

Koordinierte biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Bielersee und Rhein 2011 - 2013

Gewässerschutz- und Fischereifachstellen
der Kantone Aargau, Bern und Solothurn



Peter Rey, Johannes Ortlepp, Stefan Werner, Uta Mürle, Andreas Becker, John Hesselschwerdt
HYDRA AG, St. Gallen



Impressum

Herausgeber:

Gewässerschutz- und Fischereifachstellen der Kantone Aargau, Bern und Solothurn.

Kanton Aargau, Abteilung für Umwelt, Sektion Boden und Wasser

Kanton Aargau, Abteilung Wald, Sektion Jagd und Fischerei

Kanton Bern, Amt für Wasser und Abfall; Gewässer- und Bodenschutzlabor, Gewässerökologie

Kanton Bern, Amt für Landwirtschaft und Natur, Fischereiinspektorat

Kanton Solothurn, Amt für Umwelt, Abteilung Wasser

Kanton Solothurn, Amt für Wald, Jagd und Fischerei, Abteilung Jagd und Fischerei

Autoren:

Peter Rey, Johannes Ortlepp, Stefan Werner, Uta Mürle, Andreas Becker, John Hesselschwerdt

Fachliche Begleitung:

Arno Stöckli AG (Vorsitz der begleitenden Arbeitsgruppe)

David Bittner AG

Thomas Stucki AG

Vinzenz Maurer BE

Daniel Bernet BE

Markus Zeh BE

Thilo Arlt SO

Thomas Jankowski SO

Stefan Gerster SO

Gabriel van der Veer SO

Chantal Schmitt SO

Mitarbeit bei den Freiland- und Laborarbeiten:

Boris Unger, Andrea Werner, Katarina Varga, Christiane Rey, Anja Matuszak, Anika Seidler, Stefan Pfanschmidt, Arno Stöckli, Stefan Gerster

Analyse der Kieselalgenproben: Joachim Hürlimann, AquaPlus, Zug

Zitervorschlag:

REY, P., ORTLEPP, J., WERNER, S., MÜRLE, U., BECKER, A. & J. HESSELSCHWERDT (2013): Koordinierte Biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Bielersee und Rhein 2011 - 2013. Fachbericht zum Untersuchungsprogramm zuhanden der Gewässerschutz- und Fischereifachstellen der Kantone Aargau, Bern und Solothurn. 153 S.

St. Gallen, den 22. Dezember 2013

Inhalt

Inhalt	2
Zusammenfassung	5
1 Einleitung	7
1.1 Hintergrund	7
1.2 Auftrag und Programmziele	7
1.3 Fluss-Monitoring als Instrument des Gewässerschutzes.....	8
1.4 Erwartbare Entwicklungen	8
1.5 Restwasserstrecken im Fokus	8
2 Flusscharakter und Monitoring	9
2.1 Aareabschnitte und Flusscharakter	9
2.1.1 Flussmorphologie	9
2.1.2 Längsverlauf der Aare und Wasserkraftnutzung	9
2.1.3 Aquatische Lebensraumtypen	11
2.2 Untersuchungsinhalte	11
2.2.1 Äusserer Aspekt, physikalische und hydrologische Parameter.....	11
2.2.2 Benthosprobenahme – Makrozoobenthos	12
2.2.3 Benthosprobenahme – Aufwuchs	13
2.2.4 Erfassung der Jungfischbesiedlung	13
2.3 Kampagnen und Probenahmestellen.....	14
2.3.1 Hauptuntersuchung / Dauerbeobachtungsstellen	14
2.3.2 Sonderprogramm Saisonalität.....	16
2.3.3 Sonderprogramm Restwasser.....	16
2.3.4 Untersuchungstermine	17
2.4 Umgebungsparameter	17
2.4.1 Abflussverhältnisse	17
2.4.2 Temperaturregime	19
2.4.3 Chemische Wasserqualität.....	19
2.4.4 Sauerstoffregime	20
2.4.5 Feststoffhaushalt	20
2.4.6 Kieselalgen als biologische Indikatoren für die Wasserqualität.....	22
3 Die Benthosbesiedlung der Aare	25
3.1 Besiedlungsverhältnisse an den Flussquerschnitten.....	25
3.1.1 Taxazahlen.....	25
3.1.2 Besiedlungsdichten	26
3.1.3 Zusammensetzung der Besiedlung.....	26
3.1.4 Typische Arten	27
3.1.5 Seltene Arten.....	27
3.2 Vergleich der Besiedlung im Längsverlauf der Aare.....	28
3.2.1 Bielersee bis zur Emmemündung	28
3.2.2 Wangen bis Brugg.....	29
3.2.3 Stilli bis Mündung	31
3.2.4 Zusammenfassung.....	31
3.3 Saisonale Unterschiede in der Besiedlung	31
3.3.1 Repräsentative Untersuchungszeitpunkte.....	32

3.3.2	Zusammenfassung.....	34
3.4	Langzeitvergleich der Besiedlung 2002 bis 2012	35
3.4.1	Taxazahlen.....	35
3.4.2	Individuendichten	35
3.4.3	Benthoszusammensetzung.....	37
3.4.4	Individuendichten nach taxonomischen Gruppen	38
3.4.5	Verbreitung und Häufigkeit ausgewählter Taxa im Frühjahr 2002 und 2012 ..	38
3.4.6	Neozoen.....	49
4	Die Jungfischbesiedlung der Aare	54
4.1	Die aktuelle Jungfischbesiedlung der unteren Aare	54
4.1.1	Fischartenspektrum.....	54
4.1.2	Artenzahlen	54
4.1.3	Jung- und Kleinfischdichten	55
4.1.4	Besiedlungsvergleiche einzelner Arten im Längsverlauf.....	56
4.1.5	Fischgrössenspektrum	62
4.2	Funktionelle Gruppen, Nahrung und Schädigungen.....	63
4.2.1	Strömungstypen	64
4.2.2	Ökologische Toleranz	66
4.2.3	Temperaturpräferenz	67
4.2.4	Reproduktionstypen	68
4.2.5	Ernährungstypen und Nahrungsangebot	69
4.2.6	Fischkrankheiten und -schädigungen	70
4.3	Saisonale Unterschiede in der Jungfischbesiedlung	70
4.3.1	Artenzahlen	70
4.3.2	Fischdichten	71
5	Sonderuntersuchungen Restwasserstrecken.....	72
5.1	Lebensraumbedingungen in den Restwasserstrecken.....	72
5.1.1	Programmziele und Fragen.....	72
5.1.2	Restwasserstrecken als Kompartimente eines Mittellandflusses.....	72
5.2	Charakterisierung der Untersuchungsstellen.....	74
5.2.1	Gösger Schachen	74
5.2.2	Villnacher Schachen	77
5.3	Die Lebensräume der Restwasserstrecken.....	80
5.3.1	Permanente Habitate	80
5.3.2	Temporäre Habitate	80
5.3.3	Biogene Habitatstrukturen im Restwasser	80
5.4	Veränderungen wichtiger Umgebungsparameter.....	80
5.4.1	Morphologie und Bewuchs.....	80
5.4.2	Wechsel in Benetzung und Wassertiefe	84
5.4.3	Abflussregime im Restwasser.....	85
5.4.4	Temperaturverhältnisse im Restwasser	87
5.4.5	Sauerstoffverhältnisse.....	92
5.4.6	Auswirkungen auf die Restwasserbiozöosen.....	94
5.5	Wirbellosen-Besiedlung in den Restwasserstrecken.....	94
5.5.1	Bisherige Kenntnisse und Fragen	94
5.5.2	Räumliche und saisonale Besiedlungsunterschiede.....	95
5.5.3	Besiedlungsmuster ausgewählter Taxa	99
5.5.4	Vergleich zwischen Probestellen im Restwasser und in der Voll-Aare	102

5.5.5	Schlussfolgerungen	102
5.6	Jung- und Kleinfisch-Besiedlung in den Restwasserstrecken	103
5.6.1	Artenzahlen und Besiedlungsdichten	103
5.6.2	Ergebnisse der verschiedenen Stellen im Gösger Schachen	103
5.6.3	Restwasserstrecke Villnachern	107
5.7	Weitere Faunen- und Florenelemente	109
5.7.1	Wasserpflanzen.....	109
5.7.2	Wasserwechselzonen und terrestrisches Umfeld.....	109
5.7.3	Restwasserstrecken und ihre Landlebensräume	111
6	Schlussfolgerungen und Ausblick	113
6.1	Beurteilung der aktuellen Ergebnisse und Langzeitvergleiche	113
6.1.1	Makroinvertebraten	113
6.1.2	Jungfische, Kleinfische und Rundmäuler	115
6.2	Die Bedeutung der Restwasserstrecken für die biologische Besiedlung der Aare ...	117
6.2.1	Restwasserstrecken als Kompartimente eines naturnahen Flussraums.....	117
6.2.2	Entwicklungspotenzial der Kraftwerkkanäle	117
6.2.3	Strukturmassnahmen und Grundwasseranschluss	118
6.2.4	Dotierwassermengen	118
6.2.5	Fische und Geschiebe im Restwassergerinne	119
6.2.6	Welcher Indikator eignet sich für welche Aussagen?	119
6.3	Geschiebedefizite und Geschiebezugaben	120
6.4	Ausblick.....	121
7	Datenanhang.....	122
7.1	Probestellentafeln	122
7.2	Ergebnisse Makroinvertebraten Hauptprogramm	134
7.3	Ergebnisse Makroinvertebraten Sonderprogramm Restwasser	140
7.4	Ergebnisse Jungfischuntersuchungen Hauptuntersuchung.....	145
8	Literatur.....	146

Zusammenfassung

In den Jahren 2011/2012 fanden im Auftrag der Kantone Aargau, Bern und Solothurn die zweiten koordinierten biologischen Untersuchungen in der Aare zwischen Bielersee und Rhein statt. In dem als Langzeitmonitoring konzipierten Programm wurde bereits 2001/2002 die Besiedlung der Flusssohle mit wirbellosen Kleinlebewesen (Makroinvertebraten) und ihr Bewuchs mit Kieselalgen untersucht. Bei der aktuellen Kampagne kamen Untersuchungen des Jung- und Kleinfischbestands hinzu. In Sonderprogrammen, die sich über die Jahre 2010 bis 2013 erstreckten, wurden der Aspekt der Saisonalität betrachtet und die Besonderheiten ausgewählter Restwasserstrecken studiert.

Im Hauptprogramm wurden die Proben wieder aus den gleichen 11 Flussquerschnitten zwischen Bielersee und Rhein wie vor 10 Jahren gesammelt. Um auch die tiefen Aarestellen beproben zu können, wurden auch dieses Mal wieder Taucher eingesetzt. Auf ein Boot wurde in der aktuellen Kampagne allerdings verzichtet.

Ergebnisse der Wirbellosenuntersuchungen

Die bereits 2001/2002 gefundenen Unterschiede in der Besiedlung wurden bestätigt. So wurde der gefällearme Aareabschnitt unterhalb des Bielersees (Abschnitt A) von anderen Wirbellosenarten dominiert als die freifliessenden Strecken zwischen Wangen und Brugg (Abschnitt B) und die tiefen Aarestellen unterhalb der Reuss- und Limmatmündung (Abschnitt C). Eine besondere Artenzusammensetzung zeigten erneut die Probestellen in den beiden Restwasserstrecken um Gösgen und Villnachern.

Dennoch hat sich die Sohlenbesiedlung seit 2002 an den meisten Stellen grundlegend verändert. Ursache hierfür ist vor allem die zwischenzeitlich abgelaufene massenhafte Ausbreitung von Neozoen, neuer, eingeschleppter Wirbellosenarten. Diese bereits seit 1995 im Hochrhein beobachteten Besiedlungsprozesse laufen in ähnlicher Form seit etwa 2003 auch in der Aare ab. Aber auch bei der angestammte Wirbellosenfauna gab es in den letzten 10 Jahren Veränderungen: so nahm vor allem an einigen naturnahen und freifliessenden Stellen der Anteil der EPT-Taxa (Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen) tendenziell ab. Generell hat die Besiedlungsdichte angestammter Arten wenig bis mässig abgenommen. Ob dies bereits im Zusammenhang mit der beobachteten Neozoen-Ausbreitung steht, ist noch nicht eindeutig belegbar.

Sonderprogramme

Weitreichende Zusatzinformationen über die Flussbesiedlung lieferten die beiden Sonderprogramme „Saisonalität“ und „Restwasserstrecken“. Hierdurch konnten einerseits auffällige Besiedlungsunterschiede im Jahresverlauf und zwischen den Jahren aufgedeckt werden, andererseits offenbarte sich die Bedeutung ausgewogener dotierter Restwasserstrecken für den Erhalt der Artenvielfalt der gesamten Aare. Es wurde die Empfehlung ausgesprochen, die Restwasserstrecken als wichtiges Auen-Kompartiment des Flussraums zu betrachten und das koordinierte Monitoring um geeignete terrestrische Indikatoren zu erweitern.

Jung- und Kleinfische

Aus den Ergebnissen der Jung- und Kleinfischerhebungen liessen sich die Reproduktionspotenziale an den untersuchten Aare-Abschnitten abschätzen. Besiedlungsunterschiede, die sich bereits bei den Untersuchungen der Wirbellosen zeigten, wurden durch die Erfassung der Jungfischfauna erhärtet bzw. traten noch deutlicher zu Tage, so dass eine Kombination dieser beiden Untersuchungsinhalte auch für künftige Monitoring-Kampagnen vorgeschlagen wird. Auffällig war die völlig unterschiedliche Zusammensetzung der Jungfischfauna zwischen den Stellen in den Aare-Abschnitten A auf der einen und B und C auf der anderen Seite, die die verschiedenen Reproduktionsmöglichkeiten und Habitatangebote widerspiegeln. An den Stellen Brugg und Felsenau belegten die Befischungsergebnisse den Erfolg lokaler Aufwertungsmassnahmen.

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

In den Jahren 2001/2002 fanden die ersten koordinierten biologischen Untersuchungen an der Aare zwischen Bielersee und Rhein statt. Basis für die damals festgelegten Untersuchungsinhalte war eine Literaturstudie, in der die bis dato vorliegenden Kenntnisse zur Biologie der Aare zusammengestellt wurden (ORTLEPP, J. & GERSTER, ST., 1998). Das Langzeitmonitoring an der Aare stellt den besten Ansatz zur Beobachtung der biologischen Besiedlung und ihrer zeitlichen Veränderung dar. Daher wurden die Untersuchungen nun zehn Jahre danach wiederholt, nachdem auch in der oberen Aare zwischen Thuner- und Bielersee im Jahr 2008 (MÜRLE, U. et al 2008) ein vergleichbares Programm durchgeführt wurde.

Neben einer biologischen Charakterisierung der verschiedenen Aareabschnitte sind die koordinierten biologischen Untersuchungen auch dazu geeignet, natürliche und anthropogene Einflüsse auf die Benthosbiologie aufzuzeigen wie z.B.:

- der Einfluss unterschiedlicher Morphologie und unterschiedlichen Gefälles sowie von Verbauungen;
- der Einfluss der Staubereiche gegenüber dem der frei fliessenden Abschnitten;
- der Einfluss der wichtigsten Aarezuflüsse.

1.2 Auftrag und Programmziele

Der Auftrag für die Durchführung des Programms an die HYDRA AG, St. Gallen erfolgte seitens der Kantone Aargau, Bern und Solothurn in separaten Verträgen zwischen dem 12.10.2010 und 8.11.2010. Wie schon 2001/2002 waren diese drei Kantone im Rahmen einer Arbeitsgruppe auch wieder in beratender Funktion am Programm beteiligt (Arno Stöckli, AG, Vorsitz; Markus Zeh, BE; Vinzenz Maurer, BE; Chantal Schmitt, SO; Thilo Arlt, SO).

Das aktuelle Monitoringprogramm hat von den Erfahrungen aus vorangegangenen Programmen profitiert. So wurde die Methodik der Probenahme vereinfacht (landgestützte gegenüber bootsgestützter Tauchereinsätze) und neben den Makroinvertebraten und Kieselalgen wurde neu auch die Besiedlung der ufernahen Bereiche mit Jungfischen erhoben. Auf diese Weise wurde die Information an den Probestellen weiter verdichtet und die repräsentierten Abschnitte können nun noch besser biologisch charakterisiert werden. In einem „Sonderprogramm Saisonalität“ an ausgewählten Stellen sollten darüber hinaus jahreszeitliche Unterschiede in der Besiedlung festgehalten werden.

Ziele der zweiten koordinierten biologischen Untersuchungen an der Aare 2011/2012 waren:

- die Erfassung der aktuellen repräsentativen Benthos- und Jungfischbesiedlung der Aare zwischen Bielersee und Rhein;
- die Erfassung biologischer Veränderungen innerhalb der letzten zehn Jahre;
- die Erfassung jahreszeitlich bedingter Unterschiede in der Besiedlung;
- der Vergleich von Schwankungen (Artenzahlen, Individuendichten) in der Besiedlung an Stellen mit stark unterschiedlicher Morphologie bzw. Natürlichkeitsgrad;
- der Einfluss invasiver Neozoen auf die Benthosbesiedlung unterschiedlicher Stellen;
- eine bessere Kenntnis der Auswirkungen stark eingeschränkter/fehlender Geschiebedynamik auf die Besiedlung.

Diese Zielsetzung für das neue Programm geht noch einmal über die des ersten Monitoringprogramms hinaus, da es auf den damals gewonnenen Kenntnissen aufbauen kann. Mithilfe der Untersuchung saisonaler Unterschiede an ausgewählten Stellen (Sonderprogramm Saisonalität) können nicht nur aktuelle, sondern möglicherweise auch frühere Daten besser interpretiert werden.

1.3 Fluss-Monitoring als Instrument des Gewässerschutzes

Neben einer allgemeinen gewässerbiologischen Charakterisierung des Flusses können die Ergebnisse des Monitoringprogramms zu Langzeitvergleichen der Besiedlung herangezogen werden. Dabei lassen sich möglicherweise auch die Ursachen für Verbesserungen und Verschlechterungen der ökologischen Situation herauslesen. Monitoringprogramme können auch für die Planung und Lokalisierung von Gewässerschutzmassnahmen eine Rolle spielen, wenn es sich um die Auswirkung grossräumiger strukturverändernder Eingriffe handelt. Sowohl Verbau als auch Revitalisierung von Flüssen wirken sich direkt auf das Lebensraumangebot und damit auf die Besiedlung aus. Der Grad dieser Auswirkung wächst mit der räumlichen Ausdehnung und der Qualität solcher Massnahmen. So kann aus einem natürlichen Flussabschnitt ein regulierter, arten- und individuenarmer Staubereich entstehen, dieser kann aber auch wieder in eine dicht besiedelte naturnahe Strecke rückgebaut werden.

Auf der anderen Seite hat sich herausgestellt, dass spezielle Fragen wie die lokalen Auswirkungen anthropogener Belastung (z.B. chemischer und thermischer Einfluss von Abwasserreinigungsanlagen) oder auch die Auswirkung lokale Strukturmassnahmen im Rahmen der koordinierten biologischen Untersuchungen an der Aare bisher nicht oder nur unzureichend beantwortet werden können. Es wird daher vorgeschlagen, entsprechende Fragen weiterhin durch spezifische Untersuchungen (Istzustandserhebungen, Erfolgskontrollen, Umsetzungsmonitoring) abzuklären (Modul-Stufenkonzept BAFU, Stufe A).

1.4 Erwartbare Entwicklungen

Eine Ursache für erwartete Veränderungen in der Wirbellosenbesiedlung in der Aare stand bereits vor Beginn der Untersuchungskampagne fest: die Ausbreitung invasiver neozoischer Makroinvertebratenarten, die seit 2009 an mehreren Stellen an der Aare gefunden wurden, also irgendwann zwischen 2002 und ca. 2006 in das Aaresystem eingeschleppt wurden und sich seither rasch ausgebreitet haben. Ebenfalls erwartet wurden positive Auswirkungen durch die an einigen Stellen vorgenommenen Renaturierungen und Geschiebezugaben. Sie sollten dazu beitragen, das generelle Geschiebedefizit zu kompensieren und angestammten typischen Aarearten wieder geeigneten Lebensraum und Reproduktionsbedingungen zu verschaffen.

1.5 Restwasserstrecken im Fokus

Bereits die biologischen Untersuchungen 2001/2002 wiesen auf die Besonderheiten der Benthosbesiedlung innerhalb grösserer Restwasserabschnitte in der Aare hin. Entsprechende Befunde lieferten auch die Umweltverträglichkeitsprüfungen, die anlässlich der Neukonzessionen der Kraftwerke Gösgen und Aarau durchgeführt wurden (MARRER 1998, AF-COLENCO 2010, GUTHRUF 2013). Worin der Wert grösserer Restwasserstrecken im Vergleich zu anderen Aareabschnitten liegt und inwieweit er von der darin fliessenden Dotierwassermenge beeinflusst wird, sollte hier vertieft in einem Sonderprogramm abgeklärt werden, welches mit den Probenahmen der Hauptuntersuchung koordiniert war. In einem zweiten Sonderprogramm sollten an ausgewählten Stellen der Hauptuntersuchung noch der Einfluss saisonaler Besiedlungsunterschiede auf die biologische Charakterisierung der Probeabschnitte erfasst werden. Ebenfalls im Zusammenhang mit der Frage der Restwasserstrecken wurde reflektiert, inwieweit die Untersuchung der Fisch- und Benthosbiozönose ausreicht, um den Fluss als zusammenhängend ökologisches System zu charakterisieren, wenn doch auch Landlebensräume zu diesem System dazugehören oder zumindest früher im Auengürtel des Flussraums dazugehört haben.

2 Flusscharakter und Monitoring

2.1 Aareabschnitte und Flusscharakter

2.1.1 Flussmorphologie

Die historischen Karten aus dem 19. Jh. (DUFORKARTE 1845 - 1865, SIEGFRIEDKARTE 1870 - 1926) zeigen die ehemals umfangreichen Begleitauen der Aare und können aus heutiger Sicht als morphologische Referenz für einen zwar genutzten, aber ökologisch noch uneingeschränkt funktionsfähigen Flusslebensraum herangezogen werden. Man kann davon ausgehen, dass sich damals das Hauptgerinne der Aare noch innerhalb eines Pendelbands gleichen Niveaus grundsätzlich verlagern konnte. Dabei bildeten sich neue Seitengerinne und Altarme (BASLER & HOFFMANN, 2011: Leitbild Aare Solothurn). Die untere Aare in ihrem heutigen Lauf weist keine natürlichen, vom Menschen unbeeinflussten Abschnitte mehr auf. Die Ufer sind überwiegend stark beeinträchtigt oder naturfremd, weil beidseitig – teilweise direkt bis ans Wasser - durch Landwirtschaft oder Siedlung in Anspruch genommen. Diese Nutzungen lassen keine Flusssdynamik mehr zu, weshalb die Ufer der Aare grösstenteils durch direkten Uferverbau und/oder nur wenig zurückversetzte Dämme gesichert sind. Das Pendelband der Aare bleibt heute innerhalb der Landschaft deshalb starr. Die Prall- und Gleitufersituationen verändern sich kaum mehr. Eine beschränkte Veränderung besteht noch bei den Kiesinseln und -bänken (BASLER & HOFFMANN, 2011).

Auch die frühere Vernetzung der Aare mit den Seitengewässern, die teils über Feuchtgebiete, teils in Auenwäldern in die Aare einmündeten, besteht nur noch in einzelnen Fällen. Ähnlich verhält es sich mit der engen Verzahnung zwischen Wasser und Land an den durch die Flusssdynamik entstandenen Prall- und Gleitufern, Kiesinseln, durchflossenen Seitenarmen, Stillwassern/Altarmen, Giesen und Feuchtwiesen. Diese sind teilweise noch innerhalb der längeren Restwasserstrecken der so genannten Schachen (alter Begriff für Auen) vorhanden. Wegen der dort fehlenden Abflusssdynamik, dem durch Geschiebemangel eingegrabenen Flussbett und der oft mangelnden Grundwasseranbindung ging jedoch neben dem Auencharakter auch die Strukturdynamik solcher Strecken weitgehend verloren.

2.1.2 Längsverlauf der Aare und Wasserkraftnutzung

Zwischen Bielersee und der Mündung der Emme, dem Bereich, der noch hydrologisch vom Abfluss des Bielersees beeinflusst ist, weist die Aare ein deutlich geringeres Gefälle auf als zwischen Wynau und dem Wasserschloss bei Brugg (Abb. 2.1). Dies beeinflusst auch heute noch ihren generellen Abflusscharakter.

Die frühere Längsdurchgängigkeit der unteren Aare, die aufgrund der Aufzeichnungen der Aareschiffahrt gut dokumentiert ist (IVS, 2006), ist heute durch 11 Flusskraftwerke mit 13 grossen und weiteren kleinen Wehren völlig verloren gegangen. Bereits 1880 (Siegfriedkarte 1870) waren der Werkkanal des KW Aarau gebaut und sicher schon die ersten Durchgängigkeitsstörungen vorhanden.

In den Kraftwerkkanälen und den Stauräumen oberhalb der Wehre benetzt die Aare die gesamte Gerinnebreite. Insbesondere die Kraftwerkkanäle weisen ein Trapezprofil ohne Wasserspiegelbreiten-Variation auf. Dagen ist das benetzte Gerinne innerhalb der Restwasserstrecken aufgrund der Ableitung des Abflusses in Richtung Kraftwerk stark verschmälert. Während die Alte Aare mit der stark eingeschränkten Restwassermenge naturnahe Strukturen wie z.B. Kiesbänke aufweist, ist der Kraftwerkkanal konstant mit monotoner Breite eingestaut (BASLER & HOFFMANN, 2011).

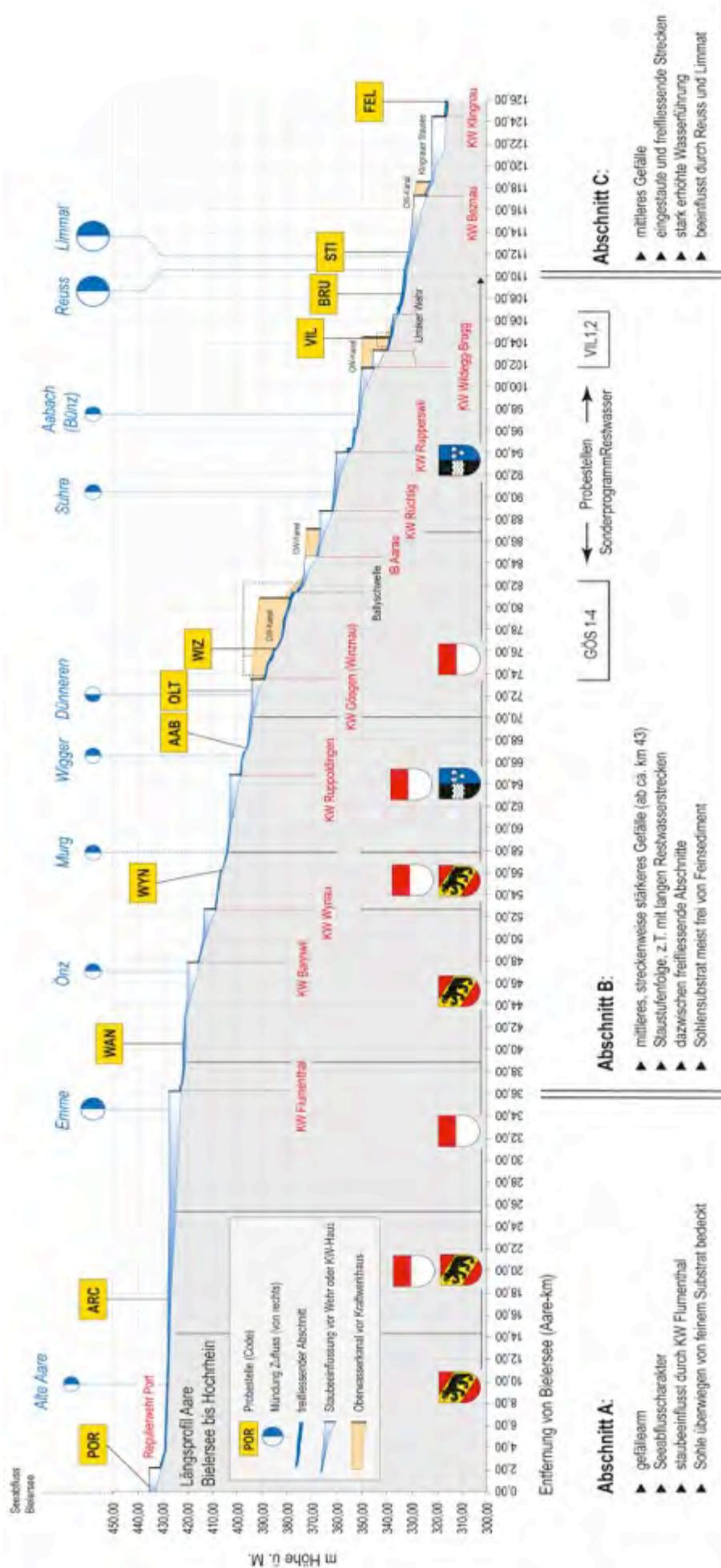


Abb. 2.1: Schematisches Längsprofil der Aare zwischen Bielersee und Hochrhein.

2.1.3 Aquatische Lebensraumtypen

Zu den aquatischen Lebensraumtypen der Aare zählen alle Gewässerkompartimente, die historisch vorhanden waren. Für alle gilt die historische Referenz einer von Auen begleiteten, mehr oder weniger gefällearmen Aare mit Altläufen (mit und ohne Kontakt zum Fluss), Nebengewässern und kleineren Zuflüssen, Tümpeln, anmoorigen Gewässern sowie Giessen. Für das Leitbild (BASLER & HOFFMANN 2011) sind verschiedene aquatischen Flusskompartimente/Lebensraumtypen zu unterscheiden (Tab. 2.1).

Tab. 2.1: Aktuelle und historische aquatische Lebensraumtypen der Aare und ihre Charakteristik (in Anlehnung an Leitbild Aare SO 2010, Basler & Hoffmann 2011).

Kompartimente / Lebensräume	Abiotische Charakteristik	Gewässerökologische Charakteristik
Hauptgerinne, tiefer Aarelauf, Voll-Aare	Hauptgerinne des Systems, freifliessend oder natürlicherweise nur schwach eingestaut. Wasserführung trotz Pufferung durch Bielersee noch nival geprägt mit hohen Abflüssen im Frühjahr/Frühsummer. Ursprünglich starke Geschiebedynamik mit ausgeprägte Furkationen und Nebengerinnen.	Wanderkorridor für Wanderfischarten, ursprünglich Reproduktionsgebiet für Kieslaicher; potamale, in Nebengerinnen auch rhithrale Benthosarten; Pflanzenbewuchs selten und marginal.
Aktive Altläufe und Altarme des Hauptgerinnes	In Aare-Abschnitten mit sehr geringem Gefälle und Mäander-Tendenz: meist noch unten an das Hauptgerinne angebundene Altwässer.	Wintereinstand für grosse Fische; typische Auen- und Kleinfischarten; potamale Wirbellose und Stillwasserarten, Makrophyten.
Vom Hauptgerinne abgeschnittene Altläufe	Bereits vom Hauptgerinne abgeschnittene, nur bei Hochwasser durchflutete Altwässer. Anfangs tief, dann alternd/verlandend.	Stillwasserarten bei Fischen und Wirbellosen; Makrophyten und Schwimmpflanzen.
Zufließende Bäche und deren Mündungsbereiche	Niveaugleich mit dem Hauptgerinne oder mit Nebengerinnen mündende Tal-, Wald- oder Tobelbäche.	Kleine kieslaichende Fischarten, rhithrale Wirbellosenfauna.
Flussbegleitende Giessengewässer	Stark von Grundwasser geprägte, klare und winterwarme Talbäche.	Arten- und individuenreiche Fisch- und Wirbellosenfauna. In besonnten Bereichen meist flächendeckender Makrophytenbewuchs. Sonstige wassergebundene Wirbeltierfauna.
Tümpel und anmoorige Gewässer im Auenbereich	In der Aue liegende Stillgewässer mit Entwässerungsgerinnen oder ohne Anschluss an das Fließsystem. Wasser oft durch Huminsäuren gefärbt.	Meist fischfrei. Wirbellose Stillwasserarten (z.B. Libellen, Wasserwanzen); Reproduktionsgewässer für Amphibien; Schwimmpflanzen.

Diese Aufstellung einerseits und die Tatsache, dass die Flusskompartimente der Aue weitestgehend verloren gegangen sind, macht deutlich, worin das Lebensraumdefizit an der Aare in erster Linie liegt und dass ein Grossteil der heutigen ökologischen Defizite eigentlich nur durch umfassende Auenreaktivierung zu beheben sind.

2.2 Untersuchungsinhalte

Die zweiten koordinierten biologischen Untersuchungen an der unteren Aare fanden zwischen Herbst 2011 und Frühjahr 2013 statt, also genau zehn Jahre nach den ersten Bestandsaufnahmen. Die Untersuchungen sollten nach bewährten inhaltlichen und methodischen Ansätzen erfolgen. Gegenüber den Aufnahmen von 2001/2002 wurden allerdings einige Modifikationen vorgenommen.

Im Rahmen zweier Kampagnen (Herbst und Frühjahr) wurde seinerzeit im Aareabschnitt zwischen Bielersee und Hochrhein die Besiedlung der Stromsohle durch benthischen Wirbellose (bodenlebende Kleinlebewesen) sowie mit Algen und Algenaufwuchs untersucht. Es wurden sowohl Proben in ufernahen Bereichen als auch - mithilfe von Tauchern - solche von der Flussmitte gesammelt. Auf ein ergänzendes Arten-Monitoring wie 2001/2002 wurde dieses Mal verzichtet, weil man noch immer auf den damals gewonnenen Kenntnissen aufbauen konnte.

2.2.1 Äusserer Aspekt, physikalische und hydrologische Parameter

Die Indikatoren des Äusseren Aspekts wurden nach den Vorgaben des Modul-Stufen-Konzepts im Rahmen der Benthosbeprobung an beiden Flussufern aufgenommen und protokolliert und finden in diesem Bericht Eingang in die Probestellencharakterisierung (Probestellentafeln im Anhang). Daneben fanden an den Benthosprobestellen Messungen der Wassertemperatur, der Leitfähigkeit

und des Sauerstoffgehalts statt. Um die wechselnden Umgebungsbedingungen im Rahmen des Sonderprogramms Restwasser zu dokumentieren, wurden an strategisch interessanten Stellen Druckmesssonden (gestellt und betreut von A. STÖCKLI, AfU Aargau) und Temperaturlogger (Hydra und AWA Bern) exponiert (Abb. 2.2). Der Dokumentation der Probestellen, der Besonderheiten von Besiedlung und Belastung sowie von sichtbaren äusseren Einflüssen wurde besonderer Stellenwert eingeräumt. Hierzu wurden auch Unterwasser- und Mikroskopkameras eingesetzt.



Abb. 2.2: Exposition von Druckmesssonden in den Restwasserstrecken Gösgen und Villnachern

2.2.2 Benthosprobenahme – Makrozoobenthos

Die gewählten Methoden zur Benthosprobenahme richteten sich nach den Besonderheiten eines grossen Mittellandflusses. Für eine repräsentative Probenahme an tieferen Flussabschnitten ist ein Tauchereinsatz unverzichtbar, weil ansonsten die tiefe Flusssohle (Tiefe > 1m bis ca. 5 m), die dort oft mehr als 50 % des wasserbenetzten Gerinnes ausmacht, nicht beprobt werden kann. Im Rahmen der in den letzten Jahren von uns durchgeführten Monitoringprogramme (MÜRLE et al. 2007, 2009; ORTLEPP, J. & U. MÜRLE 2012; REY et al. 2011) zeigte sich auch, dass ein Taucher vom Ufer aus teilweise besser gesichert werden kann als von einem verankerten Boot aus. Ufergestützter Tauchereinsatz eignet sich bestens für die Beprobung in Wassertiefen ab ca. 0,75 m, und auch uferferne flachere Gerinnebereiche und ständig wasserbenetzte ufernahe Bereiche können so erreicht und beprobt werden. Im Gegensatz zur letzten Kampagne 2001/02 erfolgte deshalb keine bootsgestützte, sondern eine landgestützte Taucherprobenahme. Innerhalb der Restwasserstrecken (Stellen WIZ und VIL) sowie bei Aarburg erfolgte die Probenahme durch den Taucher ohne Pressluftgerät bzw. watend.

Makrozoobenthosproben wurden als so genannte Multi-Habitat-Samplings genommen, wobei in dem vom Taucher überblickbaren Probenareal (ca. 25 m²) dominante Substrattypen anteilmässig beprobt wurden. Zusätzlich wurden alle anderen wichtigen Choriotope (unterscheidbare Klein-Habitate) qualitativ besammelt, um einen Überblick über das vorhandene Artenspektrum zu bekommen. Maximal (bei 5 Teilproben pro Transekt) wurden 2 Mischproben aus dem linken und rechten ufernahen Bereich sowie 3 Mischproben von der tieferen Sohle entnommen. Eine Mischprobe wird wieder aus maximal 5 Teilproben (z.B. dominante Habitate im Verhältnis 2:1 ergibt 3 Teilproben) zu je ca. 0,1 m² zusammengestellt. Die gesammelten Proben wurden noch vor Ort vorausgelesen und – je nach Empfindlichkeit der gesammelten Tiere - in geeigneter Form fixiert (vgl. auch Methode Makrozoobenthos im Modul-Stufen-Konzept).

Da die Tiere aber nur zu einem kleinen Teil bereits am Probenahmeort sauber aussortiert werden konnten, mussten sie – zusammen mit Substratresten - im Labor weiter ausgelesen und danach bestimmt werden. Das vorgegebene Bestimmungsniveau musste einen optimalen Informationsgewinn/Indikatorwert durch die Beprobung erlauben und entsprach dabei dem Niveau der koordinierten Benthosuntersuchungen am Hochrhein. Die Archivierung der Benthosproben erfolgte nach den Vorgaben von BAFU/CSCF.



Abb. 2.3: Probenahme mit dem UW-Sampler durch einen Taucher



Abb. 2.4: Säubern und Vorauslesen der Proben vor Ort.

2.2.3 Benthosprobenahme – Aufwuchs

Das Phytobenthos wird während der Hauptuntersuchung innerhalb bewatbarer Bereiche beprobt. Dem Taucher wurden Anweisungen gegeben, wo, in welcher Form und Menge Phytobenthos von der tieferen Sohle gesammelt werden soll.



Abb. 2.5: Algenbewachsene Steinsohle in Flussmitte



Abb. 2.6: Kieselalgenprobenahme

Von allen Stellen wurden Kieselalgenproben nach den Vorgaben Modul-Stufen-Konzept (Lit: HÜRLIMANN, J. & K. NIEDERHAUSER 2007) gesammelt und fixiert. Hierzu wurden grössere, gut überströmte Steine eingesammelt, von denen von einer definierte Fläche der Kieselalgenbewuchs abgekratzt und in Formollösung fixiert wurde.

2.2.4 Erfassung der Jungfischbesiedlung

Im Rahmen der Hauptuntersuchung und der Sonderprogramme wurde ergänzend zur Benthosprobenahme eine Erhebung der (ufernahen) Jungfischbesiedlung durchgeführt. Die elektrofischereilichen Aufnahmen wurden im Bereich der Transekte durchgeführt, innerhalb derer auch die benthosbiologischen Erhebungen stattfanden. Auf diese Weise konnten erstmals auch kantonsübergreifende Basisinformationen zur Verbreitung und Reproduktion typischer Fischarten entlang der Aare unterhalb des Bielersees gesammelt werden.

In Ergänzung zu herkömmlichen fischökologischen/fischereilichen Untersuchungen hat die ufernahe Erfassung der Jungfischbesiedlung – kombiniert mit Benthosuntersuchungen folgende Vorteile:

- Die Erfassung liefert Informationen über die relativen Häufigkeiten der Jungfische verschiedener Arten an repräsentativen Aare-Abschnitten;
- Das Vorkommen von Jungfischen liefert Informationen über die Qualität des Flussabschnitts/Flusses als Habitat für verschiedene Fischarten;
- Da Jungfische gegenüber adulten Individuen einen kleineren Aktionsradius besitzen, belegt ihr Vorkommen eine erfolgreiche Reproduktion der Art in räumlicher Nähe (oder in naheliegenderem Zufluss);

- Die Kombination von Informationen zur Benthos- und zur Jungfischbesiedlung lässt Rückschlüsse über gemeinsame Habitatpräferenzen (Stichwort: funktionelle Gruppen) zu.

Während im Rahmen der Hauptuntersuchung Informationen über die Verbreitung der Fischarten im Längsverlauf der unteren Aare gesammelt wurden, lieferte die Jungfischerfassung im Rahmen der Sonderprogramme die jahreszeitlichen Fluktuationen der Besiedlung, die Auswirkung von Restwasserbedingungen auf die Fischzönose sowie Informationen über Wachstum und Mortalität.



Abb. 2.7: Elektrofischung ausgewählter Teilstrecken



Abb. 2.8: Unterwasserbeobachtungen mit der Anodenkamera

2.3 Kampagnen und Probenahmestellen

Im Gegensatz zu den letzten koordinierten Untersuchungen wurde 2011/2012 nur noch eine Kampagne zur quantitative Probenahme durchgeführt. Diese Hauptuntersuchung (HU) fand Mitte bis Ende März 2012 statt (Tab. 2.3).

Auf den Aufwand einer zweiten Kampagne und einer zusätzlichen qualitativen Beprobung, wie sie 2002 noch an rund 50 Probenahmestellen durchgeführt wurden, wurde zugunsten zweier zeitlich und thematisch differenzierter Sonderprogramme (SP Saisonalität und SP Restwasser) an wenigen ausgewählten Stellen verzichtet. Die Sonderprogramme verfolgten dabei zwei für die Aare wichtige Fragestellungen:

- Die Erfassung saisonaler Unterschiede in der Benthosbesiedlung (an drei ausgewählten Stellen);
- die Auswirkung unterschiedlicher Restwassermengen und Wasserkörper auf die Benthosbesiedlung (an zwei ausgewählten Stellen).

2.3.1 Hauptuntersuchung / Dauerbeobachtungsstellen

Für die Hauptuntersuchung (HU) wurden die 11 Probenahmestellen der Untersuchungsjahre 2001/2002 im Sinne eines Langzeitmonitorings beibehalten (Abb. 2.9). An diesen Stellen wurde wieder jeweils ein Transekt (Flussquerschnitt) mit 5 Teilprobestellen (3 Stellen tiefe Sohle, 2 Stellen ufernah) beprobt. Die relative Lage der Teilproben innerhalb dieses Transekts wurde stellenweise gegenüber 2001/2002 modifiziert, wenn sich dies als sinnvoll herausstellte (bessere Besiedlung, Repräsentativität, Zugänglichkeit usw.). Für die biologische Charakterisierung war dies legitim, da es sich um repräsentative Zufallsproben, nicht um eine statistisch abgesicherte Probenahme handelte.

Für die Sammlung von Proben an besonderen Choriotopen wurde ein Bereich von maximal 150 m ober- und unterhalb des festgelegten Transekts berücksichtigt. Die Erhebung der Jungfischfauna erfolgte in direkter räumlicher Nähe der beprobten Flussquerschnitte auf jeweils einer Flussseite. Im Durchschnitt wurden 140 m Uferlinie elektrisch befishet.

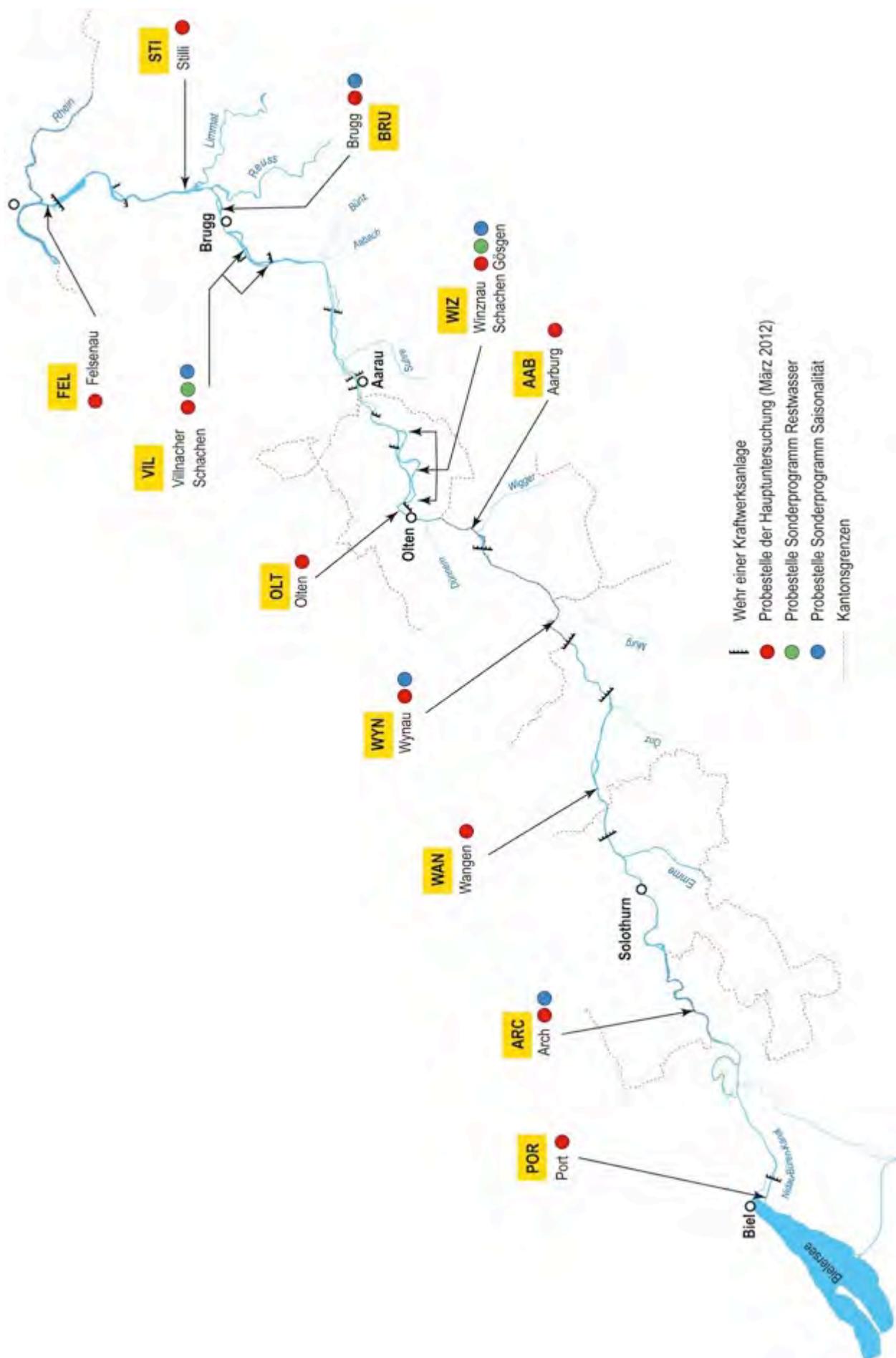


Abb. 2.9: Probenahmestellen für die koordinierten biologischen Untersuchungen an der Aare zwischen Bielersee und Rhein 2011/2012.

Tab. 2.2: Untersuchungsstellen der koordinierten biologischen Untersuchungen an der Aare

Code	km (ca.)	Stelle	repräsentativer Charakter
POR	0,5	Nidau, Port (BE)	Seeabfluss, geringes Gefälle, ausgebauter Kanal, Ufer hart verbaut, staubeeinflusst (Regulierwehr Port)
ARC	17	Arch (BE/SO) SP Saisonalität	Seeabfluss, geringes Gefälle, wenig begradigter, gewundener Verlauf, Ufer stellenweise hart verbaut, staubeeinflusst (KW Flumenthal)
WAN	40	Wangen (BE)	Ufer hart verbaut, staubeeinflusst (KW Bannwil)
WYN	56	Wynau (BE/SO) SP Saisonalität	natürlicher Flusslauf mit abschnittswisen Ufersicherungen, freifliessend, voller Abfluss
AAB	67	Aarburg (SO/AG)	natürlicher Flusslauf, freifliessend, voller Abfluss, stadtseitig mit harter Ufersicherung
OLT	72,5	Olten (SO)	Regelprofil, staubeeinflusst (KW Gösigen), teilweise hart verbaute Uferabschnitte
WIZ	76	Winznau (SO) SP-Restwasser	Restwasserabschnitt Gösiger Schachen („Alte Aare“), morphologisch vielfältig
VIL	104,5	Villnachern (AG) SP-Restwasser	Restwasserabschnitt Villnacher Schachen, morphologisch vielfältig
BRU	109	Brugg (AG) SP Saisonalität	Freifliessend, voller Abfluss, mässig verbaut, abschnittsweise renaturiert
STI	112	Stilli (AG)	Freifliessend unterhalb der Zuflüsse Reuss und Limmat, wenig verbaut (Steilufer)
FEL	125,5	Felsenau (AG)	Seeabfluss (Stausee Klingnau), voller Abfluss, Ufer stark verbaut

2.3.2 Sonderprogramm Saisonalität

Die Untersuchung der Besiedlungsveränderungen zwischen verschiedenen Jahreszeiten fand an drei Probenahmestellen aus dem Hauptprogramm statt, die sich charakterlich deutlich voneinander unterschieden. Auf diese Weise konnten gegenüber der Hauptuntersuchung das Besiedlungsspektrum dieser Stellen ergänzt, saisonale Unterschiede erfasst und somit die Ergebnisse der Hauptprobenahme kalibriert werden. Als Probestellen für dieses Sonderprogramm (SP) Saisonalität wurden ausgewählt:

- die Stelle Arch (beeinflusst vom Seeabfluss Bielersee);
- die Stelle Wynau (naturnahe, freifliessende Strecke), sowie
- Brugg als relativ tiefe Stelle im Unterlauf.

