) wird von der Ellhornschwelle vom Alpenrhein abgeleitet und bei Balzers als Sohlenfiltrat zugeleitet. Umgekehrt wird auf Höhe Ruggell das Spiersbachsystem via Mölibach vom Binnenkanal bewässert (ca. 300 l/s).

### Lage und Charakteristik der Untersuchungsstelle



#### Koordinaten:

y 757751 / x 234604

#### Höhe:

430 m ü. M.

#### benetzbare Gerinnebreite:

10 - 12 m

#### Zufahrt:

Über Rheinbrücke, danach links Giessenstrasse. Am „Rössle“ wieder links Kanalstrasse, geradeaus bis Feuerwehr. links von Feuerwehr parken.

Kartenbasis: Swisstopo ©.

Die Probestelle repräsentiert den monotonen Kanalabschnitt zwischen Bendern und Ruggell. Die grobkiesigsteinige Sohle ist sehr stabil, da der Kanal praktisch keinen Geschiebetrieb aufweist. Aus diesem Grund ist die



Sohle auch ganzjährig stark bewachsen, wobei auch Makrophyten vielerorts vertreten sind. Durch den starken Bewuchs entsteht in der oberen Schicht eine biogene Kolmation, darunter ist das Substrat teilweise wieder frei. Der Binnenkanal ist durch Kraftwerkbetrieb von mässigem Schwall und Sunk beeinflusst. In Zeiten geringer Wasserführung können Pegelschwankungen - je nach Abschnitt - im Bereich von ca. 10 - 25 cm liegen. Die Kanalränder sind mit einer schrägen unverfugten Ufermauer gesichert (Trockenpflasterung). Die Strömung im Kanal ist monoton und nur im Bereich von Störungselementen diversifiziert.

### Beprobung, beprobte Substratflächen

Die semiquantitative Probenahme ist trotz starker Strömung über den gesamten Querschnitt möglich. Sie erfolgte per Kicksampling ohne Tauchereinsatz. Bei höheren Abflüssen wäre aber auch hier die Probensammlung mit UW-Sampler und Taucher empfehlenswert. Zusätzliche qualitative Proben wurden im Bereich der Sicherungselemente gesammelt.



Abb. 38: Untersuchungsstelle LBK-Liechtensteiner Binnenkanal. Blick von der Rheindammbrücke flussabwärts. Foto: HYDRA 2009 ©.

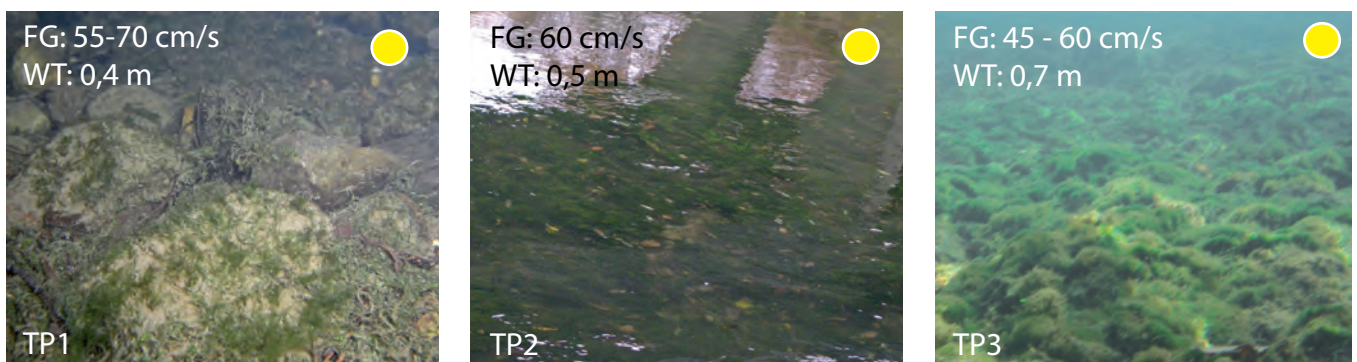


Abb. 39: Mittels Kicksampling beprobte Teilflächen (Teilproben 1-3) der PS LBK-Liechtensteiner Binnenkanal. Die weiße Bandmarkierung im Bild unten entspricht jeweils 2 cm. TP1-3 = Teilproben; FG = Fliessgeschwindigkeiten (geschätzt); WT = Wassertiefe. Kolmationskategorien: Stufe 1 = keine Kolmation (blauer Kreis); Stufe 2 = geringe Kolmation (grüner Kreis); Stufe 3 = mittlere/mässige Kolmation (gelber Kreis); Stufe 4 und 5 = starke und/oder äussere Kolmation (roter Kreis). Fotos: HYDRA 2009 ©.

## Äusserer Aspekt, Ortsbefund

## LBK - Ruggell

Aspekt	Ausprägung
<b>Gerinnemorphologie</b>	stark beeinträchtigt bis naturfern, kanalartig, gerade Linienführung; harte Ufersicherung; keine bis wenig Tiefenvariabilität.
<b>Gewässernutzung</b>	Wasserkraft, geringes Schwall-Sunk-Regime bis 1,2:1
<b>Umlandnutzung</b>	stellenweise Holzwirtschaft, rechts Siedlung, Sportplatz
<b>Strömungscharakter</b>	monoton
<b>Heterotropher Bewuchs</b>	nicht nachgewiesen
<b>Aufwuchsdichten, durchschnittliche Bedeckung der Gewässersohle</b> (nach Thomas & Schanz 1976) Stufe 1 = < 10 % Stufe 2 = 10 % - 50 % Stufe 3 = > 50 %	
<b>Aufwuchs</b> Makrooptische Dokumentation der maximal bewachsenen Flächen <ul style="list-style-type: none"> <li>• fädige Kieselalgen</li> <li>• fädige Grünalgen</li> <li>• Hydrurus</li> <li>• Moose</li> <li>• Makrophyten</li> </ul>	
<b>Eisensulfid</b>	wenig (<< 25 %), unter einzelnen grösseren Steinen
<b>Verschlammung, Faulschlamm</b>	kein
<b>Schaumbildung</b>	keine
<b>Trübung</b>	keine
<b>Färbung, Verfärbung</b>	keine
<b>Geruch</b>	keiner
<b>Kolmation</b> (nach SCHÄLCHLI [68, 70]) <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Stufe 1</b> = nicht kolmatiert Substrat grobkörnig (Steine, Kies) Lückenraum dominant grobporig</li> <li>● <b>Stufe 2</b> = schwach kolmatiert Substrat locker (Steine, Kies, Sand) Lückenraum grob- bis feinporig</li> <li>● <b>Stufe 3</b> = mittlere Kolmation Substrat leicht verfestigt Lückenraum zu ¼ feinporig</li> <li>● <b>Stufe 4</b> = starke Kolmation Substrat deutlich verfestigt Noch feinporiger Lückenraum sichtbar</li> <li>● <b>Stufe 5</b> = vollständige Kolmation Substrat stark verfestigt. Kein Lückenraum sichtbar</li> </ul>	<p>Das Substrat ist in der Regel durch Sand und oberflächlich auch biogen (Algenverkrustungen) in <b>Stufe 3</b> oder <b>Stufe 4</b> kolmatiert, je nachdem, wie grob das eingelagerte Material ist. Unter einer ca. 15-20 cm starken Kolmationsschicht ist das Substrat wieder gut beweglich und auch lückig.</p>



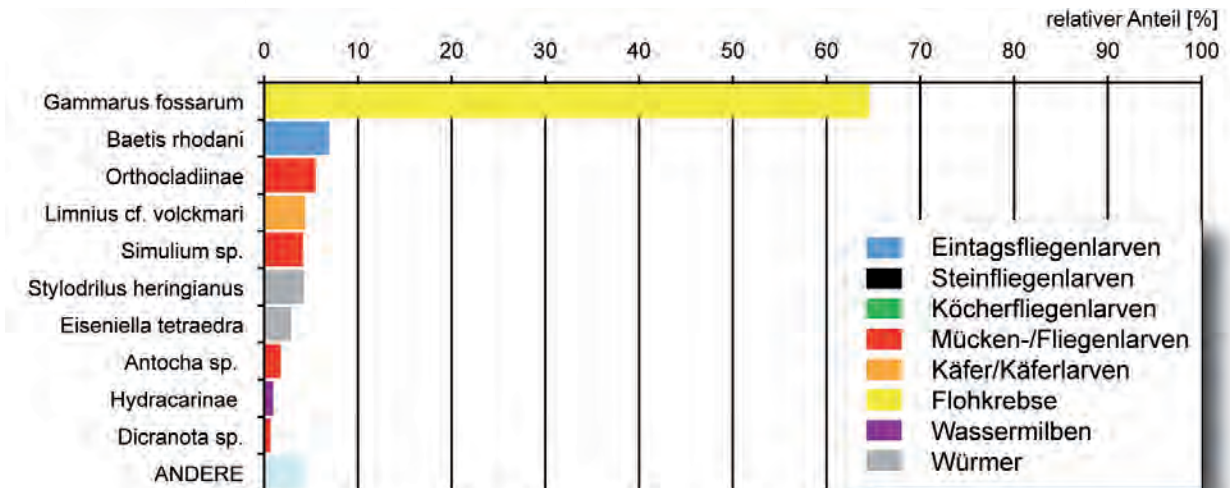
## Biologische Charakteristik und Besonderheiten

### LBK - Ruggell

#### Makroinvertebraten

##### Leitarten/ Begleitarten

*Baetis rhodani*, *Serratella ignita* / *Eiseniella tetraedra*, *Stylogrillus heringianus*, *Gammarus fossarum*  
*Elmis maugetii*, *Limnius volckmari*, *Platambus maculatus*, *Antocha* sp.



#### Fische

##### Leitarten/ Begleitarten

Äschenregion (Hyporhithral): Äsche, Bachforelle, Groppe, Strömer / Seeforelle, Nase, Barbe, Hasel, Alet, Elritze, Schmerle, Laube, Flussbarsch, Rotaugen, Hecht, Brachsen [27, 33]



Der Liechtensteiner Binnenkanal ist traditionell ein bedeutendes Äschen- und Seeforellengewässer. Während sich die Reproduktion der Äschen auf den Unterlauf konzentriert, steigen die SF zum Laichen auch in den Vaduzer Giessen auf. Daneben sind besonders Regenbogenforellen im gesamten System sehr häufig. Aus diesem Grund kommt es alljährlich im Sommer zu dichteregulierenden Prozessen bei Regenbogenforellen, Bachforellen und möglicherweise auch bei den Äschen. Der Alpenrhein könnte dann lokal oder abschnittsweise von aus dem Kanal abwandernden Fischen profitieren. Oberhalb des Mündungsbereichs und im Mündungsbereich selbst wurden in den vergangenen 10 Jahren umfangreiche Revitalisierungen durchgeführt.

Bild: ein Schwarm Regenbogenforellen im Binnenkanal.

#### Besonderheiten



Als einziges der untersuchten Rheinzufüsse weist der Liechtensteiner Binnenkanal in seiner Benthosbesiedlung verschiedene Auen-elemente auf. Auf die Nutzung des umfangreich anfallenden Pflanzenmaterials und Baumlaubes ist die hohe Abundanz des Bachflohkrebses *Gammarus fossarum* zurückzuführen. Bild links: gestrandete Bachflohkrebs im LBK bei der Flutung eines renaturierten Gerinnes im Unterlauf.



Mit *Potamopyrgus antipodarum*, der neuseeländischen Zwergdeckelschnecke, wurde im Binnenkanal das einzige Neozoon im Untersuchungsgebiet nachgewiesen. Sie kommt aber auch im Rhein um die Kanal-mündung



## 2.9 Alpenrhein bei Bangs

### ARH - Bangs



Abb. 40: Alpenrhein bei Bangs (V). Der untere Bildrand liegt etwa auf der Grenze Vorarlberg-Liechtenstein, der Rhein selbst trennt Vorarlberg vom Schweizer Kanton St. Gallen. Foto: HYDRA 2003 ©.

Auch der Alpenrhein im Bereich Bangs liegt wie die Stelle Triesen im Rheinabschnitt mit ausgeprägten alternierenden Kiesbänken. In der langen Rechtskurve vor der Rheinbrücke zeigt der Fluss etwas mehr Strukturvielfalt als an den oberhalb und unterhalb liegenden völlig geraden Strecken. Auf der Vorarlberger Seite beginnen ab hier die das Rheinufer prägenden, breiten Grünlandvorländer. Damit unterscheidet sich hier das rechts- und linksrheinische Uferprofil deutlich.

### Lage und Charakteristik der Untersuchungsstelle



#### Koordinaten:

y 758454 / x 237883 (rechtes Ufer);

#### Höhe:

427 m ü. M.

#### benetzbare Gerinnebreite:

99 - 112 m

#### Zufahrt:

von Oberriet kommend über Zollbrücke Richtung Bangs, 50 m nach Zoll A links abfahren und zurück Richtung Rheindamm. Dort mehrere Parkplätze.

Kartenbasis: Swisstopo ©.

Die Probestelle liegt am Rande der grossen Kiesbank am Kurvengleithang, rund 100 m oberhalb der Rheinbrücke Bangs. Fast der gesamte Abfluss ist bei Sunk auf die Prallhangseite verlagert, so dass dort ein sehr starker Strö-



mungsgradient existiert. Wie schon in Mastrils und Triesen ist die Kiesbank von relativ warmem Sohlfiltrat hinterflossen. Der Kraftwerkbetrieb prägt auch hier noch immer den Abfluss mit Amplituden um 1:2,5 und tägliche Pegelschwankungen bis rund 0,5 m.

### Beprobung, beprobte Substratflächen

Am Tag der Probenahme blieben die Arbeiten vom Schwallbetrieb unbeeinflusst. Ein Tauchereinsatz mit Sicherung und Flasche war bis etwa in die Mitte der schmalen Strömungsrinne möglich. Hier befindet sich ein ausgeprägter Kiesrücken - vorwiegend aus ständig umgelagerten und deshalb aufwuchsfreien Mittelkies. Mehr zum Kiesbankrand wird das Substrat wieder deutlich grober (Grobkies, Steine) und eher umlagerungsstabil. Qualitative Proben wurden auf den vielen unterschiedlichen Choritopen im Bereich der Kiesbank, aber auch an den Schnellen oberhalb und unterhalb der Kiesbank gesammelt.



Abb. 41: Untersuchungsstelle ARH-Bangs. Blick von der linken Rheinseite (SG) flussaufwärts. Foto: HYDRA 2009 ©.

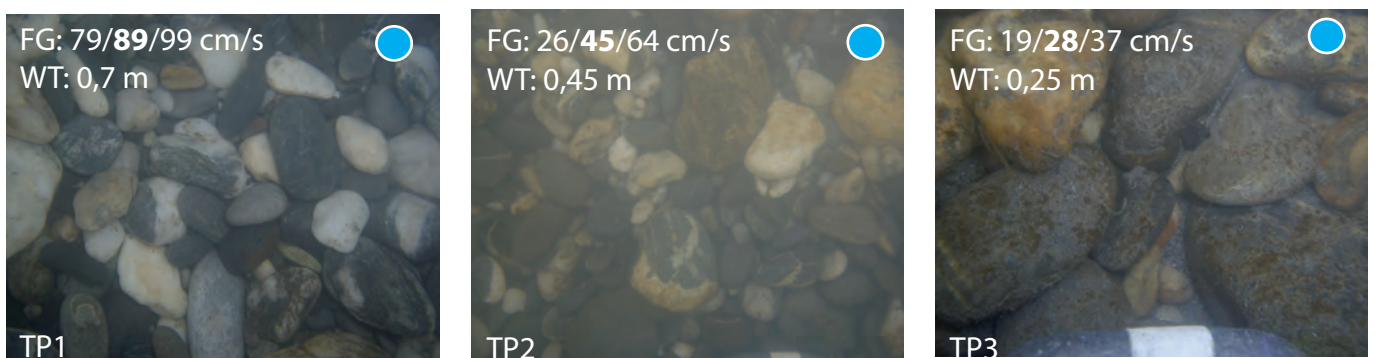

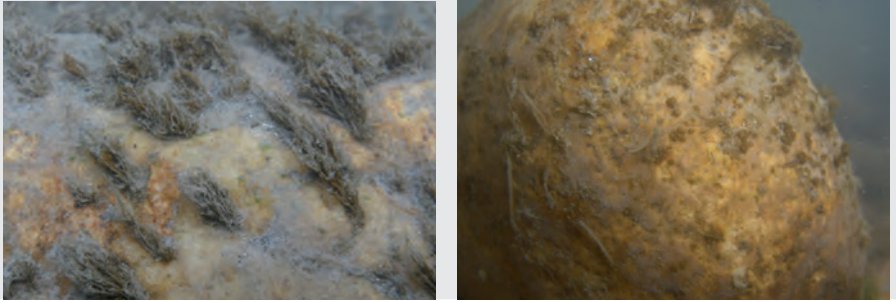



Abb. 42: Mittels UW-Sampler beprobte Teilflächen (Teilproben 1-3) aus den mittleren Bereichen der PS ARH-Bangs. Die weiße Bandmarkierung im Bild unten entspricht jeweils 2 cm. TP1-3 = Teilproben; FG = Fließgeschwindigkeiten min/mittel/max; WT = Wassertiefe. Kolmationskategorien: Stufe 1 = keine Kolmation ●; Stufe 2 = geringe Kolmation ●; Stufe 3 = mittlere/mässige Kolmation ●; Stufe 4 und 5 = starke und/oder äussere Kolmation ●. Fotos: HYDRA 2009 ©.

## Äusserer Aspekt, Ortsbefund

## ARH - Bangs

Aspekt	Ausprägung
<b>Gerinnemorphologie</b>	stark beeinträchtigt; Ausprägung von Prall- und Gleithangstrukturen; stabile Kiesbank am Gleithang.
<b>Gewässernutzung</b>	Wasserkraft, Schwall-Sunk-Regime bis 2,5:1, mässiger Pegelanstieg/Sunk
<b>Umlandnutzung</b>	Grünland, Vorland auf vorarlberger Ufer. Linke Rheinseite (SG) nahe A 13
<b>Strömungscharakter</b>	wenig variabel, Verlauf am Prallhang. Gut dokumentierbarer Geschiebetrieb (Mittelkies)
<b>Heterotropher Bewuchs</b>	nicht nachgewiesen
<b>Aufwuchsdichten, durchschnittliche Bedeckung der Gewässersohle</b> (nach Thomas & Schanz 1976) Stufe 1 = < 10 % Stufe 2 = 10 % - 50 % Stufe 3 = > 50 %	
<b>Aufwuchs</b> Makrooptische Dokumentation der maximal bewachsenen Flächen <ul style="list-style-type: none"> <li>fädige Kieselalgen</li> <li>Hydrurus (selten)</li> <li>Moose (selten)</li> </ul>	
<b>Eisensulfid</b>	keines
<b>Verschlammung, Faulschlamm</b>	keine
<b>Schaumbildung</b>	keine
<b>Trübung</b>	leicht
<b>Färbung, Verfärbung</b>	keine
<b>Geruch</b>	kein
<b>Kolmation</b> (nach SCHÄLCHLI [68, 70]) <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Stufe 1</b> = nicht kolmatiert Substrat grobkörnig (Steine, Kies). Lückenraum dominant grobporig</li> <li>● <b>Stufe 2</b> = schwach kolmatiert Substrat locker (Steine, Kies, Sand). Lückenraum grob- bis feinporig</li> <li>● <b>Stufe 3</b> = mittlere Kolmation Substrat leicht verfestigt. Lückenraum zu ¼ feinporig</li> <li>● <b>Stufe 4</b> = starke Kolmation Substrat deutlich verfestigt. Noch feinporiger Lückenraum sichtbar</li> <li>● <b>Stufe 5</b> = vollständige Kolmation Substrat stark verfestigt. Kein Lückenraum sichtbar</li> </ul>	 <p>Im Bereich der Wasserwechselzone ist das Substrat in <b>Stufe 3</b> kolmatiert. An den Kiesbankrändern, Hinterwassern und anderen strömungsberuhigten Bereichen ist das Substrat z.T. stark versandet. Äussere Kolmation durch kohäsiven Silt ist sehr selten.</p>



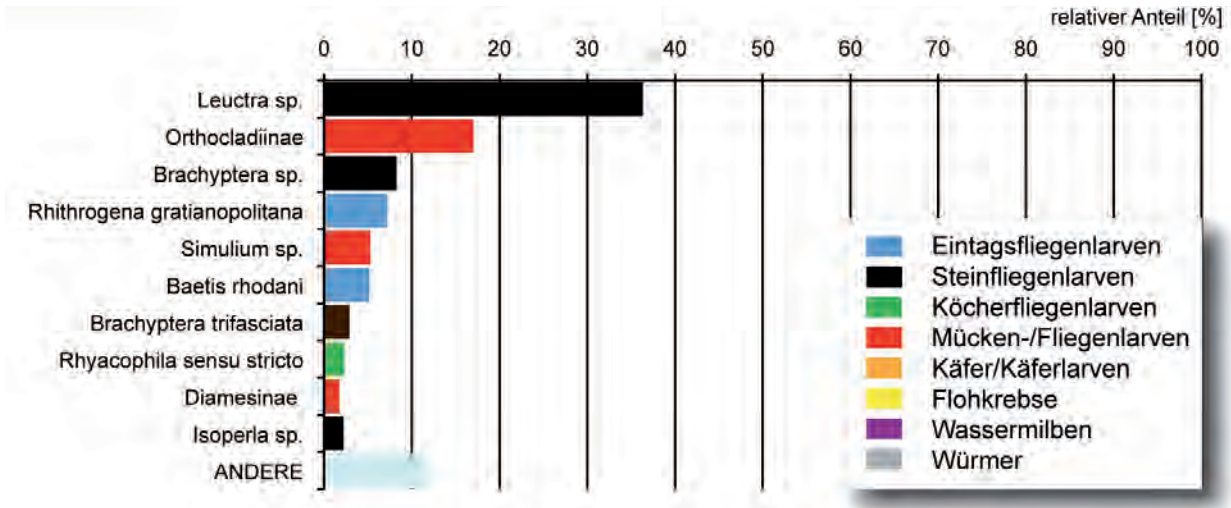
## ARH - Bangs

### Biologische Charakteristik und Besonderheiten

#### Makroinvertebraten

##### Leitarten/ Begleitarten

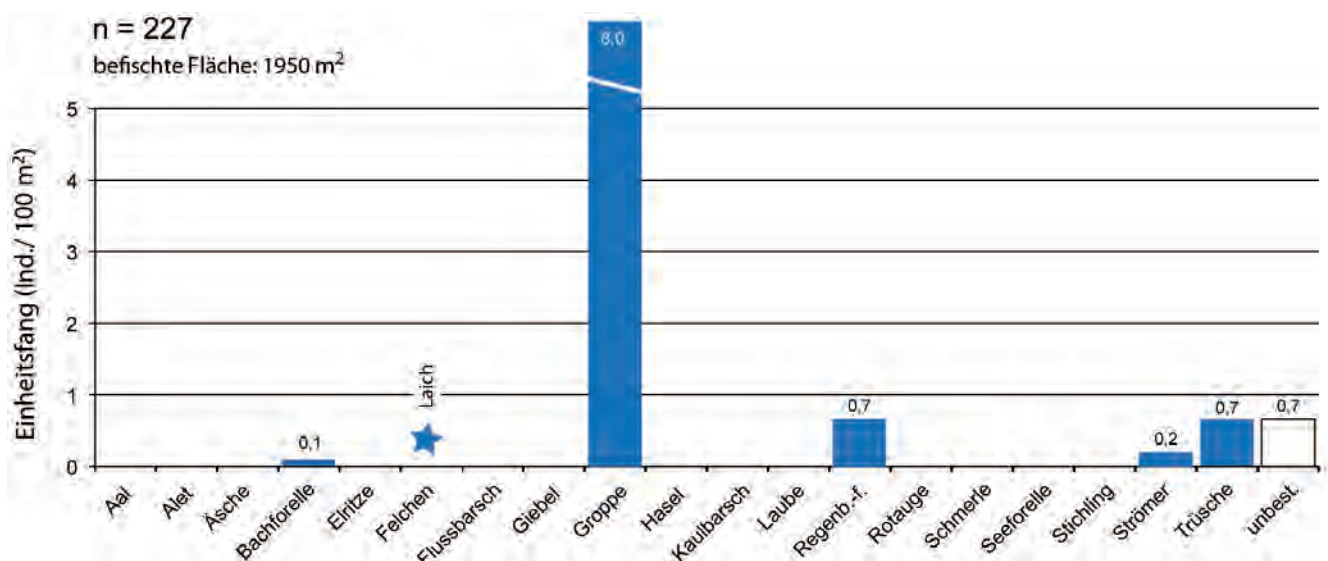
*Baetis rhodani*, *Rhithrogena gratianopolitana*, *Serratella ignita* / *Brachyptera trifasciata*, *Leuctra* spp.  
*Gammarus fossarum*, *Glossosoma boltoni*



#### Fische

##### Leitarten/ Begleitarten

Äschenregion (Hyporhithral): Bachforelle, Groppe, Strömer, Äsche / Seeforelle, Nase, Barbe, Hasel, Alet, Elritze, Schmerle, Laube, Flussbarsch, Brachsen [27, 33]



#### Besonderheiten



In Bangs und an allen anderen untersuchten Stellen unterhalb der Buchser Schwelle wurden auf dem Substrat Felcheneier nachgewiesen (maximal 25-50 Stück/m<sup>2</sup>). Alle gefundenen Eier waren gesund und z.T. schon bis zum Augenstadium entwickelt. Es bleibt zu prüfen, ob die winterlichen Trübe-/Schwallverhältnisse im Alpenrhein auch eine Larvalentwicklung zulässt. Die ungewöhnlich grosse Zahl der 2009 gemeldeten Felchenfänge durch Angelfischerei (mündl. Mitt. ANJF St. Gallen) lässt zumindest die Vermutung zu, dass sich derzeit eine grössere eigenständige Population im Alpenrhein erhalten kann.

## 2.10 Ill bei Illspitz

### ILL - Illspitz



Abb. 43: Ill (Blick aufwärts) rund 600m oberhalb ihrer Mündung (Illspitz) in den Alpenrhein. Foto: HYDRA 2003 ©.

In ihrem Unterlauf zwischen Feldkirch und dem Illspitz zeigt sich die Ill als der am stärksten regulierte und daher auch strukturell am meisten degradierte ursprüngliche Alpenrheinzufluss. Sie ist hier 40-45 m breit und von Blocksatzböschungen gesäumt. Vor ihrer Mündung in den Rhein fällt sie noch einmal über zwei hohe Blockrampen. Da diese nicht fischgängig sind, wird der entsprechende Abschnitt von einem Umgehungsgerinne begleitet. Die 2001 erneuerte Mündung genügt damit zwar technischen Ansprüchen, erfüllt aber nicht die Funktion eines naturnahen, gut vernetzten und strukturreichen Übergangsbereichs. Durch Kraftwerkbetrieb ist die Ill im Unterlauf sehr stark von Schwall und Sunk beeinflusst.

### Lage und Charakteristik der Untersuchungsstelle



#### Koordinaten:

y 760246 / x 240331 (rechtes Ufer);

#### Höhe:

431 m ü. M.

#### benetzbare Gerinnebreite:

41 - 45 m

#### Zufahrt:

Mit Genehmigung (Stadt Feldkirch) Zufahrt von Zollbrücke Bangs (Parkplatz PS Bangs) kommend über Rheindamm bis Spiersbachmündung. Diese queren, an Fischerheim vorbei auf linken Illdamm fahren.

Kartenbasis: Swisstopo ©.



Die Probestelle liegt knapp unterhalb der Einmündung des Umgehungsgerinnes in das Oberwasser. Unterhalb des Böschungsfusses und in der Wasserwechselzone liegt praktisch nur stark kolmatiertes Substrat vor. Danach folgt ein Bereich mit umlagerungsstabilen Steinen, zwischen dem sich Fein- und Mittelkies abgelagert hat. Erst gegen Gerinnemitte findet man auch kiesiges, unbewachsenes Geschiebe. Schwall und Sunk verlaufen in der Ill sehr schnell und mit starken Pegelschwankungen (im Probenahmezeitraum um 0,7 m).

### Beprobung, beprobte Substratflächen

Die flächenbezogenen Proben bis etwa Gerinnemitte konnten bei Sunk mit einem ungesicherten Taucher ohne Flasche und per Kicksampling genommen werden. Für die qualitativen Proben wurde vor allem das umlagerungsstabile Substrat sowie Buhnenblöcke und Schwemmholz besammelt.



Abb. 44: Untersuchungsstelle ILL-III-Unterlauf. Blick von der Illbrücke abwärts Richtung Mündung. Foto: HYDRA 2009 ©.

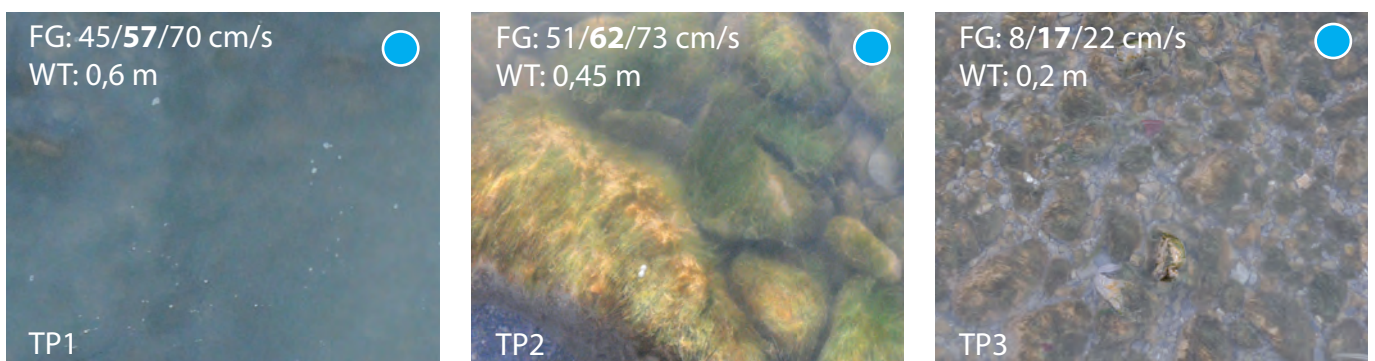
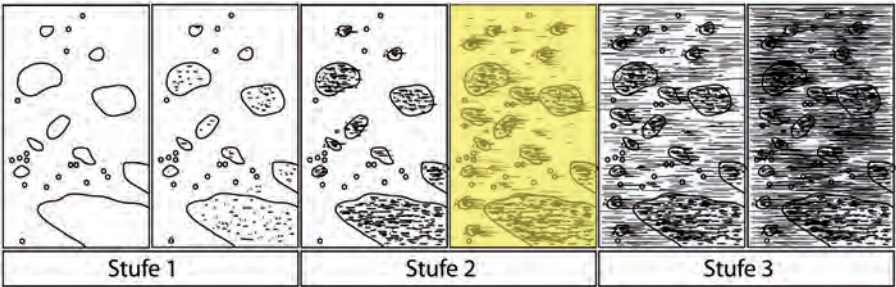




Abb. 45: Mittels UW-Sampler beprobte Teilflächen (Teilproben 1-3) aus den mittleren Bereichen der PS ILL-III. TP1-3 = Teilproben; FG = Fließgeschwindigkeiten min/**mittel**/max; WT = Wassertiefe. Kolmationskategorien: Stufe 1 = keine Kolmation ●; Stufe 2 = geringe Kolmation ●; Stufe 3 = mittlere/mässige Kolmation ●; Stufe 4 und 5 = starke und/oder äussere Kolmation ●. Fotos: HYDRA 2009 ©.

## Äusserer Aspekt, Ortsbefund

## ILL - Illspitz

Aspekt	Ausprägung
<b>Gerinnemorphologie</b>	Stark beeinträchtigt bis naturfern; kanalartig; harte Ufersicherungen; keine bis wenig Tiefenvariabilität.
<b>Gewässernutzung</b>	Wasserkraft, starkes Schwall-Sunk-Regime
<b>Umlandnutzung</b>	extensive Grünland- und Holzwirtschaft
<b>Strömungscharakter</b>	monotone Strömung mit örtlichen Turbulenzen
<b>Heterotropher Bewuchs</b>	nicht nachgewiesen
<b>Aufwuchsdichten, durchschnittliche Bedeckung der Gewässersohle</b> (nach Thomas & Schanz 1976) Stufe 1 = < 10 % Stufe 2 = 10 % - 50 % Stufe 3 = > 50 %	
<b>Aufwuchs</b> Makrooptische Dokumentation der maximal bewachsenen Flächen <ul style="list-style-type: none"> <li>• fädige Kieselalgen</li> <li>• fädige Grünalgen (sehr viel)</li> <li>• Hydrurus (selten)</li> <li>• Moose</li> </ul>	
<b>Eisensulfid</b>	nicht nachgewiesen
<b>Verschlämmung, Faulschlamm</b>	keine
<b>Schaumbildung</b>	keine
<b>Trübung</b>	mittel bis stark
<b>Färbung, Verfärbung</b>	keine
<b>Geruch</b>	kein
<b>Kolmation</b> (nach SCHÄLCHLI [68, 70]) <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Stufe 1</b> = nicht kolmatiert Substrat grobkörnig (Steine, Kies). Lückenraum dominant grobporig</li> <li>● <b>Stufe 2</b> = schwach kolmatiert Substrat locker (Steine, Kies, Sand). Lückenraum grob- bis feinporig</li> <li>● <b>Stufe 3</b> = mittlere Kolmation Substrat leicht verfestigt. Lückenraum zu ¼ feinporig</li> <li>● <b>Stufe 4</b> = starke Kolmation Substrat deutlich verfestigt. Noch feinporiger Lückenraum sichtbar</li> <li>● <b>Stufe 5</b> = vollständige Kolmation Substrat stark verfestigt. Kein Lückenraum sichtbar</li> </ul>	 <p>Im Bereich der Wasserwechselzone ist das Substrat in der <b>Stufe 5</b> kolmatiert. Diese Kolmation wird gegen Flussmitte etwas geringer, bleibt aber unter dem mobilisierbaren Material vielerorts bestehen. Auf vielen ufernahen Flächen ist auch die äussere Kolmation - bestehend aus kohäsivem Silt - stark und betonartig verfestigt.</p>

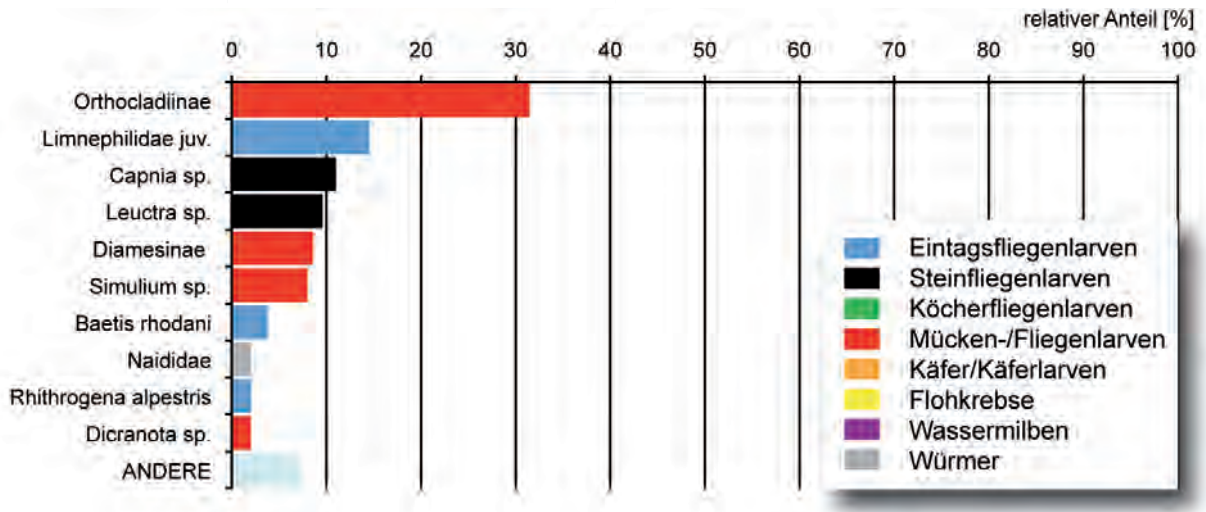


## Biologische Charakteristik und Besonderheiten

### Makroinvertebraten

#### Leitarten/ Begleitarten

*Baetis alpinus*, *Baetis rhodani*, *Ecdyonurus venosus*, *Rhithrogena gratianopolitana* / *Capnia nigra*, *Leuctra spp.*, *Allogamus auricollis*, *Glossosoma boltoni*



### Fische

#### Leitarten/ Begleitarten

Äschenregion (Hyporhithral): Bachforelle, Groppe, Äsche, Strömer / Seeforelle, Nase, Barbe, Alet, Elritze, Schmerle [27, 33]

Im Rahmen des Monitorings wurden in der Ill keine Uferbefischungen durchgeführt. Der Unterlauf der Ill ist wegen zweier grosser Blockrampen für Fische aus dem Alpenrhein nur schwer bis nicht fischgängig. Ein Aufstiegsgerinne gleicht dieses Defizit weitestgehend aus. Die Ill besitzt Bedeutung als Aufstiegsgerinne für die Bodensee-Seeforelle. Da sich der sehr starke Schwall auf alle typischen Fischarten negativ auswirkt, sind im gesamten Ill-Unterlauf die fischökologischen Verhältnisse defizitär.

### Besonderheiten



Wegen der starken Schwalleffekte sind die ufernahen Gerinneflächen (hier bei Sunk) so stark kolmatiert, dass eine Besiedlung in den Steinlückenträumen verhindert wird (siehe Äusserer Aspekt, Kolmation). Allein der z.T. aufgelöste Blockwurf bietet Strömungsschutz für Kleinlebewesen und Jungfische, fällt aber bei jedem Sunkereignis trocken.



## 2.11 Alpenrhein bei Lustenau

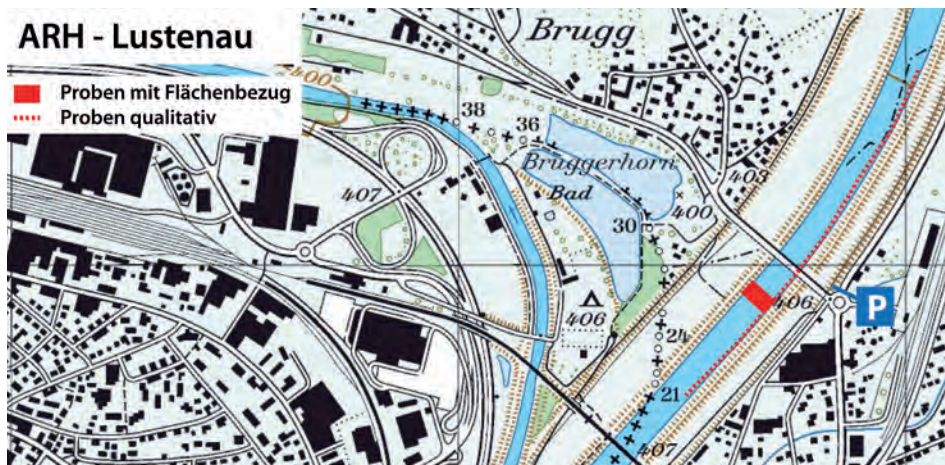
### ARH - Lustenau



Abb. 46: Alpenrhein bei Lustenau (Vorarlberg). Rechts oben im Bild der Alte Rhein (Rheintaler Binnenkanal). Foto: HYDRA 2004 ©.

Der Alpenrhein fließt im Bereich des „Fußacher Durchstichs“, nach Abzweigung des Alten Rheinlaufs, ganz auf Vorarlberger Gebiet. Auf beiden Seiten wird der kanalisierte Fluss von breiten Vorländern begleitet, hinter denen der eigentliche Rheindamm verläuft (Doppeltrapezprofil). Mit einer Breite von nur 70 m und nachdem er auch die Wasser von Ill und Frutz aufgenommen hat, ist er praktisch auf ganzer Breite und bei jeder Wasserführung benetzt und erreicht Wassertiefen von stellenweise mehr als 2 m. Auch hier, kurz vor seiner Mündung in den Bodensee, ist der Rhein noch durch Schwall und Sunk aus den verschiedenen Kraftwerkbetrieben beeinflusst.

### Lage und Charakteristik der Untersuchungsstelle



**Koordinaten:**

y 767736 / x 257958 (rechtes Ufer)

**Höhe:**

400 m ü. M.

**benetzbare Gerinnebreite:**

65 - 70 m

**Zufahrt:**

Vom Zollamt Au-Lustenau Nord über Reichstrasse, Bahnhofstrasse bis zum Kreisel an der Rheinbrücke Brüggerstrasse. Dort auf Rheindamm Parkplätze. Mit Erlaubnis auch Zufahrt direkt auf das Vorland.

Kartenbasis: Swisstopo ©.



Die Probestelle liegt knapp oberhalb der Rheinbrücke Lustenau-Höchst. Das rechte Rheinufer (Prallufer) von dieser Brücke aus abwärts besitzt eine Blocksatz vom Typ „Uferberme“ und wurde 2007 mittels Blockbuhnen und eingebrachter Störstrukturen revitalisiert. Damit konnte auch ein deutlicher Strömungsgradient erzeugt werden. Der Einfluss des Kraftwerkbetriebs - vor allem aus der Ill - manifestiert sich wieder durch deutlich kräftigere und schnellere Pegelanstiege als oberhalb der Illmündung. Die Wasserwechselzone ist völlig versandet.

### Beprobung, beprobte Substratflächen

Die Stelle war auch bei Niederwasser und Sunk nur mit doppelt gesichertem Taucher und Flasche zu beproben. Die Untersuchungen fand an einem Tag mit ungewöhnlich geringer Trübung statt. Am Fuss des Blockufers liegen zerstreut noch kantige Blöcke auf der Sohle, die dann schnell in eine sedimentbedeckte, danach in eine regelmässig umgelagerte Kiessohle übergeht. Qualitative Proben konnten auf vielen unterschiedlichen Choriotopen unterhalb der Wasserwechselzone gesammelt werden.



Abb. 47: Untersuchungsstelle ARH-Lustenau. Blick von der rechten Rheinseite flussabwärts. Foto: HYDRA 2009©.

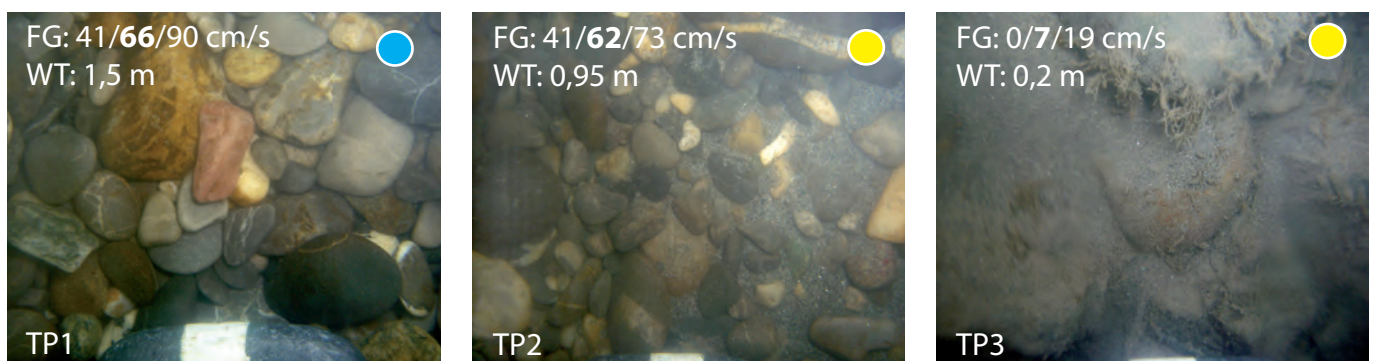
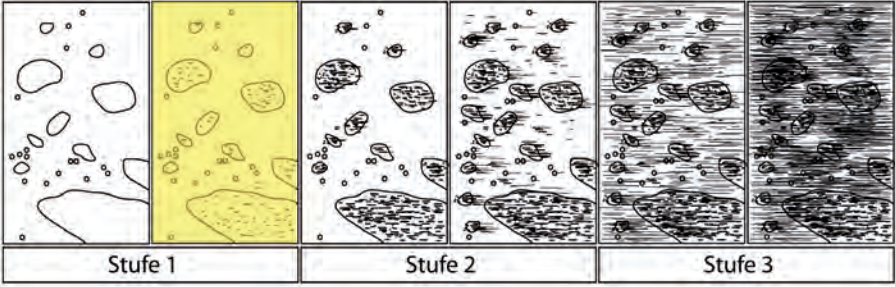
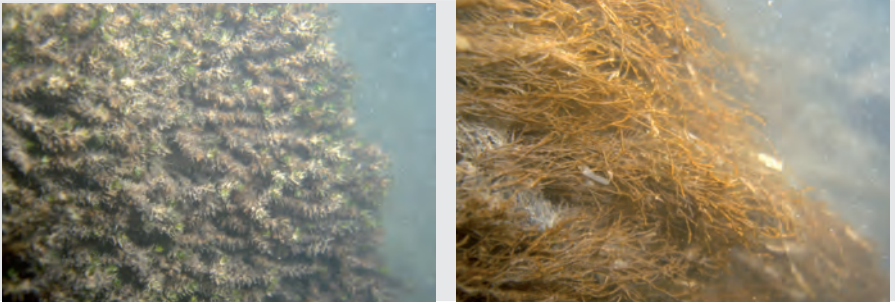



Abb. 48: Mittels UW-Sampler beprobte Teilflächen (Teilproben 1-3) aus den mittleren Bereichen der PS ARH-Lustenau. Die weiße Bandmarkierung im Bild unten entspricht jeweils 2 cm. TP1-3 = Teilproben; FG = Fließgeschwindigkeiten min/**mittel**/max; WT = Wassertiefe. Kolmationskategorien: Stufe 1 = keine Kolmation ●; Stufe 2 = geringe Kolmation ●; Stufe 3 = mittlere/mässige Kolmation ●; Stufe 4 und 5 = starke und/oder äussere Kolmation ●. Fotos: HYDRA 2009 ©.

## Äusserer Aspekt, Ortsbefund

## ARH - Lustenau

Aspekt	Ausprägung
<b>Gerinnemorphologie</b>	stark beeinträchtigt bis naturfern; kanalartig; harte Ufersicherungen
<b>Gewässernutzung</b>	Wasserkraft, starkes Schwall-Sunk-Regime bis ca. 3:1, schneller Pegelanstieg/Sunk (III)
<b>Umlandnutzung</b>	Grünlandwirtschaft, Vorländer
<b>Strömungscharakter</b>	Monoton ohne Turbulenzen
<b>Heterotropher Bewuchs</b>	nicht nachgewiesen
<p><b>Aufwuchsdichten, durchschnittliche Bedeckung der Gewässersohle</b></p> <p>(nach Thomas &amp; Schanz 1976)</p> <p>Stufe 1 = &lt; 10 %</p> <p>Stufe 2 = 10 % - 50 %</p> <p>Stufe 3 = &gt; 50 %</p>	 <p>Das Diagramm zeigt drei Stufen der Aufwuchsdichte auf der Gewässersohle. Stufe 1 (links) zeigt eine spärliche Besiedlung mit wenigen Algen. Stufe 2 (Mitte) zeigt eine mittlere Dichte mit mehr Algen. Stufe 3 (rechts) zeigt eine hohe Dichte mit einer dichten Algenmatte. Die Stufen sind farblich markiert: Stufe 1 ist grau, Stufe 2 ist gelb und Stufe 3 ist schwarz.</p>
<p><b>Aufwuchs</b></p> <p>Makrooptische Dokumentation der maximal bewachsenen Flächen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fädige Kieselalgen</li> <li>• grüne Fadenalgen</li> <li>• Moose</li> <li>• Makrophyten (sehr selten)</li> </ul>	 <p>Zwei Fotografien zeigen den Aufwuchs auf der Gewässersohle. Die linke Aufnahme zeigt grüne Fadenalgen, die rechte Aufnahme zeigt fädige Kieselalgen.</p>
<b>Eisensulfid</b>	wenig bis mittel (untere Wasserwechselzone)
<b>Verschlammung, Faulschlamm</b>	in der Wasserwechselzone mittel, stellenweise viel (z.T. reduziert)
<b>Schaumbildung</b>	wenig bis mittel
<b>Trübung</b>	mittel
<b>Färbung, Verfärbung</b>	keine
<b>Geruch</b>	leicht algig/faulig; im Bereich dicker Feinsedimentschichten deutlicher H <sub>2</sub> S-Geruch
<p><b>Kolmation</b> (nach SCHÄLCHLI [68, 70])</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Stufe 1</b> = nicht kolmatiert</li> </ul> <p>Substrat grobkörnig (Steine, Kies). Lückenraum dominant grobporig</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Stufe 2</b> = schwach kolmatiert</li> </ul> <p>Substrat locker (Steine, Kies, Sand). Lückenraum grob- bis feinporig</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Stufe 3</b> = mittlere Kolmation</li> </ul> <p>Substrat leicht verfestigt. Lückenraum zu ¾ feinporig</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Stufe 4</b> = starke Kolmation</li> </ul> <p>Substrat deutlich verfestigt. Noch feinporiger Lückenraum sichtbar</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Stufe 5</b> = vollständige Kolmation</li> </ul> <p>Substrat stark verfestigt. Kein Lückenraum sichtbar</p>	 <p>Zwei Fotografien zeigen die Kolmation des Substrats. Die linke Aufnahme zeigt ein grobkörniges Substrat mit Steinen und Kies. Die rechte Aufnahme zeigt ein stark verfestigtes Substrat mit Sand, Kies und Steinen, die mit kohäsiuem Silt überdeckt sind.</p>
	<p>Im Bereich der Wasserwechselzone ist das Substrat stark versandet und in der <b>Stufe 5</b> kolmatiert. Auf vielen Flächen ist Sand, Kies und Steine mit kohäsiuem Silt überdeckt. Bei besonders dicken Feinsedimenten sind deutlich reduzierte (schwarze) Schichten vorhanden.</p>



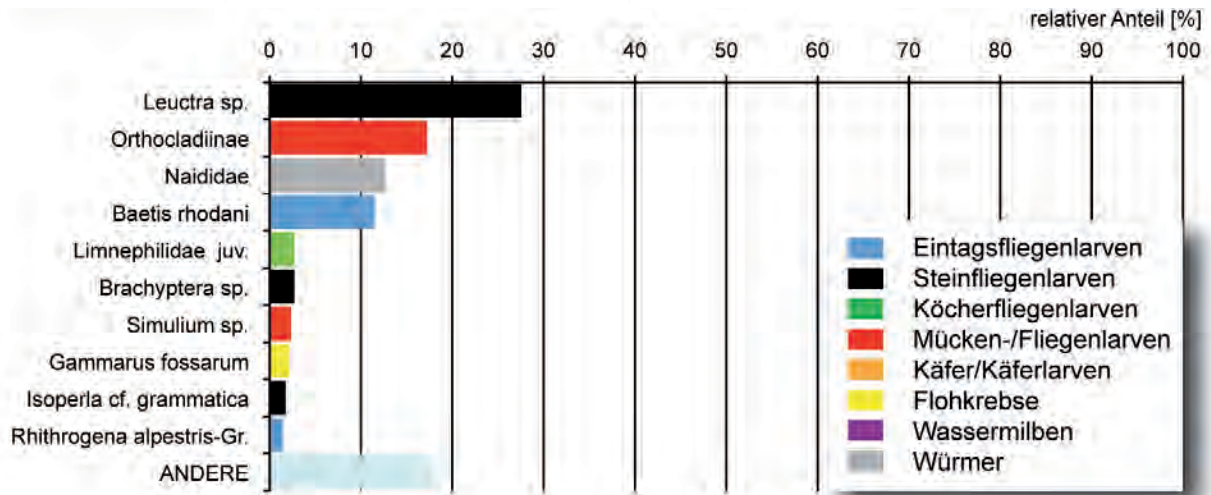
**ARH - Lustenau**

**Biologische Charakteristik und Besonderheiten**

**Makroinvertebraten**

**Leitarten/ Begleitarten**

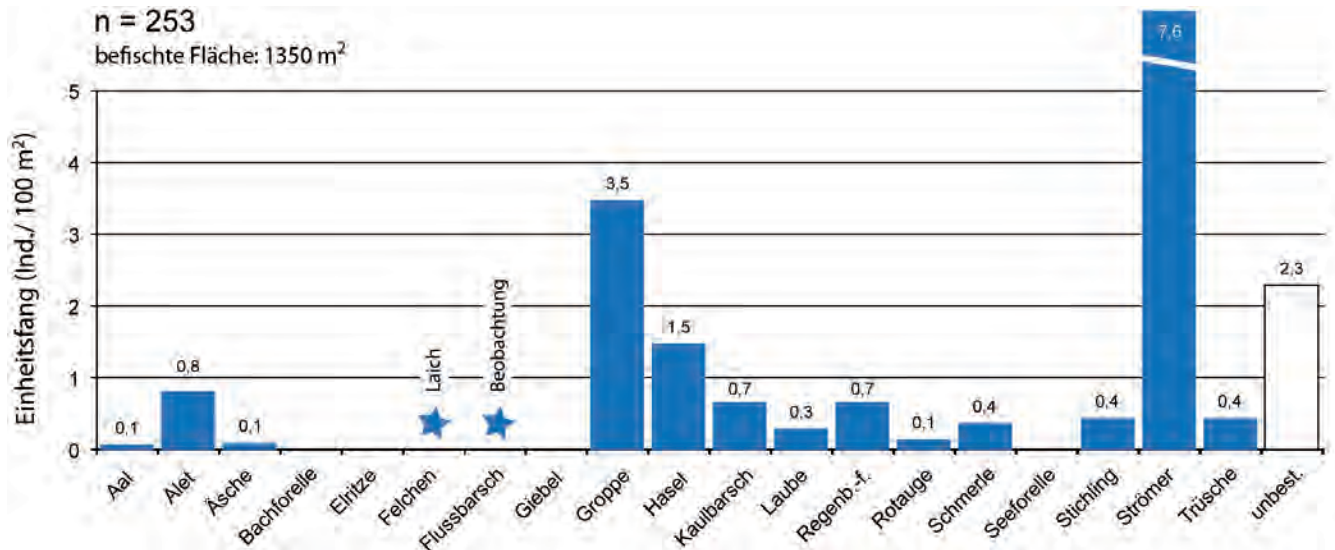
*Ancylus fluviatilis, Baetis rhodani, Baetis fuscatus, Serratella ignita, Rhithrogena gratianopolitana / Brachyptera trifasciata, Leuctra spp., Glossosoma boltoni, Hydropsyche guttata, Psychomyia pusilla, Polycentropus flavomaculatus, Gammarus fossarum*



**Fische**

**Leitarten/ Begleitarten**

Äschenregion (Hyporhithral), Übergang zum Epipotamal: Äsche, Bachforelle, Groppe, Strömer / Seeforelle, Nase, Barbe, Hasel, Alet, Elritze, Schmerle, Laube, Flussbarsch, Rotauge, Hecht, Brachsen [27, 33]



**Besonderheiten**



Der Wasserschneigel (*Deroceras laeve*), eine sonst seltene, amphibisch lebende Nacktschneckenart, ist am „internationalen“ Rheinaabschnitt bei Sunk häufig auf den Sandflächen am Ufer zu beobachten. Die Art, die unter Wasser auch an der Probestelle VRH Reichenau gefunden wurde, profitiert offenbar vom organischen Material, das sich auf den periodisch trocken fallenden Uferändern sammelt. Foto: HYDRA ©.

