

> Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein 2011/12

Makroinvertebraten



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

> Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein 2011/12

Makroinvertebraten

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autoren

Peter Rey, Uta Mürle, Stefan Werner, Johannes Ortlepp,
John Hesselschwerdt und Boris Unger

Begleitung BAFU

Sabine Zeller, BAFU, Abteilung Wasser; Fachexperten der kantonalen
Gewässerschutzfachstellen AG, BL, BS, TG, SH, ZH

Zitierung

Rey P., Mürle U., Ortlepp J., Werner S., Hesselschwerdt J., Unger B.
2015: Koordinierte Biologische Untersuchungen im Hochrhein
2011/12. Makroinvertebraten. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-
Zustand Nr. 1522: 130 S.

Fotos und Grafiken

Peter Rey, Hydra AG

Layout

Karin Nöthiger, 5443 Niederrohrdorf

Titelbild

Limnomysis benedeni (Donau-Schwebegarnele), Foto Peter Rey

PDF-Download

www.bafu.admin.ch/uz-1522-d

Eine gedruckte Fassung kann nicht bestellt werden.

> Inhalt

Abstracts	5		
Vorwort	7		
Zusammenfassung	8		
Resumé	9		
Riassunto	9		
Summary	10		
Einleitung	11		
<hr/>			
1	Hochrheinuntersuchungen 2011/12	15	
1.1	Biozönotische Flusszonierung	15	
1.1.1	Der Hochrhein als Kette von Staustufen	16	
1.1.2	Biozönotische Flussabschnitte	17	
1.1.3	Die Hochrheinabschnitte	18	
1.2	Untersuchungsstellen, Kampagnen und Umgebungsfaktoren	21	
1.2.1	Die Probenahmequerschnitte	21	
1.2.2	Untersuchungszeiträume	22	
1.2.3	Abflüsse	22	
1.2.4	Wassertemperaturen	24	
1.2.5	Trübung und Lichtverhältnisse auf der Sohle	26	
1.2.6	Chemisch-physikalische Wasserqualität	27	
1.3	Lebensräume	28	
1.4	Methoden	30	
1.4.1	Probenahme und Dokumentation	30	
1.4.2	Probenauswertung	33	
1.4.3	Beurteilung der Proben	33	
1.4.4	Methodenvergleich zwischen der Schweiz und den EU-Rheinanliegerstaaten	33	
<hr/>			
2	Die Benthosbesiedlung des Hochrheins	36	
2.1	Typische Makroinvertebraten des Hochrheins	36	
2.1.1	Seeabflussarten	36	
2.1.2	Strömungstolerante und strömungsliebende Arten	36	
2.1.3	Stillwasserarten	37	
2.1.4	Potamale Arten grosser Flüsse	37	
2.1.5	Ubiquisten oder «Allerweltsarten»	38	
2.1.6	Seltene Arten, zoologische Besonderheiten	38	
2.2	Aktuelle Besiedlungsverhältnisse	40	
2.2.1	Artenverteilung und Artenvielfalt	41	
2.2.2	Besiedlungsdichten	44	
2.2.3	Biomassen	49	
<hr/>			
2.3	Entwicklung der Besiedlung durch neozoische Arten	52	
2.3.1	Invasive Neozoenarten mit Massenvorkommen	55	
2.3.2	Neozoen mit lokaler Massenvermehrung	59	
2.3.3	Neozoen mit unauffälliger Verbreitung	60	
2.3.4	Zu erwartende Neozoen	61	
2.4	Entwicklung der Charakterarten 1990–2012	62	
<hr/>			
3	Schlussfolgerungen und Ausblick	84	
3.1	Qualität und Repräsentativität der Untersuchungsergebnisse	84	
3.1.1	Rahmenbedingungen und Zusatzinformationen	84	
3.1.2	Besiedlungsdichten und Biomassen	84	
3.1.3	Repräsentativität der Proben	85	
3.2	Perspektiven für die Besiedlung der Hochrheinsohle	85	
3.2.1	Gewinner und Verlierer der letzten Entwicklungen	85	
3.2.2	Dikerogammarus als Protagonist von Verdrängungsprozessen	87	
3.2.3	Entwicklungsperspektiven für die angestammte Benthosfauna	89	
3.2.4	Bootsverkehr und Benthosbesiedlung	90	
3.3	Gewässerzustand und Besiedlungspotenziale im Hochrhein	91	
3.4	Ausblick	93	
3.4.1	Zukunft der Koordinierten biologischen Untersuchungen	93	
3.4.2	Ergänzende Abklärungen zur Beurteilung grosser Flüsse	94	
<hr/>			
4	Anhang	97	
4.1	Charakterisierung der untersuchten Flussquerschnitte	97	
4.2	Makroinvertebratenbesiedlung des Hochrheins 2011/12	116	
4.3	Chemische Wasserqualität im Hochrhein 2011/12	124	
<hr/>			
	Literatur	126	
	Verzeichnisse	129	

> Abstracts

In 2011 and 2012 coordinated biological surveys were carried out in the High Rhine for the fifth time since the first campaign in 1990. This report discusses the colonisation of the river bed by small invertebrate organisms, the macroinvertebrates. Samples were taken over a cross section of the river at nine points in two campaigns (autumn 2011 and spring 2012). Sampling at deep points was conducted by divers. The results showed that the invertebrate biocoenosis has once again changed significantly over the past six years. The spread of invasive alien species which began some 20 years ago has now reached the upper sections of the High Rhine. For the first time there is clear evidence of a direct connection between the proliferation of neozoa and the decline of indigenous species in the High Rhine.

2011 und 2012 fanden seit der ersten Kampagne 1990 zum fünften Mal koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein statt. Der vorliegende Bericht behandelt die Besiedlung der Flusssohle mit wirbellosen Kleinlebewesen, den Makroinvertebraten. In zwei Kampagnen (Herbst 2011 und Frühjahr 2012) wurden hierzu neun Flussquerschnitte beprobt, an tiefen Stellen mithilfe von Tauchern. Es zeigte sich, dass die Wirbellosen-Biozönose sich in den vergangenen sechs Jahren noch einmal entscheidend verändert hat. Eine vor rund 20 Jahren eingesetzte Ausbreitung von invasiven gebietsfremden Arten hat jetzt auch die oberen Hochrheinabschnitte erreicht. Erstmals konnte auch im Hochrhein ein direkter Zusammenhang zwischen der Massenvermehrung neozoischer Arten und dem Rückgang angestammter Arten eindeutig belegt werden.

En 2011 et 2012, les analyses biologiques coordonnées du Haut Rhin ont eu lieu pour la cinquième fois depuis la première campagne, menée en 1990. Le présent rapport traite des macroinvertébrés du benthos fluvial, qui sont de petits organismes invertébrés vivant sur le lit des cours d'eau. Neuf profils transversaux ont été recensés au cours des deux campagnes d'échantillonnage menées à l'automne 2011 et au printemps 2012, à l'aide de plongeurs dans les endroits profonds. Ces campagnes ont permis de montrer que la biocénose des invertébrés avait de nouveau considérablement changé durant ces six dernières années. La propagation de ces espèces allochtones envahissantes, commencée il y a près de 20 ans, a aujourd'hui atteint les tronçons en amont du Haut Rhin. Pour la première fois, on a pu clairement établir un lien direct entre la prolifération de ces organismes et le recul des espèces indigènes dans le Haut Rhin.

Keywords:

High Rhine,
Macroinvertebrates,
long-term monitoring,
ICPR,
alien species,
water protection

Stichwörter:

Hochrhein,
Makroinvertebraten,
Langzeitmonitoring,
IKSR,
Neozoen,
Gewässerschutz

Mots-clés:

Haut Rhin,
Macroinvertébrés,
surveillance à long terme,
CIPR,
Néozoaires,
protection des eaux

Nel 2011 e 2012 hanno avuto luogo per la quinta volta dalla prima indagine, svoltasi nel 1990, analisi biologiche coordinate del Reno sul tratto dal lago Bodanico a Basilea (Hochrhein). Il presente rapporto esamina la popolazione del fondo dell'alveo fluviale, composta principalmente da piccoli organismi invertebrati, detti macroinvertebrati. Nove sezioni trasversali del fiume sono state analizzate nell'ambito di due indagini (condotte nell'autunno 2011 e nella primavera 2012), anche grazie all'impiego di sommozzatori per esaminare i punti più profondi. Dall'indagine è emerso che negli ultimi sei anni la biocenosi dei macroinvertebrati ha subito nuovamente modifiche importanti. La diffusione di specie alloctone invasive, iniziata circa 20 anni or sono, ha ora raggiunto anche il Reno nel tratto dal lago Bodanico a Basilea e per la prima volta si è riusciti a stabilire una chiara correlazione tra la diffusione di nuove specie (neozoi) e il calo delle specie indigene.

Parole chiave:

**Reno (tra il lago Bodanico e Basilea),
macroinvertebrati,
monitoraggio a lungo termine,
CIPR,
neozoi,
protezione delle acque**

> Vorwort

Makroinvertebraten, die kleinen wirbellosen Bewohner unserer Gewässer, besetzen viele ökologische Nischen auf und im Gewässergrund. Sie sind gute Zeiger für den biologischen Zustand aquatischer Lebensräume und helfen uns, deren Defizite zu erforschen. So gibt die Zusammensetzung ihrer Lebensgemeinschaft Auskunft darüber, ob zum Beispiel zu viele Nähr- und Schadstoffe ins Wasser gelangt sind, ob wichtige Strukturen und damit Lebensräume fehlen oder ob die Wassertemperatur für bestimmte Arten zu hoch und die Strömung für andere zu stark ist.

Seit 1990 fanden im Rahmen der Koordinierten biologischen Untersuchungen im Hochrhein alle 5 bzw. 6 Jahre Bestandsaufnahmen der Makroinvertebraten statt. Im Rahmen der methodisch aufwändigen, weil nur mit Tauchereinsatz durchführbaren Kampagnen, konnten viele grossräumige und langfristige Veränderungen der Wirbellosenfauna festgehalten werden. Seit 1995 steht dabei eine Entwicklung im Vordergrund: die nahezu ungehinderte Ausbreitung gebietsfremder Arten (Neozoen). Dieses Phänomen hat die Lebensgemeinschaften des Flusses in ihrer Zusammensetzung stärker beeinflusst als jeder noch so grosse Störfall der Vergangenheit. Die nun vorliegenden Ergebnisse der Jahre 2011/2012 zeigen, dass durch Neuankömmlinge mit besonders erfolgreichen Konkurrenz- und Reproduktionsstrategien bereits mehrere typische Hochrheinarten in ihrem Bestand gefährdet bzw. in naturnah verbliebene Flussabschnitte zurückgedrängt wurden.

Die Erhaltung einer naturnahen und standortgerechten Gewässerfauna hängt heute also mehr denn je vom Lebensraumschutz ab. Die praktisch ungehinderte Ausbreitung der Neozoen gibt uns den klaren Auftrag einerseits die letzten noch verbliebenen naturnahen, frei und ohne Staustufen fliessenden Strecken des Hochrheins und anderer grosser Schweizer Flüsse – als ökologische Trittsteine zu erhalten und andererseits durch ökologische Verbesserungsmassnahmen wieder naturnahe Strecken zu schaffen.

Franziska Schwarz
Vizedirektorin
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

> Zusammenfassung

In den Jahren 2011 und 2012 fanden im Hochrhein zum fünften Mal seit 1990 *Koordinierte biologische Untersuchungen* statt. Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse der Untersuchungen zur Besiedlung der Flusssohle mit wirbellosen Kleinlebewesen, den Makroinvertebraten, vor.

Fünfte Untersuchungskampagne innerhalb von 23 Jahren

An den gleichen neun Flussquerschnitten wie schon bei den vorangegangenen Kampagnen wurde vom Ufer aus und mit dem Einsatz von Tauchern die Flusssohle besammelt. Die in den Proben enthaltenen Tiere wurden fixiert und im Labor bestimmt. Das Bestimmungsniveau orientierte sich an den bisherigen Anforderungen der Internationalen Rheinschutzkommission (IKSR) und hing darüber hinaus von der Grösse der gesammelten Tiere und der damit verbundenen Erkennbarkeit von Bestimmungsmerkmalen ab.

Untersuchungsmethoden wurden beibehalten

Unter besonderer Beachtung stand das weitere Vordringen invasiver gebietsfremder Wirbellosen-Arten (Neozoen). Neozoen nehmen in Bestand und Biomasse immer mehr zu, mehrere angestammte Arten sind dagegen abschnittsweise in ihrem Bestand gefährdet. Seit 2007 wurden nun auch die meisten Rheinabschnitte oberhalb der Aaremündung von der Neozoeninvasion erreicht. Die Ausbreitung in diesem über weite Strecken naturnahen Hochrheinabschnitt hat ihren Ursprung auch in der Neozoen-Zuwanderung aus dem Bodensee. Dort wurden zwischen 2003 und 2010 ebenfalls vier invasive Arten eingeschleppt, die sich massenhaft vermehrt haben.

Unveränderter Schwerpunkt: Auswirkung der Neozoeninvasion

Im Hochrhein unterhalb der Aaremündung besteht bereits mehr als 50% der Individuenzahlen und weit über 80% der Biomasse aus Neozoen. Die Besiedlung an der ersten Untersuchungsstelle oberhalb der Aaremündung nähert sich ebenfalls diesen Werten. Damit werden die schon einmal im Raum Basel nachgewiesenen Werte von >98% Anteil zwar nicht mehr erreicht, umso bedenklicher ist jedoch, auf welchem hohem Niveau sich die Besiedlungsdichten zwischen Waldshut und Basel eingependelt haben. Erstmals wurden deutliche Anzeichen dafür gefunden, dass ein Neozoon, der Grosse Höckerflohkrebs *Dikerogammarus villosus*, in der Lage ist, angestammte Arten aus dem Hochrhein zu verdrängen. Auf der anderen Seite besteht die Hoffnung, dass typische Hochrheinarten in morphologisch naturnahen Abschnitten mit vielfältigem Habitatangebot überleben können.

Die Neozoenausbreitung hat den oberen Hochrhein erreicht

Um das Trittstein-Potenzial solcher naturnaher Stellen abzuklären, wird vorgeschlagen, detaillierte Habitatuntersuchungen an naturnahen Hochrheinabschnitten durchzuführen. Damit könnte auch eine weitere Grundlage für ein Bewertungssystem zur biologischen Zustandserfassung grosser Schweizer Fliessgewässer geschaffen werden. Die kommenden Jahre werden darüber entscheiden, inwieweit sich der Hochrhein, dessen Lebewelt Flussregulierungen, den Bau von 11 Kraftwerkstufen, verschiedene Chemieunfälle und drei Jahrzehnte stoffliche Belastung überstanden hat, gegen eine biologische Invasion durchsetzen kann, die durch künftig wohl weiter steigende Wassertemperaturen gefördert wird.

Neue Probleme erfordern neue Herangehensweisen

> Résumé

En 2011 et 2012, il a été procédé aux *analyses biologiques coordonnées du Haut Rhin* pour la cinquième fois depuis 1990. Le présent rapport décrit les résultats des recherches sur les populations de petits organismes invertébrés vivant dans le lit du fleuve, les macroinvertébrés.

C'est aux mêmes neuf emplacements que lors des études précédentes que des échantillons de lit du fleuve ont été prélevés depuis la rive et en plongée. Les échantillons d'animaux ont été conditionnés et identifiés en laboratoire. Le niveau de détermination taxonomique se fonde sur les exigences de la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR) et il dépend de la taille des animaux récupérés et des caractéristiques qu'elle permet de distinguer.

Une attention particulière a été accordée à la progression des invertébrés exotiques envahissants. Leurs effectifs et leur biomasse ne cessent d'augmenter, ce qui nuit aux populations de plusieurs espèces indigènes dans certains tronçons. Depuis 2007, l'invasion des organismes exotiques s'est étendue à la plupart des tronçons situés en amont de l'embouchure de l'Aar. Dans cette partie du Haut Rhin, proche de l'état naturel sur de longs segments, la prolifération est également due à l'arrivée d'organismes exotiques depuis le lac de Constance, où quatre espèces envahissantes ont été introduites entre 2003 et 2010 et ont proliféré.

Dans la partie du Haut Rhin en aval de l'embouchure de l'Aar, les organismes exotiques envahissants constituent déjà plus de 50 % du nombre d'individus et bien plus de 80 % de la biomasse. Le premier emplacement étudié situé en amont de l'embouchure de l'Aar présente lui aussi des résultats similaires. Même si on n'atteint plus les proportions d'organismes exotiques supérieures à 98 % observées une fois dans la région bâloise, il est inquiétant de constater que de fortes densités de populations se sont installées entre Waldshut et Bâle. On a pu démontrer clairement pour la première fois qu'un invertébré aquatique exotique, le Gammare du Danube, *Dikergammarus villosus*, est capable de supplanter des espèces indigènes du Haut Rhin. Néanmoins, on espère que les espèces inféodées au Haut Rhin peuvent survivre dans les tronçons à morphologie proche de l'état naturel où l'habitat est diversifié.

Afin d'évaluer le potentiel de biotope-relais propre à ces endroits, il est proposé d'approfondir les recherches dans les tronçons du Haut Rhin qui sont proches de l'état naturel. Ces analyses pourraient en outre servir à mettre en place un système d'évaluation permettant de déterminer l'état biologique des grands cours d'eau de Suisse. Les prochaines années pourraient révéler dans quelle mesure la faune et la flore du Haut Rhin, qui ont survécu aux régularisations du fleuve, à la construction de onze barrages hydroélectriques, à plusieurs accidents chimiques et à 30 ans de pollution, peuvent résister à une invasion biologique, favorisée par la température de l'eau qui va probablement continuer de monter.

Cinquième campagne de recherche en 23 ans

Mêmes méthodes de recherche

Même objectif : les impacts de l'invasion des néozoaires

Propagation des néozoaires jusqu'en amont du Haut Rhin

À nouveaux problèmes, nouvelles approches

> Riassunto

Nel 2011 e 2012 hanno avuto luogo per la quinta volta dalla prima indagine, svoltasi nel 1990, *analisi biologiche coordinate* del Reno sul tratto dal lago Bodanico a Basilea (Hochrhein). Il presente rapporto esamina la popolazione del fondo dell'alveo fluviale, composta principalmente da piccoli organismi invertebrati, detti macroinvertebrati.

Quinta indagine in 23 anni

L'indagine, condotta a partire dalla riva ed impiegando sommozzatori nei punti profondi, ha raccolto campioni nelle stesse nove sezioni trasversali del fiume che erano state analizzate nelle indagini precedenti. Gli animali raccolti nei campioni sono stati identificati in laboratorio. Il livello di determinazione tassonomica è basato sui requisiti stabiliti dalla Commissione internazionale per la protezione del Reno (CIPR). Esso dipende anche dalla grandezza degli animali raccolti e quindi dalle caratteristiche che è possibile riconoscere.

Applicati gli stessi metodi di indagine

Particolare attenzione è stata prestata all'ulteriore incremento di specie di invertebrati alloctoni (neozoi). I neozoi sono in continuo aumento sia in termini di numero che di biomassa; di conseguenza, in certi tratti, l'esistenza di diverse specie indigene è minacciata. Dal 2007 l'invasione di neozoi interessa anche i tratti del Reno a monte della confluenza dell'Aare. La loro proliferazione in questo tratto del Reno allo stato seminaturale trae origine anche dalla migrazione di neozoi provenienti dal lago Bodanico. In questo tratto, tra il 2003 e il 2010 sono state introdotte quattro specie invasive, la cui proliferazione è stata massiccia.

Il punto saliente è rimasto invariato: l'impatto dell'invasione di neozoi

Nel Reno a valle della confluenza dell'Aare la presenza di neozoi supera già per numero il 50 per cento degli individui e più dell'80 per cento della biomassa. La proliferazione registrata presso il primo punto d'indagine a monte della confluenza dell'Aare si avvicina a tali valori. Non si registrano valori superiori al 98 per cento già misurati in precedenza nella regione di Basilea, ma l'elevato livello di proliferazione raggiunto tra Waldshut e Basilea rimane tuttavia preoccupante. L'indagine ha consentito per la prima volta di trovare indizi chiari sul fatto che il *Dikerogammarus villosus*, una specie alloctona detta «gamberetto killer», è in grado di soppiantare le specie indigene nel tratto di Reno dal lago Bodanico a Basilea. Al contempo rimane la speranza che le specie tipiche di quel tratto riescano a sopravvivere in sezioni del fiume caratterizzate da una morfologia seminaturale e una ricca offerta di habitat.

La proliferazione di neozoi ha raggiunto il tratto di Reno dal lago Bodanico a Basilea

Per valutare il potenziale di tali tratti seminaturali si propone di eseguire indagini di habitat dettagliate nei tratti del Reno dal lago Bodanico a Basilea caratterizzati da una morfologia seminaturale. Ciò consentirebbe di elaborare un'ulteriore base per un sistema di valutazione da applicare al rilevamento dello stato biologico dei grandi corsi d'acqua svizzeri. I prossimi anni saranno decisivi per stabilire fino a che punto tale tratto del Reno, il cui ambiente ha superato correzioni fluviali, la costruzione di 11 centrali idroelettriche, diversi incidenti con prodotti chimici e tre decenni segnati dall'impatto di sostanze inquinanti, potrà resistere a un'invasione biologica, che sarà probabilmente agevolata dalle temperature dell'acqua destinate a salire.

Nuovi problemi esigono nuove soluzioni

> Summary

In 2011 and 2012 *Coordinated Biological Surveys* were carried out in the High Rhine for the fifth time since 1990. This report presents the results of the surveys on colonisation of the river bed by small invertebrate organisms, the macroinvertebrates.

Fifth survey campaign in 23 years

Samples were collected on the same nine river cross sections as in the previous campaigns, from the bank and from the river bed by divers. The organisms in the samples were immobilised and then identified in the laboratory. The identification level was based on the current requirements of the International Commission for the Protection of the Rhine (ICPR). It also depended on the size of the organisms collected and the associated detectability of identification characteristics.

Survey methods were retained

A particular focus was the further advance of invasive alien invertebrate species (neozoa). Neozoa keep increasing in number and biomass, and several indigenous species are endangered on some sections. Since 2007 the invasion of neozoa has reached most sections of the Rhine above its confluence with the Aare. The propagation of neozoa in this part of the High Rhine with long near-natural stretches also has its origin in their migration from Lake Constance. Four invasive species were also introduced there between 2003 and 2010 and have increased massively.

Unchanged focus: Impact of neozoa invasion

In the High Rhine below its confluence with the Aare, neozoa already account for over 50 % of individuals and well over 80% of the biomass. Colonisation at the first survey point above the Aare confluence is also close to these levels. Although the >98 % levels already detected in the Basel area have not yet been reached, the high levels of the population densities between Waldshut and Basel is quite alarming. For the first time clear indications have been found that one invasive species, *Dikerogammarus villosus* also known as “killer shrimp”, is able to displace indigenous species in the High Rhine. Nonetheless, it is hoped that typical High Rhine species can survive in morphologically near-natural stretches with habitat diversity.

The neozoa have spread to the upper High Rhine

To clarify the stepping stone potential of these near-natural sites, it is proposed to carry out detailed habitat surveys on near-natural stretches of the High Rhine. A further basis for an evaluation system for recording the biological status of large Swiss rivers could then be created. The environment of the High Rhine has survived river regulation, the construction of 11 hydropower plants, various chemical spillages and thirty years of substance pollution. The coming years will determine the extent to which the High Rhine can resist a biological invasion which will be assisted by the probable further rise in water temperatures in the future.

New problems demand new approaches

> Einleitung

Benthische Makroinvertebraten, die wirbellosen Kleinlebewesen der Gewässersohle, sind in grossen Flüssen wie dem Hochrhein in hohen Arten- und Individuenzahlen vertreten. Hier spielen sie verschiedene Rollen im Nahrungsnetz der Fluss-Lebensgemeinschaft: sie filtern organische Partikel aktiv (z. B. Muscheln) oder passiv (einige Köcherfliegenlarven) aus dem Wasser, sie verwerten Pflanzen- und Holzreste (z. B. Flohkrebse und Steinfliegenlarven), sie weiden den Algenaufwuchs ab (z. B. Eintagsfliegenlarven) oder durchwühlen das Sediment nach Fressbarem (z. B. Würmer). Unter vielen Wirbellosen-Familien findet man auch räuberisch lebende Arten. Bodenlebende Wirbellose sind also Verwerter grosser Mengen organischen Materials in den verschiedenen Kompartimenten des Gewässerlebensraums; umgekehrt dient ein grosser Teil von ihnen Fischen als bevorzugte Nahrung.

Seit 1990 werden am Hochrhein im 5–6-Jahresturnus *Koordinierte biologische Untersuchungen* mit Beteiligung der zuständigen Fachstellen des Bundes, der Rheinankantone und Baden-Württembergs durchgeführt. Auslöser war das nach der Brandkatastrophe bei Schweizerhalle 1986 ins Leben gerufene Rheinmessprogramm Biologie der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins IKSR (www.iksr.org). Die Hochrhein-Untersuchungen liefern damit einen wichtigen Beitrag zu den biologischen Bestandsaufnahmen entlang des gesamten Rheins im Rahmen des Programms «Rhein 2020». Die Zielsetzungen der Programme und die sich daraus ableitenden Untersuchungen ähneln sich auf Schweizer und deutscher Seite. Abweichungen rühren daher, dass sich Deutschland seit 2000 eng an die Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie (www.europa.eu/legislation_summaries/agriculture/environment/128002b_de.htm) halten muss, während die Schweiz vor allem Wert auf die Kontinuität der Bestandsaufnahmen seit 1990 legt.

Der Hochrhein zwischen Bodensee und dem Rheinknie in Basel ist einer der biologisch am besten untersuchten Rheinabschnitte. Neben den im vorliegenden Bericht behandelten Makroinvertebraten wurden die ufernahe Jungfisch-Biozönose und mit unterschiedlicher Probestellendichte bzw. in grösseren Intervallen auch das Phytoplankton, die restlichen Fische und die Makrophyten erfasst. Die Untersuchungen stehen vor dem Hintergrund regelmässiger Messungen der chemischen Wasserqualität und der Hydrologie an vier Stationen entlang des Hochrheins. Neben dem Hochrhein konnten seit 2001 mit der gleichen Methode auch die Benthosbiozönosen (Lebensgemeinschaften der Flusssohle) in der Aare, im Alpenrhein, in der Limmat und in der Reuss untersucht werden^{[10], [20], [29]–[33], [37], [40]–[42], [52]}.

Zunächst und in erster Linie erfüllen die Koordinierten biologischen Untersuchungen ihre Aufgabe als Langzeitmonitoring. Bei den Makroinvertebraten wird ein Stellennetz von neun Flussquerschnitten beprobt, das 1990 festgelegt wurde und seither unverändert blieb. Durch regelmässige, fachlich fundierte und umfassende Untersuchungen sollen Hintergrundinformationen über den jeweiligen biologischen Zustand des Hochrheins und den Charakter der Sohlenbesiedlung verschiedener Abschnitte gewonnen

Die Rolle der Makroinvertebraten im Lebensraum Fluss

Kontinuität der biologischen Untersuchungen im Hochrhein

Hochrhein zählt zu den biologisch am besten untersuchten Schweizer Flüssen

Schwerpunkt der Untersuchungen ist das Monitoring biologischer Veränderungen und Besonderheiten

werden. So soll auch festgehalten werden, wenn es durch Veränderungen der Flussstruktur, der Wasserqualität und anderer – auch biologischer – Umgebungsfaktoren zu einer Beeinflussung der Lebewelt kommt. Durch die kontinuierliche Berichterstattung im Rahmen der Publikationen des Bundesamtes für Umwelt (Schriftenreihen Nr. 190, 191, 196, 197, 282, 283, 345, 375 und 822) ist jederzeit ein Vergleich mit früheren Szenarien möglich.

Benthische Makroinvertebraten, wirbellose Kleinlebewesen der Gewässersohle, sind gute Indikatoren (Zeiger) für den Gewässerzustand. Weil sie unterschiedlich auf den Gehalt fäulnisfähiger Stoffe im Wasser reagieren, wurden sie früher vor allem als sogenannte Saprobier und damit als Indikatoren für die stoffliche Belastung herangezogen. Seit unsere Gewässer sauberer geworden sind, geben sie eher Auskunft über das Habitatangebot und damit über die morphologische Qualität ihres Lebensraums. Im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts zur Untersuchung und Beurteilung der Schweizer Fliessgewässer wurde auch ein Modul Makroinvertebraten erarbeitet^[9]. Die Einsatzmöglichkeit dieses Instruments endet jedoch an Gewässern, die nicht bewatbar sind und deshalb nicht mehr repräsentativ auf ganzer Breite beprobt werden können und zudem auch andere Besiedlungsmuster aufweisen als kleinere Fliessgewässer. Für grosse Fliessgewässer fehlen somit noch entsprechende Untersuchungs- und Bewertungsvorgaben.

Makroinvertebraten als Indikatororganismen

Im Gegensatz zu kleineren Fliessgewässern mit einer typspezifischen Artenzusammensetzung lebt in grossen Mittelland- und Tieflandflüssen meist ein sehr viel grösseres Spektrum an Arten. Dies hat vor allem drei Gründe:

- > grosse Flüsse besitzen ein insgesamt umfangreicheres Angebot unterschiedlicher besiedelbarer Habitate;
- > nur selten besitzen sie selektierende Umgebungsbedingungen, wie z.B. starke Temperaturschwankungen und turbulente Strömungen;
- > durch Zuflüsse unterschiedlichen Charakters wird das Artenspektrum eines grossen Flusses weiter bereichert.

Aus diesem Grund eignen sich Makroinvertebraten in grossen Flüssen auch weniger gut als Indikator des Gewässerzustands – viele spezialisierte Arten können «auch» in einem grossen Fluss leben und nicht «nur» in einem Gewässer mit besonderen Umgebungsbedingungen. Daneben fühlen sich im sauberen Flusswasser auch solche Arten wohl, deren Vorkommen in einem kleineren Gewässer ein deutlicher Belastungszeiger ist.

In grossen Flüssen eignen sich Makroinvertebraten nur eingeschränkt zur Gewässergütebestimmung

In der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie spielen Makroinvertebraten dennoch auch in grossen Fliessgewässern eine zentrale Rolle als Indikatoren des Gewässerzustands. Bei der Entwicklung von Gewässergüte-Indices für die grossen Flüsse^[47] stand man ebenfalls vor dem oben beschriebenen Problem: der Nutzen einer Art als Indikator nimmt mit der Grösse des betrachteten Fliessgewässers ab. Ein zweites, noch grösseres Problem kommt hinzu – die ungebremste Ausbreitung invasiver Neozoenarten. Ihnen kann kein Indikator-Wert zugeordnet werden, da sie fast ausschliesslich zu den Generalisten zählen, Arten, die unter unterschiedlichsten Bedingungen siedeln und sich reproduzieren können. Der Neozoenanteil ist in den grossen europäischen Wasserstras-

Makroinvertebraten und europäische Wasserrahmenrichtlinie

sen zwischenzeitlich so hoch, dass nicht mehr als 1 % der vorgefundenen Tiere überhaupt noch als Indikatoren betrachtet und für eine Zustandsbewertung herangezogen werden können. Die Ergebnisse aus dem vorliegenden Bericht werden zeigen, dass ähnliche Entwicklungen nun auch im gesamten Hochrhein eingetreten sind.

Unter anderem wegen solcher Unwägbarkeiten bei der Ermittlung der biologischen Gewässergüte konnten wir die Ergebnisse im Rahmen der Koordinierten biologischen Untersuchungen im Hochrhein nicht mittels biologischer Indices bewerten^{[29]-[33], [37], [40]-[42]}. Entsprechende Versuche mit dem Schweizer IBCH und weiteren Berechnungsansätzen lieferten keine sinnvollen Ergebnisse^[32]. Auf die Beurteilung grosser Flüsse anhand ihrer Makroinvertebratenbesiedlung und die Notwendigkeit einer Güteklassifizierung kommen wir in Kap. 3.4.2 noch einmal zurück.

Die nun folgenden Ausführungen stehen – wie schon 2006/2007 – im Zusammenhang mit einer Entwicklung, die nun auch die tierische Besiedlung des Hochrheins grundlegend verändert hat: die Ausbreitung invasiver Neozoenarten. Weiter gehende Einblicke in die Biologie des Hochrheins und ihre Entwicklung liefert die parallel zu diesem Bericht erstellte Studie «Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein; Teil: Jungfische, Kleinfische und Rundmäuler»^[52].

**Im Hochrhein werden keine
Güte-Indices berechnet**

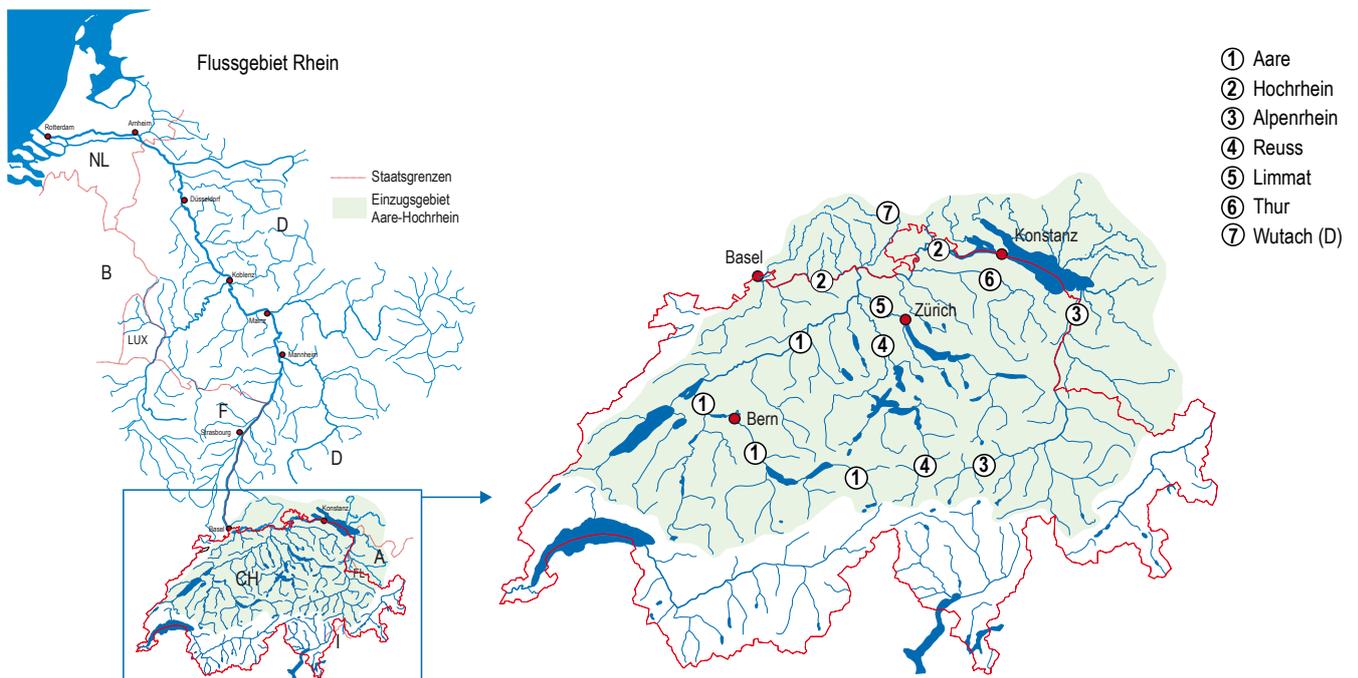
**Die Neozoeninvasion bleibt
vorrangiges Thema**

1 > Hochrheinuntersuchungen 2011/12

Der Hochrhein und die bei Waldshut-Felsenau in ihn mündende Aare sind die beiden grössten Fliessgewässer der Schweiz und entwässern rund zwei Drittel des Landes (Abb. 1). Zu ihrem Einzugsgebiet zählen darüber hinaus Flusssysteme aus Bayern, Baden-Württemberg, Vorarlberg sowie ein kleiner Zipfel der italienischen Lombardei. Einzelne Quellen des Einzugsgebiets entspringen in über 3000 m Meereshöhe (Vorderrhein, Tödigletscher). Im Dreiländereck bei Basel, mit rund 250 m Meereshöhe dem tiefsten Punkt der Nordschweiz, verlässt das Wasser Schweizer Hoheitsgebiet und macht sich auf den Weg in die Nordsee. Als Hochrhein wird der ca. 150 km lange Rheinabschnitt zwischen Bodensee und dem Rheinknie bei Basel bezeichnet. Sein Einzugsgebiet hat eine Fläche von rund 35 500 km², wovon 17 500 km² auf das Einzugsgebiet der Aare entfallen.

Der Hochrhein und sein Einzugsgebiet

Abb. 1 > Das Flussgebiet Rhein mit seinen Schweizer Einzugsgebieten Aare, Alpenrhein und Hochrhein



1.1 Biozönotische Flusszonierung

Der Hochrhein vereinigt biozönotische Komponenten aus einem grossen Spektrum von Gewässertypen – vom Gebirgsbach und Mittelgebirgsflüssen bis zum grossen Voralpensee. Dies und die Tatsache, dass sich der hydrologische und ökomorphologische Charakter des Flusses mehrfach ändert, legt eine Flusszonierung nach biozönotischen Gesichtspunkten in vier unterschiedliche Abschnitte nahe (vgl. Kap. 1.1.3).

Flusszonierung in vier unterschiedliche Abschnitte

1.1.1 Der Hochrhein als Kette von Staustufen

Ein zentraler Aspekt für die gewässerökologische, morphologische und hydrologische Charakteristik des Hochrheins ist die Unterbrechung des Flusslaufs durch insgesamt 11 Flusskraftwerke (Abb. 2), zwischen denen oft weniger als 10 km Flussstrecke liegen. Diese Staustufenkette wirkt sich vor allem auf die biologische und abiotische (Geschiebe-)Systemdurchgängigkeit aus; die Stauwurzeln reichen – je nach Stauziel und Wasserstand – meist bis an die nächste Staustufe. Durch die Stauhaltungen werden zahlreiche abiotische und biotische Komponenten beeinflusst, wie z. B.

- > der Strömungscharakter
- > die Form und Zusammensetzung der Sohle
- > die Wassertemperatur
- > der Sauerstoffgehalt
- > die Trübung
- > die Entwicklung von Plankton und Wasserpflanzen.

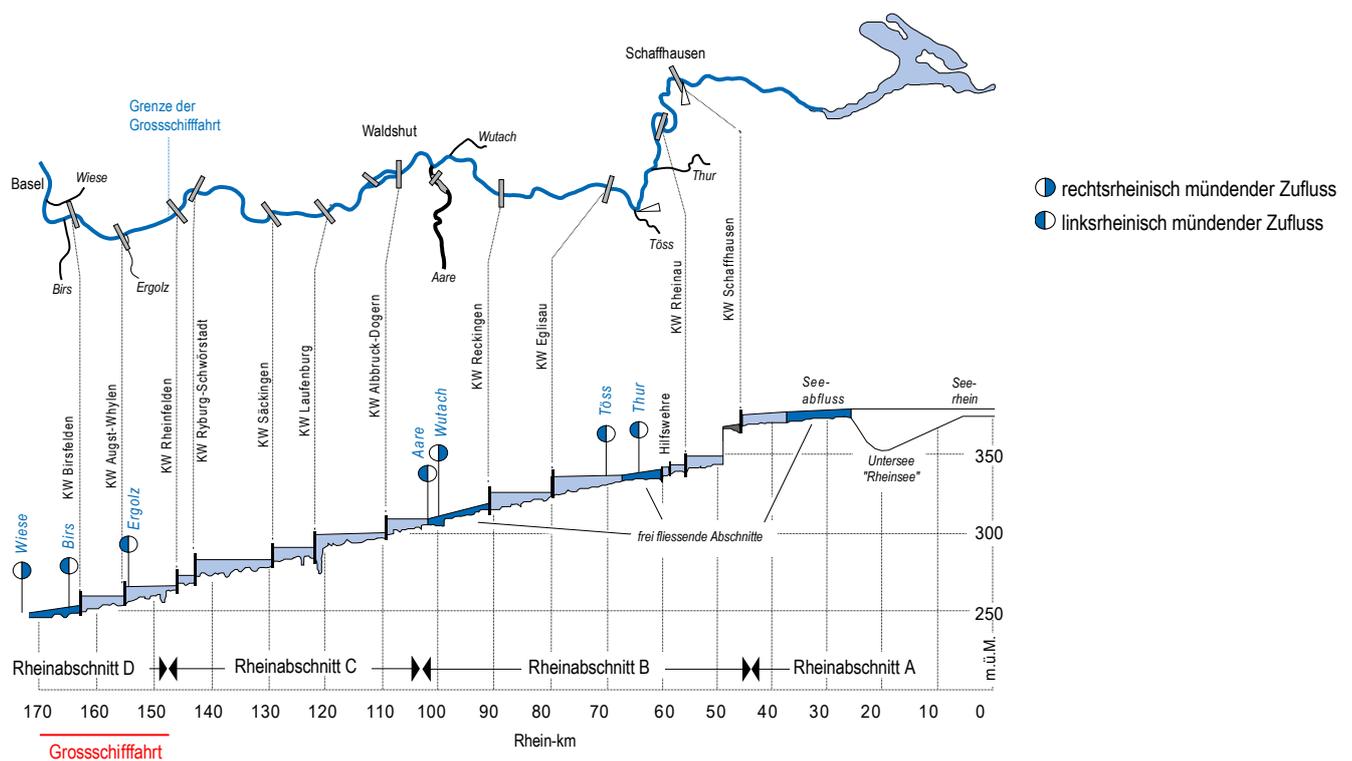
Flusskraftwerke prägen den Flusslauf

In den Staubereichen selbst ist der biologische Besiedlungscharakter deutlich verändert. Sie bieten für einen Fluss untypische Lebensräume, in denen sich auch strömungssensible Organismen entwickeln können, vor allem aber Organismen, welche die hier abgelagerten Feinsubstrate besiedeln können.

Staubereiche verändern die Lebensgemeinschaften

Abb. 2 > Längsverlauf des Hochrheins

Lage der Staustufen, der Zuflüsse und der vier Hochrheinabschnitte.



1.1.2 Biozönotische Flussabschnitte

Als grosser Seeabfluss verlässt der Hochrhein bei Stein am Rhein (SH) den Bodensee und zeigt in seinem weiteren Verlauf sowohl hyporhithrale (einem Mittellandfluss entsprechende) als auch epipotamale (einem Tieflandfluss entsprechende) Charakteristika. Bis auf die Mündungsbereiche einiger Zuflüsse sind die Flussufer überwiegend steil, weshalb der Hochrhein niemals so ausgeprägte Begleitauen besass wie der Oberrhein unterhalb von Basel.

Hochrhein zeigt Charakteristika von Mittelland- teilweise auch von Tieflandflüssen

Anthropogene Nutzungen und Verbauungen führen heute zu deutlichen Unterschieden in Sohlenstruktur, Strömungscharakter und im Natürlichkeitsgrad des Längs- und Querprofils. Die Veränderungen durch den Menschen verstärken sich flussabwärts, bis der Fluss im Raum Basel den Charakter eines monotonen Schiffahrtskanals aufweist.

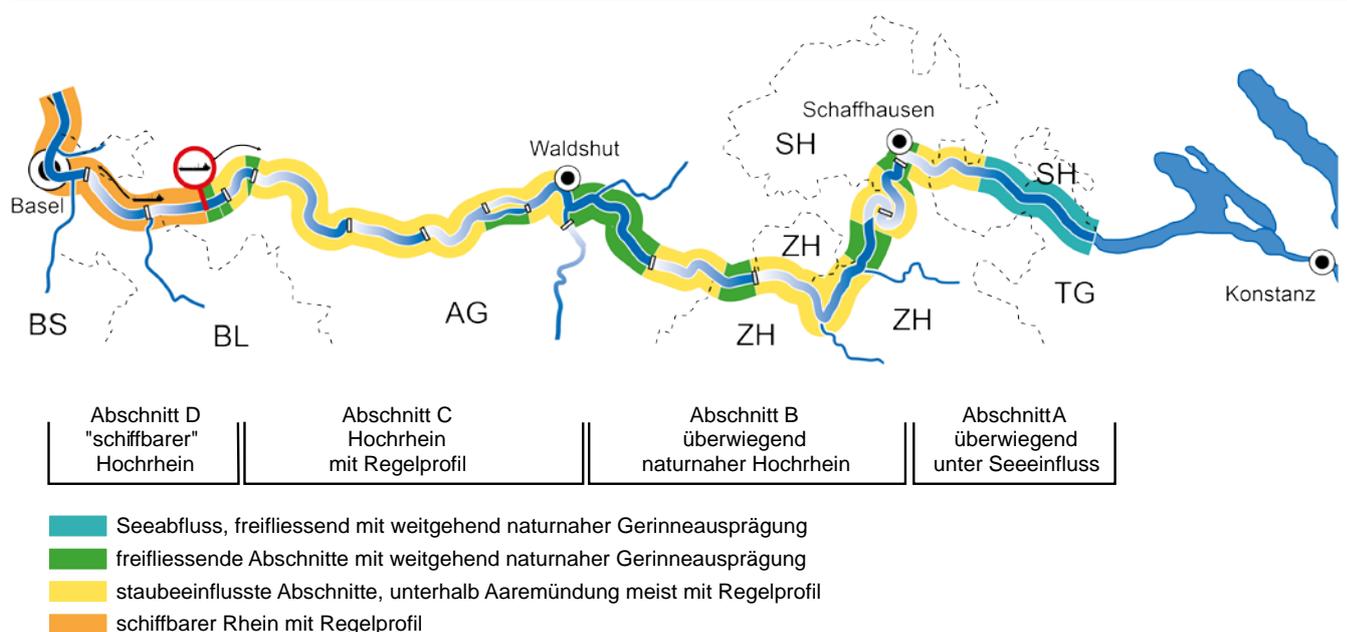
Anthropogene Veränderungen nehmen flussabwärts zu

Unter all diesen unterschiedlichen Gesichtspunkten und zusätzlich unter dem Aspekt der Schiffbarkeit lässt sich der Hochrhein in vier Abschnitte (A-D) einteilen (Abb. 3). Gemäss der Wasserkörperzuordnung der EU-Wasserrahmenrichtlinie werden dagegen nur zwei Abschnitte unterschieden (Hochrhein oberhalb und unterhalb Aaremündung). Freifliessende Abschnitte, in denen die gesamte Wassermenge ungehindert abfliessen kann und die von Naturufern gesäumt sind, bestimmen nur noch zwischen Bodensee und Schaffhausen, zwischen Rheinau und der Thurmündung sowie zwischen Rekingen und der Aaremündung den Fliesscharakter des Hochrheins. Danach bleiben sie meist auf wenige hundert Meter lange Strecken unterhalb der jeweiligen Flusskraftwerke beschränkt.

Der Hochrhein besitzt nur noch wenige freifliessende Abschnitte

Abb. 3 > Fliesscharakter des Hochrheins innerhalb der vier unterscheidbaren Flussabschnitte

Genereller Fliesscharakter



1.1.3 Die Hochrheinabschnitte

Der Hochrhein ist aufgrund seiner morphologischen und hydrologischen Charakteristika, aber auch aufgrund des Ausbaugrades und seiner Nutzung in unterschiedliche Abschnitte zu gliedern, deren Eigenheiten sich oft auch in der benthischen Besiedlung niederschlagen. Die Internationale Kommission zum Schutz des Rheines (IKSR) kennt zwei unterschiedliche Einteilungen, jeweils in zwei Abschnitte: nach dem Kriterium des Ausbaus für die Güterschifffahrt^[46], oder nach biozönotischen Kriterien (Plankton), welche den Seeausfluss vom restlichen Hochrhein unterscheiden^[35]. Beide Kriterien werden im Folgenden berücksichtigt, hinzu kommt noch als wesentliches hydrologisches Kriterium der Zufluss der Aare bei Felsenau, so dass sich vier deutlich unterschiedliche Hochrheinabschnitte ergeben (Abb. 3).

