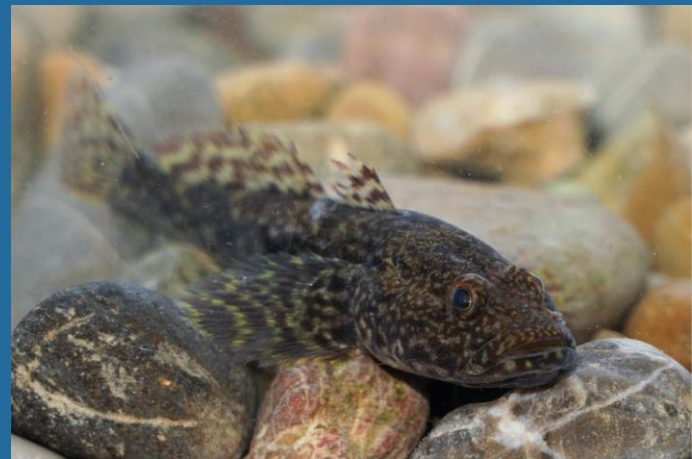
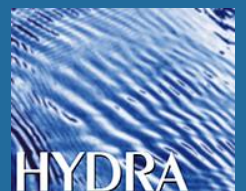


Koordinierte Biologische Untersuchungen im Hochrhein 2017/2018

*Makroinvertebraten
Jungfische
zusammenfassender Bericht*



Im Auftrag des
Bundesamtes für Umwelt (BAFU)



Koordinierte Biologische Untersuchungen im Hochrhein 2017/2018

*Makroinvertebraten
Jungfische
zusammenfassender Bericht*

Impressum

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern und
Gewässerschutzfachstellen der Kantone AG, BL, BS, TG,
SH und ZH

Auftragnehmer

HYDRA AG, Lukasstr. 29, 9008 St. Gallen

Bericht

John Hesselschwerdt & Peter Rey

Bearbeitung

Peter Rey, John Hesselschwerdt, Uta Mürle, Johannes
Ortlepp, Dorothée Makarow, Boris Unger und Sarah
Oexle

Begleitung

Yael Schindler Wildhaber, BAFU, Abteilung Wasser;
Fachexperten der kantonalen Gewässerschutz-
fachstellen AG, BL, BS, TG, SH, ZH

Zitierung

Hesselschwerdt J & Rey P. 2021: Koordinierte
biologische Untersuchungen am Hochrhein 2017/2018.
Zusammenfassender Bericht.

Fotos und Grafiken

Peter Rey & John Hesselschwerdt, Hydra AG

Titelbild

Kamberkrebs bei Rietheim (*Orconectes limosus*),
Kessler-Grundel bei Schweizerhalle (*Ponticola kessleri*),
Bachneunauge bei Rietheim (*Lampetra planeri*),
Grosslibellenlarve bei Rheinau

Hinweis

Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für
Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der
Auftragnehmer verantwortlich.

> Inhalt

> Inhalt	3	2.3 Fische	50
> Zusammenfassung	4	2.3.1 Historischer Fischbestand im Hochrhein	50
1 > Einleitung	5	2.3.2 Jungfischmonitoring im Hochrhein	50
1.1 Biologisches Langzeitmonitoring am Hochrhein	5	2.3.3 Deformationen an Nasenpopulationen im Hochrhein	63
1.1.1 Monitoring biologischer Veränderungen und Besonderheiten	5	2.3.4 Rückgang der Äschen im Hochrhein	64
1.2 Charakteristik des Hochrheins	6	2.3.5 Allochthone Grundeln im Hochrhein	65
1.3 Probestellen, biologische Parameter und Untersuchungsmethoden	9	3 > Zusammenfassung weiterer biologischer Untersuchungen	69
1.3.1 Makroinvertebraten	10	3.1 Planktische Algen	69
1.3.2 Jungfische	13	3.2 Aufwuchs und benthische Kieselalgen	71
1.3.3 Weitere biologische Parameter	13	3.3 Makrophyten (Wasserpflanzen)	72
2 > Untersuchungskampagne 2017/2018 Makroinvertebraten und Jungfische	15	3.4 Fischmonitoring Baden-Württemberg	77
2.1 Abiotische Umgebungsbedingungen	15	3.5 Fischaufstiegskontrollen an den Hochrheinkraftwerken	78
2.1.1 Chemisch-physikalische Bedingungen	15	3.6 Kiesschüttungen Rheinufer Basel – Wirkungskontrolle Fischfauna	80
2.1.2 Hydrologie und Feststoffhaushalt	17	3.6.1 Schweizer Äschenmonitoring	81
2.2 Makroinvertebraten (Wirbellose Kleinlebewesen)	21	4 > Schlussfolgerungen	82
2.2.1 Makroinvertebraten und der Strömungscharakter des Flusses	21	4.1 Aktueller Zustand, Veränderungen und Tendenzen	82
2.2.2 Seltene oder schwer nachweisbare Arten	22	5 > Anhang	85
2.2.3 Artenverteilung und Artenvielfalt	23	5.1 Charakterisierung der untersuchten Flussquerschnitte	85
2.2.4 Besiedlungsdichten und Zusammensetzung	25	5.2 Makroinvertebratenbesiedlung des Hochrheins 1990–2018 – einheimische Arten	104
2.2.5 Veränderungen im Vorkommen einzelner Arten	29	5.3 Makroinvertebratenbesiedlung des Hochrheins 1990–2018 – Neozoen	111
2.2.6 Neozoen im Hochrhein	40	5.4 Jungfischbesiedlung des Hochrheins 2006–2018	114
2.2.7 Methodentest für Methodenvorschlag Ergänzung Stufe F «Grosse Flüsse»	48	> Literatur	115
		> Verzeichnisse	119
		Abbildungen	119
		Tabellen	120

> Zusammenfassung

In den Jahren 2017/2018 fanden im Hochrhein zum sechsten Male seit 1990 Koordinierte Biologische Untersuchungen statt. Der vorliegende Bericht stellt schwerpunktmässig die Ergebnisse der Untersuchungen zur Besiedlung der Flusssohle mit wirbellosen Kleinlebewesen, den Makroinvertebraten, und der Jungfischbesiedlung dar. Zusätzlich werden weitere für den Hochrhein relevante biologische Erhebungen zusammengefasst.

Die Hauptuntersuchungen fanden dabei an denselben neun Flussquerschnitten wie während der Vorkampagnen statt. Die Makroinvertebraten wurden ufernah watend und tauchergestützt von der Flusssohle gesammelt und anschliessend im Labor bestimmt. Die Jungfischbesiedlung wurde jeweils ufernah mittels Elektrofischerei erfasst. Für alle weiteren Daten wurde auf die entsprechenden Berichte der Anrainer zurückgegriffen.

Wie auch bei den vorherigen Untersuchungskampagnen werden die *Makroinvertebraten* vor allem durch das weitere Vordringen von Neozoen beeinflusst. Neu im Hochrhein eingeschleppt wurde die Quagga-Muschel – eine Schwesterart der im Hochrhein schon lange weit verbreiteten ebenfalls invasiven Dreikantmuschel. Auch wenn die Quagga-Muschel in Seen für einige Änderungen sorgt, erwarten wir in Flüssen neben der Verdrängung der gebietsfremden Dreikantmuschel keine gravierenden Änderungen. Die teils schon Jahrzehnte zurückliegenden Einschleppungen anderer Arten wie dem Grossen Höckerflohkrebs führen dagegen immer noch zu einer fortlaufenden Verdrängung heimischer Arten.

Die *Fischbesiedlung* wird ebenfalls stark von Neozoen beeinflusst. Nachdem neozoische Fischarten bisher meist nur lokale Auswirkungen hatten, führt die von Basel ausgehende Einwanderung zweier invasiver Arten der Schwarzmeergrundeln an den Untersuchungsstellen Basel und Schweizerhalle zu einem starken Rückgang heimischer Fische. Eine weitere Ausbreitung flussaufwärts mit dortigen entsprechenden Folgen wird erwartet. Studien zum Fischaufstieg entlang des Hochrheins zeigten weiterhin bestehende starke Defizite vor allem bezüglich der Auffindbarkeit auch von relativ neu angelegten oder sanierten Fischaufstiegen. Hier besteht noch grosser Handlungsbedarf.

Die *Makrophytenlebensgemeinschaft* des Hochrheins wird als «mässig» oder «schlecht» bewertet. Über die Jahre wird unter anderem eine zunehmende Artenverarmung beobachtet. Allerdings führten Änderungen in den Erhebungsmethoden zu einer eingeschränkten zeitlichen Vergleichbarkeit. Vor allem die im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie erhobenen Daten sind vom Umfang her nicht mit den früheren der Schweiz vergleichbar. Um zuverlässige Aussagen über die vermuteten Bestandsveränderungen zu treffen, wären umfassendere Untersuchungen nötig.

Der Mangel an *Geschiebe* im Hochrhein wurde durch unterschiedliche Massnahmen zwar verringert, limitiert aber weiterhin erheblich die Reproduktion vieler Fischarten und den Lebensraum zahlloser Wirbelloser. Der Geschiebemangel ist damit – zusammen mit langen Abschnitten mit starken *morphologischen Beeinträchtigungen* – weiterhin einer der Hauptdefizite des Lebensraums Hochrhein.

Die chemische *Wasserqualität* hat sich im Hochrhein auf hohem Qualitätsniveau stabilisiert. Neu im Fokus sind Mikroverunreinigungen, die nachweisbar vorkommen.

1 > Einleitung

1.1 Biologisches Langzeitmonitoring am Hochrhein

Seit 1990 werden am Hochrhein im 5–6-jährigen Turnus Koordinierte Biologische Untersuchungen mit Beteiligung der zuständigen Fachstellen des Bundes, der Rheinanliegerkantone und Baden-Württembergs durchgeführt. Dieses Programm liefert einen wichtigen Beitrag zu den biologischen Bestandsaufnahmen, die für die Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) im Rahmen des Programms «Rhein 2020» durchgeführt werden. Die Zielsetzungen der Programme und die sich daraus ableitenden Untersuchungen ähneln sich auf Schweizer und deutscher Seite. Auf deutscher Seite hat sich die Gewässerbewertung seit 2000 an die Vorgaben der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) zu halten, auf Schweizer Seite wurde vor allem Wert auf die Fortführung etablierter Methoden^[38] zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit der seit 1990 vorliegenden Langzeitdaten gelegt.

Zwischenzeitlich konnten mit der gleichen methodischen Herangehensweise und mit Tauchereinsatz auch das Benthos (die Lebensgemeinschaften der Flusssohle) in der Aare^[13, 30, 41], im Alpenrhein^[36, 43], in der unteren Limmat^[32] und in der Reuss^[33] unterhalb des Vierwaldstättersees untersucht werden.

Zur Untersuchungskampagne 2017/2018 wurde die Form der Berichtserstattung geändert. Zuvor erschienen durch das Bundesamt für Umwelt jeweils gedruckte Berichte für Makroinvertebraten und ein zusammenfassender Kurzbericht, indem alle Ergebnisse aus Schweiz und Deutschland aufgeführt waren. Über die Jungfischuntersuchung wurde ausführlich nur digital berichtet. 2017/2018 wird erstmals auf gedruckte Versionen verzichtet und alle drei Berichte werden zu einem Bericht zusammengefasst. Der erste Teil des vorliegenden Berichts umfasst die Hauptkampagne Makrozoobenthos und Jungfische, im Folgenden werden alle weiteren Untersuchungsergebnisse im Rahmen der Koordinierten Biologischen Untersuchungen zusammengefasst.

1.1.1 Monitoring biologischer Veränderungen und Besonderheiten

Im Langzeitmonitoring wird dokumentiert, in welchem Masse und zu welchen Zeitpunkten es zu Veränderungen der Besiedlungsdichten und der Lebensgemeinschaften in den Flüssen kommt. Daraus lassen sich Rückschlüsse auf veränderte Umgebungsbedingungen ziehen. Besonderen Einfluss haben hierbei die Ausbreitung invasiver gebietsfremder Arten aus anderen Flussgebieten, klimatische Veränderungen, Änderungen in der Nutzung, steigende oder sinkende Belastungen des Gewässers und Revitalisierungen.

Im Hochrhein werden neben den wirbellosen Kleinlebewesen, den Makroinvertebraten (Kap. 3.4), mit unterschiedlicher Probestellendichte auch die Planktonalgen (Kap. 3.1), die Aufwuchs- und benthischen Kieselalgen (Kap. 3.2), die Makrophyten

(Wasserpflanzen, Kap. 3.3) sowie die Fische (Kap. 3.5) erfasst. Zudem finden regelmäßige Messungen der chemischen Wasserqualität und der Abflüsse statt.

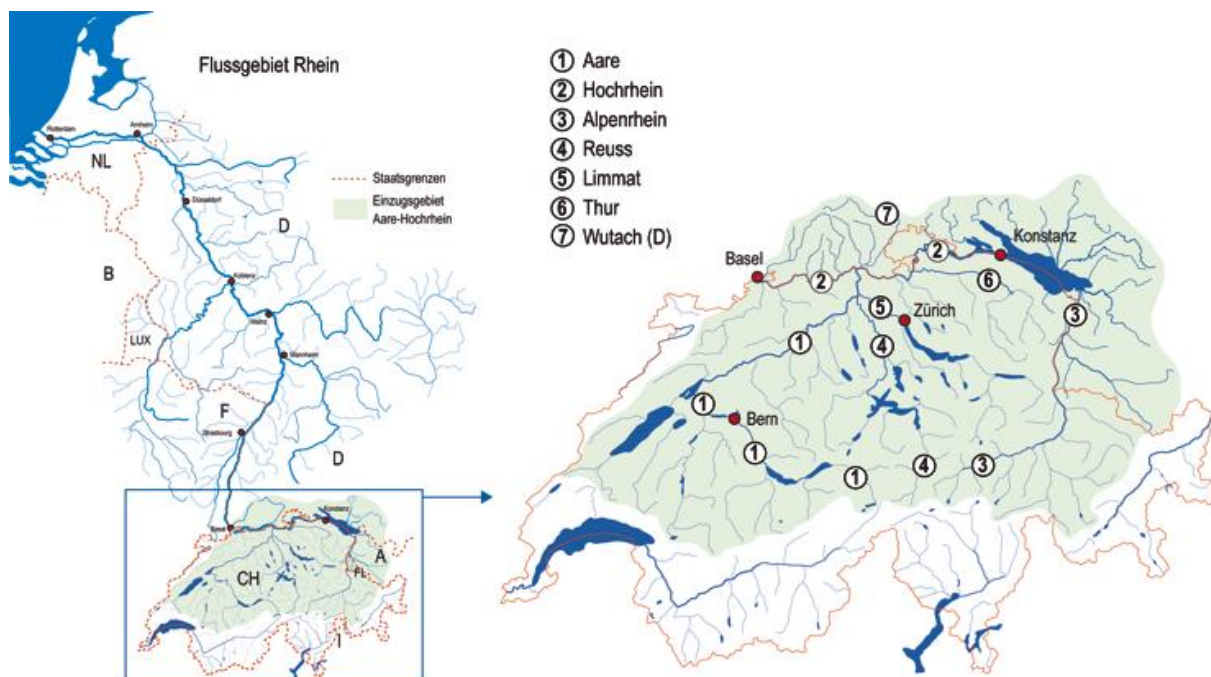
Die seit Beginn des Hochrheinmonitorings gesammelten Daten erlauben eine Übersicht über die langfristigen biologischen Veränderungen im Rhein zwischen Bodensee und Basel. Bei manchen Parametern sind Vergleiche ab 1995 möglich, bei erst in jüngerer Zeit untersuchten Inhalten entsprechend kürzer. Im Lauf der Zeit kamen neue Aspekte wie die ufernahe Jungfischfauna hinzu, andere, wie die Ökomorphologie, werden nur noch am Rande behandelt.

1.2 Charakteristik des Hochrheins

Der Hochrhein ist der grösste Fluss der Schweiz und entwässert mit 35 500 km² rund zwei Drittel der Schweiz (Abb. 1). Allein 17 500 km² entfallen auf das Einzugsgebiet der Aare, die am Zusammenfluss mit dem Rhein ein tieferes Flussbett und in der Regel auch eine höhere Wasserführung hat. Zum oberen Rhein-Einzugsgebiet kommen dafür weitere Flusssysteme aus Bayern, Baden-Württemberg, Vorarlberg sowie aus einem kleinen Teil der italienischen Lombardei hinzu (Abb. 1). Einzelne Quellen im Einzugsgebiet entspringen in über 3 000 m Meereshöhe (z. B. Vorderrhein, Tödigletscher). Im Dreiländereck bei Basel, mit rund 250 m Meereshöhe dem tiefsten Punkt der Nordschweiz, verlässt dieses Wasser die Schweiz in Richtung Nordsee.

Abb. 1 > Das Einzugsgebiet des Hochrheins

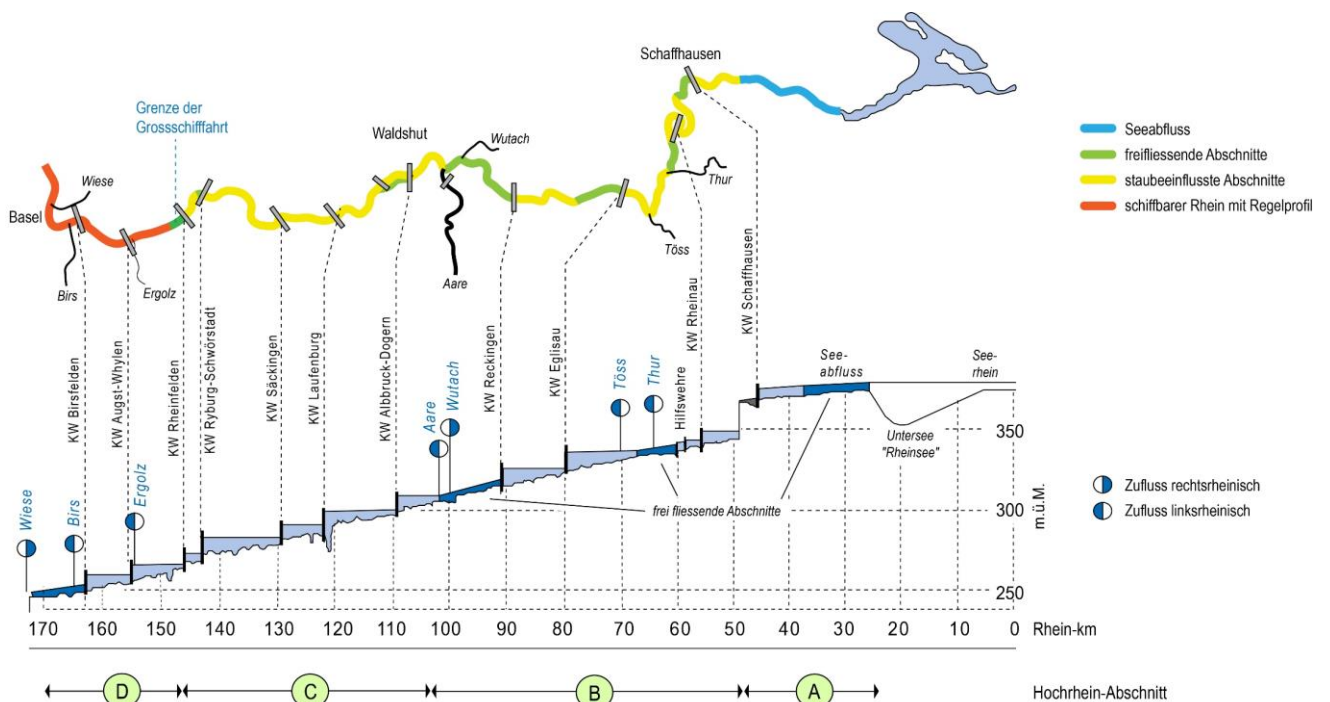
Das Flussgebiet Rhein mit seinen Schweizer Einzugsgebieten Aare, Alpenrhein und Hochrhein



Der Hochrhein weist elf Kraftwerkstufen auf (Abb. 2). Diese Staustufenketten wirken sich vor allem auf die biologische Systemdurchgängigkeit, die Abflusscharakteristik und den Geschiebetrieb aus; die Stauwurzeln reichen oft bis an die jeweils oberhalb liegende Staustufe heran. Der Abstand der Staustufen beträgt häufig weniger als 10 km Fließstrecke. Durch die Stauhaltungen werden zahlreiche Komponenten beeinflusst, neben den biologischen z. B. auch der Strömungscharakter, das Substrat der Sohle, die Wassertemperatur, der Sauerstoffgehalt und die Trübung.

Abb. 2 > Kraftwerksstufen im Hochrhein

Eingezeichnet sind neben den Zonierungsabschnitten (grün hinterlegte Kreise) die insgesamt 11 Kraftwerkstufen und der Fließcharakter. A-D bezeichnen die auf Schweizer Seite seit 1995 verwendeten vier Hochrheinabschnitte mit unterschiedlicher Flusscharakteristik^[38, 42]. Auf baden-württembergischer Seite werden am Hochrhein dagegen nur zwei «Wasserkörper» unterschieden (oberhalb- und unterhalb der Aareeinmündung).



Der Hochrhein bündelt die biologischen und abiotischen Eigenschaften aus einem sehr heterogenen Einzugsgebiet von Gebirgsbächen über Mittelgebirgsflüsse bis hin zu grossen Voralpenseen. Dies und die Tatsache, dass sich der hydrologische und ökomorphologische Charakter der beiden Flüsse mehrfach ändert (Abb. 2), legt eine Flusszonierung nach biozönotischen Gesichtspunkten in unterschiedliche Abschnitte nahe. Anthropogene Elemente, wie die Kraftwerkstufen und die damit zusammenhängenden Wechsel im Fließcharakter, beeinflussen eine solche Gliederung massgeblich. Nach biozönotischen Gesichtspunkt kann der Hochrhein in vier unterschiedliche Abschnitte gegliedert werden (Abb. 3):

Abb. 3 > Flussabschnitte unterschiedlichen Charakters im Hochrhein

a) durch den Bodenseeabfluss geprägter Abschnitt bei Hemishofen mit Personenschiffsverkehr



b) Naturnaher, freifliessender Flussabschnitt an den Koblenzer Laufen



c) Staubereich des KW Albbruck-Dogern



d) Abschnitt mit internationalem Fracht- und Personenschiffsverkehr bei Schweizerhalle



Abschnitt A vom Bodensee-Untersee bis zum Rheinfall Schaffhausen steht unter anderem bezüglich Nährstoffgehalt, Wassertemperaturen und fehlendem Geschiebetrieb überwiegend unter Einfluss des Seeabflusses. Ausserhalb grösserer Ortschaften besitzt der Hochrhein hier teilweise noch seinen natürlichen Charakter, bevor er im Staubereich des Kraftwerks bei Schaffhausen durch Rückstau und Verbauungen deutlich verändert wird. Zum Schutz gegen den Wellenschlag der Personenschiffahrt wurde früher weiträumig harter Uferverbau eingesetzt, der heute vermehrt durch naturnahe wellenstabile Kiesschüttungen ersetzt wird. Für Fische stellt dieser Abschnitt historisch eine typische Äschenregion dar. Abgesehen vom Aal, dessen Jungtiere selbst den Rheinfall überwinden können, war dieser Abschnitt nicht für Langdistanzwanderfische erreichbar. Die Planktondrift aus dem Bodensee ist eine wichtige Driftnahrung für Fischarten wie die Äsche. Zusätzlich hat der Bodensee einen gewissen Einfluss auf die Fischfauna des Hochrheins, da hier seentypische Fische natürlicherweise vermehrt erscheinen können.

In Abschnitt B, vom Rheinfall bis zur Einmündung der Aare, besitzt der Hochrhein noch kurze Strecken mit naturnahen Fliessgeschwindigkeiten, Breitenvariabilität und Strömungsvielfalt – wie z. B. um den Koblenzer Lauffen oberhalb der Aare-Mündung. Hier wechseln sich Stromschnellen mit tieferen Becken und naturnahen Fliessstrecken ab. Das Fliesskontinuum wird aber durch die Staustufen der Kraftwerke Rheinau, Eglisau und Reckingen mit bis über 10 km langen Rückstaubereichen und einer 4,3 km langen Ausleitungsstrecke (Rheinau) unterbrochen. Der natürliche Geschiebehalt ist

dadurch stark gestört. Mitgeführtes Geschiebe aus den Zuflüssen Thur, Töss und Wutach sedimentieren in den Stauwurzeln und unterbinden die Geschiebedynamik in den verbliebenen naturnahen Bereichen. Für Fische stellt der Zufluss Thur mit seinen oft grossen Feinstofffrachten eine wichtige Änderung dar. Zwar entspricht der gesamte Abschnitt einer Äschenregion, ab der Thureinmündung ist die Sicht für den optischen Jäger Äsche allerdings oft beeinträchtigt. Sehr typisch für diesen Abschnitt waren Wanderfischarten wie Lachs und Flussneunauge, aber auch Mitteldistanzwanderer wie die Nase waren sehr häufig.

Abschnitt C: Unterhalb der Aare-Mündung bis Rheinfelden ändert sich der Fliesscharakter des Hochrheins durch den Zufluss der Aare stark. In den meisten Zeiten wird die Abflussmenge mehr als verdoppelt (die Aare führt durchschnittlich 550 m³/s, der Hochrhein 450 m³/s). Dieser Abschnitt ist durch die Staustufen Rheinfelden, Ryburg-Schwörstadt, Säckingen, Laufenburg und dem Werkkanal des Kraftwerks Albruck-Dogern stark geprägt. Ab der Aareeinmündung entspricht der Hochrhein einer Barbenregion. Hier waren historisch Alet und Barben dominant. Zahlreiche Langdistanzwanderfische drangen in historischer Zeit bis zu den Laufenburger Stromschellen vor, die ab 1908 durch den Bau des Kraftwerks Laufenburg unwiederbringlich zerstört wurden. Diese Schnellen galten als natürliche Aufstiegs Grenze für die ausgestorbenen Arten Atlantischer Stör, Maifisch und Meerneunauge. Flussneunauge, Meerforelle und Lachs konnten die Laufen überwinden.

Abschnitt D: Unterhalb von Rheinfelden bis Basel ist der Hochrhein am stärksten beeinflusst. Er ist auch für Frachtschiffe schiffbar und durch ein Regelprofil charakterisiert. Dieser Abschnitt wurde natürlicherweise auch vom Kaulbarsch erreicht.

1.3 Probestellen, biologische Parameter und Untersuchungsmethoden

Abb. 4 > Probestellen der Koordinierten Biologischen Untersuchungen im Hochrhein sowie Mess- und Pegelstellen zur Erfassung von Hydrologie und Wasserqualität



Die Probestellen im Hochrhein liegen seit Beginn der Untersuchungsprogramme innerhalb derselben Flusstransakte^[38, 42] und repräsentieren dabei Flussabschnitte unterschiedlichen Charakters (Abb. 4; Tab. 1). Neben den Probestellen der Hauptkampagne von Makroinvertebraten und Jungfischen sind auch die Untersuchungsstellen des Monitorings von Baden-Württemberg aufgeführt.

Tab. 1 > Probestellen der Koordinierten Biologischen Untersuchungen im Hochrhein sowie Mess- und Pegelstellen zur Erfassung von Hydrologie und Wasserqualität

Probestelle		km	Parameter	Charakteristik	Abschnitt	
BER	Berlingen	24.0	P	Probenahmestelle See		Bodensee-Untersee
STE	Stein a.R.		CH, MP	Seeabfluss, teils verbaut; frei fliessend	A	Stein a. Rh. – Wehr Schaffhausen: Seeabfluss mit dominierendem Einfluss des Bodensees (Wasserführung, Temperatur, Plankton); schiffsinduzierter Wellenschlag; im Staubeereich Schaffhausen fehlender Geschiebetrieb.
R1	Hemishofen	27.7	CH, P, BD, PB, MZB, MP, F	Seeabfluss natürlich; ungestört (frei) fliessend, stark strukturierte Sohle		
SHA	Schaffhausen		CH	staubeeinflusst, stark verbaut		
NOH	Nohl		CH	stark strömend unterhalb Rheinfall	B	Wehr Schaffhausen – Aaremündung: Lange Strecken mit naturnahem Fliesscharakter abwechselnd mit Staubeichen, Rheinfall als natürliche Unterbrechung; geringe Geschiebeumlagerung wegen Staustufen und Geschieberückhalt in den Zuflüssen (Thur, Töss).
R2	Rheinau	56.3	BD, PB, MP, MZG, F	Staubeereich (oberer Hilfsstau); kaum Strömung; verbaute Ufer		
LOT	Lottstetten-Nack	62.8	BD, PB, MP	wenig verbaut; starke Strömung		
R3	Ellikon	64.0	CH, MZB, F	wenig verbaut; starke Strömung		
R4	Tössegg	70.5	CH, MZB, F	Flussbett tief in Sedimentgestein eingeschnitten		
REK	Reckingen	90.0	CH, P	Messstelle Landesanst. für Umweltschutz Baden-Württemberg (LUBW)		
KÜS	Küssaberg-Ettikon	98.1	BD, PB, MP	flach durchströmtes Flussbett		
R5	Rietheim	98.2	MZB, F	flaches, breites und turbulent durchströmtes Flussbett		
KOB	Koblenz		CH	Aufweitung mit Insel oh. Aaremündung		
R6	Waldshut	103.0	BD, PB, MP, MZB, F	direkt unterhalb der Aaremündung 2 Stromrinnen; rechts Flachufer	C	Aaremündung – Rheinbrücke Rheinfelden: Deutliche Charakteränderung aufgrund der hohen Wasserführung durch die Aare und der grösseren Eintiefung des Flussbettes. Starke anthropogene Beeinflussung durch die durchgehende Staustufenkette und den weitgehend harten Uferverbau.
ALB	Albruck-Dogern		CH	Staubeereich; stark verbaut		
R7	Sisseln	126.5	MZB, F	Obergrenze Staubeereich; gleichmässiger Querschnitt; Blockwurf		
OSÄ	Obersäckingen	126.6	BD, PB, MP	gleichmässiger Querschnitt; Blockwurf		
KAI	Kaiseraugst		CH	gleichmässiger Querschnitt; Blockwurf		
BEU	Karsau, Schloss Beugen	145.5	BD, PB, MP	gleichmässiger Querschnitt; Blockwurf	D	Rheinbrücke Rheinfelden – Basel: Schiffahrtsstrasse mit hart ausgebautem Regelprofil, Staustufen und starker Sohlenumlagerung durch Schiffsschrauben, schiffsinduzierter Wellenschlag.
PRA	Pratteln		CH	Regelquerschnitt; Ufer massiv verbaut		
R8	Schweizerhalle	158.4	MZB, F	Regelquerschnitt; Ufer massiv verbaut		
WHY	Whylen	158.5	BD, PB, MP	Regelquerschnitt; Ufer massiv verbaut		
R9	Basel	168.2	MZB, F	Frachthafen; intensive Schifffahrt; Regelquerschnitt; Ufermauern		
WEI	Weil a.R.	171.0	CH, P	LfU-Messung		

Parameter: CH=Chemie; P=Planktonalgen; BD=benthische Diatomeen; PB=Phytobenthos (ohne Diatomeen); MZB=Makroinvertebraten; MP= Makrophyten; F= Fische

1.3.1 Makroinvertebraten

Die Erfassung der *Makroinvertebraten* erfolgte weitestgehend nach der seit 1990 etablierten Methode im Rahmen der Koordinierten Biologischen Untersuchungen^[21, 38, 42]. Die neun Probenahmequerschnitte (Transekte) des Untersuchungsprogramms wurden ebenfalls seit 1990 beibehalten, da sie sich für den jeweiligen flussmorphologischen und biozönotischen Charakter grösserer zusammenhängender Hochrheinabschnitte als repräsentativ erwiesen haben. In Anhang 1 werden alle Querschnitte, ihre Lage und ihre morphologischen und ökologischen Besonderheiten sowie andere Kriterien des «Äusseren Aspekts» auf neun Tafeln vorgestellt.

Gegenüber den früheren Untersuchungen ergaben sich im Lauf der Zeit folgende Änderungen: Seit der Untersuchungskampagne 2006/2007 wurde auf eine sommerliche Probenahme verzichtet. Seitdem werden Sommerarten daher nicht mehr oder zumindest nicht während ihres optimalen Vorkommens erfasst, was zu Fehlinterpretationen bezüglich eines Rückgangs dieser Arten führen kann. Mit Ausnahme dieses begrenzten Informationsdefizits sind alle neuen Daten mit denen der früheren Kampagnen vergleichbar. Ebenfalls zur Kampagne 2006/2007 wurde die Technik der Taucherprobenahme umgestellt. Seitdem werden die Proben ufergestützt genommen, davor erfolgte die Probenahme von einem Boot aus. Das geänderte Vorgehen besitzt logistische Vorteile, wirkt sich aber nicht auf die Qualität oder Zusammensetzung der Proben aus. Mit der Untersuchungskampagne 2017/2018 wurde die Keschergrösse für die Uferprobenahme auf die für Stufe F (Schweiz) und EU-Wasserrahmenrichtlinie übliche Grösse von 25x25 cm verringert. Als Ausgleich wurde die Teilprobenzahl von drei auf vier erhöht.

Pro untersuchtem Transekt werden jeweils fünf Proben gesammelt – drei von Arealen der tieferen Sohle mittels Taucher sowie jeweils eine Probe vor dem linken und rechten Ufer mittels Kicksampling. Die Probenahme vom Flussgrund erfolgt mittels eines schweren Unterwasser-Samplers (0,07 m² Fläche) (Abb. 5). Die befüllten Probennetze (Proben) wurden von dem am Seil gesicherten Taucher jeweils an Land gebracht. Die flächenbezogenen Uferproben werden auf beiden Rheinseiten watend mit dem Surber-Sampler oder einem langstieligem Netzkischer (0,0625 m² Fläche) gesammelt. Das Probenmaterial wird noch im Feld mit Hilfe eines Siebsatzes in verschiedene Fraktionen aufgetrennt und so weit wie möglich von Steinen, Holz, Algen etc. befreit. Organismen, die später im fixierten Material nur schwer bestimmbar sind, werden einzeln abgelesen und separat erfasst. Der vor Ort nicht weiter bearbeitbare Teil der Probe wird in 70-prozentigem Alkohol fixiert und im Labor ausgelesen und bestimmt.

Zum Zeitpunkt der Probenahmekampagne 2017/2018 war geplant, die bisher an grossen Flüssen in der Schweiz durchgeführte Methode^[18] um eine Bewertung zu erweitern und als Ergänzung der bestehenden Methode zur Untersuchung watbarer Gewässer zu nutzen^[52]. Zum Testen entsprechender möglicher Anpassungen der bestehenden Methode wurden teilweise zusätzliche Proben entnommen: In Hemis-hofen wurden am linken Ufer zusätzlich acht Teilproben entnommen. Die Fragestellung war, ob sich die Ergebnisse mit höherer Teilprobenzahl verändern. Sowohl in Schweizerhalle wie auch in Sisseln wurden die vier Teilproben der Uferproben jeweils doppelt genommen. Hier sollte untersucht werden, wie reproduzierbar die Ergebnisse bei Nutzung von vier Teilproben sind.

Ein ausführlicher Methodenvergleich mit den EU-Anrainern am Rhein ist im Bericht «Makroinvertebraten» zur Untersuchungskampagne 2011/2012 dargestellt^[38].

Ergänzend zur Beprobung der Makroinvertebraten wurden an jedem Transekt drei getrennte e-DNA-Proben zur weiteren Bearbeitung durch die EAWAG entnommen. Hierzu wurden jeweils 0,5 ml Flusswasser filtriert.

Abb. 5 > Untersuchungsmethoden am Hochrhein*Tauchergestützte MZB-Beprobung mit Unterwasser-Sammler**Sicherung des Tauchers in der Strömung**Algenbewachsene Steinsohle in Flussmitte**Säubern und Vorauslesen der Proben vor Ort**Elektrobefischung ausgewählter Teilstrecken**Elektrobefischung mit Bootsunterstützung unterhalb Ufermauer in Basel*

1.3.2 Jungfische

Die ufernahen Jungfischuntersuchungen in der Schweiz wurden – wie bereits 2011/2012 – mittels Elektrofischerei und jeweils ufernah mit einer Stangen-Anode durchgeführt^[gemäss 62] [gemäss 53]. An einzelnen Stellen wurde unterstützend ein Schlauchboot eingesetzt. Die Fische wurden auf Artniveau bestimmt und vermessen. An fischreichen Sonderstrukturen wurden nicht alle Tiere, sondern nur ein Aliquot der Fischschwärme behändigt.

Um die Befischungstrecken – und auch die Ergebnisse früherer Kampagnen – untereinander vergleichen zu können, wurden sämtliche Fangzahlen in Einheitsfänge (CPUE) pro 100 m befischte Strecke umgerechnet. Für die Zusammenfassung von Ergebnissen aus Teilstrecken an derselben Probestelle wurden anhand der relativen Länge der befischten Strecke gewichtete Mittelwerte der Einheitsfänge verwendet. Zur weiteren ökologischen Charakterisierung der einzelnen Fischarten im Fang einer Stelle wurden der Fischregionsindex und die Rheophilie berechnet^[61]. Die den einzelnen Arten zugeordneten Werte wurden dabei jeweils anhand der Einheitsfänge gewichtet. Zusätzlich zu den systematischen Erhebungen wurden auch Fischbeobachtungen protokolliert, die in die Ergebnisdiskussion einfließen.

Die genauen befischten Strecken sind in den detaillierten Probestellenbeschreibungen im Anhang aufgeführt.

Unter anderem aufgrund der reduzierten Befischbarkeit des Hochrheins unterliegen auch die Ergebnisse entsprechenden Einschränkungen:

- Untersucht wurde nur der ufernahe Bereich. Daher sind gesicherte Aussagen nur zum Bestand flachwasser-/uferbewohnender Kleinfischarten oder zum Jungfischauftreten von Tief- und Freiwasserarten möglich.
- Die Untersuchungen sind auf Jungfische und Kleinfische ausgerichtet, grosse Fische konnten nicht abschliessend erfasst werden.
- Bei wirtschaftlich relevanten Arten können die Ergebnisse durch Besatzmassnahmen beeinflusst sein. Dies betrifft vor allem Bachforelle, Äsche, Aal, Zander, Hecht, Schleie und Karpfen.

1.3.3 Weitere biologische Parameter

Zur Ergänzung der von Schweizer Seite durchgeführten Erhebungen von Makroinvertebraten und Jungfischen werden die im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie von Baden-Württemberg erfassten biologischen Parameter aufgeführt.

Die Erhebung des *Phytoplanktons* erfolgte nach den Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie^[3]. Hierzu wurden Schöpfproben an Stellen mit sehr guter Wasserdurchmischung genommen; 100 ml davon wurden zur späteren Bestimmung der Planktonorganismen mit Lugol'scher Lösung fixiert. Im Labor erfolgte die qualitative Erfassung der Taxa und die Quantifizierung der Planktonorganismen in Form von Zellzahlen.

Biomassen einzelner Arten und Biovolumina wurden nach spezifischen Zellvolumen und Gewichten abgeschätzt. *Planktische Kieselalgen* wurden aus definierten Volumina filtriert und getrocknet untersucht^[15, 17].

Der *Algenaufwuchs* wurde nach Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie^[4, 15, 48] durch eine ufernahe Beprobung erfasst. Dabei werden benthische Diatomeen (Kieselalgen) getrennt vom restlichen Phytobenthos bearbeitet und beurteilt.

Die aktuelleren *Makrophytenkartierungen* (seit 2006) nach EU-Wasserrahmenrichtlinie werden watend vom Ufer aus nach der Methode des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz durchgeführt^[48]. Frühere Erhebungen erfolgten vom Boot aus mit Krauthaken^[57-59].

2 > Untersuchungskampagne 2017/2018 Makroinvertebraten und Jungfische

2.1 Abiotische Umgebungsbedingungen

2.1.1 Chemisch-physikalische Bedingungen

Die Wasserqualität des Hochrheins konnte in den 1970er bis 1990er Jahren dank internationaler Anstrengungen stark verbessert werden. Die damals begleitenden Messungen der chemisch-physikalischen Belastungen (stoffliche Komponenten, Sauerstoffversorgung, Wassertemperatur u.a.) werden seit dieser Zeit im Rahmen von Routineprogrammen an fixen Messstellen von Bund und Kantonen in der Schweiz und seitens der LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) weitergeführt und auch immer wieder den aktuellen Erfordernissen angepasst.

Unter den Standardparametern der stofflichen Belastung sind in biologischer Hinsicht vor allem Nährsalze und deren Abbauprodukte von Bedeutung. Phosphat und Gesamphosphor sowie hohe Gehalte an Nitrat können zu Veralgung und Verkrautung des Gewässers führen. Nitrat kann darüber hinaus auch die Trinkwassernutzung beeinträchtigen. Ammonium und Nitrit können ab gewissen Konzentrationen als Fischgift wirken. Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) gilt als Indikator für die Summe der organischen Belastungen.

Zur vergleichenden Darstellung der Ergebnisse wurden alle verfügbaren Messdaten der offiziellen Messstellen im Hochrhein gesammelt und nach dem Modul-Stufen-Konzept (MSK) «Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer – Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe»^[19, 27, 34] ausgewertet. Entsprechende Bewertungen lagen für die Schweizer Seite bereits für die meisten Messstellen vor, allerdings kommen nicht bei allen Kantonen dieselben Grenzwerte zur Anwendung. Hier werden für alle Messstellen ausschliesslich die Grenzwerte nach MSK angewandt. Dies betrifft z.B. die Probestelle Weil a. R.. Hier unterscheidet sich dieser Grenzwert im MSK für DOC (4,0 mg/l) von demjenigen, der vom Kanton Basel-Stadt zur Bewertung herangezogen wird (2,0 mg/l). Die von der LUBW in Baden-Württemberg erhobenen Daten wurden ebenfalls entsprechend bewertet.

In den Jahren 2017/2018 wurden die Anforderungen an die Wasserqualität nach Gewässerschutzverordnung (GSchV) erfüllt (Tab. 2). Gegenüber 2011/2012 ist allerdings der Anteil an Parametern/Stellen, die mit «sehr gut» bewertet wurden, gesunken. Dies betrifft vor allem Ammonium und Nitrit - wobei sich der Nitritgehalt direkt unterhalb des Bodenseeabflusses bei Hemishofen etwas verbessert hat. Damit stammt das Nitrit im Hochrhein nicht aus dem Bodensee, sondern wird in dessen Längsverlauf eingetragen. Erfreulich sind die weiterhin sehr geringen Phosphat- und Nitratwerte. Der Gehalt an

Insgesamt ist davon auszugehen, dass die geringe Nährstoffbelastung im Hochrhein zu keiner Beeinträchtigung der Lebensgemeinschaften mehr führt. Kurzfristig kann es jedoch bei Einzelereignissen noch zu erhöhten Nährstoff-Konzentrationen kommen.

Eine Herausforderung des 21. Jahrhunderts bildet die Erfassung und Eliminierung von Mikroverunreinigungen (Arzneimittelrückstände, hormonaktive Substanzen und andere Spurenstoffe), die immer mehr in den Fokus des Gewässerschutzes rücken. Messungen der letzten zwei Jahrzehnte bei Weil am Rhein zeigen, dass für diese Stoffe die gesetzlichen Vorschriften meist eingehalten wurden^[47]. Die Grenzwerte für Pestizide werden dagegen in Einzelfällen überschritten. Entsprechende Messungen liegen allerdings fast nur für Weil a. R. vor. In mittelgrossen Oberflächengewässern des Schweizer Mittellandes werden die Grenzwerte regelmässig überschritten. Da diese als Zuflüsse zu den hier untersuchten Gewässern dienen, dürfte dies auch für Aare und Rhein von Relevanz sein.

2.1.1.1 Wassertemperaturen

Der Hochrhein weist zwischen Bodensee und Basel höchstens kleine Temperaturunterschiede auf. Im Winter kommt es im Rheinverlauf bis Rheinfelden zu einer Erwärmung von bis zu zwei Grad oberhalb derjenigen im oberen Hochrhein, von Mai bis November sind die Temperaturen weitestgehend angeglichen (Abb. 6). Wie in der gesamten letzten Dekade, so lagen auch in den Jahren der betrachteten Untersuchungskampagnen die Wassertemperaturen im Hochrhein vielmals über dem langjährigen Monatsmittel. Werte über 25 °C, wie sie im Juli 2006 auftraten, wurden während der Kampagnen 2011/2012 und 2017/2018 nicht mehr erreicht. Allerdings stellen auch knapp 22 °C im Sommer 2017/2018 ein Problem für temperaturempfindliche Fischarten dar.

Zeitlich ausserhalb der Untersuchungskampagnen kam es dagegen zu Hitzeereignissen mit stark erhöhten Wassertemperaturen. So waren die Wassertemperaturen nach dem Seeausfluss aus dem Bodensee im späteren Sommer 2018 so hoch, dass es zu einem grossen Fischsterben führte. Dies betraf vor allem die temperaturempfindliche Äsche. Entsprechende Ereignisse werden mit dem Klimawandel zukünftig zunehmend häufiger auftreten. Erschwerend kommt hinzu, dass Rückzugsgebiete z. B. für temperaturempfindliche Fischarten wie die Äsche und die Bachforelle, wie sie früher in den vielen von Grundwasser beeinflussten Auenbereichen existiert haben, heute weitgehend fehlen. Die entsprechenden Giessengewässer existieren in ihrer ursprünglichen Form und Funktion nicht mehr oder sind zumindest selten geworden. Temperaturen um und über 20 °C, die im Hochrhein über mehr als zwei Monate herrschen können, liegen über dem Lebensraumoptimum wärmeempfindlicher Arten und beeinflussen deren Populationsentwicklung in entscheidendem Masse.

2.1.2 Hydrologie und Feststoffhaushalt

2.1.2.1 Abflussregimes

Die Aare beeinflusst als grösster Zufluss in entscheidendem Masse die Wasserführung im unteren Teil des Hochrheins, der Verlauf des Pegels Rheinfelden ist daher stark von ihr geprägt (Abb. 7). Oberhalb der Aaremündung ist der Hochrheinabfluss, bedingt

durch die Pufferwirkung des Bodensees, relativ konstant und zeigt nur selten grosse Abflussspitzen, die dann meist aus der Thur stammen und am Pegel Reckingen aufgezeichnet werden.

Abb. 6 > Wassertemperatur während der letzten Untersuchungskampagnen im Hochrhein

Jeweils aufgeführt sind die Messwerte der offiziellen Pegelstationen.

Als senkrechte grüne Balken sind die Zeiträume der jeweiligen Untersuchungskampagnen eingezeichnet.