### 3. Makrozoobenthos

Ausgehend von den Erfahrungen aus den laufenden Programmen der IKSR [40, 41, 42] wurde für das Basis-Monitoring ein Untersuchungsintervall von 6 Jahren als ausreichend erachtet. Da nur ein kleinerer Teil der im Alpenrhein lebenden Makroinvertebraten hololimnisch und damit ständig im Wasser anzutreffen ist, wurde im Rahmen der Konzepterstellung empfohlen, in einer Sonderuntersuchung zusätzliche Probenahme-Kampagnen über das gesamte Jahr hinweg vorzusehen, um möglichst das gesamte vorhandene Artenspektrum der Untersuchungsstellen erfassen zu können.

Bei der Auswahl der repräsentativen Untersuchungsstellen für das Makrozoobenthos konnte man davon ausgehen, dass sich das im Alpenrhein dominierende Sohsubstrat Grobkies-/Steine in seiner Ausprägung im Flussverlauf regelmässig wiederholt. Sollten sich also auf diesem vergleichbaren Mesohabitat deutliche Besiedlungsunterschiede zeigen, so würden diese auf unterschiedliche Umgebungsbedingungen der Stelle/des Abschnitts zurück zu führen sein. Hierzu gehören

- der generelle Fliesscharakter an der Stelle,
- Belastungen durch Schwebstoffe und Abflusswechsel
- die Verlagerungsstabilität des Substrats
- die Vielfalt der Mesohabitate und damit die Nähe zum Referenzzustand (Naturnähe)
- der Einfluss von Zuflüssen und Nebengewässern.

#### Bedeutung der Zuflüsse für den Alpenrhein

Aus dem letztgenannten Grund wurde eine zusätzliche Benthosbeprobung im Unterlauf der grösseren Rheinzuflüsse durchgeführt. Möglicherweise erfolgt eine kontinuierliche Animpfung des Alpenrheins durch das Artenspektrum seiner Zuflüsse - einerseits durch Eindrift, andererseits durch Zuflug von Wasserinsekten. Dieser Aspekt gewinnt an Bedeutung, falls künftig im Alpenrhein insgesamt oder abschnittsweise wieder geeignete Lebensraumverhältnisse herrschen und die Zuflüsse ein solches Potential tatsächlich beherbergen.

#### Auswahl der Probeflächen an den Probestellen

Nach den bisher vorliegenden Kenntnissen, z.B. aus dem Untersuchungsprogramm zur Trübe- und Schwallproblematik [7, 44] ist bekannt, dass der anthropogen überprägte Alperhein verhältnismässig wenige Arten/Taxa mit relativ geringen Besiedlungsdichten aufweist. Es ist aber auch bekannt, dass es auch im Alpenrhein Flächen gibt, die gegenüber dem restlichen Flussgerinne dichter besiedelt sind, weil sie auch bei Schwall umlagerungsstabil bleiben, nie trockenfallen und offenbar auch von Schwebstoffeinträgen weniger belastet sind. Diese Flächen decken sich in der Regel mit einem stärkeren Aufwuchs von Kieselalgen (*Diatomeen*) und Schlauchalgen (*Hydrurus*).

Flächenbezogene Proben wurden nur innerhalb solcher algenbewachsenen Flächen gesammelt (Abb. 49), um ein möglichst grosses Spektrum an Arten und Besiedlungsdichten abzugreifen. Darüber hinaus wurde auch darauf geachtet, dass an allen Stellen das vergleichbare Kies-Stein-Substrat beprobt wurde. Andere Substrate wurden - gemäss ihrem Flächenanteil - mit weiteren Teilproben erfasst. Seltener Choriotope, meist Flächen mit Detritus und Totholz oder lenitische Bereiche wurden qualitativ beprobt.

#### Probenumfang und Bestimmungsgrenzen

Auf diese Weise fielen bei der Untersuchung der 11 Probestellen im Rhein und seinen Zuflüssen insgesamt 41



getrennt voneinander ausgewertete Benthosproben an. Bei diesen handelt es sich überwiegend um Mischproben, die sich aus mehreren Teilproben (entsprechend der vorgefundenen Choriotope) zusammensetzen. Im Rahmen der weiteren Bearbeitung wurden insgesamt rund 45 000 Makroinvertebraten ausgelesen und bis auf das maximal mögliche taxonomische Niveau bestimmt. Artenbestimmungen erfolgten allerdings nur, wenn dies eindeutig möglich war. Bei Wirbellosen in einem noch nicht sicher bestimmbareren Entwicklungszustand bzw. Larvenstadium wurde das nächst höhere, sicher bestimmbarere taxonomische Niveau angegeben. Um die Probestellen vergleichen zu können, wurden anschliessend die Individuendichten für alle Proben auf 1 m<sup>2</sup> Probefläche hochgerechnet.

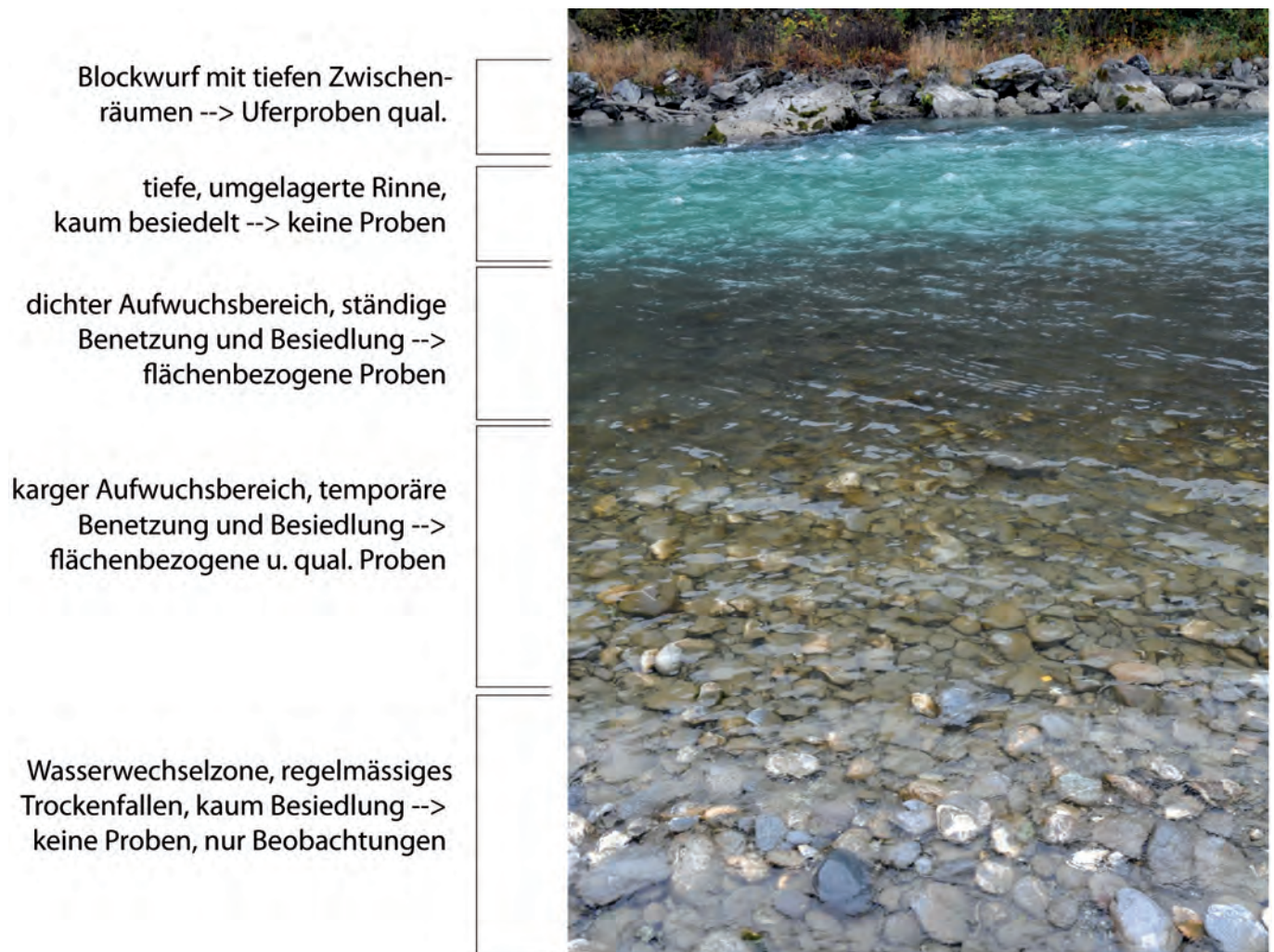


Abb. 49: Unterschiedlich bewachsene und besiedelte Flächen im Alpenrheintranssekt. Flächenbezogene Benthosproben wurden stets auf Flächen gesammelt, die eine vergleichbare Substratzusammensetzung und vergleichbaren Aufwuchs aufwiesen. Auf diese Weise sollte eine Vergleichbarkeit der Probestellen untereinander gewährleistet werden. Foto: HYDRA ©.

### Nachuntersuchungen

Wegen des relativ hohen Anteils sehr kleiner und deshalb nicht auf Artniveau bestimmbarer Larven der Wasserinsekten fand im Frühjahr 2011 eine qualitative Nachuntersuchung der Benthosbesiedlung statt. Durch den Fang grösserer Larvenexemplare konnten einige bisher nicht näher bestimmbarere Taxa noch nachträglich einer Art zugeordnet werden. Ausserdem gelang der Nachweis einiger Taxa, die in den Winterproben nicht enthalten waren.

## 3.1 Taxazahlen und Besiedlungsdichten

### Taxazahlen und -verbreitungen

Die Artenzahl in einem natürlichen Gewässer liegt umso höher, je mehr es die Charakteristik verschiedener Gewässertypen in sich vereint [56, 65]. Ausgehend vom Referenzzustand des Alpenrheins mit seinen ursprünglich ausgedehnten Auengewässern und Mündungsbereichen sowie seinen intensiven Umland-Vernetzungen wird eine potenzielle Gesamtartenzahl angenommen, die möglicherweise derjenigen naturnaher Abschnitte des Hochrheins nahe kommt und je nach Bestimmungsniveau zwischen 150 und 200 Taxa liegt [56].

Die im Rahmen der ersten Alpenrheinkampagne festgestellten Taxazahlen (Arten und höhere Einheiten) liegen hingegen trotz qualitativer Nachuntersuchung 2011 auf einem deutlich tieferen Niveau. Insgesamt wurden in Alpenrhein, Vorder- und Hinterrhein 97 Taxa, in den restlichen Zuflüssen Landquart, Liechtensteiner Binnenkanal und Ill zusammen 65 Taxa nachgewiesen. Im gesamten Untersuchungsgebiet konnten 104 Taxa unterschieden werden. Nur an zwei Probestellen (VRH-Ilanz und ARH-Lustenau) wurden mehr als 50 Taxa gefunden (Abb. 50). Im Vergleich dazu weist der Hochrhein bis zu knapp 100 Arten/Stelle auf [40, 42, 56].

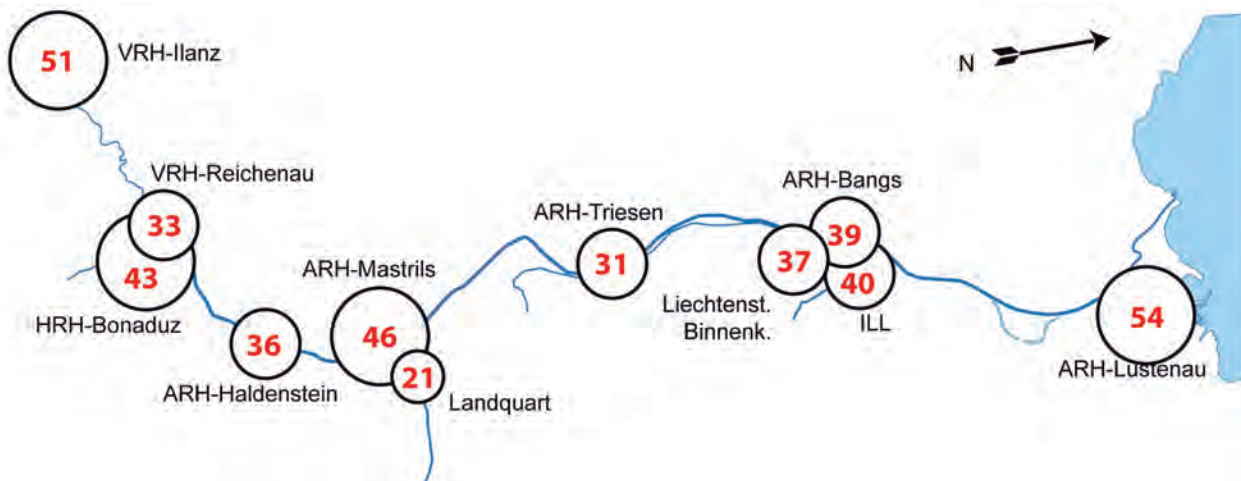


Abb. 50: Gesamttaxazahlen an den Probestellen des Basismonitorings

An Stellen, die nur wenige unterschiedliche Choriotope oder einen hohen Anteil umgelagerter Substrate aufweisen, wie VRH Reichenau, ARH Triesen oder Landquart, wurden sowohl insgesamt als auch in den Teilproben die geringsten Taxazahlen nachgewiesen. Relativ hohe Taxazahlen wiesen dagegen Stellen auf, die naturnahe und deshalb vielfältige Teillebensräume besitzen (VRH-Ilanz, HRH Bonaduz und ARH Mastrils) oder, wie ARH Lustenau, ständig benutzte Grobsubstrate aufweisen, die Lebensräume für strömungssensiblere Arten bieten.

Betrachtet man die Variationen der Taxazahlen in den Einzelproben einer Stelle, so zeigen ebenfalls die Stellen mit den höchsten Gesamttaxazahlen (Ilanz, Bonaduz, Mastrils und Lustenau) deutlichere Schwankungen als die übrigen Probestellen (Abb. 51). Auch dies liegt in der Vielfalt von Teillebensräumen begründet, die sowohl besonders dicht und artenreich (z.B. aufwuchsreiche lockere Steine, Detritus/Totholz und grosse Blöcke) als auch individuenreich und dennoch artenarm (z.B. stabile Flächen mit Fein- oder Mittelkies) und oder individuenarm und zugleich artenarm (v.a. Sandflächen) besiedelt sein können.



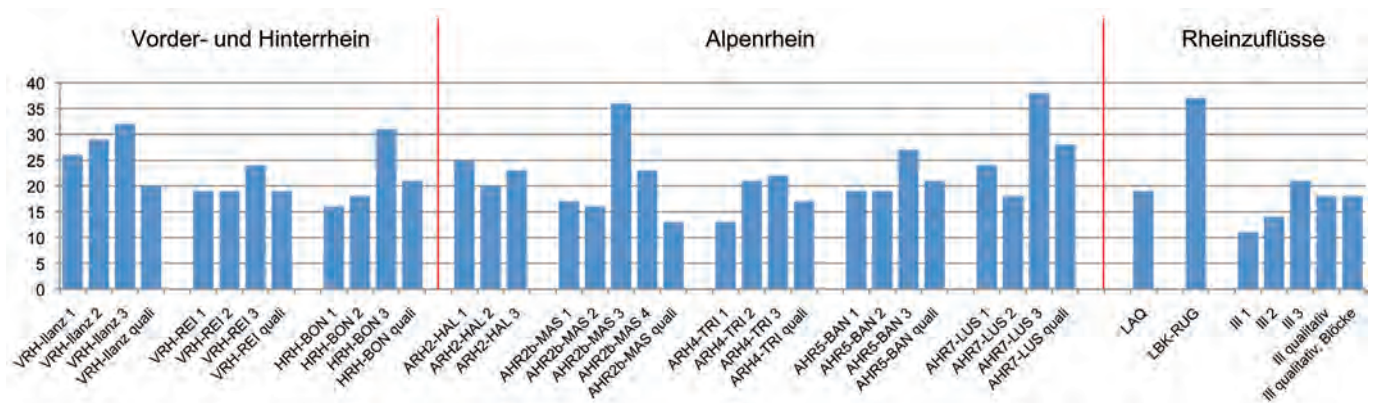


Abb. 51: Taxazahlen der wichtigsten Einzelproben im Rahmen des Basismonitorings (ohne qualitative Proben der Nachuntersuchung).

## Besiedlungsdichten

Ein Vergleich der maximalen Besiedlungsdichten zeigt erhebliche Unterschiede zwischen den 11 Probestellen. So wurden beispielsweise in einzelnen Alpenrhein-Proben aus der Mastrilser Au 37 mal mehr Benthosorganismen pro Quadratmeter nachgewiesen als auf der Sohle der nur 2 km entfernten Landquart-Stelle. Tendenziell nehmen die maximalen Besiedlungsdichten rheinabwärts ab (Abb. 52).

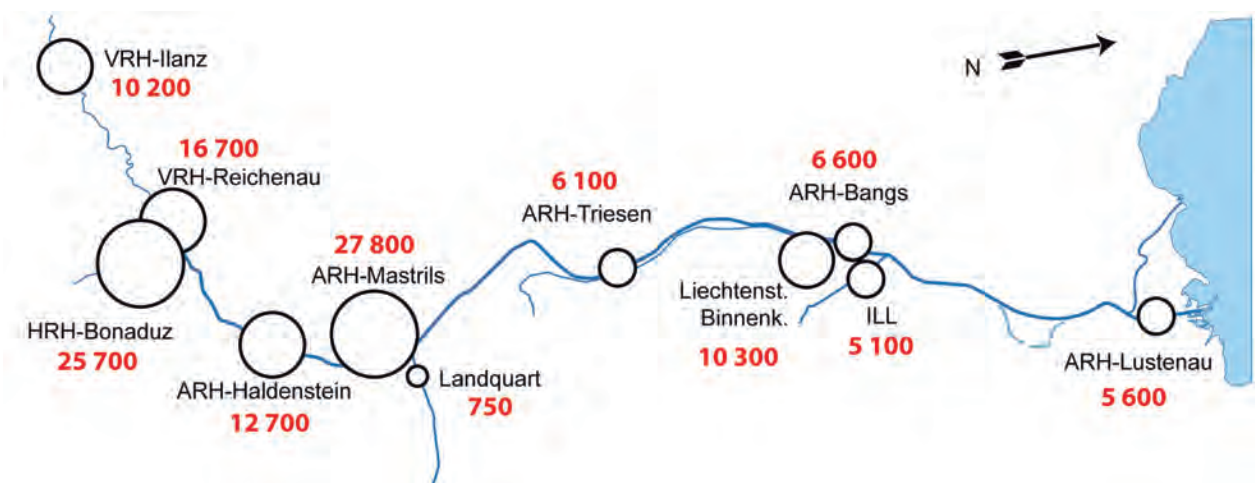


Abb. 52: Maximale Besiedlungszahlen pro Quadratmeter an den Probestellen des Basismonitorings

Wie bei den Taxazahlen, so zeigen sich auch bei den Individuendichten umso deutlichere Unterschiede zwischen den Einzelproben, je mehr unterschiedliche Choriotope beprobt werden konnten (ohne Abbildung).

Zu den häufigsten Organismen im Alpenrhein sowie im Vorder- und Hinterrhein zählen die Orthoclaadiinae (Unterfamilie der Zuckmücken), die Limnephilidae (Köcherfliegen) mit der Gattung *Allogamus*, die Plecopteren mit der Gattung *Leuctra* und die Naididae (Familie der Wenigborster-Würmer). Diese relativen Dominanzen zeigen sich auch bei der detaillierten Betrachtung der maximalen Besiedlungsdichten in Abb. 53, bei der die Grossgruppen getrennt voneinander aufgetragen sind.

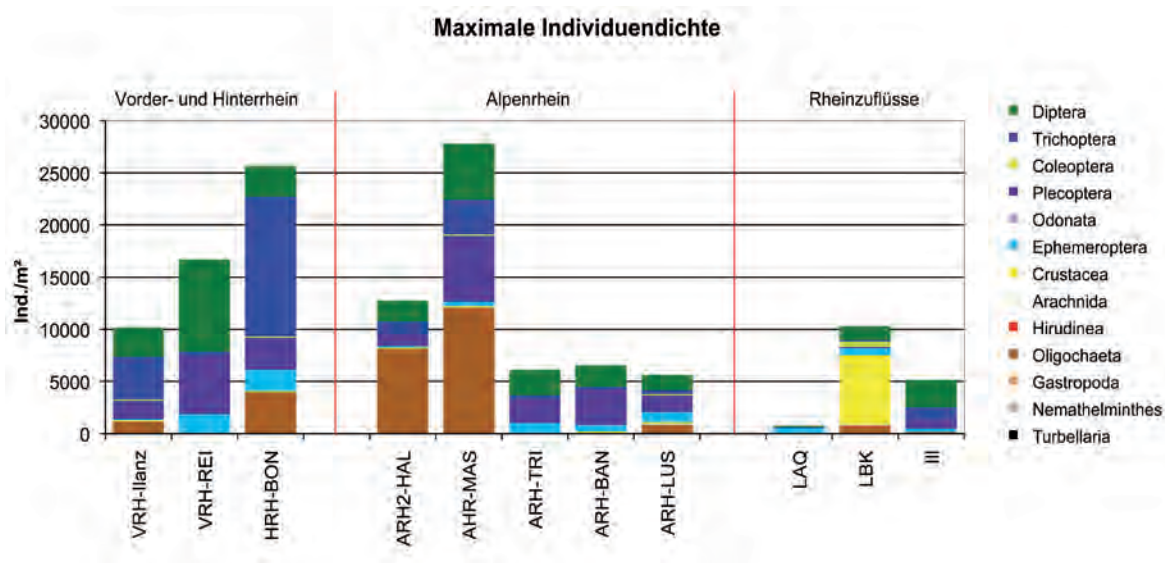


Abb. 53: Maximale Besiedlungszahlen an den Probestellen des Basismonitorings, betrachtet nach Grossgruppen

Dass es sich bei dieser Dominanzverteilung um ein generelles Charakteristikum im Rhein und seinen Ursprungsflüssen handelt, zeigt die vergleichende Betrachtung der Einzelproben in Abb. 54, aber auch die charakteristischen Besiedlungsmuster, die im Rahmen der Probestellenbeschreibung (Kap. 2) aufgeführt sind.

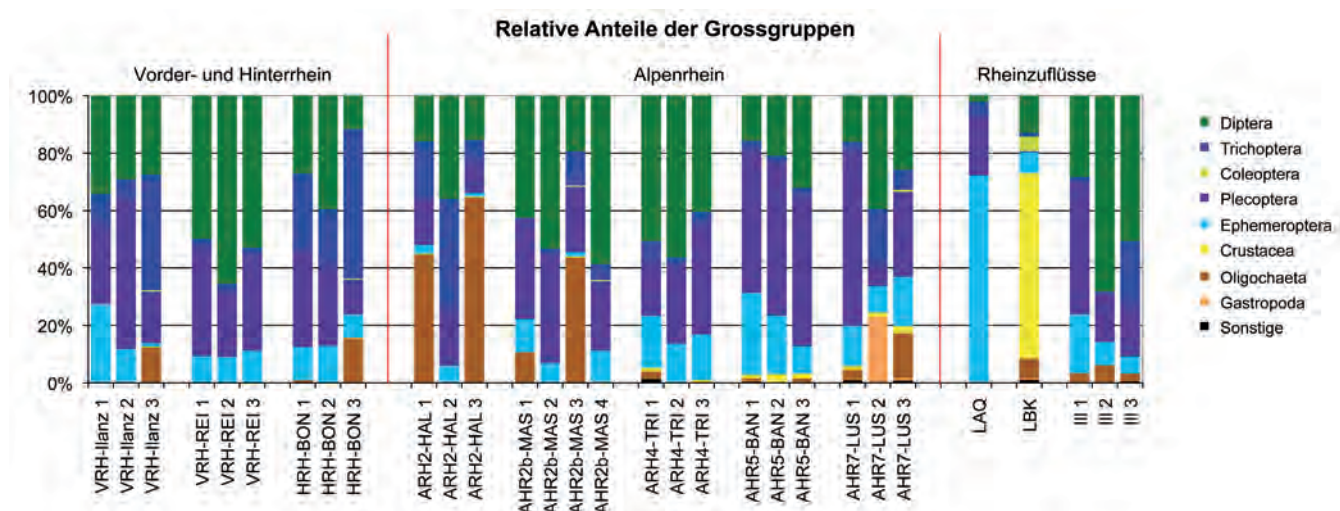


Abb. 54: Vergleichende (prozentuale) Betrachtung der Individuendichten von Grossgruppen in den Teilproben des Basismonitorings.

Aus dieser relativen Betrachtung lässt sich auch die Zunahme des Bachflohkrebses *Gammarus fossarum* (Crustacea) rheinabwärts ablesen. An den Probestellen HRH Bonaduz, ARH Haldenstein, ARH Mastrils und ARH Lustenau fällt ausserdem der hohe Anteil an Oligochaeten (Wenigborster-Würmer) auf, die sich im Wesentlichen aus der Familie der Naididae und der Gattung *Stylogdrilus* rekrutieren.

Die Zusammensetzung der Benthosfauna in Landquart und Lichtensteiner Binnenkanal unterscheiden sich sowohl untereinander als auch gegenüber dem Rhein stark. So dominieren in der individuenarmen Landquart strömungstolerante Eintagsfliegenlarven, im gut besiedelten Binnenkanal die Bachflohkrebse. Allein die Ill zeigt wieder ähnliche Besiedlungsdichten und Dominanzen wie der Alpenrhein, der Vorder- und der Hinterrhein.



## Ränge und Besiedlungsähnlichkeiten

Bereits aus der Abbildung 54 sind also deutliche Ähnlichkeiten in der Besiedlung des Alpenrheins und seiner beiden Quellflüsse bezüglich der Anteile von Grossgruppen erkennbar. Diese Ähnlichkeiten setzen sich bei einer detaillierteren taxonomischen Betrachtung fort. Hierfür wurden die Rangfolgen der Häufigkeiten einzelner Taxa in den Alpenrhein-Proben verrechnet und mit denen der unteren Probestellen in Vorder- und Hinterrhein verglichen. Die häufigsten 13 Taxa des Alpenrheins fanden sich in den ersten 14 Taxa des Vorderrheins und den ersten 18 Taxa des Hinterrheins wieder (Abb. 55). Die anderen Rheinzuflüsse zeigen dagegen ein davon deutlich abweichendes Bild (vgl. Tab. A1 im Anhang).

Dominierende Organismengruppen im Alpenrhein und den Unterläufen von Vorder- und Hinterrhein sind: die Limnephilidae (Köcherfliegen), vor allem vertreten durch die Gattung *Allogamus*, die Steinfliegengattung *Leuctra*, sowie Kriebelmücken (Simuliidae) und Zuckmückenlarven (Chironomidae). Als einzige hololimnische Organismengruppe unter den ersten 10 Rängen sind die Naididae (Wenigborster-Würmer) ebenfalls überraschend stark vertreten.

Ränge Alpenrhein	Ränge Vorderrhein	Ränge Hinterrhein
Limnephilidae	Leuctra spp.	Leuctra spp.
Naididae	Simuliidae	Orthoclaadiinae
Leuctra spp.	Orthoclaadiinae	Simuliidae
Orthoclaadiinae	Limnephilidae	Rhithrogena spp.
<i>Baetis rhodani</i>	Rhyacophila spp.	<i>Baetis rhodani</i>
Diamesinae	Rhithrogena spp.	Diamesinae
Simuliidae	<i>Baetis alpinus</i>	Limnephilidae
Rhyacophila spp.	Tanytarsini	Rhyacophila spp.
Limoniidae	<i>Baetis rhodani</i>	<i>Baetis alpinus</i>
Capnia spp.	Diamesinae	Brachyptera sp.
Rhithrogena spp.	Capnia spp.	Limoniidae
Brachyptera sp.	Naididae	Rhabdiopteryx sp.
<i>Baetis alpinus</i>	Limoniidae	Naididae
Tanytarsini	Brachyptera sp.	Empididae
<i>Gammarus fossarum</i>	Rhabdiopteryx sp.	Ecdyonurus spp.
Ecdyonurus spp.	Prodiamesa olivacea	<i>Stylodrilus heringianus</i>
Nemouridae	Ecdyonurus spp.	Perlodidae
Rhabdiopteryx sp.	Empididae	Capnia spp.
Empididae	Perlodidae	Tanytarsini
<i>Stylodrilus heringianus</i>	Nemouridae	<i>Gammarus fossarum</i>
Perlodidae	<i>Stylodrilus heringianus</i>	Nemouridae
Elmis sp.	<i>Gammarus fossarum</i>	Elmis sp.
<i>Eiseniella tetraedra</i>	Limnius sp.	Prodiamesa olivacea
Limnius sp.	Elmis sp. [maugetii]	Limnius sp.
<i>Psychomyia pusilla</i>	<i>Eiseniella tetraedra</i>	<i>Eiseniella tetraedra</i>
Prodiamesa olivacea	<i>Psychomyia pusilla</i>	<i>Psychomyia pusilla</i>

Abb. 55: Rangfolgen in den Häufigkeiten dominierender Taxa im Alpenrhein, sowie in den Unterläufen von Vorder- und Hinterrhein.

### 3.2 Verteilung charakteristischer Zoobenthos-Taxa

Veränderungen in der Besiedlung, wie das Verschwinden angestammter und das Auftauchen neuer Arten, aber auch veränderte Häufigkeiten von Taxa lassen sich durch die Beprobung derselben Transsekte im Abstand mehrerer Jahre gut dokumentieren. Da alle Daten archiviert werden, kann die Auswahl der Taxa bzw. Arten, die solche Veränderungen anzeigen, auch später noch variieren. Dasselbe gilt für die Wahl der betrachteten taxonomischen Ebene, je nachdem, ob sich die Unterschiede erst auf Artniveau oder schon auf übergeordneter Ebene zeigen. Da im Alpenrhein und seinen Zuflüssen erstmals eine Kampagne eines Langzeitmonitorings durchgeführt wurde, kann ein zeitlicher Vergleich natürlich noch nicht gezogen werden. Hier bietet es sich aber bereits an, einen räumlichen Vergleich in der Verbreitung und der Häufigkeit ausgewählter Taxa zu ziehen.

Erfahrungen aus dem Hochrhein, an dem das Langzeitmonitoring seit 1990 bereits viermal durchgeführt wurde, haben gezeigt, dass sich mithilfe eines solchen Vergleichs einerseits natürliche Fluktuationen der Zoobenthos-Populationen (individuenreiche/individuenarme Jahre, Verschiebung zoogeografischer Grenzen), auf der anderen Seite aber auch direkt oder indirekt vom Menschen verursachte Veränderungen (Verbauungen, Revitalisierungen, Einschleppung und Ausbreitung von Neozoen, permanente Verschmutzungsquellen) aufzeigen lassen [56].

Die auf den folgenden Seiten vorgestellten Verbreitungsmuster werden durch die Informationen der Tabelle A1 im Anhang ergänzt. In einigen der vorgestellten Beispiele spiegeln sich die charakteristischen Unterschiede der repräsentativen Probestellen, wie sie in Kapitel 2 herausgearbeitet wurden, in der Verbreitung der betrachteten Taxa (z.B. bei *Gammarus fossarum* und den Perlodidae) wider. Andere Taxa, wie die Leuctridae und *Rhithrogena gratianopolitana*, belegen erneut, dass Vorder- und Hinterrhein dem Alpenrhein ähnlicher sind als seine anderen Zuflüsse. Ein deutlicher Übergang vom Rhithral ins Hyporhithral zeigt sich in der Benthosbesiedlung entlang des Rheins nur sehr subtil. So deutet die tendenzielle Zunahme von Taxa wie *Isoperla* (Perlodidae), *Gammarus fossarum*, *Psychomyia pusilla*, Hydropsychidae und *Ancylus fluviatilis* auf ein rheinabwärts ansteigendes hyporhithrales/potamales Potential und möglicherweise einen leichten Anstieg des verfügbaren partikulären organischen Materials (POM).

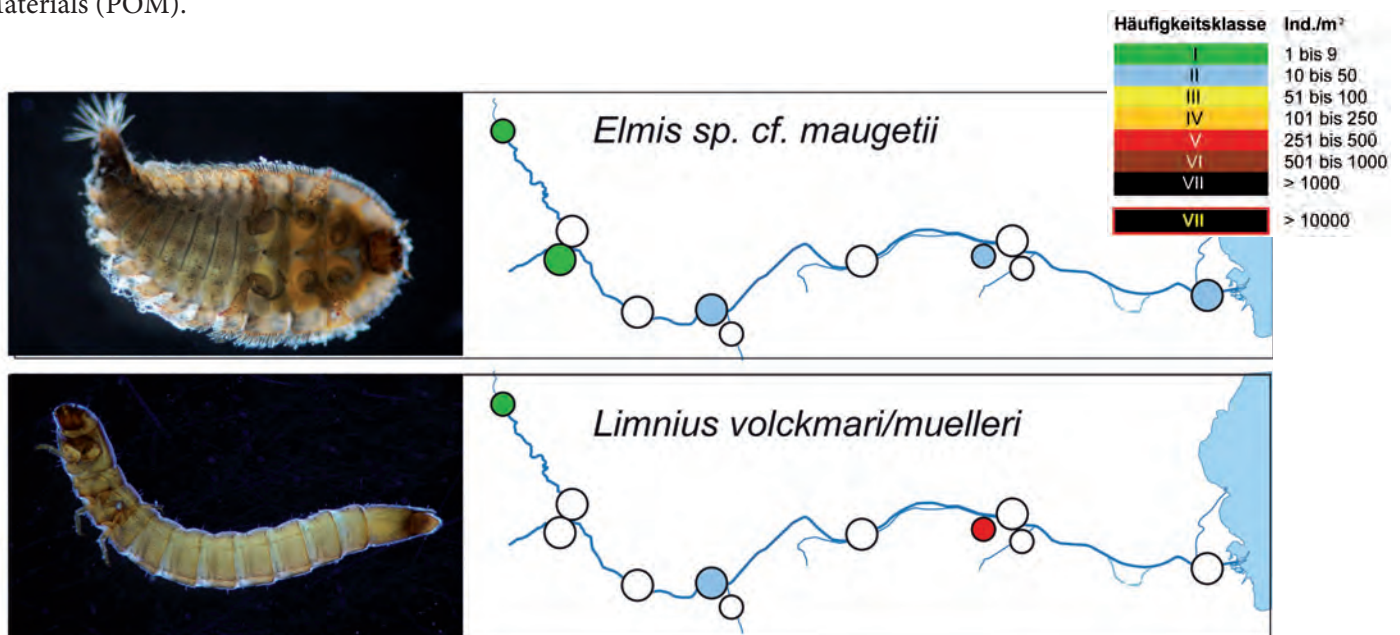


Abb. 56: Verbreitung und Häufigkeiten (ausgehend von der maximalen Individuendichte innerhalb eines Transekts) charakteristischer Taxa an den Untersuchungsstellen im Alpenrhein und den Unterläufen ausgewählter Zuflüsse; Teil 1: Coleoptera (Käfer). Fotos: HYDRA ©.



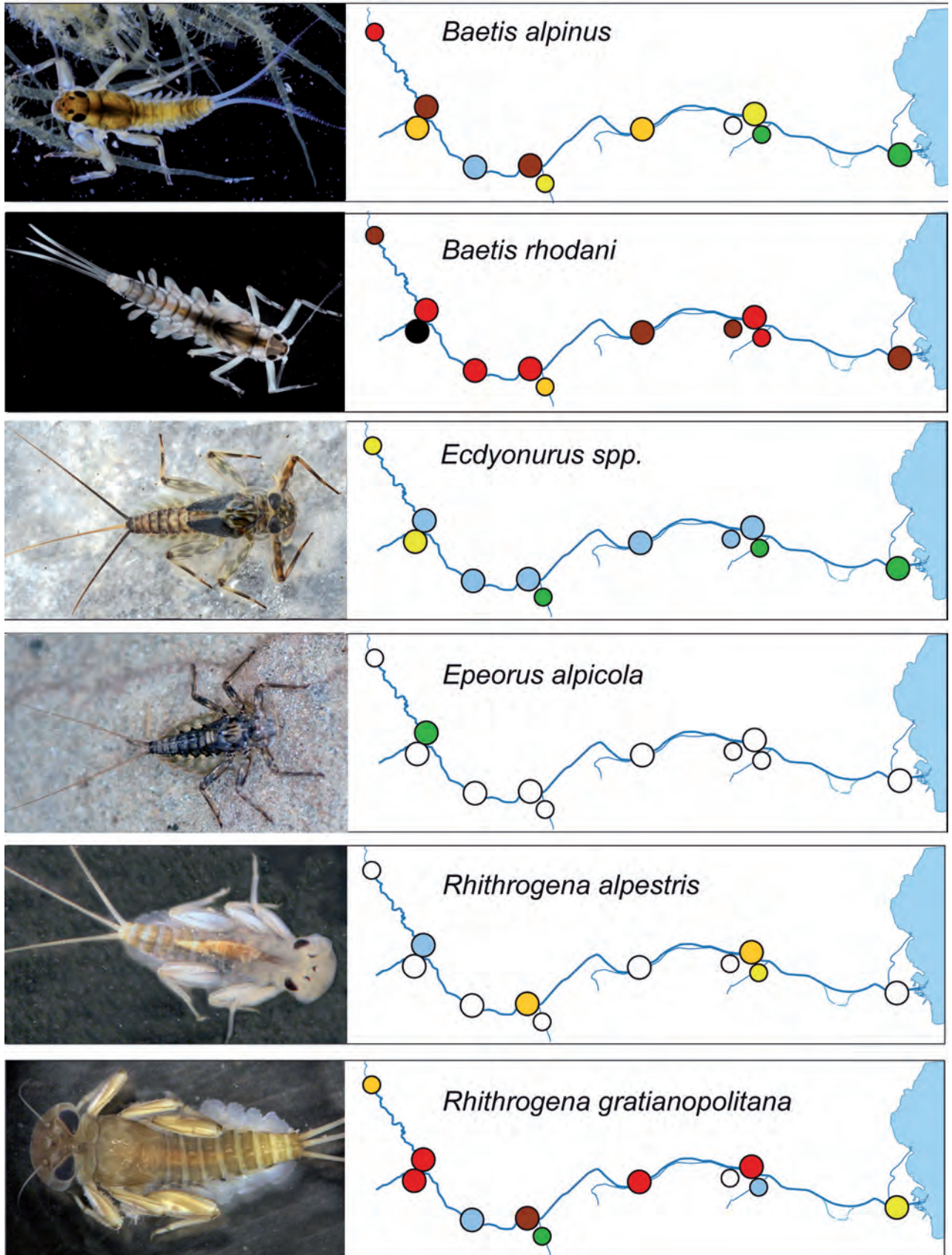


Abb. 57: Verbreitung und Häufigkeiten charakteristischer Taxa an den Untersuchungsstellen im Alpenrhein und den Unterläufen ausgewählter Zuflüsse; Teil 2: Ephemeroptera ( Eintagsfliegen). Fotos: HYDRA ©.

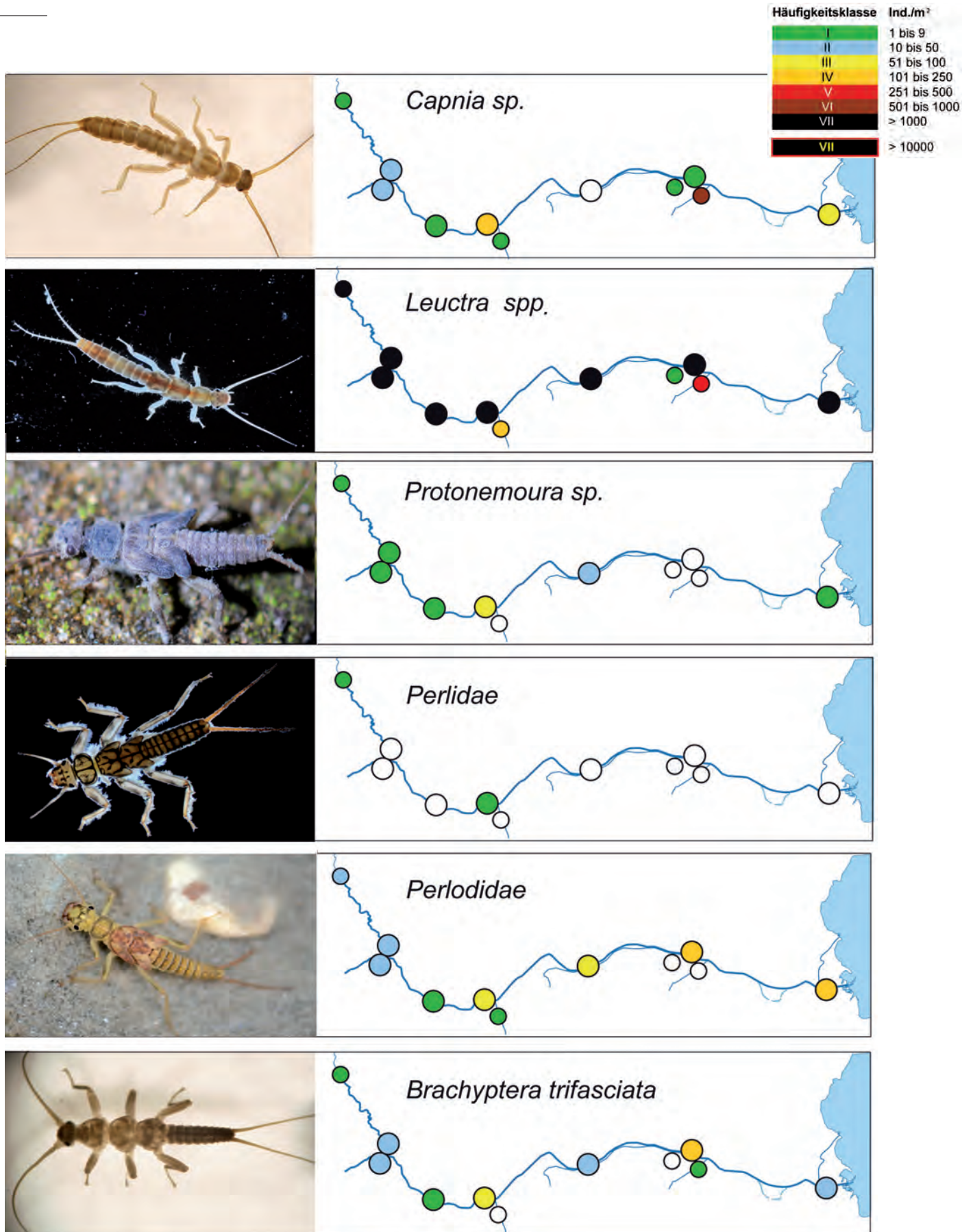


Abb. 58: Verbreitung und Häufigkeiten charakteristischer Taxa an den Untersuchungsstellen im Alpenrhein und den Unterläufen ausgewählter Zuflüsse; Teil 3: Plecoptera (Steinfliegen). Fotos: HYDRA ©.



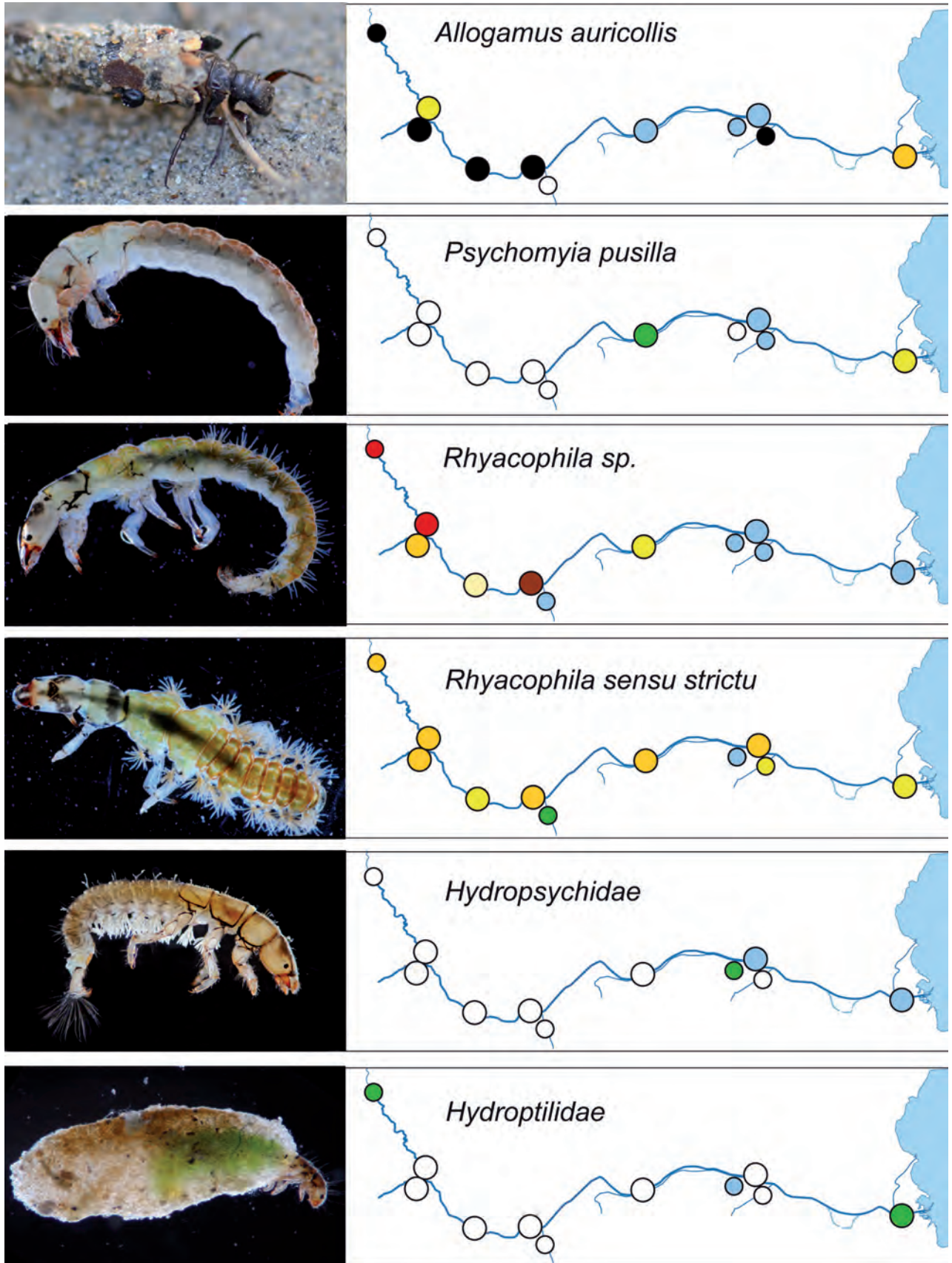


Abb. 59: Verbreitung und Häufigkeiten charakteristischer Taxa an den Untersuchungsstellen im Alpenrhein und den Unterläufen ausgewählter Zuflüsse; Teil 4: Trichoptera (Köcherfliegen). Fotos: HYDRA ©.

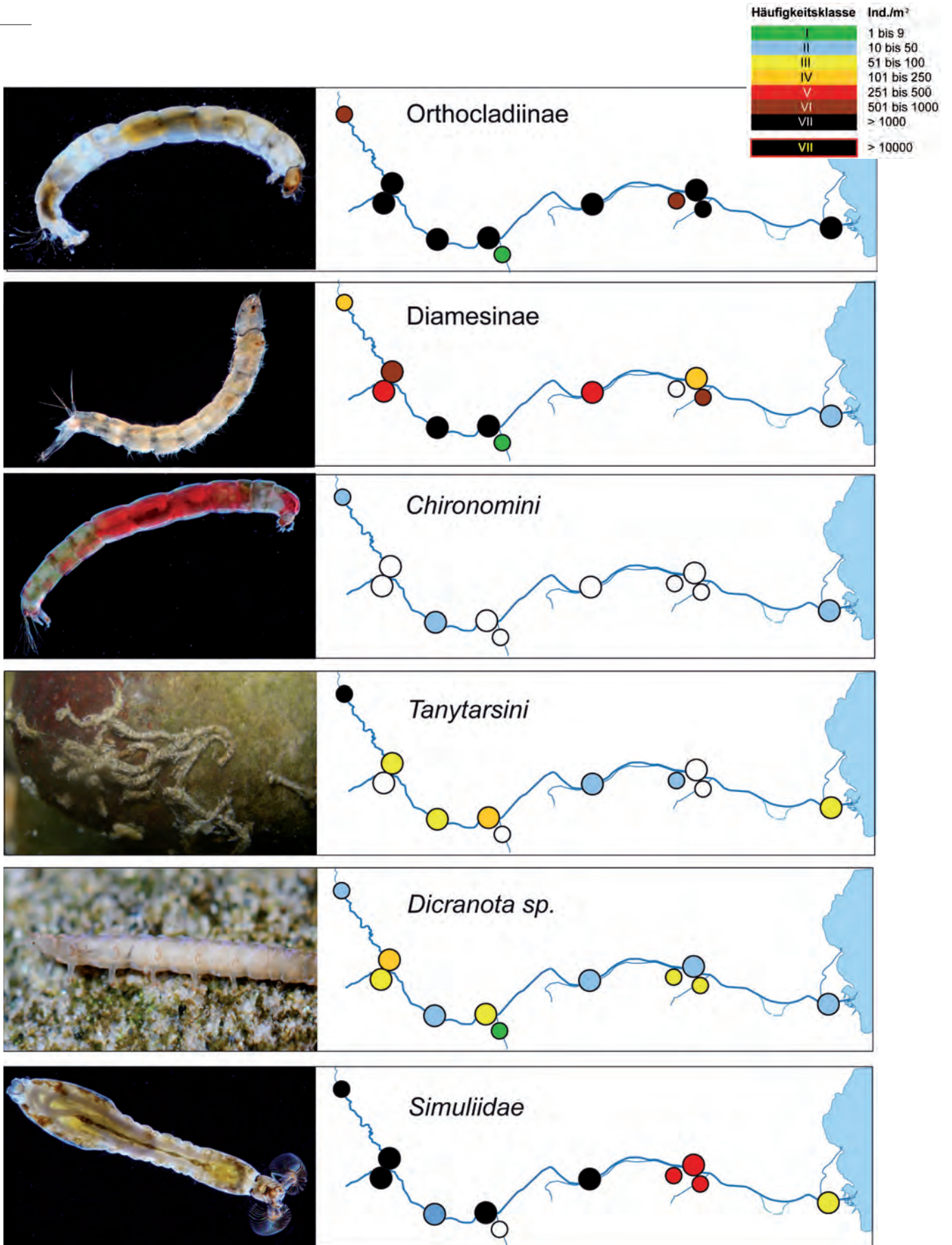


Abb. 60: Verbreitung und Häufigkeiten charakteristischer Taxa an den Untersuchungsstellen im Alpenrhein und den Unterläufen ausgewählter Zuflüsse; Teil 5: Diptera (Zweiflügler). Fotos: HYDRA ©.