Abschnitt A – Seeabfluss bis Rheinflall

Untersuchungsstelle: Hemishofen

Hochrheinabschnitt A beginnt als typischer Seeabfluss und reicht vom Bodensee-Untersee (Schwelle bei Eschenz, ca. Rhein-km 23) bis zum Wehr des Kraftwerks Schaffhausen (Rhein-km 44,8). Grössere Zuflüsse fehlen; der Bodensee bestimmt in diesem Abschnitt Wasserführung, Temperaturregime und Planktoneindrift. Geschiebeeintrag und -weiterleitung sind natürlicherweise gering, auf Grund der geringen Tiefenerosion prägt dennoch Rheinkies grosse Sohlenflächen. Stellenweise trifft man auch auf eine stabile, teilweise biogen verkalkte und deshalb kolmatisierte Sohle (vgl. Kapitel 4.1). Ausserhalb grösserer Ortschaften zeigt der Fluss oft noch seinen natürlichen Charakter. Dies trifft sowohl auf die Linienführung, die Ökomorphologie von Ufer und Stromsohle als auch auf den Fließcharakter zu. Erst im Staubereich des Kraftwerks Schaffhausen erfährt der Rhein eine deutliche anthropogene Veränderung (Abb. 4).

Kriterien für die
Abschnittsgliederung

Abschnitt A: der naturnahe,
aber schiffbare Seeabfluss

Abb. 4 > Hochrhein-Abschnitt A

a) naturnaher Seeabfluss bei Hemishofen



b) Staubereich Schaffhausen – Paradies



Der durch die Personenschifffahrt zwischen Bodensee und Schaffhausen hervorgerufene Wellenschlag führt stellenweise zu auffälligen Ufererosionen. Diesen wird lokal mit harten Uferverbauungen (Ufermauern, Blockwurf), aber auch mit künstlichen Kiesschüttungen entgegengewirkt.

Abschnitt B – Rheinfall bis Aaremündung

Untersuchungsstellen: Rheinau, Eglisau, Tössegg, Rietheim

Abschnitt B reicht vom Kraftwerk Schaffhausen bis zum Zusammenfluss von Rhein und Aare (Rhein-km 44,8 bis 102,5). Auch dieser Abschnitt zeigt noch lange Strecken mit naturnahem Fliesscharakter, gekennzeichnet durch starke Breitenvariabilität, Strömungsvielfalt und lockeres Sohlensubstrat. Neben der natürlichen Unterbrechung durch den Rheinfall wird das Fliesskontinuum von den Staustufen bei Rheinau, Eglisau und Rekingen mit bis über 10 km langen Rückstaubereichen und einer 4,3 km langen Ausleitungsstrecke (Rheinau) unterbrochen (Abb. 5 a). Das von den grösseren Zuflüssen Thur, Töss und Wutach eingebrachte Geschiebe sedimentiert im Rhein im Bereich der Flussmündungen und später in den Stauwurzeln der jeweils unterhalb liegenden Hochrheinkraftwerke. Der für die Flussdynamik bedeutende Geschiebehaushalt ist deshalb auch innerhalb naturnah verbliebener Hochrheinabschnitte stark gestört.

Auf den letzten Kilometern vor der Aare-Mündung zeigt sich der Hochrhein noch in seiner ursprünglichen Form. Stromschnellen (z. B. Lauffen vor Koblenz; Abb. 5 b) wechseln mit tieferen Becken und naturnahen Fliessstrecken.

Abschnitt B: der naturnahe, meist freifliessende Hochrhein

Abb. 5 > Hochrhein-Abschnitt B

a) Rhein mit Naturufer im Stau Eglisau (Rhein-km 71)



b) Stromschnellen am Koblenzer Lauffen (Rhein-km 102)



Abschnitt C – Aaremündung bis Rheinfelden

Untersuchungsstellen: Waldshut, Sisseln

Abschnitt C beginnt am Zusammenfluss von Hochrhein und Aare und endet etwa bei der alten Rheinbrücke Rheinfelden (Rhein-km 102,5 bis 151; Abb. 6). Mit dem Zufluss der Aare ändert sich der Fliesscharakter des Rheins stark. Die Abflussmenge verdoppelt sich (im Durchschnitt 550 m³/s Aare gegenüber 450 m³/s im Rhein), das Flussbett tieft sich stark ein und der naturnahe Charakter in Linienführung und Ufermorphologie geht verloren. Staustufen und massive, stellenweise lückenlose Verbauungen des Uferbereiches und Ausbau von Werkkanälen prägen den Flusslauf nun deutlich. Auch die letzten bis vor wenigen Jahren noch verbliebenen Stromschnellen im «Gwild» unterhalb des Wehrs Rheinfelden mussten zwischenzeitlich zu grossen Teilen einem

Abschnitt C: regulierte, durch die Aare beeinflusste Staustufenkette

Kraftwerksneubau weichen. Rechtsrheinisch wird der Verlust des ehemaligen Naturdenkmals durch ein grosszügig strukturiertes Umgehungsgerinne teilweise ersetzt.

Abb. 6 > Hochrhein-Abschnitt C, unterhalb der Aaremündung

a) Staubereich des KW Albruck-Dogern bei Waldshut *b) Rhein bei Sisseln*



Abschnitt D, uneingeschränkt schiffbare Strecke unterhalb Rheinfeldens

Untersuchungsstellen: Schweizerhalle, Basel

Abschnitt D reicht von der alten Rheinbrücke Rheinfeldens bis oberhalb der Einmündung der Wiese bei Basel (Rhein-km 151 bis 168; Abb. 7). Ab Rheinfeldens ist der Hochrhein für Passagierschiffe und kleinere Frachtschiffe, ab Kaiseraugst auch für die grossen Rhein-Lastkähne befahrbar (Abb. 7 a). Von hier an existiert eine zusammenhängende Schifffahrtsstrasse bis zur Nordsee und – über den Main-Donau-Kanal – bis ins Schwarze Meer. Der Hochrhein wird hier durch ein Regelprofil charakterisiert. Das Sohlensubstrat in der Schifffahrtsrinne ist zeitweiligen Umlagerungen unterworfen.

Abschnitt D: Strecke der internationalen Rheinschifffahrt

Abb. 7 > Hochrhein-Abschnitt D – der schiffbare Hochrhein

a) Frachtkahn zwischen Birsfelden und Kaiseraugst *b) Rheinufer in Basel (Blick auf KW Birsfelden)*



1.2 Untersuchungsstellen, Kampagnen und Umgebungsfaktoren

1.2.1 Die Probenahmequerschnitte

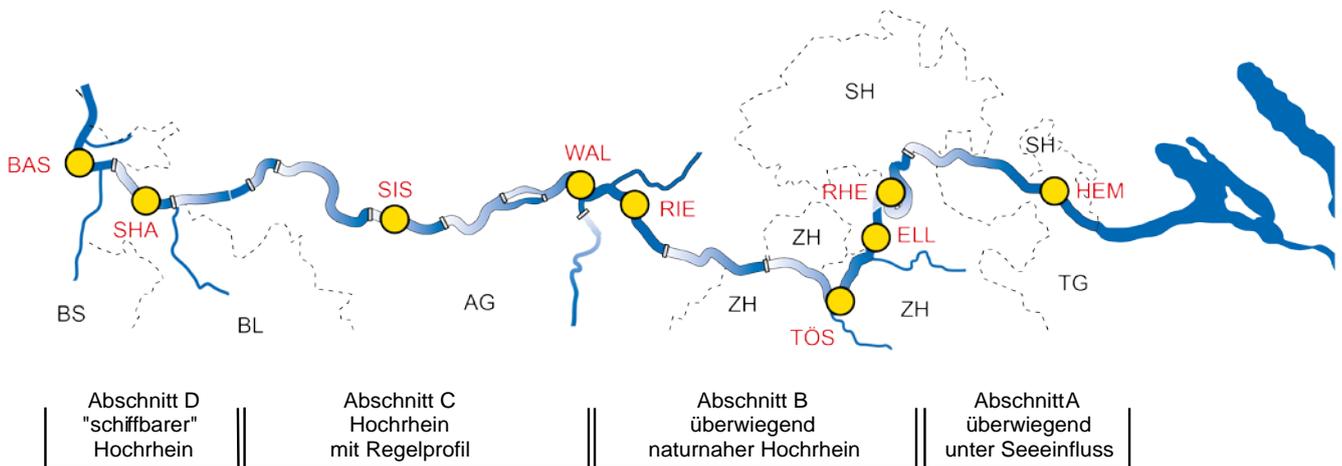
Die neun Probenahmequerschnitte (Transekte) des Untersuchungsprogramms wurden seit der ersten Untersuchungs-Kampagne 1990 beibehalten, da sie sich für den jeweiligen flussmorphologischen und biozönotischen Charakter grösserer zusammenhängender Hochrheinabschnitte als repräsentativ erwiesen haben (Tab. 1, Abb. 8). In Anhang 1 (Kap. 4.1) werden alle Querschnitte, ihre Lage und ihre morphologischen und ökologischen Besonderheiten sowie andere Kriterien des «Äusseren Aspekts» auf neun Tafeln vorgestellt.

Untersuchungsstellen wurden
seit 1990 beibehalten

Tab. 1 > Probequerschnitte der Koordinierten biologischen Untersuchungen im Hochrhein

Abschnitt und Rhein-km	Code	Stelle	Lage und repräsentativer Charakter
A	27,0 HEM	Hemishofen (SH/TH)	Seeabfluss des Bodensees; naturnaher, frei fliessender Bereich
B	55,5 RHE	Rheinau (D/ZH)	Restwasserabschnitt und Vollstau innerhalb eines noch naturnahen Rheinabschnitts
B	62,0 ELL	Ellikon (SH/ZH)	Naturnaher, freifliessender Abschnitt oberhalb der Thurmündung; 4 km unterhalb Rückleitung des KW Rheinau
B	70,5 TÖS	Tössegg (SH/ZH)	Tiefer, naturnaher Bereich innerhalb eines noch gut durchströmten Staubereichs oberhalb der Tössmündung; 8 km oberhalb KW Eglisau
B	98,2 RIE	Rietheim (D/AG)	Naturnaher, freifliessender rhithraler Abschnitt des Hochrheins oberhalb der Aaremündung; 8,2 km unterhalb KW Rekingen
C	102,4 WAL	Waldshut (D/AG)	Erster Hochrheinabschnitt unterhalb der Aaremündung. Gut durchströmter Abschnitt innerhalb einer Stauwurzel; 6 km oberhalb KW Albruck/Doggern. Die linke Probestelle liegt noch im Wasserkörper der Aare
C	126,5 SIS	Sisseln (D/AG)	Im Staubereich liegender, tiefer Abschnitt mit monotonem Tiefenprofil; 4,5 km unterhalb KW Laufenburg / 2,8 km oberhalb KW Säkingen
D	158,4 SHA	Schweizerhalle (D/BL)	Im Staubereich liegender, tiefer Abschnitt mit monotonem Tiefenprofil; Grossschiffahrt; 2 km unterhalb KW Augst/Wyhlen / 5,2 km oberhalb KW Birsfelden
D	167,6 BAS	Basel (BS)	Freifliessender Abschnitt im Stadtbereich; Grossschiffahrt

Abb. 8 > Lage der Probequerschnitte für die Koordinierten biologischen Untersuchungen im Hochrhein



1.2.2 Untersuchungszeiträume

Seit den Untersuchungen 2006 und 2007 wurde die Benthos-Besiedlung nicht mehr in drei, sondern nur noch in zwei Kampagnen untersucht. So konnten zwar saisonale Unterschiede nicht mehr differenziert betrachtet werden, von den meisten Benthosorganismen wurden aber noch immer junge und erwachsene und damit gut bestimmbare Exemplare gefunden. Dennoch ist davon auszugehen, dass bestimmte Arten oder Organismengruppen, die ihr Populationsmaximum in den Sommermonaten haben, in den Untersuchungen seit 2006 unterrepräsentiert sind. Dies betrifft zum Beispiel die Moostierchen (Bryozoa), verschiedene Eintagsfliegen- und Steinfliegengruppen (*Serratella ignita*, Herbstarten von *Leuctra* spp.) oder auch Kriebelmücken (Simuliiden). Die beiden Kampagnen fanden in denselben Jahreszeiten wie 2006/07 statt, im Spätherbst vom 1.11. bis zum 9.11.2011 und im Frühjahr vom 13.4. bis zum 22.4.2012 (vgl. Abb. 9). Noch stärker als im Jahr 2006 herrschte bei der Herbst-Probenahme Niederwasser, so dass alle zuvor benetzten Bereiche über lange Zeit stabil besiedelt waren. Die Frühjahrsprobenahme fand dagegen bei deutlich höheren, zunehmenden Wasserständen statt (vgl. Kap. 1.2.3). Einige der beprobten Uferbereiche waren dabei noch nicht lange benetzt und repräsentieren deshalb möglicherweise keine ungestörten Besiedlungsverhältnisse.

Zwei Untersuchungszeiträume sind ausreichend für repräsentative Ergebnisse

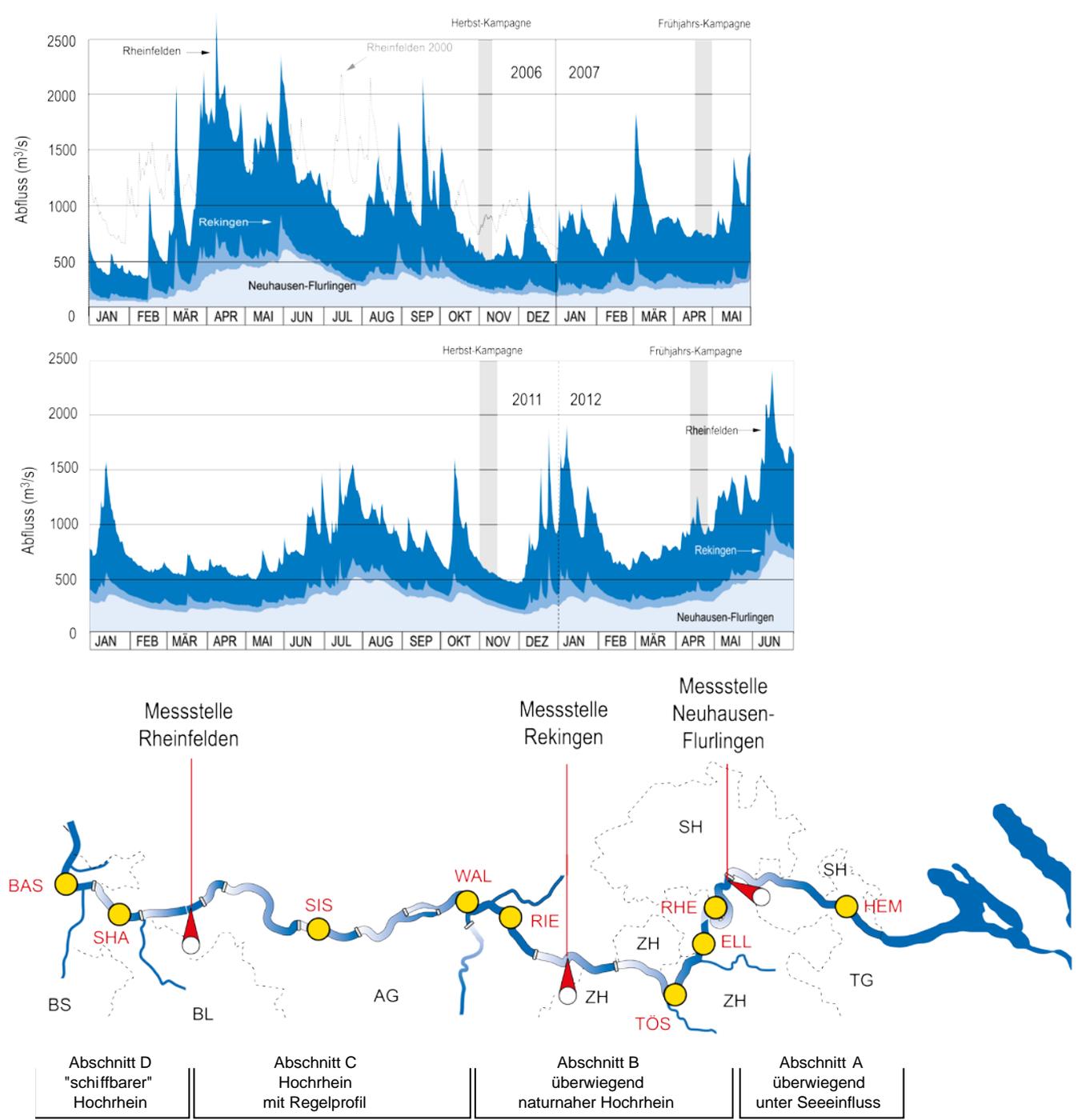
1.2.3 Abflüsse

Durch den Bodensee wird der Hochrhein-Abfluss gepuffert und liegt für einen Großteil des Jahres unter $500 \text{ m}^3/\text{s}$. Auch die Thur als erster grösserer Hochrheinzufluss führt dem Rhein normalerweise weniger als $50 \text{ m}^3/\text{s}$ zu. In seltenen Fällen kann ihr Abfluss jedoch über $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ erreichen. Durch den Zufluss der Aare wird der Hochrheinabfluss ($450 \text{ m}^3/\text{s}$) meist verdoppelt, bisweilen sogar verdreifacht. Bereits die mittlere Wasserführung der Aare ($550 \text{ m}^3/\text{s}$) übertrifft diejenige des Rheins oberhalb des Zusammenflusses ($450 \text{ m}^3/\text{s}$). Die weiteren Zuflüsse bis Basel machen nur einen geringen Anteil an der Wasserführung des Rheins aus. Nur die Wutach und die Birs erreichen Hochwasserspitzen um oder knapp über $300 \text{ m}^3/\text{s}$.

Die Aare ist der hydrologisch bedeutendste Hochrheinzufluss

Abb. 9 > Abflussverlauf des Hochrheins während der beiden letzten Untersuchungskampagnen

Abflussverläufe (Tagesmittel) an den Messstationen Neuhausen, Rekingen und Rheinfelden. Oben: 2006/07 (vorangegangene Kampagne) sowie ein etwas ungewöhnlicherer Abflussverlauf im Jahr 2000 (Rheinfelden, graue Linie); Mitte: Abflusskurven vom 1.1.2011 bis 30.6.2012 (aktuelle Kampagne). Graue Balken: Abflüsse während der Untersuchungen; unten: Lage der hydrologischen Messstationen.



Die Hochrhein-Abflüsse waren im ganzen Jahr 2011 im Vergleich zu den vorangegangenen beiden Kampagnen ungewöhnlich niedrig (Abb. 9). Nach einem Januarhochwasser blieben sie in Rheinfeldern bis Ende Juni unter der Marke von 750 m³/s; auch von der Aare kamen bis dahin keine Hochwasserabflüsse. Im Vergleichszeitraum 2006 lagen die Werte am Pegel Rheinfeldern ab Mitte März fast immer über 1500 m³/s. Auffällig war auch der extrem trockene Herbst 2011. Der Abfluss – gemessen in Rheinfeldern – sank bis Ende November auf unter 500 m³/s; ein Wert, der sonst nur im Spätwinter erreicht wird. Im Frühjahr 2012 lagen die Abflüsse wieder um durchschnittlich 300 m³/s höher als im Herbst.

2011 war ein ungewöhnliches Abflussjahr

1.2.4 Wassertemperaturen

Der Hochrhein weist zwischen Bodensee und Basel normalerweise keine grossen Temperaturunterschiede auf (Abb. 10). Während im Winter die Rhein-Temperatur im Raum Rheinfeldern bis zu zwei Grad über derjenigen im oberen Hochrhein liegt, ist sie von Mai bis Dezember wieder ausgeglichen. Deutlich ist der Unterschied zwischen den Messstellen Rekingen und Rheinfeldern, welcher durch den Zufluss des meist wärmeren Aarewassers zustande kommt. Die Unregelmässigkeiten des Temperaturverlaufs an der Stelle Rheinfeldern im August 2011 sind wahrscheinlich auf einen Messfehler zurückzuführen.

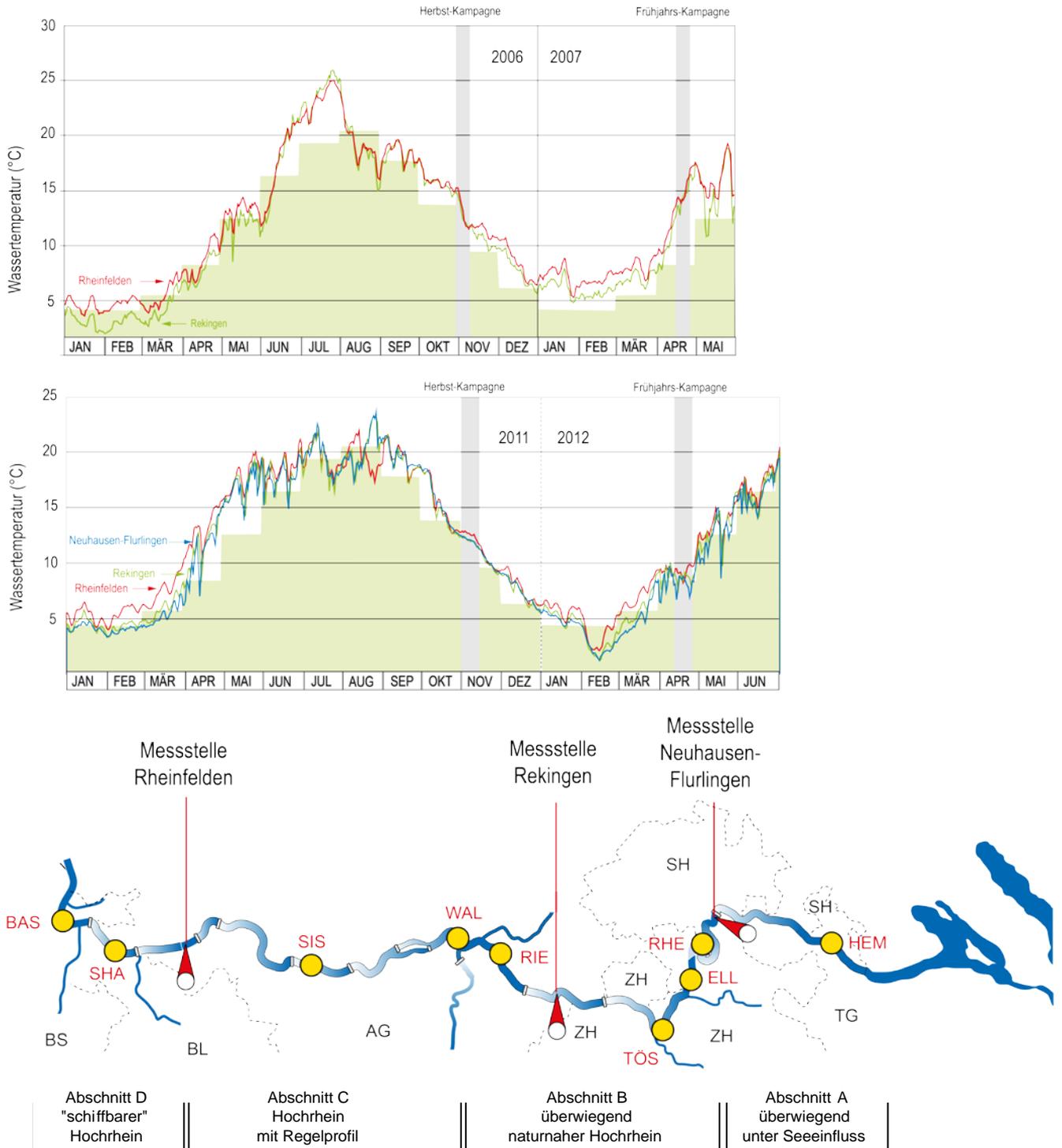
Der Hochrhein zeigt in seinem Verlauf nur geringe Unterschiede in den Wassertemperaturen

Bei den beiden letzten Untersuchungskampagnen lagen die Wassertemperaturen in vielen Fällen über dem langjährigen Monatsmittel (Abb. 10). Werte über 25 °C, wie sie im Juli 2006 auftraten, wurden 2011 nicht erreicht. Dagegen war der Rhein zwischen Ende Mai und Mitte September fast regelmässig um oder knapp über 20 °C warm (2006 nur bis Mitte August). Temperaturen jenseits von 20 °C liegen dabei schon über dem Optimum einiger sensibler rheophiler Hochrhein-Invertebraten. Anfang Oktober wurden bei beiden Kampagnen noch mehr als 18 °C (langjähriges Mittel <14,5 °C) gemessen. Für den unterschiedlichen Entwicklungsstand der Wasserinsekten im Frühjahr dürfte entscheidend sein, dass im April 2012 die Wassertemperaturen noch zwischen 7 °C und 9 °C lagen, während sie im ungewöhnlich warmen Frühjahr 2007 bereits 13 °C bis 16 °C erreicht hatten.

Die Wassertemperaturen im Hochrhein liegen oft über dem Optimum für sensible Organismen

Abb. 10 > Wassertemperatur im Hochrhein während der beiden letzten Untersuchungskampagnen

Temperaturverläufe (Tagesmittelwerte) der Messstationen Flurlingen und Rekingen (oberhalb Aaremündung) sowie Rheinfelden (unterhalb Aaremündung). Oben: Temperaturverlauf in den Jahren der letzten Kampagne 2006/07; Mitte: Temperaturverlauf vom 1.1.2011 bis 30.6.2012 (aktuelle Kampagne). Grün hinterlegt: langjährige Monatsmittelwerte der Messstation Rekingen. Unten: Lage der Messstellen im Hochrhein.



1.2.5 Trübung und Lichtverhältnisse auf der Sohle

Aus dem Bodensee erreichen nur selten Trübstoffe den Hochrhein. Wenn, dann wurden sie bei Sturm und Wellengang in der Flachwasserzone mobilisiert. Auch bei starker Phytoplanktonentwicklung kann das Wasser im Seeabfluss leicht getrübt oder grünlich gefärbt sein. Hauptverantwortlich für den Eintrag von natürlichen Trübstoffen in den Hochrhein sind die Flüsse Thur, Töss und Wutach; alle münden in Abschnitt B in den Hochrhein (Abb.1.10 unten). Die Aare, die kurz oberhalb ihrer Mündung in den Rhein durch den Stausee Klingnau fließt, wirkt sich dagegen eher durch eine «Grundtrübung» auf die Lichtdurchflutung in den tieferen Hochrheinabschnitten C und D aus. In einigen Abschnitten unterhalb der Aaremündung trägt auch der Schwall- und Sunkbetrieb der Kraftwerke zur Aufwirbelung von sedimentierten Feststoffen bei. Im Grossraum Basel kommen die Turbulenzen durch die Schifffahrt und den Schleusenbetrieb hinzu, die ebenfalls Feinsedimente von der Rheinsohle aufwirbeln. Dieser Effekt ist im Sommerhalbjahr auch in den Flachuferbereichen im Abschnitt A feststellbar.

Die Wassertrübung im Hochrhein nimmt durch alle diese Faktoren zwischen Bodensee und Basel kontinuierlich zu; zu manchen Zeiten ist der Unterschied gering (vgl. Kampagne 2006/07^[30]), bei häufigen Hochwasserereignissen in einzelnen oder mehreren Zuflüssen kann er aber auch über lange Zeit sehr ausgeprägt sein. Trübung wirkt sich auf die Lichtdurchflutung und damit auf das Pflanzenwachstum auf der Rheinsohle aus. Aus diesem Grund finden wir in den oberen Hochrheinabschnitten auch in tieferen Bereichen einen deutlich stärkeren Makrophytenbewuchs als im Rheinabschnitt D (Abb. 11).

Abb. 11 > Unterschiedliche Trübung und Lichtdurchflutung im Hochrhein

Trübung und Licht sind entscheidende Faktoren für manche Besiedlungsunterschiede auf der Hochrheinsohle. Linkes Bild: Am Tössegg trifft man bei klarer Sicht auch in über 4 m Wassertiefe auf dichte Wasserpflanzenbestände; rechtes Bild: im trüberen Wasser des Rheins bei Schweizerhalle wachsen in derselben Tiefe keine Pflanzen mehr, das Licht ist deutlich schwächer.



Trübstoffe erreichen den Hochrhein in der Regel erst ab der Thurmündung

Trübstoffeintrag hängt von Ort und Zahl der Hochwasserereignisse in den Zuflüssen ab

1.2.6 Chemisch-physikalische Wasserqualität

Die chemische Belastung des Hochrheins durch Industrie und kommunale Abwässer konnte dank des qualitativen Gewässerschutzes seit Anfang der 1980er-Jahre auf ein Minimum reduziert werden. Aus dem Bodensee gelangen nur geringe stoffliche Belastungen in den Hochrhein. Bis in den Raum Waldshut hinein stellen Kläranlagenabwässer aus dem Einzugsgebiet die vorrangige Belastungsquelle dar. Über die Zuflüsse Thur (km 64,5), Töss (km 70,6) und vor allem die Glatt (km 78,5) erreichen den Hochrhein Restbelastungen mit dem gereinigten kommunalen Abwasser und aus Industrieabwässern der Bereiche Frauenfeld, Winterthur und Zürich. Hinzu kommen diffuse Einträge aus der Landwirtschaft. Eine geringe zusätzliche Belastung des Rheinwassers durch die Aare ist beim DOC (dissolved organic carbon = gelöster organischer Kohlenstoff) nachweisbar. Die Einträge liegen jedoch innerhalb tolerierbarer Grenzen, die Wasserqualität ist seit mehr als zwei Jahrzehnten am ganzen Hochrhein gut, Überschreitungen einzelner Belastungsparameter kommen nur noch in Einzelfällen vor.

Aktuelle Daten zur chemischen Wasserqualität des Hochrheins wurden wieder von den kantonalen Gewässerschutzbüros und der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW) Baden-Württemberg zur Verfügung gestellt. Die Werte der relevanten Parameter sind in Kap. 4.3 aufgeführt. Die Entnahmeorte für die chemischen Wasserproben sind an zwei Stellen identisch mit denen der untersuchten Flussquerschnitte, den restlichen Stellen wurden die Werte der nächstgelegenen chemischen Probenahmestellen zugeordnet. Ergänzend werden die Werte des Mündungsbereiches zweier Zuflüsse (Thur, Aare) angegeben.

An keiner der offiziellen Messstellen im Rhein wurden in den Jahren 2011/2012 Anforderungen an die Wasserqualität nach Anhang 2 GSchV verfehlt. Die maximalen Belastungswerte lagen nach den Qualitätsstufen des Modul-Stufen-Konzepts in mehr als 50 % der Fälle bei «sehr gut», der Rest bei «gut». Es ist daher davon auszugehen, dass es derzeit im Hochrhein keine relevanten Stoffbelastungen in den Standardparametern mehr gibt, die über grössere Flussabschnitte wirken. Für Mikroverunreinigungen (Arzneimittelrückstände, hormonaktive Substanzen und andere Spurenstoffe), die immer mehr in den Fokus des Gewässerschutzes rücken, können zwar noch keine aktuellen Werte im Vergleich vorgestellt werden, Messungen der letzten zwei Jahrzehnte bei Weil am Rhein zeigen jedoch, dass die gesetzlichen Vorschriften meist eingehalten werden. Bei Basel wird in Einzelfällen aber beispielsweise die numerische Anforderung für organische Pestizide von 0,1 µg/l überschritten^[44 i].

Im aktuellen Untersuchungszeitraum zwischen Januar 2011 und Juni 2012 wurden an keiner der Hochrhein-Messstellen auffällige, biologisch bedenkliche Sauerstoffwerte festgestellt. Der Befund unterscheidet sich dabei nicht von den Ergebnissen der Jahre zwischen 1990 und 2007^{[30], [37], [40], [41]}. Ob es im Bereich von ARA-Einleitungen oder bei starkem Pflanzenwachstum in Stauabschnitten zu lokalen Zehrungserscheinungen kommt, wurde nicht untersucht, ist aber nicht ausgeschlossen.

Mögliche Quellen der stofflichen Belastung des Hochrheins

Die stoffliche Belastung im Untersuchungszeitraum war gering

Die Sauerstoffverhältnisse waren durchweg gut

1.3

Lebensräume

Unter Wasser und in den Übergangsbereichen von Wasser zu Land trifft man im Hochrhein auf Lebensräume unterschiedlichen Charakters und unterschiedlicher Dimension, von mehrere tausend Quadratmeter grossen Schotter-, Kies- und Sandflächen bis zu nur wenige Quadratmeter grossen Substraten wie Wasserpflanzen, Detritus, Laub, Totholz oder Muschelschalen (Abb. 12). Die Ausbildung solcher Meso- bzw. Mikrohabitate und die Besiedelbarkeit durch aquatische Organismen hängen ursächlich von der Topografie der Flusssohle und der Strömung ab, welche den Fluss formt und die Substrate sortiert. Strömung ist dabei ein Faktor, der von den meisten Wirbellosen im Rhein weniger gesucht als toleriert wird, weil jeder Organismus instinktiv möglichst wenig Energie verbrauchen möchte. Strömung ist für die meisten spezialisierten Arten aber auch unverzichtbar, weil sie Nahrung herantransportiert, Ausscheidungen abtransportiert und für die nötige Wassererneuerung und damit für Sauerstoffzufuhr sorgt. Ausserdem führt sie zu einem Konkurrenzvorteil von strömungstoleranten Arten gegenüber strömungssensibleren Arten. Eine besondere und für Wasserinsekten auch wesentliche Rolle spielen ins oder aus dem Wasser ragende Pflanzen, Totholz oder Steine, die den schlupffreien Larven den Ausstieg aus dem Wasser ermöglichen.

Die starken Veränderungen der Gewässerstruktur und des Abflusscharakters des Hochrheins hatten wesentlichen Einfluss auf die Häufigkeit, Verteilung und Ausprägung der Benthos-Habitate. Noch Ende des 19. Jahrhunderts besass der Fluss überwiegend einen hyporhithralen Charakter. Seine Wirbellosen-Biozönose setzte sich aus einigen Ubiquisten (weitverbreitete Arten mit unspezifischen Lebensraumansprüchen), mehreren epipotamalen Arten, in erster Linie aber aus strömungstoleranten spezialisierten Arten zusammen. Vorrangig waren dies Wasserinsekten^{[23], [43]}, die in besonderem Masse auf abwechslungsreiche Flussstrukturen und vielfältige Strömungsräume angewiesen sind. Heute finden sich entsprechende Mesohabitate nur noch in Hochrheinabschnitten, an denen einigermassen natürliche Abflussverhältnisse und nur geringfügig veränderte Ufer- und Gerinnestrukturen zusammen treffen.

**Charakter der Lebensräume
und die dafür entscheidenden
Kriterien**

**Strukturveränderungen führten
zu generellen Veränderungen der
Habitate und des Besiedlungs-
charakters**

Abb. 12 > Ausgewählte Teillebensräume (Choriotope) auf der Hochrheinsohle und im Übergangsbereich zwischen Wasser und Land

a) Grobkiesflächen (Tössegg)



b) Makrophyten und Fadenalgen (Rheinau)



c) grobe Blöcke und Abraummateral (Schweizerhalle)



d) Sandflächen (Tössegg)



e) Muschelbänke aus Dreissena (Hemishofen)



f) Felsgrund (Tössegg)



g) Totholz (Rietheim)



h) Wurzelgeflecht (Waldshut)



i) Laub, Detritus (Rheinau)



j) Schlamm (Rheinau)



k) Emergenz-Struktur Blöcke im Flachwasser (Waldshut)



l) Emergenz-Struktur Röhricht (Rheinau)



1.4 Methoden

1.4.1 Probenahme und Dokumentation

Seit Einführung der EU-Wasserahmenrichtlinie im Jahr 2000 haben sich einige Prioritäten beim Langzeitmonitoring zur biologischen Besiedlung des Rheins geändert. In den EU-Ländern werden Zahl und Ort repräsentativer Proben seither an der Festlegung von «Wasserkörpern», charakterlich und bezüglich ihrer Nutzung unterscheidbaren Flussabschnitten, ausgerichtet. Im Falle des Hochrheins existieren deshalb nur zwei «Wasserkörper» (oberhalb und unterhalb der Aaremündung) statt der vier im Schweizer Programm berücksichtigten Abschnitte (vgl. Abb. 2). Im Gegensatz zu den Kampagnen vor 2000 hätte sich die gesetzlich vorgeschriebene Probestellendichte auf EU-Seite entlang des gesamten Rheins dadurch verringert, wenn nicht auf Initiative der IKSR auch frühere Untersuchungsstellen im Programm verblieben wären.

Die methodischen Ansätze wurden auf die Eigenarten der verschiedenen Flussabschnitte des Rheins angepasst. Für die Probenahme und taxonomische Aufarbeitung des Makrozoobenthos haben die entsprechenden EU-Staaten deshalb detaillierte länderbezogene Angaben ausgearbeitet. Für die Probenahmen werden Kicksampling mit Handnetz, quantitative Erfassung mit Surber-Sampler, Untersuchung vom Schiff aus mit Greifer bzw. Dredge, Probenahme mittels Taucher oder die Einbringung künstlicher Substrate angewendet. In Frankreich werden auch künstliche Substrate als definierte Besiedlungskörper eingebracht. Um das repräsentative Benthos zu erfassen,

Unterschiedliche Methoden bei den Makroinvertebraten-Untersuchungen am Rhein

werden die Untersuchungen überall anteilmäßig an den unterschiedlichen Habitattypen vorgenommen (Multi-Habitat-Sampling).

Die Methodik der Probenahme hat sich seit Beginn der koordinierten Untersuchungen des Rheins^[37] nur wenig gewandelt. Wesentlich ist nur der Verzicht auf eine sommerliche Probenahme seit den Untersuchungen 2006/07. Sommerarten werden so nicht mehr oder zumindest nicht während ihres grössten 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. Bis zu den Untersuchungen der Jahre 2006/2007 wurden die Taucherproben von einem Boot aus genommen^{[37], [40], [41]}; seither wurde ein ufergestützter Tauchereinsatz durchgeführt^[30]. Dieses Vorgehen besitzt logistische Vorteile, wirkt sich aber nicht auf die Qualität oder Zusammensetzung der Proben aus. Die Probenahme vom Flussgrund erfolgte mittels eines schweren Unterwasser-Samplers, der entweder auf dem Flussgrund versetzt oder – bei uferfernem Einsatz – mittels einer Tarierweste gehoben und am Leitseil (=Sicherungsleine) entlang zur Probestelle und wieder zurück an Land geführt wurde. Die befüllten Probennetze (Proben) wurden von dem am Seil gesicherten Taucher jeweils an Land gebracht (Abb. 13 a und b). Die flächenbezogenen «Uferproben» wurden auf beiden Rheinseiten watend mit dem Surber-Sampler oder mit langstieligem Netzkescher gesammelt.

Der für die Taucherproben eingesetzte Sampler erfasst eine Substratfläche von 0,07 m² pro Teilprobe. Bei den ufernahen Beprobungen wurde ein Sampler bzw. ein Netzrahmen (Stielkescher) mit einer Grundfläche von 0,1 m² pro Teilprobe eingesetzt. Bei allen Samplern betrug die Maschenweite der Netze 250 µm.

Pro Querschnitt wurden fünf Proben gesammelt – drei von Arealen der tieferen Sohle sowie jeweils eine Probe vor dem linken und rechten Ufer. Die Auswahl und Anzahl der jeweils zu einer Probe vereinigten Teilproben – mindestens aber drei – richtete sich nach den dominanten Substratkategorien und den zusätzlich vorgefundenen Chorioto-
pen (Kap. 1.3).

**Die Methodik der Makro-
invertebraten-Untersuchungen
am Hochrhein hat sich seit 1990
kaum verändert**

Unterwassersamplers

Probenzahl und beprobte Fläche

Abb. 13 > Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein – Freilandarbeiten*a) Probenahme mit dem Unterwasser-Sampler**b) Sicherung des Tauchers und Bergung der Proben**c) Vorauslesen der Proben**d) Fotografieren lebender Tiere*

Das Probenmaterial wurde mithilfe 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, wurden abgelesen und separat erfasst. Der vor Ort nicht weiter bearbeitbare Teil der Probe wurde in 70-prozentigem Alkohol fixiert und im Labor ausgelesen und bestimmt.

Parallel zu der Benthosprobenahme wurde wie schon 2006/07^[2] auch 2011/12 die ufernahe Jung- und Kleinfischfauna mittels Elektrobefischung untersucht^[52]. Bei diesen Elektrobefischungen konnten zusätzlich einige grössere Benthosorganismen, vor allem aber auch Grosskrebse (Decapoda) nachgewiesen werden.

Wie in den vergangenen Kampagnen wurde das jeweilige Probenareal auf der Hochrheinsohle fotografisch festgehalten (vgl. Abb. 12). Auf jedem Hochrheinquerschnitt wurden zusätzlich in einem separaten Tauchgang lokale Besonderheiten auf der Rheinsohle dokumentiert. Ein grosser Teil der vorgefundenen Makroinvertebratenarten wurde lebend unter dem Binokular fotografiert (Abb. 13 d). Der Äussere Aspekt der Probestelle wurde in Anlehnung an das Modul-Stufen-Konzept^[5] aufgenommen, das Protokoll aber den speziellen Bedingungen eines grossen Fließgewässers angepasst.

Zusatzuntersuchung der
ufernahen Jungfischfauna

Dokumentation

1.4.2 Probenauswertung

Die Makroinvertebratenproben wurden auf demselben taxonomischen Niveau wie bei den letzten Kampagnen ausgewertet, orientiert an der Liste der Benthosorganismen der IKSR^[46]. Die zwischenzeitlich bei manchen Ordnungen verbesserte Bestimmungsliteratur half in einzelnen Fällen zu einer eindeutigen Artbestimmung, die zuvor nicht möglich war. Die ausgezählten und bestimmten Proben wurden auf Besiedlungsdichten pro 1 m² Untersuchungsfläche umgerechnet. Neben der Angabe der Besiedlungszahlen pro m² erfolgte – für eine vereinfachende Darstellung – eine Zuordnung der absoluten Zahlen zu einer 7-stufigen Häufigkeitsskala nach DIN 38410 T1 (vgl. Kapitel 4.2). Die Biomassen (Kap.2.2.3) wurden nach derselben Methode wie bei der letzten Kampagne berechnet^[30]. Hierfür wurden relevante Angaben aus der Fachliteratur verwendet. Fehlten diese für einzelne Arten und Entwicklungsstadien, wurden Taxa mit vergleichbaren Körperdimensionen für die Berechnungen herangezogen.

Bestimmungsniveau und
Ergebnisauswertung

1.4.3 Beurteilung der Proben

Die Ergebnisse der Probenauswertung wurden hinsichtlich des Vorkommens, der Häufigkeit und der Verteilung der einzelnen Arten oder Artengruppen beschrieben und mit den Ergebnissen der vorangegangenen Kampagnen verglichen. Die Ergebnisse dieser Vergleiche wurden im Hinblick auf Änderungen in den Umweltbedingungen, menschliche Einflüsse und die Einwanderung bzw. Einschleppung neuer Arten beurteilt.

Interpretation der Ergebnisse

Die in früheren Berichten angeführte Betrachtung nach «funktionellen Gruppen» gab immer wieder gute Hinweise darauf, inwieweit sich die Zusammensetzung der jeweiligen Benthosbiozönose in Abhängigkeit von Umweltbedingungen änderte. Im vorliegenden Bericht wurde erstmals auf entsprechende Darstellungen verzichtet, da eine dichte Neozoenbesiedlung die Anteile der funktionellen Gruppen extrem verschoben und überlagert hat, ohne dass dies mit veränderten abiotischen Umweltbedingungen korrelieren muss.

1.4.4 Methodenvergleich zwischen der Schweiz und den EU-Rheinanliegerstaaten

In der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie besitzen Makroinvertebraten als Qualitätskomponenten eine wichtige Indikatorfunktion zur Beurteilung der Beeinträchtigung der Oberflächengewässer^[27], aber auch als Instrument zur Kontrolle von Aufwertungsmassnahmen. Bisherige Ansätze, diese Indikatorfunktion auch bei grossen Flüssen und Bundeswasserstrassen zu nutzen, wurden dadurch erschwert, dass sie zu einer Zeit entwickelt wurden, in der dort der Neozoenanteil an der Benthosbesiedlung bereits sehr hoch war. Da den Neozoen keine eindeutigen Indikatorwerte zugeordnet werden können, konnte oft nur ein Bruchteil der nachgewiesenen Organismen in die Zustandsbewertungen mittels verschiedener Indices Eingang finden^{[46], [47]}.

Stellenwert der Makro-
invertebraten als Indikatoren
der Gewässergüte

Auch in der Schweiz wird dem Indikatorwert der Makroinvertebraten für die Zustandsbeschreibung der Fliessgewässer ein hoher Stellenwert eingeräumt. Das im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts (MSK^[9]) erarbeitet und vom BAFU in der Reihe Umwelt-Vollzug publizierte Makrozoobenthos-Modul^[49] ist allerdings nur auf kleinere und

mittlere (watbare) Fließgewässer anwendbar. Für die Beurteilung der biologischen Güte grosser Flüsse gibt es dagegen bislang noch kein adäquates Instrument. Für den Hochrhein^{[30], [37], [39], [40], [41]}, den Alpenrhein^{[10], [42]}, die Aare^{[20], [29], [33]}, die Limmat^[31] und die Reuss^[32] wurden deshalb in den vergangenen Jahren modifizierte Erhebungsmethoden und eher deskriptive Beurteilungen verwendet. Aus den gewonnenen Daten wurden zwar schon mehrfach Indices berechnet^{[30], [42]}, die auch bei der EU-WRRL Anwendung finden. Das Ergebnis war aber stets dasselbe: mittels gängiger Indices liessen sich selbst deutlich erkennbare biologische Unterschiede zwischen verschiedenen Flussabschnitten nicht adäquat abbilden.

Die im Rheinmessprogramm Biologie der IKSР 2012/2013 (www.iksr.org) aufgeführten und von allen EU-Staaten und der Schweiz gemeinsam vertretenen Programmziele sind (Quelle:):

Programmziele der Rheinmessprogramme

- > Eine harmonisierte Bestandsaufnahme der biologischen Qualitätskomponenten vom Alpenrhein bis zur Küste unter Berücksichtigung der naturräumlichen Gliederung des Rheins. Damit wird der Gesamtartenbestand erfasst, soweit die Umstände (Bestimmbarkeit und zur Verfügung stehende Mittel) dies zulassen;
- > Die Feststellung der zeitlichen und grossräumlichen Verteilung der Arten/Taxa im Hauptstrom;
- > Die Feststellung von Veränderungen im Bestand der Arten/Taxa seit den Erhebungen im Hauptstrom Rhein im Jahre 1990, 1995, 2000 und 2006/2007;
- > Die Feststellung von eventuellen, bedeutenden Veränderungen der Dominanzverhältnisse der Arten in einzelnen Rheinabschnitten;
- > Die Einbeziehung chemisch-physikalischer und hydromorphologischer Parameter, die mit den biologischen Komponenten in Wechselwirkung stehen und zur Interpretation der ökologischen Defizite beitragen (Nährstoffe, Durchgängigkeit, Habitatqualität etc.).
- > Eine allgemeine ökologische Diagnose auf der Grundlage der ökologischen Zustandsbewertung der Mitgliedsstaaten;
- > Die Beurteilung der ökologischen Entwicklungstrends insbesondere vor dem Hintergrund durchgeführter Maßnahmen

Ein Vergleich zwischen den methodischen Ansätzen der EU-Staaten und der Schweiz (Tab. 2) zeigt die verbleibenden Unterschiede auf, wobei in allen Fällen dem Grundprinzip der repräsentativen Probenahme zu geeigneter Jahreszeit Rechnung getragen wird.