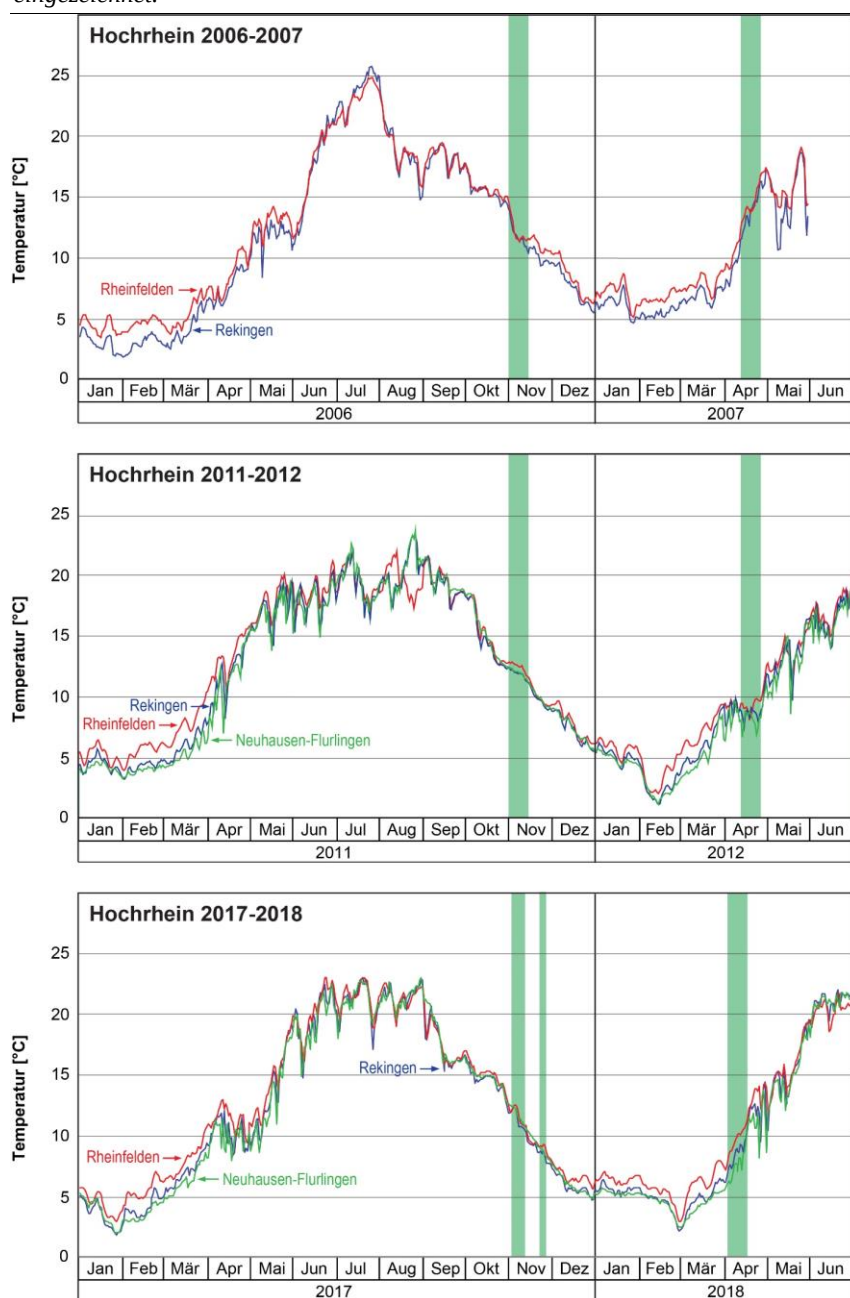
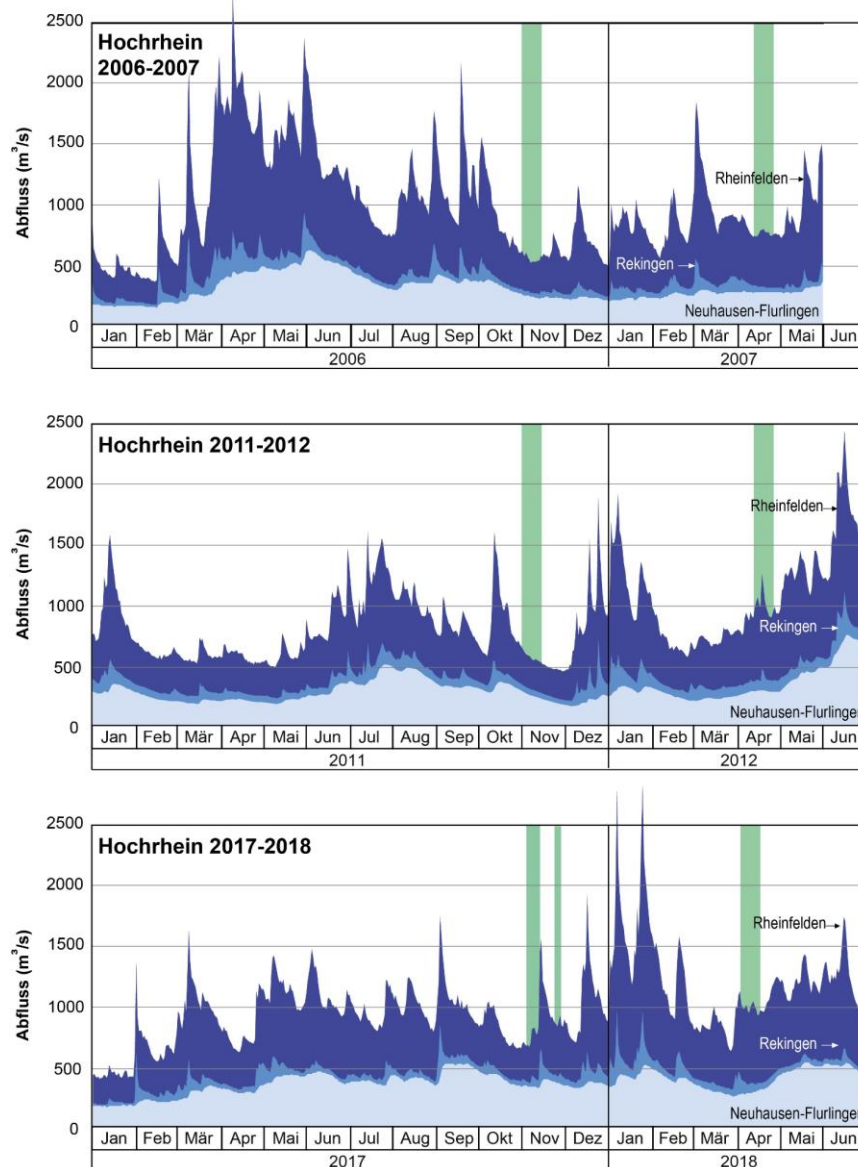


Abb. 7 > Abflüsse während der letzten Untersuchungskampagnen im Hochrhein

Jeweils aufgeführt sind die Messwerte der offiziellen Pegelstationen. Als senkrechte grüne Balken sind die Zeiträume der jeweiligen Untersuchungskampagnen eingezeichnet. Der Unterschied zwischen den Abflüssen bei Reckingen und Rheinfelden (dunkelblau) besteht fast vollständig aus dem Zufluss der Aare.



2.1.2.2 Geschiebe

Für kieslaichende Fischarten, aber auch für andere Gewässerorganismen ist ein funktionierender Geschiebehaushalt und damit eine lockere, gut durchströmte Kiessohle einer der wichtigsten Faktoren für sich selbst erhaltende Populationen. Diesbezüglich optimale Geschieberegimes waren früher in Hochrhein und Aare überall anzutreffen. Die Sohle beider Flüsse war ursprünglich von lockeren Kies- und Steinfraktionen dominiert.

Darin liegt auch ihre historische Bedeutung als ideale Gewässer für die Reproduktion des Atlantischen Lachses (*Salmo salar*) sowie die früher sehr grossen Bestände von Äschen (*Thymallus thymallus*), Barben (*Barbus barbus*) und Nasen (*Chondrostoma nasus*). In beiden Flusssystemen wurde die Geschiebedynamik durch Kiesentnahmen und den Bau von Staustufen fast vollständig unterbunden. Allein durch ihre Zuflüsse wurden der Aare vor der ersten Juragewässerkorrektion (1868–1891) noch rund 50 000 m³ Geschiebe pro Jahr zugeführt. Im Verlauf des 20. Jahrhunderts sank diese Fracht zeitweise auf Werte unter 1 000 m³ pro Jahr. Die heutigen, durch unterschiedliche Nutzungen erzeugten und vor allem durch die Kraftwerkstufen weiter aufrecht erhaltenen Geschiebedefizite sind deshalb auch mitverantwortlich für die Gefährdung typischer Flussarten.

Im Hochrhein finden zum Ausgleich Geschiebezugaben und Mobilisierungen im Rahmen von Uferanrissen statt. Eine Mobilisierung über Kraftwerkstufen hinweg (z. B. durch Öffnen der Schütze bei Hochwasser) sollte zukünftig geprüft werden^[14]. Auch die Wiederanbindung des Geschiebes von Zuflüssen ist wichtig.

Anlässlich der interkantonalen Planung zur Sanierung des Geschiebetriebes wurden entscheidende Grundlagen zur weiteren Verbesserung dieser Situation erarbeitet. Der «Masterplan – Massnahmen zur Geschiebereaktivierung im Hochrhein»^[1] zeigt auf, wie der Geschiebetrieb wieder in Gang gebracht und die Lebensgrundlage für bedrohte Fischarten verbessert werden kann. Die von den deutschen und Schweizerischen Behörden in Auftrag gegebene Studie wurde von einem interdisziplinären Team erarbeitet und von Umweltverbänden, Kraftwerksbetreibern und Behörden begleitet. Mittlerweile werden einige der dort vorgeschlagenen Massnahmen umgesetzt. Die natürlichen Geschiebefrachten werden allerdings bei weitem noch nicht erreicht.

2.1.2.3 Trübung

Im Bereich des Bodenseeabflusses bis über den Rheinfall hinaus transportiert der Hochrhein in der Regel ausser Plankton nur wenige Trübstoffe. Etwa ab der Mündung der Thur nimmt die Wassertrübung durch die höhere Schwebstofffracht kontinuierlich zu^[38]. Vor allem bei Hochwasserereignissen in den Zuflüssen kann die Trübung im Rhein stark ansteigen und über längere Zeit anhalten. Die natürlich auftretende Trübung reduziert die Lichtintensität auf der Gewässersohle und limitiert dort das Pflanzenwachstum. Aus diesem Grund finden wir z. B. in den oberen Hochrheinabschnitten einen stärkeren Makrophytenbewuchs – auch in grösseren Tiefen – als im Rhein unterhalb der Aaremündung.

2.2 Makroinvertebraten (Wirbellose Kleinlebewesen)

2.2.1 Makroinvertebraten und der Strömungscharakter des Flusses

Eine Besonderheit des Hochrheins ist die Lage direkt unterhalb eines grossen Sees – dem Bodensee. Dadurch wird das Makrozoobenthos (Lebensgemeinschaft der bodenlebenden wirbellosen Kleinlebewesen) im Bereich des Seeabflusses von Arten dominiert, die in besonderem Masse den Eintrag von organischem Material und Plankton aus dem Bodensee-Untersee nutzen können (Abb. 8a)^[38]. Frei fliessende Flussabschnitte sind das bevorzugte Habitat strömungsliebender und strömungstoleranter Arten (Abb. 8b). Über die grösseren Zuflüsse stossen auch immer wieder Bergbacharten hinzu, die ihren Verbreitungsschwerpunkt in diesen Zuflüssen haben. Stillwasserarten (Abb. 9a) dominieren das Makrozoobenthos innerhalb eingestauter Flussstrecken, aber auch in strömungsberuhigten Bereichen naturnaher Abschnitte. Typische Flussarten (Abb. 9b), die vor 100 Jahren den Hochrhein und die Aare in grossen Mengen besiedelt haben, werden immer seltener oder sind, wie die Eintagsfliege *Oligoneuriella rhenana*, im Untersuchungsgebiet bereits ausgestorben. Fast überall im Rhein, aber auch in anderen grösseren Fliessgewässern Mitteleuropas sind sogenannte «Allerweltsarten» (Ubiquisten) anzutreffen, zu denen viele Zuckmückenarten, Wasserschnecken und Egel und die meisten gebietsfremden Tierarten (Neozoen) zählen.

Abb. 8 > Typische Vertreter der Makroinvertebraten innerhalb unterschiedlicher Abschnitte des Hochrheins

a) Seeabflussarten:

Kolonie der neozoischen Quagga-Muschel
Dreissena rostriformis



Netze von Köcherfliegenlarven der Gattung
Neureclipsis



Netz einer Köcherfliegenlarve der Gattung
Hydropsyche



b) Strömungstolerante und strömungsliebende Arten:

Eintagsfliegenlarve der Gattung *Baëtis*

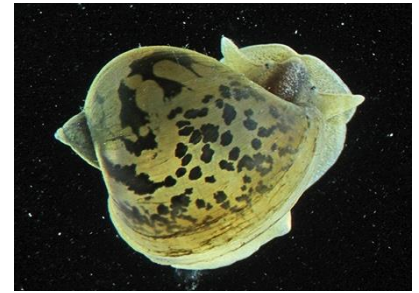


Kriebelmückenlarve



Steinfliegenlarve der Gattung *Perlodes*



Abb. 9 > Typische Vertreter der Makroinvertebraten innerhalb unterschiedlicher Abschnitte des Hochrheins**a) Stillwasser- und Auenarten:***Schlammfliege Sialis sp.**Wasserwanze der Gattung Sigara**Schnecke Radix auricularia***b) Typische Fluss- und Stromarten:***Grundwanze Aphelocheirus aestivalis**Eintagsfliege Potamanthus luteus*«köcherlose» Köcherfliege *Psychomyia pusilla***2.2.2 Seltene oder schwer nachweisbare Arten**

Im Rahmen der etablierten Probenahmetechnik für Makrozoobenthos gibt es Arten, die nur schlecht erfasst werden. Diese sind entweder zu selten, zu verstreut, zu gross oder zu empfindlich, um in den Proben konserviert werden zu können. Hierzu zählen z. B. Grosskrebse, ausgewachsene Grossmuscheln, Süsswasserpolyphen, Schwämme und Moostierchen. Ihr Nachweis gelingt aber immer wieder durch gesonderte Aufsammlungen, durch Beobachtungen in Ufernähe oder durch Unterwasseraufnahmen im Rahmen der Untersuchung (Abb. 10).

Schwämme sind sowohl im Hochrhein als auch in der Aare anzutreffen. Im Raum Schweizerhalle bedecken sie das Blocks substrat mit teilweise über 1 m² grossen Kolonien. Libellenlarven treten auf der Flusssohle niemals in hohen Dichten auf, so dass sie in den Proben fehlen können, obwohl sie an der entsprechenden Stelle regelmässig vorkommen. Neben einigen anderen Kleinlibellenarten dürften die häufigsten Libellen im Hochrhein die Prachtlibellenarten (*Calopteryx splendens* und *C. virgo*) sein. In den Hochrheinproben tauchen vereinzelt auch flusstypische Libellenlarven aus der Familie Gomphidae (Keiljungfern und Zangenlibellen) auf. Die gesamte Gruppe ist als gefährdet einzustufen, die Gelbe Keiljungfer (*Gomphus simillimus*) ist sogar vom Aussterben bedroht.

Abb. 10 > Typische seltene oder schwer nachweisbare Makroinvertebraten im Hochrheina) Grossmuschel der Gattung *Anodonta* (Tössegg)

b) Süßwasserpolyphen Hydra sp. (Hemishofen)

c) Süßwasserschwamm *Ephydatia* (Schweizerhalle)d) Moostierchenkolonie der Gattung *Fredericella* (Rietheim)

e) Männchen und Weibchen der Gebänderten Prachtlibelle (Tössegg)

f) Larve der Kleinen Zangenlibelle *Onychogomphus forcipatus* (Tössegg)

2.2.3 Artenverteilung und Artenvielfalt

Dass im Schweizer Einzugsbereich des Rheins noch immer ein grosses Artenreservoir an Wirbellosen vorkommt, belegen die Ergebnisse der letzten Untersuchungskampagnen. Die Gesamt-Taxazahlen der Dauerbeobachtungsstellen im Hochrhein (2000: 180 Taxa; 2007: 201 Taxa; 2012: 191 Taxa; 2018: 199 Taxa)^[31, 38, 40] liegen deutlich über denen aller anderen Rheinabschnitte. Die Taxazahlen sind zudem auch seit den 1990er Jahren nur geringen Schwankungen unterworfen (Abb. 11), allerdings hat sich das Artenspektrum deutlich verändert.

Entlang des Hochrheins nehmen die Taxazahlen vom Bodensee bis Basel allmählich ab (Abb. 12). Dies ist auffällig, da man in einem ungestörten Flusssystem genau das Gegenteil erwartet. Mit zunehmender Lauflänge und durch Zudrift aus den Hochrheinzuflüssen sollten eigentlich immer neue Faunenelemente hinzukommen. Im Hochrhein zeigt sich der Einfluss der Strukturqualität sehr stark – hier kommt es grob gesehen im Längsverlauf zu einer zunehmenden Degradierung. Schon kleinräumige Aufwertungen – wie bei Schweizerhalle – können dabei einen positiven Einfluss auf die Taxazahlen haben. Die zweithöchste Taxazahl entlang des Hochrheins in Rheinau wird durch den grossräumigen Staubereich mit teilweise vorhandenen Flachufeln erklärt. So kommen dort sowohl zahlreiche See- wie Flussarten vor. Die relativ geringen Taxazahlen in Rietheim (RIE) könnten dabei allerdings auch als Artefakt der Probenahme angesehen

werden, da noch nicht alle bei der Auenanbindung neu entstandenen Habitate beprobt werden konnten.

Abb. 11 > Langzeitentwicklung der Taxazahlen der Makroinvertebraten im Hochrhein

Angegeben sind die maximalen Besiedlungsdichten an den jeweiligen Flussquerschnitten des Langzeitmonitoringprogramms zwischen 1990 und 2018 im Hochrhein. Weisse Balken im Flusslauf = Kraftwerksstufen. [28, 31, 37, 38, 40]

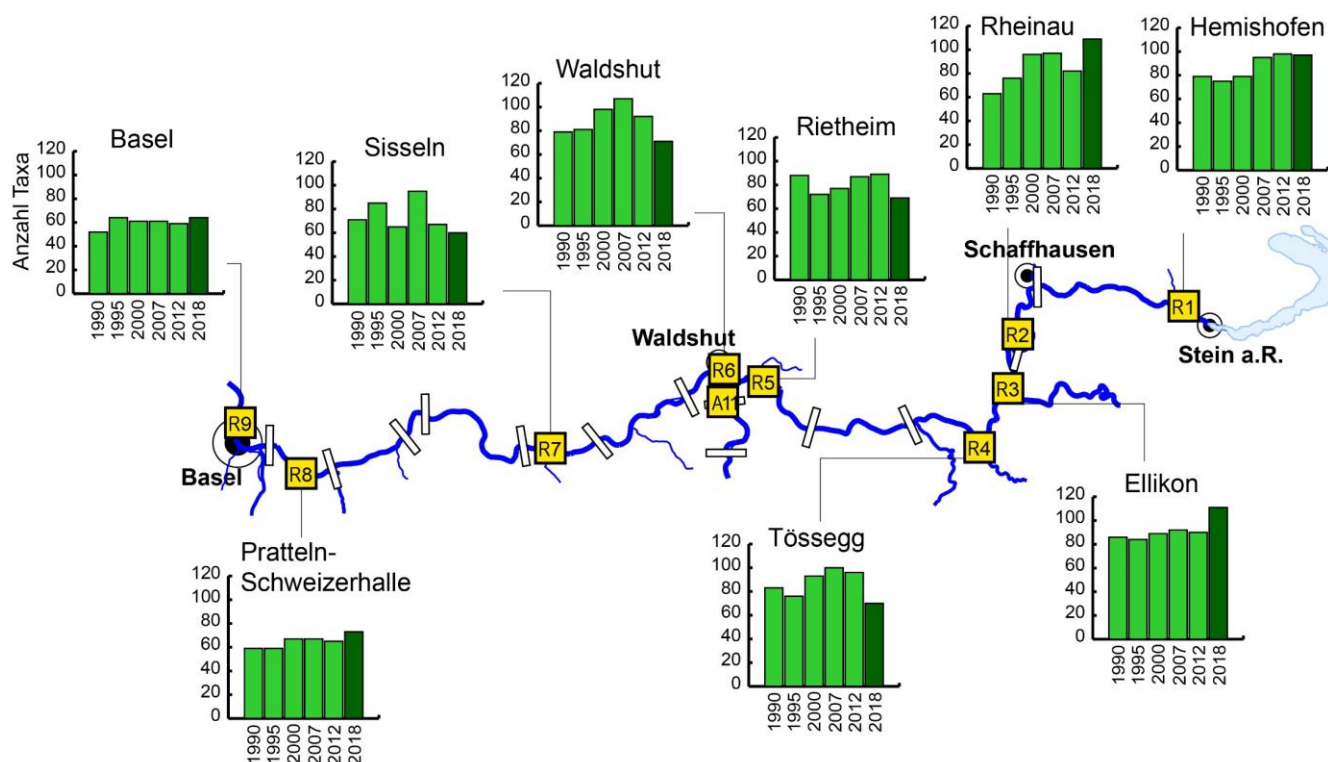
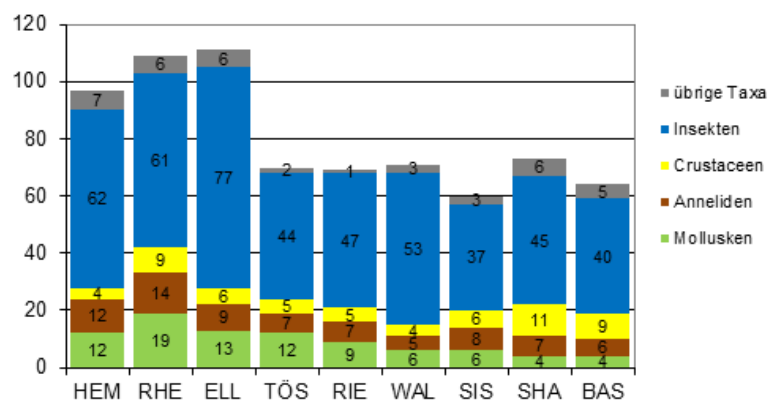


Abb. 12 > Taxazahlen der Makroinvertebraten-Grossgruppen 2017/2018

Taxazahlen an den neun Probenahmequerschnitten im Hochrhein nach taxonomischen Grossgruppen.

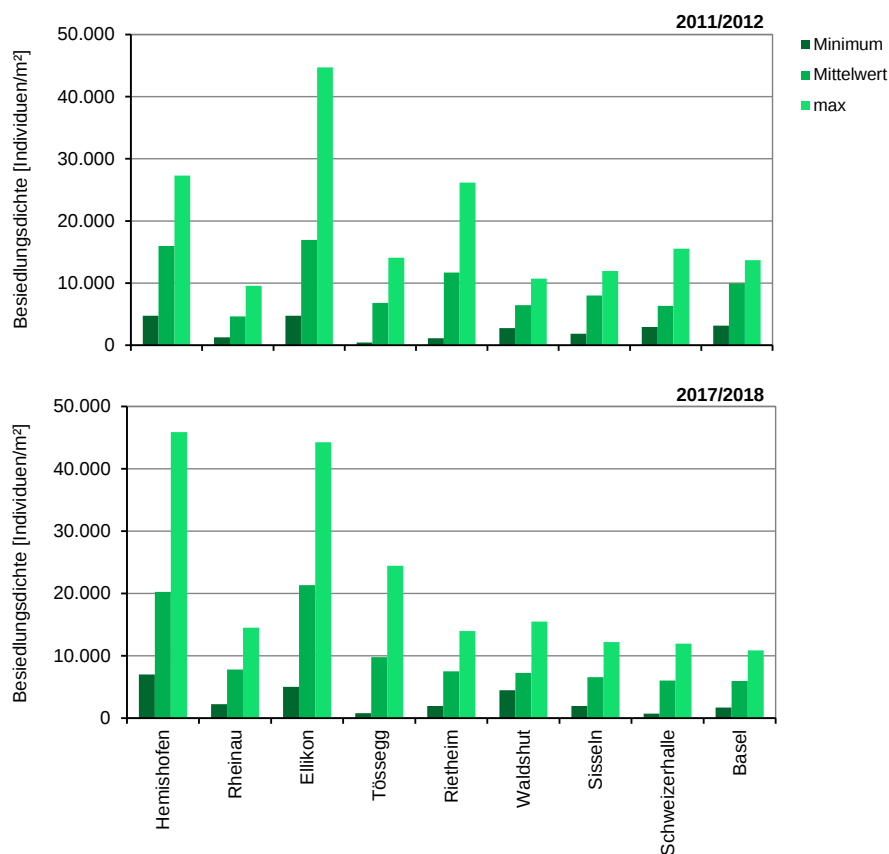


2.2.4 Besiedlungsdichten und Zusammensetzung

Auch die Besiedlungsdichten der Makroinvertebraten liegen im Hochrhein deutlich über denen anderer Rheinstrecken. Dabei können mittlere Dichten von um 20 000 Individuen/m² nicht nur bei sessilen Arten oder invasiven Neozoen auftreten, sondern auch von angestammten Taxa wie verschiedenen Mücken- oder Flohkrebsarten erreicht werden. Maximale Besiedlungszahlen von über 45 000 Individuen/m² findet man nur punktuell und nicht zu allen Zeiten (Abb. 13). Dennoch belegen sie das z. T. enorme Reproduktionspotenzial in einzelnen Lebensräumen. Wie auch die Taxazahlen, nehmen die Dichten im Längsverlauf des Hochrheins allmählich ab, die höchsten Dichten wurden an den naturnahen Stellen Hemishofen und Ellikon nachgewiesen. Unterhalb der Aaremündung – aber auch im Restwasserstau bei Rheinau (RHE) blieben sowohl die Besiedlungsdichten als auch deren Variabilität deutlich geringer.

Abb. 13 > Besiedlungsdichten der Makroinvertebraten im Hochrhein: Vergleich der Kampagnen 2011/2012 und 2017/2018

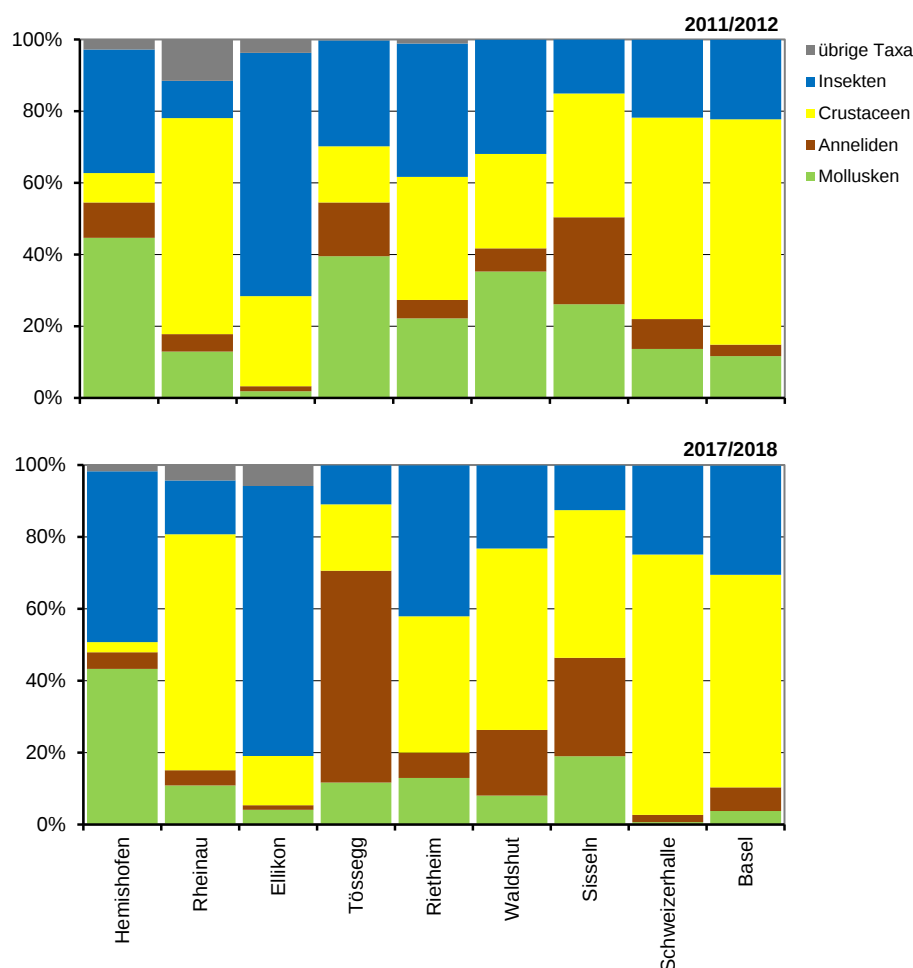
Minimale, mittlere und maximale Besiedlungsdichten der Makroinvertebraten an den neun Probenahmequerschnitten im Hochrhein.



Frühere faunistische Beschreibungen (z.B. Lauterborn 1911^[26]) lassen den Schluss zu, dass in Zeiten vor den massiven stofflichen und strukturellen Belastungen des Hochrheins die Benthosbiozönose zu einem Anteil von deutlich über 90 % von Wasserinsekten dominiert war. Heute weisen nur noch die freifliessenden Abschnitte am Seeabfluss (Hemishofen > 35%), zwischen Rheinfall und der Thurmündung (Ellikon > 60%) sowie im Bereich Zurzach bis Aaremündung (Rietheim > 35%) bedeutende Anteile an Wasserinsekten auf (Abb. 14). Im zeitlichen Verlauf ergeben sich vor allem kleinere Änderungen an der Häufigkeit von sedimentlebenden Vertretern der Anneliden (Würmer). So sind die hohen Anneliden-Anteile an der Stelle TÖS 2017/18 ein veränderliches Charakteristikum und auf eine grossflächige Sedimentauflage über den eigentlichen Sohlsubstraten im Bereich einzelner Teilprobestellen zurückzuführen.

Abb. 14 > Zusammensetzung der Benthosbesiedlung im Hochrhein: Vergleich der Kampagnen 2011/2012 und 2017/2018

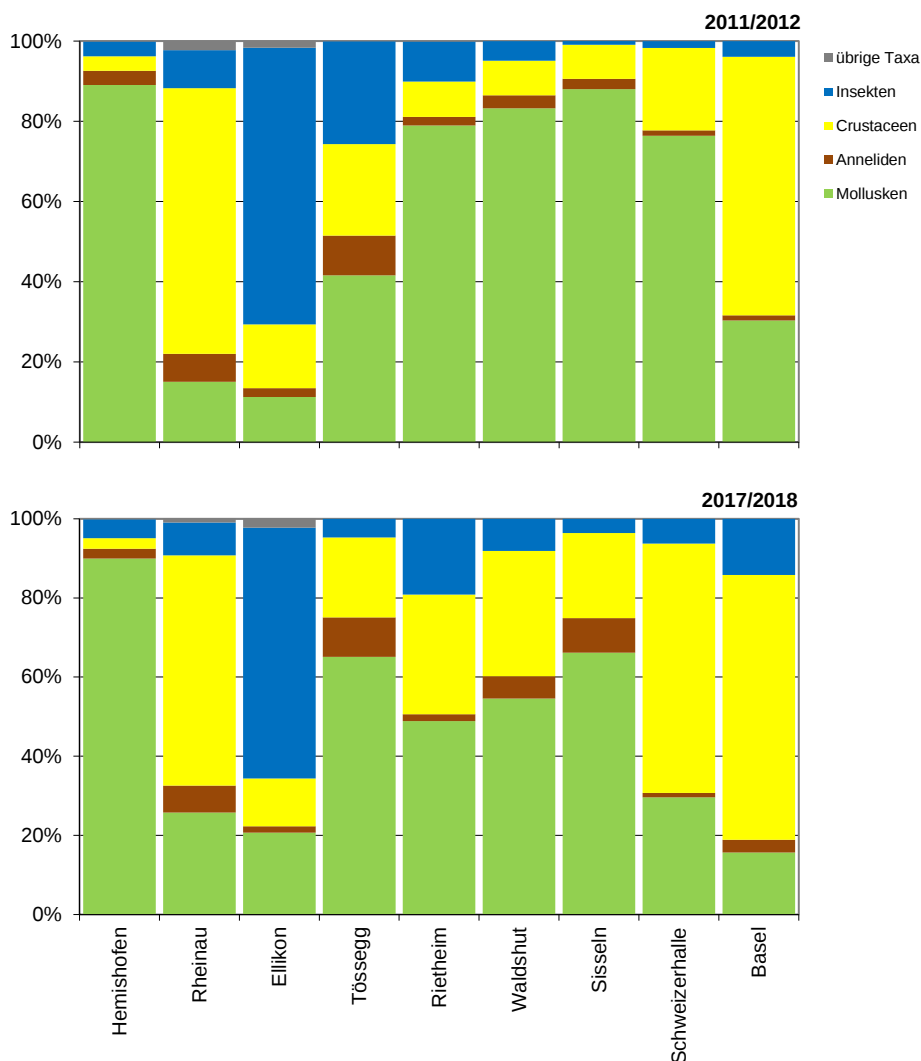
Anteile taxonomischer Grossgruppen an der Individuendichte für jeden Flussquerschnitt – gemittelt über sämtliche Teilproben.



Entsprechend zu den Besiedlungsdichten ergeben sich im Flussverlauf auch unterschiedliche Anteile der Grossgruppen an den Biomassen (Abb. 15). Hier dominieren allerdings jeweils Organismen, deren Einzeltiere schwer sind. Dies sind vor allem die hartschaligen Mollusken, zu denen die weitverbreiteten Dreikant- und Körbchenmuscheln gehören. Deren geringere Anteile in Rheinau und Ellikon sind auf den Stauinfluss zurückzuführen. Der sehr hohe Insektenanteil in Ellikon wird zu einem grossen Teil durch Massenvorkommen der Köcherfliegenlarve *Psychomyia pusilla* gebildet.

Abb. 15 > Anteile der Biomasse auf der Hochrheinsohle 2011/2012. Vergleich der Kampagnen 2011/2012 und 2017/2018

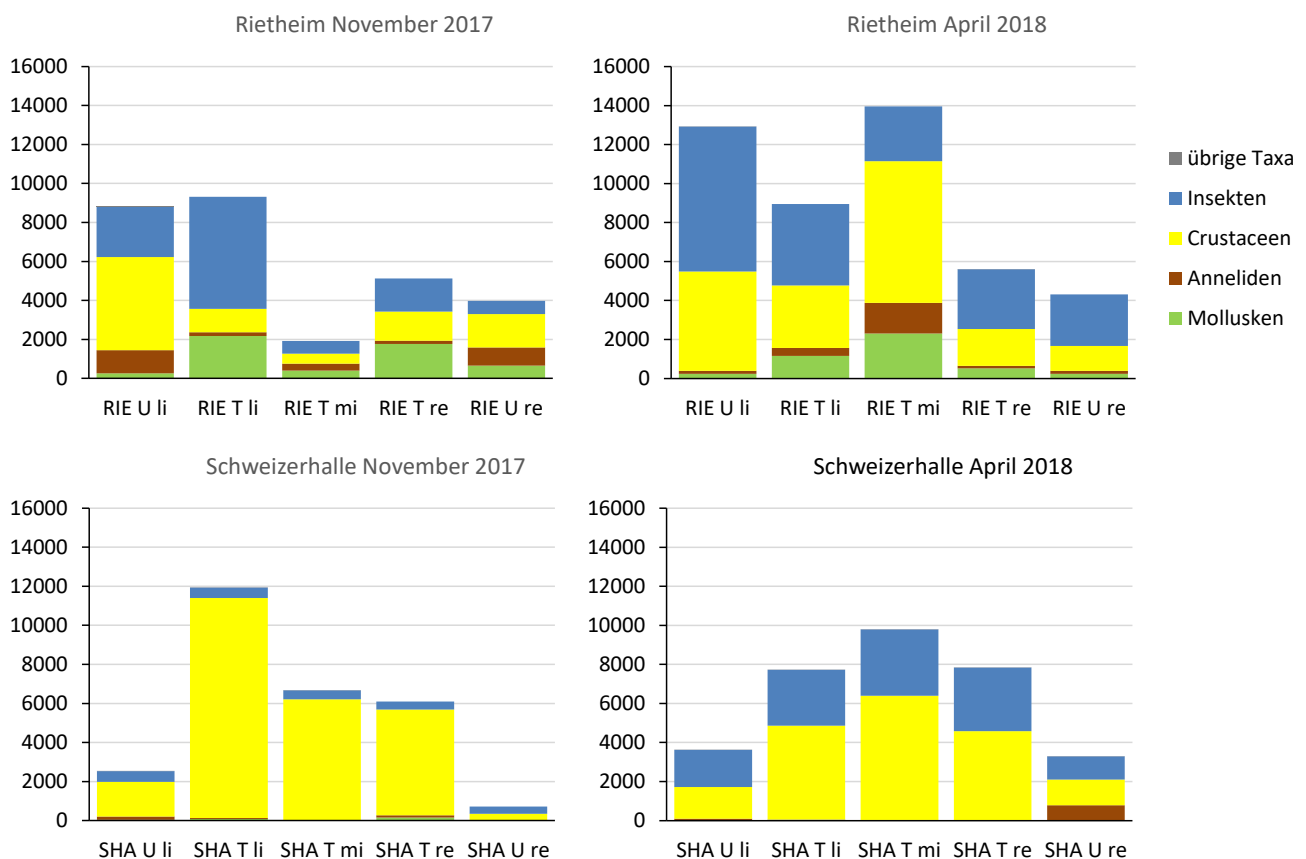
Anteile taxonomischer Grossgruppen an der Individuendichte für jeden Flussquerschnitt – gemittelt über sämtliche Teilproben.



Die Zusammensetzung der Makroinvertebraten ändert sich saisonal sehr stark (Abb. 16). Die Hauptursache sind dabei vor allem die Entwicklungszyklen der Wasserinsekten, die meist nur als Larven im Gewässer leben. Im Herbst kommen diese meist als Ei oder noch sehr kleine und dann unbestimmbare Larve vor. Die Ursache für die geringere Dichte von Flohkrebse im Frühjahr allerdings ist unklar. Möglicherweise handelt es sich um zeitliche Verschiebungen der Flächenbesiedlung infolge von Ausweichreaktionen verschiedener Arten (bekannt z.B. von neozoischen Flohkrebse). Daneben dürften auch Reproduktionszyklen und Zudriftphänomene eine Rolle spielen.

Abb. 16 > Einfluss von Jahreszeit und kleinräumiger Struktur auf das Makrozoobenthos

Individuendichten der taxonomischen Grossgruppen der Makrozoobenthosbesiedlung – Vergleich der Ergebnisse von November 2017 und April 2018 an der Stelle Rietheim (RIE, alle Teilproben, oberhalb Aaremündung, obere Abb.) und Schweizerhalle (SHA, alle Teilproben, unterhalb Aaremündung, schiffbarer Hochrheinabschnitt, untere Abb.).



Aber auch die vorhandenen Strukturen entlang eines Transekts beeinflussen die Besiedlung sehr stark. Als Beispiel sind die Ergebnisse für Rietheim und Schweizerhalle detaillierter inkl. aller Teilproben aufgeführt (Abb. 16). In Abhängigkeit vom unterschiedlichen Habitatangebot (Rietheim hoch, Schweizerhalle gering) sind auch die Abundanzen im Flussquerschnitt verteilt. Während an der naturnahen Stelle Rietheim variable Besiedlungsdichten über alle Teilproben vorliegen, zeigen die Proben aus tieferen Stellen im monotonen Flussquerschnitt Schweizerhalle eine geringere Vielfalt. Die

nachgewiesenen Gruppen kommen dagegen teilweise in deutlich höheren Dichten vor, dies betrifft in Schweizerhalle vor allem die Crustaceen (Floh- und Schlickkrebse). An dieser Stelle zeigt sich gleichzeitig die Abhängigkeit der Abundanz von der Jahreszeit. Die Dichten der Crustaceen verhalten sich – von den Jahreszeiten abhängig – gegenläufig zum Vorkommen von Wasserinsekten.

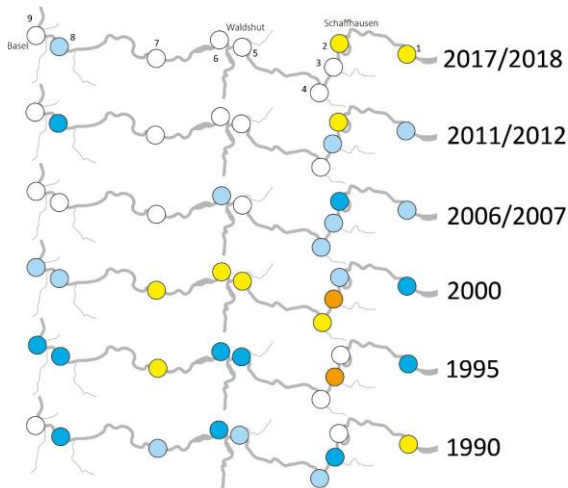
2.2.5 Veränderungen im Vorkommen einzelner Arten

Die Betrachtung von Grossgruppen unterschlägt die teilweise existenziellen Änderungen im Vorkommen einzelner Arten oder schärfer umgrenzter Gruppen. So sind viele für den Hochrhein typische Charakterarten nach den aktuellen Untersuchungen in ihrem Bestand zu einem grossen Teil als gefährdet einzustufen. Einige von ihnen sind aus dem Hochrhein wahrscheinlich schon vor 1990 verschwunden (z.B. *Ephoron virgo*, *Oligoneuriella rhenana*, *Pseudanodonta complanata*) oder in so geringer Dichte vorhanden/siedelnd, dass sie durch die gegenwärtige Methodik, wenn überhaupt, dann eher zufällig und nicht systematisch erfasst werden können. Andere Arten waren bis vor wenigen Jahren noch massenhaft und über den gesamten Hochrhein verbreitet und wurden aktuell nur noch in sehr geringen Dichten und auch nicht mehr an allen Stellen gefunden (z.B. Taxa der Gattungen *Hydropsyche* und *Gammarus*). Dieser abnehmende Trend in der Besiedlungsdichte und Verbreitung typischer Hochrheinarten war zwar schon zwischen den Jahren 2000 und 2012 gut zu erkennen, hat sich bis 2017/18 aber teilweise noch verstärkt.

Diese Abnahme betrifft vor allem Eintagsfliegen, Steinfliegen und Köcherfliegen. Besonders auffällige Abnahmen zwischen den letzten beiden Kampagnen fanden wir bei den Leuctriden (Steinfliegengattung), die nur noch in Rietheim in wenigen Exemplaren gefunden wurden, die typische Hochrhein-Eintagsfliege *Serratella ignita* ist fast verschwunden und unter den netzbauenden Köcherfliegen ist die 1990 überall noch massenhaft vorkommende *Hydropsyche contubernalis* auf Restbestände an wenigen Orten geschrumpft. Mit *Aphelocheirus aestivalis*, der Grundwanze, droht eine Charakterart des Hochrheins (einziges Restvorkommen in Ellikon) völlig zu verschwinden.

Positiv ist dagegen die Rückkehr der Flusskahnschnecke *Theodoxus fluviatilis* in den Hochrhein – teilweise sogar mit Massenvorkommen in Schweizerhalle und Basel. Die Art war hier und in weiten Abschnitten des Restrheins nach 2000 fast verschwunden (letzte Restpopulation bestand auf der Insel Stein bei Rheinfelden), im Verlauf der letzten fünf Jahre ist sie aber wieder in den Oberrhein (Rhein-Main-Gebiet) zurückgekehrt. Von dort aus kam es möglicherweise zu einer Verschleppung in den Raum Basel im Hochrhein. Andere Wiederbesiedlungswege – auch ein aktiver Besatz – sind ebenfalls denkbar. Obwohl die gefundenen Individuen von denen der früheren Jahre abweichende Zeichnungen aufweisen, scheint es sich doch um eine mit dieser genetisch identischen bzw. nah verwandten Population zu handeln (STEINMANN, P. mündl. Mitt.). Zwischenzeitlich gibt es auch Berichte von grösseren Vorkommen bei Stein a. R., deren Ursprung noch unbekannt ist (STEINMANN, P. mündl. Mitt.).

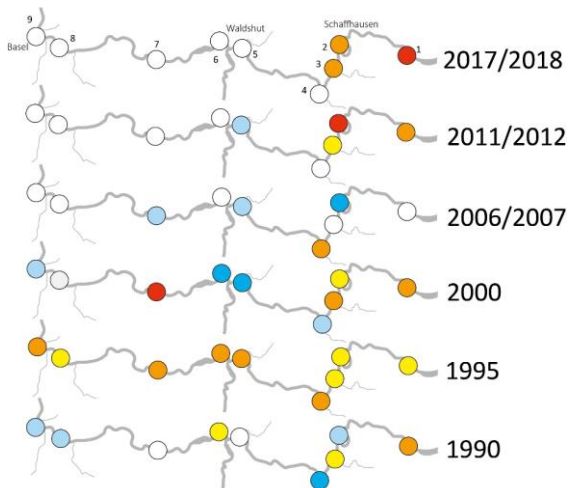
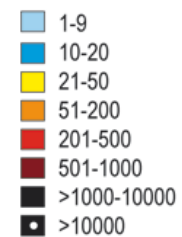
Auf den Folgeseiten sind die zeitlichen Veränderungen der Besiedlungsdichten seit 1990 einiger heimischer Charakterarten des Hochrheins dargestellt (Abb. 17 bis Abb. 23). Die detaillierten Ergebnisse aller gefundenen Taxa sind im Anhang tabellarisch aufgeführt.