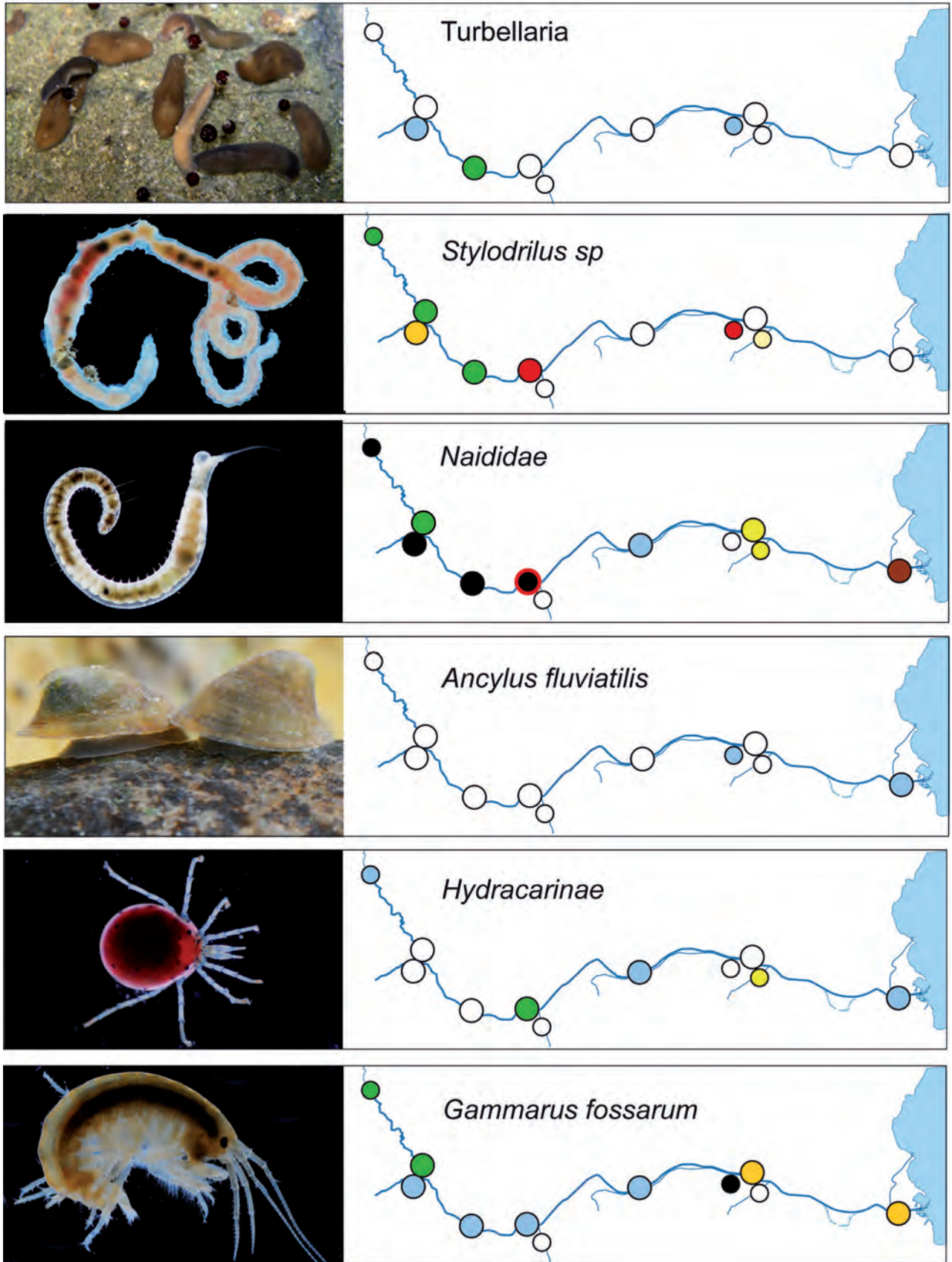


Abb. 61: Verbreitung und Häufigkeiten charakteristischer Taxa an den Untersuchungsstellen im Alpenrhein und den Unterläufen ausgewählter Zuflüsse; Teil 6: hololimnische (ständig im Wasser lebende) Arten. Fotos: HYDRA ©.

### 3.3 Funktionelle Gruppen

Durch die Zuordnung der Taxa zu verschiedenen funktionellen Gruppen kann die Indikatorfunktion des Zoonbenthos noch weiter spezifiziert werden. Unterschiede in den relativen Anteilen der funktionellen Gruppen weisen auf Unterschiede im Lebensraumangebot hin, Ähnlichkeiten auf entsprechende Gemeinsamkeiten. Da Indikator taxa auf der anderen Seite auch gewisse Flexibilitäten im Vorkommen, in der Toleranz gegenüber Umgebungsfaktoren und in der Ernährungsweise zeigen, ist niemals eine eindeutige Zuordnung zu einer funktionellen Gruppe möglich. Einzelne Taxa lassen sich deshalb in der Regel nur anteilig bestimmten funktionellen Gruppen zuordnen. Für die vergleichende Betrachtung der Proben aus der vorliegenden Untersuchung wurden deshalb nur Aspekte ausgewählt, für die bei den meisten Taxa auch entsprechende anteilige Zuordnungen zu funktionellen Gruppen vorlagen [40, 56, 57]. Hierzu zählen die Aspekte „Biozönotische Region“, „Rheotypen“ und „Ernährungstypen“.

#### Biozönotische Regionen

Beleg für die Zeigerfunktion von Organismen gegenüber unterschiedlichen Lebensraumtypen ist die Betrachtung nach biozönotischen Regionen. Obwohl sich alle Probestellen entweder den Lebensräumen des Rhithrals, des Metharhithrals oder des Hyporhithrals zuordnen lassen, zeigt die Summe der Indikatorarten einzelner Stellen auch deutliche Aspekte jeweils anderer Lebensräume. Ein Alpenrhein von natürlicher Ausprägung würde eine deutliche Zunahme des Hyporhithrals (hellblaue Balkenanteile) und eine leichte „Potamalisierung“ (grüne Balkenanteile) zeigen. Der ursprüngliche Charakter des Alpenrheins (vgl. historische Referenz in Abb. 1) würde im Flussverlauf auch zunehmend auenartige Teillebensräume aufweisen. Die in Abb. 62 dokumentierte Zuordnung zeigt dagegen so gut wie keine Unterschiede an den verschiedenen Probestellen. Der heutige Alpenrhein beherbergt bis zu seiner Mündung Indikatoren mit überwiegend epi- und metarhithralem Lebensraumschwerpunkt. Dabei sind auch keine Unterschiede zu den Rheinzufüssen erkennbar, was stark auf das Fehlen von Vernetzungen mit auenartigen Lebensraumkompartimenten wie tiefen, ruhig fließenden Strombereichen, Begleitgewässern und Giessen hindeutet.

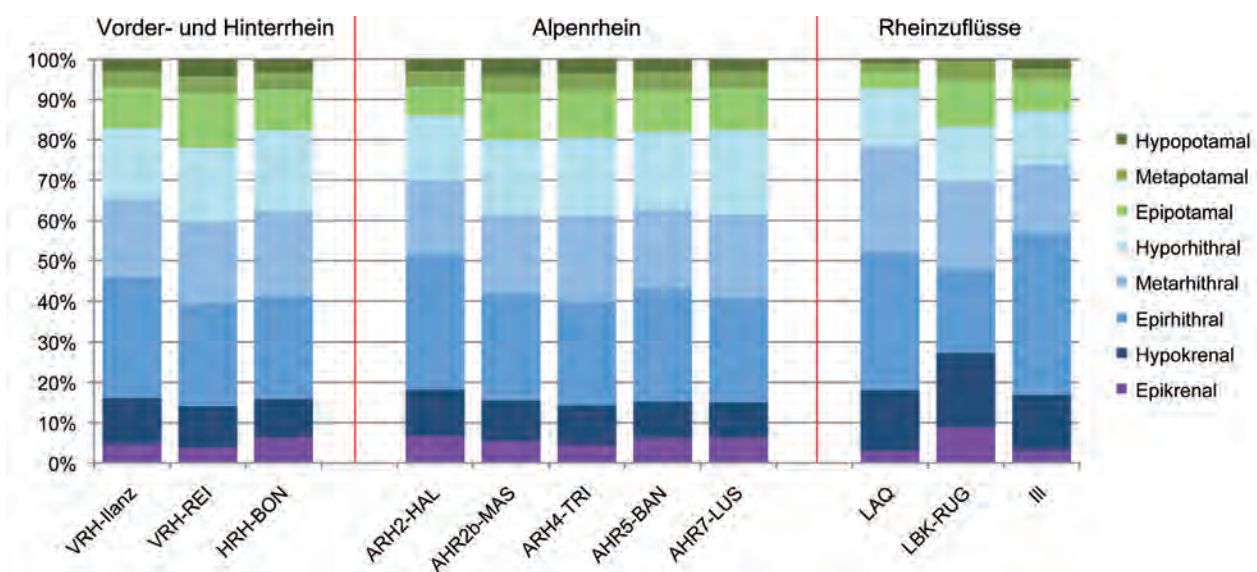


Abb. 62: Betrachtung der Untersuchungsergebnisse nach funktionellen Gruppen. Aspekt der biozönotischen Region.



## Rheo-Index und Strömungspräferenzen

Der Rheo-Index und der Aspekt der Strömungspräferenzen sollen anzeigen, ob eine Probestelle von strömungstoleranten/strömungsliebenden Arten dominiert wird oder eher solchen, die Stillwasserbereiche als Habitat bevorzugen. Der Rheo-Index verdeutlicht numerisch (Abb. 63), was im Aspekt Strömungspräferenzen anteilig aufgetragen ist. Da sich jedoch ein nicht unerheblicher Teil der gefundenen Taxa keinen eindeutigen Präferenzen zuordnen lässt, bleibt die Aussagekraft des Aspekts lückig (Abb. 64). Als Bestätigung der Analysen der biozönotischen Regionen zeigt sich immerhin der Rheo-Index sehr homogen über alle Probestellen hinweg (Abb. 63). Nur an zwei Probestellen liegen die Werte der bis 1,00 reichende Skala unter 0,8, beides Stellen mit einem hohen Anteil an Naididen, also im Sediment lebenden Würmern. Die Betrachtung aller oberflächlich lebenden Wirbellosen in den Proben zeigen dagegen, dass die Benthosfauna fast ausschliesslich durch rheophile oder zumindest strömungstolerante Arten dominiert wird. Auch hier ist rheinabwärts keine Tendenz zu strömungssensibleren oder lenitischen Elementen (Stillwasserarten) und damit zu Einflüssen aus Auenbereichen oder dem Bodensee zu erkennen.

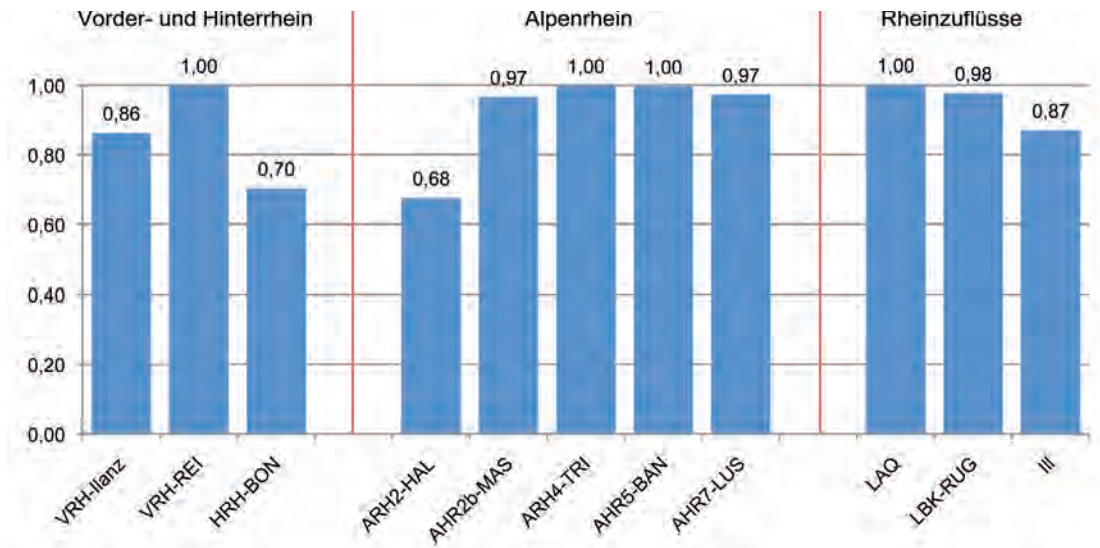


Abb. 63: Betrachtung der Untersuchungsergebnisse nach funktionellen Gruppen. Rheo-Index nach BANNING (1990, 1998).

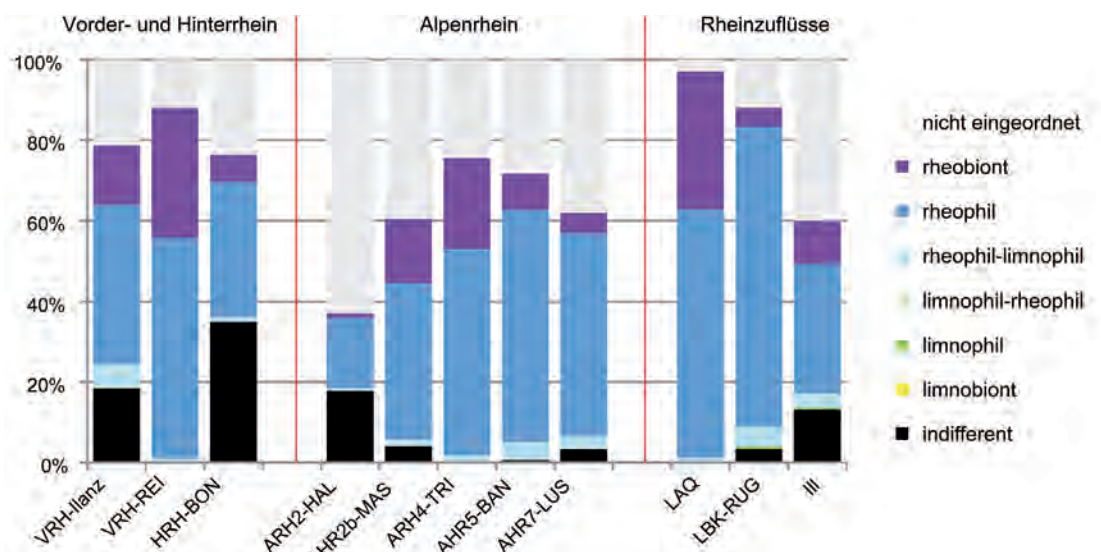


Abb. 64: Betrachtung der funktionellen Gruppen. Strömungspräferenzen.

## Ernährungstypen

Die Betrachtung der Organismenzusammensetzung nach Ernährungstypen gibt Hinweise

- über die Verschiedenheit und Art von Mesohabitaten, die für die Ernährung der Benthosorganismen von Bedeutung sind;
- damit indirekt über die Verhältnisse von Sediment-, Detritus- und Aufwuchsanteilen der besiedelbaren Substrate;
- damit auch indirekt über die dominierenden Substratkategorien.

Auch hierbei ist wieder anzumerken, dass einzelne Arten/Taxa nur in Ausnahmefällen einem einzigen Ernährungstyp zugeordnet werden können. Dabei handelt es sich z.B. um sessile Filtrierer oder ausnahmslos räuberisch lebende Arten.

Auch bei der Betrachtung der Ernährungstypen zeigten sich keine deutlichen Unterschiede zwischen den verschiedenen Stellen im Rhein und seinen Zuflüssen (Abb. 64). Für die Stelle VRH bei Ilanz ist dieses Verteilungsmuster als typisch anzusehen, bei allen darunter liegenden Stellen im Rhein wäre im natürlichen Gewässerzustand eine höhere Vielfalt der Ernährungstypen und grössere Unterschiede zwischen den Stellen zu erwarten gewesen. Auffällig ist an allen Probestellen im Rhein der relativ hohe Anteil der Sparte Sedimentfresser. Dies lässt sich auf den hohen Anteil an sandigem Material zurückführen, den man auf der gesamten Sohle auch unter einer Deckschicht von unkolmatiertem Substrat findet. Unterschiede im Anteil der Filtrierer lassen sich dagegen eher auf das Vorkommen unterschiedlich umlagerungsstabiler Substrate zurückführen; filtrierende Benthosorganismen sind meist sessil oder halbsessil und deshalb auf stabilen Untergrund angewiesen. Die vorliegende Monotonie im Muster der Ernährungstypenverteilung deutet auch hier wieder auf eine „Rhithralisierung“ des Alpenrheins hin, ohne dass grössere Zuflüsse oder der Bodensee diesen Charakter beeinflussen könnten. Allein die Probestelle im Liechtensteiner Binnenkanal mit ihrer andersartigen Benthos-Zusammensetzung (vgl. Abb. 54) weist einen deutlich höheren Anteil an Zerkleinerern und Holzfressern auf - zurückzuführen auf das grosse Angebot an Pflanzenmaterial und die daraus resultierende hohe Dichte an Flohkrebsen.

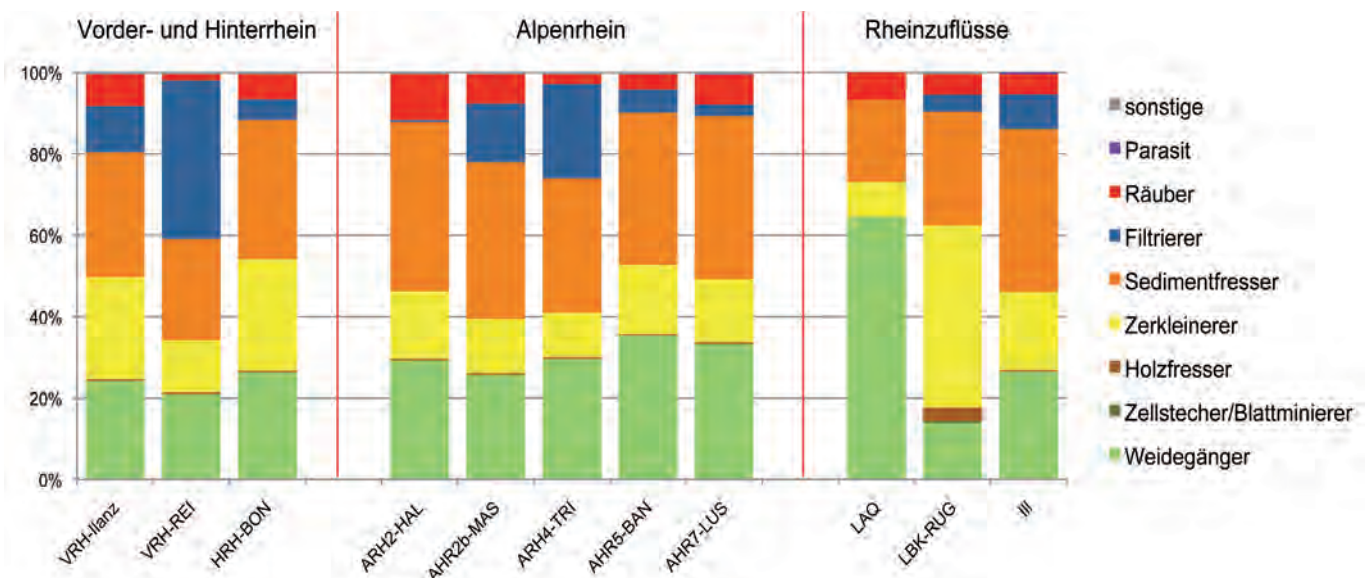


Abb. 65: Betrachtung der Untersuchungsergebnisse nach funktionellen Gruppen. Aspekt der Ernährungstypen.



### 3.4 Beurteilung der Ergebnisse

Im Rahmen einer vorgängigen Kampagne zur Festlegung repräsentativer Probestellen wurden im Sommer 2008 bereits qualitative Benthosproben gesammelt, die - ergänzend zu den vorhandenen aber meist schon veralteten Literaturdaten - einen ersten Einblick in das Arteninventar und die zu erwartenden Besiedlungsdichten an wirbellosen Kleinlebewesen erlaubte.

Aufgrund der besonderen Abflussverhältnisse des Alpenrheins und den Vorgaben des Auftrags konnte die Hauptuntersuchung des Basismonitorings nur im Spätherbst 2009 durchgeführt werden, zu einer Zeit, in der die neue Generation vieler Insektenlarven noch so klein war, dass eine Bestimmung auf Artniveau nicht möglich war. Daher wurde das beauftragte Institut von der Arbeitsgruppe Gewässer- und Fischökologie der IRKA gebeten, durch eine ergänzende Probenahme im Frühjahr 2011 die faunistischen Erkenntnisse zu vertiefen, wodurch rückwirkend eine genauere Zuordnung der noch nicht bestimmbar Kleinstlarven zu Arten oder Artengruppen möglich war.

#### Repräsentativität der Ergebnisse

Die Ergebnisse des Basismonitorings sind bezüglich der ermittelten Besiedlungsdichten statistisch nicht abgesichert. Auf genauere Angaben zur Produktivität im Benthos, z.B. in Form von Zahlen zur durchschnittlichen Biomasse/m<sup>2</sup>, wurde deshalb verzichtet. Bezüglich der Taxazahlen und relativen Besiedlungsdichten kann man dagegen von repräsentativen und in späteren Untersuchungen reproduzierbaren Ergebnissen ausgehen. Die Probenahme erfolgte in Form eines modifizierten Multihabitat-Samplings, wodurch das charakteristische Spektrum besiedelbarer Substrate ausreichend und anteilig beschrieben werden konnte. Diese Methode wurde unter anderem im Rahmen langjähriger Monitoringprogramme am Hochrhein [56] und Oberrhein, aber auch an der Aare [56], der Reuss und der Limmat [in Bearbeitung] erfolgreich praktiziert.

Da aus vorangegangenen Untersuchungsprogrammen [7, 16, 44] bekannt war, dass die durch den Schwall regelmässig umgelagerte oder „sandgestrahlte“ Haupt-Strömungsrinne nahezu unbesiedelt ist, wurden Teilproben nur aus Bereichen genommen, die über längere Zeit umlagerungsstabil und dennoch permanent benetzt waren. Man erkannte diese Bereiche am dichten Algenaufwuchs (Kiesel- und Schlauchalgen, vgl. Abb. 49). Die Ergebnisse charakterisieren somit ausschliesslich diejenigen Bereiche der Rheinsohle, die potentiellen Siedlungsraum anbieten. Die Vergleiche erfolgen somit auf Basis einer Beurteilung der optimal besiedelten Mesohabitate jeder Probestelle.

Zusammenfassend sind die Ergebnisse des Basismonitorings geeignet, repräsentative Vergleiche durchzuführen und damit künftig Erkenntnisse über langfristige Veränderungen der Wirbellosenbesiedlung des Alpenrheins und seiner wichtigsten Zuflüsse zu gewinnen. Zugleich konnten die diesbezüglichen Kenntnisse über die Fauna des Rheins durch die Untersuchung seines obersten Abschnittes, des Alpenrheins, vervollständigt werden. Die erfassten Daten werden daher auch der Internationalen Rheinschutzkommission (IKSR) zugänglich gemacht.

Die Ergebnisse über die Benthosbesiedlung des Alpenrheins können nicht zuletzt auch als grundlegende ökologische und zoogeografische Kenntnisse für Massnahmen am Rhein und seinen Zuflüssen herangezogen werden. Unter anderem können sie als Informationsbasis für die Massnahmenplanung des EK Alpenrhein und des IRR-Ausbauprojekts Alpenrhein („Generelles Projekt“) herangezogen werden. Zur Erfolgskontrolle bei konkreten Massnahmen kann allerdings auf ein ergänzendes Umsetzungsmonitoring für die spätere Erfolgskontrolle nicht verzichtet werden.

Vorbehaltlich solcher ergänzenden Untersuchungen lassen sich die bisherigen Ergebnisse wie folgt beurteilen:

## Alpenrhein mit Vorder- und Hinterrhein

Die ausgewählten Probestellen können als repräsentativ für die - gemäss Konzept - zu unterscheidenden Abschnitte des Alpenrheins angesehen werden. Allein der Abschnitt zwischen dem Zusammenfluss von Vorder- und Hinterrhein und dem KW Reichenau ist bei der Untersuchung nicht vertreten, obwohl er sich charakterlich deutlich von den anderen Strecken unterscheidet. Damit fehlt dem Programm ein Bereich, an dem sich die Auswirkungen eines Rückstaus im Alpenrhein untersuchen lassen.

Der Alpenrhein und die mündungsnahen Abschnitte von Vorder- und Hinterrhein können benthosökologisch als zusammenhängender Lebensraum von sehr ähnlichem Charakter eingestuft werden. Die unterschiedlichen Wasserführungen fallen dabei kaum ins Gewicht. Die Benthosfauna des Alpenrheins unterscheidet sich darüber hinaus überraschend wenig von derjenigen des Vorderrheins bei Ilanz. Dies zeigt u.a., dass der heutige Alpenrhein in seinem gesamten Lauf bis zum Bodensee von alpinen und subalpinen Faunenelementen geprägt ist. Ausgehend von seiner Höhenlage und seinem historischen Flusscharakter müssen ursprünglich vor allem hyporhithrale Elemente und Auenarten die Benthosfauna der unteren Rheinabschnitte bestimmt haben.

Im Charakter der Benthosfauna des Alpenrheins manifestieren sich schwerpunktmässig drei anthropogene Defizite gegenüber dem potentiellen Zustand:

- die strukturellen Defizite, die rheinabwärts tendenziell zunehmen (Monotonie, fehlende Gerinnebreite, fehlende Gerinne-Ufer-Verzahnung);
- das Fehlen ursprünglich vorhandener Begleitgewässer und Auen und deren Vernetzung mit dem Hauptgerinne;
- alle Belastungen, die mit dem Betrieb von Wasserkraftwerken zusammenhängen (plötzlicher Energieeintrag (Schwall), trockenfallen von Flächen (Sunk), periodische Remobilisierung von Feinmaterial und Trübung (Schwall), Eintrag von Feinmaterial ins Substrat, Kolmationen);
- der relative Geschiebemangel, der sich zum Einen vom Kraftwerkbetrieb und den dadurch bedingten Erosionen und Kolmationen sowie von den verbleibenden Kiesentnahmen ableitet, andererseits aber auch stark vom strukturellen Zustand bestimmt wird, indem der Fluss kaum mehr mobilisierbare Geschiebelager (Naturufer, lockere Kiesbänke) erreicht.

Die höchsten Schwall-Sunk-Amplituden bei gleichzeitig schnellstem Schwall- und Sunkverlauf waren an der HRH-Probestelle bei Bonaduz zu beobachten. Rheinabwärts nehmen diese Effekte zunächst tendenziell ab, bevor sie sich unterhalb der Ill-Mündung noch einmal verstärken. Den höchsten kontinuierlichen und gepulsten (eigener Schwall) Trübstoffeintrag liefert bekanntermassen [7, 36, 44, 59, 64, 65] die Landquart. Unterhalb der Ill-Mündung zeigt der Alpenrhein eine permanente Trübung.

Inwieweit Abdriftphänomene bei schnellem Schwallanstieg die Besiedlungsdichten im Alpenrhein und seinen Quellflüssen beeinflussen, konnte im Rahmen des Programms nicht abgeschätzt werden. Die Ergebnisse lassen allerdings den Schluss zu, dass die damit einher gehenden Belastungen durch Sanddrift erhebliche Auswirkungen auf die Besiedelbarkeit des Substrats besitzt. Beobachtungen bei Sunk belegen auf der anderen Seite, dass an den naturnahen Stellen HRH-Bonaduz und ARH-Mastrils Wirbellose (v.a. rheophile und vagile Taxa wie einige Eintagsfliegenlarven) bei schnellem Sunkverlauf trocken fallen und verenden. An Stellen mit weniger grossen Anteilen flach benetzter Flächen trat ein vergleichbares Phänomen nicht nachweislich auf.

Je naturnäher der Alpenrheinabschnitt, desto höher sind Taxazahlen und Besiedlungsdichten. Die Beurteilung leiten wir von der Tatsache ab, dass an naturnahen Stellen wie Bonaduz und Mastrils deutlich mehr unterschiedliche Mesohabitate mit unterschiedlicher Artenzahl und Individuendichte vorgefunden wurden als an strukturell



verarmten Strecken. Da der Untersuchungsaufwand jedoch an allen Stellen vergleichbar hoch war, ist bei noch intensiverer Beprobung naturnaher Stellen auch mit einer noch höheren Artenzahl und lokal noch höheren Individuendichte zu rechnen, als dies in dieser Untersuchung belegt werden konnte. Möglicherweise wird diese Annahme von dem parallel zum Monitoring durchgeführten IRKA-Projekt D6 untermauert [46, 47].

Die Besiedlungsdichten der Zoobenthos-Organismen nehmen rheinabwärts ab. Dies lässt sich unter anderem darauf zurückführen,

- dass der Anteil dicht besiedelbarer Flächen mit der abnehmenden relativen Gerinnebreite ebenfalls abnimmt;
- dass etwa ab der Buchser Schwelle der Mittel- und Feinkiesanteil im Stromstrich zunimmt und damit mobilisierbares und nur sehr dünn besiedeltes Substrat einen relativ grösseren Teil der Gerinnefläche einnimmt.

Die Benthosfauna wird von verhältnismässig wenigen Taxa dominiert. Zu den häufigsten zählen Limnephilidae (Köcherfliegen), Leuctridae (Steinfliegen), Orthoclaadiinae (Zuckmücken) und Baetidae (Eintagsfliegen). Überwiegend handelt es sich um strömungstolerante bzw. rheophile (strömungsliebende) Taxa. An stärkste Strömungen angepasste (rheobionte) Taxa sind aber - mit Ausnahme von *Baetis alpinus* - deutlich seltener. Die stets hohe Dichte an Naididen (Wenigborster-Würmer) führen wir auf den hohen Feinsedimentanteil (v.a. Sand) zurück, der an vielen beprobten Stellen im Substrat, also nicht strömungsexponiert, anzutreffen war.

Die im Alpenrhein verbliebene Vielfalt an Taxa, die nur in geringen oder sehr geringen Häufigkeiten auftreten, lässt den Schluss zu, dass ein umfassenderes Artenreservoir erhalten geblieben ist, welches derzeit aufgrund struktureller und funktioneller Defizite nicht ausreichend abgerufen werden kann. Trotz höherer Lebensraumvielfalt scheinen dagegen auch naturnahe Abschnitte wie HRH-Bonaduz und ARH-Mastrils keine funktionsfähigen ökologischen Trittsteine und Verbreitungsreservoirs für das Zoobenthos des restlichen Alpenrheins mehr zu sein. Man kann aber davon ausgehen, dass sich Artendiversität und Produktivität nach Behebung entscheidender Defizite (Schwalldämpfung, strukturelle Aufwertungen zur Schaffung dichter Abfolgen von ökologischen Trittsteinen) und durch Vernetzung mit autotypischen Gewässerlebensräumen sehr schnell verbessern würde.

## Rheinzufüsse

Die Landquart und die Ill zeigen in ihren Unterläufen eine dem Alpenrhein charakterlich sehr ähnliche Besiedlung; der Liechtensteiner Binnenkanal weicht dagegen stark von diesem Muster ab. In seinem Verlauf nimmt er bereits vermehrt Zuflüsse des Talraums auf und mit ihnen faunistische Elemente von Giessen- und Auengewässern. Darin vertreten sind auch Arten, die einen üppigen Pflanzenbewuchs als Lebensraum und Nahrungsgrundlage nutzen. So zeigt der Kanal auf seiner Sohle auch einen fast lückenlosen pflanzlichen Aufwuchs und im Sommerhalbjahr stellenweise ausgeprägte Makrophytenpolster. Im Binnenkanal gelang mit *Potamopyrgus antipodarum* auch der einzige Nachweis eines wirbellosen Neozoons im gesamten Untersuchungsprogramm.

Auf der anderen Seite wird der Liechtensteiner Binnenkanal nur sehr wenig von Kraftwerkbetrieb beeinflusst, Flusslebensräume der Landquart und der Ill sind dagegen in besonderem Masse von ökologischen Defiziten des Wasserkraftbetriebs geprägt. Wenn man zugrunde legt, dass im Rahmen der Untersuchungen die am dichtesten besiedelten Flächen berücksichtigt wurden, dann können die Unterläufe von Landquart und Ill als biologisch stark verarmte Abschnitte eingestuft werden. Wie im Rhein scheint dagegen noch ein biologisches Potential vorhanden zu sein, das sich bei entsprechender Verbesserung des defizitären Zustands abrufen liesse.

Aus diesem Grund können - trotz ihrer bedeutenden Wasserführung - derzeit weder Ill noch Landquart als Quelle für in den Rhein eindriftende Benthosorganismen eine entscheidende Rolle spielen.

## 3.5 Indikator-Funktion und Zielarten

### Indikatoren und Zielarten

Die im Rahmen der Untersuchungen nachgewiesenen Taxa sind geeignete Zeiger (Indikatoren) für den strukturellen und funktionellen Gewässerzustand der untersuchten Abschnitte im Alpenrheins und seinen Zuflüssen. Die Indikation funktioniert gut, wenn man einzelne Taxa und ihre relative Häufigkeiten betrachtet. Weniger deutlich wird der Zusammenhang, wenn man versucht, die biologische Gewässergüte über gängige Indices zu berechnen (Kap. 3.6). Dies hängt unserer Einschätzung nach mit der eingeschränkten Eignung von Güteindices für grosse Fließgewässer zusammen [56].

Eine entscheidende Rolle bei der Bio-Indikation des Gewässerzustands - vor allem in seiner Langzeit-Entwicklung - liefern allerdings die so genannten Zielarten. Diese sind z.T. auch unter den Taxa aufgeführt, die in Kapitel 3.2 als „Charakteristische Benthosarten“ des heutigen Alpenrheins geführt werden, in ihrer Indikator-Funktion mit diesen aber nicht identisch. Unter Zielarten verstehen wir zunächst sehr seltene und deshalb schützenswerte Taxa, deren Vorkommen und Individuendichte in besonderem Masse die positiven Veränderungen des Gewässerzustands anzeigen. Zu den Zielarten im Sinne einer positiven ökologischen Entwicklung im Alpenrhein sollten aber auch Taxa gezählt werden, die zwar keinen Schutzstatus besitzen, aber im betrachteten System derzeit besonders selten sind.

Zielarten für den Alpenrhein und seine Zuflüsse müssen daher einzelne oder mehrere der folgenden Voraussetzungen erfüllen:

- sie gehören der angestammten natürlichen Benthosfauna des Alpenrheins an (obligatorisch);
- sie sind Spezialisten für ein Habitat, das zugleich typisch für den Alpenrhein ist;
- sie müssen die natürlichen Umgebungsbedingungen tolerieren (z.B. Temperaturgang, natürliches Abflussregime)
- sie sind heute in degradierten Abschnitten relativ selten, in naturnahen Abschnitten häufiger;
- es handelt sich um Arten, die im Verlauf ihres Lebenszyklus auf die Qualitäten mehrerer Habitats und/oder auf „Schlüpfstrukturen“ angewiesen sind (Wasserinsekten);
- sie sind jeweils für die historisch unterscheidbaren Rheinabschnitte typisch; sie sind z.B. typische Besiedler hyporhithraler Abschnitte und Flussauen;
- ihr Vorkommen ist stenök, weist also bezüglich ihrer Lebensraumansprüche einen relativ engen Toleranzbereich auf;

Benthosorganismen, die solche Voraussetzungen erfüllen, sind in der folgenden Tabelle 1 aufgeführt.

Tab. 1: Vorläufige Tabelle der Zielarten beim Makrozoobenthos für den Alpenrhein und die Unterläufe von Vorder- und Hinterrhein.

Zielart/Zieltaxon	für Abschnitt	Indikator für / Toleranzen	Status	mögl. Zunahme durch
<b>Hololimnische Taxa</b> (ständig im Wasser lebende Nicht-Insekten)				
<i>Ancylus fluviatilis</i> (Flussnapfschnecke)	RHE 1 bis RHE 7	Strukturvielfalt, Anbindung Nebengewässer des Talgrunds / keine Sanddrift, kein starkes Geschiebe	sehr selten	Vernetzungen, Schwalldämpfung, Auenreaktivierung
<i>Radix sp.</i> (Schlamm-schnecke)	RHE 1 bis RHE 7	Strukturvielfalt, Anbindung an Auengewässer / keine Sanddrift, kein Geschiebe	sehr selten	Vernetzungen, Schwalldämpfung, Auenreaktivierung
<i>Gammarus fossarum</i> (Bachflohkrebs)	RHE 3 bis RHE 7	Ablagerung von Laub oder Aufwuchs von Moospolstern, Anbindung von Seitenarmen, Auengewässer / kein Geschiebe,	im Rhein selten, in Talgew. häufig	Vernetzungen, grossräumige strukturelle Aufwertungen im Rhein



Zielart/Zieltaxon	für Abschnitt	Indikator für / Toleranzen	Status	mögl. Zunahme durch
<b>Hololimnische Insektenarten/-taxa (ständig im Wasser lebende Insektentaxa)</b>				
<i>Elmidae</i> (Haken- und Klauenkäfer) ( <i>Elmis sp.</i> , <i>Limnium sp.</i> , <i>Oulimnius sp.</i> , <i>Riolus sp.</i> )	RHE 1 bis RHE 7	Strukturvielfalt, Anbindung Nebengewässer, Auengewässer / keine stärkeren Strömungen	selten an naturnahen Stellen	Schwalldämpfung, Auenreaktivierung, Vernetzungen, grossräumige strukturelle Aufwertungen im Rhein.
<i>Platambus maculatus</i>	RHE 4 bis RHE 7 (Auen), VRH, HRH (Auen)	Auengewässer, strömungsarme Bereiche	zerstreut an strukturreichen Abschnitten	Auenreaktivierung, Vernetzung
<i>Gyrinidae</i> (Taufkäfer)	RHE 6 und RHE 7	Auengewässer, strömungsarme Bereiche in grossen Flüssen	im Rhein fehlend, in Talgewässern zerstreut	Auenreaktivierung, Vernetzung,
<i>Aphelocheirus aestivalis</i> (Grundwanze)	RHE 6 und RHE 7	Auengewässer, strömungsarme Bereiche in grossen Flüssen, epipotamales Faunenelement / keine Trübung oder Sanddrift	im Rhein fehlend, in Talgewässern zerstreut	Auenreaktivierung, Vernetzung, tiefere Strömungsrinnen und Hinterwässer
<b>Hemilimnische Insektenarten/-taxa (Taxa mit Wasser-Land-Lebenszyklus)</b>				
<i>Baetis alpinus</i> (Eintagsfliege)	RHE 1 bis RHE 3, VRH, HRH	Strukturvielfalt, schnellfliessende Abschnitte / geringe Trübung	mittlere Häufigkeit	Schwalldämpfung, Strukturverbesserungen
<i>Rhithrogena gratianopolitana</i> (Eintagsfliege)	RHE 1 bis RHE 3, VRH, HRH	Strukturvielfalt, schnellfliessende Abschnitte / geringe Trübung	mittlere Häufigkeit	Schwalldämpfung, Strukturverbesserungen
<i>Ecdyonurus venosus/picteti</i> (Eintagsfliege)	RHE 1 bis RHE 7 VRH, HRH	Strukturvielfalt, Bereiche mit stabilen Strömungsverhältnissen / geringe Trübung	selten bis mittlere Häufigkeit	Schwalldämpfung, Strukturverbesserungen
<i>Epeorus alpicola/assimilis</i> (Eintagsfliege)	VRH, HRH	Schnellfliessende Abschnitte, Strukturvielfalt / geringe Trübung	derzeit nur ILL	Schwalldämpfung, Strukturverbesserungen
<i>Capnia sp./vidua</i> (Steinfliege)	VRH, HRH, RHE 1, RHE2, LAQ, ILL	Strukturvielfalt / keine Geschiebedrift	zerstreut mit lokal höheren Dichten	Schwalldämpfung, Strukturverbesserungen Rhein und Zuflüsse
<i>Protonemoura nitida</i> (Steinfliege)	RHE 1 bis RHE 6	epipotamale Strukturelemente / keine Sand- oder Geschiebedrift	zerstreut an strukturreichen Abschnitten	strukturelle Aufwertungen im Rhein (Potamalisierung), Schwalldämpfung
<i>Brachyptera trifasciata</i> (Steinfliege)	VRH, HRH, RHE 1 bis RHE 5, LAQ, ILL	Strukturvielfalt / keine Sand- oder Geschiebedrift	verbreitet in strukturreichen Abschnitten des Systems	strukturelle Aufwertungen im Rhein, Schwalldämpfung
<i>Taeniopteryx kühntreiberi</i> (Steinfliege)	RHE 1 bis RHE 6	Strukturvielfalt / keine Sand- oder Geschiebedrift	zerstreut in strukturreichen Abschnitten des Systems	strukturelle Aufwertungen im Rhein, Schwalldämpfung
<i>Perla grandis</i> (Steinfliege)	VRH, HRH, RHE 1, RHE 2	hohe Strukturvielfalt, vielfältige Uferstrukturen/ keine Sand- oder Geschiebedrift	nur innerhalb naturnaher Flussabschnitte	umfassende Strukturverbesserungen im Rhein, weitestgehende Schwalldämpfung
<i>Perlodes intricatus</i> (Steinfliege)	VRH, HRH, RHE 1 bis RHE 7	hohe Strukturvielfalt, vielfältige Uferstrukturen/ keine Sanddrift	verbreitet in strukturreichen Abschnitten	strukturelle Aufwertungen im Rhein, Schwalldämpfung, Systemvernetzung
<i>Psychomyia pusilla</i> (Köcherfliege)	RHE 1 bis RHE 7	epipotamale Strukturvielfalt, organische Drift, kein Schwall, keine Sand- oder Geschiebedrift	zerstreut in unteren ARH-Abschnitten	strukturelle Aufwertungen im Rhein (Potamalisierung), Schwalldämpfung
<i>Hydropsyche sp.</i> (Köcherfliege)	RHE 3 bis RHE 7	epipotamale Strukturvielfalt, organische Drift / kein Schwall, keine Sand- oder Geschiebedrift	zerstreut in unteren ARH-Abschnitten	strukturelle Aufwertungen im Rhein Schwalldämpfung
<i>Calopteryx splendens</i> (gebänderte Prachtlibelle)	RHE 1 bis RHE 7, VRH, HRH	Angebundene Giessengewässer, hohe Strukturvielfalt, Grundwassereinfluss, Vernetzung / wenig Trübung, keine Sanddrift	im Rhein fehlend, in Talgewässern verbreitet	strukturelle Aufwertungen im Rhein, Vernetzungen, Schwalldämpfung
<i>Ophiogomphus caecilia</i> (Grüne Keiljungfer) u.a. <i>Gomphidae</i>	RHE 6, RHE 7	Strukturvielfalt, Strömungsvielfalt, grosse Flüsse mit sandigem Boden / kein Schwall	bisher nur in der Rheinmündung nachgewiesen	strukturelle Aufwertungen im Rhein, Schwalldämpfung

### 3.6 Indices zur Bestimmung der ökologischen Gewässergüte

Die Instrumentalisierung des Makrozoobenthos für die biologische Zustandsbeschreibung kleinerer und mittlerer Fließgewässer geht auf eine lange Tradition zurück. Aber sowohl der Saprobienindex (D, CH, A) als auch der Makroindex oder der IBGN (CH) scheiterten mit ihren Möglichkeiten an grösseren Flüssen, da diese den ökologischen Charakter mehrerer Fließgewässertypen und damit auch deren Habitatangebot und Arteninventar beinhalten können. Nach Einführung der EU-Wasserahmenrichtlinie (EU-WRRL) wurde versucht, dieses Manko durch den von SCHÖLL et al., 2005 entwickelten Potamon-Typie-Index zu beheben ([www.fliessgewaesserbewertung.de](http://www.fliessgewaesserbewertung.de)). Dies gelang für grössere Flüsse wie den Rhein von Basel an abwärts, der biologische Zustand grosser Fließgewässer des Hyporhithrals und Epipotamals konnten dadurch aber noch immer nicht beschrieben werden. Zwischenzeitlich wurden die Methoden weiter standardisiert:

- in der Schweiz wird der aus IBGN und Makroindex entwickelte IBCH angewendet (BAFU 2010: Modul-Stufen-Konzept, Makrozoobenthos - Stufe F); dessen Verwendbarkeit wird aber explizit auf bewatbare Gewässer eingeschränkt;
- in Österreich, Liechtenstein und Deutschland gilt das Verfahren ASTERICS; dies hat den Anspruch, gewässertypspezifisch auch für nur „teilweise durchwatbare“ Gewässer angewendet werden zu können.

Für die Ergebnisse der vorliegende Untersuchung wurden mehrere in Frage kommende Güte-Indices berechnet, aber nur die Beurteilung nach EU-WRRL wird im Folgenden genauer vorgestellt.

#### Beurteilung nach EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

Die Beurteilung von Gewässern mit Hilfe des Makrozoobenthos nach WRRL erfordert eine standardisierte Methodik der Probenahme (Multi-Habitat-Sampling) [52]. Diese Methodik wurde für durchwatbare und teilweise durchwatbare Gewässer entwickelt. Die meisten Probestellen im Rahmen des Alpenrhein-Monitorings waren bis zu einem Drittel ihrer Breite durchwatbar, obwohl für die eigentliche Probenahme wieder der Einsatz eines Tauchers nötig war. Ein Multi-Habitat-Sampling nach EU-WRRL mit 20 Teilproben pro Probestelle war beim vorgegebenen Probestellenumfang und Programmbudget nicht möglich. Bei der vorliegenden Untersuchung wurden innerhalb eines Transekts 3-4 Proben entnommen, die sich wieder aus je drei Teilproben unterschiedlicher Substrate zusammensetzten. Wir gehen deshalb davon aus, dass auch die so erfasste Zahl der Flächen ausreicht, um eine Beurteilung des ökologischen Zustandes nach EU-WRRL zu versuchen. Hierfür wurden die Individuenzahlen eines Taxons aller Einzelproben eines Transekts zusammengerechnet und durch die Anzahl der Einzelproben geteilt, woraus sich für jedes Transekt eine mittlere Individuendichte des jeweiligen Taxons ergibt.

Die Berechnungen zur Beurteilung der ökologischen Qualität erfolgten mit der Software ASTERICS (AQEM/STAR Ecological River Classification System, Version 3.1.1.). Mit ASTERICS können aus den Taxalisten des Makrozoobenthos folgende Indices berechnet werden:

- die ökologische Qualitätsklasse, ausgehend von einer Reihe gewässertypspezifischer „Metrics“, die sich jeweils auf einen Degradationsfaktor beziehen - wie organische Belastung oder Degradation
- zusätzliche Metrics zur weiteren Interpretation der Daten

Die ökologische Beurteilung erfolgte mit zwei verschiedenen Bewertungsverfahren:

- gewässertypspezifisches Bewertungsverfahren ASTERICS für Österreich (4 Gewässertypen)
- gewässertypspezifisches Bewertungsverfahren ASTERICS-PERLODES für Deutschland (31 Gewässertypen)

Die untersuchten Gewässer konnten nur eingeschränkt den im Bewertungsverfahren ASTERICS für Österreich vorgegebenen Gewässertypen zugeordnet werden, weshalb hier hilfsweise mit dem Gewässertyp „*Mid-sized calcareous prealpine streams*“ gerechnet wurde. Das Bewertungsverfahren ASTERICS-PERLODES für Deutsch-



land wurde dagegen angewendet, weil die Beurteilung hier für deutlich mehr Gewässertypen erfolgen kann. Die im Alpenrhein-Monitoring untersuchten Gewässer Alpenrhein, Hinterrhein, Vorderrhein und Ill wurden dabei dem Gewässertyp 04 („Grosse Flüsse des Alpenvorlands“), Landquart und Liechtensteiner Binnenkanal dem Gewässertyp 2.2 („Kleine Flüsse des Alpenvorlands“) zugeordnet.

### Ökologische Zustandsklasse

Die ökologische Zustandsklasse ergibt sich aus den Qualitätsklassen der Module „Saprobie“, „Allgemeine Degradation“ und „Versauerung“. Die Gesamtbewertung wird dabei durch das Modul mit der schlechtesten Einstufung bestimmt. Für die ökologische Zustandsklasse sowie die Qualitätsklassen der einzelnen Module wird folgender Farbcode verwendet:

sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	schlecht
----------	-----	--------	----------------	----------

Für die Proben vom Alpenrhein kommen die beiden Bewertungsverfahren (ASTERICS-PERLODES Deutschland und ASTERICS Österreich) zu unterschiedlichen Bewertungen der ökologischen Zustandsklasse. Dies ergibt sich vor allem aus der deutlich schlechteren Bewertung im Modul „Degradation“ durch ASTERICS Österreich. Die Unterschiede in diesem Modul sind sicherlich vor allem auf die zugrundegelegten unterschiedlichen Gewässertypen zurückzuführen.

Tab. 2: Berechnung der ökologischen Gewässergüte anhand der Makrozoobenthosproben am Alpenrhein und ausgewählten Zuflüssen. Berechnung nach ASTERICS-PERLODES (Deutschland). Gewässertyp 4 = grosse Flüsse des Alpenvorlands, Typ 2.2 = kleine Flüsse des Alpenvorlands.

ASTERICS-PERLODES (Deutschland)	VRH-ILANZ	VRH-REI	HRH-BON	ARH-HAL	ARH-MAS	ARH-TRI	ARH-BAN	ARH-LUS	LAQ	LBK	ILL
Gewässertyp	4	4	4	4	4	4	4	4	2.2	2.2	4
Ökologische Zustandsklasse	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut
Qualitätsklasse Modul „Saprobie“	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut
Qualitätsklasse Modul „Allg. Degradation“	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut
Qualitätsklasse Modul „Versauerung“	nicht relevant										

Tab. 3: Berechnung der ökologischen Gewässergüte anhand der Makrozoobenthosproben am Alpenrhein und ausgewählten Zuflüssen. Berechnung nach ASTERICS Österreich. Gewässertyp = Mid-sized calcareous prealpine streams.

ASTERICS Österreich	VRH-ILANZ	VRH-REI	HRH-BON	ARH-HAL	ARH-MAS	ARH-TRI	ARH-BAN	ARH-LUS	LAQ	LBK	ILL
Gewässertyp	<i>Mid-sized calcareous prealpine streams</i>										
Ökologische Zustandsklasse	gut	mässig	gut	mässig	gut	unbefriedigend	mässig	mässig	unbefriedigend	schlecht	mässig
Qualitätsklasse Modul „Organic pollution“	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut
Qualitätsklasse Modul „Degradation in stream morphology“	gut	mässig	gut	mässig	gut	unbefriedigend	mässig	mässig	unbefriedigend	schlecht	mässig

Da die Gesamt-Beurteilungen (Tab. 2 und 3) durch die Dominanz der schlechtesten Einstufung so weit auseinander liegen, dass keine vertrauenswürdige Einstufung vorgenommen werden kann, werden im Folgenden die Ergebnisse für die einzelnen Module „Saprobie“ und „Degradation“ getrennt dargestellt.

## Qualitätsklasse Modul „Saprobie“

Die Beurteilung der organischen Belastung beruht in den beiden Verfahren (ASTERICS Österreich und ASTERICS Deutschland) auf unterschiedlichen Gewässertypen und unterschiedlichen Saprobien-Indices. Mit beiden Verfahren ergibt sich aus der Makroinvertebratenbesiedlung für die untersuchten Gewässer ein guter bis sehr guter biologischer Zustand. Mit ASTERICS Deutschland werden mit Ausnahme des Liechtensteiner Binnenkanals alle Gewässer(abschnitte) mit „sehr gut“ bewertet. Mit dem österreichischen Verfahren erhält der Hinterrhein bei Bonaduz (HRH-BON) und der untere Alpenrheinabschnitt (ARH-TRI, ARH-BAN, ARH-LUS) mit „gut“ eine etwas schlechtere Beurteilung als die übrigen Probestellen im Alpenrhein und in den Zuflüssen.

Tab. 4: Saprobie der Makrozoobenthosproben am Alpenrhein und ausgewählten Zuflüssen. Vergleich der Ergebnisse aus den Berechnungen nach verschiedenen Verfahren Österreich und Deutschland. Gewässertyp Österreich: Mid-sized calcareous prealpine streams. Gewässertypen Deutschland: Gewässertyp 4 = grosse Flüsse des Alpenvorlands, Typ 2.2 = kleine Flüsse des Alpenvorlands.

ASTERICS Österreich	VRH-llanz	VRH-REI	HRH-BON	ARH-HAL	ARH-MAS	ARH-TRI	ARH-BAN	ARH-LUS	LAQ	LBK	ILL
Gewässertyp	Mid-sized calcareous prealpine streams										
Saprobic Index (Zelinka & Marvan)	1,736	1,404	2,03	1,478	1,544	1,849	1,765	2,018	1,485	1,687	1,259
Qualitätsklasse „Saprobie“	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut
ASTERICS-PERLODES (Deutschland)	VRH-llanz	VRH-REI	HRH-BON	ARH-HAL	ARH-MAS	ARH-TRI	ARH-BAN	ARH-LUS	LAQ	LBK	ILL
Gewässertyp	4	4	4	4	4	4	4	4	2.2	2.2	4
German Index (new version)	1,324	1,255	1,36	1,311	1,331	1,411	1,366	1,593	1,331	1,755	1,278
Qualitätsklasse „Saprobie“	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut

## Qualitätsklasse Modul „Allgemeine Degradation“

Das Modul „Allgemeine Degradation“ integriert die Einflüsse verschiedener Stressoren (Degradation der Gewässermorphologie, Nutzung im Einzugsgebiet, Stoffeinträge). Der Hauptstressor dürfte allerdings in den meisten Fällen die Beeinträchtigung der Gewässermorphologie sein, weshalb das Modul in ASTERICS Österreich auch als „Degradation in stream morphology“ geführt wird. Das Modul ist ein multimetrischer Index, der aus typ(gruppen)spezifischen Einzelindices, den „Core metrics“, berechnet wird.