Die Probenahmetechnik entsprach der der Hauptuntersuchung, wobei aber nur jeweils eine Stelle pro Transekt beprobt wurde.

2.3.3 Sonderprogramm Restwasser

Die Untersuchungen im Sonderprogramm Restwasser fanden an zwei langen Restwasserabschnitten der unteren Aare statt:

- in der Restwasserstrecke Olten - Aarau (zwischen Winznau und Schönenwerd, KW Gösigen). Die Strecke wird in den kommenden Jahren im Rahmen einer Neukonzessionierung strukturell aufgewertet;
- in der Restwasserstrecke im Bereich des Villnacher Schachens (Schinznach bis Umiken, KW Wildeggen-Brugg). Hier erfolgt 2013 eine Erhöhung der Dotierwassermenge;
- Die neue Dotierwasserregelung für das Restwasser des KW Gösigen (Gösiger Schachen) besteht seit 2007.

Im Gegensatz zur HU und zum SP Saisonalität waren bei den Restwasseruntersuchungen die Untersuchungsinhalte nicht standardisiert, sondern darauf ausgelegt, die Charakteristika des jeweiligen Restwasserregimes so präzise wie möglich zu erfassen, zu dokumentieren und zu interpretieren.

2.3.4 Untersuchungstermine

Die Untersuchungen der Benthosbesiedlung bzw. der Jungfische begannen im Januar 2011 mit einer Vorbegehung und endeten im März 2013 mit einer Benthosprobenahme (Tab. 2.3). Während die Untersuchungstermine für das Hauptprogramm – wie geplant kurz vor dem zu erwartenden Anstieg der Aare-Abflüsse (vgl. Abb. 2.10) - in die letzte Märzwoche 2012 gelegt wurden, richteten sich die Untersuchungstermine für die Sonderprogramme weitestgehend nach den langfristigen Witterungsverhältnissen (lange Kälte- bzw. Hitzephasen).

An allen Untersuchungs- und Begehungsterminen wurden die jeweiligen Verhältnisse und Besonderheiten vor Ort dokumentiert.

Tab. 2.3: Untersuchungstermine im Rahmen des Monitoringprogramms Aare 2010 bis 2013.

Termin	Ort	Programm	Inhalt
19.01.2011	Schachen GÖS, VIL	SP Restwasser	Vorbegehung
08./09.08.2011	Schachen GÖS	SP Restwasser	Befischung, Benthosprobenahme
10.08.2011	Schachen VIL	SP Restwasser	Befischung, Benthosprobenahme
12.09.2011	Schachen GÖS, VIL	SP Restwasser	Exposition Logger
10.11.2011	Brugg, Wynau, Arch	SP Saisonalität	Benthosprobenahme
14.11.2011	Arch, Wangen, Brugg	SP Saisonalität	Befischung
03.02.2012	Schachen GÖS, VIL	SP Restwasser	Benthosprobenahme
19.03.2012	Port	Hauptuntersuchung	Benthosprobenahme, Befischung
	Arch	Hauptuntersuchung	Benthosprobenahme, Befischung
20.03.2012	Wangen	Hauptuntersuchung	Benthosprobenahme, Befischung
	Wynau	Hauptuntersuchung	Benthosprobenahme, Befischung
21.03.2012	Aarburg	Hauptuntersuchung	Benthosprobenahme, Befischung
	Winznau	Hauptuntersuchung	Befischung
	Olten	Hauptuntersuchung	Benthosprobenahme, Befischung
	Winznau	SP Restwasser	Benthosprobenahme
22.03.2012	Stilli	Hauptuntersuchung	Benthosprobenahme, Befischung
	Brugg	Hauptuntersuchung	Benthosprobenahme, Befischung
23.03.2012	Winznau	Hauptuntersuchung	Benthosprobenahme
	Felsenau	Hauptuntersuchung	Benthosprobenahme, Befischung
	Villnachern	Hauptuntersuchung	Befischung
24.03.2012	Villnachern	Hauptuntersuchung	Benthosprobenahme
06.08.2012	Schachen GÖS	SP Restwasser	Benthosprobenahme, Befischung
07.08.2012	Schachen VIL	SP Restwasser	Benthosprobenahme, Befischung
27.11.2012	Wynau	SP Saisonalität	Benthosprobenahme
01.03.2013	Winznau	SP Restwasser	Benthosprobenahme
07.03.2013	Wynau, Aarburg (unplanmässig)	SP Saisonalität	Benthosprobenahme

2.4 Umgebungsparameter

2.4.1 Abflussverhältnisse

Aktueller Abflusscharakter

Die Angaben zum Abflussverlauf der Aare innerhalb der Untersuchungsjahre (Abb. 2.10) basieren auf den Messungen der Landeshydrologie des BAFU. Zwischen dem rund 4 km unterhalb des Bielersees liegenden Pegel Brügg-Aegerten und Brugg sind die Unterschiede im Abfluss eher marginal. Weder die Einmündung der Emme noch die der Wigger spielten eine entscheidende Rolle im Abflussgeschehen. Eine massive Abflussveränderung wird erst unterhalb des „Wasserschlosses“ durch die Zuflüsse von Reuss und Limmat erzeugt. Vor allem die Reuss zeigt hierbei im Vergleich zur Aare eine deutlich unterschiedliche Abflussdynamik und -pufferung, die auch im gemeinsamen Abfluss sichtbar wird.

Während der Untersuchungsjahre kam es zu Hochwasserspitzen sowohl im Sommer- wie auch im Winterhalbjahr. Vor allem die Hochwasser im Oktober 2011 und 2012 sowie die ungewöhnlich hohen Winterabflüsse verdecken etwas den ursprünglich nivalen Abflusscharakter und stören sicher auch die Ruhephasen vieler Gewässerlebewesen und die Eientwicklung der grossen kieslaichenden Fischarten. Für die Probenahmen und Befischungen mussten stets Termine mit relativ niedrigen Abflüssen ausgewählt werden, die überdies nicht zu früh nach einem Hochwasser liegen durften. Für die Hauptuntersuchung wurde mit Ende März 2012 ein optimaler Zeitraum gewählt: in

den Wochen zuvor herrschten stabil niedrige Abflussverhältnisse; die Probenahme konnte beendet werden, bevor die jährlichen Schmelzwasserabflüsse begannen.

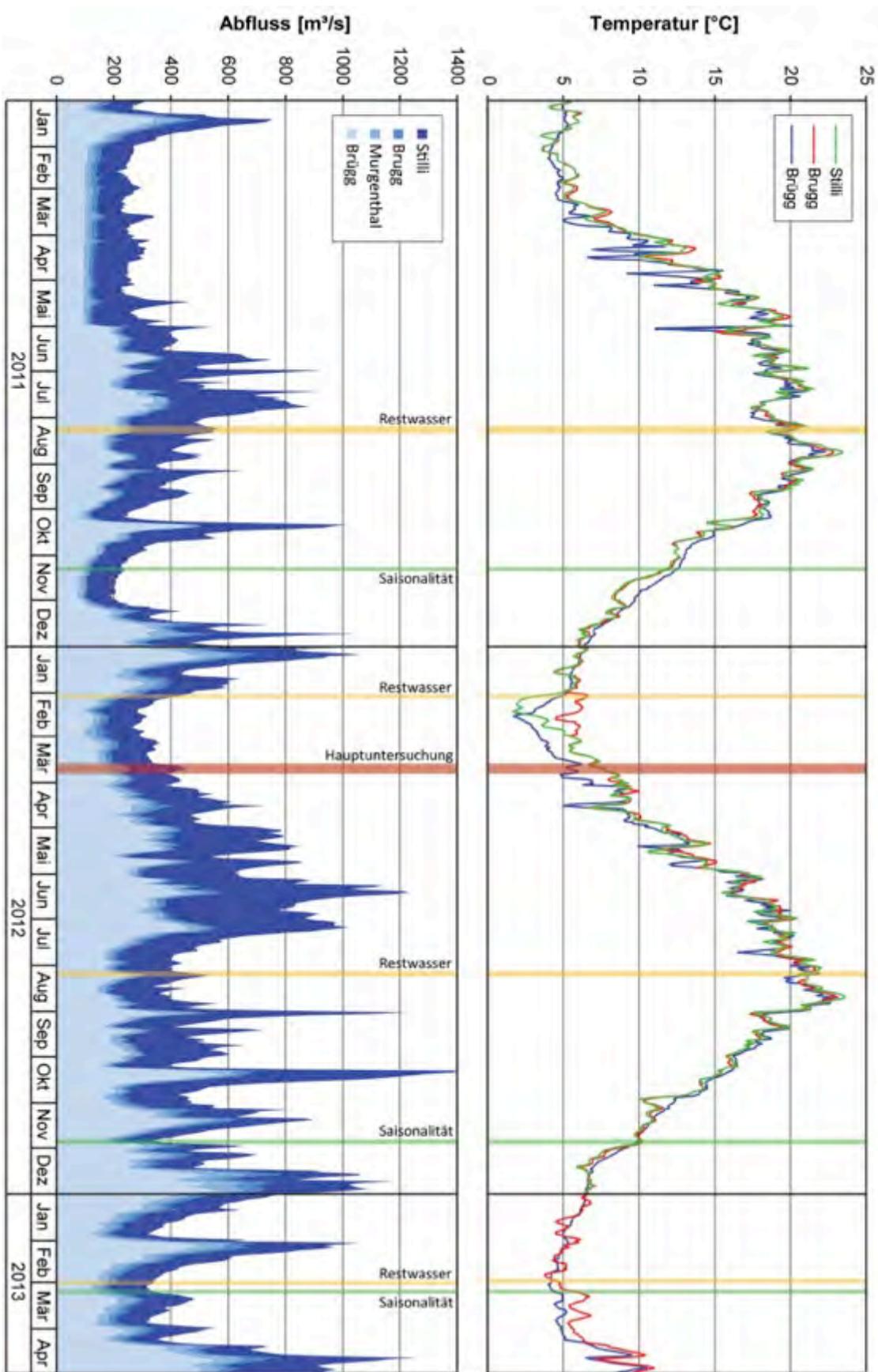


Abb. 2.10: Temperaturverlauf (oben) und Abflussverlauf (unten) der Aare zwischen Bielersee und Rhein 2011/2012.

Historische Referenz

Für den Pegel Aarau, der heute nicht mehr existiert, liegen beim BAFU Aufzeichnungen von 1858 bis 1928 vor. Diese geben Hinweise auf den Referenz-Zustand und zeigen den Einfluss der Juragewässerkorrekturen auf die Wasserführung der Aare. Die Hochwasserdynamik war im Referenz-Zustand deutlich anders als heutzutage. Die erste Juragewässerkorrektur hatte einen deutlichen Einfluss auf die Hochwasserwellen im Projektgebiet. Seither wird die mittlere Aare über den Bielersee geleitet, was in der unteren Aare zu kleineren Jahresmaxima geführt hat. Die Aare hatte damit aber auch einen Teil ihrer ursprünglichen Abflussdynamik eingebüsst. Erst durch die zweite Juragewässerkorrektur (1962 bis 1973) und das Wehr-Reglement am Wehr Port hat die Häufigkeit der jährlichen Maximalabflüsse $> 900 \text{ m}^3/\text{s}$ wieder etwas zugenommen (BASLER & HOFFMANN 2011).

2.4.2 Temperaturregime

Das langjährige max. Monatsmittel der Wassertemperaturen in der Aare liegt beim Pegel Brugg bei $19,4 \text{ }^\circ\text{C}$, das entsprechende max. Tagesmittel bei $21,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Im heissen Jahr 2003 lag der Jahresdurchschnitt entlang der Aare unterhalb des Bielersees erstmals deutlich über $13 \text{ }^\circ\text{C}$ [AfU SO, 2008] [HARI, R & H. GÜTTINGER 2004], kurz vor der Mündung der Aare in den Hochrhein sogar bei $14 \text{ }^\circ\text{C}$. Der niedrigste Jahresdurchschnitt innerhalb der letzten Messperiode der Landeshydrologie lag bei $10,4 \text{ }^\circ\text{C}$ (1970). In der unteren Aare war in den letzten anderthalb Jahrzehnten eine tendenzielle Erhöhung der durchschnittlichen Wassertemperaturen festzustellen (Daten Landeshydrologie, BASLER & HOFFMANN 2011). Sie lag damals sogar über ($+2 \text{ }^\circ\text{C}$) derjenigen im Hochrhein.

An der Messstelle Felsenau findet man in den historischen Messwerten auch die grössten Temperaturamplituden innerhalb der Aare. Im Betrachtungszeitraum 1970 - 2012 (BAFU 2012) lagen die Minimaltemperaturen bei $2,0 \text{ }^\circ\text{C}$ (1971) und $2,8 \text{ }^\circ\text{C}$ (1970, 71 und 85); Ende Februar 2012 wurden sogar noch einmal $2,6 \text{ }^\circ\text{C}$ erreicht. Die Verhältnisse zu diesem Zeitpunkt konnten im Rahmen einer unserer Restwasser-Untersuchungen festgehalten werden (Abb. 5.18). Die höchsten Messwerte lagen bei $26,2 \text{ }^\circ\text{C}$ im heissen Sommer 2003. Im Jahr 2012 wurde die grösste Temperaturamplitude mit $22,5 \text{ }^\circ\text{C}$ dokumentiert.

Der Temperaturverlauf der Aare während des laufenden Monitoringprogramms spiegelt recht gut diese Charakteristik wieder (Abb. 2.10). Während tiefe Temperaturen noch weitgehend abgepuffert werden, spielen langanhaltende hohe Wassertemperaturen, die z.T. mehr als 90 Tage über $20 \text{ }^\circ\text{C}$ liegen, eine immer grössere Rolle für die aquatischen Lebensgemeinschaften der Aare. Hinzu kommt, dass Rückzugsgebiete für kälteliebende Arten, wie sie früher in den vielen von kaltem Grundwasser beeinflussten Auengewässern existiert haben, heute weitgehend fehlen.

Das Hauptprogramm des Monitorings wurde bei Wassertemperaturen um $5\text{-}7 \text{ }^\circ\text{C}$ durchgeführt. Im Rahmen des Sonderprogramms Restwasser wurden sowohl sehr niedrige als auch sehr hohe Wassertemperaturen repräsentiert.

2.4.3 Chemische Wasserqualität

Die Wasserqualität der Aare wird durch die kantonalen Gewässerschutzfachstellen regelmässig untersucht. Ammonium und Nitrit können unter gewissen Voraussetzungen als Fischgift wirken. Hohe Gehalte an Nitrat beeinträchtigen die Nutzung als Trinkwasser. Phosphat und Gesamtphosphor können eine Veralgung und Verkräutung des Gewässers fördern. Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) gilt als Indikator für die Summe der organischen Belastung. Die Beurteilung erfolgt nach den Vorgaben des Bundes gemäss Modul-Stufen-Konzept anhand des 90%-Perzils von zwölf Stichproben pro Jahr. Die chemischen Untersuchungen an den Stellen Biel, Büren an der Aare und Solothurn betreffen den Abschnitt A, die Stellen Murgenthal und Aarau den Abschnitt B und die Stelle Felsenau den Abschnitt C der Aare. Tabelle 2.4 vergleicht die Wasserqualität während der aktuellen biologischen Untersuchung 2011/12 und der früheren Untersuchung 2001/02.

Tab. 2.4: Beurteilung der Wasserqualität der Aare durch die kantonalen Gewässerschutzfachstellen gemäss Modul-Stufen-Konzept BAFU

blau: Zustand sehr gut; grün: Zustand gut; gelb: Zustand mässig; orange: Zustand unbefriedigend; rot: Zustand schlecht. Die Zielvorgaben für die Wasserqualität sind erfüllt für die Zustände blau und grün.

Parameter	Messstelle →						
	Periode	Biel	Büren a. A.	Solothurn	Murgenthal	Aarau	Felsenau
Ammonium	2001/02	blau	grün	grün	grün	grün	grün
	2011/12	blau	grün	grün	grün	grün	grün
Nitrat	2001/02	blau	grün	grün	grün	grün	grün
	2011/12	blau	grün	grün	grün	grün	grün
Nitrit	2001/02	blau	blau	grün	grün	gelb	gelb
	2011/12	grün	grün	grün	grün	grün	grün
Phosphat	2001/02	blau	blau	blau	grün	grün	blau
	2011/12	blau	blau	blau	blau	grün	grün
Gesamt-Phosphor	2001/02	blau	blau	blau	rot	orange	orange
	2011/12	blau	blau	blau	grün	grün	grün
DOC	2001/02	gelb	grün	grün	gelb	gelb	gelb
	2011/12	grün	grün	grün	grün	grün	grün

Die gesetzlichen Zielvorgaben für die Wasserqualität wurden in der Aare 2011/12 durchwegs erreicht. Beim Auslauf der Aare aus dem Bielersee (Biel) entspricht die Wasserqualität weitgehend einem sehr guten Zustand. Mit der Einleitung von gereinigtem Abwasser durch die verschiedenen Kläranlagen im Verlauf der Fließstrecke verschlechtert sich die Wasserqualität leicht.

Seit 2001/02 hat sich die Wasserqualität der Aare generell weiter verbessert, insbesondere beim Nitrit und Ammonium durch Ausbau verschiedener Kläranlagen zur Nitrifikation. Der DOC verringerte sich als Folge der Stilllegung einer grossen Zellulosefabrik bei Attisholz. Belastungen mit Gesamt-Phosphor infolge zufällig erfasster Hochwasserereignisse der Emme traten in den letzten Jahren seltener auf.

2.4.4 Sauerstoffregime

Zum Sauerstoffregime der unteren Aare existieren kontinuierliche Messdaten der NADUF (BAFU 2012) bei Brugg. Danach bestehen im Wasserkörper der Aare keine Hinweise auf ökologisch relevante zu niedrige oder zu hohe Sauerstoffwerte. Die im Rahmen verschiedener Programme gemessenen Werte liefern weitere Momentaufnahmen der Sauerstoffcharakteristik. Im Rahmen unserer Untersuchungen gemessene O₂-Werte an den Hauptuntersuchungsstellen (Probstellentafeln im Anhang), aber auch innerhalb der Restwasserstrecken (Kap. 5.45) lagen allesamt im biologisch unbedenklichen Rahmen (Konzentration >> 6 mg/l). Allein an einer Probestelle innerhalb eines Nebenarms der Aare im Gösger Schachen war der Grundwassereinfluss so stark, dass die Sauerstoffwerte knapp unter 6 mg/l sanken. Es ist allerdings nicht auszuschliessen, dass es lokal – z.B. innerhalb von Staubereichen mit stärkerem Pflanzenbewuchs und starken Schlamm-/ Detritusablagerungen – zu reduzierenden Prozessen mit höherer Sauerstoffzehrung oder O₂-Übersättigung aufgrund von Veralgung kommt.

2.4.5 Feststoffhaushalt

Geschiebedefizite und Aareeintiefung

Die Aare vor der ersten Juragewässerkorrektur (1868-91) kann als flussmorphologisch aktiver Mittellandfluss mit regelmässigem und kontinuierlichem Geschiebetrieb charakterisiert werden.

Allein die Emme lieferte eine durchschnittliche jährliche Geschiebefracht von mindestens 15'000 m³ bis 20'000 m³. Dem Gesamtlauf der Aare wurden 40'000 m³ bis 50'000 m³/Jahr zugeführt.

Im 20. Jahrhundert hat die Geschiebezufuhr in der Aare massiv abgenommen. Der Bau der Aarekraftwerke mit Stauwehren führte anfänglich zu einem vollständigen Geschieberückhalt in den Stauwurzeln. Parallel zu den Verlandungsprozessen in den Staustufen herrschte aareabwärts ein Geschiebedefizit, das zur Folge hatte, dass sich die Aare langsam eintiefte. Neben den Stauwehren sind v.a. die unterbundenen Geschiebefrachten aus den Seitengewässern massgeblich (Geschiebesammler und Entnahmen in der Emmemündung / Siggern / Wigger / Reuss etc.). Zeitweise betrug deshalb die Geschiebeführung der Aare weniger als 1000 m³/Jahr, davon ca. 500 m³/Jahr aus der Wigger, die als einziger bedeutender Geschiebelieferant übrigblieb (BASLER & HOFFMANN 2011). Nach einer Massnahmenumsetzungen bringt die Wigger aktuell wieder 2500-3000 m³/a.

Viele Stauwehre sind zwar für Geschiebe passierbar, Endstationen sind jedoch noch immer Flumenthal, Bannwil, Ruppoldingen und Klingnau. Anlässlich der interkantonalen Aareplanung zur Sanierung des Geschiebetriebes werden derzeit entscheidende Grundlagen zur weiteren Verbesserung der Situation erarbeitet (Zwischenbericht voraussichtlich im März 2014).

Geschiebezugaben

Für die Verbesserung der Lebensraumverhältnisse wurden durch die interkantonale Begleitgruppe "Geschiebetrieb Aare" Massnahmen zur Reaktivierung des Geschiebehaushalts erarbeitet. Bisherige Massnahmen sind die Schüttung von Kiesbänken unterhalb Solothurn bei Deitingen und Aarwangen sowie das Einstellen der Kiesentnahme an der Wiggermündung und an der Wigger bei Dagmersellen zu nennen. Hinzu kommen vor allem im untersten aargauischen Aareabschnitt Renaturierungs- und Reaktivierungsmassnahmen, die für eine weitere Geschiebe-Mobilisierung gesorgt haben (Tab. 2.5).

Tab. 2.5: Aktuelle Geschiebezugaben und Geschiebemanagement in der Aare unterhalb des Bielersees 1999 - 2013

Quelle: Bekannte Massnahmen der Wasserbau-, Umwelt- und Fischereifachstellen der Kantone BE, SO und AG

Jahre	Ort	Kanton	eingebraachte Kiesmenge	reaktivierte Kiesmenge (Menge oder Fläche)
1999	KW Beznau, Restwasserstrecke	Aargau	13 000 m ³	
2000	KW Rüchling, Restwasserstrecke	Bern	600 m ³	
2000	Übersetzstelle Wildegg-Auenstein	Aargau	370 m ³	
2002	KW Beznau, Restwasserstrecke		6000 m ³	
2005	Deitingen, Wangen	Bern	12 000 m ³	
jährlich seit 2005	Deitingen-Russbachmündung	Solothurn		ca. 50 m ³
jährlich seit 2005	Flumenthal-Siggernmündung	Solothurn		350 m ³
2005	Aarwangen (Risi)	Bern	11 000 m ³	
2006	KW Ruppertswil, Auenstein	Aargau	300 m ³	
2006	RW Wildegg-Brugg, Villnacher Schachen	Aargau		1000 m ² (Lockerung)
2006	Vogelsang (Brugg)	Aargau		1120 m ² (Lockerung)
2006	Lauffohr (Brugg)	Aargau	?	
2007	KW Rühlig, Öffnung Freykanal	Aargau	2000 m ³	
2007	RW Wildegg-Brugg, Villnacher Schachen	Aargau		4000 m ² (Lockerung)
2007	KW Ruppertswil, Auenstein, RW-Strecke	Aargau	4000 m ³	
2007	Zw. Aarburg und Wiggermündung	Aargau	Kiesschüttung	
2008	KW Ruppertswil, Auenstein, RW-Strecke	Aargau	1500 m ³	
2008	Beznau, uh. Einlauf KKW	Aargau		Lockerung Fläche ??
2009	KW Ruppertswil, Auenstein, RW-Strecke	Aargau	1500 m ³	
2010	KW Stoppel (Limmatmdg.), RW-Strecke	Aargau	4000 m ³	
2010	Brugg-Stilli, Reussmündung	Aargau		16 500 m ³
2010	Deitigen	Bern	(?) 3 800 m ³	
2010	Aarwangen-Risi, Bannwil	Bern	10 000 m ³	
2009 bis 2012	Ruppertswil	Aargau	50 000 m ³	
2012	Stoppelinsel Stilli	Aargau		6000 m ²
2013	Aarwangen-Risi, Bannwil	Bern	10 000 m ³ (in Vorbereitung)	

Im Bereich der Reussmündung, wo 2010 grosse Mengen Kies umgelagert wurden (Tab. 2.5), erfolgte im April 2011 eine Erfolgskontrolle anhand von Äschenlarven (RIPPMANN 2011). Auch für die Geschiebeschüttungen bei Deitingen und Risi liegen Erfolgskontrollen vor (RIPPMANN

2011). Die neuen technischen Möglichkeiten einiger Flusskraftwerke erlauben darüber hinaus nun auch wieder eine Geschiebweiterleitung innerhalb bestimmter Aarestrecken. Insgesamt haben die bisher umgesetzten Massnahmen allerdings nur zu einer geringen Erhöhung der Geschiebeführung in der Aare geführt. Weitergehende Massnahmen sind noch ausstehend resp. noch nicht realisiert worden. In diesem Zusammenhang dürfte aber in den kommenden Jahren die Interkantonale Planung, Teilprojekt Geschiebesanierung, eine entscheidende Rolle spielen.

Kolmationen

Eine der Folgen des Geschieberückhalts sind ausgeprägten Sohleneintiefungen und Kolmationen in der Hauptrinne. Unterhalb des KW Bannwil ist z.B. die vollständige Ausräumung des Gerinnes im Gang und bis heute weit fortgeschritten. In den freifliessenden Aareabschnitten, aber auch in den längeren Restwasserstrecken zwischen Olten und Brugg, zeigt sich eine langsam fortschreitende Eintiefungstendenz, verbunden mit der Kolmation der Gewässersohle sowie der Unterspülung von Uferbefestigungen (BASLER & HOFFMANN 2011).

Trübstoffe

Da die Aare im Referenz-Zustand stärkere Turbulenzen aufwies, war sie generell eher mit Schwebstoffen durchsetzt und wies zumindest in der Hauptrinne eine stärkere Trübung durch Kleinstmineralien auf als heute. Eine Trübung durch Algen dürfte hingegen eher schwächer als heute gewesen sein. In den Flussauen, die zudem von Grundwasseraustritten geprägt waren, war die Trübung ursprünglich sicher deutlich geringer als im Hauptgerinne.

Heute ist die Trübung im Hauptgerinne der Aare – abgesehen von Hochwasserabflüssen – etwa zwischen Juni und darauffolgendem April meist gering. Trübung durch die Entwicklung Algenplankton wird durch die Staustufen zwar begünstigt, ist aber ebenfalls unerheblich oder nicht vorhanden (vgl. Kap. 2.4.6). In den längeren Restwassergerinnen fehlt durch die längere Aufenthaltsdauer des Wasserkörpers eine Trübung stellenweise fast ganz. Im Frühjahr und Frühsommer werden Trübstoffe aus der Schneeschmelze sogar über den Puffer Bielersee geleitet und führen zu höheren Trübungswerten.

2.4.6 Kieselalgen als biologische Indikatoren für die Wasserqualität

Die Ergebnisse der Kieselalgen-Untersuchungen geben keinen Hinweis auf ökologische relevante Belastungen der Wasserqualität in der Aare. Für die vorliegende Auswertung wurde pro Transektstelle eine Probe ausgewählt, wobei möglichst diejenige des Talweges oder der tiefsten Stelle verwendet wurde. Präparation und Zählung wurden der Firma AquaPlus (Zug) in Auftrag gegeben und in einem separaten Fachbericht besprochen. Tabelle 2.6 zeigt die Auswahl der 11 Stellen und Angaben zum Fliesstyp, zur Wassertiefe und zu den Strömungsverhältnissen.

Tab. 2.6: Auswahl der Kieselalgenproben an den Benthosprobstellen

Ort (Abkürzung)	Lokalität	Fliesstyp	Tiefe	Strömung
Nidau-Port (POR):	Ufer links	Seeauslauf	≤ 0.3m	0-10 cm/s
Arch (ARC):	Taucher Mitte	Talweg staubeeinflusst	5.0 m	10-20 cm/s
Wangen (WAN):	Taucher Mitte	Talweg, staubeeinflusst	4.6 m	40 cm/s
Wynau (WYN):	Stelle S3	Riffle, freifliessend	0.3-0.4 m	120 cm/s
Aarburg (AAB):	Stelle S1	Talweg, freifliessend	0.2-0.4 m	30-60 cm/s
Olten (OLT):	Taucher Mitte	Staubereich KW Gösgen	4 m	> 50 cm/s
Winznau (WIZ):	Stelle S2	Restwasserstrecke	0.3-0.6 m	40-80 cm/s
Villnacher Schachen (VIL):	Stelle S1	Restwasserstrecke	0.1-0.2 m	30 cm/s
Brugg (BRU):	Taucher Mitte	Talweg, freifliessend	5.5 m	50-100 cm/s
Stilli (STI):	Taucher Mitte	Talweg, freifliessend	3.5 m	80-100 cm/s
Felsenau (FEL):	Taucher Mitte	nach Klingnauer Stausee	ca 1.0 m	100 cm/s

Vergleich zur Kampagne 2001/02

Der Vergleich mit den Aareproben der Jahre 2001/02 mit 2012 ist der Abb. 2.11 zu entnehmen. Im Jahr 2012 hat sich der Indexwert der tiefen Sohle insgesamt an acht Stellen wenig bis deutlich respektive markant (Felsenau) verbessert und an drei Stellen wenig bis deutlich respektive markant (Arch) verschlechtert.

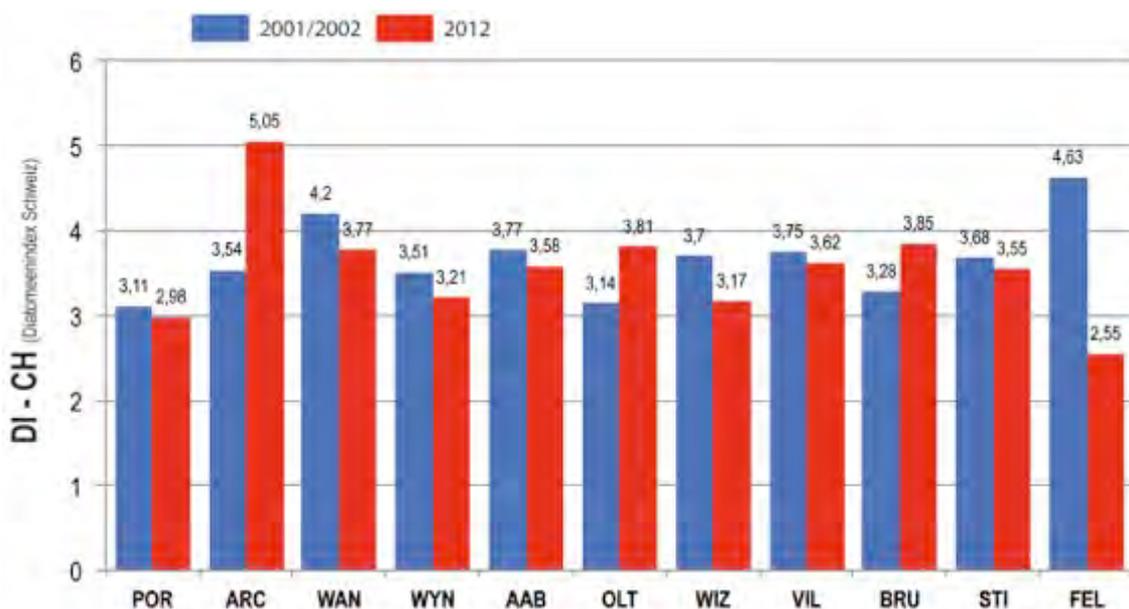


Abb 2.11: Biologisch indizierte Wasserqualität pro Transektstelle der Aare basierend auf den Kieselalgen und dem Indexwert DI-CH. Pro Transekt wurde die Stelle des Talweges ausgewählt.

Damit dürfte die biologisch indizierte Wasserqualität, zumindest was den Talweg der Aare angeht, etwas besser geworden sein. Es gilt aber zu bemerken, dass der Zustand am Ufer deutlich von demjenigen des Talweges abweichen kann. In Flüssen weisen die uferfernen und damit tieferen Stellen oft einen besseren Zustand auf wie die Ufer selber. Am Ufer ist es oft langsamer fließend und daher verschlammter, so dass entlang des Ufers mehr ökologische Nischen vorhanden sind mit einem höheren Anteil an organischen Substraten. Die grössten Änderungen erfolgten in Arch (tiefste Stelle deutlich schlechter) sowie in Felsenau (tiefste Stelle markant besser). Bei den anderen Stellen in Nidau-Port sowie von Wangen bis Stilli sind die Zustände bezüglich des Talweges ähnlich wie im Jahr 2001/02.

Artenvielfalt

Die Kieselalgen-Lebensgemeinschaften wiesen über alle 11 Transektstellen hinweg 81 Taxa auf. Die artenreichste Probe war mit 38 Taxa erwartungsgemäss die Stelle bei Port. Seeausflüsse weisen meistens deutlich mehr als 30 Taxa auf. Bei den anderen Stellen war die Taxazahl wenig bis deutlich geringer, nämlich zwischen 11 und 36 Taxa. Tiefe Taxazahlen (< 20 Taxa) wiesen diejenigen Stellen auf, bei welchen die drei häufigsten Taxa einen hohen Anteil von rund 70 % relative Häufigkeit (rH) und mehr einnahmen. Es sind dies die Stellen Arch, Wangen und Felsenau.

Dominierende Arten

An allen 11 Stellen kamen nur fünf dominierende Taxa vor. Diese fünf Taxa erreichten alle mindestens an einer Stelle 10 % rH. Zusammen wiesen diese fünf Taxa pro Probe einen Anteil zwischen 38 % und 95 % an der Lebensgemeinschaft auf. Es waren dies in der Schweiz in Fließgewässern häufig gefundene Arten: *Achnanthes biasolettiana*, *A. minutissima*, *Achnantheidium pfisteri*, *Amphora pediculus* und *Cocconeis placentula* var. *euglypta*. Diese Arten sind typische Bewohner der Fließgewässer. *Amphora pediculus* toleriert erhöhte organische Belastungen und *Achnanthes biasolettiana* meidet solche und tritt mit mehr als 10 % rH meistens nur auf, wenn die chemischen Zielvorgaben eingehalten werden. Das Taxon *Cocconeis placentula* tritt demgegenüber gemäss unseren Erfahrungen oft epiphytisch auf Fadenalgen (z. B. Grünalge *Cladophora* sp.) auf.

Plankter

Im Fliessverlauf betrug der Anteil an planktischen Algen nie mehr als 4 % rH. Der grösste Anteil war mit 4 % rH an der Stelle Stilli (Mündung Limmat und Reuss) sowie mit 1 % rH an der Stelle Nidau-Port (Bielersee).

Abwasserarten

Im Fliessverlauf war der Anteil der Abwasserarten – das sind Arten, welche erhöhte organische Belastungen tolerieren (D-Wert ≥ 5) – sehr unterschiedlich. Unerwartet hoch war er mit 70 % Anteil an der Stelle Arch (Taucher Mitte, staubeeinflusst). Ebenfalls erhöht mit knapp 50 % rH und mehr war der Anteil an Abwasserarten in den beiden anderen staubeeinflussten Abschnitten Wangen und Olten. An diesen staubeeinflussten Stellen dürfte die Sohlenmitte im Vergleich zu freifliessenden Stellen eher verschlammte sein und damit auch mit organischen Stoffen angereichert. Zudem sind Stauräume auch Orte der Akkumulation, wo Feinsedimente und abgestorbene Algen (Fadenalgen mit epiphytischen Kieselalgen, generell Kieselalgenschalen) sedimentieren.

Biologisch indizierte Wasserqualität (DI-CH)

Die Kieselalgen-Lebensgemeinschaften indizieren in der Aare mit einer Ausnahme eine gute bis sehr gute Wasserqualität. Die Indexwerte bewegen sich um die Klassengrenze von 3.5, welche die beiden Zustandsklassen ‚sehr gut‘ und ‚gut‘ abgrenzt. Dies entspricht in etwa dem Median von 3.6 (Datenbasis: Datenbank BIS AquaPlus AG, 4'830 Kieselalgen-Zähllisten). Einzig an der Stelle Arch (Taucher Mitte) war der DI-CH-Wert mit einem Indexwert von 5.0 sehr hoch. Dieser Indexwert wird vor allem durch die Arten *Amphora pediculus*, *Navicula seminulum* und *N. minima* geprägt sowie dem geringen Anteil an Arten mit einem D-Wert von ≤ 2 (z. B. *Achnanthes biasoletiana*).

Vergleich mit anderen Fliessgewässern

Die Berechnung der Ähnlichkeit zwischen den Aarestellen und einem Datensatz 6'593 Zähllisten zeigt, dass die 10 besten Analoga sich alle auch im Mittelland befinden. Mit der Ausnahme der Stelle Arch wiesen alle anderen Stellen unter den 10 besten Analoga immer ein bis drei Aarestellen sowie weitere Stellen grosser Flüsse (Reuss, Limmat, Thur, Glatt ZH) auf. Die Aarestellen der 10 besten Analoga waren aber nicht zwingend nahe gelegene Stellen. Dies zeigt, dass die vorgefundenen Lebensgemeinschaften und insbesondere die dominierenden Arten für Flüsse typisch sind, verbreitet in der Aare vorkommen und nicht nur lokal an gewissen Stellen.

Bei der Stelle Stilli waren von den 10 besten Analoga deren fünf von der Reuss und je eines von der Aare und der Limmat. Damit zeigt sich, dass die an der Stelle Stili vorgefundene Lebensgemeinschaft durch die Zuflüsse Reuss und Limmat mitgeprägt wird. An der Stelle Arch waren die 10 besten Analoga Proben von Mittellandbächen, welche sich z. T. nach Abwasseranlagen befanden. Die DI-CH-Werte dieser 10 besten Analoga betragen im besten Falle 4.1 und im schlechtesten Falle 6.3.

3 Die Benthosbesiedlung der Aare

1998 wurden die bisherigen Kenntnisse zur Benthosbesiedlung der Aare unterhalb des Bielersees in einer Literaturstudie zusammengestellt und bewertet (ORTLEPP & GERSTER 1998). 2001/02 wurde die erste koordinierte Benthosuntersuchung über den gesamten Aareabschnitt unterhalb Bielersee durchgeführt (ORTLEPP & REY 2003). Die Untersuchungen erfolgten im Herbst 2001 und im Frühjahr 2002 an 11 Transekten. Ergänzend wurden an ca. 50 Stellen zwischen den Transekten und in Zuflüssen weitere Benthosproben gesammelt. Im März 2012 wurden die Benthosuntersuchungen an den gleichen Transekten wiederholt. An einigen Stellen wurden zur Abklärung spezieller Fragestellungen auch zu anderen Zeitpunkten zwischen November 2011 und März 2013 weitere Benthosuntersuchungen durchgeführt. Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser Untersuchungen dargestellt, ihre Aussagekraft, der Einfluss saisonaler Phänomene und erkennbare Veränderungen an der Benthosbesiedlung dieses Aareabschnittes diskutiert.

3.1 Besiedlungsverhältnisse an den Flussquerschnitten

Die Besiedlungsverhältnisse an den einzelnen Flussquerschnitten wurden im Rahmen der Untersuchungskampagne meist nur einmalig im März 2012 untersucht. In Teilbereichen der Transekte Arch, Wynau und Brugg erfolgte im Rahmen des Sonderprogramms Saisonalität eine zusätzliche Untersuchung im November 2011, bei Wynau im Herbst 2012 und bei Wynau und Aarburg im Frühjahr 2013.

3.1.1 Taxazahlen

In der Aare unterhalb des Bielersees wurden im März 2012 insgesamt 159 Benthostaxa nachgewiesen. Dabei gingen die Zuckmücken (Chironomidae) und die Würmer (Oligochaeta), zwei Taxa mit arten- und individuenreichen Vorkommen, meist nur mit ihren Unterfamilien bzw. Familien in die Zählung ein. Die Taxazahlen an den einzelnen Transekten lagen im März 2013 zwischen 44 (Nidau) und 82 Taxa (Villnachern; Abb. 3.1). Bei den zusätzlichen saisonalen Untersuchungen wurden 6 weitere Taxa erfasst, so dass für den gesamten Untersuchungszeitraum 165 Taxa nachgewiesen wurden.

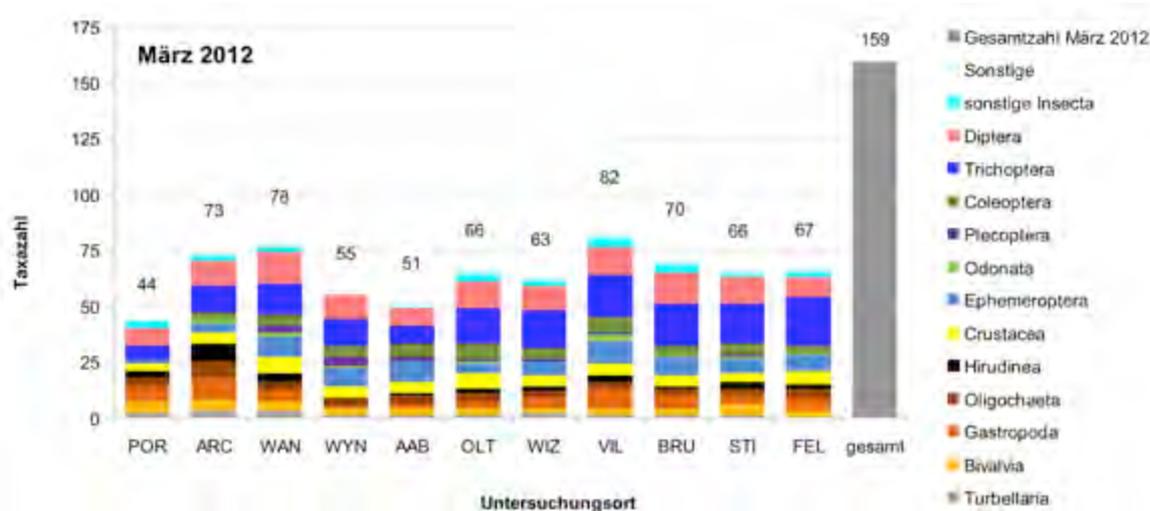


Abb 3.1: Taxazusammensetzung und -zahlen an den Aaretransekten im März 2012.

Die Chironomiden (Zuckmücken) gehen hier nur als ein Taxon ein. Die Taxa-Gesamtzahl für sämtliche Untersuchungsstellen lag im März 2012 bei 159 Taxa, für die Untersuchungen von 2011 bis 2013 bei 165 Taxa.

3.1.2 Besiedlungsdichten

Die Benthosdichten an den Transekten der Hauptuntersuchung lagen zwischen 2'000 und 9'000 Ind/m² (Abb. 3.2). An den einzelnen Probestellen wurden bis über 15'000 Ind./m² gefunden. Die hohen Werte werden meist durch eine dichte Besiedlung mit Zuckmücken erreicht. Die Besiedlungsdichten in der Aare während der Hauptuntersuchung sind überwiegend als gering bis sehr gering einzustufen. Untersuchungen an einzelnen Stellen zu anderen Zeitpunkten ergaben deutlich höhere Besiedlungsdichten (Kap. 3.3).

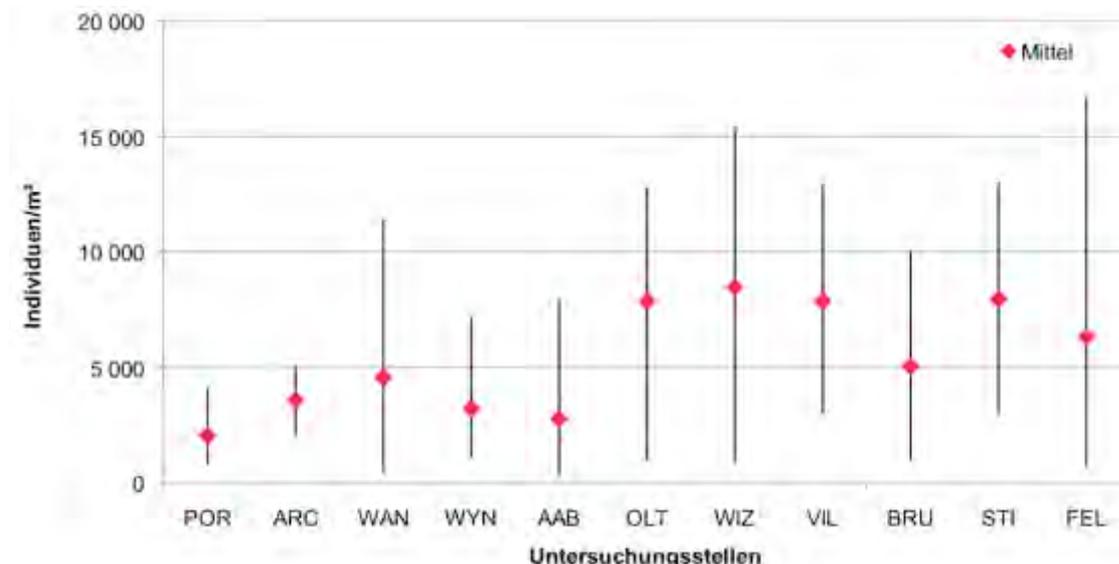


Abb. 3.2: Spannweite der Individuendichten (Minimum, Mittelwert und Maximum) an den einzelnen Untersuchungsstellen Hauptuntersuchung, März 2012

3.1.3 Zusammensetzung der Besiedlung

Die Benthoszusammensetzung während der Hauptuntersuchung war an den einzelnen Untersuchungsstellen sehr verschieden (Abb. 3.3a und b). An den meisten Transekten stellten die Zuckmücken (Chironomidae) die grösste Gruppe, bei Wynau, Aarburg und Winznau über 80% der Gesamtbesiedlung. Ähnlich ‚einseitig‘ besiedelt ist der Transekt Nidau, wo die Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*) über 60% der Besiedlung ausmacht. Bei den übrigen Transekten sind die Anteile der taxonomischen Grossgruppen ausgeglichener. In Arch und Wangen traten die Weichtiere (Mollusca) und Würmer (Oligochaeta) stark in Erscheinung, von Brugg bis Felsenau, aber auch in Arch bildeten Krebstiere einen grossen Anteil (Crustacea: Asseln und Flohkrebse).