Dendrocoelum lacteum
Milchegel

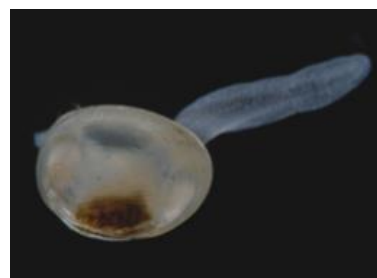
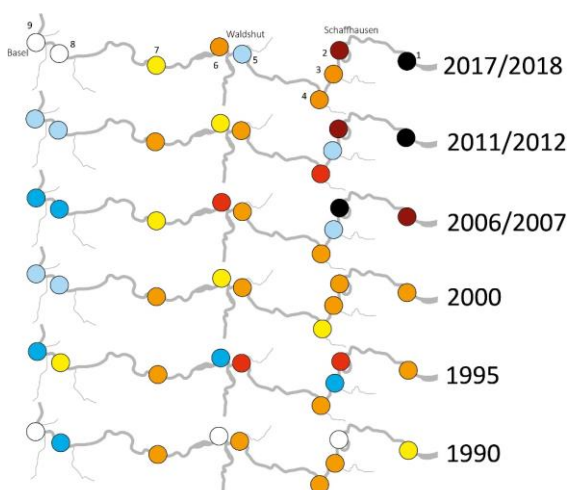
Abb. 17 > Ausgewählte heimische Charakterarten des Hochrheins: Strudelwürmer (Turbellaria) und Muscheln (Bivalvia)

Vergleich der maximalen Besiedlungsdichten zwischen 1990 und 2018

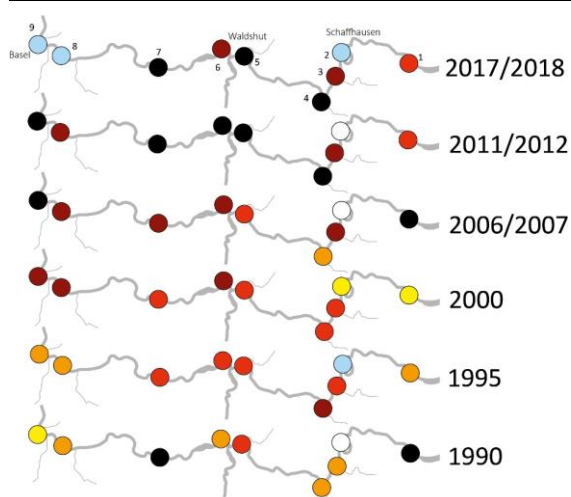


Schmidtea (Dugesia) lugubris/polychroa

Häufigkeitskl. nach DIN 38410 T1.
Legende der Flussquerschnitte:
1 Hemishofen; 2 Rheinau; 3 Ellikon;
4 Tössegg; 5 Rietheim; 6 Waldshut;
7 Sisseln; 8 Schweizerhalle; 9 Basel



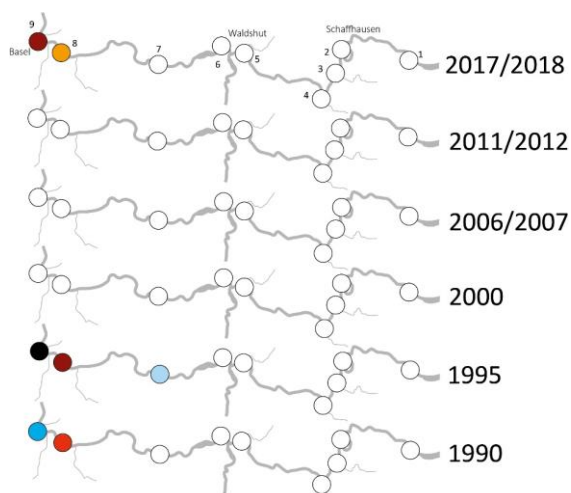
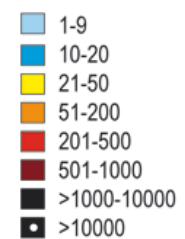
Pisidium spp.
Erbsenmuschel



Ancyclus fluviatilis
Flussmützenschnecke

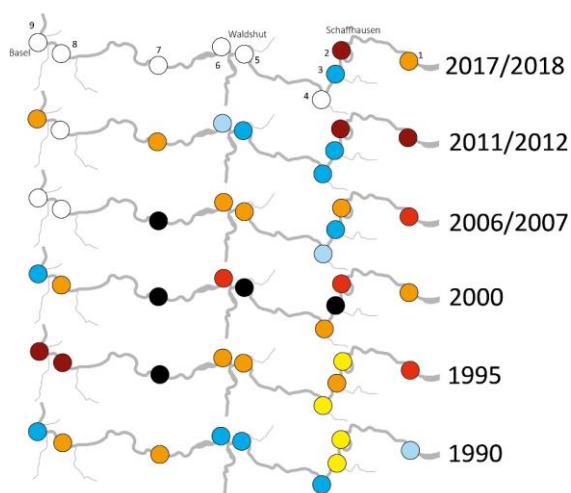
Abb. 18 > Ausgewählte einheimische Charakterarten des Hochrheins: Schnecken (Gastropoda)

Vergleich der maximalen Besiedlungsdichten zwischen 1990 und 2018

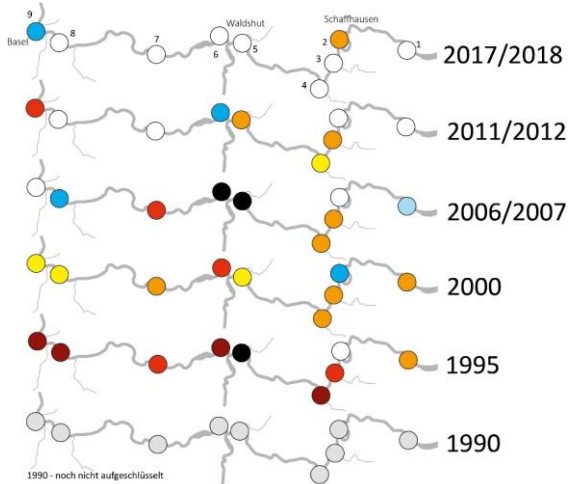


Theodoxus fluviatilis
Flusskahnschnecke

Häufigkeitskl. nach DIN 38410 T1.
Legende der Flussquerschnitte:
1 Hemishofen; 2 Rheinau; 3 Ellikon;
4 Tössegg; 5 Rietheim; 6 Waldshut;
7 Sisseln; 8 Schweizerhalle; 9 Basel



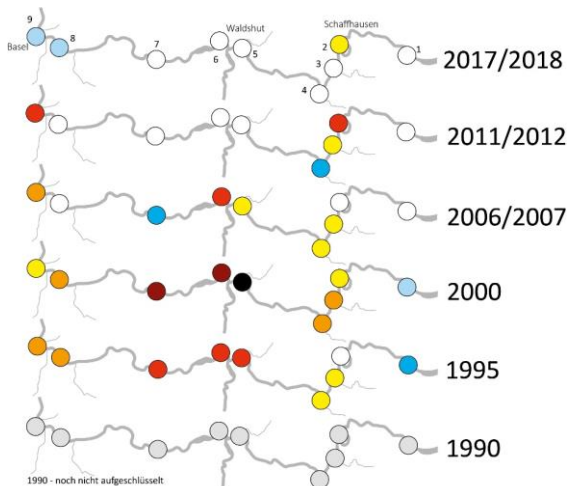
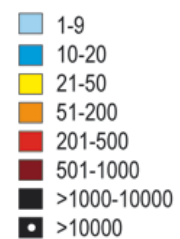
Bithynia tentaculata
Gemeine Schnauzenschnecke



Gammarus fossarum
Bachflohkrebs

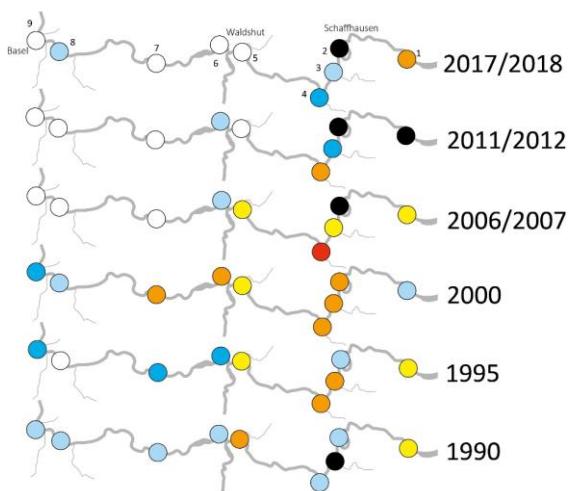
**Abb. 19 > Ausgewählte
einheimische
Charakterarten des
Hochrheins:
Krebstiere (Crustacea)**

Vergleich der maximalen
Besiedlungsdichten zwischen 1990
und 2018

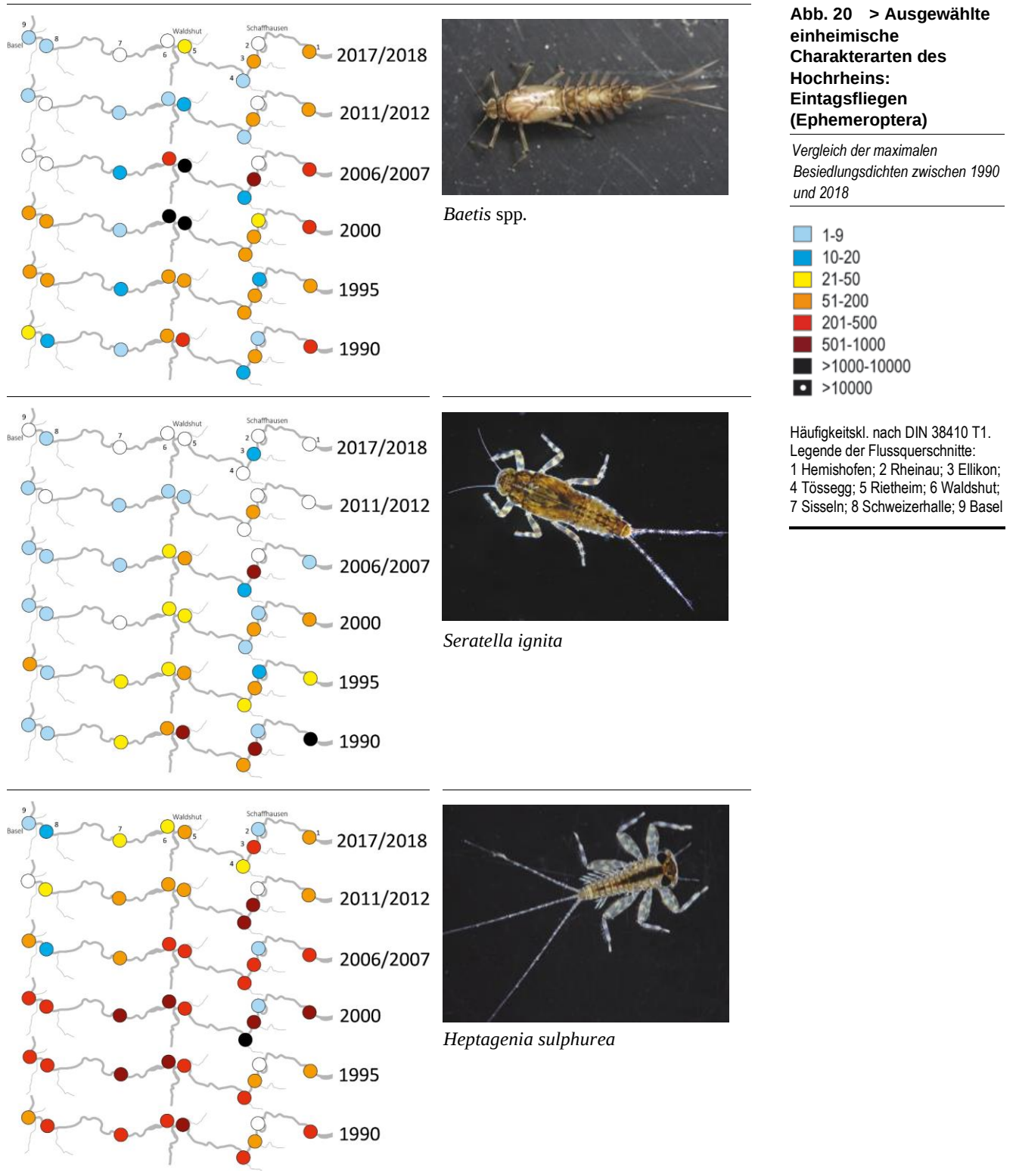


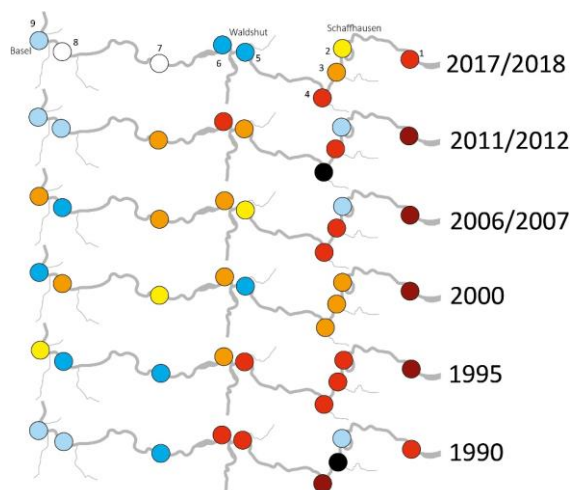
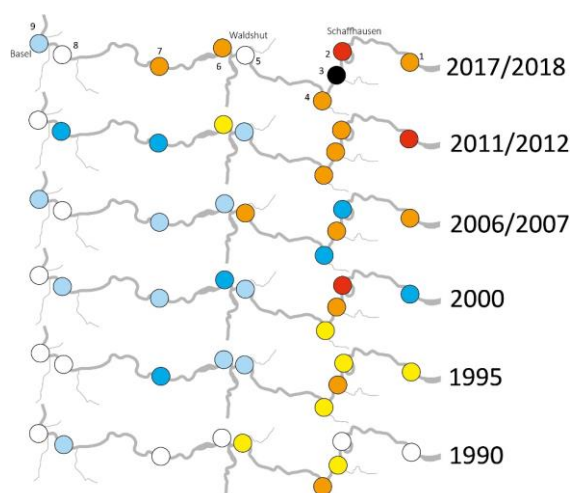
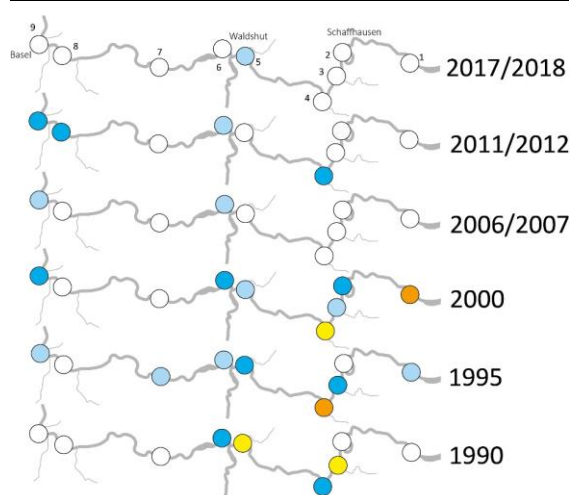
Gammarus pulex

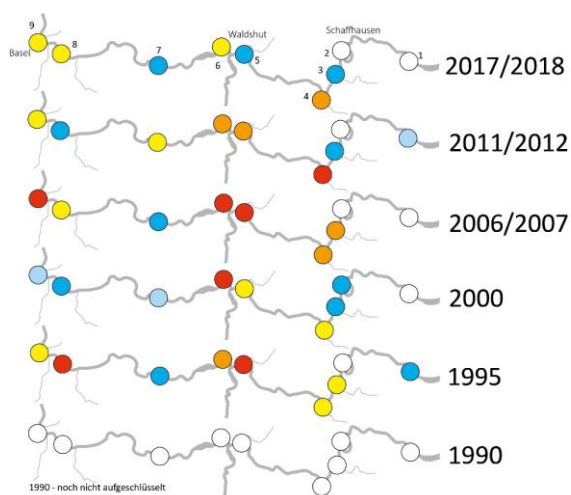
Häufigkeitskl. nach DIN 38410 T1.
Legende der Flussquerschnitte:
1 Hemishofen; 2 Rheinau; 3 Ellikon;
4 Tössegg; 5 Rietheim; 6 Waldshut;
7 Sisseln; 8 Schweizerhalle; 9 Basel



Asellus aquaticus.
Wasserassel



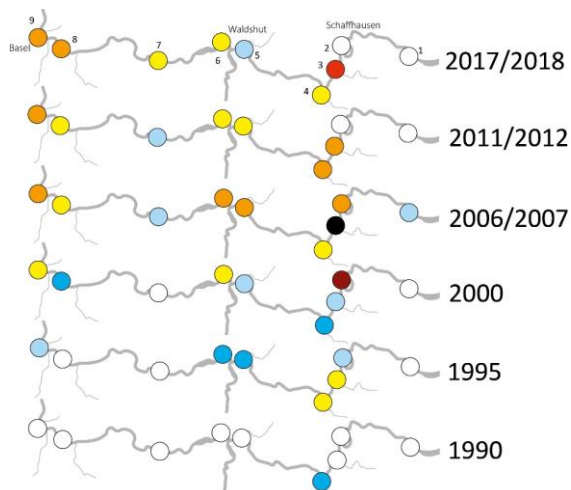
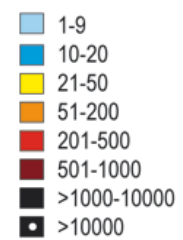
*Potamantus luteus**Ephemera danica**Leuctra* spp.



Elmis maugetii

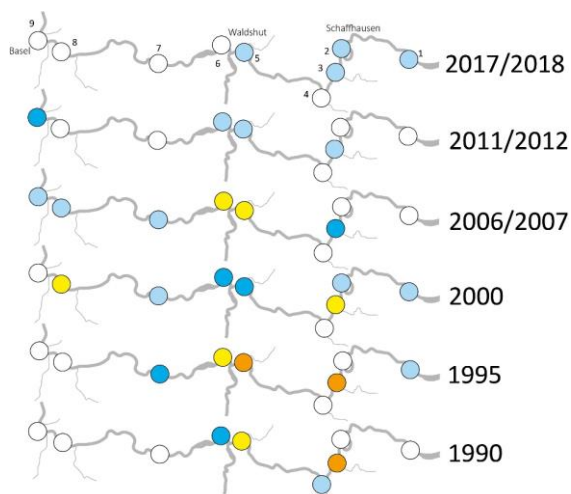
Abb. 21 > Ausgewählte einheimische Charakterarten des Hochrheins: Käfer (Coleoptera)

Vergleich der maximalen Besiedlungsdichten zwischen 1990 und 2018

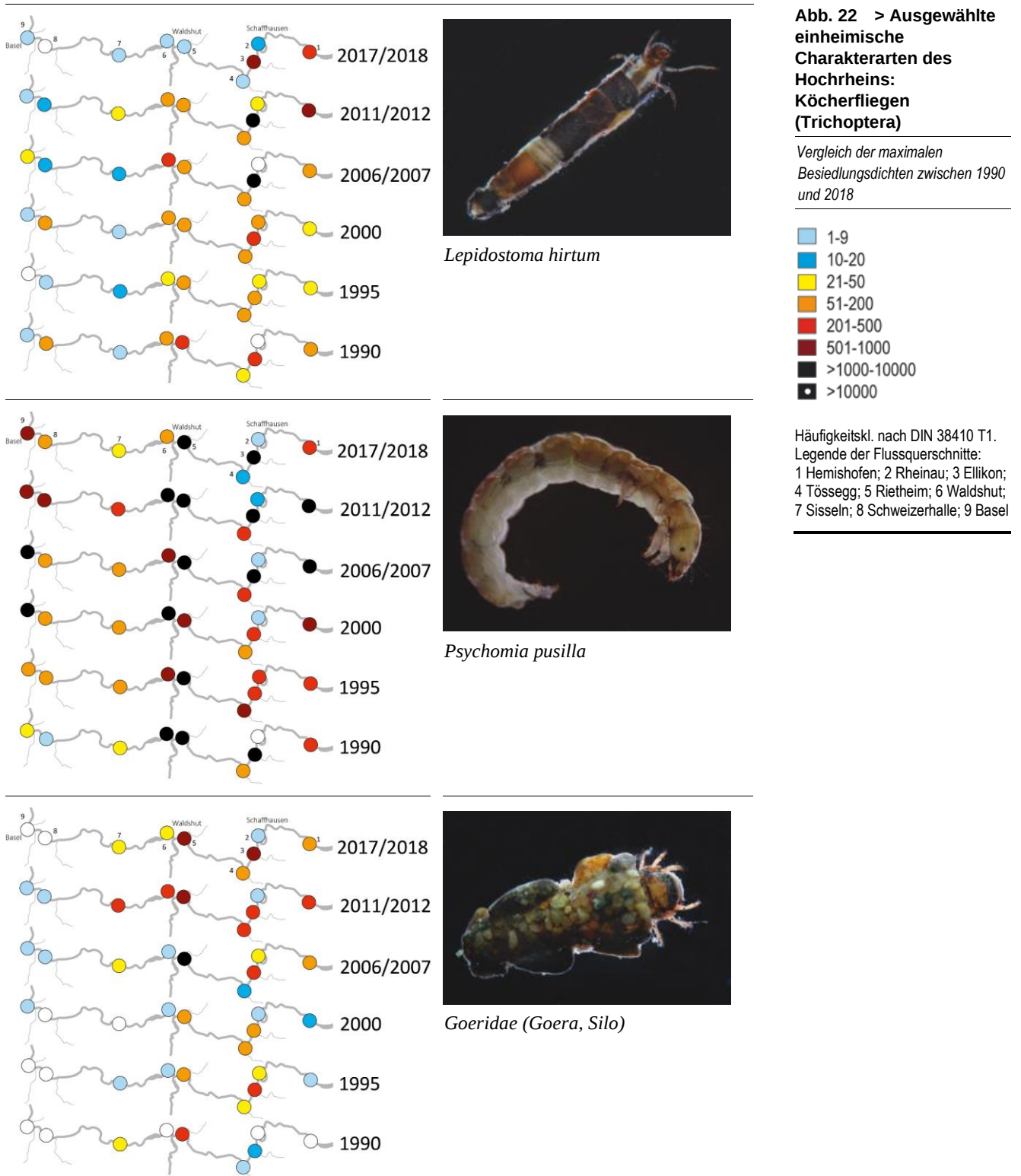


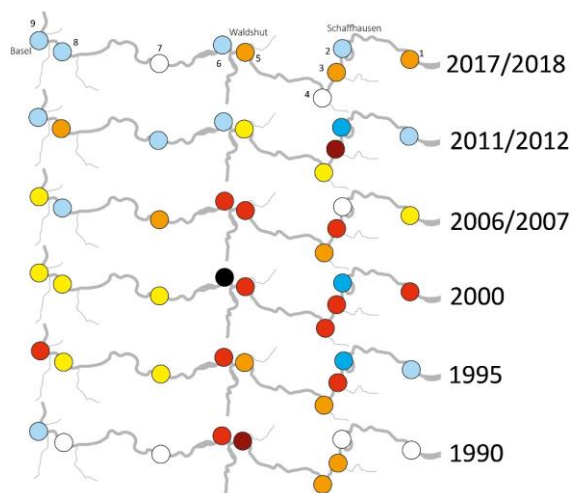
Esolus spp.

Häufigkeitskl. nach DIN 38410 T1.
Legende der Flussquerschnitte:
1 Hemishofen; 2 Rheinau; 3 Ellikon;
4 Tössegg; 5 Rietheim; 6 Waldshut;
7 Sisseln; 8 Schweizerhalle; 9 Basel

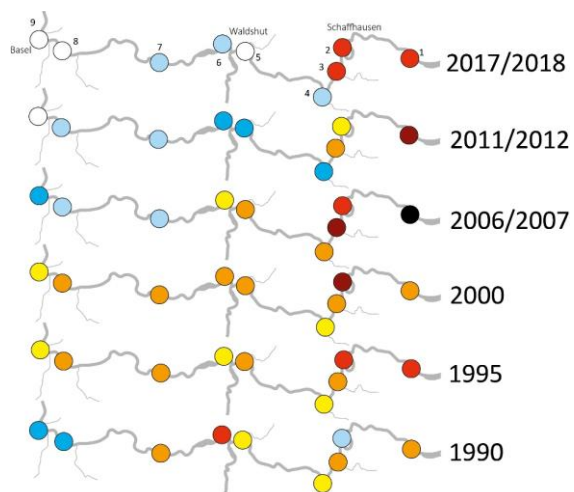


Stenelmis canaliculata

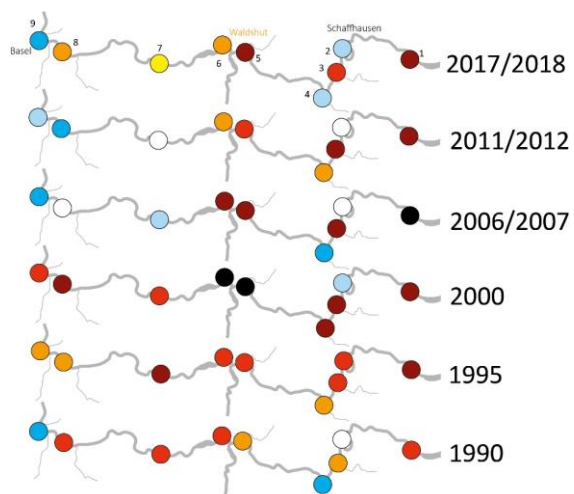




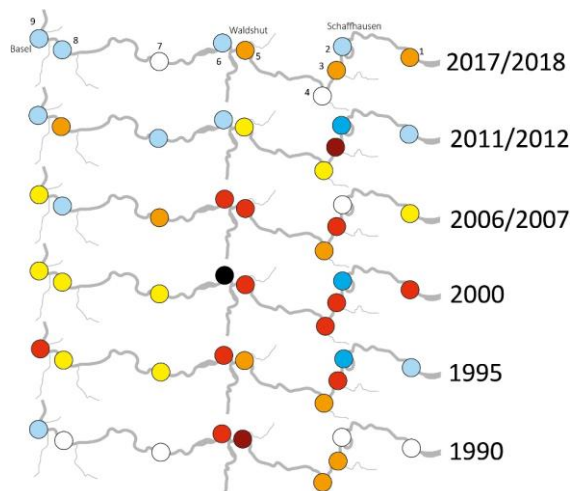
Hydroptila spp.



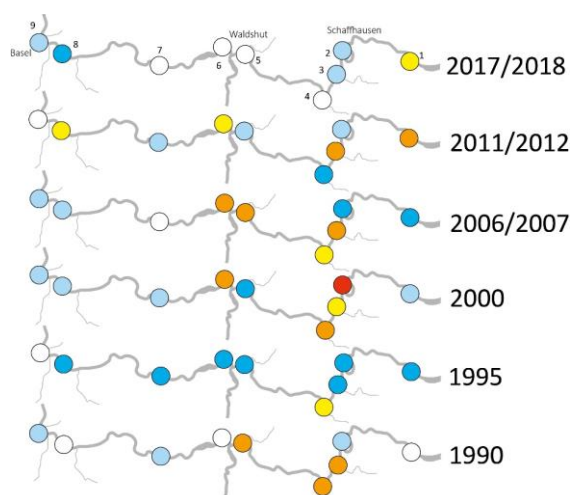
Leptoceridae



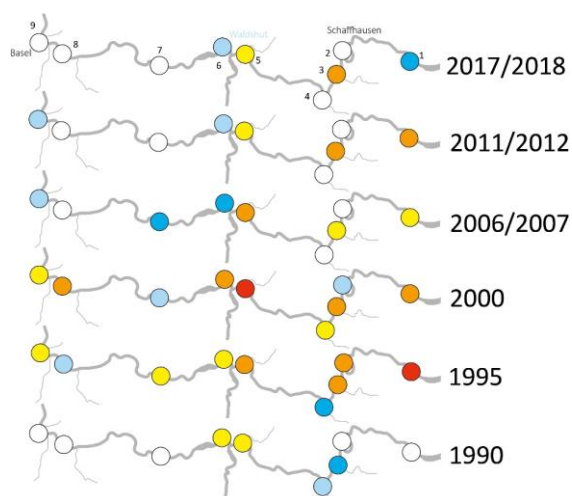
Cheumatopsyche lepida



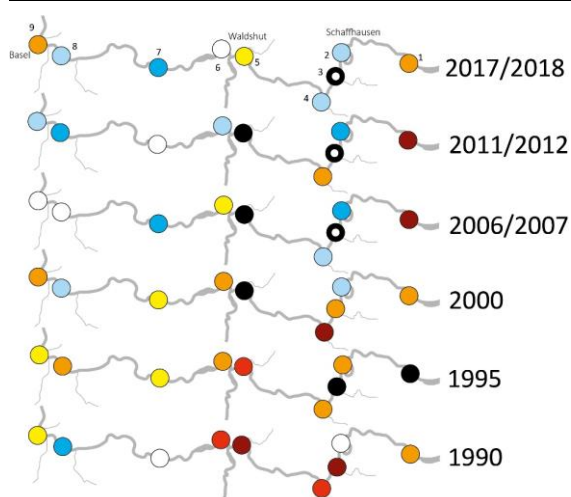
Hydropsyche spp.



Polycentropus flavomaculatus



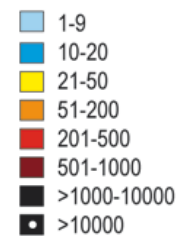
Rhyacophila sensu stricto



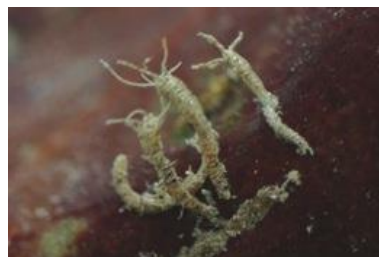
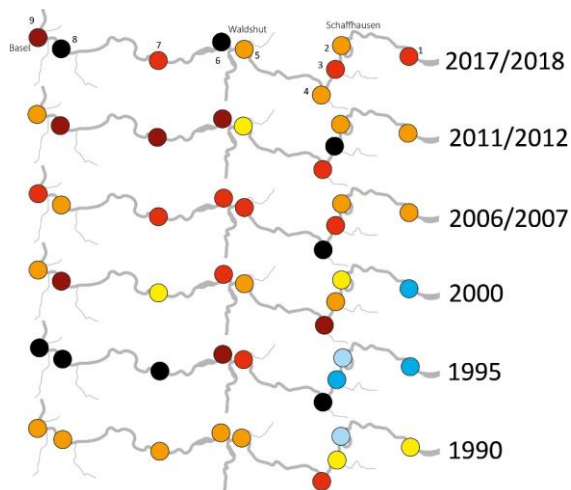
Simuliiden

Abb. 23 > Ausgewählte einheimische Charakterarten des Hochrheins: Fliegen und Mücken (Diptera) und Wanzen (Heteroptera)

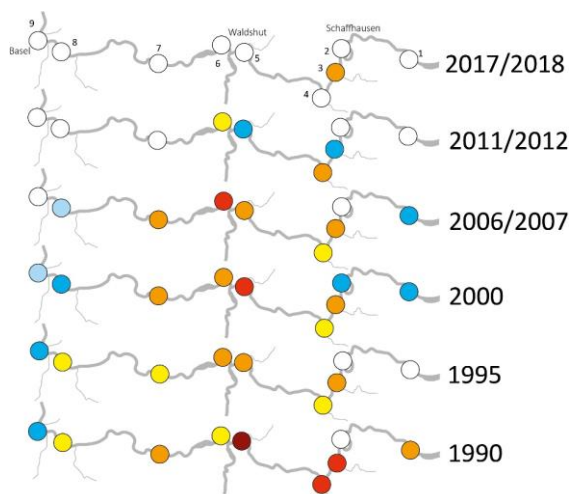
Vergleich der maximalen Besiedlungsdichten zwischen 1990 und 2018



Häufigkeitskl. nach DIN 38410 T1.
Legende der Flussquerschnitte:
1 Hemishofen; 2 Rheinau; 3 Ellikon;
4 Tösseg; 5 Rietheim; 6 Waldshut;
7 Sisseln; 8 Schweizerhalle; 9 Basel



Tanytarsini



Aphelocheirus aestivalis
Grundwanze

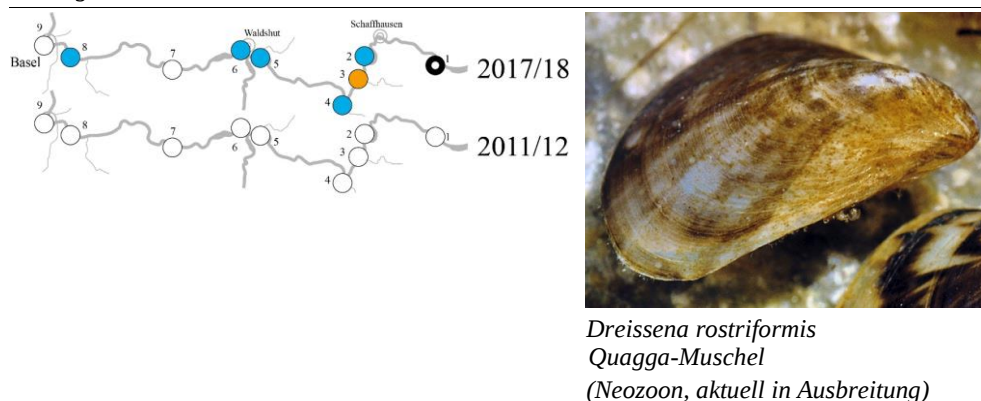
2.2.6 Neozoen im Hochrhein

Eine der aktuellen Hauptursachen von Veränderungen der Artengemeinschaft des Makrozoobenthos ist das Auftreten und die weiterhin zunehmende Verbreitung von Neozoen im Hochrhein. Bereits im Rahmen der Untersuchungskampagnen 1995 wurden an den Probestellen in Basel und Schweizerhalle die ersten Exemplare der Körbchenmuschel (*Corbicula fluminea*) nachgewiesen. Die damalige Prognose «... Diese Arten könnten das Besiedlungsbild des Hochrheins in den nächsten Jahren ähnlich dramatisch beeinflussen wie die Wandermuschel *Dreissena polymorpha* in den 70er- und 80er-Jahren...»^[39] hat sich bewahrheitet, wurde zwischenzeitlich aber von weiteren Arten noch übertroffen. Nach einer weiteren Ausbreitung entsprechender Arten auch in andere Schweizer Flüsse und Seen wird diese Thematik regelmässig und systematisch untersucht.

Lange Zeit stellt die Grenze Grossschifffahrt bei Rheinfelden auch die Verbreitungsgrenze einiger Neozoen dar. In den Jahren zwischen 2000 und 2006 kam es allerdings zu Verschleppungen über diese Stufe hinaus bis in den Bodensee und weitere Schweizer Seen^[63]. Von diesen Seen ausgehend wurden flussabwärts in Rekordzeit Besiedlungslücken geschlossen. Die bekanntesten Beispiele hierfür sind der Höckerflohkrebs (*Dikergammarus* sp.), die Körbchenmuschel und neu im Hochrhein die Quagga-Muschel (*Dreissena rostriformis*).

Abb. 24 > Die Quagga-Muschel (*Dreissena rostriformis*)

Eine neue invasive Art breitet sich vom Bodensee aus entlang des Hochrheins aus. Vorkommen entlang des Hochrheins seit 2011/12.

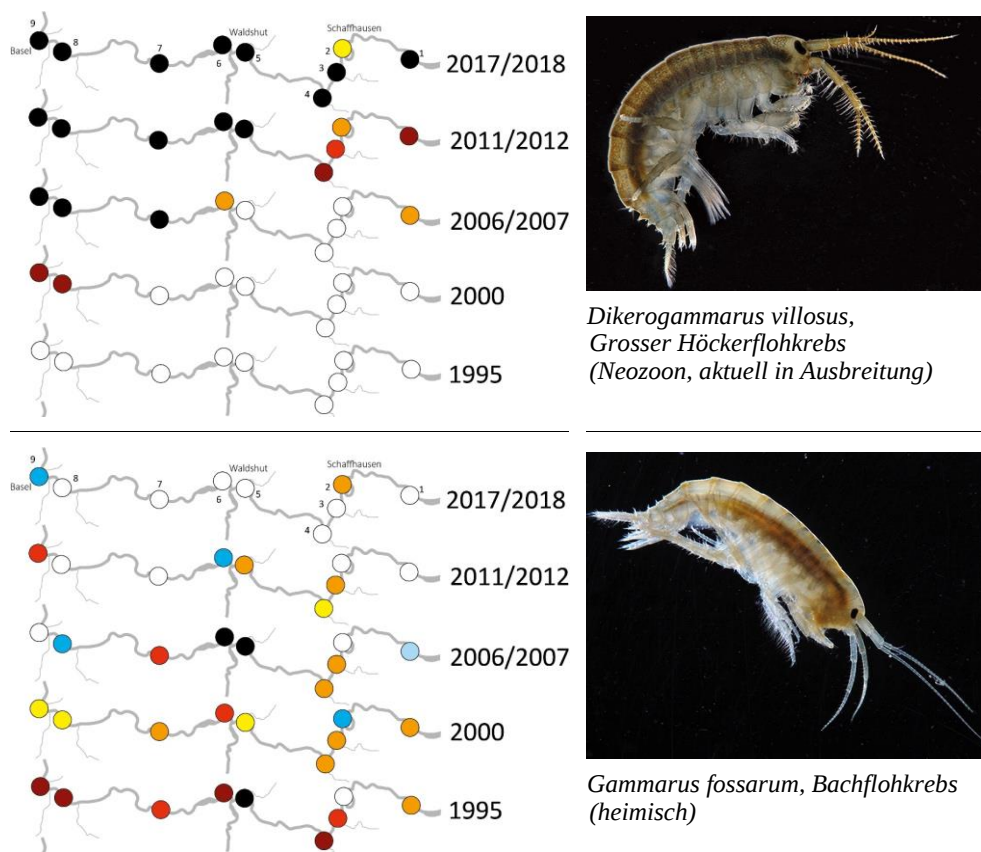


Die erstmals 2017 im Hochrhein nachgewiesene Quagga-Muschel (*Dreissena rostriformis*) ist eine Schwesterart der bereits schon seit langem etablierten Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*) und stammt wie sie aus dem Schwarzmeergebiet (Abb. 24). In der aktuellen Untersuchungskampagne wurde sie fast im gesamten Hochrhein nachgewiesen. Sie kam schon länger im Oberrhein bis Basel vor, fehlte aber bisher im Hochrhein. Wir rechnen mit einer Besiedlung der Rheinsohle, die Auswirkungen auf die Biomassebilanz des Flusses haben wird, wie es in den 1970er-Jahren bei ihrer Schwesterart Dreikantmuschel und seit 1995 auch bei der Körbchenmuschel zu beobachten war. Die

Quagga-Muschel hat sich im Verlauf des Jahres 2017 vom Bodensee aus bis nach Waldshut ausgebreitet. Ob der Nachweis der Art in Schweizerhalle im April 2018 auf eine Ausbreitung aus Richtung Oberrhein oder eine weitere Ausbreitung flussabwärts zurückzuführen ist, kann nicht nachvollzogen werden. Im freifliessenden Rhein bei Basel und bei Sisseln konnte sie noch nicht nachgewiesen werden. Weltweit führt das Auftreten der Quagga-Muschel mindestens zu einem starken Rückgang der Dreikantmuschel – für den Hochrhein wird dies für die Zukunft ebenfalls erwartet.

Abb. 25 > Veränderungen der Besiedlungsdichten aspektbildender Flohkrebsarten im Hochrhein zwischen 1995 und 2018

Das Vordringen des Höckerflohkrebses *Dikerogammarus villosus* aus zwei Richtungen (Oberrhein und Bodensee) geht mit dem Rückgang des heimischen Bachflohkrebses (hier: *Gammarus fossarum*) einher, der im unteren Hochrhein bereits vor über 50 Jahren aufgetaucht ist. [31, 38-40]



Eine etwas andere Verbreitungsdynamik zeigt die Körbchenmuschel (*Corbicula fluminea*), die nun fast über den gesamten Hochrhein hinweg vorkommt (Abb. 28). Die Besiedlungsrichtung erfolgte im Verlauf der letzten 25 Jahre stufenweise rheinaufwärts, obwohl die Art schon seit über 10 Jahren im Bodensee (seit 2014 auch im Untersee) vorkommt. Hier scheint der Seeabfluss zum Hochrhein als abwärtige Ausbreitungsgrenze zu wirken. Bisher gibt es noch keine Nachweise in Hemishofen. Insgesamt hat

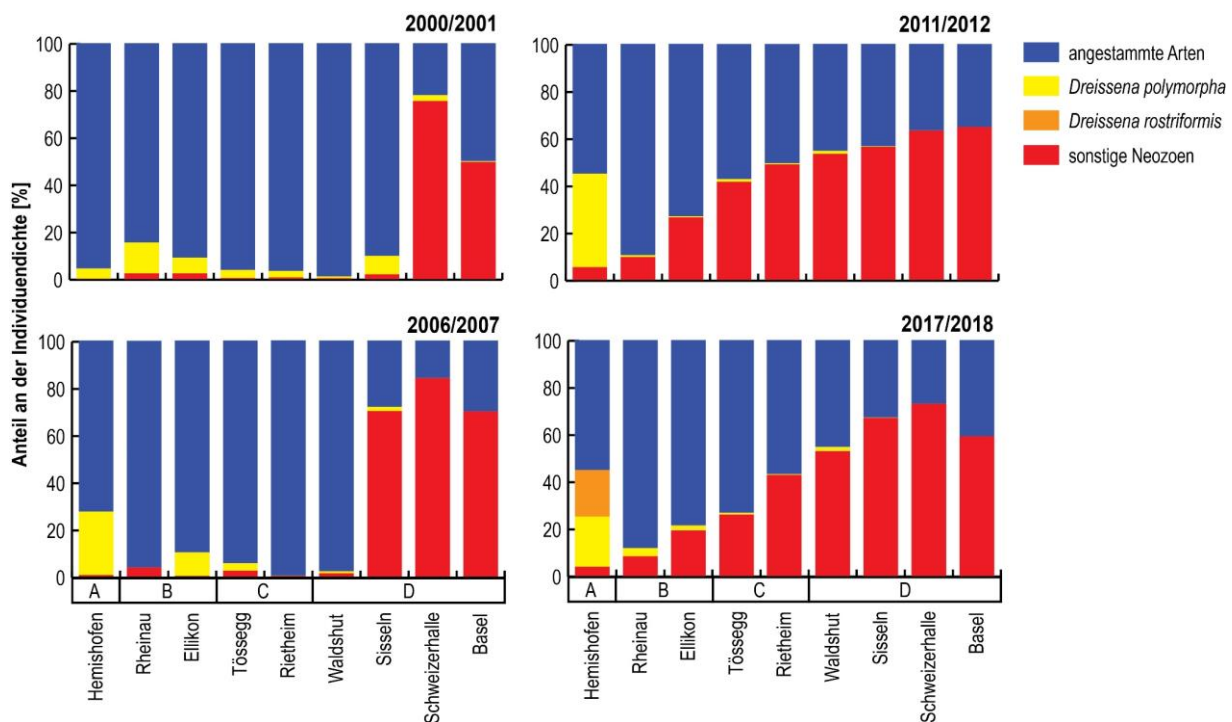
die Art in ihrer Individuendichte abgenommen, vor allem hat die Körbchenmuschel sehr sensibel auf das kalte Frühjahr 2018 reagiert: viele leere Schalen im ufernahen Bereich, Rückzug in grössere Wassertiefen.

Die Bestände des Grossen Höckerflohkrebses (*Dikerogammarus villosus*) nehmen im Hochrhein seit mittlerweile knapp 20 Jahren weiterhin in der Dichte zu (Abb. 25). Dabei drängt er vor allem den einheimischen Bachflohkrebs (*Gammarus fossarum*) immer weiter zurück – letzterer ist mittlerweile fast verschwunden. Aber auch der seit Jahrzehnten in Süddeutschland etablierte Fluss-Flohkrebs (*Gammarus roeselii*) gerät zunehmend unter Druck. Die ebenfalls neozoischen Flohkrebs der Gattung *Echinogammarus*, deren weitere Ausbreitung wir noch nach der letzten Kampagne prognostiziert haben, haben es (bisher?) noch nicht geschafft, die unteren KW-Stufen des Hochrheins zu überwinden (Abb. 30). Auch scheinen ihre Individuendichten im Raum Basel geringfügig zu sinken.

Der Schritt über die internationale Schifffahrtsgrenze hinaus Richtung Bodensee gelang erstmals Vertretern der Schlickkrebse (*Chelicorophium curvispinum/sowerbyi*) mit bereits dichtem Auftreten auf Höhe der Probestelle Sisseln. Besiedlungsdichten wie noch vor ca. 15 Jahren im Raum Basel wurden allerdings bei Weitem an keiner Stelle mehr erreicht.

Abb. 26 > Relative Anteile der Besiedlungsdichten neozoischer und angestammter Makroinvertebraten – für jeden Flussquerschnitt, gemittelt über sämtliche Teilproben

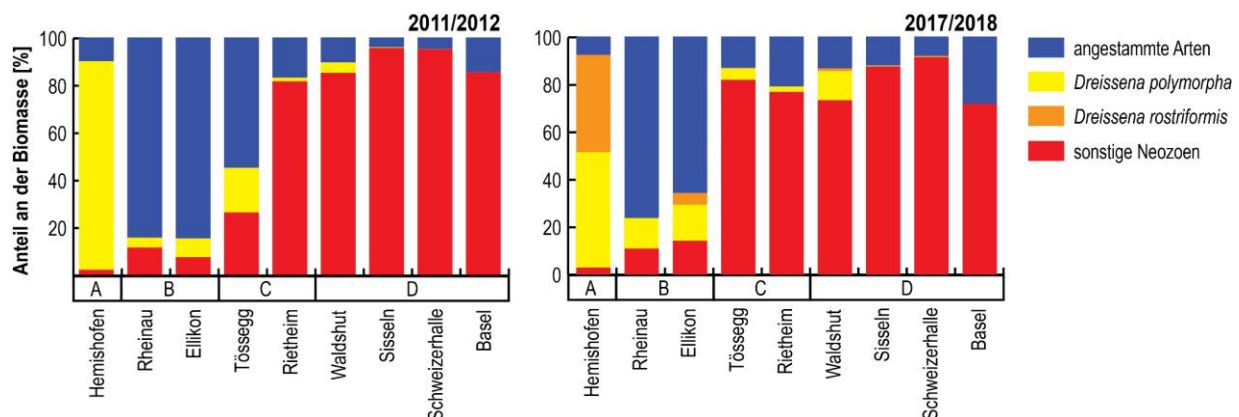
Vergleich der Kampagnen im Hochrhein zwischen 2001/2002, 2006/2007 und 2011/2012 (links) und der Aare-Untersuchungsstellen (rechts). Vergleich zwischen Frühjahr 2002 und 2012. Angaben in Prozent. A-D bezeichnen die auf Schweizer Seite verwendeten vier Hochrheinabschnitte unterschiedlichen Flusscharakters. ^[31, 38, 40]



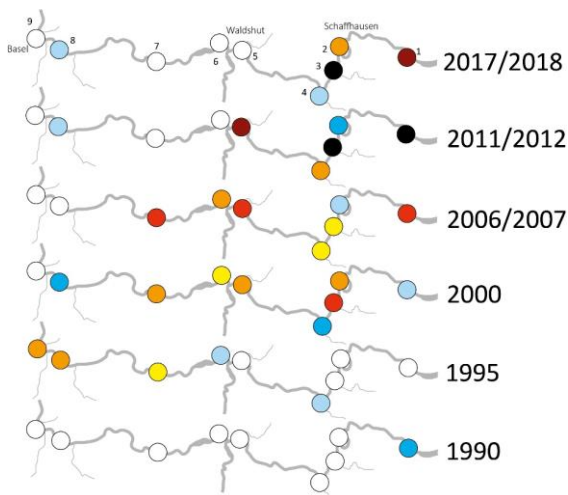
Eingeschleppte Arten beeinflussen allerdings nicht nur einzelne Arten, sie drängen die gesamte einheimische Artengemeinschaft zunehmend in den Hintergrund. Während der Kampagne 2000/2001 machten Neozoen über weite Hochrheinbereiche hinweg nur einen kleinen Teil der Gesamtbesiedlung aus – dabei spielte die Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*) meist die Hauptrolle. Nur in Basel und Schweizerhalle dominierten die damals teils noch frisch vom Oberrhein eingewanderten Arten bereits die Gesamtindividuenzahlen (Abb. 26). Bereits 2006/07 stellten Neozoen unterhalb der Aarenmündung bis zu 80 % Anteil an der Gesamt-Individuendichte und über 90 % an der Biomasse der Makroinvertebraten; zwischen Bodensee und Tössegg lag dagegen der Biomasseanteil der Neozoen auch 2012 noch unter oder um 25 % (Abb. 27). Erste Massenvorkommen zeigten sich jedoch bereits oberhalb der Aarenmündung bei Rietheim und am Tössegg^[32]. Eine Sonderrolle spielte die am Seeabfluss gelegene Stelle Hemishofen – hier war die Dreikantmuschel seit 2006/07 das häufigste Neozoon. 2017/2018 ersetzte die frisch eingewanderte Quagga-Muschel bereits knapp die Hälfte der bisherigen Besiedlung mit Dreikantmuscheln. Bei den restlichen Abschnitten ergaben sich sonst meist nur kleinere Änderungen, lediglich bei Tössegg nahm der Biomasseanteil der Neozoen im Vergleich zur Untersuchungskampagne 2017/18 sehr stark zu.

Abb. 27 > Biomasse der Makroinvertebraten im Hochrhein 2011/ 2012

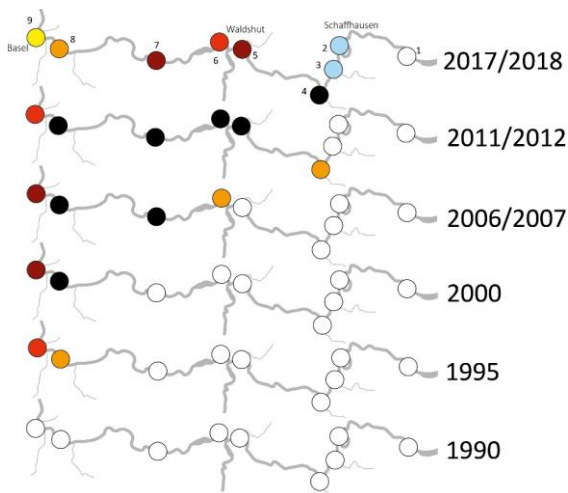
Relative Anteile für jeden Flussquerschnitt, gemittelt über sämtliche Teilproben. Angaben in Prozent. A-D bezeichnen die auf Schweizer Seite verwendeten vier Hochrheinabschnitte unterschiedlichen Flusscharakters.



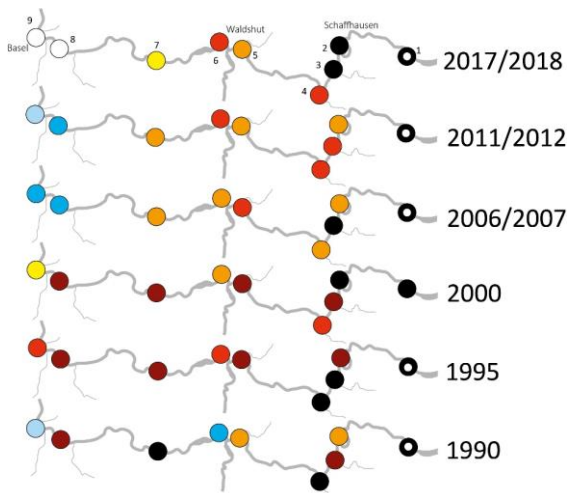
Auf den folgenden Seiten ist der zeitliche Verlauf des Vorkommens der wichtigen invertebraten Neozoen im Hochrhein seit 1990 dargestellt.