In den beiden Verfahren ASTERICS Österreich und ASTERICS Deutschland werden dafür unterschiedliche Einzelindices verwendet, woraus sich leider deutliche Unterschiede in der Bewertung ergeben. In die Bewertung mit ASTERICS Deutschland geht beispielsweise der „Deutsche Fauna-Index“ ein. Grundlage dieses Indexes sind artspezifische Bewertungen – in Abhängigkeit vom Gewässertyp – bezüglich der Toleranz gegenüber Veränderungen der Gewässermorphologie. Die Werte liegen zwischen –2 (Taxa, die bevorzugt in Flüssen mit stark degradiert Morphologie vorkommen) und +2 (Taxa, die bevorzugt in Flüssen mit narturnaher Morphologie vorkommen). An den Probestellen des Alpenrhein-Monitorings wurden die niedrigsten Werte für den „Deutschen Fauna-Index“ im unteren Alpenrheinabschnitt bei ARH-LUS (0,167) und ARH-TRI und ARH-BAN (beide um 0,5) berechnet. Deutlich höher lagen die Indices im Vorderrhein bei Reichenau (0,9), im Alpenrhein bei Mastrils (0,8) und in der Ill (0,8). Der höchste Wert für den „Deutschen Fauna-Index“ ergab sich für die Landquart (1,45). Weiter geht in die Bewertung der Rheoindex nach BANNING mit ein. Dieser zeigt für alle Alpenrhein-Monitoring-Stellen ein Vorherrschen strömungsliebender bzw.-toleranter Taxa an. Weitere Metrics, die in die Gesamt-



bewertung eingehen, ist der Anteil der EPT-Taxa an der Gesamtbesiedlung und – als Mass für die Diversität der Lebensgemeinschaft - die Zahl der EPTCBO-Taxa (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera Coleoptera, Bivalvia, Odonata). Hier zeigen sich insbesondere im Liechtensteiner Binnenkanal deutliche Defizite, was letztendlich zu der im Vergleich zu den anderen Monitoring-Stellen schlechteren Gesamtbewertung im Modul „Allgemeine Degradation“ führt.

Tab. 5: Berechnung der „Allgemeinen Degradation“ durch verschiedene Stressoren anhand der Makrozoobenthosproben am Alpenrhein und ausgewählten Zuflüssen. A: Verfahren ASTERICs Deutschland unter Zuhilfenahme verschiedener Einzelindices. Gewässertyp 4 = grosse Flüsse des Alpenvorlands, Typ 2.2 = kleine Flüsse des Alpenvorlands.

ASTERICS-PERLODES (Deutschland)										
Stelle	Fließgewässer-Typ	Allgemeine Degradation	Ergebnis	Toleranz				Funktionen	Zusammensetzung	Vielfalt, Diversität
				German Fauna Index	Result of German Fauna I.	Sum of abundance classes	No. of Indicator taxa			
VRH-ILA	4	Ergebnis	0,97	0,824	reliable	34	11	0,915	60,366	39
		Score (0-1)		1	-	-	-	1	0,82	1
		Qualitätsklasse	sehr gut	sehr gut				sehr gut	sehr gut	sehr gut
VRH-REI	4	Ergebnis	0,98	0,935	reliable	31	8	1,0	66,667	24
		Score (0-1)		1	-	-	-	1	0,94	0,95
		Qualitätsklasse	sehr gut	sehr gut				sehr gut	sehr gut	sehr gut
HRH-BON	4	Ergebnis	0,93	0,571	reliable	35	14	0,95	56,579	30
		Score (0-1)		1	-	-	-	1	0,76	1
		Qualitätsklasse	sehr gut	sehr gut				sehr gut	gut	sehr gut
ARH-HAL	4	Ergebnis	0,93	0,636	reliable	22	9	1,0	57,143	23
		Score (0-1)		1	-	-	-	1	0,77	0,9
		Qualitätsklasse	sehr gut	sehr gut				sehr gut	gut	sehr gut
ARH-MAS	4	Ergebnis	0,96	0,838	reliable	37	13	0,955	57,778	39
		Score (0-1)		1	-	-	-	1	0,78	1
		Qualitätsklasse	sehr gut	sehr gut				sehr gut	gut	sehr gut
ARH-TRI	4	Ergebnis	0,94	0,519	reliable	27	10	0,976	63,717	25
		Score (0-1)		1	-	-	-	1	0,89	1
		Qualitätsklasse	sehr gut	sehr gut				sehr gut	sehr gut	sehr gut
ARH-BAN	4	Ergebnis	0,95	0,517	reliable	29	11	0,881	64,539	30
		Score (0-1)		1	-	-	-	1	0,90	1
		Qualitätsklasse	sehr gut	sehr gut				sehr gut	sehr gut	sehr gut
ARH-LUS	4	Ergebnis	0,86	0,167	reliable	42	20	0,842	59,74	43
		Score (0-1)		1	-	-	-	1	0,81	1
		Qualitätsklasse	sehr gut	gut				sehr gut	sehr gut	sehr gut
LAQ	2.2	Ergebnis	0,90	1,45	reliable	20	7	1,0	87,097	19
		Score (0-1)		1	-	-	-	1	1,0	0,41
		Qualitätsklasse	sehr gut	sehr gut				sehr gut	sehr gut	mässig
LBK	2.2	Ergebnis	0,76	0,714	reliable	42	13	0,857	31,159	21
		Score (0-1)		1	-	-	-	1	0,38	0,48
		Qualitätsklasse	gut	sehr gut				sehr gut	unbefried.	mässig
ILL	4	Ergebnis	0,97	0,852	reliable	27	14	0,96	59,649	31
		Score (0-1)		1	-	-	-	1	0,81	1
		Qualitätsklasse	sehr gut	sehr gut				sehr gut	sehr gut	sehr gut

Bei ASTERICs Österreich beruht die Bewertung im Modul „Degradation of stream morphology“ auf 6 Einzelindices: „Gesamttaxazahl“ und „Margalef-Diversitäts-Index“ als Mass für die Vielfalt der Lebensgemeinschaft,

die „Anzahl sensibler Taxa“ als Mass für die Toleranz gegenüber Stressoren, die „Anzahl der EPT-Taxa“, der „Anteil der EPT-Taxa an der Gesamtbesiedlung“ und die „Besiedlungsdichten von Plecoptera und Trichoptera“ (taxonomische Zusammensetzung). Von den im Rahmen des Alpenrhein-Monitorings untersuchten Transekten ergibt sich so nur für den Vorderrhein bei Ilanz (VRH-ILA), den Hinterrhein bei Bonaduz (HRH-BON) und den Alpenrhein bei Mastrils (ARH-MAS) eine Einstufung in die Qualitätsklasse „gut“. Die anderen Transekte zeigen mehr oder weniger deutliche Defizite in der Diversität der Lebensgemeinschaft (z.B. LAQ, VRH-REI), der Anzahl sensibler Taxa (z.B. LBK, ARH-HAL, ARH-BAN) und/oder der Besiedlung mit EPT-Taxa (z.B. LBK, LAQ).

Tab. 6: Berechnung der „Allgemeinen Degradation“ durch verschiedene Stressoren anhand der Makrozoobenthosproben am Alpenrhein und ausgewählten Zuflüssen. B: Verfahren ASTERICs Österreich unter zuhilfenahme verschiedener Einzelindices. \* Taxazahl unkorrigiert (wenn Taxa als Art und als Gattung in Importliste enthalten sind – z.B. *Baetis alpinus* und *Baetis sp.*) werden 2 Taxa gezählt; \*\*Taxazahlen korrigiert (nur sicher unterschiedene Taxa gezählt).

ASTERICS Österreich										
Stelle	Fließgewässer-Typ	Degradation of stream morphology	Ergebnis	Number of Taxa*	Diversity (Margalef-Index)	sensitive Taxa (Austria)	EPT-Taxa**	EPT-Taxa (%) (Austria)	Plecoptera	Trichoptera
VRH-ILA	Mid-sized calcareous pre-alpine streams	Ergebnis		60	6,761	15	35	58,33	16,45	1625,48
		Score (0-1)		0,531	0,571	1	0,972	1	0,377	0885
		Qualitätsklasse	4 (good)							
VRH-REI		Ergebnis		37	3,888	7	24	64,87	3398,46	247,94
		Score (0-1)		0,327	0,329	0,592	0,667	1	0,778	0,135
		Qualitätsklasse	3 (moderate)							
HRH-BON		Ergebnis		50	5,04	9	26	52	3545,1	6411,43
		Score (0-1)		0,442	0,426	0,761	0,722	1	0,812	1
		Qualitätsklasse	4 (good)							
ARH-HAL		Ergebnis		42	4,473	5	23	54,76	1400	1790,28
	Score (0-1)		0,372	0,378	0,423	0,639	1	0,321	0,974	
	Qualitätsklasse	3 (moderate)								
ARH-MAS	Ergebnis		58	5,958	13	32	55,17	3908,89	1041,57	
	Score (0-1)		0,513	0,504	1	0,889	1	0,895	0,567	
	Qualitätsklasse	4 (good)								
ARH-TRI	Ergebnis		38	4,478	7	25	65,79	1254,95	154,97	
	Score (0-1)		0,336	0,379	0,592	0,694	1	0,287	0,084	
	Qualitätsklasse	sehr gut								
ARH-BAN	Ergebnis		49	5,788	6	30	61,22	2069,95	122,76	
	Score (0-1)		0,434	0,489	0,507	0,833	1	0,474	0,067	
	Qualitätsklasse	3 (moderate)								
ARH-LUS	Ergebnis		64	8,045	11	40	62,5	909,52	165,13	
	Score (0-1)		0,566	0,68	0,93	1	1	0,208	0,09	
	Qualitätsklasse	3 (moderate)								
LAQ	Ergebnis		23	3,323	7	19	82,61	152,78	38,89	
	Score (0-1)		0,204	0,281	0,592	0,528	1	0,035	0,021	
	Qualitätsklasse	2 (poor)								
LBK	Ergebnis		42	4,436	5	15	35,71	12,5	129,17	
	Score (0-1)		0,372	0,375	0,423	0,417	0,735	0,003	0,07	
	Qualitätsklasse	1 (bad)								
ILL	Ergebnis		51	6,419	6	30	58,82	501,81	389,19	
	Score (0-1)		0,451	0,543	0,507	0,833	1	0,115	0,212	
	Qualitätsklasse	3 (moderate)								



## Kritische Betrachtung der Ergebnisse

Die Berechnung des biologischen Zustands nach WRRL liefert Unterschiede, die zwischen den beiden Methoden ASTERICS Deutschland und ASTERICS Österreich erheblich grösser sind als zwischen den Probestellen selbst. Dies legt den Schluss nahe, dass eine 5-stufige Bewertung nach WRRL als definitive Qualitätsangabe für die vorliegenden Zoobenthosproben nicht möglich ist. Diese Einschätzung wird auch durch andere berechneten Metrics gestützt. Auf der anderen Seite erscheinen relative Unterschiede zwischen den Proben der neun Untersuchungsstellen, die je nach Methode unterschiedlich gross sind, aber dennoch in dieselbe Richtung zeigen. Sowohl bei der Saprobie (Wasserqualität) als auch der „Allgemeinen Degradation“ (Hydromorphologie) reagiert ASTERICS Österreich sensibler mit z.T. deutlich schlechterer Bewertung als ASTERICS Deutschland. Weiters fällt auf,

- dass die Bewertungen für das Modul „Allgemeine Degradation“ bei beiden Ansätzen generell schlechter sind als diejenigen für das Modul „Saprobie“. Dies vermag wahrscheinlich neben strukturellen auch hydrologische Defizite aufzuzeigen;
- dass diese Unterschiede in der Bewertung der Probestellen nicht in allen Fällen plausibel sind; das heisst, dass die Stellen bei der Berechnung tendenziell anders abschneiden wie bei einer fachlichen Einschätzung.

Ein Beispiel für die letzte Beobachtung ist die Tatsache, dass der strukturell und hydrologisch stark degradierte Unterlauf der Ill im Vergleich zu anderen Probestellen immer relativ gut und gegenüber dem Liechtensteiner Binnenkanal deutlich besser bewertet wird. Grund dafür ist, dass rhithrale Faunenelemente, allen voran die Plecopteren, für eine positive Bewertung fast aller Metrics entscheidend sind. Sobald, wie im vorliegenden Fall, keine weitere Unterscheidung der Gewässertypen mehr stattfindet, schneidet ein Gebirgsfluss trotz starker Degradation im Verhältnis immer besser ab als ein hyporhithrales Talgewässer.

## Verwendung der Proben zur Berechnung von Güteindices

Güteindices sind Instrumente des Gewässerschutzes. Mit ihrer Hilfe soll es möglich sein, naturnahe von defizitären Gewässern/Gewässerabschnitten zu unterscheiden und sie in wenigen, eindeutigen Qualitätsstufen zu bewerten. Eine solche Bewertung hat sowohl im Geltungsbereich der EU-Wasserrahmenrichtlinie als auch in der Schweiz mit ihrem novellierten Gewässerschutzgesetz Konsequenzen. Sie ist mitentscheidend dafür, ob an einem Gewässer Verbesserungsmaßnahmen stattfinden oder nicht. Wendet man Güteindices an, so trägt man also auch die Verantwortung dafür, dass deren Ergebnis die tatsächlichen Verhältnisse abbildet. Sie sollten demnach immer nur für die Gewässer und die Proben angewendet werden, für die sie entwickelt wurden.

Im vorliegenden Fall des Basismonitorings Alpenrhein kommt die Verwendung von ASTERICS (D und A) nach EU-WRRL einer subjektiven fachlichen Bewertung der Verhältnisse näher als andere Indices. Dennoch reicht sie nicht aus, um mit ihnen eine ernsthafte Qualitätsbewertung durchzuführen. Wir gehen allerdings davon aus, dass es bei einer deutlich verbesserten Gewässertypunterscheidung (die es noch nicht gibt) und einer strikten Einhaltung der methodischen Vorgaben (die in diesem Fall am begrenzt möglichen Aufwand scheiterte) künftig gelingen kann, mithilfe des Indikators Makrozoobenthos auch am Alpenrhein eine seriöse Gütebewertung vorzunehmen. Kapitel 4 mag belegen, dass die Indices des Indikators Kieselalgen die im Alpenrheingebiet herrschenden Verhältnisse ebenfalls nicht hinreichend abzubilden vermag.

## 4. Benthos-Aufwuchs

### Kieselalgen

Kieselalgen (Diatomeen) eignen sich gut als Bioindikatoren, da sie in allen Fließgewässern ganzjährig vorkommen, ihre Reaktionen auf Umweltveränderungen gut bekannt sind und ihre Bearbeitung mit verbreiteten Methoden zuverlässige Resultate ergibt [34, 45].

Die Zusammensetzung der Kieselalgenarten in einem Gewässer hängt stark von der Wasserqualität ab. Ihre Verteilung und Häufigkeit ist davon abhängig, welche Wasserinhaltsstoffe über einen längeren Zeitraum im Gewässer vorhanden waren. Bei chemischen Belastungen verändert sich die Artenzusammensetzung der Kieselalgen im betroffenen Gewässerabschnitt, empfindliche Arten verschwinden und werden von weniger empfindlichen Arten ersetzt. Durch die Bestimmung der Arten und ihrer Häufigkeit lassen sich Aussagen über die Belastungssituation in den Wochen vor der Probenahme machen. Die Aufwuchsdichte hängt aber auch von der Strömung und den Geschiebeumlagerungen ab, denen die bewachsene Fläche ausgesetzt ist. Ökomorphologische Faktoren spielen dagegen eine viel geringere Rolle als bei den Wasserwirbellosen. Die quantitative Charakteristik der Kiesel- und Fadenalgenbedeckung (vgl. Kap. 2) ist auf jeden Fall eine wichtige Eigenschaft des Äusseren Aspekts.

### Untersuchungsmethoden

Die für die Aufwuchsuntersuchung verwendeten Steine wurden aus den Teilproben des Multi-Habitat-Samplings bei der Untersuchung des Makrozoobenthos entnommen (vgl. Kap. 1.5). Auf den Steinen wurde eine definierte Probenflächen mit einer Manschette begrenzt und mit einem harten Pinsel abgerieben. Die Proben wurden mit 4 %-igem Formaldehyd fixiert und zur Analyse an das Spezialbüro (AquaPlus, Zug) weiter gegeben.

Für die folgenden Betrachtungen wurde der Schweizer Kieselalgenindex DI-CH nach Modul-Stufen-Konzept des BAFU [13] herangezogen. Das wesentlichste Ziel dieser Methodik liegt darin, mittels Kieselalgenuntersuchungen einfache und für den Vollzug des Gewässerschutzgesetzes zuverlässige Aussagen zum biologischen Zustand von Fließgewässern der Schweiz machen zu können.



Abb. 66: Kieselalgenproben im Rahmen des Basismonitorings. Links: Abkratzen der Probe mit Manschette und Pinsel; rechts: beprobte Flächen auf Steinen/Grobkies aus dem Alpenrhein. Fotos: HYDRA ©.

### Makrophyten und Moose

Die Untersuchung des Makrophytenbewuchses ist derzeit als untergeordnete Thematik zu betrachten, da der Alpenrhein selbst weitestgehend makrophytenfrei ist. Im Rahmen der Benthosprobenahme wurde dieser Aspekt dennoch mitbeobachtet. Der Bewuchs mit Moosen wurde dokumentiert und ist in Kapitel 2 unter dem Äusseren Aspekt als qualitatives Charakteristikum aufgeführt.



## 4.1 Artenspektrum und Verbreitung

Der Fokus der Kieselalgen-Untersuchungen lag auf den Rheinprobestellen. Daneben wurde eine Aufwuchsprobe aus dem Liechtensteiner Binnenkanal analysiert.

### Taxazahlen

Die einzelnen Kieselalgen-Lebensgemeinschaften erwiesen sich mit minimal 13 Taxa (Stelle AHR-LUS) und maximal 24 Taxa (Stelle LBK) im Vergleich zu den meisten Schweizer Fließgewässern ( $\bar{x}$  25 Taxa/Stelle) als artenarm (Abb. 67). Auch die Diversität  $H'$  war mit Werten zwischen 1.45 und 3.03 an den meisten Stellen gering. Solche tiefen Taxazahlen sind typisch für Lebensgemeinschaften mit hoher Dominanz weniger Arten oder - wie beim Alpenrhein - bei extremen Belastungen oder speziellen Bedingungen. In den vorliegenden Proben nahmen die zwei bis vier Arten, die  $\geq 10\%$  relative Häufigkeit zeigten, zugleich 65 % bis 87 % Anteil der gesamten Lebensgemeinschaft ein. Mit solch hohen Anteilen sinkt die Chance, dass seltene Arten innerhalb einer Zählung (Standard = 500 Schalen) erfasst werden können. Aufgrund von Proben aus anderen Flüssen wurde darüber hinaus festgestellt, dass diejenigen von tieferen Flussstellen (Tauchproben) oft artenärmer sind als die aus Ufernähe. Wir führen dies auf die meist höhere Substratdiversität in Ufernähe zurück.

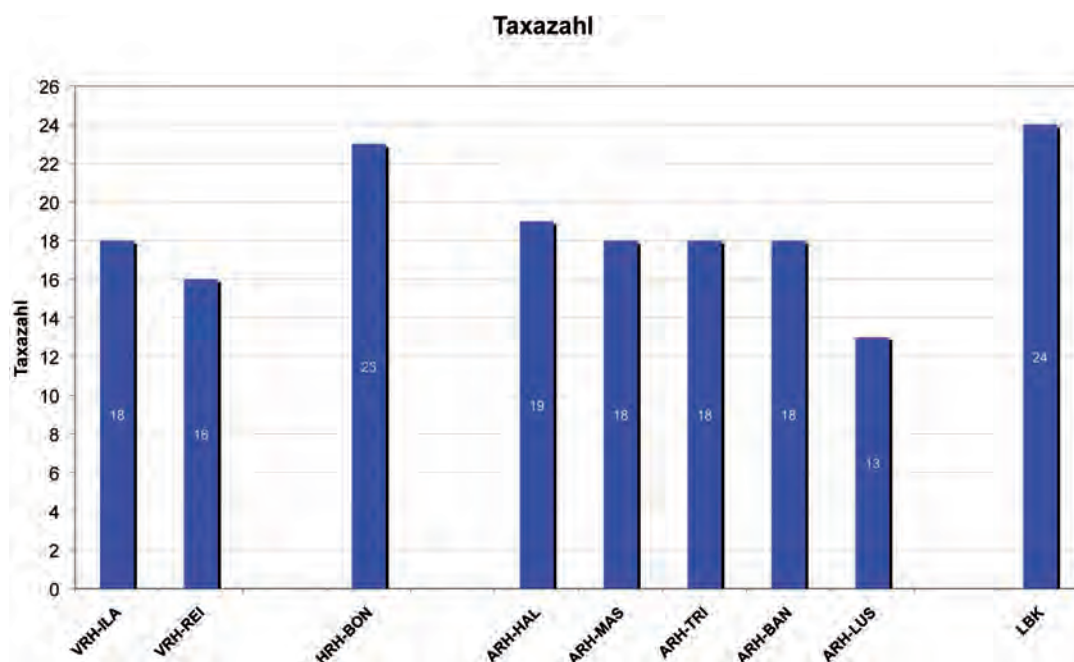


Abb. 67: Taxazahlen der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften der untersuchten Gewässer.

### Artenzusammensetzung

Folgende Arten wurden mit über 10 % relativer Häufigkeit (rH) in den Proben nachgewiesen: *Achnanthes atomus*, *A. biasoletiana*, *A. minutissima*, *A. minutissima* var. *jackii* sensu DI-CH, *Cocconeis placentula* und *Cymbella sinuata*. Diese Hauptarten kommen häufig in Schweizer Fließgewässern vor. Einzig *Cymbella sinuata* erreicht nur selten 10 % rH. Im Alpenrhein dominierten dabei mit gemeinsam  $\geq 90\%$  Anteil an allen Stellen die Gattungen *Achnanthes*, *Cocconeis* und *Cymbella* (Abb. 68). Die Abbildung verdeutlicht auch die grossen Unterschiede der Kieselalgen-Flora zwischen Vorder- und Hinterrhein: während im Vorderrhein die Arten der Gattung *Achnanthes* extrem dominierten (90 % rH), war ihr Anteil im Hinterrhein bei Bonaduz vergleichsweise gering (20 % rH).

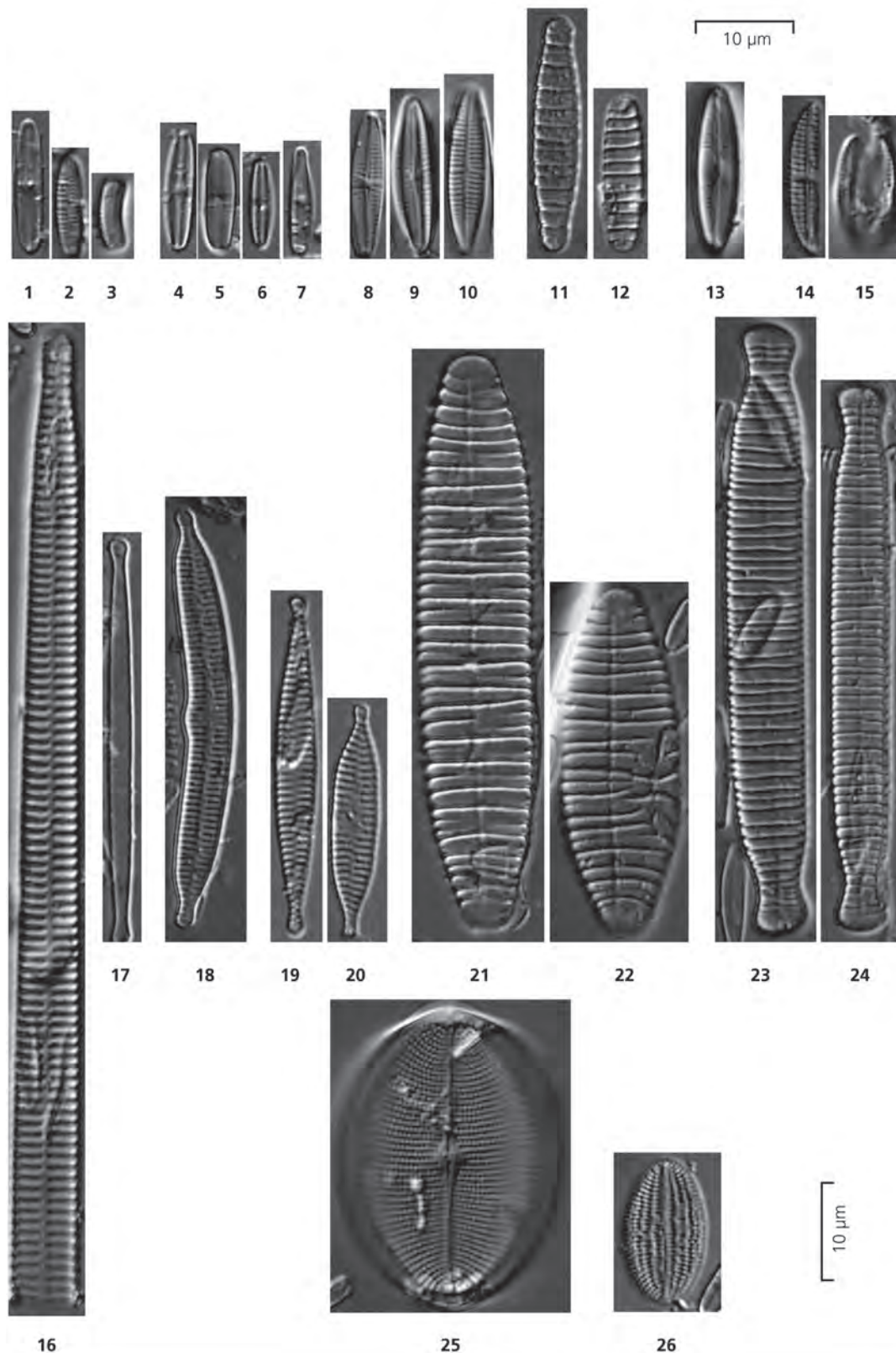
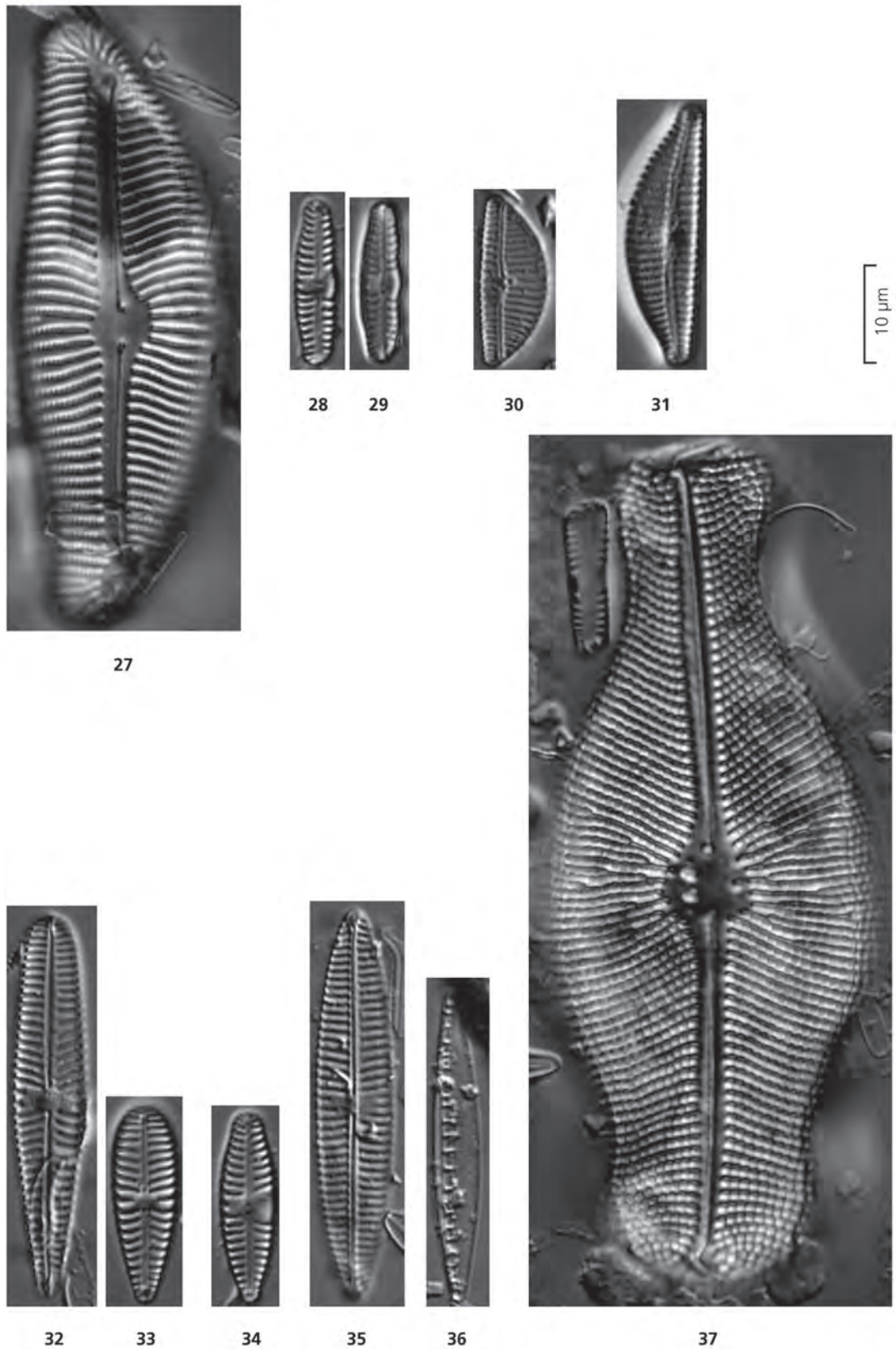


Abb. 68: Diese und nächste Seite: Kieselalgen der Aufwuchsproben im Rahmen des Monitorings Alpenrhein 2009. Fotos: AquaPlus ©. Tafeln und Nummern: 1 & 2 = *Achnanthes atomus* HUSTEDT (raphenlose Schale), 3 = *Achnanthes cf. atomus* HUSTEDT (Gürtelband), 4 = *Achnanthes minutissima* KUETZING (Raphenschale), 5 = *Achnanthes cf. minutissima* KUETZING (Raphenschale), 6 = *Achnanthes minutissima* KUETZING (Raphenschale), 7 = *Achnanthes minutissima cf. var. jackii* sensu DI-CH (Raphenschale), 8 & 9 = *Achnanthes biasoletiana* GRUNOW (Raphenschale), 10 = *Achnanthes biasoletiana* GRUNOW (raphenlose Schale), 11 & 12 = *Diatoma moniliformis* KUETZING, 13 = *Caloneis bacillum* (GRUNOW) CLEVE, 14 = *Amphora pediculus* (KUETZING) GRUNOW (Raphenschale), 15 = *Amphora pediculus* (KUETZING) GRUNOW (Gürtelband), 16 = *Fragilaria ulna* (NITZSCH) LANGE-BERTALOT, 17 = *Fragilaria incognita* REICHARDT,





18 = *Fragilaria arcus* (EHRENBERG) CLEVE, 19 & 20 = *Fragilaria capucina* var. *austriaca* (GRUNOW) LANGE-BERTALOT, 21 = *Diatoma vulgare* BORY DE SAINT VINCENT, 22 = *Diatoma vulgare* BORY DE SAINT VINCENT (Teratologie), 23 & 24 = *Diatoma ehrenbergii* KUETZING, 25 = *Cocconeis pediculus* EHRENBERG (Raphenschale), 26 = *Cocconeis pediculus* EHRENBERG (Raphenlose Schale), 27 = *Cymbella prostrata* (BERKELEY) CLEVE, 28 & 29 = *Cymbella sinuata* GREGORY, 30 = *Cymbella minuta* (Artengruppe) sensu lato, 31 = *Cymbella affinis* auct. non KUETZING, 32 & 33 = *Gomphonema olivaceum* (HORNEMANN) BREBISSON, 34 = *Gomphonema tergestinum* (GRUNOW) M. SCHMIDT, 35 = *Navicula tripunctata* (O.F.MUELLER) BORY DE SAINT VINCENT, 36 = *Nitzschia dissipata* (KUETZING) GRUNOW, 37 = *Didymosphaenia geminata* (LYNGBYE) M.SCHMIDT.

Im Alpenrhein unterhalb des Zusammenflusses traten dann Mischgesellschaften auf, wobei *Achnanthes* flussabwärts tendenziell wieder an Bedeutung zunahm. Der Anteil der Gattung *Cymbella* (geprägt v. a. durch *Cymbella sinuata*) lag im Alpenrhein immer bei Werten zwischen 10 % und 30 % rH. Weitere, in der Schweiz ansonsten sehr häufig vorkommende Gattungen wie *Fragilaria*, *Gomphonema*, *Navicula* und *Nitzschia* erreichten nie mehr als 5 % rH.

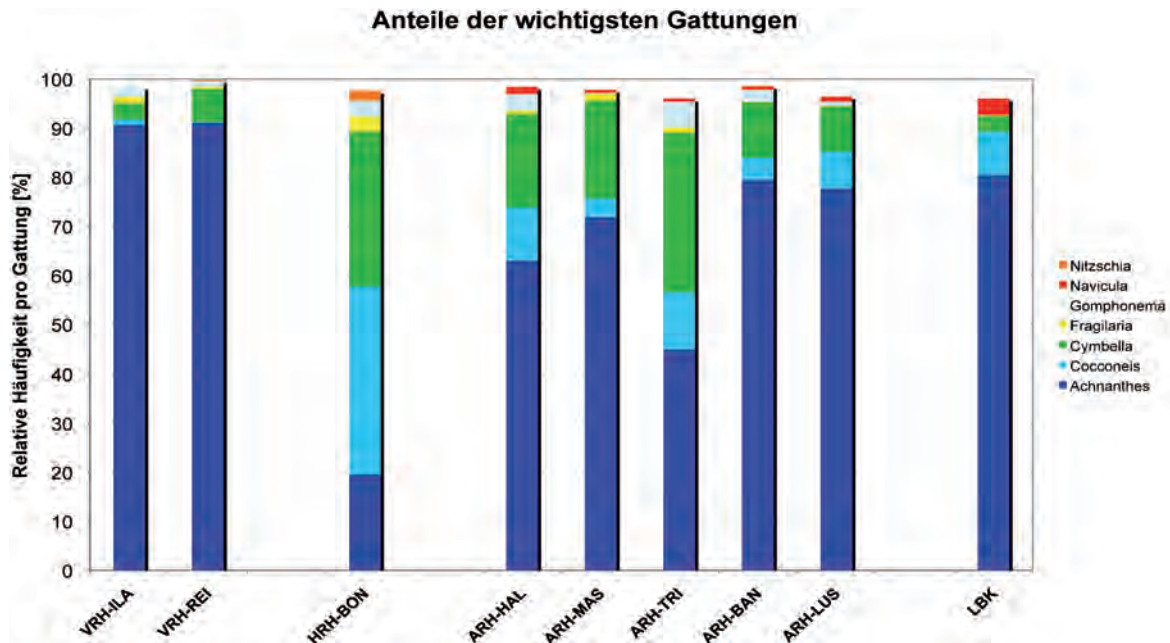


Abb. 69: Zusammensetzung der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften resp. Anteile der wichtigsten Gattungen.

## Teratologien

Teratologien sind oft in Folge natürlicher Stressoren (Siliziummangel, UV-Licht etc.) oder toxisch wirkende Substanzen (wie Schwermetalle und Pestizide) missgebildete Kieselalgen-Schalen. Erst ab ca. 1% Anteil Teratologie geht man von anthropogenen Ursachen aus. Teratologien wurden nur für den Liechtensteiner Binnenkanal nachgewiesen. Allerdings wies innerhalb der Zählung von 500 Schalen lediglich eine Schale der Art *Diatoma vulgare* (entsprechend 0,2 % rH) eine Missbildung auf (siehe Fototafel).

## Neophytische Arten

Bis auf den Liechtensteiner Binnenkanal beherbergten alle untersuchten Gewässer die neophytische, invasive Kieselalgenart *Dydimosphenia geminata*. Dieses Taxon beobachten wir in der Schweiz seit 1999. Im Jahr 2009 war das Vorkommen in der Julia (Einzugsgebiet des Alpenrheins) und im Inn sogar makroskopisch erkennbar. In den vorliegenden Proben erreichte die Art aber nur Anteile < 2 %. *Dydimosphenia* kann nach Beobachtungen in anderen Ländern unter idealen Bedingungen (viel Licht, wenig Abflussdynamik etc.) im Frühjahr enorme Algenbiomassen bilden. Es gilt daher, das Aufkommen und die Verbreitung dieser Art auch künftig zu beobachten, da die gallertartige Biomasse allenfalls Wasserfassungen etc. verstopfen kann und deren ökologischen Auswirkung (Artverschiebungen, Toxizität etc.) bisher weitgehend unbekannt ist.

## 4.2 Indikator-Funktion und Zielarten

### Standortgerechtigkeit

Kieselalgen-Lebensgemeinschaften in alpinen Flüssen sind bislang wenig bekannt. Zumindest in der Schweiz sind alle grossen Flüsse (Rhein, Rhône, Inn, Oberlauf Ticino, Oberlauf Reuss etc.) infolge Wasserkraftnutzung



hydrologisch verändert, daher können Referenzvorstellungen für das Untersuchungsgebiet nicht einfach abgeleitet werden. Diesbezügliche Erfahrungen, insbesondere auch das Wissen um die Saisonalitäten, fehlen und könnten nur mithilfe historischer Proben oder Proben von Vergleichsgewässern mittlerer Grösse aber ähnlicher Höhenlage abgeleitet werden. Des Weiteren sind zwischen Gletscher gespeisten und anderen Fließgewässersystemen deutliche Unterschiede zu erwarten. In Gletscherbächen und hochalpinen Gewässern sind Arten im Vorteil, die auch unter arktischen Verhältnissen vorkommen, z.B. viele Arten der Gattung *Fragilaria*. Während in der Rhône im Oberlauf die Gattung *Fragilaria* zwischen 10 und 40 % rH einnahm, betrug dieser Anteil an den untersuchten Rhein Stellen nie mehr als 3.2 %. Insofern ist es denkbar, dass der Alpenrhein hinsichtlich der Anteile wichtiger Gattungen gewisse Defizite aufweist. Das hohe Vorkommen der Art *Cymbella sinuata* im Hinterrhein bei Bonaduz dürfte zudem mit grosser Wahrscheinlichkeit durch den Schwall-/Sunkbetrieb und den damit bedingten Wasserspiegelschwankungen gefördert werden.

Versucht man basierend auf der Struktur der Lebensgemeinschaften sowie den ökologischen Ansprüchen der Arten eine Standortgerechtigkeit herzuleiten, dann findet man nur bei Mastrils eine Kieselalgen-Lebensgemeinschaft, welche möglicherweise als standorttypisch bezeichnet werden kann. Die Stellen des Vorderrheins, des Hinterrheins, des Alpenrheins bei Haldenstein sowie des Liechtensteiner Binnenkanals wiesen eine unklare Standortgerechtigkeit auf. Alle anderen Lebensgemeinschaften der Stellen des Alpenrheins (Triesen, Bangs und Lustenau) waren nicht standortgerecht. Eingeflossen in diese Beurteilung sind Vorstellungen bezüglich des DI-CH-Wertes, der Taxazahl, der Sensibilität der Arten gegenüber Abwasserbelastungen sowie der Dominanzverhältnisse. Dieses Verfahren ist aber nicht publiziert und wurde von AquaPlus speziell für alpine Gewässer entwickelt.

Untersuchungen der Jahre 2000 bis 2003 zeigten bei 210 Stellen verteilt über den ganzen Kanton Graubünden, dass bei gleichem Verfahren nur rund bei einem Viertel aller Stellen eine standortgerechte Lebensgemeinschaft vorhanden war. Und dies, obwohl rund 90 % der Stellen eine mit dem DI-CH indizierte sehr gute oder gute biologische Wasserqualität aufwies. Alpine Gewässer dürften daher weniger Probleme hinsichtlich der Wasserqualität haben, vielmehr dürften es hydrologische (Schwall-/Sunk, Restwasser etc.), physikalische (Trübung, Benetzung, Licht etc.) oder morphologische (Verbauungen) Faktoren sein, welche die Lebensgemeinschaften beeinflussen und sich daher als nicht standortgerecht ausbilden können.

### Biologisch indizierte Wasserqualität

Die biologisch indizierte Wasserqualität nach dem BAFU-Kieselalgenindex DI-CH entspricht bei allen untersuchten Proben der Zustandsklasse 1 (sehr gut) (Abb. 70). Im Vorderrhein und im Alpenrhein bei Mastrils wurden die besten Werte mit einem DI-CH von < 2 erreicht. Der atypisch „schlechte“ Indexwert von 3.4 im Hinterrhein bei Bonaduz wird möglicherweise eher durch den Schwall-/Sunkbetrieb verursacht als durch organische und/oder anorganische Belastungen. Auch im Alpenrhein ab Triesen lag der Indexwert über 2.7.; er nimmt also tendenziell rheinabwärts und damit mit den wachsenden anthropogenen Einflüssen leicht zu.

Die im Alpenrhein und den Zuflüssen dominierenden Arten (mit  $\geq 10$  % rH) erscheinen auch in anderen Schweizer Fließgewässern oft als Hauptarten. Sie meiden alle starke Belastungen und bevorzugen kalkhaltige, höchstens mässig organisch belastete oder gar nährstoffarme Gewässer. In den Proben wurden aber auch andere Arten in grösseren Häufigkeiten nachgewiesen, die auf unterschiedliche Belastungen hinweisen. Einige interessante Arten, die nur in sehr sauberen und intakten, dabei grösstenteils alpinen Gewässern vorkommen, waren allerdings nur mit < 1% rH vertreten und spielten in der Kieselalgenflora des Untersuchungsgebiets keine Rolle. Zu ihnen gehören *Fragilaria arcus*, *F. capucina* var. *austriaca* und *F. incognita* sowie *Gomphonema pumilium*.

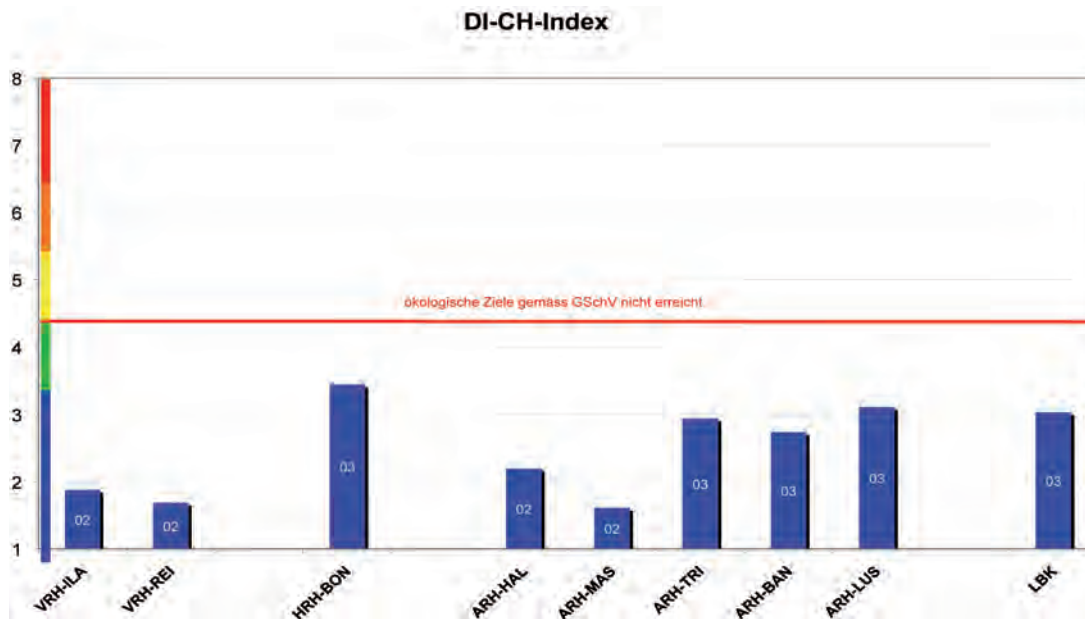


Abb. 70: BAFU-Kieselalgenindex DI-CH gemäss BAFU Modul Kieselalgen (Stufe F). Die Farben rechts der Y-Achse zeigen die Zustandsklassen gemäss dem Modul-Stufen-Konzept. Rote Linie: Ökologische Ziele gemäss GSchV Anhang 1 (Bewertung gemäss [13]).

## Sauerstoffverhältnisse

Betrachtet man die Ansprüche der Kieselalgen an die Sauerstoffsättigung (Abb. 71), dann wird ersichtlich, dass auch hier die Stelle am Hinterrhein deutlich abfällt. Hier erscheinen Kieselalgenarten, die mit > 50 % bis 75 % keine allzu grossen Ansprüche an die Sauerstoffsättigung stellen. Dies dürfte aber wohl nicht auf unzureichende Sauerstoffverhältnisse im Rheinwasser hinweisen, sondern auf das durch Schwall-/Sunkbetrieb bedingte vorübergehende Trockenfallen von Substratflächen. Im Vorderrhein, wo wesentlich geringere Schwallamplituden herrschen, liegen die Sauerstoffansprüche der Kieselalgen gemäss der Referenzvorstellung weitgehend bei 100%.

Auch im Alpenrhein sind diese Referenzvorstellungen mit zunehmender Distanz zum Hinterrhein erfüllt, wobei bei Haldenstein möglicherweise die gereinigten Abwässer der ARA Chur mit dazu beitragen, dass dort auch Arten leben, die gewisse organische Belastungen tolerieren (rote Anteile).

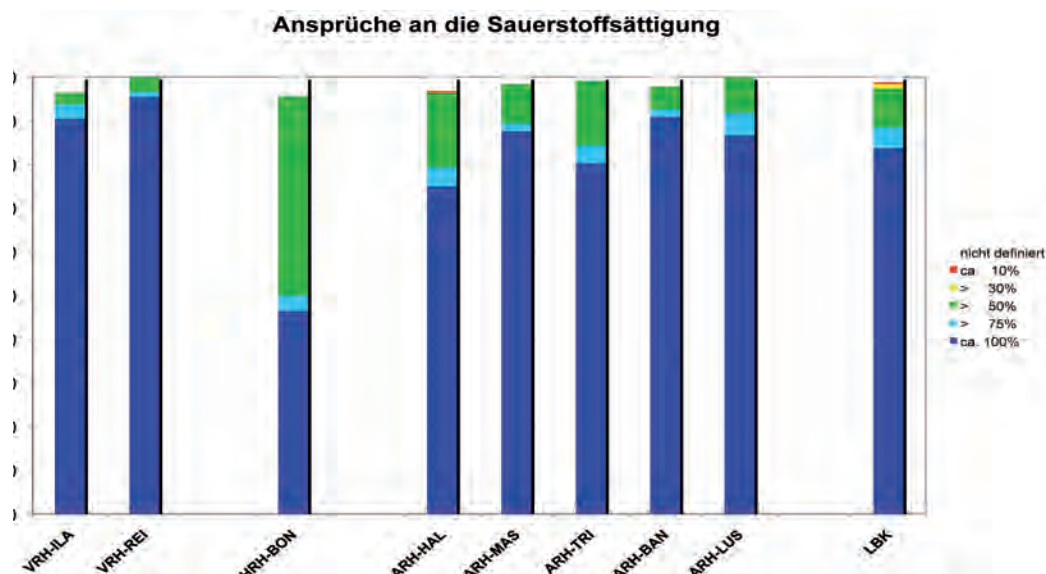


Abb. 72: Ansprüche der Kieselalgen an die Sauerstoffsättigung.



## Hinweise auf weitere Belastungen

Bereits bei Betrachtung der Ansprüchen an die Sauerstoffsättigung wurde deutlich, dass die Index-Werte von Kieselalgen nicht immer nur auf einen, sondern auf verschiedene Faktoren zurückgeführt werden können. So wurde im Hinterrhein bei Bonaduz und im Alpenrhein bei Triesen ein für die Schweiz ungewöhnlich starkes Aufkommen der Art *Cymbella sinuata* nachgewiesen. Diese Art tritt oft bei guten Wasserqualitäten auf. Bemerkenswerter ist in diesem Zusammenhang aber ein Hinweis von KRAMMER & LANGE-BERTALOT [127], dass *Cymbella sinuata* im Gebirge etwas häufiger an so genannten „aerischen“ Standorten vorkommt; das bedeutet, dass sie vorübergehendes Trockenfallen überdauern kann. Möglicherweise wird die Art also durch Schwall-Sunk-Verhältnisse sogar gefördert, da sie an der Stelle mit der grössten Amplitude auch die grössten relativen Häufigkeiten zeigt.

Hinweise darauf, dass hydraulische Belastung die Architektur der Kieselalgen-Gesellschaft beeinflusst, gab es an mehreren Stellen im Alpenrhein. Ständige oder oft eintretende Störungen (Schwall-/Sunk, Trübungen, Schwachlicht etc.) könnten für die Dominanz der Arten der Gattungen *Achnanthes* und *Cocconeis* verantwortlich sein. Bei ihnen handelt es sich generell um Pionierarten, bzw. auch um Arten (z. B. *Cocconeis placentula*), welche das Substrat „pflastersteinartig“ oder mit nur kurzem Gallertstiel besiedeln. Aber auch weitere Befunde deuten darauf hin, dass sich kein stabiler Kieselalgenaufwuchs etablieren kann:

- der Anteil kleiner oder sehr kleiner Arten (< 10 µm bis < 20 µm Länge) war hoch .
- viele Arten besiedelten das Substrat nur flächig; es konnten kaum Taxa gefunden werden, die durch Koloniebildung oder mit langen Gallertstielen in die fliessende Welle reichten.

Auch die mehr oder weniger starke Lichtdurchflutung der bewachsenen Sohle spielt im Alpenrhein mit seiner Trübebelastung eine grosse Rolle für die Zusammensetzung der Kieselalgen-Gesellschaften. Hierfür ein Beispiel: das Taxon *Achnanthes atomus*, eine sehr kleine Art, trat gehäuft mit Anteilen um rund 50 % rH im Alpenrhein bei Lustenau, allerdings auch im Liechtensteiner Binnenkanal auf. Sie nimmt erfahrungsgemäss solch hohe Anteile erst an tieferen Stellen ein, weil sie vermutlich an Schwachlicht adaptiert und dort konkurrenzfähiger ist als im Uferbereich.

## Betrachtung der Anteile von Kieselalgen-Gruppen

Die Darstellung der Anteile unterschiedlicher D-Gruppen (Gruppen gleicher Zustandsklasse) zeigen zum Teil deutliche Unterschiede zwischen den 9 analysierten Proben. Der Anteil der Arten, welche für unbefriedigende oder schlechte Verhältnisse typisch sind (Zustandsklassen 5 und 4, rot und orange), war mit weniger als 2% rH in allen Proben gering. Obwohl beim DI-CH Index ebenfalls noch im „sehr guten“ Bereich, gab es im Liechtensteiner Binnenkanal Hinweise auf weitergehende Belastungen (Abb. 72, hoher Anteil an Zustandsklasse orange, „unbefriedigend“). Hier kommen mit *Cyclotella meneghiniana* und *Navicula gregaria* zwei eher salztolerante Arten vor. Zudem weisen die grossen Arten wie *Cymatopleura solea*, die eher Schlamm besiedelt, und *Epithemia argus*, die auch in Wasserpflanzenbeständen (!) vorkommt auf organisch belastete Substrate hin.

Für den Hinterrhein, aber auch für die Stellen im Alpenrhein und im Liechtensteiner Binnenkanal wurde ein beachtlicher Anteil mässiger Belastung (Abb. 72, Zustandsklasse 3, gelb) angezeigt. Verantwortlich dafür war vor allem das starke Vorkommen von *Cocconeis placentula*. Dieses Taxon führt bei Anteilen > 10 % rH oft zur Überschreitung von Zielwerten nach GSchV. Diese Zielwertüberschreitung gilt vor allem für die Nährstoffe und weniger für den DOC-Gehalt.