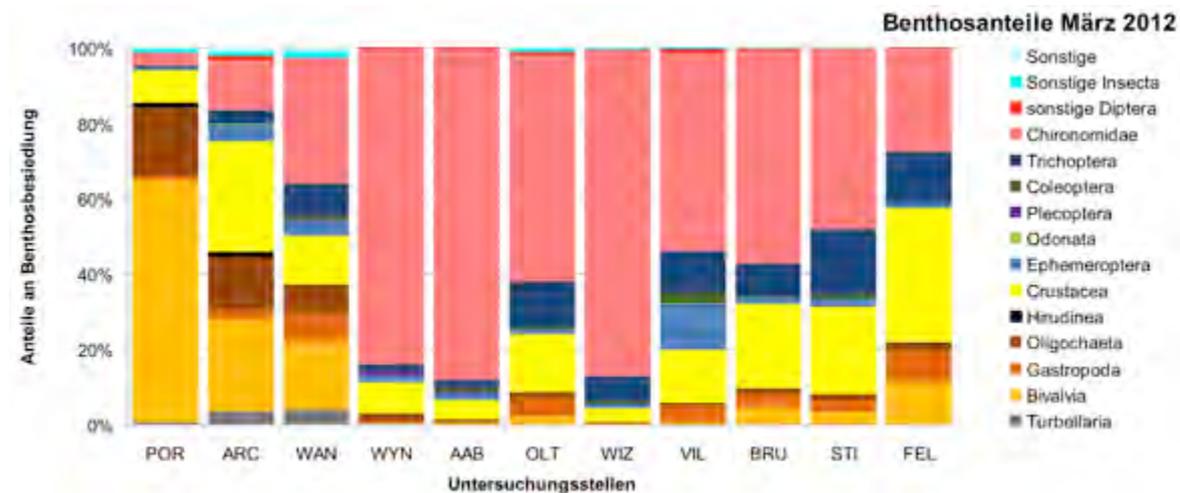


Abb. 3.3a: Mittlere Benthoszusammensetzung (% der Grossgruppen) an den Aaretransekten im März 2012

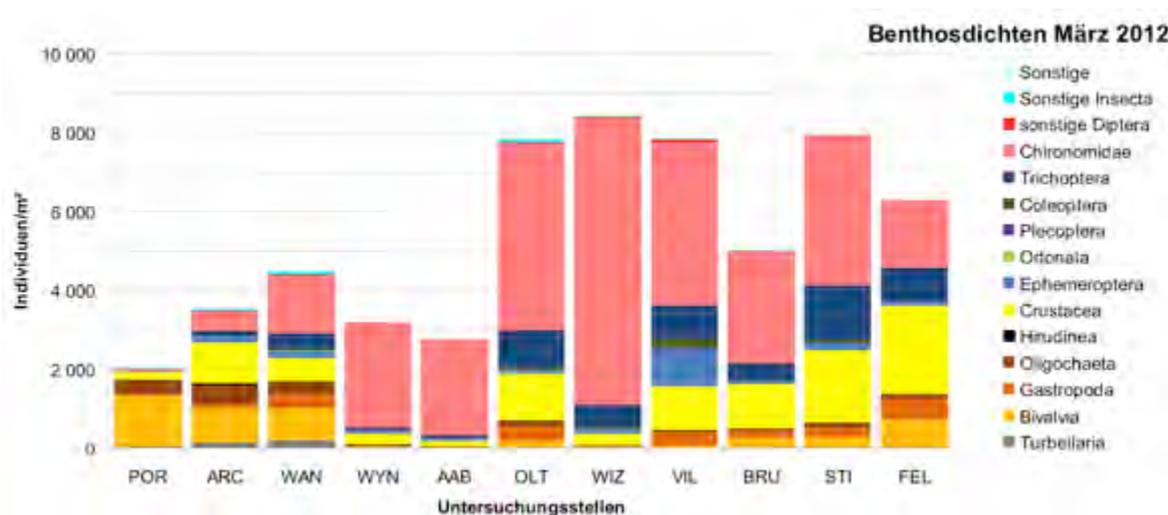


Abb. 3.3b: Mittlere absolute Dichten der Grossgruppen an den Aaretransekten im März 2012

3.1.4 Typische Arten

Die Aare unterhalb des Bielersees ist kein einheitliches Gewässer, sondern setzt sich aus Gewässerstrecken unterschiedlichen Charakters zusammen. Diese Strecken besitzen zum Teil natürlicherweise einen eigenen Charakter, zum Teil haben sie jedoch durch nutzungsbedingte Umgestaltungen ihren heutigen Charakter erhalten. Im Wesentlichen sind zu unterscheiden (in Klammer: zugehörige Untersuchungsstellen):

- Seeabflussstrecken unterhalb des Bielersees und im Unterlauf unterhalb des Klingnauer Stausees (Nidau, Arch, Felsenau);
- Strecken mit geringem Gefälle (heute zusätzlich eingestaut) vom Nidau-Büren-Kanal bis Wangen (Arch, Wangen);
- Freifliessende, naturnahe Strecken mit flachem Querschnitt, Vollabfluss und deutlichem Gefälle (Wynau, Aarburg);
- Restwasserstrecken (Gösgen, Villnachern);
- Strecken mit Vollabfluss z.T. im Staubereich von Ausleitungen oder Flusskraftwerken mit tiefem Querschnitt (Wangen, Olten, Brugg, Stilli).

Die meisten Benthosarten der Aare lassen sich in allen Flussabschnitten finden, wenn auch manchmal nur in geringer Zahl. Eine Ausnahme stellt die Seeabflussstrecke dar, in der viele Arten mit hohen Strömungspferenzen fehlen. Eine Auswahl der wichtigsten typischen Aare-Taxa wird mit ihrer jeweiligen Verbreitung in Kapitel 3.4.5 vorgestellt.

3.1.5 Seltene Arten

Im Rahmen der Untersuchungen an der Aare unterhalb des Bielersees wurden 2011 bis 2013 wie bereits bei der Kampagne 2001/2002 einige Arten nachgewiesen, die in schweizerischen Gewässern bisher nicht oder nur selten gefunden wurde (Tab. 3.1).

Die meisten der seltenen oder neuen Arten sind Arten der ruhigeren Gewässerbereiche oder des Stillwassers. Viele der Arten, die bei der Kampagne 2001/02 gefundenen worden waren, konnten 2011-13 nicht mehr gefunden werden. Dies dürfte vor allem an der wesentlich geringeren Zahl von Untersuchungsstellen mit weitgehender Beschränkung auf typische Gewässerabschnitte sowie der Reduktion des zeitlichen Untersuchungsfensters liegen.

Tab. 3.1: Erstnachweise oder Nachweise seltener Arten für die Schweiz im Rahmen der Benthosuntersuchungen der Aare 2001/02 und 2011-13. RL = Art der Roten Liste der Schweiz (und Gefährdungsgrad).

	Fundort		Bemerkungen
	2001/2002	2011-2013	
für die Schweiz neue Arten:			
<i>Synurella ambulans</i> (Gammaridea: Crangonyctidae) *	Zuchwil, Olten	Wangen, Olten	
<i>Baetis pentaplebedes</i> (Ephemeroptera: Baetidae) **	Felsenau	-	
<i>Alboglossiphonia hyalina</i> (Hirudinea: Glossiphoniidae) ***	-	Wangen, Wynau	
<i>Batracobdella euxina</i> (Hirudinea: Glossiphoniidae) ***	-	Nidau, Wangen, Winznau	ev. bislang übersehen (1995 beschrieben, erst 4. Fund weltweit).
<i>Italobdella ciosi</i> (Hirudinea: Piscicolidae) ***	-	Arch	eventuell bislang übersehen (1993 beschrieben)
in der Schweiz selten gefundene Arten:			
<i>Gyraulus acronicus</i> (RL: 1; Gastropoda: Planorbidae)	Arch	-	
<i>Glossiphonia nebulosa</i> (Hirudinea: Glossiphoniidae)	Arch, Stilli	-	
<i>Glossiphonia paludosa</i> (Hirudinea: Glossiphoniidae)	-	Winznau	
<i>Baetis buceratus</i> (RL: 1; Ephemeroptera: Baetidae)	Mündungsbereich der Limmat		
<i>Baetis liebenauae</i> (Ephemeroptera: Baetidae)	Mündungsbereich der Suhre		
<i>Onychogomphus forcipatus</i> (RL: 2; Odonata: Gomphidae)	Stilli		
<i>Gomphus pulchellus</i> (RL: 3; Odonata: Gomphidae)	Arch		
<i>Leuctra geniculata</i> (Plecoptera: Leuctridae)	Mündungsbereich von Bünz/Aabach		
<i>Stenelmis canaliculata</i> (Coleoptera: Elmidae)	Aarburg, Umiker Schachen, Stilli, Felsenau		
* MÜRLE U., WEBER B. & ORTLEPP J. (2003): <i>Synurella ambulans</i> (Amphipoda: Crangonyctidae) in der Aare/Rhein. – <i>Lauterbornia</i> 48: 61-66, Dinkelscherben			
** WAGNER A., MÜRLE U. & ORTLEPP J. (2011): <i>Baetis pentaplebedes</i> Ujhelyi, 1966, (Ephemeroptera: Baetidae) une espèce nouvelle pour la faune de Suisse. – <i>Bulletin de la Société Entomologique Suisse</i> 84 (1-2): 35-44			
*** JUEG U. & MÜRLE U. (2013 accepted): Nachweise von <i>Batracobdella euxina</i> Neubert & Nesemann, 1995 (Hirudinea, Glossiphoniidae) in der Schweiz. – <i>Lauterbornia</i> , accepted			

Die drei erstmals für die Schweiz nachgewiesenen Egelarten waren in den konservierten Proben von 2001/02 auch bei nochmaliger Durchsicht nicht aufzufinden. Sie sind möglicherweise Neueinwanderer in die Schweizer Gewässer, wie auch der sicher neozoische *Caspiobdella fadejewi* (Kaspischer Fischegel, bei Stilli), der bereits aus Hochrhein und Bodensee bekannt ist. Neueinwanderer könnte vor allem *Alboglossiphonia hyalina* sein, eine Art, die schon lange bekannt ist. Dagegen wurden *Italobdella ciosi* erst 1993, *Batracobdella euxina* erst 1995 beschrieben. *Italobdella ciosi* ist in Europa weit verbreitet und aus Norditalien, Polen und Deutschland bekannt. Es ist wahrscheinlich, dass diese Art in früheren Untersuchungen nicht erkannt wurde. *Batracobdella euxina* ist bislang erst dreimal zuvor gefunden worden: zweimal in der Türkei, einmal in Rumänien. Hier wäre es sehr interessant, wenn weiteres fixiertes Material früherer Untersuchungen aus dem Gebiet noch zugänglich wäre.

3.2 Vergleich der Besiedlung im Längsverlauf der Aare

Nach Gefälletyp und Wasserführung können drei deutlich unterschiedliche Flussabschnitte unterschieden werden:

- Vom Seeausfluss bei Biel bis zur Emmemündung besitzt die Aare ein sehr geringes Gefälle. Das Sohlssubstrat ist überwiegend sandig bis kiesig.
- Von der Emmemündung an nehmen Wasserführung und Gefälle zu, das Sohlssubstrat ist kiesig bis steinig, das Gefälle wird durch mehrere Ausleitungskraftwerke genutzt.
- Unterhalb Brugg münden auf kurzer Strecke Reuss und Limmat in die Aare, wodurch der Abfluss deutlich erhöht wird (um 30-100%).

3.2.1 Bielersee bis zur Emmemündung

Die Aare besitzt unterhalb des Bielersees bis Wangen ein geringes Gefälle und ist fast durchgehend eingestaut. Das Sohlssubstrat ist oft feinkiesig bis sandig. Die Ufer sind meist befestigt oder natürlicherweise steil abfallend. Am Auslauf des Bielersees ist die Besiedlung vor allem von

Muscheln und Würmern geprägt. Diese Gruppen gehen flussabwärts zugunsten der Flohkrebse, Asseln und Insekten zurück. Bei Arch stellen letztere Gruppen bereits 50% der Besiedlung, bei Wangen erreichen die Insekten allein bereits 50%. Gleichzeitig nimmt die Besiedlungsdichte zu.

Nidau: Die Benthosbesiedlung ist sehr eintönig sowie arten- und individuenarm (ca. 2000 Ind./m²). Hauptbesiedler sind Schnecken, Muscheln, verschiedene Würmer und Egel. Deutlich seltener sind die Flohkrebse und Insekten. Einen wesentlichen Anteil machen die Neueinwanderer aus (70%): Wandermuschel (60%), Körbchenmuschel, der Wurm *Quistadrilus multisetosus* und der Höckerflohkrebs. Die meisten der gefundenen Arten sind Bewohner des schlammig-sandigen Untergrundes oder der strömungsarmen Lücken im Blockwurf. Filtrierer, die eigentlich die typische Besiedlung eines Seeabflusses ausmachen, sind nur durch die Muscheln vertreten; anderen Arten fehlen stabile Substrate mit ausreichender Strömung, vor allem auf der häufig umgelagerten schillbedeckten Kanalsohle.

Arch: Der Flussabschnitt ist ähnlich wie der Nidau-Bühren-Kanal hauptsächlich von Arten ruhig strömender Gewässer bewohnt. Der Fluss ist hier aber wesentlich artenreicher und dichter besiedelt (3500 Ind./m²), da sowohl die Flusssohle wie auch die Uferbereiche viele unterschiedliche kleinräumige Habitate bieten. Hier kommen jetzt auch die Filtrierer der Seeabflussbiozönose mit der netzbauenden Köcherfliege *Neureclipsis bimaculata* häufiger vor. Schnecken, Muscheln und Würmer machen nur noch knapp die Hälfte der Besiedlung aus, während Flohkrebse, Asseln und Insekten die andere Hälfte stellen.

3.2.2 Wangen bis Brugg

Dieser Gewässerabschnitt ist durch ein stärkeres Gefälle charakterisiert und der Seeabflusscharakter geht unterhalb der Emmemündung deutlich zurück. Der Abschnitt umfasst drei Gewässertypen:

- Freifliessende, naturnahe Strecken (Wynau, Aarburg) mit sehr starker Strömung und einem breiten, flachen Gewässerbett;
- Vollabflüsse im Rückstaubereich von Ausleitungswehren (Wangen und Olten) mit steilen Ufern und tiefem, gleichmässigem Querprofil;
- Restwasserstrecken unterhalb von Ausleitungswehren (Winznau und Villnachern) mit reduziertem Abfluss, reich strukturiertem Gewässerbett und einer Vielfalt von ausgeprägten Uferhabitaten.

Der Transekt Brugg zeigt Merkmale der ersten beiden Typen: er ist freifliessend und naturnah, hat aber sehr steile Ufer und ein tiefes, gleichmässiges Profil.

Wynau und Aarburg weisen auffällig geringe Besiedlungsdichten im Hauptgerinne auf. Auch die Artenzahl bleibt gering und die Besiedlung wird zu ca. 90% von Zuckmücken gestellt. Das Besiedlungsbild erinnert an eine Wiederbesiedlung nach einer Störung. Die Benthoszusammensetzung dieser Flussabschnitte wird durch die starke bis reissende Strömung bestimmt. Das kiesig-steinige Substrat wird häufig bewegt und stellt kein stabiles Siedlungshabitat dar. Auch die Ufer bieten wenig geschützte oder stabile Habitate, da sie je nach Wasserführung sehr unterschiedlich stark angeströmt werden, teilweise auch trocken fallen. Diese Bereiche werden, wenn sie überströmt sind, vor allem von Pionierorganismen wie den Zuckmückenlarven besiedelt. Auch ein dichter Algenbewuchs kann sich relativ schnell einstellen („eutrophierende Wirkung der Strömung“) und wird schnell so dick, dass ihn die flusstypischen Weidegänger (Heptageniidae unter den Eintagsfliegen, Flussnapfschnecke) nicht mehr nutzen können.

Die Stellen Wangen, Olten und Brugg sind recht gleichmässig durchströmt. Sie sind einander hinsichtlich ihrer Benthosbesiedlung recht ähnlich. Die unterschiedlichen Besiedlungsdichten ergeben sich vor allem aus einer verschieden starken Besiedlung durch Zuckmückenlarven. Bei Wangen besteht die Besiedlung fast zur Hälfte aus Muscheln, Schnecken, Würmern und Flohkrebse, aber die Insekten erreichen hier erstmals unterhalb des Bielersees über 50% der Besiedlung. Bei Olten kommen fast keine Wandermuscheln (Besiedlungsquelle: Bielersee) mehr vor, wodurch sich die Besiedlungszusammensetzung nochmals deutlich zugunsten der Insekten ändert. Auch nimmt die Gesamtbesiedlung in Olten weiter zu, nicht zuletzt aufgrund eines Massenaufreitens neozoischer

Asseln. Bei Brugg findet sich aufgrund ungünstiger Substrate eine geringere Besiedlung als in Olten, jedoch mit einer sehr ähnlichen taxonomischen Zusammensetzung.

Von Olten flussabwärts wird die Besiedlung zunehmend dichter und flusstypischer (potamobionte Arten). Sowohl in den gut durchströmten Staubereichen wie auch in den Restwasserabschnitten finden sich stabile, gut besiedelbare Sohlstrukturen. Die Ufer weisen viele abwechslungsreiche Strukturen auf und sind oft von strömungsberuhigten Arealen gesäumt. Dies gilt ganz besonders für die Restwasserstrecken bei Winznau und Villnachern. Dieser dritte Gewässertyp – die Ausleitungsstrecken – sind durch die Transekte Winznau und Villnachern vertreten. Sie weisen einige Besonderheiten der Besiedlung auf, die mit dem veränderten Abfluss- und Geschieberegime aber auch durch die besser ausgeprägten ufernahen Habitate zu erklären sind.

Die Restwasserstrecken bei Winznau und Villnachern lassen eine hohe Habitatvielfalt mit grossen Besiedlungsunterschieden erkennen. Die Gesamtbesiedlung ist vergleichsweise hoch, der Transekt Winznau erreichte durch sehr hohe Zuckmückendichten die dichteste Besiedlung der Kampagne 2012. Die dichteste Besiedlung von Insekten (ohne Zuckmücken) wird in Villnachern erreicht. Hier finden sich neben verschiedenen Eintagsfliegen vor allem flusstypische Köcherfliegen (*Hydropsyche* spp., *Psychomyia pusilla*) in hoher Zahl.

Wynau: Der Transekt war (auch bei wiederholten Untersuchungen) nur mässig bis sehr gering besiedelt (3000 Ind./m²). Sehr hoch war die Dichte der Zuckmücken- und Kriebelmückenbesiedlung. Andere Gruppen erreichten vor allem im Herbst höhere Dichten, hier vor allem die neozoische Donauassel, netzbauende (*Hydropsyche* sp.) und galeriebauende Köcherfliegen (*Psychomyia*) und Strudelwürmer. Auffällig ist, dass vor allem wenig mobile Arten, die stabile Steinsubstrate besiedeln, in hoher Zahl vorkommen können. Darunter sind vorwiegend Arten, die an starke Strömung angepasst sind. Auch Arten, die wie Donauassel und Strudelwürmer, zwar einen guten Wasseraustausch benötigen, aber meist nur die Unterseite stabiler Steine und Blöcke besiedeln, finden günstige Bedingungen. Für mobile, strömungssensiblere Arten scheint die Strömung zu stark zu sein und auch strömungstolerante Weidegänger wie Heptageniiden (Eintagsfliegen) oder die Flussnapfschnecke (*Ancylus fluviatilis*) finden nur lokal gute Verhältnisse. Möglicherweise sind die Algenüberzüge der Steine zu dicht, um als Nahrung für diese Gruppe in Frage zu kommen. Der strömungsberuhigte rechte Nebenarm ist mehr als doppelt so dicht besiedelt als die strömungsexponierten Flussbereiche. Eine Nachuntersuchung in einem Teilbereich des Transekts erbrachte ein Jahr später etwa die vierfache Besiedlungsdichte. Dies deutet darauf hin, dass gerade an Stellen mit extremen Bedingungen die Besiedlung sehr stark schwanken kann.

Aarburg: Der Transekt Aarburg war sehr gering besiedelt (3000 Ind./m²). Hier fehlten sogar einige der Artengruppen, die in Wynau zumindest zeitweilig noch gut vertreten waren. Am besten war das linke Ufer besiedelt, das lokal geringere Strömungen aufwies. Alle strömungsexponierten Bereiche waren nur gering besiedelt. Hier fehlen offensichtlich grobe, stabilisierende Strukturen, die auch bei starker Überströmung und Geschiebetrieb besiedelt werden können. Eine Nachuntersuchung in einem Teilbereich des Transekts erbrachte ein Jahr später etwa die dreifache Besiedlungsdichte.

Wangen: Der Flussabschnitt erreicht deutlich höhere Besiedlungsdichten (4500 Ind./m²) als die flussauf liegenden Transekte, was aber vor allem durch eine dichte Besiedlung mit Zuckmücken erreicht wird. Während der Anteil von Schnecken, Muscheln und Würmern weiter zurückgeht, treten jetzt verschiedene Insektenarten in grösserer Zahl auf, darunter auch strömungsliebende Arten der Eintags-, Stein- und Köcherfliegen, aber auch Wasserkäfer.

Olten: Die Aare bei Olten war ähnlich gut besiedelt wie der Abschnitt bei Wangen. Durch eine dichte Besiedlung mit Zuckmücken liegt die Gesamtbesiedlung sogar noch höher (8000 Ind./m²). Einen wesentlichen Anteil an der Besiedlung stellen die Flohkrebse und Asseln, aber auch verschiedene Köcherfliegenarten, Schnecken, Muscheln und Würmer.

Brugg: Die Aare bei Brugg weist mit 5000 Ind./m² eine mittlere Besiedlungsdichte auf. Über 50% machen die Zuckmücken aus, 10% die restlichen Insekten, vor allem Köcherfliegen, und über 20% Asseln und Flohkrebse.

Winznau: Die Aare bei Winznau hatte die höchste festgestellte Besiedlung (8500 Ind./m²) der Untersuchung 2012. Allerdings stellen die Zuckmücken mehr als 90% dieser Besiedlung, die

übrige Zusammensetzung ist ähnlich der bei Olten. Flohkrebse, Asseln, Köcher- und Eintagsfliegen stellen den Grossteil der restlichen Besiedlung.

Villnachern: Die Restwasserstrecke bei Villnachern gehört zu den gut besiedelten Strecken der Aare (8000 Ind./m²). Insekten machen 80% der Besiedlung aus, wobei nur knapp 2/3 Zuckmücken sind. Wesentliche Bestandteile des Benthos sind hier Eintagsfliegen (*Caenis macrura*) und flusstypische Köcherfliegen (*Hydropsyche spp.*, *Psychomyia pusilla*). Daneben sind auch Flohkrebse, Asseln, Käfer und Schnecken gut vertreten.

3.2.3 Stilli bis Mündung

Die freifliessenden Strecken bei Stilli und Felsenau besitzen eine flusstypische Besiedlungszusammensetzung. Die beiden untersten Aarestellen gehören zu den am besten besiedelten Transekten. Die Anteile an Flohkrebse und Asseln sind hier, vor allem aufgrund neozoischer Arten, besonders hoch, aber auch die Köcherfliegen sind durch *Psychomyia pusilla* stark vertreten. Bei Felsenau lässt sich der Einfluss der neozoischen Zuwanderung über den Rhein besonders deutlich erkennen: Körbchenmuschel (*Corbicula fluminea*), Höckerflohkrebs (*Dikerogammarus villosus*) und Donauassel (*Jaera istri*) machen zusammen 40 % der Individuen aus.

Stilli: Die Besiedlung liegt mit fast 8000 Ind./m² recht hoch, fast 70 % sind Insekten. Die grösste Gruppe sind wieder mit 50% die Zuckmücken, die übrigen Insekten machen 20% aus, dabei stellen die Köcherfliegen ca. 15%. Fast ein Viertel der Besiedlung stellen Asseln und Flohkrebse.

Felsenau: Mit 6000 Ind./m² weist die Aare an ihrer Mündung eine mittlere Besiedlungsdichte auf. Allerdings sind die einzelnen Stellen im Querschnitt sehr unterschiedlich besiedelt (min. 700 - max. 17000 Ind./m²). Die grössten Gruppen sind die Asseln und Flohkrebse (35%), die Zuckmücken (25%) und Köcherfliegen, Schnecken und Muscheln mit jeweils ca. 10%.

3.2.4 Zusammenfassung

Die Benthosbesiedlung der Aare spiegelt nur teilweise die nach Gefälletyp und Wasserführung definierten Flussabschnitte wider. Oft werden diese morphologisch-hydraulischen Faktoren durch andere Eigenschaften überlagert.

Im Abschnitt direkt unterhalb des Bielersees ist der Seeabflusscharakter mit filtrierenden Arten deutlich ausgeprägt. Auch das infolge des geringen Gefälles sehr feinkörnige Substrat spiegelt sich in einem hohen Anteil psammophiler Arten (Würmer, Muscheln) wider. Dieser Charakter nimmt vom Bielersee flussab bis Wangen deutlich ab. Wangen selbst zeigt zwar noch verschiedene Merkmale dieses Abschnittes (hoher Anteil von Würmern und Muscheln), stellt aber bereits den Übergang zur insektendominierten Gefällestrecke dar.

Der Gefälleabschnitt umfasst unterschiedliche Gewässertypen, die sich auch in der Benthosbesiedlung widerspiegeln. Insgesamt ist die Benthoszönose von Insekten geprägt, lokal kommen dazu noch Massenvorkommen von Asseln oder Flohkrebse.

Die Benthosbesiedlung des untersten Abschnitts mit erhöhtem Abfluss (Zufluss von Reuss und Limmat) zeigt wenig Unterschiede zum vorangehenden Abschnitt. Auffällig ist allerdings das verstärkte Vorkommen von Neozoen an den drei untersten Untersuchungsstellen. Diese Arten werden entweder über die Limmat eingetragen (Stilli und Brugg) oder sie dringen vor allem vom Rhein aus ein (Felsenau).

3.3 Saisonale Unterschiede in der Besiedlung

Die benthischen Organismen sind in ihrem Auftreten und ihrer Entwicklung stark von jahreszeitlichen Faktoren abhängig. Neben Arten, die fast das ganze Jahr über in einem gut erfassbaren Larvenstadium vorkommen, gibt es viele Arten, die über längere Zeiträume nur als Adulte ausserhalb des Wassers oder im Gewässer nur als Eier oder winzige Junglarve vorkommen. Andere Arten überdauern längere Zeiträume tief im Sediment oder in speziellen Habitaten an Land oder in der Wasserwechselzone. All dies bewirkt, dass die mit den gängigen Untersuchungsmethoden erfasste Benthosfauna naturgemäss starke saisonale Schwankungen aufweist.

Das Auftreten der einzelnen Taxa oder Entwicklungsstadien hängt zusätzlich ab vom aktuellen Verlauf physikalischer Faktoren wie dem Abfluss, der benetzten Gewässersohle und dem Verlauf der Wassertemperaturen. Die Ausprägung dieser Faktoren hat einen direkten Einfluss auf die Entwicklungsgeschwindigkeit und den Entwicklungsstand der einzelnen Arten. Sie bestimmt die Benthosbesiedlung einer Untersuchungsstelle auch indirekt über das Nahrungsangebot (Algen, Detritus), Habitatveränderungen (Geschiebebewegungen, Benetzen, Trockenfallen) und vor allem über Verdriften oder Eindriften von Organismen.

3.3.1 Repräsentative Untersuchungszeitpunkte

Bei Untersuchungen an der Reuss (ORTLEPP & MÜRLE 2012) und der Aare zwischen Thun und Bielersee (MÜRLE et. al. 2009) hatte sich der späte Winter bzw. das zeitige Frühjahr als geeigneter Untersuchungszeitraum erwiesen. Zwar liess sich damit jeweils nur ein Teil der Fauna dieser Gewässer erfassen, dieser erlaubte jedoch Gewässerabschnitte unterschiedlichen Charakters deutlich zu erkennen und zu charakterisieren. Dieser Zeitraum liegt noch vor der Zeit der Schneeschmelze, so dass kaum Hochwasser befürchtet werden müssen, welche die bestehende Benthosbesiedlung zerstören und aussagekräftige Untersuchungen über längere Zeiträume unmöglich machen. Daher wurde auch bei den hier besprochenen Untersuchungen der späte Winter als Hauptuntersuchungszeitraum gewählt. Um die Unterschiede der saisonalen Besiedlung deutlich zu machen, wurden an wenigen Einzelstellen zusätzliche Proben im Herbst genommen, im Rahmen der Restwasser-Sonderuntersuchungen auch noch mitten im Winter und im Sommer (Tab. 3.2).

Tab. 3.2: Zusammenstellung der Probenahmeterminale von mehrfach untersuchten Probestellen

	Sommer/Herbst	Winter/ Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter/Frühjahr
Arch [Taucher Mitte]	10.11.2011	19.03.2012			
Wynau S1	10.11.2011	20.03.2012		27.11.2012	07.03.2013
Wynau S3		20.03.2012		27.11.2012	
Aarburg S2		21.03.2012			07.03.2013
Brugg [Taucher rechts]	10.11.2011	22.03.2012			
Felsenau	04.11.2011 [AP Rhein]	23.03.2012, 16.04.2012 [AP Rhein]			
Winzna S1		03.02.2012; 23.03.2012	06.08.2012		
Winzna S2		03.02.2012; 23.03.2012	06.08.2012		
Villnachern S3	10.08.2011	03.02.12; 24.03.2012	07.08.2012		

Abgesehen von den Zuckmücken-Abundanzen war bei den Untersuchungen im März 2012 die Benthos-Besiedlungsdichte an fast allen mehrfach untersuchten Stellen sehr niedrig. Dieses Besiedlungsminimum zeigt sich sowohl im Vergleich zum vorangehenden Herbst (Abb. 3.4), wie auch im Vergleich zum folgenden Sommer und Herbst (Abb. 3.5, Abb. 3.6). Dagegen war zu diesem Zeitpunkt ein Maximum der Zuckmückenbesiedlung zu beobachten. In den Restwasserstrecken, die häufiger untersucht wurden, waren einige Stellen noch im Februar 2012 sehr gut besiedelt, im März 2012 dann fast nur noch durch Zuckmücken (Abb. 3.7).

An fast allen mehrfach untersuchten Stellen ist eine sehr unterschiedliche Besiedlung zu verschiedenen Jahreszeiten zu erkennen. So ist vor allem die Besiedlung durch Strudelwürmer, Eintagsfliegen, Asseln und Flohkrebse im Herbst deutlich besser entwickelt als im zeitigen Frühjahr. Neben den deutlichen saisonalen Unterschieden der Benthosbesiedlung wurden auch deutliche Besiedlungsunterschiede in verschiedenen Jahren dokumentiert. So ist die Besiedlung im März 2013 bei Wynau und bei Aarburg im darauf folgenden Jahr deutlich dichter und vielfältiger. Dagegen ist die Besiedlungsdichte im November 2012 in Wynau und vor allem im August 2012 bei Villnachern deutlich geringer als im jeweils vorangegangenen Jahr (Abb. 3.7).

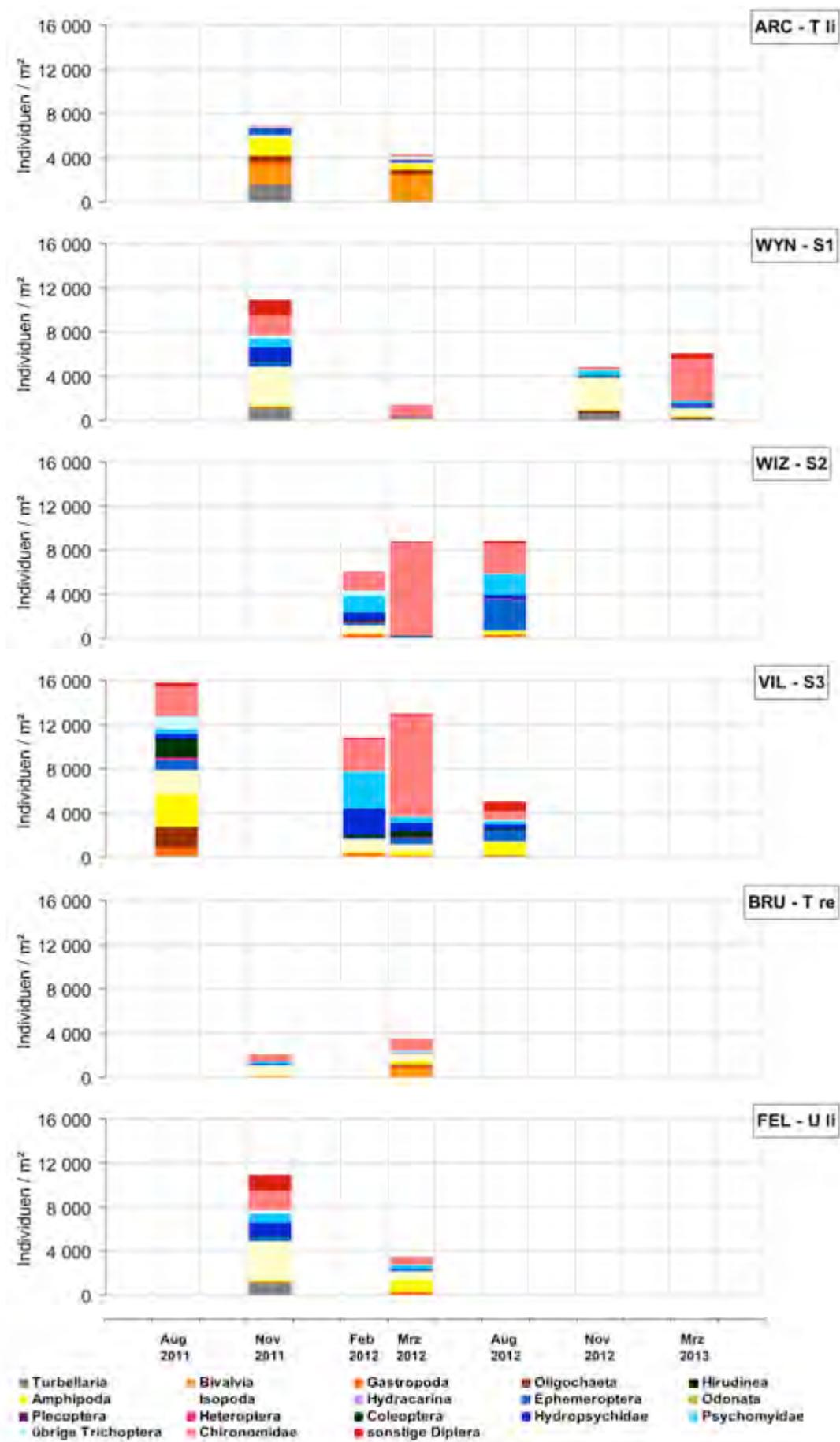


Abb. 3.4: Vergleich der Benthosbesiedlung (Ind. /m²) an im Herbst 2011 und im Frühjahr 2012 beprobten Untersuchungsstellen.

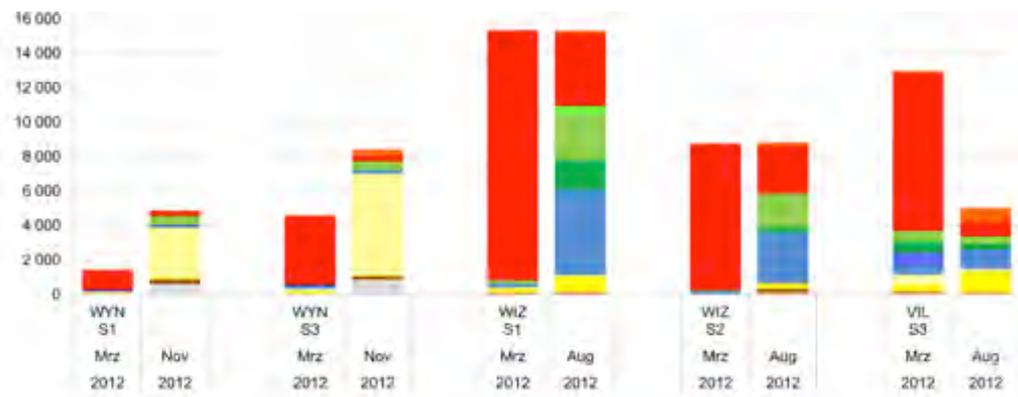


Abb. 3.5: Vergleich der Benthosbesiedlung (Ind. /m²) an im Frühjahr und Sommer/Herbst 2012 beprobten Untersuchungsstellen.



Abb. 3.6: Vergleich der Benthosbesiedlung (Ind. /m²) von im Jahr 2012 drei Mal beprobten Untersuchungsstellen.

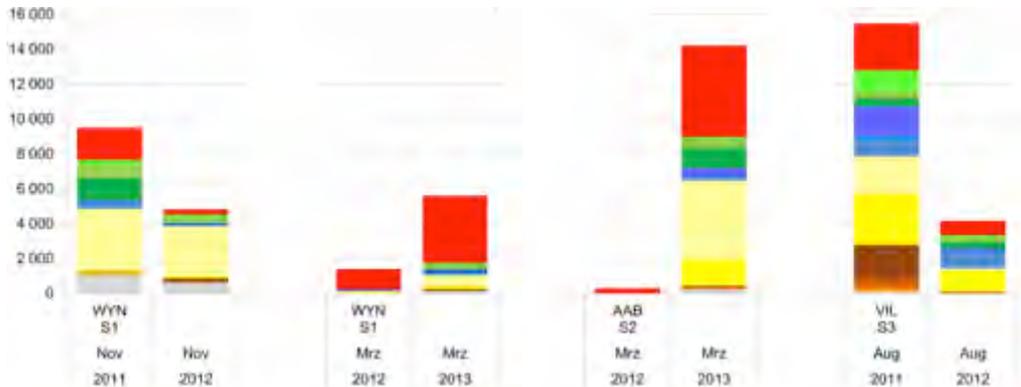
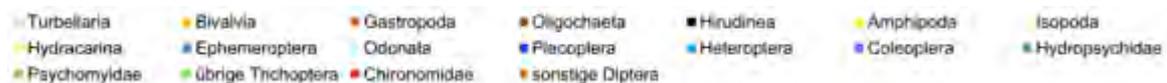


Abb. 3.7: Vergleich der Benthosbesiedlung (Ind. /m²) von Untersuchungsstellen, die im Abstand von einem Jahr beprobt wurden.



3.3.2 Zusammenfassung

Die Benthosbesiedlung zeigte sehr grosse saisonale und annuelle Unterschiede. Oft weisen die festgestellten Unterschiede ähnliche Muster auf, jedoch gab es auch einzelne Stellen, an denen eine gegensätzliche Entwicklung zu beobachten war. Die saisonal stark schwankenden Bestandsdichten sind charakteristisch für die Probestellen. Strömung, geringere Wasserführung und niedrige Temperaturen wirken sich im Oberlauf stärker aus als im tiefen und langsamer strömenden Aareabschnitt im Unterlauf. Dies führt hier zu konstanteren Lebensbedingungen. In flachen Flussbereichen und an ufernahen Stellen tritt oft eine charakteristische arten- und individuenreiche Besiedlung auf – für diese Lebensgemeinschaften ist jedoch auch charakteristisch, dass sie abhängig vom Benetzungsgrad, Abfluss- und Temperaturverlauf zeitweilig nur spärliche Dichten aufweist. Diese Besiedlungsunterschiede sind kaum vorhersagbar. Daher gibt eine einmalige Probenahme an solchen Stellen zwar typische Aspekte der Besiedlung wieder, allerdings kann es – je nach „Systemzustand“ – zu einer falschen Einschätzung führen.

3.4 Langzeitvergleich der Besiedlung 2002 bis 2012

Das Auftreten von benthischen Organismen ist zum einen vom saisonal bedingten Entwicklungs-
zustand, aber auch vom aktuellen Verlauf physikalischer Faktoren wie dem Abfluss, der benetzten
Gewässersohle und dem Verlauf der Wassertemperaturen abhängig. Daher kann die Benthosbe-
siedlung eines Gewässers und – noch viel ausgeprägter – einer einzelnen Untersuchungsstelle so-
wohl jahreszeitlich, als auch im Vergleich der einzelnen Jahren sehr unterschiedlich ausgeprägt
sein. Ob die Besiedlung eines Gewässers sich nachhaltig verändert hat, sei es infolge veränderter
physikalisch-chemischer Faktoren (Einleitungen, Klimawandel), hydraulischer Veränderungen
(Wasserbau, Abfluss) oder durch die Ausbreitung neuer Arten, lässt sich nur durch wiederholte
Untersuchungen feststellen, welche über mehrere Jahre durchgeführt werden.

An der Aare unterhalb des Bielersees liegen nun die Ergebnisse von zwei Kampagnen (2001/02
und 2011/12) vor. Es können damit zwei Momentaufnahmen miteinander verglichen werden. Un-
terschiede und Gemeinsamkeiten der Benthosbesiedlung beider Kampagnen können zunächst nur
aufgezeigt werden. Einige dieser Beobachtungen können bereits erklärt und eine Entwicklung er-
kannt werden, viele der Beobachtungen können aber erst durch weitere vergleichbare Untersuchen-
gen bestätigt und eingeordnet werden.

3.4.1 Taxazahlen

Die Anzahl der nachgewiesenen Taxa an den Untersuchungstransekten lag 2012 – bis auf Aarburg
– immer höher als 2001/02, obwohl die Besiedlungsdichten meist geringer waren (Abb. 3.8). In den
Restwasserstrecken Winznau und Villnachern wurden mehr 2012 mehr Taxa nachgewiesen als
noch vor 10 Jahren (Abb. 3.9).

3.4.2 Individuendichten

Die mittleren Individuendichten pro Transekt lagen im März 2012 meist deutlich unter denen des
Frühjahrs 2002 (Abb. 3.10). Dabei waren die Schwankungen der Abundanzdichten 2012 zwischen
den einzelnen Untersuchungsstellen wesentlich geringer. Dichten von über 40.000 Ind. pro Qua-
dratmeter, wie sie im Herbst 2001 und Frühjahr 2012 mehrfach festgestellt wurden (Abb. 3.11),
konnten aktuell bei weitem nicht mehr nachgewiesen werden. Wir gehen davon aus, dass dies nicht
nur an systembedingten Bestandsschwankungen liegt, sondern dass diese geringen Dichten eine
Ursache haben. Möglicherweise besteht hierbei ein Zusammenhang mit invasiven Neozoen wie
dem Grossen Höckerflohkrebs *Dikerogammarus villosus* (Kap. 3.4.7).

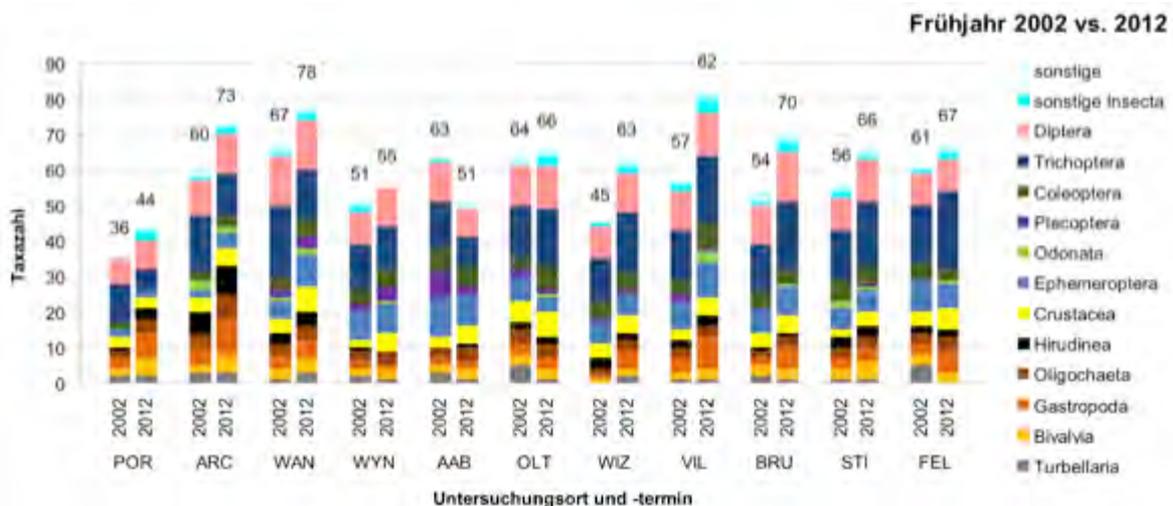


Abb. 3.8: Vergleich der Taxazahlen für die Aaretransekte im Frühjahr 2002 und Frühjahr 2012

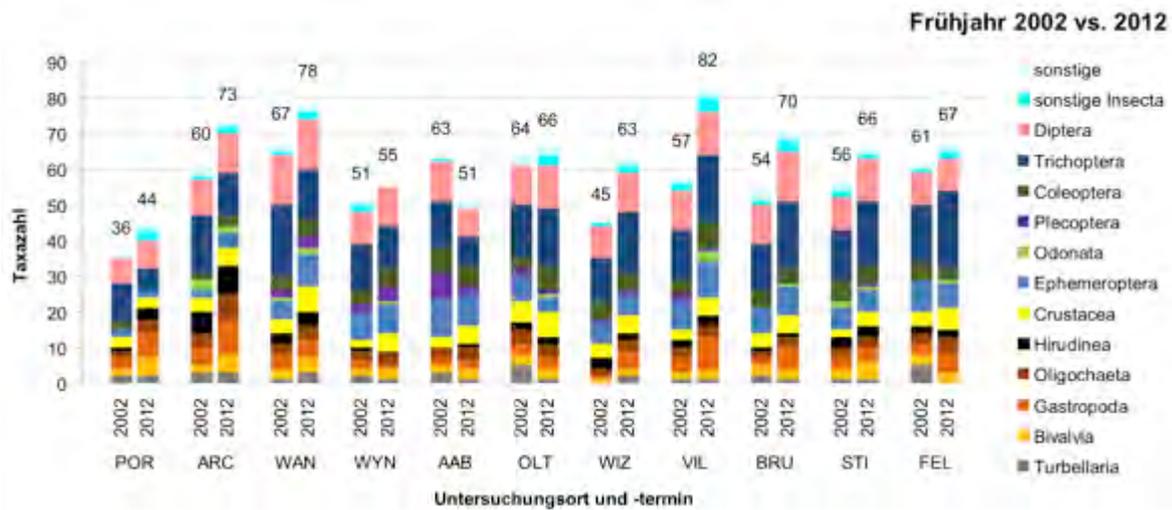


Abb. 3.9: Vergleich der Taxazahlen für die Aaretransekte im Herbst 2001 und Frühjahr 2002.

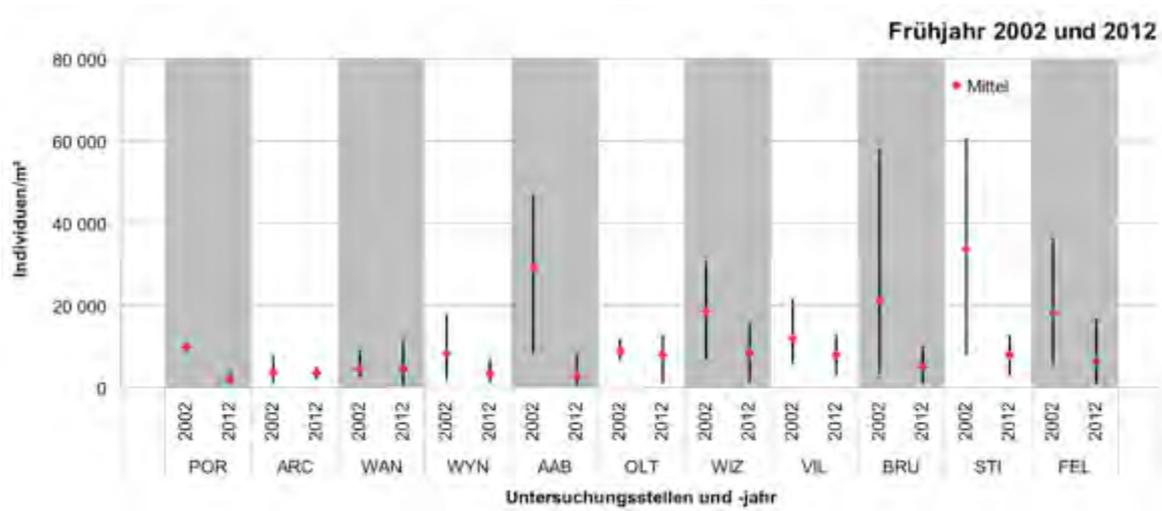


Abb. 3.10: Vergleich der Individuendichten für die Aaretransekte im Frühjahr 2002 und Frühjahr 2012.

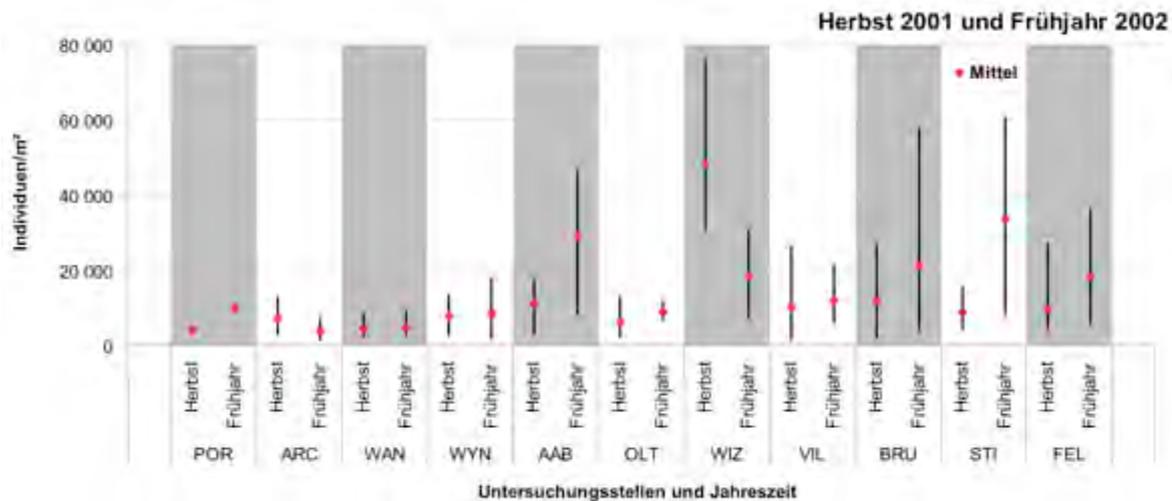


Abb. 3.11: Vergleich der Individuendichten für die Aaretransekte im Herbst 2001 und Frühjahr 2002.

3.4.3 Benthoszusammensetzung

Die taxonomische Zusammensetzung der Benthosbesiedlung zeigt zwischen den Frühjahrsproben 2002 und 2012 (Abb. 3.12) mehr Übereinstimmungen als zwischen den Frühjahrs- und Herbstproben 2001/02 (Abb. 3.13). Geprägt werden die Frühjahrsproben durch eine Dominanz der Zuckmücken und eine geringe Dichte der übrigen Insekten. Letztere sind im Herbst deutlich dominanter, nicht nur nach ihrem Besiedlungsanteil, sondern bezüglich der absoluten Besiedlungsdichten.