Girardia (Dugesia) tigrina
Tigerplanarie



Corbicula fluminea
Grobgerippte/Asiatische
Körbchenmuschel

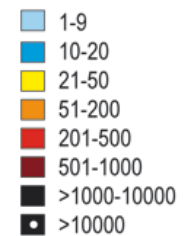


Dreissena polymorpha
Dreikantmuschel/Zebramuschel/
Wandermuschel

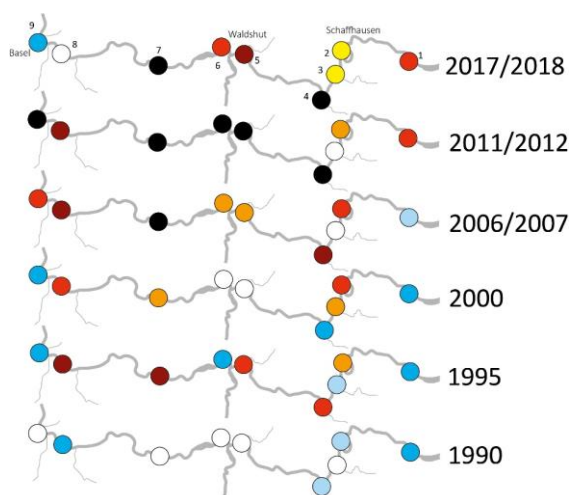
**Abb. 28 > In den
Hochrhein eingeschleppte
Makroinvertebraten:
Strudelwürmer
(Turbelaria) und Muscheln
(Mollusca)**

(Quagga-Muschel in
Abb. 24)

Vergleich der maximalen
Besiedlungsdichten zwischen 1990
und 2018



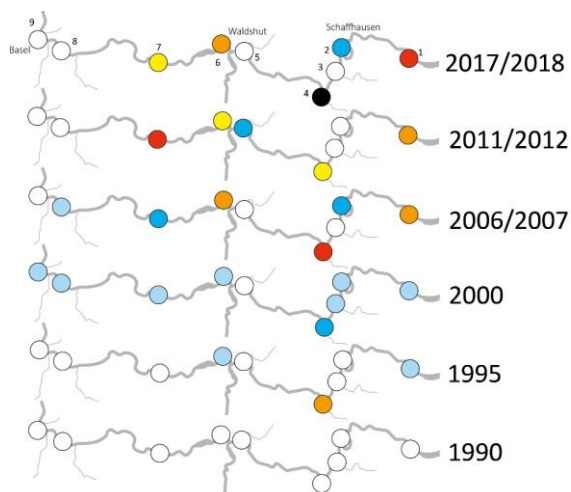
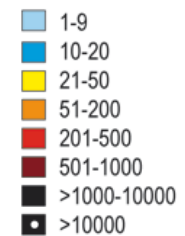
Häufigkeitskl. nach DIN 38410 T1.
Legende der Flussquerschnitte:
1 Hemishofen; 2 Rheinau; 3 Ellikon;
4 Tösseg; 5 Rietheim; 6 Waldshut;
7 Sisseln; 8 Schweizerhalle; 9 Basel



Potamopyrgus antipodarum
Neuseeländische Zwergdeckelschnecke

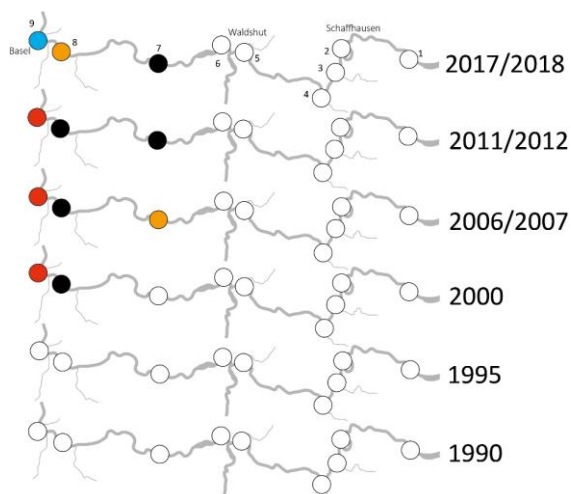
**Abb. 29 > In den
Hochrhein eingeschleppte
Makroinvertebraten:
Schnecken (Gastropoda)
und «Würmer»
(Oligochaetae,
Polychaetae)**

Vergleich der maximalen
Besiedlungsdichten zwischen 1990
und 2018

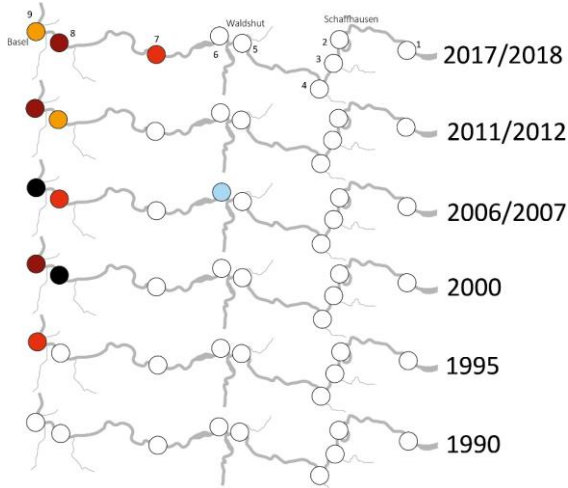


Branchiura sowerbyi
Kiemenwurm

Häufigkeitskl. nach DIN 38410 T1.
Legende der Flussquerschnitte:
1 Hemishofen; 2 Rheinau; 3 Ellikon;
4 Tössegg; 5 Rietheim; 6 Waldshut;
7 Sisseln; 8 Schweizerhalle; 9 Basel



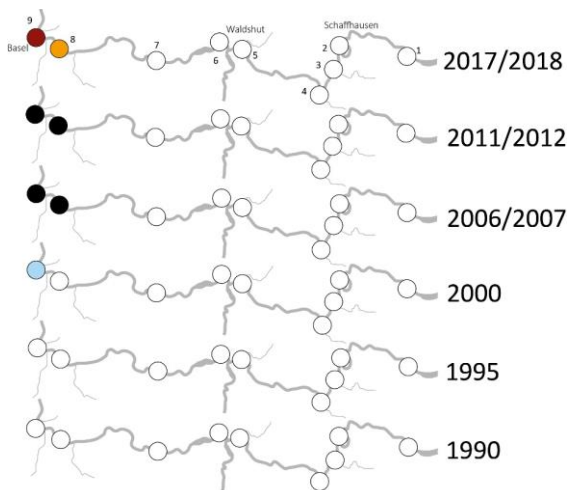
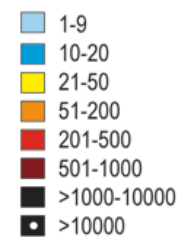
Hypania invalida
Süßwasser-Borstenwurm



Chelicorophium curvispinum/sowinskyi
Schlickkrebse

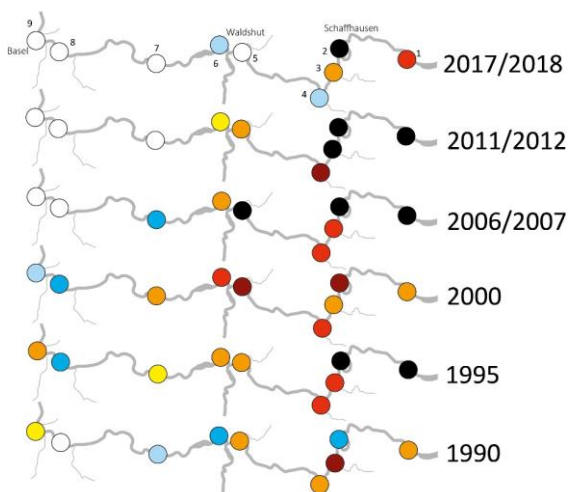
**Abb. 30 > In den
Hochrhein eingeschleppte
Makroinvertebraten:
Krebstiere (Crustacea)**
(Grosser Höckerflohkrebs
Abb. 25)

Vergleich der maximalen
Besiedlungsdichten zwischen 1990
und 2018

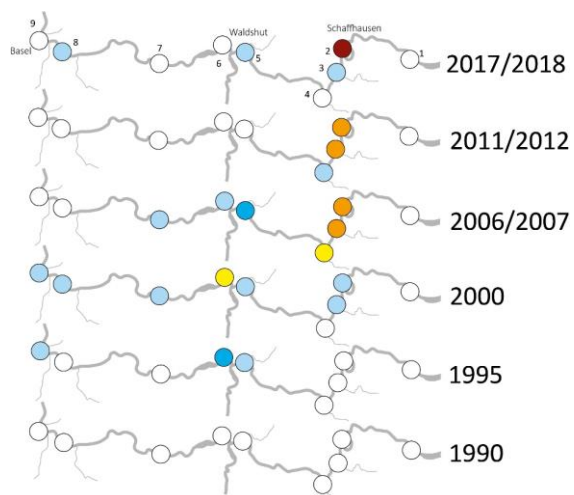


Echinogammarus ischnus

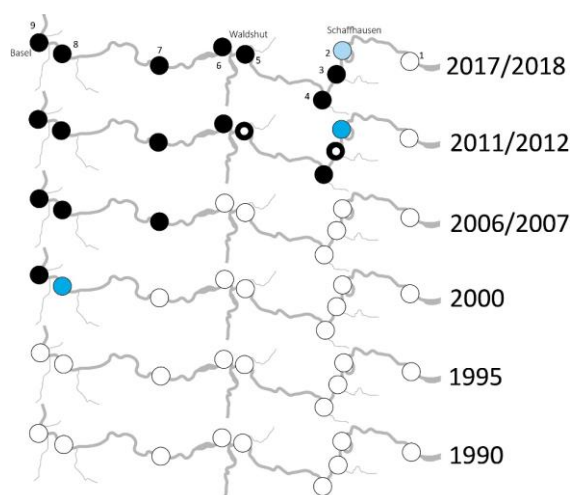
Häufigkeitskl. nach DIN 38410 T1.
Legende der Flussquerschnitte:
1 Hemishofen; 2 Rheinau; 3 Ellikon;
4 Tössegg; 5 Rietheim; 6 Waldshut;
7 Sisseln; 8 Schweizerhalle; 9 Basel



Gammarus roeselii
Fluss-Flohkrebs

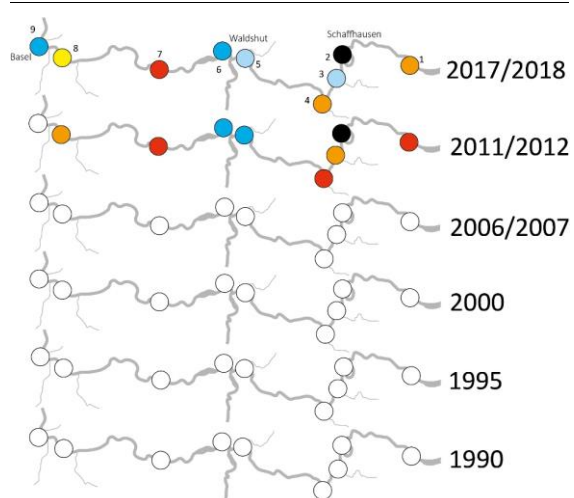


Proasellus coxalis



Jaera sarsi

Donauassel



Limnysis benedeni

Donau-Schwebegarnele

2.2.7 Methodentest für Methodenvorschlag Ergänzung Stufe F «Grosse Flüsse»

Im Rahmen des Modulstufenkonzepts existiert aktuell keine Methode zur Beprobung grosser Flüsse in der Schweiz. Die bestehende Methode ist ausschliesslich für bewatbare Gewässer geeignet^[52]. Aus diesem Grund beauftragte das BAFU die HYDRA AG eine entsprechende Methode zur Beprobung und Bewertung grosser Flüsse zu entwickeln. Dieses Projekt wurde allerdings zwischenzeitlich wieder eingestellt.

Der erste – abgeschlossene – Teil des Projekts bestand in der Darstellung der Durchführung, Historie und Zielsetzung der bereits bestehenden Monitorings am Hochrhein[18]. Die «Methode Hochrhein» ist zur Darstellung des Zustandes eines ganzen Flusslaufes in dafür hinreichend guter Datenqualität entwickelt worden. Sie stellt aber immer noch einen Kompromiss zwischen Aufwand und Genauigkeit dar.

Von dieser Methode ausgehend wurden umfangreiche Vorschläge erarbeitet inwiefern sich diese Daten zukünftig bewerten lassen und die Probenahme selbst besser mit Stufe F für bewatbare Gewässer kompatibel zu machen wäre.

Der Vorschlag zur Probenahme besteht im Prinzip in der mehr oder weniger getrennten Betrachtung von drei Flusskompartimenten: Linkes Ufer, Sohle und rechtes Ufer. Jedes dieser Kompartimente sollte so genau so beprobt werden wie ein kleine bewatbares Gewässer. Für diese Gewässer werden 8 Teilproben mit einer Fläche von je 0,0625 m² beprobt. Im Hochrhein werden aktuell beide Ufer jeweils mit 4 Teilproben und die Sohle mit 9 Teilproben untersucht. Der Vorschlag zur zukünftigen Beprobung bestand daher aus folgendem Schema:

- Linkes Ufer: 8 Teilproben zu je 0,0625 m² (statt aktuell 4)
- Sohle: 9 Teilproben (3x3) mit dem Unterwassersammler (je 0,07 m²) – unverändert
- Rechtes Ufer: 8 Teilproben zu je 0,0625 m² (statt aktuell 4)

Für den Hochrhein bestehen allerdings MZB-Daten seit 1990 die mit der bisherigen Methode erhoben wurden. Daher sollte im Rahmen der Kampagne 2017/2018 grob geprüft werden ob die vorgeschlagene Methode zu deutlich anderen Ergebnissen führen würde. Für eine Erhöhung der Teilprobenzahl ist bekannt, dass dies meist zu mehr gefundenen Taxa führt.

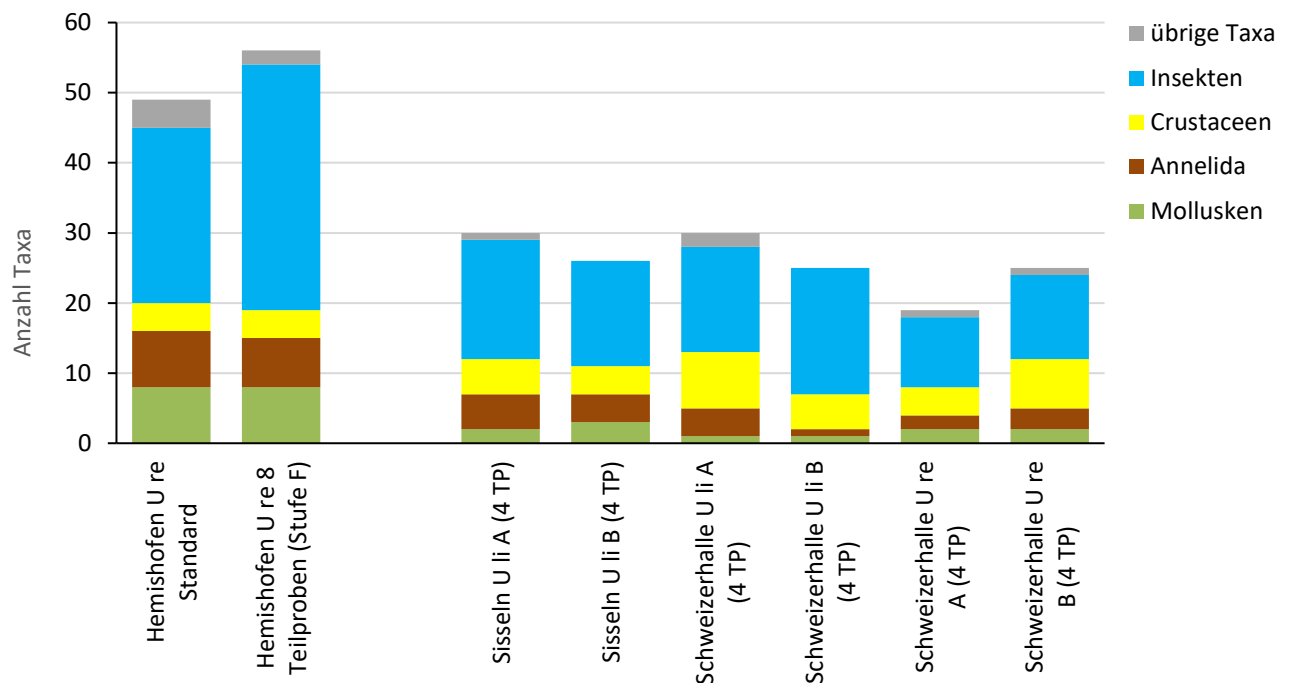
In Hemishofen wurde die Teilprobenzahl verdoppelt. Wie zu erwarten war, wurden etwas mehr Taxa gefunden, wobei das nur auf Insekten zutraf. Bei anderen Gruppen waren es teils sogar etwas weniger Arten (Abb. 31). Aufgrund der mangelnden Wiederholungen können keine gesicherten Aussagen über die Stärke des Effekts gemacht werden. In Sisseln und Schweizerhalle wurde die Reproduzierbarkeit der bestehenden Methode überprüft. Hierzu wurden drei Ufer zweimal auf dieselbe Weise beprobt. Es zeigt sich, dass der grundlegende Charakter jeweils reproduziert wurde – eine gewisse Streuung ist jedoch jeweils zu verzeichnen (Abb. 31).

Insgesamt ist festzustellen, dass eine Erhöhung der Teilprobenzahl der Uferproben die Taxazahlen vermutlich leicht erhöhen würde. Die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse ist mit der bestehenden Methode für den Zweck des Monitorings eines ganzen Flusses

allerdings bereits ausreichend. Sollen die Ergebnisse einzelner Transekte allerdings für sich alleine ausgewertet werden wäre eine höhere Teilprobenzahl – z.B. entsprechend Stufe F für beide Ufer getrennt – besser geeignet. Die vorgeschlagene Methode würde vermutlich zu einer höheren Datenqualität führen.

Abb. 31 > Methodentest Erhöhung der Teilprobenzahl und Reproduzierbarkeit bei gleichbleibender Teilprobenzahl

Links: In Hemishofen wurde die Teilprobenzahl versuchsweise von 4 auf 8 verdoppelt; rechts: In Sisseln und Schweizerhalle wurden die Uferproben zweimal auf dieselbe Weise entnommen.



2.3 Fische

2.3.1 Historischer Fischbestand im Hochrhein

Die starken Umformungen des Hochrheins in den letzten 150 Jahren haben auch zu Veränderungen in der Fischfauna geführt. Seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts sind allein im Hochrhein vier anadrome Wanderfischarten und zwei Rundmäuler ausgestorben: Atlantischer Lachs (*Salmo salar*), Atlantischer Stör (*Accipenser sturio*), Maifisch (*Alosa alosa*), Meerforelle (*Salmo trutta trutta*) sowie Flussneunauge (*Lampetra planeri*) und Meerneunauge (*Petromyzon marinus*). Der Bau von Wasserkraftwerken ist dabei die Hauptursache – diese verweigern den adulten Tieren die Rückkehr zu ihren Laichgründen. Aber auch der Verlust von Kiesflächen aufgrund des Geschiebedefizits stellt ein grosses Problem dar. Die in grossen Teilen des Hochrheins bestehende Schifffahrt gefährdet durch den Wellenschlag die Jungfischentwicklung vieler Arten. So stranden Äschenlarven oft oder werden verdriftet. Eine zunehmende Bedrohung für die Fischbesiedlung stellen eingeschleppte Arten dar.

2.3.2 Jungfischmonitoring im Hochrhein

Das Ziel des Jungfischmonitorings im Hochrhein ist es, einen Überblick über das Reproduktionspotenzial einzelner Fischarten und der Bachneunaugen im Hochrhein zu erhalten. Mit der Untersuchungskampagne 2017/2018 findet es nach 2006/2007 und 2011/2012 bereits zum dritten Mal statt. Zur Erfassung der uferassoziierten Fischarten und -lebensstadien wurden neun ausgewählte Uferabschnitte elektrisch befischt. Dabei wurden alle relevanten Jungfischhabitate erfasst. Die Fangzahlen wurden in Einheitsfänge (CPUE) pro 100 m befischte Strecke umgerechnet.

Da 0+ Jungfische nur räumlich begrenzte Wanderungen durchführen, gibt deren Nachweis gute Anhaltspunkte hinsichtlich der Reproduktionspotenziale und Reproduktionshabitate einzelner Arten, auch in den Unterläufen von grösseren Zuflüssen und an Abschnitten, an denen Auen reaktiviert wurden. Werden wie hier die Abfischungen strukturbezogen durchgeführt, können Rückschlüsse auf den Handlungsbedarf im Rahmen von Fördermassnahmen gezogen werden (z.B. Aufwertung von Brüttings- und Jungfischhabitaten).

Aufgrund der Kompartimentierung des Hochrheins und der anthropogen (11 Staustufen) und natürlicherweise (Rheinfall) eingeschränkten Fischdurchgängigkeit sind nur wenige Fischarten über den ganzen Hochrhein hinweg angemessene Bestände bildend vertreten. Im Jungfischmonitoring können überdies nur uferassoziierte Arten nachgewiesen werden.

Im Zuge des Monitorings 2017/2018 wurden über 136 000 Individuen aus 31 Arten (und einer Rundmaulart) registriert (Abb. 32Abb. 33). Die detaillierten Ergebnisse an den einzelnen Probestellen und die Trends zwischen den Untersuchungskampagnen sind zusätzlich im Anhang aufgeführt. Gegenüber 2011/12 fehlten allerdings junge Äschen, Kaulbarsche, Moderlieschen, Rapfen und Zander im Elektrofang. Der Döbel ist mit über 91 000 Individuen und 66,9 % Anteil als einzige Fischart dominant (Abb. 34). Subdominant sind lediglich die Jungfische von Nase (5,4 %), Schwarzmundgrundel (4,8 %),

Rotaugen (4,5 %), Hasel (3,5 %) und Gründling (3,5 %). Betrachtet man nur die untersten beiden Probestellen im Verbreitungsgebiet der Schwarzmeergrundeln, dann dominiert die Schwarzmundgrundel mit bereits 81,0 % die Jungfischzönose bei Weitem. Dort kommt nur noch der Alet mit 13 % in nennenswerten Dichten vor, alle weiteren Fischarten erreichen die 1 %-Grenze nicht mehr.

Abb. 32 > Im Rahmen der Jungfischuntersuchungen festgestellte Fischartenzahlen (links) und Individuendichten (rechts)

Vergleich zwischen den Untersuchungskampagnen 2006/2007, 2011/2012 und 2017/2018. A-D bezeichnen die auf Schweizer Seite verwendeten vier Hochrheinabschnitte unterschiedlichen Flusscharakters. **Hellblau:** 2017/2018 wurden erstmals auch gesehene Jungfischschwärme mit in die Auswertung aufgenommen. Um die Vergleichbarkeit mit früheren Untersuchungen zu gewährleisten, werden diese getrennt dargestellt.

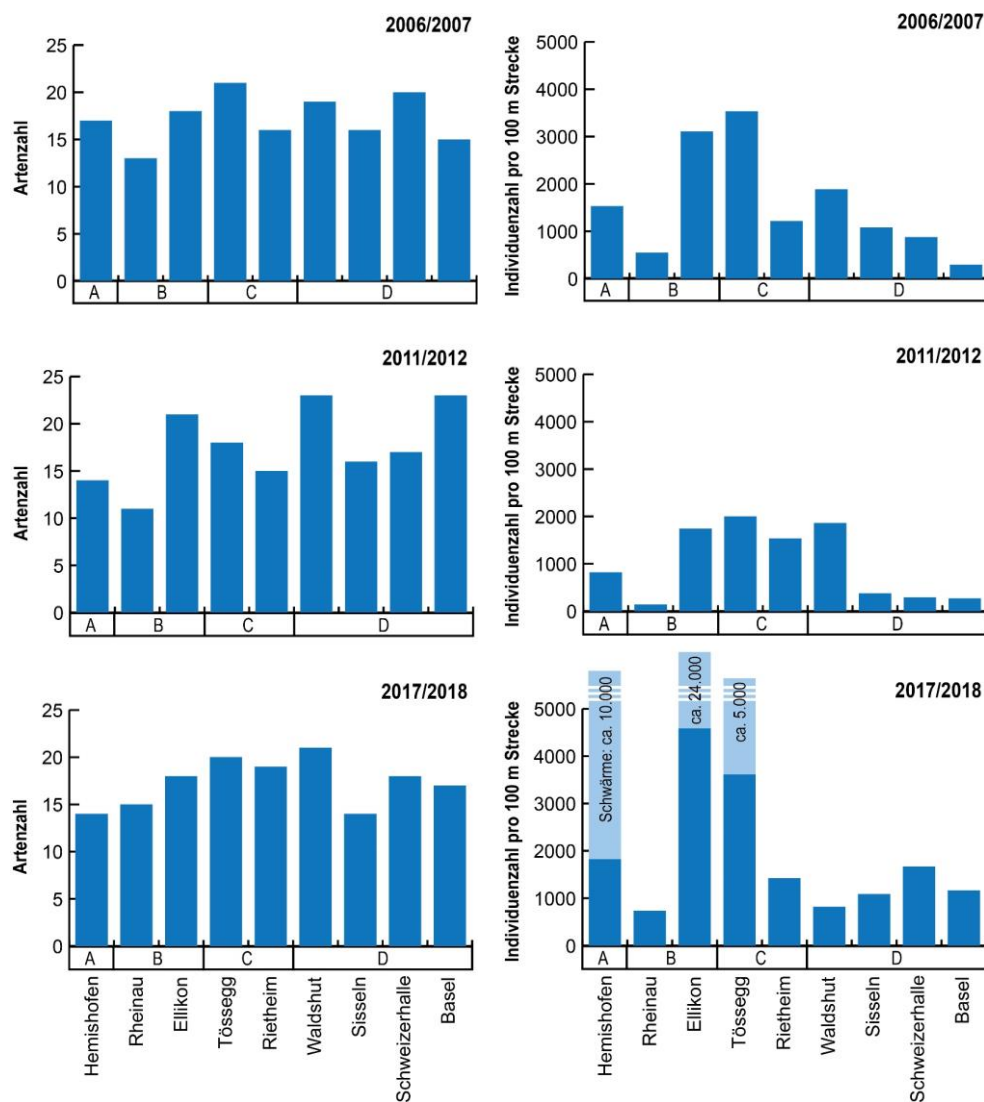


Abb. 33 > Übersicht über im Hochrhein nachgewiesene Fischarten

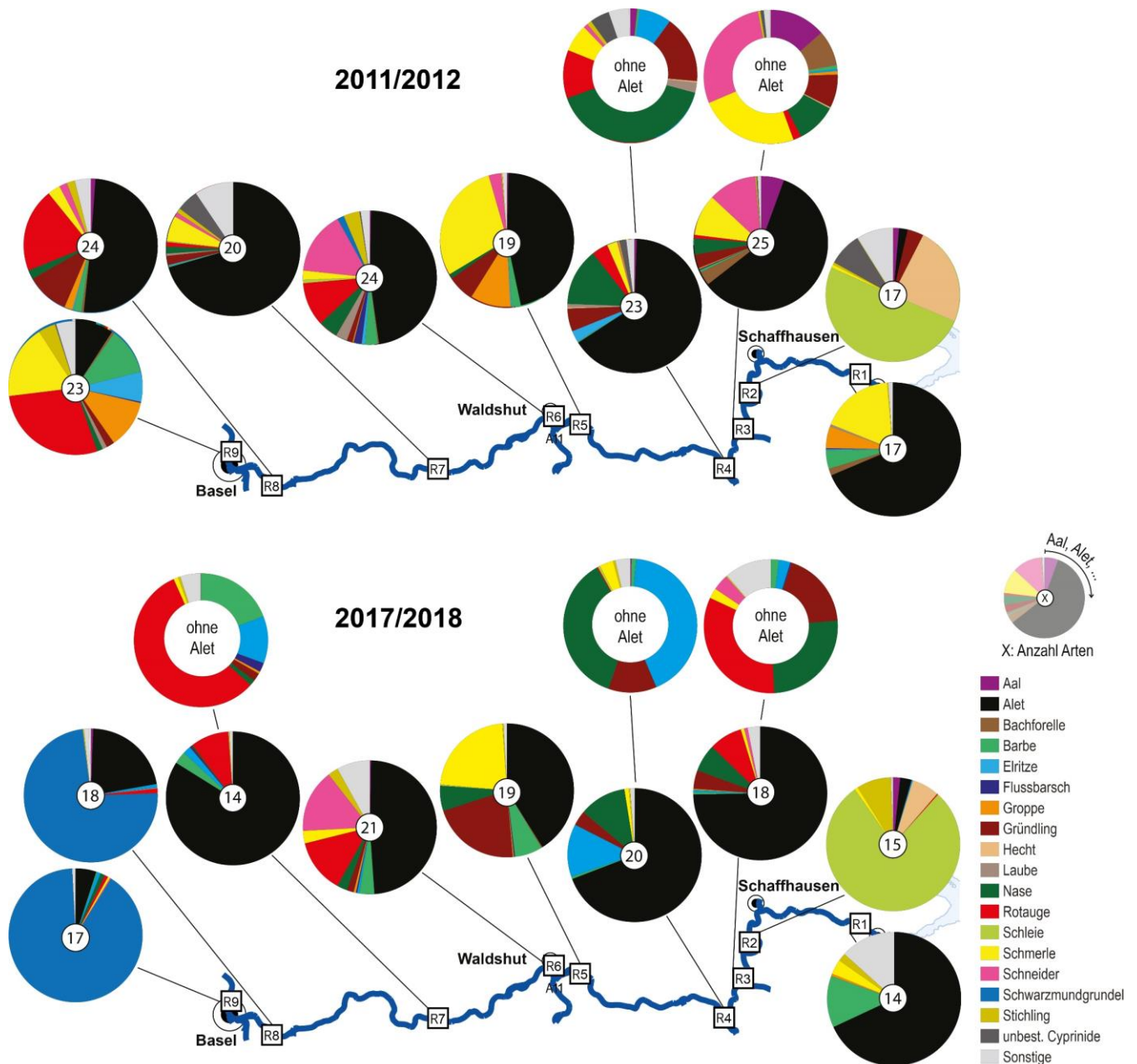
Zusammenstellung der nach Probestellen aufgeschlüsselten Ergebnisse der Koordinierten Biologischen Untersuchungen (KBU) 2017/2018 (hellblau), den zusammengefassten Ergebnissen (hellgrün) der KBU 2011/2012 und 2006/2007, des IKSR-Monitorings im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie 2019^[44] und der Fischeaufstiegskontrollen im Rahmen der Funktionskontrolle der Fischeaufstiegsanlagen im Hochrhein^[11]. Die detaillierten Ergebnisse des IKSR-Monitorings sind in Kapitel 3.4, die der Fischeaufstiegskontrollen in Kapitel 3.5 dargestellt.

* *C. bilineata* im Hochrhein seit mindestens 2013 fälschlich als *C. bilineata* bestimmt. ^[u.a.11]

Art / Probestelle	Jungfischuntersuchung Koordinierte biologische Untersuchungen (KBU) 2017/2018										KBU 2011/2012	KBU 2006/2007	IKSR-Monitoring 2018	Fischeaufstiegskontrollen 2016/2017
	Hemishofen	Rheinau	Ellikon	Tössegg	Rietheim	Waldshut	Sisseln	Schweizer- halle	Basel	Relative Anteile (%)				
<i>Abramis brama</i>										0,73				
<i>Alburnoides bipunctatus</i>										0,64				
<i>Alburnus alburnus</i>										0,01				
<i>Anguilla anguilla</i>										0,09				
<i>Aspius aspius</i>														
<i>Barbatula Barbatula</i>										1,82				
<i>Barbus barbus</i>										3,0				
<i>Blicca bjoerkna</i>														
<i>Carassius auratus auratus</i>														
<i>Carassius carassius</i>														
<i>Carassius gibelio</i>										0,01				
<i>Chondrostoma nasus</i>										5,36				
<i>Cobitis bilineata</i>										0,01				
<i>Cottus gobio</i>										0,14				
<i>Cyprinus carpio</i>										0,04				
<i>Esox lucius</i>										0,13				
<i>Gasterosteus gymnotus</i>										0,64				
<i>Gobio gobio</i>										3,46				
<i>Gymnocephalus cernuus</i>														
<i>Lampetra planeri</i>										0,01				
<i>Lepomis gibbosus</i>														
<i>Leucaspis delineatus</i>														
<i>Leuciscus idus</i>														
<i>Leuciscus leuciscus</i>										3,50				
<i>Lota lota</i>										0,01				
<i>Neogobius melanostomus</i>										4,75				
<i>Oncorhynchus mykiss</i>														
<i>Perca fluviatilis</i>										0,04				
<i>Phoxinus phoxinus</i>										2,73				
<i>Ponticola kessleri</i>										0,02				
<i>Pseudorasbora parva</i>										0,01				
<i>Rhodeus amarus</i>										0,01				
<i>Rutilus rutilus</i>										4,47				
<i>Salmo salar</i>										0,01				
<i>Salmo trutta</i>										0,02				
<i>Salvelinus fontinalis</i>														
<i>Sander lucioperca</i>														
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>										0,01				
<i>Scardinius hesperidicus</i>														
<i>Silurus glanis</i>										0,01				
<i>Squalius cephalus</i>										66,9				
<i>Telestes souffia</i>										0,01				
<i>Thymallus thymallus</i>														
<i>Tinca tinca</i>										1,46				
Fischarten pro Stelle	14	15	18	19	19	20	14	18	17				28	46

Abb. 34 > Relative Häufigkeiten einzelner Arten im Jungfischbestand des Hochrheins

Durchschnittliche Anteile aus den Befischungen der Jahre 2011/2012 und 2017/2018.

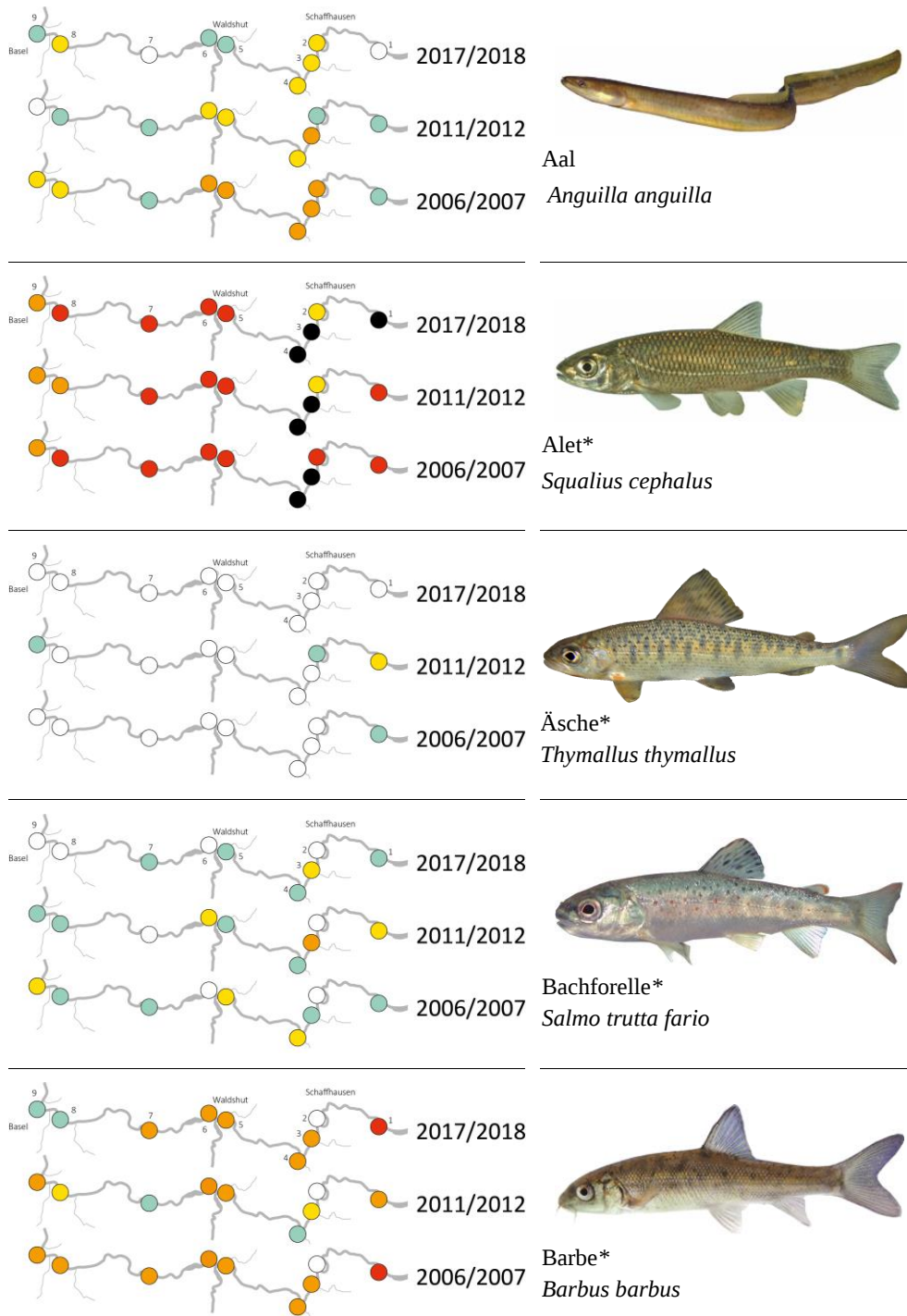


Auf den folgenden Seiten sind die Veränderungen der Dichten aller im Rahmen der Kampagne nachgewiesenen Fischarten seit 2006 dargestellt.

Abb. 35 > Veränderungen der Verbreitung von Jungfischen im Hochrhein zwischen 2006 und 2018

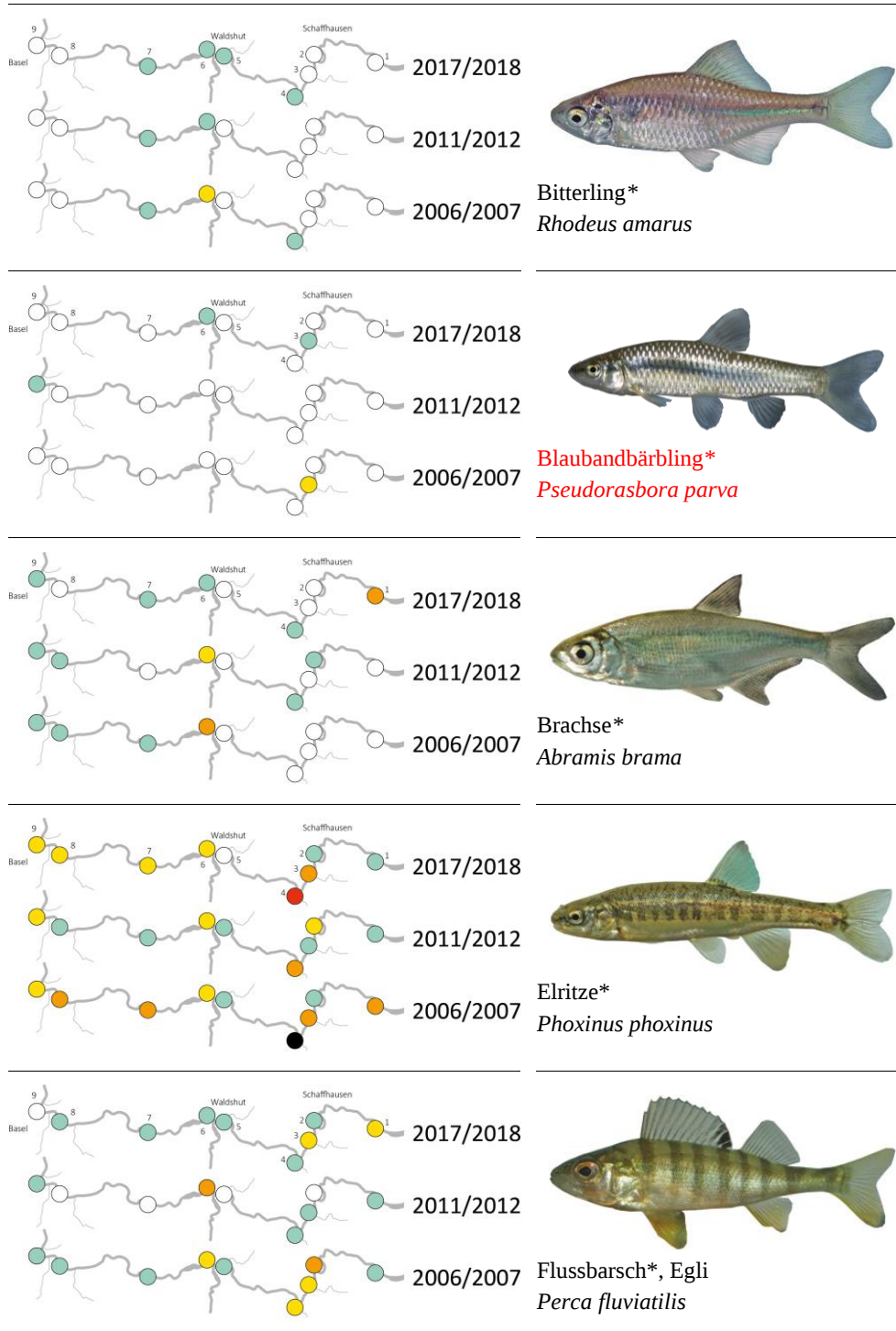
*) auch im Rahmen des IKSR-Fischmonitorings Baden-Württemberg nachgewiesen; **Rot:** Nezoen

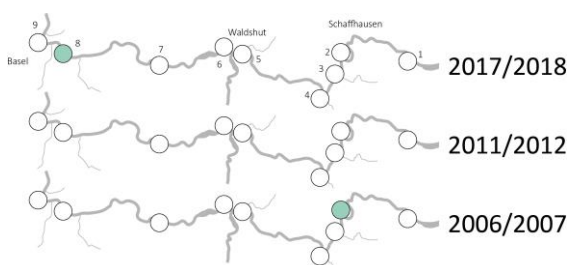
Vergleich der Fischdichten
2006 und 2018



kein Nachweis ○
1 - 5 Ind./100 m ●
>5 - 25 Ind./100 m ●
>25 - 200 Ind./100 m ●
>200 - 1000 Ind./100 m ●
> 1000 Ind./100 m ●

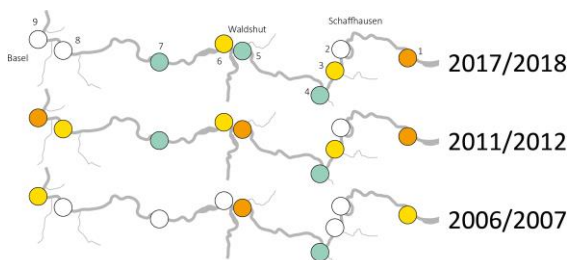
Häufigkeitsklassen
Legende der Flussquerschnitte:
1 Hemishofen; 2 Rheinau; 3 Ellikon;
4 Tössegg; 5 Rietheim; 6 Waldshut;
7 Sisseln; 8 Schweizerhalle; 9 Basel





Giebel*
Carassius gibelio

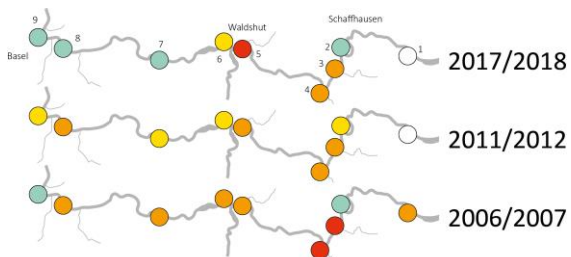
Vergleich der Fischdichten 2006 und 2018



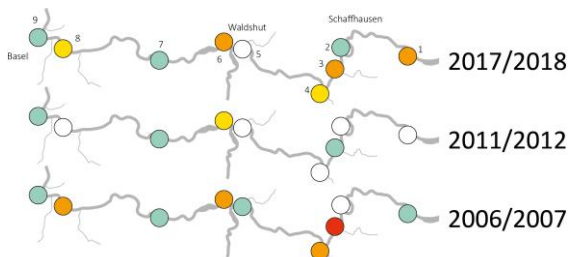
Groppe*
Cottus gobio

Häufigkeitsklassen

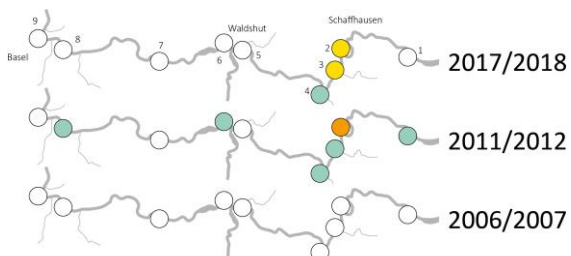
Legende der Flussquerschnitte:
1 Hemishofen; 2 Rheinau; 3 Ellikon;
4 Tössegg; 5 Rietheim; 6 Waldshut;
7 Sisseln; 8 Schweizerhalle; 9 Basel



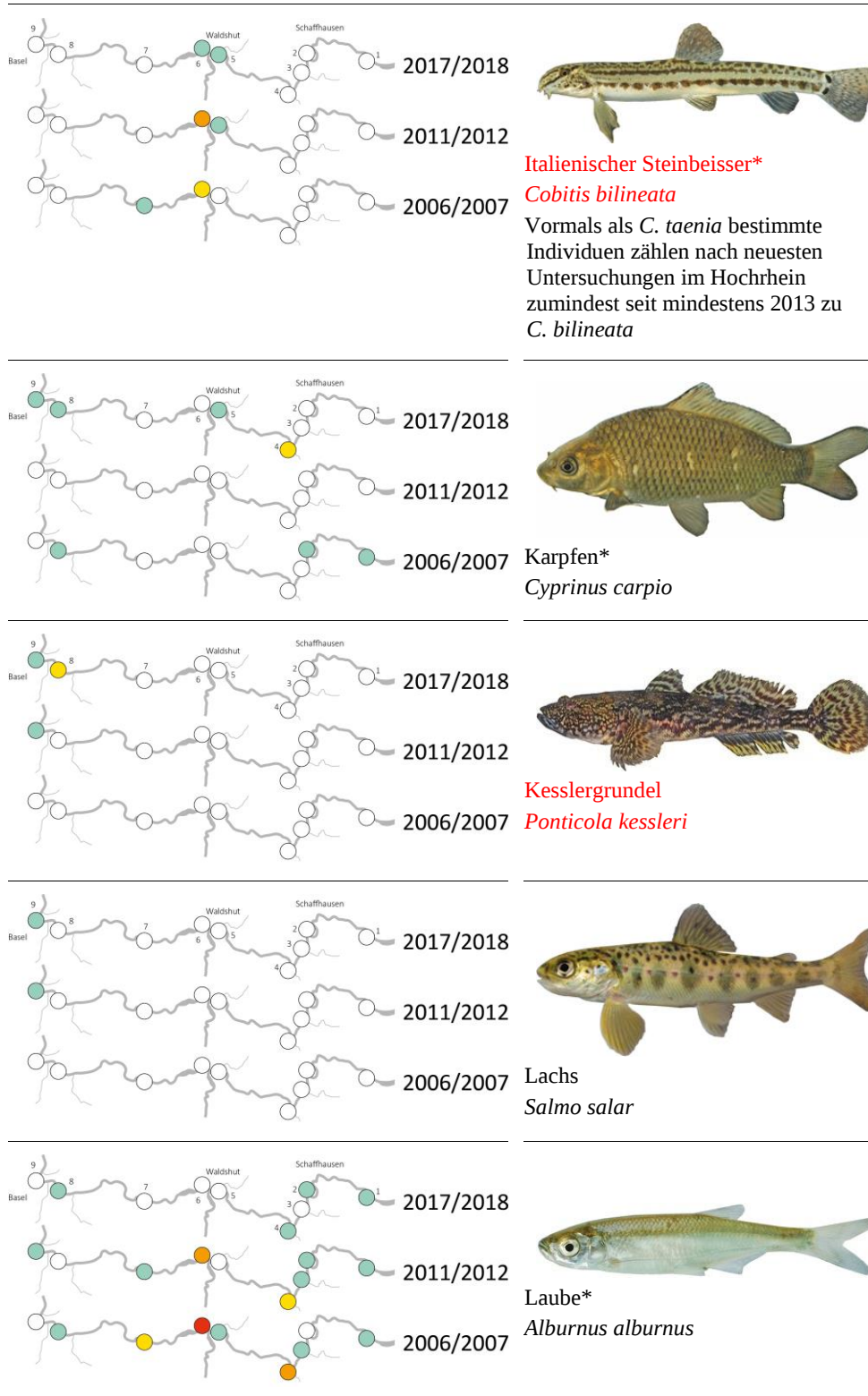
Gründling*
Gobio gobio



Hasel*
Leuciscus leuciscus



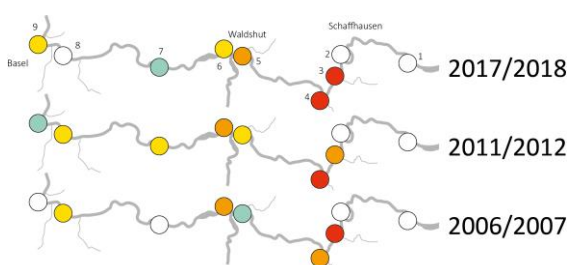
Hecht*
Esox lucius



Vergleich der Fischdichten
2006 und 2018

kein Nachweis	○
1 - 5 Ind./100 m	●
>5 - 25 Ind./100 m	●
>25 - 200 Ind./100 m	●
>200 - 1000 Ind./100 m	●
> 1000 Ind./100 m	●

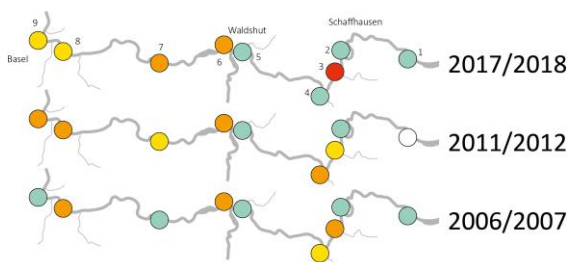
Häufigkeitsklassen
 Legende der Flussquerschnitte:
 1 Hemishofen; 2 Rheinau; 3 Ellikon;
 4 Tössegg; 5 Rietheim; 6 Waldshut;
 7 Sisseln; 8 Schweizerhalle; 9 Basel



Nase*
Chondrostoma nasus



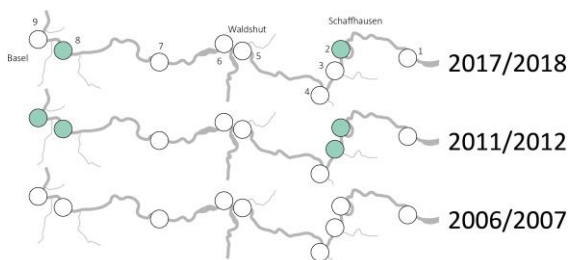
Vergleich der Fischdichten
2006 und 2018



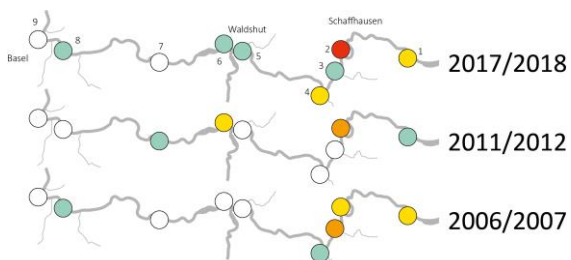
Rotaugen*, Plötze
Rutilus rutilus



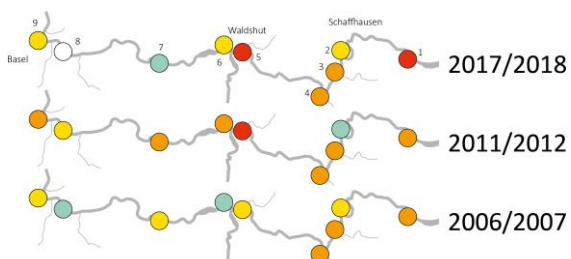
Häufigkeitsklassen
Legende der Flussquerschnitte:
1 Hemishofen; 2 Rheinau; 3 Ellikon;
4 Tössegg; 5 Rietheim; 6 Waldshut;
7 Sisseln; 8 Schweizerhalle; 9 Basel



Rotfeder*
Scardinius erythrophthalmus

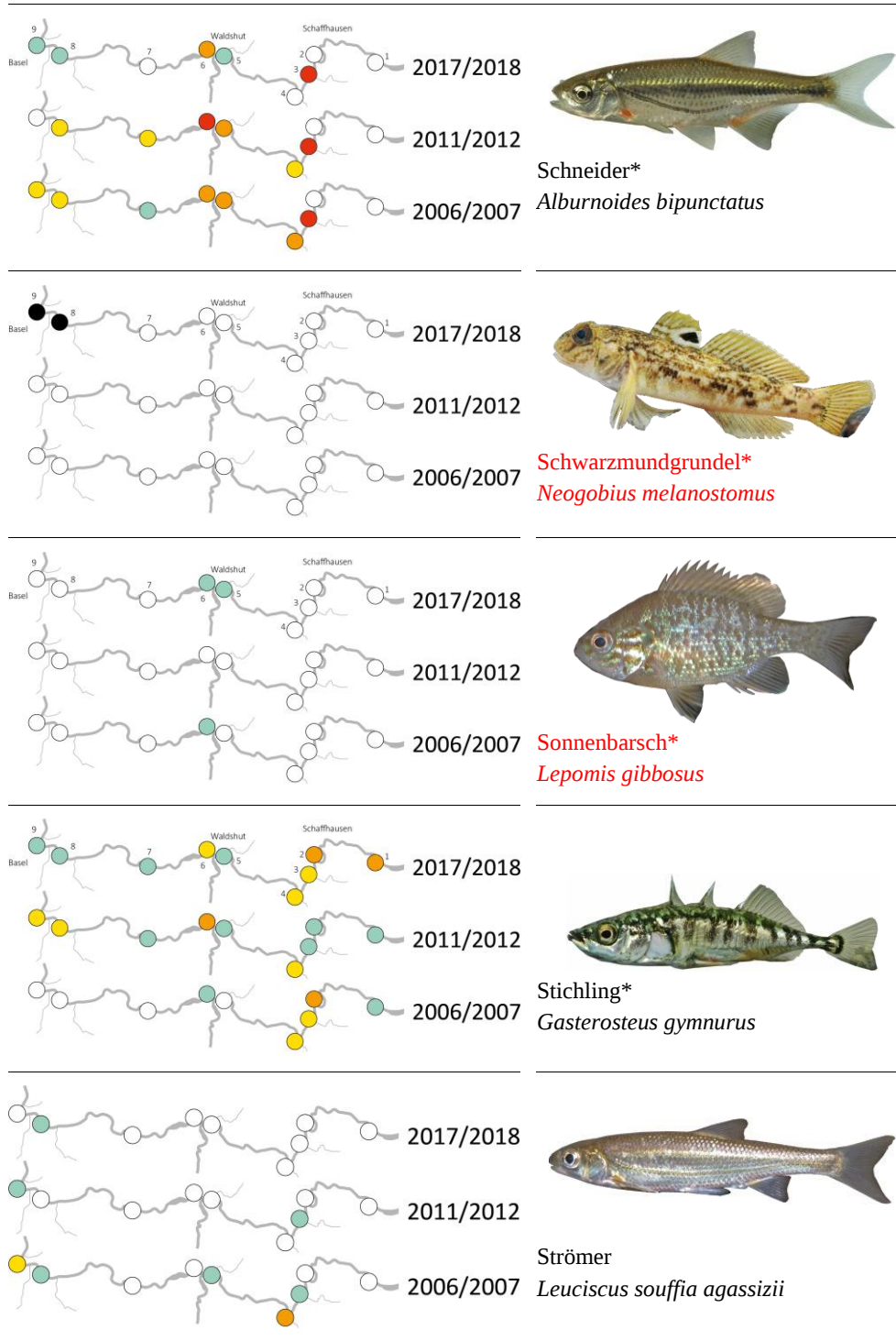


Schleie*
Tinca tinca



Schmerle*
Barbatula barbatula

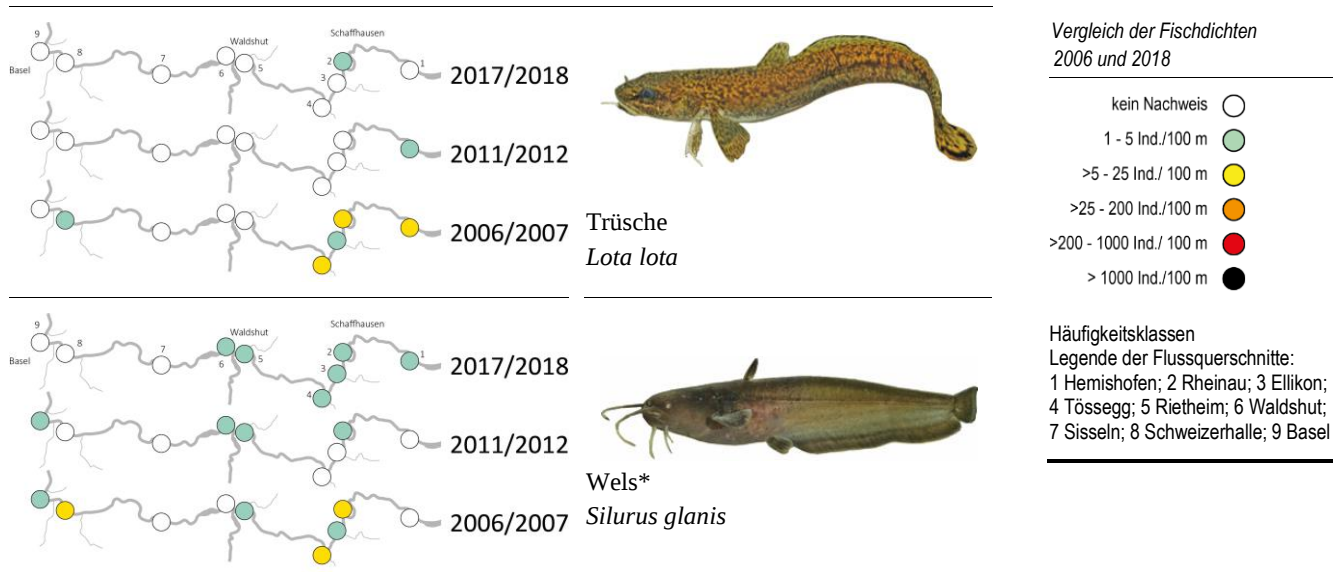




Vergleich der Fischdichten
2006 und 2018

- kein Nachweis ○
 1 - 5 Ind./100 m ●
 >5 - 25 Ind./100 m ●
 >25 - 200 Ind./100 m ●
 >200 - 1000 Ind./100 m ●
 > 1000 Ind./100 m ●

Häufigkeitsklassen
 Legende der Flussquerschnitte:
 1 Hemishofen; 2 Rheinau; 3 Ellikon;
 4 Tössegg; 5 Rietheim; 6 Waldshut;
 7 Sisseln; 8 Schweizerhalle; 9 Basel



2.3.2.1 Funktionelle Gruppen/Ökologische Gilden

Fische, die bestimmte Lebensraumsansprüche teilen, werden zu sogenannten Gilden zusammengefasst. Die Zusammensetzung der Fischfauna nach verschiedenen funktionellen Gruppen weist auf Unterschiede im Lebensraumangebot oder in physikalischen Eigenschaften der Umgebung hin. Die Ergebnisse lassen sich auch einer Referenzzuordnung vergleichen. Für die Auswertung wurde die Zuordnung einzelner Arten nach WEBER & PETER^[61] angewendet. Im Folgenden werden der Strömungstyp, Fischregionsindex und die ökologische Toleranz betrachtet.