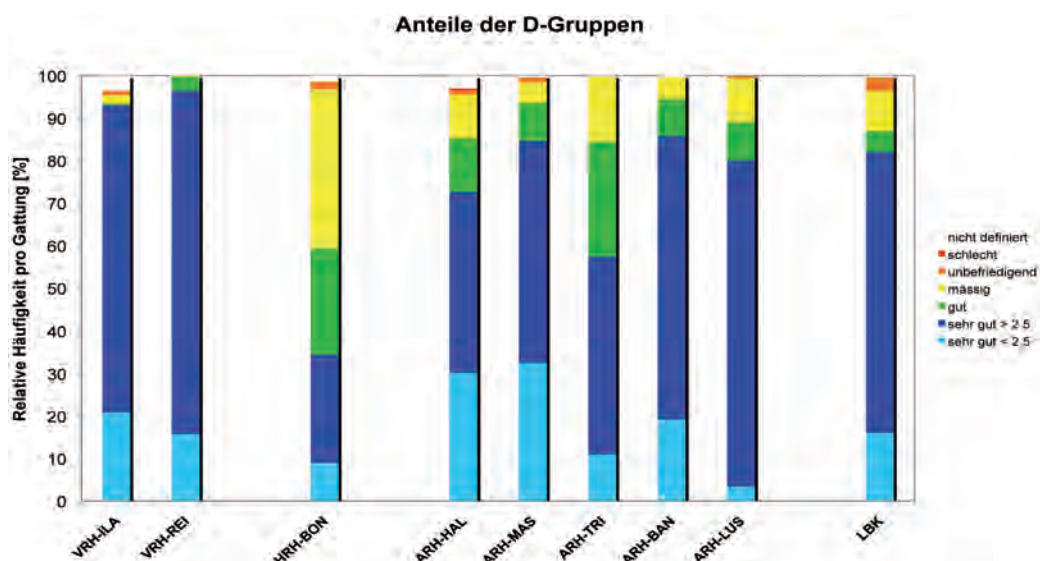


Abb. 72: Anteile der D-Gruppen resp. Anteile der Arten, welche zur selben Zustandsklasse zusammengefasst werden können (gemäss BAFU Modul Kieselalgen).

## Zielarten

Im Gegensatz zu den Makroinvertebraten und den Fischen können auf Basis der bisherigen Analysen unter den Kieselalgen noch keine Zielarten oder -gemeinschaften für den Alpenrhein definiert werden. Generell sollten sich Verbesserungen der hydrologischen und morphologischen Verhältnisse aber in einer höheren relativen Häufigkeit von Taxa niederschlagen, die für ihre Entwicklung stabilere Lebensraumverhältnisse und eine stärkere Lichtdurchflutung benötigen. Für die vorliegenden Proben wurden lediglich Steinsubstrate besammelt, weil für die biologische Charakterisierung die Vergleichbarkeit gewährleistet sein sollte. Eine Untersuchung weiterer Substrate mit möglicherweise vielfältigerer Besiedlung steht noch aus und könnte bessere Hinweise auf Artendefizite geben. Betrachtet man die Rote Liste für Kieselalgen von Deutschland, fällt auf, dass der Anteil an Arten mit einem gewissen Gefährdungs- und damit Schutzstatus im Alpenrhein in den bisherigen Proben sehr gering war (Abb. 73, rote Anteile).

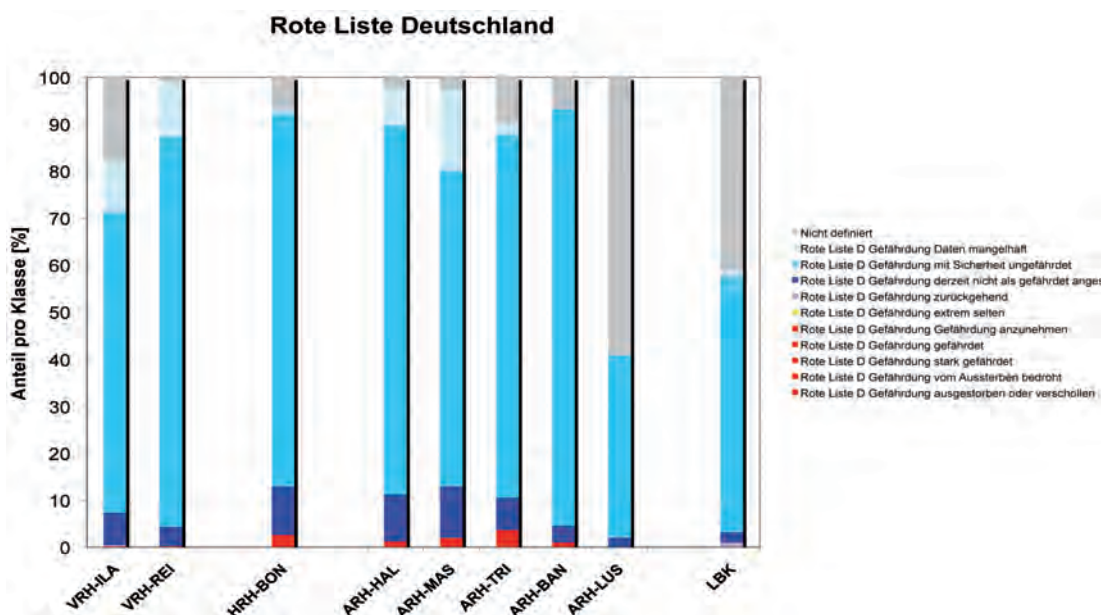


Abb. 73: Rote Liste Arten der Kieselalgen gemäss Listen von Deutschland.



### 4.3 Beurteilung der Ergebnisse

Die Kieselalgen-Lebensgemeinschaften des Alpenrheins und seiner Zuflüsse waren eher artenarm und wenig divers. Dies ist eher untypisch für grosse Flüsse, welche oft 30 und mehr Taxa aufweisen. Andererseits sind die diesbezüglichen Biozönosen alpiner Flüsse wenig erforscht, so dass noch keine sichere Bewertung gemacht werden kann. Untersuchungen an der Rhône im November 2010 zwischen Gletsch und Naters ergaben ebenfalls zum Teil sehr tiefe Taxazahlen zwischen 13 und 25 (bis 30) Taxa. Insofern könnte sich zeigen, dass insbesondere trübe Fliessgewässer (verursacht durch Gletscher, Kiesabbau, Schwall-/Sunk etc.) eher artenarm sind.

Die Lebensgemeinschaften im Untersuchungsgebiet werden durch wenige Arten dreier Gattungen dominiert, die als Pionierarten bekannt sind. Diejenigen des Vorderrheins und des Hinterrheins weisen dabei nur sehr geringe Ähnlichkeiten auf (Abb. 69, 72). Im Alpenrhein vermischen mit dem Zusammenfluss von Hinter- und der Vorderrhein bei Reichenau auch Kieselalgen-Biozönosen. In Mastrils wie auch in Bangs erreichen sie dann hinsichtlich der dominierenden Taxa wieder eine grosse Ähnlichkeit mit der Stelle im Vorderrhein bei Ilanz (Abb. 69). Die Artenübereinstimmung nach JACCARD war dabei aber generell eher gering.

Vergleicht man alle Stellen miteinander, dann wird ersichtlich, dass sich 10 Stellen untereinander hinsichtlich des Indexes RENKONEN [63] (Ähnlichkeit vor allem infolge der dominierenden Taxa) sehr ähnlich waren. Der Hinterrhein unterschied sich von allen anderen Stellen hinsichtlich der Artenübereinstimmung [48] sowie der dominierenden Taxa [63]. Dies liegt zu einem grossen Teil an den beiden Arten *Cymbella sinuata* und *Cocconeis placentula*, wobei mindestens *Cymbella sinuata* mit grosser Wahrscheinlichkeit sogar durch den Schwall-/Sunkbetrieb gefördert wird. Vorderrhein und Alpenrhein wiesen dagegen oft ähnliche Kieselalgen-Lebensgemeinschaften auf; die Alpenrheinstelle bei Lustenau ähnelte gar derjenigen im Liechtensteiner Binnenkanal. Die Ähnlichkeiten basieren aber weitgehend auf den dominierenden Taxa und weniger auf einer vergleichbaren Artenzusammensetzung.

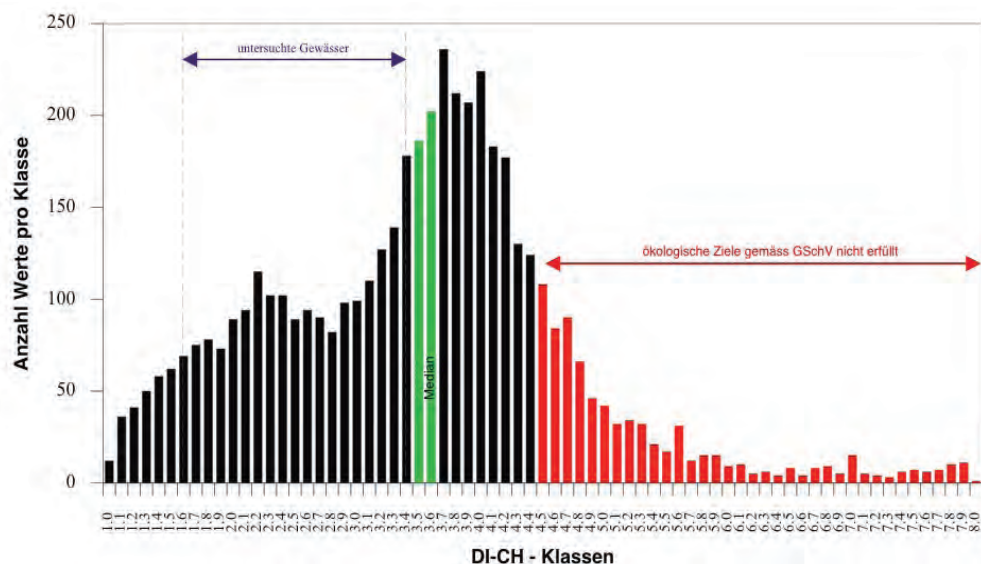


Abb. 74: Bereich der DI-CH-Werte der untersuchten Gewässer im Vergleich zur Verteilung der DI-CH-Werte Schweizer Fliessgewässer (Zeitraum: 1990-2010). Datenbasis der DI-CH-Werte: Datenbank BIS AquaPlus, 4'830 Kieselalgen-Zähllisten.

Die Kieselalgen-Lebensgemeinschaften indizieren eine biologische Wasserqualität, die im Vorderrhein wie auch im Alpenrhein bei Mastrils mit Werten unter 1,9 als sehr gut und den Erwartungen entsprechend eingestuft werden kann. Bei allen anderen Stellen lag der Indexwert DI-CH bei Werten von 2.7 bis 3.4 und damit die biologisch indizierte Wasserqualität für einen Alpenfluss eher hoch (Abb. 74). Sie entsprach aber überall den ökologischen Zielen gemäss GSchV.

### **Verwendung der Proben zur Berechnung von Güteindices**

Die für das Makrozoobenthos bereits angesprochenen Einschränkungen für die Verwendung der Alpenrheinproben zur Berechnung von Güteindices gelten natürlich auch für die Kieselalgen. Was grosse alpine Fließgewässer betrifft, liegt auch hier bisher nur unzureichende Erfahrung vor. Dennoch erscheinen uns die oben aufgeführten Zusammenhänge zwischen Güteindices und den offensichtlichen Gewässerdefiziten und den relativen Unterschieden in der Bewertung der Stellen etwas plausibler als beim Makrozoobenthos. Dennoch gibt auch der DI-CH-Index einen nur unzureichenden Hinweis auf die eigentlichen Gewässerschutzprobleme am Alpenrhein, der Schwall-Sunk-Belastung, der Trübe und der Strukturarmut.



## 5. Sonderuntersuchung Jungfische und Kleinfische

Wie die Benthosorganismen, so reagieren auch die Fische besonders stark auf Defizite, wie sie im Alpenrheingebiet häufig auftreten. Fische sind aber anders als Wirbellose relativ langlebig und zeigen damit Effekte von längerfristigen Veränderungen und Umwelteinflüssen an. Sie sind dabei gute Indikatoren für den morphologischen und hydrologischen Gewässerzustand. Ihre Mobilität und die Wanderungen lassen ausserdem Rückschlüsse auf die Durchgängigkeit und Vernetzung der Gewässer zu. Auch methodisch bieten Fischuntersuchungen Vorteile: Fische sind elektrisch einfach zu behändigen und relativ einfach und vor Ort zu bestimmen; ihre ökologischen Ansprüche sind darüber hinaus gut bekannt [33, 65, 72, 73, 74].

Zwischen der Rheinregulierung mit dem Verlust der Auengewässer und dem massiven Artenrückgang in der Fischfauna besteht ein direkter Zusammenhang [26, 28, 36]; Querbauwerke, das Absinken der Rheinsohle und des Grundwasserspiegels, Trübe und Schwall im Alpenrhein [25, 35, 44] sowie Abwassereinleitungen sind weitere anthropogene Einflüsse, die sich negativ auf die Produktivität, die Gesundheit und die Zusammensetzung der Fischfauna im Alpenrhein ausgewirkt haben.

### Bedeutung von Jung- und Kleinfischuntersuchungen

Die Jungfische der meisten Fischarten in Fließgewässern haben differenziertere Ansprüche an ihren Lebensraum als Adulttiere derselben Art. Gerade in Bezug auf ihre Toleranz gegenüber Abflussschwankungen und Strömungen sind Jungfische in allen Fällen empfindlicher als ihre schwimmstärkeren Eltern. Besonders in degradierten Gewässern spielen die Lebensräume für Jungfische und das Vorhandensein von geeigneten Fortpflanzungsbedingungen daher eine entscheidende Rolle bei der Bestandsbildung der jeweiligen Art. Findet man Jungfische der letzten Generation in höheren Dichten, die nicht auf Besatz zurückgehen, so kann man mit ziemlicher Sicherheit davon ausgehen, dass deren Reproduktionsgebiete nicht weit entfernt vom Fangort liegen [17]. Zwar sind dabei Distanzen von mehr als 500 m sicher möglich, aber nach unserer Einschätzung eher die Ausnahme. Strukturabfischungen haben gezeigt, dass Jungfische aller Arten in stark strömenden Gewässern in der Regel sehr ortsbunden sind und nach dem Schlupf noch keine grösseren Strecken zurücklegen.

Auch Kleinfischarten, etwa bodenorientierte Arten wie Gropfen und Schmerlen, aber z.B. auch die nur selten mehr als 15 cm langen Strömer, benötigen spezifische Habitate zur Reproduktion und als Standort. Dabei liegen auch die Adult- und Jugendhabitate in der Regel räumlich deutlich näher zueinander als bei schwimmstarken und grösseren Fischarten.

Fischökologische Bestandsaufnahmen am Alpenrhein fanden bisher vor allem abschnittsweise statt [26, 27]. Darüber hinaus existieren aussagekräftige Fangstatistiken der Alpenrheinländer und -kantone. Eine Sonderuntersuchung Jungfische und Jungfischhabitate fehlte aber bisher und wurde nun aus verschiedenen Gründen in das Programm des Basismonitorings aufgenommen:

- der Nachweis von Jungfischen und Fischbrut gibt Hinweise auf die Eignung von Mesohabitaten als Jungfischlebensraum (s.o);
- der Nachweis von Jungfischen und Fischbrut kann überdies Hinweise auf das lokale Reproduktionsgeschehen verschiedener Arten geben (s.o);
- nicht zuletzt bestanden im Rahmen des Benthosmonitorings die Möglichkeiten und personellen Kapazitäten, verschiedene kleinräumige Habitate auch auf ihren Fischbestand hin zu untersuchen.

Im Rahmen vorliegender Untersuchung wurde besonderes Augenmerk auf den Fangort (Strukturbezogene Befischung) von Jungfischen und deren jeweilige Dichten gelegt. Dabei war nicht das tatsächliche Alter der

gefangenen Individuen entscheidend, sondern deren Körpergrösse und damit deren funktionelle Zugehörigkeit zur Grössenklasse der Jungfische. Diese Grössenklasse sollte jeweils von Individuen der Altersklassen 0+ und 1+ dominiert werden. Für die Analyse wurden folgende Grenzen festgesetzt:

Tab. 7: Definition des Status „Jungfisch“ mit Habitatbindung bei unterschiedlichen Fischarten im Alpenrhein.

Fischart	Jungfisch, wenn Körperlänge
<b>Schwimmstarke, grössere Arten</b>	
Äsche ( <i>Thymallus thymallus</i> )	< 20 cm
Alet ( <i>Leuciscus cephalus</i> )	< 15 cm
Bachforelle ( <i>Salmo trutta</i> )	< 15 cm
Hasel ( <i>Leuciscus leuciscus</i> )	< 15 cm
Laube ( <i>Alburnus alburnus</i> )	< 12 cm
Regenbogenforelle ( <i>O. mykiss</i> )	< 15 cm
Rotaugen ( <i>Rutilus rutilus</i> )	< 15 cm
unbest. Cypriniden-Jungfische	< 5 cm
<b>Klein- und Bodenfische</b>	
Groppe ( <i>Cottus gobio</i> )	< 8 cm / aber alle Grössen indikativ
Schmerle ( <i>Barbatula barbatula</i> )	< 8 cm / aber alle Grössen indikativ
Strömer ( <i>Leuciscus souffia</i> )	< 12 cm / aber alle Grössen indikativ

## Untersuchungsabschnitte und -stellen, Methodik

Herkömmliche Fischbestandsaufnahmen müssen über grössere Streckenabschnitte durchgeführt werden, um alle Habitatstypen eines Abschnitts integral zu erfassen und eine für die Beurteilungen ausreichend grosse Anzahl an Fischen behändigen zu können [26]. Bei den Sonderuntersuchungen Jungfische kam es dagegen darauf an, einzelne ufernahe Mesohabitate so sorgfältig wie möglich zu befischen, um auch alle kleineren Fischarten und alle Altersklassen zu erfassen und eine eindeutige Zuordnung zum Habitat-Typ zu ermöglichen. Ausserdem bot die umfassende Untersuchung jeder Probestelle im Rahmen des Benthosmonitorings auch die Möglichkeit, weitere fischökologische Aspekte zu erfassen, wie das Vorhandensein von Laichgruben oder der Nachweis von Fischen, die bei Sunk gestrandet sind.

Insgesamt konnten im Alpenrhein sowie in den beiden Unterlaufstellen von Vorder- und Hinterrhein 26 ufernahe Bereiche habitatbezogen befischt werden. Bei der elektrischen Befischung kam jeweils nur eine Stangenanode zum Einsatz. Naturgemäss konnten so die grösseren Fische nur dann behändigt werden, wenn sie sich ebenfalls im ufernahen Bereich aufhielten und keine zu frühe Fluchtreaktion zeigten. Gefangene Fische wurden direkt bestimmt, vermessen und anschliessend wieder in das Gewässer entlassen. Dabei wurden Auffälligkeiten wie Deformationen, Verletzungen und äusserlich sichtbare Anzeichen für Krankheiten dokumentiert. Die Befischungen fanden zwischen dem 05.11.2009 und dem 11.11.2009 statt.

Entsprechend der strukturellen Vielfalt der Probestellen und deren jeweiliger Befischbarkeit wurde eine unterschiedliche Zahl von Mesohabitaten pro Stelle befischt. Jeder so befischte Abschnitt wurde mit GPS-Koordinaten als Anfangspunkt und Endpunkt, geschätzter effektiv befischter Breite und Fotos dokumentiert (Tab. 8, Abb. 82). Damit sind die Befischungsdaten als halb-quantitativ anzusehen, was eine Umrechnung auf Einheitsfänge möglich macht. Weiterhin wurden die Strecken entsprechend ihrer Ausprägung unterschiedlichen Mesohabitatstypen zugeordnet, die aspektbildend über den gesamten Alpenrhein hinweg vorzufinden sind.



Tab. 8: Zusammenstellung der befischten Strecken nach ihrem jeweils prägenden Mesohabitatstyp, Datum der Befischung, Streckenlänge, effektiv befischter Breite und verwendetem Elektrofischereigerät. Die Probestellen sind in chronologischer Reihenfolge der Befischung aufgeführt.

Probestelle	Teilstrecke	prägendes Mesohabitat	Habitattypen (vgl. Kap. 5.3)	Datum	effektive Strecke	effektive Breite	E-Gerät
Vorderrhein Reichenau	VRH-Reichenau 1	Flachbereiche 1	A3 + A4	05.11.09	72 m	4 m	3 kW
	VRH-Reichenau 2	Tiefe Uferbereiche 1	A2 (B1)	05.11.09	148 m	2,5 m	3 kW
Hinterrhein Bonaduz	HRH- Bonaduz 1	Flachbereiche 2	A4	05.11.09	30 m	3 m	3 kW
	HRH- Bonaduz 2	Flachbereiche 3	A3	05.11.09	42 m	4 m	3 kW
	HRH- Bonaduz 3	Tiefe Uferbereiche 2	B1	05.11.09	115 m	4 m	3 kW
	HRH- Bonaduz 4	Hinterwasser 1	C1	05.11.09	110 m	4 m	3 kW
	HRH- Bonaduz 5	Hinterwasser 1	C2	05.11.09	60 m	4 m	3 kW
Alpenrhein Haldenstein	ARH-Haldenstein1	Flachbereiche 1	A4	06.11.09	170 m	4 m	3 kW
	ARH-Haldenstein2	Tiefe Uferbereiche 1	B1	06.11.09	150 m	3,5 m	3 kW
Alpenrhein Triesen	ARH- Triesen 1	Hinterwasser 1a	C3	07.11.09	70 m	3,5 m	3 kW
	ARH- Triesen-2	Flachbereiche 1	A4	07.11.09	128 m	5 m	3 kW
	ARH- Triesen 3	Tiefe Uferbereiche 1	B1	07.11.09	65 m	2 m	3 kW
Alpenrhein Mastrils	ARH- Mastrils 1	Hinterwasser 1	C2	08.11.09	107 m	3 m	3 kW
	ARH- Mastrils 2	Flachbereiche 2	A3	08.11.09	60 m	3 m	3 kW
	ARH- Mastrils 3	Tiefe Uferbereiche 2a	B1	08.11.09	83 m	3 m	3 kW
	ARH- Mastrils 4	Flachbereiche 2	A1	08.11.09	37 m	4 m	3 kW
	ARH- Mastrils 5	Flachbereiche 1	A4	08.11.09	143 m	3,5 m	3 kW
	ARH- Mastrils 6	Tiefe Uferbereiche 2	A2	08.11.09	157 m	3,5 m	3 kW
Alpenrhein Bangs	ARH- Bangs 1	Hinterwasser 1	A4 + C3	09.11.09	133 m	3 m	3 kW
	ARH- Bangs 2	Hinterwasser 1a	C3	09.11.09	50 m	3 m	3 kW
	ARH- Bangs 3	Hinterwasser 2a	A3	09.11.09	33 m	2 m	3 kW
	ARH- Bangs 4	Tiefe Uferbereiche 1a	B1	09.11.09	237 m	3 m	3 kW
	ARH- Bangs 5	Flachbereiche 1	A4	09.11.09	140 m	4,5 m	3 kW
Alpenrhein Lustenau	ARH-Lustenau 1	Tiefe Uferbereiche 3	B1	11.11.09	180 m	3,5 m	8 kW
	ARH-Lustenau2	Hinterwasser 3	B2	11.11.09	180 m	4 m	8 kW
Sonderstelle Alpenrhein Buchs	ARH- Buchs 1	Sonderstruktur Blockwurf Buchser Schwelle	B1	10.11.09	80 m	3,5 m	8 kW

## 5.1 Artenspektrum und Verbreitung

Im Rahmen des Sonderprogramms Jungfische und Kleinfische konnten im Alpenrhein insgesamt 18 Fischarten nachgewiesen werden (Abb. 75). Diese Zahl liegt vermutlich deswegen über derjenigen der fischökologischen Bestandsaufnahme 2005 [27], weil die aktuelle Untersuchung mit Lustenau auch eine Stelle im Einflussbereich des Bodensees berücksichtigte. Dass andererseits bis auf die Stelle Buchs jeweils nur im Bereich der Benthosprobestellen gefischt wurde, mag belegen, dass das Angebot an geeigneten Mesohabitaten begrenzt ist und die ufernah stehenden Fische auch mit vergleichsweise kleinräumigen Untersuchungen erfasst werden können. Allerdings können so wieder keine Ergebnisse über die Aktivitäten wandernder Fischarten wie Seeforelle, Regenbogenforelle, Felchen, Barbe, Nase oder Hasel gewonnen werden.

### Fischzönose oberhalb der Ellhornschwelle

Wie schon die erwähnte Bestandsaufnahme 2005 [27] zeigte, stellt die Sohlschwelle am Ellhorn (Fluss-Km 34,1) eine für Fische zoogeografisch relevante, aber künstliche Grenze dar. Für grössere Wanderfische wie Seeforellen, grosse Bachforellen und Regenbogenforellen stellt sie kein echtes Hindernis dar, anderen Arten scheint dagegen ein Aufstieg in grösserem Umfang nicht zu gelingen. Im aktuellen Programm konnten oberhalb der Ellhornschwelle nur Bachforellen (*Salmo trutta fario*), Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*) und Gropfen (*Cottus gobio*) nachgewiesen werden. Regenbogenforellen waren oberhalb Mastrils nicht mehr im Fang. Sie tauchen dagegen in der Bestandsaufnahme 2005 [27] und Aufstiegskontrollen am KW Reichenau in relativ geringer Zahl auf [AJF Graubünden, Jahres-Ergebnisse der Reusenfänge]. Strömer (*Leuciscus souffia agassizi*) konnten wir im Rahmen von Fischbestandsaufnahmen im Bereich der Landquartmündung (Seeforellen-Laichfischfang Nov. 2009) und an der Mündung des Malanser Mühlbachs bei Maienfeld nachweisen (Bestandserhebung Feb. 2010); auch bei den Bestandsaufnahmen 2005 war diese Fischart im oberen Rheinabschnitt vertreten [27].

Zum Artenkomplex der Bachforelle zählt auch die Bodensee-Seeforelle (*Salmo trutta lacustris*). Im Hinterrheinsystem steigen Laichfische bis zur Via-Mala-Schlucht (Ronggellen), in der Albula bis zur Ruine Campi [F. Bebi, mündl. Mitt.] und im Vorderrheinsystem bis über Tavanasa hinaus [R. Tomaschett, mündl. Mitt.] auf [35]. Bevor junge Seeforellen in Richtung Bodensee zurückwandern, sind sie von Bachforellen gleicher Grösse und gleichen Alters nicht zu unterscheiden [35]. Aus diesem Grund werden Bachforellen und juvenile Seeforellen in vorliegendem Bericht als Bachforellen zusammengefasst. Es ist wahrscheinlich, dass beide Typen/Unterarten im Jungfisch-Fang vertreten waren. Hierfür sprechen folgende Tatsachen:

- im gesamten Alpenrheingebiet werden sowohl Seeforellen als auch Bachforellen besetzt;
- laichwillige Seeforellen suchen zur Fortpflanzung erreichbare Gewässer- und Gewässerabschnitte im System bis über die Untersuchungsstellen hinaus auf;
- mehr oder weniger standorttreue Bachforellen kommen natürlicherweise praktisch im gesamten Alpenrheinsystem vor.

### Fischzönose zwischen Ellhorn und Bodensee

Schon an der obersten Probestelle unterhalb der Ellhornschwelle, bei Triesen, nahm die Artenzahl im Fang zu. Hier wurden folgende Arten nachgewiesen (alphabetische Reihenfolge): Alet (*Leuciscus cephalus*), Äsche (*Thymallus thymallus*), Elritze (*Phoxinus phoxinus*), Giebel (*Carassius gibelio*), Groppe, Regenbogenforelle und Strömer. Ausserdem wurden an dieser Probestelle knapp 300 im Feld nicht bestimmbar Cyprinidenjungfische gefangen. Dabei handelte es sich wahrscheinlich ebenfalls um Strömer und Alet; allerdings ist auch nicht auszuschliessen, dass das Artenspektrum im Fang noch grösser war.



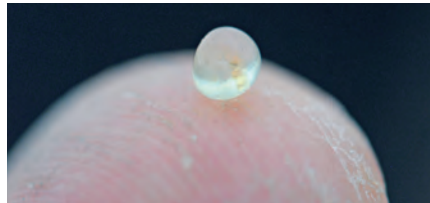
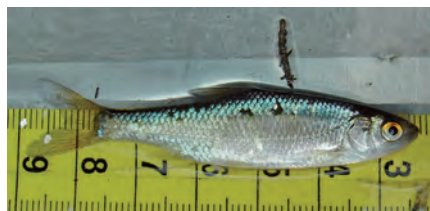
Bachforelle (*Salmo trutta fario*) ● (A,CH) ● (FL)Seeforelle (*Salmo trutta lacustris*) ● (CH, FL)Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) NEÄsche (*Thymallus thymallus*) ● (A, CH, FL)Felchen (*Coregonus sp.*); Ei ● (CH) ● (A, FL)Alet (*Leuciscus cephalus*) ● (FL)Hasel (*Leuciscus leuciscus*) ● (A) ● (FL)Strömer (*Leuc. souffia*) ● (CH, FL) ● (A), FFH IIGiebel (*Carassius gibelio*) NELaube (*Alburnus alburnus*) ● (FL)Rotaue (*Rutilus rutilus*) ● (FL)Elritze (*Phoxinus phoxinus*) ● (A, FL)Aal (*Anguilla anguilla*) ● (A, CH, FL). IUCN: critically endangeredKaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus*) NETrüsche (*Lota lota*) ● (A, FL)Stichling (*Gasterosteus aculeatus*) ● (CH) NE (A)Schmerle (*Barbatula barbatula*)Groppe (*Cottus gobio*) ● (A, CH, FL)

Abb. 75: Im Rahmen des Sonderprogramms nachgewiesene Fischarten im Alpenrhein und in den Unterläufen von Vorder- und Hinterrhein. Gefährdungsstufen: ● = potentiell gefährdet; ● = gefährdet, verletzlich; ● = stark gefährdet; ● = vom Aussterben bedroht.

Richtlinien nach FL [67], A [80], CH [12]. NE=Neozoon für das betrachtete Gebiet. Fotos: HYDRA ©.

Auch die Sohlschwelle auf Höhe Buchs/Schaan (Rhein-km 49,6) scheint als Verbreitungsgrenze für einzelne Arten zu wirken. So wurden nur an den Stellen unterhalb der Buchser Schwelle (Bangs, Lustenau) regelmässig auch Trüschchen (*Lota lota*) gefangen. Nach Berichten der Fachstelle St. Gallen [R. Riederer, F. Fehr, mündl. Mitt.] sowie seitens mehrerer Angelfischer kam es im Alpenrhein unterhalb der Buchser Schwelle bereits ab September zu einer ungewöhnlich starken Einwanderung flusslaichender Felchen (*Coregonus sp.*) aus dem Bodensee. Im Rahmen der Benthosuntersuchungen konnten auch an allen stichprobenartig kontrollierten Flächen unterhalb Buchs Felcheneier auf dem Substrat nachgewiesen werden; in der Regel lagen die Dichten bei  $< 50$  Eier/m<sup>2</sup>.

An der Probestelle Lustenau, rund 10 km vor der derzeitigen Mündung des Alpenrheins in den Bodensee wurde mit 14 Arten die höchste Artenanzahl nachgewiesen. Hier ist die Fischbesiedlung bereits deutlich vom Bodensee geprägt. Im Einzelnen wurden hier folgende Arten gefangen: Aal (*Anguilla anguilla*), Alet, Äsche, Groppe, Hasel (*Leuciscus leuciscus*), Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus*), Laube (*Alburnus alburnus*), Regenbogenforelle, Rotauge (*Rutilus rutilus*), Schmerle (*Barbatula barbatula*), Stichlinge (*Gasterosteus aculeatus*), Strömer und Trüsche, sowie abermals Felcheneier. Es muss hier jedoch darauf hingewiesen werden, dass diese relative Artenvielfalt nur an den vor Kurzem eingebrachten Strukturelementen (Buhnen) nachgewiesen werden konnte, die entsprechende Unterstände und Strömungsschutz darboten.

### Potentiellles Fischartenspektrum

Historisch sind im Alpenrhein 21 Fischarten sicher belegt [27]. Über weitere neun Arten gibt es widersprüchliche Angaben, das Vorkommen von sechs von ihnen erscheint plausibel. Zusammen mit den mindestens vier als neozoisches einzustufenden Arten läge das theoretische Fischartenspektrum im Alpenrhein bei knapp über 30 Arten. Vor allem für die Arten, die auf intakte Flussauen angewiesen sind, bietet der Alpenrhein aber derzeit keine adäquaten Lebensräume mehr. Das potentielle heutige Artenspektrum dürfte daher mit den seit 2005 rund 20 nachgewiesenen Arten (zuzgl. Barbe und Nase) erschöpft sein.

Man kann davon ausgehen, dass Bachforellen und Groppen im gesamten untersuchten Bereich des Alpenrheins vorkommen, auch wenn diese Arten nicht an allen Probestellen gemeinsam nachgewiesen werden konnten. Regelmässige Kontrollen der Rheinzufüsse durch die Fischereifachstellen stützen diese Einschätzung. Auch die neozoische Regenbogenforelle ist wohl im gesamten Alpenrhein und den unteren Abschnitten der Quellflüsse heimisch, erreicht aber nur in den unteren Rheinabschnitten und vor allem in den Binnenkanälen hohe Bestandsdichten. Unterhalb der Ellhornschwelle können nach unserer Einschätzung auch verschiedentlich Flussbarsche (*Perca fluviatilis*), Hechte (*Esox lucius*), Karpfen (*Cyprinus carpio*), Rotaugen, Rotfedern (*Scardinius erythrophthalmus*), Schleien (*Tinca tinca*) und Stichlinge auftreten. Diese Arten sind in unterschiedlicher Dichte in den Binnenkanälen (Saarkanal, Werdenberger BK, Liechtensteiner BK, Rheintaler BK) heimisch, aus denen sie ohne Einschränkung in den Alpenrhein gelangen können. Diese Einschätzung wird durch Angelfänge und Beobachtungen gestützt. Im Alpenrhein selbst stellen solche Arten derzeit aber sicher keine eigenen Bestände, da hierfür geeignete Reproduktions- und Jungfischhabitats fehlen.

Unterhalb der Buchser Schwelle kommen nach Angaben der Fachstellen aus SG, Liechtenstein und Vorarlberg zusätzlich zu den dokumentierten Arten sehr selten auch die rheophilen Arten Barbe (*Barbus barbus*), Gründling (*Gobio gobio*) und Nase (*Chondrostoma nasus*) vor, sowie in grösserer Nähe zur Mündung auch einwandernde Individuen aus dem gesamten Fischartenspektrum des Bodensees (z.B. Brachsen, Wels und Zander). Der letzte Nachweis der früher auch im Alpenrhein häufigen und heute in der gesamten Region stark gefährdeten Kurz-/Mitteldistanz-Wanderfische Barbe und Nase liegt allerdings schon einige Jahre zurück [F. Fehr, mündl. Mitt.].

Durch die aktuell und schon früher nachgewiesenen Eier, Fänge, Beobachtungen und Untersuchungen [26] ist belegt, dass Felchen im frühen Herbst zur Fortpflanzung in den Alpenrhein bis über die Buchser Schwelle hinaus einwandern.



## 5.2 Jungfischdichten

### Vergleich der Einheitsfänge

Abgesehen von Massenfängen in zwei Strecken und abgesehen von der Probestelle Lustenau lagen die Fischdichten (Einheitsfänge) aller vorgefundenen Arten bei weniger als 13 Jungfischen / 100 m<sup>2</sup> Gewässerfläche (Abb. 76). In Triesen wurde in einem Hinterwasserbereich eine grosse Anzahl an Jungfischen von Strömern und nicht bestimmbar Cyprinidenjungfischen gefangen. In den anderen beiden an dieser Probestelle befischten Strecken wurden wieder Gesamtjungfischdichten von unter 5 Individuen / 100 m<sup>2</sup> vorgefunden. An der Hinterrhein-Probestelle Bonaduz wurden an einem einzigen natürlichen und gut strukturierten Flachuferabschnitt massenhaft Bachforellenjungfische gefangen. Bei diesem Abschnitt handelte es sich überdies um eine Besatzstrecke. An allen anderen Abschnitten lagen auch hier Dichten stets unter 10 Jungfischen/100 m<sup>2</sup>.

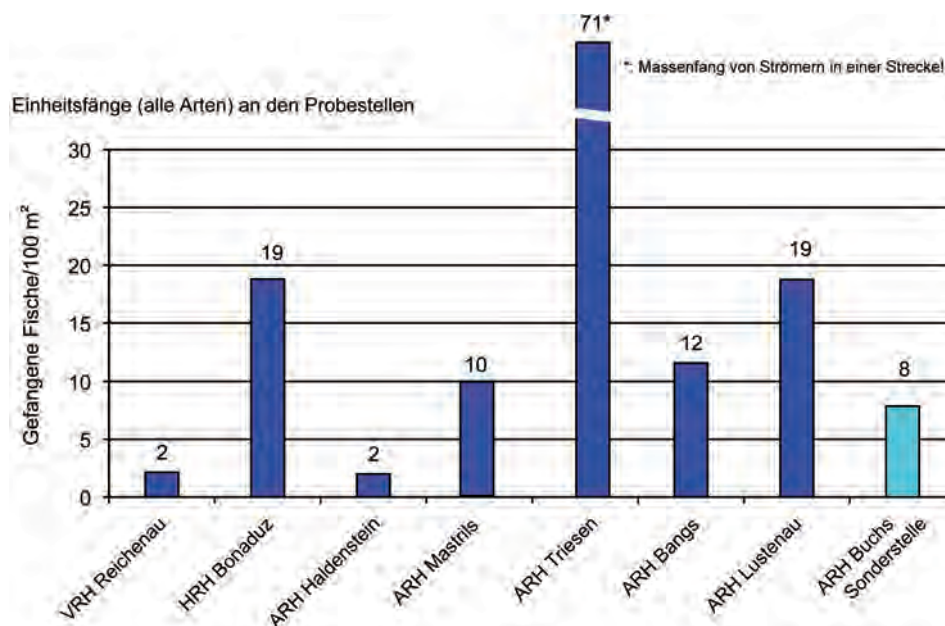


Abb. 76: Jungfischdichten (Einheitsfänge) aller Arten an den im November 2009 befischten Probestellen..

Bei Betrachtung der Jungfischfänge regelmässig gefangener Arten oder von Arten mit Indikator-Funktion zeigen sich folgende Besonderheiten (Abb. 77):

- Mit Ausnahme des oben erwähnten Massenfangs in Bonaduz liegt die Dichte an gefangenen Bachforellenjungfischen an den Probestellen im Mittel stets bei weniger als fünf Individuen/100 m<sup>2</sup>. Die vergleichsweise höchsten Dichten wurden an den Probestellen Bonaduz und Mastrils belegt. An den Probestellen Triesen und Lustenau wurden überhaupt keine Bachforellenjungfische nachgewiesen. Der Rückgang von Bachforellen in unteren, überwiegend hyporhithralen Bereichen des Alpenrheins ist allerdings lange bekannt [26, 27].
- Ab der Probestelle Triesen und flussabwärts an allen weiteren Probestellen wurden Jungfische der Regenbogenforelle dokumentiert, allerdings stets in geringen Dichten.
- Äschenjungfische wurden lediglich an zwei Probestellen (Triesen und Lustenau) nachgewiesen, jeweils als Einzelfang.
- Junge Groppen wurden mit Ausnahme von zwei Probestellen (Haldenstein und Bangs) regelmässig, allerdings in geringen Dichten gefangen. Allerdings ist bei dieser Art von einem gegenüber den meisten anderen

Fischarten reduzierten Fangenerfolg auszugehen. Die Fangzahlen unterschätzen hier den Bestand also stärker.

- Junge Strömer traten - zumeist gemeinsam mit Adulttieren - an geeigneten Mesohabitaten wie bei Triesen und Lustenau in jeweils grosser Anzahl auf. Besonders an letzterer Probestelle wurden ausserdem hohe Dichten an nicht weiter identifizierbaren Cypriniden vorgefunden. Aller Wahrscheinlichkeit nach befanden sich unter diesen weitere kleine Strömer. Obwohl an der Probestelle Mastrils keine Strömer gefangen wurden, gehen wir davon aus, dass im gesamten Alpenrhein - bis etwa zum KW Reichenau hinauf - an geeigneten Standorten noch mehr oder weniger isolierte Strömer-Populationen existieren.

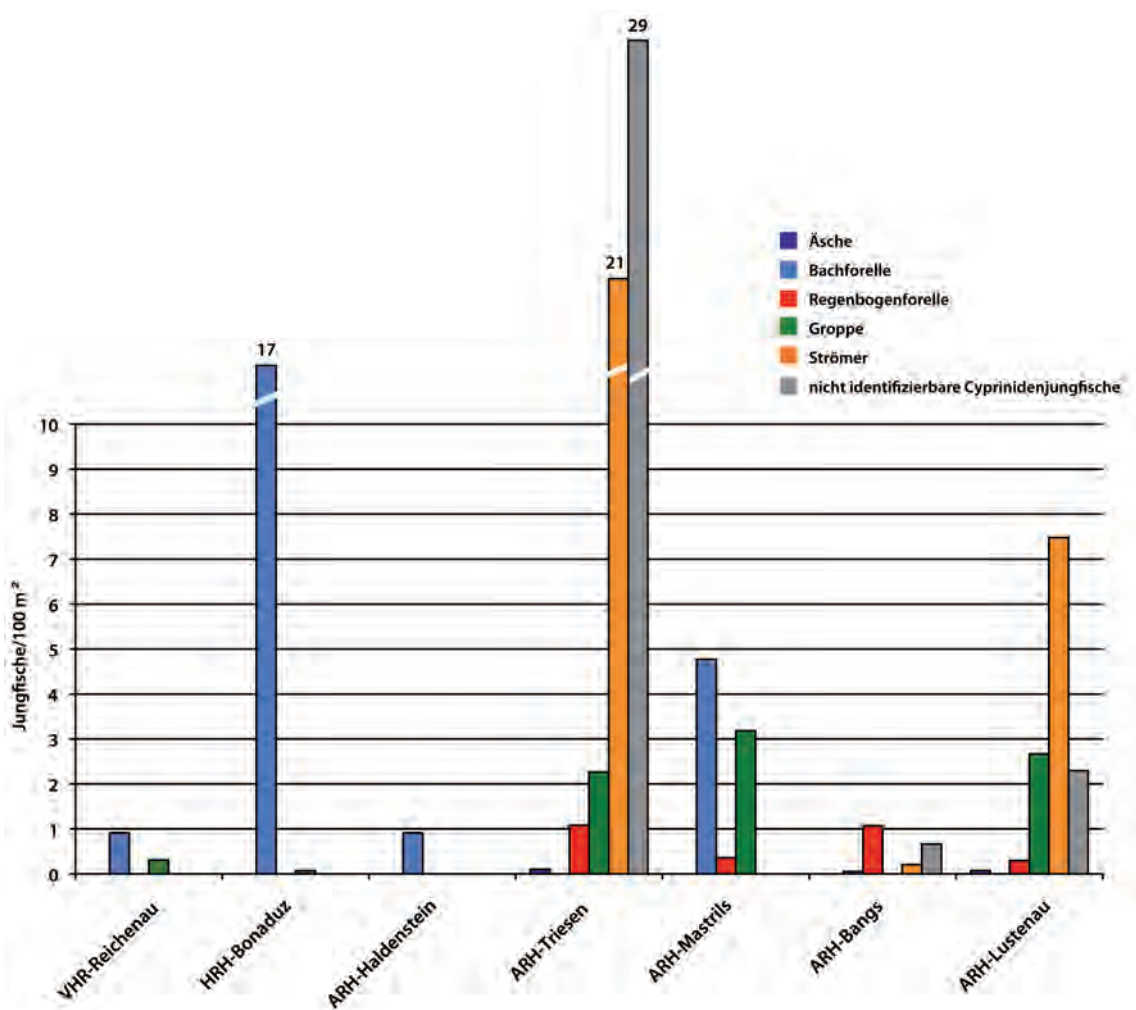


Abb. 77: Jungfischdichten (Einheitsfänge) regelmässig gefangener und/oder wichtiger Fischarten an den im November 2009 befisheten Probestellen.

## 5.3 Fischökologische Bedeutung der Mesohabitate

### Mesohabitat-Typen

Im Rahmen der Untersuchungen konnten Mesohabitate (voneinander unterscheidbare Teillebensräume) befishet werden, die grob den Kategorien Flachuferbereiche, tiefe Uferbereiche und Hinterwasser zugeordnet werden konnten. Eine differenziertere Charakterisierung liefert die Abb. 78. Die Bedeutung uferferner Habitate wird im Bericht zur Bestandsaufnahme 2005 behandelt [27].



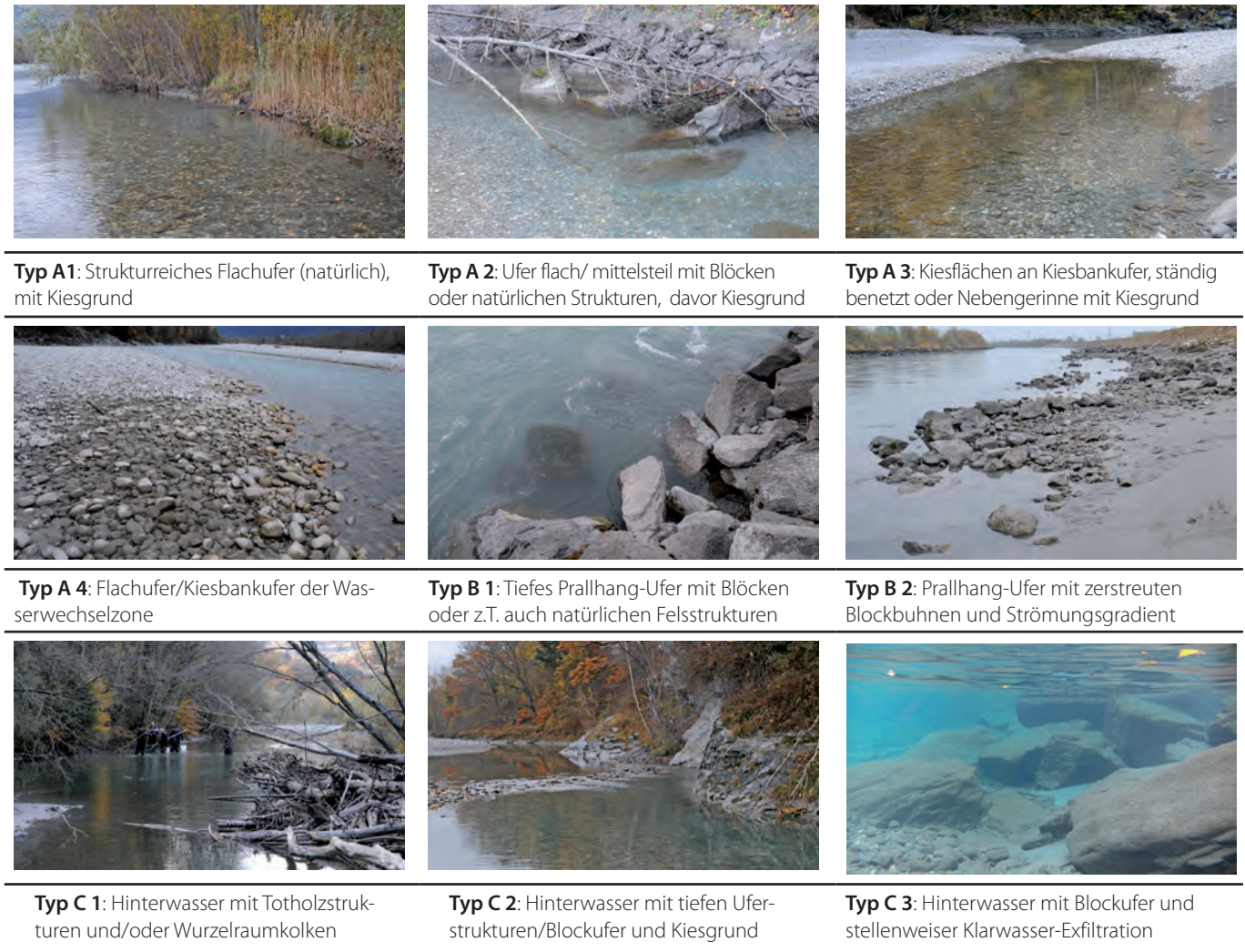


Abb. 78: Ufernahe, fischökologisch relevante Mesohabitate im Alpenrhein/Hinterrhein/Vorderrhein. Fotos: HYDRA ©.

### Habitat-Inventar einzelner Rheinabschnitte

Das Habitat-Inventar wurde anhand der Aufnahmen zum äusseren Aspekt (Kap. 2) und durch eine separate Kategorisierung im Rahmen der Elektrofischungen ermittelt. Hinzu kam die Auswertung eigener Luftbilder der Jahre 2003, 2008 und 2009.

Mesohabitate der Typen **A 1** bis **A 3** sind innerhalb naturnaher Abschnitte (HRH-Bonaduz, ARH-Mastrils) aspektbildend, im Bereich der Kanalabschnitte mit alternierenden Kiesbänken (ARH-Triesen, ARH-Bangs) selten. Innerhalb der Rheinabschnitte unterhalb der Illmündung fehlen solche Mesohabitate in Ufernähe.

Kiesig-steinige Bereiche der Wasserwechselzone (Typ **A 4**) mit mehr oder weniger starken Kolmationen findet man vor allem in den naturnahen Abschnitten im unteren Vorder- und Hinterrhein, im Alpenrhein bei den Mastrilser Auen sowie an den alternierenden Kiesbänken des Rheinkanals bis zur Illmündung.

Tiefe Blockufer des Typs **B 1** ist der häufigste künstliche Mesohabitattyp im Alpenrhein. Man findet ihn überall an hart gesicherten Prallhängen und im gesamten kanalartig ausgebauten Fluss. Besonders ausgeprägt und in Kombination mit dem Hinterwassertyp **C 3** ist er im unteren Anschluss an alternierende Kiesbänke. Natürliche tiefe und gut angeströmte Uferbereiche des selben Typs sind dagegen selten und nur in den schluchtigen Abschnitten von Vorder- und Hinterrhein sowie oberhalb der Landquartmündung anzutreffen. Gut strukturierte tie-

fe oder mitteltiefe Blockufer des Typs **B 2** existieren lediglich innerhalb des revitalisierten Prallhang-Abschnitts bei Lustenau. Die hier eingebrachten Blockbuhnen, kombiniert mit zerstreutem Blockwurf bilden einen differenzierten Strömungsgradienten zwischen Uferkante und Hauptstromrinne.

Weiter von der Strömungsrinne entfernte totholzreiche Hinterwässer des Typs **C 1** sind grossflächiger nur bei HRH-Bonaduz und in kleinen Abschnitten auch bei ARH-Mastrils vorzufinden. Den Typ **C 2** findet man sowohl bei Bonaduz wie auch bei Mastrils. Der Typ **C 3** ist im flussab gerichteten Bereich der alternierenden Kiesbänke aspektbildend, dort oft durch den deutlichen Einstrom von Sohlenfiltrat-Wasser aufgewertet. Ähnliche Strukturen findet man allerdings auch an mehreren Stellen der naturnahen Auenbereiche von Bonaduz und Mastrils, dort jedoch oftmals bei Sunk vom benetzten Gerinne abgeschnitten.

### Unterschiede in der Besiedlung der Habitate

Oberhalb der Ellhornschwelle waren grosse Bachforellen in Flachuferbereichen erwartungsgemäss seltener als in tiefen Uferbereichen und Hinterwässern. An der Hinterrhein-Probestelle Bonaduz wurden in einem bei Sunk vom Hauptgerinne getrennten Seitenarm deutlich weniger Fische gefangen als im Hauptarm. Groppen wurden mit einer Ausnahme nicht in Flachuferbereichen gefangen. Wir interpretieren dies als eine Anpassung an den ausgeprägten Schwall-/Sunkbetrieb. Möglicherweise aus demselben Grund waren Groppen an den oberen Probestellen generell seltener als an den weiter unten gelegenen. Berichte der Jagd- und Fischereiaufsicht Graubünden und eigene frühere Untersuchungen deuten allerdings darauf hin, dass innerhalb der breiten Rhäzünser Auen am Hinterrhein Groppen häufig sind, obwohl dieser Flussabschnitt nicht weit unterhalb zweier Schwallrückleitungen (Rothenbrunnen und Sils/Foppis) liegt. Trotz der im Kapitel 5.6 noch anzusprechenden Sunkverluste scheinen die besonders naturnah ausgeprägten Flussabschnitte bei Rhäzüns und Mastrils mit ihren ausgeprägten Furkationen noch ein deutlich höheres Habitatangebot aufzuweisen als andere Rheinabschnitte.

Unterhalb der Ellhornschwelle wurden in Flachuferbereichen stets weniger Fische gefangen als in Hinterwässern und an tiefen durchströmten Uferabschnitten. Auch hier ist der relative Anteil von Bachforellenjungfischen gegenüber Adulten in Flachbereichen höher. Im Gegensatz zum Ergebnis oberhalb der Ellhornschwelle wurden hier die meisten Groppen in Flachwasserbereichen gefangen und der Anteil der Groppenjungfische war zudem deutlich höher als in grösseren Wassertiefen. Dabei ist allerdings zu bedenken, dass Groppen und insbesondere kleine Individuen in grösseren Wassertiefen deutlich schlechter gefangen werden als in flachen Bereichen. Tiefe Uferbereiche und Hinterwasser zeigen zudem ein deutlich höheres Artenspektrum als Flachuferbereiche.