Tab. 2 > Vergleich von Erhebungs- und Auswertungsmethoden für Makrozoobenthosuntersuchungen im Rhein zwischen der Schweiz und EU-Ländern

	Erhebung	Auswertung und Methodenbeschrieb
Schweizer Methoden		
Schweizer Methode (Modul-Stufen-Konzept) für watbare Fließgewässer www.modul-stufen-konzept.ch	Multi-Habitat-Sampling (Kicksampling flächenbezogen mit genormtem Gerät)	Biologische Gütebestimmung nach Methode IBCH. 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.).
Schweizer Methode «Hochrhein/Aare»	Multi-Habitat-Sampling mit Taucher, ufernahes Kicksampling (jeweils flächenbezogen mit genormtem Gerät) Zusätzlich Qualitative Beprobung von Sonderhabitaten	Stellenvergleichende Auswertungen der Besiedlungsdichten und Abundanzen HYDRA 2008: Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein 2006/2007. Makroinvertebraten. Umwelt-Wissen Nr. 0822. Bundesamt für Umwelt, Bern.
Methoden der EU-Wasserrahmenrichtlinie (Rheinmessprogramm Biologie der IKSR)		
Methode Deutschland	Multi-Habitat-Sampling (Kicksampling und Surber-Sampling flächenbezogen mit genormtem Gerät). Untersuchung vom Schiff aus, mit Greifer bzw. Dredge	Schöll, F., Haybach, A., & König, B. (2005): Das erweiterte Potamontypieverfahren zur Ökologischen Bewertung von Bundeswasserstraßen nach Maßgabe der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Hydrologie und Wasserwirtschaft 49 (5), 234–247. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (2003): Taxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands zur Kodierung biologischer Befunde.
Methode Niederlande		Macrozoobenthosmeetnet Zoete Rijkswateren Litoraal/Profundaal. – Rijkswaterstaat Standard Voorschrift 91300B050 I 51. Richtlijnen monitoring oppervlaktewater Europese kaderrichtlijn Water en bijlagen, I. van Splunder, T.A.H.M. Pelsma en A. Bak, augustus 2006 Richtlijnen monitoring oppervlaktewater Europese kaderrichtlijn Water en bijlagen, I. van Splunder, T.A.H.M. Pelsma en A. Bak, augustus 2006 Instructie Richtlijn monitoring oppervlaktewater Europese kaderrichtlijn Water en Protocol toetsen & beoordelen, 21 januari 2010
Methode Frankreich	Zusätzlich Ausbringen künstlicher Substrate als definierte Besiedlungskörper	Protocole expérimental CEMAGREF «Invertébrés Grands cours d'eau» www.hydrobiodyce.cemagref.fr/copy5_of_telechargements/files/protocoleexp_cep_dec2009.pdf
Methode Österreich	Siehe D und NL	Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente, Teil A2 – Makrozoobenthos.

2 > Die Benthosbesiedlung des Hochrheins

2.1 Typische Makroinvertebraten des Hochrheins

2.1.1 Seeabflussarten

Im **Abschnitt A**, der durch den Querschnitt Hemishofen repräsentiert wird, dominieren typische Seeabflussarten, die den Eintrag von organischem Material und Plankton aus dem Bodensee in besonderem Masse nutzen können. Hierzu gehören insbesondere Filtrierer wie die in mehreren Schichten siedelnden Zebrauscheln (*Dreissena polymorpha*), die vor vielen Jahrzehnten als Neozoon in den Hochrhein gelangten, und netzbauende Köcherfliegenarten der Gattungen *Neureclipsis* und *Hydropsyche* (Abb. 14).

Seeabflussarten konzentrieren sich auf den ersten Hochrheinkilometern

Abb. 14 > Typische Seeabflussarten im Hochrhein

Kolonie von *Dreissena polymorpha*, der Zebrauschel

Fangnetze der Köcherfliege *Neureclipsis*

Fangnetze der Gattung *Hydropsyche*



2.1.2 Strömungstolerante und strömungsliebende Arten

Strömungsaffine, hyporhithrale Arten (Arten des ursprünglichen oberen Hochrheins) trifft man vor allem im über längere Strecken freifliessenden und naturnahen Abschnitt B an. Hierzu zählen z. B. der Käfer *Limnius volckmari*, die Eintagsfliegen *Caenis pusilla*, *Baëtis* spp. und die Köcherfliegen der Familien Leptoceridae und Goeridae sowie die Larven der Kriebelmücken. Über Thur, Töss und Wutach kommen auch immer wieder metarhithrale Faunen-Elemente in den Hochrhein, die ihr Verbreitungsmaximum eher in diesen Zuflüssen haben. Hierzu gehören z. B. einige Eintagsfliegen- und Steinfliegenarten (*Ecdyonurus* sp., *Ameletus inopinatus*, *Perlodes* sp. usw.) (Abb. 15).

Im Rheinabschnitt B findet man die höchsten Anteile strömungsliebender Arten

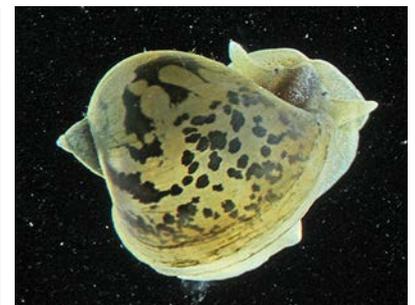
Abb. 15 > Strömungstolerante und strömungsliebende Arten im HochrheinEintagsfliege der Gattung *Baëtis*

Kriebelmückenlarve

Steinfliegenlarve der Gattung *Perlodes***2.1.3 Stillwasserarten**

Nachdem die wenigen Auenbereiche, die der Hochrhein historisch besass, verschwunden sind, findet man strömungssensible Wirbellose und Stillwasserarten (Abb. 16) vor allem im Bereich der vielen Rückstaubereiche, aber auch noch in den seltenen Altarmen und Hinterwasserbuchten. In fast jeder taxonomischen Grossgruppe findet man auch Stillwasserarten. Auffällig und zugleich verbreitet sind im Hochrhein nur noch wenige, z. B. die Schlammfliege *Sialis*, Wasserwanzen der Familien Veliidae und Corixidae, der Rückenschwimmer *Notonecta* und verschiedene Käferarten wie der Taumelkäfer *Gyrinus*. Unter den Schnecken zählen z. B. *Stagnicola* und Vertreter der Gattung *Radix* und *Gyraulus* dazu. Aber auch unter den Eintagsfliegen gibt es Vertreter mit den Gattungen *Cloëon* und *Siphonurus*.

Stillwasser- und Auenarten leben vor allem in Rückstaubereichen und ruhigen Buchten

Abb. 16 > Stillwasserarten im HochrheinSchlammfliege *Sialis*Wasserwanze der Gattung *Sigara*Die Schnecke *Radix auricularia***2.1.4 Potamale Arten grosser Flüsse**

Epipotamale Arten (Arten der Mittellandflüsse, Abb. 17) sind vor allem im stau-beeinflussten Abschnitt C sowie im uneingeschränkt schiffbaren Abschnitt D vertreten. Hierzu gehört die Grundwanze *Aphelocheirus aestivalis*, die Eintagsfliegen *Heptagenia sulphurea* und *Potamanthus luteus*, aber auch Köcherfliegen der Gattung *Hydropsyche*, *Psychomyia pusilla*, *Tinodes waeneri* und die bereits für den Seeabfluss vorgestellte *Neureclipsis bimaculata*.

Typische Fluss- und Stromarten leben vor allem in den untersten Hochrheinabschnitten (C und D)

Abb. 17 > Potamale Makroinvertebratenarten im Hochrhein

Grundwanze *Aphelocheirus aestivalis*

Eintagsfliege *Potamanthus luteus*

«köcherlose» Köcherfliege *Psychomyia pusilla*



2.1.5 Ubiquisten oder «Allerweltsarten»

Vor allem in den Staubereichen und an den Ufermauern und dem Blockwurf des regulierten und schiffbaren Hochrheins dominieren heute sogenannte Ubiquisten, «Allerweltsarten» (Abb. 18), die auch in den deutschen Bundeswasserstrassen häufig sind. Ihre ökologische Valenz ist gross, sie sind bezüglich Habitatanforderungen und Strömungspräferenzen anspruchslos. Unter den angestammten Arten zählen hierzu einige häufige Chironomidenarten, Schnecken wie *Bithynia tentaculata*, *Radix* sp., einige Plattwurm-, Wurm- und Egelarten sowie mit Einschränkung auch Flohkrebse. Aber auch alle invasiven Neozoenarten zählen zu dieser Gruppe.

Anspruchslose Arten haben ihren Verbreitungsschwerpunkt in regulierten Rheinabschnitten mit Blockufern

Abb. 18 > Ubiquisten, «Allerweltsarten» im Hochrhein

Zuckmückenlarve der Unterfamilie *Orthoclaadiinae*

Bithynia tentaculata

Egel der Gattung *Erpobdella*



2.1.6 Seltene Arten, zoologische Besonderheiten

Einige Taxa der Hochrheinfrauna sind selten oder so empfindlich, dass sie in den Proben nicht auftreten, durch die Probenahme zerstört oder unkenntlich werden (Abb. 19). Nachweise gelingen in diesen Fällen oft nur durch gesonderte Aufsammlungen, durch Beobachtungen in Ufernähe oder durch Unterwasseraufnahmen. Auf solche Weise wurden bei den bisherigen Untersuchungen vereinzelt Exemplare der Grossmuschelgattungen *Unio* und *Anodonta* gefunden. Für Aussagen zur Verbreitung und Artenzusammensetzung sind diese Funde nicht ausreichend.

Seltene und empfindliche Arten werden nur selten in den Standardproben gefunden

Der Süßwasserpolyt *Hydra sp.* und der neozoische Keulenpolyt *Cordylophora caspia* besiedeln als Vertreter der Nesseltiere die Hochrheinsohle. Die Tiere leben sessil oder halbsessil (*Hydra sp.*) auf Hartsubstraten und werden bei der Probenahme oft zerstört oder nicht erfasst. Unterwasserbeobachtungen konnten allerdings im Seeabfluss gemacht werden. Ebenfalls nur selten in den Benthosproben enthalten, jedoch auf stabilen Substraten im Hochrhein weit verbreitet, sind die Süßwasserschwämme der Gattungen *Ephydatia* und *Spongilla*. Als Filtrierer ernähren sie sich von planktischen Mikroorganismen und Detritus. Die Nahrung entnehmen sie aus grossen Mengen eingestrudelm Wasser. Schwämme bewachsen vor allem umlagerungsstabiles Substrat im Hochrheinabschnitt A (Seeabfluss) und dann wieder unterhalb der Aaremündung, wo grössere Wassertiefen, eine erhöhte Drift an partikulärem organischem Material und – zumindest ufernah – grosse Steinblöcke der Ufersicherungen vorzufinden sind. An gut belichteten Stellen sind Schwämme durch symbiontisch eingelagerte Algen, welche der Versorgung mit Nährstoffen und Sauerstoff dienen, häufig intensiv grün gefärbt. Unter Steinen und in tieferen Sohlenbereichen zeigen sie eine eher bräunlich-gelbliche Färbung.

Hohltiere und Schwämme werden hauptsächlich im Seeabfluss und unterhalb der Aaremündung gefunden

Bryozoen oder Moostierchen sind im Hochrhein bisher mit zwei Taxa nachgewiesen: *Cristatella mucedo*, deren Flottoblasten (Dauerformen) manchmal in den Proben auftauchen und *Fredericella sp.*, die regelmässig auf grösseren Blöcken in den Abschnitten B und C gefunden wird (Abb. 19 d).

Moostierchen leben auf Uferblöcken von Rheinabschnitt B und C

Libellenlarven treten auf der Flusssohle niemals in hohen Dichten auf, so dass sie in den Hochrheinproben fehlen können, obwohl sie an der entsprechenden Stelle regelmässig vorkommen. Neben einigen Kleinlibellenarten dürfte die häufigste Libelle im Hochrhein die Gebänderte Prachtlibelle *Calopteryx splendens* sein. Sie wurde in den Proben der oberen Rheinabschnitte gefunden und bevölkert im Sommer in grosser Zahl die Rheinufer bei Ellikon und am Tössegg (Abb. 19 e). In den Hochrheinproben tauchen vereinzelt auch Grosslibellenlarven aus der Familie Gomphidae (Keiljungfer und Zangenlibellen) auf, die zumindest als «stark gefährdet» eingestuft werden müssen. Ihre Larven leben meist ufernah im Sediment vergraben. Die Gelbe Keiljungfer *Gomphus simillimus* bleibt als Larve ein Einzelfund der letzten Untersuchungskampagne^[30] bei Riethem. Sie konnte 2010 allerdings als Imago auch am Tössegg nachgewiesen werden. Auch die Gemeine Keiljungfer *Gomphus vulgatissimus* wurde nur noch bei Sisseln nachgewiesen. Die Kleine Zangenlibelle *Onychogomphus forcipatus* (Abb. 19 f) ist dagegen regelmässig an naturnahen Hochrheinabschnitten anzutreffen.

An naturnahen Rheinabschnitten leben noch mehrere seltene Libellenarten

Ebenfalls verstreut und daher mit der Benthosprobenahme kaum erfassbar sind Decapoden (Grosskrebse). Die heute häufigen Krebse im Hochrhein sind allesamt neozoische Arten (Kap. 2.3.1), da der heimische Grosskrebs im Hochrhein seit über zehn Jahren nicht mehr gefunden werden konnte. Dagegen ist der Amerikanische Kamberkreb *Orconectes limosus* im gesamten Hochrhein verbreitet, und im Raum Basel trifft man seit einigen Jahren auch auf den Signalkrebs *Pacifastacus leniusculus*. Nur lokal beim Solbad Schweizerhalle findet man die grosse Süßwassergarnele *Athyaephyra desmaresti*.

Im Hochrhein leben wahrscheinlich nur noch neozoische Grosskrebse

Abb. 19 > Seltene Makroinvertebratenarten und zoologische Besonderheiten 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

Aktuelle Besiedlungsverhältnisse

Die Lebensräume auf der Hochrheinsohle (vgl. Kap. 1.3) mit ihren unterschiedlichen Umgebungsbedingungen bestimmen die Zusammensetzung der Benthosbesiedlung. Zu den im vorliegenden Bericht unterschiedenen Aspekten der Benthosbesiedlung zählen Artenvielfalt, Besiedlungsdichte und Biomasse der wirbellosen Kleinlebewesen. Weitere Charakteristika wie Algenaufwuchs und Makrophytenvorkommen werden als Kriterien des «Äusseren Aspekts» behandelt und bei der Probestellencharakterisierung im Anhang Kap. 4.1 vorgestellt.

Viele frei bewegliche (vagile) Arten (z. B. Eintagsfliegen, Steinfliegen und Flohkrebse) brauchen einen geeigneten «Zufluchtsort», gute Durchströmung und damit Sauerstoffversorgung sowie ein spezifisches Nahrungsangebot. Halbsessile Arten (z. B. netzbauende Köcherfliegenlarven, Kriebelmückenlarven) kommen nur an bestimmten Substratstrukturen und unter jeweils günstigen Strömungsverhältnissen vor. Festsitzende (sessile) Taxa sind weitgehend von stabilen Substraten abhängig, wie sie unter anderem durch künstlichen Uferverbau geschaffen werden. Einige der hierzu zählenden Arten, wie z. B. die Zebrauschel *Dreissena*, Schwamm- und Moostierchenkolonien, der Schlickkrebs *Chelicorophium* und der Borstenwurm *Hypania* können Bestände von z. T. mehreren hunderttausend Einzelindividuen ausbilden.

Habitatpräferenz spezialisierter
Arten

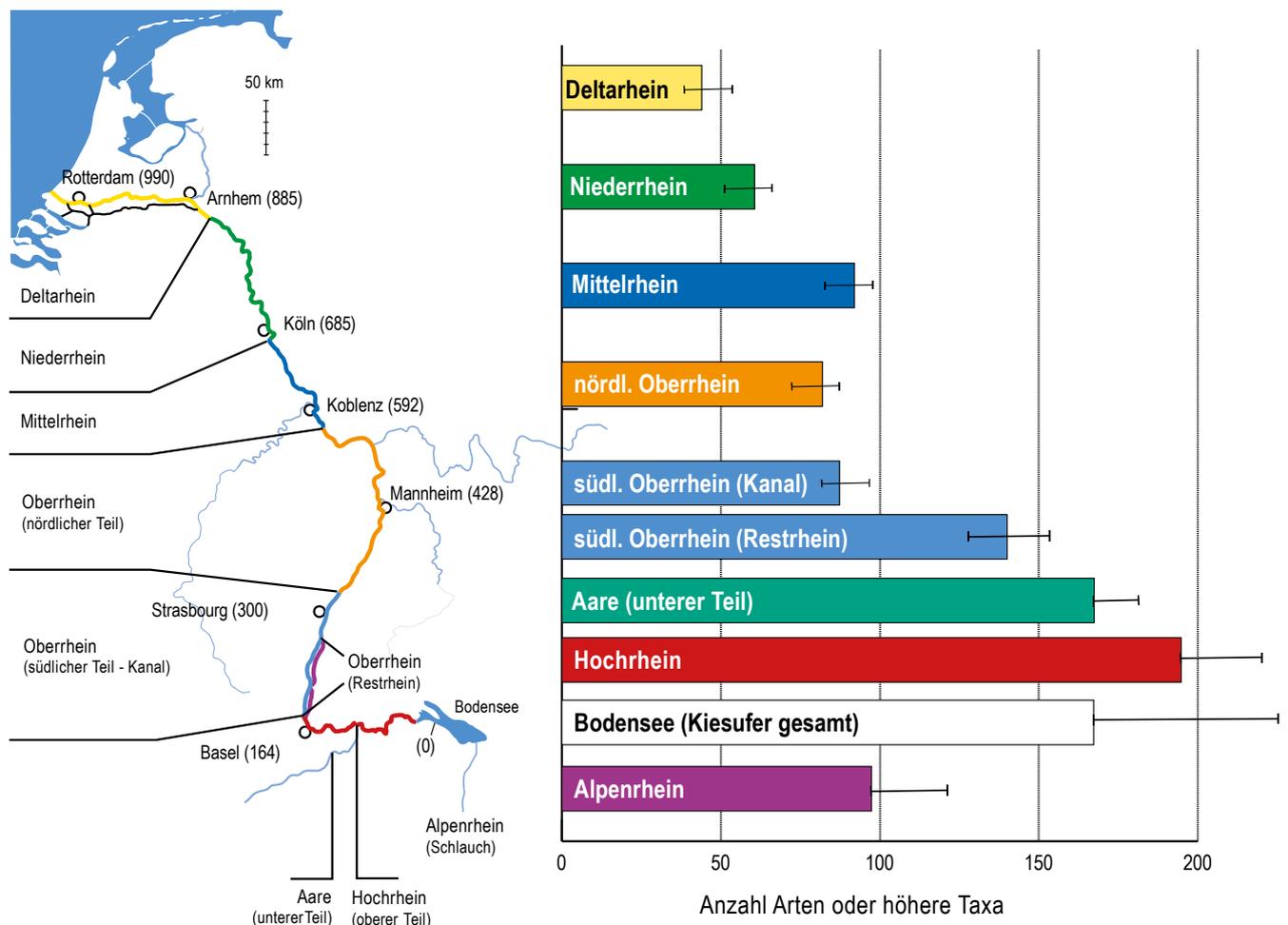
2.2.1 Artenverteilung und Artenvielfalt

Seit dem Untersuchungsprogramm im Jahr 2000^[41], bei dem zahlreiche zusätzliche Uferstellen beprobt wurden, weiss man, dass der Hochrhein mehr als 232 verschiedene Makroinvertebratentaxa beherbergt, obwohl über diese Zahl hinaus mehrere Organismengruppen (insbesondere bei der artenreichen Familie der Zuckmücken, Chironomiden) nicht weiter bis auf Artniveau bestimmt wurde. Die an den regelmässig untersuchten Flussquerschnitten erreichten Taxazahlen liegen deutlich über den Werten flussabwärts liegender Rheinabschnitte, des Alpenrheins oder des Bodensees^[46] (Abb. 20).

Der Hochrhein beherbergt noch immer die grösste Artenvielfalt im gesamten Rheinstrom

Abb. 20 > Vergleich der Taxazahlen innerhalb der verschiedenen Rheinabschnitte

Angegeben sind die jeweils aktuellsten Erhebungsdaten 2007–2012 (Hochrhein, Aare) sowie diejenigen der jeweils letzten Kampagnen (restliche Rheinabschnitte) (jeweils Schätzzahlen und \pm Varianzen).



Dass der Hochrhein noch immer ein grosses Artenreservoir an Wirbellosen besitzt, wurde bei der aktuellen Kampagne bestätigt. Mit den 191 Taxa, die innerhalb der neun Proben transekte nachgewiesen wurden, liegt das Ergebnis im Bereich desjenigen von 2000 (180 Taxa) und 2006/07 (201 Taxa) (Tab. 3). Auch die neuen Ergebnisse belegen, dass dieses Reservoir entlang des Hochrheins sehr unterschiedlich verteilt ist.

Das Artenreservoir ist entlang des Hochrheins ungleich verteilt

Lässt man das nur verstreute Vorkommen vieler Taxa, das bei den Zusatzproben im Jahr 2000 erfasst wurde, ausser Acht, dann nehmen die Taxazahlen auf den Flussquerschnitten zwischen Bodensee und Basel tendenziell ab. In einem ungestörten Flusssystem würde man genau das Gegenteil erwarten: beim Übergang vom hyporhithralen zum potamalen Lebensraumtyp und durch Zudrift aus den Hochrheinzufüssen sollten eigentlich immer neue Faunenelemente hinzu kommen, die Taxazahl flussabwärts also ansteigen.

Die Taxazahlen nehmen zwischen Bodensee und Basel tendenziell ab

Tab. 3 > Anzahl der Makroinvertebraten-Taxa des Hochrheins zwischen Bodensee und Basel

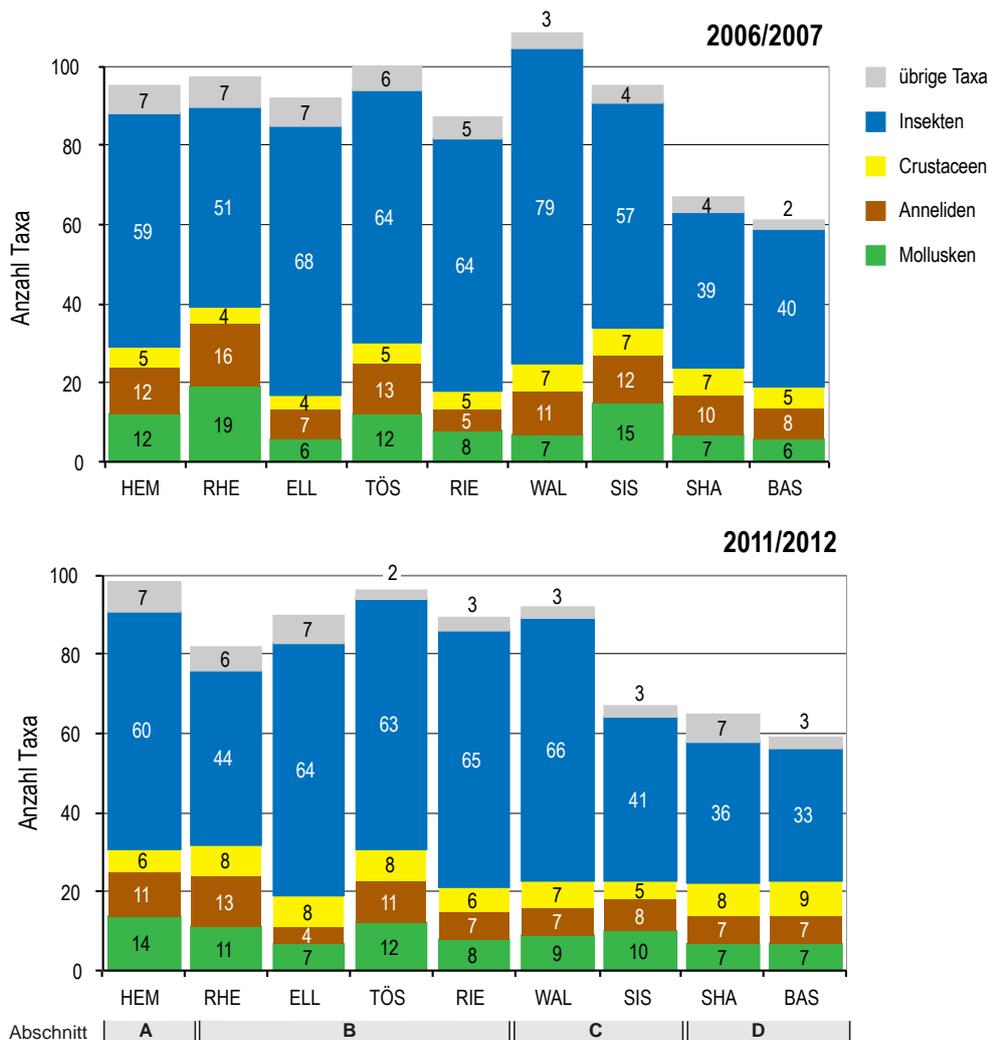
Vergleich der Ergebnisse der Jahre 2000 und 2006/07 und 2011/12 in drei biozönotisch stark unterschiedlichen Abschnitten.

Rheinabschnitt	Programm 2000 (inkl. qualitativer Zusatzproben)	Programm 2000 (Flussquerschnitte)	Programm 2006/07 (Flussquerschnitte)	Programm 2011/12 (Flussquerschnitte)
Hochrhein oberer Teil (Abschnitte A und B)	196 Taxa	170 Taxa	176 Taxa	165 Taxa
Hochrhein unterer Teil (Abschnitte C und D)	171 Taxa	123 Taxa	140 Taxa	126 Taxa
Hochrhein nur schiffbarer Abschnitt (D)	130 Taxa	86 Taxa	84 Taxa	78 Taxa
Ganzer Hochrhein	232 Taxa	180 Taxa	201 Taxa	191 Taxa

Die Taxazahlen an den einzelnen Flussquerschnitten (Abb. 21) zeigen die beschriebenen Unterschiede ebenfalls, wenn auch weniger ausgeprägt.

Abb. 21 > Anzahl der Arten bzw. höherer Taxa der wichtigsten Makroinvertebratengruppen auf den neun Flussquerschnitten im Hochrhein

Vergleich der Ergebnisse der Kampagnen 2006/2007 (oben) und 2011/12 (unten).



Bis auf zwei Stellen (Hemishofen und Rietheim) liegen die Taxazahlen unter denjenigen der letzten Kampagne. Betrachtet man bei diesem Vergleich allerdings die taxonomischen Grossgruppen, so zeigt sich an den zwei ersten Stellen unterhalb der Aaremündung – Waldshut und Sisseln – ein erheblicher Rückgang bei den Wasserinsekten, in einem Fall um 13 (Waldshut), im anderen Fall (Sisseln) gar um 17 Taxa. Dieser Rückgang ist ein erster Hinweis darauf, dass es innerhalb der letzten 6 Jahre in einzelnen Hochrheinstrecken zu Veränderungen in der Benthosbiozönose gekommen ist.

Hauptursache für die starken Veränderungen in der Zusammensetzung der Benthosbiozönose seit 1990 ist das Vordringen neozoischer Wirbelloser-Arten im Hochrhein. Diesbezüglich hat sich seit der letzten Kampagne vor 5 Jahren noch einmal viel verändert. Die invasiven Neozoenarten *Dikerogammarus villosus* (Höckerflohkrebs), *Corbi-*

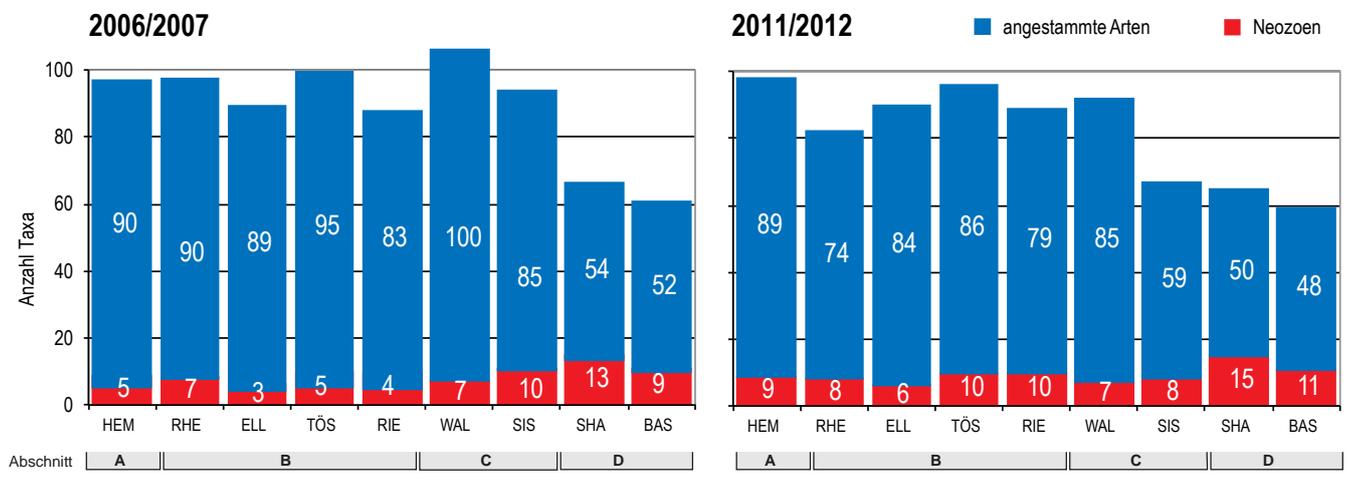
Unterhalb der Aaremündung ist ein erheblicher Rückgang der Wasserinsekten-Arten zu verzeichnen

Neozoen sind die Hauptursache für Veränderungen in der Besiedlung

cula fluminea (Körbchenmuschel) und *Limnomysis benedeni* (Donau-Schwebegarnele) haben sich zwischenzeitlich in allen Hochrheinabschnitten etabliert, *Jaera sarsi* (Donauassel) fehlt nur noch oberhalb des Rheinfalls (vgl. Kap. 2.3.1). Dieser Sachverhalt führt an den naturnahen Stellen bei Ellikon, Tössegg und Rietheim zu einer relativen Zunahme der Neozootaxa (Tab. 3) und insgesamt zu einem Angleich der Neozootaxazahlen entlang des Hochrheins (Abb. 22).

Abb. 22 > Anzahl der Neozootaxa an den Makroinvertebraten-Taxa des Hochrheins zwischen Bodensee und Basel

Vergleich der Ergebnisse der Jahre 2006/07 und 2011/12 auf den neun untersuchten Flussquerschnitten.



2.2.2 Besiedlungsdichten

Auch die Besiedlungsdichten der Makroinvertebraten liegen im Hochrhein deutlich über denen unterhalb liegender Rheinstrecken oder denen des Alpenrheins^[46]. Dabei können mittlere Dichten von über 10000 Ind./m² nicht nur – wie oben beschrieben – als lokale Bestände sessiler Arten oder invasiver Neozootaxa auftreten, sondern auch von angestammten Taxa wie verschiedenen Dipteren (Mücken) und Gammariden (Flohkrebsen) erreicht werden.

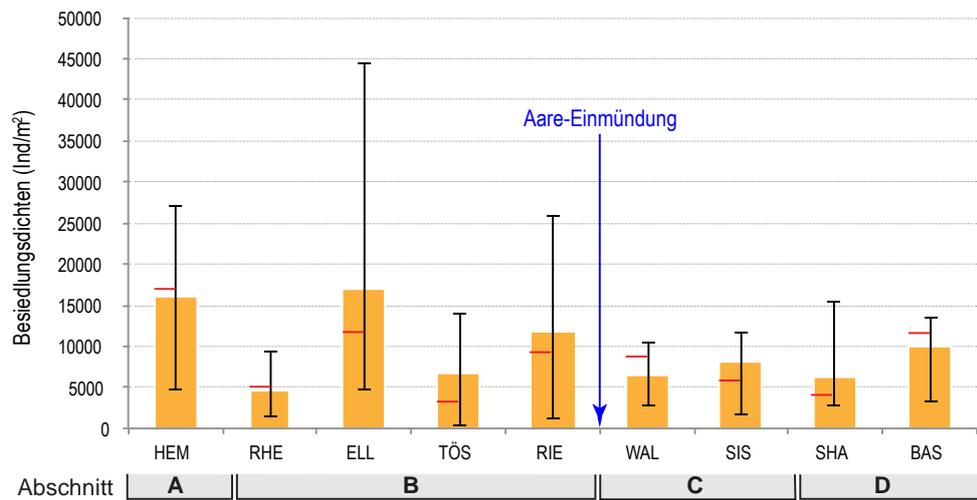
Auch die Besiedlungsdichten sind im Hochrhein grösser als in anderen Rheinabschnitten

Die höchsten mittleren Besiedlungsdichten treten, wie in den früheren Kampagnen^{[30], [37], [40], [41]}, in den freifliessenden Abschnitten oberhalb der Aaremündung und dann erst wieder im ebenfalls frei fliessenden Basler Rhein (Abb. 23) auf. An den im Restwasserstau oder Rückstau liegenden Flussquerschnitten von Rheinau und Tössegg sowie in Waldshut, Sisseln und Schweizerhalle lagen die Werte deutlich darunter.

Die höchsten Individuendichten finden sich in freifliessenden Rheinabschnitten

Abb. 23 > Besiedlungsdichten der Makroinvertebraten im Hochrhein 2011/2012

Angabe der mittleren (Balken), der minimalen und maximalen Besiedlungsdichten innerhalb der Teilproben eines Flussquerschnitts (Schwarze Linien), sowie der mittleren Besiedlungsdichten der letzten Kampagne 2006/2007 (rote Querstriche).

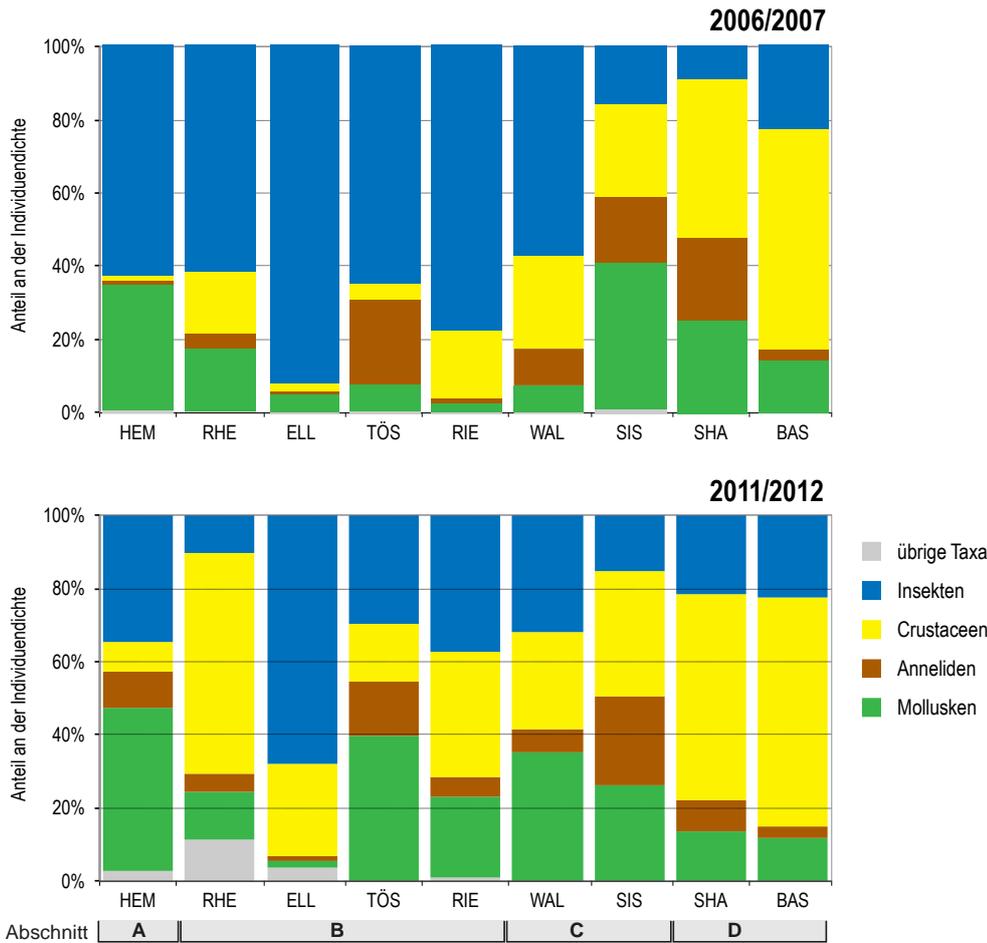


Auch hinsichtlich der relativen Anteile verschiedener taxonomischer Grossgruppen unterscheiden sich die neun Flussquerschnitte. Die bisher sehr deutlichen Unterschiede haben sich aber innerhalb der vergangenen sechs Jahre stark verändert. Bis zur Kampagne 2006/07 lag der Anteil der Wasserinsekten oberhalb der Aaremündung und bei Waldshut oft deutlich über 50 %. Inzwischen erreicht der Insektenanteil nur noch bei der Stelle Ellikon mehr als 40 %. Im Gegensatz dazu haben sich die Anteile der Grossgruppen innerhalb der beiden unteren Rheinabschnitte im selben Zeitraum kaum verändert. Hier dominierten bereits in den letzten Kampagnen die Nicht-Insekten, allen voran Flohkrebse und Weichtiere (Abb. 24).

Die Individuendichte der Wasserinsekten hat vor allem oberhalb der Aare drastisch abgenommen

Abb. 24 > Zusammensetzung der Benthosbesiedlung im Hochrhein: Vergleich der Kampagnen 2006/2007 und 2011/2012

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



Besiedlungsunterschiede, aber auch die eben beschriebene Entwicklung, zeigen sich zu beiden Probenahmeterminen und in nahezu allen Teilproben, die von dem jeweiligen Flussquerschnitt gesammelt wurden.

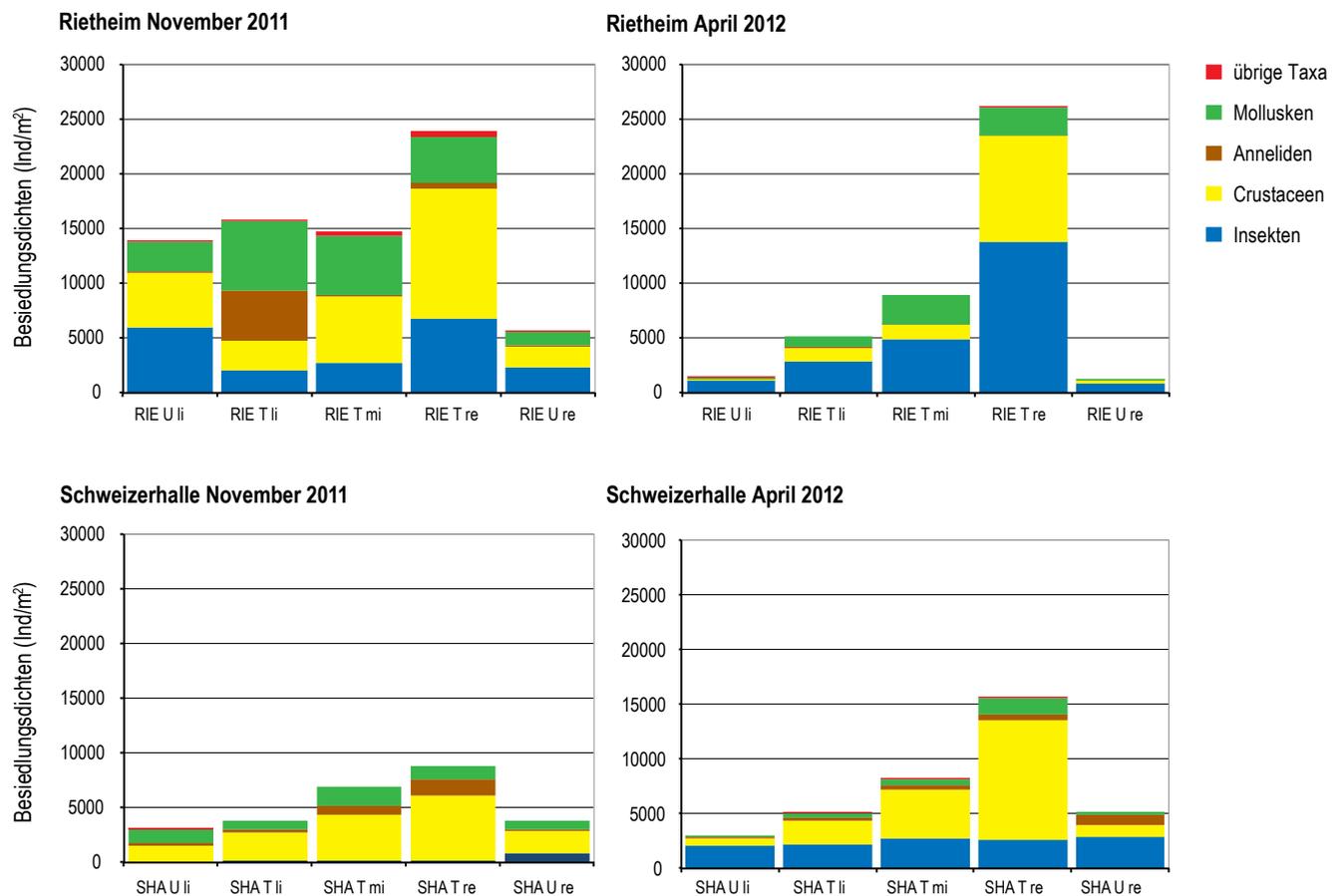
Die Benthosbesiedlung des naturnahen, strömungsreichen, selten mehr als 2 m tiefen Flussquerschnitts bei Rietheim (Abschnitt B) ist charakterisiert durch unterschiedliche Besiedlungsdichten im Querprofil sowie deutliche jahreszeitliche Unterschiede (Abb. 25, oben). Bei vielen dort vorkommenden Arten handelt es sich um spezialisierte, für die Gewässerregion typische, rhithrale und epipotamale Wasserinsekten. In den Frühjahrsproben werden dabei immer deutlich mehr Insektenlarven nachgewiesen als im Spätherbst, wenn die meisten Tiere bereits geschlüpft sind und auf der Flusssohle dort nur noch Eier bzw. winzige Erstlarven überwintern; beide Entwicklungsstadien sind durch die angewendete Probenahmemethode kaum erfassbar.

Ein anderes Besiedlungsbild zeigt der Flussquerschnitt bei Schweizerhalle (Abb. 25, unten). Die Stelle liegt zugleich im schiffbaren Rhein (Abschnitt D) und im Rückstau-bereich vom Kraftwerk Birsfelden; der Fluss zeigt hier ein monotonies Profil und ist fast auf gesamter Breite 4 bis 6 m tief. Die Besiedlungsdichten im Querprofil unterscheiden sich weniger als in Rietheim und auch die saisonalen Unterschiede sind eher unauffällig, da hier der Anteil der Wasserinsekten an der Gesamtbesiedlung deutlich geringer ist.

Abb. 25 > Besiedlungsdichte und Zusammensetzung der Benthosfauna bei Rietheim und Schweizerhalle: jahreszeitlicher Aspekt

Betrachtung der jeweils fünf Teilproben im Flussquerschnitt:

T = Taucherprobe; U = Uferprobe; re = rechts; mi = mittig; li = links.



Betrachtet man diese Unterschiede der Besiedlungsdichten hinsichtlich der im Hochrhein fortschreitenden Neozoenausbreitung (Abb. 26), so werden die Gründe für den Rückgang angestammter Arten immer deutlicher. Bis 2007 war oberhalb der Aare-mündung nur die neozoische Zebrauschel *Dreissena polymorpha* so häufig, dass sie bei der Betrachtung der Individuendichten ins Gewicht fiel. Unterhalb der Aare-mündung war dagegen schon mehr als jedes zweite Individuum ein Neozoon. Die aktuelle Situation hat sich demgegenüber deutlich verändert. Der Neozoenanteil hat sich nun

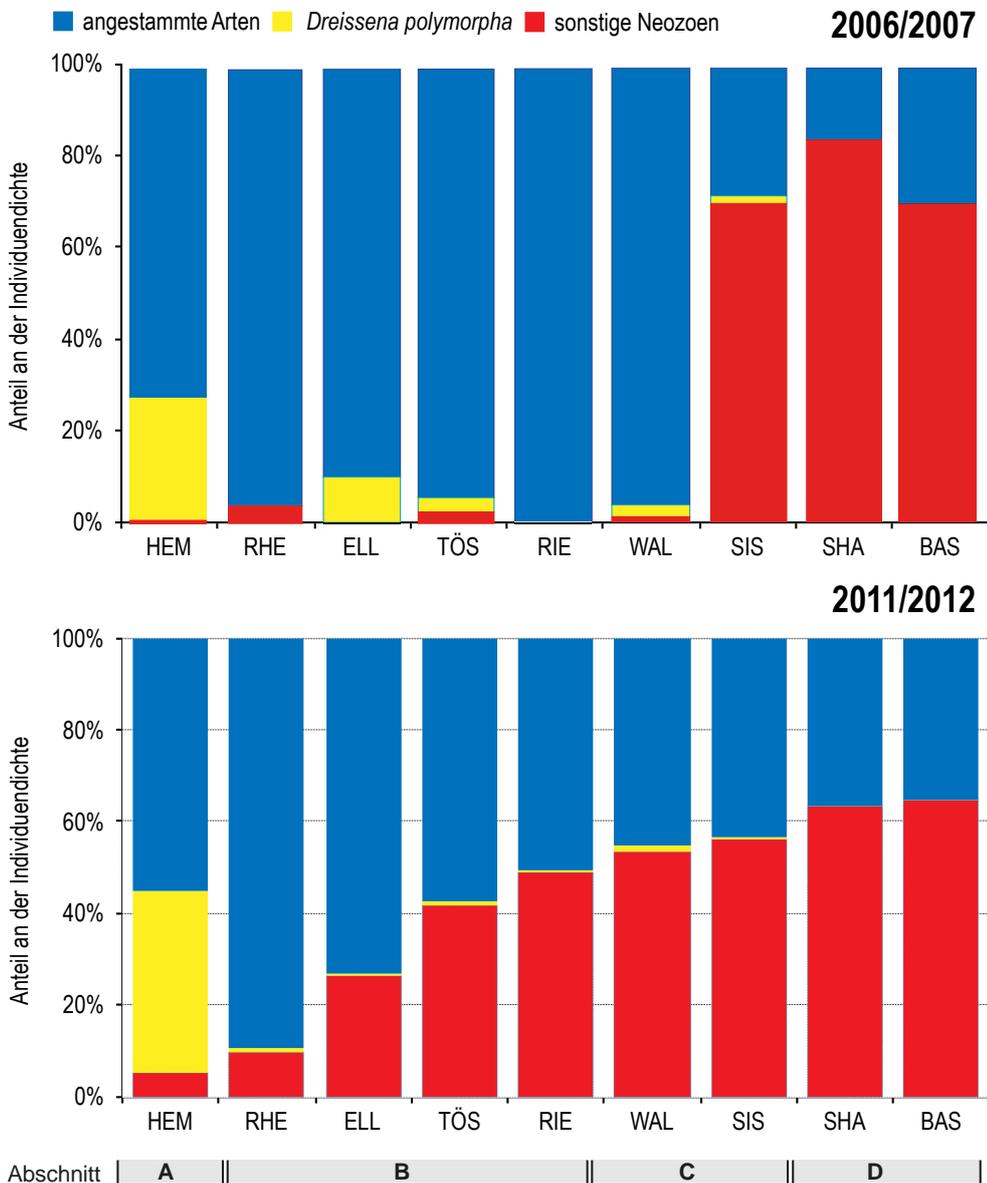
Neozoenanteile nahmen vom Bodensee bis Sisseln deutlich zu, in Schweizerhalle und Basel leicht ab

auch oberhalb der Aarenmündung mehr als verzehnfacht (Ausnahme Rheinau). Davon betroffen sind auch die naturnahen Abschnitte bei Ellikon und Hemishofen.