Die **Strömungspräferenz** der Jungfische im Hochrhein zeigt Unterschiede sowohl entlang des Längsverlaufs des Hochrheins als auch über die Zeit (Abb. 36). Aufgrund der mittlerweile vorliegenden Daten über einen Zeitraum von zehn Jahren lassen sich auch längerfristige Trends beschreiben.

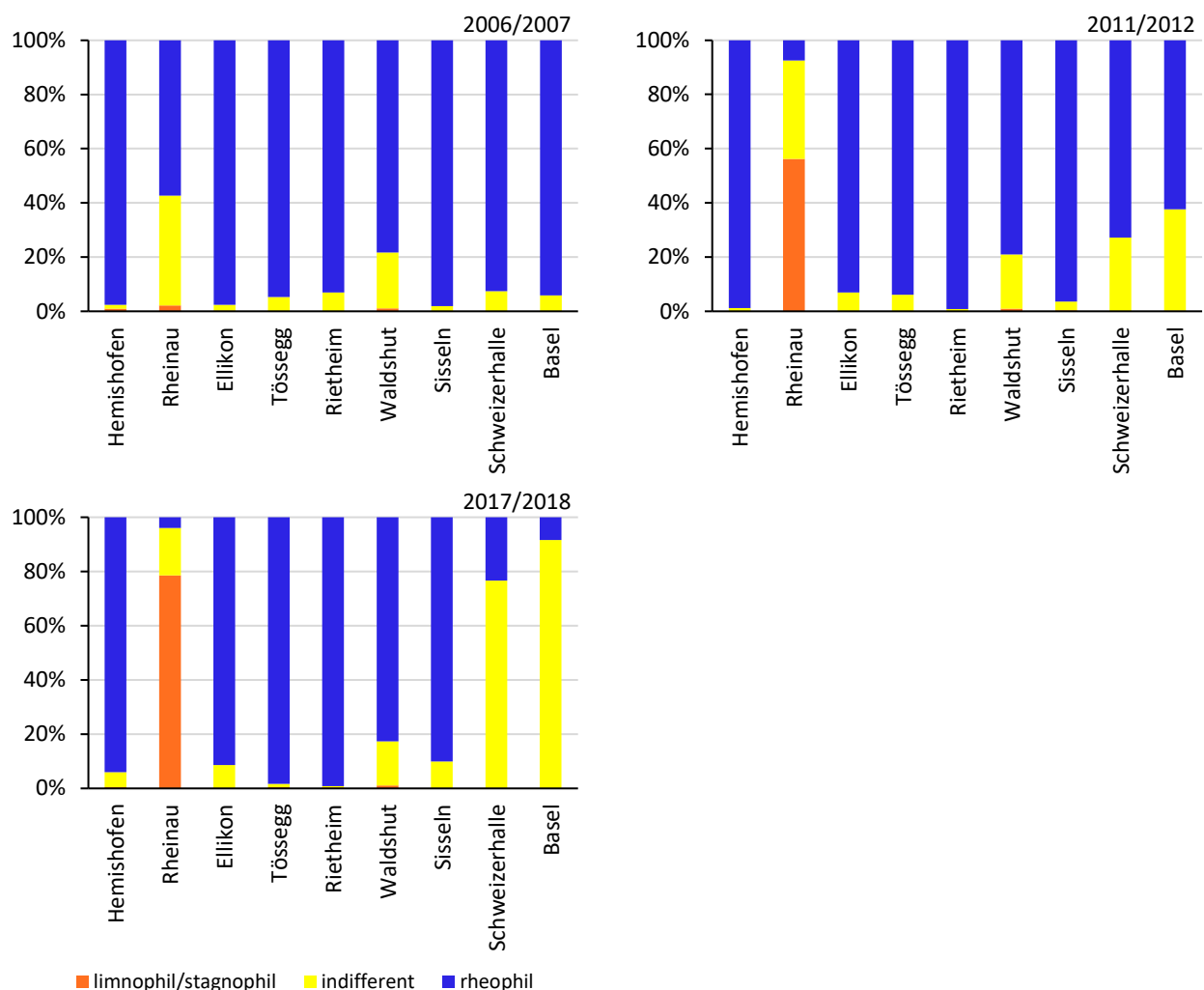
Bereits von 2006 an kommen im Staubereich des Kraftwerks Rheinau besonders viele Arten vor die nicht an Strömung gebunden sind. Dieser Effekt hat sich bis 2018 noch deutlich verstärkt, mittlerweile dominieren an Stillwasser angepasste Arten deutlich. Dies ist interessant, da das Stauwehr seit den 1950er Jahren in Betrieb ist und man vermuten könnte, dass eine entsprechende Verschiebung der Artenzusammensetzung bereits lange abgeschlossen war. Es scheint aber, dass starke ökologische Beeinträchtigung durch den Staubereich nicht nur andauert sondern sich auch noch heute verstärkt.

Der zweite Effekt ist der Einfluss der um 2011 in den Hochrhein eingeschleppten Grundeln aus dem Schwarzmeerraum. Diese wandern aktuell von Basel her flussaufwärts und stellen an den Probestellen Basel und Schweizerhalle-Pratteln bereits grosse Teile der Fischgemeinschaft. Diese Einschleppung wird ausführlich in Kapitel 2.3.5 behandelt. Die beiden bisher vorkommenden Arten kommen mit einer sehr grossen Bandbreite an

Fliessgeschwindigkeiten zurecht und werden als «indifferent» eingestuft. Hauptsächlich bekannt sind sie für die Mittel- und Unterläufe von grossen Flüssen. Wie alle echten Grundeln besitzen sie aber auch eine «Saugscheibe» am Bauch um sich bei hohen Fliessgeschwindigkeiten festhalten zu können. Diese wird von den Bauchflossen gebildet. Als Resultat der Ausbreitung ist heute der grösste Teil der Fische in Basel und Schweizerhalle «indifferent». Diese Entwicklung wird voraussichtlich in Zukunft weiter flussaufwärts fortschreiten.

Abb. 36 > Strömungspräferenzen der Jungfischbesiedlung entlang des Hochrheins

Strömungspräferenzen: *rheophil*=strömungsliebend; *stagnophil*=bevorzugt geringe Fliessgeschwindigkeit.



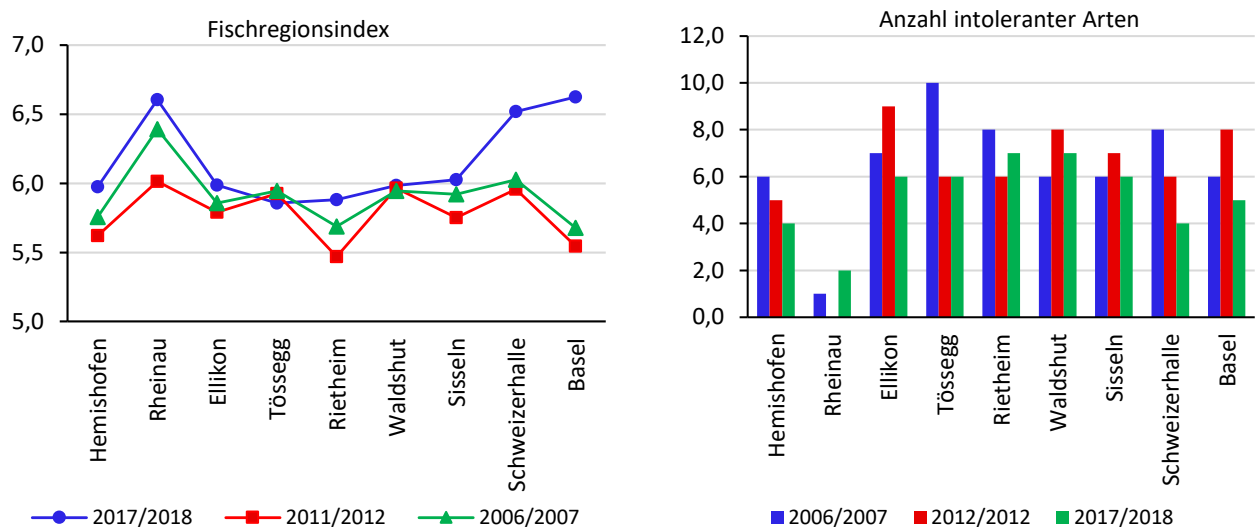
Bei Betrachtung des **Fischregionsindex** lassen sich ähnliche Muster erkennen wie bei der Strömungspräferenz (Abb. 37). Dies erklärt sich vor allem dadurch, dass die Fischregionen teilweise über die Fliessgeschwindigkeit definiert sind. Entsprechend ist der Fischregionsindex 2017/2018 in Rheinau höher als in den früheren Kampagnen. Ebenso

ist der starke Einfluss der Schwarzmeergrundeln bei Schweizerhalle und Basel zu erkennen.

Der festgestellte Fischregionsindex des Hochrheins (~6: Barbenregion) liegt dabei knapp eine Stufe höher als der Referenzzustand (5: Äschenregion). An einzelnen Stellen liegt der Fischregionsindex noch deutlich höher. Die Fischgesellschaft des Hochrheins ist daher – vor allem durch die Staubereiche – potamalisiert. Die starke Erhöhung um Basel liegt allerdings an den Schwarzmeergrundeln denen zwar ein hoher Fischregionsindex zugeordnet wird, die allerdings eher indifferent auf die Region reagieren.

Abb. 37 > Fischregionsindex und Anzahl intoleranter Fischarten

Links: Fischregionsindex (Forellenregion=4; Äschenregion=5; Barbenregion=6; Brachsenregion=7); rechts: Anzahl intoleranter Fischarten (Spezialisten).



Bei Betrachtung der **Anzahl ökologisch intoleranter Arten** (=Spezialisten) (Abb. 37) entlang des Hochrheins fällt wieder vor allem der Stau Rheinau auf. Hier kommen in allen Kampagnen nur sehr wenige Spezialisten vor – die meisten Arten sind Generalisten. Die leichten Unterschiede zwischen den anderen Stellen lassen sich nicht von zufälligen Schwankungen trennen. Die Abnahme an Spezialisten bei Schweizerhalle könnte allerdings schon ein Hinweis auf die Verdrängung entsprechender Arten durch die Schwarzmeergrundeln sein.

2.3.2.2 Fazit Jungfischuntersuchung

Insgesamt erweist sich der Hochrhein noch als ausgesprochen fischartenreiches Gewässer. Seine Jungfischfauna spiegelt sowohl den wechselnden Charakter verschiedener Flussabschnitte als auch der unterschiedlichen Habitate gut wider. Dennoch hat sich das Fischartenspektrum gegenüber historischen Verhältnissen hin zu indifferenten, toleranten Fischarten verschoben. Die Ergebnisse des Staubereichs Rheinau stechen dabei

besonders heraus – allerdings ist dies die einzige direkt im Stau liegende Untersuchungsstelle des Monitorings. In anderen Staubereichen dürften sich ähnliche Effekte beobachten lassen. Gegenüber den Vorjahren kam es meist nur zu kleineren Schwankungen in den Häufigkeiten. Bei den einheimischen Fischarten war vor allem das Fehlen von Äschen und des Kaulbarschs auffällig. Erfreulich sind die Nachweise seltener Arten wie der des Steinbeissers, des Bitterlings und des Bachneunauges, dem letzten verbliebenen Vertreter der Rundmäuler im Hochrhein.

Die grössten Veränderungen im Artenspektrum, möglicherweise auch in den Dichten verschiedener Fischarten, erwarten wir von der weiteren Einwanderung invasiver neozoischer Grundelarten, die mit zwei Vertretern bereits über Basel bis Schweizerhalle vorgedrungen sind und die Fischgemeinschaft dort schon jetzt dominieren. Hier können die Erfahrungen aus Ober-, Mittel- und Niederrhein uneingeschränkt auf den Hochrhein übertragen werden. Die Tatsache, dass eine Invasion möglicherweise durch Staustufen verlangsamt wird, ist gesamtökologisch betrachtet nicht relevant.

Das Fehlen von jungen Äschen in der Untersuchungskampagne 2017/2018 ist symptomatisch für die aktuellen Probleme dieser Art. Neben den oft fehlenden Reproduktionsflächen stellen die mit dem Klimawandel ansteigenden Wassertemperaturen eine zunehmende Gefahr für diese Art dar. Dies zeigte sich sehr eindrücklich durch das grosse temperaturbedingte Äschensterben im Hochrhein im Sommer 2018 – nur wenige Monate nach den Jungfischuntersuchungen.

2.3.3 Deformationen an Nasenpopulationen im Hochrhein

Im Rahmen der Jungfischuntersuchungen wurden zahlreiche Nasen mit stark deformierten Wirbelsäulen an der Probestelle Ellikon beobachtet (Abb. 38), wobei die einzelnen Fische ansonsten gute Konditionen aufwiesen. Entsprechende Funde werden seit mittlerweile fünf Jahren am Hochrhein immer wieder getätigt.

Abb. 38 > Deformierte Nasen (*Chondrostoma nasus*) bei Ellikon



Nach Aussage des Amtes für Natur, Jagd und Fischerei St. Gallen sind solche Wirbelsäulendeformationen bei Nasen aus dem Einzugsgebiet der Thur recht verbreitet. Bei der Erbrütung der Naseneier fiel auf, dass viele Tiere aus diesem Gebiet solche

Deformationen schon nach dem Schlupf aufweisen. Der Anteil solcher Deformationen wird auf 4-6% geschätzt. Einige dieser Larven sind bald nach dem Schlupf verendet, andere waren überlebensfähig. Entsprechende Deformationen wurden auch schon bei den «überalterten Individuen» aus dem Alpenrheingebiet festgestellt. Auf Schweizer Seite wird hierzu derzeit eine Ursachenanalyse durchgeführt.

2.3.4 Rückgang der Äschen im Hochrhein

Nach KIRCHHOFFER & GUTHRUF^[22] lebte im Schweizer Hochrhein zwischen Stein und dem Kraftwerk Schaffhausen noch vor knapp 20 Jahren die mit Abstand bedeutendste Äschenpopulation Mitteleuropas mit einem mittleren jährlichen Fangertrag von über 18 000 Fischen. Sie zählt in der Schweiz zu den «Äschenpopulationen von nationaler Bedeutung».

Im Hitzesommer 2003 kam es hier zu einem grossen Äschensterben. In einem Zeitraum von gut anderthalb Wochen musste ein Ausfall von rund 50.000 überwiegend adulter Äschen von über 30 cm beklagt werden (Herrmann & Gründler 2003). Von diesem Ereignis hatte sich der Äschenbestand nicht mehr erholt, bis sich 2018 ein neues Äschensterben ereignete, bei dem ebenfalls Tausende Äschen verendeten. Beide Male waren die temperaturempfindlichen Fische durch eine längere Periode hoher Wassertemperaturen >23°C vorgestresst, bevor diese weiter auf kritische und chronisch letale Werte von über 25°C, danach sogar über 27°C angestiegen sind.

Die Beobachtungen 2003 und 2018 haben auch gezeigt, dass Äschen kühlere Bereiche im Fluss oder in benachbarten Seebereichen aufsuchen, wenn die Wassertemperaturen auf über 24°C bis 25°C ansteigen. Die Massnahmen des 2003 entwickelten «Notfallkonzepts Äsche»^[12] orientieren sich an diesem instinktiven Verhalten der Fische. In den Hitzesommern 2018 und 2019 kam das Notfallfallkonzept an mehreren Hochrheinabschnitten zum Einsatz^[29].

Zu den temporären Massnahmen gehörten u.a.:

- das Freilegen bekannter Grundwasseraufstösse auf der Rheinsohle,
- das Freilegen von Zugängen zu kühleren Seitengewässern, die wegen Niedrigwasser versperrt waren,
- das Abtrennen und Abschatten von Kaltwasserzonen, z.B. Bacheinmündungen und kleineren Hafenarealen,
- wo möglich, die frühzeitige Bergung und Umsetzung vorgestresster Äschen in Bereiche, in die kühles Bach- oder Grundwasser gepumpt werden konnte.

Durch die Massnahmen konnten 2018 mehrere Tausend Äschen verschiedener Jahrgangsklassen überleben, 2019 kam es nur noch zu sehr geringen Verlusten. Nachdem die Wassertemperaturen wieder gesunken waren, verliessen die Äschen aus eigenem Antrieb die kühleren Flussbereiche.

2.3.5 Allochthone Grundeln im Hochrhein

Neben zahlreichen schon seit langem etablierten neozoischen Fischarten kommen im Hochrhein seit wenigen Jahren auch Grundeln aus dem Schwarzmeergebiet vor. Diese sehr invasiven Arten breiten sich seitdem stark aus. Im Jahre 2011 wurden erstmals die Kessler-Grundel (*Ponticola kessleri*)^[63] (Abb. 39) und 2012 die Schwarzmundgrundel (*Neogobius melanostomus*)^[16] (Abb. 40) in Basel nachgewiesen. Da beide Arten aus der Schwarzmeerregion stammen, wird die Artengruppe auch als Schwarzmeergrundeln zusammengefasst.

Beide Arten zeigten eine invasive Verbreitung und konnten sehr schnell grosse Bestände bilden, bereits 2014 waren über die Hälfte der gefangenen Fische im Kanton Basel-Stadt invasive Grundeln. Im Hafen von Kleinhüningen bei Basel wurde beobachtet, dass die Kessler-Grundel – anfänglich hier die häufigere invasive Grundelart – 2015 fast vollständig verschwunden war^[16] bzw. sich weder in ihrer Zahl noch räumlich weiter ausgebreitet hat. An ihrer Stelle hat sich die Schwarzmundgrundel durchgesetzt. Die Dichte der für ihre rasante Vermehrung bekannten Fische nimmt aktuell noch rheinaufwärts ab. Im Jahre 2017 erreichte die Schwarzmundgrundel den Stauraum des Kraftwerks Ryburg-Schwörstadt^[7], 2018 wurde sie in einem Exemplar unterhalb der Kraftwerkstufe Laufenburg nachgewiesen^[53]. Im Vergleich zu anderen Fischarten scheinen die Grundeln die Fischeaufstiege an den Kraftwerkstufen nicht oder nur in geringem Masse^[49] zu nutzen.

Abb. 39 > Kessler-Grundel (*Ponticola kessleri*)



Kessler-Grundel
(*Ponticola kessleri*)

Die Kessler-Grundel stammt aus den Unterläufen der nördlichen Schwarzmeerzuflüsse (Donau, Dnjepr, Dniestr und Südlicher Bug)^[24]. Wann die Art über den Main-Donau-Kanal den Main und damit das Rheineinzugsgebiet erreichte, ist nicht genau zu ermitteln^[9]. Zeitgleiche Nachweise erfolgten durch das Ökobüro Gelnhausen (2007) im Main bei Gemünden und Lohr sowie durch Staas (2008) im nordrhein-westfälischen Rhein. Derzeit befindet sich der quellnächste Nachweis der Kessler-Grundel im Hochrhein. Dort wurde sie im Rahmen der Jungfischuntersuchung bis Basel-Schweizerhalle nachgewiesen. In den IKSR-Befischungen durch Baden-Württemberg ist sie noch nicht im Hochrhein aufgetaucht.

Eine Forschungsgruppe der Universität Basel führt seit 2013 ein umfangreiches Grundelmonitoring durch^[16] und beschäftigt sich derzeit schwerpunktmässig mit der Ausbreitung der Schwarzmeergrundeln in den Zuflüssen des Hochrheins. Die Schweizerische Arbeitsgruppe Grundeln der AGIN (Arbeitsgruppe Invasive Neobiota) hat einen Strategieplan zur Bekämpfung der invasiven Grundeln (Strategie Schwarzmeergrundeln Schweiz) inkl. Formulierung eines Massnahmenpakets erarbeitet^[8]. Zudem liess das Schweizer Bundesamt für Umwelt BAFU eine Risikoanalyse zur Ausbreitung der Schwarzmeergrundeln in Schweizer Gewässern erstellen^[53]. Dabei wird auch der Sachverhalt diskutiert, dass Schwarzmeergrundeln illegal als Lebendköder für die Angelfischerei verwendet und deshalb möglicherweise auch in verschiedene Gewässer eingeschleppt werden könnten. Seit dem Juli 2015 führt der Kanton Aargau oberhalb und unterhalb des Kraftwerks Rheinfelden ein Grundelmonitoring mittels Reusen durch.

Abb. 40 > Schwarzmundgrundel (*Neogobius melanostomus*)



Schwarzmundgrundel
(*Neogobius
melanostomus*)

Die Schwarzmundgrundel ist ein Neozoon, dessen ursprüngliches Verbreitungsgebiet die Küstenbereiche des Schwarzen, des Asowschen und des Kaspischen Meeres sowie die Unterläufe der grossen Zuflüsse dieser Meere sind^[24]. Im Jahr 2004 trat die Art im holländischen Unterlauf des Rheins auf^[54] und breitete sich von dort weiter aus. Im Gegensatz zur Kessler-Grundel wurden in den Jungfischbefischungen im Hochrhein 2011/2012 noch keine Schwarzmundgrundeln gefunden (REY, mündl. Mitt.). Im Rahmen des Grundelmonitorings der Uni Basel wurde die Art aber seit 2012 bereits an der Grenze zum Hochrhein in wachsenden Individuenzahlen nachgewiesen (HOLM, P., mündl. Mitt.). Bei den IKS-R-Befischungen konnte die Schwarzmundgrundel ab der Hochrheinprobestelle oberhalb von Bad Säckingen stromabwärts an drei Probestellen im Hochrhein nachgewiesen werden. Im Rahmen der Jungfischbefischungen 2017/2018 trat die Schwarzmundgrundel an den Probestellen Basel und Schweizerhalle massenhaft auf.

Die Schweiz hat 2017 sämtliche Schwarzmeergrundeln in Anhang 3 der Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei aufgenommen. Mit dieser Änderung wird die Haltung der invasiven Schwarzmeergrundeln in Teichanlagen oder Aquarien bewilligungspflichtig und deren aktive Verbreitung verboten. Zudem werden die Kantone verpflichtet, Massnahmen gegen die weitere Ausbreitung zu treffen.

Die Arten Kessler- und Schwarzmundgrundel sind offenbar besonders konkurrenzstark und profitieren vermutlich vom Überangebot an Laich- und Versteckplätzen, das

aufgrund der Blocksteinschüttungen besonders an Wasserstrassen bis in den Hochrhein hinauf nahezu überall zur Verfügung steht.

Auch ist es möglich, dass die Grundeln durch ihr «Familienmerkmal», die Saugscheibe an der Körperunterseite, einen Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Arten besitzen. So erscheint es möglich, dass die an Steinen festhaftenden Grundeln durch starken Hub und Sunk in Folge des Schiffsverkehrs weniger beeinträchtigt werden, da einem Verdriften aus der Blocksteinschüttung entgegengewirkt werden kann^[23]. Positiv auf die Bestandsentwicklung hat sich sicher auch das reichhaltige Nahrungsangebot an – ebenfalls gebietsfremden – Molluskenarten wie Quaggamuschel (*Dreissena rostriformis*), Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*) und Körbchenmuschel (*Corbicula fluminea*) ausgewirkt^[23].

Unterwasserbeobachtungen im Rahmen der Jungfischuntersuchungen 2017/2018 im Raum Basel zeigen innerhalb der strömungsärmeren ufernahen Bereiche eine starke intraspezifische Raumkonkurrenz. Die Schwarzmundgrundeln greifen sich gegenseitig an, sobald ein bestimmter Individualabstand unterschritten wird. Einige der untersuchten Tiere zeigten ausserdem Kannibalismus, auch gegenseitige Prädation zwischen Kessler-Grundel und Schwarzmundgrundel wurde nachgewiesen (Abb. 41).

Abb. 41 > Kannibalismus unter Schwarzmundgrundeln



Beobachtung im Rahmen der Jungfischuntersuchungen:
Kessler-Grundel frisst
Schwarzmundgrundel.

Neben den bereits im Hochrhein etablierten allochthonen Grundel-Arten kommen in den restlichen Abschnitten des Rheins noch weitere Arten vor, die den Hochrhein zukünftig ebenfalls besiedeln könnten.

Die **Flussgrundel** (*Neogobius fluviatilis*) stammt aus dem pontokaspischen Raum und besiedelt dort neben den Küstenregionen des Schwarzen und Assowschen Meeres auch die Unterläufe der grösseren Fliessgewässer^[2, 24, 25]. In den Rhein, in dem sie erstmals Stemmer 2008^[51] nachweisen konnte, gelangte sie über den Main-Donaukanal und heute kommt sie vor allem im Deltarhein vor. Sie fehlt im Niederrhein, tritt aber erneut an drei Stellen im Mittelrhein und mit Einzelfängen auch im nördlichen Oberrhein auf. Es ist aber nicht auszuschliessen, dass diese Art in relativ geringen Beständen bereits schon im

Hochrhein vorkommt. Im Gegensatz zur Kessler- und Schwarzmundgrundel findet man diese Art nur selten in Blockwurf-Ufersicherungen^[24].

Die **Marmorierte Grundel** (*Proterorhinus semilunaris*) kommt nur im Süßwasser vor, ihr ursprüngliches Verbreitungsgebiet erstreckt sich auf das Einzugsgebiet des Schwarzen Meers und die Abflusssysteme des östlichen Ägäischen Tieflandes^[24]. Ihre Ausbreitung erfolgte seit den 1970er Jahren stromaufwärts die Schwarzmeerzuflüsse hinauf. Über die Donau und den Rhein-Main-Donau-Kanal gelangte sie somit in den Rhein, für den sie seit 1999 bekannt ist^[9]. Im nördlichen Oberrhein und im Neckar war diese Art vor ca. 2010 die häufigste allochthone Grundelart, wurde dann aber durch die Schwarzmundgrundel abgelöst. Dies deutet darauf hin, dass diese Art zumindest im Oberrheingebiet die erste Besiedlungswelle mit Schwarzmeergrundeln darstellte.

3 > Zusammenfassung weiterer biologischer Untersuchungen

3.1 Planktische Algen

In Flüssen spielt das Phytoplankton eine geringere Rolle als in Seen. Durch den regelmäßigen Abfluss wird Plankton laufend verdriftet und kann meist keine sich erhaltenden Populationen bilden.

Für den Hochrhein liegen Ergebnisse aus dem Jahr 2018 und den Vorjahren über das Phytoplankton an drei Probestellen vor (Abb. 8), die im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW)^[45, 46] bzw. der IKSR^[6] gesammelt wurden. Aufgrund des grossen Einflusses der Aare werden diese durch eine Probestelle in der Schweiz an der Aare kurz vor deren Einmündung in den Hochrhein ergänzt. Die oberste Messstelle im Hochrhein liegt noch im Bodensee bei Öhningen und zeigt an, welche Planktonorganismen in welcher Menge aus dem See in den Hochrhein eingetragen werden. Der nächste Messpunkt liegt bei Reckingen und repräsentiert den Rheinabschnitt vom See bis zur Aaremündung. Der Abschnitt unterhalb der Aaremündung wird durch eine Probestelle unterhalb des Rheinknies bei Basel in Weil vertreten. Die Messstelle an der Aare zeigt den Phytoplanktoneintrag durch die Aare bei Felsenau, der stark durch den Staubereich Klingnau geprägt wird.

Die Plankton-Zusammensetzung im Hochrhein wird in entscheidendem Masse durch den Bodensee, die Abschwemmung von Aufwuchsalgen und den Eintrag aus der Aare beeinflusst. Eine Planktonproduktion im Fluss selbst ist nur in geringem Masse in Stau-bereichen möglich.

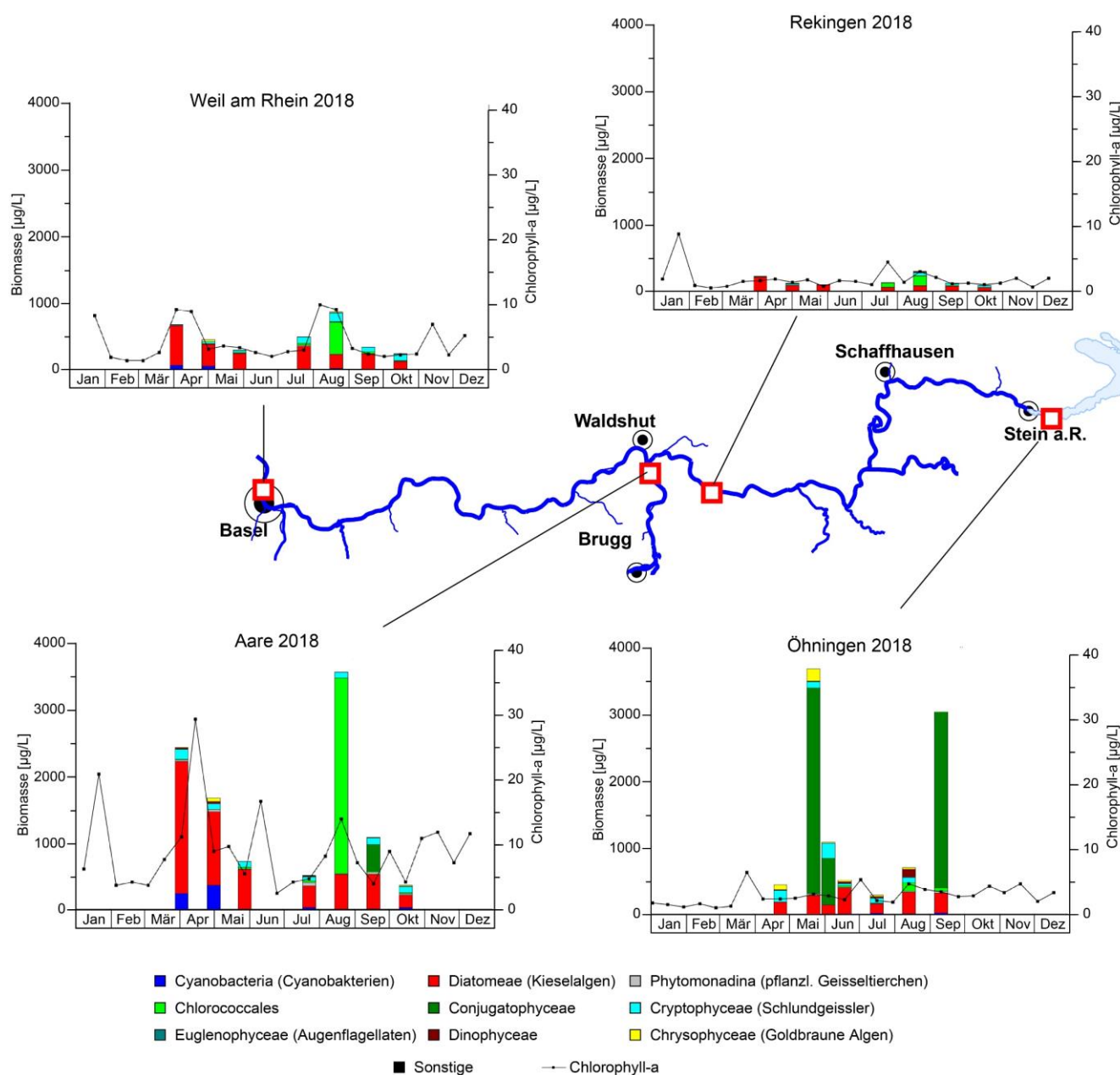
Der Index des biologischen Zustands des Phytoplanktons ist seit Beginn der Erhebungen so gut wie unverändert. Die Bewertung ist direkt unterhalb des Seeabflusses bei Öhningen «gut», an allen anderen Stellen «sehr gut». Die leichte Abwertung bei Öhningen geht vor allem auf den Einfluss des Bodensees zurück, in dem eine andere Artenzusammensetzung vorkommt. Die dargestellte Bewertung des biologischen Zustands erfolgte – wie in den Voruntersuchungen – nach dem Bewertungsverfahren PhytoFluss 2.2 (Tab. 3). Das in der Prüfphase befindliche PhytoFluss-Verfahren 4.0 wurde testweise angewandt. Dabei würde die Stelle bei Öhningen nicht mehr durch den Seeabfluss abgewertet – der Index wäre sogar noch besser als im restlichen Hochrhein.

Im Hochrhein waren die Chlorophyll a-Konzentrationen durchgehend sehr niedrig, sogar die Maxima liegen noch unterhalb von 10 µg/l. Dies entspricht den sehr guten Ergebnissen bezüglich der Nährstoffsituation im Hochrhein. Die Phytoplanktongesellschaften waren in allen Flussabschnitten im Jahresmittel von Kieselalgen dominiert. Danach folgten die Chlorophyceae (Grünalgen) und dann oft die Cryptophyceae. Im Hochrhein gehören die häufigsten Arten zu den Cryptophyceae wie z.B. *Rhodomonas lacustris* var. *lacustris*. In der Aare bildete die chlorococcale Grünalge *Coelastrum polychordum* eine

Planktonblüte im August und war in Folge auch im Jahresmittel die häufigste Art. In der Summe waren die Kieselalgen in Rhein und Aare die biomassereichste Gruppe.

Abb. 42 > Zusammensetzung und Biomasse des Phytoplanktons im Hochrhein und in der Aare im Untersuchungsjahr 2018

Angegeben sind die Anteile der häufigsten Gruppen sowie des jeweiligen Chlorophyllgehalts der Proben.



Tab. 3 > Vergleich der ökologischen Qualität anhand der Trophie-Kenngrößen des Phytoplanktons in Hochrhein und Aare (Untersuchungsjahre 2006 und 2012)

Bewertung durch Baden-Württemberg im Rahmen des biologischen Untersuchungsprogramms der IKSR (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins). Bewertung nach PhytoFluss Vers. 2.2^[3, 6, 45, 46].

Probestelle	Jahr	Ökologische Qualität, Gesamtindex, Phytoplankton
Seeabfluss bei Öhningen	2006	2,02
	2012	2,05
	2018	2,03
Hochrhein bei Rekingen	2006	1,27
	2012	1,36
	2018	1,34
Oberrhein bei Weil	2006	1,36
	2012	1,29
	2018	1,37
Aare bei Felsenau	2006	1,37
	2012	1,24
	2018	1,32

3.2 Aufwuchs und benthische Kieselalgen

Der Aufwuchs der Flusssohle (Abb. 9) setzt sich aus vielen verschiedenen Organismengruppen zusammen: Bakterien, Pilzen, tierischen Einzellern (Protozoen) und Algen. Er bildet wichtige Lebensraumstrukturen, trägt einen wesentlichen Teil zur Selbstreinigung des Fließgewässers bei und ist Nahrung für viele kleine und grössere Tiere. Den Hauptanteil des Aufwuchses bilden meist festsitzende Algen, sowohl einzellige wie auch mehrzellige, krustenförmige oder fädige Formen, die zu verschiedenen taxonomischen Gruppen zählen (z. B. Grün-, Rot- und Goldalgen, Kieselalgen). Ihre Artenzusammensetzung wird durch das Licht- und Strukturangebot, durch die Geologie des Einzugsgebiets (Kalk- oder Urgestein), durch die Strömung sowie durch den Nährstoffgehalt und andere Stoffe im Wasser bestimmt. Das Arteninventar und seine relative Zusammensetzung im Aufwuchs geben deshalb wichtige Hinweise zur Bewertung der biologischen Gewässerqualität^[17, 48].

Im Hochrhein wurden im Rahmen der letzten Messprogramme an acht Stellen Aufwuchs- und Kieselalgenproben im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) gesammelt^[4, 20, 35, 64]. Anhand der ermittelten Gesamtartenzahlen, Artenzusammensetzungen und Häufigkeiten wurde eine Bewertung der biologischen/ökologischen Gewässerqualität gemäss der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) mittels des Auswertungstools Phylib vorgenommen. Die letzte Untersuchung fand 2015 statt.

Abb. 43 > Im Aufwuchs der Flusssohle leben verschiedenste Pflanzen, Tiere, Pilze und Bakterien zusammen

Am auffälligsten ist der Algenaufwuchs, der sich zu grossen Teilen aus den braunen, fädigen oder krustigen Algen zusammensetzt. Sie sind auch gute Zeiger der Gewässergüte und Trophie (Nährstoffsituation). Im Hochrhein und in der Aare sind viele Steine von der Alge *Hildenbrandia* rot überzogen.

Hochrheinsohle bei Ellikon im November



Foto: Unger

Kieselalge der Gattung *Navicula*

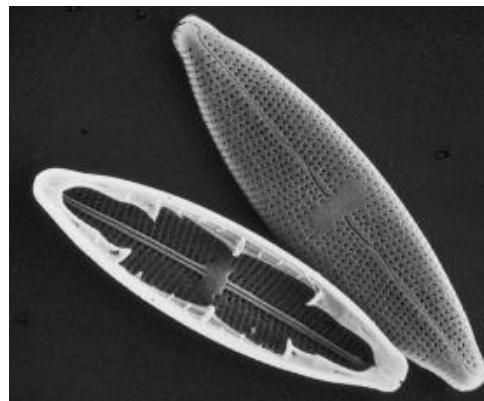


Foto: Hürlimann

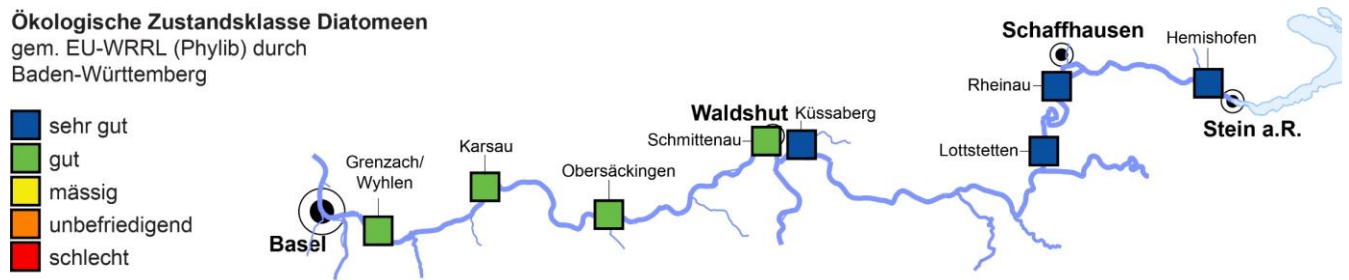
Die Bewertung der benthischen Kieselalgen war 2015 für den gesamten Hochrhein «gut» bis «sehr gut», wobei die Aaremündung den Hochrhein auch diesbezüglich zweiteilt (Abb. 44). Alle oberhalb gelegenen Stellen sind «sehr gut», die unterhalb gelegenen etwas schlechter. Dies betrifft auch die um die Aaremündung und nahe beieinander liegenden Stellen Küssaberg und Schmittenau. Im Rahmen der Untersuchung 2012 waren die Bewertungen gleichmässiger über den Hochrhein verteilt. Auffällig ist die knapp oberhalb der Aareinmündung gelegene Stelle Küssaberg. 2012 gab es für diese Stelle die damals am ganzen Hochrhein schlechteste Bewertung mit «mässig» – bis 2015 hatte sich diese auf «sehr gut» verbessert.

Das restliche Phytobenthos zeigt am Hochrhein einen deutlich schlechteren Zustand an. Hier reichen die Bewertungen von «gut» bis «unbefriedigend», wobei die nach Leitfaden mit «gut» bewerteten Stellen aus gutachterlicher Sicht noch abgewertet werden müssten (Abb. 45). Hier zeigt der Hochrhein also auf der ganzen Linie Defizite – bei Karsau und Obersäckingen sogar umfangreiche.

3.3 Makrophyten (Wasserpflanzen)

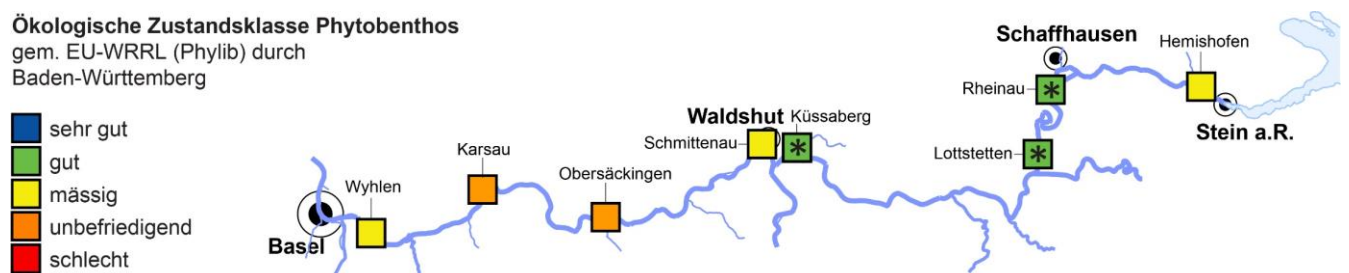
Der Begriff «Makrophyten» ist ein praxisbezogener Sammelbegriff für eine Gruppe von Wasserpflanzen, zu denen Gefässpflanzen, Armleuchteralgen und Moose gezählt werden (Abb. 10). Wenn Makrophyten in dichteren Beständen oder als «Polster» wachsen, sind sie bedeutende Lebensraumstrukturen für Fische und wirbellose Kleinlebewesen. Einige Fischarten legen ihren Laich an Wasserpflanzen ab.

Abb. 44 > Anhand von benthischen Kieselalgen (Diatomeen) indizierte ökologische Qualität im Hochrhein im Jahr 2015 (nach Methode Phylib SCHAUMBURG et al. 2012)



Datenquelle: LUBW [4]

Abb. 45 > Anhand von Phytobenthos (ohne Diatomeen) indizierte ökologische Qualität im Hochrhein im Jahr 2015 (nach Methode Phylib SCHAUMBURG et al. 2012)



* Abwertung gutachterlich empfohlen

Datenquelle: LUBW [35]

Nach einer langjährigen Untersuchungslücke werden Makrophyten im Hochrhein seit 2006 wieder regelmässig an einzelnen Probestellen untersucht^[4, 35, 55-59]. Im Jahr 2012 wurden sie im Rahmen der Untersuchungen nach EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) durch Baden-Württemberg an acht Stellen untersucht, dies wurde 2015 und 2018 wiederholt^[4, 35]. Bei diesen Kampagnen wurde allerdings nur der watbare Bereich untersucht, der wiederum stark vom Wasserstand abhängig ist. Während der Kampagne 2011/2012 lag der Rheinpegel relativ hoch und so wurden vor allem ufernahe Moose gefunden. Im Rahmen der Untersuchung 2015 wurden wieder mehr Höhere Pflanzen festgestellt. Aufgrund dieser Probleme wurde von Seiten der LUBW bisher für die Kampagne 2017/2018 auf eine Bewertung verzichtet und es werden die Ergebnisse von 2015 dargestellt.

Die Hauptverbreitungsgebiete der strömungsliebenden Makrophytenarten liegen im Hochrhein im Bereich Stein a. Rhein bis Schaffhausen und Rheinau bis Rüdlingen, für die Stillwasserarten in den Staubbereichen Albruck-Dogern bis Rheinfelden. Aber auch in den restlichen Abschnitten kommen einige Makrophyten vor (Tab. 4).

Die heutigen Vorkommen unterscheiden sich allerdings von denjenigen früherer Zeit. Schon bei den Kartierungen 1996–1998 berichtet WÄCHTER^[57] von einem drastischen Rückgang und einer Veränderung der Bestände. Unterhalb des Seeabflusses bis zur

Tab. 4 > Verbreitungen und Häufigkeiten der Makrophyten im Hochrhein

Ergebnisse der Erhebungskampagne 2015^[06]. Häufigkeitsklasse ■ 1; ■ 2; ■ 3; ■ 4; ■ 5; weiss = kein Nachweis, 2=stark gefährdet; 3=gefährdet; V=Vorwarnliste. Datenquelle: LUBW [35].