Das starke Auftreten von Strömern an der Probestelle Triesen ist den als Habitat bestens geeigneten zerstreuten Blockstrukturen im Hinterwasser einer Kiesbank zu verdanken. Hinzu kommt, dass an dieser Stelle ein starker Aufstoss klaren, wärmeren Wassers aus dem Sohlfiltrat existiert. Ähnliche, räumlich stark begrenzte Mesohabitate findet man auch hinter anderen Kiesbänken zwischen Landquart- und Illmündung.

Die als strukturegebunden bekannten Fischarten Bachforelle, Strömer und Trüsche, aber auch die sonst weniger strukturegebundenen Regenbogenforellen wurden im Grossteil der Fälle aus entsprechend geeigneten Schutzstrukturen herausgefangen. Auffällig war, dass viele als geeignet eingestufte Mesohabitate schwach oder ganz unbesetzt waren. In manchen Fällen lag dies an einer sunkbedingt fehlenden, dauerhaften Anbindung an den Hauptstrom wie an der Probestelle HRH-Bonaduz. In anderen Fällen war ein solcher direkter Zusammenhang mit der Schwall-/Sunkproblematik jedoch nicht erkennbar, wie beispielsweise bei VRH-Reichenau, ARH-Haldenstein und ARH-Mastrils. Dieses Phänomen legt den Schluss nahe, dass sich die bereits über lange Zeit wirkenden hydrologischen und strukturellen Defizite im Alpenrhein auch auf die Fischdichten aller Arten negativ ausgewirkt haben. Wir gehen davon aus, dass naturnahe Abschnitte und fischökologisch relevante Habitate zu weit auseinanderliegen und zu kleinflächig sind, um als ökologische Trittsteine wirken zu können.



## Relevanzmatrix und Priorisierung

Für die Beurteilung der fischökologischen Bedeutung verschiedener Mesohabitate, die zusammenfassend in der Relevanzmatrix (Tab. 9) aufgelistet sind, wurden neben den Befischungsergebnissen auch Erkenntnisse aus anderen Untersuchungen mit Strukturbezug herangezogen [17], [Becker & Rey, Arbeiten an der Thur (TG, ZH) und der Sitter (SG, AI), in Bearbeitung]. Bei der Beurteilung der Befischungsergebnisse musste darüber hinaus folgenden Aspekten Rechnung getragen werden:

- dem Befischungszeitpunkt: Anfang November ist davon auszugehen, dass verschiedene Arten bereits strömungsarme Winterhabitate aufgesucht haben;
- dem Scheueffekt bei der Elektro-Fischerei: Fische, die nicht direkt gefangen werden, flüchten in die nächste geeignete Schutzstruktur; werden sie dort gefangen, belegen sie damit die entsprechende Funktion der Struktur.

Auf diese Weise lassen die Ergebnisse neben der Bestimmung der Habitat-Wertigkeit also auch gewisse Aussagen über die Eignung von Mesohabitaten als Wintereinstand und Schutzstruktur zu. Für die in Tabelle 9 aufgeführte Bewertung wurden nur Fischarten berücksichtigt, die für den strukturellen Zustand des Alpenrheins einen eindeutigen Indikatorwert besitzen. Über ein vierstufiges Punktesystem, welches die Eignungen für verschiedene Altersstufen dieser Arten ausdrückt, lassen sich sodann die unterschiedlichen Wertigkeiten der Mesohabitate in einer Punktesumme abschätzen. In einem zweiten Schritt geht die Seltenheit eines Mesohabitats, ebenfalls in vier Stufen, als Multiplikator in die Bewertung mit ein. Der Ansatz folgt dabei den Überlegungen zur „Methode Bewertung Gewässerlebensräume nach NHG“ (ANU Graubünden, in Bearbeitung).

## Habitate der flachen und mittelsteilen Ufer

Die geringste fischökologische Bedeutung weist mit Typ A 4 (Kiesbank-/Flachufer der Wasserwechselzone) gerade das Habitat auf, das neben den uferfernen Bereichen im Alpenrhein die grösste Fläche beansprucht. Ohne die Auswirkungen von Schwall und Sunk wären diese Flächen den Flachuferbereichen A 1 bis A 3 zuzurechnen. Ständig benetzte, unkolmatierte Kiesflächen dieser Typen sind aber wegen der grossflächigen Wasserwechselzonen relativ selten. Sie sind vor allem als Laichsubstrat für Kieslaicher bedeutend und bilden, falls sie mit grösseren Steinen durchsetzt sind, auch Lebens- und Reproduktionsraum für Groppen.

## Habitate der tiefen, durchströmten Ufer

Bei den meist durch Blockwurf oder lückigen Blocksatz gesicherten, tiefen Uferbereichen des Typs B 1 handelt es sich zwar um künstliche aber dennoch fischökologisch relevante und auch in ausreichendem Masse vorhandene Mesohabitate. Diese Sicherungsstrukturen kompensieren - vor allem auf den Kanalstrecken mit alternierenden Kiesbänken - in gewissem Masse die Prallhangufer des ursprünglich vergabelten und geschwungenen Rheinlaufs. Mit dem Typ B2, dem Prallhang-Ufer mit zerstreuten Blockbuhnen und Strömungsgradient, ist ein ebenfalls künstlich geschaffenes Mesohabitat dabei, das als Ersatzstruktur offensichtlich besonders gut funktioniert.

## Habitate der Hinterwässer

Das Mesohabitat mit der höchsten Wertigkeit im betrachteten Untersuchungsgebiet ist zugleich auch das seltenste. Es handelt sich um totholzreiche, tiefe Hinterwässer des Typs C1, die im ursprünglichen Rhein vor allem in den Altarmen der Flussauen lagen und verloren gingen, als im Zuge der Rheinregulierung die Auen vom Hauptfluss abgetrennt wurden. Auch die beiden anderen Kategorien von Hinterwässern besitzen eine ähnliche fischökologische Bedeutung, sind am Alpenrhein nicht so selten.

Tab. 9: Relevanzmatrix der Eignung untersuchter ufernaher Mesohabitate für ausgewählte Fischarten und deren Entwicklungsstufen im Alpenrhein. Versuch der Berechnung der Habitatwertigkeit, Habitatseltenheit und des daraus resultierenden Bedarfs. Eignungsstufen: ■ = selten/bedingt geeignet, 1 Punkt; ■ = geeignet, 3 Punkte; ■ = gut/sehr gut geeignet, 5 Punkte.; Prioritätsstufen: ■ = ohne Priorität; ■ = untergeordnete Priorität; ■ = hohe Priorität. Seltenheit des Mesohabitats: 1 = häufig; 1,5 = regelmässig; 2 = selten oder nur einmalig über längere Strecke; 2,5 = sehr selten/einmalig punktuell.

Mesohabitat-Typ	A 1	Strukturreiches Flachufer (natürlich), mit Kiesgrund
	A 2	Ufer flach/ mittelsteil mit Blöcken oder natürlichen Strukturen, davor Kiesgrund
	A 3	Kiesflächen an Kiesbankufer, ständig benetzt oder Nebengerinne mit Kiesgrund
	A 4	Flachufer/Kiesbankufer der Wasserwechselzone
	B 1	Tiefes Prallhang-Ufer mit Blöcken oder z.T. auch natürlichen Felsstrukturen
	B 2	Prallhang-Ufer mit zerstreuten Blockbuhnen und Strömungsgradient
	C 1	Hinterwasser mit Totholzstrukturen und/oder Wurzelraumkolken
	C 2	Hinterwasser mit tiefen Uferstrukturen/Blockufer und Kiesgrund
	C 3	Hinterwasser mit Blockufer und stellenweiser Klarwasser-Exfiltration

Fischart / Gilde	Entwicklung	Typ Mesohabitat								
		A 1	A 2	A 3	A 4	B 1	B 2	C 1	C 2	C 3
Bachforelle	Reproduktion	5	5	5				1	1	
	Jungfische	3	5	1	1	5	5	5	3	3
	Adulte	1	3			5	5	5	5	3
Seeforelle	Reproduktion	5	5	5					1	
	Jungfische	3	5	1	1	5	5	5	3	3
	Adulte					3	3	3	3	
Äsche	Reproduktion	5	3	3						
	Jungfische	5	1	3	1	3	1	3	1	3
	Adulte			1		3	1	1	3	
Strömer	Reproduktion	5	3	1		3	3	3	3	5
	Jungfische	1	3	1		3	5	5	3	5
	Adulte	1	3			3	5	5	3	5
Groppe	Reproduktion	3	3	3		1	3	3	5	3
	Jungfische	5	3	3	1	1	3	3	5	3
	Adulte	3	5	3	1	3	5	5	5	3
<b>Habitat-Wertigkeit</b>	Punktesumme	<b>45</b>	<b>47</b>	<b>30</b>	<b>5</b>	<b>38</b>	<b>44</b>	<b>47</b>	<b>44</b>	<b>36</b>
<b>Wintereinstand</b>		-	-	-	-	+	+	+++	++	++
<b>Schutzstruktur</b>		+	+	-	-	++	+	+++	++	++
<b>Habitat-Seltenheit</b>	Multiplikator	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2,5</b>	<b>1,5</b>	<b>2</b>
<b>Habitat-Bedarf</b>	Priorität	<b>67</b>	<b>70</b>	<b>45</b>	<b>5</b>	<b>38</b>	<b>88</b>	<b>117</b>	<b>66</b>	<b>72</b>

## 5.4 Reproduktionsbiologie

### Vorüberlegungen

Anspruchsvolle, kieslaichende Fischarten wie Forellen und Äschen benötigen durchströmte, feinsedimentarme Kiesfraktionen zur Anlage von Laichgruben und Laichhügel. Bereiche mit bodennahen Fliessgeschwindigkeiten jenseits von 1 m/s eignen sich nicht zur Reproduktion. Auch zwar günstig gelegene, aber kolmatisierte Kiesflächen, die im Alpenrhein grossen Raum einnehmen, können, wenn überhaupt, nur von sehr starken Laichfischen



wie den grossen See- und Regenbogenforellen aufgebrochen und bedingt genutzt werden. Nach der Anlage der Laichgrube an geeigneter Stelle und der Deposition der Eier müssen bis zur Emergenz der Fischlarven aus dem Kieskörper folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Die Sauerstoffversorgung im Kieslückensystem muss sichergestellt sein.
- Die Feinsedimenteinträge dürfen nicht zu stark sein, da sonst die Interstitialräume verstopfen.
- Die Eitaschen in den Laichgruben bzw. die Aufenthaltsbereiche der geschlüpften Dottersacklarven dürfen durch Abflussschwankungen nicht trockenfallen und/oder gefrieren.
- Abflusserhöhungen dürfen nicht zu einer Umlagerung der Kieskörper führen.

Rheophile Arten, die ihren Laich oberflächlich oder in Steinzwischenräumen anheften/ablegen wie Nase, Barbe, Strömer, Hasel und Felchen, könnten in ihrem Fortpflanzungserfolg ebenfalls durch künstlich schwankende Abflüsse negativ beeinflusst sein, da Eier bei Schwall fortgespült oder bei Sunk trockenfallen können. Die Gefahr des Trockenfallens besteht auch bei der speleophilen Groppe, wohingegen das Herausspülen hier eher unwahrscheinlich ist. Auch bei pelagischen Laichern wie der Trüsche besteht die Gefahr des Trockenfallens bei rapide zurückgehenden Schwallereignissen. Reproduktionsbereiche für reine Stillwasserarten fehlen nach unserer Einschätzung im gesamten Alpenrhein, da verkrautete Auenbereiche nicht mehr vorhanden sind.

### Laichgruben und Laich

Im Rahmen vorliegender Untersuchung wurden die im Bereich der Untersuchungsstellen vorgefundenen Bach-/Seeforellenlaichgruben lokalisiert (Abb. 79) und vereinzelt Eikontrollen durchgeführt. Die Standorte im Bereich der Mastrilser Auen wurden an die Sachbearbeiter „Fischökologie“ des IRKA-Projekts D6 weiter gegeben, die u.a. anhand dieser Informationen Präferenzkurven aufstellten [46, 47].



Abb. 79: Seeforellen-Laichgruben unterhalb der Cosenz-Mündung in der Mastrilser Au. Links: die an einem Freitag angelegte Grube wurde von den Elterntieren bei einsetzendem Sunk verlassen, am Folgetag war der Laichhügel trocken gefallen. Rechts: Grube, die auch bei Sunk unter Wasser lag. Beide Laichhügel enthielten Eier. Fotos: HYDRA ©.

Forellenlaichgruben wurden während der Untersuchungskampagne an folgenden Stellen nachgewiesen: ARH-Mastrils (9 Gruben links-, 2 Gruben rechtsufrig, 2 Eikontrollen positiv), ARH-Triesen (2 Gruben unterhalb Riffle rechts, keine Eier), ARH-Buchser Schwelle (3 Gruben oberhalb Riffle, keine Eier), ARH-Bangs (2 Gruben uh. Brücke, keine Eier). Desweiteren wurde uns von mehreren Angelfischern berichtet, dass im Bereich der untersten Rheinbrücke zwischen Fußach und Hard von Seeforellen mindesten 2 Laichgruben angelegt wurden.

Felchenlaich konnten wir zwischen der Buchser Schwelle und Lustenau auf allen untersuchten Kiefläichen nachweisen. Dort fand man ihn (maximal ca. 25 - 50 Eier/m<sup>2</sup>) zwischen Steinen und Kies im ständig benetzten Bereich zwischen Kiesbänken und Haupttrinne. Das Wasser war hier bei Sunk nie tiefer als 20 cm und die Strömung lag zwischen 20 cm/s und ca. 40 cm/s.

## Findet im Alpenrhein erfolgreiche Fischreproduktion statt?

Ein Jungfischvorkommen im Alpenrhein zeigt entweder den Einfluss eines an den Rhein angebundenen Nebengewässers (vor allem der fischreichen Binnenkanäle) oder ein nicht weit entferntes Reproduktionsareal im Rhein selbst an. Im unteren Alpenrheinabschnitt kommt es darüber hinaus auch sicher zu einem Arten- und Individuenaustausch mit dem Bodensee. Bei fischereilich bedeutenden Fischarten wie Forellen und Äschen kann der nachgewiesene Jungfischbestand auch auf Besatz zurückgeführt werden. Weiter kann man davon ausgehen, dass die Distanz zwischen Schlupfort und Fangort von Forellen- und Äschenjungfischen nicht mehr als 5 km, der der meisten anderen Fischarten weniger als 500 m beträgt. Liegt ein Inselvorkommen vor, z.B. in Hinterwasserbereichen von Kiesbänken, ist es sehr wahrscheinlich, dass sich hier Reproduktionsraum und Jungfischhabitat räumlich überschneiden. Ein weiterer eindeutiger Reproduktionsnachweis sind die oben besprochenen Laichgruben, in denen Eier gefunden werden (Abb. 83) oder auf der Sohle abgelegte Fischeier, wie es beim Felchen der Fall ist. Solche Beobachtungen beweisen vorerst allerdings nur die Möglichkeit der Reproduktion, nicht den Reproduktionserfolg selbst.

Über die Laichaktivitäten der in grosser Zahl vom Bodensee einwandernden Regenbogenforellen konnten während des Untersuchungszeitraums keine neuen Informationen gesammelt werden. Grössere RBF-Jungfischvorkommen, die nach dem niederschlagsarmen Frühjahr 2011 zwischen Triesen und Vaduz beobachtet werden konnten (Riesch, mündl.) deuten allerdings auf eine Reproduktionsaktivität innerhalb des Alpenrheins hin, da in der Nähe der Fundorte kein als Reproduktionsgewässer in Frage kommender Fluss/Bach in den Rhein mündet. Da Regenbogenforellen von Spätwinter bis April auch innerhalb der Mastrilser Auen starke Laichaktivitäten zeigen (AJF Graubünden, Angelfischer mündl.), gehen wir auch dort von zeitweise erfolgreicher Naturverlaichung aus. Regelmässig in den Mastrilser Auen nachweisbare Bachforellen-Jungfische könnten ebenfalls auf Naturverlaichung zurückzuführen sein, aber auch aus der nahe mündenden Cosenz einschwimmen.

Ende April 2011 zwischen der Mündung des Liechtensteiner Binnenkanals und der Rheinbrücke Bangs nachgewiesene Äschen- und Regenbogenforellenjungfische stammen aller Wahrscheinlichkeit nach aus dem Binnenkanal oder seinem Mündungsbereich. Sie belegen jedoch, dass der Alpenrhein zeitweise auch als Jungfischhabitat für diese Fischarten dient.

Diesen Überlegungen folgend, kann lediglich bei folgenden Fischarten von einer erfolgreichen Reproduktion im Alpenrhein ausgegangen werden: Strömer, Regenbogenforelle, Alet, Elritze und Groppe. Von diesen Arten lassen sich Jungfische im Alpenrhein auch abseits des Einflusses anderer Gewässer und unabhängig von Besatz nachweisen. Auch für Seeforelle, Bachforelle und Felchen erscheint eine Naturverlaichung mit lebensfähigen Nachkommen plausibel, der Nachweis steht allerdings noch aus. Hinzu kommt, dass für Bachforellen/Seeforellen, Äschen und Regenbogenforellen (im unteren Rheinabschnitt) keine sicheren Aussagen möglich sind, solange noch Jungfischbesatz im Alpenrhein stattfindet. Generell sind aber hier und in den ebenfalls stark durch Schwall und Sunk belasteten Zuflüssen die hydrologischen Bedingungen für die Reproduktion sämtlicher Fischarten noch so schlecht, dass ihr Erfolg gegenüber unbeeinflussten Referenzgewässern immer herabgesetzt sein wird.

Bei den in den Buhnenstrukturen bei ARH-Lustenau gefangenen jungen Schmerlen, Rotaugen, Lauben, Stichlingen und vor allem Haseln könnte es sich allerdings um Individuen kleiner, vor Ort naturverlaichter Populationen handeln. Der Bodensee ist immerhin rund 10 km, die oberhalb mündenden Binnenkanäle sind sogar noch deutlich weiter von der Fundstelle entfernt. Aal und Kaulbarsch wandern dagegen sicher aus dem Bodensee in den unteren Rheinabschnitt ein. Dasselbe gilt für den Flussbarsch, der hier im Rahmen einer anderen Bestandsaufnahme nachgewiesen wurde [26] sowie sicher noch für weitere Arten, die bisher noch bei keiner Bestandsaufnahme nachgewiesen wurden, aber hin und wieder im Fang von Anglern auftauchen, wie z.B. Brachsen und Wels.



Ohne die ständige Schwall-Sunk-Belastung wäre auch eine Reproduktion von Trübschen im Alpenrhein in grösserem Umfang möglich; die im System der Binnenkanäle und im unteren Alpenrhein erstaunlich häufig anzutreffende Fischart laicht in Fließgewässern in durchströmten, sandigen bis steinigen Bereichen ab. Die Eier werden von der Strömung fortgetragen und entwickeln sich an ruhigeren Stellen. Für eine Einwanderung aus dem See und gegen eine Naturverlächung im Alpenrhein und seinen Zuflüssen spricht in diesem Fall die Tatsache, dass im Alpenrhein bisher noch keine Trübschen-Jungfische nachgewiesen wurden.

## 5.5 Indikator-Funktion und Zielarten

Zur Dokumentation von ökologischen Defiziten und Verbesserungen sollten Fischarten ausgewählt werden, die in Bezug auf veränderte/veränderbare Bedingungen sensibel reagieren, die heimisch im Alpen-, Vorder- und Hinterrhein sind bzw. waren und die mittels Elektrofischerei nachweisbar sind, also eine spezifische Indikator-Funktion innehaben. Diese Arten sollten als Indikatoren, teilweise auch als Zielarten für die Planung, Durchführung und Überprüfung von Verbesserungen herangezogen werden.

In der Tabelle 10 sind die wichtigsten derzeit noch sicher/wahrscheinlich im Alpenrhein existierenden Indikator-Fischarten und deren Zeigerfunktionen aufgeführt. Als Zielarten könnten noch weitere Fische hinzugenommen werden, die sich nachweislich in den Auenbereichen des ursprünglichen Alpenrheins reproduziert haben und infolge der Rheinregulierung nach und nach verschwunden sind. Solche Arten sollten unserer Einschätzung nach aber erst dann als Zielarten und/oder Indikatoren verwendet werden, wenn infolge von Revitalisierungsmaßnahmen auch wieder für sie geeignete Standorte und Reproduktionsräume geschaffen wurden.

Tab. 10: Fischarten als Indikatoren für die Lebensraumverhältnisse im Alpenrhein und deren Zeigerfunktion.

Fischart	Gültigkeitsbereich	Funktionen
Bachforelle ( <i>Salmo trutta fario</i> )	Gesamtsystem	Indikator für funktionsfähige Kieslaichflächen, Lebensraum- und Wasserqualität. Besatz muss bei der Interpretation von Untersuchungsergebnissen immer berücksichtigt werden. <b>Zielart</b>
Seeforelle ( <i>Salmo trutta lacustris</i> )	Gesamtsystem bis zu natürlichen Aufstieggrenzen	Indikator für funktionsfähige Kieslaichflächen, Lebensraum- und Wasserqualität sowie für Gewässerdurchgängigkeit. Besatz muss bei der Interpretation von Untersuchungsergebnissen immer berücksichtigt werden. <b>Zielart</b>
Groppe ( <i>Cottus gobio</i> )	Gesamtsystem	Indikator für Wasserqualität und Gewässernutzung bzw. -erreichbarkeit für weniger schwimmstarke Arten.
Äsche ( <i>Thymallus thymallus</i> )	Alpenrhein, Unterläufe Zuflüsse	Indikator für funktionsfähige Kieslaichflächen, Lebensraum- und Wasserqualität sowie für Gewässerdurchgängigkeit. Besatz muss bei der Interpretation von Untersuchungsergebnissen immer berücksichtigt werden. <b>Zielart</b>
Strömer ( <i>Leuciscus souffia</i> )	Alpenrhein, Unterläufe Zuflüsse	Indikator für Lebensraum- und Wasserqualität, für Haftlaicher geeignete Reproduktionsbedingungen und mit hoher Wahrscheinlichkeit auch für Grundwasseranbindung.
Nase ( <i>Chondrostoma nasus</i> )	Alpenrhein unterhalb Ellhornschwelle, Unterläufe Zuflüsse und Binnenkanäle	Indikator für Gewässerdurchgängigkeit, Lebensraumqualität, für Haftlaicher geeignete Reproduktionsbedingungen und für Algenaufwuchs und damit letztendlich Abflussbeeinflussungen. Zeiger für funktionsfähige Quervernetzungen mit Auengewässern. <b>Zielart</b>
Barbe ( <i>Barbus barbus</i> )	Alpenrhein unterhalb Ellhornschwelle, Unterläufe Zuflüsse und Binnenkanäle	Indikator für Gewässerdurchgängigkeit, Lebensraumqualität und für Haftlaicher geeignete Reproduktionsbedingungen. <b>Zielart</b>
Hasel ( <i>Leuciscus leuciscus</i> )	Alpenrhein unterhalb Ellhornschwelle, Unterläufe Zuflüsse und Binnenkanäle	Indikator für Gewässerdurchgängigkeit, Lebensraumqualität und für Haftlaicher geeignete Reproduktionsbedingungen.

Fischart	Gültigkeitsbereich	Funktionen
Trüsche ( <i>Lota lota</i> )	Alpenrhein unterhalb Ellhornschwelle, einzelne Binnenkanäle	Indikator für Gewässerdurchgängigkeit, Lebensraumqualität und für Haftlaicher geeignete Reproduktionsbedingungen.
Rotfeder ( <i>Scardinius erythrophth.</i> )	Alpenrhein unterhalb Bucherschwelle, einzelne Binnenkanäle	Stillwasserart. Als Indikator geeignet, wenn dem System grossflächige Auengewässer - möglichst in Nähe zum Bodensee - zurückgegeben werden.
Schleie ( <i>Tinca tinca</i> )	Alpenrhein unterhalb Bucherschwelle, einzelne Binnenkanäle	Überwiegend Stillwasserart. Lediglich als Indikator geeignet, wenn dem System grossflächige Auengewässer - möglichst in Nähe zum Bodensee - zurückgegeben werden.

## 5.6 Fische und Sunkproblematik

Da es sich um ein sehr auffälliges Phänomen handelt, soll an dieser Stelle noch einmal auf Verluste an Fischen und Fischgelegen eingegangen werden, die in direktem Zusammenhang mit dem oft schnell einsetzenden Sunk im Alpenrhein und seinen Zuflüssen stehen. Mehrere Beobachtungen lassen sich voneinander abgrenzen:

**a) Die Abdrift von Fischbrut und die mechanische Zerstörung/Abdrift von Fischeiern.** Diese Prozesse wurden zwar postuliert [44, 46], aber bisher noch nicht beobachtet. Aller Wahrscheinlichkeit nach sind sie mitverantwortlich dafür, dass die natürliche Reproduktion grosser Kieslaicher im Alpenrhein nicht mehr oder zumindest nicht mehr zufriedenstellend ablaufen kann.

**b) Das Trockenfallen, evtl. Vereisen von Gelegen/Fischeiern:** Diese Beobachtung wurde bisher zweimal im Bereich der Mastrilser Au gemacht. Hier wurden Seeforellen-Laichgruben während des werktäglichen Schwallbetriebs angelegt. An einer Grube konnte beobachtet werden, dass sich die Elterntiere während Sunk von der Grube entfernten. Die hohen Laichhügel kamen bei noch tieferem Sunk am Wochenende über die Wasseroberfläche zu liegen und trockneten aus (vgl. Abb. 80) (vgl. auch Ergebnisse des IRKA-Projekts D6, in Bearbeitung).



Abb. 80: Gestrandete Fische infolge schnell einsetzenden Sunks im Alpenrhein/Hinterrhein. Links: Seeforelle in einem Nebengerinne des Auenbereichs bei Bonaduz (HRH). Rechts: gestrandete Groppe in der Wasserwechselzone bei Mastrils. Fotos: HYDRA ©.

**c) Das Stranden von Groppen:** Ebenfalls im Bereich naturnaher Abschnitte, wie sie noch im Unterlauf des Hinterrheins und der Mastrilser Au vorgefunden wurden, konnte mehrfach das Stranden substrataffiner Groppen nachgewiesen werden, die bei Sunk offenbar nicht mehr rechtzeitig das Hauptgerinne erreicht haben und sich unter Steinen verklemmten (Abb. 80, rechts).

**d) das Stranden von Seeforellen:** Im Bereich der Hinterrhein-Probestelle Bonaduz hatten sich während des Untersuchungszeitraums zwei Ereignisse überschritten: eine hohe Schwall-Sunk-Amplitude mit extrem steilen An-

stiags- und Sunkflanken und die Einwanderung von laichreifen Seeforellen. Die bei Schwall in einem strömungsärmeren Seitengerinne aufsteigenden Fische verlieren bei Sunk sehr schnell den Anschluss ans Hauptgerinne. Ein Fisch konnte gerade noch zurückgescheucht werden, ein grosses Seeforellenmännchen strandete dagegen und verendete (Abb. 80, links). Wir müssen davon ausgehen, dass sich solche Ereignisse häufig wiederholen und die Seeforellenkadaver von Füchsen und den hier häufigen Kolkraben genutzt werden.

## 5.7 Beurteilung der Ergebnisse

Ähnlich wie bei den Koordinierten biologischen Untersuchungen am Hochrhein 2006/07 [56] wurden auch im Rahmen des Basismonitoring Alpenrhein begleitende Jungfischuntersuchungen durchgeführt. Die mittels Elektro-Fischerei, ergänzenden Beobachtungen und Recherchen gewonnenen Ergebnisse erbrachten einige neue Erkenntnisse und bestätigten noch einmal Ergebnisse der letzten fischökologischen Bestandsaufnahme 2005 [27].

Die in den Bestandsaufnahmen 2005 nach HAUNSCHMID et al. [33] adaptierten Leit-/Begleitfischarten der einzelnen Alpenrheinabschnitte wurden auch für die vorliegende Untersuchung übernommen (vgl. biologische Probestellencharakterisierung in Kap. 2).

### Zentrale Aussagen

Im Einzelnen können folgende zentrale Aussagen zur Fischzönose im Alpenrhein sowie den Unterläufen von Vorder- und Hinterrhein getroffen/bestätigt werden:

- Die Fischfauna ober- und unterhalb der Ellhornschwelle unterscheidet sich stark;
- Die Fischartenzahl nimmt rheinabwärts tendenziell zu. Relativ viele Fischarten findet man an geeigneten Strukturen im untersten Rheinabschnitt, der fischbiologisch offenbar vom Bodensee beeinflusst ist. Sicher wandern mehr Fischarten aus dem Bodensee in den Alpenrhein ein, als bisher nachgewiesen werden konnten. Wahrscheinlich gelingt es einigen dieser Arten, sich vereinzelt auch im Alpenrhein zu reproduzieren.
- Die grösseren Alpenrheinzuflüsse wirken sich nicht nachweislich auf die Fischzönose des Alpenrheins aus. Dagegen ist seitens der arten- und individuenreich besiedelten Binnenkanälen, z.B. dem Liechtensteiner Binnenkanal, ein grösserer Einfluss wahrscheinlich. Der Alpenrhein dürfte hier auch von Prozessen der Dichteregulation bei Forellen und Äschen profitieren.
- Oberhalb der Ellhornschwelle konnte lediglich die Reproduktion von Strömern und Groppen eindeutig nachgewiesen werden.
- An wenigen Stellen (z.B. Mastrilser Au) legen Forellen (Bach-/Seeforellen/ Regenbogenforellen) Laichgruben mit Gelegen an. Entlang fast des gesamten Rheins gibt es Laichversuche von Seeforellen. Ob diese Reproduktion erfolgreich ist, konnte noch nicht belegt werden, der negative Einfluss von Schwall-/Sunkphänomenen auf die Reproduktion dagegen schon.
- Vom Ellhorn aus flussabwärts vermehren sich an geeigneten Stellen verschiedene Fischarten erfolgreich. Wahrscheinlich findet diese Reproduktion in Hinterwasserstrukturen oder tiefen strukturierten Uferbereichen statt.
- Zwischen der Buchser Schwelle und dem Bodensee findet Naturverlaichung von Felchen statt. Es ist allerdings nicht bekannt, ob die Jungfische schlüpfen und überleben können.
- Vor allem an naturnahen und breiten Abschnitten stranden bei Sunk Seeforellen und ufernahe Kleinfische.



- Fischökologisch bedeutende Mesohabitate sind im Alpenrhein selten. Wo dennoch geeignete Fischstandorte und Reproduktionsräume anzutreffen sind, werden diese durch Schwall und Sunk stark beeinflusst. Künstliche Strukturen können entsprechende Defizite nur teilweise kompensieren.
- Wichtige Mesohabitate liegen in der Regel räumlich zu weit auseinander, um sich gegenseitig positiv zu beeinflussen und somit als ökologische Trittsteine (Arten-/Individuenaustausch) wirken zu können.

### Schlussfolgerungen und offene Fragen

Die Fischzönose im Alpenrhein und den Unterläufen von Vorder- und Hinterrhein wird durch grosse Strukturdefizite, Schwall und Sunk, periodisch starke Trübung sowie Kolmationsphänomene belastet. Hinzu kommen Defizite im Geschiebehalt und bei der Grundwassersituation. Zusammen verursachen diese Faktoren eine Arten- und Individuenarmut der Fischzönose im Alpenrhein. Reste ursprünglicher Vielfalt und Produktivität findet man an naturnahen Abschnitten und zerstreut verbliebenen oder neu geschaffenen geeigneten Mesohabitaten.

Eine relativ neue, auf Beobachtungen der vorliegenden Studie abgestützte Überlegung ist, dass sich Schwall und Sunk vor allem innerhalb naturnaher Abschnitte auf die Gewässerbiozöten auswirken, weil dort auch die höchste Produktivität anzutreffen ist. Für Benthosorganismen und Fische lassen sich dabei weitestgehend die selben Schlüsse ziehen:

- naturnahe Rheinabschnitte weisen die meisten noch wertvollen Mesohabitate auf und beherbergen damit auch das grösste potentielle Artenspektrum. Weil hier aber auch die noch grösste biologische Produktion abläuft, kommt es bei Schwall und Sunk zu höheren Verlusten an Fischlarven und Jungfischen als innerhalb degradierter kanalartiger Abschnitte. Bei Sunk stranden bodenorientierte Fische wie die Groppen und Wanderfische wie die Seeforelle. Besondere Fallen sind Nebengerinne, die bei höheren Wasserständen attraktive Habitate und geeignete Aufstiegsgerinne darstellen und bei Sunk trockenfallen.
- Für Fische als Standort besonders geeignete, gut strukturierte Hinterwässer werden entwertet, wenn sie zeitweise den Anschluss ans Hauptgerinne verlieren.

Hinzu kommt, dass es keine zusammenhängenden Reproduktionsräume im Längsverlauf des Alpenrheins gibt. Die Abstände zwischen den voneinander isoliert liegenden Reproduktionsräumen sind wahrscheinlich zu gross, als dass sie die Funktion eines Trittsteinbiotops erfüllen könnten. Die Teilpopulationen der Fischarten, die sich im Alpenrhein noch reproduzieren können, liegen deshalb räumlich so weit auseinanderliegen, dass zwischen ihnen kaum mehr Individuenaustausch möglich ist. Der Ausfall einer lokalen Population kann demnach nur schwer kompensiert werden.

Noch offen bleibt die Frage, ob die Naturverlaichung der Felchen im Alpenrhein erfolgreich ist, oder ob in guten Felchenjahren lediglich immer wieder zufällige Teilpopulationen aus dem See zum Ablachen in verschiedene Bodenseezuflüsse einsteigen.

### Handlungsbedarf und Konsequenzen

Wie im Entwicklungskonzept Alpenrhein [6] gefordert wird, sollen dem Fluss wieder naturnähere Strukturen und Funktionen zurückgegeben werden. Hierzu gehören neben grosszügigen Aufweitungen und der Reaktivierung auenartiger Kompartimente auch eine funktionelle Abflussverlangsamung und ein besserer Geschieberückhalt im System. Ob dann die Schaffung bedeutender Habitate durch Eigenstrukturierung oder stellenweise auch durch Einbau geeigneter Ersatzstrukturen erfolgt, spielt fischökologisch keine entscheidende Rolle.

Die Beobachtungen im Rahmen des Basismonitorings stützen nun aber die Einschätzung, dass das Schaffen

solcher fischökologisch wertvoller Strukturen allein nicht ausreicht, um die negativen Auswirkungen von Schwall und Sunk zu kompensieren. Die oben beschriebenen Phänomene wären überall dort zu befürchten, wo ein naturnahes Habitat-Angebot wiederhergestellt wird. Der Planung von Strukturmassnahmen sollte daher stets die generelle oder zumindestens abschnittsweise Dämpfung der Schwall-Sunk-Defizite vorausgehen. Nur so können unerwünschte Verluste verhindert und sichergestellt werden, dass neu entstehende Habitats auch funktionieren. Die Dämpfung von Schwall und Sunk hätte auch einen positiven Effekt auf die verbliebenen naturnahen Teilstrecken.

Aber auch schon heute gibt es Möglichkeiten, Fischreproduktion wieder lokal zu ermöglichen bzw. zu verbessern und Jungfischhabitats zu schaffen. Massnahmen wie der lockere Buhneneinbau bei Lustenau mögen dafür ein Beispiel sein. Eine Verdichtung solcher künstlicher Strukturen entlang der unteren, vom Bodensee und den Binnenkanälen beeinflussten Rheinabschnitte könnte dort für verschiedene Arten funktionierende fischökologische Trittsteinbiotope schaffen.

## 6. Sonderprogramm Kiesbänke und Wasserwechselzonen

Bei der Bearbeitung des Konzeptentwurfs zum Basismonitoring [45] wurde auch der Kenntnisstand bezüglich der verschiedenen naturräumlichen Kompartimente des Untersuchungsgebiets recherchiert. Es fiel auf, dass zwar zu allen Aspekten Daten unterschiedlicher Aktualität vorliegen, dass aber noch nie Untersuchungen durchgeführt und Kenntnisse gesammelt wurden, die in einem Gesamtkontext standen und bei denen Ergebnisse grossräumig verglichen wurden. Diese Einschätzung trifft neben der Benthosbesiedlung und den Jungfischen auch auf die Flora und Fauna der Kiesbänke (inklusive Avifauna und Amphibien) der gewässernahen Uferbereiche und der Wasserwechselzonen zu. Einzig Daten zur Vegetation der Rheindämme und der wenigen verbliebenen Auen existieren im Projektgebiet vergleichsweise umfangreich. Einige dieser Flächen wurden z.T. auch periodisch untersucht. Hierzu gehören auch die Informationen, die im Zusammenhang mit den kantonalen und Landesinventaren stehen [Angaben in 45].

Auch für Teile der terrestrischen aber vom Gewässer abhängigen Wirbellosenfauna liegen ungefähre Angaben zur zoogeografischen Verbreitung im Bearbeitungsgebiet vor [z.B. 58, 123, 124, 125]. Auch hier war bisher noch nicht bekannt, wo welche Arten unter welchen Lebensraumbedingungen tatsächlich existieren. Es fehlte somit ein aktueller Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von Arten und der Lage, Seltenheit und Bedeutung der entsprechenden Lebensräume am Alpenrhein.

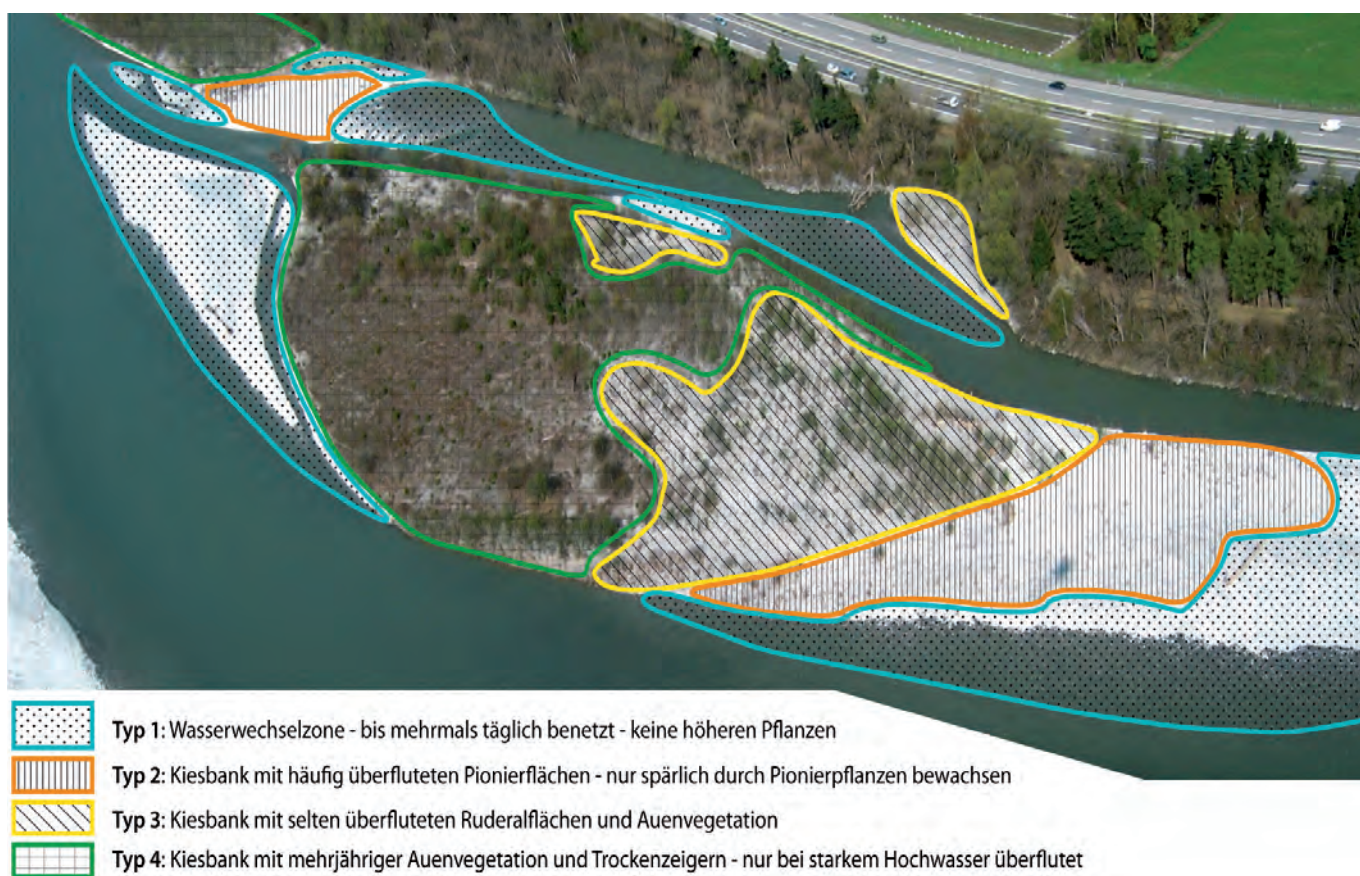


Abb. 81: Unterschiedliche Lebensraumtypen im Bereich von Kiesbänken am Beispiel einer grösseren Struktur innerhalb der Mastrilser Auen am Alpenrhein. Das Schema verdeutlicht die Dimension der Bereiche, die unterschiedlicher Abflussdynamik unterworfen sind bzw. nur in Ausnahmefällen überflutet werden. Foto: HYDRA ©.



## 6.1 Lebensraumtypen

### Kiesbänke und Wasserwechselzonen

Eine Untersuchung der direkt gewässerabhängigen terrestrischen und amphibischen Lebensräume am Alpenrhein - subsummiert unter dem Begriff „Kiesbänke und Wasserwechselzonen“ - war im ursprünglichen Konzept nur für das Umsetzungsmonitoring im Zusammenhang mit dem EK Alpenrhein oder anderen Strukturprogrammen im Bearbeitungsgebiet vorgesehen. Im Rahmen der Voruntersuchungen und der Benthosprobenahmen des Basismonitorings wurde jedoch schnell klar, welche entscheidende Rolle vor allem Kiesbänke als stark gefährdete Lebensräume des Alpenrheintals generell spielen. Natürlich funktionierende Auen sind als begleitende Biotope des Alpenrheins wohl gänzlich verschwunden. Dimension und ökologische Funktionsfähigkeit der Kiesbänke wird in entscheidender Masse von den zentralen Defiziten begrenzt - der Strukturmonotonie sowie der Trübe- und Schwallbelastung im Rhein und in seinem Einzugsgebiet. Mehr oder weniger funktionsfähige Reste solcher Lebensraumelemente existieren noch an folgenden Stellen/Abschnitten des Alpenrheins:

- in den Hinterrheinauen von Rhäzüns und Bonaduz,
- im Vorderrhein zerstreut über die gesamte Rheinschlucht und den Abschnitt Disentis-Ilanz,
- im Bereich Felsberg auf einer kurzen Strecke oberhalb der Plessurmündung (RHE 2),
- innerhalb weniger naturnaher Bereiche zwischen Oldis und Untervaz (RHE 2),
- in den Mastrilser Auen (RHE 2b),
- auf einigen der alternierenden Kiesbänke der Rheinabschnitte 3 - 5 (zwischen Tardisbrücke und Illmündung).

Eine systematische Untersuchung der Kiesbänke setzt die Kategorisierung ihrer unterschiedlichen, sich in ihrem Charakter wiederholenden Lebensraumtypen voraus. Vorbehaltlich einer Modifikation im Rahmen weiter gehender Untersuchungen wurden bisher vier Lebensraumtypen unterschieden (Abb. 84). Lediglich die Kiesbankstrukturen der beiden Hinterrheinauen und der Aue Mastrils können bezüglich ihrer noch vorhandenen Lebensraumvielfalt als naturnah beurteilt werden. Hier findet man alle in Abb. 84 vorgestellten Lebensraumtypen, wobei die Wasserwechselzone wegen der Schwallamplituden unnatürlich gross ist. Generell ist die Funktionsfähigkeit auch dieser naturnahen Lebensräume durch den Kraftwerkbetrieb stark beeinträchtigt. Die Geschiebedynamik einer Flussaue ist darüber hinaus durch Kolmationserscheinungen gebremst. Uferständige Überflutungsbereiche mit hohem organischen Eintrag sind selten, auch auf einigen Naturabschnitten ausserhalb der Nutzungsflächen wurden gegenüber dem Umland Ufersicherungen eingebaut und Ufer erhöht.

### Besonderheit der Wasserwechselzonen

Deutliche Wasserwechselzonen konnten - mit Ausnahme der Stelle VRH Ilanz (Restwasser!) an nahezu allen Probestellen dokumentiert werden (Kap. 2). In den unteren Abschnitten von Vorder- und Hinterrhein, im gesamten Alpenrhein und in den Unterläufen von Landquart und Ill nehmen solche Bereiche eine jeweils ungewöhnlich grosse Fläche in Anspruch, da sich darin neben den natürlichen Wasserstandsschwankungen auch die täglichen, durch Schwall und Sunk verursachten Pegelschwankungen manifestieren. Im Kapitel 2 wurde dieses Phänomen im Zusammenhang mit dem Äusseren Aspekt bereits behandelt. Wasserwechselzonen umfassen an den oben angesprochenen Flussauen besonders grosse Flächen (Abb. 81), da hier Schwall und Sunk vermehrt auf flach auslaufende Ufer treffen. Vor allem hier kommt es daher auch zu Verlusten an Fischen und Wirbellosen, die bei schnellem Sunk die Flussrinne nicht mehr erreichen und stranden.

### Vorgehen und untersuchte Abschnitte

Im Gegensatz zum Benthosmonitoring und den ebenfalls bereits im Konzept vorgesehenen Jungfischuntersu-

chungen wurde die genauere Betrachtung der Kiesbankfauna und -flora erst im Laufe des Programms beschlossen. Aus diesem Grund standen für ein Untersuchungsprogramm zu diesem Aspekt nicht die Ressourcen zur Verfügung, um der Qualität der Benthosuntersuchungen nahe zu kommen. Dennoch wurde der Aspekt schon während des Basismonitorings an den entsprechenden Probestellen berücksichtigt. An sieben zusätzlichen Untersuchungstagen im Sommer 2009 und 2010 wurden vorgefundene Faunen- und Florenelemente der Kiesbänke an weiteren vier Stellen (Abb. 82) fotografisch dokumentiert und auf Basis von Lebendproben und des Fotomaterials bis auf die jeweils mögliche taxonomische Ebene bestimmt.

Da die Untersuchungen nur einen sowohl methodisch, als auch zeitlich und räumlich stark begrenzten Ausschnitt der tatsächlichen Verhältnisse widerspiegeln, bleibt die Ergebnisdarstellung im Gegensatz zu den Benthos- und Jungfischuntersuchungen deskriptiv und erhebt auch keinen Anspruch auf Repräsentativität. Ebenfalls aufgrund der Zufälligkeit der Beobachtungen wurde auf relative Häufigkeitsangaben und daraus abgeleitete Beurteilungen des Lebensraums verzichtet.

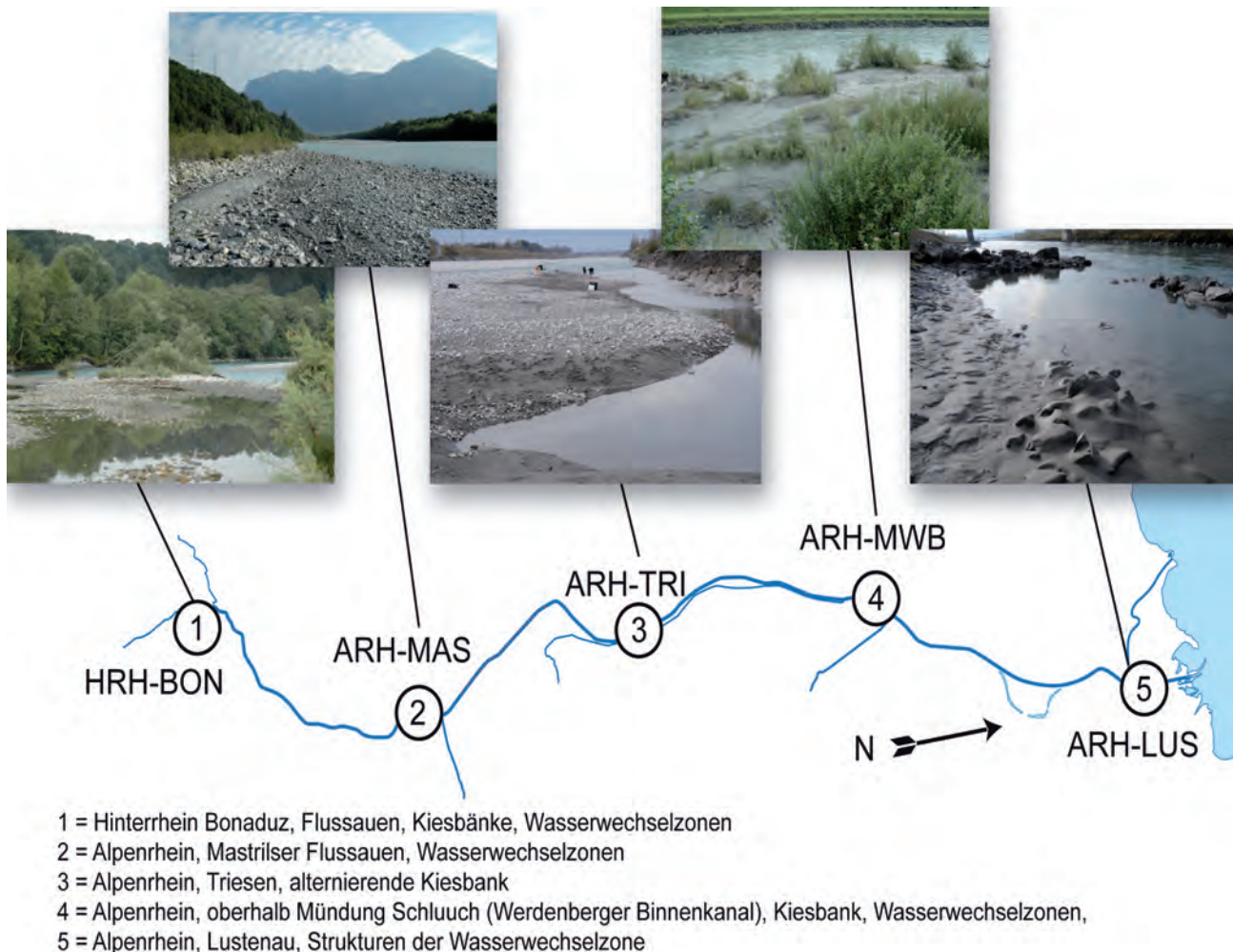


Abb. 82: Lage ausgewählter Lebensräume mit Kiesbänken und Wasserwechselzonen am Hinterrhein bzw. Alpenrhein, die im Rahmen des Sonderprogramms untersucht wurden. Fotos: HYDRA ©.

## 6.2 Faunenelemente und Artenüberblick

Im ersten Teil der Ergebnisdarstellung werden die auffälligsten Faunenelemente der untersuchten Kiesbänke/ Wasserwechselzonen exemplarisch vorgestellt. Es wurden lediglich Arten/Taxa berücksichtigt, die eine eindeutige Affinität (als Lebensraum oder zur Nahrungssuche) zu den Lebensraumelementen von Kiesbänken, Auen, Wasserwechselzonen oder stark gewässerbeeinflussten Ufersäumen zeigen.

### Wirbeltiere

Wirbeltiere konnten aufgrund ihrer relativ hohen Fluchtdistanzen und ihrer z.T. nur nächtlichen Aktivität nur zufällig dokumentiert werden. Amphibien und Vögel sind in der untenstehenden Tabelle aufgeführt, auf eine gesonderte Auflistung von Säugern wurde verzichtet. Dass die Auenbereiche und Kiesbänke von Säugetieren dennoch intensiv genutzt werden, belegen die vielen Rotwild-, Fuchs- und Mäusespuren, die im Sand der Bonaduzer und Mastrilser Auen gefunden wurden. Fischreste mit Fuchs- und Rabenspuren bei HRH-Bonaduz deuten überdies darauf hin, dass gestrandete Seeforellen nicht lange „ungenutzt“ bleiben. Dies mag ein Grund dafür sein, warum über Art und Umfang von Seeforellenverlusten bisher noch so wenig bekannt ist (vgl. Kap. 5.4).

Eine Beobachtung, die für den Zeitraum des Monitoringprogramms durch Dritte weitergegeben wurde, ist die eines Fischotters (*Lutra lutra*) der ab Dezember 2009 im Fischpass des Kraftwerks Domat/Ems gefilmt wurde ([www.prolutra.ch/news/plnews\\_2010-05-05d.php](http://www.prolutra.ch/news/plnews_2010-05-05d.php)). Der Fischotter gilt in der Schweiz als ausgestorben. Ob es sich bei dem beobachteten Tier um einen Zuwanderer oder einen Zooflüchtling handelte, ist noch offen.

Die Beobachtungen von Limikolen werden noch einmal im Rahmen eines Sonderprogramms behandelt, das nach dem Monitoring-Konzept im Verlauf der nächsten Jahre systematische Beobachtungen entlang des gesamten Alpenrheins vorsieht [14, 46, 118].

Tab. 11: Tierbeobachtungen im Bereich der Kiesbänke, Wasserwechselzonen und direkten Uferbereiche während des Basismonitorings und der Sonderuntersuchungen 2009 und 2010. Teil 1: Wirbeltiere. **B** = als Brutvogel im betrachteten Lebensraum nachgewiesen. Gefährdungsstufen: ● = potentiell gefährdet; ● = gefährdet; ● = stark gefährdet; ● = vom Aussterben bedroht. **Z** = Zielart nach BAFU.