Demgegenüber haben sich die Neozoen-Dichten im zuvor schon erreichten Abschnitt zwischen Sisseln und Basel sogar leicht verringert. Dies könnte darauf hindeuten, dass hier der Phase der Kolonisation (mit einhergehender Massenvermehrung und Verdrängung anderer Arten) bereits eine Phase der Stabilisierung gefolgt ist.

Abb. 26 > Anteile neozoischer und angestammter Arten an der Benthosbesiedlung im Hochrhein: Vergleich der Kampagnen 2006/2007 und 2011/2012

Anteile neozoischer und angestammter Arten an der Individuendichte für jeden Flussquerschnitt – gemittelt über sämtliche Teilproben.



2.2.3 Biomassen

Biomasse-Abschätzungen der Makroinvertebratenbesiedlung sind geeignet, produktionsbiologische Unterschiede und Veränderungen der Benthosbiozönose zu erfassen, wie sie vor allem durch die Ausbreitung invasiver Neozoen im Hochrhein auftreten. Als Berechnungsgrundlage für Biomassenabschätzungen dienen die bereits früher verwendeten Literaturwerte^{[1], [3], [6], [28]} (Tab. 4).

Tab. 4 > Trockengewichtangaben für die Biomasseberechnung ausgewählter Makroinvertebraten der Hochrheinsohle

Angaben aus der Literatur sowie eigene Messungen (Lebendgewicht, Abtropfgewicht).

Taxon	mittlere Grösse* Körperlänge [mm]	Trockengewicht (Mollusken ohne Schale) [mg]	Quellen ^{[1], [3], [6], [28]}	Lebendgewicht (Mollusken mit Schale)**
<i>Corbicula</i> spp.	20	31,42	Benke et al. 1999	3500 bis 5500 mg
<i>Dreissena polymorpha</i>	10	6,4	Baumgärtner & Rothaupt 2003	700 bis 800 mg
<i>Dikerogammarus villosus</i>	10	4,79	Burgherr & Meyer 1997	k.A.
<i>Gammarus fossarum</i>	9	3,55	Burgherr & Meyer 1997	k.A.
<i>Gammarus roeselii</i>	9	2,17	Baumgärtner & Rothaupt 2003	k.A.
<i>Baëtis</i> spp.	6	0,64	Meyer 1989	k.A.
<i>Baëtis fuscatus</i>	5	0,34	Meyer 1989	0,5 bis 1,0 mg
<i>Hydropsyche</i> spp.	10	1,47	Burgherr & Meyer 1997	k.A.
<i>Limnius</i> spp. La	7	1,11	Burgherr & Meyer 1997	k.A.
<i>Chironomidae</i>	5,5	0,11	Burgherr & Meyer 1997	k.A.

* Mittlere Grösse in Proben, in denen das jeweilige Taxon häufig ist (z. B. *Corbicula*, *Dikerogammarus*: Schweizerhalle, *Dreissena*: Hemishofen).

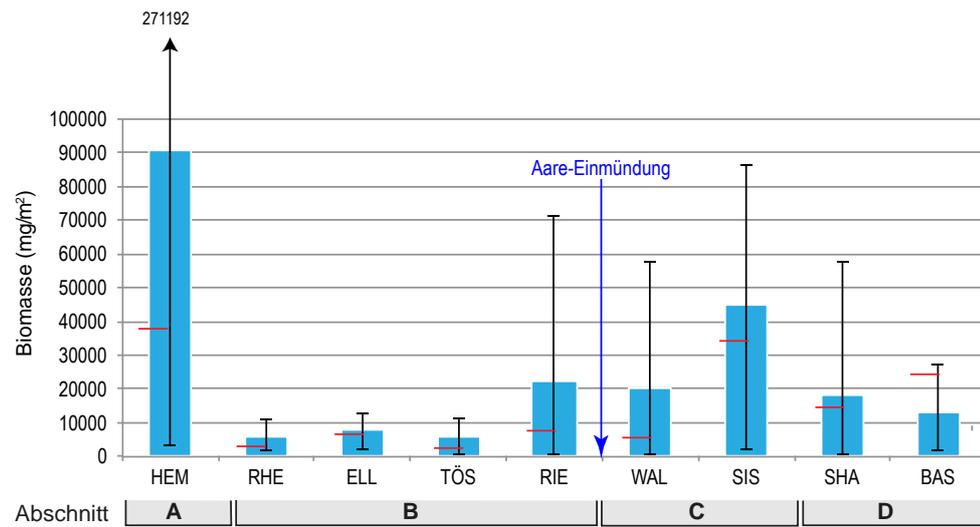
** Eigene Messungen

Gegenüber den Untersuchungen der Jahre 2006/2007 haben sich die Biomassen an acht der neun Flussquerschnitte erhöht. Besonders auffällig ist dies im Hochrheinabschnitt B, in dem der Anteil relativ kleiner Wasserinsektenarten an der Gesamtbesiedlung bisher immer besonders hoch und deshalb die durchschnittliche Biomasse besonders gering war. Seit auch hier schwerere Neozoenarten wie *Dikerogammarus* und *Corbicula* auftreten, ist auch die Biomasse deutlich angestiegen (Abb. 27), in einzelnen Proben von Rietheim sogar um mehr als das Zehnfache. Eine ähnliche Entwicklung ist am Flussquerschnitt von Waldshut zu beobachten.

Zunahme der Biomasse durch grosse Neozoenarten

Abb. 27 > Gesamt-Biomasse (Trockengewicht) der Makroinvertebraten auf der Hochrheinsohle 2011/12

Angabe der mittleren (Balken), der minimalen und maximalen Biomassewerte innerhalb der Teilproben eines Flussquerschnitts (Schwarze Linien), sowie der mittleren Biomassewerte der letzten Kampagne 2006/2007 (rote Querstriche).



Besiedlungsdichten und Biomassen einzelner Stellen verhalten sich somit nur bei gleicher Artenzusammensetzung proportional. Stellen, an denen der Anteil «schwerer» Tiere wie Mollusken und Gammariden besonders hoch ist (Tab. 4), erreichen auch bei geringeren Besiedlungsdichten hohe Biomassen. Hierzu zählen schon lange die Flussquerschnitte bei Sisseln und Schweizerhalle sowie die Stelle Hemishofen mit ihren Muschelbänken von *Dreissena polymorpha*. Seit Neuestem gehören nun auch Riethem und Waldshut dazu. Am Tössegg geht die Entwicklung in dieselbe Richtung (Abb. 28).

Neben *Dreissena*, deren Bestandsgrößen nach Jahreszeit und Jahr stark schwanken können^[53], ist die Körbchenmuschel *Corbicula fluminea*, die mit einer Schalenbreite von 2 cm bereits ein durchschnittliches Lebendgewicht von mehr als 3,5 g erreicht (Tab. 4), derjenige Organismus, der die bisher höchste Biomasse auf der Hochrheinsohle erreicht hat. Vor sechs Jahren wurden auf dem Querschnitt bei Sisseln lokal Individuendichten von bis zu 28000 Ind./m² nachgewiesen, was einer Lebend-Biomasse (mit Schale) von fast 100 kg/m² entspricht^[30]. Bei der aktuellen Kampagne lagen die Besiedlungsdichten zwar deutlich darunter, dabei wird aber noch immer eine Lebend-Biomasse über 16 kg/m² erreicht.

Welche Bedeutung die Neozoen hinsichtlich der Entwicklung der Biomasse im Hochrhein besitzen, zeigt die Abb. 29. Die seit Jahrzehnten etablierte Zebra- muschel *Dreissena* wird dabei gesondert betrachtet, da sie schon sehr lange im Hochrhein etabliert ist (bei Basel ca. 130 Jahre). Zwischen Bodensee und Tössegg liegt der Anteil der Neozoen noch immer unter oder um 20 % der Gesamtbio- masse. Aber auch hier sind schon deutliche Tendenzen zu erkennen, dass sich dieser Anteil weiter zugunsten der Neozoen verändert.

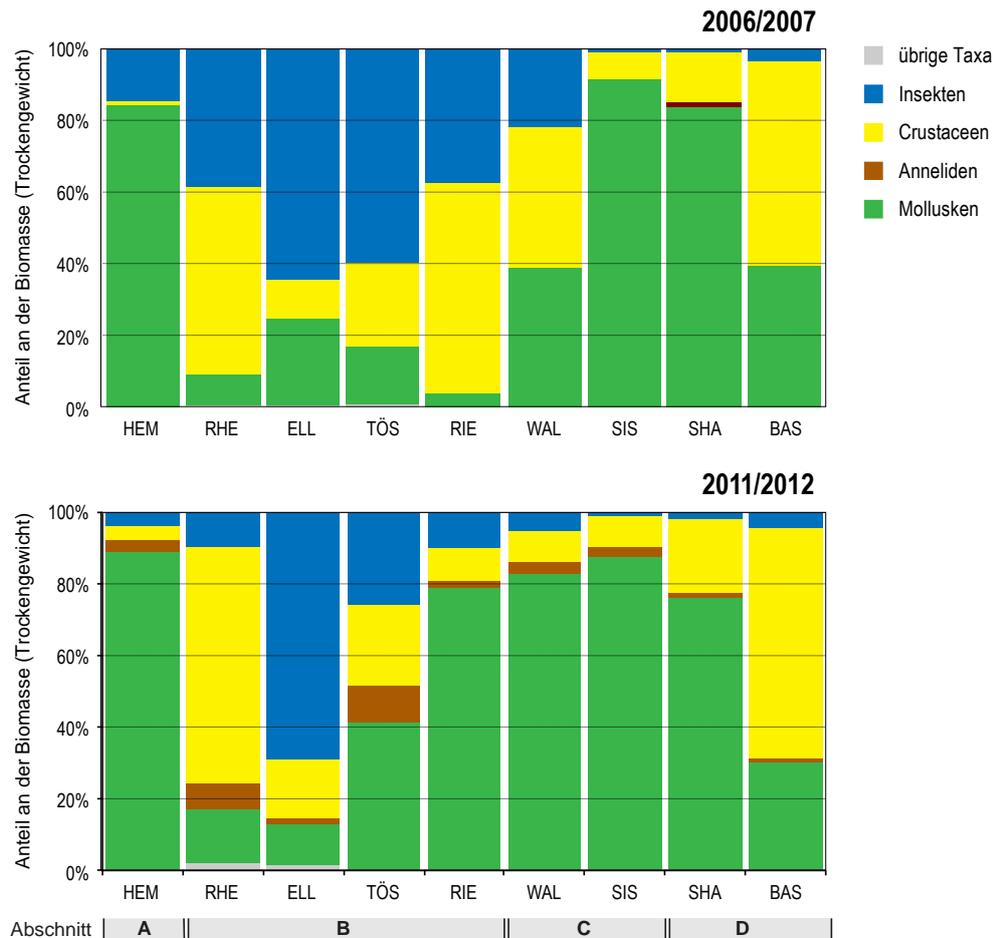
Beziehung zwischen Besiedlungsdichten und Biomassen einzelner Stellen

Populationen von *Dreissena* und *Corbicula* erreichen im Hochrhein die höchsten Biomassen

Die Neozoenausbreitung wirkt sich vor allem auf die Biomasseanteile aus

Abb. 28 > Anteile an der Biomasse der Makroinvertebraten auf der Hochrheinsohle 2011/12., Vergleich mit den Ergebnissen der Kampagne 2006/2007

Anteile taxonomischer Grossgruppen an der Gesamt-Biomasse für jeden Flussquerschnitt – gemittelt über sämtliche Teilproben.

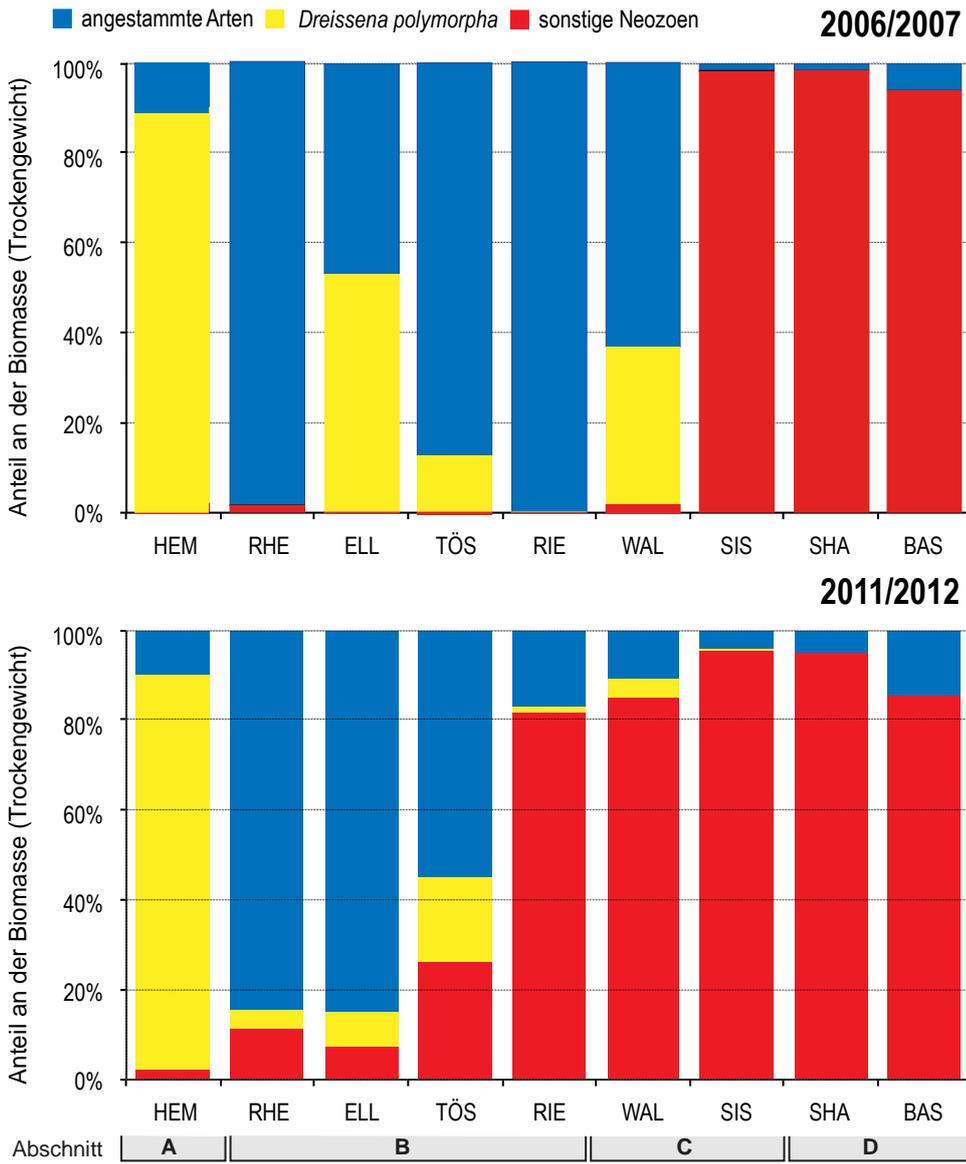


An den Stellen Rietheim und Waldshut stieg der Neozoenanteil zwischen 2006 und 2012 von unter 1% auf über 80% der Gesamtbiomasse. Diese Biomasseexplosion verläuft analog zu der Entwicklung in Sisseln zwischen 2000 und 2006^{[30], [41]} und derjenigen an den Stellen Schweizerhalle und Basel zwischen 1992 und 2000^{[37], [40], [41]}. Beide Male war die Ursache eine – wie oben beschriebene – Massenvermehrung von *Corbicula*, deren Bestände sich danach auf einem mittleren Niveau stabilisiert haben. Diese Stabilisierung zeigt sich möglicherweise bereits in den leicht abnehmenden Individuendichten (s.o.) und Biomasseanteilen der Neozoen in Basel, Schweizerhalle und Sisseln.

Die Biomasse der Neozoen an der Stelle Waldshut stieg in 6 Jahren um rund 80% an.

Abb. 29 > Anteile an der Biomasse der Makroinvertebraten auf der Hochrheinsohle 2011/2012. Vergleich mit den Ergebnissen der Kampagne 2006/2007

Anteile neozoischer und angestammter Arten an der Biomasse für jeden Flussquerschnitt – gemittelt über sämtliche Teilproben.



2.3 Entwicklung der Besiedlung durch neozoische Arten

Wie zwischen 2000 und 2006 hat sich auch innerhalb der letzten sechs Jahre die Verbreitung neozoischer Makroinvertebraten (Abb.2.17) noch einmal deutlich ausgeweitet. Deckte sich über viele Jahre hinweg die Ausbreitungsgrenze der meisten invasiven Arten mit der Grenze der Grossschiffahrt auf Höhe Rheinfelden, so lag sie danach längere Zeit im Bereich der Aaremündung. Zumindest vier invasive Arten haben nun

Vier invasive Neozoenarten haben sich über die Aaremündung hinaus ausgebreitet

auch die Hochrheinabschnitte A und B erobert, zuvor eine Domäne spezialisierter angestammter Arten.

Abb. 30 > Spektrum der aspektbildenden neozoischen Makroinvertebraten im Hochrhein 2011/2012

a) *Dikerogammarus villosus*
(Grosser Höckerflohkrebs) ■



b) *Echinogammarus ischnus*



c) *Chelicorophium curvispinum/sowinskyi*
(Schlickkrebs)



d) *Chelicorophium robustum*



e) *Proasellus coxalis* (Mittelmeerassel)



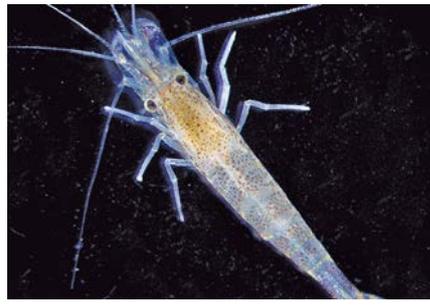
f) *Jaera sarsi* (Donauassel) ■



g) *Limnomysis benedeni*
(Donau-Schwebegarnele) ■



h) *Athyaephyra desmaresti*
(Grosse Süßwassergarnele)



i) *Orconectes limosus* (Kamberkrebs)



j) *Pacifastacus leniusculus* (Signalkrebs)



k) *Dreissena polymorpha* (Zebra- oder Dreikantmuschel)



l) *Corbicula fluminea* (Grobgerippte Körbchenmuschel) (links) und *C. fluminalis* (Feingerippte Körbchenmuschel) (rechts)



m) *Potamopyrgus antipodarum* (Neuseeländische Zwergdeckelschnecke)



n) *Viviparus ater* (Sumpfdeckelschnecke)



o) *Haitia (Physella) acuta* (Spitze Blasenschnecke)



p) *Hypania invalida* (Süßwasser-Borstenwurm)



q) *Caspiobdella fadejewi* (Fischegel)



r) *Branchiura sowerbyi* (Kiemenwurm)



s) *Dugesia tigrina* (Tigerplanarie) ■



t) *Dendrocoelum romanodanubiale* (Vieläugiger Milcheigel)



u) *Cordylophora caspia* (Keulenpolyp)



■ = Arten mit Massenvermehrung im Hocht Rhein 2011/12

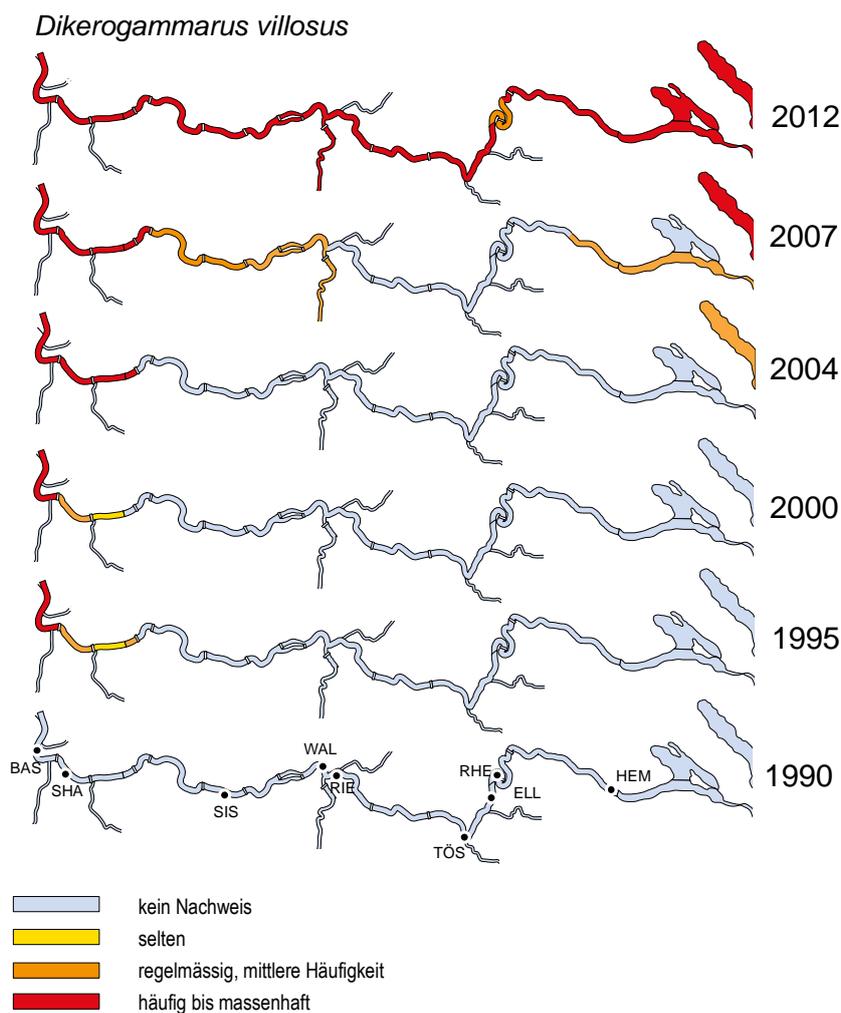
2.3.1 Invasive Neozoenarten mit Massenvorkommen

Die Aare war zwischen 2005 und 2006 wahrscheinlich die Eintragsquelle des Grossen Höckerflohkrebses *Dikerogammarus villosus* (Abb. 30 a) in den mittleren Rheinabschnitt C. Für eine weitere aktive Verbreitung rheinaufwärts waren die starken Strömungen und Turbulenzen an den Koblenzer Lauffen ein zunächst unüberwindbares Hindernis. In der Zwischenzeit hatte allerdings die zweite Neozoenquelle, der Bodensee, den Hochrhein von oben her mit *Dikerogammarus* «geimpft»^[21], so dass nun auch die naturnahen Hochrheinabschnitte passiv durch diese Art besiedelt werden konnten (Abb. 31).

Der Höckerflohkrebs ist auf mindestens drei Wegen in den Hochrhein gelangt

Abb. 31 > Ausbreitung des Grossen Höckerflohkrebses *Dikerogammarus villosus* im Hochrhein 1990 bis 2012

Angaben extrapoliert aus den Ergebnissen der Koordinierten biologischen Untersuchungen, zusätzlichen qualitativen Aufsammlungen und Ergebnissen anderer Untersuchungsprogramme^{[30], [37]–[41]}.



Ein weiterer invasiver Flohkrebs, *Echinogammarus ischnus* (Abb. 30 b), erreicht bei Schweizerhalle und Basel zwar mit bis zu 4100 Ind./m² nun höhere Dichten als der Höckerflohkrebs, konnte sich aber noch nicht weiter flussaufwärts ausbreiten. *Echinogammarus trichiatus*, im letzten Bericht noch als potenzieller Neuankömmling vorgestellt, hat den Hochrhein bei Basel inzwischen in geringer Dichte besiedelt.

Flohkrebe der Gattung *Echinogammarus* nehmen im untersten Hochrhein stark zu

Die Schlickkrebs-Arten *Chelicorophium curvispinum* und seine bisher nicht von ihm unterschiedene Schwesterart *Chelicorophium sowinskyi* (Artstatus noch ungewiss; Abb. 30 c) waren bisher als ausgeprägt invasiv eingeschätzt worden. Sie haben sich aber nicht weiter ausgebreitet und ihre Dichten haben sich mittlerweile auf niedrigem bis mittlerem Niveau (<600 Ind./m²) eingependelt. Eine dritte Art *Chelicorophium robustum* (Abb. 30 d) besiedelt nun ebenfalls den Hochrhein.

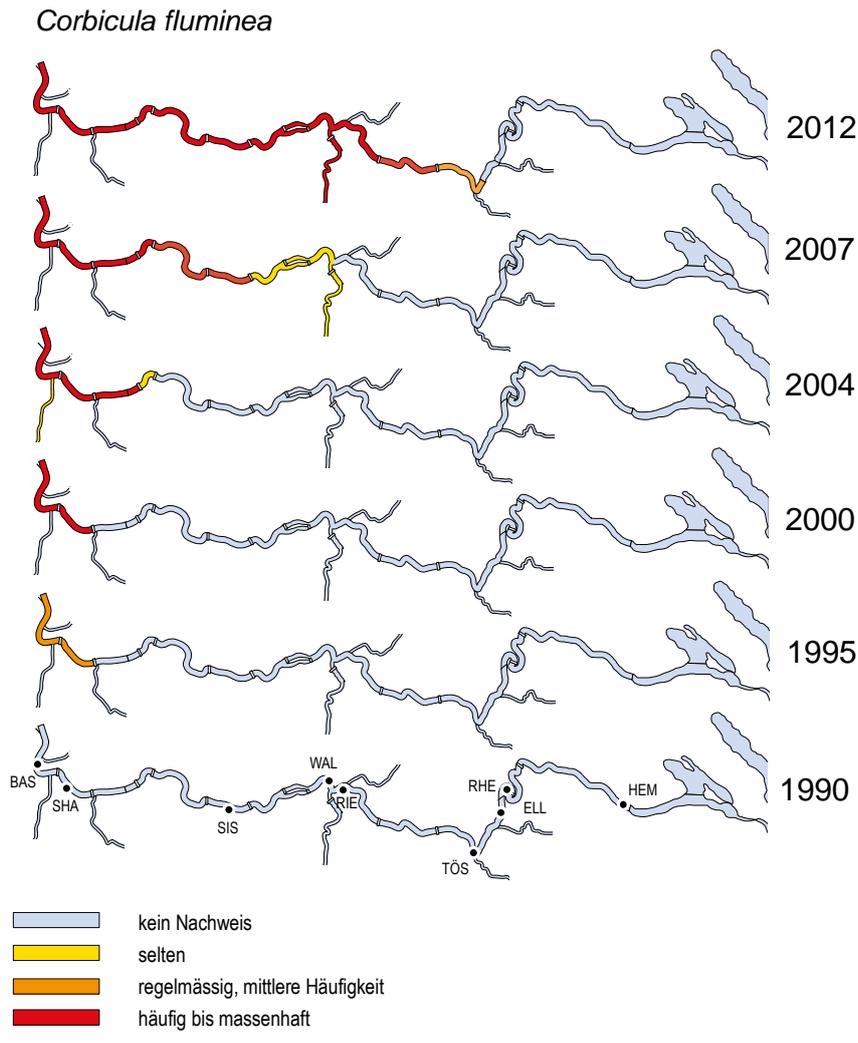
Die Bestände der Schlickkrebse haben sich nicht weiter ausgebreitet

Die Körbchenmuschel *Corbicula fluminea* (Abb. 30 l) gelangte wahrscheinlich ebenfalls über die Aare in den Rheinabschnitt C. Schätzungsweise zwei bis drei Jahre später kam es zu einer weiteren Verschleppung der Art über den Bereich Rietheim-Zurzach hinweg bis in den Stau Eglisau (Tössegg; Abb. 32). Damit hat *Corbicula* ihre Verbreitung über den Rheinabschnitt C hinaus flussaufwärts ausgedehnt und erreicht bei Rietheim sogar die höchsten lokalen Dichten; die höchsten Besiedlungsdichten über die gesamte Sohle hinweg werden – wie Unterwasseraufnahmen zeigen – noch immer auf Höhe Sisseln erreicht. Bei Basel ist erstmals ein leichter Rückgang der *Corbicula*-Dichten feststellbar. Da sich eine andere Population im Bodensee von Ost nach West ausbreitet^[21], steht eine Besiedlung des Seeabflusses und des Rheinabschnitts A von dieser Seite noch bevor.

Die Körbchenmuschel hat bereits den grössten Teil des Rheinabschnitts B besiedelt

Abb. 32 > Ausbreitung der Grobgerippten Körbchenmuschel *Corbicula fluminea* im Hochrhein 1990 bis 2012

Angaben extrapoliert aus den Ergebnissen der Koordinierten biologischen Untersuchungen sowie zusätzlichen qualitativen Aufsammlungen.

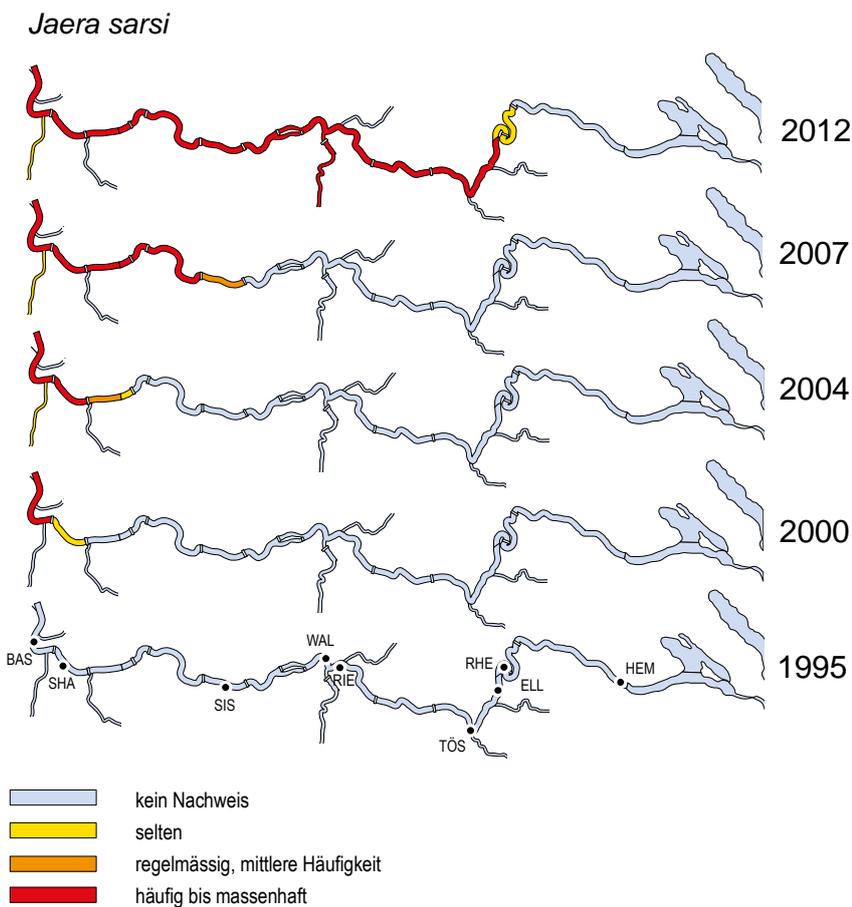


Die Donauassel *Jaera sarsi* (Abb. 30 f) hat ihr Verbreitungsgebiet seit den letzten Hochrheinuntersuchungen erheblich um über 70 Flusskilometer rheinaufwärts ausgeweitet (Abb. 33). Zwischen Ellikon und Waldshut zeigt sie mit Dichten von teilweise über 11 000 Ind./m² ihren derzeitigen Verbreitungsschwerpunkt, bleibt aber auch in den Abschnitten C und D noch sehr häufig. Zwischenzeitlich kommt die Art auch in der Aare und ihren grösseren Zuflüssen vor. Noch immer ist nicht bekannt, ob die kleine Assel die Flüsse auch aktiv gegen die Strömung besiedeln kann oder in erster Linie – wie die meisten anderen Neozoen – flussaufwärts verschleppt wird.

Die Donauassel hat sich um mehr als 70 Flusskilometer rheinaufwärts ausgebreitet

Abb. 33 > Ausbreitung der Donauassel *Jaera sarsi* im Hochrhein 1995 bis 2012

Angaben extrapoliert aus den Ergebnissen der Koordinierten biologischen Untersuchungen sowie zusätzlichen qualitativen Aufsammlungen.

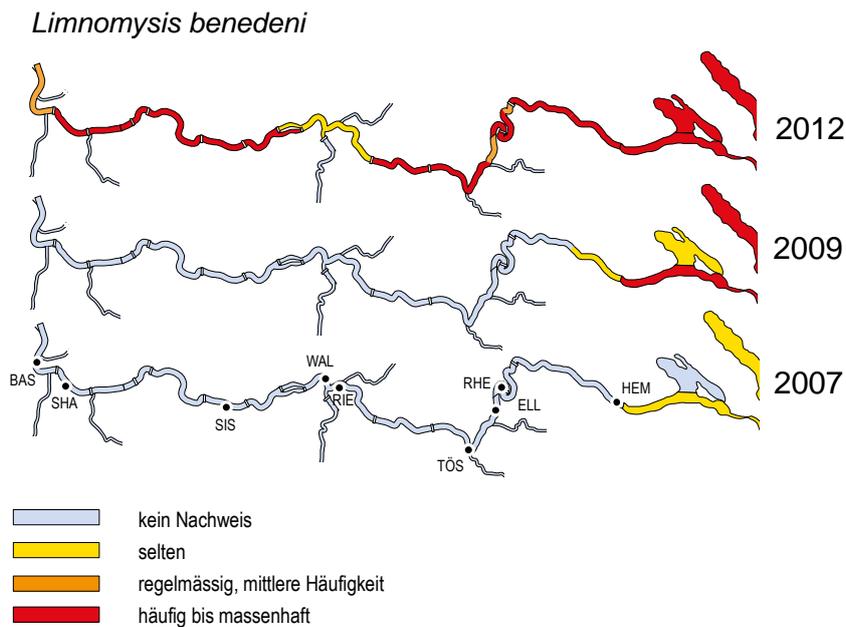


Mit der höchsten Geschwindigkeit aller bisherigen Neozoenarten hat sich die Schwebegarnele *Limnomysis benedeni* (Abb. 30 g, Abb. 34) im gesamten Hochrhein ausgebreitet. Quelle ist der Bodensee, in dessen östliches Ende die Art 2005 eingeschleppt wurde^[21]. Bereits 2007 hatte sie den gesamten Bodensee-Obersee und danach den Rheinsee besiedelt und in einzelnen Exemplaren Hemishofen erreicht. 2012 war die Art über den gesamten Hochrhein hinweg bis Basel gelangt und hat sich zwischenzeitlich wohl mit den Populationen im Oberrhein vermischt. Überall, wo die Bedingungen für die eher strömungsempfindliche Art günstig sind, kam es bereits zu Massenvermehrungen. *Limnomysis* zeigt in ihrer Besiedlung eine ausgeprägte Saisonalität. Im Winterhalbjahr trifft man auf die erwachsenen Tiere, manchmal in der gesamten Wassersäule (Abb. 35 b), während im Sommerhalbjahr kaum Schwebegarnelen anzutreffen sind, weil sie als kleinste Larven nur schwer nachweisbar sind.

Schwebegarnelen haben vom Bodensee aus in drei Jahren den gesamten Hochrhein besiedelt

Abb. 34 > Ausbreitung der Donau-Schwebegarnele *Limnomysis benedeni* im Hochrhein 2007 bis 2012

Angaben extrapoliert aus den Ergebnissen der Koordinierten biologischen Untersuchungen, zusätzlichen qualitativen Aufsammlungen und Ergebnissen anderer Untersuchungsprogramme [24], [54].



Der Verbreitungsschwerpunkt der Zebramuschel *Dreissena polymorpha* (Abb. 30 k) bleibt im Seeabfluss, wo die Art stellenweise noch immer flächendeckend in bis zu drei Schichten siedelt (Abb. 35 a). Unterhalb der Aaremündung haben sich die Bestände auf mittlerem Niveau wieder stabilisiert, im schiffbaren Rheinabschnitt bleibt die Art selten.

Das Verbreitungsgebiet der Zebramuschel, dem ältesten Neozoon, hat sich nicht verändert

2.3.2 Neozoen mit lokaler Massenvermehrung

Obwohl ebenfalls als invasiv bekannt, hat der Süßwasser-Borstenwurm *Hypania invalida* (Abb. 30 p) sein Verbreitungsgebiet seit der letzten Kampagne nicht mehr vergrößert. Verbreitungsschwerpunkte bleiben die Rheinabschnitte um Schweizerhalle und im Bereich Sisseln, dort aber mit lokalen Massenvorkommen (Abb. 35 c).

Potamopyrgus antipodarum, die Neuseeländische Zwergdeckelschnecke, ist zwar schon seit den 1980er Jahren aus dem Hochrhein bekannt, war bisher aber noch nicht durch hohe Individuendichten aufgefallen. 2011/12 zeigte die Art erstmals auffällige Massenvorkommen auf allen Sohlensubstraten der oberen beiden Hochrheinabschnitte mit Dichten von teilweise über 8000 Ind./m² (Abb. 30 m, Abb. 35 d).

Bisher seltenere Neozoen zeigten grosse Dichten-Zunahmen

Ebenfalls zum ersten Mal seit 1990 fiel auch *Dugesia tigrina*, die Tigerplanarie (Abb. 30 s), durch Dichten von über 2000 Ind./m² auf. Verbreitungsschwerpunkt der Art sind die Hochrheinabschnitte A und B.

Abb. 35 > Neozoen mit auffälliger Massenvermehrunga) Zebrauschel *Dreissena polymorpha* in Hemishofenb) Schwabegarnele *Limnomysis benedeni* im Lichtkegel eines Tauchers im Bodenseec) Süßwasser-Borstenwurm *Hypania invalida* bei Sisselnd) *Potamopyrgus* auf der Rheinsohle am Tössegg**2.3.3 Neozoen mit unauffälliger Verbreitung**

Neozoenarten, die sich eher unauffällig unter die bestehende oder zwischenzeitlich veränderte Hochrheinbiozönose mischen, findet man bei unterschiedlichen Tiergruppen.

Als Vertreter der Krebstiere trifft man im oberen Hochrhein regelmässig auf die Assel *Proasellus coxalis* (Abb. 30 e), im Stau Rheinau auch in grösseren Stückzahlen. *Synur-ella ambulans* (ohne Abb.), ein Flohkrebs, der vor sechs Jahren bei Sisseln nachgewiesen wurde, tauchte in der aktuellen Kampagne dagegen nicht mehr auf.

Flohkrebse und Asseln

Unter den Grosskrebsen nimmt der Kamberkrebs *Orconectes limosus* (Abb. 30 i) eine Sonderstellung ein, weil er sich über das gesamte Rheingebiet und seine grossen Zuflüsse und Seen verbreitet hat. Dichten von bis zu 300 Ind./m² sind allerdings aussergewöhnlich und nur aus dem Bodensee bekannt^[21]. An Stellen mit höherer Individuendichte machen hier Möwen und andere Wasservogelarten gezielt Jagd auf den Krebs^[51].

Grosskrebse und Garnelen

Der Signalkrebs *Pacifastacus leniusculus* (Abb. 30 j) wurde zwar nicht im Rahmen der Koordinierten Untersuchungen nachgewiesen, scheint aber bereits vor mehreren Jahren in den untersten Rheinabschnitt eingewandert oder verschleppt worden zu sein und sich

auch im dortigen regionalen Gewässersystem verbreitet zu haben. Die Jagd- und Fischereiverwaltungen der Kantone Basel-Stadt und Baselland machen in den Nebengewässern des Rheins seit einiger Zeit gezielt Jagd auf die Art^[45], die als Verbreiter der Krebspest und als aggressiver Räuber ökologische Schäden anrichten kann.

Die ebenfalls zu den Decapoden zählende Garnele *Athyaephyra desmaresti* (Abb. 30 h), die seit 1928 aus dem Oberrheingebiet bekannt ist^[18], wird immer wieder in Schweizerhalle gefunden, dort aber nur sehr lokal und stets in wenigen Exemplaren.

Der vieläugige Milchegel oder Donastrudelwurm (*Dendrocoelum romanodanubiale*) (Abb. 30 t), der bei der letzten Kampagne erstmals im Hochrhein nachgewiesen wurde, wurde wieder in Schweizerhalle in geringen Individuendichten gefunden. Ebenso unauffällig verläuft die Besiedlung des Rheinabschnitts bei Schweizerhalle mit dem Keulenpolyp *Cordylophora caspia* (Abb. 30 u). Die Art wurde wieder nur durch gesonderte Aufsammlungen durch den Taucher und auf Unterwasseraufnahmen entdeckt. Die ursprünglich aus dem Kaspischen Meer stammende Art ist in Mitteleuropa der einzige Süßwasserpolyp, der Kolonien bildet. Für die Rheinseitengewässer des Oberrheins wird *Cordylophora caspia* als verbreitet, aber selten angegeben^[4].

Der wärmeliebende Kiemenwurm *Branchiura sowerbyi* (Abb. 30 r) scheint sich zwischenzeitlich im Hochrhein sehr wohl zu fühlen. Er wurde an sechs der neun Flussquerschnitte in zunehmenden Häufigkeiten (bis 400 Ind./m²) angetroffen. Ebenfalls eine Zunahme der Dichten, aber auf den Stau Rheinau begrenzt, konnte bei der Sumpfschnecke *Viviparus ater* (Abb. 30 n) festgestellt werden. Wie die anderen größeren Taxa war auch *Viviparus* nur in kleinen Exemplaren in den Proben vertreten, Beobachtungen und Aufsammlungen wurden durch den Taucher gemacht. Auch die Schnecke *Physella acuta* spielt bei der Betrachtung der Neozooneinflüsse höchstens im Seeabfluss bei Hemishofen eine gewisse Rolle, in dem sie regelmässig in mittleren Dichten angetroffen wird.

2.3.4 Zu erwartende Neozoen

Die im letzten Bericht zu den Koordinierten biologischen Untersuchungen^[30] aufgestellten Prognosen haben sich teilweise bestätigt. Der Einfluss von Bodensee und Aaresystem auf die Neozoenverbreitung im Hochrhein war dabei grösser, der aus dem Oberrhein kleiner als vorhergesagt. Die Einschleppung weiterer Arten aus dem Oberrhein steht deshalb sehr wahrscheinlich noch bevor, entweder direkt in den Bodensee und von dort aus rheinabwärts oder bis zur Schifffahrtsgrenze bei Rheinfeldern und dann etappenweise weiter rheinaufwärts.

Die Gefleckte Schwebegarnele *Katamysis warpochowskyi* hat sich im Bodensee etabliert und steht derzeit an der Pforte zum Hochrhein. Sie konnte im Herbst 2011 bei Wangen wenige Kilometer oberhalb des Seeabflusses zahlreich gefunden werden. Sie wurde dort im April 2012 bestätigt. Im Verlauf der nächsten beiden Jahre muss damit gerechnet werden, dass diese Art in den oberen Abschnitt des Hochrheins eindringt.

Hohltiere, Strudelwürmer, Würmer
und Schnecken

Die Gefleckte Schwebegarnele
gelangt vom Bodensee aus in den
Hochrhein

Sicher zu erwarten ist, dass sich die *Corbicula*-Population aus dem Bodensee-Obersee langsam Richtung Seeabfluss bewegt und damit auch den Rheinabschnitt A mit der Muschel «beimpft»^[21].

Die Bedenken sind weiterhin gross, dass die Schwesterart der Zebra- und Quagga-Muschel, die Quagga-Muschel *Dreissena rostriformis bugensis*, in den Hochrhein oder den Bodensee gelangen könnte, zumal die im Oberrhein etablierte Population weiter anwächst. Eine Verbreitung der Art im Bodensee könnte sich dabei möglicherweise auch auf die Wasserversorgung auswirken. Die Betriebe der Bodenseewasserversorgung sind deshalb dabei, Szenarien zu diskutieren und spezielle Monitoringprogramme zu planen.

Problemfall Quagga-Muschel

Weitere aus dem Schwarzmeerraum stammende Flohkrebse wie *Dikerogammarus robustus*, *Dikerogammarus bispinosus*, *Obesogammarus obesus*, *Echinogammarus trichiatus* und *Pontogammarus robustoides* breiten sich schon längere Zeit im Main- und im Rheinsystem aus und könnten in den nächsten Jahren auch in den Hochrhein gelangen. *Hemimysis anomala*, die dritte invasive Schwebegarnelenart, könnte ebenfalls aus dem Oberrheingebiet oder Main oder dem Genfersee in Hochrhein und Bodensee verschleppt werden. Bei den Grosskrebarten ist noch die Einwanderung vom Roten Sumpfkrebs *Procambarus clarkii* und dem Kalikokrebs *Orconectes immunis* zu erwarten.

Weitere Donau-Flohkrebse auf dem Weg ins Rheinsystem

2.4

Entwicklung der Charakterarten 1990–2012

Seit dem zweiten Bericht zu den Koordinierten Untersuchungen 1995 wird die Besiedlungsentwicklung typischer und dominanter Hochrheintaxa auf den neun Flussquerschnitten verglichen^{[30], [40], [41]}. Generell können dabei nur Taxa herangezogen werden, die innerhalb eines grösseren Beprobungsareals des dominierenden Sohlensubstrats eine einigermaßen regelmässige Verteilung aufweisen und damit repräsentativ erfasst werden können. Arten, die nur lokal in hohen Dichten auftreten, können in einzelnen Proben Massenvorkommen vortäuschen, in anderen gänzlich fehlen. Auch sehr seltene oder aufgrund ihrer Grösse nur vereinzelt vorkommende Taxa eignen sich für solche Vergleiche nicht (Ausnahme: Schwämme).

Nur regelmässig vorkommende Taxa eignen sich für Langzeitvergleiche

Zwischenzeitlich kamen zur angestammten Benthofauna viele Neozoenarten hinzu (Kap 2.3), die einen grossen Einfluss auf die vergleichende Betrachtung haben. In den folgenden Abbildungen werden Langzeitbetrachtungen exemplarisch durchgeführt; einige früher behandelte Taxa wurden durch neue ersetzt. Zu letzteren gehören Makroinvertebraten, die lange Zeit stabile Bestände aufwiesen, und solche, die sich deutlich nach oben oder unten verändert haben. Informationen über die Neozoenausbreitung werden hier noch einmal in zeitlichem Kontext aufgegriffen, wobei auch der mögliche Zusammenhang mit dem Rückgang einiger angestammter Arten thematisiert wird. Der Höckerflohkrebs *Dikerogammarus* spielt dabei eine besondere Rolle.

Neozoen haben Einfluss auf die vergleichenden Betrachtungen

Wie im vergangenen Bericht^[30] werden die Besiedlungsdichten entsprechend den Tabellen im Anhang 2 in sieben Klassen angegeben (nach DIN 38410 T1). Sie stellen das jeweilige Häufigkeitsmaximum des Taxons im Flussquerschnitt dar.