Art oder höheres Taxon	Status Rote Liste BW	Status Rote Liste Deutschland	Stein am Rhein	Rheinau	Lotstetten	Küssaberg	Schmittenu	Obersäckingen	Karsau	Wyhlen
Bryophyta (Moose)										
<i>Amblystegium tenax</i>		V								■ 5
<i>Cinclidotus fontinaloides</i> (Brunnen-Gitterzahnmoos)		V						■ 2		
<i>Cinclidotus riparius</i> (Zungenblättriges Gitterzahnmoos)		V								■ 5
<i>Fontinalis antipyretica</i> (Gewöhnliches Quellmoos)		V	■ 2							■ 5
<i>Platyhypnidium riparioides</i> (Ufer-Schnabeldeckenmoos)			■ 2					■ 2		
Charales (Armleuchteralgen)										
<i>Chara globularis</i> (Zerbrechliche Armleuchteralge)			■ 5		■ 2					
Spermatophyta (Samenpflanzen)										
<i>Agrostis stolonifera</i> (Weisses Staugras)				■ 2						
<i>Butomus umbellatus</i> (Schwanenblume)		V				■ 2				
<i>Ceratophyllum demersum</i> (Rauhes Hornblatt)				■ 2	■ 2					
<i>Elodea canadensis</i> (Kanadische Wasserpest)			■ 2				■ 2	■ 2		
<i>Elodea nuttallii</i> (Schmalblättrige Wasserpest)				■ 2	■ 2	■ 2				
<i>Groenlandia densa</i> (Dichtblättriges Laichkraut)	2	2					■ 2			
<i>Myriophyllum spicatum</i> (Ähriges Tausendblatt)				■ 2		■ 2			■ 2	
<i>Najas marina</i> ssp. <i>intermedia</i> (Mittleres Nixenkraut)	V	2			■ 2					
<i>Potamogeton pectinatus</i> (Kamm-Laichkraut)			■ 2	■ 2	■ 2	■ 2	■ 2			■ 5
<i>Potamogeton perfoliatus</i> (Durchwachsenes Laichkraut)	V	V	■ 2	■ 2	■ 2			■ 2		■ 2
<i>Potamogeton trichoides</i> (Haarblättriges Laichkraut)		3	■ 2							
<i>Ranunculus fluitans</i> (Flutender Hahnenfuss)		V	■ 2	■ 2	■ 2	■ 2		■ 2	■ 2	
<i>Sparganium emersum</i> (Einfacher Igelkolben)			■ 2							
<i>Zannichellia palustris</i> (Sumpf-Teichfaden)		V	■ 2			■ 2				

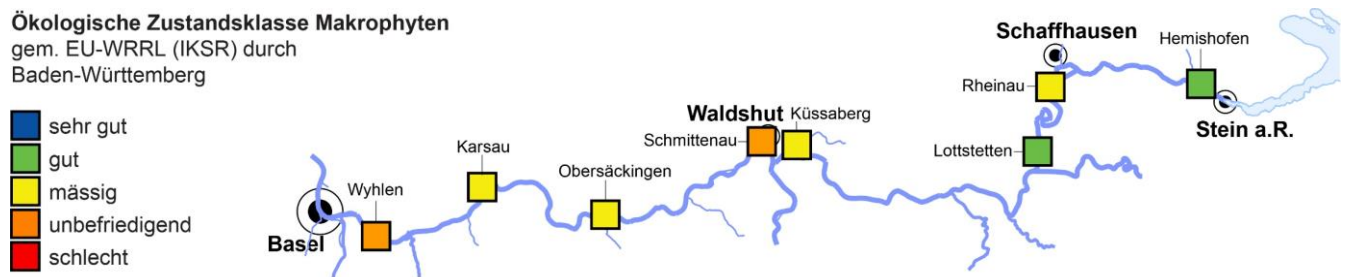
Thurmündung – dem Hauptverbreitungsgebiet des Flutenden Hahnenfusses – verschwanden ganze Makrophytenfelder. Dieser Rückgang zeigte sich bis zur Untersuchung 2012 – seitdem scheinen die Bestände wieder etwas zuzunehmen. Insgesamt scheinen die Artenzahlen und Dichteangaben zwischen den Jahren stark zu schwanken. Dies könnte teilweise auch durch die Sammelmethodik bedingt sein.

Betrachtet man die Ergebnisse in Tab. 4, so befindet sich die Makrophytenvegetation des Hochrheins noch vom zuvor definierten Referenzzustand entfernt. Mögliche Gründe hierfür wurden noch nicht umfassend diskutiert. Zwischenzeitlich ging man davon aus,

dass Hochwasserereignisse und damit verbundene Geschiebeumlagerungen eine entscheidende Rolle spielen. Weitere Faktoren sollten aber auch nicht ausser Acht gelassen werden; hierzu gehören der generelle Geschiebemangel mit Kolmationserscheinungen, Konkurrenzphänomene (vor allem durch invasive Neophyten) und Frassresistenzen (z. B. gegenüber Grosskrebsen). Darüber hinaus fehlt zur Beurteilung auch die Referenz aus den Jahren vor der Eutrophierungsphase.

Die Bewertung der Makrophytengemeinschaft entspricht dem bereits erläuterten Bild (Abb. 46): Die Mehrheit der Probestellen wird mit «mässig» bewertet, zwei erreichen sogar nur «unbefriedigend». Im Bereich der zwei einzigen mit «gut» bewerteten Probestellen ist der Hochrhein freifliessend und sie liegen im obersten Hochrheinabschnitt. Die Abwertungen im restlichen Verlauf erfolgen teilweise durch eine flussuntypische Artenzusammensetzung in den Staubecken oder eine allgemeine Verarmung.

Abb. 46 > Anhand von Makrophyten indizierte ökologische Qualität im Hochrhein im Jahr 2015 (nach Methode IKSR)



Datenquelle: LUBW [35]

Abb. 47 > Aspektbildende Makrophyten im Hochrhein



Der Flutende Hahnenfuss (*Ranunculus fluitans*) ist im Hochrhein sehr dominant an Standorten mit Fließgeschwindigkeiten bis zu 1m/s und wenig Beschattung. Grössere Bestände findet man vor allem zwischen Bodensee und Aarenmündung.



Das im Bodensee-Untersee häufige Mittlere Nixenkraut (*Najas marina* ssp. *intermedia*) ist im Hochrhein – wie im Rest von Deutschland – sehr selten und damit gefährdet.



Das Kammlaichkraut (*Potamogeton pectinatus*) gehört mit dem Durchwachsenen Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*) zu den häufigsten Arten in den Staubecken des Hochrheins.



Das Ährige Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) ist im Hochrhein vor allem in langsam fließenden Bereichen verbreitet. Dort kann es dichte Bestände ausbilden.



Die Bestände der eingeschleppten Nuttalls Wasserpest (*Elodea nuttallii*) hatten seit Beginn der 1990er Jahre stark zugenommen und vielerorts die ebenfalls eingeschleppte Kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*) sowie das heimische Kammlaichkraut (*Potamogeton pectinatus*) verdrängt. Mittlerweile sind die Bestände wieder rückläufig, dichte Bestände wurden nur in Rheinau und Küssaberg gefunden.



Moose (*Bryophyta*) besiedeln in kleinen Gruppen oder als einzelne Polster häufig auch beschattete Stellen mit festem Untergrund. Sie sind zudem sehr strömungstolerant und besiedeln auch Habitats, die von den übrigen Wasserpflanzen gemieden werden.



Die Armleuchteralgen (*Characeen*) bilden in den obersten Rheinabschnitten mit stabiler Gewässersohle und guter Lichtdurchflutung oftmals dichte Unterwasserrasen. Unterhalb der Thurmündung konnten sie nicht gefunden werden.

3.4 Fischmonitoring Baden-Württemberg

Baden-Württemberg führt regelmässig an fünf Strecken im Hochrhein Bootsbesamungen durch. Im Jahr 2019 wurden insgesamt 9 452 Individuen gefangen, die sich auf 28 Arten verteilen (Tab. 5). Im Fang dominieren Barbe (34,6 %) und Döbel (29,7 %), darauf folgen Schneider (10,0 %), Schwarzmundgrundel (6,5 %), Laube (6,4 %), Gründling (5,4 %), Nase (2,6 %), Rotaugen (1,3 %) und Flussbarsch (1,1 %). Die relativen Häufigkeiten der anderen Arten lagen im Bereich sporadischer Begleitarten (< 1 %). Für 17 Arten konnten auch 0+ Jungfische gefangen – und damit Reproduktionsnachweise erbracht werden. Bei den nachgewiesenen Arten gibt es einige Überschneidungen mit den Ergebnissen der Jungfischuntersuchung (25 Arten). Zusätzlich wurden noch Kaulbarsch, Sonnenbarsch und Äsche gefunden, womit zusammengekommen 34 Arten nachgewiesen wurden.

Tab. 5 > Artenliste der Fischarten an den IKSR-Probestellen im Hochrhein

*Die zuvor in Hochrhein und Aare mehrfach als *Cobitis taenia* bestimmten Exemplare wurden anhand von Fotografien als die gebietsfremde Art *C. bilineata* nachbestimmt.

Art / Probestelle	Hohentengen	Kadelburg	Oberhalb Rheinfelden	Unterhalb Rheinfelden	Oberhalb Bad Säckingen
<i>Abramis brama</i>					
<i>Alburnoides bipunctatus</i>					
<i>Alburnus alburnus</i>					
<i>Barbatula barbatula</i>					
<i>Barbus barbus</i>					
<i>Carassius gibelio</i>					
<i>Chondrostoma nasus</i>					
<i>Cobitis bilineata*</i>					
<i>Cottus gobio</i>					
<i>Cyprinus carpio</i>					
<i>Esox lucius</i>					
<i>Gasterosteus gymnotus</i>					
<i>Gobio gobio</i>					
<i>Gymnocephalus cernuus</i>					
<i>Lepomis gibbosus</i>					
<i>Leuciscus leuciscus</i>					
<i>Neogobius melanostomus</i>					
<i>Perca fluviatilis</i>					
<i>Phoxinus phoxinus</i>					
<i>Pseudorasbora parva</i>					
<i>Rhodeus amarus</i>					
<i>Rutilus rutilus</i>					
<i>Salmo trutta</i>					
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>					
<i>Silurus glanis</i>					
<i>Squalius cephalus</i>					
<i>Thymallus thymallus</i>					
<i>Tinca tinca</i>					
Arten pro Probestelle	9	7	20	18	22

3.5 Fischaufstiegskontrollen an den Hochrheinkraftwerken

Das Schweizer Gewässerschutzgesetz verlangt unter anderem die Sanierung der Durchgängigkeit der Wasserkraftanlagen. Am Hochrhein werden seit den 1980er Jahren in zehnjährigem Abstand koordinierte Fischzählungen durchgeführt^[10]. Da mehrere Kraftwerke am Hochrhein in den letzten Jahren neue Fischwanderhilfen gebaut haben (Albbruck-Dogern, Ryburg-Schwörstadt, Rheinfelden) oder bestehende Anlagen verbessert wurden (Augst-Wyhlen), musste gemäß ihrer Konzessionsauflagen die Funktionsfähigkeit der Anlagen und Zähleinrichtungen belegt werden. Diese Erfolgskontrollen fanden im Rahmen der regelmässigen koordinierten Fischzählungen statt.

Mit der Südlichen Rotfeder *Scardinius hesperidicus* und dem Italienischen Steinbeißer *Cobitis bilineata* wurden zwei mit den heimischen Vertretern verwandte gebietsfremde Fischarten aus dem Po-Einzugsgebiet nachgewiesen.

Die Ergebnisse der seit 1980 durchgeführten koordinierten Fischzählungen im Hochrhein ergaben meist schlechte Bewertungen der einzelnen Fischaufstiegshilfen. Die Gründe dafür blieben vor allem deshalb im Unklaren, weil es nicht möglich war, zwischen Defiziten bezüglich Auffindbarkeit und Passierbarkeit der Fischwanderhilfen zu unterscheiden. Auch grossräumige Wanderungen über mehrere Staustufen hinweg waren bisher mit einem herkömmlichen Aufstiegsmonitoring nicht darstellbar.

Nach einem erfolgreichen Vorprojekt im Jahr 2016 wurde 2017 vom BAFU eine umfassende **Markierungsstudie (PIT-Tag)** in Auftrag gegeben, bei der die HDX-Technik, eine Variante der Radio Frequency Identification (RFID) zum Einsatz kam. Dafür wurden etwa 20 000 Fische mit Tiertranspondern, sogenannten PIT-Tags markiert, um ihre individuelle Bewegungsaktivität in der Zeit von April 2017 bis Dezember 2018 durch insgesamt 36 HDX-Antennen zu erfassen, die in den acht Fischaufstiegshilfen der Hochrhein-Staustufen Augst-Wyhlen, Rheinfelden, Ryburg-Schwörstadt und Säckinggen installiert waren^[50].

Die Durchgängigkeit der meisten Anlagen war gut, allerdings wiesen fast alle deutliche Defizite bei der Auffindbarkeit auf. Nur das Umgehungsgerinne Ryburg-Schwörstadt (D) war gut auffindbar. Besonders negativ aufgefallen waren aufgrund ihrer sehr schlechten Auffindbarkeit das Umgehungsgerinne Rheinfelden (D), die Raugerinne-Beckenpässe Wyhlen (D) und Rheinfelden (D) und der sowohl nicht auffindbare als auch kaum passierbare Fischlift Wyhlen (D).

Basierend auf dieser Durchgängigkeitsstudie wurde der Sanierungsstand der Fischaufstiege der Kraftwerke im Hochrhein im Rahmen IKS-R-Berichts zur Fischbesiedlung des Rheins 2018/2019 zusammenfassend dargestellt (Abb. 48).^[44]

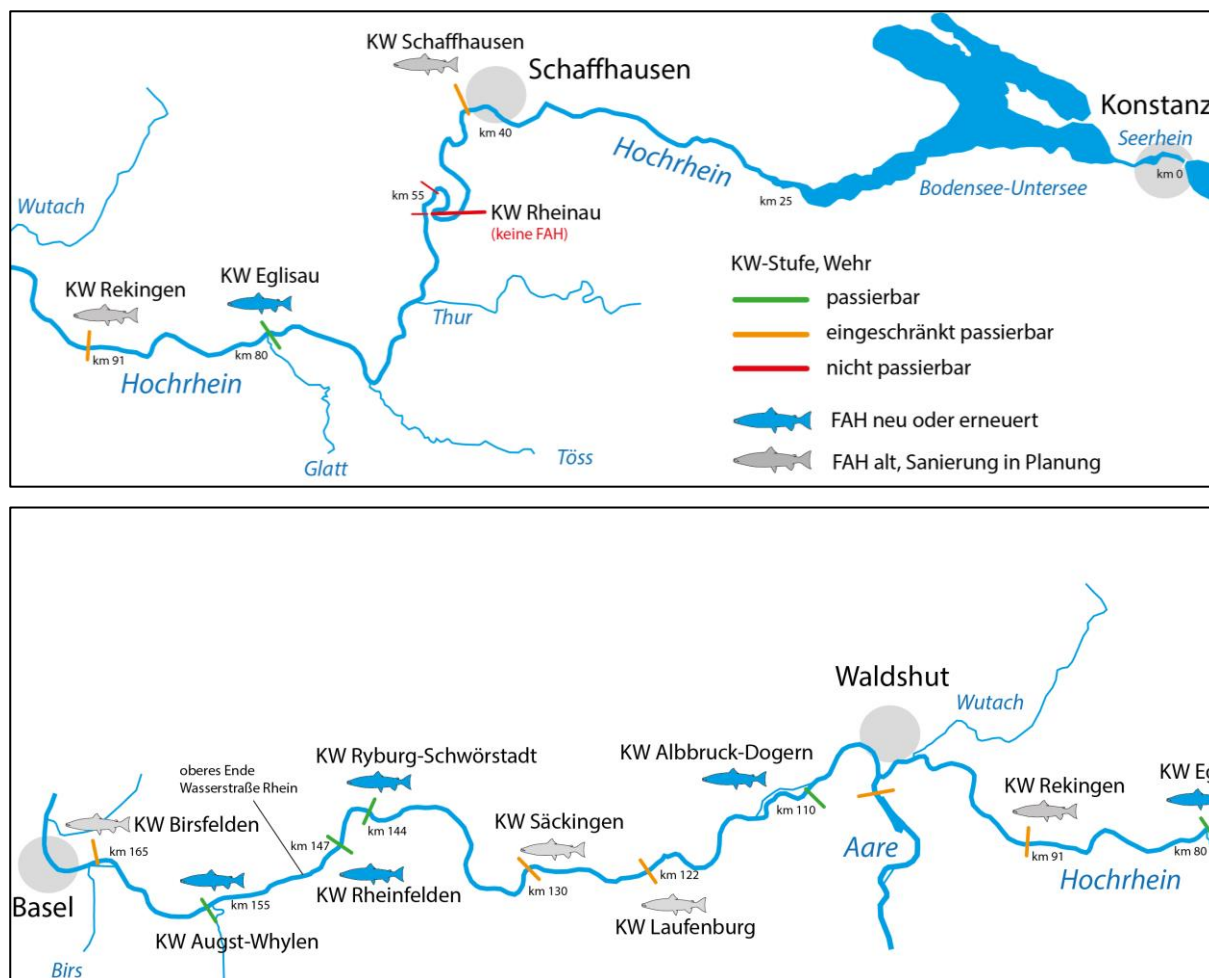
Tab. 6 > Koordinierte Zählungen im Rahmen der Fischaufstiegskontrollen im Hochrhein 2016/ 2017

Lage der Staustufen siehe Abb. 48.

Art / Staustufe	Schaffhausen	Rekingen	Albruck-Dogern	Laufenburg	Bad Säckingen	Ryburg-Schwörstadt	Rheinfelden	Augst-Wyhlen	Birsfelden
<i>Abramis brama</i>									
<i>Alburnoides bipunctatus</i>									
<i>Alburnus alburnus</i>									
<i>Anguilla anguilla</i>									
<i>Aspius aspius</i>									
<i>Barbatula barbatula</i>									
<i>Barbus barbus</i>									
<i>Blicca bjoerkna</i>									
<i>Carassius carassius</i>									
<i>Carassius gibelio</i>									
<i>Chondrostoma nasus</i>									
<i>Cobitis bilineata</i>									
<i>Coregonus spec.</i>									
<i>Cottus gobio</i>									
<i>Cyprinus carpio</i>									
<i>Esox lucius</i>									
<i>Gasterosteus gymnurus</i>									
<i>Gobio gobio</i>									
<i>Gymnocephalus cernuus</i>									
<i>Lampetra planeri</i>									
<i>Lepomis gibbosus</i>									
<i>Leucaspis delineatus</i>									
<i>Leuciscus idus</i>									
<i>Leuciscus leuciscus</i>									
<i>Neogobius melanostomus</i>									
<i>Oncorhynchus mykiss</i>									
<i>Perca fluviatilis</i>									
<i>Phoxinus phoxinus</i>									
<i>Ponticola kessleri</i>									
<i>Pseudorasbora parva</i>									
<i>Rhodeus amarus</i>									
<i>Rutilus rutilus</i>									
<i>Salmo salar</i>									
<i>Salmo trutta</i>									
<i>Salvelinus fontinalis</i>									
<i>Sander lucioperca</i>									
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>									
<i>Scardinius hesperidicus</i>									
<i>Silurus glanis</i>									
<i>Squalius cephalus</i>									
<i>Telestes souffia</i>									
<i>Thymallus thymallus</i>									
<i>Tinca tinca</i>									
Fischarten pro Staustufe	9	20	29	16	22	30	37	23	22

Abb. 48 > Sanierungsstand der Fischaufstiege der Kraftwerke im Hochrhein

Lage der Staufufen und Situation der Fischaufstiegshilfen. Oben: Bodensee bis Wutachmündung; unten: KW Rekingen bis Basel.^[44]



3.6 Kiesschüttungen Rheinufer Basel – Wirkungskontrolle Fischfauna

Im Rahmen der Voruntersuchung zur Wirkungskontrolle von Aufwertungsmassnahmen und Kiesschüttungen am Rheinufer bei Basel konnten entlang des Rheinufers bei Basel insgesamt 13 einheimische Fischarten nachgewiesen werden. Die Fischfauna wurde stark durch die invasive und nicht heimische Schwarzmundgrundel dominiert. Im Herbst 2017 waren beinahe 90 % der erfassten Fische Schwarzmundgrundeln. Im Sommer 2018 schienen die invasiven Grundeln weniger häufig zu sein und es konnten sehr viel höhere Dichten an einheimischen Fischarten beobachtet werden. Die vorgefundene Fischfauna ist aber insgesamt als artenarm zu beurteilen. Viele gewässertypische Arten wie der Aal

(fehlende Unterstände), die Groppe (Konkurrenz Schwarzmundgrundel) oder limnophile Arten (fehlende Stillwasserbereiche) konnten nicht oder nur in geringer Dichte nachgewiesen werden^[60].

Im Frühling 2018 wurden vereinzelt Nasenlarven im Rhein nachgewiesen. Die dann erfreulich hohen Dichten an juvenilen Nasen im Sommer 2018 gehen vermutlich auf die erfolgreiche Fortpflanzung in der Birs oder eventuell auch aus der Wiese zurück. Aufgrund der sehr tiefen Wasserstände im Sommer 2018 fanden die Jungfische der Nase (und auch anderer Arten) in den neuen kiesigen Flachwasserzonen gute Jungfischhabitate vor.

Der Fortpflanzungserfolg aller anderen lithorheophilen Fischarten – wie Äsche, Schneider oder Barbe – war im untersuchten Rhein-Abschnitt sehr gering. Bei normalen Abflussverhältnissen waren für die Larven und Jungfische infolge der harten Uferverbauungen abschnittsweise kaum geeignete Habitate vorhanden. Ausserdem sind die Larven und Jungfische am Ufer dem Wellenschlag durch die Frachtschiffe ausgesetzt. Dieser kann unter Umständen dazu führen, dass die jüngsten Altersstadien an Land gespült werden und stranden.

3.6.1 Schweizer Äschenmonitoring

Auf der aargauischen Seite des Hochrheins wurden jährlich Bereiche geeigneter Habitate für Äschenlarven untersucht^[5]. Dabei wurde festgestellt, dass eine natürliche Fortpflanzung der Äschen grundsätzlich in einigen Bereichen stattfindet, die Äschenlarvendichten aber zumeist gering waren. Als potenzielle Einflussfaktoren auf den Fortpflanzungserfolg wurden mehrere Faktoren aufgeführt: Zu geringe Dichte des Elterntierbestands (und damit sämtliche auf Äschen wirkende Faktoren, wie Wassertemperatur, Kormoranpräda-tion etc.), Quantität und Qualität der Laichhabitate, Quantität und Qualität der Larvenhabitate, Abflussbedingungen in der kritischen Zeit zwischen Laichvorgang und Ende des Larvenstadiums. Der Einfluss von erhöhten Abflüssen ab der Emergenz der Äschenlarven konnte mit dem Monitoring direkt belegt werden. Dabei ist ein wichtiger Punkt, dass viele potenzielle Larvenhabitate nur bei niedrigen bis mittleren Abflüssen vorhanden sind, bei höheren Abflüssen verliert ein Grossteil der vorhandenen Habitate diese Funktion vollständig. Somit werden bei erhöhten Abflüssen Äschenlarven vollständig verdriftet. Mit hohen Mortalitäten ist dann zu rechnen. Zusätzlich stehen die Äschenpopulationen immer wieder aufgrund sehr hoher Sommertemperaturen unter Druck (siehe Kapitel 2.3.4).

4 > Schlussfolgerungen

Die hier zusammengestellten Untersuchungsergebnisse können Art, Mass und Geschwindigkeit biologischer Veränderungen im Hochrhein gut erfassen. Die seit 2006 mit in das Monitoringprogramm aufgenommenen Jungfisch-Untersuchungen haben sich bewährt – sie ergänzen die bereits bestehenden Erhebungen der IKSР sehr gut und führen zu weiteren Erkenntnissen. Die Erfassung der Makroinvertebraten (zwei statt ursprünglich drei Erhebungen pro Kampagnen und Jahr) und v. a. Makrophyten wurde dagegen zwischenzeitlich gegenüber den ersten Kampagnen^[57-59] in ihrem Umfang reduziert. Auch wenn dadurch ein gewisser Informationsverlust einhergeht, reicht die Qualität der Ergebnisse der Makroinvertebratenuntersuchungen für die Fortführung von Langzeitvergleichen noch aus. Die untersuchten Parameter waren weiterhin geeignet, ein gutes Bild der aktuellen Umgebungsbedingungen, der Besiedlungsverhältnisse und deren Veränderungen zu zeichnen. Unzureichend sind allerdings seit dem Jahrtausendwechsel die Erhebungen bezüglich der Makrophyten, für die eine koordinierte Kampagne im Hochrhein vorgeschlagen wird, wie sie zuletzt 1996–1998 durchgeführt wurde^[57-59].

4.1 Aktueller Zustand, Veränderungen und Tendenzen

Die *chemische Wasserqualität* hat sich im Hochrhein auf hohem Qualitätsniveau stabilisiert, wobei sich die Werte von Ammonium und Nitrit unterhalb der Aarenmündung etwas verschlechtert haben. Verringert hat sich dafür im selben Bereich der Gehalt an gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC). Mikroverunreinigungen treten inzwischen regelmässig in nachweisbaren Mengen auf, die ökologischen Folgen sind oft noch nicht vollständig geklärt – hier werden Mess- und Forschungskapazitäten laufend weiter ausgebaut.

Der globale Trend eines Anstiegs der *Wassertemperaturen* ist bei Langzeitvergleichen auch für den Hochrhein zu erkennen. Er wird durch Jahresvergleiche, wie sie im Rahmen der Untersuchungen vorgestellt werden, allerdings nicht abgebildet. Aber auch während der Kampagnen gab es Jahre, in denen Wassertemperaturen über 25 °C erreicht wurden (2006), in denen sie im Winter nicht unter 5 °C gefallen sind (2006/07) oder in denen sie über Monate hinweg um 20 °C lagen (2011/12; 2017/18). Ein besonders schwerwiegender Hitzesommer mit daraus folgendem Äschensterben ereignete sich im Anschluss an die Befischungskampagne 2018.

Der Mangel an *Geschiebe* limitiert weiterhin die Reproduktion vieler Fischarten und den Lebensraum zahlloser Wirbelloser. Die bisher getätigten Anstrengungen, vor allem in Form von Geschiebezugaben, haben die Situation zwar verbessert, aber noch nicht so weit dynamisiert und biologisch verfügbar gemacht, dass sie sich den ursprünglichen Verhältnissen annähert.

Wie auch bei den vorherigen Untersuchungskampagnen, werden die *Makroinvertebraten* vor allem durch das weitere Vordringen von Neozoen beeinflusst. Neu im Hochrhein

eingeschleppt wurde die Quagga-Muschel – eine Schwesterart der im Hochrhein schon lange weit verbreiteten ebenfalls invasiven Dreikantmuschel. Auch wenn die Quagga-Muschel in Seen für einige Änderungen sorgt, erwarten wir in Flüssen neben der Verdrängung der gebietsfremden Dreikantmuschel keine gravierenden Änderungen. Die teils schon lange zurückliegenden Einschleppungen anderer Makroinvertebraten führen dagegen immer noch zu einer fortlaufenden Verdrängung heimischer Arten. So drängt der bereits vor 20 Jahren in den Hochrhein eingeschleppte und seit 10 Jahren im gesamten Hochrheinverlauf vorkommende Grosse Höckerflohkrebs die heimischen Flohkrebse auch heute noch immer weiter zurück. Mittlerweile kommen letztere nur noch in einzelnen kleinen Restpopulationen vor. Dies zeigt, dass selbst explosionsartige und vermeintlich «abgeschlossene» Invasionen im Nachgang über viele Jahrzehnte neue Auswirkungen haben können und daher beobachtet werden sollten.

Im Rahmen der Untersuchungskampagne 2017/2018 wurde eine etwas modifizierte Probenahmemethodik für Makroinvertebrate getestet welche im Rahmen der – mittlerweile wieder eingestellten – Entwicklung einer Methode zur Beprobung und Bewertung grosser Flüsse in der Schweiz vorgeschlagen wurde. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Datenqualität mit dieser Methodik erhöht werden könnte.

Während die letzten 15 Jahre vor die Makroinvertebratengemeinschaften durch Neozoen verändert wurden, wurden 2018/2019 die grössten Veränderungen bei den *Fischbeständen* beobachtet. Bereits früher eingeschleppte Fisch-Neozoen hatten meist nur lokale Auswirkungen auf den heimischen Fischbestand. Die jetzige von Basel ausgehende Einwanderung zweier invasiver Arten der Schwarzmeergrundeln führte dagegen an den Untersuchungsstellen Basel und Schweizerhalle sehr schnell zu einem starken Rückgang heimischer Fische. Eine weitere Ausbreitung flussaufwärts wird erwartet. Die Datenlage bezüglich der Fischbestände im Hochrhein verbessert sich zunehmend und erlaubt zugleich immer bessere Einblicke in die entsprechenden ökologischen Vorgänge. Neben üblichen Untersuchungen der Jungfische im Rahmen der Koordinierten Biologischen Untersuchungen, der EU-WRRL-Erhebungen und der Fischaufstiegskontrollen mittels Reusen, kann dieses Mal auf eine ausführliche Studie mit markierten Fischen bezüglich des Fischaufstiegs zurückgegriffen werden. Diese Studie zeigt weiterhin bestehende starke Defizite vor allem bezüglich der Auffindbarkeit auch von relativ neu angelegten oder sanierten Fischaufstiegen. Hier besteht noch grosser Handlungsbedarf.

Beim *Phytoplankton* und mit wenigen Ausnahmen auch bei den *Aufwuchs-* und *Kieselalgen* zeigten sich nur kleinere Veränderungen gegenüber früheren Untersuchungen. Die *biologisch indizierte Gewässerqualität*, die durch beide Komponenten abgebildet werden kann, war im Hochrhein gut.

Die *Makrophytenlebensgemeinschaft* des Hochrheins wurde als «mässig» oder «schlecht» bewertet. Sie weist seit mehreren Jahrzehnten Defizite auf und es wurde eine weiter fortschreitende Artenverarmung und Verödung beobachtet. Allerdings sind die Ergebnisse über Zeit nur begrenzt vergleichbar. Vor allem die im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie erhobenen Daten sind vom Umfang her nicht mit den früheren der Schweiz vergleichbar und decken sich teilweise auch nicht mit den Beobachtungen im Rahmen der Tauchuntersuchungen bezüglich Makrozoobenthos. Die Hauptursache dürfte der gegenüber früher reduzierte Tiefenbereich sein. Die während der letzten

Kampagnen berücksichtigte relativ geringe Wassertiefe führt zu einer sehr starken Abhängigkeit der Ergebnisse vom Wasserstand. Während der Kampagne 2011/2012 lag der Rheinpegel relativ hoch und so wurden vor allem ufernahe Moose gefunden. Im Rahmen der Untersuchung 2015 wurden wieder mehr Höhere Pflanzen festgestellt. Aufgrund dieser Probleme wurde von Seiten der LUBW für die Kampagne 2017/2018 auf eine Bewertung verzichtet. Zusammen mit unseren Beobachtungen gehen wir allerdings von einer unverändert verarmten Makrophytengesellschaft im Hochrhein aus. Um zuverlässige Aussagen über die vermuteten Bestandsveränderungen der Makrophyten im Hochrhein treffen zu können, müssten in absehbarer Zeit umfassendere Untersuchungen lanciert werden. Ansonsten besteht die Gefahr, dass ein möglicherweise gravierender Bestandsrückgang einzelner Arten nicht dokumentiert wird und dessen Ursachen nicht gefunden werden.

5 > Anhang

5.1 Charakterisierung der untersuchten Flussquerschnitte

Hemishofen	86
Rheinau	88
Ellikon	90
Tössegg	92
Rietheim	94
Waldshut/Felsenau	96
Sisseln	98
Schweizerhalle/Pratteln	100
Basel	102

Hemishofen (Rhein-km 27,7; Code HEM)

Koordinaten CH 1903: 704350/ 281 400



Lage und Charakter des Flussquerschnitts

Die Stelle liegt am Beginn des Hochrheinabschnitts A, nur 3 km unterhalb des Bodenseeabflusses beim Strandbad Hemishofen. Der hier 160-210 m breite Fluss fließt in weiten Windungen und wird von einem 10-50 m breiten Auwaldsaum begleitet.

Das rechtsufrige Hinterland ist landwirtschaftlich genutzt, das linke Ufer ist bis zur Terrassenkante natürlich verblieben. Die Siedlung Hemishofen reicht mit einigen Gärten bis dicht an den Rhein, hier ist das Ufer mit Mauern und Blöcken gesichert. Am Strandbad herrscht in den warmen Monaten Badebetrieb mit Trittbelastungen der Flachwasserbereiche des rechten Ufers. Die Ufer werden durch den Wellenschlag der Bodensee-Rhein-Schifffahrt und privater Motoryachten deutlich beeinflusst.

Zustand der Ökosystembausteine

Abfluss: Der Abfluss wird vom Wasserstand des Bodensees bestimmt.

Gerinnemorphologie: Weitgehend natürlich mit gewundenem Flusslauf, ausgeprägter Strömungsrinne und ausgedehnten Flachwasserbereichen.

Ufermorphologie: Vielfältig und naturnah; Verbauungen fast nur im Siedlungsbereich.

Vernetzung: Nur im Bereich der Ufermauern eingeschränkt; kleine Zuflüsse durchgängig angeschlossen. Längs: Stromaufwärts keine Hindernisse, stromabwärts bis KW Schaffhausen.

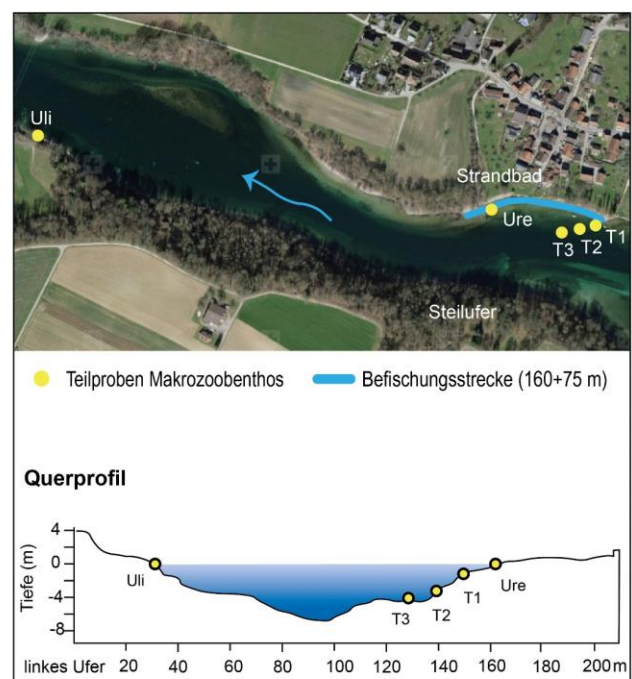
Substrat der Sohle: Natürliche Vielfalt. An vielen Stellen liegt biogene Kalkbildung vor.

Geschiebe: Nur geringes Geschiebeaufkommen durch Seeabfluss.

Strömung: Natürlich frei strömend; nicht eingestaut; hohe Strömungsvielfalt infolge vielfältiger Flussmorphologie.

Lebensraumvielfalt: Die meisten zu erwartenden Wasser- und Uferlebensräume sind ausgeprägt.

Fazit: Ausserhalb der Siedlung guter naturnaher Zustand.



Groppe (*Cottus gobio*) im steinigen FlachwasserbereichJunge Haseln (*Leuciscus leuciscus*) in einem geschützten Rückströmungsbereich**Äusserer Aspekt**

Bewuchs: Stufe 1: <10 % (Bedeckung); Stufe 2: 10-50 %; Stufe 3: >50 %
 Trübung/Verfärbung: Klasse 1: leicht; Klasse 2: mittel; Klasse 3: stark
 Schaum: Klasse 1: kein; Klasse 2: wenig/mittel; Klasse 3: viel
 Geruch: Klasse 1: kein; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark
 Eisensulfid: Klasse 1: kein; Klasse 2: wenig/mittel; Klasse 3: viel (>25 % der Steine)
 Kolmation: Klasse 1: keine; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark
 Feststoffe/Abfälle: Klasse 1: keine; Klasse 2: vereinzelte; Klasse 3: viele
 Heterotropher Bewuchs: Klasse 1: kein/vereinzelte; Klasse 2: wenig; Klasse 3: mittel/viel
 Sonstige: Klasse 1: keine; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark

Äusserer Aspekt

	Uli	T3	T2	T1	Ure	Bemerkungen/Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	2	2	2	2	2	
Bewuchs Algenbüschel	1	2	2	2	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	1	
Besiedlung <i>Dreissena</i>	1	3	3	3	1	
Trübung	1	1	1	1	1	
Verfärbung	1	1	1	1	1	
Schaum	1	1	1	1	1	
Geruch	1				1	
Eisensulfid	1	1	1	2	2	
Kolmation	1	2	2	2	1	biogene Kalkbildung & <i>Dreissena</i>
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	2				3	Bodensee-Rheinschiffahrt
Hinterlandnutzung	1				2	Landwirtschaft, kleine Siedlung
Einleitungen, Einträge	1				1	

Substrate

Stufe 1 = <10 % (Sohlenbedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 = >50% der Fläche

	linkes Ufer	Taucher 3	Taucher 2	Taucher 1	rechtes Ufer	Bemerkungen/Erläuterungen
anstehender Fels		1				nicht beprobter Bereich
Blöcke > 200 mm	1			1	2	
Steine 63 mm - 200 mm	2	2	1	1	2	
Grobkies 20 mm - 63 mm	1	1	1	2	1	Laichsubstrat für Äschen
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm	1	1	1	1	1	Laichsubstrat für Äschen
Feinkies 2 mm - 6,3 mm	1		1	1	1	
Sand 0,063 mm - 2 mm	1	1	1	2	2	meist unter Deckschicht
Schluff < 0,063 mm				1	1	Auflage auf Steinen/Grobkies
Ton						
Muschelschalen, Schill						
Kalk, Sinter			2	3		biogener Kalk
Abfälle, Müll						

Substrate

Der Flussquerschnitt weist eine sehr hohe Substratheterogenität auf. Die dominierenden Sohlbedeckungen reichen, je nach Strömungsraum, von sandig/schluffig bis zu steinig. Da das Flachufer auch über eine ausgedehnte Wasserwechselzone verfügt, sind dort auch grobe Substrate oft mit einer Feinsedimentschicht überzogen.

Biologische Besonderheiten

Die Nähe zum Bodensee prägt die Biozönosen bei Hemishofen. Im Abfluss des planktonreichen, aber dennoch klaren Bodensees lohnt es sich, als Sichträuber auf andriftende Nahrungsorganismen zu warten. Diese Strategie verfolgt die eigentlich für diesen Rheinschnitt typische Äsche (*Thymallus thymallus*). Unter anderem aufgrund hoher Wassertemperaturen gerät die Art allerdings zunehmend unter Druck. Sie wurde 2017/2018 im Gegensatz zu früheren Erhebungen nicht gefunden. Zahlreiche Makroinvertebraten nutzen den Nahrungsreichtum ebenfalls: Dreikant- und Quaggamuschel (*Dreissena polymorpha* und *D. rostriformis*) als aktiver Filtrierer, der Süsserpolyp *Hydra* als Räuber. Köcherfliegen der Gattung *Hydropsyche* bauen kurze sackartige, die nahe verwandte *Neureclipsis* füllhornartigen Fangnetze, um organische Drift abzufangen.

Pflanzlicher Bewuchs

In unterschiedlich durchströmten und mit unterschiedlichem Substrat bedeckten Bereichen finden mehrere Makrophyten- und und Grossalgenarten beste Lebensraumverhältnisse.



Rheinsohle bei Hemishofen

Rheinau (Rhein-km 55,5; Code RHE)

Koordinaten CH 1903: 688150/ 278375



Lage und Charakter des Flussquerschnitts

Die Probestelle liegt in der stark gewundenen, aufgestauten Rheinschleife Rheinau, im Hochrheinabschnitt B, ca. 500 m unterhalb der Klosterinsel. Das rechte Ufer besteht aus bewaldeten Steilhängen, am linken befinden sich durch einen Randstreifen abgetrennte landwirtschaftliche Nutzflächen. Die ursprünglich schnell und turbulent fließende und tief in den Fels eingeschnittene Rheinschleife wurde durch den Kraftwerksbau (1952-1957) und folgenden Einstau stark verändert. Die geringe Strömung führt zu erheblichen Sedimentablagerungen. Die seltenen Substratumlagerungen erlauben das Aufkommen ausgedehnter Makrophytenbestände. Auch die Uferzone des linken Ufers erinnert mit Rohrglanzgras und Schilf an Verlandungsbereiche. Diese bieten zahlreiche Unterstände für Jungfische.

Zustand der Ökosystembausteine

Abfluss: Restwasserabfluss durch Kraftwerkbetrieb.

Gerinnemorphologie: Der Gewässerverlauf ist natürlich, die ursprüngliche Reliefdynamik (Lauffen) ging aber durch Verbau und Sedimentablagerungen verloren.

Ufermorphologie: Weite Teile sind durch Ufersicherungen stabilisiert. Ufererosion wird nicht mehr zugelassen.

Vernetzung: Quer: Weitgehend gut. Die wenigen kleinen seitlichen Zuflüsse sind durchgängig angebunden. Längs: Sowohl stromauf wie stromab unterbunden.

Substrat der Sohle: Substratzusammensetzung gegenüber dem natürlichen Zustand stark verändert. Feinsedimente überdecken die ursprünglich steinig-felsige Sohle.

Geschiebe: Die ursprünglich ausgeprägte Erosionsstrecke hat sich zu einer Sedimentationsstrecke gewandelt.

Strömung: Gering bis fehlend; aufgestauten Restwasser ohne nennenswerte Strömungsvielfalt.

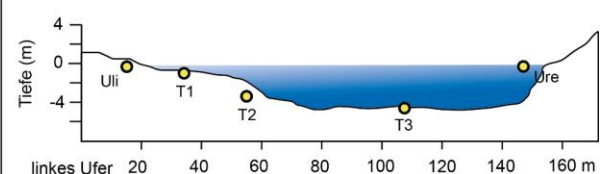
Lebensraumvielfalt: Der Abschnitt entspricht weitestgehend einem Stillgewässer, weist allerdings eine gewisse Vielfalt auf.

Fazit: Naturferner, sehr stark veränderter und beeinträchtigter Gewässerabschnitt.



● Teilproben Makrozoobenthos — Befischungsstrecke (330 m)

Querprofil





Junger Hecht knapp ausserhalb der schützenden Ufervegetation



Grosslibellenlarve am langsam überströmten Flachufer

Äusserer Aspekt

Bewuchs: Stufe 1: <10 % (Bedeckung); Stufe 2: 10-50 %; Stufe 3: >50 %
 Trübung/Verfärbung: Klasse 1: leicht; Klasse 2: mittel; Klasse 3: stark
 Schaum: Klasse 1: kein; Klasse 2: wenig/mittel; Klasse 3: viel
 Geruch: Klasse 1: kein; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark
 Eisensulfid: Klasse 1: kein; Klasse 2: wenig/mittel; Klasse 3: viel (>25 % der Steine)
 Kolmation: Klasse 1: keine; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark
 Feststoffe/Abfälle: Klasse 1: keine; Klasse 2: vereinzelte; Klasse 3: viele
 Heterotropher Bewuchs: Klasse 1: kein/vereinzelte; Klasse 2: wenig; Klasse 3: mittel/viel
 Sonstige: Klasse 1: keine; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark

Äusserer Aspekt	Uli	T1	T2	T3	Ure	Bemerkungen/Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	2	1	1	1	1	
Bewuchs Algenbüschel	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	2	3	2	1	v.a. Characeen, Potamogeton
Besiedlung <i>Dreissena</i>	1	1	1	1	1	
Trübung	1	1	1	1	1	
Verfärbung	1	1	1	1	1	
Schaum	1	1	1	1	1	
Geruch	1				1	
Eisensulfid	2	1	1	1	2	
Kolmation	1	1	2	2	2	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	2				2	Motorboote
Hinterlandnutzung	2				1	Landwirtschaft
Einleitungen, Einträge	1				1	

Substrate

Stufe 1 = <10 % (Sohlenbedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 = >50% der Fläche

	linkes Ufer	Taucher 1	Taucher 2	Taucher 3	rechtes Ufer	Bemerkungen/Erläuterungen
anstehender Fels						
Blöcke > 200 mm	1				1	
Steine 63 mm - 200 mm	2	1	2	2	2	
Grobkies 20 mm - 63 mm	1	2	1		2	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm		1	1	1	1	
Feinkies 2 mm - 6,3 mm				1	1	
Sand 0,063 mm - 2 mm	1	1	2	1	1	
Schluff < 0,063 mm	1		1	1		
Ton						
Muschelschalen, Schill			1	2		
Kalk, Sinter						
Abfälle, Müll						

Substrate

Die Sohle wird von Weichsubstraten dominiert, die steilen Uferbereiche sind steinig. Flache Bereiche sind von Sand, Schluff, Laub und Detritus überdeckt. Abschnittsweise kommt auch Blockwurf als Uferbefestigung vor. Etwa in Flussmitte der Sohle erstreckt sich über eine längere Strecke ein Rücken aus Schluff und Muschelschalen.

Biologische Besonderheiten

Der Seecharakter führt zu einer entsprechenden limnischen Lebensgemeinschaft. So finden sich viele Stillwasserarten, sowohl unter den Fischen (z.B. Hecht und Rotaugen) als auch unter den Wirbellosen (z.B. Asseln, diverse Schnecken, Erbsenmuscheln und Egel). Dafür fehlen viele Fließwasserarten, die Grossgruppe Köcherfliegen ist nur untergeordnet vertreten. Der Seefrosch kommt regelmässig vor und auch Rotwangenschildkröten lassen sich beobachten.

Pflanzlicher Bewuchs

Aufgrund der geringen Strömung können sich flächen- deckend sehr grosse Bestände an Makrophyten entwickeln und halten. Es dominieren Characeen und *Elodea*. Am linken Ufer finden sich Rohrglanzgras und Schilf.



Makrophytenbesiedlung im Staubereich Rheinau

Ellikon (Rhein-km 62,0; Code ELL)

Koordinaten CH 1903: 686950/ 272500



Lage und Charakter des Flussquerschnitts

Die Stelle liegt mitten im Hochrheinabschnitt B direkt bei der Ortschaft Ellikon, noch oberhalb der Einmündung der Thur. Das flach auslaufende linke Ufer grenzt an landwirtschaftliche Flächen und Siedlung. Das gegenüberliegende Ufer geht von einem Flach- zu einem Steilufer mit Abbruchkante über und ist überwiegend bewaldet. Im Dorfbereich finden sich stellenweise Ufermauern. Das Querprofil ist natürlich und flachgründig, die Sohle ist bei normalem Wasserstand maximal 1,8 m tief.

Zustand der Ökosystembausteine

Abfluss: Weitgehend vom Bodensee beeinflusst.

Gerinnemorphologie: Oberhalb Ellikon naturnah, zur Thurmündung hin teils durch Ufersicherung verändert. Tiefenvariabilität gut ausgeprägt.

Ufermorphologie: Flachufer und steile Erosionsufer. Letztere sind teilweise durch harte Ufersicherungen verbaut. Linkes Ufer Richtung Thurmündung teilweise renaturiert.

Vernetzung: Gute Vernetzung, auch mit der Thur und den revitalisierten Thuraunen; rechtsrheinischer Auebereich ist wieder angebunden. Längs: Durch die nahezu undurchgängigen Kraftwerksanlagen Rheinau und Eglisau vom weiteren Rheinlauf abgeschnitten.

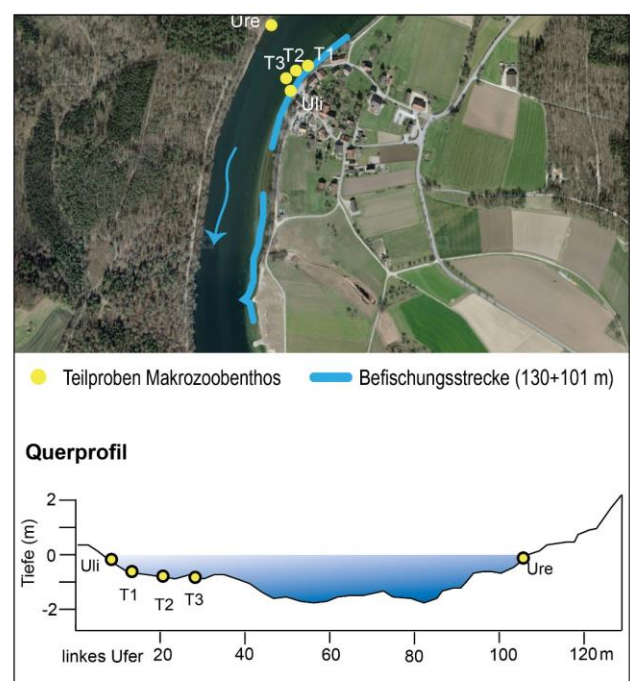
Substrat der Sohle: Natürlich steinig-kiesiges Substrat mit lokalen Sandablagerungen.

Geschiebe: Natürlicherweise geringe Dynamik; Einträge allenfalls aus Ufererosion. Im Thurmündungsbereich befinden sich starke Geschiebeablagerungen.

Strömung: Sehr variabel; von reissender Strömung bis zu Stillwasserbuchten.

Lebensraumvielfalt: Hohe Vielfalt an aquatischen Lebensräumen und Auelementen im Radius von ca. 1,5 km.

Fazit: In Richtung Thurmündung weitgehend naturnaher Zustand. Das ursprüngliche Vernetzungspotenzial zu den ehemaligen Auenbereichen wird langsam wieder zurückgewonnen. Im Ortsbereich beeinträchtigt.