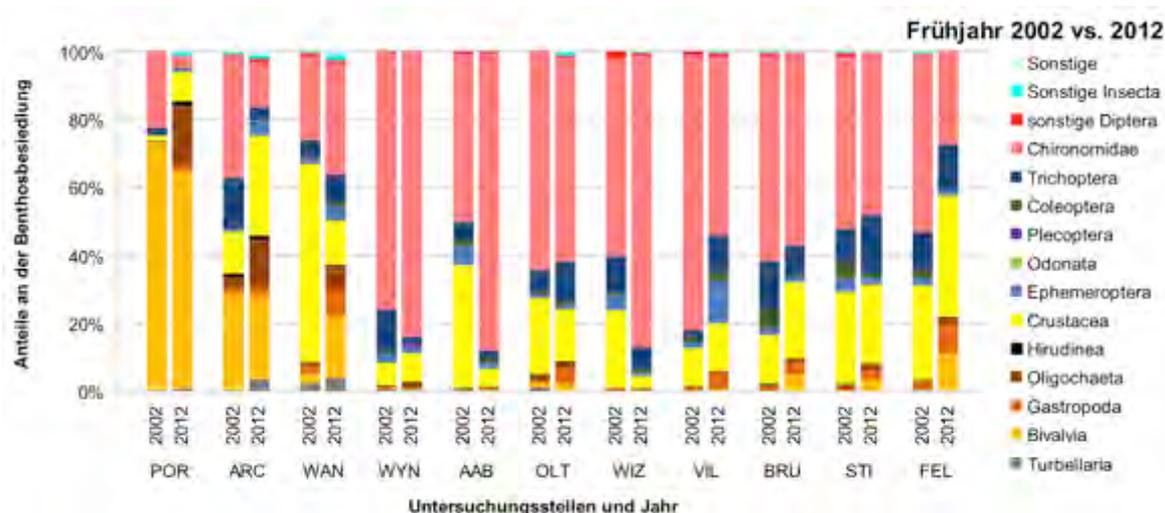


Abb. 3.12: Mittlere Benthoszusammensetzung an den Aaretransekten im Frühjahr 2002 und Frühjahr 2012.

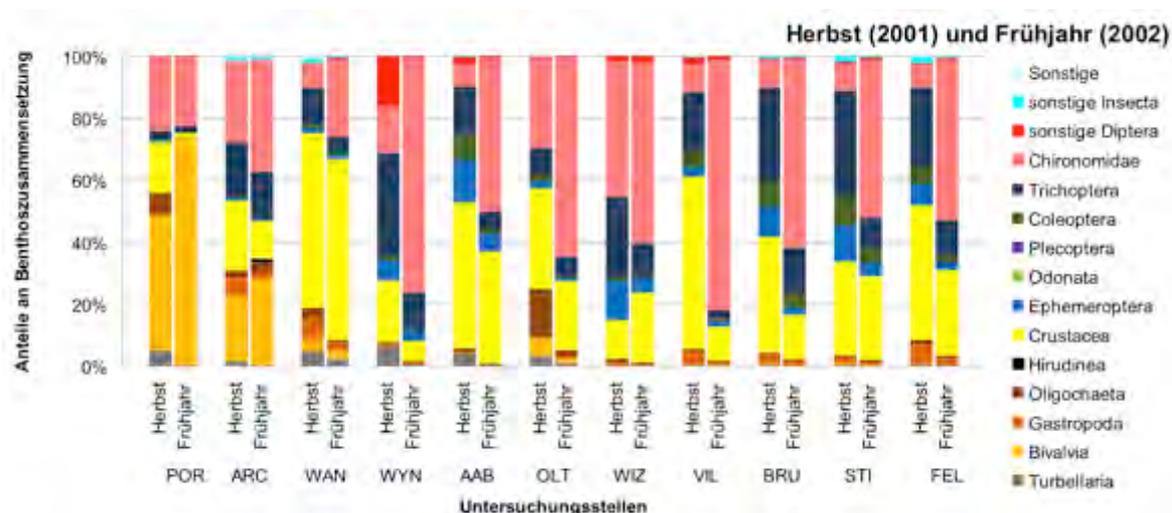


Abb. 3.13: Mittlere Benthoszusammensetzung an den Aaretransekten im Herbst 2001 und Frühjahr 2002.

3.4.4 Individuendichten nach taxonomischen Gruppen

Die Kombination aus Individuendichten und taxonomischer Zusammensetzung des Benthos zeigt an den Untersuchungstransekten Arch, Olten und Villnachern eine grosse Übereinstimmung der beiden Frühjahrsproben 2002 und 2012 (Abb. 3.14). Die übrigen Transekte waren 2012 wesentlich geringer oder zumindest abweichend besiedelt.

Die Herbstproben 2001 zeigen zwar zum Teil ebenso spärliche Besiedlungsdichten wie die Frühjahrsproben 2012, allerdings bei einer völlig abweichenden taxonomischen Zusammensetzung (Abb. 3.15).

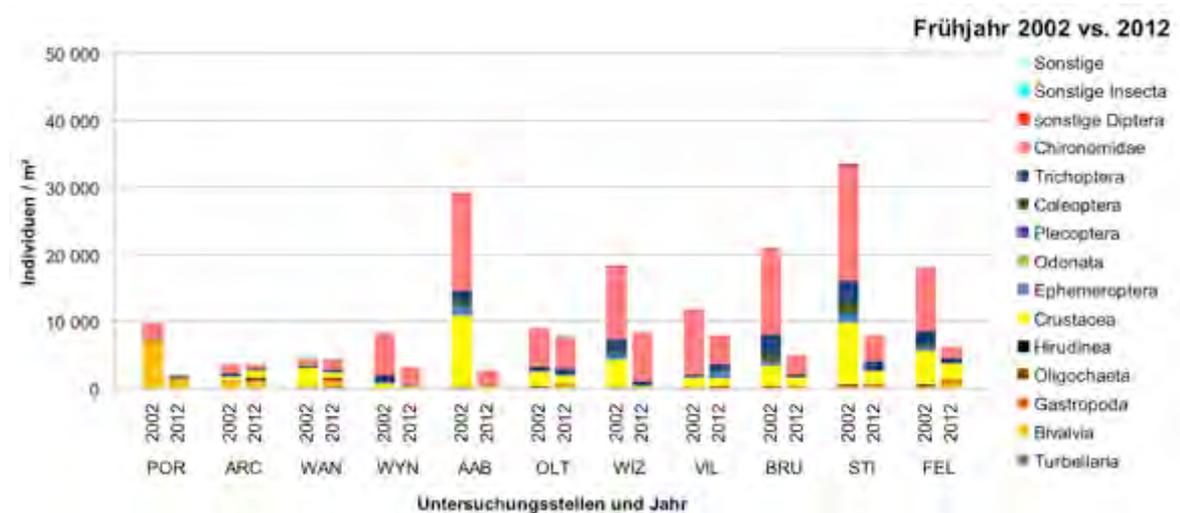


Abb. 3.14: Mittlere Individuendichten (nach Grossgruppen) an den Aaretransekten im Frühjahr 2002 und Frühjahr 2012

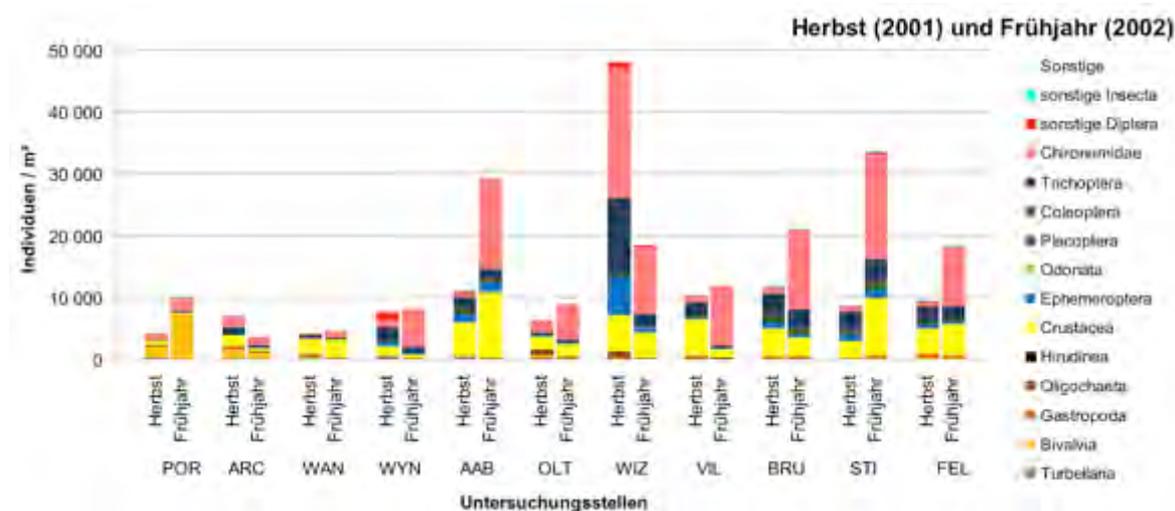
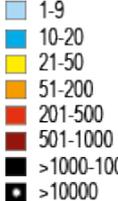


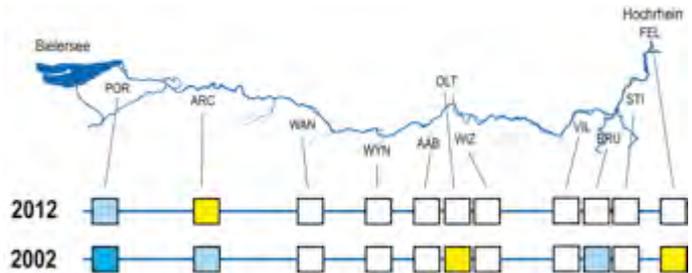
Abb. 3.15: Mittlere Individuendichten (nach Grossgruppen) an den Aaretransekten im Herbst 2001 und Frühjahr 2002

3.4.5 Verbreitung und Häufigkeit ausgewählter Taxa im Frühjahr 2002 und 2012

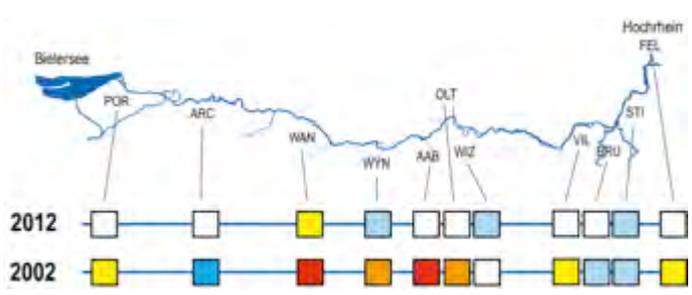
Im folgenden werden die Verbreitung und die Besiedlungsdichten (von den Transektstellen mit der jeweils maximalen Besiedlungsdichte) verschiedener Aare-Arten im Frühjahr 2002 und im Frühjahr 2012 vorgestellt (Abb. 3.16).

 <p>Häufigkeitsklassen nach DIN 38410 Besiedlungsdichte in Individuen/m²</p> <ul style="list-style-type: none"> 1-9 10-20 21-50 51-200 201-500 501-1000 >1000-10000 >10000 	<p>Abb. 3.16a: Ausgewählte Charakterarten der Makroinvertebraten in der Aare</p> <p>Vergleiche der maximalen Besiedlungsdichten von März 2002 und März 2012</p>
--	--

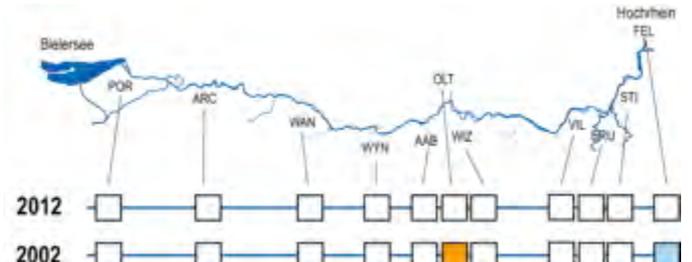
Turbellaria - Strudelwürmer

	 <p>Milchweißer Strudelwurm - <i>Dendrocoelum lacteum</i></p>
---	--

Im Frühjahr 2002 konnte *D. lacteum* an fünf Untersuchungsstellen nachgewiesen werden, 2012 war dies nur noch an den beiden Stellen Port und Arch der Fall.

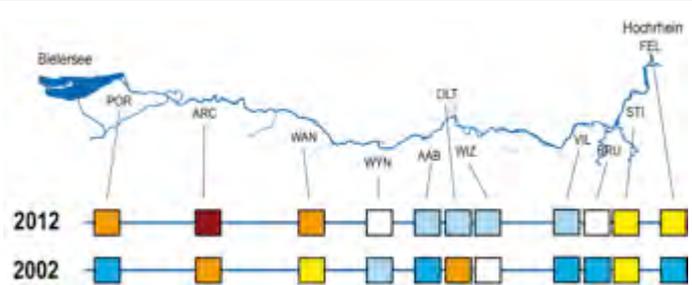
	 <p><i>Dugesia lugubris/polychroa</i></p>
--	---

Im Frühjahr 2002 wurde *D. lugubris/polychroa* an zehn von elf Untersuchungsstellen in stellenweise recht hohen Dichten nachgewiesen. Nach zehn Jahren reduzierte sich sowohl die Verbreitung als auch die Dichte auffallend.

	<p>Ohne Abbildung</p> <p>Vielaugen-Strudelwurm - <i>Polycelis tenuis/nigra</i></p>
---	--

Polycelis tenuis/nigra konnte 2012 nicht mehr nachgewiesen werden. 2002 konnte das Taxon an zwei Stellen nachgewiesen werden.

Lamellibranchiata (Bivalvia) - Muscheln

	 <p>Erbsenmuscheln - <i>Pisidium spp.</i></p>
---	--

Erbsenmuscheln kommen verstreut über den gesamten Aareabschnitt vor. Verbreitungsschwerpunkte sind Bereiche mit sandigem bis feinkiesigem, gut durchlüftetem Sediment..

<ul style="list-style-type: none"> 1-9 Häufigkeitsklassen nach DIN 38410 10-20 Besiedlungsdichte in Individuen/m² 21-50 51-200 201-500 501-1000 >1000-10000 >10000 	<p>Abb. 3.16b: Ausgewählte Charakterarten der Makroinvertebraten in der Aare</p> <p>Vergleiche der maximalen Besiedlungsdichten von März 2002 und März 2012</p>
---	--

Gastropoda - Schnecken

Flussmützenschnecke - *Ancyclus fluviatilis*

Die Flussmützenschnecke besiedelt stabil gelagerte Steine und Blöcke in kräftiger Strömung. Sie ernährt sich vom Algenaufwuchs auf diesen Seinen. Sie fehlt an Stellen mit Feinsedimenten und häufigen Umlagerungen. Das Verbreitungsbild änderte sich in zehn Jahren kaum.

Gemeine Schnauzenschnecke - *Bithynia tentaculata*

Die Gemeine Schnauzenschnecke wird vorwiegend an Blöcken und hartem Verbau in langsam fließenden Flussabschnitten gefunden. Unterhalb der gestauten Strecke wurde die Art 2012 nur noch sporadisch gefunden.

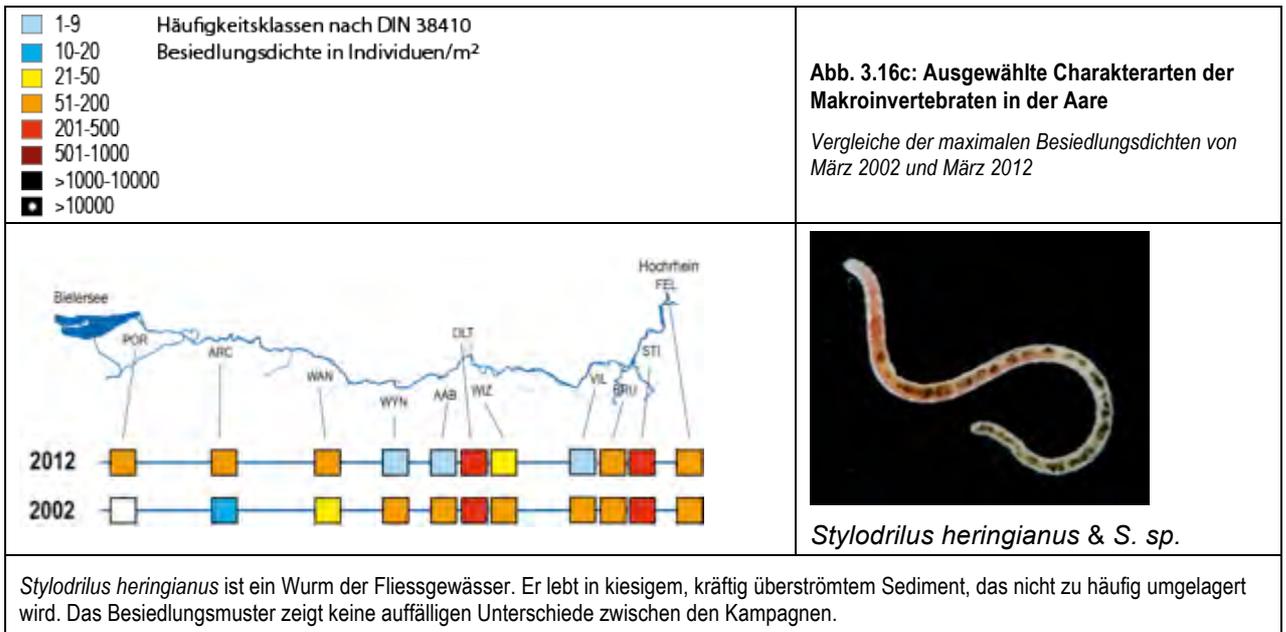
Oligochaeta - Ringelwürmer

Schlammröhrenwürmer - *Tubificinae*

Schlammröhrenwürmer leben bevorzugt in organisch angereichertem Feinsediment, also an Stellen mit nur geringer Strömung. Im Frühjahr 2002 wurden die Tubificinae nicht separat ausgewiesen, daher ist hier kein Häufigkeitsvergleich möglich.

Eiseniella tetraedra

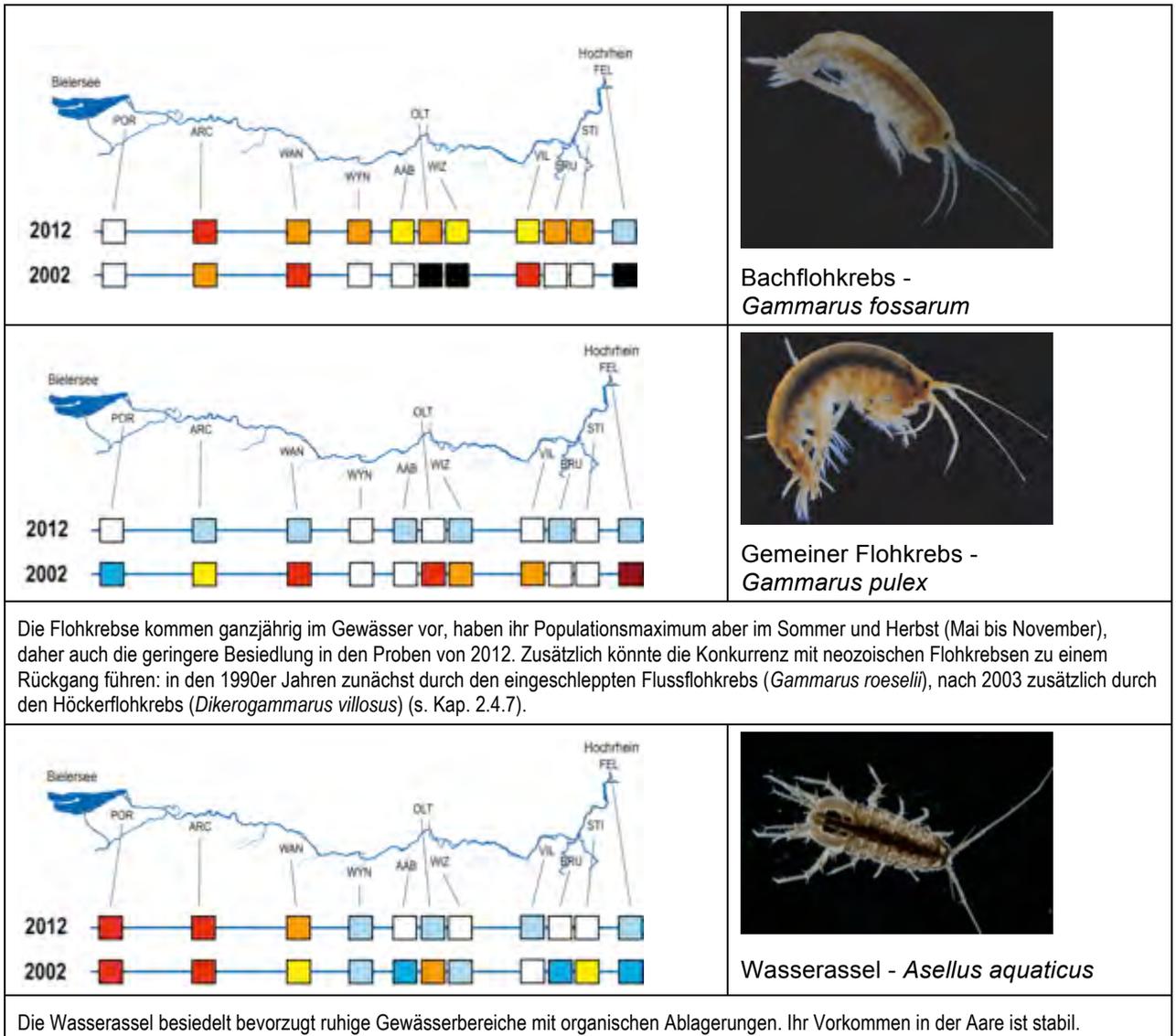
Der bis zu 8 cm lange Kantenwurm bewohnt das Sediment der Flussufer und angrenzendes durchfeuchtetes Erdreich.



Hirudinea - Egel

Egel wurden bei beiden Untersuchungskampagnen nur in recht geringer Zahl gefunden. Allerdings waren darunter einige interessante, seltene Arten (s. Kap. 3.1.5)

Crustacea: Krebstiere; Amphipoda (Flohkrebse) und Isopoda (Asseln)



<ul style="list-style-type: none"> 1-9 10-20 21-50 51-200 201-500 501-1000 >1000-10000 >10000 	<p>Häufigkeitsklassen nach DIN 38410 Besiedlungsdichte in Individuen/m²</p>	<p>Abb. 3.16d: Ausgewählte Charakterarten der Makroinvertebraten in der Aare</p> <p>Vergleiche der maximalen Besiedlungsdichten von März 2002 und März 2012</p>
--	--	--

Ephemeroptera – Eintagsfliegen

	<p><i>Baetis rhodani</i></p>
--	------------------------------

Baetis rhodani (eine Sommer-/Herbstart) zeigt im Frühjahr 2012 noch die selbe Verbreitung wie im Frühjahr 2002, allerdings scheint die Art vor allem im Unterlauf von Brugg bis Felsenau seltener geworden zu sein.

	<p>Ohne Abbildung</p> <p><i>Baetis vardarensis</i></p>
--	--

Auffällig ist das Fehlen der Gattung *Baetis* in den langsam strömenden Strecken des Seeabflusses. Der Frühjahrsbestand dieser Gattung war gegenüber den Untersuchungen 2002 fast an allen Stellen rückläufig.

	<p><i>Caenis horaria</i></p>
--	------------------------------

Stillwasserart, die zwischen Pflanzen und Detritus in langsam durchströmten Bereichen der Aare spärlich vorkommt. 2012 konnte sie an fünf Stellen nachgewiesen, während sie 2002 nur an einer einzigen Stelle gefunden wurde.

	<p>Ohne Abbildung</p> <p><i>Caenis macrura</i>-Gruppe</p>
--	---

Die Gruppe umfasst eine Stillwasserart (*C. luctuosa*) und eine Art der Fließgewässer (*C. macrura*). Insgesamt wurde diese Gruppe 2012 häufiger nachgewiesen als 2002, sowohl bezüglich der Verbreitung wie auch der Dichte.

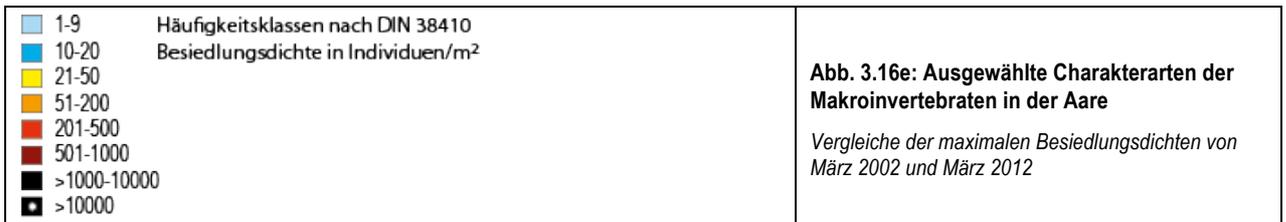
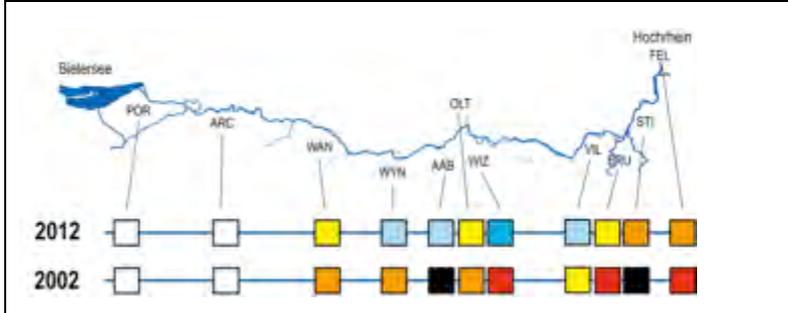


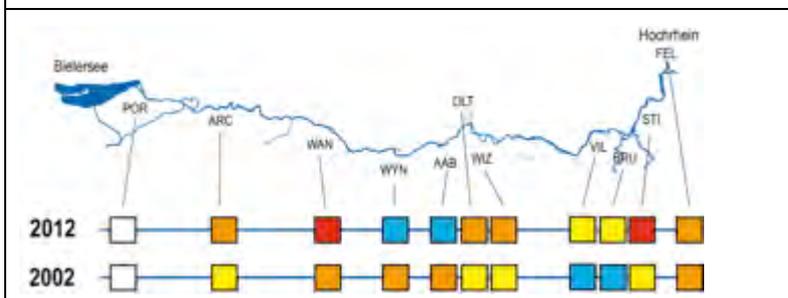
Abb. 3.16e: Ausgewählte Charakterarten der Makroinvertebraten in der Aare

Vergleiche der maximalen Besiedlungsdichten von März 2002 und März 2012



Heptagenia sulphurea

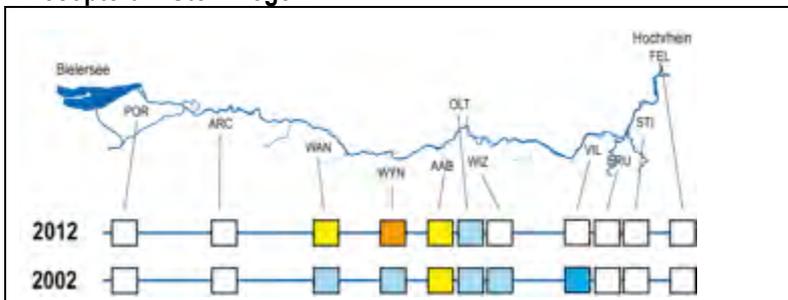
Heptagenia sulphurea ist eine typische Art grösserer Flüsse. Ihr Rückgang gegenüber der Untersuchung vor zehn Jahren ist sehr auffällig und könnte im Zusammenhang mit der Ausbreitung des Grossen Höckerflohkrebses stehen.



Potamanthus luteus

Die Art besiedelt kiesig, steiniges Substrat in Flüssen und überwintert als Larve. Ihr Vorkommen in der Aare scheint stabil zu sein.

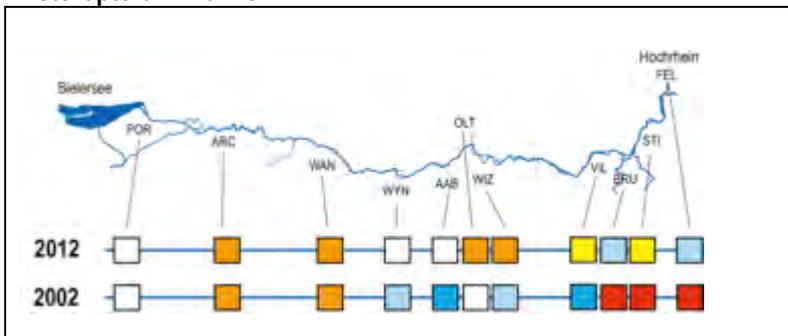
Plecoptera – Steinfliegen



Leuctra spp.

Leuctra spp. sind kleine Steinfliegen, die steiniges Substrat besiedeln. Sie sind in der Aare selten zu finden.

Heteroptera – Wanzen



Grundwanze -
Aphelocheirus aestivalis

Die Grundwanze ist ein räuberischer Bewohner tiefer Gewässerstellen. Die unterschiedlichen Besiedlungsdichten 2002 und 2012 im Unterlauf sollten künftig beobachtet werden.

<ul style="list-style-type: none"> 1-9 Häufigkeitsklassen nach DIN 38410 10-20 Besiedlungsdichte in Individuen/m² 21-50 51-200 201-500 501-1000 >1000-10000 >10000 	<p>Abb. 3.16f: Ausgewählte Charakterarten der Makroinvertebraten in der Aare</p> <p>Vergleiche der maximalen Besiedlungsdichten von März 2002 und März 2012</p>
---	--

Coleoptera – Käfer

	<p>Hakenkäfer - <i>Elmis</i> spp. (Larve)</p>
--	---

Hakenkäfer der Gattung *Elmis* fehlten 2012 an den beiden oberen Stellen Port und Arch. Vor allem im Unterlauf deutet sich ein Bestandsrückgang an.

	<p>Hakenkäfer - <i>Esolus</i> spp. (Larve)</p>
--	--

Hakenkäfer der Gattung *Esolus* zeigen generell geringe Bestandsdichten in der Aare; Besiedlungsunterschiede zwischen den Kampagnen scheinen nicht aufzutreten.

	<p>Hakenkäfer - <i>Limnius</i> spp. (Larve)</p>
--	---

Hakenkäfer der Gattung *Limnius* änderten ihre Verbreitung kaum, allerdings kam es vor allem im Unterlauf der Aare ab Brugg zu deutlichen Bestandsrückgängen.

	<p>Hakenkäfer - <i>Stenelmis canaliculata</i> (Larve)</p>
--	---

Stenelmis canaliculata konnte 2012 nicht mehr im Unterlauf der Aare nachgewiesen werden.

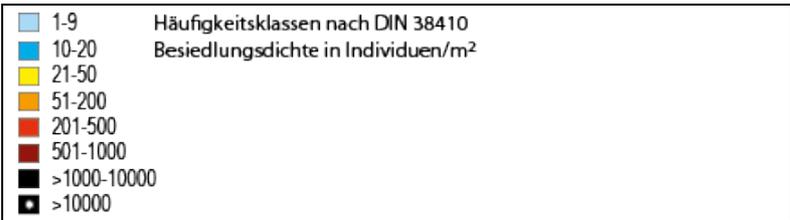
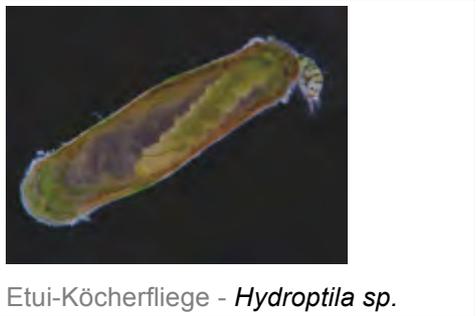
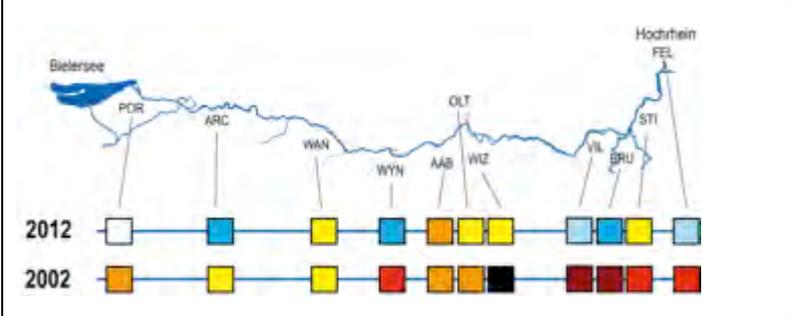
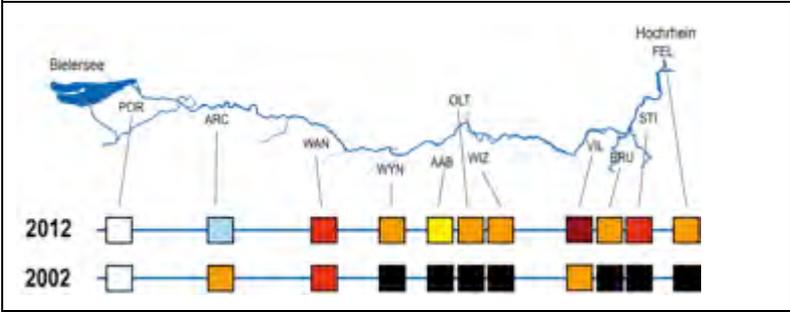


Abb. 3.16g: Ausgewählte Charakterarten der Makroinvertebraten in der Aare
 Vergleiche der maximalen Besiedlungsdichten von März 2002 und März 2012

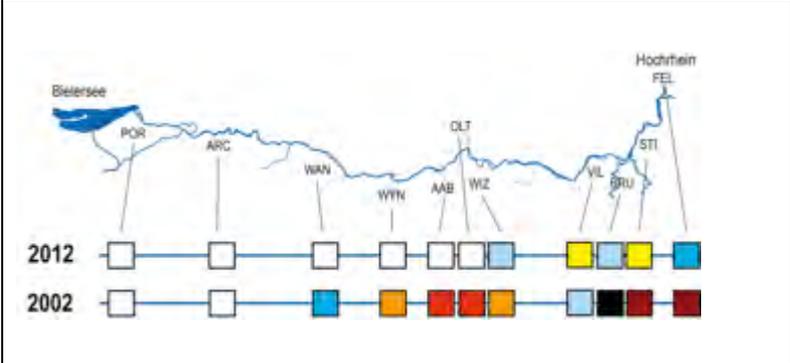
Trichoptera – Köcherfliegen



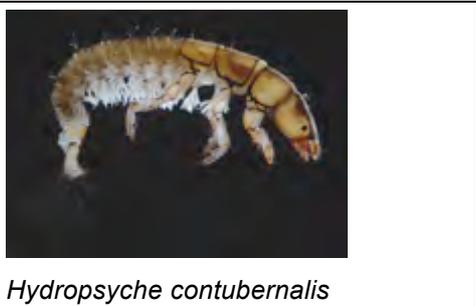
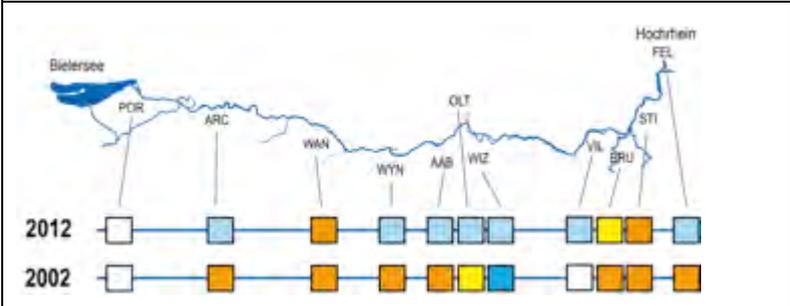
Die Ausbreitung von *Hydroptila sp.* änderte sich in den letzten zehn Jahren kaum. Es deuten sich jedoch starke Bestandseinbrüche im Unterlauf des untersuchten Aareabschnitts an.



Hydropsyche spp. zeigte noch vor zehn Jahren Massenvorkommen in strömenden Abschnitten. 2012 war diese Häufigkeitsklasse an keiner Stelle mehr besetzt. Ähnliche Veränderungen traten im Hochrhein infolge der Invasion des Höckerflohkrebses auf.

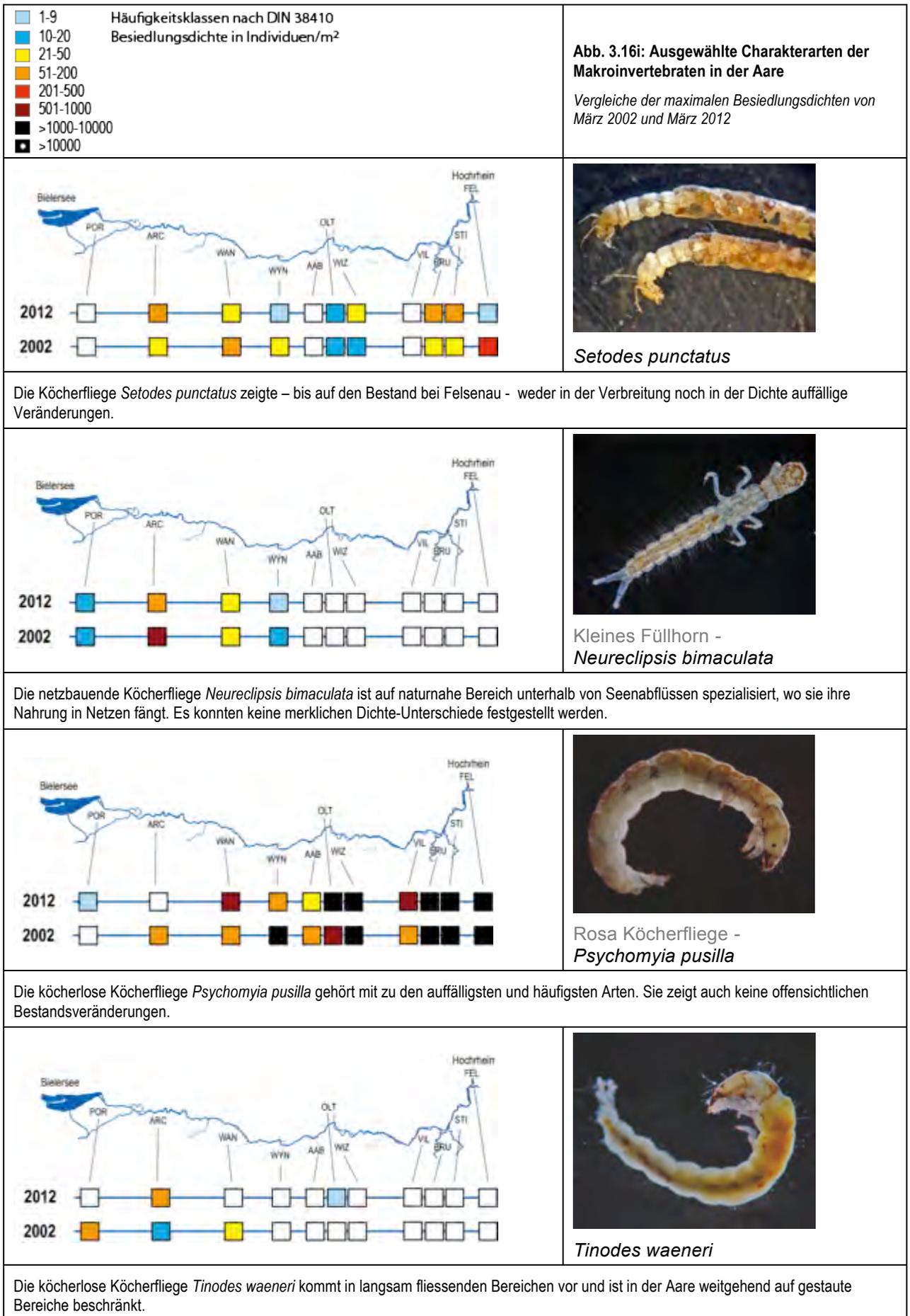


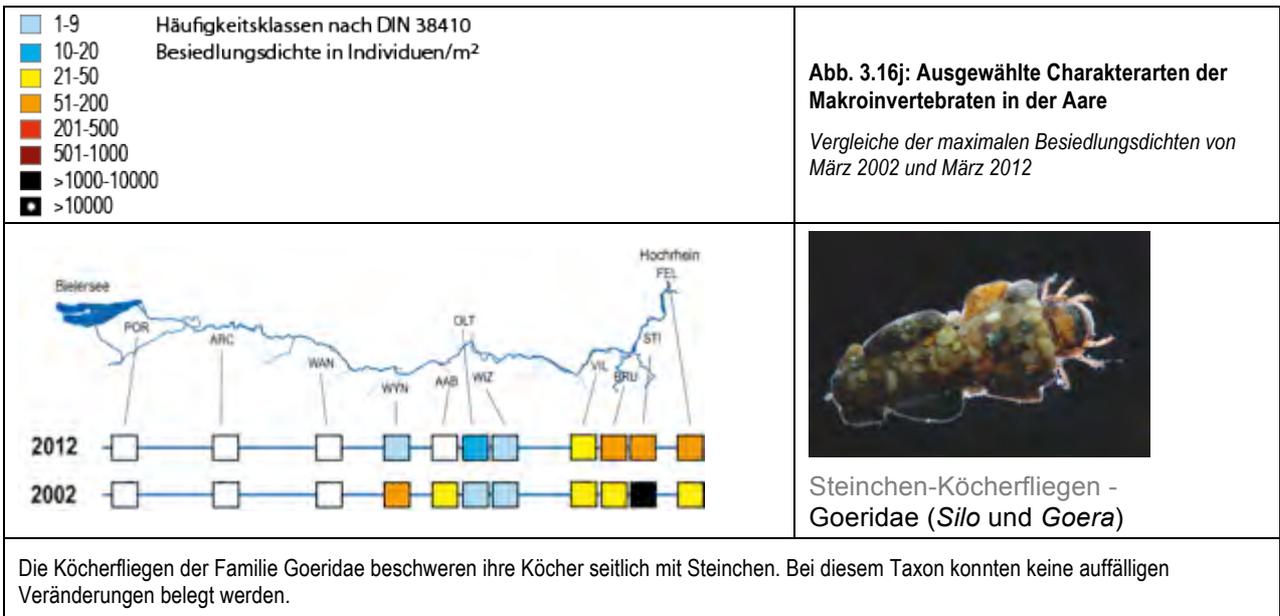
Cheumatopsyche konnte 2002 an neun Stellen gefunden werden, 2012 nur noch an fünf. Auch die Bestandsdichten sind rückläufig.



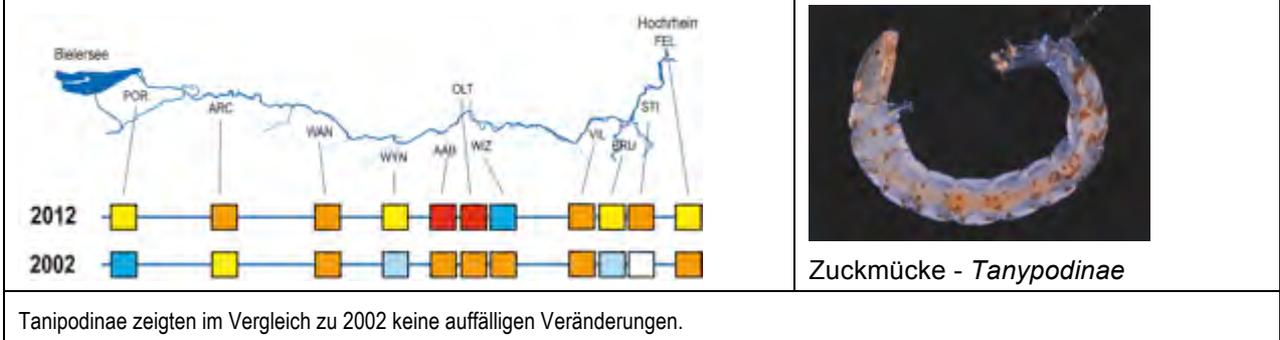
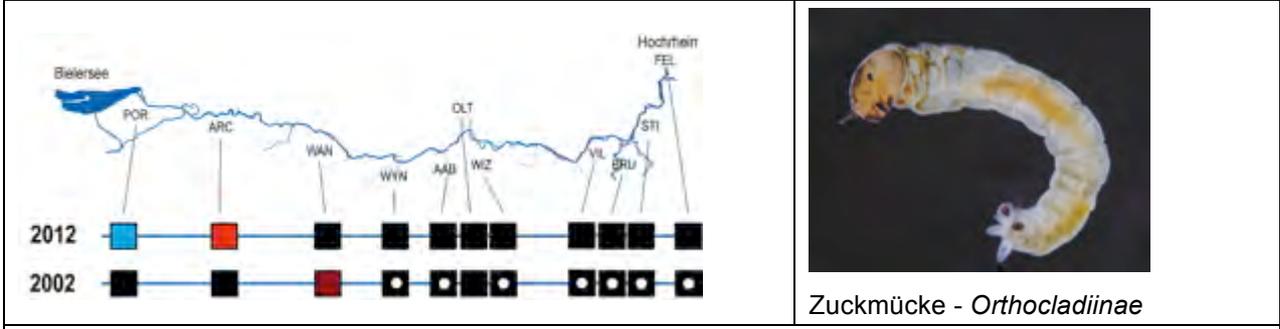
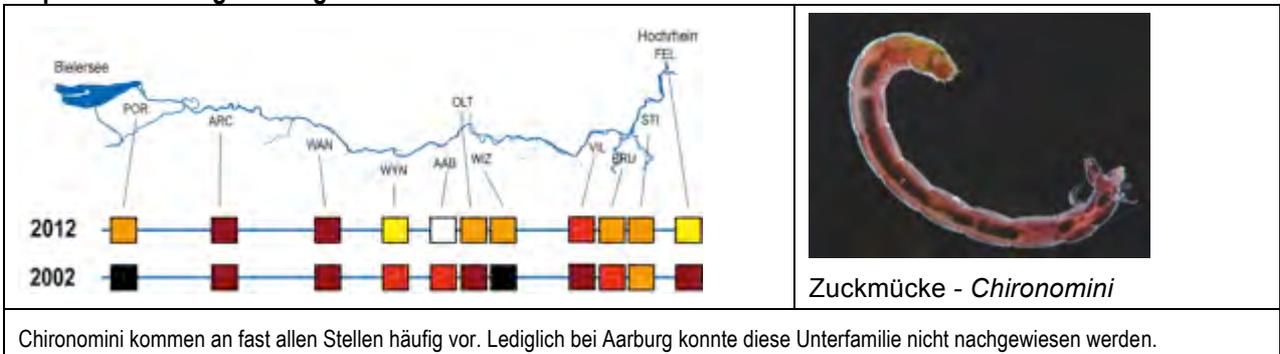
H. contubernalis scheint in den letzten zehn Jahren seltener geworden zu sein.