Häufigkeitsmaximum

Schwämme (Porifera; Abb. 36)

Das Vorkommen von Schwämmen auf der Rheinsohle kann nicht wie bei den anderen Wirbellosen quantifiziert werden, weil von diesen Organismen oft nur Bruchstücke in den Proben auftreten, Einzelindividuen sehr gross sind und Individuengrenzen schwer zu bestimmen sind. Daneben sind auch Häufigkeitsklassen nicht verwendbar, da diese an Individuenzahlen pro Quadratmeter geknüpft sind und die relativ grossen Schwämme – selbst wenn sie sich flächendeckend ausbreiten würden – nur in begrenzter Zahl diesen Quadratmeter besiedeln könnten. Im Rahmen der aktuellen Untersuchungen, aber auch schon bei Taucharbeiten im Sommer 2011, fiel auf, dass sich die durch Süswwasserschwämme besiedelten Flächen im Flussquerschnitt bei Schweizerhalle gegenüber 2007 vergrössert haben, wobei einzelne Individuen Flächen von über 0,75 m² bedeckten (Abb. 36). An den anderen acht Flussquerschnitten konnte eine solche Bestandsänderung nicht beobachtet werden. Das ufernahe umlagerungsstabile Sohlensubstrat in Schweizerhalle lässt allerdings auch eine grossflächige Besiedlung zu. Hinzu kommt, dass sich die Schwämme momentan im Kampf um das Hartsubstrat offenbar gegenüber Zebramuscheln und Schlickkrebsen durchgesetzt haben.

Das Vorkommen von Schwämmen kann nicht in Häufigkeitsklassen angegeben werden

Abb. 36 > Ausgewählte Charakterarten des Hochrheins: Schwämme (Porifera)

Von Süswwasserschwämmen der nur schwer unterscheidbaren Gattungen *Ephydatia* und *Spongilla* bedeckte Hartsubstrate im Flussquerschnitt Schweizerhalle Sommer und Herbst 2011. Individuengrenzen sind an den helleren Nähten zu erkennen, die sich zu Falten aufwerfen. Links: Exemplar ohne, rechts mit symbiontischen Grünalgen.



Strudelwürmer (Turbellaria; Abb. 37)

Strudelwürmer oder Planarien sind über den gesamten Hochrhein verbreitet. Innerhalb der letzten 13 Jahre zeigten die angestammten Taxa jedoch einen tendenziellen Rückgang, besonders deutlich unterhalb der Aaremündung. Verdeutlicht wird dieser Trend durch die früher häufigen Taxa *Dendrocoelum lacteum* (Milchegel) und *Dugesia lugubris/polychroa* (vgl. S. 70). Im oberen Hochrhein hat der Bestand der neozoischen Tigerplanarie *Dugesia tigrina* stark zugenommen, so dass lokal Dichten von über 2400 Ind./m² erreicht wurden. Zugleich geht das Vorkommen dieser Art in den Abschnitten C und D deutlich zurück.

Heimische Strudelwürmer werden seltener

Muscheln (Bivalvia; Abb. 38)

Wie oben beschrieben hat die neozoische Körbchenmuschel *Corbicula fluminea* ihr Verbreitungsgebiet weiter ausgeweitet. Wie bei den früheren Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass hinter der jeweiligen Ausbreitungsfront zunächst eine Massenvermehrung stattfindet, und sich die Dichten danach auf tieferem Niveau stabilisieren. 2011 hat deshalb Riethem die Stelle Sisseln als Ort mit den lokal höchsten Dichten abgelöst. Die dichteste durchschnittliche Besiedlung weist weiterhin Sisseln auf.

Die Körbchenmuschel hat ihr Verbreitungsgebiet stark ausgeweitet

Für die Zebramuschel *Dreissena polymorpha* ist keine Bestandsänderung zu verzeichnen. Im unteren Rheinabschnitt bleibt die Art selten. Der massive Bestandsrückgang zwischen 2001 und 2004^[4] wurde auf die Massenvermehrung des Schlickkrebse *Chelicorophium* zurückgeführt, der die Hartsubstrate mit seinen Schlammröhren überzogen und damit den Zebramuscheln das Substrat «weggenommen» hat. Stimmt diese Theorie, sollten sich nach dem Rückgang der Schlickkrebse die *Dreissena*-Bestände wieder erholt haben. Dies ist bisher, wie oben beschrieben, aber nicht der Fall.

Die Bestände der Zebramuschel zeigten seit 2006 keine Veränderungen

Seit etwa 10 Jahren zeigen die meist sehr kleinen, im Sediment oder unter Steinen lebenden Erbsenmuscheln (Pisidien) eine Bestandszunahme von Hemishofen bis Sisseln; in Schweizerhalle und Basel ist diese Muschelgattung selten. Weder diese Beobachtung, noch die Zunahme in den oberen Rheinabschnitten konnte bisher erklärt werden.

Erbsenmuscheln werden vermehrt nachgewiesen

Schnecken (Gastropoda; Abb. 39)

Die Flussmützenschnecke *Ancylus fluviatilis* wird im Hochrhein immer häufiger, meidet aber extreme Staubereiche wie Rheinau. Zwischen Tössegg und Basel zeigt die Art nun regelmässig Dichten von mehr als 1,500 Ind./m². Die 1995 im Raum Basel noch häufigste Schneckenart, die Flusskahn Schnecke *Theodoxus fluviatilis* ist seit 2000 aus dem Hochrhein verschwunden^[41]. Rezent wirkende Schalenfunde an drei Flussquerschnitten lassen es möglich erscheinen, dass doch noch eine lokale Population überlebt oder sich neu angesiedelt hat.

Die Flussmützenschnecke wird immer häufiger, die Flusskahn-Schnecke bleibt verschollen

Die Bestände der in Rheinabschnitt A bis C früher häufigsten und für den Rhein typischen Schnauzenschnecke *Bithynia tentaculata* haben sich nach einem besorgniserregenden Rückgang 2006 an den oberen beiden Flussquerschnitten und in Basel auf niedrigem bis mittleren Niveau stabilisiert. Die seit über 25 Jahren im Hochrhein nachgewiesene Neuseeländische Zwergdeckelschnecke *Potamopyrgus antipodarum*^[44] zeigt erstmals Massenvermehrungen an sechs der neun Flussquerschnitte. Sie ist nun auch im Seeabfluss häufig und fehlt nur in Ellikon. Erklärungen für diese «verzögerte Invasion» gibt es noch keine. Zwar zeigen die meisten Neozoen eine sogenannte «Inkubationsphase» von der Einschleppung bis zur Massenvermehrung, allerdings dauert diese in der Regel nur wenige Monate bis ca. zwei Jahre.

Die für den Rhein typische Schnauzenschnecke bleibt gefährdet, die neozoische Zwergdeckelschnecke zeigt erstmals Massenvermehrungen

Würmer (Oligochaeta und Polychaeta; Abb. 40)

Die meisten Würmer (Oligochaeta) zeigen seit der letzten Kampagne auf allen Flussquerschnitten auffällige Zunahmen der Besiedlungsdichte. *Stylodrilus heringianus* ist nun an allen Stellen häufig und kommt an drei Stellen massenhaft vor. Auch die Schlammröhrenwürmer (Tubificidae) zeigen wieder ähnlich hohe Dichten wie schon einmal bei der Untersuchung 1990.

Den neozoischen und wärmeliebenden Kiemenwurm *Branchiura sowerbyi* trifft man in unterschiedlichen Dichten bis zu 400 Ind./m² vor, wahrscheinlich ist er über den gesamten Hochrhein verbreitet, wurde nur nicht überall nachgewiesen. Der neozoische Süßwasserborstenwurm *Hypania invalida* hat sich noch nicht über Sisseln hinaus ausgebreitet, zeigt dort allerdings höhere Dichten als noch vor sechs Jahren.

Krebstiere (Crustacea; Abb. 41)

Die Bestände der neozoischen Schlickkrebse *Chelicorophium curvispinum* und *Chelicorophium sowinskyi* haben sich nicht mehr weiter rheinaufwärts ausgebreitet und sind in ihrem Siedlungsgebiet noch einmal zurückgegangen. Die Individuendichten in den Proben sind z.T. auf weniger als die Hälfte zurückgegangen und Taucherbeobachtungen von der Rheinsohle zeigen, dass die im Jahr 2000 noch flächendeckenden Schlammröhrenkolonien selten geworden oder verschwunden sind. Zwischenzeitlich dürfte sicher sein, dass bei dieser Entwicklung der wohl grösste Fressfeind, der Grosse Höckerflohkrebs *Dikerogammarus villosus*, eine entscheidende Rolle spielt^[14]. Ungeachtet dieser Räuber-Beute-Beziehung hat sich nun seit 2007 eine dritte Schlickkrebseart, *Chelicorophium robustum*, in Basel und Schweizerhalle etabliert und macht an diesen Stellen schon 50 % der Schlickkrebse-Dichten aus. Auch diese Art hat bisher den Sprung über den Stau Birsfelden hinaus rheinaufwärts noch nicht geschafft.

Flohkrebse gehörten und gehören im Hochrhein zu den dominanten Faunenelementen. Mit der Verbreitung des Grossen Höckerflohkrebses *Dikerogammarus villosus* haben sich jedoch die Verhältnisse für die zuvor im Rhein ansässigen Arten stark verändert. Wie in Kap. 2.3.1 beschrieben, hat *Dikerogammarus villosus* den Hochrhein seit der letzten Untersuchung von beiden Seiten «in die Zange genommen» und sich in den meisten Rheinabschnitten stark bis massenhaft (bis 5700 Ind./m²) vermehrt.

In den letzten Jahren wurde von verschiedenen Forschungsgruppen beobachtet, dass sich *Dikerogammarus* durch ein besonders aggressives Territorial- und Fressverhalten auszeichnet und andere Makroinvertebratenarten aus ihren bevorzugten Choriotope verdrängt oder frisst^[50]. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass sich in Bereichen mit hoher *Dikerogammarus*-Dichte die anderen Arten nur durch Rückzug in geeignete Schutzhabitate entziehen können, die von *Dikerogammarus* gemieden werden. Sind diese nicht vorhanden oder teilt der Konkurrent dasselbe Habitat mit *Dikerogammarus* wie die meisten anderen Flohkrebsearten, so gewinnt der grössere und aggressivere Höckerflohkrebs in der Regel den Kampf um den Siedlungsraum. Wohl aus diesem Grund zeigen auch verwandte Flohkrebsearten wie *Gammarus fossarum*, *G. pulex*, *G. roeseli*, daneben aber auch die einheimische Wasserassel *Asellus aquaticus* und die neozoische *Proasellus coxalis*, an allen Rheinabschnitten, an denen einige Jahre zuvor

Die meisten Würmer zeigen Bestandszunahmen, die neozoische *Hypania* hat sich noch nicht weiter ausgebreitet

Schlickkrebse bleiben im Raum Basel und nehmen im Bestand ab

Die relativen Häufigkeiten der verschiedenen Flohkrebsearten haben sich verändert

Habitatkonkurrenz zwischen verschiedenen Flohkrebsearten

Dikerogammarus bereits massenhaft vertreten war, einen dramatischen Bestandsrückgang.

Von einer anderen neozoischen Flohkrebsart, *Echinogammarus ischnus*, wurde eigentlich eine deutlich stärkere Ausbreitungstendenz erwartet, als sie bisher beobachtet werden konnte. Massenvorkommen zeigt dieser Flohkrebs nur in Basel und Schweizerhalle, weiter rheinaufwärts hat er es noch nicht geschafft. Dennoch bleibt auch diese Art, wie ihre invasorische Besiedlung verschiedener Oberrheinabschnitte zeigt, eine latente Gefahr für die Biodiversität im Hochrhein.

Die angestammten Flohkrebsarten im Hochrhein, *Gammarus fossarum* und *Gammarus pulex*, sind unterhalb der Aaremündung und im Seeabfluss bei Hemishofen massiv in ihren Beständen zurückgegangen, *G. pulex* noch deutlich stärker als *G. fossarum*. Eine Ausnahme bildet überraschenderweise der Flussquerschnitt bei Basel, in dem beide Arten wieder deutlich häufiger sind als vor sechs Jahren. Der ursprünglich aus dem Balkan stammende^[22], aber wahrscheinlich schon seit langem im unteren Hochrhein verbreitete Flussflohkrebs *Gammarus roeselii* konnte in den Proben zwischen Sisseln und Basel überhaupt nicht mehr nachgewiesen werden. Vom Seeabfluss bis Tössegg ist die Art dagegen noch sehr häufig vertreten. Ein Zusammenhang dieser Beobachtung mit der weiteren Verbreitung von *Dikerogammarus* ist sehr wahrscheinlich, dennoch scheint es spezifische Unterschiede in der Reaktion der einzelnen Arten an den verschiedenen Rheinabschnitten zu geben. So bieten die strukturell vielfältigeren Rheinabschnitte sicher bessere Refugien als der eher monotone Hochrhein unterhalb der Aaremündung. Untersuchungen der Konkurrenzphänomene zwischen *Dikerogammarus* und *Gammarus roeseli* – sowohl im Labor als auch im Bodensee – haben gezeigt, dass sich der unterlegene Flussflohkrebs in Bereiche zurückzieht, in die ihm *Dikerogammarus* aufgrund seiner Grösse nicht folgen kann (z. B. Geflechte von Armleuchteralgen)^[19].

Mit hoher Wahrscheinlichkeit ist *Dikerogammarus* auch eine der Ursachen für den Rückgang der Wasserassel *Asellus aquaticus* und ihres neozoischen Pendants *Proasellus coxalis* zwischen Tössegg und Basel. Auf der anderen Seite zeigte sich schon seit der letzten Untersuchung eine Zunahme der Bestände beider Arten in Hemishofen und Rheinau. Auch hier siedelt *Dikerogammarus* schon einige Jahre, allerdings noch nicht in annähernd so hohen Dichten wie von Rietheim flussabwärts.

Ein auffälliges Ausbreitungsmuster zeigt die Donauassel *Jaera sarsi*. Möglicherweise haben wir es bei ihr mit einem der wenigen Neozoen zu tun, die nicht von Rheinabschnitt zu Rheinabschnitt verschleppt werden, sondern aktiv rheinaufwärts wandern. Dass der Art auch Bereiche mit stärkerer Strömung behagen, zeigt die Tatsache, dass sie die grössten Dichten in Rietheim und Ellikon erreicht. *Jaera* wird anscheinend weder durch eine angestammte Art noch durch ein anderes Neozoon konkurrenziert; umgekehrt ist bislang auch kein Einfluss ihrerseits auf die Biozönose zu erkennen.

Die Donau-Schwebegarnele *Limnomysis benedeni* wurde im Februar 2007 erstmals in Hemishofen nachgewiesen^[21]. Innerhalb von zwei bis drei Jahren hat sie den Hochrhein vom Bodensee aus bis Schweizerhalle erobert. Die dabei erreichten Dichten sind nur schwer zu beurteilen, da sich *Limnomysis* in Stillwasserbereichen in Schwärmen

Echinogammarus als latent invasorische Art

Angestammte Flohkrebsarten zeigen abschnittsweise starke Bestandseinbussen – *Dikerogammarus* als Ursache?

Die Donauassel zeigt ein auffälliges Ausbreitungsmuster

Siegeszug der Schwebegarnele im Hochrhein

sammelt und sich ansonsten gezielt an verschiedenen, möglicherweise in den Proben nicht berücksichtigten Substraten konzentriert. Im Bodensee hat sich die Art als besonders beliebter Nahrungsorganismus für verschiedene Fischarten erwiesen^[17].

Eintagsfliegen (Ephemeroptera), Steinfliegen (Plecoptera) (Abb. 42)

Ähnlich wie die heimischen Flohkrebsarten mussten auch einige Eintagsfliegen- und Steinfliegengattungen seit der letzten Untersuchung im Hochrhein Bestandseinbußen hinnehmen. Starke Verluste – vor allem im Rheinabschnitt B – verzeichnet die Eintagsfliegengattung *Baëtis*, darunter fallen alle hochrheintypischen Vertreter wie *B. lutheri*, *B. vardarensis*, *B. fuscatus* und *B. rhodani* (ohne separate Abb.). Im Raum Basel sind die Baëtiden fast völlig verschwunden. Im oberen Hochrhein vom Bodensee bis Ellikon halten sie sich vorerst noch in mittleren Dichten. Negativ haben sich auch die Besiedlungszahlen der Eintagsfliegenart *Seratella ignita* entwickelt. Die Art zeigt nur noch in Ellikon ein nennenswertes Vorkommen. Allerdings handelt es sich bei ihr um eine sogenannte «Sommerart», die im warmen Frühjahr 2007 bereits weiter entwickelt war als 2012.

Die Bestände der Eintagsfliegenart *Heptagenia sulphurea*, in unseren grossen Flüssen die einzige typische Vertreterin ihrer Familie, nehmen tendenziell ebenfalls ab. In Basel und Rheinau war sie in den Proben nicht mehr vertreten. Die meisten Vertreter der Eintagsfliegen-Gattung *Caënis* haben ihren Verbreitungsschwerpunkt im Hochrhein oberhalb der Aaremündung. Deutliche Veränderungen in der Besiedlung sind nicht erkennbar oder zeigen sich möglicherweise erst auf Artniveau (ohne Abbildung). Auch die Bestände der Art *Potamanthus luteus* haben sich nicht nachweislich verändert (Abb. 42).

Die grosse, überwiegend im sandigen Sediment lebende Eintagsfliege *Ephemera danica* zeigt leicht zunehmende Dichten, wobei der Verbreitungsschwerpunkt zumindest seit 1990 in den oberen beiden Hochrheinabschnitten liegt.

Leuctra ist die einzige Steinfliegengattung, deren potamale Vertreter noch bis vor zwölf Jahren regelmässig in allen Hochrheinabschnitten vorkamen. Bereits bei der letzten Kampagne wurde ein drastischer Rückgang festgestellt, der sich seither offenbar fortsetzte. Auch bei den meisten Leuctriden handelt es sich um «Sommerarten», die z. T. erst später im Jahr eindeutig nachweisbar sind. Daher muss abgewartet werden, ob sich der beobachtete Trend auch im Jahresverlauf fortsetzt.

Käfer (Coleoptera; Abb. 43)

Die meisten der für den Hochrhein typischen Hakenkäfer (Elmidae) haben ihren Verbreitungsschwerpunkt zwischen Bodenseeabfluss und Waldshut. *Elmis maugetii*, *Esolus* spp. und *Limnius volckmari* zeigen keine oder nur undeutliche Bestandänderungen. Die in grösseren Tiefen siedelnde Gattung *Stenelmis* scheint dagegen weiter im Bestand zurückzugehen.

Die Bestände der früher sehr häufigen Eintagsfliegengattung *Baëtis* brechen ein

Auch die Bestände der hochrheintypischen *Heptagenia* nehmen ab

Drohen Steinfliegen aus dem Hochrhein zu verschwinden?

Das Vorkommen der meisten Käferarten zeigt kaum Veränderungen

Köcherfliegen (Trichoptera; Abb. 44)

Die Besiedlungsdichten der typischen potamalen Arten *Lepidostoma hirtum*, der köcherlosen, «galeriebauenden» *Psychomyia pusilla* und der mit grobem Steinchenköcher bestückten Vertreter der Goeriden haben seit der letzten Kampagne zugenommen. Bei Letzterer ist diese Zunahme seit 1990 sehr deutlich, was auf eine grosse Konkurrenzstärke der Gattung hindeutet. Ausserdem läuft die gut gepanzerte Köcherfliege kaum Gefahr, von *Dikerogammarus* verspeist zu werden. Zugleich zeigen mehrere der anderen Köcherfliegentaxa gegenüber der letzten Untersuchungskampagne Bestandsrückgänge. Die in filigranen Köchern lebenden Hydroptiliden sind an sieben der neun Stellen und die Leptoceriden an allen neun Flussquerschnitten zurückgegangen.

Bei den netzbauenden und köcherlosen Gattungen *Hydropsyche* und *Cheumatopsyche* ist die Analyse differenzierter. *Cheumatopsyche* zeigte in den 1990er-Jahren schon einmal geringere Dichten im oberen Hochrhein, war dafür aber unterhalb der Aaremündung häufig. Zurzeit scheint der Bestand der Art vom Seeabfluss bis Waldshut stabil und individuenreich zu sein, während er weiter unten im Rhein fast völlig eingebrochen ist. Am deutlichsten zeigt sich diese Entwicklung in den Proben von Sisseln. Die ursprünglich im Hochrhein sehr arten- und individuenreiche Gattung *Hydropsyche* zeigt unterhalb der Aaremündung ebenfalls stark abnehmende Dichten. Im Seeabfluss ist das Taxon zwar noch immer sehr häufig, siedelt aber vermehrt nur noch in schneller strömenden Bereichen – ein Hinweis auf eine Ausweichreaktion. Zwei der sieben *Hydropsyche*-Arten, *H. pellucidula* und *H. angustipennis*, konnten nicht mehr oder nur noch in einzelnen Exemplaren gefunden werden. *Hydropsychiden* fangen ihre Nahrung in Sekret-Netzen (Abb. 14) und sind damit abhängig von der Menge und der Art der eindriftenden Nahrung. Mit der Reoligotrophierung von Bodensee und Hochrhein sind hier auch die Planktondichten zurückgegangen. Dieser Faktor spielt aber sicher nicht die entscheidende Rolle für den teilweise massiven Rückgang der Köcherfliegen. Auch in diesem Fall muss *Dikerogammarus* als ein Verdrängungsfaktor und Fressfeind angenommen werden.

Beim köcherlosen *Polycentropus flavomaculatus* und der räuberisch lebenden *Rhyacophila* sind keine Trends in der Besiedlung erkennbar.

Zweiflügler: Fliegen und Mücken (Diptera; Abb. 45)

Die Vertreter der Familie der Zuckmücken (Chironomidae) sind an allen Hochrheinstellen schon immer massenhaft vorgekommen. Das liegt vor allem daran, dass das Taxon alle Lebensraumtypen abdeckt: Ubiquisten, strömungsliebende Gattungen, Stillwasserarten, Sedimentbewohner u.v.m. Innerhalb der hier betrachteten Unterfamilien (Orthocladiinae, Chironomini, Tanipodinae, Tanitarsini) kam es seit den letzten Untersuchungen zu keinen nennenswerten Besiedlungsveränderungen. Allein in Rietheim scheinen die Dichten der strömungstoleranten Arten tendenziell etwas geringer zu sein als vor sechs Jahren.

Einzelne Köcherfliegenarten nehmen zu

Die Bestandänderungen netzbauender Köcherfliegen haben wahrscheinlich mehrere Ursachen

Bei den Zuckmücken sind keine Bestandsänderungen zu beobachten

Die fast nur in starker Strömung vorkommenden Kriebelmückenlarven (*Simulium* sp.) sind an entsprechend schnellfließenden und dabei flachgründigeren Rheinstellen wie Hemishofen, Ellikon und Rietheim häufig bis massenhaft vertreten. Dort siedeln sie halbsessil meist auf Makrophyten wie dem Flutenden Hahnenfuss *Ranunculus fluitans*. An den in früheren Jahren noch regelmässig besiedelten Stellen von Waldshut bis Basel konnte seit 2006/2007 ein deutlicher Rückgang der Familie verzeichnet werden.

Grundwanze (*Aphelocheirus aestivalis*; Abb. 46)

Als einziger Vertreter der hemimetabolen Wasserinsekten (Insekten ohne Puppenstadium) ist die Grundwanze *Aphelocheirus aestivalis* eine typische potamale Art, die früher den gesamten Hoch- und Oberrhein besiedelt hat, streckenweise sogar in hohen Dichten. Nun ist sie an den meisten Flussquerschnitten deutlich zurückgegangen und fehlt an fünf Stellen ganz. Dass diese Entwicklung ebenfalls mit *Dikerogammarus* zusammenhängen könnte, erscheint auf den ersten Blick unwahrscheinlich, da die bis über 1 cm grosse Grundwanze ein noch wehrhafterer Jäger ist als der Höckerflohkrebs. Aber unter den Lebensraumansprüchen der Art ist kein anderer Faktor bekannt, der sich innerhalb der letzten fünf bis zehn Jahre so verändert hat, dass er ebenfalls den Rückgang erklären könnte. Juvenile Grundwanzen könnten allerdings als Beute des Höckerflohkrebses in Frage kommen.

Die für den Hochrhein typische
Grundwanze

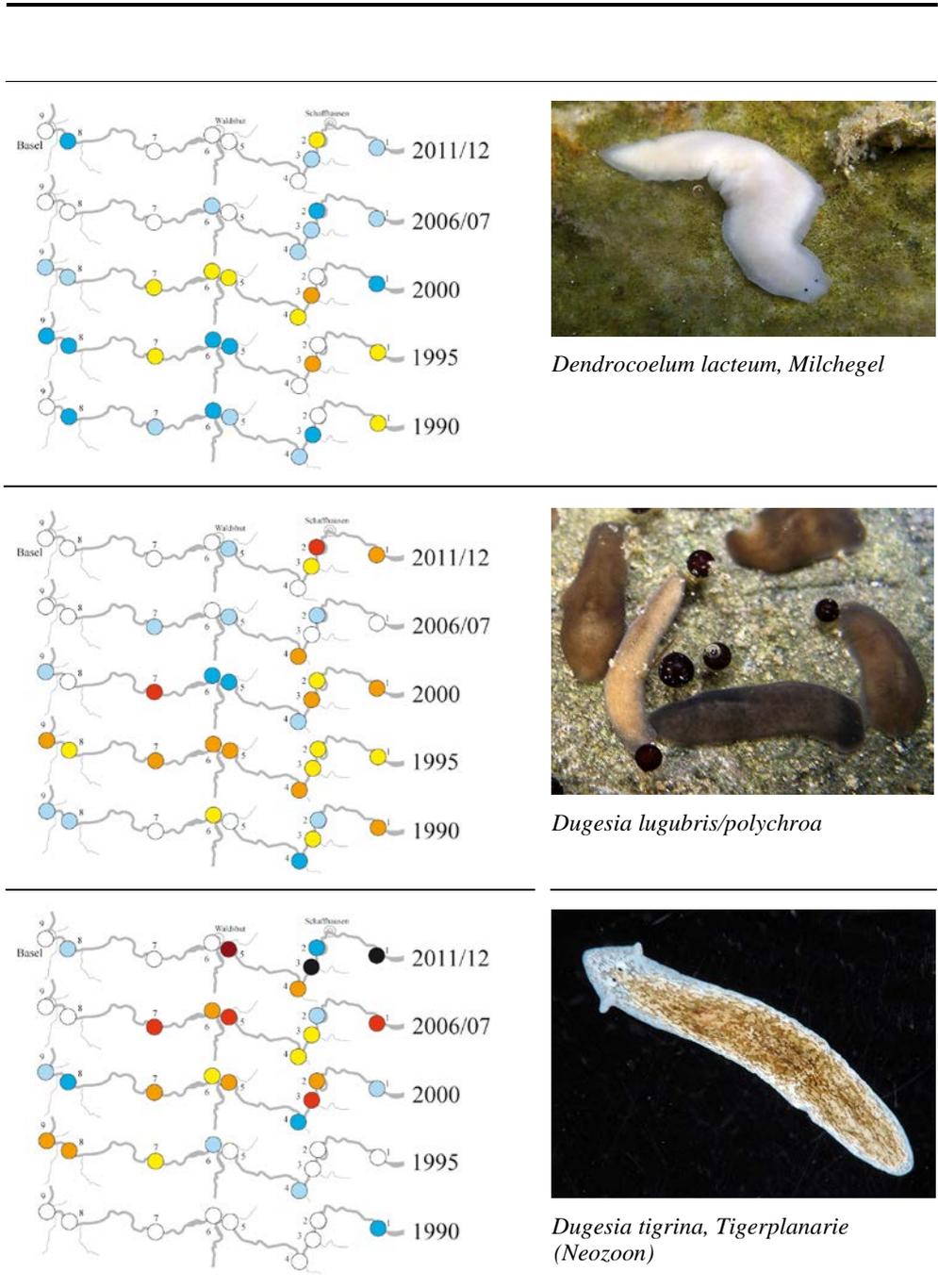


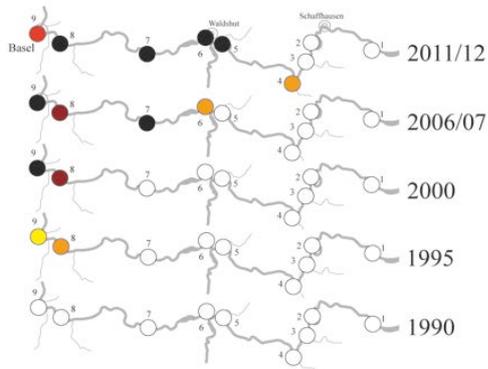
Abb. 37 > Ausgewählte Charakterarten des Hochrheins: Strudelwürmer (Turbellaria)

Vergleich der maximalen Besiedlungsdichten zwischen 1990 und 2012/13.

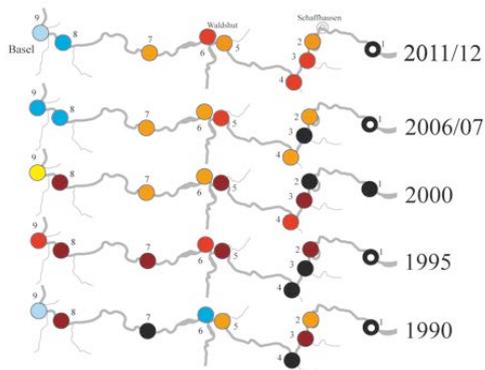
- 1 bis 9 Ind./m²
- 10 bis 20 Ind./m²
- 21 bis 50 Ind./m²
- 51 bis 200 Ind./m²
- 201 bis 500 Ind./m²
- 501 bis 1000 Ind./m²
- 1000 bis 10000 Ind./m²
- > 10000 Ind./m²

Häufigkeitsklassen nach DIN 38410 T1.

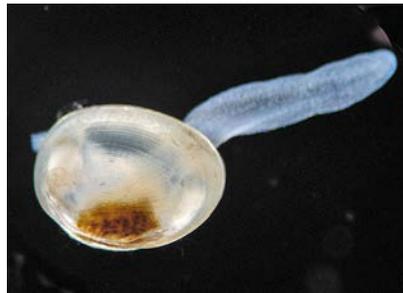
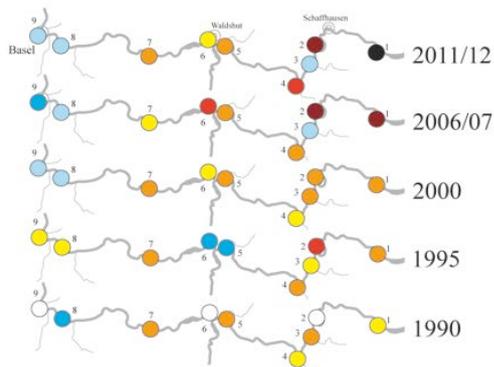
Legende der Flussquerschnitte:
 1 Hemishofen; 2 Rheinau; 3 Ellikon;
 4 Tössegg; 5 Rietheim; 6 Waldshut;
 7 Sisseln; 8 Schweizerhalle; 9 Basel



Corbicula fluminea, Grobgerippte Körbchenmuschel (Neozoon)



Dreissena polymorpha, Zebramuschel (Neozoon)



Pisidium spp., Erbsenmuschel

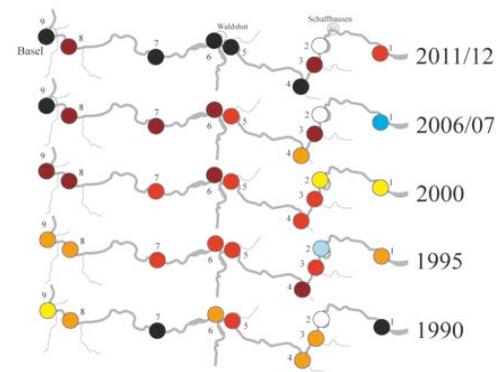
Abb. 38 > Ausgewählte Charakterarten des Hochrheins: Muscheln (Bivalvia)

Vergleich der maximalen Besiedlungsdichten zwischen 1990 und 2012/13.

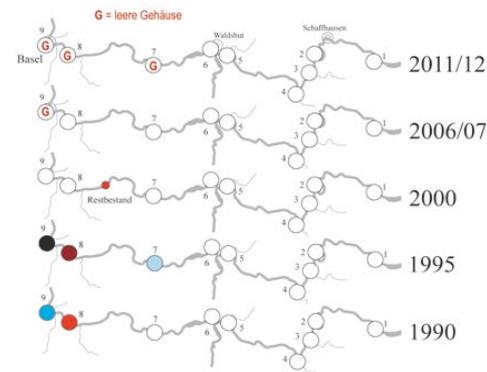
- 1 bis 9 Ind./m²
- 10 bis 20 Ind./m²
- 21 bis 50 Ind./m²
- 51 bis 200 Ind./m²
- 201 bis 500 Ind./m²
- 501 bis 1000 Ind./m²
- 1000 bis 10 000 Ind./m²
- > 10 000 Ind./m²

Häufigkeitsklassen nach DIN 38410 T1.

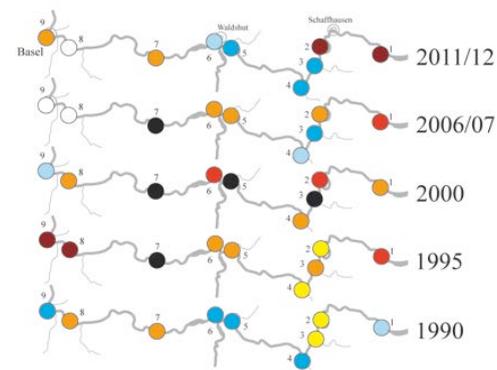
Legende der Flussquerschnitte:
 1 Hemishofen; 2 Rheinau; 3 Ellikon;
 4 Tössegg; 5 Rietheim; 6 Waldshut;
 7 Sisseln; 8 Schweizerhalle; 9 Basel



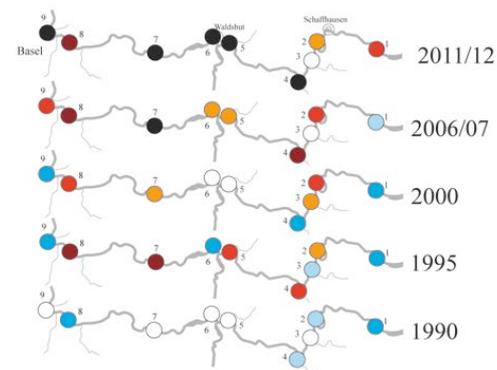
Ancylus fluviatilis,
Flussmützenschnecke



Theodoxus fluviatilis,
Flusskahnschnecke



Bithynia tentaculata, Gem.
Schnauzenschnecke



Potamopyrgus antipodarum,
Neuseeländische Zwergdeckelschnecke
(Neozoon)

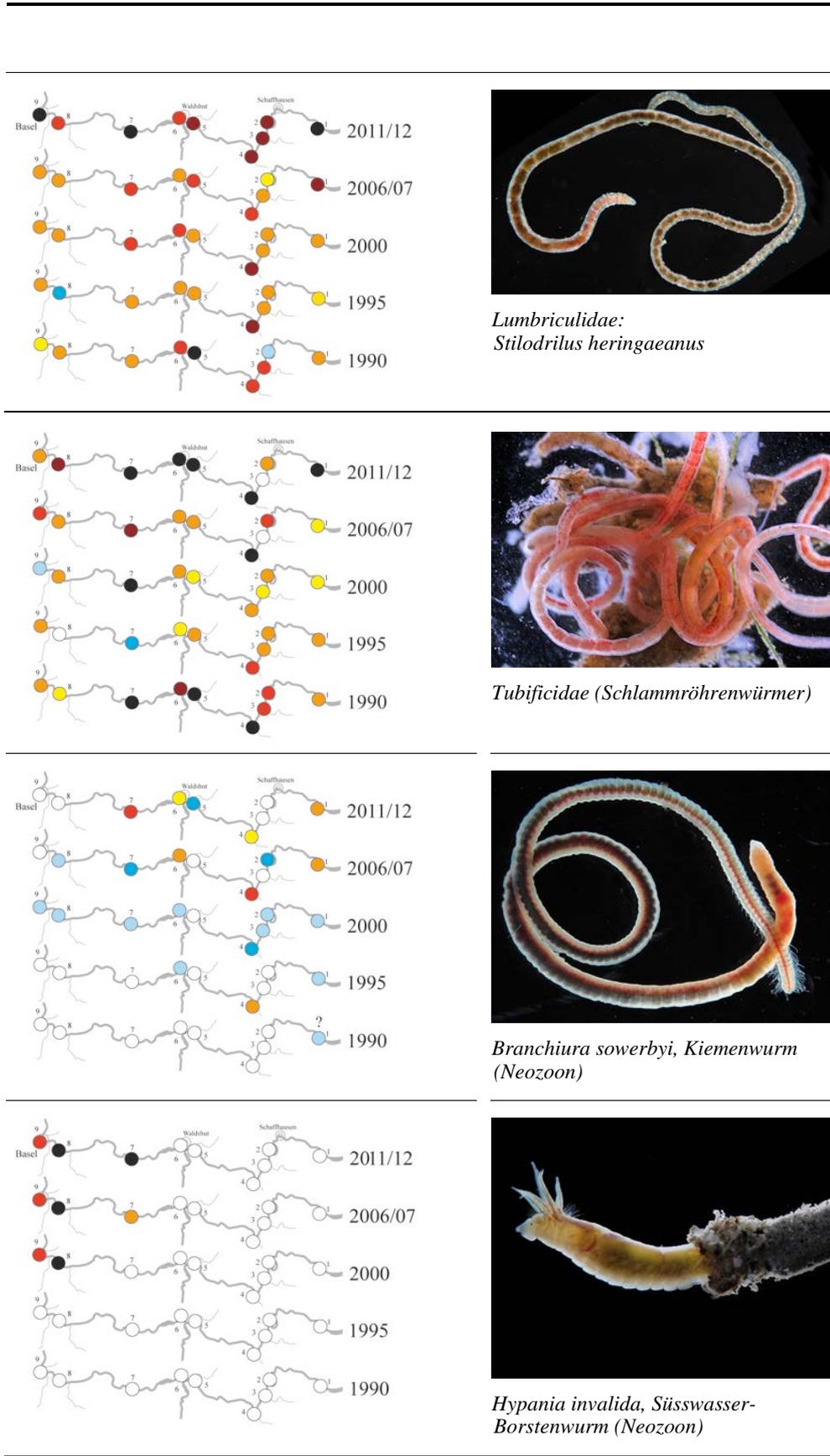
Abb. 39 > Ausgewählte Charakterarten des Hochrheins: Gastropoda (Schnecken)

Vergleich der maximalen Besiedlungsdichten zwischen 1990 und 2012/13.

- 1 bis 9 Ind./m²
- 10 bis 20 Ind./m²
- 21 bis 50 Ind./m²
- 51 bis 200 Ind./m²
- 201 bis 500 Ind./m²
- 501 bis 1000 Ind./m²
- 1000 bis 10000 Ind./m²
- > 10000 Ind./m²

Häufigkeitsklassen 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



Lumbriculidae:
Stilodrilus heringaeanus



Tubificidae (Schlammröhrenwürmer)



Branchiura sowerbyi, Kiemenwurm (Neozoon)



Hypania invalida, Süßwasser-Borstenwurm (Neozoon)

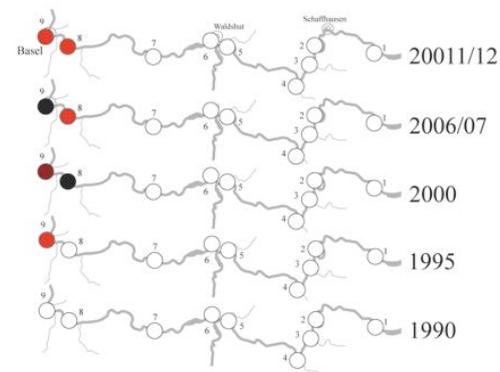
Abb. 40 > Ausgewählte Charakterarten des Hochrheins: Würmer (Oligochaeta, Polychaeta)

Vergleich der maximalen Besiedlungsdichten zwischen 1990 und 2012/13.

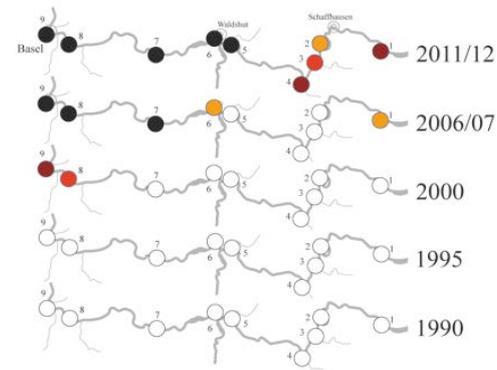
- 1 bis 9 Ind./m²
- 10 bis 20 Ind./m²
- 21 bis 50 Ind./m²
- 51 bis 200 Ind./m²
- 201 bis 500 Ind./m²
- 501 bis 1000 Ind./m²
- 1000 bis 10000 Ind./m²
- > 10000 Ind./m²

Häufigkeitsklassen nach DIN 38410 T1.

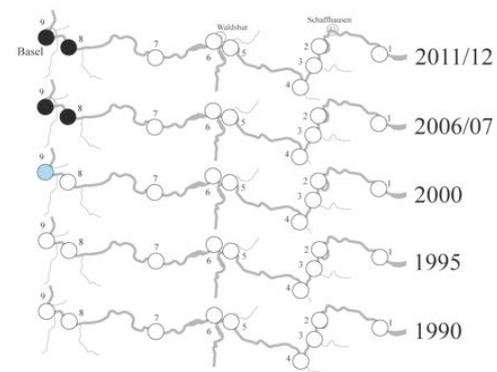
Legende der Flussquerschnitte:
1 Hemishofen; 2 Rheinau; 3 Ellikon;
4 Tössegg; 5 Rietheim; 6 Waldshut;
7 Sisseln; 8 Schweizerhalle; 9 Basel



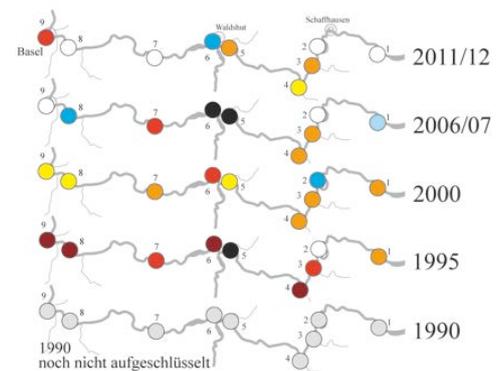
Chelicorophium curvispinum/sowinskyi (Schlickkrebse, Neozoen)



Dikerogammarus villosus,
Grosser Höckerflohkreb (Neozoon)



Echinogammarus ischnus (Neozoon)



Gammarus fossarum, Bachflohkreb

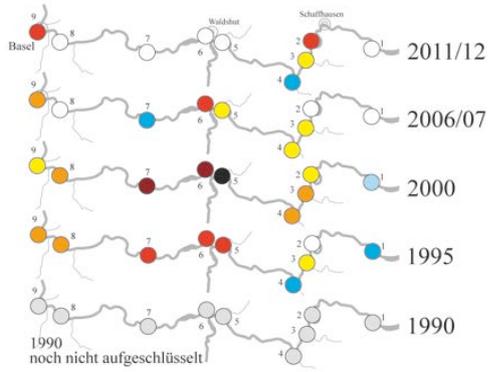
Abb. 41 > Ausgewählte Charakterarten des Hochrheins: Krebstiere (Crustacea)

Vergleich der maximalen Besiedlungsdichten zwischen 1990 und 2012/13.

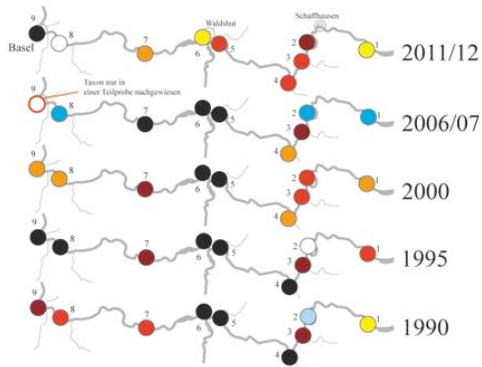
- 1 bis 9 Ind./m²
- 10 bis 20 Ind./m²
- 21 bis 50 Ind./m²
- 51 bis 200 Ind./m²
- 201 bis 500 Ind./m²
- 501 bis 1000 Ind./m²
- 1000 bis 10000 Ind./m²
- > 10000 Ind./m²

Häufigkeitsklassen nach DIN 38410 T1.