Verkrüppelte Nasen (*Chondrostoma nasus*) am Anleger Ellikon



Junger Wels (*Silurus glanis*) in Ufernähe

Äusserer Aspekt

Bewuchs: Stufe 1: <10 % (Bedeckung); Stufe 2: 10-50 %; Stufe 3: >50 %
 Trübung/Verfärbung: Klasse 1: leicht; Klasse 2: mittel; Klasse 3: stark
 Schaum: Klasse 1: kein; Klasse 2: wenig/mittel; Klasse 3: viel
 Geruch: Klasse 1: kein; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark
 Eisensulfid: Klasse 1: kein; Klasse 2: wenig/mittel; Klasse 3: viel (>25 % der Steine)
 Kolmation: Klasse 1: keine; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark
 Feststoffe/Abfälle: Klasse 1: keine; Klasse 2: vereinzelt; Klasse 3: viele
 Heterotropher Bewuchs: Klasse 1: kein/vereinzelt; Klasse 2: wenig; Klasse 3: mittel/viel
 Sonstige: Klasse 1: keine; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark

Äusserer Aspekt	Uli	T1	T2	T3	Ure	Bemerkungen/Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	2	2	2	1	2	
Bewuchs Algenbüschel	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	2	1	2	1	v.a. Ranunculus
Besiedlung Dreissena	1	1	1	1	1	
Trübung	1	1	1	1	1	
Verfärbung	1	1	1	1	1	
Schaum	1	1	1	1	1	
Geruch	1				1	
Eisensulfid	1	1	1	1	1	
Kolmation	1	2	2	2	1	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	2				2	Rheinschiffahrt, Motoryachten
Hinterlandnutzung	2				1	Landwirtschaft, Siedlung
Einleitungen, Einträge	1				1	

Substrate

Stufe 1 = <10 % (Sohlenbedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 = >50% der Fläche

	linkes Ufer	Taucher 1	Taucher 2	Taucher 3	rechtes Ufer	Bemerkungen/Erläuterungen
anstehender Fels						
Blöcke > 200 mm	1				1	
Steine 63 mm - 200 mm	2	2	3	2	2	
Grobkies 20 mm - 63 mm	2	2	1	2	2	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm	1	2	1	1	1	
Feinkies 2 mm - 6,3 mm	1	1	1		1	
Sand 0,063 mm - 2 mm	1				1	
Schluff < 0,063 mm						
Ton						
Muschelschalen, Schill						
Kalk, Sinter						
Abfälle, Müll						

Substrate

Die Flusssohle weist über fast die gesamte Breite vor allem grobes steiniges und kiesiges Substrat auf. Im Bereich der flacheren Sohle kommt auch feinerer Kies vor, zum Ufer hin auch Sand. Die Ufer selbst sind teilweise mit Gräsern und Schilf bewachsen und bieten Jungfischen Schutz.

Biologische Besonderheiten

Bei Ellikon sind vor allem strömungsliebende Arten zu finden, die teilweise in hohen Dichten auftreten z.B. Steinfliegenarten, Kriebelmücken, Hakenkäfer. Arten, die eher bei geringen Strömungen vorkommen, sind dagegen selten. Bei Ellikon wurden die höchsten Dichten an Nasen am ganzen Hochrhein gefunden. Ein Teil davon war allerdings missgebildet.

Pflanzlicher Bewuchs

Im Gegensatz zu den Bereichen unterhalb der Thurmündung sind bei Ellikon ausgedehnte Makrophytenfelder zu finden. Diese werden begünstigt durch den noch vorherrschenden und zeitlich stabilen Abfluss des Bodensees, mit geringer Trübung und reduziertem Geschiebetrieb. Die Pflanzenfelder werden an schnell überströmten Stellen überwiegend von Flutendem Hahnenfuss (*Ranunculus fluitans*) gebildet.



Steinige Rheinsohle mit Flutendem Hahnenfuss (*Ranunculus fluitans*)

Tössegg (Rhein-km 70,5; Code TÖS)

Koordinaten CH 1903: 684075/267475



Lage und Charakter des Flussquerschnitts

Das Tössegg befindet sich an der ca. 50 m breiten Mündung der Töss in den Hochrhein. Der Zufluss befindet sich auf der Aussenseite einer starken Flussbiegung. Der Rhein ist hier tief in das Umland eingeschnitten, die steilen Ufer sind fast durchgehend bewaldet. Das linke Ufer des Hochrheins (Prallhang) ist oberhalb der Tössmündung mit Blockwurf und einem Passagierhafen verbaut, unterhalb der Probe-stelle befindet sich das Mündungsdelta der Töss mit vorgelagerter Insel, die bei Hochwässern überspült wird. Das restliche linke Ufer ist naturnah belassen.

Zustand der Ökosystembausteine

Abfluss: Vom Bodenseeabfluss und vom Zufluss der Thur bestimmt. Zufluss der Töss im Bereich der Probestelle.

Gerinnemorphologie: Natürlich mit geringer Breitenvariabilität aber beträchtlicher Tiefe; Flachufer rechtsufrig unterhalb der Tössmündung.

Ufermorphologie: Blockwurf und Mauern in den genutzten Uferbereichen (Fähr- und Bootsbetrieb).

Vernetzung: Quer: Ausserhalb der Verbauungen ungestört. Gute Vernetzung mit den Zuflüssen Thur und Töss. Längs: Flussaufwärts bis an die Hilfsstau des KW Rheinau durchgängig; rheinabwärts durch KW Eglisau eingeschränkt.

Substrat der Sohle: Nur geringe Vielfalt. Die Uferbereiche zeigen vielfach Ablagerungen feiner Sedimente.

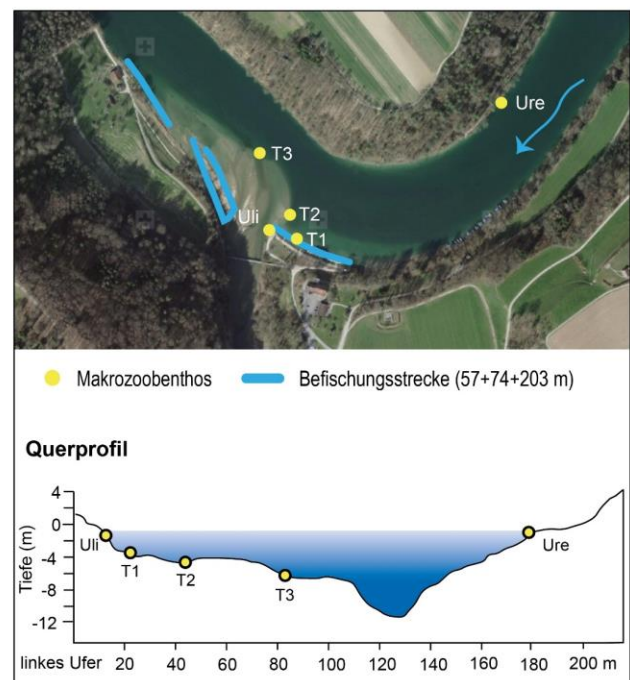
Geschiebe: Durch die Lage im Rückstauereich des KW Eglisau reduziert. Über die tiefe Flusssohle findet

jedoch umfangreicher Transport des Thur-Geschiebes statt. Starker Geschiebeeintrag auch über die Töss.

Strömung: Stark eingeschränkte Strömungsvielfalt infolge der Lage im Rückstauereich und durch den natürlicherweise sehr einheitlichen Flussquerschnitt.

Lebensraumvielfalt: Im Gewässer eingeschränkt; in den natürlichen Ufer- und Auenbereichen vielfältig.

Fazit: Naturnaher Flussabschnitt mit teils habitatreichen Ufern. Die aquatischen Lebensräume sind durch den Rückstau des KW Eglisau beeinträchtigt.





Grossmuscheln aus dem Uferbereich (*Anodonta*)



Blick aus der Tössegg auf das teilweise aufgeschüttete Delta mit Inseln

Äusserer Aspekt

Bewuchs: Stufe 1: <10 % (Bedeckung); Stufe 2: 10-50 %; Stufe 3: >50 %
 Trübung/Verfärbung: Klasse 1: leicht; Klasse 2: mittel; Klasse 3: stark
 Schaum: Klasse 1: kein; Klasse 2: wenig/mittel; Klasse 3: viel
 Geruch: Klasse 1: kein; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark
 Eisensulfid: Klasse 1: kein; Klasse 2: wenig/mittel; Klasse 3: viel (>25 % der Steine)
 Kolmation: Klasse 1: keine; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark
 Feststoffe/Abfälle: Klasse 1: keine; Klasse 2: vereinzelt; Klasse 3: viele
 Heterotropher Bewuchs: Klasse 1: kein/vereinzelt; Klasse 2: wenig; Klasse 3: mittel/viel
 Sonstige: Klasse 1: keine; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark

Äusserer Aspekt	Uli	T1	T2	T3	Ure	Bemerkungen/Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	2	1	1	1	1	
Bewuchs Algenbüschel	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	1	v.a. Moos, Elodea
Besiedlung <i>Dreissena</i>	1	1	1	1	1	
Trübung	2	2	2	2	2	
Verfärbung	1	1	1	1	1	
Schaum	1	1	1	1	1	
Geruch	1				1	
Eisensulfid	2	1	1	2	1	
Kolmation	1	1	2	1	1	
Feststoffe/Abfälle	2	1	1	1	1	Geringe Mengen Treibgut
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	3				2	Rheinschiffahrt, Motoryachten
Hinterlandnutzung	2				1	Landwirtschaft
Einleitungen, Einträge	1				1	

Substrate

Stufe 1 = <10 % (Sohlenbedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 = >50% der Fläche

	linkes Ufer	Taucher 1	Taucher 2	Taucher 3	rechtes Ufer	Bemerkungen/Erläuterungen
anstehender Fels						
Blöcke > 200 mm	2				1	
Steine 63 mm - 200 mm	1	1	1	2	2	
Grobkies 20 mm - 63 mm	1	1	2	2	2	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm	1	1	2	2	1	
Feinkies 2 mm - 6,3 mm	1	1	2	2	1	
Sand 0,063 mm - 2 mm	1	2	2	1	2	
Schluff < 0,063 mm	2	2			1	
Ton						
Muschelschalen, Schill						
Kalk, Sinter						
Abfälle, Müll	1					Vor der Insel

Substrate

Die Flusssohle weist eine hohe Bandbreite an Substraten auf. Am rechten Ufer befindet sich steiniges Substrat mit eingelagerten feineren Sedimenten. An der Probestelle selbst ist das Ufer durch Blöcke gesichert, davor ist die steinige Flusssohle von Sand und Schluff überlagert. Die schnell überströmte Rheinsohle besteht dagegen aus lockeren Kiesen oder hat sich bis zum anstehenden Felsen eingetieft. Im strukturreichen Mündungsdelta der Töss dominieren Einlagerungen von feineren Kiesen mit Sand und Schluff.

Biologische Besonderheiten

Im langsam strömenden Mündungsbereich der Töss und um die vorgelagerten Insel mit Röhrich und Gräsern kommen zahlreiche Stillwasserarten vor, wie verschiedene Libellen, Wasserwanzen, Schleien und Elritzen. Um Schlick am linken Ufer wurden zahlreiche Grossmuscheln gefunden (*Anodonta*).

Pflanzlicher Bewuchs

Die steinig-kiesige Sohle ist vereinzelt mit Flutendem Hahnenfuss bewachsen. Auf sandigem Untergrund vor allem flussaufwärts der Kiesschüttung vor der Töss-Mündung- trifft man auf teils dichte Laichkrautbestände.



Variable Flusssohle (links: tief, strömend; rechts: flach, schlammiges Hinterwasser)

Rietheim (Rhein-km 98,2; Code RIE)

Koordinaten CH 1903: 662550/273600



Lage und Charakter des Flussquerschnitts

Die oberhalb der Stromschnellen «Koblenzer Laufen» gelegene Stelle liegt in einem freifliessenden Bereich. Das natürliche Querprofil ist mit 200 m sehr breit und flach. Der Uferbereich des linken Ufers wurde in den letzten Jahren aufwendig renaturiert. Dabei wurden mehrere Seitengerinne gebildet. Durch die Umgestaltung mussten die Teilprobestellen teilweise verlegt werden.

Das rechte Ufer ist durchgehend mit Blockwurf und kurzen Buhnen gesichert. Auf der linken Hochrheinseite hat sich vor etwas über 50 Jahren eine bewaldete Insel ausgebildet, die für eine Vielzahl an unterschiedlichen Habitaten und eine breite Strömungsdiversität sorgt.

Zustand der Ökosystembausteine

Abfluss: Durch Bodensee, Thur und Töss bestimmter naturnaher Abflussverlauf.

Gerinnemorphologie: Der Flusslauf ist durch harte Uferverbauungen festgelegt, allerdings innerhalb des Flussbettes stark variabel.

Ufermorphologie: Die Ufer sind teilweise durch Blockwurf verbaut. Im Bereich der Renaturierung «Chli Rhy» teils Naturufer.

Vernetzung: Quer: Übergang Gerinne-Ufer rechts mässig, links teils sehr gut; Zuflüsse durchgängig angeschlossen. Längs: Flussab bis KW Albruck, flussauf bis zum KW Reckingen durchgängig.

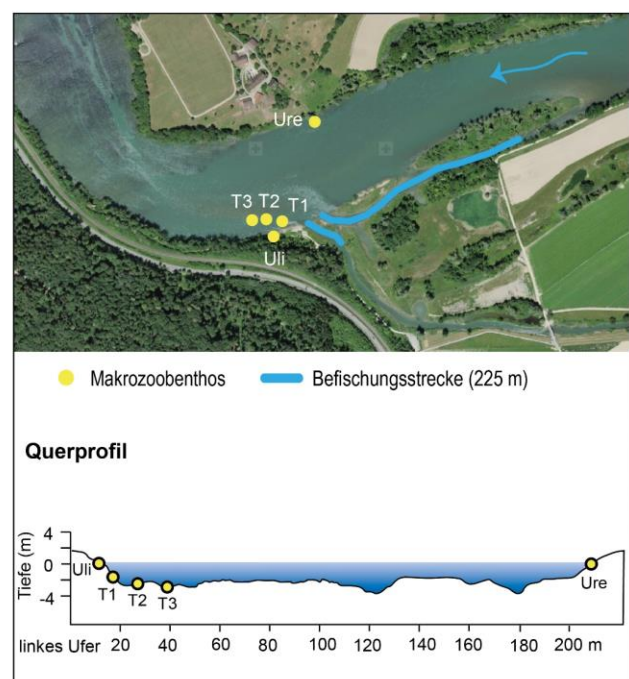
Substrat der Sohle: Grosse Vielfalt mit Blöcken, Lehmufer (Uferanriss), Kieselsohle, Sandablagerungen und Totholz.

Geschiebe: Durch Geschieberückhalt in den Staubeichen stark eingeschränkt.

Strömung: Grosse Strömungsvielfalt, von Bereichen mit reissender, turbulenter Strömung bis zu ausgedehnten Stillwasserbereichen.

Lebensraumvielfalt: Die Lebensräume im Wasser sind linksufrig sehr vielfältig.

Fazit: Naturnahe Stelle, die durch stellenweisen Uferverbau noch beeinträchtigt ist. Sie wird nach Fertigstellung der Auenanbindung deutlich aufgewertet werden.





Kamberkrebs (*Orconectes limosus*) in einem Nebenarm



Adulte Barben (*Barbus barbus*) neben der Rheininsel

Äusserer Aspekt

Bewuchs: Stufe 1: <10 % (Bedeckung); Stufe 2: 10-50 %; Stufe 3: >50 %
 Trübung/Verfärbung: Klasse 1: leicht; Klasse 2: mittel; Klasse 3: stark
 Schaum: Klasse 1: kein; Klasse 2: wenig/mittel; Klasse 3: viel
 Geruch: Klasse 1: kein; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark
 Eisensulfid: Klasse 1: kein; Klasse 2: wenig/mittel; Klasse 3: viel (>25 % der Steine)
 Kolmation: Klasse 1: keine; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark
 Feststoffe/Abfälle: Klasse 1: keine; Klasse 2: vereinzelte; Klasse 3: viele
 Heterotropher Bewuchs: Klasse 1: kein/vereinzelte; Klasse 2: wenig; Klasse 3: mittel/viel
 Sonstige: Klasse 1: keine; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark

Äusserer Aspekt	Uli	T1	T2	T3	Ure	Bemerkungen/Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	2	1	1	1	2	
Bewuchs Algenbüschel	2	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	2	3	1	Moose
Besiedlung <i>Dreissena</i>	1	1	1	1	1	
Trübung	1	1	1	1	1	
Verfärbung	1	1	1	1	1	
Schaum	1	1	1	1	1	
Geruch	1				1	
Eisensulfid	1	1	1	1	1	
Kolmation	1	1	1	1	1	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	2				2	Rheinschiffahrt, Motoryachten
Hinterlandnutzung	1				2	Landwirtschaft
Einleitungen, Einträge	1				1	

Substrate

Stufe 1 = <10 % (Sohlenbedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 = >50% der Fläche

	linkes Ufer	Taucher 1	Taucher 2	Taucher 3	rechtes Ufer	Bemerkungen/Erläuterungen
anstehender Fels						
Blöcke > 200 mm	1				2	
Steine 63 mm - 200 mm	2	3	2	2	1	
Grobkies 20 mm - 63 mm	2	1	3	2		
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm	1	1	2	1	1	
Feinkies 2 mm - 6,3 mm	1	1		1	1	
Sand 0,063 mm - 2 mm	1	1	1	1	2	
Schluff < 0,063 mm						
Ton						
Muschelschalen, Schill						
Kalk, Sinter						
Abfälle, Müll						

Substrate

Das rechte Ufer ist als Ende eines Prallhangs sehr steinig, am linken Ufer befindet sich das neu renaturierte Areal «Chly Rhy» dessen Ufer über weite Strecken naturnah ausgebildet sind. Daran anschliessend liegen mehrere Nebenarme. Etwas flussabwärts beginnt der anstehende Fels des Koblenzer Lauffens.

Biologische Besonderheiten

Die Benthosbiozönose bei Rietheim zeigt einen ausgeglichenen Bestand an ursprünglichen Rheinarten. Es finden sich sowohl strömungsliebende Arten wie Hakenkäfer oder netzbauende Köcherfliegen, als auch ruhigere Abschnitte bevorzugende Libellenlarven. Aber auch eingeschleppte Arten wie Kamberkrebs, Körbchenmuschel und Zwergdeckelschnecke bilden in den letzten Jahren sehr dichte Bestände aus. Aufgrund der flachen Bereiche kommen viele Schmerlen und Gründlinge vor. Am Ufer finden sich vielerorts Frassspuren von Bibern.

Pflanzlicher Bewuchs

Aufgrund der starken Strömung kann sich nur an wenigen Stellen Flutender Hahnenfuss auf der Sohle halten.



Bachneunauge (*Lampetra planeri*) aus dem Flachwasserbereich der neu wiederangeordneten Aue

Waldshut-Felsenau (Rhein-km 120,4; Code WAL)

Koordinaten CH 1903: 659050/273200



Lage und Charakter des Flussquerschnitts

Die Probestelle Waldshut-Felsenau liegt im Bereich des Zusammenflusses von Hochrhein und Aare. Im Querprofil lassen sich noch die Rinnen beider Flüsse unterscheiden. Zur Wasserführung trägt die tiefer eingegrabene Aare meist mehr bei als der Rhein. Beide Ufer sind durch Blockwurf gesichert, das Hinterland wird durch Landwirtschaft und Siedlungsinfrastruktur genutzt. Der Zusammenfluss markiert den Beginn des Hochrheinabschnitts C. Die Probestellen auf der Flusssohle und am rechten Ufer liegen im Bereich der Stauwurzel des KW Albbruck-Dogern. Die linke Uferprobestelle (Felsenau) repräsentiert die Besiedlung der Aare in ihrem Mündungsbeereich.

Zustand der Ökosystembausteine

Abfluss: Durch den Zufluss der Aare bestimmt.

Flussmorphologie: Durch den Zusammenfluss mit der Aare und den Einstau seitens des KW Albbruck-Dogern bestimmt.

Ufermorphologie: Rechts verbaut und steil; links hinter Blockwurf teilweise noch Naturufer.

Vernetzung: Quer: Beschränkt, Übergänge zum Ufer abrupt oder gestört; Vernetzung mit Auelementen im Aare-Unterlauf behindert. Längs: Stromab durch das KW Albbruck-Dogern eingeschränkt, stromauf längere durchgängige Strecke bis KW Reckingen; in der Aare nur bis zum Wehr des KW Klingnau durchgängig.

Substrat der Sohle: Im Uferbereich geringe Substratvielfalt, oft Sedimentation.

Geschiebe: Stark reduziert; mässige Einträge aus der Wutach.

Strömung: Die Strömungsvielfalt ist durch die Lage im Stauwurzelbereich beeinträchtigt.

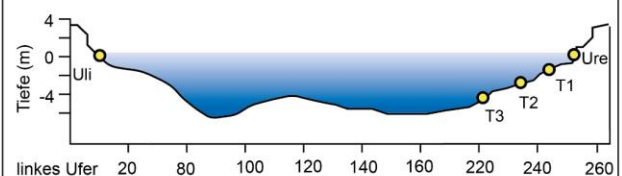
Lebensraumvielfalt: Die Flusssohle bietet typische Lebensräume. Uferlebensräume sind nur am linken Ufer rudimentär vorhanden.

Fazit: Insbesondere durch Verbauung der Ufer, fehlende Geschiebedynamik und Rückstauwirkung stark beeinträchtigter Abschnitt.



● Makrozoobenthos — Befischungsstrecke (40+110 m)

Querprofil





Süßwasserschwamm von der Hochrheinsohle



Italienischer Steinbeisser (*Cobitis bilineata*) aus einem Rückströmungsbereich

Äusserer Aspekt

Bewuchs: Stufe 1: <10 % (Bedeckung); Stufe 2: 10-50 %; Stufe 3: >50 %
 Trübung/Verfärbung: Klasse 1: leicht; Klasse 2: mittel; Klasse 3: stark
 Schaum: Klasse 1: kein; Klasse 2: wenig/mittel; Klasse 3: viel
 Geruch: Klasse 1: kein; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark
 Eisensulfid: Klasse 1: kein; Klasse 2: wenig/mittel; Klasse 3: viel (>25 % der Steine)
 Kolmation: Klasse 1: keine; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark
 Feststoffe/Abfälle: Klasse 1: keine; Klasse 2: vereinzelte; Klasse 3: viele
 Heterotropher Bewuchs: Klasse 1: kein/vereinzelte; Klasse 2: wenig; Klasse 3: mittel/viel
 Sonstige: Klasse 1: keine; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark

Äusserer Aspekt	Uli	T3	T2	T1	Ure	Bemerkungen/Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	2	2	2	2	2	
Bewuchs Algenbüschel	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	1	Linkes Ufer: Moose
Besiedlung <i>Dreissena</i>	1	1	1	1	1	
Trübung	2	2	2	2	2	
Verfärbung	1	1	1	1	1	
Schaum	1	1	1	1	1	
Geruch	1				1	
Eisensulfid	2	1	1	1	2	
Kolmation	1	1	1	1	1	
Feststoffe/Abfälle	1	2	2	2	2	Abfälle, entsorgte Gegenstände
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	2				2	Rheinschiffahrt, Motoryachten
Hinterlandnutzung	2				2	Landwirtschaft, Freibad, Siedlung
Einleitungen, Einträge	1				1	

Substrate

Stufe 1 = <10 % (Sohlenbedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 = >50% der Fläche

	linkes Ufer	Taucher 3	Taucher 2	Taucher 1	rechtes Ufer	Bemerkungen/Erläuterungen
anstehender Fels						
Blöcke > 200 mm	1			1	2	
Steine 63 mm - 200 mm	3	3	2	2	2	
Grobkies 20 mm - 63 mm	2	2	2	2	1	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm	1		2	1	1	
Feinkies 2 mm - 6,3 mm	1		2	1	1	
Sand 0,063 mm - 2 mm	1				2	
Schluff < 0,063 mm					2	
Ton						
Muschelschalen, Schill	1	2				Auflage auf Steinen/Grobkies
Kalk, Sinter						
Abfälle, Müll	1	1	1	1	1	

Substrate

Beide Ufer sind durch Uferbefestigungen mit Blöcken geprägt. Auf dem linken Ufer trifft man noch auf kleinere naturnahe Abschnitte. Den Ufern vorgelagert sind Bereiche mit Kies und ausgedehnten Feinsedimentablagerungen. Mit zunehmender Tiefe dominieren grobe Kiese und auf der Sohle Steine. Vom rechten Ufer ausgehend ist die Flusssohle mit zahlreichen Abfällen aus unterschiedlichen Epochen übersät.

Biologische Besonderheiten

Unterhalb des Zusammenflusses von Rhein und Aare findet sich eine Mischung aus Benthoselementen des noch naturnahen Abschnittes B (inkl. Zudrift aus der Wutach) und aus Elementen des neozoisch geprägten Rheinabschnittes D. Auf umlagerungsstabilem Substrat trifft man teils auf grössere Schwammkolonien. Die Fischbesiedlung ist weitestgehend typisch für den Hochrhein. Bei dem hier vorkommenden Steinbeisser handelt es sich allerdings um die in Italien endemische und im Hochrhein ortsfremde Form (*Cobitis bilineata*).

Pflanzlicher Bewuchs

Auf Weichsubstraten wächst stellenweise Flutender Hahnenfuss. Vor allem am linken Ufer sind Moose häufig.



Blockige, steinige Rheinsohle am rechten Ufer

Sisseln (Rhein-km 126,5; Code SIS)

Koordinaten CH 1903: 641750/267350



Lage und Charakter des Flussquerschnitts

Die Probestelle liegt am Pontonierverein Sisseln zwischen den Kraftwerksstufen Laufenburg und Säcking im Hochrheinabschnitt C. Das 180 m breite und über 8 m tiefe regulierte Querprofil weist steile, befestigte Ufer auf. Rechtsufrig erfolgte die Befestigung mit Blocksatz, links teilweise zusätzlich mit einer Ufermauer. Abgesehen von der Siedlungsfläche Sisseln wird das Hinterland landwirtschaftlich genutzt. Der Flussabschnitt wird vom Pumpspeicherbetrieb der Schluchseewerk AG beeinflusst. Zusammen mit sonstigen Kraftwerksaktivitäten verursacht dies einen periodischen Wasserstandswechsel von wenigen Zentimetern bis zu einem Meter, der mehrmals täglich auftreten kann.

Zustand der Ökosystembausteine

Abfluss: Die stromaufwärts liegenden Kraftwerke beeinflussen den Abfluss mit Schwall- und Sunkphasen.

Gerinnemorphologie: Zwischen KW Laufenburg und KW Bad Säcking Regelfprofil mit nahezu konstanter Flussbreite.

Ufermorphologie: Beide Ufer sind steil und durchweg hart verbaut.

Vernetzung: Durch harten Verbau stark eingeschränkt; die beiden grösseren Zuflüsse Murg und Sissle sind durchgängig angeschlossen. Längs: Durch die angrenzenden Kraftwerke behindert.

Substrat der Sohle: Ufernah sandige, in der Tiefe monoton kiesige Sohle; z.T. anstehender Fels.

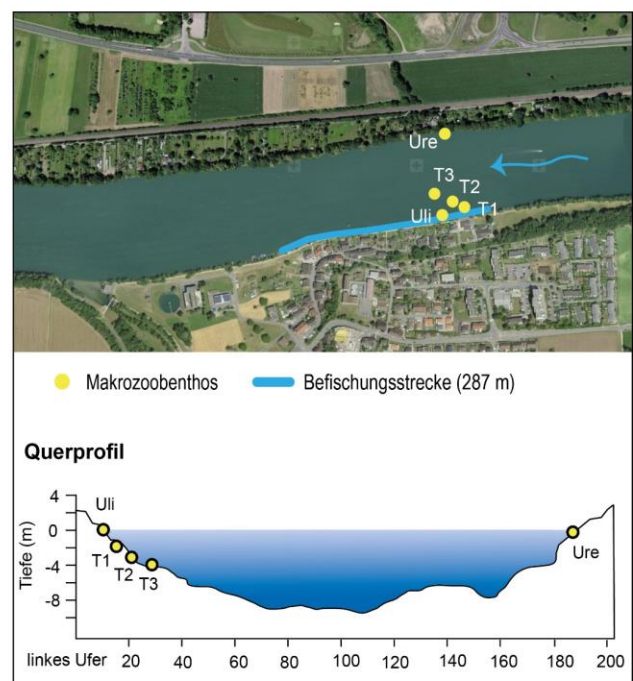
Geschiebe: Geschiebeeintrag auf die Mündungsbe-

reiche der Zuflüsse aus dem Schwarzwald beschränkt; keine seitlichen Einträge durch Ufererosion; Geschieberückhalt durch Kraftwerksanlagen.

Strömung: Geringe Vielfalt, es fehlen ruhige Bereiche.

Lebensraumvielfalt: Sohlhabitate beeinträchtigt (fehlendes Geschiebe, Kolmatierung), Uferhabitate stark defizitär.

Fazit: Der Abschnitt ist durch Regelprofil, Uferverbauung, fehlende Geschiebedynamik und Wirkung des Rückstaus deutlich beeinträchtigt.





Junge Bachforelle bei Sisseln (*Salmo trutta fario*)



Wohnröhren des Süßwasser-Borstenvurms (*Hypania invalida*)

Äusserer Aspekt

Bewuchs: Stufe 1: <10 % (Bedeckung); Stufe 2: 10-50 %; Stufe 3: >50 %
 Trübung/Verfärbung: Klasse 1: leicht; Klasse 2: mittel; Klasse 3: stark
 Schaum: Klasse 1: kein; Klasse 2: wenig/mittel; Klasse 3: viel
 Geruch: Klasse 1: kein; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark
 Eisensulfid: Klasse 1: kein; Klasse 2: wenig/mittel; Klasse 3: viel (>25 % der Steine)
 Kolmation: Klasse 1: keine; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark
 Feststoffe/Abfälle: Klasse 1: keine; Klasse 2: vereinzelt; Klasse 3: viele
 Heterotropher Bewuchs: Klasse 1: kein/vereinzelt; Klasse 2: wenig; Klasse 3: mittel/viel
 Sonstige: Klasse 1: keine; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark

Äusserer Aspekt	Uli	T1	T2	T3	Ure	Bemerkungen/Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	1	2	2	1	1	
Bewuchs Algenbüschel	1	1	2	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	1	
Besiedlung <i>Dreissena</i>	1	1	1	1	1	
Trübung	2	2	2	2	2	
Verfärbung	1	1	1	1	1	
Schaum	1	1	1	1	1	
Geruch	1				1	
Eisensulfid	2	1	1	1	2	
Kolmation	3	1	2	2	2	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	2				2	Rheinschiffahrt, Motoryachten
Hinterlandnutzung	2				2	Siedlung, Landwirtschaft
Einleitungen, Einträge	1				1	

Substrate

Stufe 1 = <10 % (Sohlenbedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 = >50% der Fläche

	linkes Ufer	Taucher 1	Taucher 2	Taucher 3	rechtes Ufer	Bemerkungen/Erläuterungen
anstehender Fels						
Blöcke > 200 mm	2	1			2	
Steine 63 mm - 200 mm	2	2	2	2	2	
Grobkies 20 mm - 63 mm		2	1	1	1	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm		1	2	1	1	
Feinkies 2 mm - 6,3 mm	1	1			1	dicht mit <i>Corbicula</i> besiedelt
Sand 0,063 mm - 2 mm	2		1		1	
Schluff < 0,063 mm	2				1	
Ton						
Muschelschalen, Schill						
Kalk, Sinter						
Abfälle, Müll						

Substrate

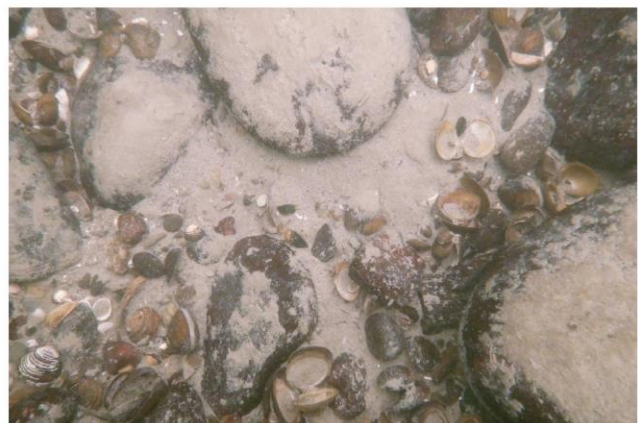
Das rechte Ufer ist fast durchgehend mit Blocksatz gesichert. Davor befindet sich ein Streifen mit steinigem Substrat, das jedoch grossteils von sandig-schluffigem Material verdeckt ist. In der Rinne dominiert Hartsubstrat. Kommen ufernah noch vor allem Fein- bis Grobkies vor, sind es weiter in der Tiefe überwiegend Steine. Am linken Ufer besteht das Substrat aus Fein- bis Grobkies mit ausgedehnten Sand-/Schlammauflagen.

Biologische Besonderheiten

Die Artenzusammensetzung wird stark von Neozoen dominiert. In Sisseln wurden die höchsten Dichten der neozoischen Kiemenwürmer (*Branchiura*) und Süßwasser-Borstenvürmer (*Hypania*) im ganzen gefunden. Bisher erstmalig wurde *Echinogammarus trichia-tus* gefunden. Die Fischbesiedlung ist insgesamt relativ artenarm, die meisten für den Hochrhein typischen Arten kommen jedoch vor.

Pflanzlicher Bewuchs

Makrophyten kommen nur lokal und unterhalb der Linie der Wasserstandsschwankungen vor.



Rheinsohle bei Sisseln unter dem Anleger des Pontoniervereins mit Leerschalen der Asiatischen Körbchenmuschel (*Corbicula fluminea*)

Schweizerhalle-Pratteln (Rhein-km 158,4; Code SHA)

Koordinaten CH 1903: 618575/264650



Lage und Charakter des Flussquerschnitts

Die Probestelle Schweizerhalle-Pratteln liegt zwischen langgezogenen, regulierten Schlingen. Der Rhein ist hier 200 m breit und durch das Kraftwerk Birsfelden eingestaut. Das Profil ist stark reguliert, beide Ufer sind mit Ufermauern verbaut oder mit Blocksatz gesichert. Das rechte Ufer ist von einem Waldstreifen gesäumt, am linken liegen parkähnliche Gärten oder Siedlungsgebiet. Ähnlich wie in Sisseln fällt das Ufer schnell in eine Tiefe von über 5 m ab.

Zustand der Ökosystembausteine

Abfluss: Naturnah, aber durch die flussauf- und abwärts liegenden Kraftwerke beeinflusst.

Gerinnemorphologie: Im ganzen Abschnitt zwischen KW Augst-Wyhlen und KW Birsfelden Regelprofil mit konstanter Flussbreite und gerader Linienführung.

Ufermorphologie: Beide Ufer sind hart und steil verbaut.

Vernetzung: Quer: Fehlend oder oft unterbrochen; Sohle häufig verdichtet, so dass kein besiedelbarer Lückenraum besteht; keine grösseren Zuflüsse vorhanden. Längs: Durchgängigkeit durch die angrenzenden Kraftwerks- und Schleusenanlagen eingeschränkt.

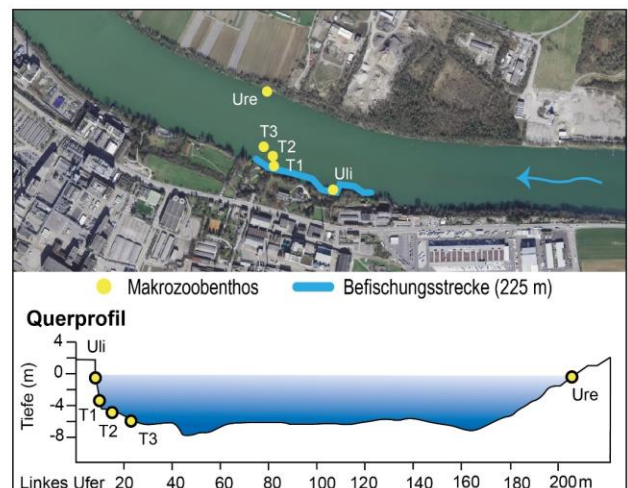
Substrat der Sohle: Durch Uferverbau und fehlenden Geschiebetrieb deutlich eingeschränkte Substratvielfalt. Viele grosse Blöcke und Bauschutt auf ufernaher Sohle.

Geschiebe: Die stromaufwärts gelegenen Kraftwerk-anlagen halten das Geschiebe zurück. Einträge durch Zuflüsse und Seitenerosion fehlen.

Strömung: Durch regelmässige harte Verbauung weitgehend monoton. Schmale ruhige Bereiche am Ufer.

Lebensraumvielfalt: Die Uferhabitate sind stark degradiert und nur in einem schmalen Band ausgeprägt. Die Sohle ist durch fehlendes Geschiebe stark beeinflusst. Auf umlagerungsstabilem Substrat ist Besiedlungspotential vorhanden.

Fazit: Durch starke Verbauung der Ufer, fehlende Geschiebedynamik und Rückstauwirkung deutlich beeinträchtigter Rheinabschnitt. Umfangreiches Siedlungsangebot für sessile Wirbellose (z.B. Schwämme).





Kesslergrundel (*Ponticola kessleri*)



Eine Schwarzmundgrundel (*Neogobius melanostomus*) bewacht ihr Revier in 6 m Tiefe

Äusserer Aspekt

Bewuchs: Stufe 1: <10 % (Bedeckung); Stufe 2: 10-50 %; Stufe 3: >50 %
 Trübung/Verfärbung: Klasse 1: leicht; Klasse 2: mittel; Klasse 3: stark
 Schaum: Klasse 1: kein; Klasse 2: wenig/mittel; Klasse 3: viel
 Geruch: Klasse 1: kein; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark
 Eisensulfid: Klasse 1: kein; Klasse 2: wenig/mittel; Klasse 3: viel (>25 % der Steine)
 Kolmation: Klasse 1: keine; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark
 Feststoffe/Abfälle: Klasse 1: keine; Klasse 2: vereinzelte; Klasse 3: viele
 Heterotropher Bewuchs: Klasse 1: kein/vereinzelte; Klasse 2: wenig; Klasse 3: mittel/viel
 Sonstige: Klasse 1: keine; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark

Äusserer Aspekt

	Uli	T1	T2	T3	Ure	Bemerkungen/Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	2	2	2	1	2	
Bewuchs Algenbüschel	1	2	2	2	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	1	Moos
Besiedlung <i>Dreissena</i>	1	2	2	2	1	
Trübung	2	1	1	1	1	
Verfärbung	1	1	1	1	1	
Schaum	1	1	1	1	1	
Geruch	1				1	
Eisensulfid	2	1	1	1	1	
Kolmation	2	3	2	1	1	
Feststoffe/Abfälle	1	2	2	2	1	Bauschutt, Metallabfälle
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	2				2	Rheinschiffahrt, Motoryachten
Hinterlandnutzung	1				2	Landwirtschaft
Einleitungen, Einträge	1				1	

Substrate

Stufe 1 = <10 % (Sohlenbedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 = >50% der Fläche

	linkes Ufer	Taucher 1	Taucher 2	Taucher 3	rechtes Ufer	Bemerkungen/Erläuterungen
anstehender Fels						
Blöcke > 200 mm	2	3	2	3	2	
Steine 63 mm - 200 mm	2	2	2	2	2	
Grobkies 20 mm - 63 mm	1	2	2	3	1	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm		1	1	1	1	
Feinkies 2 mm - 6,3 mm				1	1	
Sand 0,063 mm - 2 mm	1	1			1	
Schluff < 0,063 mm						
Ton						
Muschelschalen, Schill						
Kalk, Sinter						
Abfälle, Müll		1	1	1		

Substrate

Die Sohle ist vorwiegend steinig bis grob-kiesig mit zahlreichen aufgelagerten, oft aus der Uferverbauung stammenden Blöcken. An den wenigen Flachstellen ist das eher grobe Substrat dick mit Feinsediment bedeckt, das vom ständigen Schiffsbetrieb immer wieder aufgewirbelt wird.

Biologische Besonderheiten

Der Bereich um Schweizerhalle ist einer der Hochrheinsabschnitte mit den höchsten Dichten an Neozoen. Hier konnten die sehr zahlreich vorkommenden eingeschleppten Gammaridenarten die einheimischen Vertreter offenbar komplett verdrängen. Der ebenfalls neozoische Keulenpolyp (*Cordylophora caspia*) und die Süßwassergarnele *Athyaephyra* wurden, wie seit 2006, nur an dieser Stelle im Hochrhein gefunden. Eine weitere Ausbreitung fand seitdem nicht statt. Auch bei Fischen dominieren Neozoen mittlerweile. Schwarzmund- (*Neogobius melanostomus*) und Kesslergrundel (*Ponticola kessleri*) haben die Dichten der meisten anderen Arten reduziert.

Pflanzlicher Bewuchs

Abgesehen von vereinzelten Moosen in Ufernähe wurden keine Makrophyten gefunden.



Grosse Blöcke unterhalb der Uferbefestigung

Basel (Rhein-km 167,6; Code BAS)

Koordinaten CH 1903: 611000/268620



Lage und Charakter des Flussquerschnitts

Die mitten im Stadtgebiet Basel liegende Stelle ist typisch für den Bereich des Übergangs von Hochrhein zu Oberrhein. Der hier 180 m breite Rhein ist an beiden Ufern komplett mit Mauern verbaut. Das Hinterland ist weiträumig versiegelt. Am linken Ufer befinden sich Anleger für grosse Fahrgastschiffe.

Zustand der Ökosystembausteine

Abfluss: Weitgehend unbeeinflusst.

Gerinnemorphologie: Flusslauf mit Regelprofil; im Rheinknie mit Prall- und Gleithangstruktur.

Ufermorphologie: Ufer durchgehend hart verbaut und meist steil abfallend. An der Innenkurve schmale, z.T. aufgeschüttete, dem verbauten Ufer vorgelagerte Kiesflächen.

Vernetzung: Quer: Fast völlig fehlend. Birs und Wiese sind durchgängig angeschlossen, andere kleinere Zuflüsse münden in Verdolungen. Längs: Durch die angrenzenden Kraftwerksanlagen (Birsfelden, Kembs) begrenzt.

Substrat der Sohle: Überwiegend steinig-kiesig. Durch Uferverbau und fehlenden Geschiebetrieb eingeschränkte Substratvielfalt. Vielerorts Zivilisationsabfälle.

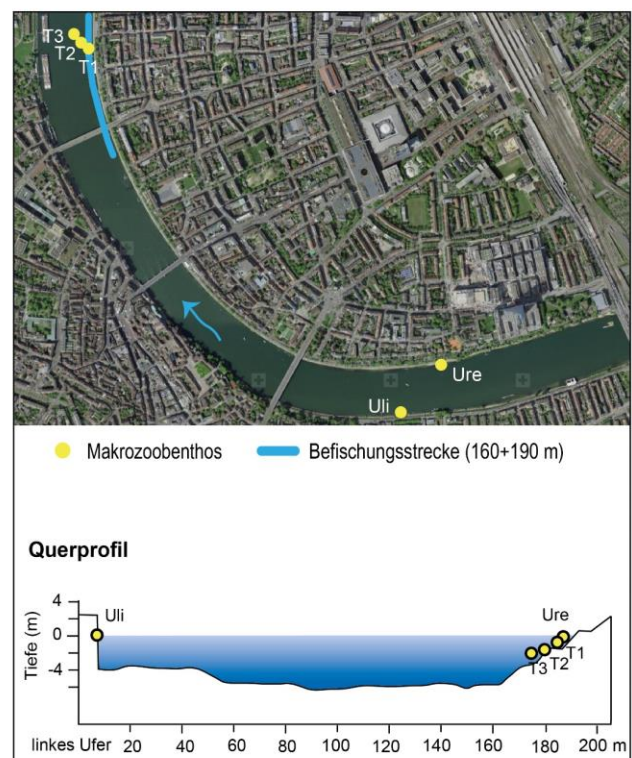
Geschiebe: Sehr stark reduzierte Dynamik durch Rückhalt an den stromauf liegenden Kraftwerksanlagen und fehlende Seitenerosion. Der Geschiebeeintrag durch die Birs ist gering.

Strömung: Durch gleichförmige, harte Verbauung weitgehend monoton; am Gleit- und Prallhang etwas variabel. Die Turbulenzen der zahlreichen grossen Schiffe führen zu einer regelmässigen Strömungsstö-

rung der oberen Sedimentschicht.

Lebensraumvielfalt: Es fehlen typische Uferhabitate. Die Sohlhabitate zeigen ufernah eine gewisse Vielfalt. In der Schifffahrtsrinne Störungen durch beständige Umlagerung.

Fazit: Der hier frei fliessende Rhein ist allerdings in seinem Lauf durch harte Uferverbauungen eingezwängt und von seinem Umland abgeschnitten.





Schwarzmundgründel (*Neogobius melanostomus*) auf der gesamten Fläche dominierend



Bachscherle (*Barbatula barbatula*) auf flachüberströmtem Kiesufer

Äusserer Aspekt

Bewuchs: Stufe 1: <10 % (Bedeckung); Stufe 2: 10-50 %; Stufe 3: >50 %
 Trübung/Verfärbung: Klasse 1: leicht; Klasse 2: mittel; Klasse 3: stark
 Schaum: Klasse 1: kein; Klasse 2: wenig/mittel; Klasse 3: viel
 Geruch: Klasse 1: kein; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark
 Eisensulfid: Klasse 1: kein; Klasse 2: wenig/mittel; Klasse 3: viel (>25 % der Steine)
 Kolmation: Klasse 1: keine; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark
 Feststoffe/Abfälle: Klasse 1: keine; Klasse 2: vereinzelte; Klasse 3: viele
 Heterotropher Bewuchs: Klasse 1: kein/vereinzelte; Klasse 2: wenig; Klasse 3: mittel/viel
 Sonstige: Klasse 1: keine; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark

Äusserer Aspekt	Uli	T3	T2	T1	Ure	Bemerkungen/Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	1	2	2	2	2	
Bewuchs Algenbüschel	1	2	2	2	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	1	Moos und flut. Hahnenfuss
Besiedlung <i>Dreissena</i>	1	1	1	1	1	
Trübung	2	1	1	1	1	
Verfärbung	1	1	1	1	1	
Schaum	1	1	1	1	1	
Geruch	1				1	
Eisensulfid	1	1	1	1	1	
Kolmation	1	2	2	2	2	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	3				3	Rheinschiffahrt, Motoryachten
Hinterlandnutzung	3				3	Stadtgebiet, versiegelt
Einleitungen, Einträge	1				1	

Substrate

Stufe 1 = <10 % (Sohlenbedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 = >50% der Fläche

	linkes Ufer	Taucher 3	Taucher 2	Taucher 1	rechtes Ufer	Bemerkungen/Erläuterungen
anstehender Fels						
Blöcke > 200 mm	2				1	Uferbefestigung links
Steine 63 mm - 200 mm	2	2	2	2	3	
Grobkies 20 mm - 63 mm	1	2	2	2	3	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm	1	1	1	1	1	
Feinkies 2 mm - 6,3 mm	1	1	1	1	1	
Sand 0,063 mm - 2 mm	2	2	1	1	1	
Schluff < 0,063 mm						
Ton						
Muschelschalen, Schill						
Kalk, Sinter						
Abfälle, Müll						

Substrate

Aufgrund des Uferverbaus und der geringen Strömungsdiversität ist auch die Substratdiversität eingeschränkt. Es dominieren überall Grobkies und Steine. An beiden Ufern finden sich vereinzelt feinere Substrate und auch aus der Uferverbauung stammende grosse Blöcke.

Biologische Besonderheiten

In Basel findet man nur noch einen Teil des typischen Artenspektrums des Hochrheins. Bei den Invertebraten fehlen die Grossgruppen Steinfliegen und Libellen ganz. Die benthische Lebensgemeinschaft wird auch hier von Neozoen dominiert, vor allem von Kleinkrebsen und Weichtieren (Mollusken). Die eingeschleppten Schwarzmund- (*Neogobius melanostomus*) und Kesslergründel (*Ponticola kessleri*) dominieren auch hier die Fischbesiedlung. In grossen Mengen kommen sonst vor allem Schmerlen und Elritzen vor.

Pflanzlicher Bewuchs

Aufgrund der starken Störungen und der Substratumwälzung findet man keine Makrophyten in der Schiffsfahrtsrinne selbst. Nur in tieferen ufernahen Bereichen siedelt auch hier der Flutende Hahnenfuss und Wassermoose, dort lokal sogar in etwas dichteren Beständen.



Steinige Sohle mit vereinzelt Moosen

5.2 Makroinvertebratenbesiedlung des Hochrheins 1990–2018 – einheimische Arten

Häufigkeitsklassen (HK) der heimischen Wirbellosenarten im Hochrhein. Verlauf der bisherigen Kampagnen zu den Koordinierten biologischen Untersuchungen am Hochrhein (1990–2018).

(Basis: maximal vorgefundene Individuendichten im Transekt).