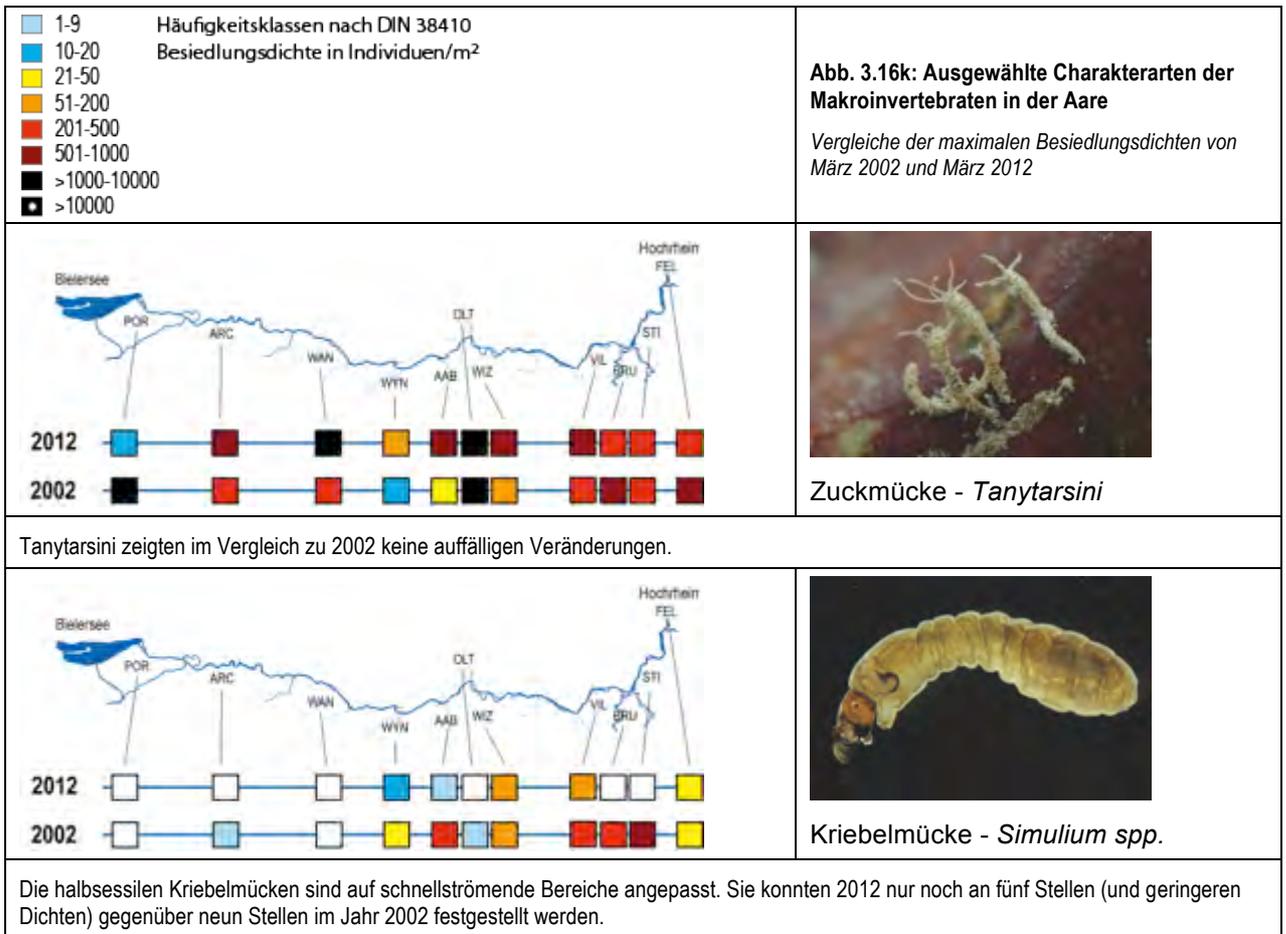
<p> 1-9 10-20 21-50 51-200 201-500 501-1000 >1000-10000 >10000 </p> <p>Häufigkeitsklassen nach DIN 38410 Besiedlungsdichte in Individuen/m²</p>	<p>Abb. 3.16h: Ausgewählte Charakterarten der Makroinvertebraten in der Aare</p> <p>Vergleiche der maximalen Besiedlungsdichten von März 2002 und März 2012</p>
	<p>Foto von <i>H. contubernalis</i></p> <p><i>Hydropsyche incognita / pellucidula</i></p>
<p>Auch <i>H. incognita / pellucidula</i> zeigt eine rückläufige Tendenz.</p>	
	<p>Foto von <i>H. contubernalis</i></p> <p><i>Hydropsyche siltalai</i></p>
<p><i>H. siltalai</i> konnte 2002 noch in drei Transekten in der höchsten Größenklasse nachgewiesen werden, 2012 fehlte sie an einer dieser Stellen sogar gänzlich.</p>	
	<p>Rechteck-Köcherfliege - <i>Lepidostoma hirtum</i></p>
<p><i>Lepidostoma hirtum</i> konnte 2002 noch in drei Transekten in der höchsten Größenklasse nachgewiesen werden, 2012 fehlte sie an einer dieser Stellen sogar gänzlich.</p>	
	<p><i>Ceraclea dissimilis</i></p>
<p>Auch die Köcherfliege <i>C. dissimilis</i> konnte 2002 noch in sechs Transekten nachgewiesen werden, 2012 kam sie nur noch bei Arch innerhalb der Transekte vor.</p>	





Diptera – Zweiflügler: Fliegen und Mücken





3.4.6 Neozoen

Nachdem die Aare noch 2001/02 erst von wenigen neozoischen Arten besiedelt war (Abb. 3.17 links) und diese auch nur eine begrenzte Verbreitung besaßen, sind in den letzten Jahren eine grössere Zahl gebietsfremder Arten eingeschleppt worden. Sie haben sich schnell verbreitet und prägen in zunehmendem Masse die Biozönose der Aare. Abbildung 3.17 rechts gibt die Situation im Frühjahr 2012 wieder, die Untersuchungen im Herbst 2011 bzw. 2012 (ohne Abb.) zeigten bei Wynau, Aarburg und Felsenau eine besonders dichte Besiedlung durch die Donauassel (*Jaera istri*; Abb. 3.18c), die zu deutlich erhöhten Neozoenanteilen führt, zumal im Herbst die extreme Zuckmückendichte entfällt, welche das Verhältnis zugunsten der angestammten Arten verschoben hatte.

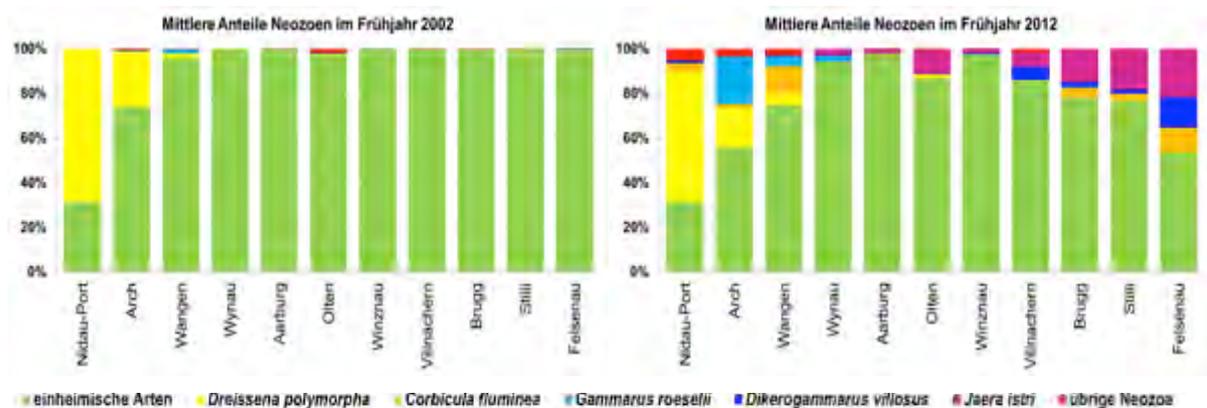
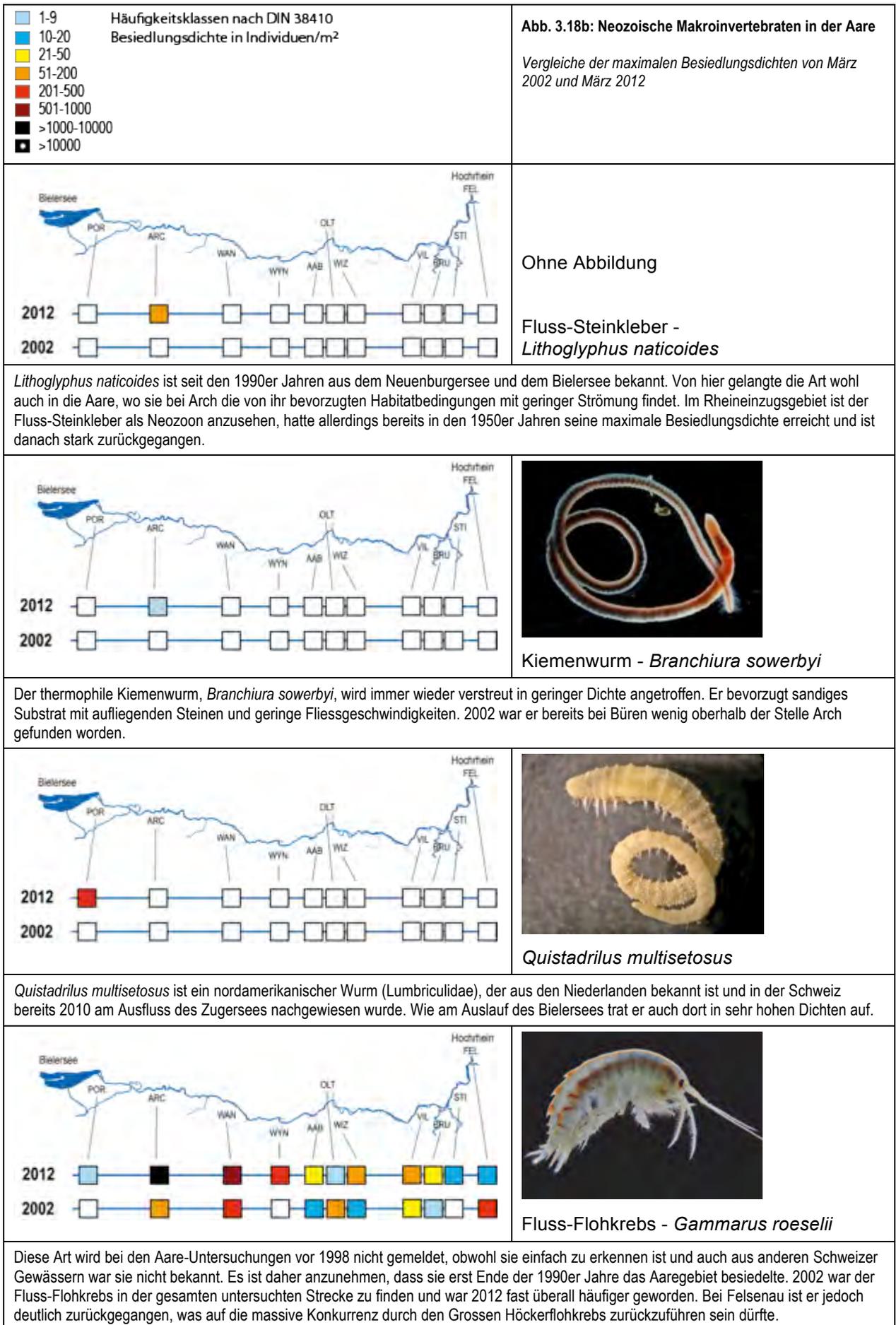


Abb. 3.17: Individuenanteil neozoischer Arten an der Besiedlung der Aare-Untersuchungsstellen im Frühjahr 2002 und 2012.

<p> 1-9 10-20 21-50 51-200 201-500 501-1000 >1000-10000 >10000 </p> <p>Häufigkeitsklassen nach DIN 38410 Besiedlungsdichte in Individuen/m²</p>	<p>Abb. 3.18a: Neozoische Makroinvertebraten in der Aare</p> <p>Vergleiche der maximalen Besiedlungsdichten von März 2002 und März 2012</p>
<p>2012</p> <p>2002</p>	<p>Tigerplanarie - <i>Dugesia tigrina</i></p>
<p>Die Tigerplanarie ist seit 1986 aus dem Klingnauer Stausee bekannt und wurde in den folgenden Jahren vereinzelt bis Gösigen gefunden. Sie war 2001/02 über den gesamten Flusslauf verbreitet. Lokal (mitunter nur auf einzelnen Blöcken) tritt sie in sehr hohen Dichten auf, sie besitzt an der Gesamtbesiedlung aber immer nur einen geringen Anteil. In den Herbstuntersuchungen war sie deutlich häufiger vertreten als im Frühjahr. Eine auffällige Bestandsveränderung ist nicht ersichtlich.</p>	
<p>2012</p> <p>2002</p>	<p>Grobgerippte Körbchenmuschel - <i>Corbicula fluminea</i></p>
<p>Die Grobgerippte Körbchenmuschel, <i>Corbicula fluminea</i>, ist seit 2006 aus dem Bielersee bekannt, aus der Suhre seit 2007 (Schmidlin 2011). Die ersten Exemplare in der Aare wurden 2006 bei Döttingen gefunden. Zwischenzeitlich wird die gesamte Aare unterhalb des Bielersees besiedelt - meist in hohen Dichten. Insbesondere an der Gewässersohle ist die Körbchenmuschel oft aspektbildend.</p>	
<p>2012</p> <p>2002</p>	<p>Zebamuschel - <i>Dreissena polymorpha</i></p>
<p>Im Seeabfluss und Nidau-Büren-Kanal stellt die neozoische Wandermuschel die häufigste Art dar. Sie wurde in den 1970er Jahren in den Bielersee eingeschleppt, etablierte sich dort und besiedelt seither durch die Abdrift ihrer Larven die Aare. Auch wenn die Art Ende des Winters infolge des Frassdrucks durch überwintrende Wasservögel ein Populationsminimum hat, stellt sie immer noch ca. 70% der Besiedlung im Nidau-Büren-Kanal. In den freifliessenden Strecken bleibt die Siedlungsdichte in der Regel gering. Veränderungen sind nicht ersichtlich.</p>	
<p>2012</p> <p>2002</p>	<p>Neuseeländische Zwergdeckelschnecke - <i>Potamopyrgus antipodarum</i></p>
<p>Die Neuseeländische Zwergdeckelschnecke, <i>Potamopyrgus antipodarum</i>, wurde 1978 erstmals im Neuenburger-, 1980 im Zürichsee nachgewiesen (TURNER et al.1998). Seither hat sie sich über den gesamten Aarelauf verbreitet und bildet lokal zeitweilig Massenbestände aus.</p>	



<p> 1-9 10-20 21-50 51-200 201-500 501-1000 >1000-10000 >10000 </p> <p>Häufigkeitsklassen nach DIN 38410 Besiedlungsdichte in Individuen/m²</p>	<p>Abb. 3.18c: Neozoische Makroinvertebraten in der Aare</p> <p>Vergleiche der maximalen Besiedlungsdichten von März 2002 und März 2012</p> <p>früherer Nachweis :</p>
	 <p>Grosser Höckerflohkrebs - <i>Dikerogammarus villosus</i></p>
<p>Der Grosse Höckerflohkrebs, <i>Dikerogammarus villosus</i> besiedelt seit 2003 den Neuenburgersee. 2002 war die Art in der Aare noch nicht anzutreffen. 2006 hatte sie bereits den gesamten Aarelauf unterhalb des Bielersees besiedelt. Auch bei dieser Art ist später im Jahr mit deutlich höheren Individuendichten zu rechnen, wie die Ergebnisse der saisonalen Untersuchungen andeuten.</p>	
	 <p><i>Synurella ambulans</i></p>
<p>Der Flohkrebs <i>Synurella ambulans</i> scheint inzwischen in der Aare etabliert zu sein. Er wurde an den bekannten Fundstellen auch zwischen den Untersuchungskampagnen immer wieder gefunden und ist nun auch bei Wangen nachgewiesen worden. Die Art bevorzugt ruhige Gewässerbereiche und war vor allem im Uferbereich zu finden.</p>	
	 <p>Aufrechter Flohkrebs - <i>Crangonyx pseudogracilis</i></p>
<p><i>Crangonyx pseudogracilis</i> ist ein Flohkrebs, der eher kleine Gewässer und stille Flussbereiche besiedelt. Sein Fundort bei Olten ist also eher untypisch. Er war bisher aus der Schweiz noch nicht bekannt, besiedelt aber seit 1993 die Seitengewässer des Oberrheins und seit 2008 auch den Bodensee.</p>	
	 <p>Donauassel - <i>Jaera sarsi</i></p>
<p>Bereits seit 2009 ist die Donauassel, <i>Jaera sarsi</i> aus dem Unterlauf der Limmat bekannt. Sie ist aus der Aare seit 2009 von verschiedenen Stellen bekannt und stellte im Herbst 2011 und 2012 an manchen Stellen über die Hälfte der Besiedlung. In den Frühjahrsproben ist sie deutlich geringer vertreten.</p>	

Tab. 3.3: Vorkommen von Neozoen an den Untersuchungstransekten in der Aare. Angegeben sind die beobachteten maximalen Individuendichten in Häufigkeitsklassen.

In Klammer: Nachweise in Nähe der Transekte; graue Schrift: Erstnachweise für die Schweiz, möglicherweise keine Neubesiedler, sondern bislang nur übersehen.

Untersuchungsstelle :		POR	ARC	WAN	WYN	AAB	OLT	WIZ	VIL	BRU	STI	FEL	Vorkommen im Aaregebiet; Bemerkungen
Taxon:													
Turbellaria													
<i>Dugesia tigrina</i>	2001/02	5	4	4	5	7	5	1	(+)	1	1	4	potenziell invasiv
	2011/12	1	5	3	5	4		1		1			
Bivalvia													
<i>Corbicula fluminea</i>	2001/02												seit 2005 Neuenburger- u. Bielersee, seit 2006 vereinzelt in der Aare potenziell invasiv
	2011/12	5	5	7	2	3	4	3	4	6	6	7	
<i>Dreissena polymorpha</i>	2001/02	7	7	6	3	3	7	1	3	4	4	3	potenziell invasiv
	2011/12	7	7	6	1	1	5		2	3	4	1	
Gastropoda													
<i>Haitia (=Physella) acuta/heterostropha</i>	2001/02		1	1									beide Arten nicht häufig
	2011/12	2	3	3			1	1	2	1		2	
<i>Lithoglyphus naticoides</i>	2001/02												seit 1998 Einzelfunde in Bieler- und Neuenburgersee
	2011/12		4	1									
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	2001/02		4	6			3	1			1		potenziell invasiv
	2011/12	1	2	5	2	1	4	2	5	3	1	2	
<i>Potamopyrgus antipodarum f. carinata</i>	2001/02		2	1									
	2011/12			+			+	+	+				
Oligochaeta													
<i>Branchiura sowerbyi</i>	2001/02		(+)										
	2011/12		1										
<i>Quistadrilus multisetosus</i>	2001/02												Herkunft: Nordamerika 2010 erstmals in der Schweiz im Abfluss des Zugersees nachgewiesen; potenziell invasiv
	2011/12	5											
Hirudinea													
<i>Alboglossiphonia hyalina</i>	2001/02												Erstnachweis für die Schweiz, eventuell bislang übersehen
	2011/12			1	1								
<i>Caspiobdella fadejewi</i>	2001/02												
	2011/12									1			
CRUSTACEA: Amphipoda													
<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	2001/02												
	2011/12						1						
<i>Gammarus roeselii</i>	2001/02		4	5		2	4	3	2	1		5	
	2011/12	1	7	6	5	3	1	4	4	3	2	2	
<i>Dikerogammarus villosus</i>	2001/02												potenziell invasiv
	2011/12	3	2	3	1	1	4	3	5	4	4	7	
<i>Synurella ambulans</i>	2001/02			(+)			6						
	2011/12			3			1						
CRUSTACEA: Isopoda													
<i>Jaera istri</i>	2001/02												potenziell invasiv
	2011/12			1	5	5	7	6	6	7	7	7	

4 Die Jungfischbesiedlung der Aare

4.1 Die aktuelle Jungfischbesiedlung der unteren Aare

4.1.1 Fischartenspektrum

Im Zuge der Hauptkampagne im März 2012 wurden elf Aareabschnitte im Uferbereich befishet. Hierbei wurden insgesamt 11'339 Fische und Rundmäuler (Neunaugen) erfasst und grossteils auch deren Längen vermessen.

Durch die ufernahen Befischungen wurde primär die Jungfisch-Besiedlung dokumentiert, die Rückschlüsse auf das Reproduktionspotenzial der untersuchten Aareabschnitte zulässt. Im Zuge der Hauptkampagne wurden 22 Fischarten und eine Neunaugenart nachgewiesen; der Anteil ursprünglich nicht heimischer Fischarten ist mit nur zwei Vertretern (Kaulbarsch und Stichling) gering. Beide Arten kamen historisch in der Schweiz jedoch im Hochrhein um Basel vor.

Im Rahmen der Sonderprogramme „Restwasser“ und Saisonalität“ (nochmals 15'258 gefangene Individuen) kamen mit Äsche, Brachse, Moderlieschen und Rotfeder vier weitere heimische Fischarten hinzu – mit dem Sonnenbarsch aber auch ein „echtes“ Neozoon. Damit wurden im Zuge aller Befischungen 26'597 Individuen aus 28 Arten nachgewiesen. Obwohl die Stellenauswahl nicht nach fischökologischen Kriterien stattfand, entspricht dieses Ergebnis bereits rund 60 % des historisch und aktuell bekannten Artenspektrums. Die relativen Zusammensetzungen der Fischbiozöosen unterscheiden sich dabei deutlich von historischen Angaben zur Fischverteilung in der Aare (z.B. vor der ersten Aare-Korrektion). Hierfür können verschiedene Ursachen angeführt werden, u.a. auch Besatzmassnahmen, deren Auswirkung auf die Fischbestände der Aare allerdings wenig bekannt ist. Die Tabelle 4.1 (folgende Seite) stellt alle im Zuge des Jungfischmonitorings und der Sonderkampagnen nachgewiesenen Arten dar. Die Liste enthält auch Arten, die historisch oder im Rahmen anderer Untersuchungen und Fang-Statistiken im betreffenden Aareabschnitt nachgewiesen wurden.

4.1.2 Artenzahlen

Die Fischartenzahlen, die während der Hauptkampagne im März 2012 nachgewiesen wurden, scheinen vom Bielersee zum Hochrhein hin tendenziell anzusteigen (Abb. 4.1). Die wenigsten Fischarten wurden in der frei strömenden Strecke bei Wynau (8 Arten) und im Seeabfluss bei Port (9 Arten) nachgewiesen. Abgesehen von diesen beiden Stellen wurden stets 12 oder mehr Arten dokumentiert. In der Restwasserstrecke des Villnacher Schachen konnten die meisten Arten (16) nachgewiesen werden.

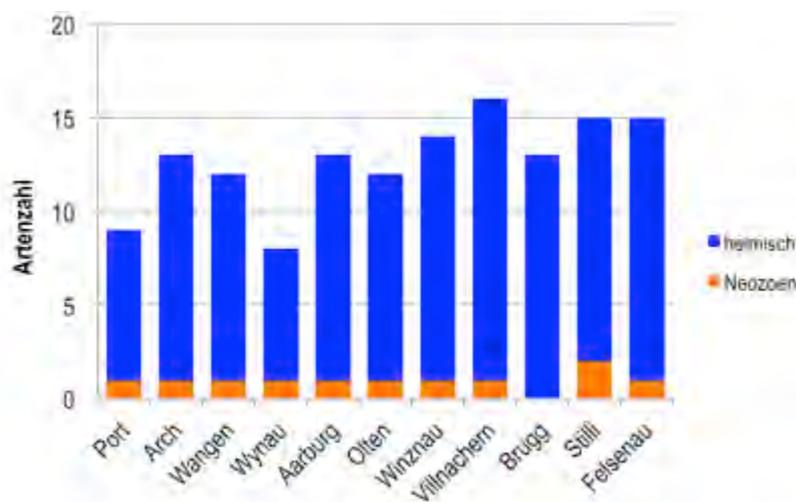


Abb. 4.1: Fischartenzahl pro Stelle während der Hauptkampagne im März 2012.

Die grossen Zuflüsse Limmat und Reuss, aber auch der Hochrhein beeinflussen dabei sicherlich das Artenspektrum der untersten Aareabschnitte. Ansonsten sind die Unterschiede in den Artenzahlen zu gering, um direkte Rückschlüsse auf mögliche hydrologische oder morphologische Defizite ziehen zu können.

Tab. 4.1: Gesamtliste der für die Aare zwischen Bielersee und Hochrhein nachgewiesenen Fischarten.

Rote Schrift: Eingebürgerte oder eingewanderte Arten; +: Im aktuellen Monitoring nachgewiesen.

Deutscher Name	Lateinischer Name	Monitoring 2011/12	Sonstige Nachweise
Bachneunauge	<i>Lampetra planeri</i>	+	
Flussneunauge	<i>L. fluviatilis</i>		ausgestorben (DÖNNI & FREYHOF 2002)
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>	+	
Äsche	<i>Thymallus thymallus</i>	+	
Alet	<i>Squalius cephalus</i>	+	
Bachforelle	<i>Salma trutta fario</i>	+	
Bachsaibling	<i>Salvelinus fontinalis</i>		Zaugg et al. 2003, DÖNNI & FREYHOF 2002
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	+	
Bitterling	<i>Rhodeus sericeus</i>	+	
Blicke	<i>Blicca bjoerkna</i>		Zaugg et al. 2003
Brachse, Brachsmen	<i>Abramis brama</i>	+	
Elritze	<i>Phoxinus phoxinus</i>	+	
Felchen	<i>Coregonus sp.</i>		Zaugg et al. 2003
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	+	
Goldfisch	<i>Carassius auratus auratus</i>		DÖNNI & FREYHOF 2002
Giebel	<i>Carassius auratus gibelio</i>		DÖNNI & FREYHOF 2002
Graskarpfen	<i>Ctenopharyngodon idella</i>		Zaugg et al. 2003
Groppe	<i>Cottus gobio</i>	+	
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	+	
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	+	
Hecht	<i>Esox lucius</i>	+	
Karassche	<i>Carassius carassius</i>		Zaugg et al. 2003
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>		Zaugg et al. 2003
Katzenwels	<i>Ameiurus spp.</i>		Leitbild Aare (BASLER & HOFFMANN 2011)
Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	+	
Lachs	<i>Salmo salar</i>		ausgestorben (DÖNNI & FREYHOF 2002)
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	+	
Meerforelle	<i>Salmo trutta trutta</i>		ausgestorben (DÖNNI & FREYHOF 2002)
Moderlieschen	<i>Leucaspius delineatus</i>	+	
Nase	<i>Chondrostoma nasus</i>	+	
Regenbogenforelle	<i>Oncorhynchus mykiss</i>		DÖNNI & FREYHOF 2002
Rotauge	<i>Rutilus rutilus</i>	+	
Rotfeder	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	+	
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	+	
Schmerle	<i>Barbatula barbatula</i>	+	
Schneider	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	+	
Seeforelle	<i>Salmo trutta lacustris</i>	+	
Seesaibling	<i>Salvelinus alpinus</i>		Zaugg et al. 2003
Sonnenbarsch	<i>Lepomis gibbosus</i>	+	
Steinbeisser, Dorngrundel	<i>Cobitis taenia / C. bilineata</i>	+	
Stichling	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	+	
Strömer	<i>Leuciscus souffia agassizi</i>		Zaugg et al. 2003
Trüsche	<i>Lota lota</i>	+	
Wels	<i>Siluris glanis</i>		Zaugg et al. 2003
Zander	<i>Sander lucioperca</i>		Zaugg et al. 2003

4.1.3 Jung- und Kleinfischdichten

Die Fischdichte (aufgetragen nach Einheitsfang pro 100 m Uferstrecke) zeigte deutlichere Unterschiede zwischen den verschiedenen Stellen als die Fischartenzahl (Abb. 4.2). Insgesamt sind die Einheitsfänge für ein Fliessgewässer dieser Grösse allerdings niedrig. Vor allem der Aareabschnitt

zwischen Bielersee und Aarburg weist mit durchschnittlichen Fangzahlen unter 80 Ind. pro 100 m sehr geringe Werte auf. Die Fangzahlen schwankten hier zwischen maximal ca. 127 Ind. /100 m in Port und minimal ca. 10 Ind. pro 100 m in Wynau. Die Ursachen dafür sind wahrscheinlich vielfältig; so könnte mangelnde Habitatvielfalt, abschnittsweise aber auch geringe Dichten an Benthosnährtieren (vgl. Kap. 3) daran Schuld sein. An der Stelle Arch könnten auch die täglichen und schnell wechselnden Wasserspiegel unterhalb des Regulierwehrs Port eine Rolle für die Besiedlung spielen (BERNET, pers. Mitt.). Aus den gefällereichen, freifliessenden Abschnitten wie bei Aarburg und Wynau halten sich strömungssensible Fischarten eher fern, der Anteil rheophiler Arten steigt über 50 % an. Wenn im Abschnitt dann zu wenige rheophile Individuen vorhanden sind, sinkt die Fischdichte gegenüber tieferen und ruhigeren Aarestrecken deutlich ab.

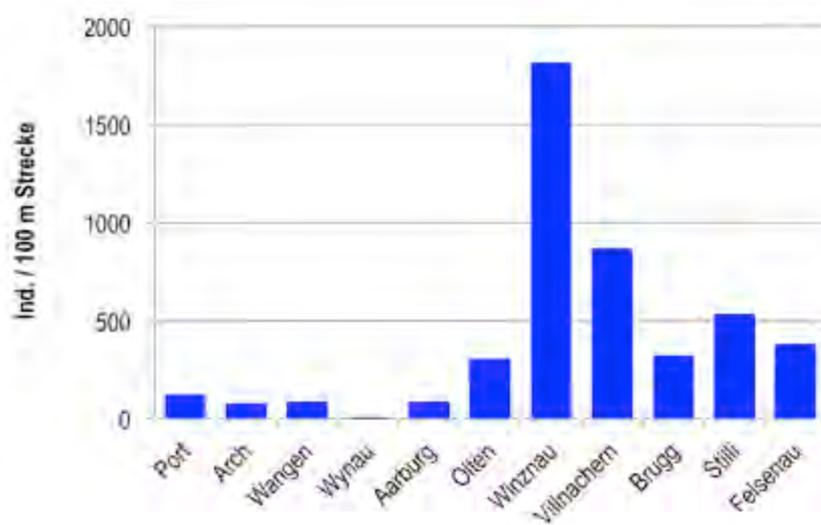


Abb. 4.2: Einheitsfang (Ind. pro 100 m) pro Stelle während der Hauptkampagne im März 2012.

Im Aareabschnitt von Olten bis Felsenau liegt der Durchschnittswert des Einheitsfangs mit 705 Ind. pro 100 m Strecke um ein mehrfaches höher. In den untersuchten Strecken waren stets gute Deckungsmöglichkeiten vorhanden. Minimal wurden in Olten 307 Ind. auf 100 m und bei Winznau maximal 1'815 Ind./100 m gefangen. In der strukturell naturnahen, deckungsreichen Restwasserstrecke ist jedoch der überwiegende Teil dieser Zahl auf die beiden Kleinfischarten Schmerle und Groppe zurückzuführen (92,4%). Auch in der Restwasserstrecke Villnacher Schachen, die die zweithöchsten Fischdichten aufwies, machen diese beiden Arten 30,1% des Einheitsfangs aus.

Ein deutlicher Zusammenhang zwischen strukturell aufgewerteten Bereichen und der hier nachweislichen Artenzahl und Fischdichte zeigt die Stelle bei Brugg. Weiter unten wirken sich das hohe Reproduktionspotenzial der Aue „Gippinger Grien“ und die direkte Nähe zu einem produktiven Hochrheinabschnitt positiv auf die begradigte, mit Blöcken verbaute Stelle bei Felsenau aus.

4.1.4 Besiedlungsvergleiche einzelner Arten im Längsverlauf

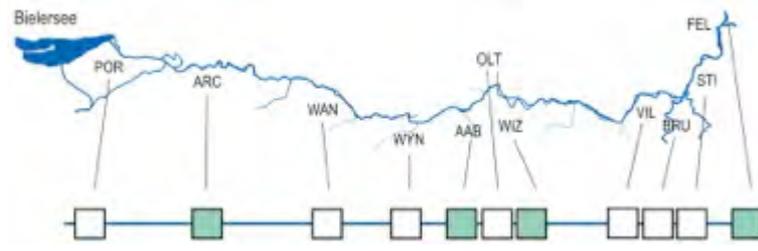
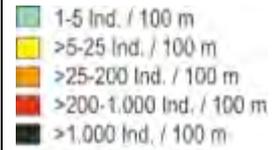
Da die Befischungen innerhalb einer Woche bei stabilen Witterungs- und Abflussbedingungen stattgefunden haben, sind Vergleiche der Ergebnisse an den elf Flussabschnitten möglich. Die Fischdichten – angegeben als Einheitsfänge (Ind./100 m Befischungsstrecke) - beziehen sich auf die Hauptuntersuchungskampagne im März 2012 und sind in fünf Häufigkeitsklassen aufgelistet. Bei der Betrachtung der Verbreitungskarten ist zu berücksichtigen, dass einige Schwarmfischarten wie Alet, Rotaug und Elritze oft in sehr dichten Schwärmen und lokal konzentriert vorkommen können, während Arten, die sich territorial verhalten (Bachforelle, Aal, Hecht) oder sich flächig auf geeigneten Substraten verteilen (Schmerlen und Gropfen) nie entsprechende Konzentrationen erreichen. Dennoch wurde nur für die Schmerle die höchste Häufigkeitsklasse nachgewiesen.

Die Ergebnisse der Hauptkampagne (Abb. 4.3) wurden durch Erkenntnisse aus den Sonderkampagnen „Saisonalität“ und „Restwasser“ ergänzt (entsprechende Kennzeichnung).

Abb. 4.3 a: Ergebnisse der Jung- und Kleinfischuntersuchung

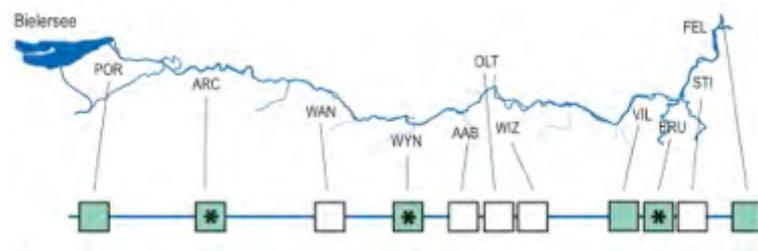
Vergleich der Einheitsfänge im März 2012. Angaben in Häufigkeitsklassen.

*: nur in den Sonderprogrammen festgestellt.



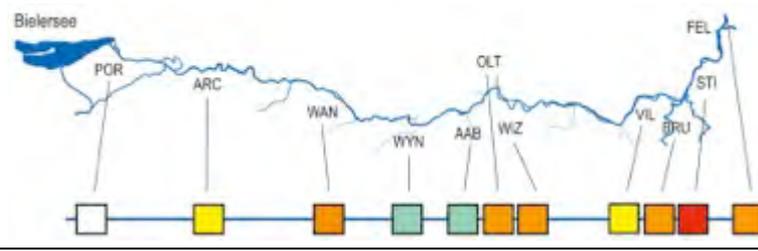
Bachneunauge, *Lampetra planeri*

Bachneunaugen konnten an vier Stellen in der geringsten Häufigkeit nachgewiesen werden. Neben den Nachweisen im aufgestauten Bereich bei Arch gelangen Nachweise sonst nur in strömenden Bereichen. Aus methodischen Gründen sind die erfassten Dichten unterschätzt.



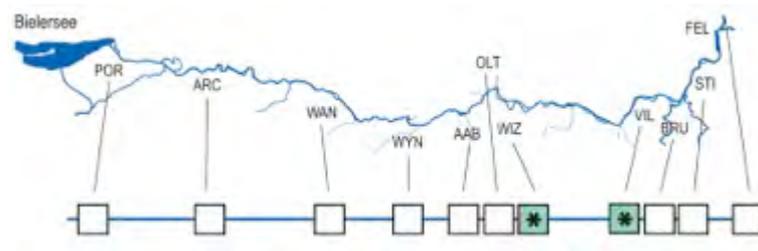
Aal, *Anguilla anguilla*

Der Aal ist in der Aare nur noch sehr lokal und spärlich zu finden. Die Funde in Port dürften im Zusammenhang mit Populationen des Bielersees stehen, während in Felsenau Bestände des Hochrheins eine Rolle spielen dürften. Bei den Sonderprogrammen gelangen Nachweise auch in Arch, Wynau und Brugg.



Alet, *Squalius cephalus*

Der Alet zählt zu den häufigeren Fischarten der Aare. Er fehlte nur in Port. Während er an den freifliessenden Strecken in Wynau und Aarburg sehr selten war, kam er im untersten Aareabschnitt am häufigsten vor. Der Alet erreichte bei der Uferbefischung nur in Stilli die zweithöchste Häufigkeitsklasse von mehr als 200 Ind. pro 100 m Strecke.



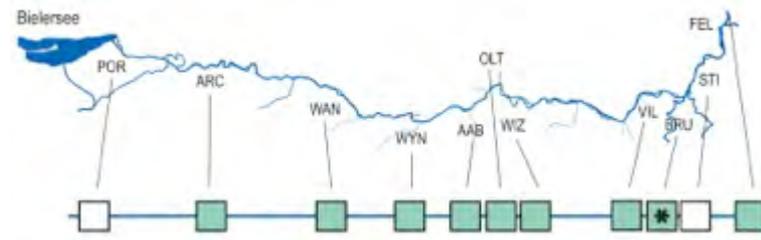
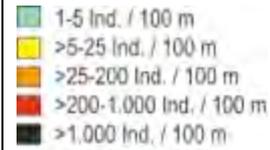
Äsche, *Thymallus thymallus*

Bei der Äsche gelang im Zuge der Hauptkampagne kein Nachweis. Sie wurde nur im Zuge des Sonderprogramms „Restwasser“ in Winznau und Villnachern nachgewiesen. Es ist davon auszugehen, dass ihr tatsächlicher Bestand höher und ihre Verbreitung weitläufiger ist, als im Jungfischmonitoring nachgewiesen.

Abb. 4.3 b: Ergebnisse der Jung- und Kleinfischuntersuchung

Vergleich der Einheitsfänge im März 2012. Angaben in Häufigkeitsklassen.

*: nur in den Sonderprogrammen festgestellt.



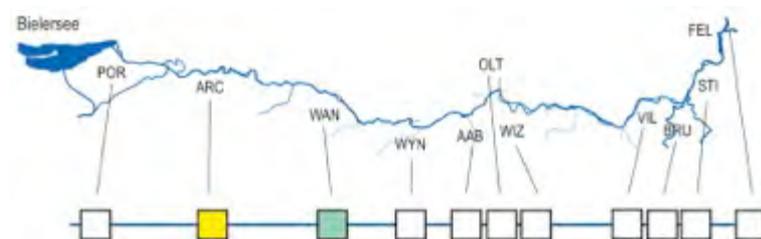
Bachforelle, *Salmo trutta fario*

Die Bachforelle konnte zwar an 8 der 11 Stellen nachgewiesen werden. Wir vermuten, dass ein Grossteil der Nachweise auf Besatzfischen beruht, obwohl wir auch einzelne Brütlinge ev. vor dem Besatz nachweisen konnten. Eine Beurteilung von Dichte und Verbreitung ist daher nicht möglich. Generell sind die Fangnachweise aber trotz des Besatzes gering. Beim Sonderprogramm „Saisonalität“ wurde die Bachforelle auch in Brugg belegt. In Felsenau konnten wir eine Seeforelle mit 40 cm Länge fangen.



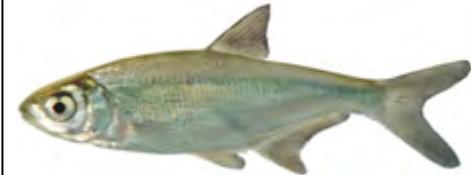
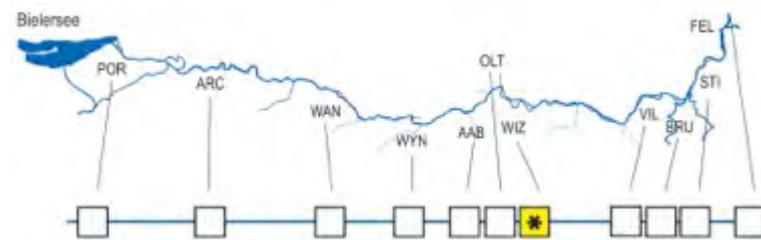
Barbe, *Barbus barbus*

Barben konnten nur im Unterlauf der Aare ab der Restwasserstrecke Winznau nachgewiesen werden. Die Fangzahlen erreichten nur in Stilli und Felsenau die zweite Häufigkeitsklasse. In Wynau gelangen Nachweise während der Befischungen zur Saisonalität.



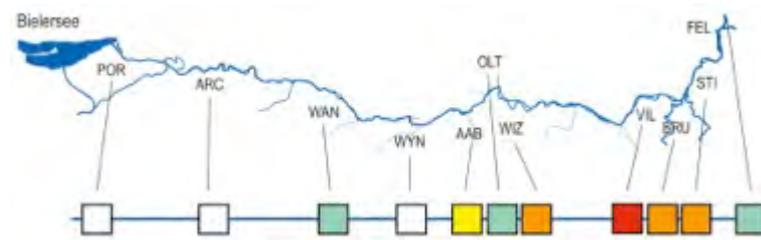
Bitterling, *Rhodeus amarus*

Der Bitterling wurde in den Staubereichen bei Arch und Wangen nachgewiesen. In Arch besteht eine recht grosse Population dieses attraktiven Kleinfisches, der obligat von Grossmuscheln abhängig ist.



Brachse, *Abramis brama*

Junge Brachsen konnten nur 2011 im Zuge des Sonderprogramms „Restwasser“ in Winznau nachgewiesen werden.



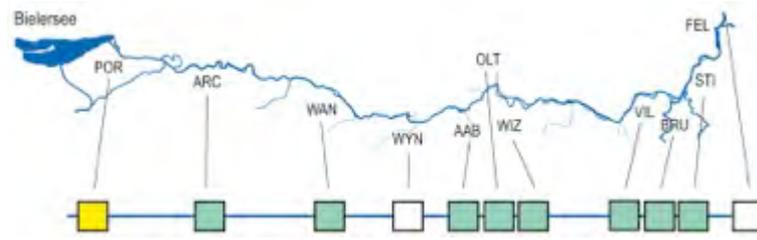
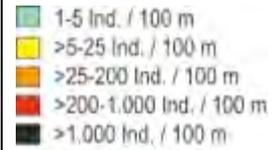
Elritze, *Phoxinus phoxinus*

Die Elritze war eine der häufigsten Fischarten, obwohl sie an drei Stellen nicht nachgewiesen wurde. Hohe Dichten erreichte sie im Restwasser Villnachern und mittlere Dichten in Winznau, Brugg und Stilli.

Abb. 4.3 c: Ergebnisse der Jung- und Kleinfischuntersuchung

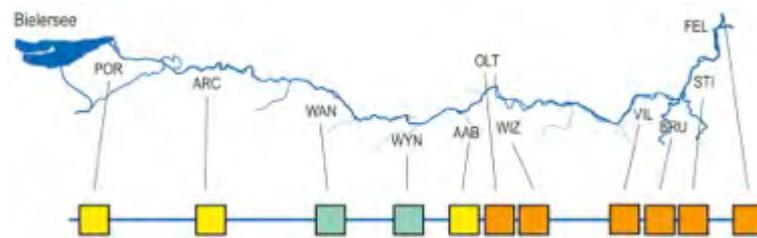
Vergleich der Einheitsfänge im März 2012. Angaben in Häufigkeitsklassen.

*: nur in den Sonderprogrammen festgestellt.



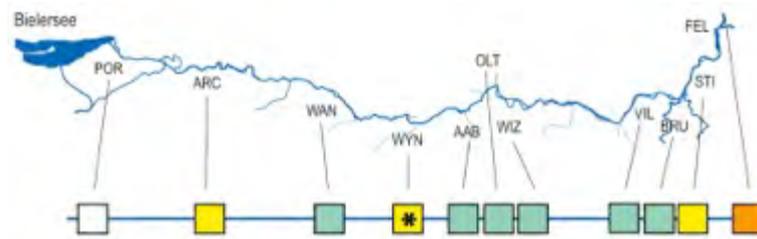
Flussbarsch, *Perca fluviatilis*

Der Flussbarsch ist zwar weit verbreitet, aber an den meisten Stellen in den Uferfängen nur spärlich vertreten. Nur in Port wurde er in höherer Zahl gefangen.



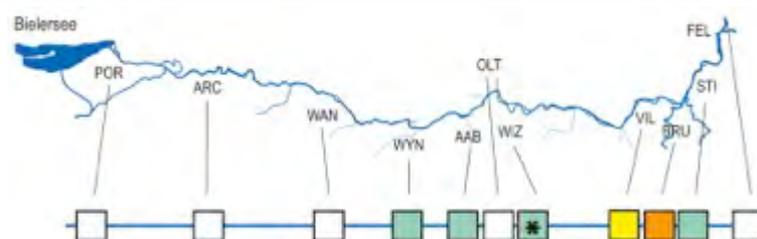
Groppe, *Cottus gobio*

Die Groppe ist neben dem Rotauge die einzige Art, die an allen 11 Stellen nachgewiesen wurde. Vor allem im Unterlauf der Aare gehört sie zu den häufigsten Arten. Möglicherweise wird das Vorkommen der Groppe durch die Ausbreitung des Grossen Höckerflohkrebses (*Dikerogammarus villosus*) gefördert.



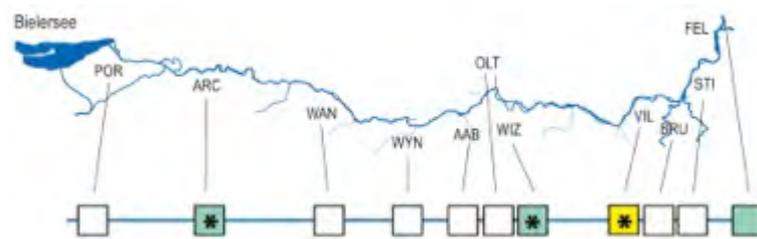
Gründling, *Gobio gobio*

Die Verbreitung des Gründlings ist weitläufig, allerdings kommt er meist in nur geringen Dichten vor. Nur im Staubereich Arch, bei Stilli und in Felsenau erreichte er höhere Dichten. Bei Wynau wurde er im Zuge der Kampagne „Saisonalität“ nachgewiesen.



Hasel, *Leuciscus leuciscus*

Der Hasel wurde nur an 5 der 11 Untersuchungsstellen nachgewiesen, an dreien davon nur in geringer Dichte. Lediglich in der Restwasserstrecke Villnachern erreichte der Hasel die zweite Häufigkeitsklasse und in Brugg die dritte. Im Sonderprogramm „Restwasser“ trat der Hasel auch bei Winznau auf.



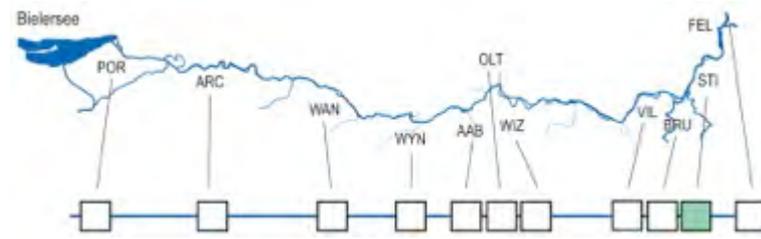
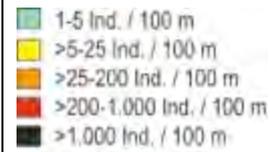
Hecht, *Esox lucius*

Der Hecht wurde bei der Hauptkampagne nur bei Felsenau nachgewiesen. Bei den Sonderuntersuchungen gelangen auch Nachweise in Arch, Winznau und Villnachern, hier auch in der zweiten Häufigkeitsklasse.

Abb. 4.3 d: Ergebnisse der Jung- und Kleinfischuntersuchung

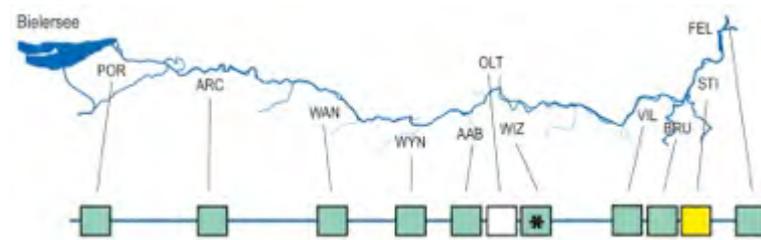
Vergleich der Einheitsfänge im März 2012. Angaben in Häufigkeitsklassen.

*: nur in den Sonderprogrammen festgestellt.



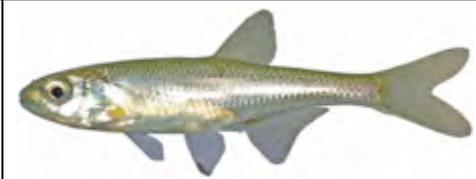
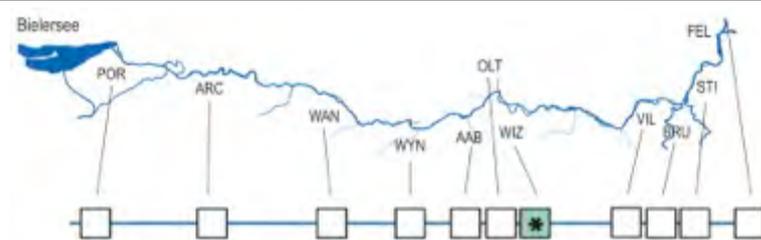
Kaulbarsch, *Gymnocephalus cernuus*

Der in der Aare neozoische Kaulbarsch wurde mit 3 Ind. bei Stilli nachgewiesen.



Laube, *Alburnus alburnus*

Die Laube ist recht weit verbreitet, aber nur in geringen Dichten. Lediglich in Stilli erreichte sie die zweite Häufigkeitsklasse von mehr als 5 Ind. pro 100 m. Bei der Sonderuntersuchung „Restwasser“ gelangen auch Nachweise in Winznau.