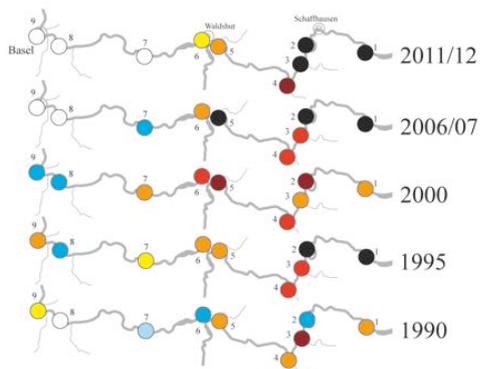
Legende der Flussquerschnitte:
1 Hemishofen; 2 Rheinau; 3 Ellikon;
4 Tössegg; 5 Rietheim; 6 Waldshut;
7 Sisseln; 8 Schweizerhalle; 9 Basel



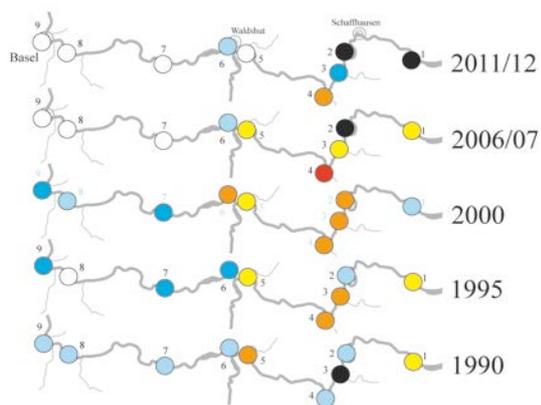
Gammarus pulex



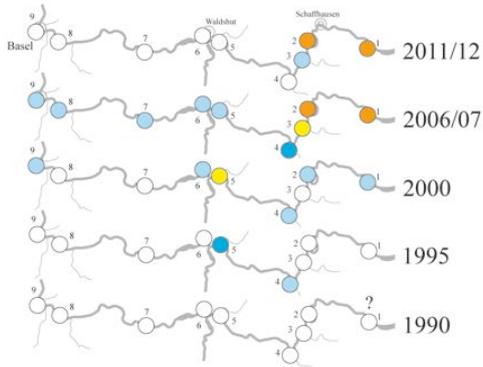
Gammarus pulex/fossarum



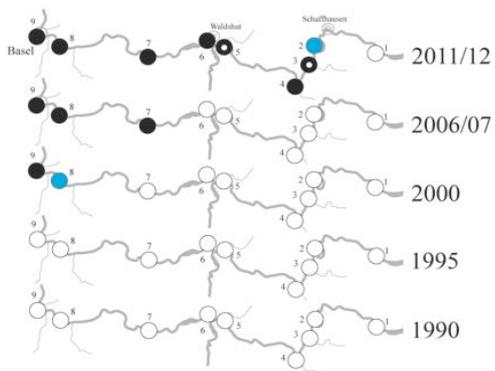
Gammarus roeseli,
Fluss-Flohkrebs (Neozoon)



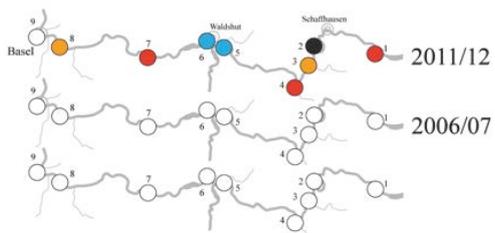
Asellus aquaticus, *Wasserassel*



Proasellus coxalis (Neozoon)



Jaera sarsi, Donauassel (Neozoon)



Limnomysis benedeni, Donau-Schwebegarnele (Neozoon)

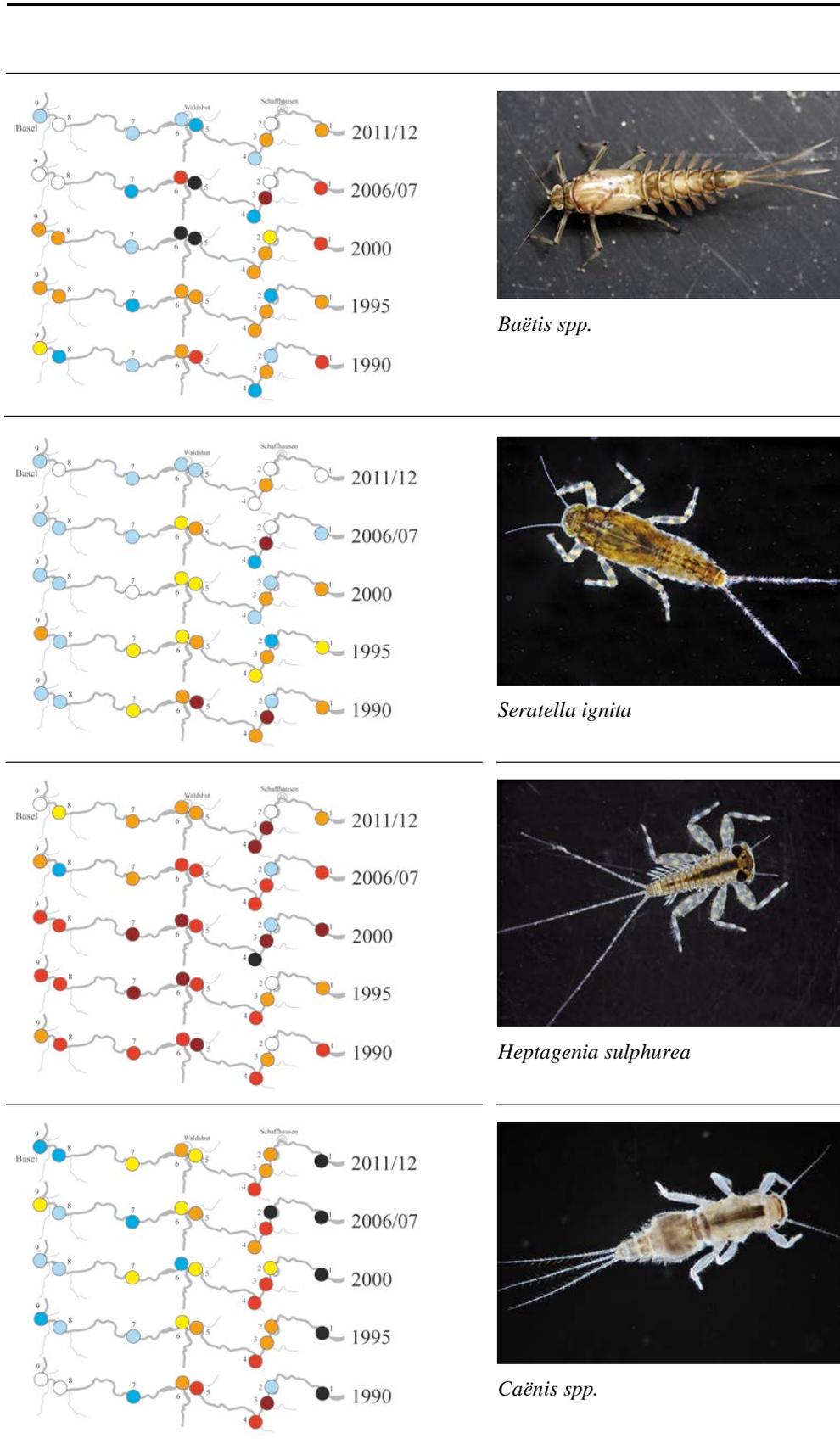


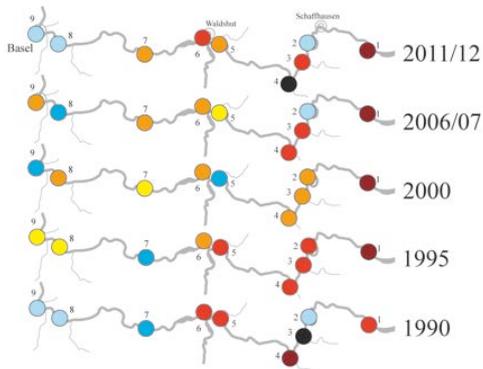
Abb. 42 > Ausgewählte Charakterarten des Hochrheins: Eintagsfliegen (Ephemeroptera) und Steinfliegen (Plecoptera)

Vergleich der maximalen Besiedlungsdichten zwischen 1990 und 2012/13.

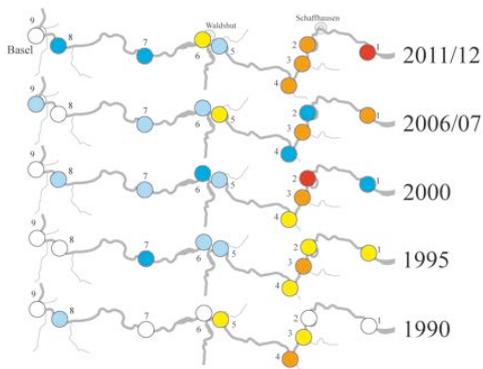
- 1 bis 9 Ind./m²
- 10 bis 20 Ind./m²
- 21 bis 50 Ind./m²
- 51 bis 200 Ind./m²
- 201 bis 500 Ind./m²
- 501 bis 1000 Ind./m²
- 1000 bis 10000 Ind./m²
- > 10000 Ind./m²

Häufigkeitsklassen nach DIN 38410 T1.

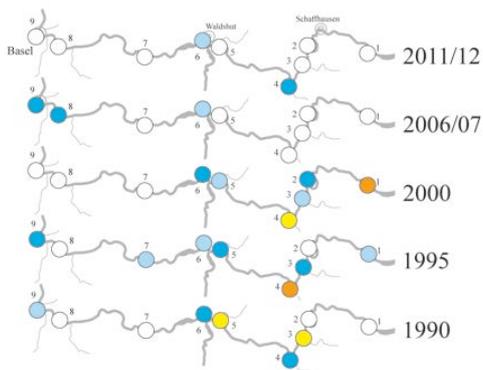
Legende der Flussquerschnitte:
 1 Hemishofen; 2 Rheinau; 3 Ellikon;
 4 Tössegg; 5 Rietheim; 6 Waldshut;
 7 Sisseln; 8 Schweizerhalle; 9 Basel



Potamanthus luteus



Ephemera danica



Leuctra spp.

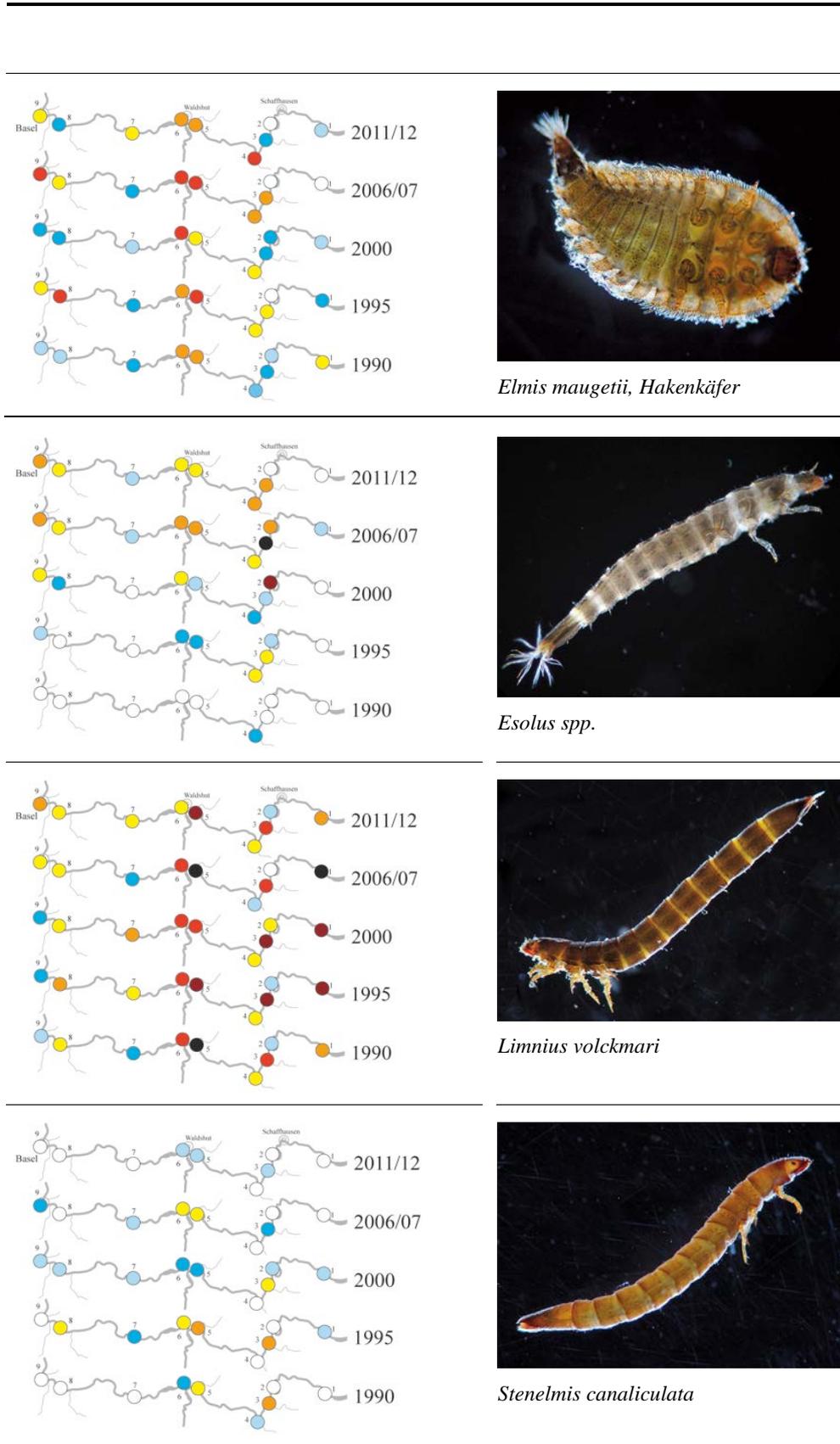


Abb. 43 > Ausgewählte Charakterarten des Hochrheins: Käfer (Coleoptera)

Vergleich der maximalen Besiedlungsdichten zwischen 1990 und 2012/13.

- 1 bis 9 Ind./m²
- 10 bis 20 Ind./m²
- 21 bis 50 Ind./m²
- 51 bis 200 Ind./m²
- 201 bis 500 Ind./m²
- 501 bis 1000 Ind./m²
- 1000 bis 10 000 Ind./m²
- > 10 000 Ind./m²

Häufigkeitsklassen nach DIN 38410 T1.

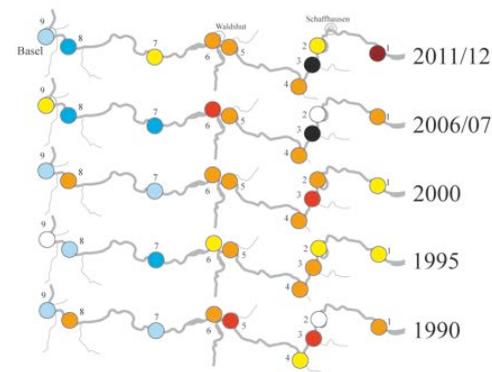
Legende der Flussquerschnitte:
 1 Hemishofen; 2 Rheinau; 3 Ellikon;
 4 Tössegg; 5 Rietheim; 6 Waldshut;
 7 Sisseln; 8 Schweizerhalle; 9 Basel

Elmis maugetii, Hakenkäfer

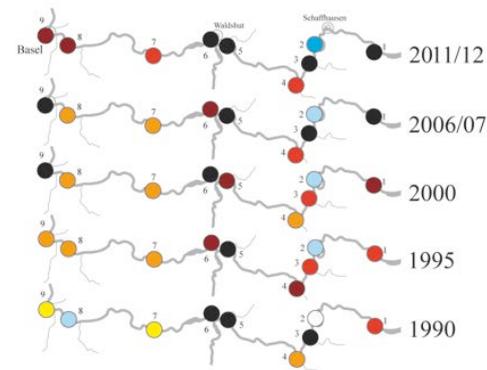
Esolus spp.

Limnius volckmari

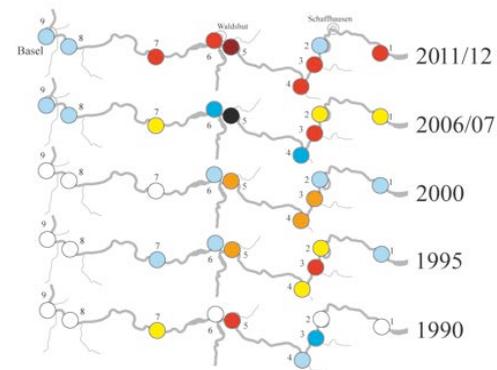
Stenelmis canaliculata



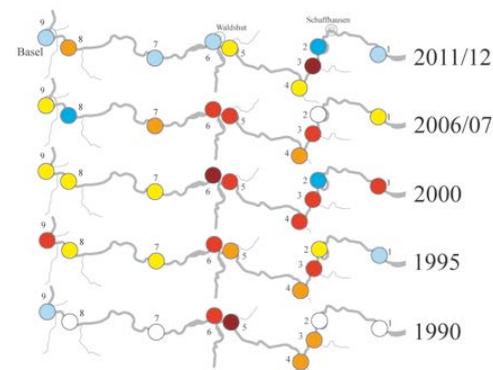
Lepidostoma hirtum



Psychomyia pusilla



Goeridae (Goera, Silo)



Hydropsyche spp.

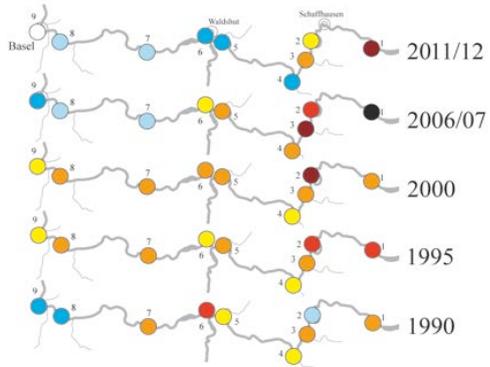
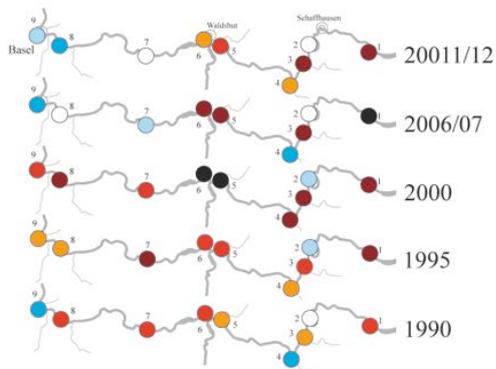
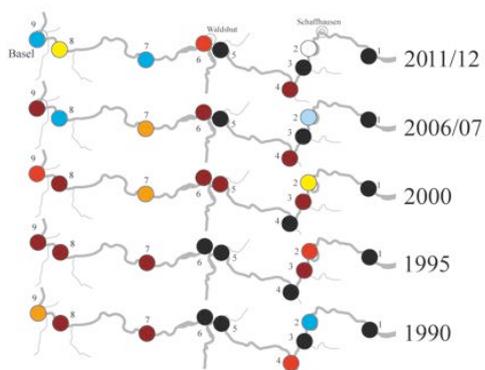
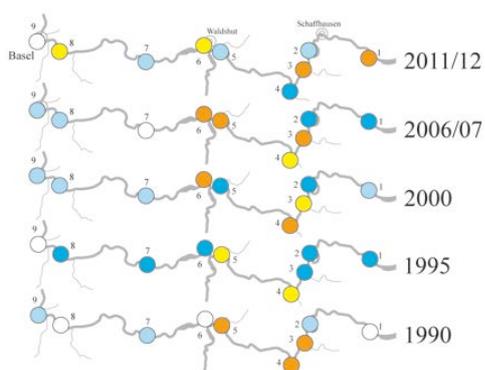
Abb. 44 > Ausgewählte Charakterarten des Hochrheins: Köcherfliegen (Trichoptera)

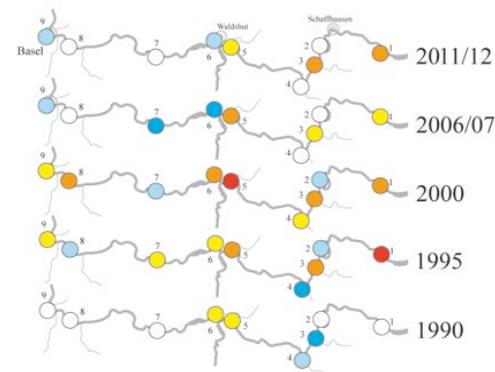
Vergleich der maximalen Besiedlungsdichten zwischen 1990 und 2012/13.

- 1 bis 9 Ind./m²
- 10 bis 20 Ind./m²
- 21 bis 50 Ind./m²
- 51 bis 200 Ind./m²
- 201 bis 500 Ind./m²
- 501 bis 1000 Ind./m²
- 1000 bis 10000 Ind./m²
- > 10000 Ind./m²

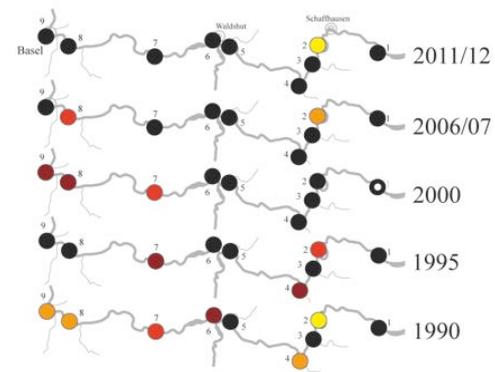
Häufigkeitsklassen nach DIN 38410 T1.

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

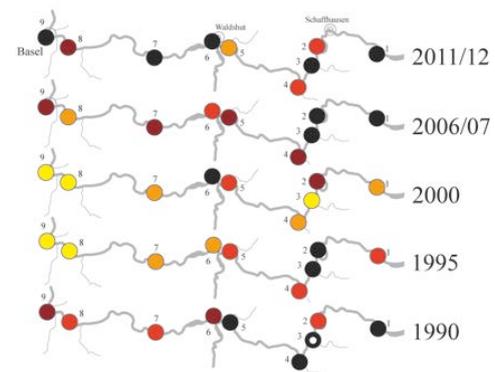
*Leptoceridae**Cheumatopsyche lepida**Hydropsyche* spp.*Polycentropus flavomaculatus*



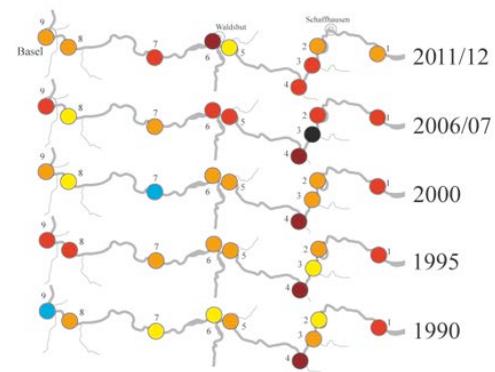
Rhyacophila sensu stricto



Orthoclaadiinae



Chironomini



Tanypodinae

Abb. 45 > Ausgewählte Charakterarten des Hochrheins: Dipteren (Zweiflügler: Fliegen und Mücken)

Vergleich der maximalen Besiedlungsdichten zwischen 1990 und 2012/13.

- 1 bis 9 Ind./m²
- 10 bis 20 Ind./m²
- 21 bis 50 Ind./m²
- 51 bis 200 Ind./m²
- 201 bis 500 Ind./m²
- 501 bis 1000 Ind./m²
- 1000 bis 10000 Ind./m²
- > 10000 Ind./m²

Häufigkeitsklassen 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

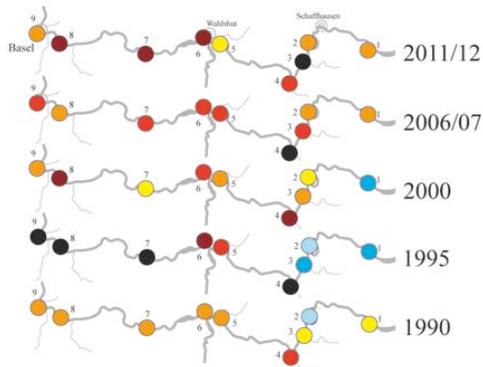
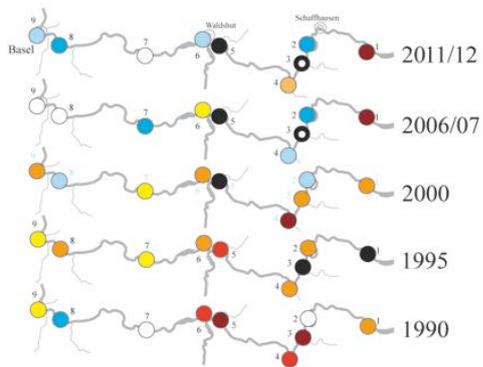
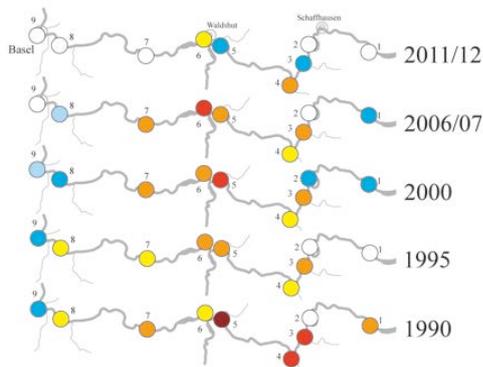
*Tanytarsini**Simuliidae, Kriebelmücken**Aphelocheirus aestivalis, Grundwanze*

Abb. 46 > Ausgewählte Charakterarten des Hochrheins: Grundwanze *Aphelocheirus aestivalis*

Vergleich der maximalen Besiedlungsdichten zwischen 1990 und 2012/13.



Häufigkeitsklassen 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

3 > Schlussfolgerungen und Ausblick

3.1 Qualität und Repräsentativität der Untersuchungsergebnisse

3.1.1 Rahmenbedingungen und Zusatzinformationen

Wie bereits bei der letzten Kampagne fanden die Koordinierten biologischen Untersuchungen im Hochrhein auch 2011/2012 unter sehr günstigen Wetter- und Abflussbedingungen statt. Die Entwicklung der Wasserinsekten war zwar im April 2012 nicht so weit fortgeschritten wie im Wärmefrühling 2007, dennoch waren die Larven der meisten Insekten-Taxa auch dieses Mal so gross, dass sie zumindest bis auf Gattungsniveau bestimmbar waren. Nimmt man die Ergebnisse vom Herbst 2011 hinzu, so wurde erneut ein umfassendes Bild der derzeitigen Benthosbesiedlung gezeichnet.

Untersuchungen fanden unter günstigen Rahmenbedingungen statt

In den Flussbereichen, in denen das Benthos untersucht wurde, fanden bei den letzten beiden Kampagnen auch Jungfischkontrollen mittels Elektrofischerei statt^{[2], [52]}. Da auch grössere frei bewegliche Makroinvertebraten auf den Gleichstrom bei der Elektrofischerei reagieren und zum Kescher treiben, konnten Zusatzinformationen über Grosskrebse gewonnen werden, die in den Proben kaum vorkamen.

Untersuchungen der Makroinvertebraten werden durch Jungfischuntersuchungen ergänzt

3.1.2 Besiedlungsdichten und Biomassen

Die Betrachtungen und Vergleiche von Besiedlungsdichten und Biomassen in diesem Bericht sollen vor allem das Potenzial biologischer Produktivität der verschiedenen Flussabschnitte widerspiegeln. Aus diesem Grund basieren diese Betrachtungen – zumindest was die Vergleiche mit 2006/2007^[30] angeht, auf den jeweils grössten vorgefundenen Dichten eines Taxons im Flussquerschnitt. Die in den ersten Kampagnen der 1990er-Jahre geplante Berechnung einer durchschnittlichen Besiedlungsdichte über den Flussquerschnitt wurde fallengelassen,

Das Besiedlungspotenzial wird aus den maximalen Dichten abgelesen

- > weil nicht alle besiedelten Choriotope repräsentativ beprobt werden können;
- > weil die Inselbildung bei der Besiedlung vor allem an den naturnahen und strukturreichen Abschnitten so ausgeprägt ist, dass keine repräsentativen Ergebnisse über den Flussquerschnitt zu erwarten sind.

Diese beiden Punkte sind im Übrigen auch wesentliche Gründe dafür, dass Flüsse wie der Hochrhein weder nach den methodischen Vorgaben des IBCH^[49] noch denen der Wasserrahmenrichtlinie (Multihabitatsampling^[27]) untersucht werden können; beide Ansätze gelten nur für kleinere, watbare Fliessgewässer.

3.1.3 Repräsentativität der Proben

Die Repräsentativität und Vergleichbarkeit der verschiedenen Proben wird durch einige Faktoren eingeschränkt. Seit im Rahmen der Koordinierten biologischen Untersuchungen nur noch zu zwei statt drei Jahreszeiten beprobt werden (seit 2006/07), können nicht mehr alle saisonalen Unterschiede in der Besiedlung erfasst werden. So ist es möglich, dass einige Insektenarten erst in den Sommer- oder frühen Herbstmonaten so entwickelt sind, dass man sie sicher nachweisen kann (z. B. Steinfliegen der Gattung *Leuctra* und Eintagsfliegen der Gattung *Seratella*), in den Herbst- und Frühjahrsproben aber nur als Eier vorliegen oder stellenweise noch fehlen. Für den Vergleich zweier Kampagnen spielt es auch eine Rolle, dass die Benthosbiozönose – abhängig von der Wassertemperatur – zum gleichen Datum in verschiedenen Jahren unterschiedlich weit entwickelt sein kann (z. B. Frühjahr 2007 verglichen mit Frühjahr 2012).

Wegen der fehlenden Sommerprobenahme können nicht mehr alle Arten adäquat erfasst werden

Der Neozoenanteil an den meisten der neun untersuchten Flussquerschnitte ist inzwischen so hoch, dass mit den herkömmlichen Proben angestammte Arten nicht mehr in ausreichender Menge und Artenzahl erfasst werden, um Konkurrenzeffekte gegenüber den Neozoen präzise verfolgen zu können. Auch die in früheren Berichten angeführte Betrachtung nach «funktionellen Gruppen» gab dabei immer wieder gute Hinweise darauf, inwieweit sich die Zusammensetzung der jeweiligen Benthosbiozönose ändert. Im vorliegenden Bericht wurde erstmals auf entsprechende Darstellungen verzichtet, da ein hoher Neozoen-Anteil die funktionellen Betrachtungen erschwert.

Der hohe Neozoenanteil erschwert den Nachweis angestammter Arten

3.2 Perspektiven für die Besiedlung der Hochrheinsohle

3.2.1 Gewinner und Verlierer der letzten Entwicklungen

Da die Besiedlung des Hochrheins vor 1987 lange Zeit nicht beobachtet wurde und ihre Entwicklung deshalb nur unzureichend bekannt war, wissen wir nicht, ob das Arteninventar im Hochrhein nicht schon einmal abschnittsweise ausgedünnt war, z. B. zu Zeiten hoher stofflicher Belastung. Unser Betrachtungshorizont beginnt deshalb mehr oder weniger mit den ersten Untersuchungen nach der Brandkatastrophe von Schweizerhalle 1986, die sowohl Einblicke in den damals angerichteten Schaden, aber auch in das Wiederbesiedlungspotenzial des Rheins erlaubte^[48].

Nachdem bereits bei den letzten Koordinierten Untersuchungen 2006/2007 teilweise gravierende Veränderungen in der Benthosbesiedlung des Hochrheins festgestellt wurden, hat sich dieser Trend in den letzten Jahren noch einmal verstärkt. Dies bedeutet natürlich noch nicht, dass einzelne Arten dort ausgestorben sind, konnten doch viele der potenziellen Kleinlebensräume bei den Untersuchungen gar nicht erfasst werden. Auf der Suche nach den Ursachen stösst man schnell auf die gleichen Gründe, die bereits 2006/2007 andiskutiert wurden – die massive Verbreitung invasiver Neozoenarten. In Rheinabschnitt C und D scheinen die Auswirkungen der Neozoeninvasion und möglicher anderer Faktoren (wie z. B. die gestiegene Wassertemperatur) bereits so gravierend zu sein, dass viele der von uns in den letzten 25 Jahren beobachteten Makroinvertebratentaxa in ihrem Bestand zurückgegangen sind, einige davon so stark, dass sie zumindest in unseren Proben nicht mehr nachgewiesen wurden (Kapitel 2.4). Somit

Neozoeninvasion als Ursache für einen starken Rückgang typischer Rheinarten

spielt das Phänomen Neozoen nicht mehr nur produktionsbiologisch, sondern auch faunistisch eine immer grössere Rolle in der Benthosbesiedlung des Hochrheins.

Für den Hochrhein gibt es seit ungefähr 2002 zwei potenzielle Besiedlungswege für Neozoen. Zum einen fand eine Verschleppung von Arten rheinaufwärts statt, welche über mehrere Jahre bis an die Grenze der internationalen Schifffahrtsstrecke bei Rheinfelden stattfand. Weiter flussaufwärts wurden nur wenige neozoische Arten gefunden. Ein zweiter Besiedlungsweg ergab sich etwa ab 2002 mit der Verschleppung neozoischer Arten in den Bodensee und das Einzugsgebiet der Aare. Von hier aus konnten sie über Verdriftung die übrigen Hochrheinabschnitte besiedeln. Zwischen Bodensee und Aaremündung sozusagen «in die Zange genommen», hat nun auch im bisher von Neozoen weitgehend verschonten Rheinabschnitt B die Etablierung von Neozoen stattgefunden oder ist, wie im Bereich Ellikon bis Tössegg, noch im Gange (Kap. 2.2).

Neozoen können von zwei Seiten und von der Aare aus in den Hochrhein gelangen

Abb. 47 > Ausbreitung wirbelloser Neozoen im Schweizerischen Einzugsgebiet des Rheins

Grosser Höckerflohkrebs
Dikerogammarus villosus

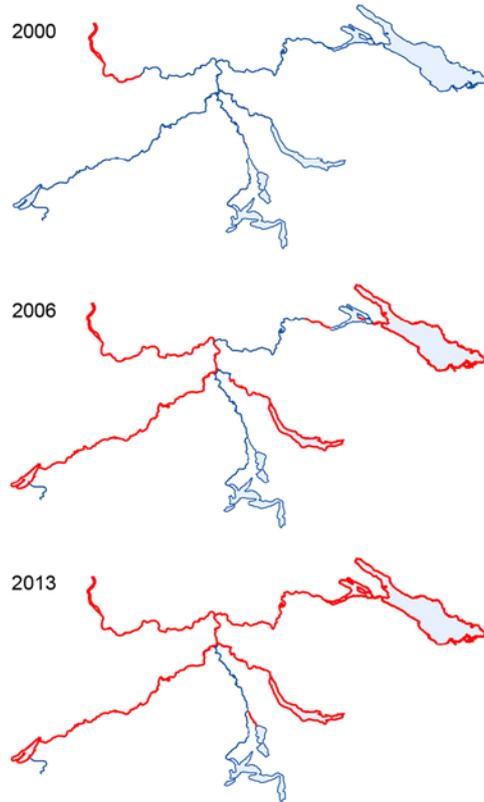
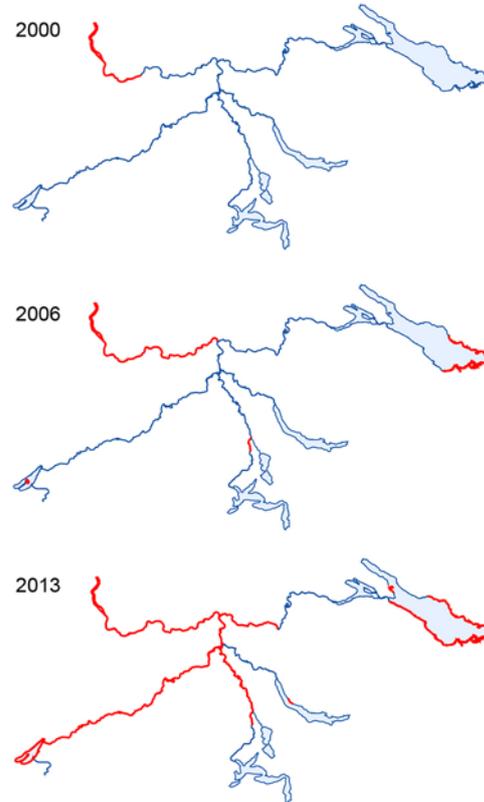


Abb. 48 > Ausbreitung wirbelloser Neozoen im Schweizerischen Einzugsgebiet des Rheins

Grobgerippte Körbchenmuschel
Corbicula fluminea



Vergleich 2000/2006/2013

Die Bedeutung der Verschleppung neozoischer Arten in den Bodensee und das Aare-Einzugsgebiet für die Besiedlung des Hochrheins belegen die Betrachtungen ausgewählter Arten in den Abb. 47 bis Abb. 50. Das beste Beispiel für die Ausbreitung aus zwei Richtungen ist der Höckerflohkrebs *Dikerogammarus* (Abb. 47). Eine ähnliche Besiedlung aus zwei Richtungen erwarten wir von *Corbicula* (Abb. 48), falls ihre Verschleppung im Rhein selbst nicht schneller abläuft als ihre Ausbreitung im Bodensee. Die Schwebegarnele *Limnomysis* zeigt eindrücklich, wie schnell die Besiedlung eines 150 km langen Rheinabschnitts vom See her ablaufen kann (Abb. 49). Auch im Bodensee hat die Art nicht länger als drei Jahre gebraucht, um 270 km Uferlinie zu besiedeln^{[12], [16]}. Eine weitere Schwebegarnelenart, *Katamysis warpachowskyi*, die erstmals 2009 im Bodensee gefunden wurde, scheint es ihr gleich zu tun^[15]. *Jaera sarsi*, die vierte massenhaft auftretende Neozoenart im Hochrhein (Abb. 50), scheint sich im Rhein auch ohne menschliche Hilfe rheinaufwärts neue Lebensräume zu erobern, während in der Aare die Besiedlung wahrscheinlich in erster Linie flussabwärts verlief.

Überregionale Betrachtung der Neozoenausbreitung

Abb. 49 > Ausbreitung wirbelloser Neozoen im Schweizerischen Einzugsgebiet des Rheins

Donau-Schwebegarnele Limnomysis benedeni

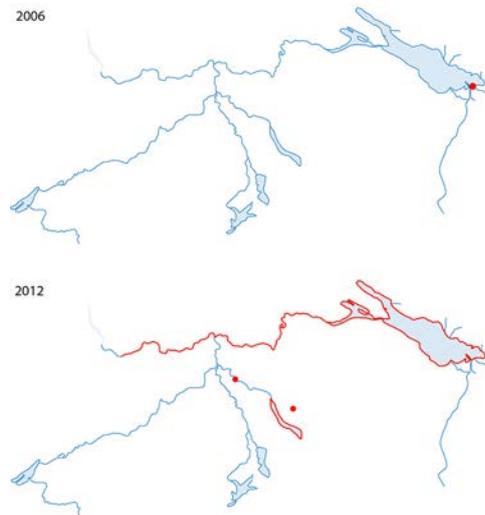
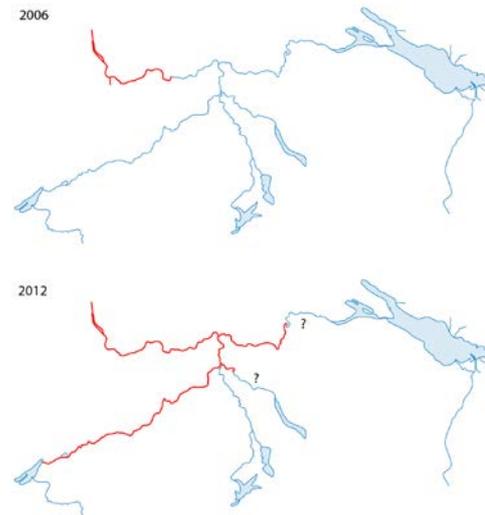


Abb. 50 > Ausbreitung wirbelloser Neozoen im Schweizerischen Einzugsgebiet des Rheins

Donauassel Jaera sarsi



Vergleich 2006/2012

3.2.2 *Dikerogammarus* als Protagonist von Verdrängungsprozessen

Der Höckerflohkrebs *Dikerogammarus villosus* scheint beim Rückgang vieler angestammter Arten direkt oder zumindest indirekt beteiligt zu sein. Seine Mundwerkzeuge sind – anders als bei vielen verwandten Flohkrebsen – universell, also auch zum Zerkleinern zäher tierischer Nahrung, geeignet^[26]. Durch sogenannte Arenaversuche belegt und auch filmisch dokumentiert^[34] zeigt sich der Krebs als schneller Jäger, der überfallartig auch andere Flohkrebsarten ergreift und frisst, auch wenn sie nur unwesentlich kleiner sind als er selbst. Mit Besiedlungszahlen von stellenweise um 6000 Ind./m² zeigt er die höchste Dichte eines sich räuberisch ernährenden wirbellosen Tiers, die im Hochrhein je beobachtet wurde. Auch wenn der Krebs offenbar nur teilweise tierische

Der Höckerflohkrebs als stärkster Habitat-Konkurrent und Fressfeind für andere Makroinvertebraten

Nahrung konsumiert^[34], zeigen Beobachtungen zumindest sein sehr aggressives Territorialverhalten. Wo er in Massen siedelt, bleibt fast keine Ritze im Substrat unbewohnt und andere Arten müssen weichen. Dass sich auf derart von *Dikerogammarus* besetzten Flächen kaum mehr andere Wirbellose aufhalten können und er der entscheidende Protagonist von Verdrängungsprozessen ist, erscheint naheliegend.

Zu den von *Dikerogammarus* verdrängten Konkurrenten zählt sicher auch ein Teil derjenigen Makroinvertebraten des Hochrheins, die innerhalb der letzten dreizehn Jahre deutliche Rückgänge zu verzeichnen hatten. Für die Frage, wer verdrängt oder gefressen wird, ist sicher entscheidend, wo sich das potenzielle Opfer aufhält und ob oder wie es sich schützen bzw. zurückziehen kann. Folgende Strategien sind denkbar:

Mögliche Strategien gegen eine Verdrängung durch *Dikerogammarus*

- > Rückzug in ein Choriotope, in das der relativ grosse *Dikerogammarus* nicht gerne folgt oder folgen kann, z.B. Sand für Sedimentbewohner wie *Ephemera*, *Potamanthus*, Chironomini und Würmer, winzige lückige Habitats, z. B. Poren im steinigen Substrat oder Aufwuchsalgen für *Jaera*, Hakenkäfer und verschiedene Chironomidenarten; dichte Pflanzenpolster z. B. für kleinere Flohkrebse^[19].
- > Rückzug in ein Choriotope oder Mesohabitat, in dem sich *Dikerogammarus* auf Dauer nicht aufhalten kann, z. B. innerhalb stark durchströmter und turbulenter Bereiche; hierzu zählen auch die in voller Strömung wogenden Pflanzenbestände – im Hochrhein hauptsächlich der Flutende Hahnenfuss. Sie bieten Schutz für rheophile Arten wie Kriebelmückenlarven und einige Eintagsfliegenlarven.
- > Flussabschnitte, die besonders grosse Temperaturamplituden zwischen Sommer und Winter aufweisen – hier kann sich *Dikerogammarus* kaum gegen angepasste Arten durchsetzen^[25].
- > *Flucht*: Obwohl *Dikerogammarus* sehr gut schwimmen kann, können ihm schnell reagierende und schnell schwimmende Organismen entkommen sowie solche, die sich im freien Wasser aufhalten oder dahin flüchten können wie z. B. Schwebegarnelen sowie einige Schwimmkäfer und Wasserwanzen.
- > *Besitz einer undurchdringlichen Panzerung*: die harten Schalen der Muscheln und der meisten Schnecken oder die Steinchenköcher von Köcherfliegen der Goeriden und Limnephiliden kann selbst *Dikerogammarus* nicht knacken. In ungeschützten Momenten, z. B. bei der Nahrungsaufnahme oder beim Filtern von Nahrung, sind aber auch solche Organismen gefährdet. Relativ sicher scheinen auch die mit einem harten Chitinpanzer versehenen Wasserkäfer und die meisten ihrer Larven zu sein. Doch auch wenn solche Arten vielleicht nicht ins Beuteschema von *Dikerogammarus* passen, sind sie in der Konkurrenz um den Siedlungsraum unterlegen, wenn der Krebs in Massen erscheint.
- > *Grösse und Wehrhaftigkeit*: einige der Wirbellosen im Hochrhein sind als Beute schlichtweg zu gross für *Dikerogammarus* oder als Konkurrenten noch wehrsamer, wie z. B. die entfernt verwandten Grosskrebse. Auch viele Libellenarten, Wasserkäfer und Wasserwanzen dürften gross und stark genug sein, sich seiner zu erwehren.

Dikerogammarus scheint auch Fischlarven und Fischeier zu fressen^[7]. Darüberhinaus wurde nachgewiesen, dass der Krebs – einmal von Fischen gefressen – bestimmte Parasiten auf sie übertragen kann^[11]. Ob es auch Organismen gibt, die für den Krebs ungeniessbar (Bitterstoffe) oder gar giftig sind, ist noch nicht bekannt.

Dikerogammarus und Fische

Mit Ausnahme des Grossen Höckerflohkrebses, *Dikerogammarus villosus*, zeigen alle anderen bisherigen Neuankommlinge zum Glück (noch) keine nachweislich negativen Auswirkungen auf das angestammte Artenspektrum. Bei der Donauassel *Jaera* wird allerdings – allein durch ihre schiere Menge – eine gewisse Habitat- und Nahrungskonkurrenz zu anderen Weidegängern und Zerkleinern diskutiert. Arten der Gattung *Echinogammarus* konnten noch nicht weit genug in den Hochrhein eindringen, um ähnliche Effekte wie *Dikerogammarus* zu verursachen.

Andere Neozoenarten zeigen noch keinen negativen Einfluss auf die heimische Benthosfauna

3.2.3 Entwicklungsperspektiven für die angestammte Benthosfauna

Besiedlungsdichten und daraus resultierende Biomassen sind grundsätzlich durch folgende Faktoren limitiert: die verfügbare Nahrung, die Besiedelbarkeit des Sohlensubstrats und das Ausmass von Störungen im Jahresverlauf. Noch im letzten Bericht wurde gemutmasst, dass Besiedlungsdichte und Biomasse vor dem Hintergrund einer weiteren Neozoenausbreitung deutlich an Indikatorwert gewinnen^[30]. Es zeichnete sich zunächst ab, dass an Rheinstellen, die aufgrund ihrer vielfältigeren Teillebensräume, ihrer stärkeren Abfluss- und Strömungsamplituden und stärkeren Sohlenbewegung auf die Besiedlung selektierend wirken, der Anteil von Generalisten und von Neozoen, die in der Regel auf umlagerungsstabiles Substrat angewiesen sind, gegenüber den Spezialisten klein bleibt. Diese Schlussfolgerung muss für die aktuelle Probenahme und vor dem Hintergrund der ungebremsen Neozoenausbreitung relativiert werden. Allerdings gilt es zu bedenken, dass die Angaben der relativen Besiedlungsdichten nicht zwangsläufig bedeuten, dass eine starke Zunahme von Neozoen auch eine Abnahme heimischer Arten bedingt. So wird durchaus beobachtet, dass zumindest nicht-räuberisch lebende Neozoen wie Mollusken an struktur- und habitatreichen Abschnitten die bereits vorhandene Biomasse ergänzen.

Selektierende Umgebungsfaktoren beeinflussen das Verhältnis von Neozoen zu angestammten Arten

Naturnahe und schnell durchströmte Bereiche sollten aufgrund ihrer Habitat- und Strömungsvielfalt selektiv auf die Besiedlung einwirken und eine völlige Verdrängung heimischer Arten durch Neozoen verhindern. Diese Faktoren werden auch als mögliche Gründe dafür diskutiert, dass Neozoen bisher nicht in kleinere Fließgewässer oder Rheinzuflüsse aus den Mittelgebirgen eindringen konnten^[8]. Beobachtungen bei der aktuellen Untersuchung belegen, dass dies sicher noch immer für Stellen mit besonders starker und turbulenter Strömung wie die Koblenzer Lauffen und Strecken in und um Ellikon gilt. Im Flussquerschnitt Rietheim, dem oberen Ende der Lauffen, hat die Invasion von *Corbicula* und *Dikerogammarus* zwar ihren Höhepunkt erreicht, der auch hier vom Rückgang verschiedener Taxa begleitet wird. Wieviele der ursprünglichen Taxa hier weiter in Populationsstärke siedeln können, muss erst noch abgeklärt werden (vgl. Kapitel 3.4.2).

Naturnahe Bereiche erhöhen möglicherweise die Überlebenschance spezialisierter Arten

Die im Rahmen des Programms durch den Taucher und in Ufernähe gesammelten Sonderproben wie auch weitere zusätzliche Beobachtungen (Unterwasser-Dokumentation, Elektrofischerei usw.) belegen allerdings, dass innerhalb naturnaher Rheinabschnitte angestammte Makroinvertebraten weiterhin regelmässig siedeln. Bezeichnend für diese Beobachtung ist die Tatsache, dass typische Rheinarten und rheophile Wasserinsekten noch immer dort verstärkt auftreten, wo man sie aufgrund ihrer ökologischen Valenz erwartet. Bei einer vergleichenden Betrachtung der Benthoszönosen des Hochrheins spielen sie aber eine immer geringere Rolle. Wir erwarten deshalb, dass entsprechende Besiedlungsunterschiede zwar weiterhin existieren, künftig aber nicht mehr nur an den repräsentativen Proben der Flussquerschnitte abgelesen werden können. Die Probenahme sollte daher eine Ergänzung dahin gehend erfahren, dass vermehrt nach Choriotopen und Arten «gefahndet» wird, die den Charakter der Probestelle und die dort herrschenden Konkurrenzphänomene deutlicher belegen.

Der Nachweis von Arten mit speziellen Habitatansprüchen muss künftig durch ergänzende Erhebungen erfolgen

Es verbleibt deshalb auch die Hoffnung, dass es den Neozoen und insbesondere *Dikerogammarus* nicht gelingt, in ökomorphologisch naturnahen Hochrheinabschnitten mit grosser Habitatvielfalt die angestammten Rheinarten gänzlich zu verdrängen. Die Tatsache, dass der Rückgang heimischer Arten unterhalb der Aare wesentlich deutlicher ausfällt als oberhalb, mag diese Hoffnung stützen. Allerdings kann die Neozoeninvasion im Hochrheinabschnitt B auch noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden. Ähnliche Auswirkungen auf die Benthosbesiedlung könnten auch weitere pontische Flohkrebsarten zeigen, vor allem aber der im Oberrhein und bei Basel bereits sehr häufige *Echinogammarus ischnus*.