I	1-9
II	10-20
III	21-50
IV	51-200
V	201-500
VI	501-1000
VII	> 1000
VII+	> 10000

Taxon	Jahr	HEM	RHE	ELL	TÖS	RIE	WAL	SIS	SHA	BAS
Turbellaria										
<i>Dendrocoelum lacteum</i>	2017/2018	III	III						I	
<i>Dendrocoelum lacteum</i>	2011/2012	I	III	I					II	
<i>Dendrocoelum lacteum</i>	2006/2007	I	II	I	I		I			
<i>Dendrocoelum lacteum</i>	2000	II	I	IV	III	III	III	III	I	I
<i>Dendrocoelum lacteum</i>	1995	II		IV		II	II	III	II	II
<i>Dendrocoelum lacteum</i>	1990	III		II	I	I	II	I	II	
<i>Schmidtea lugubris/polychroa</i>	2017/2018	V	IV	IV						
<i>Schmidtea lugubris/polychroa</i>	2011/2012	IV	V	III		I				
<i>Schmidtea lugubris/polychroa</i>	2006/2007		II		IV	I		I		
<i>Schmidtea lugubris/polychroa</i>	2000	IV	III	IV	I	II	II	V		I
<i>Schmidtea lugubris/polychroa</i>	1995	III	III	III	IV	IV	IV	IV	III	IV
<i>Schmidtea lugubris/polychroa</i>	1990	IV	I	III	II		III		I	I
<i>Polycelis tenuis/nigra</i>	2017/2018	V	VI	IV						
<i>Polycelis tenuis/nigra</i>	2011/2012	V	VII	I						
<i>Polycelis tenuis/nigra</i>	2006/2007	IV	II	I	I					
<i>Polycelis tenuis/nigra</i>	2000	III	IV	IV	I	I	I	I		I
<i>Polycelis tenuis/nigra</i>	1995	V	II	III			I	III	I	
<i>Polycelis tenuis/nigra</i>	1990	III		II	I		I	I		
Mollusca										
<i>Pisidium spp.</i>	2017/2018	VII	VI	IV	IV	I	IV	III		
<i>Pisidium spp.</i>	2011/2012	VII	VI	I	V	IV	III	IV	I	I
<i>Pisidium spp.</i>	2006/2007	VI	VII	I	IV	IV	V	III	II	II
<i>Pisidium spp.</i>	2000	IV	IV	IV	III	IV	III	IV	I	I
<i>Pisidium spp.</i>	1995	IV	V	II	IV	V	II	IV	III	II
<i>Pisidium spp.</i>	1990	III		IV	IV	IV		IV	II	
<i>Ancylus fluviatilis</i>	2017/2018	V	I	VI	VII	VII	VI	VII	I	I
<i>Ancylus fluviatilis</i>	2011/2012	V		VI	VII	VII	VII	VII	VI	VII
<i>Ancylus fluviatilis</i>	2006/2007	II		VI	IV	V	VI	VI	VI	VII
<i>Ancylus fluviatilis</i>	2000	III	III	V	V	V	VI	V	VI	VI
<i>Ancylus fluviatilis</i>	1995	IV	I	V	VI	V	V	V	IV	IV
<i>Ancylus fluviatilis</i>	1990	VII		IV	IV	V	IV	VII	IV	III

<i>Bithynia tentaculata</i>	2017/2018	IV	VI	II						
<i>Bithynia tentaculata</i>	2011/2012	VI	VI	II	II	II	I	IV		IV
<i>Bithynia tentaculata</i>	2006/2007	V	IV	II	I	IV	IV	VII		
<i>Bithynia tentaculata</i>	2000	IV	V	VII	IV	VII	V	VII	IV	II
<i>Bithynia tentaculata</i>	1995	V	III	IV	III	IV	IV	VII	VI	VI
<i>Bithynia tentaculata</i>	1990	I	III	III	II	II	II	IV	IV	II

<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	2017/2018	V	III	III	VII	VI	V	VII		II
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	2011/2012	V	IV		VII	VII	VII	VII	VI	VII
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	2006/2007	I	V		VI	IV	IV	VII	VI	V
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	2000	II	V	IV	II			IV	V	II
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	1995	II	IV	I	V	V	II	VI	VI	II
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	1990	II	I		I				II	

<i>Theodoxus fluviatilis</i>	2017/2018								IV	VI
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	2011/2012							(G)	(G)	(G)
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	2006/2007									
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	2000									(G)
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	1995						I	VI	VII	
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	1990							V	II	

Polychaeta/Oligochaeta										
Tubificidae/Naididae indet.	2017/2018	VII	V	IV	VII+	VI	VII	VII	VI	VII
Tubificidae/Naididae indet.	2011/2012	VII	IV		VII	VII	VII	VII	VI	IV
Tubificidae/Naididae indet.	2006/2007	III	V		VII	IV	IV	VI	IV	V
Tubificidae/Naididae indet.	2000	III	IV	III	IV	III	IV	VII	IV	I
Tubificidae/Naididae indet.	1995	IV	IV	IV	V	IV	III	II		IV
Tubificidae/Naididae indet.	1990	IV	V	V	VII	VII	VI	VII	III	IV

<i>Stylodrilus heringeanus</i>	2017/2018	V	IV	VI	VI	VII	VI	VI	III	V
<i>Stylodrilus heringeanus</i>	2011/2012	VII	VI	VI	VI	VI	V	VII	V	VII
<i>Stylodrilus heringeanus</i>	2006/2007	VI	III	IV	V	V	IV	V	IV	IV
<i>Stylodrilus heringeanus</i>	2000	IV	IV	IV	VI	IV	V	V	IV	IV
<i>Stylodrilus heringeanus</i>	1995	V	IV	IV	VI	IV	IV	IV	II	IV
<i>Stylodrilus heringeanus</i>	1990	IV	I	V	V	VII	V	IV	IV	III

Crustacea										
<i>Gammarus fossarum</i>	2017/2018		IV							II
<i>Gammarus fossarum</i>	2011/2012			IV	III	IV	II			V
<i>Gammarus fossarum</i>	2006/2007	I		IV	IV	VII	VII	V	II	
<i>Gammarus fossarum</i>	2000	IV	II	IV	IV	III	V	IV	III	III
<i>Gammarus fossarum</i>	1995	IV	?	V	VI	VII	VI	V	VI	VI

<i>Gammarus pulex</i>	2017/2018		III						I	I
<i>Gammarus pulex</i>	2011/2012		V	III	II					V
<i>Gammarus pulex</i>	2006/2007			III	III	III	V	II		IV
<i>Gammarus pulex</i>	2000	I	III	IV	IV	VII	VI	VI	IV	III
<i>Gammarus pulex</i>	1995	II	?	III	III	V	V	V	IV	IV

<i>Gammarus fossarum/pulex</i>	2017/2018		V							III
<i>Gammarus fossarum/pulex</i>	2011/2012	III	VI	V	V	V	III	IV		VII
<i>Gammarus fossarum/pulex</i>	2006/2007	II	II	VI	IV	VII	VII	VII	II	V
<i>Gammarus fossarum/pulex</i>	2000	IV	V	V	IV	VII	VII	VI	IV	IV
<i>Gammarus fossarum/pulex</i>	1995	V	?	VI	VII	VII	VII	VII	VII	VII
<i>Gammarus fossarum/pulex</i>	1990	III	I	VI	VII	VII	VII	V	V	VI

<i>Gammarus roeseli</i>	2017/2018	V	VII	IV	I		I			
<i>Gammarus roeseli</i>	2011/2012	VII	VII	VII	VI	IV	III			
<i>Gammarus roeseli</i>	2006/2007	VII	VII	V	V	VII	IV	II		
<i>Gammarus roeseli</i>	2000	IV	VI	IV	V	VI	V	IV	II	I
<i>Gammarus roeseli</i>	1995	VII	VII	V	V	IV	IV	III	II	IV
<i>Gammarus roeseli</i>	1990	IV	II	VI	IV	IV	II	I		III

<i>Asellus aquaticus</i>	2017/2018	IV	VII	I	II				I	
<i>Asellus aquaticus</i>	2011/2012	VII	VII	II	IV		I			
<i>Asellus aquaticus</i>	2006/2007	III	VII	III	V	III	I			
<i>Asellus aquaticus</i>	2000	I	IV	IV	IV	III	IV	IV	I	II
<i>Asellus aquaticus</i>	1995	III	I	IV	IV	III	II	II		II
<i>Asellus aquaticus</i>	1990	III	I	VII	I	IV	I	I	I	I

Epemeroptera										
<i>Baetis fuscatus</i>	2017/2018	IV		II						I
<i>Baetis fuscatus</i>	2011/2012	IV		IV		I				
<i>Baetis fuscatus</i>	2006/2007	IV		VI	II	IV	II	I		
<i>Baetis fuscatus</i>	2000	IV	III	IV	I	VII	IV	I	IV	
<i>Baetis fuscatus</i>	1995	IV	II	III	II	IV	IV	II	II	IV

<i>Baetis rhodani</i>	2017/2018			II	I				I	I
<i>Baetis rhodani</i>	2011/2012	III		II	I	I	I	I		I
<i>Baetis rhodani</i>	2006/2007	V		I	I	III	IV			
<i>Baetis rhodani</i>	2000	V		III	III	III	V	II	II	I
<i>Baetis rhodani</i>	1995	II	I	II		IV	III	I	IV	I

<i>Baetis lutheri</i>	2017/2018			III						
<i>Baetis vardarensis</i>	2017/2018			III		II				
<i>Baetis vardarensis/lutheri</i>	2017/2018			I		III				
<i>Baetis lutheri</i>	2011/2012	I		II			I			
<i>Baetis vardarensis</i>	2011/2012			III		II		I		
<i>Baetis vardarensis/lutheri</i>	2011/2012			III		II		I		
<i>Baetis vardarensis</i>	2006/2007	I		IV		VII	I			
<i>Baetis vardarensis/lutheri</i>	2006/2007	IV		V		V	IV			
<i>Baetis lutheri</i>	2000					III	III			IV
<i>Baetis vardarensis</i>	2000	I		I		IV	III			I
<i>Baetis vardarensis/lutheri</i>	2000	III		III	IV	V	VI	I		IV
<i>Baetis vardarensis/lutheri</i>	1995	II		IV	I	IV	III	I	I	

<i>Baetis spp.</i>	2017/2018	IV		IV	I	III			I	I
<i>Baetis spp.</i>	2011/2012	IV		IV	I	II	I	I		I
<i>Baetis spp.</i>	2006/2007	V		VI	II	VII	V	II		
<i>Baetis spp.</i>	2000	V	III	IV	IV	VII	VII	I	IV	IV
<i>Baetis spp.</i>	1995	IV	II	IV	IV	IV	IV	II	IV	IV
<i>Baetis spp.</i>	1990	V	I	IV	II	V	IV	I	II	III

<i>Caenis horaria</i>	2017/2018	III	IV	II						
<i>Caenis horaria</i>	2011/2012	II	II							
<i>Caenis horaria</i>	2006/2007		VII	I						
<i>Caenis horaria</i>	2000	II	III							
<i>Caenis horaria</i>	1995		III	I	I					

<i>Caenis luctuosa</i>	2017/2018	I	V	IV	I					I
<i>Caenis luctuosa</i>	2011/2012	II	IV		I		I	I		
<i>Caenis luctuosa</i>	2006/2007		VII	II						
<i>Caenis luctuosa</i>	2000		III			III				I
<i>Caenis macrura</i>	2017/2018	VI	IV	VII	VII	III	IV	III	I	I
<i>Caenis macrura</i>	2011/2012	VI	III	IV	V	III	IV	III	II	II
<i>Caenis macrura</i>	2006/2007	VI	IV	IV	IV	IV	III	II	I	III
<i>Caenis macrura</i>	2000		II		III		I			

<i>Caenis pusilla</i>	2017/2018	VII		IV	II	II	II	III	I	
<i>Caenis pusilla</i>	2011/2012	VII		IV	IV	II				
<i>Caenis pusilla</i>	2006/2007	VII		V	II	II	I	I		
<i>Caenis pusilla</i>	2000	VII		IV	V	II	I		I	
<i>Caenis pusilla</i>	1995	IV		IV	V	II	II	I	I	I

<i>Caenis spp.</i>	2017/2018	VII	VI	VII	VII	IV	IV	III	II	I
<i>Caenis spp.</i>	2011/2012	VII	IV	IV	V	III	IV	III	II	II
<i>Caenis spp.</i>	2006/2007	VII	VII	V	IV	IV	III	II	I	III
<i>Caenis spp.</i>	2000	VII	IV	IV	V	III	II	III	I	I
<i>Caenis spp.</i>	1995	VII	IV	IV	V	IV	II	I	I	II
<i>Caenis spp.</i>	1990	VII	I	VI	V	V	IV	II		

<i>Serratella ignita</i>	2017/2018			II					I	
<i>Serratella ignita</i>	2011/2012			IV		I	I	I		I
<i>Serratella ignita</i>	2006/2007	I		VI	II	IV	III	I	I	I
<i>Serratella ignita</i>	2000	IV	I	IV	I	III	III		I	I
<i>Serratella ignita</i>	1995	III	II	IV	III	IV	III	III	I	IV
<i>Serratella ignita</i>	1990	VII	I	VI	IV	VI	IV	III	I	I

<i>Heptagenia sulphurea</i>	2017/2018	IV	I	V	III	IV	III	III	II	I
<i>Heptagenia sulphurea</i>	2011/2012	IV		VI	VI	IV	IV	IV	III	
<i>Heptagenia sulphurea</i>	2006/2007	V	I	V	V	V	V	IV	II	IV
<i>Heptagenia sulphurea</i>	2000	VI	I	VI	VII	V	VI	VI	V	V
<i>Heptagenia sulphurea</i>	1995	IV		IV	V	V	VI	VI	V	V
<i>Heptagenia sulphurea</i>	1990	V		IV	V	VI	V	V	V	IV

<i>Ephemera danica</i>	2017/2018	IV	V	VII	IV		IV	IV		I
<i>Ephemera danica</i>	2011/2012	V	IV	IV	IV	I	III	II	II	
<i>Ephemera danica</i>	2006/2007	IV	II	IV	II	IV	I	I		I
<i>Ephemera danica</i>	2000	II	V	IV	III	I	II	I	I	
<i>Ephemera danica</i>	1995	III	III	IV	III	I	I	II		
<i>Ephemera danica</i>	1990			III	IV	III			I	

<i>Potamanthus luteus</i>	2017/2018	V	III	IV	V	II	II			I
<i>Potamanthus luteus</i>	2011/2012	VI	I	V	VII	IV	V	IV	I	I
<i>Potamanthus luteus</i>	2006/2007	VI	I	V	V	III	IV	IV	II	IV
<i>Potamanthus luteus</i>	2000	VI	IV	IV	IV	II	IV	III	IV	II
<i>Potamanthus luteus</i>	1995	VI	V	V	V	V	IV	II	II	III
<i>Potamanthus luteus</i>	1990	V	I	VII	VI	V	V	II	I	I

Plecoptera										
<i>Leuctra</i> spp.	2017/2018					I				
<i>Leuctra</i> spp.	2011/2012				II		I		II	II
<i>Leuctra</i> spp.	2006/2007						I			I
<i>Leuctra</i> spp.	2000	IV	II	I	III	I	II			II
<i>Leuctra</i> spp.	1995	I		II	IV	II	I	I		I
<i>Leuctra</i> spp.	1990			III	II	III	II			

Coleoptera										
<i>Elmis maugetii</i>	2017/2018			II	IV	II	III	II	III	III
<i>Elmis maugetii</i>	2011/2012	I		II	V	IV	IV	III	II	III
<i>Elmis maugetii</i>	2006/2007			IV	IV	V	V	II	III	V
<i>Elmis maugetii</i>	2000		II	II	III	III	V	I	II	I
<i>Elmis maugetii</i>	1995	II		III	III	V	IV	II	V	III

<i>Elmis</i> spp. (incl. <i>maugetii</i>)	2017/2018			II	IV	III	III	III	III	III
<i>Elmis</i> spp. (incl. <i>maugetii</i>)	2011/2012	I		II	V	IV	IV	III	II	III
<i>Elmis</i> spp. (incl. <i>maugetii</i>)	2006/2007			IV	IV	V	V	II	III	V
<i>Elmis</i> spp. (incl. <i>maugetii</i>)	2000	II	II	II	III	III	V	I	II	II
<i>Elmis</i> spp. (incl. <i>maugetii</i>)	1995	II		III	III	V	IV	II	V	III
<i>Elmis</i> spp. (incl. <i>maugetii</i>)	1990	III	I	II	II	IV	IV	II	I	I

<i>Esolus</i> spp.	2017/2018			V	III	I	III	III	IV	IV
<i>Esolus</i> spp.	2011/2012			IV	IV	III	III	I	III	IV
<i>Esolus</i> spp.	2006/2007	I	IV	VII	III	IV	IV	I	III	IV
<i>Esolus</i> spp.	2000		VI	I	II	I	III		II	III
<i>Esolus</i> spp.	1995		I	III	III	II	II			I
<i>Esolus</i> spp.	1990				II					

<i>Limnius volckmari</i>	2017/2018	VI		V	II	I	II	II	I	II
<i>Limnius volckmari</i>	2011/2012	IV	I	V	III	VI	III	III	III	IV
<i>Limnius volckmari</i>	2006/2007	VII		V	II	VII	V	II	III	III
<i>Limnius volckmari</i>	2000	VI	III	VI	III	V	V	IV	III	II
<i>Limnius volckmari</i>	1995	VI	I	VI	III	VI	V	II	IV	II
<i>Limnius volckmari</i>	1990	IV	I	V	III	VII	V	II	III	I

<i>Stenelmis canaliculata</i>	2017/2018	I	I	I		I				
<i>Stenelmis canaliculata</i>	2011/2012			I		I	I			II
<i>Stenelmis canaliculata</i>	2006/2007			II		III	III	I	I	I
<i>Stenelmis canaliculata</i>	2000	I	I	III		II	II	I	III	
<i>Stenelmis canaliculata</i>	1995	I		IV		IV	III	II		
<i>Stenelmis canaliculata</i>	1990			IV	I	III	II			

Trichoptera										
<i>Hydroptila</i> sp.	2017/2018	IV	I	IV		IV	I		I	I
<i>Hydroptila</i> sp.	2011/2012	I	II	VI	III	III	I	I	IV	I
<i>Hydroptila</i> sp.	2006/2007	III		V	IV	V	V	IV	II	III
<i>Hydroptila</i> sp.	2000	V	II	V	V	V	VII	III	III	III
<i>Hydroptila</i> sp.	1995	I	II	V	IV	IV	V	III	III	V
<i>Hydroptila</i> sp.	1990			IV	IV	VI	V			I

<i>Cheumatopsyche lepida</i>	2017/2018	VI	I	V	I	VI	IV	III	IV	II
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	2011/2012	VI		VI	IV	V	IV		II	I
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	2006/2007	VII		VI	II	VI	VI	I		II
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	2000	VI	I	VI	VI	VII	VII	V	VI	V
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	1995	VI	V	V	IV	V	V	VI	IV	IV
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	1990	V		IV	II	IV	V	V	V	II

<i>Hydropsyche contubernalis</i>	2017/2018	IV		III					I	I
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	2011/2012	IV		VI	VI	II	II	II	I	
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	2006/2007	VII		VII	VI	V	IV	IV	II	IV
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	2000	IV	I	V	VI	IV	V	IV	VI	V
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	1995	V	IV	V	VI	VI	VI	V	V	V
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	1990	IV		VII	V	VI	VII	VI	VI	IV

<i>Hydropsyche incognita</i>	2017/2018	VI		VII		IV	III		I	II
<i>Hydropsyche incognita</i>	2011/2012	VII		VI	II	V	IV			I
<i>Hydropsyche incognita</i>	2006/2007	VII		V	II	VII	IV	II	II	IV
<i>Hydropsyche incognita/pellucidula</i>	2000	VII	III	IV						
<i>Hydropsyche incognita/pellucidula</i>	1995	VII	III	IV	III	V	IV	III	V	IV

<i>Hydropsyche spp.</i>	2017/2018	VII	I	VII	I	V	IV	I	II	IV
<i>Hydropsyche spp.</i>	2011/2012	VII		VII	VI	VII	V	II	III	II
<i>Hydropsyche spp.</i>	2006/2007	VII	I	VII	VI	VII	VI	IV	II	VI
<i>Hydropsyche spp.</i>	2000	VII	III	VI	VII	VI	VI	IV	VI	V
<i>Hydropsyche spp.</i>	1995	VII	VI	VI	VII	VII	VI	VI	VI	VI
<i>Hydropsyche spp.</i>	1990	VII	II	VII	V	VII	VII	VI	VI	V

<i>Lepidostoma hirtum</i>	2017/2018	V	II	VI	I	I	I	I		I
<i>Lepidostoma hirtum</i>	2011/2012	VI	III	VII	IV	IV	IV	III	II	I
<i>Lepidostoma hirtum</i>	2006/2007	IV		VII	IV	IV	V	II	II	III
<i>Lepidostoma hirtum</i>	2000	III	IV	V	IV	IV	IV	I	IV	I
<i>Lepidostoma hirtum</i>	1995	III	III	IV	IV	IV	III	II	I	
<i>Lepidostoma hirtum</i>	1990	IV		V	III	V	IV	I	IV	I

<i>Leptoceridae (diverse)</i>	2017/2018	V	V	V	I		I	I		
<i>Leptoceridae (diverse)</i>	2011/2012	VI	III	IV	II	II	II	I	I	
<i>Leptoceridae (diverse)</i>	2006/2007	VII	V	VI	IV	IV	III	I	I	II
<i>Leptoceridae (diverse)</i>	2000	IV	VI	IV	III	IV	IV	IV	IV	III
<i>Leptoceridae (diverse)</i>	1995	V	V	IV	III	IV	III	IV	IV	III
<i>Leptoceridae (diverse)</i>	1990	IV	I	IV	III	III	V	IV	II	II

<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	2017/2018	III	I	I					II	I
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	2011/2012	IV	I	IV	II	I	III	I	III	
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	2006/2007	II	II	IV	III	IV	IV		I	I
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	2000	I	V	III	IV	II	IV	I	I	I
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	1995	II	II	II	III	II	II	II	II	
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	1990		I	IV	IV	IV		I		I

<i>Psychomyia pusilla</i>	2017/2018	V	I	VII	II	VII	IV	III	IV	VI
<i>Psychomyia pusilla</i>	2011/2012	VII	II	VII	V	VII	VII	V	VI	VI
<i>Psychomyia pusilla</i>	2006/2007	VII	I	VII	V	VII	VI	IV	IV	VII
<i>Psychomyia pusilla</i>	2000	VI	I	V	IV	VI	VII	IV	IV	VII
<i>Psychomyia pusilla</i>	1995	V	V	V	VI	VII	VI	IV	IV	IV
<i>Psychomyia pusilla</i>	1990	V		VII	IV	VII	VII	III	I	III

Goeridae (Silo und Goera)	2017/2018	IV	I	VI	IV	VI	III	III		
Goeridae (Silo und Goera)	2011/2012	V	I	V	V	VI	V	V	I	I
Goeridae (Silo und Goera)	2006/2007	IV	III	V	II	VII	I	III	I	I
Goeridae (Silo und Goera)	2000	II	I	IV	IV	IV	I			I
Goeridae (Silo und Goera)	1995	I	III	V	III	IV	I	I		
Goeridae (Silo und Goera)	1990			II	I	V		III		
<i>Rhyacophila sensu stricto</i>	2017/2018	II		IV		III	I			
<i>Rhyacophila sensu stricto</i>	2011/2012	IV		IV		III	I			I
<i>Rhyacophila sensu stricto</i>	2006/2007	III		III		IV	II	II		I
<i>Rhyacophila sensu stricto</i>	2000	IV	I	IV	III	V	IV	I	IV	III
<i>Rhyacophila sensu stricto</i>	1995	V	IV	IV	II	IV	III	III	I	III
<i>Rhyacophila sensu stricto</i>	1990			II	I	III	III			

Diptera										
Chironomini	2017/2018	VII	V	IV	V	III	VII	V	IV	IV
Chironomini	2011/2012	VII	V	VII	V	IV	VII	VII	VI	VII
Chironomini	2006/2007	VII	VII	VII	VI	VI	V	VI	IV	VI
Chironomini	2000	IV	VI	III	IV	V	VII	IV	III	III
Chironomini	1995	V	VII	VII	V	V	IV	IV	III	III
Chironomini	1990	VII	V	VII+	VII	VII	VI	V	V	VI

Orthocladiinae	2017/2018	VII+	VI	VII+	VII	VII	VII	VII	VII	VII
Orthocladiinae	2011/2012	VII	III	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII
Orthocladiinae	2006/2007	VII	IV	VII	VII	VII	VII	VII	V	VII
Orthocladiinae	2000	VII+	VII	VII	VII	VII	VII	V	VI	VI
Orthocladiinae	1995	VII	V	VII	VI	VII	VII	VI	VII	VII
Orthocladiinae	1990	VII	III	VII	IV	VII	VI	V	IV	IV

Tanypodinae	2017/2018	IV	V	IV	IV	IV	VII	V	III	IV
Tanypodinae	2011/2012	IV	IV	V	V	III	VI	V	IV	IV
Tanypodinae	2006/2007	V	V	VII	VI	V	V	IV	III	V
Tanypodinae	2000	V	IV	IV	VI	IV	IV	II	III	IV
Tanypodinae	1995	V	IV	III	VI	IV	IV	IV	V	V
Tanypodinae	1990	V	III	IV	VI	IV	III	III	IV	II

Tanytarsini	2017/2018	V	IV	V	IV	IV	VII	V	VII	VI
Tanytarsini	2011/2012	IV	IV	VII	V	III	VI	VI	VI	IV
Tanytarsini	2006/2007	IV	IV	V	VII	V	V	V	IV	V
Tanytarsini	2000	II	III	IV	VI	IV	V	III	VI	IV
Tanytarsini	1995	II	I	II	VII	V	VI	VII	VII	VII
Tanytarsini	1990	III	I	III	V	IV	IV	IV	IV	IV

<i>Simulium spp.</i>	2017/2018	IV	I	VII+	I	III		II	I	IV
<i>Simulium spp.</i>	2011/2012	VI	II	VII+	IV	VII	I		II	I
<i>Simulium spp.</i>	2006/2007	VI	II	VII+	I	VII	III	II		
<i>Simulium spp.</i>	2000	IV	I	IV	VI	VII	IV	III	I	IV
<i>Simulium spp.</i>	1995	VII	IV	VII	IV	V	IV	III	IV	III
<i>Simulium spp.</i>	1990	IV		VI	V	VI	V		II	III

Sonstige										
<i>Aphelocheirus aestivalis</i>	2017/2018			IV						
<i>Aphelocheirus aestivalis</i>	2011/2012			II	IV	II	III			
<i>Aphelocheirus aestivalis</i>	2006/2007	II		IV	III	IV	V	IV	I	
<i>Aphelocheirus aestivalis</i>	2000	II	II	IV	III	V	IV	IV	II	I
<i>Aphelocheirus aestivalis</i>	1995			IV	III	IV	IV	III	III	II
<i>Aphelocheirus aestivalis</i>	1990	IV		V	V	VI	III	IV	III	II

5.4 Jungfischbesiedlung des Hochrheins 2006–2018

Tab. 7 > Untersuchungsergebnisse der ufernahen Befischungen im Hochrhein von 2006 bis 2018

Angaben der Jungfischdichten in Häufigkeitsklassen, bezogen auf jeweils 100 m Flusssuferstrecke.

Probestelle	Hochrhein 2006/2007									Trend 2007-2012	Hochrhein 2011/2012									Trend 2012-2017	Hochrhein 2017/2018								
	R1 - Hemishofen	R2 - Rheinau	R3 - Ellikon	R4 - Tössegg	R5 - Rietheim	R6 - Waldshut	R7 - Sisseln	R8 - Schweizerh.	R9 - Basel		R1 - Hemishofen	R2 - Rheinau	R3 - Ellikon	R4 - Tössegg	R5 - Rietheim	R6 - Waldshut	R7 - Sisseln	R8 - Schweizerh.	R9 - Basel		R1 - Hemishofen	R2 - Rheinau	R3 - Ellikon	R4 - Tössegg	R5 - Rietheim	R6 - Waldshut	R7 - Sisseln	R8 - Schweizerh.	R9 - Basel
Fischart																													
Aal										▲										■									
Alet										■										■									
Äsche										■										■									
Bachforelle										■										■									
Bachneunauge										■										■									
Barbe										▲										■									
Bitterling										■										■									
Blaubandbärbling										■										■									
Brachsmen										■										■									
Elritze										▲										■									
Flussbarsch										▲										■									
Goldfisch										▲										■									
Groppe										▲										■									
Gründling										▲										■									
Hasel										▲										■									
Hecht										▲										■									
Karpfen										▲										■									
Kaulbarsch										▲										■									
Kesslergrundel										▲										■									
Lachs										▲										■									
Laube										▲										■									
Moderlieschen										▲										■									
Nase										▲										■									
Rapfen										▲										■									
Rotauge										■										■									
Rotfeder										▲										■									
Schleie										■										■									
Schmerle										▲										■									
Schneider										■										■									
Schwarzmundgrundel										▲										■									
Sonnenbarsch										■										■									
Steinbeisser										■										■									
Stichling										▲										■									
Strömer										▲										■									
Trüsche										▲										■									
Wels										▲										■									
Zander										▲										■									

selten (bis 5 Ind. / 100m)
spärlich (>5-25 Ind. 100m)
verbreitet (>25-200 Ind. 100m)
häufig (>200- 1000 Ind. / 100 m)
massenhaft (>1000 Ind. / 100 m)

Kesslergrundel

x



neozoische Fischart

Nachweise anderer Arbeitsgruppen

Trend der Fischdichte (Zu- oder Abnahme)

> Literatur

- [1] Abegg J, Kirchhofer A, Rutschmann P, 2013: Masterplan – Massnahmen zur Geschiebereaktivierung im Hochrhein. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie Schweiz (BFE) und des Regierungspräsidiums Freiburg. 110 S. und Anhänge.
- [2] Berg L S, 1949: Freshwater fishes of the USSR and adjacent countries. Acad. Sci. USSR Zool. Inst. (Translated from Russian by the Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 1965).
- [3] Böhmer J, Mischke U, 2011: Auswertungssoftware Version PhytoFluss 2.2 berichtigt und aktualisiert für die Taxaliste Phytoplankton (HTL_Mai_09) mit Anleitung und Eingabeformat zum deutschen Bewertungsverfahren von Fließgewässern mittels Phytoplankton modifiziert nach Mischke & Behrendt 2007.
- [4] Bostelmann R, Gutowski A, 2013: Biologisches Monitoring der Fließgewässer in Baden-Württemberg 2012: Makrophyten und Phytobenthos. Gebiet 337 (Rhein und schiffbarer Neckar). Unveröffentlichter Teilbericht für den Hochrhein im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg.
- [5] Breitenstein M, Kirchhofer A, 1998: Biologie, Gefährdung und Schutz des Schneiders (*Alburnoides bipunctatus*) in der Schweiz.- Mitteilungen zur Fischerei Nr. 62. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 61 S.
- [6] Christmann H, 2009: Rhein-Messprogramm Biologie 2006/2007 Teil II-A: Das Phytoplankton im Rhein (2006–2007).- IKSr: Bericht Nr. 169, IKSr 2009.
- [7] Dönni W, Ninck-Spaling L, 2019: Management der Fischbestände im Hochrhein. Strategieplan 2025. Internationale Fischereikommission Hochrhein.
- [8] Dönni W, Schwendener S, 2016: Schwarzmeergrundeln Schweiz. Eine Strategie von KVV und JFK, erstellt durch die AGIN-D. 8 S.
- [9] Dümpelmann C, Kalbhenn U, Korte E, 2014: Kesslergrundel (*Neogobius kessleri*). – In: HMUKLV & Hessen Forst FENA (Hrsg.), Atlas der Fische, Rundmäuler, Krebse und Muscheln in Hessen. – FENA Wissen, Band 2: 18–25, Wiesbaden
- [10] Guthruf J, 2008: Fischaufstieg am Hochrhein. Koordinierte Zählung 2005/06.– Umwelt Wissen UW-0810-D, Bundesamt für Umwelt, Bern 161 S.
- [11] Guthruf J, Dönni W, 2019: Fischaufstieg am Hochrhein, Koordinierte Zählung 2016-17. – BAFU, Umwelt-Wissen: 209 S. In Vorbereitung
- [12] Herrmann P, Gründler S, 2003: Das Äschensterben 2003 – Vorschläge zur Erhöhung der Überlebenschancen von Salmoniden namentlich der Äschen im Rhein bei hohen Wassertemperaturen zwischen Stein a. Rhein und EWS. Überarbeitete Version 2009; Stand vom 7.8.2018.
- [13] Hesselschwerdt J, 2018: Biologische Untersuchungen der Aare zwischen Thunersee und Bielersee. Fachbericht Makroinvertebraten. i.A. des Gewässer- und Bodenschutzlabors, Kanton Bern.
- [14] Hesselschwerdt J, Jankowski T, Edmaier K, S O, 2020: Gewässerökologie Hochrhein 2020 – 20 Jahre länderübergreifende Zusammenarbeit – Bilanz und Ausblick. - BAFU und Regierungspräsidium Freiburg - in Vorbereitung
- [15] Hofmann G, 2013: Untersuchung von benthischen Diatomeen im Hochrhein im Rahmen des WRRL-Monitorings. Unveröffentlichter Kurzbericht im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 14 S., Karlsruhe.
- [16] Holm P, Hirsch P, Adrian-Kalchhauser I, N'Gyuen A, 2016: Nicht-heimische Grundelarten in der Schweiz. Massnahmen zur Eindämmung und zur Schadensminimierung. Zwischenbericht 2015. Universität Basel.

-
- [17] 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.
- [18] HYDRA, 2017: Methode zur Untersuchung und Beurteilung grosser Fliessgewässer Teil 1: Erhebungsmethode Makroinvertebraten Hochrhein
- [19] IKL (Interkantonales Labor), 2019: Zustand Oberflächengewässer im Kanton Schaffhausen – Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe und Monitoringskonzept. IKL, Schaffhausen.
- [20] IKSr (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins), 2009: Rheinmessprogramm Biologie 2006/2007, Teil II-C (Teilkompartiment Phytobenthos) Benthische Diatomeen im Rhein; Bericht Nr. 171, 32 S.
- [21] IKSr (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins), Schöll F, 2009: Das Makrozoobenthos des Rheins 2006/2007. - Rhein-Messprogramm Biologie 2006/2007 Teil II-D. - Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSr), Koblenz 41 S.
- [22] Kirchhofer A, Guthruf J, 2002: Äschenpopulationen von nationaler Bedeutung. Mitteilungen zur Fischerei Nr. 70. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.
- [23] Korte E, Schneider J, Kalbhenn U, Bock G, 2015: IKSr Rhein-Messprogramm Biologie 2012/2013. Qualitätskomponente Fische. Studie im Auftrag des Landes Hessen und der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSr).
- [24] Kottelat M, Freyhof J, 2007: Handbook of European freshwater fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany. 646 S.
- [25] Ladiges W, Vogt D, 1979: Die Süßwasserfische Europas. Parey, Hamburg und Berlin.
- [26] Lauterborn R, 1916-18: Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstroms I-III. – Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Math. naturwiss. Klasse, Abt. B., 1916/6:1-61; 1917/5:1-70; 1918: 1-87, Heidelberg.
- [27] Liechti P, 2010: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe. – Umwelt-Vollzug Nr. 1005. Bundesamt für Umwelt, Bern. 44 S.
- [28] Maurer V, 2004: Koordinierte biologische Untersuchungen an Hochrhein und Aare 1999–2002. Schriftenreihe Umwelt Nr. 375 – Gewässerschutz. Zusammenfassender Kurzbericht. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 45 S.
- [29] Mosberger B, Stoll M, 2018: Äschen Notfallkonzept: Erfahrungen im Hitzesommer 2018.
- [30] Mürle U, Ortlepp J, Rey P, 2008: Biologische Untersuchungen der Aare zwischen Thunersee und Bielersee. Fachbericht Makroinvertebraten. i.A. des Gewässer- und Bodenschutzlabors, Kanton Bern.
- [31] Mürle U, Ortlepp J, Rey P, 2008: Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein 2006/07. Makroinvertebraten. – Umwelt-Wissen UW-0822, 106 S., Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern (Hrsg.).
- [32] Ortlepp J, 2011: Biologische Untersuchung der Limmat bei Turgi und Wettingen A.G. Fachbericht Makrozoobenthos Untersuchungen vom 17./18. März 2010. i.A. des Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung für Umwelt, Kanton Aargau.
- [33] Ortlepp J, Mürle U, 2012: Biologische Untersuchung der Mittelland-Reuss, Kleinen Emme und Unteren Lorze. Fachbericht Makrozoobenthos (Untersuchungen vom März 2011). – Bericht i.A. der Gewässer-schutzfachstellen der Kantone Aargau, Zug, Zürich und Luzern.

-
- [34] Perry S, Mazacek J, 2019: Qualität der Oberflächengewässer im Kanton Basel-Stadt – Untersuchungszeitraum 1993-2018. Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt, Basel.
- [35] Raders H, Lüttig A, 2016: Biologisches Monitoring WRRL 2015 . Makrophyten und Phytobenthos in Fließgewässern des Landes Baden-Württemberg (Los 1). Fachbericht im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW).
- [36] Rey P, Hesselschwerdt J, 2016: Monitoring Alpenrhein. Basismonitoring Ökologie 2015. Benthosbesiedlung (Makroinvertebraten und Kieselalgen), Jungfische und Jungfischhabitate, Besiedlung der Kiesbänke und Flussinseln. – Bericht zuhanden Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA), Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie, 100 S. + 82 S. Anhang.
- [37] Rey P, Hesselschwerdt J, Werner S, 2016: Koordinierte biologische Untersuchungen an Hochrhein und Aare 2001 bis 2013 - Zusammenfassender Kurzbericht. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1619: 72 S.
- [38] Rey P, Mürle U, Ortlepp J, Hesselschwerdt J, Unger B, 2016: Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein 2011/2012; Makroinvertebraten – Bericht i.A. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- [39] Rey P, Ortlepp J, 1997: Koordinierte biologische Untersuchungen am Hochrhein 1995; Makroinvertebraten. Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 115 S.
- [40] Rey P, Ortlepp J, 2002: Koordinierte biologische Untersuchungen am Hochrhein 2000; Makroinvertebraten. - Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 98 S.
- [41] Rey P, Ortlepp J, Werner S, Mürle U, Becker A, Hesselschwerdt J, 2013: Koordinierte Biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Bielersee und Rhein 2011-2013. Fachbericht zum Untersuchungsprogramm zuhanden der Gewässerschutz- und Fischereifachstellen der Kantone Aargau, Bern und Solothurn. 153 S.
- [42] Rey P, Ortlepp J, Werner S, Mürle U, Becker A, Hesselschwerdt J, 2014: Koordinierte biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Bielersee und Rhein 2011–2013. Abschlussbericht des Monitoringprogramms der Jahre 2011, 2012 und 2013 zuhanden der Gewässerschutz- und Fischereifachstellen der Kantone Aargau, Bern und Solothurn. St. Gallen, 121 S. + Datenanhang.
- [43] Rey P, Werner S, Mürle U, Becker A, Ortlepp J, Hürlimann J, 2011: Monitoring Alpenrhein. Basismonitoring Ökologie 2009/2010. Benthosbesiedlung – Sonderuntersuchungen: Jungfischhabitate, Besiedlung der Kiesbänke. – Bericht zuhanden Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA), Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie, 159 S.
- [44] IKS (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins), in Vorbereitung 2020): Rhein-Messprogramm Biologie 2018/2019 - Qualitätskomponente Fische.
- [45] Riedmüller U, Hoehn E, 2013: Phytoplankton in Flüssen des Landes Baden-Württemberg und deren Bewertung nach EG-WRRL – Untersuchungen der Jahre 2005 bis 2012. – Bericht im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Karlsruhe, 85 S.
- [46] Riedmüller U, Höfer R, Hoehn E, 2019: Phytoplankton in Flüssen des Landes Baden-Württemberg und deren Bewertung nach EG-WRRL – Untersuchungen der Jahre 2005 bis 2018. Fachbericht im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW).

-
- [47] Ruff M, Singer H, 2013: 20 Jahre Rheinüberwachung – Erfolge und analytische Neuausrichtung in Weil am Rhein. Aqua & Gas Nr. 5, S. 16–25.
- [48] Schaumburg J, Schranz C, Stelzer D, Vogel A, Gutowski A, 2012: Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos, Phylib. Stand Januar 2012. Bayerisches Landesamt für Umwelt, 191 S.
- [49] Schwewers U, Adam B, 2020: Pit-Tagging Hochrhein. Abschlussbericht im Auftrag des Eidgenössischen Bundesamtes für Umwelt, Abt. Fischdurchgängigkeit. In Vorbereitung.
- [50] Schwewers U, Adam B, in Vorbereitung: Pit-Tagging Hochrhein. Abschlussbericht im Auftrag des Eidgenössischen Bundesamtes für Umwelt, Abt. Fischdurchgängigkeit. Noch unveröffentlicht.
- [51] Stemmer B, 2008: Flussgrundel im Rhein-Gewässersystem. Natur in NRW 4/08: 57-60.
- [52] Stucki P, 2010: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Makrozoobenthos Stufe F. – Umwelt-Vollzug 1026: 61 S., Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern (Hrsg.).
- [53] Thiel-Egeter C, Gouskov A, 2019: Risikoanalyse Schwarzmeergrundeln – Ausbreitung in Schweizer Gewässern. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU.
- [54] van Beek G C W, 2006: The round goby *Neogobius melanostomus* first recorded in the Netherlands. Aquatic Invasions, Volume 1-1: 42-43.
- [55] Van de Weyer K, 2008: Makrophytenverbreitung im Rhein. - Bericht im Auftrag der IKSR: Bericht Nr. 170.
- [56] Wächter K, 1989: Auswertung der Makrophyten-Grobkartierung in Rhein, Aare und Reuss zwischen 1984 und 1986. – Hydrobiol.-limnolog. Station Univ. Zürich, 1989 S. 1–53, A1-A31.
- [57] Wächter K, 2000: Auswertung der dritten Makrophyten-Grobkartierung in Rhein, Aare und Reuss 1996–1998 sowie Vergleich mit den Inventaren von 1984–1986 und 1990–1992. Bericht z.H. Verband Aare-Rheinwerke, Baden, 110 S.
- [58] Wächter K, 2000: Makrophyten-Grobkartierung in Rhein, Aare und Reuss 1996–1998. Zusammenfassender Kurzbericht z.H. Verband Aare-Rheinwerke, Baden, 24 S.
- [59] Wächter K, 2006: Stichprobenweise Erfassung der Makrophyten und der Fädigen Algen im Hochrhein.
- [60] Wasser Fisch Natur (WFN), 2019: Strukturelle Aufwertungsmaßnahmen und Kiesschüttungen am Rheinufer in Basel. Wirkungskontrolle Fischfauna & Fischhabitate. Ausgangszustand 2017/2018.
- [61] Weber C, Peter A, *Anhang I: Steckbriefindex 10 - Fische: ökologische Gilden. - in: Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen.* 2005.
- [62] Werner S, Becker A, Rey P, Ortlepp J, 2015: Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein 2011/2012; Teil Jungfische, Kleinfische und Rundmäuler. – Bericht i.A. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- [63] Werner S, Hesselschwerdt J, Mürle U, Ortlepp J, Rey P, 2013: Ausbreitung gebietsfremder aquatischer Wirbellosenarten im Bodensee. - Bericht über die Untersuchungsjahre 2008 bis 2013. Zwischenbericht i.A. Institut für Seenforschung ISF (LUBW), Langenargen, 62 S.
- [64] Werum M, 2016: Diatomeen – WRRL-Monitoring 2015-2018 – Los 1 (35 Messstellen). Fachbericht im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW).

> Verzeichnisse

Abbildungen

Abb. 1> Das Einzugsgebiet des Hochrheins	6	Abb. 16> Einfluss von Jahreszeit und kleinräumiger Struktur auf das Makrozoobenthos	28
Abb. 2> Kraftwerksstufen im Hochrhein	7	Abb. 17> Ausgewählte heimische Charakterarten des Hochrheins: Strudelwürmer (Turbellaria) und Muscheln (Bivalvia).....	30
Abb. 3> Flussabschnitte unterschiedlichen Charakters im Hochrhein	8	Abb. 18> Ausgewählte einheimische Charakterarten des Hochrheins: Schnecken (Gastropoda)	31
Abb. 4> Probestellen der Koordinierten Biologischen Untersuchungen im Hochrhein sowie Mess- und Pegelstellen zur Erfassung von Hydrologie und Wasserqualität	9	Abb. 19> Ausgewählte einheimische Charakterarten des Hochrheins: Krebstiere (Crustacea).....	32
Abb. 5> Untersuchungsmethoden am Hochrhein ..	12	Abb. 20> Ausgewählte einheimische Charakterarten des Hochrheins: Eintagsfliegen (Ephemeroptera)..	33
Abb. 6> Wassertemperatur während der letzten Untersuchungskampagnen im Hochrhein.....	18	Abb. 21> Ausgewählte einheimische Charakterarten des Hochrheins: Käfer (Coleoptera)	35
Abb. 7> Abflüsse während der letzten Untersuchungskampagnen im Hochrhein.....	19	Abb. 22> Ausgewählte einheimische Charakterarten des Hochrheins: Köcherfliegen (Trichoptera).....	36
Abb. 8> Typische Vertreter der Makroinvertebraten innerhalb unterschiedlicher Abschnitte des Hochrheins	21	Abb. 23> Ausgewählte einheimische Charakterarten des Hochrheins: Fliegen und Mücken (Diptera) und Wanzen (Heteroptera).....	39
Abb. 9> Typische Vertreter der Makroinvertebraten innerhalb unterschiedlicher Abschnitte des Hochrheins	22	Abb. 24> Die Quagga-Muschel (Dreissena rostriformis)	40
Abb. 10> Typische seltene oder schwer nachweisbare Makroinvertebraten im Hochrhein ..	23	Abb. 25> Veränderungen der Besiedlungsdichten aspektbildender Flohkrebsarten im Hochrhein zwischen 1995 und 2018.....	41
Abb. 11> Langzeitentwicklung der Taxazahlen der Makroinvertebraten im Hochrhein	24	Abb. 26> Relative Anteile der Besiedlungsdichten neozoischer und angestammter Makroinvertebraten – für jeden Flussquerschnitt, gemittelt über sämtliche Teilproben.....	42
Abb. 12> Taxazahlen der Makroinvertebraten-Grossgruppen 2017/2018	24	Abb. 27> Biomasse der Makroinvertebraten im Hochrhein 2011/ 2012.....	43
Abb. 13> Besiedlungsdichten der Makroinvertebraten im Hochrhein: Vergleich der Kampagnen 2011/2012 und 2017/2018	25	Abb. 28> In den Hochrhein eingeschleppte Makroinvertebraten: Strudelwürmer (Turbellaria) und Muscheln (Mollusca)	44
Abb. 14> Zusammensetzung der Benthosbesiedlung im Hochrhein: Vergleich der Kampagnen 2011/2012 und 2017/2018.....	26	(Quagga-Muschel in Abb. 24)	44
Abb. 15> Anteile der Biomasse auf der Hochrheinsohle 2011/2012. Vergleich der Kampagnen 2011/2012 und 2017/2018	27	Abb. 29> In den Hochrhein eingeschleppte Makroinvertebraten: Schnecken (Gastropoda) und «Würmer» (Oligochaetae, Polychaetae)	45
		Abb. 30> In den Hochrhein eingeschleppte Makroinvertebraten: Krebstiere (Crustacea).....	46
		(Grosser Höckerflohkrebs Abb. 25)	46

Abb. 31> Methodentest Erhöhung der Teilprobenzahl und Reproduzierbarkeit bei gleichbleibender Teilprobenzahl	49
Abb. 32> Im Rahmen der Jungfischuntersuchungen festgestellte Fischartenzahlen (links) und Individuendichten (rechts)	51
Abb. 33> Übersicht über im Hochrhein nachgewiesene Fischarten	52
Abb. 34> Relative Häufigkeiten einzelner Arten im Jungfischbestand des Hochrheins	53
Abb. 35> Veränderungen der Verbreitung von Jungfischen im Hochrhein zwischen 2006 und 2018	54
Abb. 36> Strömungspräferenzen der Jungfischbesiedlung entlang des Hochrheins	61
Abb. 37> Fischregionsindex und Anzahl intoleranter Fischarten	62
Abb. 38> Deformierte Nasen (<i>Chondrostoma nasus</i>) bei Ellikon.....	63
Abb. 39> Kessler-Grundel (<i>Ponticola kessleri</i>)	65
Abb. 40> Schwarzmundgrundel (<i>Neogobius melanostomus</i>).....	66
Abb. 41> Kannibalismus unter Schwarzmerrgrundeln.....	67
Abb. 42> Zusammensetzung und Biomasse des Phytoplanktons im Hochrhein und in der Aare im Untersuchungsjahr 2018	70
Abb. 43> Im Aufwuchs der Flusssohle leben verschiedenste Pflanzen, Tiere, Pilze und Bakterien zusammen	72
Abb. 44> Anhand von benthischen Kieselalgen (Diatomeen) indizierte ökologische Qualität im Hochrhein im Jahr 2015 (nach Methode Phylib SCHAUMBURG et al. 2012)	73
Abb. 45> Anhand von Phytobenthos (ohne Diatomeen) indizierte ökologische Qualität im Hochrhein im Jahr 2015 (nach Methode Phylib SCHAUMBURG et al. 2012)	73

Abb. 46> Anhand von Makrophyten indizierte ökologische Qualität im Hochrhein im Jahr 2015 (nach Methode IKSR)	75
Abb. 47> Aspektbildende Makrophyten im Hochrhein	76
Abb. 48> Sanierungsstand der Fischaufstiege der Kraftwerke im Hochrhein.....	80

Tabellen

Tab. 1> Probestellen der Koordinierten Biologischen Untersuchungen im Hochrhein sowie Mess- und Pegelstellen zur Erfassung von Hydrologie und Wasserqualität	10
Tab. 2> Beurteilung der Wasserqualität des Hochrheins nach Modul-Stufen-Konzept MSK	16
Tab. 3> Vergleich der ökologischen Qualität anhand der Trophie-Kenngrößen des Phytoplanktons in Hochrhein und Aare (Untersuchungsjahre 2006 und 2012).....	71
Tab. 4> Verbreitungen und Häufigkeiten der Makrophyten im Hochrhein	74
Tab. 5> Artenliste der Fischarten an den IKSR-Probestellen im Hochrhein	77
Tab. 6> Koordinierte Zählungen im Rahmen der Fischaufstiegskontrollen im Hochrhein 2016/ 2017	79
Lage der Staustufen siehe Abb. 48.....	79
Tab. 7> Untersuchungsergebnisse der ufernahen Befischungen im Hochrhein von 2006 bis 2018 ..	114