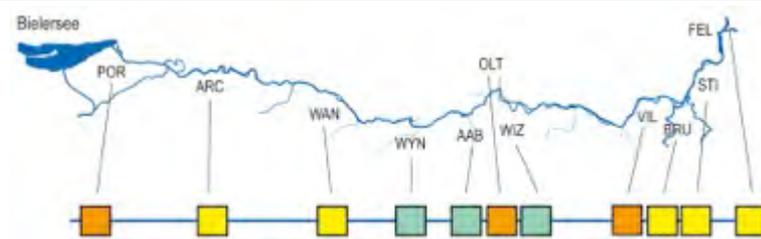
Moderlieschen, *Leucaspis delineatus*

Das Moderlieschen konnte nur im Zuge der Sonderprogramms „Restwasser“ im Gösger Schachen nachgewiesen werden



Nase, *Chondrostoma nasus*

Die Nase konnte während der Hauptkampagne an vier Stellen im Unterlauf der Aare in der geringsten Dichte nachgewiesen werden.



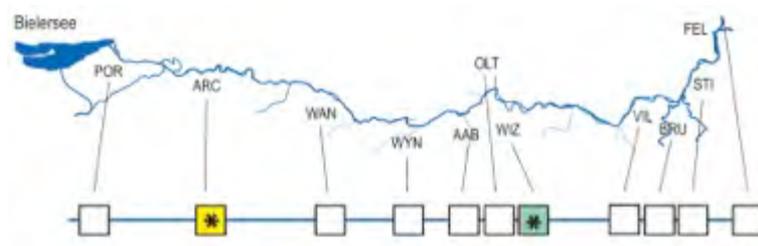
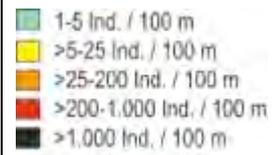
Rotaugen, Plötze, *Rutilus rutilus*

Rotaugen waren neben der Groppe die einzige Art, die an allen 11 Stellen nachgewiesen wurde. Sie erreichten die mittlere Häufigkeitsklasse jedoch nur in Port, Olten und Villnachern.

Abb. 4.3 e: Ergebnisse der Jung- und Kleinfischuntersuchung

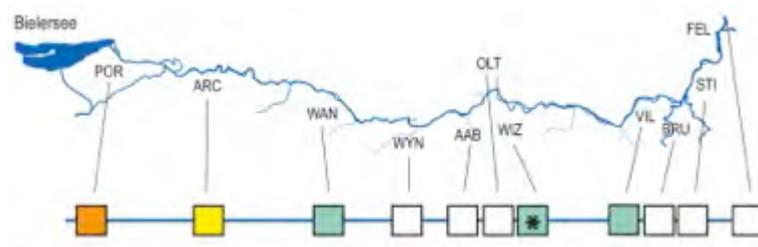
Vergleich der Einheitsfänge im März 2012. Angaben in Häufigkeitsklassen.

*: nur in den Sonderprogrammen festgestellt.



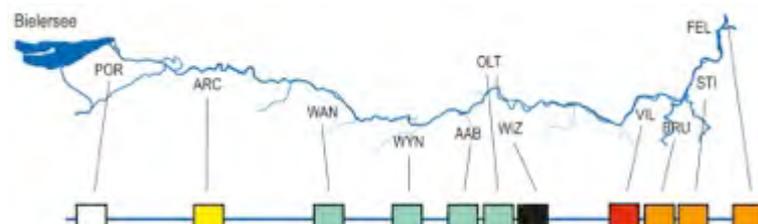
Rotfeder, *Scardinius sp.*

Die Rotfeder wurde während der Hauptkampagne nicht dokumentiert. Nachweise gelangen jedoch während der Sonderprogramme in Arch und Winznau.



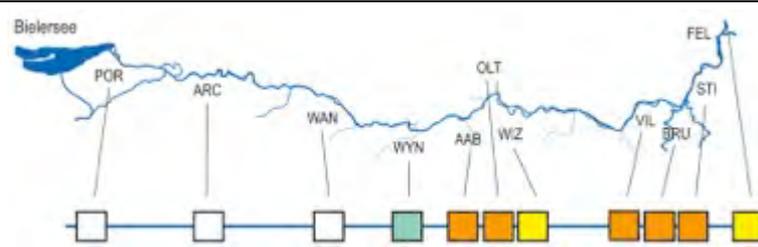
Schleie, *Tinca tinca*

Die Verbreitung der Schleie zeigt, dass diese Art Stillwasserbereiche bevorzugt. Abseits der gestauten Stellen Port, Arch und Wangen gelang während der Hauptkampagne nur in Villnachern ein Nachweis. Bei der Untersuchung „Restwasser“ gelang ein Nachweis in Winznau.



Schmerle, *Barbatula barbatula*

Die Schmerle ist die häufigste Fischart, obwohl sie in Port nicht nachgewiesen wurde. Als einzige Art erreichte sie die höchste Häufigkeitsklasse im Restwasser Winznau. Doch auch im Restwasser Villnachern erreichte sie sehr hohe Dichten. Die hohen Bestandsdichten im Unterlauf könnten mit der benthivoren Ernährungsweise und den ab Olten flussab oft hohen Dichten des Grossen Höckerflohkrebses zu tun haben.



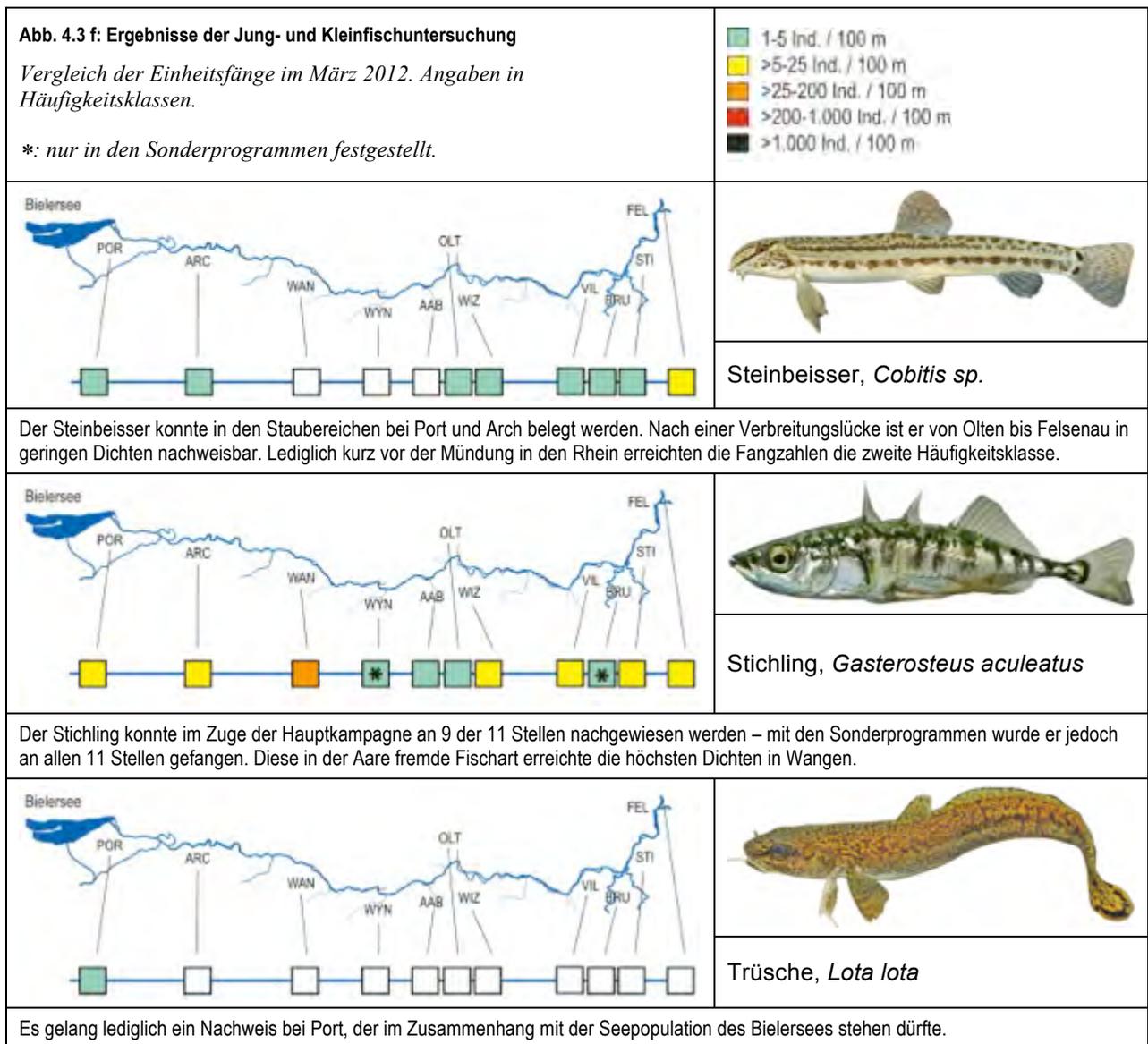
Schneider, *Alburnoides bipunctatus*

Der Schneider fehlte nur in den drei Staubereichen bei Port, Arch und Wangen. Er zählt mit zu den häufigeren Arten. Die höchsten Dichten erreichte er in Olten unter Wurzelraumkolken.



Sonnenbarsch, *Lepomis gibbosus*

Der aus Nordamerika stammende Sonnenbarsch konnte nur im Zuge des Sonderprogramms „Restwasser“ in Winznau nachgewiesen werden (10 Ind. im Sommer 2011).



4.1.5 Fischgrössenspektrum

Durch die spezifische Befischung auf Jungfische und Kleinfische können keine herkömmlichen Grössen- resp. Altersklassenverteilungen erstellt werden. Ein zeitlicher und räumlicher Vergleich der durchschnittlichen Längen der Jungfische ist lediglich für die Stellen Arch, Wynau und Brugg möglich, da diese Stellen zu zwei verschiedenen Zeitpunkten im Rahmen des Saisonalitätsprogramms untersucht wurden. Nur bei zwei Fischarten konnten genügend Individuen vermessen werden, um ein vergleichendes Längenspektrum angeben zu können (Abb. 4.4). Im November 2011 war die mittlere Grösse der Rotaugen um 7,1 mm (n=33) und im März 2012 bei 6,8 mm (n=24). Beim Alet veränderte sich die durchschnittliche Länge der Individuen geringfügig. Im November waren die jungen Alet im Schnitt 4,9 (n=92) cm lang, im März 5,9 cm (n=87). Aussagen über Wachstumsraten über das Winterhalbjahr hinweg können dabei nicht gemacht werden.

Bei der Hauptkampagne im März sind die mittleren Längen der Jungfische von Alet und Rotauge vergleichbar. Im Bereich des Seenausflusses sind die Längen im Frühjahr möglicherweise aufgrund des kalten Seewassers und der damit verlängerten Winterpause geringer.



Abb. 4.4: Mittlere Länge von jungen Alet und Rotaugen in der Aare im März 2012

4.2 Funktionelle Gruppen, Nahrung und Schädigungen

Fische, die bestimmte Lebensraumansprüche teilen, können in sogenannten Gilden zusammengefasst werden. Eine Gilde ist damit eine funktionelle Gruppe von Fischen, die einen bestimmten Bereich ihrer Umwelt ähnlich nutzt. Die Zusammensetzung der Fischfauna nach verschiedenen funktionellen Gruppen weist auf Unterschiede im Lebensraumangebot oder physikalische Eigenschaften der Umgebung hin. Verschiedene Arten sind bezüglich dieser Umgebungsfaktoren unterschiedlich flexibel und tolerant; sie können deshalb verschiedenen funktionellen Gruppen anteilig zugeordnet werden, wie dies in verschiedenen Benthosbewertungssystemen [z.B. MOOG 1995, 2002, 2003] und beim Fischregionsindex [DUBLING et al. 2009] auch durchgeführt wird. Meist wird für Fische allerdings ein vereinfachtes System angewandt, das jeder Art nur eine Ausprägung einer funktionellen Gruppe zuordnet. Dabei gibt es verschiedene Systeme, welche einzelne Arten unterschiedlich bewerten. So wird beispielsweise der Alet in der Schweiz [WEBER & PETER 2005] als rheophile – das heisst strömungsliebende – Art eingestuft, während sie in Deutschland diesbezüglich als indifferent betrachtet wird [DUBLING et al. 2009]. Auch über die Einteilung der Schmerle als rheophile Art (WEBER & PETER 2005) ist man sich uneinig. Bei anderen Autoren gilt diese als indifferent (SCHMEDTJE & COLLING, 1996) – aber gerade die Einteilung dieser Art wirkt sich erheblich auf die Beurteilung der Restwasserstrecken Winznau und Villnachern aus (siehe Kap. 5.6).

Tab. 4.2: Einordnung der in der Aare nachgewiesenen Fischarten nach Gilden bzw. funktionellen Gruppen. Einstufung nach Roter Liste CH: 1 = vom Aussterben bedroht; 2 = stark gefährdet; 3 = verletzlich; 4 = potenziell gefährdet.

Art	Rote Liste CH	Strömungspräferenz	Ernährungs-typ	Reproduktion	Ökol. Toleranz	Temperaturpräferenz
Bachneunauge	2	rheophil	detritivor	lithophil A	gering	oligo-stenotherm
Aal	3	indifferent	omnivor	katadrom	tolerant	meso-eurytherm
Äsche	3	rheophil	Driftfänger insectivor	lithophil A	gering	oligo-stenotherm
Alet, Döbel	-	rheophil	benthivor/ insectivor	lithophil B	tolerant	meso-eurytherm
Bachforelle	4	rheophil	benthivor/ insectivor	lithophil A	gering	oligo-stenotherm
Barbe	4	rheophil	benthivor/ insectivor	lithophil A	gering	meso-eurytherm
Bitterling	2	limnophil	herbivor	Teichmuscheln	gering	meso-eurytherm
Brachsmen	-	indifferent	omnivor	phytophil	tolerant	meso-eurytherm
Elritze	-	rheophil	benthivor/ insectivor	lithophil B	tolerant	oligo-stenotherm
Flussbarsch, Egli	-	indifferent	benthi- / insectivor	phytophil	tolerant	meso-eurytherm
Groppe, Koppe	4	rheophil	benthivor/ insectivor	speleophil	gering	oligo-stenotherm
Gründling, Gressling	-	rheophil	benthivor/ insectivor	psammophil	tolerant	meso-eurytherm
Hasel	-	rheophil	benthivor/ insectivor	lithophil A	gering	meso-eurytherm
Hecht	-	indifferent	piscivor	phytophil	tolerant	meso-eurytherm
Kaulbarsch	-	indifferent	benthivor/ insectivor	lithophil B	tolerant	meso-eurytherm
Laube, Ukelei	-	indifferent	omnivor	phytophil	tolerant	meso-eurytherm
Moderlischen	4	limnophil	omnivor	phytophil	tolerant	meso-eurytherm
Nase	1	rheophil	herbivor	lithophil A	gering	meso-eurytherm
Rotauge	-	indifferent	omnivor	phytophil	tolerant	meso-eurytherm
Rotfeder	-	limnophil	omnivor	phytophil	tolerant	meso-eurytherm
Schleie	-	limnophil	omnivor	phytophil	tolerant	meso-eurytherm
Schmerle	-	rheophil	benthivor/ insectivor	lithophil B	tolerant	meso-eurytherm
Schneider	3	rheophil	benthivor/ insectivor	lithophil B	gering	meso-eurytherm
Sonnenbarsch	Neozoon	limnophil	benthivor/ insectivor	polyphil	tolerant	meso-eurytherm
Steinbeisser, Dorngrundel	3	rheophil	benthivor/ insectivor	phytophil	tolerant	meso-eurytherm
Dreistachliger Stichling	in Aare: Neozoon	limnophil	benthivor/ insectivor	phytophil	tolerant	meso-eurytherm
Trüsche	-	indifferent	piscivor	litho-pelagophil	gering	oligo-stenotherm

4.2.1 Strömungstypen

Bedeutung

Rheophile (strömungsliebende) Arten besiedeln mehr oder weniger stark strömende Gewässerabschnitte und treten in Stillgewässern oder Staubereichen allenfalls in Ausnahmefällen auf. Diese Beschränkung kann z.B. in einem höheren Sauerstoffbedarf begründet, mit bestimmten Arten der Ernährung und Nahrungsaufnahme verbunden, aber auch durch die Bindung an steinig-kiesiges Substrat bedingt sein. Ihre Gelege werden wegen ihrem hohen Sauerstoffbedarf meist in stärkerer Strömung in oder auf Kiesflächen abgelegt.

Im Gegensatz zu den rheophilen Arten können sich die limno- oder stagnophilen Arten in der starken Strömung weder reproduzieren noch ausreichend ernähren. Sie besiedeln deshalb Stillgewässer oder in Fließgewässern Bereiche mit Stillwasserbedingungen, z.B. Auen mit Altwasser, Buchten, Staubereiche.

Als „indifferent“ werden Arten bezeichnet, die in strömenden wie auch in stehenden Gewässern in etwa gleich häufig vorkommen wie der Alet. Hierzu gehört aber auch eine Reihe von strömungsensibleren Arten, die besondere und kleinräumige Strukturen (z.B. Uferspalten, Wasserpflanzenbestände) besiedeln können und deshalb weniger von den Strömungsverhältnissen des freien Wassers betroffen sind wie der Stichling.

Ergebnisse, Beobachtung

Aus Abb. 4.5 lässt sich ablesen, dass die Fischzönosen der Aare zunächst von dem durch das Regulierwehr eingestauten und damit stillwasserähnlichen Seeausfluss (Stelle Port) und anschliessend (Stelle Arch) vom Stau der Kraftwerke Flumenthal geprägt sind. In Port dominieren limnophile und indifferente Strömungstypen bei Weitem, auch die fast 20% limnophilen Individuen in Arch sind für eine typische Flussbiozönose eher untypisch. Auch die Stelle Wangen, obwohl sie bereits zum Abschnitt B gerechnet wird, zeigt vor allem noch einen hohen Anteil indifferenter Individuen, der Anteil der Stillwasserarten ist allerdings schon deutlich geringer. Hierbei spielen sicher das noch geringe Gefälle, der Stau Bannwil und die deshalb noch ruhig strömende Aare eine Rolle. Von hier an aareabwärts dominieren rheophile Arten immer stärker. In den frei und turbulent fliessenden Abschnitten um Wynau und Aarburg wurden fast nur schwimmstarke rheophile und indifferente Fische angetroffen. An der besonders tiefen und auch durch das Wehr Winznau etwas eingestauten Probestelle Olten liegt der Anteil indifferenter Arten wieder etwas höher. Unterhalb Olten erhöht sich der Anteil rheophiler Individuen auf deutlich über 90 %, woran auch der Klingnauer Stausee nichts ändert. In den Restwasserstrecken um Winznau und Villnachern steigt der Anteil Rheophile noch einmal auf deutlich über 95 % an. Dies ist allerdings dem dichten Vorkommen der Schmerle geschuldet, die nach WEBER & PETER als rheophil eingestuft wird.

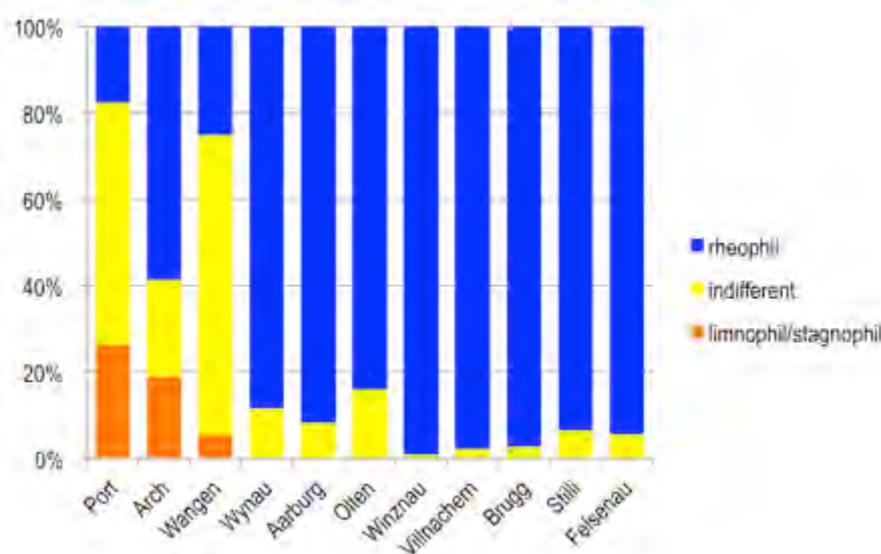


Abb. 4.5: Strömungspräferenzen der Fische im Einheitsfang in der Aare im März 2012.
Relative Häufigkeiten im Fang.

Interpretation der Ergebnisse

Obwohl Staubereiche lokal starken Einfluss auf die Fischzönosen ausüben, zählen vor allem im Bereich freifliessender und naturnaher Abschnitte noch immer viele Jung- und Kleinfische im Uferbereich der Aare zur strömungsliebenden (rheophilen) Strömungsgilde. Bei struktureich ausgeprägtem Aareufer und somit ausreichend Unterstände und Strömungsschatten, können selbst in dynamisch fliessenden Bereichen wie Wynau und Aarburg indifferente Strömungstypen einen gewissen Anteil der Fischfauna ausmachen. In den gefällearmen, staubeinflussten und deshalb sehr ruhig fliessenden Abschnitten bei Port, Arch und auch noch Wangen erreichen limnophile und indifferente Arten deutlich grössere Dichten als rheophile Arten. Die beiden Restwasserstrecken haben aufgrund der Einteilung der Schmerle als rheophil einen sehr hohen Anteil strömungsliebender Arten. Würde diese Art als indifferent eingeteilt (wie in Baden-Württemberg), sähe die Bewertung der Restwasserstrecken völlig anders aus, in Winznau würde der Anteil Rheophiler von 99,0% auf 15,6% und in Villnachern von 97,7% auf 72% fallen. Auch die Zuteilung in Brugg und Felsenau, wo die Schmerle ebenfalls sehr häufig ist (jeweils ca. 30 % aller Fische) würde sich deutlich ändern.

4.2.2 Ökologische Toleranz

Bedeutung

„Ökologisch intolerante“ Fischarten sind Spezialisten, die an spezifische Umgebungsbedingungen gebunden sind, wie den Strömungscharakter, die Wassertemperatur oder die speziellen Ansprüche an das Habitat und die Reproduktionsmöglichkeiten. Passen diese Lebensraumverhältnisse nicht oder nicht mehr, dann reagieren solche Arten sensibel, also z.B. mit Abnahme ihrer Populationsdichte oder Verkleinerung ihres Verbreitungsgebiets. Demgegenüber sind „ökologisch tolerante“ Arten Generalisten, die mit einer Vielzahl verschiedener Lebensraumtypen und -bedingungen zurecht kommen. Sie besitzen nur dann einen Konkurrenznachteil gegenüber den Spezialisten, wenn die Bedingungen zu spezifisch werden. Ein Beispiel für eine ökologisch extrem tolerante Art ist der Alet, der sich sowohl in starker Strömung als auch in Stillgewässern, in Fließgewässern und in Seen, im Bergland wie im Tiefland wohlfühlt. Dagegen ist der Bitterling ein Beispiel für eine sehr intolerante Art, die ihre Eier ausschliesslich in Grossmuscheln ablegt und eigentlich funktionierende Flussauen benötigt, um sich zu reproduzieren.

Das Auftreten und die Häufigkeit von Spezialisten erlaubt somit Beurteilungen von Qualität und naturschutzfachlicher Bedeutung des Habitatangebots des untersuchten Gewässers. In grossen Flüssen wie der Aare steht – anders als z.B. in Gebirgsbächen – stets genügend Lebensraum für Generalisten zur Verfügung.

Beobachtung

Der Anteil ökologisch toleranter Arten liegt in den Staubereichen Port, Arch und Wangen deutlich höher als derjenige der intoleranten (Abb. 4.6). Lediglich in den freifliessenden Strecken Wynau und Aarburg sowie in Olten ist der Anteil der sensiblen Arten dominant. Von Winznau bis Felsenau überwiegen wieder tolerante Arten, wobei die sensiblen Arten im Bereich der Revitalisierungsstrecke in Brugg wieder einen beachtlichen Anteil von knapp über 40 % erreichen.

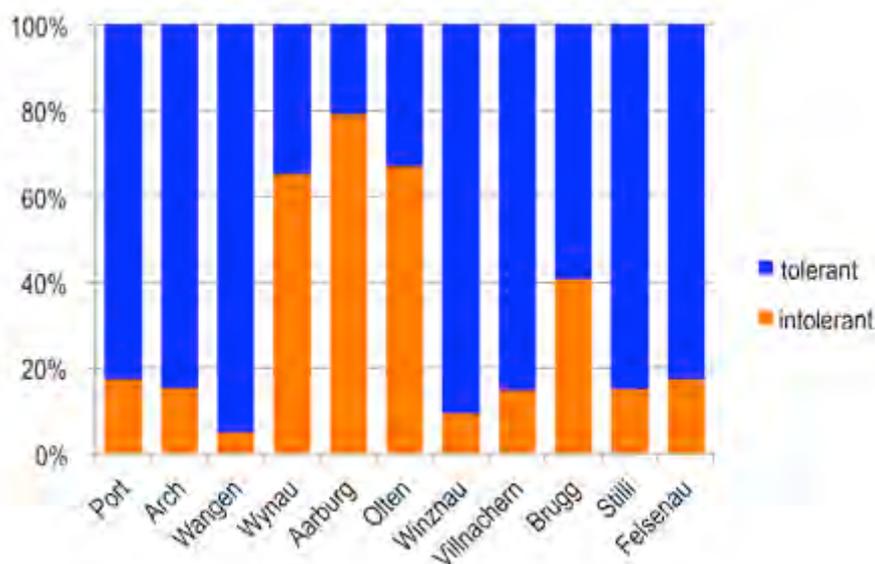


Abb. 4.6: Anteil der ökologisch sensiblen Fischarten (Einheitsfang / 100 m) in der Aare im März 2012. Relative Häufigkeiten im Fang.

Interpretation der Ergebnisse

Die zahlenmässig häufigsten intoleranten Arten waren die Groppe und der Schneider. Der Schneider erreichte in Olten seine höchsten Dichten (146 Ind./ 100 m), da dort sein bevorzugtes Habitat (Wurzelraumkolke) relativ häufig auftrat. Daher liegt der Anteil sensibler Arten an diesem gleichmässig fliessenden, leicht staubeinflussten Bereich überraschend hoch. Dritthäufigste intolerante

Art ist der nur lokal auftretende Hasel. Bachforellen, Bachneunaugen, Barben, Bitterlinge, Nasen und Trüschchen sind nur in geringer Zahl oder nur lokal vertreten.

Der Anteil von intoleranten Arten zeigt, dass und wo das Potenzial für aaretypische Arten noch vorhanden ist, obwohl die Aare vielerorts durch Verbau und Wasserkraftnutzung beeinträchtigt ist. Lediglich der Aareabschnitt bei Wangen fällt mit einem Anteil von 5% intoleranten Arten deutlich ab. Die beiden Restwasserstrecken Winznau und Villnachern haben trotz des hohen Anteils rheophiler Arten (s.o) jeweils nur einen recht geringen Anteil sensibler Arten.

4.2.3 Temperaturpräferenz

Bedeutung

Die Fische der Forellen- und Äschenregion sind zumeist kaltstenotherm, das heisst, sie fühlen sich nur in einem engen Temperaturbereich mit relativ niedrigen Temperaturen wohl. Neben den durch Besatz geförderten Äschen und Bachforellen sind dies in der Aare Bachneunauge, Groppe, Trüschchen sowie Elritze. Der ebenfalls kaltstenotherme Strömer konnte von uns nicht mehr nachgewiesen werden. Bei hohen Temperaturen (ab etwa 20 °C) erhöht sich der Grundumsatz der Kaltwasserarten und damit ihr Sauerstoffverbrauch überproportional, während auf der anderen Seite der im Wasser lösliche Sauerstoff abnimmt. Aufgrund ihrer Empfindlichkeit gegenüber hohen Temperaturen sind diese Fische in warmen Sommern oft auf Flussbereiche mit kühlen Grundwasseraustritten oder kühlen Zuflüssen angewiesen. Wo dies nicht gewährleistet ist, kann es ab 25°C sogar zu Fischsterben kommen.

Beobachtung

Die historischen Leitarten der Aare waren grösstenteils auch kaltstenotherm (GUTHRUF 2008, BASLER & HOFFMANN 2011). Die Einheitsfangzahlen (Abb. 4.7) verdeutlichen, dass sie heute nur noch geringe Bestandsdichten aufweisen.

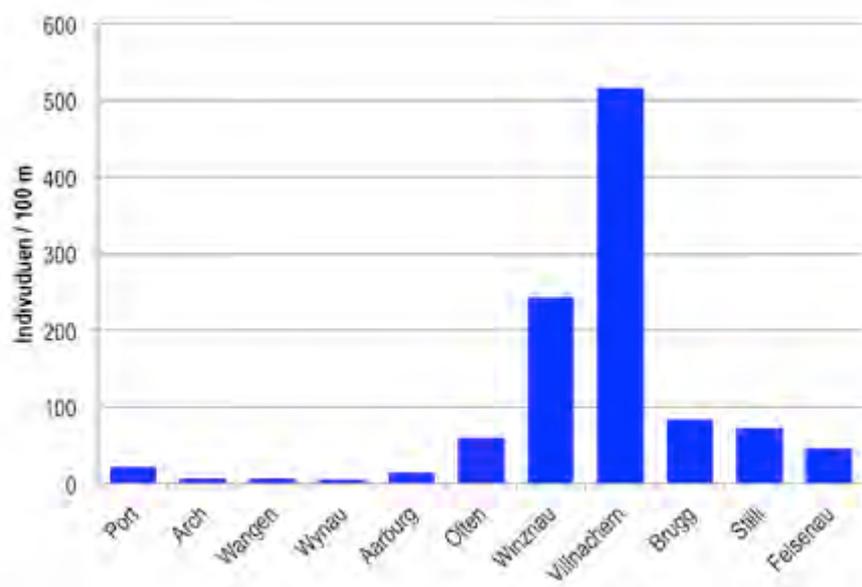


Abb. 4.7: Einheitsfang der kaltstenothermen Fische in der Aare im März 2012.

Der Anteil kaltstenothermer Arten liegt in der freifliessenden Strecke in Wynau noch bei über 50% (Abb. 4.8). Doch auch strukturell naturnahe Restwasserstrecken wie Villnachern können neben hohen Individuenzahlen auch einen hohen Anteil kälteempfindlicher Arten aufweisen.

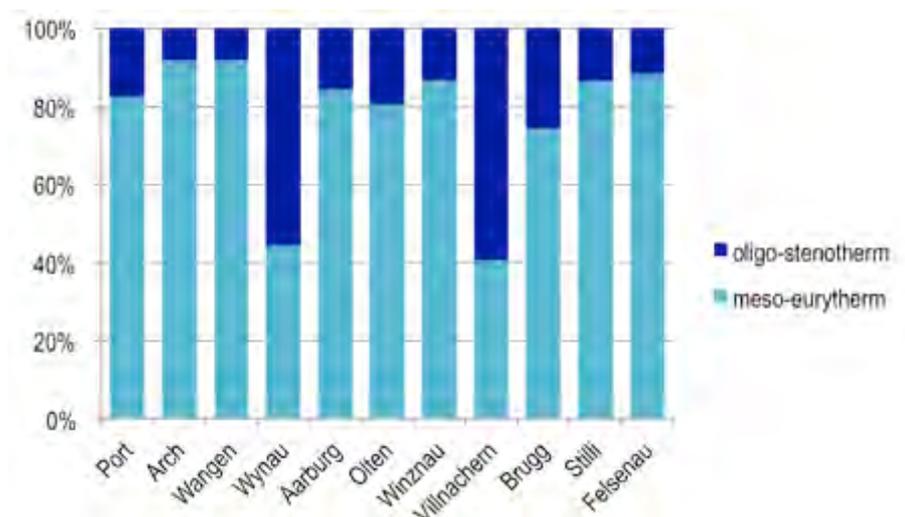


Abb. 4.8: Anteil der kalt-stenothermen Fische (Einheitsfang) in der Aare im März 2012.

Relative Häufigkeiten im Fang. *Oligo-stenotherm* = kälteliebende Arten; *meso-eurytherm* = temperaturunempfindliche Arten.

Interpretation der Ergebnisse

Selbst wenn noch mehrere Äschen dazu kämen, die wir mit der verwendeten Methodik nicht erfassen konnten, spielen kälteliebende Arten in der Aare grossräumig nur noch eine geringe Rolle. Nicht nur in Staubereichen dominieren heute Arten, die mit wärmeren Wassertemperaturen besser zurecht kommen. Forellen sind in der Aare selten geworden bzw. besatzgestützt, der Strömer konnte gar nicht mehr nachgewiesen werden, ist also zumindest selten geworden. Die Elritze ist lokal noch gut vertreten, ihre Bestandsentwicklung ist aber abzuwarten. Lediglich die Groppe konnte an allen elf Untersuchungsstellen nachgewiesen werden, oft in zufriedenstellenden Zahlen. Insgesamt finden wärmeempfindliche Arten in der Aare keine optimalen Bedingungen mehr vor. Hitzejahre mit längerfristigen Wassertemperaturen um 25°C drohen im Zuge des Klimawandels häufiger zu werden. Kritische Temperaturen für kaltstenotherme Arten könnten die Restbestände schnell weiter dezimieren. Hierbei finden bodenlebende Fische sicher eher „Temperaturrefugien“ als freischwimmende Arten.

4.2.4 Reproduktionstypen

Bedeutung

Einer der grundlegenden Ansprüche einer Art ist der an seine Fortpflanzungsbedingungen. In den Flüssen der Forellen und Äschen-, aber auch der Barbenregion machen Kieslaicher (lithophil) einen hohen Anteil an der Fischfauna aus. Diese kann man nochmals unterscheiden in anspruchsvolle Kieslaicher (lithophil A), die ihre Eier zwischen das Kiessubstrat einbringen (z.B. Forellen) oder die sonst sehr spezielle Ansprüche an ihre Laichplätze haben (z.B. Nase) und anspruchslosere Kieslaicher (lithophil B), die ihre Eier auf nahezu jedes kiesige Substrat ablegen, solange dieses nicht von Feinmaterialablagerungen bedeckt ist (z.B. Alet). Viele Fischarten legen ihre Eier an Wasserpflanzen oder Wurzelbärten ab (phytophil) wie z.B. der Barsch. Einige Arten haben ganz eigene Ansprüche an ihren Laichplatz, wie die Groppe, die unter Steinen in geschützten Spalten oder Höhlen ablaicht (speleophil), oder der Bitterling, der in Grossmuscheln ablaicht (ostracophil). Der Gründling, der auf Sand laicht (psammophil) vertritt eine Gilde, die eher in den Flussmittel- oder Unterläufen häufiger ist.

Beobachtung

Im März 2012 dominierten unterhalb Wangen Kieslaicher (lithophil A und B; Abb. 4.9). In den Staubereichen Port, Arch und Wangen waren Arten am häufigsten, die Wasserpflanzen zum Ablichten benötigen (phytophil), aber auch sandlaichende Arten wiesen in Arch einen Anteil von

ca. 20 % auf. Anspruchsvolle, kieslaichende Fischarten (Typ lithophil A) treten mit hohem Anteil nur in der freifliessenden Strecke in Wynau in Erscheinung (über 35%) – in der revitalisierten, freifliessenden Strecke bei Brugg ist deren Anteil gegenüber den anderen Untersuchungsstellen ebenfalls leicht erhöht. An sieben weiteren Stellen dominieren die weniger anspruchsvollen Fische vom Typ lithophil B.

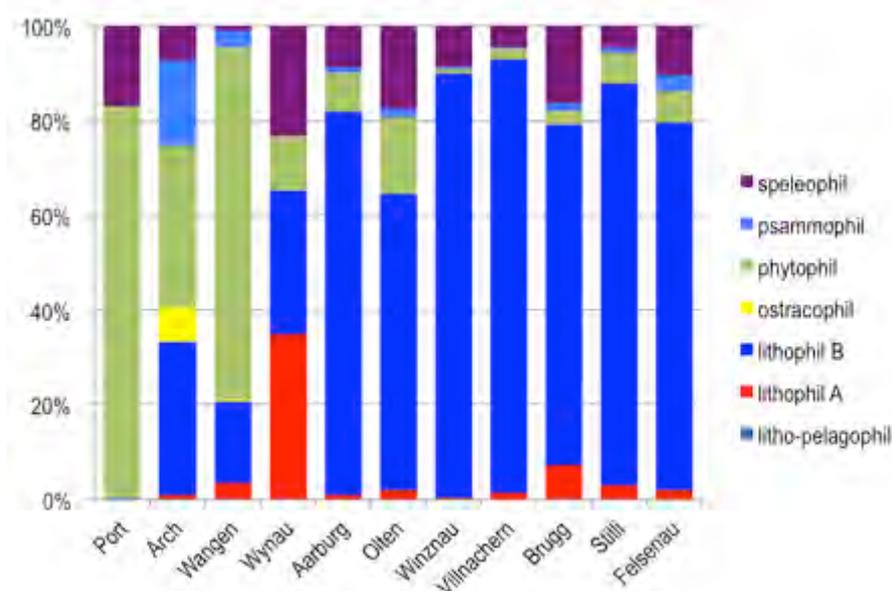


Abb. 4.9: Reproduktionstyp der Fischarten der Aare im März 2012.

Relative Häufigkeiten im Fang.

Interpretation der Ergebnisse

Unsere Befischungen bilden den Fortpflanzungserfolg der verschiedenen Fischgilden vom Vorjahr im Bereich der Untersuchungsstellen ab. Dieser Fortpflanzungserfolg zeigt das Vorhandensein geeigneter Reproduktionsmöglichkeiten und die geeigneten Bedingungen für Eier, Larven und Jungfische, die sich meist von den Ansprüchen der adulten Fische unterscheiden.

In der Aare finden die einstmals dominierenden „anspruchsvollen“ kieslaichenden Arten nur noch lokal passende Bedingungen mit gut überströmten, kiesigen Abschnitten. Heute mangelt es der Aare vor allem an Geschiebe, der Gewässergrund kolmatiert in erster Linie innerhalb von Gefällestrecken und die zwangsläufig nötige Durchströmung des Substrates fehlt deshalb über weite Strecken. Dieses bekannte Defizit soll durch Geschiebezugaben zumindest stellenweise verbessert werden. Da die anspruchsvollen kieslaichenden Arten aber zugleich auch kaltstenotherm sind, lassen sich deren geringe Bestände vermutlich nicht allein durch eine Verbesserung des Laichsubstratangebots vergrössern. In diesem Zusammenhang spielen sicher die längeren Restwasserabschnitte eine wichtige Rolle, in denen im Sommer kühleres Grundwasser eintreten kann. In Staubeichen kommen meist ausgedehnte Wasserpflanzenbestände vor, die hingegen bevorzugt von limnophilen und indifferenten Arten genutzt werden.

4.2.5 Ernährungstypen und Nahrungsangebot

Die meisten Fischarten der Aare (benthivore Fische, aber wohl auch die omnivoren) ernähren sich von Invertebraten. Inwiefern sich die Fischzönose durch die Einwanderung des invasiven Höckerflohkrebses änderte, muss offen bleiben. Am Hochrhein liegt die Vermutung nahe, dass diese Art für einige Fischarten inzwischen von zentraler Bedeutung ist. In Aarburg und Wynau gibt es Hinweise auf eine Nahrungslimitierung der Jungfische aufgrund geringer Benthosbesiedlungsdichten. Zwar sind auch in Port geringe Benthosdichten festgestellt worden, allerdings spielt hier die Organismen-Drift aus dem See eine wichtige Rolle, zudem sind die meisten Fischarten hier omnivor.

4.2.6 Fischkrankheiten und -schädigungen

Im Rahmen der Fangerhebungen wurden auch äusserlich in Erscheinung tretende Schädigungen und Krankheiten der Fische aufgenommen (Abb. 4.10). Im März 2012 fiel ein lokal sehr hoher Anteil von Flossenschädigungen auf, der in der Restwasserstrecke Villnachern über 85% aller Individuen betraf. Doch auch in der Restwasserstrecke Winznau wurden Werte jenseits von 20% erreicht. Am meisten waren junge Cypriniden von Flossenschäden betroffen (Elritze, Rotauge Schneider und Alet).

In Port und Arch trat neben einem recht hohen Anteil von Flossenschäden vor allem die Schwarzfleckenkrankheit auf, die über 20 bzw. über 30% aller untersuchten Fische betraf, vor allem Alet, Rotauge und Flussbarsch. Bei den saisonalen Untersuchungen waren hiervon auch Rotfedern und Bitterlinge betroffen. Der Anteil an Bissverletzungen war bei den Jungfischen äusserst gering – lediglich in Brugg gab es zwei Jungfische mit Spuren von Prädatoren – vermutlich dem Eisvogel.

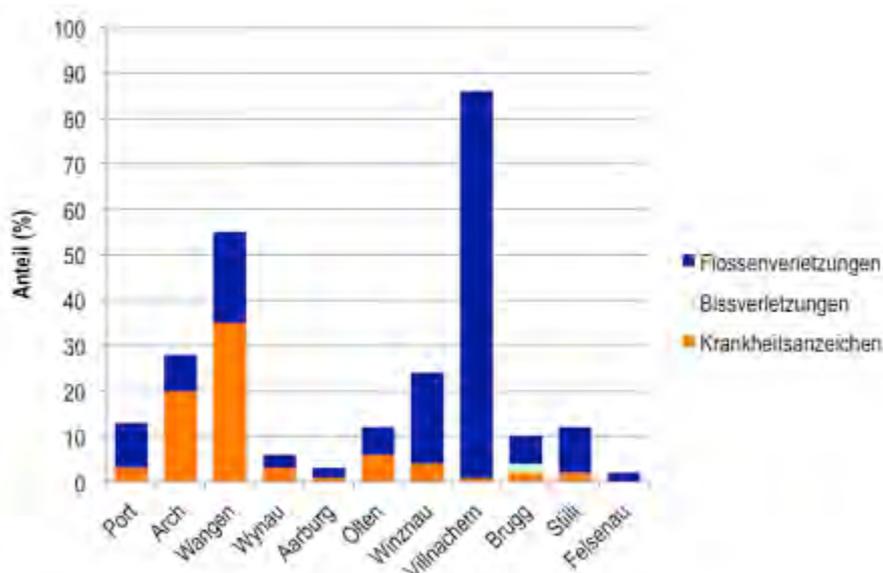


Abb. 4.10: Auffälligkeiten der Fische im März 2012.

Der Anteil an Schädigungen scheint zumindest an vier Stellen im März 2012 das übliche Mass zu übersteigen. Die Schwarzfleckenkrankheit wird von Saugwürmern (Trematoden) ausgelöst, die in die Fischhaut eindringen. Bei der Abwehrreaktion des befallenen Fisches wird schwarzes Farbpigment (Melanin) um den Parasiten eingelagert (BAUR et al., 2010). Da der Wurm verschiedene Wasservögel als Endwirt nutzt, dürfte in Port und Arch ein Zusammenhang mit den beobachteten, grösseren Wasservogelpopulationen in den eingestauten Bereichen bestehen. In direkter Nähe der Befischungsstrecke wurden Wasservögel sogar massiv gefüttert. Doch auch Schnecken, die gerade in Staubereichen oft stark vertreten sind, sind als Zwischenwirt des Saugwurms wichtig für die Verbreitung. Der Ausbruch der Krankheit wird zudem oft mit erhöhten Wassertemperaturen in Verbindung gebracht. Bei Jungfischen kann erheblicher Befall zum Tod führen. Bei unserer Untersuchung dürfte auch ein Teil der Flossenschäden durch die Krankheit bedingt sein. Der Grund für den stark erhöhten Anteil an Flossenschäden vor allem in den Restwasserstrecken ist weitgehend unklar.

4.3 Saisonale Unterschiede in der Jungfischbesiedlung

4.3.1 Artenzahlen

Im Spätherbst beginnen die Fische ihren Wintereinstand zu belegen, wobei die Wintermortalität noch nicht wirkt. Erwartungsgemäss sind daher die Herbstbestände deutlich höher als die Frühjahrsbestände. Um ein Mass für die Unterschiede der beiden Zeitpunkte zu bekommen, aber auch um Veränderungen der relativen Artenzusammensetzungen festzustellen, wurden im Zuge des

Sonderprogramms „Saisonalität“ an drei Stellen (Arch, Wynau und Brugg) jeweils Befischungen der gleichen Jungfischkohorte im November 2011 und im März 2012 durchgeführt.

Die Artenzahlen während der beiden Probenahmeterminen unterschieden sich an den einzelnen Stellen zwar kaum, das Artenspektrum war jedoch teilweise verschieden. So erhöhten sich die Nachweiszahlen gegenüber der Hauptkampagne im März 2012 durch die Kampagne im Herbst 2011 in Arch von 13 auf 16, in Wynau von 8 auf 12 und in Brugg von 13 auf 15 Arten. Im Zusammenhang mit den Kiesschüttungen bei Aarwangen (2005, 2010) wurden bei regelmässigen Befischungen im Bereich Wynau aber bereits weitere Fischarten nachgewiesen (BERNET, pers. Mitt.).

4.3.2 Fischdichten

Wesentlich deutlicher als die Unterschiede bezüglich der Artenzahlen sind jedoch die festgestellten Einheitsfangzahlen und die Artenzusammensetzung (Abb 4.11) .

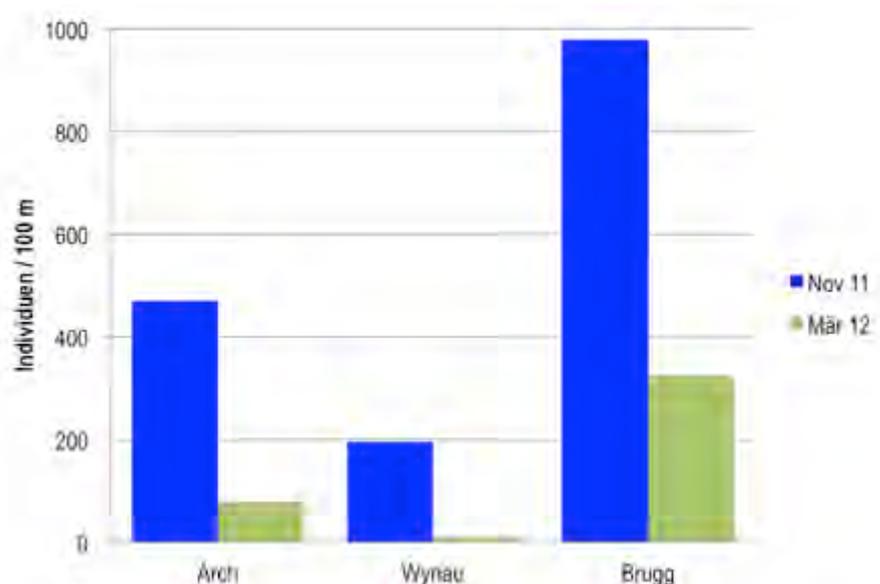


Abb. 4.11: Vergleich des Jungfisch-Einheitsfangs zwischen November 2011 und März 2012 für die Stellen Arch, Wynau und Brugg.

Die Herbstbestände waren an allen drei Probestellen wesentlich höher als die Frühjahrsbestände. In Arch lag der Einheitsfang im Nov. 2011 mit 469 Ind./100 m fast sechs Mal höher als im März (79 Ind./100m). Noch auffälliger war dieser Unterschied in Wynau, wo im März nur noch 5% der ohnehin schon geringen Novemberfangzahlen (195 Ind./100m) erreicht wurde. Im revitalisierten Uferbereich der Stelle Brugg wurden während beider Kampagnen die höchsten Fangzahlen erreicht. Der Novemberbestand lag mit 979 Ind./100 m auch nur drei Mal höher als der Märzbestand (325 Ind./100m).

5 Sonderuntersuchungen

Restwasserstrecken

5.1 Lebensraumbedingungen in den Restwasserstrecken

5.1.1 Programmziele und Fragen

Im Rahmen des Sonderprogramms sollten die für das Restwasser-/Werkkanalsystem eines grossen Flusses typischen Prozesse und Lebensraumkompartimente genauer untersucht werden. Ihre ökologische Bedeutung (Produktions- und Artenpotenzial, Besiedlungsrestriktionen u.a.) sollte mit dem naturnaher Flussabschnitte verglichen werden. Die koordinierten biologischen Untersuchungen boten darüber hinaus die Chance, die Bedeutung der Makroinvertebraten als Indikatoren für die ökologische Funktionsfähigkeit der Restwasserstrecken genauer zu betrachten.