Die Verdrängung heimischer Arten durch *Dikerogammarus* kann noch nicht abschliessend beurteilt werden

Es ist abzuwarten, ob, wo und wann die Dichten von *Dikerogammarus* und anderen invasiven Arten wieder abnehmen bzw. wann diese Prädatorenart zu einem Gleichgewicht mit ihren Konkurrenten findet und sich letztere wieder in stabilen und individuenreichen Populationen zeigen.

3.2.4 Bootsverkehr und Benthosbesiedlung

Im Zusammenhang mit den Jungfischuntersuchungen wurde der Aspekt des Wellenschlags und seine Auswirkung auf die Nutzbarkeit der Uferlebensräume genauer betrachtet. Es wurde klar, dass zum einen nicht nur Fische, sondern auch Makroinvertebraten und Makrophyten von entsprechenden Störungen beeinflusst werden; zum anderen wurde deutlich, dass nicht allein der Rhein zwischen Basel und Rheinfelden – hier durch Grossschiffahrt – betroffen ist, sondern auch viele weitere Abschnitte durch die Personenschiffahrt. In Bereichen mit Flachufer oder mit leicht beweglicher bzw. feinmaterialreicher Sohle (Abb. 51) kommt es dabei von Frühjahr bis Spätherbst zu regelmässigem Wellenschlag und Sohlenumwälzungen, die eine stabile Besiedlung manchmal verhindern. Dem wird zwar bei der Auswahl der Uferprobestellen Rechnung getragen, zumindest im Falle der sonst hochproduktiven Flachufer besitzen solche Störungen aber sicher Relevanz für die Betrachtung der Besiedlungspotenziale angestammter Arten.

Störung der Flachwasserhabitate durch Wellenschlag von Booten

Entsprechende Untersuchungen fanden zur Abklärung von Einflüssen auf die Fischzönose statt^[36], im Zusammenhang mit der Benthosbiozönose wurden sie bisher seltener thematisiert^[13]. In beiden Fällen stellt sich aber nicht nur die Frage nach den aktuellen Besiedlungspotenzialen, sondern natürlich auch nach den Potenzialen, die durch mögliche Aufwertungsmassnahmen am Rheinufer zu erwarten sind.

Abb. 51 > Belastung ufernaher Benthoslebensräume durch Bootsverkehr im Hochrhein

Beispiele für schiffsbedingten Wellenschlag (links, Hemishofen) und Sedimentaufwirbelung durch Schraubebewegungen (rechts, Tössegg).



3.3

Gewässerzustand und Besiedlungspotenziale im Hochrhein

Die Besiedlungspotenziale für die aquatische Fauna in den einzelnen Rheinabschnitten ergeben sich aus seinen Umgebungsbedingungen (hydrologischer, ökomorphologischer, physikalischer Zustand etc., Tab. 5). Diese erlauben bestimmten Arten in unterschiedlichen Populationsstärken aufzutreten. Solche Potenziale können auf Basis der bisherigen Kenntnisse zumindest grob abgeschätzt und zu biologischer Charakterisierung der untersuchten Flussquerschnitte herangezogen werden (vgl. Tafeln der Flussquerschnitte im Anhang, Kap. 4.1).

Eine grobe Abschätzung der Besiedlungspotenziale ist möglich

Tab. 5 > Auswirkungsmatrix für die Benthosbesiedlung der neun Flussquerschnitte im Hochrhein

Auswirkungen:

■ = stark positiv/bevorzugend; ■ = stark negativ/verhindernd; ■ = positiv/fördernd;
 ■ = negativ/mindernd; ■ = schwach positiv/zulassend; ■ = schwach negativ/ausweichend;
 weiss = keine erkennbaren Zusammenhänge. MZB = Makrozoobenthos.

Auswirkungsmatrix Hochrhein: Indikator Makroinvertebraten	Auswirkungen										
	Artendiversität					Besiedlungsdichte					
	Strömungsarten	Potamale Arten	Stillwasserarten	Sessile Taxa	Libellen, grosse Taxa	Ubiquisten, Neozoen	Strömungsarten	Potamale Arten	Stillwasserarten	Sessile Taxa	Libellen, grosse Taxa
Attribute des Hochrheins											
Natürliche Attribute und Einflüsse											
Freifliessende, strömungsvariable Abschnitte	■	■			■		■	■		■	■
Temporäre flache Auengewässer	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Permanente tiefe Auengewässer		■	■	■	■	■		■	■	■	■
Giessengewässer der Aue (derzeit nur Rietheim)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ruderalflächen, Flussinseln mit Naturufern	■		■	■		■	■		■	■	■
Strukturvielfalt im ufernahen Bereich	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Strukturvielfalt und Substratmosaika auf der Sohle	■	■					■	■			
Strukturdynamik	■	■	■	■			■	■			
natürlicher Übergang Gerinne-Ufer	■	■	■		■		■		■		■
natürliche Zuflussmündungen	■	■	■	■	■		■	■			
natürliche Geschiebedynamik	■	■	■	■		■	■	■	■		■
nat. Strömungsdiversität, Strömungsgradienten	■	■					■	■			
starkströmende, turbulente Abschnitte	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Anthropogene Attribute und Einflüsse											
Einstaubereiche, Stehende Restwasserabschnitte	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
fließende Restwasserabschnitte	■	■			■		■				
monotone Sohlenstruktur und Sohlsubstrat	■	■			■	■	■	■			■
Schlammablagerungen	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
monotoner Uferverlauf	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Übergang Gerinne-Ufer durch Blöcke/Ufermauern	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
Schiffsverkehr, Wellenschlag		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Schiffsverkehr, Sohlenumlagerungen		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
erhöhte Wassertemperaturen	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■
nutzungsbedingte Trübung	■	■	■	■			■	■	■	■	■

Die Zusammenhänge zwischen naturnaher Flussmorphologie und naturnaher Besiedlung bleiben – trotz Neozoeninvasion – in ihren Grundzügen erhalten. Je mehr unterschiedliche Flusskompartimente (z. B. Hauptgerinne, Nebengerinne, Auen, Flussinseln, Kiesbänke etc.) in einem Abschnitt vorhanden und ökologisch funktionsfähig sind, desto mehr geeignete Habitate stehen den Biozönosen zur Verfügung. Diese wirken sich unterschiedlich stark auf die Diversität und die Populationsdichten bestimmter

Zusammenhang zwischen naturnaher Flussmorphologie und rheintypischer Besiedlung bleibt erhalten

Arten und Artengruppen aus. Anthropogen unbeeinflusste, natürliche Flussabschnitte bieten *per definitionem* optimale Lebensbedingungen für alle *gewässertypischen* Arten; diese Eignung nimmt ab, sobald die anthropogenen Einflüsse zunehmen (Tab. 5). Hierdurch kann die Konkurrenzkraft der gewässertypischen Arten gegenüber sich massenhaft vermehrenden Neozoen deutlich geschwächt werden.

Revitalisierungs-Massnahmen, mit denen solche diversen Flussmorphologien zurückgewonnen werden können, sind am Hochrhein und auch an anderen grossen Schweizer Fliessgewässern nur sehr schwer umzusetzen. Eine grosse Massnahme mit dem Ziel einer Auenanbindung wurde allerdings im Bereich unserer Probestelle bei Riethem (Alt-Rhi) im Jahr nach der letzten Untersuchung in Angriff genommen. Auf der anderen Seite fehlen immer noch die bilateralen Grundlagen und Vereinbarungen dafür, dass die letzten noch naturnahen Hochrheinabschnitte als ökologische Trittsteine dauerhaft erhalten werden können^{[4], [30]}.

Dass der Erhalt solcher Trittsteine, vor allem der letzten freifliessenden, von Kraftwerkstufen und Regulierungen verschonten Flussabschnitte, gesamtökologisch unverzichtbar und einer der wichtigsten Gewässerschutzziele am Hochrhein ist, ist unstrittig. Reichen die bei den Hochrheinuntersuchungen gewonnenen Erkenntnisse aber auch aus, um entsprechende Schutzmassnahmen zu begründen und konkrete Massnahmenvorschläge zu machen? Sicher braucht es noch eine Methode zur Beurteilung grosser Flüsse, mit deren Hilfe der eindeutige Handlungsbedarf anhand einer Güteklassifizierung abgelesen werden kann (vgl. 3.4.2).

3.4 Ausblick

3.4.1 Zukunft der Koordinierten biologischen Untersuchungen

Die hier vorgestellten Ergebnisse der letzten Untersuchungen 2011/2012 belegen, dass Art, Mass und Geschwindigkeit der biologischen Veränderungen im Rhein im Rahmen eines Langzeit-Monitoringprogramms sehr gut erfasst werden können. Auch wenn der Umfang der Untersuchungen zwischenzeitlich auf zwei jahreszeitliche Termine reduziert wurde und damit ein gewisser Verlust an Informationen einhergeht, reicht die Qualität der Ergebnisse für die Fortführung von Langzeitvergleichen für die Biozöosen noch aus, auch wenn manche Arten hierfür nicht mehr berücksichtigt werden können. Mit einer weiteren Kürzung des Untersuchungsumfangs auf eine einmalige Probenahme im Herbst (wie von der EU-Wasserrahmenrichtlinie vorgegeben) wäre jedoch ein substanzieller Informationsverlust zu erwarten.

Eine Wiederholung der Untersuchungen in sechsjährigem Turnus hat sich als ausreichend erwiesen und wird weiter empfohlen, zumal die Ergebnisse anderer regionaler und thematischer Programme das Langzeitmonitoring ergänzen können. Die bisher untersuchten Flussquerschnitte sollten auch in Zukunft beibehalten werden. Von einer grundsätzlichen Veränderung der Untersuchungsmethodik wird abgeraten.

Erhalt ökologischer Trittsteine als ein primäres Gewässerschutzziel

Das Langzeitmonitoring konnte die bisherigen Veränderungen seit 1990 beinahe lückenlos dokumentieren

Untersuchungsperiodik im sechs-Jahre-Rhythmus hat sich bewährt

3.4.2 Ergänzende Abklärungen zur Beurteilung grosser Flüsse

Da das Modul «Makroinvertebraten» des Modul-Stufen-Konzepts nur für bewatbare Gewässer gilt, müsste für die grösseren Flüsse eine separate Methode entwickelt werden, die ebenfalls eine Bewertung mit Klassifizierungen zwischen «natürlich» und «naturfremd» liefert. Die bisherigen Ergebnisse – auch von anderen grossen Schweizer Flüssen – könnten dafür gute Grundlagen liefern. Auch können die langjährigen Erfahrungen der EU-Rheinanliegerstaaten zu Rate gezogen werden, wenn es um solche Klassifizierungen geht^[47]. Diese sind für die Ermittlung des «guten ökologischen Zustands» bzw. des «guten ökologischen Potenzials» (bei erheblich veränderten Gewässern) anhand der Makroinvertebraten auch für die grossen europäischen Wasserstrassen vorgeschrieben.

Im Rahmen von Monitoringprogrammen an anderen grossen Schweizer Flüssen^{[20], [29], [31], [32], [42]} wurde von uns ein Ansatz verfolgt, der über die Betrachtung der Wirbellosenbesiedlung zur biologischen Charakterisierung einer Untersuchungsstelle hinausgeht. Im Falle des Alpenrheins, an welchem ebenfalls unterschiedliche Rechtsgrundlagen der Schweiz und der EU aufeinandertreffen, wurde ein gesamtökologisches Langzeit-Monitoring der wichtigsten Indikatoren (Hydrologie, Chemie, Feststoffhaushalt, Ökomorphologie, Fische, Makroinvertebraten, Vögel) beschlossen, das bei konkreten Aufwertungsmassnahmen durch ein spezifisches «Umsetzungsmonitoring» ergänzt wird^[10]. Makroinvertebraten als einer der Hauptindikatoren werden dabei durch Untersuchungen der Jungfischvorkommen und der Kiesbankfauna und -flora sowie des pflanzlichen Aufwuchses ergänzt und mit der Ausprägung von Mesohabitaten verknüpft. Somit wird die Benthosbesiedlung zu einem von mehreren Informationsträgern, die zusammen einen relativ kleinräumigen, gesamtökologischen Zustand beschreiben können.

Eine indikatorenübergreifende Betrachtung fehlt am Hochrhein noch, obwohl seit 2006 – zusammen mit den Makroinvertebraten – auch die Jungfischbesiedlung erfasst wird. Wir wissen, dass naturnahe Abschnitte Bedingungen schaffen, die ein Überleben angestammter Arten ermöglichen. Unsere bisherigen Betrachtungsinstrumente reichen aber bereits jetzt nicht mehr aus, um diese Bedingungen inhaltlich und räumlich klar eingrenzen zu können. Wir empfehlen deshalb auszutesten, mit welchen Indikatoren und Methoden sich die künftigen ökologischen Veränderungen am Hochrhein noch besser abbilden und bemessen lassen. Ein solcher Test müsste an einem Abschnitt durchgeführt werden, der das gesamte Spektrum verbliebener Lebensräume/Mesohabitate aufweist und könnte etwa folgendermassen aussehen:

- a) Auswahl eines ca. 3 km langen, naturnahen Rheinabschnitts mit Zufluss (z. B. Rietheim, oberhalb Insel *Alt Rhi* über *Koblenzer Lauffen* bis unterhalb Wutachmündung);
- b) Definition und Aufnahme der darin befindlichen Flusskompartimente/-elemente und Mesohabitate;
- c) Auswahl der Indikatoren (aquatisch, amphibisch, terrestrisch), welche die Qualität der Kompartimente und Mesohabitate theoretisch abbilden können;
- d) Erhebung der Indikatoren innerhalb der jeweiligen Mesohabitate zum jeweils geeigneten Zeitpunkt. Hierzu sehr spezifische Abklärungen der abiotischen Bedingungen,

Die Entwicklung einer Beurteilungsmethode für grössere Fließgewässer ist im Gespräch

Zoobenthosuntersuchungen sollten durch weitere Indikatoren ergänzt werden

Vorschlag für eine bessere Beurteilungsgrundlage

die zu einem Konkurrenzvorteil ursprünglicher Rheinarten gegenüber Neozoen führen können (Wassertiefe, Substrat, Strömung, Temperatur, Feststoffhaushalt, Sohlerdurchlässigkeit, usw.). Abklärung der möglichen Synergien;

- e) Auswertung, Interpretation und Diskussion der Ergebnisse;
- f) Auswahl einer geeigneten Indikatorkombination zur Beurteilung der ökologischen Qualität eines Hochrheinabschnitts. Beschreibung einer einfachen Methode (inkl. Beurteilungsvorschlag);
- g) Test der Indikatorenkombination an einem degradierten Flussabschnitt (z. B. Schweizerhalle);
- h) Beantwortung der Frage: welche ökomorphologischen Qualitäten und sonstigen Charakteristika muss ein Hochrheinabschnitt besitzen, um den gesetzlich geforderten *«Lebensraum für eine vielfältige Tier- und Pflanzenwelt»* zu bieten?

Um die im Rahmen des Programms untersuchten neun Flussquerschnitte bereits auf Basis der bisherigen Untersuchungen besser charakterisieren und voneinander unterscheiden zu können, wurden die bereits bewährten «Probestellentafeln» im Anhang (Kap. 4.1) weiter ausgebaut. Eine wichtige Zusatzinformation ist der «Zustand der Ökosystembausteine», bei der wir die uns vorliegende Information in Form von «Schiebergrafiken» umgesetzt haben, die einer ökologische «Gütebeurteilung» nahekommen.

4 > Anhang

4.1 Charakterisierung der untersuchten Flussquerschnitte

Hemishofen	98
Rheinau	100
Ellikon	102
Tössegg	104
Rietheim	106
Waldshut/Felsenau	108
Sisseln	110
Schweizerhalle/Pratteln	112
Basel	114

Copyright für alle Luftbilder und Karten: © 2013 swisstopo (BA130336)

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 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: a) Quer: Nur im Bereich der Ufermauern eingeschränkt; kleine Zuflüsse durchgängig angeschlossen b) Längs: Stromaufwärts und -abwärts bis KW Schaffhausen keine Hindernisse.

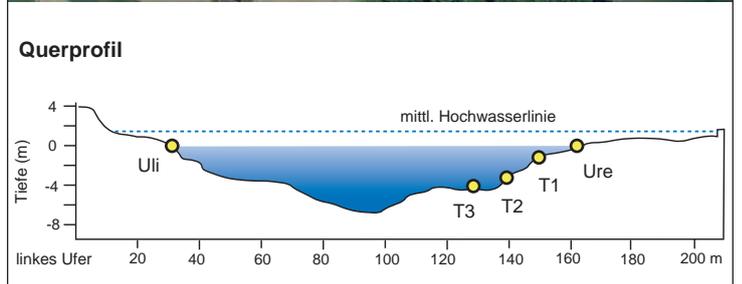
Substrat der Sohle: Natürliche Vielfalt. An vielen Stellen liegt biogene Kalkbildung vor.

Geschiebe: Nur geringes Geschiebeaufkommen (Seeabfluss).

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

Lebensraumvielfalt: Alle zu erwartenden Wasser- und Uferlebensräume sind gut ausgeprägt.

Fazit: Sehr guter naturnaher Zustand, keine wesentlichen Defizite.



Äusserer Aspekt

- Bewuchs/Besiedlung: Stufe 1 = <10 % (Sohlenbedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 = >50%/Fläche
- 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 (max 25 % der Steine); Klasse 3: viel (> 25% d.S.)
- 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	3	3	3	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	2	
Besiedlung Dreissena	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	1	1	
Kolmation	1	2	2	3	1	biogene Kalkbildung und Dreissena-Rasen
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	2	Abfall von Strandbad, div. Grillstellen
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	2				3	Bodensee-Rheinschifffahrt, Motoryachten
Hinterlandnutzung	1				2	Landwirtschaft, kleine Siedlung
Einleitungen, Einträge	1				1	

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

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.

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

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

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 für diesen Rheinabschnitt typische Äsche *Thymallus thymallus*. Zahlreiche Makroinvertebraten nutzen den Nahrungsreichtum: Die Zebrauschel *Dreissena* als aktiver Filtrierer, der Süsserpolyp *Hydra* als Räuber. Köcherfliegen der Gattung *Hydropsyche* bauen kurze sackartige, die nahe verwandte *Neureclipsis* füllhornartige Fangnetze, um organische Drift abzufangen.

Pflanzlicher Bewuchs

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



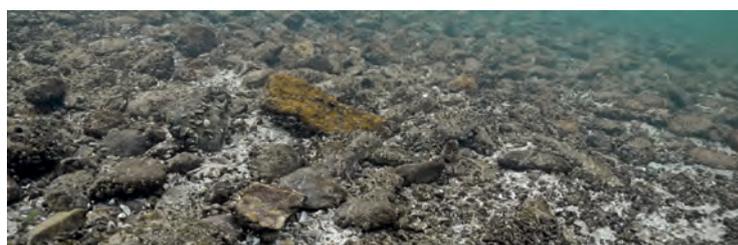
„Tonfelsen“ auf der tiefen Sohle



Sandflächen mit Wellenrippel



Mit Schluff bedecktes Stein-/Grobkies-Substrat auf der rechten Uferseite



Rechte Rinne ca. 2,5 m Tiefe: vereinzelte Blöcke, *Dreissena*, biogener Kalktuff



Schnell und flach überströmte „Rausche“ unterhalb des Strandbads



Dreissena beim Filtrieren



Süßwasserpolypen



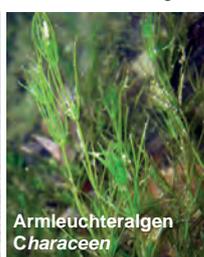
Fangetze von Köcherfliegen: links: *Hydropsyche*, rechts: *Neureclipsis*



Durchwachsenes Laichkraut
Potamogeton perfoliatus



Flutender Hahnenfuß
Ranunculus fluitans



Armleuchteralgen
Characeen



Krauses Laichkraut
Potamogeton crispus

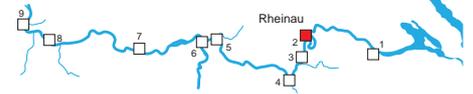


Dichtes Laichkraut
Groenlandia densa

Unterschiedliches Sohlsubstrat und abwechslungsreiche Strömungen bestimmen den artenreichen Wasserpflanzenbewuchs in 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 Rhein-schleife 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 Rhein-schleife wurde durch den Kraftwerksbau (1952-1957) und folgenden Einstau stark verändert. Die geringe Strömung führt zu erheblichen Sedimentablagerungen. Die seltenen Substratlagerungen erlauben das Aufkommen ausge-dehnter Makrophytenbestände. Auch die Uferzone des linken Ufers erinnert mit Rohrglanzgras und Schilf an Verlandungsbereiche. Diese bieten zahlreiche Unterstän-de 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: a) Quer: Weitgehend gut. Die wenigen kleinen seitlichen Zuflüsse sind durchgängig angebunden. b) Längs: Sowohl stromauf wie stromab unterbunden.

Substrat der Sohle: Substratzusammensetzung gegen-über dem natürlichen Zustand stark verändert. Feinsedi-mente überdecken die ursprünglich steinig-felsige Sohle.

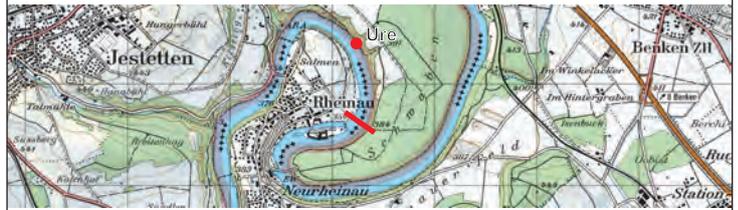
Geschiebe: Die ursprünglich ausgeprägte Erosionsstrecke hat sich zu einer Sedimentationsstrecke gewandelt.

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

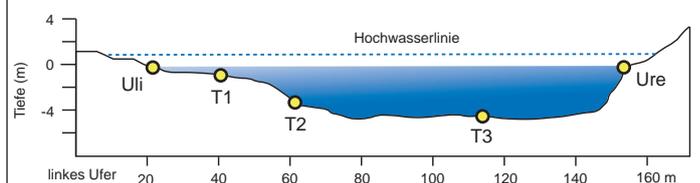
Lebensraumvielfalt: Der Abschnitt entspricht weitestge-hend einem Stillgewässer, weist allerdings eine gewisse Vielfalt auf.

Fazit: Naturferner, sehr stark veränderter und beeinträch-tigter Gewässerabschnitt.

Hochrheinabschnitt



Querprofil



Äusserer Aspekt

Bewuchs/Besiedlung: Stufe 1 = <10 % (Sohlenbedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 = >50%/Fläche
 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 (max 25 % der Steine); Klasse 3: viel (> 25% d.S.)
 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)	1	1	1	1	1	
Bewuchs Algenbüschel	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	3	3	2	1	v.a. Characeen, Elodea, Potamogeton
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	2	2	2	
Kolmation	1	2	1	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	

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

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.

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

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

Biologische Besonderheiten

Der Seecharakter führt zu einer entsprechenden limnischen Lebensgemeinschaft. So finden sich viele Stillwasserarten 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 flächendeckend sehr grosse Bestände an Makrophyten entwickeln und halten. Es dominieren Characeen und Elodea. Am linken Ufer finden sich Rohrglanzgras und Schilf.



Wasserpest (*Elodea*) auf Feinsubstrat, ca. 2m Tiefe



Von Algen überwucherte Makrophyten



Sandiger Flachwasserbereich



Uferzone mit überschwemmtem Rohrglanzgras und Laubeintrag



Rücken aus Muschelschalen in Flussmitte (Steine/Grobkies, 2 m Tiefe)



Frassspuren von Bibern



Spitzschlamm-
schnecke
Lymnaea spec.



Sumpfdeckelschnecke
Viviparus cf. ater

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 vor 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 Thur-mündung hin durch Ufersicherung verändert. Tiefenvariabilität gut ausgeprägt.

Ufermorphologie: Flachufer und steile Erosionsufer. Letztere sind teilweise durch harte Ufersicherungen verbaut.

Vernetzung: a) Quer: Gute Vernetzung, auch mit der Thur und den revitalisierten Thurauen; rechtsrheinischer Auebereich ist wieder angebunden. b) 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 Thurmundungsbereich befinden sich starke Geschiebeablagerungen.

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

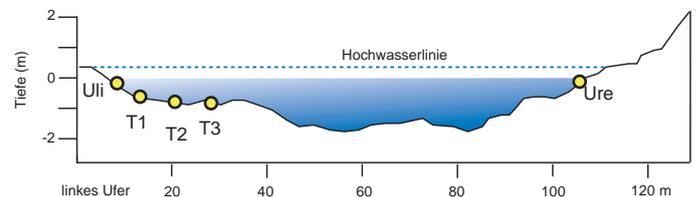
Lebensraumvielfalt: Hohe Vielfalt an aquatischen Lebensräumen und Auelementen im Radius von ca. 1,5 km.

Fazit: Weitgehend naturnaher Zustand. Das ursprüngliche Vernetzungspotenzial zu den ehemaligen Auenbereichen wird langsam wieder zurückgewonnen.

Hochrheinabschnitt



Querprofil



Äusserer Aspekt

Bewuchs/Besiedlung: Stufe 1 = <10 % (Sohlenbedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 = >50%/Fläche

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 (max 25 % der Steine); Klasse 3: viel (> 25% d.S.)

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)	1	2	1	2	2	
Bewuchs Algenbüschel	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	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	2	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	

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

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.

Substrate	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	2	2	2	
Grobkies 20 mm - 63 mm	2	2	2	2	3	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm		2	2			
Feinkies 2 mm - 6,3 mm		1	1			
Sand 0,063 mm - 2 mm	2				2	
Schluff < 0,063 mm						
Ton						
Muschelschalen, Schill						
Kalk, Sinter						
Abfälle, Müll						

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



Mit Schluff und fädigem Aufwuchs bedeckte Steine in 1 m Tiefe



Steine mit Röhren von Chironomiden



Mittelkies nahe dem linken Ufer



Abgestorbene Makrophytenstängel im Flachwasser

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.

Pflanzlicher Bewuchs

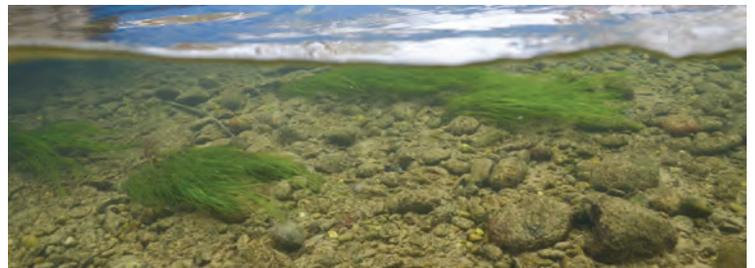
Im Gegensatz zu den Rheinstrecken unterhalb der Thurmündung sind bei Ellikon ausgedehnte Makrophytenfelder zu finden. Diese werden begünstigt durch den noch vorherrschenden und zeitlich stabilen Abfluss des Bodensees, mit geringer Trübung und reduziertem Geschiebetransport. Die Pflanzenfelder werden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



Wurzelgeflecht am Ufer



Probenahme mit Taucher an der Sohle



Flutender Hahnenfuss auf Steinen und Grobkies in 0,5 bis 1 m Tiefe



Tössegg (Rhein-km 70,5; Code TÖS)

Koordinaten CH 1903: 684075/267475



Lage und Charakter des Flussquerschnitts

Das Tössegg befindet sich in Abschnitt B, 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 Probestelle 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; rudimentäre Flachufer.

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

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

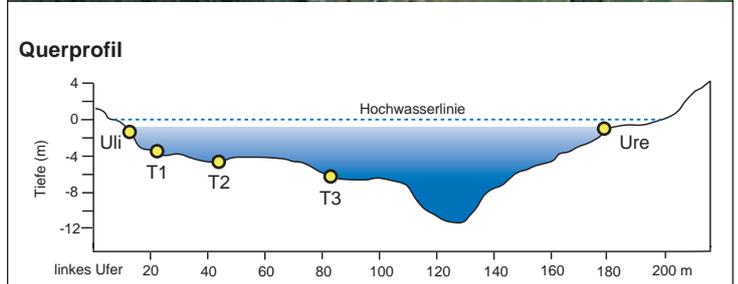
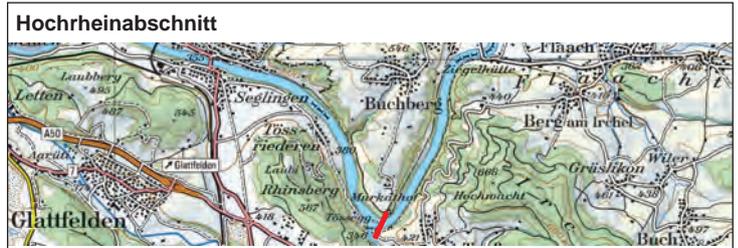
Substrat der Sohle: Nur geringe Vielfalt. Die Uferbereiche zeigen vielfach Ablagerungen feiner Sedimente.

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 habitatreichen Ufern. Die aquatischen Lebensräume sind durch den Rückstau des KW Eglisau beeinträchtigt.



Äusserer Aspekt

Bewuchs/Besiedlung: Stufe 1 = <10 % (Sohlenbedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 = >50%/Fläche
 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 (max 25 % der Steine); Klasse 3: viel (> 25% d.S.)
 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	2	1	1	
Bewuchs Algenbüschel	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	2	1	1	1	v.a. Moos, Elodea
Besiedlung Dreissena	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	2	1	1	1	
Kolmation	2	2	2	2	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	

Tössegg (Rhein-km 70,5; Code TÖS)

Substrate

Die Flusssohle weist eine hohe Bandbreite an Substraten auf. Am rechten Ufer befindet sich steinig 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.

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

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

Biologische Besonderheiten

Im langsam strömenden Mündungsbereich der Töss und der vorgelagerten Insel mit Röhricht und Gräsern kommen zahlreiche Stillwasserarten vor, wie verschiedene Libellen und Wasserwanzen.

Pflanzlicher Bewuchs

Die steinig-kiesige Sohle ist fleckenhaft mit Flutendem Hahnenfuss bewachsen. Auf sandigem Untergrund trifft man auf verschiedenartige dichte Laichkrautbestände.



Steinig-kiesige Rheinsohle in 4,5 m Tiefe



Flutender Hahnenfuss



Müll im Schwemmholz vor der Insel



Sandiger Boden mit diversen Laichkräutern und Neuseeländischer Zwergdeckelschnecke (*Potamopyrgus*)



Anstehender Fels an der Sohle in 6 m Tiefe



Eintagsfliege
Siphonurus spec.



Weidenjungfer *Lestes viridis*



Ruderwanze (Corixidae)



Kleine Zangenlibelle
Onychogomphus forcipatus

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

Koordinaten CH 1903: 662550/273600



Lage und Charakter des Flussquerschnitts

Die oberhalb der Stromschnellen „Koblenzer Laufen“ am Picknickplatz „Alt Rhi“ gelegene Stelle ist die letzte Stelle des Hochrheinabschnittes B und liegt in einem freifliessenden Bereich. Das natürliche Querprofil ist mit 200 Metern sehr breit und flach. Das rechte Ufer ist durchgehend mit Blockwurf und kurzen Buhnen gesichert, das linke ist ein Abbruchufer mit lokalen Resten von Blockwurf. Beide Ufer sind von einem Streifen Ufergehölz – teilweise auch von auwaldähnlichem Waldstreifen – gesäumt. 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 Insel Alt Rhi Naturufer.

Vernetzung: a) Quer: Übergang Gerinne-Ufer mässig; Zuflüsse durchgängig angeschlossen; Massnahmen zum Auenanschluss sind im Gange. b) Längs: Flussab bis KW Albbruck, flussauf bis zum KW Reckingen durchgängig.

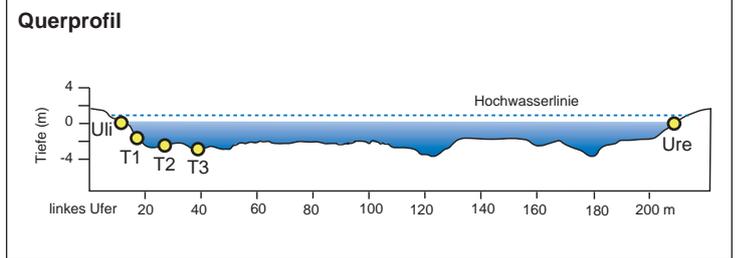
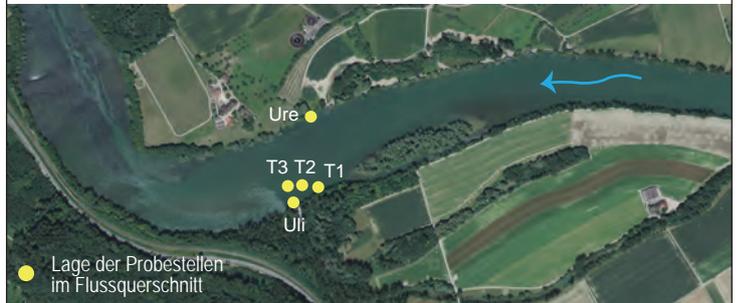
Substrat der Sohle: Grosse Vielfalt mit Blöcken, Lehmufer (Uferanriss), Kiessohle, Sandablagerungen und Totholz.

Geschiebe: Durch Geschieberückhalt in den Staubereichen stark eingeschränkt.

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

Lebensraumvielfalt: Die Lebensräume im Wasser sind sehr vielfältig, der Auenanschluss wird umgesetzt.

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



Äusserer Aspekt

Bewuchs/Besiedlung: Stufe 1 = <10 % (Sohlenbedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 = >50%/Fläche
 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 (max 25 % der Steine); Klasse 3: viel (> 25% d.S.)
 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)	1	1	1	1	1	
Bewuchs Algenbüschel	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	3	3	1	
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	2	2	1	
Kolmation	1	1	1	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				2	Landwirtschaft
Einleitungen, Einträge	1				1	

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

Substrate

In den gut durchströmten Bereichen dominieren Hartsubstrate mit etwas Sand. Das rechte Ufer ist als Ende eines Prallhangs sehr steinig, am linken Ufer finden sich trotz vorgelagerter Insel vor allem offener Kies. Etwas oberhalb der Probestelle, im Rhein-Nebenarm und Hinterwasser der Insel, finden sich auch feinere Sedimente. Etwas unterhalb beginnt der anstehende Fels des Koblenzer Lauffens.

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

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

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. Am Ufer finden sich vielerorts Frassspuren von Bibern. Auf Höhe der Insel bilden die von Bibern gefällten grösseren Bäume Totholzstrukturen im Fluss.

Pflanzlicher Bewuchs

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



Stromschnelle hinter gesichertem Rohr



Kiesige Sohle im Bereich T2 bis T3



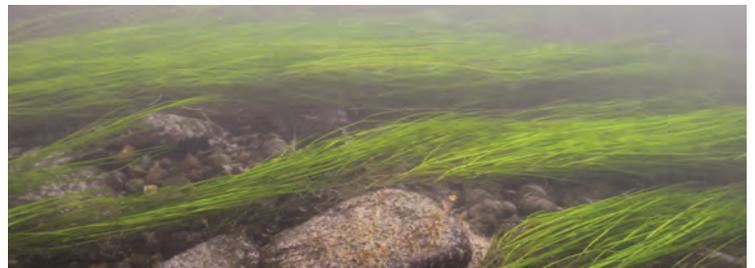
Steine und Kies unterhalb von Wurzeln am linken Ufer



Müll und *Corbicula* an Stelle T1



Frische Frassspuren von Bibern



Flutender Hahnenfuss auf der steinigen Sohle in 2 m Tiefe



Massenvorkommen der Neuseeländischen Zwergdeckelschnecke (*Potamopyrgus*) auf Totholz und Sand



Rund 4700 *Corbicula* pro m² an Stelle T1

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 Albruck-Doggern. Die linke Uferprobestelle repräsentiert die Besiedlung der Aare in ihrem Mündungsbereich.

Zustand der Ökosystembausteine

Abfluss: Durch den Zufluss der Aare bestimmt.

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

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

Vernetzung: a) Quer: Übergänge zum Ufer abrupt oder gestört; beschränkte Vernetzung mit Auenelementen im Aare-Unterlauf. b) Längs: Stromab durch das KW Albruck-Doggern eingeschränkt, stromauf längere durchgängige Strecke bis KW Reckingen; in der Aare nur bis zum Wehr des KW Klingnau.

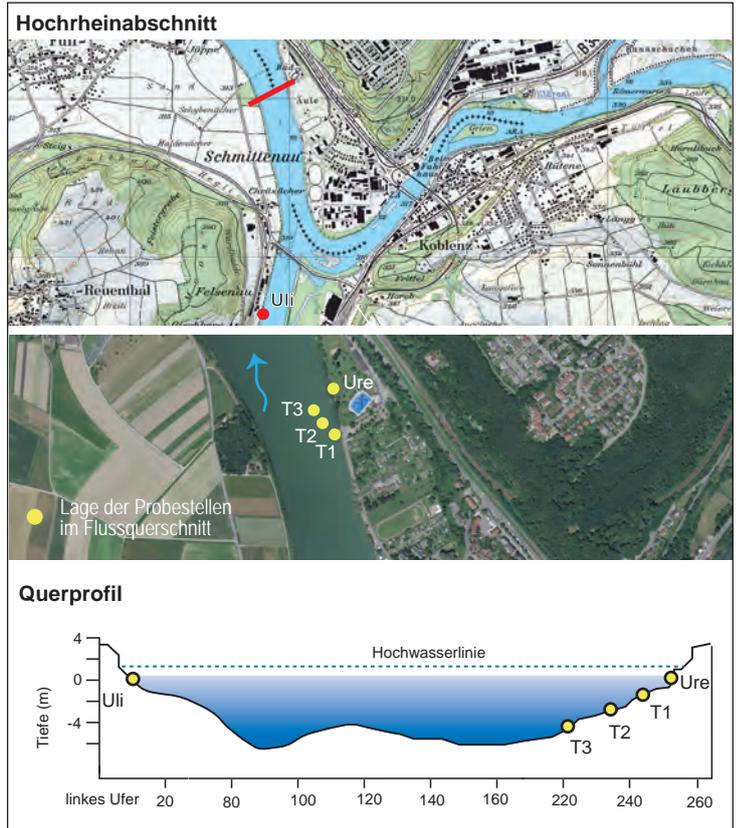
Substrat der Sohle: Im Uferbereich geringe Substratvielfalt, oft Sedimentation.

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 am linken Ufer nur rudimentär vorhanden.

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



Äusserer Aspekt

Bewuchs/Besiedlung: Stufe 1 = <10 % (Sohlenbedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 = >50%/Fläche
 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 (max 25 % der Steine); Klasse 3: viel (> 25% d.S.)
 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	T3	T2	T1	Ure	Bemerkungen/Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	1	1	1	1	1	
Bewuchs Algenbüschel	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	2	1	1	1	1	Linkes Ufer: Moose
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	2	1	1	1	2	
Kolmation	1	1	1	1	1	
Feststoffe/Abfälle	1	2	2	2	2	Abfälle, im Rhein 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	

Waldshut-Felsenau (Code WAL)

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.

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

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



Rheinsohle auf 6 m Tiefe. Steine mit roten Algen der Gattung *Hildenbrandtia*



Wurzeln im Flachwasserbereich



Blöcke und Steine in 4 m Tiefe



Makrophyten nahe dem rechten Ufer in 2 m Tiefe

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 auf grössere Schwammkolonien.



Süsswasserschwämme auf Blöcken nahe des Ufers



Pflanzlicher Bewuchs

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



Uferbefestigung aus Blocksteinen



Der Hochrhein auf Höhe Waldshut wurde und wird für die Müllentsorgung genutzt

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 Säckingen im Hochrheinabschnitt C. Das 180 m breite und über 8 m tiefe regulierte Querprofil weist steile, befestigte Ufer auf. Rechts erfolgte die Befestigung mit Blocksatz, links teilweise zusätzlich mit einer Ufermauer. Abgesehen von der Siedlungsfläche Sisseln wird das Hinterland landwirtschaftlich genutzt. Der Flussabschnitt wird stark 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 stark mit Schwall- und Sunkphasen.

Gerinnemorphologie: Zwischen KW Laufenburg und KW Bad Säckingen Regelprofil mit nahezu konstanter Flussbreite.

Ufermorphologie: Beide Ufer sind steil und durchweg hart verbaut.

Vernetzung: a) Quer: Durch harten Verbau stark eingeschränkt; die beiden grösseren Zuflüsse Murg und Sissle sind durchgängig angeschlossen. b) 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 Mündungsbereiche 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.

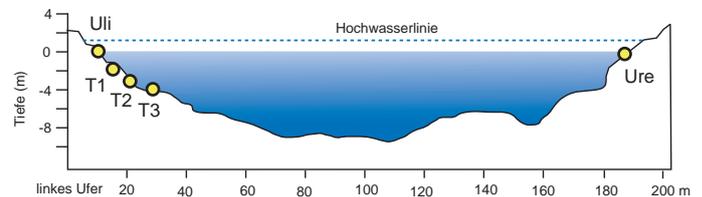
Fazit: Der Abschnitt ist durch Regelprofil, Uferverbauung, fehlende Geschiebedynamik und Wirkung des Rückstaus deutlich beeinträchtigt.

Hochrheinabschnitt



● Lage der Probestellen im Flussquerschnitt

Querprofil



Äusserer Aspekt

Bewuchs/Besiedlung: Stufe 1 = <10 % (Sohlenbedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 = >50%/Fläche

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 (max 25 % der Steine); Klasse 3: viel (> 25% d.S.)

Kolmatation: 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)	1	1	1	1	1	
Bewuchs Algenbüschel	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	1	
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	2	2	2	1	2	
Kolmatation	1	1	2	2	2	
Feststoffe/Abfälle	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	

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

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.

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

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

Biologische Besonderheiten

Die Artenzusammensetzung wird stark von Neozoen dominiert. In Sisseln wurden die höchsten Dichten der neozoischen Kiemenwürmer (*Branchiura*) und Süßwasser-Borstenwürmer (*Hypania*) gefunden. Im Vergleich zu anderen Hochrheinstellen fehlen Kriebelmücken (Simuliidae) und Strudelwürmer (Turbellaria) fast vollständig.

Pflanzlicher Bewuchs

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



Blöcke und Steine auf der Rheinsohle in 4 m Tiefe



Auch Bruchgestein bietet Lebensraum



Feinsubstrat in Ufernähe



Anstehender Fels nahe der Flussmitte



Wohnröhren von *Hypania invalida*



Blockwurf am linken Ufer



Übergang von Blockwurf zu Sand mit *Hypania*-Köchern am linken Ufer



Die Gemeinschaft der kiesigen Rheinsohle wird von Körbchenmuscheln (*Corbicula*) dominiert



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 im Hochrheinabschnitt D. 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: a) Quer: Fehlend oder oft unterbrochen; Sohle häufig verdichtet, so dass kein besiedelbarer Lückenraum besteht; keine grösseren Zuflüsse vorhanden. b) 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.

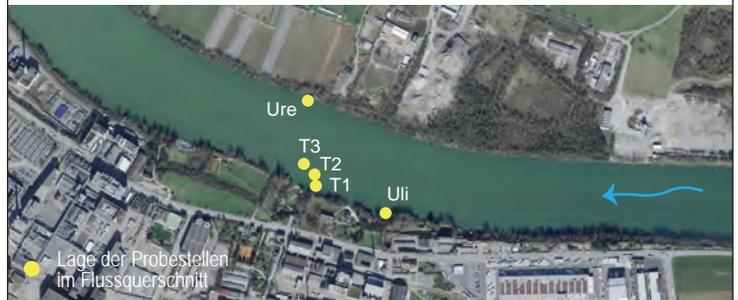
Geschiebe: Die stromaufwärts gelegenen Kraftwerksanlagen halten das Geschiebe zurück. Einträge durch Seitenerosion fehlen.

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

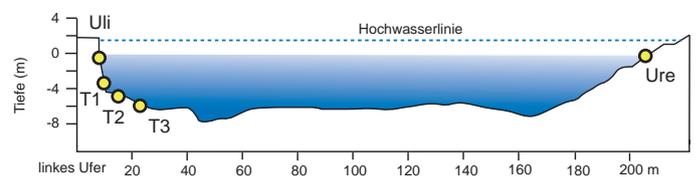
Lebensraumvielfalt: Die Uferhabitate sind stark degradiert und nur in einem schmalen Band ausgeprägt. Die Sohlenhabitate sind durch Schifffahrt und fehlendes Geschiebe stark beeinflusst. Viel Besiedlungsraum auf umlagerungsstabilem Substrat vorhanden.

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

Hochrheinabschnitt



Querprofil



Äusserer Aspekt

Bewuchs/Besiedlung: Stufe 1 = <10 % (Sohlenbedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 = >50%/Fläche
 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 (max 25 % der Steine); Klasse 3: viel (> 25% d.S.)
 Kolmation: Klasse 1: keine; Klasse 2: leicht/mittel; Klasse 3: stark
 Feststoffe/Abfälle: Klasse 1: keine; Klasse 2: vereinzelte; Klasse 3: viele
 Hetrotropher 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)	1	1	2	1	2	
Bewuchs Algenbüschel	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	1	Moos
Besiedlung Dreissena	1	2	2	2	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	1	
Kolmation	1	1	1	1	1	
Feststoffe/Abfälle	2	1	1	1	1	Abfälle
Hetrotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	2				2	Rheinschifffahrt, Motoryachten
Hinterlandnutzung	1				2	Landwirtschaft
Einleitungen, Einträge	1				1	

Schweizerhalle-Pratteln (Code SHA)

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.

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

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

Biologische Besonderheiten

Der Bereich um Schweizerhalle ist einer der Hochrheinabschnitte 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 auch 2006, nur an dieser Stelle im Hochrhein gefunden. Eine weitere Ausbreitung fand seitdem nicht statt. Ebenfalls nur an dieser Probestelle wurde die einheimische Schwammfliege (*Sisyra spec.*) nachgewiesen, die hier aufgrund des ausgedehnten Bewuchses mit Schwämmen gute Lebensbedingungen findet.

Pflanzlicher Bewuchs

Abgesehen von vereinzelt Moosen in Ufernähe wurden keine Makrophyten gefunden.



Steinige Sohle bei T2, 3,5 - 4,0 m Tiefe



Vereinzelte Blöcke und Moose



Auf der Rheinsohle bei Schweizerhalle liegt viel Bauschutt



Körbchenmuschel *Corbicula*



Wohnröhren von *Hypania invalida*



Keulenpolyp *Cordylophora*



Süßwassergarnele *Athyraephyra*



Auffällig vielfältiger und reichhaltiger Bewuchs mit Süßwasserschwämmen



Kamberkrebs *Orconectes limosus*

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

Koordinaten CH 1903: 611000/268620



Lage und Charakter des Flussquerschnitts

Die mitten im Stadtgebiet Basel liegende Stelle repräsentiert den Übergang von Hochrhein zum Oberrhein. Der 180 m breite Rhein ist an beiden Ufern komplett mit Mauern verbaut, das Hinterland als Siedlungsfläche versiegelt. Am linken Ufer befinden sich Anleger für grosse Fahrgast-schiffe.

Zustand der Ökosystembausteine

Abfluss: Weitgehend unbeeinflusst.