Art/Taxon	Beobachtungsort / Anzahl / Bemerkungen
<b>Amphibien</b> [nach 10]	
<b>Grasfrosch</b>	• HRH-Bonaduz, mehrere Termine: grosse Zahl Jungtiere auf Kiesbänken. Im Bereich der Aue Bonaduz existieren mehrere Stellen mit stehenden Wasserflächen und Laichmöglichkeiten für die Art
<b>Gelbbauchunke</b> ● <b>Z</b>	• ARH-Mastrils, 19.8.2009: rechte Rheinseite. Gerinne mit stehenden Wasserflächen hinter Kiesbank. 5 adulte Tiere. Vorkommen möglicherweise aus benachbarten Teichen (rechte Rheinseite) stammend
<b>Vögel</b> [nach 15]	
<b>Zwergtaucher</b>	• VRH-Reichenau 5.11.2009: 1 Vogel im Bereich der Probestelle, 1 Tier oberhalb Zusammenfluss VRH-HRH
<b>Flussregenpfeifer</b> <b>B</b> ● <b>Z</b>	• ARH-Mastrilser Auen, 28.7.2010: Zwei brutverdächtige Paare. Ein Paar warnte intensiv vor Rabenkrähen, so dass davon auszugehen ist, dass sich Jungvögel in der Nähe befanden. Bruterfolg konnte jedoch nicht bestätigt werden (Abb. 83).
<b>Flussuferläufer B</b> ● <b>Z</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrilser Auen, 8.11.2009: ein Exemplar (Überwinterungsversuch?)</li> <li>• ARH-Bangs, 9.11.2009: ein Exemplar (Überwinterungsversuch?)</li> <li>• ARH-Mastrilser Auen, 28.7.2010: Zwei brutverdächtige Paare. Die Vögel warnten gelegentlich und hielten sich über viele Stunden territorial im trockenen, lückig bewachsenen Teil der Kiesbänken auf. Dieses Verhalten ist typisch für Brutvögel (Abb. 83).</li> <li>• HRH-Bonaduzer Auen, 08.08.10: Ein Paar auf Kiesbank, das von 2 flüggen Jungvögeln begleitet wurde. Da es sich auch um die Zugzeit dieser Art handelt, kann dies nicht als Brutnachweis gewertet werden, auch wenn das Verhalten der Vögel den Verdacht nahelegt.</li> </ul>



Art/Taxon	Beobachtungsort / Anzahl / Bemerkungen
<b>Wasseramsel B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VRH-Reichenau, 5.11.2009: 5 Individuen im Bereich der Untersuchungsstelle</li> <li>• HRH-Bonaduzer Auen, 06.11.09: 4 Individuen im Bereich der Untersuchungsstelle</li> <li>• ARH-Haldenstein, 6.11.09: 3 Individuen auf Uferblöcken (Ansitz)</li> <li>• ARH-Triesen, 7.11.09: 2 Individuen (jagend)</li> <li>• ARH-Mastrilser Auen, 8.11.09: 5 Individuen im Uferbereich</li> <li>• ARH-Bangs, 9.11.09: 2 Individuen</li> <li>• ARH-Buchser Schwelle, 10.11.09: 3 Individuen</li> <li>• HRH-Bonaduzer Auen, 08.08.10: ein Paar Wasseramseln mit einem Jungen</li> <li>• ARH-Mastrilser Auen, 28.7.2010: am Ufer des Rheins konnte eine singende Wasseramsel beobachtet werden und im Fels befand sich ein altes Nest.</li> </ul>
<b>Bachstelze B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VRH-Reichenau, 5.11.2009: 2 Individuen auf der Kiesbank, Nahrungssuche</li> <li>• ARH-Mastrilser Auen, 8.11.09: 10 Individuen gemeinsam mit Bergstelzen, Berg- und Wiesenpiepern beim Absuchen der Uferlinie nach Nahrung (Sunkopfer MZB)</li> <li>• ARH-Bangs, 9.11.09: 4 Individuen Kiesbank (Nahrungssuche)</li> <li>• ARH-Buchser Schwelle, 10.11.09: 3 Individuen Kiesbank (Nahrungssuche)</li> <li>• ARH-Lustenau, 11.11.09: 4 an befestigtem Uferdamm, nahrungssuchend</li> <li>• ARH-Mastrilser Auen, 28.7.2010: Eine fütternde Bachstelze mit mindestens einem Jungvogel auf Kiesbank.</li> </ul>
<b>Bergstelze B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VRH-Reichenau, 5.11.2009: 3 Vögel auf Kiesbank (Nahrungssuche)</li> <li>• HRH-Bonaduzer Auen, 06.11.09: 1 Vogel auf Kiesbank (Nahrungssuche)</li> <li>• ARH-Haldenstein, 6.11.09: 2 Individuen auf Kiesbank (Nahrungssuche)</li> <li>• ARH-Bangs, 9.11.09: 3 Individuen auf Kiesbank (Nahrungssuche)</li> <li>• ARH-Mastrilser Auen, 8.11.09: 8 Individuen gemeinsam mit Bachstelzen, Berg- und Wiesenpiepern beim Absuchen der Uferlinie nach Nahrung (Sunkopfer MZB)</li> <li>• HRH-Bonaduzer Auen, 08.08.10: ein Paar</li> </ul>
<b>Eisvogel B ● Z</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VRH-Reichenau: 5.11.2009: ein Vogel in den Büschen an der Uferlinie</li> <li>• HRH-Bonaduz, 6.11.2009: ein Vogel regelmäßig im bei Sunk abgetrennten Nebenarm des Hinterrheins.</li> <li>• ARH-Mastrilser Auen, 8.11.2009: Ein Tier in den Uferweiden</li> <li>• ARH-Lustenau, 11.11.2009: Ein Tier im Bereich der Bühnen</li> <li>• ARH-Bangs, August 2010 (2x): Brutpaar im Bereich der Mündung Liechtensteiner Binnenkanal</li> </ul>
<b>Kleinspecht</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VRH-Reichenau, 5.11.2009: 1 Männchen im Auengehölzstreifen</li> </ul>
<b>Schwanzmeise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VRH-Reichenau, 5.11.2009: 5 Individuen im Ufergehölz</li> <li>• HRH-Bonaduzer Auen, 06.11.09: 10 Individuen im Ufergehölz</li> </ul>
<b>Wespenbussard B ●</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrilser Auen, 28.7.2010: Am Berghang oberhalb der Auen wurde ein Paar Wespenbussarde mit 2 flüggen Jungen beobachtet. Bei trockenem Wetter ernährt sich die Art von Wespen, bei Schlechtwetter ist der Wespenbussard jedoch auf Frösche angewiesen, die er in Feuchtgebieten jagt, die stets Bestandteil seines Habitats sind.</li> </ul>
<b>Berglaubsänger B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrilser Auen, 28.7.2010: bewaldetes Steilufer oberhalb der Kiesbank. 2 singende Berglaubsänger-Männchen.</li> <li>• HRH-Bonaduzer Auen, 08.08.10: ein singender Vogel auf Sandbank</li> </ul>
<b>Kolkrahe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VRH-Reichenau, 5.11.2009: 5 Individuen auf Kiesbank (Nahrungssuche)</li> <li>• ARH-Bangs, 9.11.09: 2 Individuen patrouillierend an Uferstrand der Kiesbank (Nahrungssuche „Sunkopfer“)</li> <li>• HRH-Bonaduzer Auen, 06.11.09: 2 Individuen patrouillierend an Uferlinie (Nahrungssuche „Sunkopfer“)</li> </ul>
<b>Kormoran</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduzer Auen, 06.11.09: 1 Individuum (fliegend Richtung Zusammenfluss)</li> <li>• ARH-Haldenstein, 6.11.09: 3 rheinaufwärts fliegende Individuen</li> <li>• ARH-Triesen, 7.11.09: 4 Individuen, 3 davon am Ufer, 1 fliegend</li> <li>• ARH-Bangs, 9.11.09: 4 Individuen fliegend (rheinabwärts)</li> <li>• ARH-Buchser Schwelle, 10.11.09: 3 Individuen jagend unterhalb Schwelle</li> <li>• ARH-Lustenau, 11.11.09: 3 Individuen rastend auf Uferbühnen</li> </ul>
<b>Bergpieper</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrilser Auen, 8.11.09: 30 Individuen gemeinsam mit Stelzen und Wiesenpiepern beim Absuchen der Uferlinie nach Nahrung (Sunkopfer MZB)</li> <li>• ARH-Bangs, 9.11.09: 15 Individuen auf Kiesbank (Nahrungssuche)</li> <li>• ARH-Buchser Schwelle, 10.11.09: 5 Individuen Kiesbank (Nahrungssuche)</li> <li>• ARH-Lustenau, 11.11.09: 4 an befestigtem Uferdamm, (Nahrungssuche)</li> </ul>

Art/Taxon	Beobachtungsort / Anzahl / Bemerkungen
<b>Wiesenpieper</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrilser Auen, 8.11.09: 5 Individuen gemeinsam mit Stelzen und Bergpiepern beim Absuchen der Uferlinie nach Nahrung (Sunkopfer MZB)</li> <li>• ARH-Bangs, 9.11.09: 3 Individuen auf Kiesbank (Nahrungssuche)</li> </ul>
<b>Gänsesäger</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VRH-Reichenau, Zusammenfluss, 5.11.2009: 4 Männchen, 1 Weibchen im tiefen Rückstaubereich des VRH</li> <li>• ARH-Bangs, 9.11.09: 1 Männchen und 3 Weibchen (fliegend rheinabwärts)</li> <li>• ARH-Buchser Schwelle, 10.11.09: 1 Weibchen jagend unterhalb Schwelle</li> </ul>
<b>Lachmöwe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Buchser Schwelle, 10.11.09: 120 Individuen fliegend</li> </ul>
<b>Mittelmeermöwe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Bangs, 9.11.09: 2 adulte Individuen im Suchflug nach Sunkopfern entlang der Uferlinie der Kiesbänke beidseits des Rheins</li> </ul>
<b>Steppenmöwe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Bangs, 9.11.09: 1 unausgefärbtes Individuum im Suchflug nach Sunkopfern entlang der Uferlinie der Kiesbänke</li> </ul>
<b>Habicht</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Bangs, 9.11.09: 1 Weibchen auf der Jagd nach Kleinvögeln auf der Kiesbank</li> </ul>
<b>Stockente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduzer Auen, 06.11.09: 3 Individuen im direkten Auenbereich</li> </ul>
<b>Schwarzspecht</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduzer Auen, 06.11.09: 1 Vogel in Uferbäumen</li> </ul>
<b>Graureiher</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VRH-Reichenau, Zusammenfluss, 5.11.2009: 1 jagender Vogel</li> <li>• ARH-Mastrilser Auen, 8.11.09: 1 Individuum auf Kiesbank patrouillierend (Sunkopfer)</li> </ul>



Abb. 83: Während des Sonderprogramms Kiesbänke gelangen an den naturnahen Stellen Brutzeitnachweise für Flussregenpfeifer und Flussuferläufer. links: Flussregenpfeifer, getamnt zwischen den Steinen der Kiesbank (ARH-Mastrils, 28.7.10); rechts Flussuferläufer im Flug inkl. Ausschnitt (ARH-Mastrils, 28.7.10). Fotos: HYDRA ©.

## Schnecken

Unter den Gastropoden (Schnecken) findet man viele typische Bewohner der Flussauen. In den Makrozoobenthosproben waren Schnecken stark unterrepräsentiert und spiegelten damit die diesbezüglichen Lebensraumdefizite wider. Aber auch in terrestrischen und amphibischen Teillebensräumen des Alpenrheins trifft man nur auf wenige Schneckenarten, die eindeutig einer Auen- bzw. Kiesbankfauna zugeordnet werden können.

Zu dieser Tiergruppe zählt auch *Deroceras laeve*, der Wasserschneigel (vgl. Kap.2.11). An den Probenahmestellen im Vorder- und Hinterrhein konnten jeweils wenige Exemplare der kleinen Nacktschnecke nachgewiesen werden. Ein Individuum befand sich sogar in 50 cm Wassertiefe unter einem Stein. Die an Land und im Wasser gleichermaßen lebende Art hat sich speziell an Gebiete mit wechselnden Wasserständen angepasst und ist normalerweise sehr selten. Bei Bangs gelangen Einzelfunde, aber bei Lustenau trat diese Art massenhaft auf. Sie hielt sich in der Wasserwechselzone auf und war dort die einzig auffällige Tierart. Es ist wahrscheinlich, dass der Wasserschneigel sogar von den derzeitigen Schwall- und Sunkverhältnissen am Alpenrhein profitiert, indem er sich von dem bei Sunk trockenfallenden Material und den Kleintierleichen ernährt.

Tab. 12: Tierbeobachtungen im Bereich der Kiesbänke, Wasserwechselzonen und direkten Uferbereiche während des Basismonitorings und der Sonderuntersuchungen 2009 und 2010. Teil 2: Gastropoda - Schnecken. Gefährdungsstufen: ● = potentiell gefährdet; ● = gefährdet; ● = stark gefährdet; ● = vom Aussterben bedroht. Z = Zielart nach BAFU.

Art/Taxon	Beobachtungsort / Anzahl / Bemerkungen
<b>Schnecken</b> [nach 14]	
<b>Schlanke Bernsteinschnecke</b> ( <i>Oxyloma elegans</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, vereinzelt. Amphibisch lebende Art. Kiesbank Typ 1, 2</li> <li>• ARH-Mastrils, vereinzelt</li> </ul>
<b>Gemeine Bernsteinschnecke</b> ( <i>Succinea putris</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, vereinzelt. Amphibisch lebende Art. Kiesbank Typ 1, 2</li> </ul>
<b>Kleine Sumpfschnecke</b> ( <i>Galba trunculata</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, Schalenreste, wenige lebende Exemplare.</li> </ul> <p>Die Art (auch bekannt als „Lebergelschnecke“) lebt amphibisch in der Uferzone von kleinen, pflanzenreichen Gewässern und Seen, auch in temporären Gewässern. Sie kommt mit Wasserstandsschwankungen bestens zurecht.</p>
<b>Wasserschnecke</b> ( <i>Deroceras laeve</i> ) ●	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VRH-Ilanz, ARH-Bangs, vereinzelt in Benthosproben.</li> <li>• ARH-Lustenau: massenhaft auf Sandflächen bei Sunk. Wasserwechselzone Typ 1</li> </ul>

## Spinnentiere

Neben zahlreichen unbestimmten Arten, darunter Springspinnen, beherbergen die Kiesbänke und Auenreste am Alpenrhein auch grössere Wolfsspinnen-Arten, die jedoch am Lebendmaterial und auf den Fotos nicht immer genauer bestimmt werden konnten. Drei verschiedene Arten der Gattung *Pardosa* sowie eine der Gattung *Alopecosa* befanden sich darunter. Mit *Pardosa wagleri* konnte eine Art mit starker Auenbindung sicher bestimmt werden.

Tab. 13: Tierbeobachtungen im Bereich der Kiesbänke, Wasserwechselzonen und direkten Uferbereiche während des Basismonitorings und der Sonderuntersuchungen 2009 und 2010. Teil 3: Spinnentiere. Bislang liegt keine Gefährdungseinstufung für CH und V vor.

Art/Taxon	Beobachtungsort / Anzahl / Bemerkungen
<b>Spinnen</b>	
<i>Pardosa wagleri</i> ● (Deutschland)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrils, regelmässig in mittlerer Häufigkeit auf Kiesbank (Typ 1, 2, 3).</li> </ul> <p>Die Wolfsspinnenart konnte regelmässig unter Steinen gefunden werden, von den übrigen Untersuchungsstellen fehlen Nachweise. <i>Pardosa wagleri</i> ist eine Art, die speziell an Kies- und Schotterbänke der Flüsse angepasst ist.</p>
<i>cf. Alopecosa sp.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, vereinzelt auf Kiesbank (Typ 1, 2)</li> </ul>
<i>Pardosa sp. 1</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrils, regelmässig in mittlerer Häufigkeit auf Kiesbank (Typ 2, 3)</li> </ul>
<i>Pardosa sp. 2</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrils, vereinzelt auf Kiesbank (Typ 2, 3)</li> </ul>

## Insekten

Unter den typischen Kiesbank- und Auenarten am Alpenrhein dominieren bei Weitem die Insekten - sowohl in Taxazahl als auch Individuendichte. Da stillwasserreiche Auengebiete im Alpenrheintal heute fehlen, sind Libellen im Untersuchungsgebiet generell selten. Von allen Arten wurden meist nur Einzelexemplare beobachtet, die nur zum Teil in Restwassertümpeln der Auengewässer geschlüpft sein dürften.

Neben Ameisenarten, die an die speziellen Verhältnisse der Ruderalflächen angepasst sind, sind es vor allem Käfer, welche die besondere Fauna der vegetationsarmen Bereiche prägen. Auf den Kies- und Sandbänken des Alpenrheins und seiner Quellflüsse konnten 21 hochspezialisierte Laufkäferarten nachgewiesen werden die meist kleiner als 1 cm sind. Allerdings erscheinen deren Dichten gering. Die Laufkäfergattung *Bembidion* ist mit zahlreichen spezialisierten und oft nur lokal vorkommenden Arten allerdings gut vertreten.



Auch Heuschrecken und Wanzen stellen eine bedeutende Gruppe typischer Kiesbankbewohner mit z.T. sehr enger ökologischer Valenz dar. In der Fachliteratur gelten mehrere der hier aufgeführten Insektenarten als gefährdet, stark gefährdet, vom Aussterben bedroht oder gar regional ausgestorben.

Tab. 14: Tierbeobachtungen im Bereich der Kiesbänke, Wasserwechselzonen und direkten Uferbereiche während des Basismonitorings und der Sonderuntersuchungen 2009 und 2010. Teil 4: Insekten 1: Gefährdungsstufen: ● = potentiell gefährdet; ● = gefährdet; ● = stark gefährdet; ● = vom Aussterben bedroht. **Z** = Zielart nach BAFU.

Art/Taxon	Beobachtungsort / Anzahl / Bemerkungen
<b>Libellen</b> [nach 8]	
<b>Grosse Königslibelle</b> ( <i>Anax imperator</i> )	• ARH-Mastrils, 28.6.2009: ein Männchen im Auengebüsch Typ 4. Da die Art in Fließgewässern und austrocknungsgefährdeten Kleingewässern nicht vorkommt, scheint sie zugeflogen zu sein.
<b>Torf-Mosaikjungfer</b> ( <i>Aeshna juncea</i> )	• HRH-Bonaduz, 11.8.2010: frischgeschlüpfes Weibchen unweit eines Auenrestwassers mit Silberweiden-Bewuchs (Typ 3,4). Die Art ist im alpinen Bereich die häufigste Grosslibellen-Art.
<b>Frühe Heidelibelle</b> ( <i>Sympetrum fonscolombii</i> )	• ARH-Mastrils, 19.8.2009. 5 Individuen, ein Paar bei der Eiablage in einem Restwassertümpel. Die Art bevorzugt Pionierhabitate wie Kiesgrubentümpel.
<b>Grosse Pechlibelle</b> ( <i>Ischnura elegans</i> )	• ARH-MündungWB, 8.8.2010: Auf einer Sandbank nördlich von Bangs ein Individuum in Beständen des Kleinen Rohrkolbens (Typ 2). Die Art ist bezüglich ihrer Habitatwahl anspruchslos.
<b>Wanzen</b> [bislang in CH keine Gefährdungseinstufung vorhanden]	
<i>Macrosaldula variabilis</i> (in D ●)	• ARH-Mastrils, 28.7.2010, vereinzelt unter Treibgut und nahe der Wasserwechselzone Typ 1, 2 • HRH-Bonaduz, 8.8.2010, vereinzelt unter Treibgut und nahe der Wasserwechselzone Typ 1, 2 • ARH-MündungWB und Kiesbank Bangs, 8.8.2010: wenige Individuen am Übergang zwischen Kiesbank Typ 2 und Böschung (Typ 4).
<i>Saldula sp. cf. arenicola</i>	• HRH-Bonaduz, 8.8.2010: Eine Nymphe auf einer feuchten Sandbank mit Binsenbewuchs (Typ 2). Es handelte sich wahrscheinlich um <i>S. arenicola</i> , eine ausschliesslich an Auen gebundene Uferwanzenart.
<b>Käfer</b> [nach 14]	
<b>Feldsandlaufkäfer</b> <i>Cicindela campestris</i>	• ARH-Mastrils, 19.8. 2009. Einzeltier rechte untere Kiesbank (Typ 3). Die Art ist auf sandige Böden angewiesen.
<i>Cicindela hybrida</i>	• ARH-Mastrils, 19.8.2009, 28.7.2010, lokal häufig (Typ 3) • HRH-Bonaduz, 11.8.2010 regelmässig bis häufig (Typ 3) Die auffällige, gut fliegende Art ist in den Mastrilser und Bonaduzer Auen auf höher gelegenen Sandbänken bei Sonnenschein recht häufig anzutreffen, wie <i>C. campestris</i> ist auch diese Art auf sandige Böden angewiesen.
<i>Asaphidion cf. carabioides</i>	• HRH-Bonaduz, 11.8.2010: ein Individuum auf einer Schotterbank (Typ 2). Typisches Habitat für diese Art sind sandige Ufer mit Steinen.
<i>Asaphidion pallipes</i>	• ARH-Mastrils, 28.7.2010: 3 Individuen in sandigeren Abschnitten des Rheinufer (Typ 1, 2, 3). • HRH-Bonaduz, 11.8.2010: 1 Individuum festgestellt (Typ 2). Die Art bewohnt sandige Ufer mit Steinen.
<i>Asaphidion cf. flavipes</i>	• ARH-Mastrils, 28.7.2010: Ein Individuum auf einer spärlich bewachsenen Kiesbank mit sandigem Untergrund (Typ 2). Die Art ist wärmeliebend und lebt an Stellen mit geringer Vegetation, oft sind dies sandig-lehmige Ufer.
<b>Grosskopf</b> ( <i>Brosicus cephalotes</i> ) ●	• ARH-Mastrils, 28.7.2010: 4 Individuen (Typ 3) • HRH-Bonaduz, 11.8.2010: 15 Tiere (Typ 3). Der bis 22 mm lange Grosskopf bevorzugt karge, sandige Böden, die sonnenbeschienen sind. Dort gräbt er Gänge, in denen er auf Beute lauert. Entlang von Flüssen nutzt die Art tonige Sandbänke, oft wurde sie unter Schwemmholz gefunden. Das Hauptverbreitungsgebiet der Art liegt in der Schweiz nach der CSCF-Datenbank im Raum Chur.
<b>Flussdammläufer</b> ( <i>Nebria picicornis</i> )	• ARH-Mastrils, 28.7.2010: 4 Individuen, sandigen Bereichen nahe Wasserrand (Typ 1,2). • ARH-Bangs, 8.8.2010: 2 Individuen (Typ 2). Die Art ist ein Spezialist für sonnenexponierte, vegetationslose Kies- und Schotterbänke der Flüsse.

Art/Taxon	Beobachtungsort / Anzahl / Bemerkungen
<i>Bembidion tetracolum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrils, 28.7.2010: häufig auf den lückig bewachsenen Kies- und Sandbänken (Typ 2 und 3)</li> <li>• HRH-Bonaduz, 11.8.2010: Einzelfund (Typ 3). Diese allgemein recht häufige und weitverbreitete Art lebt meist an Ufern auf Lehm- und Sandböden, sie kommt aber auch in feuchtem Kulturland vor.</li> </ul>
<i>Bembidion lunatum</i> ●	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrils, 28.7.2010: wenige Exemplare zwischen Steinen auf Sanduntergrund (Typ 1, 2). Die Art bevorzugt sandige und schlammige Ufer.</li> </ul>
<i>Bembidion testaceum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrils, 28.7.2010: 1 Individuum (Typ 2).</li> <li>• ARH-Bangs, 8.8.2010: häufig (Typ 1, 2). Die Auenart bevorzugt Sand- und Kiesufer langsam fließender Gewässer.</li> </ul>
<i>Bembidion fasciolatum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Bangs, 8.8.2010: mittlere Häufigkeit auf vegetationslosen Kiesbänken, die regelmässig überflutet werden (Typ 1, 2).</li> </ul>
<i>Elaphropus cf. parvulus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrils, 28.7.2010: wenige Tiere unter Steinen auf vegetationsarmen Kiesbänken (Typ 2)</li> </ul>
<i>Elaphropus sexstriatus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrils, 28.7.2010: zerstreut (Typ 2).</li> <li>• HRH-Bonaduz, 11.8.2010: zerstreut (Typ 2).</li> <li>• ARH-MündungWB, 8.8.2010: Einzelfund auf Sandbank unter Totholz (Typ 2). Die Art ist südeuropäisch verbreitet und bevorzugt trockenere Standorte an Fließgewässern.</li> </ul>
<i>Elaphropus quadrisignatus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrils, 28.7.2010: zerstreut (Typ 2, 3).</li> <li>• HRH-Bonaduz, 11.8.2010: regelmässig (Typ 2, 3). Diese Art ist Bewohner feinkiesiger und sandiger, sonnenexponierter Flächen. Sie kommt auch an trockeneren Stellen der dynamischen Flussaue vor.</li> </ul>
<i>Omophron libatum</i> ● Z	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, 11.8.2010: Einzelexemplar. Ausschliessliche Auenart an kiesig-sandigen Stellen mit lückiger Vegetation (Typ 3)</li> </ul>
<i>Carabus granulatus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, 11.8.2010: Einzelexemplar im Auwaldgebüsch (Typ 4).</li> </ul>
<i>Clivina collaris</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, 11.8.2010: 1 Ind. auf Sandbank unter Totholz (Typ 3)</li> </ul>
<i>Chlaenius nigricornis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, 11.8.2010: Einzelexemplar. Sandbank mit spärlicher Vegetation Typ 3.</li> </ul>
<i>Calathus cf. ambiguus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, 11.8.2010: Einzelexemplar. Auwald (Typ 4) Bonaduz</li> </ul>
<i>Pterostichus niger</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, 11.8.2010: Einzelexemplar unter Totholz im Auengebüsch (Typ 4)</li> </ul>
<i>Bembidion azurescens</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Mastrils, 28.7.2010: Einzelexemplar auf spärlich bewachsener Kiesbank (Typ 3)</li> </ul>
<i>Stenus spp.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrils, 28.7.2010: zerstreut (Typ 2, 3).</li> <li>• HRH-Bonaduz, 11.8.2010: zerstreut (Typ 2, 3). Auf den Kiesbänken in Mastrils und Bonaduz wurde je mindestens eine Art ohne Punkte auf den Flügeldecken nachgewiesen.</li> </ul>
<i>Stenus cf. biguttatus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, 11.8.2010: wenige Individuen auf einer feuchten Sandbank zwischen Treibgut gefunden (Typ 2). Die Art besiedelt vegetationsarme Ufer von Gewässern, die mit Sand oder Schlamm bedeckt sind.</li> </ul>
<i>Paederidus ruficollis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrils, 28.7.2010: häufig; unmittelbar am Gewässerufer auf Sand- und Kiesbänken (Typ 2).</li> <li>• HRH-Bonaduz, 11.8.2010: regelmässig im Bereich feuchter Sandbänke (Typ 1).</li> </ul>
<i>Sepedophilus cf. immaculatus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mündung WB, 11.8.2010: Einzelnachweis vegetationsfreie Sandbank (Typ 1).</li> </ul>
<i>Lagria hirta</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Bonaduz, 11.8.2010: Wenige Individuen auf Weidengebüsch (Typ 4).</li> </ul>
<i>Chrysomelidae indet. sp.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Bonaduz, 11.8.2010: massenhaft auf Tamarisken (Typ 3).</li> <li>• ARH-Mastrils, 28.7.2010: massenhaft auf Tamarisken (Typ 3).</li> </ul>
<i>Zorochrus dermestoides</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Bonaduz, 11.8.2010: Wenige Individuen zwischen Steinen auf Kiesbank Typ 2.</li> </ul>
<i>Hypnoides riparius</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrils, 28.7.2010: Einzelnachweis zwischen Steinen auf Kiesbank Typ 2.</li> </ul>





*Pardosa wagleri*, Kiesbank-Wolfsspinne



*Chlaenius nigricornis*



*Cicindela hybrida*, Sandlaufkäfer



*Asaphidion pallipes*, Raschkäfer



*Broscus cephalotes* ●



*Nebria picicornis*, Flusssdammläufer



*Bembidion lunatum* ●



*Elaphropus sexstriatus*



*Stenus cf. biguttatus*



*Paederidus ruficollis*



*Omophron libatum* ● Z



*Saldula sp. juv.*



*Chorthippus pullus*, Kiesbank-Grashüpfer ● Z



*Tetrix tuerki*, Türks Dornschröcke, juv. ●



*Manica rubida*, Grosse Knotenameise

Abb. 84: Ausgewählte Arten (Spinnentiere und Insekten) der Kiesbankfauna an den untersuchten Stellen des Alpenrheins. Fotos Hydra 2010. Gefährdungsstufen: ● = potentiell gefährdet; ● = gefährdet; ● = stark gefährdet; ● = vom Aussterben bedroht. Z = Zielart nach BAFU. Fotos: HYDRA ©.



Tab.15: Tierbeobachtungen im Bereich der Kiesbänke, Wasserwechselzonen und direkten Uferbereiche während des Basismonitorings und der Sonderuntersuchungen 2009 und 2010. Teil 5: Insekten 2. Gefährdungsstufen: Gefährdungsstufen: ● = potentiell gefährdet; ● = gefährdet; ● = stark gefährdet; ● = vom Aussterben bedroht. **Z** = Zielart nach BAFU.

Art/Taxon	Beobachtungsort / Anzahl / Bemerkungen
<b>Heuschrecken</b> [nach 11]	
<b>Kiesbank-Grashüpfer</b> <i>(Chorthippus pullus)</i> ● ● <b>Z</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, 11.8.2010: 3 Männchen und 1 Weibchen. Die beobachtete Siedlungsdichte ist für das untersuchte Areal (Typ 3) als sehr gering und kritisch einzustufen.</li> </ul> <p>Die vom Aussterben bedrohte Art ist hochspezialisiert auf Kiesbänke (sandig bis grobsteinig), die zeitweise überflutet werden und spärlich mit Auenvegetation bewachsen sind. Hauptnahrung scheint das Reitgras zu sein. Ausserhalb der Alpen ist diese Art ausgestorben.</p>
<b>Türks Dornschröcke</b> <i>(Tetrix tuerki)</i> ●	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrils, 28.7.2010: 2 Individuen. Diese Art galt im Alpenrhein als verschollen. Die erbrachten Funde hier sind die ersten seit Jahren. Der Fund gelang auf einer spärlich bewachsenen Kiesbank mit Sanduntergrund, auf der erste Tamarisken und Weiden aufkommen (Typ 3).</li> <li>• HRH-Bonaduz, 11.8.2010: ca. 100 Individuen (Typ 3).</li> </ul> <p><i>T. tuerki</i> siedelt ausschliesslich auf Kies- und Sandbänken von Flüssen und Bächen. Die für sie optimalen Habitate werden durch Hochwässer immer wieder verändert oder neu gebildet.</p>
<b>Hautflügler</b> [nach 14]	
<b>Grosse Knotenameise</b> <i>(Manica rubida)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrils, 28.7.2010: häufig (Typ 2, 3).</li> <li>• HRH-Bonaduz, 11.8.2010: häufig (Typ 2, 3).</li> <li>• ARH-Mündung WB, 11.8.2010: wenige (Typ 2, 3).</li> </ul> <p>Die Grosse Knotenameise ist im Bereich von sandigen Abschnitten oberhalb des üblichen Schwall-Sunkregimes ziemlich häufig anzutreffen. Oft kommt sie als einzige Ameisenart hier vor. Besonders zahlreich kam sie in Mastrils und Bonaduz vor. Gelegentlich ist die Art vergesellschaftet mit <i>Formica cinerea</i>.</p>

## 6.3 Florenelemente und Artenüberblick

Der zweite Teil der Ergebnisdarstellung enthält die Beschreibung und Dokumentation der auffälligsten Florenelemente der untersuchten Kiesbänke und Wasserwechselzonen. In der folgenden Tabelle sind wieder alle im Rahmen der Aufnahmen nachgewiesenen, auffälligen Kiesbank- und Auenarten aufgeführt.

Tab. 16: Lebensraumtypische Florenelemente im Bereich der Kiesbänke, Wasserwechselzonen und direkten Uferbereiche während des Basismonitorings und der Sonderuntersuchungen 2009 und 2010. Gefährdungsstufen [nach 9]: ● = potentiell gefährdet; ● = gefährdet; ● = stark gefährdet; ● = vom Aussterben bedroht.

Art/Taxon	Beobachtungsort / Anzahl / Bemerkungen
<b>Deutsche Tamariske</b> ( <i>Myricaria germanica</i> ) ● (Nordalpen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, häufig, Bestände bildend, Kiesbank-Typen 2 und 3</li> <li>• ARH-Mastrils, häufig, Bestände bildend, Kiesbank-Typen 2 und 3</li> <li>• ARH-Triesen, vereinzelt, nur Jungpflanzen auf Kiesbank-Typ 2</li> </ul> <p>Die Deutsche Tamariske ist eine typische Auenart (Leitart), sie wächst ausschliesslich in diesem Lebensraum. Die Art ist lichtbedürftig und auf Umlagerungs-Schotterflächen angewiesen.</p>
<b>Kriechendes Gipskraut</b> ( <i>Gypsophila repens</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, sehr vereinzelt Polster, Kiesbank-Typen 2 und 3</li> <li>• ARH-Mastrils, sehr vereinzelt Polster, Kiesbank-Typen 2 und 3</li> </ul> <p>Direkt im Mündungsbereich des Alpenrheins in den Bodensee wurde diese Art auf den Kiesdämmen ebenfalls vereinzelt festgestellt.</p>
<b>Lavendel-Weide</b> ( <i>Salix elaeagnos</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, verbreitet entlang der Ufer und auf Kiesbank-Typen 3 und 4. Typische Auenart von Alluvionen und Kiesbänken</li> <li>• ARH-Mastrils, verbreitet entlang der Ufer und auf Kiesbank-Typen 3 und 4</li> <li>• ARH-Mündung WB, Kiesbank-Typ 2</li> </ul>
<b>Mandelweide</b> ( <i>Salix triandra</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, verbreitet entlang der Ufer und auf Kiesbank-Typen 3 und 4. Typische Auenart</li> <li>• ARH-Mastrils, verbreitet entlang der Ufer und auf Kiesbank-Typen 3 und 4</li> </ul>
<b>Silberweide</b> ( <i>Salix alba</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, verbreitet entlang der Ufer und auf Kiesbank-Typen 2 bis 4</li> <li>• ARH-Mastrils, verbreitet entlang der Ufer und auf Kiesbank-Typen 2 bis 4</li> </ul> <p>Auf Kiesbänken und auenunabhängigen Ruderalstandorten wie den Rheindämmen wächst diese weniger anspruchsvolle Weide an allen untersuchten Probenahmestellen, so dass von einer sehr weiten Verbreitung am Apenrhein auszugehen ist.</p>
<b>Bewimperter Steinbrech</b> ( <i>Saxifraga aizoides</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrils, zwei Pflanzen auf Kiesbank-Typ 2. Montane bis alpine Art. Besiedelt gewöhnlich Quellflure und feuchte Hänge.</li> <li>• ARH-MündungWB, vereinzelt zwischen Blöcken vor dem Uferdamm</li> </ul>
<b>Alpen-Spitzkiel</b> ( <i>Oxytropis campestris</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mastrils, wenige Pflanzen auf Kiesbank-Typen 2 und 3.</li> </ul> <p>Typische alpine Art, die auch auf Fluss-Alluvionen wächst.</p>
<b>Fleischers Weidenröschen</b> ( <i>Epilobium fleischeri</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, kleinerer Bestand auf Kiesbanktyp 3. Typische Art (sub)alpiner Fluss-Alluvionen.</li> <li>• ARH-Mastrils, mehrere Exemplare auf Kiesbank-Typen 2 und 3</li> </ul>
<b>Alpen-Leinkraut</b> ( <i>Linaria alpina</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, Zerstreut auf Kiesbank-Typen 2 und 3. Zwei Farbvarianten.</li> <li>• ARH-Mastrils, Zerstreut auf Kiesbank-Typen 2 und 3. Zwei Farbvarianten.</li> </ul> <p>Typische Art von (sub)alpinen Fluss-Alluvionen. Direkt im Mündungsbereich des Alpenrheins in den Bodensee wurde sie auf den Kiesdämmen ebenfalls nachgewiesen.</p>
<b>Alpen-Knorpelsalat</b> ( <i>Chondrilla chondrilloides</i> ) ● Z	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, selten auf Kiesbank-Typen 2 und 3.</li> <li>• ARH-Mastrils, vereinzelt auf Kiesbank-Typen 2 und 3.</li> </ul> <p>Typische Pionierpflanze auf frisch angeschwemmten Kiesbänken, die mehrmals jährlich überflutet werden. Sie ist in der Schweiz auf das Rheingebiet beschränkt und kommt ausschliesslich in Auen vor, so dass die Bonaduzer und Mastrilser Auen im Alpenrhein eine besondere Bedeutung für diese Art haben.</p>

<b>Kleiner Rohrkolben</b> <i>(Typha minima)</i> ● <b>Z</b> (Nordalpen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARH-Mündung WB, lokal dichter Bestand (Typ 2).</li> </ul> Berichtet wird weiter von einem kleinen Bestand in den Mastrilser Auen, der jedoch nicht (mehr) gefunden wurde. Der nächstliegende grosse Bestand wurde im Rheindelta und der Rheinvorstreckung bei Hard nachgewiesen.
<b>Ufer-Reitgras</b> <i>(Calamagrostis pseudophragmites)</i> ● (Nordalpen)	Die Art ist nur in Flussauen anzutreffen. Sie ist oft auf häufig überschwemmten Sandbänken entlang des gesamten Alpenrheins anzutreffen (Leitart).
<b>Brunnenkressenblättrige Rampe</b> <i>(Erucastrum nasturtiifolium)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRH-Bonaduz, verbreitet auf Kiesbank-Typen 2 bis 4. typisch für Alluvionen, Felsen sowie Schuttplätze.</li> <li>• ARH-Mastrils, verbreitet auf Kiesbank-Typen 2 bis 4.</li> </ul> Die autotypische Art wächst auch auf den Dämmen der Rheinmündung.



*Myricaria germanica*, Deutsche Tamariske ●

*Gypsophila repens*, Kriechendes Gipskraut

*Salix elaeagnos*, Lavendelweide



*Saxifraga aizoides*, Bewimperter Steinbrech

*Epilobium fleischeri*, Fleischers Weidenröschen

*Linaria alpina*, Alpen-Leinkraut



*Chondrilla chondrilloides*, Alpen-Knorpelsalat ● **Z**

*Typha minima*, Kleiner Rohrkolben ● **Z**

*Erucastrum nasturtiifolium*, Brunnenk. Rampe



Dichte Bestände der gefährdeten Deutschen Tamariske (*Myricaria germanica*) in den Mastrilser Auen.

Abb. 85: Ausgewählte Pflanzen der Kiesbankflora an den untersuchten Stellen des Alpenrheins. Fotos Hydra 2010.

Gefährdungsstufen: ● = gefährdet; ● = stark gefährdet; ● = vom Aussterben bedroht. **Z** = Zielart. Fotos: HYDRA ©.



## 6.4 Beurteilung der Ergebnisse

Das Sonderprogramm Kiesbänke und Wasserwechselzonen wurde mit relativ geringem zeitlichen und methodischen Aufwand durchgeführt. Mehrere Beobachtungen sind dennoch neu und für die Kenntnis der Lebensräume im Alpenrhein von Bedeutung. Bevor jedoch die Kiesbankfauna und -flora als Indikator herangezogen, Zielarten gefunden und Handlungserfordernisse formuliert werden können, müssen weitergehende Untersuchungen die ersten Eindrücke ergänzen.

### Zentrale Aussagen

Folgende Ergebnisse und Beobachtungen können festgehalten werden:

- Kiesbänke sind im Alpenrhein oberhalb der Illmündung sowie in den Unterläufen von Vorder- und Hinterrhein wichtige und prägende Lebensräume für amphibische und terrestrische Biozönosen. In den Unterläufen der Zuflüsse und im untersten Rheinabschnitt spielen sie als Gewässerkompartiment derzeit keine Rolle.
- Auf einigen Kiesbänken im Alpenrhein und im Hinterrhein hat sich eine artenreiche Fauna und Flora mit teilweise stark gefährdeten Arten gehalten. Von zwei Grashüpferarten, die im Alpenrhein als verschollen gelten, konnten eine auf Kiesbänken bei Mastrils wiederentdeckt werden. Bei Bonaduz im Hinterrhein, konnten Vorkommen beider Arten bestätigt werden. Daneben konnten bei Flora und Fauna sieben weitere vom BAFU definierte Zielarten [9, 10, 11, 14, 15] für diesen Lebensraum nachgewiesen werden.
- Kiesbänke mit mehreren unterscheidbaren Teillebensräumen, wie sie bei Rhäzüns, Bonaduz und Mastrils erhalten geblieben sind, sind sehr selten. Sie sind aber wesentlich artenreicher und dichter besiedelt als periodisch überflutete Flächen, wie sie in Rheinabschnitten mit alternierenden Kiesbänken häufig sind. Anzahl, Fläche und Qualität der Kiesbänke im Untersuchungsgebiet werden durch Strukturdefizite und Schwall-Sunk-Phänomene generell begrenzt.
- Wasserwechselzonen sind überall am Alpenrhein und seinen schwallbeeinflussten Zuflüssen stark oder sehr stark ausgeprägt. Sie zeigen sich in besonderem Masse an den Ufern und den Rändern der Kiesbänke naturnaher Rheinabschnitte wie vor Bonaduz und Mastrils. Weiter rheinabwärts und besonders unterhalb der Illmündung werden die Wasserwechselzonen durch immer grössere Sandflächen charakterisiert.
- Wasserwechselzonen sind nur temporär durch von Land- oder Wasserseite her einwandernde vagile Organismen besiedelbar. Bei der Flora sind es lediglich Moose, bei den Wirbellosen der Wasserschnecke *Deroce-ras*, die ständig in dieser Zone leben und dort möglicherweise von den besonderen Verhältnissen profitieren.

### Schlussfolgerungen, Handlungsbedarf und offene Fragen

Die Ergebnisse des Sonderprogramms sind geeignet, den Kiesbänken im Alpenrhein, Vorder- und Hinterrhein eine stärkere Bedeutung für die künftigen Massnahmenprogramme einzuräumen. In jedem Fall müssen zunächst weitere Informationen gesammelt werden, um den Stellenwert dieses und vergleichbarer Lebensräume richtig einordnen zu können. Die Tatsache, dass bei der noch sehr oberflächlichen Untersuchung bereits stark gefährdete bzw. auch als verschollen geltende Arten nachgewiesen wurden, weist auf ein noch vorhandenes und wegen seiner Seltenheit auch schützenswertes Potential hin. Für strukturreiche Kiesbänke gilt Ähnliches wie für die für Fische und Benthosorganismen bedeutenden Mesohabitate: diese Lebensräume sind im Alpenrhein ausgesprochen selten und liegen in der Regel so weit auseinander, dass sie nicht mehr als ökologische Trittsteine wirken, zwischen denen ein Arten- und Individuenaustausch möglich ist. Solchen Habitaten mehr Fläche einzuräumen und sie mit gleichwertigen Elementen zu vernetzen ist deshalb eines der wichtigsten Handlungserfordernisse für die Erhaltung der Artenvielfalt am Alpenrhein.

## 7. Fazit des Basismonitorings Ökologie

Mit dem vorliegenden Bericht zum Basismonitoring Ökologie liegt einer der letzten Mosaiksteine zur biologischen Erfassung der Lebensräume am Alpenrhein vor. Erstmals wurde die Benthosbesiedlung (Makroinvertebraten und Kieselalgen) des Flusses in seinem gesamten Längsverlauf erfasst; Referenzstellen in den Unterläufen der wichtigsten Zuflüsse ergänzen das Bild. Die im Monitoring-Konzept von 2007 [45] vorgegebenen Inhalte konnten umgesetzt, die dadurch angestrebten Ziele erreicht werden:

- Die letzten bisher noch fehlenden Kenntnisse zur Benthosbiologie des Rheins wurden ergänzt; der Alpenrhein kann nun in seiner gesamten Länge auch in das Langzeit-Überwachungsprogramm der IKSR (Int. Rheinschutzkommission) übernommen werden.
- Die nun insgesamt gewonnenen Kenntnisse über den Alpenrhein sind geeignet, als Basis für die Planung von Entwicklungsprogrammen herangezogen zu werden; erst wieder bei der Massnahmenumsetzung sind weitere, noch spezifischere und aktuellere Untersuchungen (Umsetzungs-Monitoring) durchzuführen.
- Ergänzend konnten zwei Sonderuntersuchungen durchgeführt werden: 1) die Erfassung der Jungfische und ihrer Mesohabitate im Bereich der Probestellen zum Benthosmonitoring; 2) eine qualitative Untersuchung der Kiesbankfauna und -flora sowie des Lebensraums Wasserwechselzone. Auch diese Untersuchungen erbrachten neue Erkenntnisse bzw. bestätigten Annahmen aus früheren Untersuchungen am Alpenrhein.

Zentrale Untersuchungsobjekte waren die Benthosbiozöten an 5 Probestellen im Alpenrhein und 6 weiteren Stellen an ausgewählten Zuflüssen. Bereits im Rahmen einer Voruntersuchung 2008 wurde klar, dass die Probestellen in den Unterläufen von Vorder- und Hinterrhein wegen ihrer Ähnlichkeit mit den Rheinstellen die gleiche Aufmerksamkeit wie diejenige am Alpenrhein geniessen sollten. Die übrigen Stellen, eine weitere Stelle im Vorderrhein und Probestellen in den Unterläufen von Landquart, Liechtensteiner Binnenkanal und Ill sollten das biologische Potenzial der Alpenrhinzuflüsse repräsentieren.

Methodisch gab es im Verlauf des Programms nur wenige Probleme; die im Konzept vorgeschlagene Vorgehensweise konnte umgesetzt werden. Aus Sicherheitsgründen wurden die Benthosproben an den meisten Rheinstellen von einem gesicherten Taucher gesammelt. Das gleiche galt auch für die qualitativen Sammelproben an tieferen Stellen. Lediglich in einem Fall (Hinterrhein bei Bonaduz) musste das Taucherteam wegen eines plötzlich einsetzenden Schwall den Fluss noch während der Probenahme verlassen.

Der Zeitpunkt der Benthos-Probenahmen war allerdings nicht optimal gewählt, da ein beträchtlicher Teil der Insektenlarven noch zu klein war, um an ihnen eine Artbestimmung vorzunehmen. Um eine bessere taxonomische Zuordnung zu erreichen, wurde im Frühjahr 2011 eine ergänzende qualitative Probenahme durchgeführt, die auch die erwarteten Zusatzinformationen lieferte.

Bezüglich der konzeptionellen Inhalte des Programms lässt sich Folgendes festhalten:

- Im Basismonitoring sollten künftig alle lokal und gemeinsam erfassbaren Inhalte innerhalb einer Kampagne durchgeführt werden.
- Die Untersuchungen sollten künftig eher im (frühen) Frühjahr durchgeführt werden, da dann mit einem grösseren Anteil grösserer und damit besser bestimmbarer Benthosorganismen zu rechnen ist.
- Benthosorganismen und Jungfische haben sich als besonders geeignete Indikatoren für den hydromorphologischen Gewässerzustand bestätigt. Der Umweg einer biologischen/ökologischen Zustandsbewertung über verschiedene Indices lieferte dagegen sowohl beim Makrozoobenthos als auch bei den Kieselalgen nur unbefriedigende Ergebnisse. Wahrscheinlicher Grund dafür ist, dass der Alpenrhein keinem Gewässertyp

zuzuordnen ist, für den bereits geeignete Bewertungsverfahren existieren.

- Organismen der Kiesbänke und Wasserwechselzonen sind als Indikatoren noch zu prüfen, zeigen aber jetzt schon die besondere Bedeutung und Schutzwürdigkeit der entsprechenden Lebensräume an.

## 7.1 Der Alpenrhein als Lebensraum

Der Alpenrhein und seine Ursprungsflüsse Vorder- und Hinterrhein sind wegen erheblicher struktureller und hydrologischer Defizite stark gestörte, aber noch immer biologisch besondere Lebensräume. Sowohl die aquatischen Biozönosen (Benthosorganismen und Fische) als auch die Lebensgemeinschaften der Kiesbänke und Flussufer beherbergen noch Arten, die andernorts selten oder verschwunden sind. Hervorzuheben sind:

- eine besonders artenreiche Steinfliegenfauna, die sich den gesamten Alpenrhein entlang erhalten hat,
- die lokal guten Bestände von Strömer und Groppe,
- die regelmässige Einwanderung von Seeforellen- und Felchen-Laichfischen
- sowie die vielfältige und durch seltene Arten charakterisierte Kiesbankfauna.

Bezüglich der Lebensraumqualität des Alpenrheins können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Strukturelle (Regulierung), hydrologische Defizite (vor allem Schwall-Sunk-Phänomene), Kolmationen und periodische Trübungen – Folgen der Gewässerregulierung und des Kraftwerkbetriebs – beschränken Artenzahl und vor allem Besiedlungsdichten der Benthostiere erheblich; sie verhindern abschnittsweise die Fischreproduktion völlig.
- Auch die Kieselalgenflora zeigt Besonderheiten, die aller Wahrscheinlichkeit nach auf dieselben Defizite zurückzuführen sind.
- Besiedlung und Artenreichtum hängen direkt mit dem Vorhandensein geeigneter und durch hydromorphologische Defizite wenig beeinflusster Habitate zusammen.
- Eine gute Lebensraumqualität mit entsprechenden Habitaten findet man noch an naturnah verbliebenen Abschnitten im Fluss und auf den Kiesbänken, stellenweise aber auch am künstlichen Blockufer (v.a. Hinterwässer) und an Strukturierungselementen, die zur fischökologischen Aufwertung eingebracht wurden.
- Für einen Gebirgsfluss typische und artenreiche Auenbereiche beschränken sich am Alpenrhein weitestgehend auf den Abschnitt um Mastrils. Zumindest im Hinterrhein gibt es zwischen Rhäzüns und Reichenau noch grossflächigere angebundene Auen. Im unteren Verlauf des Vorderrheins sind Auen dagegen nur kleinräumig ausgeprägt (Schlucht!). In den unteren Abschnitten des Alpenrheins und den grösseren Zuflüssen Landquart und Ill fehlen angebundene Auen heute völlig. Allein im Liechtensteiner Binnenkanal verbessert sich die Situation durch die bisherigen und geplanten Massnahmen zur Wiederanbindung des Gewässers an die noch bestehende Au.
- An der Zusammensetzung der Benthos- und Jungfischfauna zeigte sich das Fehlen von Begleitgewässern und Flussauen in besonderem Masse.
- Eine beschränkte Eignung des Alpenrheins als Reproduktionsgewässer für kieslaichende Fischarten ist gegeben; das diesbezügliche Potential kann unter verbesserten Umgebungsbedingungen wieder abgerufen werden.
- Nur eine höhere Anzahl geeigneter Habitate in dichterem Abfolge (räumlicher Nähe zueinander) würde eine Lebensraumvernetzung und damit den Individuen und Artenaustausch zwischen verschiedenen ökologischen Trittsteinen ermöglichen.



## Gegenseitige Abhängigkeit struktureller und hydrologischer Defizite

Wie alle bisher durchgeführten ökologischen Untersuchungsprogramme belegen auch die im Rahmen des Basismonitorings gewonnenen Ergebnisse, dass strukturelle und hydrologische Defizite Hauptgründe für den unbefriedigenden ökologischen Zustand des Alpenrheins sind. Die dafür ursächliche Rheinregulierung wird in ihrer Wirkung durch die Folgen von Schwall und Sunk entscheidend verstärkt.

In Rahmen des interdisziplinären Forschungsprogramms D6 der IRKA [47, 49] wird zurzeit die Wirkung von Schwall und Sunk auf unterschiedliche Morphologien des Alpenrheins genauer untersucht. Aber schon die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen lassen den Schluss zu, dass an naturnahen arten- und individuenreichen Abschnitten und Stellen mit ausgedehnten Kiesbänken grössere Verluste durch Schwall und vor allem Sunk entstehen, als dies innerhalb kanalartiger Strecken möglich ist, die bereits biologisch verarmt sind. So verursachen die periodischen Abflusswechsel an Stellen wie Mastrils und Bonaduz zwar relativ geringe Pegelschwankungen, dennoch fallen dort wesentlich grössere Flächen trocken als an Abschnitten mit engerem Flussprofil. Auch werden dann grosse Bereiche der Wasserwechselzonen, ganze Nebengerinne und Flutmulden bei Sunk vom Hauptgerinne abgetrennt und bilden Fallen für Fischen und Wirbellose.