Wichtige Programmziele der Restwasseruntersuchungen waren daher vertiefte Erkenntnisse:

- über Veränderungen der Gewässer-Kompartimente bei unterschiedlichen Bedingungen (Temperatur, Wasserstand);
- über die Besiedlung der unterschiedlichen Gewässer-Kompartimente bei unterschiedlichen Bedingungen;
- über die Abfluss- und Temperaturdynamik im Jahresverlauf (zusammen mit Abteilung für Umwelt, Kt. Aargau);
- über die Auswirkung verschiedener Faktoren (Benetzung, Strömung, Geschiebe, Temperatur usw.) auf die Besiedlung der Mesohabitate;
- über geeignete Instrumente und Indikatoren (v.a. Makroinvertebraten) für die Beurteilung der ökologischen Funktionsfähigkeit von Restwasserstrecken und damit auch von allfälligen Aufwertungsmassnahmen;
- über geeignete Restwasserverhältnisse/Kompensationsmassnahmen an Ausleitungsstrecken der Aare. Übertragbarkeit dieser Aussagen.

In diesem Zusammenhang wurden folgende Indikatoren untersucht:

- die Benthosbesiedlung,
- die Jungfischbesiedlung,
- der Temperaturverlauf,
- der Wasserstands-/Benetzungsverlauf,
- der submerse und emerse Bewuchs (Wasserpflanzen im weiteren Sinne).

Daneben fanden auch überblicksmässige Beobachtungen des pflanzlichen Bewuchses und der Invertebratenbesiedlung an den Ufern und auf Flussinseln und Ruderalflächen statt.

5.1.2 Restwasserstrecken als Kompartimente eines Mittellandflusses

Ein Mittellandfluss wie die Aare besitzt in seiner natürlichen Ausprägung mehrere unterschiedliche Flusskompartimente. Hierzu zählen neben dem Hauptgerinne mit seinen Verästelungen und Kiesinseln auch Flussauen mit ihren besonderen Wasser- und Landlebensräumen (Giessen, Altwässer, Flutmulden, Überschwemmungs- und Ruderalflächen) (Abb. 5.1 a).

Durch die intensive Talraumnutzung gingen der Aare vor allem die Flussauen mehr und mehr verloren. Selbst dem Hauptgerinne fehlt meist eine ausreichende Breite, um Furkationen und damit Kiesbänke und Nebengerinne auszubilden (Abb. 5.1 b). Tier- und Pflanzenarten, die auf solche Habitate angewiesen sind, müssen entweder ihre ökologische Toleranz (Valenz) weiter ausschöpfen oder verschwinden aus den Fluss-Biozöosen.

Bei unseren Vorüberlegungen zum Sonderprogramm Restwasser haben wir die Hypothese aufgestellt, dass ein System aus Restwassergerinne, Oberwasserkanal und den ober- und unterhalb liegenden Aareabschnitten zusammengenommen bestenfalls alle Funktionen eines von Auen begleiteten Flusses aufweisen kann (Abb. 5.1 c). Dies setzt allerdings voraus, dass die entsprechenden Kompartimente eines Restwassersystems ökologisch genau so gut funktionieren wie in einem natürlichen Fluss und dabei ausreichend miteinander vernetzt sind.

Um diese Hypothese auszutesten, wurde die Besiedlung der Restwasserstrecken mit denen der anderen Probequerschnitte, andererseits aber auch mit der potenziellen natürlichen Besiedlung der betrachteten Aareabschnitte verglichen (BASLER & HOFFMANN 2011). Bereits die in Kap. 2 vorgestellten Vergleiche belegen, dass Aare-Abschnitte mit längeren Restwasserstrecken augenscheinlich vielfältiger besiedelt sind als solche, denen wichtige Flusskompartimente gänzlich fehlen. Eine weitere Aufwertung hinsichtlich geeigneter Dotierwassermengen und Vernetzungen erscheint innerhalb solcher Abschnitte daher lohnend. Die im Folgenden vorgestellten Ergebnisse des Sonderprogramms Restwasser stützen diese Einschätzung.

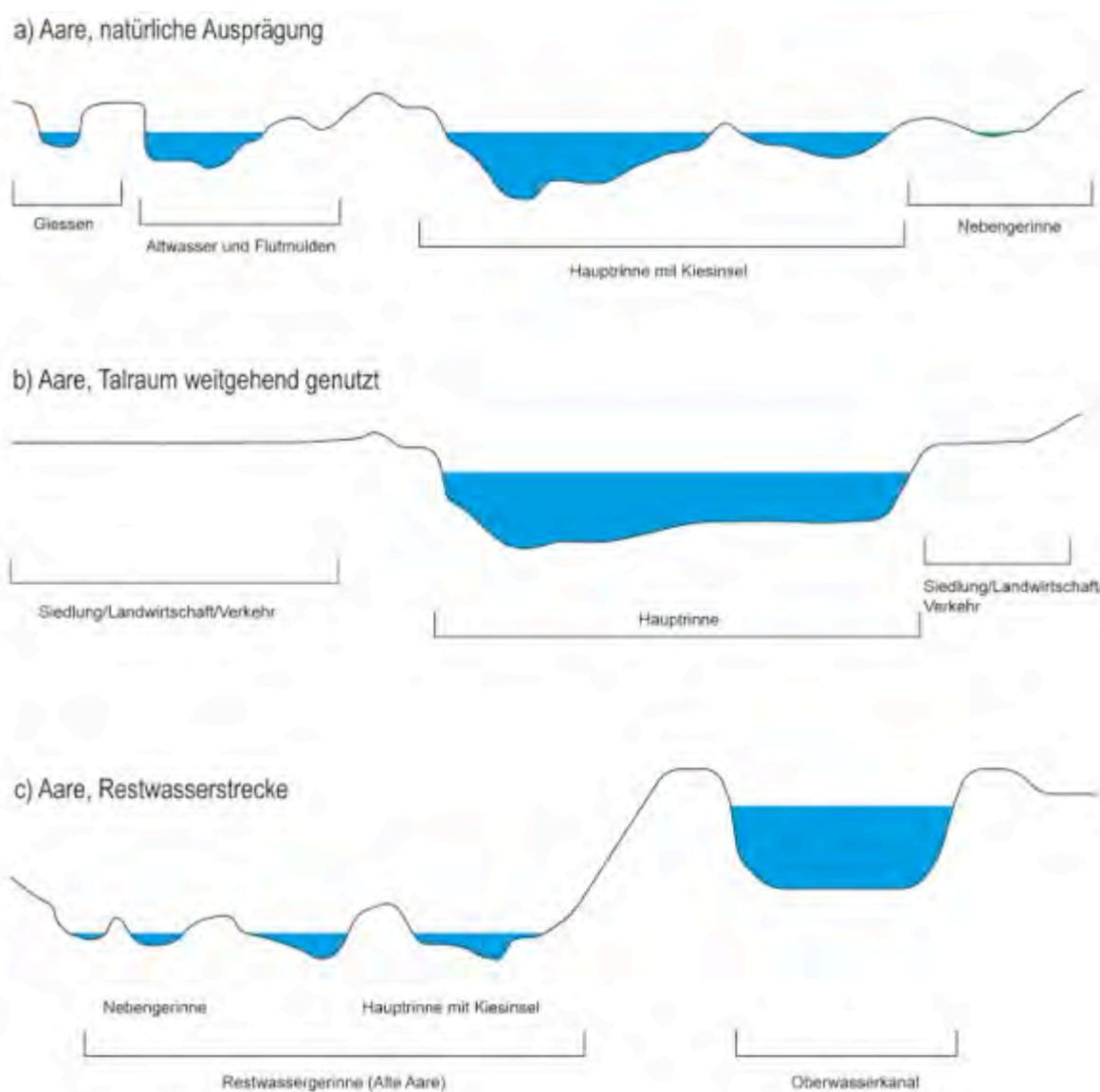


Abb. 5.1: Schematischer Vergleich der Flusskompartimente der Aare.
 (a) in seiner natürlichen Ausprägung; (b) mit weitgehend genutztem Talraum und (c) mit einer längeren Restwasser-/Ausleitungsstrecke, wie sie für die Aare typisch ist.

5.2 Charakterisierung der Untersuchungsstellen

Für das Sonderprogramm Restwasser wurden exemplarisch die beiden längsten Restwasserabschnitte der unteren Aare ausgewählt, der Gösger Schachen und der Villnacher Schachen. Wie der Name schon andeutet (Schachen = Flussau), hat es sich dabei ursprünglich um Abschnitte mit ausgeprägten Auenbereichen gehandelt. Hier können also auch die oben genannten Referenzen zur Beurteilung der ökologischen Funktionsfähigkeit herangezogen werden. Das „Leitbild Aare - Olten bis Aarau“ (BASLER & HOFFMANN 2011) greift diese Referenz auf, liefert Listen für die potenziell natürliche Auenbesiedlung und stellt dies in einen Kontext mit den geplanten Aufwertungsprogrammen im Rahmen der Neukonzessionierung des KW Gösgen. Diese Vorgaben können grösstenteils auch auf den Villnacher Schachen übertragen werden sowie auf andere Restwasserabschnitte mit ehemals ausgeprägten Flussauen.

In beiden Restwasserstrecken flossen vor dem Kraftwerkbau durchschnittlich 350 m³/s bis 400 m³/s Wasser durch den alten Aareverlauf. Die Reduktion auf maximal 15 m³/s (Winznau) und 5-10 m³/s (Villnachern) hat dazu geführt, dass im ehemaligen Gerinneprofil nun die terrestrischen Lebensräume gegenüber den aquatischen dominieren – mit allen Konsequenzen für eine typische Auenbesiedlung.

5.2.1 Gösger Schachen

Dimension und Morphologie

Der Gösger Schachen bezeichnet die Restwasserstrecke des KW Gösgen zwischen dem Wehr Winznau und der Wiedereinmündung des Kraftwerkskanals bei Schönenwerd. Die über 8,5 km lange Strecke, die vollumfänglich im Kanton Solothurn verläuft, folgt dem ursprünglichen Aareverlauf vor dem Bau des KW Gösgen – daher auch die Bezeichnung „Alte Aare“. Der sie nördlich begleitende Kraftwerkskanal kürzt dabei die Aareschlingen ab, die dem Restwassergerinne noch erhalten geblieben sind (Abb. 5.2).

Da nur wenig am alten Aareverlauf verändert wurde und auch die Nutzungen nur selten bis an das Gerinne reichen, kann von einem hohen aquatischen und terrestrischen Besiedlungspotenzial ausgegangen werden, dessen Qualität von folgenden Faktoren abhängt:

- einem ausreichend dimensionierten und dynamischen (wechselnden) Abfluss
- einer geeigneten Geschiebedynamik
- einer – wo immer möglich - guten Grundwasseranbindung
- einer uneingeschränkt funktionsfähigen Vernetzung mit kleineren Zuflüssen und den ober- und unterhalb liegenden Aareabschnitten
- einer morphologisch vielfältigen Gerinneausprägung und Ufer-Gerinne-Verzahnung

Im Zuge der Konzessionserneuerung des Kraftwerks Gösgen sind auch innerhalb des Restwassergerinnes morphologische Aufwertungen geplant. Zusammen mit den unten aufgeführten Dotierwassererhöhungen sollen sie dazu beitragen, die Restwasserstrecke für eine aaretypische Tier- und Pflanzenbesiedlung noch attraktiver zu machen.

Während im unteren Abschnitt eine hindernisfreie Verbindung zur Aare besteht und das Wehr Winznau mit einem weitgehend funktionsfähigen Fischeaufstieg ausgerüstet ist, wird die Durchgängigkeit der Restwasserstrecke durch die Ballyschwelle bei Gretzenbach deutlich gestört (Fachbericht C3, UVP KW Gösgen).

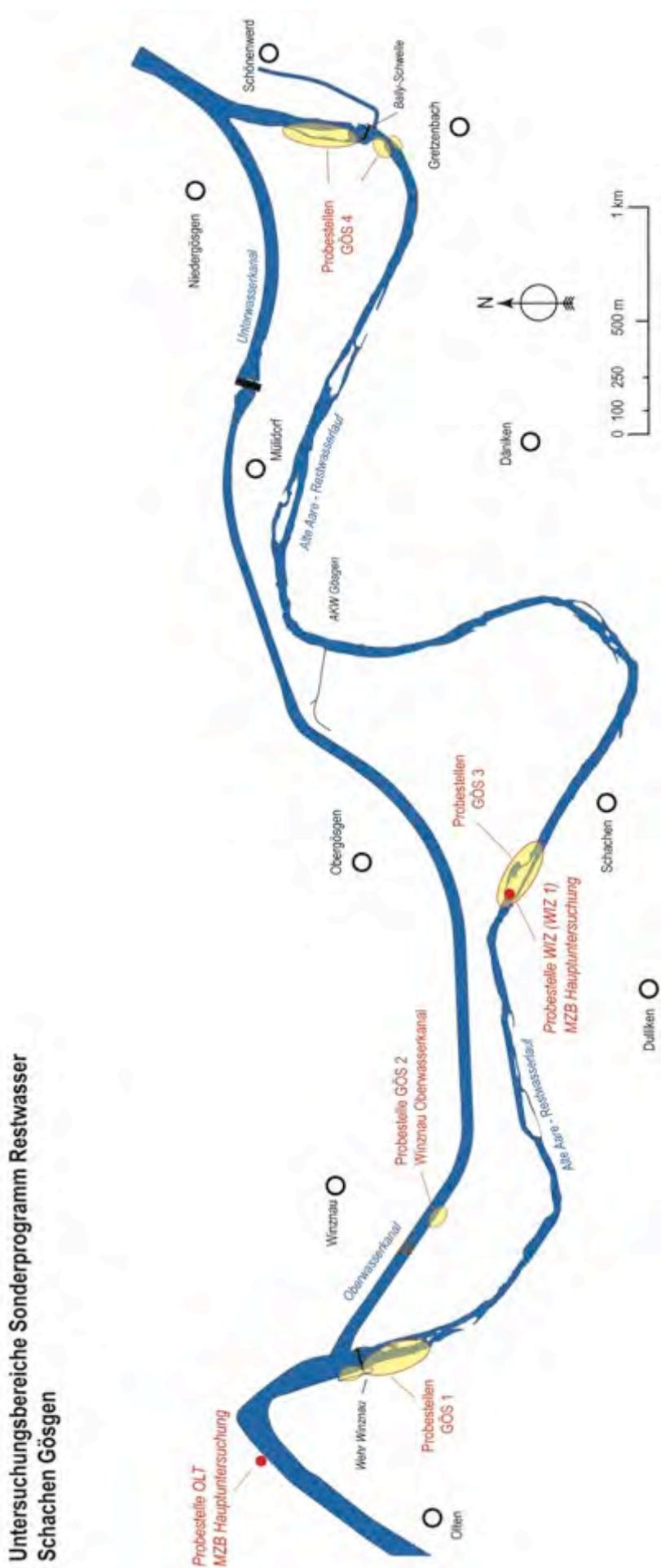


Abb. 5.2: Sonderprogramm Restwasser Aare.
Verlauf des Gösger Schachens; Lage der Untersuchungsbereiche und der Probestelle der Hauptuntersuchung

Restwasserregime

Die Dotierwassermenge des KW Gösgen am Wehr Winznau beträgt seit November 2007 - saisonal abgestuft - $7,5 \text{ m}^3/\text{s}$ bis $15 \text{ m}^3/\text{s}$. Dies ist der Mindest-Abfluss in der Restwasserstrecke. Im Jahresmittel beträgt die heutige Dotierwassermenge $10,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Im Zuge der Konzessionserneuerung mit einer Erhöhung der Ausbauwassermenge auf $395 \text{ m}^3/\text{s}$ ist auch eine Erhöhung der Dotierwassermenge auf mindestens $12 \text{ m}^3/\text{s}$ bis max. $15,7 \text{ m}^3/\text{s}$ im Jahresmittel vorgesehen. Durch die höhere Ausbauwassermenge werden sich allerdings die Zeiträume mit Wehr-Überfall künftig im Mittel auf 75 Tage reduzieren (Fachbericht zur UVP C1, COLENCO AG, 2010). Die Dotierabflüsse sind nach Jahreszeit gestaffelt. Eine dem natürlichen Charakter der Aare angepasste dynamische Restwasserregelung soll die Entwicklung einer naturnahen Artenvielfalt fördern. (Fachbericht zur UVP C2, AQUARIUS 2010)

Probestellen

Innerhalb des Gösger Schachen wurden drei Strecken ausgewählt, auf die sich die Untersuchungen und Beobachtungen konzentrierten. Im Bereich des Wehrs Winznau (GÖS-1, Abb. 5.3) wurden alle biologischen Parameter erhoben, der Bereich oberhalb des Wehrs diente als Oberwasser-Referenz, ebenso wie eine Stelle im Oberwasserkanal (GÖS-2) und die Stelle Olten (OLT) der Hauptuntersuchung, die nur wenige hundert Meter oberhalb des Wehrs liegt.

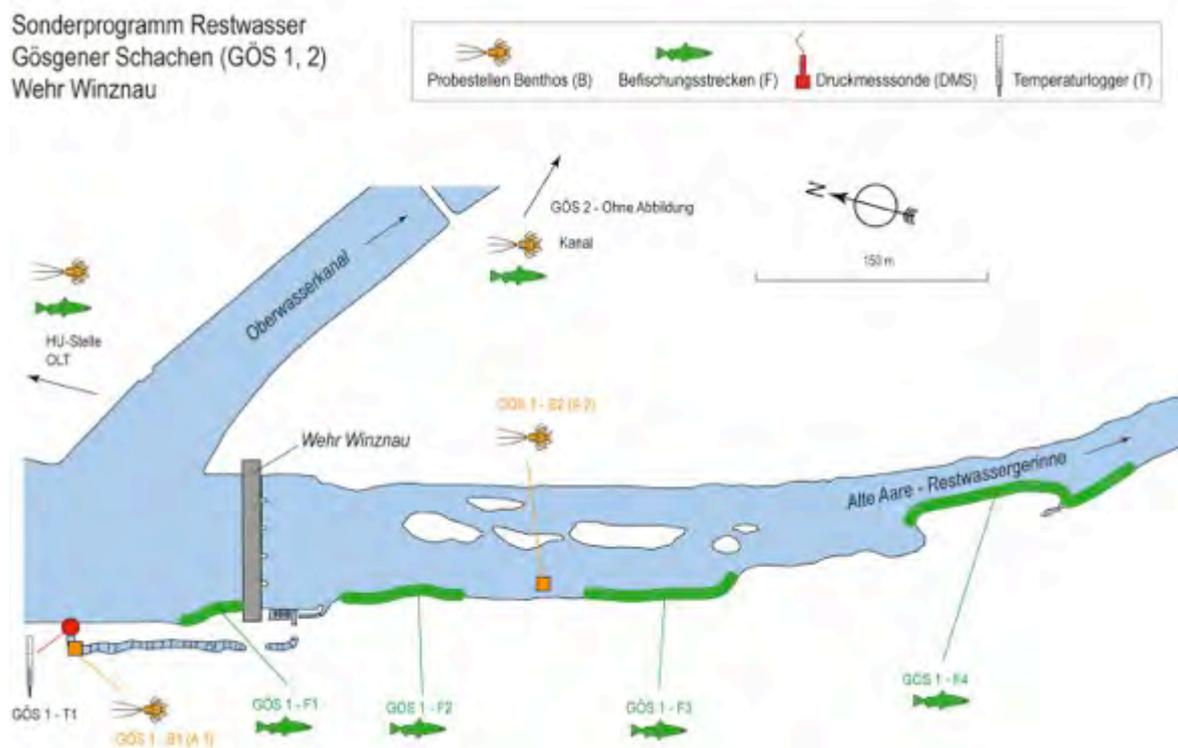


Abb. 5.3: Sonderprogramm Restwasser Aare – Untersuchungsstellen.

Bereich GÖS1 und GÖS2 im Abschnitt Gösger Schachen.

Der Untersuchungsbereich am Schachenweg zwischen Dulliken-Schachen und Obergösgen (GÖS-3, Abb. 5.4) deckt sich mit der Lage des Probequerschnitts WIZ der Hauptuntersuchung. An dieser breit überströmten Stelle mit Nebengerinne und teichartiger Flutmulde lag der Schwerpunkt u.a. auf der Beobachtung temporärer fließender und stehender Wasserkörper (vgl. auch Kap. 5.4.1).



Abb. 5.4: Sonderprogramm Restwasser Aare – Untersuchungsstellen.

Bereich GÖS 3 (am Schachenweg) im Abschnitt Gösger Schachen

Die vierte und unterste Untersuchungsstelle (GÖS-4, Abb. 5.5) befindet sich ober- und unterhalb der so genannten Ballyschwelle bei Gretzenbach, welche die Ausleitung des Bally-Werkkanals steuert. Dieses einzige grössere Hindernis innerhalb des Restwasserabschnitts soll im Zuge der geplanten Restrukturierungen beseitigt werden. In der charakterlich vielfältigen Strecke wurden sieben verschiedene Befischungsabschnitte und drei Benthosprobestellen untersucht, u.a. ein von Grundwasser gespeistes Nebengerinne.

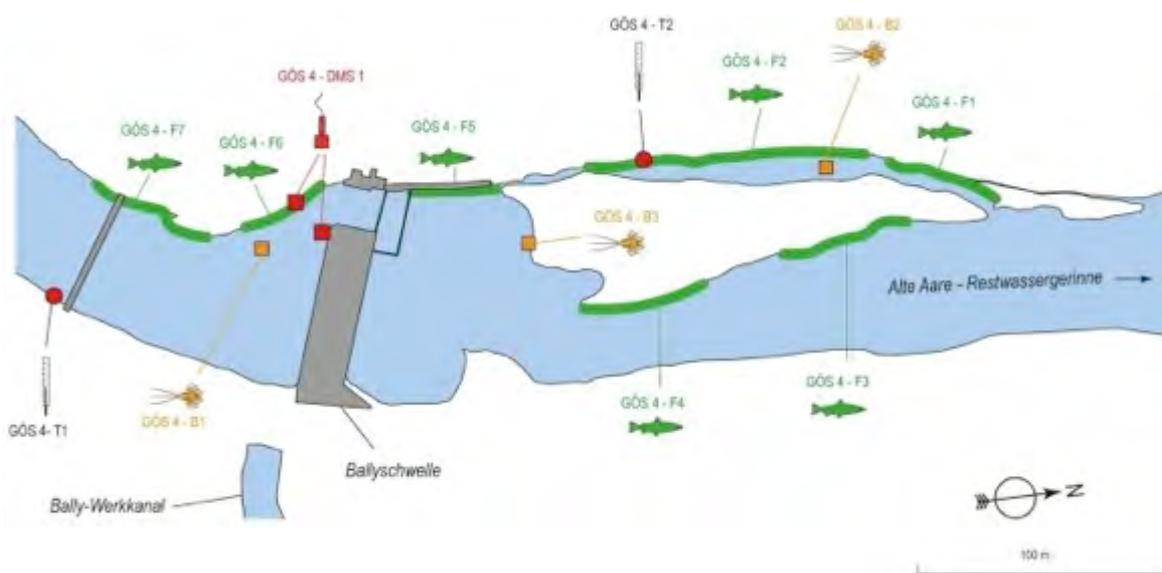


Abb. 5.5: Sonderprogramm Restwasser Aare – Untersuchungsstellen.

Bereich GÖS4 (Bereich Ballyschwelle) im Abschnitt Gösger Schachen.

5.2.2 Villnacher Schachen

Dimension und Morphologie

Die Restwasserstrecke im Villnacher Schachen ist 4,95 km lang und liegt eingebettet in einen ca. 100 m bis 400 m breiten Auwaldgürtel, der nur durch die Anlage der Reha und Therme Schinznach-Bad und die Industriezone Brugg unterbrochen wird. Die durch das Kraftwerk Wildegg-Brugg genutzten rund 8 m Niveauunterschied werden im Restwassergerinne durch drei Wehre (Hauptwehr und Hilfswehr sowie durch die Umiker Schwelle) überbrückt. Durch Hilfswehr und Umiker Schwelle soll vor allem der Grundwasserstand in der Aue stabilisiert werden. Die Längsdurchgängigkeit ist gegenüber der Restwasserstrecke im Gösger Schachen dadurch aber stärker

eingeschränkt. Morphologisch entspricht auch der Villnacher Schachen dem alten Aareverlauf, der in seinem Charakter weitestgehend erhalten geblieben ist.

Restwasserregime

Die Restwasserstrecke wird heute mit der bestehenden Dotieranlage mit einer Sommerdotierung von 10 m³/s und einer Winterdotierung von 5 m³/s gespeist (Stand Ende 2012). Übersteigt der Aareabfluss die Ausbauwassermenge des Hauptkraftwerks von 400 m³/s und der Dotieranlage, wird das überschüssige Wasser über das Stauwehr in die Restwasserstrecke geleitet (Überwasserereignis). Auch hier ist geplant, die bisherigen Dotierwassermengen weiter zu erhöhen und zu dynamisieren. Nach Inbetriebnahme der neuen Dotierturbine sollen frühestens per 01.01.2016 von November bis Februar 19 m³/s, Oktober und März 21 m³/s und April bis September 23 m³/s fließen (AMTSBLATT Kt. Aargau, 11, 2013).

Untersuchungsbereiche Sonderprogramm Restwasser Villnacher Schachen



Abb. 5.6: Sonderprogramm Restwasser Aare.

Untersuchungsstellen im Abschnitt Villnacher Schachen – Übersicht

Probstellen

Innerhalb des Villnacher Schachens wurden zwei grössere Beobachtungsbereiche ausgewählt. Direkt unterhalb des Hilfswehrs (VIL 1) wurde ein Areal mit Flussinsel, Nebengerinne und Stillwasserbereich zu verschiedenen Jahreszeiten dokumentiert (Abb. 5.7). Hier fanden Abflussmessungen mit der Druckmesssonde, Abstichmessungen mit Pegelstangen, Temperaturmessungen mit dem Logger und jahreszeitliche Beobachtungen von Bewuchs und Benetzung statt.

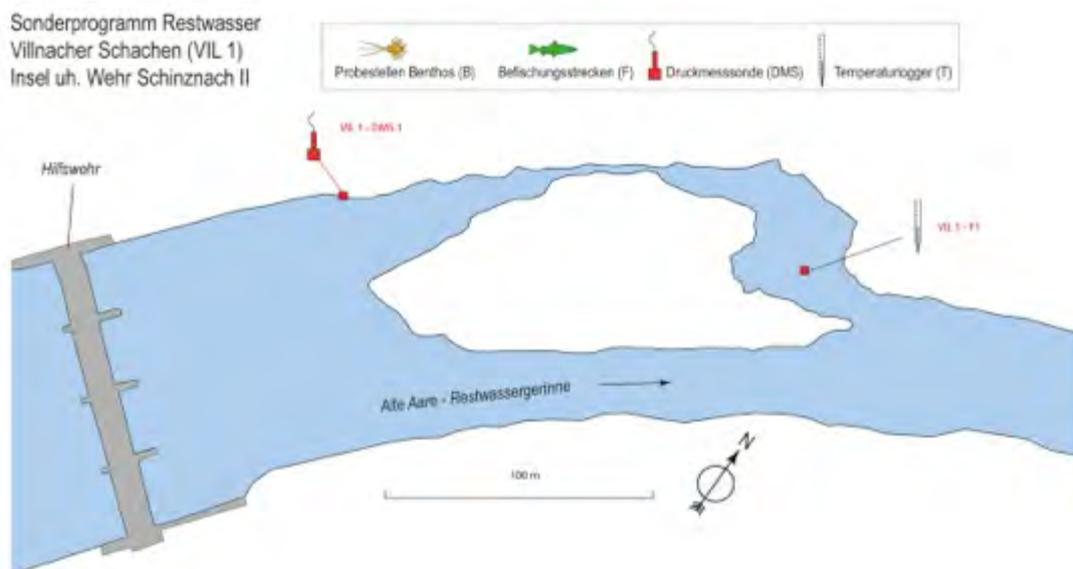


Abb. 5.7: Sonderprogramm Restwasser Aare – Untersuchungsstellen.

Bereich VIL1 im Abschnitt Villnacher Schachen.

Der zweite Abschnitt (VIL 2, Abb. 5.8)) deckt sich im linken Nebenarm des Restwassergebinnes (oberhalb VIL 2 – B2) wieder mit einer Probestelle des Hauptprogramms (VIL). Aufgrund der vielfältigen Mesohabitate und unterschiedlich strömenden Wasserkörper wurden die Probstellen in diesem Abschnitt sehr kleinräumig gelegt. Darunter war auch ein temporär benetzter Tümpel (Abb. 4.10 D).

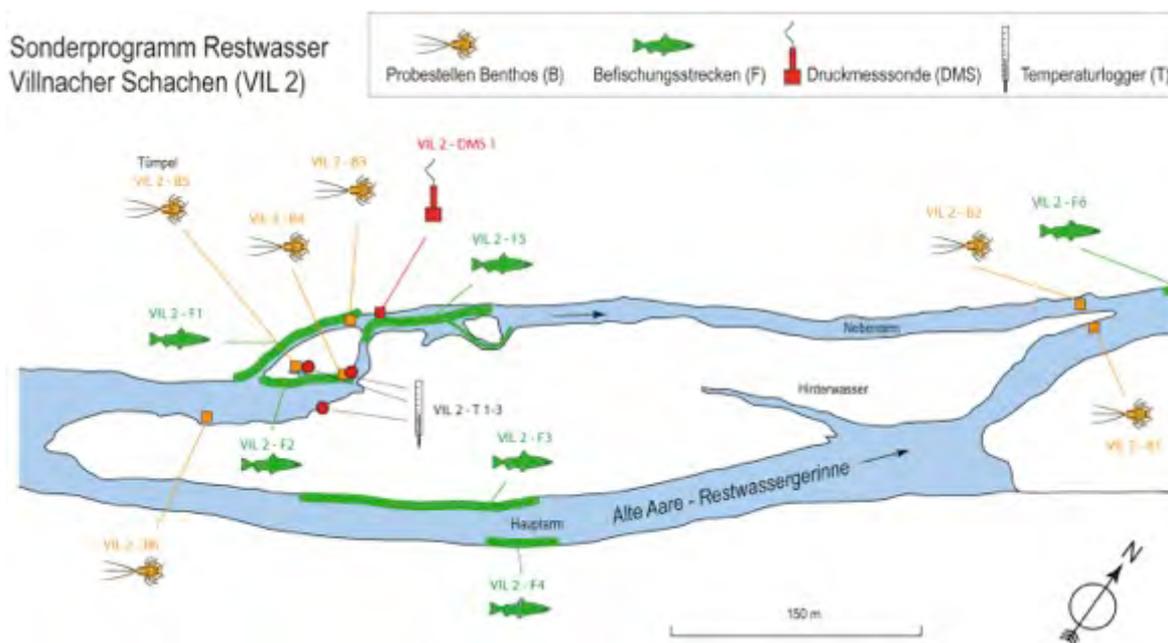


Abb. 5.8: Sonderprogramm Restwasser Aare – Untersuchungsstellen.

Bereich VIL2 im Abschnitt Villnacher Schachen.

5.3 Die Lebensräume der Restwasserstrecken

5.3.1 Permanente Habitate

Permanent benetzte Habitate nehmen in den untersuchten Restwasserstrecken zwar nie sehr grosse Flächen ein, sind aber bei der derzeitigen Dotierung angemessen durchströmt und gut besiedelbar. Mit Ausnahme grundwassergespeister Giessen und tiefer Altwässer sind fast alle Habitate einer naturnahen Furkationsstrecke mit Auenbereich vorhanden. Zwischen den unterschiedlichen Wasserkörpern und damit auch ökologischen Trittsteinen herrscht eine gute bis ausreichende Vernetzung. Aufgrund der noch erhaltenen Auwaldreste sind auch die Übergangsbiotope von Wasser zu Land meist naturnah ausgeprägt. In der Abb. 5.9 werden ausgewählte permanent benetzte Lebensräume im Sommer- und Winteraspekt vorgestellt. Dieser Vergleich verdeutlicht, dass in stehenden Wasserkörpern, wie dem Teich an der Stelle GÖS 3, die Absenkung der Dotierwassermenge im Winterhalbjahr zu einer deutlich stärkeren Abnahme der benetzten Fläche führt als innerhalb durchflossener Bereiche.

5.3.2 Temporäre Habitate

Temporäre Habitate fanden wir innerhalb der Untersuchungsabschnitte vor allem im Randbereich des Teichs von GÖS 3 (Abb. 5.10). Hier fielen mit der Umstellung der Dotierung im Herbst grosse Stillwasserflächen trocken und auch der im Sommer stark durchströmte Teichabfluss (GÖS3-B1) führte kein Wasser mehr. Im Restwasser des Villnacher Schachens lag ein zeitweise trockenfallender Hochwasserkolk (VIL2-B5), der ebenfalls nur bei Sommerdotierung gefüllt war. Alle nur im Sommerhalbjahr dotierten Flächen sind im Winter eingefroren. Nach Hochwasserabflüssen fanden sich hier z.T. gestrandete Fische (Groppen) und eingeschwemmte Makroinvertebraten (v. a. *Corbicula*).

5.3.3 Biogene Habitatstrukturen im Restwasser

Das Spektrum biogener Habitate in den untersuchten Restwasserstrecken beginnt beim Aufwuchs auf steinigem Substrat und endet bei grossen Totholzansammlungen. Durch die oben angesprochene gute Gerinne-Ufer-Verzahnung findet man in beiden Strecken recht viel Totholz und auch Sturzbäume, deren stellenweise grosse Menge auch durch Biber-Aktivitäten verursacht sind. Daneben gibt es vor allem in den sonnenexponierten Abschnitten des Villnacher Schachens grössere Makrophytenpolster. All diese Strukturen sind dicht mit Makroinvertebraten besiedelt und bieten Schutzstrukturen für grosse und kleine Fische.

5.4 Veränderungen wichtiger Umgebungsparameter

5.4.1 Morphologie und Bewuchs

In beiden Restwasserstrecken konnten im Verlauf der vergangenen zehn Jahre erhebliche Veränderungen im Bewuchs und in der Morphologie dokumentiert werden. Dadurch wurde belegt, dass es sich vor allem bei diesen Aareabschnitten um strukturell und biologisch hochdynamische Lebensräume handelt. Diese Dynamik hat ihren Charakter allerdings mit der Erhöhung der Dotierwassermengen etwas verändert. Zu Zeiten mit niedrigen Dotierungen (5 m³/s bis ca. 2007) führten die jährlichen und mehrjährigen Hochwässer zu auffälligen Veränderungen der Vegetation innerhalb des Gewässerraums. Während niedrige Abflüsse einen schnellen und dichten Bewuchs der Ruderalflächen zulies, wurde dieser durch Hochwasser stets wieder zerstört. Busch- oder Niederstammvegetation kam dabei nur an ufernahen Flächen auf. Grosse Weiden und Erlen blieben allerdings auch in Gerinnenähe meist erhalten. Durch die Erhöhung der Dotierwassermengen hat sich das Bewuchsmuster im Gerinne etwas stabilisiert. Noch immer werden Ruderalflächen periodisch ausgeräumt, aber auch auf Flussinseln bleiben nun vermehrt Elemente der Weichholzaue stehen. Möglicherweise wird der Energieeintrag bei Hochwasser durch den höheren Basisabfluss auch auf zuvor unbenetzten Flächen leicht gedämpft.

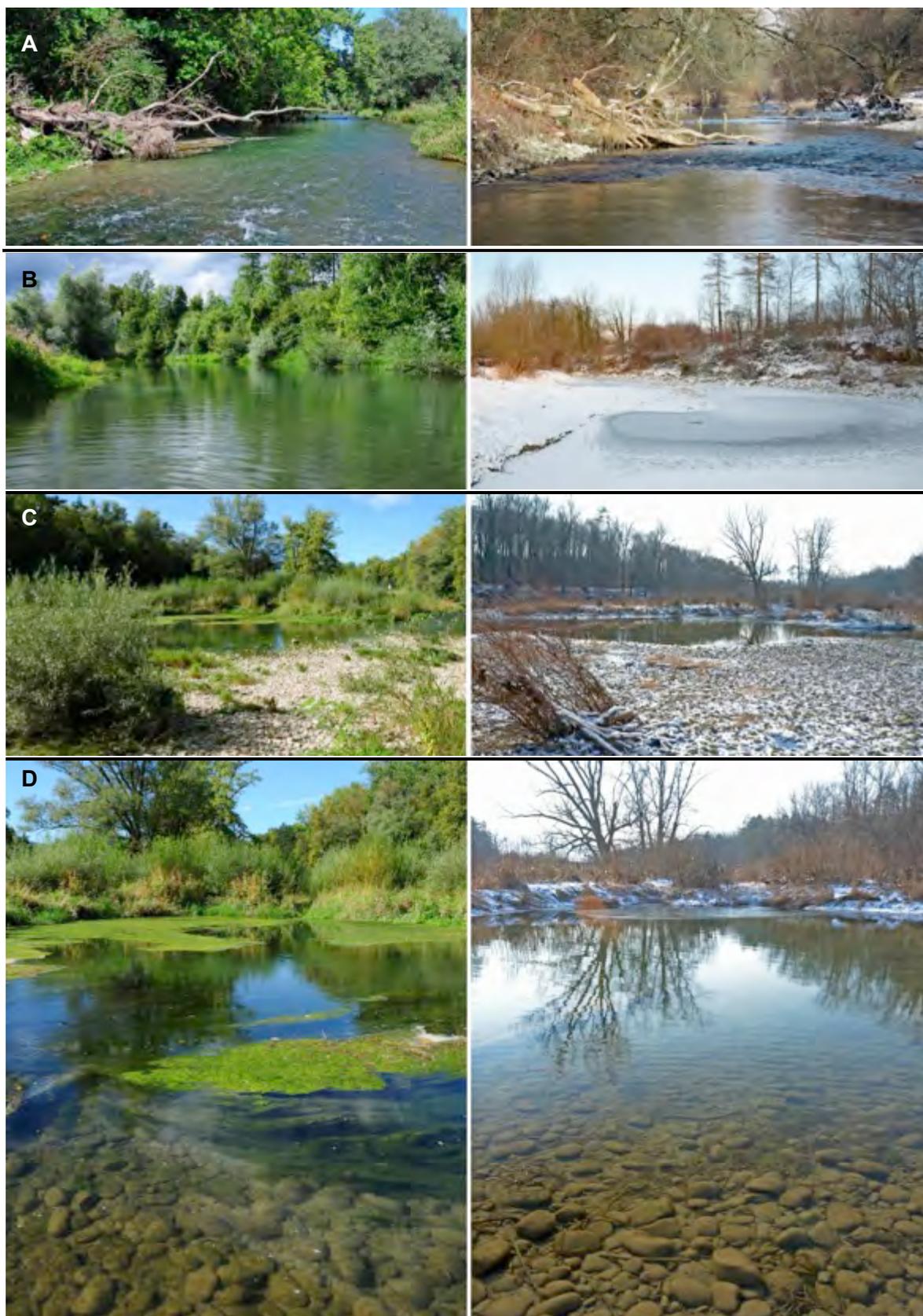


Abb. 5.9: Permanent benetzte Habitate in den Restwasserstrecken.

Vergleich Sommer- und Winteraspekt: Aufnahmen jeweils am 08.08.2011 und am 03.02.2012. A) Stelle VIL 2 – F5, stark durchströmter Nebenarm; B) Bereich GÖS 3 – F5, grosser Teich mit starken Wasserspiegelschwankungen; C) VIL 1, durchströmtes Hinterwasser einer Insel; D) VIL 1, derselbe Bereich mit mit starker sommerlicher Veralgung.



Abb. 5.10: Temporär benetzte Habitate in den Restwasserstrecken.

Vergleich Sommer- und Winteraspekt: Aufnahmen jeweils am 08.08.2011 und am 03.02.2012. A) Stelle GÖS 3 – B1 stark durchflossene Rinne; B) GÖS 3 – B4 Abflussbereich eines Teichs in diese Fließrinne; C) Dieselbe Stelle, Blick Aare-abwärts, (hier Vergleich August 2011 mit Januar 2010); D) VIL 2 – B5 kleine Flutmulde, Tümpel.



Abb. 5.11: Biogene Habitate in den Restwasserstrecken.

A) Makrophytenpolster bei VIL2-F2; B) Makrophyten als Deckung für Schwarmfische (Elritzen); C) Röhricht an Stelle GÖS3-F5: Standort für Fische und Wasserschnecken; D) Totholz an VIL2-F1; E) Totholz im Gösger Schachen Höhe KKW Gösgen; F) Binsen und Astgeflecht an GÖS3-F1; G) ins Wasser ragende Weidenwurzeln in Bereich VIL2-F5 H) Aufwuchs aus Algen und Moosen (Fontinalis) an derselben Stelle wie G).

Abb. 5.12 zeigt aus Luftbildern übertragene auffällige Struktur-, Benetzungs- und Bewuchsdynamik innerhalb der letzten 15 Jahre an der Stelle GÖS 3.

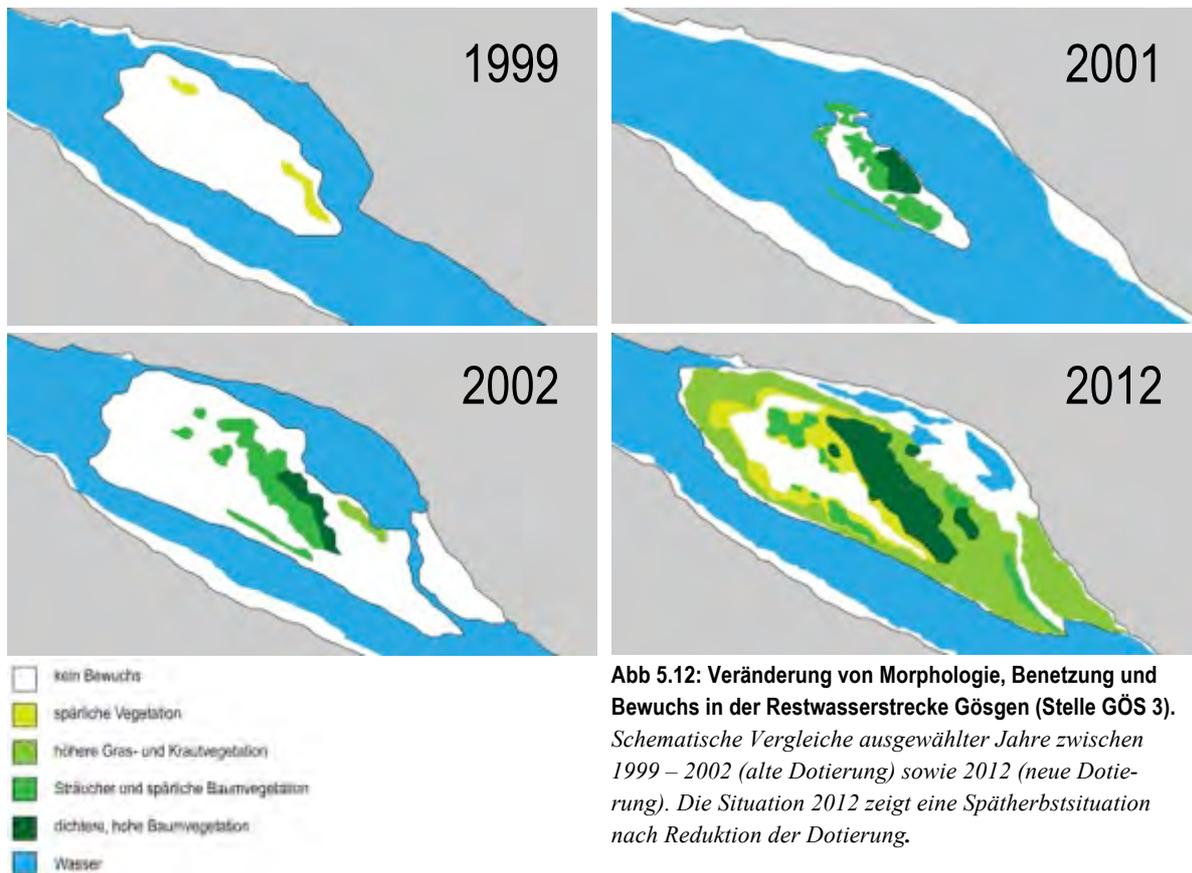


Abb 5.12: Veränderung von Morphologie, Benetzung und Bewuchs in der Restwasserstrecke Gösgen (Stelle GÖS 3). Schematische Vergleiche ausgewählter Jahre zwischen 1999 – 2002 (alte Dotierung) sowie 2012 (neue Dotierung). Die Situation 2012 zeigt eine Spätherbstsituation nach Reduktion der Dotierung.

5.4.2 Wechsel in Benetzung und Wassertiefe

Ergebnisse der Abstichmessungen mit Pegelstangen

Mithilfe der Abstichmessungen konnte belegt werden, dass unterschiedliche Restwasserabflüsse an Bereichen mit unterschiedlichem Strukturcharakter auch zu unterschiedlichen Benetzungen und Wassertiefenänderungen führen. Diese Unterschiede sind zwar nicht erheblich, aber auch an direkt benachbarten Stellen erkennbar, wie am Beispiel der Pegel im Villnacher Schachen dargestellt wird (Abb. 5.13). Dabei zeigt sich, dass neben der unterschiedlich starken Uferneigung auch die Durchströmung eine entscheidende Rolle bei den Unterschieden im Pegelanstieg und damit auch bei der Flächenbenetzung spielt.

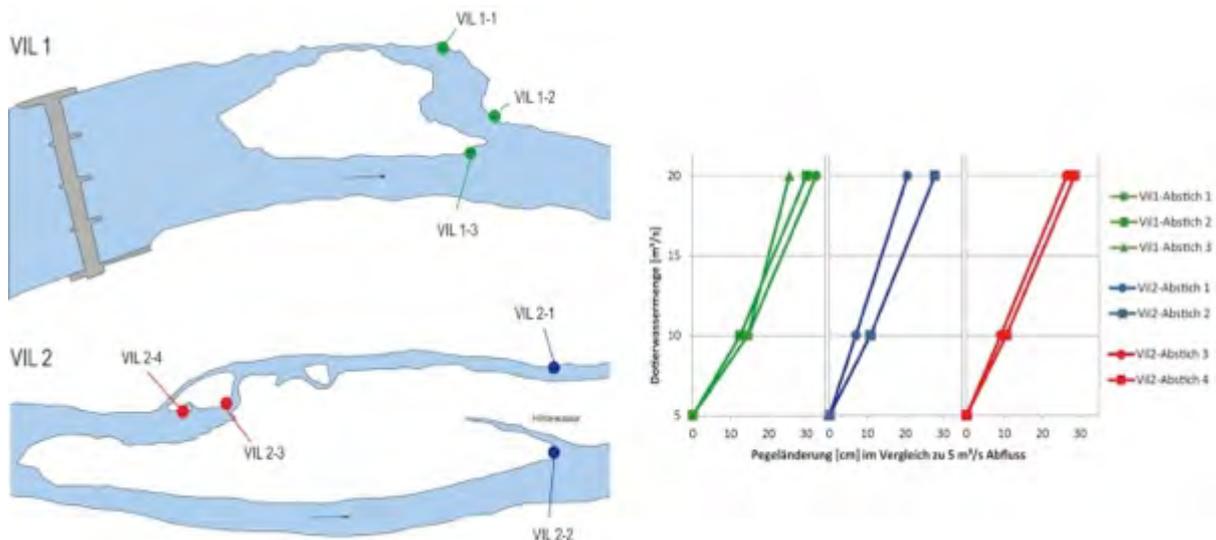


Abb 5.13: Veränderung der Flächenbenetzung zwischen benachbarten, aber morphologisch unterschiedlichen Stellen im Villnacher Schachen.

Ergebnisse der Abstichmessungen an Pegelstangen – übertragen auf Dotierabflüsse zwischen $5 \text{ m}^3/\text{s}$ und $20 \text{ m}^3/\text{s}$.

Flutung temporär trockenfallender Bereiche

Mithilfe der Druckmesssonde an der Stelle GÖS 3 konnte nachvollzogen werden, dass das temporär durchflossene Gerinne, das den teichartigen Arm entleert (vgl. Abb. 5.12, 5.10 A&B), derzeit bei einem Dotierabfluss von 10,2 m³/s bis 10,4 m³/s geflutet wird. Flutung und Trockenfallen decken sich somit mit den Dotierwasseränderungen im Frühsommer und im Herbst. Bei einer Dynamisierung der Dotierwassermengen sollten entsprechende Überlegungen, wann welche Nebengerinne „anspringen“, stets erfolgen. Zuvor ist natürlich die unterschiedliche Bedeutung der Nebengerinne für das System zu definieren. Auch ist die Tatsache zu berücksichtigen, dass sich die Morphologie nach jedem Hochwasserereignis ändern kann und mit ihr der Abfluss, bei dem Nebenarme benetzt werden bzw. trockenfallen.

5.4.3 Abflussregime im Restwasser

Mit den von der Abt. für Umwelt (A. Stöckli) exponierten Druckmesssonden konnte das Abflussgeschehen an ausgewählten Standorten innerhalb der Restwasserstrecken präzise verfolgt werden. Eine Kalibrierung des Pegels gegenüber dem realen Abfluss war allerdings nicht möglich. Die jeweilige Dotierwassermenge gibt aber zumindest ein Level vor, von der aus der Pegel vor allem nach oben ausschlägt. Für die häufigen Pegelschwankungen im Restwasser, die auch ohne Wehrüberlauf festzustellen waren, sind Dotierhöhungen an den Wochenenden verantwortlich.