Gerinnemorphologie: Flusslauf mit Regelprofil; im Rhein-knie 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: a) Quer: Fast völlig fehlend. Birs und Wiese sind durchgängig angeschlossen, andere kleinere Zuflüsse münden in Verdolungen. b) Längs: Durch die angrenzenden Kraftwerksanlagen (Birsfelden, Kembs) begrenzt.

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

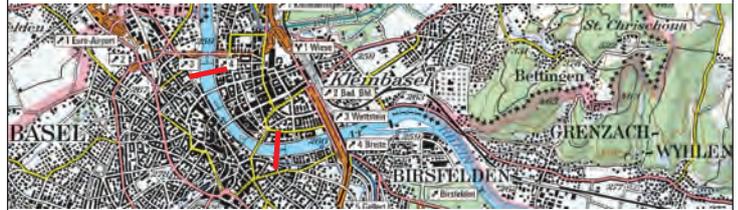
Geschiebe: Durch Rückhalt an den stromauf liegenden Kraftwerksanlagen und fehlende Seitenerosion sehr stark reduzierte Dynamik. Der Geschiebeeintrag durch die Birs ist gering.

Strömung: Durch harte Verbauung weitgehend monoton; am Gleit- und Prallhang variabel. Die Turbulenzen der zahlreichen grossen Schiffe führen zu einer regelmässigen Strömungs-Störung der oberen Sedimentschicht.

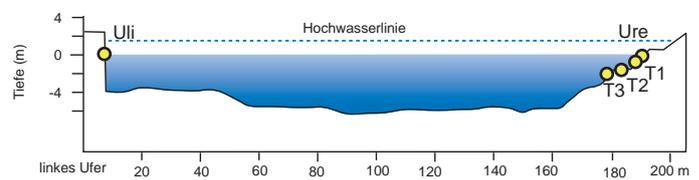
Lebensraumvielfalt: Es fehlen typische Uferhabitate. Die Sohlhabitate zeigen ufernah eine gewisse Vielfalt. In der Schifffahrtsrinne Störungen durch beständige Umlagerung.

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

Hochrheinabschnitt



Querprofil



Äusserer Aspekt

- Bewuchs/Besiedlung: Stufe 1 = <10 % (Sohlenbedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 = >50%/Fläche
- 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 (max 25 % der Steine); Klasse 3: viel (> 25% d.S.)
- 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	1	1	2	2	
Bewuchs Algenbüschel	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	1	Vereinzelte Moos und flutender Hahnenfuss
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	2	1	2	2	Abfall, verlorene Gegenstände
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	3				3	Rheinschifffahrt, Motoryachten
Hinterlandnutzung	3				3	Stadtgebiet, komplett versiegelte Fläche
Einleitungen, Einträge	1				1	

Basel (Rhein-km 167,6 Code BAS)

Substrate

Aufgrund des Uferverbau 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.

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

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

Biologische Besonderheiten

In Basel findet man nur noch einen Teil des typischen Artenspektrums des Hochrheins. Die Grossgruppen Steinfliegen und Libellen fehlen ganz. Die benthischen Lebensgemeinschaft erden auch hier von Neozoen dominiert, vor allem von Kleinkrebsen und Weichtieren (Mollusken). Der ebenfalls eingeschleppte *Echinogammarus trichiatus* kommt im Hochrhein bisher nur in Basel vor.

Pflanzlicher Bewuchs

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



Rheinsohle mit Steinen und Grobkies auf 3 m Tiefe



Flutender Hahnenfuss in 2 m Tiefe



Wellenschlag am rechten Kiesufer



Moose an der ufernahen Rheinsohle



Unterwasserstrukturen aus Beton und Metall



Neu gestalteter harter Uferbau am rechten Ufer



Die Rheinschifffahrt verursacht Wellenschlag und Turbulenzen



An der Rheinsohle sammeln sich Müll und Bauschutt

Ufermauer am rechten Ufer

4.2 Makroinvertebratenbesiedlung des Hochrheins 2011/12

Tab. 6 > Benthosbesiedlung. Maximale Besiedlungsdichten im Hochrhein 2011/12

Angegeben sind die jeweils maximalen Besiedlungsdichten eines Taxons in allen Proben und zu beiden Terminen. Taxa aus qualitativen Sonderproben sind gesondert mit x gekennzeichnet. Die zugehörige Häufigkeitsklasse ist farblich hinterlegt.

HKI = Häufigkeitsklasse nach DIN 38410 T1. Ind./m² = Individuen pro Quadratmeter.

HKI	Ind./m ²	HKI	Ind./m ²	HKI	Ind./m ²	HKI	Ind./m ²
VII+	>10000	VI	501–1000	IV	51–200	II	10–20
VII	>1000	V	201–500	III	21–50	I	1–9

Taxon	Flussquerschnitt	HEM	RHE	ELL	TÖS	RIE	WAL	SIS	SHA	BAS
	Rhein-km	27,7	55,5	63,0	70,5	98,3	103,3	126,6	158,4	167,6
Porifera	Schwämme									
Spongillidae Gen. sp.	Süßwasserschwamm	xx	x	x	xx	x	xx	x	xxx	x
Hydrozoa	Nesseltiere									
<i>Cordylophora caspia</i>	Keulenpolyp								xx	
Turbellaria	Strudelwürmer									
Turbellaria Gen. sp.	Strudelwürmer	39	523	10		4				4
<i>Dendrocoelum lacteum</i>	Milchegel	4	35	8					15	
<i>Dendrocoelum romanodanubiale</i>	Vieläugiger Milchegel								5	
<i>Dugesia</i> sp.		20	86	4	39					5
<i>Dugesia gonocephala</i>					20					4
<i>Dugesia lugubris/polychroa</i>		67	372	35		5				
<i>Dugesia tigrina</i>	Tigerplanarie	1467	16	2409	58	572				5
<i>Polycelis</i> sp.				10						
<i>Polycelis nigra/tenuis</i>		342	1628	8						
Nemathelminthes	Fadenwürmer									1.
Nematoda Gen. sp.	Fadenwürmer	4		10		10	15	4	10	20
Bivalvia	Muscheln									
<i>Corbicula fluminalis</i>	Feingerippte Körbchenmuschel								24	5
<i>Corbicula fluminea</i>	Grobgerippte Körbchenmuschel				86	4741	2477	2519	1095	419
<i>Dreissena polymorpha</i>	Zebra- und Dreikantmuschel	16932	177	221	269	192	331	72	10	4
<i>Pisidium amnicum</i>	Grosse Erbsenmuschel						5	47		
<i>Pisidium henslowanum/supinum</i>		8								
<i>Pisidium cf. henslowanum</i>	Falten-Erbsenmuschel		8		10					
<i>Pisidium cf. supinum</i>	Dreieckige Erbsenmuschel							4		
<i>Pisidium</i> sp.	Erbsenmuscheln	1562	745	5	338	139	31	47	8	8
Sphaeriidae Gen. sp.		8	5							
<i>Sphaerium corneum/ovale</i>	Gemeine Kugelmuschel		5		5					
Gastropoda	Schnecken									
Gastropoda undet.		10								
<i>Ancylus fluviatilis</i>	Flussmützenschnecke	334		610	2038	1576	1281	1721	649	1832
<i>Bathyomphalus contortus</i>	Riemen-Tellerschnecke	265								
<i>Bithynia tentaculata</i>	Gemeine Schnauzenschnecke	760	724	20	15	12	5	104		191
<i>Gyraulus</i> sp.	Posthörnchen		5							
<i>Haitia acuta/heterostropha</i>	Spitze/Amerikanische Blasenschnecke	67	4	8	81	5	5	8	5	

Taxon	Flussquerschnitt	HEM	RHE	ELL	TÖS	RIE	WAL	SIS	SHA	BAS
	Rhein-km	27,7	55,5	63,0	70,5	98,3	103,3	126,6	158,4	167,6
<i>Lymnaea stagnalis</i>	Spitz-Schlamm Schnecke	86								
Physidae Gen. sp.	Blasenschnecken	181						5	5	
Planorbidae Gen. sp. juv.	Tellerschnecken	5	4							
<i>Planorbis carinatus</i>	Gekielte Tellerschnecke	19	543							
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Neuseeländ. Zwergdeckelschnecke	324	77		8 350	1 043	4 128	2 443	649	1 005
<i>Radix cf. auricularia</i>	Ohr-Schlamm Schnecke				4					
<i>Radix balthica</i>	Eiförmige Schlamm Schnecke	438	10	20	115	4		4		
<i>Radix</i> sp.	Schlamm Schnecke	10	10		24			12		
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	Gemeine Kahnschnecke							Schalen	Schalen	Schalen
<i>Valvata cristata</i>	Federkiemenschnecke	10			4					
<i>Viviparus ater</i>	Sumpfedekelschnecke		8							
Polychaeta	Vielborsterwürmer									
<i>Hypania invalida</i>	Süßwasser-Borstenwurm							2 533	1 138	238
Oligochaeta	Wenigborsterwürmer									
<i>Branchiura sowerbyi</i>	Kiemewurm	58			47	16	27	400		
<i>Eiseniella tetraedra</i>		29	140	54	27	20		4	8	
Criodrilus/Eiseniella?			91							
<i>Haplotaxis gordioides</i>				12					62	96
Lumbricidae Gen. sp.		15								
Lumbriculidae Gen. sp.			396				5	67		
<i>Lumbriculus variegatus</i>			54							
Oligochaeta Gen. sp.		461	12	31	10		62	58	39	34
<i>Pelosclex (Spirosperma) ferox</i>			20					5		
<i>Stylaria lacustris</i>	Teichschlange	50			5					
<i>Stylodrilus heringeanus</i>		1 252	730	630	643	586	219	1 747	424	1 567
Tubificidae Gen. sp.										
Tubificidae/Naididae Gen. sp.		5 379	139		4 618	4 570	1 421	2 796	857	93
Hirudinea	Egel									
<i>Caspiobdella fadejewi</i>		12			5	8				
<i>Dina punctata</i>		5	10	10	48	48	91	96	10	16
<i>Erpobdella</i> sp.		43	10							
<i>Erpobdella testacea/nigricollis</i>					4					
<i>Erpobdella octoculata</i>		143	29				5			4
<i>Erpobdellidae</i> Gen. sp.		381	43		20		10	39		
<i>Glossiphonia complanata</i>		24	8		10	5				
<i>Glossiphonia</i> sp.		5								
<i>Helobdella stagnalis</i>		438	62		29		10			
<i>Piscicola</i> sp.			10							
<i>Piscicola geometra</i>			5		12				4	
Piscicolidae Gen. sp.		10								4
<i>Theromyzon tessulatum</i>			4					4		
CRUSTACEA: Amphipoda	Flohkrebse, Schlickkrebse									
Amphipoda juv.		96	10	100	48	39			799	527
<i>Chelicorophium</i> sp.	Schlickkrebse								5	43
<i>Chelicorophium curvispinum</i>									143	576

Taxon	Flussquerschnitt	HEM	RHE	ELL	TÖS	RIE	WAL	SIS	SHA	BAS
	Rhein-km	27,7	55,5	63,0	70,5	98,3	103,3	126,6	158,4	167,6
<i>Chelicorophium robustum</i>									200	77
<i>Chelicorophium cf. sowinskyi</i>									372	12
<i>Dikerogammarus villosus</i>	Grosser Höckerflohkrebs	914	89	229	529	1479	1844	5693	1248	4879
<i>Echinogammarus ischnus</i>									4128	3629
<i>Echinogammarus trichiatus</i>										4
<i>Gammarus fossarum</i>	Bachflohkrebs			162	48	92	15			469
<i>Gammarus lacustris</i>										
<i>Gammarus pulex</i>			235	43	10					411
<i>Gammarus fossarum/pulex</i>		27	757	181	215	377	48	54		584
<i>Gammarus roeseli</i>	Flussflohkrebs				853	135	24			
CRUSTACEA: Decapoda	Zehnfüsserkrebse, Grosskrebse									
<i>Atyaephyra desmaresti</i>	Grosse Süßwassergarnele								4	
<i>Orconectes limosus</i>	Kammerkrebs					5		4		
<i>Pacifastacus leniusculus</i>	Signalkrebs								x	x
CRUSTACEA: Isopoda	Asseln									
<i>Asellus aquaticus</i>	Wasserassel	1815	3932	10	70		5			
<i>Jaera sarsi</i>	Donauassel	8	20	10474	3547	11662	4632	1547	5626	4413
<i>Proasellus coxalis</i>	Mittelmeerassel		100	4	8					
CRUSTACEA: Mysidacea										
<i>Limnomysis benedeni</i>	Donau-Schwebegarnele	239	2266	116	258	12	16	411	93	
INSECTA	Insekten									
Ephemeroptera	Eintagsfliegen									
Baetidae										
<i>Baetis sp. Ad</i>										4
<i>Baetis sp.</i>				5						
<i>Baetis alpinus</i>						5				
<i>Baetis buceratus</i>						4		4		
<i>Baetis cf. fuscatus</i>		62		139		5				
<i>Baetis liebenauae</i>				4						
<i>Baetis lutheri</i>		8		15			4			
<i>Baetis rhodani</i>		27		10	5	8	4	5		8
<i>Baetis vardarensis</i>				43		16		4		
<i>Baetis vardarensis/lutheri</i>		4				8	4			
<i>Baetis vernus</i>						4				
<i>Centroptilum luteolum</i>		4			4		16		4	4
<i>Cloeon sp.</i>		4								
<i>Cloeon dipterum</i>		8	189		8					
Caenidae										
<i>Caenis horaria</i>		20	12							
<i>Caenis luctuosa</i>		12	112		4		5	4		
<i>Caenis macrura</i>		895	35	58	291	24	58	24	20	20
<i>Caenis pusilla</i>		1500		135	124	12				
<i>Caenis rivulorum</i>							15			
Ephemerellidae										
<i>Serratella ignita</i>				54		8	8	4		8

Taxon	Flussquerschnitt	HEM	RHE	ELL	TÖS	RIE	WAL	SIS	SHA	BAS
	Rhein-km	27,7	55,5	63,0	70,5	98,3	103,3	126,6	158,4	167,6
<i>Ephemerella notata</i>				250	10	5				
<i>Torleya major</i>						24	72			
Ephemeridae										
<i>Ephemera</i> sp.		24	5	10	35		16	20		
<i>Ephemera danica</i>		286	53	54	43	5	35	10	12	
Heptageniidae										
<i>Ecdyonurus</i> sp.			5	12		20	5			
<i>Ecdyonurus venosus</i>		4		338	8	27	10	5		
<i>Ecdyonurus venosus-Gr.</i>				15	5		5			
<i>Heptagenia sulphurea</i>		135		672	610	172	100	134	29	
<i>Rhithrogena semicolorata-Gr.</i>					10					
Leptophlebiidae										
<i>Leptophlebiidae</i> Gen. sp.				5		5				
<i>Habroleptoides confusa</i>							29			
<i>Paraleptophlebia</i> sp.		5			5		5			
<i>Paraleptophlebia submarginata</i>		4		166	8	39				
<i>Potamanthus luteus</i>		700	5	204	1 043	67	250	100	8	5
Siphonuridae										
<i>Siphonurus</i> sp.					4					
<i>Siphonurium lacustris</i>					100	16	4			
Potamanthidae										
Odonata	Libellen									
Zygoptera indet.			4							
Calopterygidae	Prachtlibellen									
<i>Calopteryx splendens/virgo</i>	Gebänderte P., Blaufügel-P.					12				
<i>Calopteryx splendens</i>	Gebänderte Prachtlibelle			31		4				
Coenagrionidae	Schlanklibellen									
<i>Enallagma cyathigerum</i>	Becher-Azurjungfer	5	10							
Gomphidae	Flussjungfern									
Gomphidae Gen. sp.		5		5				4		
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	Gemeine Keiljungfer							5		
<i>Ophiogomphus/Onychogomphus</i> sp.	Grüne Keiljungfer/Zangenlibelle					5				
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	Kleine Zangenlibelle	10			20	10				
Platycnemidae	Federlibellen									
<i>Platycnemis pennipes</i>	Gemeine Federlibelle	5	4							
Plecoptera										
Leuctridae										
Leuctridae Gen. sp. Im						5				
<i>Leuctra</i> sp.					10		5			
Perlodidae										
<i>Perloides</i> sp.				5						
<i>Perloides cf. microcephala</i>				5						
Heteroptera										
<i>Aphelocheirus aestivalis</i>				20	153	15	39			
Corixinae			89							

Taxon	Flussquerschnitt	HEM	RHE	ELL	TÖS	RIE	WAL	SIS	SHA	BAS
	Rhein-km	27,7	55,5	63,0	70,5	98,3	103,3	126,6	158,4	167,6
<i>Micronecta</i> sp.		12	8	39	62	4	16	4	31	
Coleoptera										
Chrysomelidae										
Donaciinae La		236	5	4						
<i>Macrolea appendiculata</i> Ad		10								
Colymbetinae										
<i>Platambus maculatus</i> La		34		16	20			4		
Hydroporinae										
Hydroporinae Gen. sp. Ad			27	8						
<i>Potamonectes</i> sp. Im			8	4						
Elmidae										
<i>Elmis</i> sp. La+Ad				5	5	20	15			
<i>Elmis</i> cf. <i>aenea</i> La										
<i>Elmis maugettii</i> La		4		16	221	116	105	34	15	35
<i>Elmis</i> cf. <i>rietscheli</i> La										
<i>Esolus</i> sp. La+Ad				162	62	24	34	5	43	162
<i>Esolus</i> cf. <i>angustatus</i> La+Ad				39	58	5	39	5		62
<i>Limnius</i> sp. La+Ad		62		12		10	1	5		
<i>Limnius perrisi</i> La							5	5		
<i>Limnius volckmari/muelleri</i> La+Ad		189	5	454	48	567	34	24	24	54
<i>Oulimnius</i> sp. La			5			10	5			
<i>Oulimnius</i> cf. <i>tuberculatus</i> La+Ad		4	10		53		24			
<i>Riolus</i> sp. La+Ad					15	20	5			4
<i>Stenelmis canaliculata</i> La+Ad				5		4	1			
Gyrinidae										
<i>Orectochilus villosus</i> La				39	10	35	10			
Haliplidae										
<i>Halipus</i> sp. La		8	143							
<i>Halipus</i> sp. Ad			186							
Trichoptera										
Trichoptera Gen. sp. Pu							15			10
Brachycentridae										
<i>Brachycentrus subnubilus</i>							4			
Glossosomatidae										
Glossosomatidae Pu						48				10
Agapetinae Gen. sp.							15			
<i>Agapetus laniger</i>										10
<i>Agapetus ochripes</i>		146		434	15	738	20	5	5	158
<i>Agapetus ochripes</i> Pu				29		324				5
<i>Glossosoma</i> sp.				16		10	8			
<i>Glossosoma boltoni</i>				8	10	58	29			
<i>Glossosoma boltoni</i> Pu						5				
<i>Glossosoma boltoni/conformis</i>		4		5		48				
Goeridae										
Goeridae Gen. sp.				5	5	357	191	5		

Taxon	Flussquerschnitt	HEM	RHE	ELL	TÖS	RIE	WAL	SIS	SHA	BAS
	Rhein-km	27,7	55,5	63,0	70,5	98,3	103,3	126,6	158,4	167,6
Goeridae Gen. sp. Pu					91	524	24	5		
<i>Goera pilosa</i>		20	4	20		129	323	208	4	
<i>Silo</i> sp.									5	
<i>Silo piceus</i>		477		286	334	734	131			4
Hydroptilidae										
<i>Agraylea sexmaculata</i>		10			5					
<i>Hydroptila</i> sp.		8	15	715	39	39	5	5	62	5
Hydropsychidae										
Hydropsychidae Gen. sp. Pu		62		24		24		5		
<i>Cheumatopsyche lepida</i>		880		872	139	327	73			4
<i>Hydropsyche</i> sp.		1095		1141	29	603	100	15	5	12
<i>Hydropsyche contubernalis</i>		81		605	629	15	20	15	5	
<i>Hydropsyche exocellata</i>				300	5		24			
<i>Hydropsyche incognita</i>		1076		761	20	223	93			5
<i>Hydropsyche incognita/pellucidula</i>		757		67	5	5				
<i>Hydropsyche cf. pellucidula</i>							10			
<i>Hydropsyche sitalai</i>				300	34	580	131			
Lepidostomatidae										
<i>Lasiocephala basalis</i>							10			
<i>Lepidostoma hirtum</i>		551	24	1268	72	183	62	43	15	4
Leptoceridae										
Leptoceridae indet		66								
<i>Athripsodes</i> sp.		43	15	16						
<i>Athripsodes cf. albifrons</i>		496		15						
<i>Athripsodes cinereus</i>		348	43							
<i>Ceraclea aurea</i>							8			
<i>Ceraclea dissimilis</i>		429	5	15						
<i>Mystacides</i> sp.		139		12	4					
<i>Mystacides azurea</i>		209	12	16	5					
<i>Oecetis notata</i>				34	5	5	5			
<i>Setodes punctatus</i>		20		16	15	15	5	5	5	
Limnephilidae										
Limnephilidae Gen. sp.			131		12					
<i>Anabolia nervosa</i>			73	4	73	127	10	8	5	
Chaetopterygini/Stenophylacini						20				
<i>Glyphothaelius pellucidus</i>			50							
<i>Halesus radiatus</i>						4				
<i>Halesus</i> sp.						4				
<i>Halesus cf. tessellatus</i>		10			5	43	20	20		5
Limnephilini						31				
<i>Limnephilus flavicornis</i>		10								
<i>Limnephilus rhombicus</i>			50							
<i>Limnephilus lunatus</i> (/germanus)			77		10	5	4			
Odontoceridae										
<i>Odontocerum albicorne</i>								4		

Taxon	Flussquerschnitt	HEM	RHE	ELL	TÖS	RIE	WAL	SIS	SHA	BAS
	Rhein-km	27,7	55,5	63,0	70,5	98,3	103,3	126,6	158,4	167,6
<i>Hemerodromia</i> sp.				12						
<i>Prosimulium tomosvaryi</i> Pu						29				
<i>Psychoda/Tinearia/Jungiella</i>									5	
Scatophagidae Gen. sp. Pu		5								
Simuliidae Pu						524				
<i>Simulium</i> sp.		669	12	31 488	105	3879	5		5	5
<i>Simulium</i> sp. Pu				29					5	
<i>Simulium</i> cf. <i>erythrocephalum</i> Pu						5				
<i>Simulium equinum</i> Pu				63		96				
<i>Simulium lineatum</i> Pu		4		1 085		101				
<i>S. intermedium/omatum/trifasciatum</i>						5				
<i>Simulium</i> cf. <i>omatum</i> Pu						15				
<i>Simulium reptans</i> Pu				63		48				
<i>Simulium variegatum</i> Pu						10				
Tabanidae Gen. sp.								4		
<i>Tipula</i> sp.		4	4	16	4				4	
Megaloptera	Schlammfliegen									
<i>Sialis</i> sp. Ad			16							
<i>Sialis</i> sp.					4					
<i>Sialis lutaria</i>			43							
Lepidoptera	Schmetterlinge									
<i>Acentria ephemerella</i>		95			77					
Planipennia	Netzflügler									
<i>Sisyra</i> sp.	Schwammfliege								20	
Diverse										
Hydracarinae Gen. sp.	Wassermilben		4	29			5			

4.3

Chemische Wasserqualität im Hochrhein 2011/12

Tab. 7 > Wasserchemie. Ergebnisse der Wasseranalysen im Hochrhein und Zuflüssen von Januar 2011 bis Mai 2012

Qualitätsziele aus GSchV, Anhang 2; für Koblenz und Kaiseraugst liegen nur Werte bis 2008 vor.

Parameter	Daten von...	Anzahl Proben	Ammonium-N	Ammonium-N	Ammonium-N	Nitrit-N	Nitrit-N	Nitrit-N	Chlorid	Chlorid	Chlorid	Nitrat-N	Nitrat-N	Nitrat-N
Anforderungen an die Wasserqualität nach Anhang 2 GSchV			bei T>10°C: 0,2 bei T<10°C: 0,4			bei Cl-Konz. <10mg/l: 0,02; bei Cl-Konz. 10-20mg/l: 0,05; bei Cl-Konz. >20mg/l: 0,1			keine Anforderungen in GSchV; Cl-Konz. für Beurteilung der Fischtoxizität der Nitrite			5,6*		
Range			min	med	90% Perzentil	min	med	90% Perzentil	min	med	90% Perzentil	min	med	90% Perzentil
Einheiten			mg / L	mg / L	mg / L	mg / L	mg / L	mg / L	mg / L	mg / L	mg / L	mg / L	mg / L	mg / L
Stein am Rhein	1/2011-5/2012	17	0,014	0,018	0,022	0,004	0,007	0,009	6,300	7,400	8,100	0,520	0,858	0,989
Bibermühle	1/2011-5/2012	8	0,014	0,016	0,020	0,004	0,005	0,007	8,000	6,400	7,400	0,655	0,966	1,030
Salzstadel Schaffhausen	1/2011-5/2012	8	0,015	0,018	0,029	0,004	0,006	0,007	6,800	7,750	8,330	0,678	0,976	1,075
Nohl	1/2011-5/2012	8	0,011	0,017	0,023	0,004	0,006	0,007	7,300	7,800	8,430	0,700	1,003	1,114
Ellikon am Rhein	1/2011-5/2012	8	0,011	0,015	0,018	0,004	0,006	0,008	7,800	8,300	9,330	0,858	1,175	1,407
Thur; Thurbrücke Flaach	1/2011-5/2012	8	0,005	0,011	0,023	0,003	0,010	0,027	7,600	22,100	41,850	1,364	2,756	3,418
Tössegg Zürich	1/2011-5/2012	8	0,015	0,018	0,033	0,005	0,007	0,011	7,900	10,700	12,100	0,904	1,389	1,520
Koblenz	2/2008-10/2008	8	0,021	0,029	0,043	0,006	0,008	0,015	5,300	8,200	9,700	0,880	1,335	1,717
Aare Felsenau	1/2011-5/2012	17	0,013	0,053	0,085	0,008	0,014	0,029	5,300	10,300	13,480	0,760	1,460	1,870
Kaiseraugst	2/2008-10/2008	8	0,025	0,044	0,060	0,010	0,013	0,017	5,800	8,900	11,200	0,980	1,290	1,800
Birsfelden	1/2011-5/2012	18	0,017	0,028	0,042	0,007	0,011	0,017	8,130	11,500	15,320	0,816	1,325	1,622
Weil am Rhein	1/2011-5/2012	91****	0,014	0,045	0,069	0,007	0,012	0,019	8,550	12,800	16,410	0,830	1,390	1,740

Beurteilung in Anlehnung an Modul-Stufen-Konzept^[24]

- sehr gut
- gut
- mässig
- unbefriedigend
- schlecht

* für Fließgewässer, die der Trinkwassergewinnung dienen (entspricht 25 mg/l Nitrat)
 ** bei natürlicherweise wenig belasteten Gewässern gilt der untere Wert
 *** Anforderungsbereich von 1–4 mg/l, da DOC-Konzentrationen auch natürlicherweise erhöht sein können
 **** Ges.-P, Nitrat-N, Chlorid: 54
 graue Schrift = Messungen in Rheinzufluss
 nur von Stein, Felsenau und Weil liegen ausreichende Messungen für eine MSK-konforme Bewertung vor

Parameter	ortho-Phosphat-P	ortho-Phosphat-P	ortho-Phosphat-P	P gesamt	P gesamt	P gesamt	BSB5	BSB5	BSB5	DOC	DOC	DOC
	0,04			0,07			2-4**			1-4***		
Range	min	med	90% Perzentil	min	med	90% Perzentil	min	med	90% Perzentil	min	med	90% Perzentil
Einheiten	mg / L	mg / L	mg / L	mg / L	mg / L	mg / L	mg / L	mg / L	mg / L	mg / L	mg / L	mg / L
Stein am Rhein	0,000	0,003	0,006	0,008	0,010	0,016	1,000	1,545	1,904	1,400	1,750	2,054
Bibermühle	0,000	0,003	0,005	0,007	0,010	0,013	1,100	1,568	2,164	1,430	1,650	1,751
Salzstadel Schaffhausen	0,000	0,003	0,007	0,007	0,011	0,013	0,940	1,682	2,086	1,540	1,750	1,974
Nohl	0,001	0,004	0,007	0,008	0,010	0,013	1,273	2,555	3,045	1,490	1,695	1,841
Ellikon am Rhein	0,001	0,004	0,007	0,008	0,012	0,018	1,368	2,550	2,818	1,410	1,645	1,713
Thur; Thurbrücke Flaach	0,009	0,022	0,032	0,022	0,032	0,086	1,600	2,136	2,591	1,920	2,395	2,643
Tössegg Zürich	0,003	0,007	0,015	0,012	0,017	0,051	1,709	2,279	3,109	1,610	1,920	2,255
Koblenz	0,005	0,009	0,021	0,016	0,022	0,031	0,900	1,150	1,860	1,500	1,950	2,260
Aare Felsenau	0,007	0,015	0,0256	0,02	0,026	0,0498	0,600	1,300	1,840	1,500	1,800	1,900
Kaiseraugst	0,009	0,013	0,022	0,026	0,035	0,061	0,800	1,000	1,460	1,600	1,900	2,260
Birsfelden	0,005	0,012	0,018	0,017	0,029	0,048				1,500	1,700	2,060
Weil am Rhein	<0,003	0,013	0,020	0,016	0,030	0,045				1,400	1,700	2,000

> Literatur

- [1] Baumgärtner D., Rothaupt K.-O. 2003: Predictive length-dry mass regressions for freshwater invertebrates in a pre-alpine lake littoral. – *International Review of Hydrobiology* 88 (5): 453–463.
- [2] Becker A., Rey P. 2008: Koordinierte Biologische Untersuchungen im Hochrhein 2006/2007. Untersuchungen zum Jungfischbestand im Bereich repräsentativer Flussabschnitte. – Interner Bericht, Hydra AG, St. Gallen.
- [3] Baumgärtner D., Rothaupt Benke A.C., Huryn A.D., Smock L.A., Wallace J.B. 1999: Length-mass relationships for freshwater macroinvertebrates in North America with particular reference to the southeastern United States. – *Journal of the North American Benthological Society* 18 (3): 308–343.
- [4] Bernauer D., Jansen W. 2006: Recent invasions of alien macroinvertebrates and loss of native species in the upper Rhine River, Germany. – *Aquatic Invasions* 1 (2): 55–71.
- [5] Binderheim E., Göggel W. 2007: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Äusserer Aspekt. – Umwelt – Vollzug Nr. 0701. Bundesamt für Umwelt, Bern. 43 S. www.modul-stufen-konzept.ch/download/aspekt-d.pdf.
- [6] Burgherr P., Meyer E. 1997: Regression analysis of linear body dimensions vs. dry mass in stream macroinvertebrates. – *Archiv für Hydrobiologie*, 139 (1): 101–112.
- [7] Casellato S., Visentin A., La Piana G. 2007: Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats. – *Invading Nature – Springer Series in Invasion Ecology Volume 2*, 2007, pp 495–506.
- [8] Chen W., Bierbach D., Plath M., Streit B., Klaus S. 2012: Distribution of amphipod communities in the Middle to Upper Rhine and five of its tributaries. – *BioInvasions Records* 1 (4): 263–271.
- [9] eawag, BAFU, Kantonale Gewässerschutzfachstellen: Modul-Stufen-Konzept. – (website) www.modul-stufen-konzept.ch/index.
- [10] Eberstaller J., Rey P., Eberstaller-Fleischanderl D., Becker A. 2007: Monitoringkonzept Alpenrhein, Konzept zur Koordination und Durchführung gewässerökologischer Untersuchungen. – i. A. Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA), Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie.
- [11] Emde S., Rueckert S., Palm H.W., Klimpel S. 2012: Invasive Ponto-Caspian amphipods and fish increase the distribution range of the acanthocephalan *Pomphorhynchus tereticollis* in the River Rhine. – *PLoS ONE* 7(12): e53218. doi:10.1371/journal.pone.0053218.
- [12] Fritz B., Nisch A., Wittkugel C., Mörtl M. 2006: Erstfund von *Limnomysis benedeni* Czerniavsky im Bodensee (Crustacea: Mysidacea). – *Lauterbornia*, 58: 157–160.
- [13] Gabel F., Garcia X.-F., Brauns M., Sukhodolov A., Lezinski M., Pusch M. 2008: Resistance to ship-induced waves of benthic invertebrates in various littoral habitats. – *Freshwater Biology*, 53: 1567–1578.
- [14] Haas G., Brunke M., Streit B. 2002: Fast turnover in dominance of exotic species in the Rhine River determines biodiversity and ecosystem function: an affair between amphipods and mussels. – in: Leppäkoski E., Gollasch S., Olenin S. (eds.): *Invasive Aquatic species in Europe – Distribution, Impacts and Management*, pp. 426–432. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- [15] Hanselmann A.J. 2010: *Katamysis warpachowskyi* Sars, 1877 (Crustacea, Mysida) invaded Lake Constance. – *Aquatic Invasions* 5, Supplement 1: S31–S34.
- [16] Hanselmann A.J. 2012: Life-cycle and population ecology of the freshwater mysid *Limnomysis benedeni*. – Dissertation, Universität Konstanz.
- [17] Hanselmann A.J., Gergs R., Rothaupt K.O. 2011: Seasonal shifts in the life cycle of the ponto-caspian invader *Limnomysis benedeni* (Crustacea: Mysida): a physiological adaptation?. – *Hydrobiologia*, 673 (1): 193–204.
- [18] Hauer J. 1950: Der nordamerikanische Strudelwurm *Euplanaria tigrina* (GIRARD) am Oberrhein. Mit Hinweisen auf einige andere aquatile Einwanderer im Stromgebiet des Rheines. – *Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwest-Deutschland*, 9: 70–75, Karlsruhe.
- [19] Hesselschwerdt J., Necker J., Wantzen K.M. 2008: Gammarids in Lake Constance: habitat segregation between the invasive *Dikerogammarus villosus* and the indigenous *Gammarus roeselii*. – *Fundamental and Applied Limnology*, 173/3: 177–186.
- [20] Hydra 2014: Biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Bielersee und Rhein. Fachbericht Makroinvertebraten (Untersuchungen 2011/2012). – Bericht i. A. der Gewässerschutzfachstellen der Kantone Bern, Solothurn und Aargau 2013.
- [21] Institut für Seenforschung der LUBW Baden-Württemberg: ANEBO Aquatische Neozoen im Bodensee. – (website) www.neozoen-bodensee.de.
- [22] Jązdźewski K., Roux A.-L. 1988: Biogéographie de *Gammarus roeseli* Gervais en Europe, en particulier répartition en France et en Pologne. – *Crustaceana*, Supplement 13, Studies on Amphipoda (Proceedings of the VIth International Colloquium on Amphipod Crustaceans, Ambleteuse, France, 28 June–3 July 1985) 1988:, pp. 272–277.

- [23] 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.
- [24] Liechti P. 2010: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe. – Umwelt-Vollzug Nr. 1005. Bundesamt für Umwelt, Bern. 44 S.
- [25] Maier G., Kley A., Schank Y., Maier M., Mayer G., Waloszek D. 2011: Density and temperature dependent feeding rates in an established and an alien freshwater gammarid fed on chironomid larvae. – *Journal of Limnology*, 70: 123–128.
- [26] Mayer G., Maas A., Waloszek D. 2008: Mouthparts of the Ponto-Caspian invader *Dikerogammarus villosus* (Amphipoda: Pontogammaridae). – *Journal of Crustacean Biology*, 28(1): 1–15.
- [27] Meier C., Haas P., Rolaufts P., Schindehütte K., Schöll F., Sundermann A., Hering D. 2006: Methodische Handbuch Fließgewässerbewertung. – www.fliessgewaesserbewertung.de/downloads/abschlussbericht_20060331_anhang_IX.pdf.
- [28] Meyer E. 1989: The relationship between body length parameters and dry mass in running water invertebrates. – *Archiv für Hydrobiologie*, 117 (2): 191–203.
- [29] Mürle U., Ortlepp J., Rey P. 2008: Biologische Untersuchungen der Aare zwischen Thunersee und Bielersee. Fachbericht Makroinvertebraten. – Bericht i.A. des Gewässer- und Bodenschutzlabors, Kanton Bern.
- [30] 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.).
- [31] Ortlepp J. 2011: Biologische Untersuchung der Limmat bei Turgi und Wettingen A.G. Fachbericht Makrozoobenthos Untersuchungen vom 17./18. März 2010. – Bericht i.A. des Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung für Umwelt, Kanton Aargau, Hydra AG St. Gallen.
- [32] 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 Gewässerschutzfachstellen der Kantone Aargau, Zug, Zürich und Luzern, Hydra AG St. Gallen, Februar 2012.
- [33] Ortlepp J., Rey P. 2003: Biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Bielersee und Rhein. Fachbericht Makroinvertebraten (Untersuchungen 2001/2002). – Bericht i. A. der Gewässerschutzfachstellen der Kantone Bern, Solothurn und Aargau, 130 S., Öschelbrunn und Konstanz, Oktober 2003 (überarbeitete Version 01/2004).
- [34] Platvoet D., van der Velde G., Dick J.T.A., Li S. 2009: Flexible omnivory in *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky 1894) (Amphipoda) – Amphipod Pilot Species Project (AMPIS) Report 5. – *Crustaceana*, 82 (6): 703–720.
- [35] Pottgieser T., Halle M., Cargill A. 2004: Entwicklung einer (Abschnitts)Typologie für den natürlichen Rheinstrom. – Bericht Nr. 147d www.iksr.org/uploads/media/147_d_01.pdf.
- [36] Ratschan C., Mühlbauer M., Zauner G. 2012: Einfluss des schiffahrtsbedingten Wellenschlags auf Jungfische: Sog und Schwall, Drift und Habitatnutzung; Rekrutierung von Fischbeständen in der Donau. – *Österreichs Fischerei* (65): 50–74.
- [37] Rey P., Beutler R., Schröder P., Stirnemann P., Theeg R. 1992: Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein 1990, Teil I: Makroinvertebraten. – *Schriftenreihe Umwelt* 190: 127 S., Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern (Hrsg.).
- [38] Rey P., Mörtl M., Mürle U., Ortlepp J., Ostendorp W., Ostendorp J., Scheiffhaken N., Werner S. 2005: Wirbellose Neozoen im Bodensee. Neu eingeschleppte invasorische Benthos-Arten. Monitoringprogramm Bodensee 2004. – *Institut für Seenforschung* 5: 44 S., Institut für Seenforschung, Langenargen – LfU Baden-Württemberg (Hrsg.).
- [39] Rey P., Ortlepp J., Küry D. 2005: Wirbellose Neozoen im Hochrhein. – *Schriftenreihe Umwelt* 380 – *Gewässerschutz*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern (Hrsg.).
- [40] Rey P., Ortlepp J. 1997: Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein 1995. Makroinvertebraten. – *Schriftenreihe Umwelt* Nr. 283: 115 S., Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern (Hrsg.).
- [41] Rey P., Ortlepp J. 2002: Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein 2000. Makroinvertebraten. – *Schriftenreihe Umwelt* 345: 98 S., Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern (Hrsg.).
- [42] 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.
- [43] Ris F. 1897: Neuropterologischer Sammelbericht 1894–96. B. Fragmente der Neuropteren-Fauna des Rheins. – *Mitteilungen der schweizerischen entomologischen Gesellschaft* 9 (10): 415–423, Schaffhausen.
- [44] Roth G. 1987: Zur Verbreitung und Biologie von *Potamopyrgus jenkinsi* (E.A. Smith 1889) im Rhein-Einzugsgebiet (Prosobranchia: Hydrobiidae). – *Archiv für Hydrobiologie*, Supplement, 79: 49–68, Stuttgart.

- [44] Ruff M, Singer H. 2013: 20 Jahre Rheinüberwachung – Erfolge und analytische Neuausrichtung in Weil am Rhein. Aqua & Gas Nr. 5, S. 16–25.
- [45] Scarselli M. (2013, Amt für Umwelt und Energie BS) in litt.
- [46] 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 pp., www.iksr.org/uploads/media/Bericht_172_d_01.pdf.
- [47] Schöll F., Haybach A. 2001: Bewertung von großen Fließgewässern mittels Potamon-Typie-Index. Verfahrensbeschreibung und Anwendungsbeispiele. – Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz, Mitteilung 23.
- [48] Schröder P., Rey P. 1991: Fliessgewässernetz Rhein und Einzugsgebiet – Milieu, Verbreitung und Austauschprozesse der Wirbellosenfauna zwischen Bodensee und Taubergiessen. – 231 S., Konstanz.
- [49] 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.).
- [50] van Riel M.C., van der Velde G., Rajagopal S., Marguillier S., Dehairs F., bij de Vaate A. 2006: Trophic relationships in the Rhine food web during invasion and after establishment of the Ponto-Caspian invader *Dikerogammarus villosus*. – Hydrobiologia, 565: 39–58.
- [51] Werner S., Bauer H.-G. 2012: Stille Revolution im Bodensee: Wasservögel und wirbellose Neozoen. – Der Falke 59: 212–218.
- [52] Werner S., Becker A., Rey P., Ortlepp J. (in Vorbereitung): Koordinierte Biologische Untersuchungen im Hochrhein 2011/2012; Teil Jungfische, Kleinfische und Rundmäuler. – Bericht i.A. Bundesamt für Umwelt, Bern. 130 S.
- [53] Werner S., Mörtl M., Bauer H.-G., Rothhaupt K.-O. 2005: Strong impact of wintering waterbirds on zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) populations at Lake Constance, Germany. – Freshwater Biology, 50: 1412–1426.
- [54] Werner S., Mürle U., Ortlepp J. 2010: Neozoen-Monitoring Bodensee: Ausbreitung und Auswirkungen gebietsfremder aquatischer Arten. Zwischenbericht der Monitoring-Kampagne im Frühjahr 2010 unter Berücksichtigung der bisherigen Erkenntnisse. – Zwischenbericht i.A. Institut für Seenforschung ISF (LUBW), Langenargen, 44 S.

> Verzeichnisse

Abbildungen

Abb. 1 Das Flussgebiet Rhein mit seinen Schweizer Einzugsgebieten Aare, Alpenrhein und Hochrhein	15	Abb. 14 Typische Seeabflussarten im Hochrhein	36
Abb. 2 Längsverlauf des Hochrheins	16	Abb. 15 Strömungstolerante und strömungsliebende Arten im Hochrhein	37
Abb. 3 Fließcharakter des Hochrheins innerhalb der vier unterscheidbaren Flussabschnitte	17	Abb. 16 Stillwasserarten im Hochrhein	37
Abb. 4 Hochrhein-Abschnitt A	18	Abb. 17 Potamale Makroinvertebratenarten im Hochrhein	38
Abb. 5 Hochrhein-Abschnitt B	19	Abb. 18 Ubiquisten, «Allerweltsarten» im Hochrhein	38
Abb. 6 Hochrhein-Abschnitt C, unterhalb der Aaremündung	20	Abb. 19 Seltene Makroinvertebratenarten und zoologische Besonderheiten im Hochrhein	40
Abb. 7 Hochrhein-Abschnitt D – der schiffbare Hochrhein	20	Abb. 20 Vergleich der Taxazahlen innerhalb der verschiedenen Rheinabschnitte	41
Abb. 8 Lage der Probequerschnitte für die Koordinierten biologischen Untersuchungen im Hochrhein	22	Abb. 21 Anzahl der Arten bzw. höherer Taxa der wichtigsten Makroinvertebratengruppen auf den neun Flussquerschnitten im Hochrhein	43
Abb. 9 Abflussverlauf des Hochrheins während der beiden letzten Untersuchungskampagnen	23	Abb. 22 Anzahl der Neozoenarten an den Makroinvertebraten-Taxa des Hochrheins zwischen Bodensee und Basel	44
Abb. 10 Wassertemperatur im Hochrhein während der beiden letzten Untersuchungskampagnen	25	Abb. 23 Besiedlungsdichten der Makroinvertebraten im Hochrhein 2011/2012	45
Abb. 11 Unterschiedliche Trübung und Lichtdurchflutung im Hochrhein	26	Abb. 24 Zusammensetzung der Benthosbesiedlung im Hochrhein: Vergleich der Kampagnen 2006/2007 und 2011/2012	46
Abb. 12 Ausgewählte Teillebensräume (Choriotope) auf der Hochrheinsohle und im Übergangsbereich zwischen Wasser und Land	29	Abb. 25 Besiedlungsdichte und Zusammensetzung der Benthosfauna bei Riethem und Schweizerhalle: jahreszeitlicher Aspekt	47
Abb. 13 Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein – Freilandarbeiten	32	Abb. 26 Anteile neozoischer und angestammter Arten an der Benthosbesiedlung im Hochrhein: Vergleich der Kampagnen 2006/2007 und 2011/2012	48
		Abb. 27 Gesamt-Biomasse (Trockengewicht) der Makroinvertebraten auf der Hochrheinsohle 2011/12	50
		Abb. 28 Anteile an der Biomasse der Makroinvertebraten auf der Hochrheinsohle 2011/12, Vergleich mit den Ergebnissen der Kampagne 2006/2007	51

Abb. 29	Anteile an der Biomasse der Makroinvertebraten auf der Hochrheinsohle 2011/2012. Vergleich mit den Ergebnissen der Kampagne 2006/2007	52
Abb. 30	Spektrum der aspektbildenden neozoischen Makroinvertebraten im Hochrhein 2011/2012	53
Abb. 31	Ausbreitung des Grossen Höckerflohkrebses <i>Dikerogammarus villosus</i> im Hochrhein 1990 bis 2012	55
Abb. 32	Ausbreitung der Grobgerippten Körbchenmuschel <i>Corbicula fluminea</i> im Hochrhein 1990 bis 2012	57
Abb. 33	Ausbreitung der Donauassel <i>Jaera sarsi</i> im Hochrhein 1995 bis 2012	58
Abb. 34	Ausbreitung der Donau-Schwebegarnele <i>Limnomyia benedeni</i> im Hochrhein 2007 bis 2012	59
Abb. 35	Neozoen mit auffälliger Massenvermehrung	60
Abb. 36	Ausgewählte Charakterarten des Hochrheins: Schwämme (Porifera)	63
Abb. 47	Ausbreitung wirbelloser Neozoen im Schweizerischen Einzugsgebiet des Rheins	86
Abb. 48	Ausbreitung wirbelloser Neozoen im Schweizerischen Einzugsgebiet des Rheins	86
Abb. 49	Ausbreitung wirbelloser Neozoen im Schweizerischen Einzugsgebiet des Rheins	87
Abb. 50	Ausbreitung wirbelloser Neozoen im Schweizerischen Einzugsgebiet des Rheins	87
Abb. 51	Belastung ufernaher Benthoslebensräume durch Bootsverkehr im Hochrhein	91

Tabellen

Tab. 1	Probequerschnitte der Koordinierten biologischen Untersuchungen im Hochrhein	21
Tab. 2	Vergleich von Erhebungs- und Auswertungsmethoden für Makrozoobenthosuntersuchungen im Rhein zwischen der Schweiz und EU-Ländern	35
Tab. 3	Anzahl der Makroinvertebraten-Taxa des Hochrheins zwischen Bodensee und Basel	42
Tab. 4	Trockengewichtsangaben für die Biomasseberechnung ausgewählter Makroinvertebraten der Hochrheinsohle	49
Tab. 5	Auswirkungsmatrix für die Benthosbesiedlung der neun Flussquerschnitte im Hochrhein	92
Tab. 6	Benthosbesiedlung. Maximale Besiedlungsdichten im Hochrhein 2011/12	116
Tab. 7	Wasserchemie. Ergebnisse der Wasseranalysen im Hochrhein und Zuflüssen von Januar 2011 bis Mai 2012	124