## Prioritäten, Potentiale und Handlungserfordernisse

Diese Beobachtungen spielen sicher auch eine Rolle bei der Diskussion über die Priorisierung von ökologischen Aufwertungs-Massnahmen am Alpenrhein. Werden z.B. Strukturaufwertungen - wie im Entwicklungskonzept Alpenrhein [6] vorgesehen - durchgeführt, bevor nicht eine deutliche Verringerung der Schwall-Sunk-Defizite erfolgt ist, so ist auch innerhalb der neu entstehenden naturnahen Abschnitte mit erheblichen Sunk- und Abdrift-Verlusten sowie der Entwertung von Habitaten durch Kolmation zu rechnen. Nur eine Kombination von Schwalldämpfung und Strukturverbesserung kann demnach zu einer lokalen bzw. abschnittswisen Verbesserung der ökologischen Verhältnisse beitragen.

Wenn es gelingt, geeignete Massnahmen zur Schwalldämpfung mit grossräumigen Strukturmassnahmen zu kombinieren, bestünde die Chance, den heute nur vereinzelt Arten- und Individuenreichtum der Benthos- und Kiesbankbiozöosen entlang des gesamten Systems zu etablieren. Auch könnten sich so wieder selbsterhaltende Populationen z.B. von Bachforellen, Äschen, Barben und Nasen im Alpenrhein entwickeln. Wichtige Handlungserfordernisse für die Verbesserung der gewässerökologischen Verhältnisse im Alpenrhein sind deshalb:

- Die Schwall und Sunk-Defizite im Alpenrhein und seinen Zuflüsse sollten so gemindert werden, dass
  - a) unnatürliche Feinstoffmobilisation und damit verbundene Kolmationen vermieden werden,
  - b) unnatürlichen Abdriftverluste bei Schwall und Strandungsverluste bei Sunk nicht mehr eintreten.
  - c) sich in einem Teil der Flächen und Räume, die jetzt noch aufgrund hydraulischer Kräfte unbesiedelbar sind, Habitate entstehen.
- Die Vorschläge des Entwicklungskonzepts Alpenrhein sollten an jeweils aktuelle Rahmenbedingungen angepasst (Machbarkeit unter vorgegebenen Restriktionen und Risiken) und - wo es möglich und sinnvoll ist - umgesetzt werden.
- Darüber hinaus sollte eine relativ dichte Folge naturnaher ökologischer Trittsteine geschaffen werden, zwischen denen ein starker Arten- und Individuenaustausch (und damit auch Gen-Austausch) möglich ist. Hierzu einzubeziehen wären in besonderem Masse auch reaktivierte Auenbereiche im Rhein selbst und in den Unterläufen seiner Zuflüsse.
- Für die Kiesbankfauna im Alpenrhein und seinen Zuflüssen müssen eindeutige Schutzziele formuliert werden. Wahrscheinlich sind zu diesem Schutz ebenfalls geeignete strukturelle Verbesserungen im Gerinne unumgänglich. Zu diesem Themenbereich sind weitere Abklärungen nötig.

## 7.2 Ausblick

Zusammen mit den Ergebnissen des IRKA-Projekts D6 [46, 47] (Endbericht voraussichtlich Ende 2011) und anderer aktueller Untersuchungen liegen nun umfangreiche Basiskenntnisse über den ökologischen Zustand des Alpenrheins vor. Sie bilden eine hinreichende Wissensbasis für die Massnahmenplanungen der nächsten Jahre.

Die nächste Kampagne zum Basismonitoring Ökologie der IRKA ist für das Jahr 2015 vorgesehen [45].

### Verbliebene Wissenslücken und Empfehlungen

Zur hinreichenden Charakterisierung der Benthosfauna des Alpenrheins fehlt noch die Untersuchung eines stau-beeinflussten Abschnitts, wie er oberhalb des KW Reichenau existiert. Diese Wissenslücke sollte spätestens dann geschlossen sein, wenn über Projekte zur Schwalldämpfung mittels weiterer Kraftwerkstufen intensiver diskutiert wird. Von überwiegend faunistischem Interesse wäre dagegen eine Untersuchung der Saisonalität im Auftreten der verschiedenen Zoobenthos-Arten. Hierzu würde die Beprobung weniger ausgewählter Stellen im Jahresverlauf ausreichen, wie sie 2011 bis 2013 für das Langzeitmonitoring an der unteren Aare geplant ist.

Ebenfalls möglichst bald (vor Umsetzung der ersten Strukturmassnahmen oder Hochwasserschutzprogrammen am Alpenrhein) sollten ergänzende Untersuchungen zum Thema „Kiesbänke, Wasserwechselzonen und Flussufer“ stattfinden. Ziel sollte zunächst - mithilfe geeigneter Indikatoren - eine Inventarisierung schützenswerter Lebensraumobjekte entlang des Alpenrheins und seiner beiden Quellflüsse Vorder- und Hinterrhein sein. Abhängig von den Ergebnissen sollte sodann ein entsprechender Schutzstatus in Betracht gezogen werden.

Die Abklärung der Habitatpräferenzen von Jung-/Kleinfischen decken noch nicht das ganze Strukturinventar des Alpenrheins ab. So fehlen bei der Betrachtung noch sämtliche ufernahen Habitate im Staubereich oberhalb des KW Reichenau (vgl. Benthos) und in den Mündungsbereichen von Zuflüssen. Hier wäre eine weitergehende Untersuchung wünschenswert, zumal so noch spezifischere Empfehlungen für künftige Planungen/Massnahmen ermöglicht würden.

Für die noch existierenden ökologisch bedeutenden Habitate am Alpenrhein und den Unterläufen seiner Zuflüsse wird die Erstellung eines Vernetzungskonzepts empfohlen. Darin sollten zunächst die räumlichen und qualitativen Erfordernisse für einen funktionierenden Arten- und Individuenaustausch eruiert und sodann das Potential für die Reaktivierung/Schaffung ökologischer Trittsteine erfasst werden. Dies betrifft insbesondere die noch verbliebenen Auenreste im System. Die Ergebnisse sollten dann bei jeder Massnahmenplanung am Alpenrhein und seinen Zuflüssen berücksichtigt werden.

## 8. Literatur

- [1] AMANN, E., KINDLE, T. (1992): Zu den im Alpenrhein laichenden Bodenseefelchen. Ber. Bot.-Zool. Ges. Liechtenstein-Sargans-Werdenberg 19, S. 251-252. Vaduz.
- [2] AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG (Hrsg.) [2005]: Flussgebietseinheit Rhein; Bearbeitungsgebiet Alpenrhein/ Bodensee. – Bericht zur Bestandsaufnahme in Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie der EU.
- [3] AMT FÜR NATUR UND UMWELT GRAUBÜNDEN (2003): Ökomorphologischer Zustand der Bündner Gewässer. Umwelt-Info 1/03. Chur. Karten und Geodaten unter [www.alsv.gr.ch](http://www.alsv.gr.ch) (gebührenpflichtig).
- [4] ARBEITSKREIS FISCHÖKOLOGIE - Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (2006): Methodikhandbuch - Fischbestandsaufnahmen in Fließgewässern.
- [5] ARGE LIMNOLOGIE (2008): Limnologische Untersuchung an ausgewählten Fließgewässern in Liechtenstein im Februar 2008. Studie im Auftrag es Amtes für Umweltschutz, Fürstentum Liechtenstein. 31 S.
- [6] ARGE RHEINBLICK (2005): Entwicklungskonzept Alpenrhein, im Auftrag der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein und Internationale Rhein-Regulierung.
- [7] ARGE Trübung Alpenrhein (2001): Trübung und Schwall im Alpenrhein. - Synthesebericht, Fachberichte und Literaturstudie im Auftrag der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein, Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie. Total ca. 50 S. Beilagen.
- [8] BAFU (2002): Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz: Libellen. Ausgabe 2002., 46 S.
- [9] BAFU (2002): Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz: Farn- und Blütenpflanzen. Ausgabe 2002., 64 S.
- [10] BAFU (2005): Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz: Amphibien. Ausgabe 2005, 48 S.
- [11] BAFU (2007): Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz: Heuschrecken. Ausgabe 2007., 62 S.
- [12] BAFU (2007): Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz: Fische und Rundmäuler. Ausgabe 2007., 64 S.
- [13] BAFU (2007): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Kieselalgen Stufe F (flächendeckend). Bundesamt für Umwelt, Bern, Version vom 24. November 2006.
- [14] BAFU (2008): Faktenblatt Nr. 13 - Auen: Fauna und Flora in Auen, 20 S.
- [15] BAFU & VOGELWARTE SEMPACH (2010): Rote Liste Brutvögel. Gefährdete Arten der Schweiz. Ausgabe 2010, 53 S.
- [16] BAUMANN, P. (2002): Die Entwicklung des Fischnährtier-Bestandes in schweizerischen Fließgewässern zwischen 1980 und 2000. Grundlagenstudie im Auftrag von Fischnetz c/o EAWAG, Dübendorf: 39 S. + Anhang.
- [17] BECKER, A.; REY, P. (2007): Koordinierte Biologische Untersuchungen im Hochrhein 2006/2007. Untersuchungen zum Jungfischbestand im Bereich repräsentativer Flussabschnitte. Bericht zuhandes des BAFU, Bern.
- [18] BINDERHEIM, E., GÖGGEL, W. (2007): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Äusserer Aspekt. Umwelt-Vollzug Nr. 0701. Bundesamt für Umwelt, Bern. 43 S.
- [19] BMLFUW (2006): Arbeitsanweisung Fließgewässer - A2-01a. Qualitätselement Makrozoobenthos; [www.lebensministerium.at](http://www.lebensministerium.at); Arbeitsanweisung des BMLFUW/Abt. VII/1.
- [20] BOHL, E., PETER, A., KINDLE, T., HAIDVOGL, G. (2001): Fisch- und Krebsatlas Liechtensteins. Verbreitung, Gefährdungsgrad, Merkmale. Schriftenreihe Amt für Umweltschutz, Band 2: 82 S.



- [21] Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG): [http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814\\_20.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_20.html). Hierzu: Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV): [http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814\\_201.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_201.html)
- [22] Bundesgesetz vom 21. Juni 1991 über die Fischerei (BGF)(Fischereigesetz): [http://www.admin.ch/ch/d/sr/c923\\_0.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c923_0.html) . Hierzu: Verordnung vom 24. November 1993 zum Bundesgesetz über die Fischerei (VBGF): [http://www.admin.ch/ch/d/sr/c923\\_01.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c923_01.html)
- [23] BUNDESMINISTERIUM F. LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2006): Leitfa- den für die Erhebung der biologischen Qualitätselemente.
- [24] CAVIEZEL R. (2006): Reproduktion der Seeforelle im Vorderrhein.- Diplomarbeit, UWIS ETH Zürich und Eawag.
- [25] EBERSTALLER, J., G. HAIDVOGL & M. JUNGWIRTH (1997): Gewässer- und fischökologisches Konzept Alpenr- hein, Grundlagen zur Revitalisierung mit Schwerpunkt Fischökologie.- Herausgeber: Internationale Regie- rungskommission. Alpenrhein, Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie, ISBN 3-9500562-1-3.
- [26] EBERSTALLER, J. (EZB) (2008): Fischökologisches Monitoring gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie in Vorarlberg, September 2007. Studie im Auftrag des Amtes der Vorarlberger Landesregierung (Bregenz) und des Lebens- ministeriums Wien. 61 S.
- [27] EBERSTALLER ET AL. , EAWAG, BOKU, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2007): Fischökologische Bestandsaufnahme Alpenrhein 2005, Studie im Auftrag der Fischereifachstellen am Alpenrhein. 99 S.
- [28] EUROPÄISCHE KOMMISSION (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 („EU – Wasserrahmenrichtlinie“) zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Massnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik [Amtsblatt L 327 vom 22.12.2000]
- [29] FACHSTELLEN DES KANTONS ST. GALLEN UND DES FÜRSTENTUMS LIECHTENSTEIN (2001): Gesundheitszu- stand der Fische im Rheintal. Untersuchungen 1997 bis 2000, Synthesebericht. 131S. St. Gallen.
- [30] GEBLER R.-J., MICHEL M. (2004): Fischweg KW Reichenau am Alpenrhein. Schlüsselfunktion für die Bodensee- Seeforelle.- Amt für Jagd und Fischerei Graubünden.
- [31] GRAF, W. , HUTTER, G. (2003): Recent findings of the endangered stonefly *Brachyptera trifasciata* (PICTET, 1832) in Austria with a description of its habitat. Research update on Ephemeroptera & Plecoptera, p 305- 307; E. Gaino (Ed.), University of Perugia, Perugia, Italy.
- [32] GRAF, W. , HUTTER, G. (2002): *Brachyptera trifasciata*, eine gefährdete Steinfliegenart im Rhein bei Bangs. - Rheticus, 24 (1&2): 45-47, Dornbirn.
- [33] HAUNSCHMID R., WOFRAM G., SPINDLER T., HONSIG-ERLENBURG W., WIMMER R., JAGSCH A., KAINZ E., HEH- ENWARTNER K., WAGNER B., KONECNY R., RIEDMÜLLER R., IBEL G., SASANO B. & N. SCHOTZKO (2006): Erstel- lung einer fischbasierten Typologie österreichischer Fließgewässer sowie einer Bewertungsmethode des fischökologischen Zustandes gemäss EU-Wasserrahmenrichtlinie. Schriftenreihe des BAW Band 23, Wien.
- [34] HÜRLIMANN, J.; NIEDERHAUSER, P. (2007): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Kieselalgen Stufe F (flächendeckend). Umwelt-Vollzug Nr. 0740. Bundesamt für Umwelt, Bern. 130 S.
- [35] INTERNATIONALE BEVOLLMÄCHTIGTENKONFERENZ FÜR DIE BODESEEFISCHEREI (IBKF) (2009): Lebensraum für die Bodensee-Seeforelle - Grundlagenbericht für nationale Massnahmenprogramme. Bearbeitung: REY, P.; BECKER, A. Konstanz und Bregenz. 112 S.
- [36] INTERNATIONALE GEWÄSSERSCHUTZKOMMISSION FÜR DEN BODENSEE (IGKB) [2004]: Der Bodensee. Zustand-Fakten-Perspektiven. - Bearbeitung. : U. MÜRLE, J. ORTLEPP, J. REY, P.; Bregenz, 177 S.
- [37] INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS (IKSR) (1991): Ökologisches Gesamtkonzept für den Rhein. – Bericht Nr. 24, Text: A. Schulte-Wülwer-Leidig, Farbbroschüre. 23 S. Koblenz.

- [38] INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS (IKSR) (2001): Rhein-Ministerkonferenz – Programm zur nachhaltigen Entwicklung des Rheins - Bericht Nr. 116, 28 S. Koblenz.
- [39] INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS (IKSR) (2001): Bericht Nr. 162-d: Lachs 2020 - Der Weg zu selbst erhaltenden Populationen von Wanderfischen im Einzugsgebiet des Rheins. Aktualisierung des Programms zum Schutz und zur Wiedereinführung von Wanderfischen. Genehmigung PLEN-CC 2007, 3./4. Juli 2007, Amsterdam.
- [40] INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS (IKSR) (2009): Rhein-Messprogramm Biologie 2006/2007, Teil II-D: Das Makrozoobenthos des Rheins 2006/2007. ISBN 3-935324-93-6.
- [41] INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS (IKSR) (2009): Rhein-Messprogramm Biologie 2006/2007 Teil II-E: Qualitätskomponente Fische – Monitoring Rheinfischfauna (Stand 2007). ISBN 3-935324-96-0.
- [42] INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS (IKSR) (2009): Rhein-Messprogramm Biologie 2006/2007 Teil A. Synthesebericht über die Qualitätskomponenten Phytoplankton, Makrophyten / Phyto-benthos, Makrozoobenthos, Fische.
- [43] INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS (IKSR) (2009): Masterplan Wanderfische Rhein. IKS-R-Bericht Nr. 179. ISBN 3-941994-08-5.
- [44] INTERNATIONALE REGIERUNGSKOMMISSION ALPENRHEIN (IRKA) Hrsg. (2002): Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie: Interreg II - Trübung und Schwall im Alpenrhein. Synthesebericht. 47 S. Hierzu: EBERSTALLER, J., PINKA, P. (2001): Trübung und Schwall Alpenrhein – Einfluss auf Substrat, Benthos, Fische – Teilbericht Fischökologie, im Auftrag der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein.
- [45] INTERNATIONALE REGIERUNGSKOMMISSION ALPENRHEIN (IRKA) Hrsg. (2007): Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie: Monitoring Alpenrhein, Teilbereich Gewässerökologie. Konzept zur Koordination und Durchführung. Bearbeitung: EBERSTALLER, EBERSTALLER-FLEISCHANDERL, REY, BECKER; Wien und Konstanz, 65 S.
- [46] INTERNATIONALE REGIERUNGSKOMMISSION ALPENRHEIN (IRKA) (2010): Alpenrhein - Arbeitsgruppe Projekt D6: Quantitative Analyse von Schwall/Sunk-Ganglinien für unterschiedliche Anforderungsprofile. Tagung Naturnaher Wasserbau und Gewässerökologie - Aktuelle Herausforderungen. Erste Ergebnisse. [www.vorarlberg.gv.at/pdf/oekologischeauswirkungdes.pdf](http://www.vorarlberg.gv.at/pdf/oekologischeauswirkungdes.pdf)
- [47] INTERNATIONALE REGIERUNGSKOMMISSION ALPENRHEIN (IRKA) (2010): Alpenrhein - Projekt D6: Quantitative Analyse von Schwall/Sunk-Ganglinien für unterschiedliche Anforderungsprofile. Statusbericht 1-4, August 2010 (unveröff., in Bearbeitung).
- [48] JACCARD, P. (1901): Etude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et du Jura. Bull. Soc. Vaud Sc. Nat. 37: 547-579.
- [49] LIMNEX (2001): Schwall/Sunk-Betrieb in schweizerischen Fliessgewässern - Grundlagenstudie zu den Teilaspekten - Charakterisierung von Art und Ausmass des Schwallbetriebes - Beschreibung von Massnahmen zur Verminderung der Schwallauswirkungen. Studie zuhanden des BUWAL. Zürich, 28 S. + Anhang.
- [50] LIMNEX (2004): Auswirkungen des Schwallbetriebes auf das Ökosystem der Fliessgewässer: Grundlagen zur Beurteilung. Bericht zuhanden WWF Schweiz. 35 S.
- [51] LUBINI, V., KNISPEL, S., SARTORI, M., VICENTINI, H., WAGNER, A. 2011: Rote Listen Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. ###: 111 S. Im Druck.
- [52] MEIER, C., BÖHMER, J., BISS, R.; FELD, C., HAASE, P., LORENZ, A., RAWER-JOST, C., ROLAUFFS, P., SCHINDEHÜTTE, K., SCHÖLL, F., SUNDERMANN, A., ZENKER, A. & HERING, D. (2006): Weiterentwicklung und Anpassung des nationalen Bewertungssystems für Makrozoobenthos an neue internationale Vorgaben. Abschlussbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes. <http://www.fliessgewaesserbewertung.de>.

- [53] MENDEZ R. (2007): Laichwanderung der Seeforelle im Alpenrhein.- Diplomarbeit, ETH Zürich D-UWIS & Eawag, 2007.
- [54] MICHOR, K., ZARN, B., EBERSTALLER, J., GASSER, M., MORITZ, C. & TRÖSCH, J. (2005) :Entwicklungskonzept Alpenrhein Kurzfassung. Internationale Regierungskommission Alpenrhein & Internationale Rheinregulierung: 38 Seiten.
- [55] MOOG O. (ed.), (2003): Fauna Aquatica Austriaca. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 2. Aufl., Neubearbeitung 2003; <http://www.wasser-net.at/filemanager/download/6625/>
- [56] MÜRLE, U., ORTLEPP, J., REY, P. (2008): Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein 2006/2007. Makroinvertebraten. Umwelt-Wissen Nr. 0822. Bundesamt für Umwelt, Bern. 104 S.
- [57] MÜRLE, U., ORTLEPP, J., REY, P. (2009): Biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Thunersee und Bielersee. Fachbericht: Makroinvertebraten, Untersuchungen 2008. Bericht im Auftrag des Gewässer- und Bodenschutzlabors, Kanton Bern mit einem Beitrag von R. Ryser (GBL, Bern).
- [58] NATURFORSCHENDE GESELLSCHAFT IN ZÜRICH (HRSG.); KLÖTZLI, F., CAPAUL, U., HILFIKER, H. MÜLLER, J.-P., SCHLÄFLI, A., BÜRGIN, T. & DIV. AUTOREN (2006): Der Rhein – Lebensader einer Region. 456 S. Alpnach.
- [59] ORTLEPP, J., MÜRLE, U. (2008): Benthosmonitoring Landquart. – 3. Arbeitsbericht (Untersuchungszeitraum 09/2005 – 10/2007). – Bericht i.A. des Amtes für Jagd und Fischerei Graubünden. 25 S. und Anhang.
- [60] PFAUNDLER, M.; KEUSEN, M. (2007): Veränderungen von Schwall-Sunk. Hydrologische Datenanalyse zur Charakterisierung von Schwall-Sunk Phänomenen in der Schweiz. Umwelt-Wissen Nr. 0712. Bundesamt für Umwelt, Bern. 110 S.
- [61] RENAT AG (2006): Ökomorphologie der Fliessgewässer in Liechtenstein. Hrsg. Amt für Umweltschutz, Vaduz, 49 S.
- [62] RENAT AG & LIMNEX AG (2009): Biologische Fliessgewässerüberwachung im Fürstentum Liechtenstein – Zustandsbeurteilung 2008 und Vorschlag für zukünftiges Monitoringprogramm. Hrsg. Amt für Umweltschutz, Vaduz, 64 S. + Anhang.
- [63] RENKONEN, O. (1938): Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore. Ann. Zool. Soc. Bot. Fenn. Vanamo; 6: 1-231.
- [64] REY, P. (2003): Die Revitalisierung der Landquart – Ein Meilenstein auf dem Weg zurück zu einem vernetzten und vitalen Gewässersystem Alpenrhein-Bodensee. Broschüre zuhanden des Tiefbauamtes Graubünden, Abt. Wasserbau. 8 S.
- [65] REY, P. (2004): Ökologische Aspekte der Gewässerentwicklung: Alpenrheinzuflüsse und Bäche im Rheintal. Handbuch der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein (IRKA). 147 S. Vaduz.
- [66] RUHLÉ, C., G. ACKERMANN, R. BERG, T. KINDLE, R. KISTLER, M. KLEIN, M. KONRAD, H. LÖFFLER, M. MICHEL, B. WAGNER (2005): Die Seeforelle im Bodensee und seinen Zuflüssen: Biologie und Management. Österreichs Fischerei. 58/2005, S. 230-262.
- [67] RUHLÉ, C., KUNDLE, T. (1994): Morphologischer Vergleich der im Alpenrhein und der im Bodensee laichenden Felchen. Ber. Bot.-Zool. Ges. Liechtenstein-Sargans-Werdenberg 21, S. 129-137. Vaduz.
- [68] SCHÄLCHLI, U. (1993): Die Kolmation von Fliessgewässersohlen: Prozesse und Berechnungsgrundlagen. Mitteilungen, Zürich,
- [69] SCHÄLCHLI, U., ABEGG, J., HUNZIGER, K. (2002): Innere Kolmation, Methoden zur Erkennung und Bewertung. Zürich, pp. 1-19. (Projekt 01/11)



- [70] SCHÄLCHLI, ABEGG + HUNZINGER (2002): Innere Kolmation, Methoden zur Erkennung und Bewertung. Unveröff. Bericht im Auftrag des Projektes Fischnetz. Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, 23 S.
- [71] SCHÄLCHLI, U., ZARN, B. (2007): Reaktivierung des Geschiebehaushalts in Schweizer Fließgewässern - Massnahmen und Kosten. Bericht zuhanden des BAFU, Bern.
- [72] SCHAGER, E.; PETER, A. (2004): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Fische Stufe F (flächendeckend). Bundesamt für Umwelt, Bern. Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 44: 63 S.
- [73] SCHMUTZ, S., KAUFMANN, M., VOGEL, B., JUNGWIRTH, M. (2000): Methodische Grundlagen und Beispiele für die Bewertung der fischökologischen Funktionsfähigkeit österreichischer Fließgewässer. Wasserwirtschaftskataster, BMLF, 210 S.
- [74] SCHNEIDER, J., BRENNER, T. (2008): „Monitoring Rheinfischfauna - Qualitätskomponente Fische 2006/2007“, Bericht im Auftrag der IKSR (vgl. Teil II-E)
- [75] SCHÖLL, F. (2008): „Das Makrozoobenthos des Rheins 2006/2007“, Bericht im Auftrag der IKSR (vgl. Teil II-D)
- [76] STUCKI P. (2010): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Makrozoobenthos Stufe F. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1026: 61 S. . [www.modul-stufen-konzept.ch/download/MZB/MZB\\_Stufe%20F-D.pdf](http://www.modul-stufen-konzept.ch/download/MZB/MZB_Stufe%20F-D.pdf)
- [77] SCHWEIZER EIDGENOSSENSCHAFT (2010): Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG). vom 24. Januar 1991 (Stand am 1. August 2010, Revision am 1.1.2011) + Gewässerschutzverordnung GSchV vom 28.10 1998 (Revision am 1.1.2011).
- [78] UMWELTINSTITUT DES LANDES VORARLBERG (2001): Fließgewässer in Vorarlberg; Gewässerinventar. Teil 1: Strukturgüte der Fließgewässer des Vorarlberger Rheintals, Stand 1999. Schriftenreihe Lebensraum Vorarlberg, Band 47. Bregenz, 36 S. + Kartenanhang. Hierzu: Faltbroschüre „Fließgewässer in Vorarlberg - Gewässerinventar“, 2003. Bregenz.
- [79] WERNER, S., REY, P., (2010): Monitoring Liechtensteiner Binnenkanal. Strukturelle und biologische Entwicklung des revitalisierten Liechtensteiner Binnenkanals seit seiner Ausleitung in den Auenbereich. 1. Zwischenbericht zuhanden Amt für Umweltschutz, Vaduz.
- [80] WOLFRAM, G. & E. MIKSCI (2007): Rote Liste der Fische (Pisces) Österreichs. In ZULKA, K.P.: Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs. Checklisten, Gefährdungsanalysen, Handlungsbedarf. - Grüne Reihe (Hrsg. Lebensministerium) Band 14/2 (Kriechtiere, Lurche, Fische, Nachtfalter, Weichtiere), Böhlau Verlag, Wien: 61-198.
- [81] VAW & LCH (2006): Kraftwerksbedingter Schwall und Sunk Eine Standortbestimmung im Auftrag des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband. Zürich und Lausanne, 161 S.

## Bestimmungsliteratur Makrozoobenthos

### Allgemein:

- [82] TACHET, H., RICHOUX, P., BOURNAUD, M. & USSEGLIO-POLATERA, P., 2000: Invertébrés d'eau douce – systématique, biologie, écologie. CNRS Editions, Paris.

### Turbellaria:

- [83] REYNOLDSON, T.B. & YOUNG, J.O., 2000: A key to the freshwater Triclad of Britain and Ireland. – Fresh-water Biological Association, Sci. Publ. 58, Ambleside

**Mollusca:**

- [84] GLOER, P. & MEIER-BROOK, C., 2003: Süßwassermollusken. - DJN, Hamburg 13. Aufl.
- [85] KILLEEN, I., ALDRIDGE, D. & OLIVER, G., 2004: Freshwater Bivalves of Britain and Ireland. FSC/National Museum of Wales.
- [86] TURNER, H., KUIPER, J., THEW, N., BERNASCONI, R., RÜETSCHI, J., WÜTHRICH, M. & GOSTELI, M., 1998: Atlas der Mollusken der Schweiz und Liechtensteins. – Fauna Helvetica 2. Centre suisse de cartographie de la faune (CSCF), Schweizerische Entomologische Gesellschaft (SEG) (Hrsg.).
- [87] HAUSSER, J., 2005: Bestimmungsschlüssel der Gastropoden der Schweiz. – Fauna Helvetica 10. Centre suisse de cartographie de la faune (CSCF), Schweizerische Entomologische Gesellschaft (SEG) (Hrsg.).

**Oligochaeta:**

- [88] BRINKHURST, R.O., 1971: A guide for the identification of British Aquatic Oligochaeta. – Freshwater Biological Association Scientific Publication, Nr. 22, 2. revidierte Aufl., 55 S.
- [89] TIMM, T. & VELDHUIJZEN VAN ZANTEN, H.H., 2002: Freshwater Oligochaeta of NW Europe. - ETI. CD-ROM.

**Hirudinea:**

- [90] NESEMANN, H., 1997: Egel und Kriebsegele Österreichs. – Sonderheft der Ersten Vorarlberger Malakologischen Gesellschaft, Rankweil.
- [91] NEUBERT, E. & NESEMANN, H., 1999: Annelida, Clitellata: Branchiobdellida, Acanthobdellea, Hirudinea. – Süßwasserfauna von Mitteleuropa (begr. von A. Brauer), Schwoerbel, J. & Zwick, P. (Hrsg.), Bd. 6/2. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin.

**Crustacea:**

- [92] EGGERS, T. & MARTENS, A., 2001: Bestimmungsschlüssel der Süßwasser-Amphipoda (Crustacea) Deutschlands. - Lauterbornia, 42. Dinkelscherben.
- [93] EGGERS, T. & MARTENS, A., 2004: Ergänzungen und Korrekturen zum „Bestimmungsschlüssel der Süßwasser-Amphipoda (Crustacea) Deutschlands“. - Lauterbornia, 50: 1-13. Dinkelscherben.
- [94] RUDOLPH, K., 2004: Flohkrebse (Amphipoda). <http://www.flohkrebse.de>

**Ephemeroptera:**

- [95] BAUERNFEIND, E. & HUMPECH, U.H., 2001: Die Eintagsfliegen Zentraleuropas (Insecta: Ephemeroptera): Bestimmung und Ökologie. – Verlag des Naturhistorischen Museums Wien.
- [96] EISELER, B., 2005 : Bildbestimmungsschlüssel für die Eintagsfliegenlarven der deutschen Mittelgebirge und des Tieflandes. - Lauterbornia, 53. Dinkelscherben.
- [97] SARTORI, M. & LANDOLT, P., 1999: Atlas de distribution des Ephémères de Suisse (Insecta, Ephemeroptera). – Fauna Helvetica 3. Centre suisse de cartographie de la faune (CSCF), Schweizerische Entomologische Gesellschaft (SEG) (Hrsg.).
- [98] STUDEMANN, D., LANDOLT, P. SARTORI, M., HEFTI, D. & TOMKA, I., 1992: Ephemeroptera. – Insecta Helvetica, Fauna 9. Schweizerische Entomologische Gesellschaft (Hrsg.), Genève.

**Odonata:**

- [99] BELLMANN, H., 1987: Libellen: beobachten – bestimmen. Neumann- Neudamm, Melsungen, Berlin, Basel, Wien.

- [100] GERKEN, B. & STERNBERG, K., 1999: Die Exuvien Europäischer Libellen (Insecta Odonata). Höxter, Jena.

#### Plecoptera:

- [101] AUBERT, J., 1959: Plecoptera. - Insecta Helvetica, Fauna 1, Lausanne.
- [102] ZWICK, P., 2004: Key to the West Palaearctic genera of stoneflies (Plecoptera) in the larval stage. – Limnologica 34: 315-348

#### Coleoptera:

- [103] STEFAN, A.W., 1979: 42. Familie: Dryopidae, Elminthinae. - in Freude, Harde, Lohse (eds.): Die Käfer Mitteleuropas, 6. Bd., Goecke & Evers, Krefeld, 1979: 274-294
- [104] KLAUSNITZER, B., 1996: Käfer im und am Wasser. - Neue Brehm-Bücherei 567, Magdeburg. 2. Aufl.
- [105] KLAUSNITZER, B. (ed.), 1991: Die Larven der Käfer Mitteleuropas. 1. Band Adephaga. - Goecke & Evers, Krefeld.
- [106] KLAUSNITZER, B. (ed.), 1994: Die Larven der Käfer Mitteleuropas. 2. Band Myxophaga, Polyphaga 1. Teil. - Goecke & Evers, Krefeld.
- [107] SCHAEFLEIN, H., 1971: 4. Familie: Dytiscidae, echte Schwimmkäfer. - in FREUDE, HARDE, LOHSE (eds.): Die Käfer Mitteleuropas, Bd.3: 16-89, Krefeld.

#### Trichoptera:

- [108] NEU, P.J. & TOBIAS, W., 2004: Die Bestimmung der in Deutschland vorkommenden Hydropsychidae (Insecta: Trichoptera). – Lauterbornia, 51. Dinkelscherben.
- [109] LECHTHALER, W. & STOCKINGER, W., 2005: Trichoptera – Key to Larvae from central Europe. – DVD Edition, Vienna
- [110] WALLACE, I.D., WALLACE, B. & PHILIPSON, G.N., 1990: A key to the case-bearing caddis larvae of Britain and Ireland. - Freshwater Biological Association, Sci. Publ. 51, Ambleside.
- [111] WARINGER, J. & GRAF, W., 1997: Atlas der österreichischen Köcherfliegenlarven unter Einschluß der angrenzenden Gebiete. Facultas-Universitätsverlag, Wien.
- [112] WARINGER, J. & GRAF, W., 2000: Ergänzungen und Berichtigungen zum „Atlas der österreichischen Köcherfliegenlarven unter Einschluß der an-grenzenden Gebiete. Facultas-Universitätsverlag, Wien.

#### Diptera:

- [113] NILSSON, A. (Hrsg.), 1997: Aquatic Insects of North Europe - Volume 2: Odonata – Diptera. Apollo Books, Stenstrup.
- [114] RIVOSECCHI, L., 1984: Ditteri (Diptera). - Consiglio nazionale delle ricerche (ed.): Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane 28.
- [115] SCHMID, P.E., 1993: A key to the larval Chironomidae and their instars from Austrian Danube region streams and rivers. Part I. Diamesinae, Prodiamesinae and Orthoclaudiinae. - Wasser und Abwasser, Suppl. 3/93, Wien.
- [116] SAETHER, O.A., ASHE, P. & MURRAY, D.A., 2000. A.6. Family Chironomidae. – In: Papp, P. & Darvas, B. (Hrsg.): Contributions to a manual of Palaearctic Diptera. Appendix. Science Herald, Budapest: 113-334.
- [117] SUNDERMANN, A. & LOHSE, S., 2004: Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Zweiflügler (Diptera) in Anlehnung an die Operationelle Taxaliste für Fließgewässer in Deutschland. Forschungsinstitut Senckenberg.



**Bestimmungsliteratur zur Kiesbankfauna und -flora:**

- [118] SCHMID, H., R. LUDER, B. NAEF-DAENZER, R. GRAF u. N. ZBINDEN (1998): Schweizer Brutvogelatlas. Verbreitung der Brutvögel in der Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein 1993-1996. Schweiz. Vogelwarte, Sempach.
- [119] BELLMANN, H. (1985): Heuschrecken: beobachten – bestimmen. Neumann- Neudamm Verlag (JNN-Naturführer), 216 S.
- [120] BELLMANN, H. (1984): Spinnen: beobachten – bestimmen. Neumann- Neudamm Verlag (JNN-Naturführer), 160 S.
- [121] DJN (Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung) (2006): Laufkäfer. Bestimmungsschlüssel für alle Gattungen, 4.Aufl.
- [122] HARDE K. W. & F. SEVERA (1981): Der Kosmos-Käferführer. Die mitteleuropäischen Käfer. Kosmos Naturführer, 333 S.
- [123] LAUBER, K. & G. WAGNER (1996): Flora Helvetica. Verlag Paul Haupt., 1613 S.
- [124] Leptopodomorpha Bestimmung: <http://www2.pms-lj.si/heteroptera/leptopodomorpha.htm>
- [125] NETOLITZKY, F.: Bestimmungstabelle der Bembidion-Arten des paläarktischen Gebietes. [www.biologiezentrum.at](http://www.biologiezentrum.at)
- [126] WACHMANN, E. (1989): Wanzen: beobachten – kennenlernen. Neumann- Neudamm Verlag (JNN-Naturführer), 274 S.

**Bestimmungsliteratur Aufwuchs:**

- [127] KRAMMER, K. & LANGEBERTALOT, H. (1986): Bacillariophyceae. 1. Teil Naviculaceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer D. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 876 S.

## 9. Anhang

### 9.1 Daten Makrozoobenthos

Tab. 17: Diese und folgende Seiten: Liste der Makroinvertebraten im Rahmen des Benthosmonitoring Alpenrhein2009 bis 2011. Angabe in Häufigkeitsklassen für die Proben aus dem November 2009. Qualitative Nachuntersuchungen 2011: x = Einzelfund, selten; xx = mittlere Häufigkeit; xxx = häufig bis massenhaft

	VRH-Ilanz	VRH-Reichenau	HRH-Bonaduz	ARH-Haldenstein	ARH-Mastrils	ARH-Triesen	ARH-Bangs	ARH-Lustenau	LAQ-Landquart	LBK-Liechtenst. Binnenk.	III
<b>I</b> HK 1 = 1 - 9 Individuen/m <sup>2</sup>											
<b>II</b> HK 2 = 10 - 50 Individuen/m <sup>2</sup>											
<b>III</b> HK 3 = 51 - 100 Individuen/m <sup>2</sup>											
<b>IV</b> HK 4 = 101 - 250 Individuen/m <sup>2</sup>											
<b>V</b> HK 5 = 251 - 500 Individuen/m <sup>2</sup>											
<b>VI</b> HK 6 = 501 - 1000 Individuen/m <sup>2</sup>											
<b>VII</b> HK 7 = >1000 Individuen/m <sup>2</sup>											
<b>VIII</b> HK 7 = >10000 Individuen/m <sup>2</sup>											
<b>Turbellaria</b>											
Turbellaria indet.			II	I							
<i>Dendrocoelum lacteum</i>										I	
<i>Polycelis felina</i>							X	X		I	
<b>Nemathelminthes</b>											
Nematoda indet.	I		II		I		II	II		I	II
<i>Gordius</i> sp.			I					I			I
<b>Gastropoda</b>											
Gastropoda indet.										I	
<i>Ancylus fluviatilis</i>							I	II		II	I
<i>Galba truncatula</i>					XX		I				
<i>Physidae</i> indet.				I							
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>										I	
<i>Radix</i> sp.											I
<i>Radix balthica</i>			I		XX						
<b>Oligochaeta</b>											
Oligochaeta indet.					I	I	II	I			II
<i>Eiseniella tetraedra</i>							I			V	I
<i>Haplotaxis gordioides</i>			I								
<i>Stylodrilus</i> sp. + <i>heringianus</i>	I	I	IV	I	V					V	II
<i>Naididae</i> indet.	VII	I	VII	VII	VII	II	III	VI			III
<i>Tubificidae/Naididae</i> indet.											I
<i>Tubificidae</i> indet.	II										
<b>Hirudinea</b>											
<i>Erpobdella octoculata</i>								I		I	
<b>Arachnida</b>											
<i>Hydracarinae</i> indet.	II	I			I	II	X	II		III	
<b>CRUSTACEA</b>											
<i>Gammarus fossarum</i>	I	I	II	II	II	II	IV	IV		VII	



<b>I</b>	HK 1 = 1 - 9 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>II</b>	HK 2 = 10 - 50 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>III</b>	HK 3 = 51 - 100 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>IV</b>	HK 4 = 101 - 250 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>V</b>	HK 5 = 251 - 500 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>VI</b>	HK 6 = 501 - 1000 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>VII</b>	HK 7 = >1000 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>VIII</b>	HK 7 = >10000 Individuen/m <sup>2</sup>

	VRH-Ilanz	VRH-Reichenau	HRH-Bonaduz	ARH-Haldenstein	ARH-Mastrils	ARH-Triesen	ARH-Bangs	ARH-Lustenau	LAQ-Landquart	LBK-Liechtenst. Binnenk.	III
<b>INSECTA</b>											
<b>Ephemeroptera</b>											
<b>Baetidae</b>											
<i>Baetidae</i> indet.											
			<b>I</b>	<b>I</b>							
			<b>I</b>		<b>I</b>						
			<b>III</b>		<b>III</b>		<b>I</b>	<b>I</b>			<b>I</b>
	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>IV</b>	<b>II</b>	<b>VI</b>	<b>IV</b>	<b>III</b>	<b>I</b>	<b>IV</b>		<b>I</b>
						<b>I</b>		<b>II</b>			
											<b>I</b>
	<b>VI</b>	<b>V</b>	<b>VII</b>	<b>V</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>IV</b>	<b>VI</b>	<b>V</b>
					<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>		<b>I</b>	
<b>Ephemerellidae</b>											
							<b>I</b>	<b>II</b>		<b>II</b>	
<b>Heptageniidae</b>											
	<b>III</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>I</b>
	<b>X</b>			<b>X</b>			<b>I</b>				<b>X</b>
			<b>I</b>								
	<b>II</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>X</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>II</b>		<b>XX</b>	
		<b>I</b>									
											<b>I</b>
	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>IV</b>		<b>V</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>II</b>	<b>III</b>		<b>II</b>
		<b>XX</b>		<b>XXX</b>	<b>XXX</b>						<b>XXX</b>
			<b>I</b>				<b>I</b>	<b>IV</b>	<b>III</b>		<b>I</b>
		<b>II</b>			<b>IV</b>		<b>IV</b>				<b>III</b>
											<b>II</b>
									<b>II</b>		
	<b>II</b>	<b>II</b>				<b>I</b>		<b>I</b>	<b>I</b>		
	<b>II</b>	<b>II</b>			<b>I</b>	<b>II</b>		<b>II</b>	<b>II</b>		<b>II</b>
	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>V</b>	<b>II</b>	<b>VI</b>	<b>V</b>	<b>V</b>	<b>III</b>	<b>I</b>		<b>II</b>
<b>Leptophlebiidae</b>											
											<b>I</b>
								<b>I</b>			
							<b>I</b>				
<b>Odonata</b>											
			<b>I</b>								
<b>Plecoptera</b>											
<b>Capniidae</b>											
	<b>VI</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>VI</b>	<b>IV</b>		<b>I</b>	<b>III</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>VI</b>
<b>Chloroperlidae</b>											
	<b>I</b>								<b>I</b>		
			<b>X</b>								



<b>I</b>	HK 1 = 1 - 9 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>II</b>	HK 2 = 10 - 50 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>III</b>	HK 3 = 51 - 100 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>IV</b>	HK 4 = 101 - 250 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>V</b>	HK 5 = 251 - 500 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>VI</b>	HK 6 = 501 - 1000 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>VII</b>	HK 7 = >1000 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>VII</b>	HK 7 = >10000 Individuen/m <sup>2</sup>

	VRH-Ilanz	VRH-Reichenau	HRH-Bonaduz	ARH-Haldenstein	ARH-Mastrils	ARH-Triesen	ARH-Bangs	ARH-Lustenau	LAQ-Landquart	LBK-Liechtenst. Binnenk.	III
<b>Leuctridae</b>											
<i>Leuctra</i> sp.	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	IV	I	V
<i>Leuctra inermis</i>		XX	XX		X						
<b>Nemouridae</b>											
<i>Amphinemura</i> sp.	I		I	II	I	I		I			
<i>Nemoura</i> sp.				I				II			
<i>Nemoura mortoni</i>	II			II	I			I			
<i>Protonemura</i> sp.	I	I	I	I	III	II		I			I
<i>Protonemura cf. intricata</i>		X									
<b>Perlidae</b>											
<i>Dinocras cephalotes/megacephala</i>											I
<i>Perla grandis</i>	I		X		I				X		
<b>Perlodidae</b>											
<i>Perlodidae</i> indet.				I		II	III	II			
<i>Isoperla</i> sp. juv. + <i>grammatica</i>	I	II	II	I	III	III	IV	IV	I		I
<i>Perlodes</i> sp.								II	I		
<i>Perlodes intricatus</i>	II	II	II		II	II	I	I			
<b>Taeniopterygidae</b>											
<i>Brachyptera/Rhabdiopteryx</i>	I	II		I	II		III	III	I		
<i>Brachyptera</i> sp.	II	IV	IV	II	V	V	VI	IV			I
<i>Brachyptera trifasciata</i>	I	II	II	I	III	II	IV	II			I
<i>Rhabdiopteryx</i> sp.	II	IV	IV	I	IV	II	II		I		II
<i>Rhabdiopteryx neglecta</i>		X	X								
<i>Taeniopteryx kühtreiberi</i>	I				I						
<b>Coleoptera</b>											
<b>Dytiscidae</b>											
<i>Colymbetinae</i> La	I										
<i>Ilybius fuliginosus</i> La			I								
<i>Laccophilus</i> sp. Im											I
<i>Platambus maculatus</i> La	I		I		I						
<b>Elmidae</b>											
<i>Elmis</i> sp. + <i>cf. maugetii</i>	I		I		II			II		II	
<i>Limnius</i> sp. + <i>volckmari/muelleri</i>	I				II					V	
<i>Oulimnius tuberculatus</i>								I		I	
<i>Riolus</i> sp.					II					I	
<b>Trichoptera</b>											
<b>Glossosomatidae</b>											
<i>Agapetus ochripes</i>								II			
<b>Hydropsychidae</b>											
<i>Hydropsyche</i> sp.							II	II		I	
<i>Hydropsyche outfata</i>								X			



<b>I</b>	HK 1 = 1 - 9 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>II</b>	HK 2 = 10 - 50 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>III</b>	HK 3 = 51 - 100 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>IV</b>	HK 4 = 101 - 250 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>V</b>	HK 5 = 251 - 500 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>VI</b>	HK 6 = 501 - 1000 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>VII</b>	HK 7 = >1000 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>VII</b>	HK 7 = >10000 Individuen/m <sup>2</sup>

	VRH-Ilanz	VRH-Reichenau	HRH-Bonaduz	ARH-Haldenstein	ARH-Mastrils	ARH-Triesen	ARH-Bangs	ARH-Lustenau	LAQ-Landquart	LBK-Liechtenst. Binnenk.	III
<b>Hydroptilidae</b>											
<i>Hydroptila sp.</i>	I							I		II	
<b>Limnephilidae</b>											
<i>Allogamus auricollis</i>	VII	III	VII	VII	VII	II	II	IV		II	VII
<i>Chaetopterygini/Stenophylacini</i>	I					X		I			
<i>Halesus radiatus</i>			I		XX						
<i>Glyphotaelius pellucidus</i>											I
<i>Limnephilus germanus/lunatus</i>					XX						
<i>Potamophylax cingulatus-Kompl.</i>								I			I
<b>Odontoceridae</b>											
<i>Odontocerum albicorne</i>										II	
<b>Philopotamidae</b>											
<i>Philopotamus ludificatus</i>	I										
<i>Wormaldia-Komplex (occipitalis)</i>	I										
<b>Polycentropodidae</b>											
<i>Plectrocnemia brevis</i>					I						
<b>Psychomyiidae</b>											
<i>Psychomyia pusilla</i>						I	II	III		II	
<b>Rhyacophilidae</b>											
<i>Rhyacophila sp.</i>	V	V	IV	II	VI	III	II	II	II	II	II
<i>Rhyacophila sp. Pu</i>								I			
<i>Rhyacophila sensu stricto</i>	IV	IV	IV	III	IV	IV	IV	III	I	II	III
<i>Rhyacophila torrentium</i>	II		X				X		I		
<b>Diptera</b>											
<i>Diptera La indet.</i>							I				
<b>Athericidae</b>											
<i>Atherix ibis/lbisia marginata</i>							I				
<i>Atherix ibis</i>				I							
<i>Ibisa marginata</i>								X			
<b>Blephariceridae</b>											
<i>Liponeura decipiens</i>	X	X									
<b>Chironomidae</b>											
<i>Chironomini</i>	II			II				II			
<i>Diamesinae</i>	IV	VI	V	VII	VII	V	IV	II	I		VI
<i>Orthoclaadiinae</i>	VI	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	I	VI	VII
<i>Corynoneura sp.</i>	I										
<i>Prodiamesa olivacea</i>	VI				III		III	II			
<i>Tanypodinae</i>	IV		I	I	III	II	I	II		II	I
<i>Tanytarsini</i>	VII	III		III	IV	II		III		II	
<b>Empididae</b>											
<i>Clinocerinae</i>	II	III	III	II	II	IV	III	II		II	III
<i>Chelifera sp.</i>				I						I	
<i>Hemerodromia sp.</i>								I		II	

<b>I</b>	HK 1 = 1 - 9 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>II</b>	HK 2 = 10 - 50 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>III</b>	HK 3 = 51 - 100 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>IV</b>	HK 4 = 101 - 250 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>V</b>	HK 5 = 251 - 500 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>VI</b>	HK 6 = 501 - 1000 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>VII</b>	HK 7 = >1000 Individuen/m <sup>2</sup>
<b>VII</b>	HK 7 = >10000 Individuen/m <sup>2</sup>

	VRH-Ilanz	VRH-Reichenau	HRH-Bonaduz	ARH-Haldenstein	ARH-Mastrils	ARH-Triesen	ARH-Bangs	ARH-Lustenau	LAQ-Landquart	LBK-Liechtenst. Binnenk.	III
<b>Limoniidae/ Pedicidae</b>											
<i>Antocha sp.</i>	I				II			I		IV	I
<i>Dicranota sp.</i>	II	IV	III	II	III	II	II	II	I	III	III
<i>Eloeophila sp.</i>	II	II	II	I	I	II	I	I	I		
<i>Eriopterini</i>			IV	I	III		II				
<i>Rhabdomastix sp.</i>		X									
<b>Muscidae</b>											
<i>Lispe sp.</i>			I								
<b>Psychodidae</b>											
<i>Psychodidae indet.</i>	I			I							
<b>Simuliidae</b>											
<i>Simulium sp.</i>	VII	VII	VII	II	VII	VII	V	III		V	V
<b>Tipulidae</b>											
<i>Tipula sp.</i>	I									I	
<i>Tipula - Arctotipula</i>			I								I



## 9.2 Daten Fische

Tab. 18: Liste der im Rahmen des Monitorings Alpenrhein 2009 gefangenen und nachgewiesenen Fischarten und deren Häufigkeiten.

Stelle	VRH-Reichenau		HRH-Bonaduz					ARH-Haldenstein		ARH-Mastiris						ARH-Triesen			ARH-Buchs			ARH-Bangs					ARH-Lustenau					
	1	2	1	2	3	4	5	1	2	1	2	3	4	5	6	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2				
Habitat-Kategorie	a	d	b	c	f	i	i	a	d	i	b	g	b	a	f	j	a	d	m	i	j	k	e	a	h	i	h	i				
Aal ( <i>Anguilla anguilla</i> )																													1/0			
Äsche ( <i>Thymallus thymallus</i> )																	1/1												1/1			
Alet ( <i>Leuciscus cephalus</i> )																7/7													2/2	9/8		
Bachforelle ( <i>Salmo trutta fario</i> )	10/6	127/122	11/11	38/36	81/73	5/5	10/6	10/5	12/11	5/4	5/5	16/16	29/29	32/28									1/1									
Felchen ( <i>Coregonus</i> sp.)																																
Eiritze ( <i>Phoxinus phoxinus</i> )																	4/0															
Giebel ( <i>Carassius gibelio</i> )																	1/0															
Groppe ( <i>Cottus gobio</i> )	4/2						4/0	9/7	1/0	16/14	42/33	11/8	4/0			26/0	32/23	4/0	15/7	16/4	12/9	3/1	64/34	61/55				37/26	10/10			
Hasel ( <i>Leuciscus leuciscus</i> )																													3/3	17/17		
Kaulbarsch ( <i>Gymnoc. cernuus</i> )																													3/0	6/0		
Laube ( <i>Alburnus alburnus</i> )																													1/1	3/2		
Regenbogenforelle ( <i>O. mykiss</i> )									6/3			1/1			3/3	4/1	7/7	16/3	5/3	4/2	8/2	7/3	21/14	0				8/4	1/0			
Rotauge ( <i>Rutilus rutilus</i> )																														2/2		
Schmerle ( <i>Barbatula barbatula</i> )																													2/0	3/2		
Seeforelle ( <i>Salmo trutta lacustris</i> )																																
Stichling ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> )																													2/2	6/0		
Strömer ( <i>Leuciscus souffia</i> )																316/221	4/0			3/3	1/1							2/2	99/99			
Trüsche ( <i>Lota lota</i> )																				2/0	7/0		6/0					5/0	1/0			
Cypriniden nicht bestimmt																					13/13									31/31		

**Habitat-Kategorien:** a = Flachbereiche 1, b = Flachbereiche 2, c = Flachbereiche 3, d = Tiefe Uferbereiche 1, e = Tiefe Uferbereiche 2, g = Tiefe Uferbereiche 2a, h = Tiefe Uferbereiche 3, i = Hinterwasser 1, j = Hinterwasser 2a, k = Hinterwasser 2b, l = Hinterwasser 3, m = Sonderstruktur in Schwelle

**Legende:** 25/16 = Anzahl der gefangenen Individuen/davon Anzahl Jungfische; E = Nachweis von Eiern/Gelegen; B = Beobachtung einzelner Individuen







Die "Internationale Regierungskommission Alpenrhein" (IRKA) ist eine gemeinsame Plattform der vier Regierungen von Liechtenstein, Vorarlberg, Graubünden und St. Gallen. Sie dient dem länderübergreifenden Informationsaustausch, der Diskussion, Entscheidungsfindung und Planung wirtschaftlicher und ökologischer Massnahmen am Alpenrhein



**IRKA**

Internationale Regierungskommission Alpenrhein  
[www.alpenrhein.net](http://www.alpenrhein.net)



Liechtenstein



Vorarlberg



Graubünden



St. Gallen