Restwasserstrecke Gösger Schachen

Ursprünglich waren im Gösger Schachen drei Druckmesssonden exponiert (GÖS1–DMS1; GÖS3–DMS1 und GÖS4–DMS1). Im Rahmen grösserer Hochwasserereignisse kam es zur Dysfunktion bzw. Einkiesung einzelner Sonden. Bei Umstellung der Dotierwassermenge im Spätherbst fielen darüber hinaus zwei Sonden trocken. Übrig blieb eine Messsonde oberhalb der Ballyschwelle, die allerdings auch trockenfiel und deshalb verlegt werden musste. Danach zeichnete sie korrekt den Abfluss vom Ende der Restwasserstrecke auf. Der Zeitraum vom 01.01.2012 bis 31.01.2013 ist in Abb. 5.14 dargestellt. Da der Pegel weit entfernt von allen Regulierungsbauwerken exponiert war, wurden kleinere Abflussschwankungen am Wehr Winznau bis zur Messstelle wahrscheinlich weitestgehend abgepuffert. Der Pegelverlauf bei Dotierabfluss (z.B. 31.01.12 bis 15.04.12) ist demgemäss recht stabil.

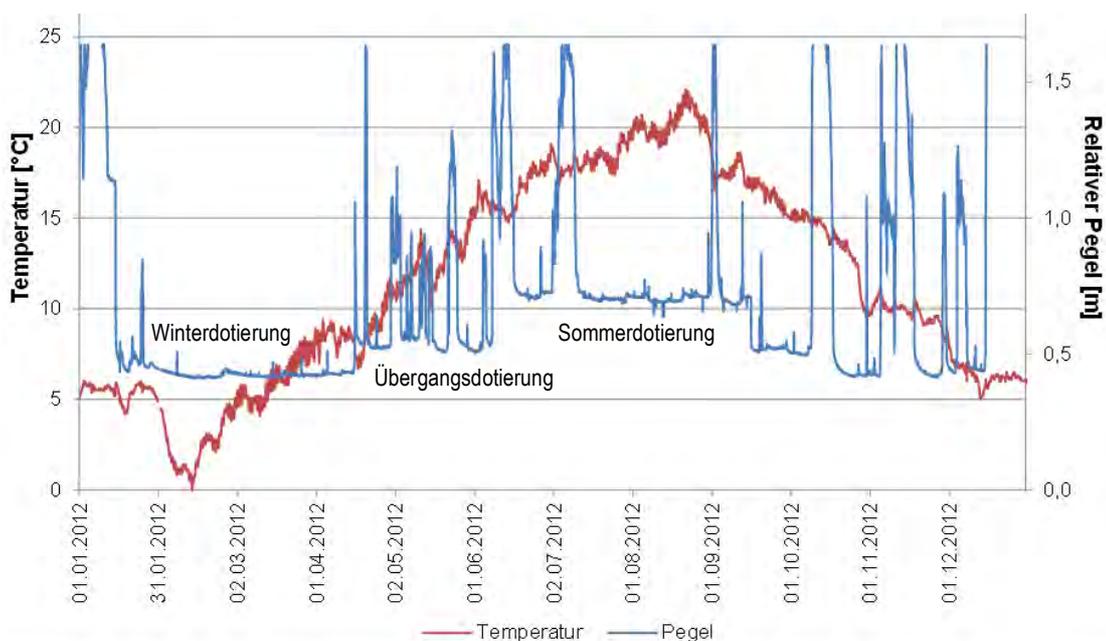


Abb 5.14: Relativer Pegel und korrespondierender Temperaturverlauf in der Restwasserstrecke Gösger.

Der Nullpunkt des Pegels ist willkürlich gewählt, Werte oberhalb von ca. 1,6 m werden nicht erfasst. Der Level der Dotierwassermenge liegt bis Ende Frühjahr bei ca. Pegel 0,45 m, im Sommer bei ca. Pegel 0,65 m. Die rote Hintergrundkurve gibt den Temperaturverlauf an derselben Stelle wieder.

Daneben fanden im Jahr 2012 über 20 Wehrüberläufe statt, immer wenn der Aareabfluss die Ausbauwassermenge des KW Gösgen (zuzgl. Dotierwasser) überschritten hat. Zusammen genommen verfügt die Restwasserstrecke heute über eine Abflusscharakteristik, die gegenüber 2002 deutlich erhöht und bezüglich ihrer ökologischen Funktionsfertigkeit sicher deutlich verbessert ist. Die bei der künftigen Erhöhung der Ausbauwassermenge im Rahmen der Neukonzession seltener werdenden Wehrüberläufe sollen durch eine weiter gehende Dynamisierung kompensiert werden.

Restwasserstrecke Villnacher Schachen

Die Messsonde war im Bereich direkt unter dem Hilfswehr bei Schinznach (VIL 1) exponiert (Abb. 5.7). In den Aufzeichnungen gut erkennbar ist der Wechsel der Dotierwassermengen zwischen 5m³/s Winterdotierung vom 1. Oktober bis 1. April und der Sommerdotierung von 10 m³/s.

Neben den Dotierabflüssen und Wehrüberläufen wurden auch periodische Pegelschwankungen aufgezeichnet – in Abb 5.15 gut erkennbar zwischen 10.07.2012 und 01.09.2012; Grund: in den Sommermonaten (Juni - August) erhöht die Betreiberin des KW Gösgen die Dotierung jeweils Samstag 12 - 21 Uhr und Sonntag 6 - 21 Uhr freiwillig von 10 m³/s auf 20 m³/s. Die Ursache für die sehr kleinen Abflussveränderungen, wie das Oszillieren des Dotierabflusses zwischen 01.02.2012 und 01.04.2012, ist noch nicht bekannt.

Die Häufigkeit der Wehrüberläufe im Villnacher Schachen deckt sich mit demjenigen des Gösger Schachens. Auch hier wird sich die Situation mit einer Neukonzession ändern. Die für 2016 neu festgelegten Dotierwassermengen liegen im Sommer um ca. das Doppelte und im Winter um ca. das Vierfache höher als heute (bis Februar 19 m³/s, Oktober und März 21 m³/s und April bis September 23 m³/s).

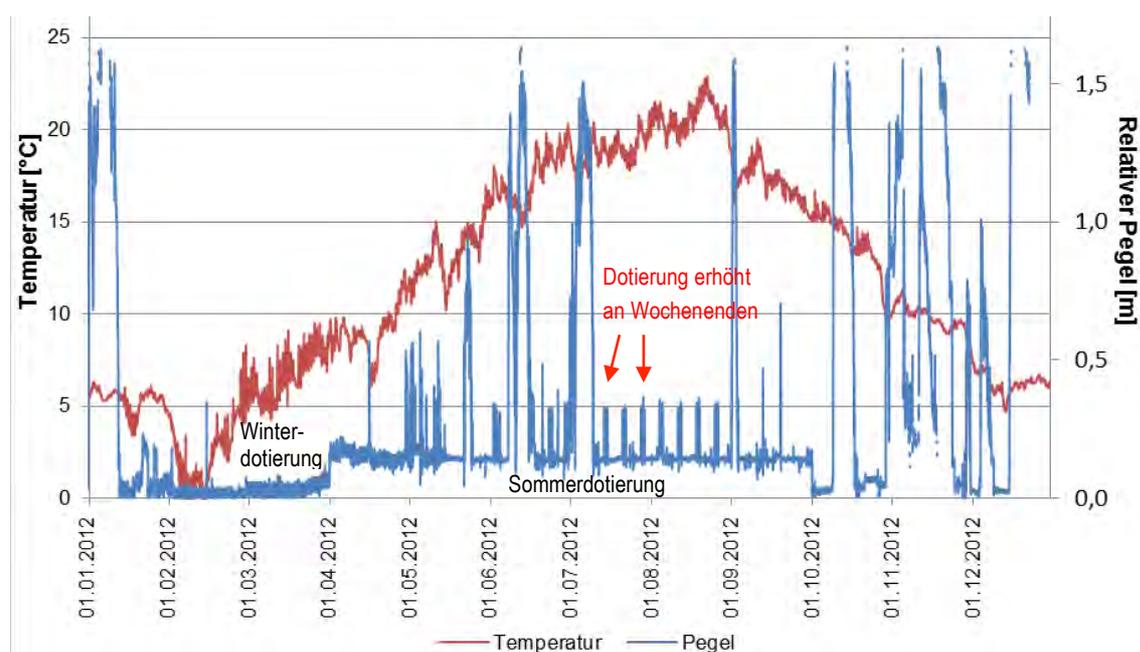


Abb 5.15: Relativer Pegel und korrespondierender Temperaturverlauf in der Restwasserstrecke Villnacher Schachen.

Der Nullpunkt des Pegels ist willkürlich gewählt, Werte oberhalb von ca. 1,5m werden nicht zuverlässig erfasst. Der Level der Dotierwassermenge liegt bis Ende März bei ca. Pegel 0,05 m, im Sommer bei ca. Pegel 0,2 m. Die rote Hintergrundkurve gibt den Temperaturverlauf an derselben Stelle wieder.

Ökologische Bedeutung von Pegelschwankungen

Pegelschwankungen, Niederwasser und Hochwasserereignisse gehören zum Charakter eines Flusslebensraums. Vor allem in der Aue und in Nebengerinnen finden sich natürlicherweise häufige Wasserstands- und Strömungswechsel. Die Biozönosen sind daran angepasst und zeigen eine typische Zusammensetzung. Aus demselben Grund bedingen dynamische Restwasserverhältnisse zweifellos naturnähere ökologische Effekte als stabile.

Die in beiden Restwasserstrecken dokumentierten Pegelschwankungen gehen – wie in Kap. 5.4.2 beschrieben - je nach Gerinnestruktur mit einem unterschiedlich starken Wasserstandswechsel einher. Ob dies positive oder negative ökologische Folgen hat, hängt u.a. stark mit den Anstiegs- und Sunkflanken ab, die bei Wehrüberläufen oder bei Hochwasserspitzen auftreten. Im Vergleich zur Voll-Aare verlaufen diese Flanken im Restwassergerinne steiler, weil sich die Wasserstandsamplituden (Basisabfluss:Hochwasserabfluss) unterscheiden und Hochwasser im Restwassergerinne durch das vorgeschaltete Wehr oft abrupt einsetzen (erst bei Wehrüberlauf) und stoppen (bei Unterschreiten der Wehrkote). Überall dort, wo dieser „Schwall“ auf flachgründige Bereiche trifft, führt dies zu einem starken Energieeintrag und die hydraulischen Schleppkräfte greifen direkt an der Sohle an. Trifft der Schwall auf einen grösseren Basisabfluss, dann werden diese Schleppkräfte entsprechend abgepuffert.

Im Restwasser kommt es aus diesen Gründen nicht selten zu plötzlichem Überfluten und raschem Trockenfallen exponierter und/oder flachgründiger Standorte. Beobachtete Folgen davon sind das Stranden von Fischen und Makroinvertebraten (Abb. 5.16). Dieser Effekt wird durch sehr hohe bzw. sehr tiefe Temperaturen bei Sunk noch verstärkt. Bei starkem Frost und gleichzeitigem Sunk kann es auch zum Einfrieren von Interstitial-Lebensräumen kommen, was vor allem das Makrozoobenthos betrifft, aber auch Spezialisten anderer Tiergruppen, wie die Fischart Steinbeisser und die Querderlarven der Neunaugen, die beide im Sand leben, sowie Makrophyten und den pflanzlichen Bewuchs in den Wasserwechselzonen. Zusammenfassend sind die im Gegensatz zur Voll-Aare stärkeren Pegelschwankungen und Energieeinträge ein Grund dafür, dass sich die Zusammensetzung dieser verschiedenen Wasserkörper deutlich voneinander unterscheiden kann.



Abb 5.16: Negative ökologische Effekte durch steile Sunkflanken in den Restwasserstrecken.

Beispiele aus dem Villnacher Schachen (Bereich VIL2-B3) nach dem Aare-Hochwasser vom Januar 2012. A) Anschwemmung und Stranden grosser Mengen von Makroinvertebraten (hier v.a. noch sichtbar die Tiere und leere Schalen von Corbicula). B) Gestrandete und eingefrorene Gruppe.

5.4.4 Temperaturverhältnisse im Restwasser

Hintergrundinformation und Ansatz

Bisherige Untersuchungen in der Restwasserstrecke des KW Gösgen zeigten einen Zusammenhang zwischen der Restwassermenge, dem Abstand vom Wehr und der Wassertemperatur an sonnigen Tagen [MARRER 1998]. Die zusätzliche Erwärmung des Restwassers auf Höhe Mülidorf betrug im Vergleich zur Messstelle unterhalb des Wehrs Winznau maximal 4,6°C (bei einem Restwasser von 5 m³/s), 2,9°C (bei Restwasser von 10 m³/s) sowie 1,5°C (bei Restwasser von 20 m³/s). Innerhalb abgeschlossener Restwassertümpel wurden 2009 Maximaltemperaturen von 36,1°C gemessen [AQUARIUS 2009]. Die Temperaturdifferenzen zwischen einem Hauptarm und einem etwas geringer durchflossenen Seitenarm des Restwassergerinnes betrug z.T. mehr als 1°C. Die Abkühlung der Wassertemperatur in der Restwasserstrecke durch Zuflüsse wurde in diesem Zusammenhang als vernachlässigbar bezeichnet, da nur wenige Oberflächengewässer und nur solche mit geringem Abfluss in die Restwasserstrecke münden. Die bisherigen Untersuchungen liessen also den theoretischen Schluss zu, dass sich die unterschiedlichen Wasserkörper bzw. Kompartimente eines Restwassersystems der Aare bei Sonneneinstrahlung bzw. grosser Kälte in unterschiedlichem Masse erwärmen bzw. abkühlen.

Temperaturvergleich Restwasserstrecke und Voll-Aare

Die Daten unserer Temperaturaufzeichnungen über mehr als 1 Jahr belegen, dass der Temperaturverlauf in beiden Restwasserstrecken deutlich vom Abflussgeschehen beeinflusst wird (Abb. 5.14 und 5.15). Im Sommer führen Hochwasser in der Regel zu Temperatursenkungen, im Winter zu Temperaturanstiegen im Restwasserkörper. Gegenüber den Verhältnissen in der Voll-Aare (Abb. 5.17) weichen die Temperaturverhältnisse in den Restwassern aber nur in Kompartimenten ab, in denen das Wasser länger verweilt, ob es sich nun um Nebenarme oder teichartige Flutmulden handelt (s.u). Die Temperaturen im gut durchfluteten Hauptgerinne der Restwasserstrecken weichen aber nur marginal von denen der begleitenden Voll-Aare ab – hier am Beispiel des Villnacher Schachens und der Messstelle bei Brugg aufgezeigt (Abb. 5.17).

Unterschiede der Wassertemperaturen innerhalb der Restwasserstrecke

Wassertemperaturen von deutlich über 25 °C konnten von uns an keiner Stelle und zu keinem Zeitpunkt gemessen werden. Allerdings wurden im Programm nur Wasserkörper untersucht, die mit Haupt- oder Nebengerinnen vernetzt waren. Es liegt nahe, dass an entsprechend exponierten, vom System bei Dotierabfluss abgetrennten Stellen auch wesentlich höhere Temperaturen erreicht werden. Solche Bereiche spielen allerdings für die gesamtökologische Situation der untersuchten Restwasserstrecken eine nur geringe Rolle.

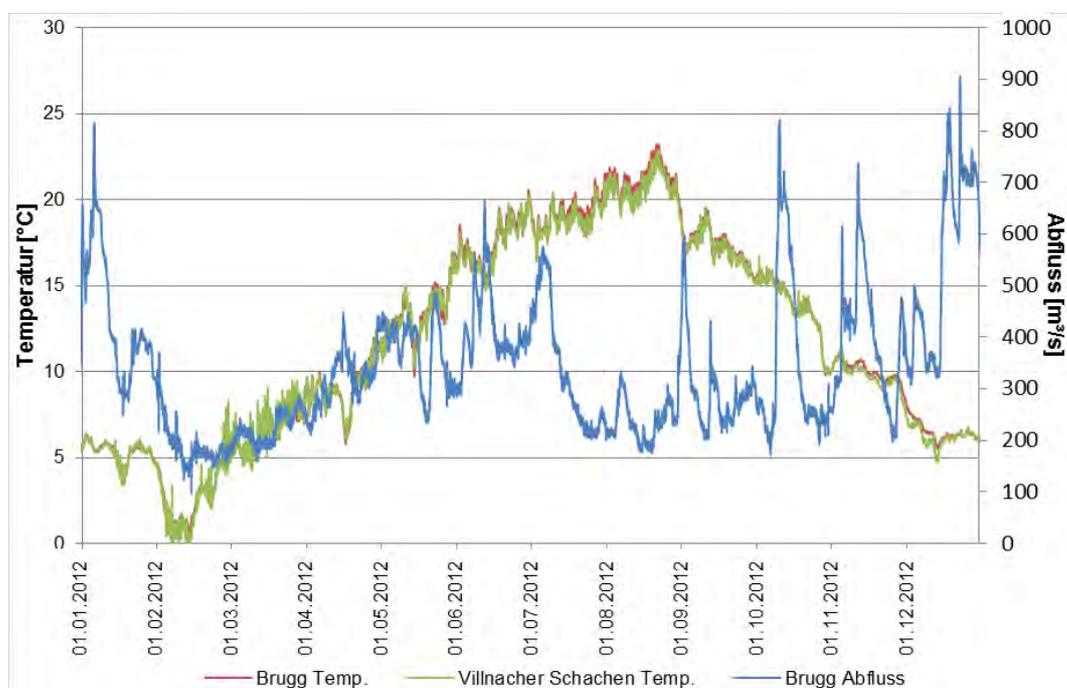


Abb 5.17: Vergleich der Wassertemperaturen unter Einfluss der Wasserführung in der Voll-Aare.

Verglichen werden die Werte der eigenen Messsonde im Villnacher Schachen (VIL - DMS1) mit denen am Pegel Brugg (Nr. 2016) zwischen 01.01.2012 und 31.01.2013.

Eine Zunahme der Wassertemperaturen entlang des Gösger Schachens – wie vom Dotierwasser-versuch von MARRER (1998) berichtet, konnten von uns im Rahmen der Untersuchungen nicht dokumentiert werden. Weder bei den Messungen im Rahmen der Benthosprobenahme (Abb. 5.18) noch beim Vergleich der Loggerdaten (Abb. 5.19, 5.21) lagen die Wassertemperaturen zur jeweils gleichen Jahreszeit im unteren Abschnitt der Restwasserstrecke über denen im oberen.

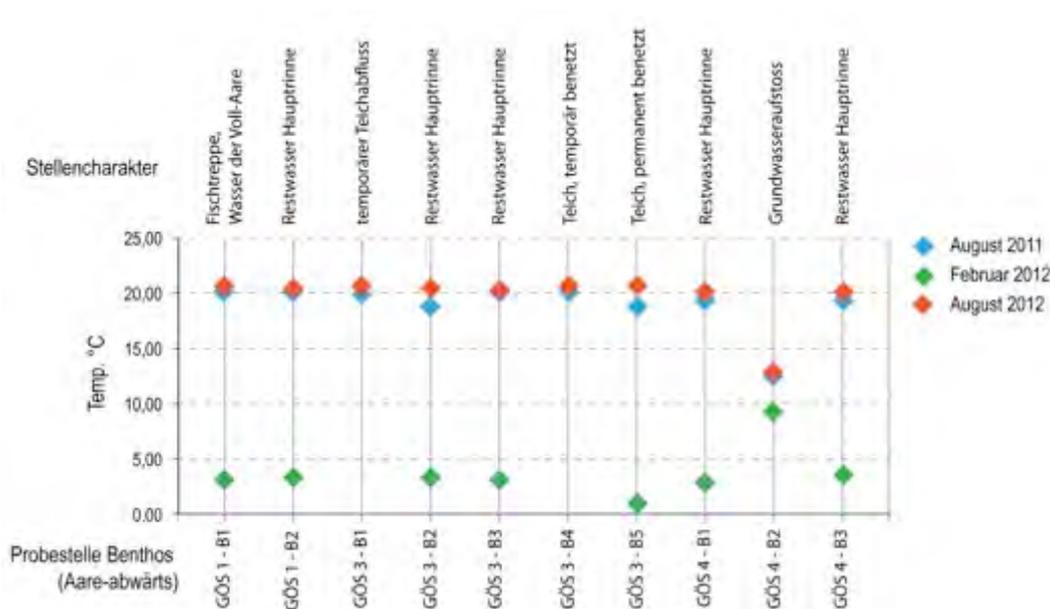


Abb. 5.18: Vergleich der Wassertemperaturen an den Benthos-Probenahmestellen im Gösger Schachen.

Ergebnisse der Temperaturmessungen zu drei Probenahmetermen. Aufgelistet sind die Messungen im Rahmen und an den Stellen der Benthosprobenahme.

Ein Vergleich der Messtellen GÖS 1 – T1 und GÖS 4 – T1 zeigt den Unterschied zwischen dem Wasserkörper der Voll-Aare oberhalb des Wehrs Winznau (gemessen in der Fischtreppe) und dem Wasserkörper des Restwassergerinnes an der Ballyschwelle nach einer Laufstrecke von rund 8 km Länge (Abb. 5.19). Der Verlauf bestätigt die bereits aufgrund der punktuellen Messungen (Abb. 5.18) angestellte Vermutung, dass sich der Restwasserkörper in seinem Längsverlauf nicht generell erwärmt bzw. abkühlt. Des Weiteren liegen die Wassertemperaturen auf Höhe der Ballyschwelle im Winter immer leicht über denen am Wehr Winznau, im Sommer ist es umgekehrt. Diese Ergebnisse lassen eigentlich nur den Schluss zu, dass es im Verlauf der Restwasserstrecke Grundwassereintritte gibt, deren Lage und Umfang sich dämpfend auf die Wassertemperaturen auswirken können - zumindest in der Hauptrinne. Stimmt dies, dann müsste sich dieser Zustrom auch in der Restwassermenge niederschlagen und wäre überdies für spätere Aufwertungsmaßnahmen gemäss dem Leitbild (BASLER & HOFFMANN 2011) relevant.

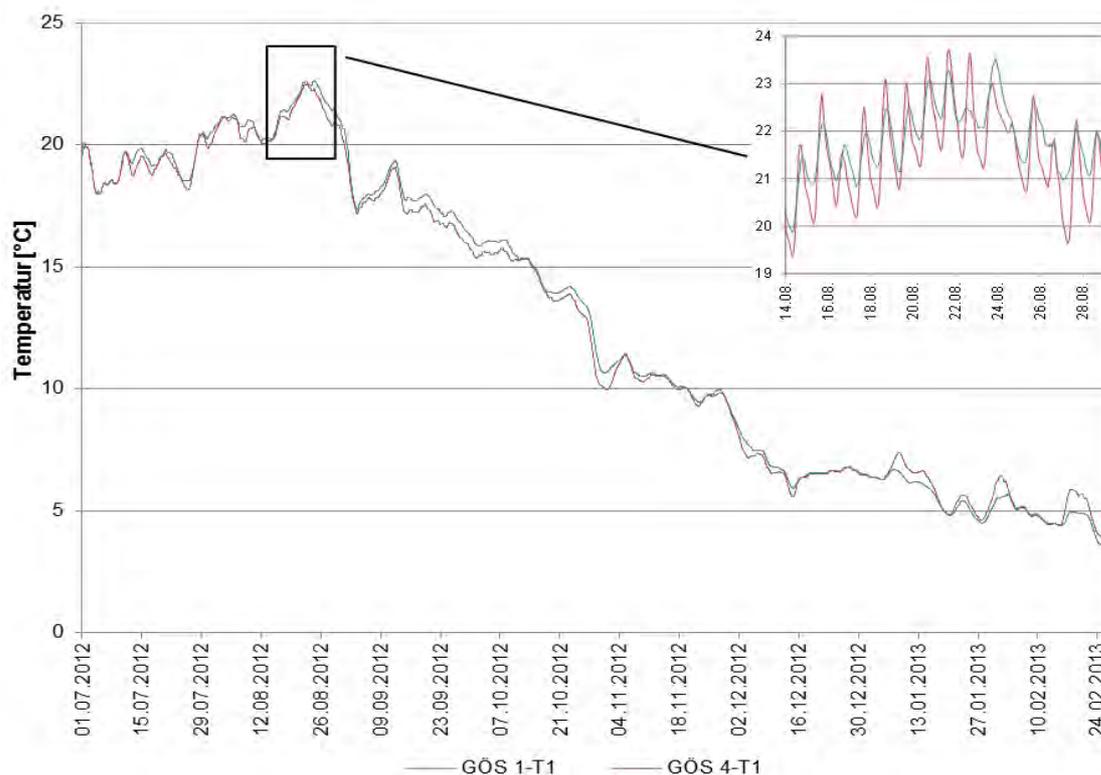


Abb. 5.19: Vergleich der Temperaturverläufe am oberen und nahe des unteren Endes des Gösger Schachens.

Ergebnisse der Temperaturmessung fest installierter Temperaturlogger August 2012 bis Februar 2013. GÖS 1-T1: Fischtrappe oberhalb Wehr Winznau; GÖS 4-T1: Ballyschwelle. Kleines Bild: 14-tägiger Ausschnitt. Die Werte in der Hauptgrafik sind geglättet über 24h. Die Detailgrafik zeigt 30 Min-Werte.

Betrachtet man in der Abb. 5.19 einen vergrößerten Ausschnitt des Temperaturverlaufs in der Hauptrinne in der zweiten Augushälfte 2012, so zeigen sich an der unteren Stelle GÖS 4 – T1 (rote Linie) deutlich grössere Temperaturamplituden als bei GÖS1-T1 (blaue Linie). Dies bedeutet, dass der voluminösere Wasserkörper der Voll-Aare die äusseren Temperatureinflüsse deutlich besser abpuffern kann als der Restwasserkörper, der vermehrt den Schwankungen der Tagestemperaturen folgt. Bei geringeren Dotierwassermengen ($5 \text{ m}^3/\text{s} - 10 \text{ m}^3/\text{s}$) würden sich diese Amplituden weiter verstärken, bei grösseren Dotierungen ($20 \text{ m}^3/\text{s} - > 30 \text{ m}^3/\text{s}$) glätten. Da diese Tag-Nacht-Schwankungen an verschiedenen exponierten Stellen mehr als 7°C betragen können (vgl. Stelle GÖS 3-T1 in Abb. 5.20) spielt dies auch eine Rolle für die Besiedelbarkeit der Restwasserlebensräume. Das Spektrum reduziert sich hier auf temperaturtolerante Arten.

Ein Vergleich dreier solcher exponierter Wasserkörper im Gösger Schachen (GÖS 1- T1, GÖS 3 – T1 und GÖS 4 T2) (Abb. 5.20) verdeutlichen, welche Rolle die Sonneneinstrahlung und Lufttemperatur, Grundwasser und Hochwasser auf ihre Wassertemperaturen haben:

- In dem Nebengerinne der Probestelle GÖS 4 (GÖS 4-T2) puffert eine starke Grundwasserexfiltration die Wassertemperaturen über das ganze Jahr hinweg.
- Im permanenten Stillwasserbereich der Stelle GÖS 3 liegen die Wintertemperaturen deutlich unter denen der Hauptrinne.

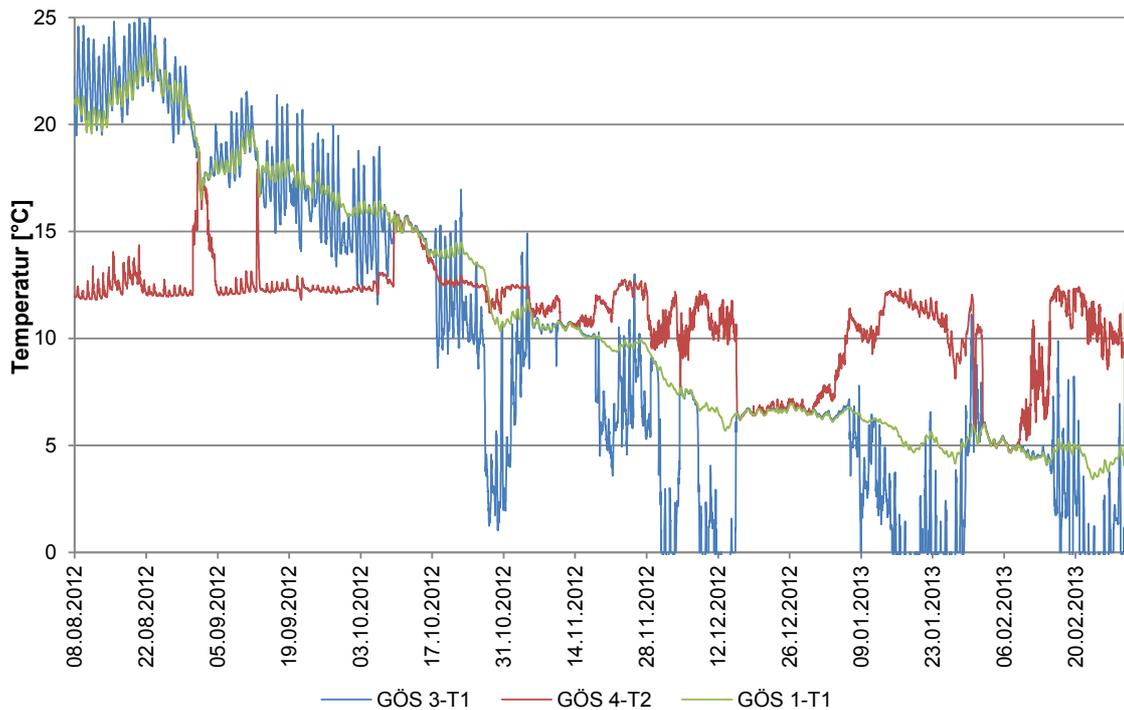


Abb. 5.20: Vergleich der Temperaturverläufe unterschiedlicher Wasserkörper im Gösger Schachen.

Ergebnisse der Temperaturmessung fest installierter Temperaturlogger August 2012 bis Februar 2013. GÖS 3-T1: Im Auslauf des teichartigen Nebenarms; GÖS 4-T2: Grundwasseraufstoss unterhalb der Ballyschwelle; GÖS 1-T1: Fischtreppe oberhalb Wehr Winznau.

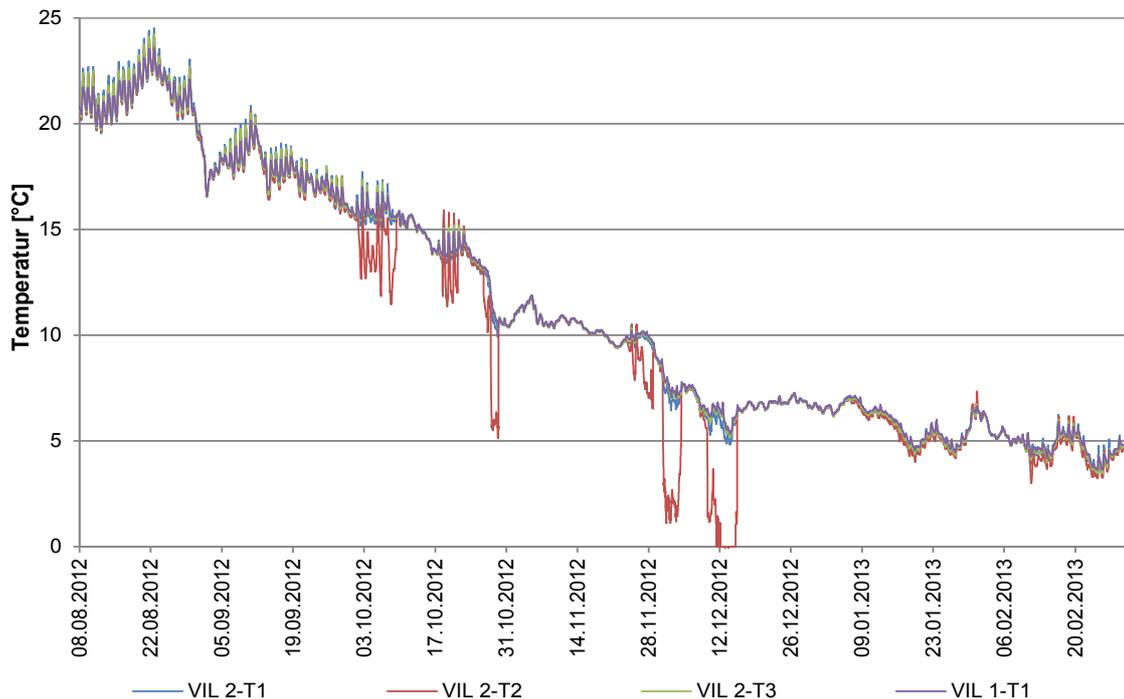


Abb. 5.21: Vergleich der Temperaturverläufe unterschiedlicher Wasserkörper im Villnacher Schachen.

Ergebnisse der Temperaturmessung fest installierter Temperaturlogger August 2012 bis Februar 2013. VIL 2-T1: Flachwasserbereich; VIL 2-T2: Temporär trockenfallender Kolk; VIL 2-T3: Gut durchströmter Bereich; VIL 1-DMS1: Messsonde unterhalb Hilfswehr.

Mit Ausnahme eines temporär trockenfallenden Kolks sind die Temperaturdifferenzen zwischen den gewählten Messstellen im Villnacher Schachen deutlich geringer (Abb. 5.21) als im Gösger Schachen. Die geglätteten Mittelwerte sind hier identisch. Unterschiede zeigen sich allerdings ebenfalls in den Tag-Nacht-Amplituden, die in flachen Randbereichen (z.B. VIL 2- T3) deutlich grösser sind als an tieferen, stärker fliessenden Stellen. Man kann also davon ausgehen, dass die

gemessenen Wasserkörper des Villnacher Schachens – trotz derzeit noch geringerer Dotierwassermengen - enger miteinander vernetzt sind und in einen besseren Tempuraustausch stehen als diejenigen im Gösger Schachen. Dies mag auch einige der Besiedlungsunterschiede erklären, die im Folgenden noch vorgestellt werden.

Saisonale Besonderheiten der Temperaturverläufe

Die Temperaturunterschiede zwischen den Sommer- und den Wintertemperaturen sind in den Restwasserstrecken hoch – wie übrigens auch in der Voll-Aare (vgl. Abb. 5.17). Im Rahmen unserer Messungen im Bereich des Teichs an Stelle GÖS 3 – B5 lag die Amplitude bei knapp 20°C (Abb. 5.18, 5.22).



Abb. 5.22: Temperaturunterschiede an den Untersuchungsstellen im Sonderprogramm Restwasser.

Benthosprobestelle GÖS 3 – B5 im Abschnitt Gösger Schachen; links: bei 20,6 °C WT im August 2011, rechts: bei 0,9 °C unter Eis im Februar 2012.

An Stellen mit starkem Grundwasseraufstoss wie bei GÖS 4 – T2 liegen die Sommer- und Wintertemperaturen in der Regel dagegen nicht mehr als 2° C auseinander (Abb. 5.20, 5.23), dies bei Unterschieden in der Lufttemperatur von nahezu 50 ° C (-16° C zu 33,5° C) .



Abb. 5.23: Temperaturunterschiede an den Untersuchungsstellen im Sonderprogramm Restwasser.

Befischungsabschnitt GÖS 4 – T2, ein stark grundwasserbeeinflusster Nebenarm des Gösger Schachens unterhalb der Ballyschwelle; links: bei 12,7 °C WT im August 2011, rechts: bei 9,3 °C im Februar 2012.

5.4.5 Sauerstoffverhältnisse

Die Sauerstoffversorgung an den Messtellen der beiden untersuchten Restwasserstrecken war stets ausreichend und erreichte zu keiner Zeit biologisch kritische Werte (Konzentration < 4 mg/l) [9](Abb. 5.24). Es kann allerdings davon ausgegangen werden, dass es lokal – z.B. innerhalb von Flutmulden und temporär benetzten, stehenden Wasserkörpern mit stärkerem Pflanzenbewuchs und starken Schlamm-/ Detritusablagerungen – zur Übersättigung und/oder reduzierenden Prozessen

mit hoher Sauerstoffzehrung kommt. Der Sauerstoffgehalt im Bereich von Grundwasseraufstößen wie an Stelle GÖS4-T2 liegt natürlicherweise unter dem der reinen Oberflächenwasserkörper.

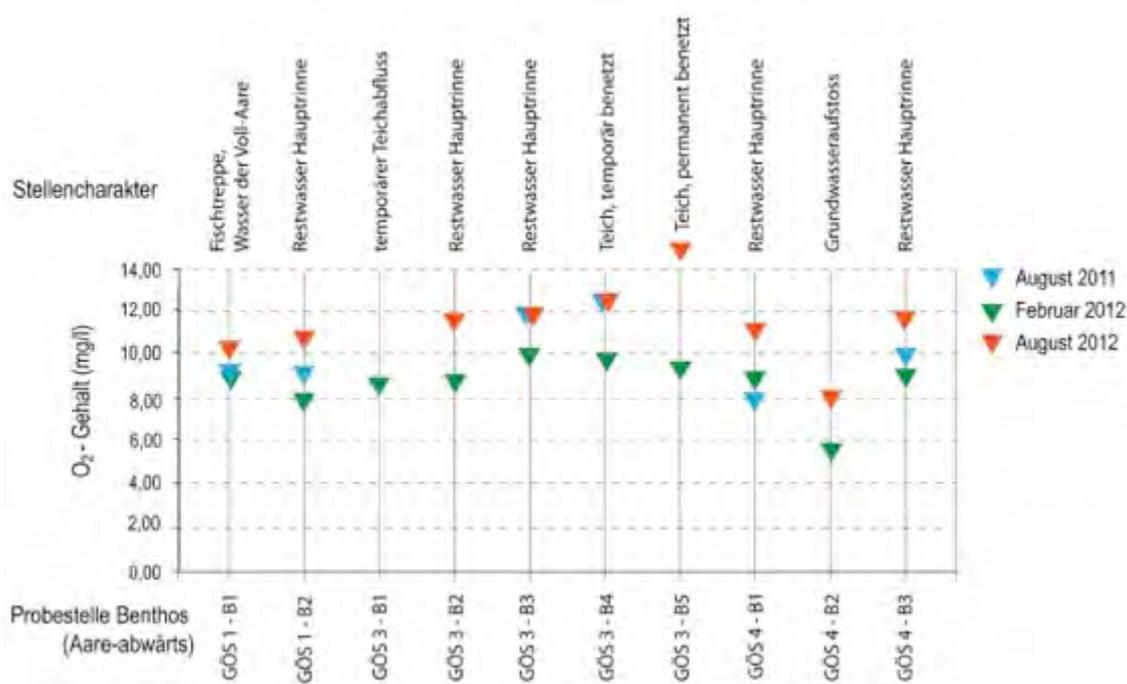


Abb. 5.24: Vergleich der Sauerstoffkonzentrationen an den Benthos-Probenahmestellen im Gösger Schachen.

Ergebnisse der O₂-Messungen zu drei Probenahmeterminen an den Benthos-Probestellen.

Generelle Betrachtung zur Wassertemperatur in den Restwasserstrecken

Die Temperaturmessungen im Rahmen des Sonderprogramms lassen mehrere übertragbare Aussagen zum Temperaturregime in den längeren Restwasserstrecken zu:

- Bei geeigneten Dotierwassermengen jenseits von 15 m³/s oszilliert der Wasserkörper in den Hauptgerinnen der Restwasserstrecken im Tag-Nacht-Rhythmus um nicht mehr als ca. 3 °C; damit kommen die Restwasserstrecken nahe an das Temperaturregime der Voll-Aare heran. Alle Restwasserkörper gleichen bei Hochwasser ihre Temperatur an diejenige der Voll-Aare an. Bei stärkeren Hochwasserabflüssen sind dann sogar die Wassertemperaturen zwischen Winznau und Villnacher Schachen identisch (Laufstrecke ca. 32 km).
- Ein sonnenexponierter, schwach durchflossener Restwasserkörper schwankt – je nach seiner Anbindung an das Hauptgerinne um bis zu 7° C im Tag-Nacht Rhythmus; hier finden sich auch die grössten Temperaturunterschiede zwischen Sommer und Winter.
- Restwasserkörper gleichen ihre Temperatur umso mehr der Lufttemperatur an, je flacher sie werden. Mit abnehmendem Wasserstand nehmen hier die Temperaturamplituden zu, auch wenn sich die Aussentemperaturen nicht ändern.
- Die täglichen Temperaturschwankungen innerhalb stark grundwasserbeeinflusster Wasserkörper betragen im Tagesverlauf in der Regel weniger als 1 °C.

Das Temperaturregime in den Restwasserstrecken wird somit durch die Restwassermenge, die Durchströmung der Wasserkörper sowie die Grundwasseranbindung geregelt. Alle zusammen bestimmen, inwieweit Sonneneinstrahlung und Lufttemperatur auf die Wassertemperatur Einfluss nehmen können. Wenn zu geringes Restwasser fliesst oder der Grundwasserzustrom fehlt, kann es im Verlauf längerer Restwasserstrecken auch zu relevanten Temperaturerhöhungen kommen.

5.4.6 Auswirkungen auf die Restwasserbiozöosen

Alles in allem herrschen in den Restwasserstrecken der Aare Umgebungsbedingungen, die sich nach Erhöhung der Dotierungen zwar nicht mehr erheblich, aber doch signifikant von denen in der Voll-Aare unterscheiden. Im Winter treffen wir auf eine eher bachtypische Temperaturcharakteristik. Im Sommer werden die Temperaturen der Voll-Aare auch im Restwasser nur unwesentlich überschritten, allerdings mit deutlicheren Schwankungen im Tagesverlauf und an exponierten Stellen. Sowohl Winter- wie auch Sommerregimes können sich im Restwasser gegenüber der Voll-Aare selektierend auf die Besiedlung auswirken.

Die im Restwasser vorherrschenden Temperaturverhältnisse sind vor allem für grosse kieslaichende Fischarten wie (Bach)forelle, den künftig wieder erwarteten Lachs und vor allem die Leitfischart Äsche von Bedeutung. Durch geeignete Dotierung und reaktivierte Kiesflächen können zwar günstige Reproduktionsbedingungen geschaffen werden; Abfluss, Temperatur und Sauerstoffverhältnisse lenken jedoch den Reproduktionserfolg.

- Die winterlichen Hochwasserabflüsse wirken sich in den Restwasserstrecken stärker auf die Gelege aus als in der Voll-Aare, weil sie auf einen geringeren Basisabfluss treffen. Die hydraulischen Kräfte, die auf die Kiessohle wirken, können zu Geschiebumlagerungen und damit Zerstörung der Gelege führen.
- Sommerliche Wassertemperaturen von mehr als 20 °C liegen deutlich über dem Temperaturoptimum für die kaltstenothermen Winterlaicher. Auch wenn ein Schlupferfolg gelingt, gibt es für die Jungfische und die adulten Tiere im Restwasser nur dort Rückzugsräume, wo die Wassertemperatur unter 19 °C bleibt. Ob diese existieren und wo sie liegen, kann die Studie noch nicht beantworten. Sicher spielt in diesem Zusammenhang der Umfang der Grundwasserinfiltration eine entscheidende Rolle.
- Was für die Fische gilt, gilt auch für mehrere Makroinvertebratenarten, vor allem aus der EPT-Gruppe (Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen).

5.5 Wirbellosen-Besiedlung in den Restwasserstrecken

5.5.1 Bisherige Kenntnisse und Fragen

Ein Ergebnis der Monitoring-Kampagne 2001/2002 war die Beobachtung, dass das Makrozoobenthos in den Restwasserstrecken der Aare – vertreten durch die Probestellen Winznau und Villnachern - anders zusammengesetzt ist als innerhalb der restlichen Abschnitte, die entweder freifliessend mit Vollabfluss oder staubeeinflusst sind. Aus diesem Grund wurden diese beiden Stellen sowie weitere Untersuchungsstellen in den dazugehörigen Restwasserstrecken für das aktuelle Sonderprogramm Restwasser ausgewählt.

Im Ergebnisbericht 2001/02 (ORTLEPP & REY 2003) wurde im Zusammenhang mit den auffällig anderen Besiedlungsverhältnissen in den Restwasserstellen von einer „Rhithralisierung“ gesprochen, was ausdrücken sollte, dass die Zusammensetzung der Benthosbiozönose eher derjenigen eines gut durchströmten Bachs als derjenigen eines grossen Mittellandflusses entsprach. Wir führten dieses Phänomen auf die Tatsache zurück, dass die damals vorherrschenden Restwasserabflüsse von oft nicht mehr als 5 m³/s dazu führten, dass im Bett der alten Aare nur noch ein Bach fliesst, der bei Überwasserereignissen (Wehrüberläufen bei hohen Aareabflüssen) immer wieder gestört wird. An diesen Wechsel zwischen stabil niedrigen Abflüssen und Hochwasserstress hatten sich die Biozöosen nach und nach angepasst.

Zwischenzeitlich, aber auch im Zuge der Neukonzessionierungen der Kraftwerkstufen Gösgen und Aarau, kam es zu einer Verdoppelung und Dynamisierung der Dotierwassermengen, deren ökologische Bedeutung auch im Rahmen der UVP zum Kraftwerkprojekt Gösgen untersucht wurden. In diesem Zusammenhang ist noch immer offen, welche endgültigen Dotierungen gesprochen werden und inwieweit dabei flexible Anpassungen auf den Hintergrund-Abfluss der Aare möglich sind.

5.5.2 Räumliche und saisonale Besiedlungsunterschiede

Die verschiedenen Benthosprobstellen, die jeweils im selben Zeitraum untersucht wurden, belegen sehr gut das Spektrum unterschiedlicher Besiedlungsmöglichkeiten in naturnahen Restwasserstrecken. Manche Wasserkörper ähneln sich bezüglich ihrer Besiedlung dabei mehr als andere. Die Frage, ob eine Probestelle ständig benetzt ist, die damit zusammenhängenden Wasserspiegelschwankungen und die Strömungscharakteristik sind zentrale Rahmenbedingungen für die hier lebenden wirbellosen Gewässerorganismen.

Taxazahlen

Werden Taxazahlen verglichen, um damit Aussagen über die jeweilige Artenvielfalt treffen zu können, müssen einige methodische Überlegungen vorausgehen. Auf einer morphologisch monotonen Fläche reichen wenige Proben aus, um deren Arteninventar repräsentativ zu erfassen. Anders auf einer strukturreichen Fläche mit vielfältigen Habitatangeboten. Hier müssen geeignete Probstellen zunächst einmal innerhalb eines grösseren Areals ausgewählt werden, um möglichst viele der unterschiedlichen Kleinlebensräume (Choriotope) zu erfassen. Entsprechend müssen dann auch mehr Proben genommen werden, damit diese Lebensräume auch alle in der Untersuchung repräsentiert sind. Die Probenzahl und damit der Aufwand, um die tatsächliche Taxa-/Artenzahl einer Fläche zu bestimmen, ist somit umso grösser, je diverser die Morphologie des betrachteten Flussabschnitts ist (Abb. 5.25).



Abb. 5.25: Zusammenhang zwischen Probenzahl und Artennachweis.

Bei morphologisch diverseren Flussabschnitten braucht man mehr Proben bzw. eine häufigere Probenahme, um sich der tatsächlichen Zahl hier lebender Arten anzunähern.

Im Vergleich aller Untersuchungsstellen in der Aare finden wir die grösste morphologische Vielfalt in den beiden untersuchten Restwasserstrecken. Ausgehend von den zuvor gemachten Überlegungen wäre hier also die grösste Zahl an Proben nötig gewesen, um ausreichend genaue Informationen über die jeweiligen Taxazahlen zu gewinnen. Um dennoch eine gewisse Vereinheitlichung zu gewährleisten und die Ergebnisse mit denen der Hauptuntersuchung vergleichbar zu machen, wurden auch bei der Beprobung der Restwasserstellen selten mehr als 5 verschiedene Choriotope pro Stelle besammelt. Deren Charakter konnte aber von Stelle zu Stelle und wegen der Wasserstandsschwankungen auch saisonal variieren.

Auf Ebene einzelner Proben werden im Restwasser selten Taxazahlen von mehr als 40 erreicht (Abb. 5.26a). Betrachtet man dagegen das Artenspektrum jeweils in der gesamten Restwasserstrecke, das zu verschiedenen Terminen erfasst wurde (Abb. 5.26c), so liegt dies um 25-50% höher. Bezogen auf die gesamte Aare variieren die Taxazahlen vor allem bei den EPT-Arten (Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen), sowie bei den Dipteren (Zweiflügler, Mücken) und den Gastropoden (Schnecken). Diese Taxa sind auch in den Restwasserstrecken aspektbildend. Hinzu kommen regelmässig Stillwasserarten, die in der Voll-Aare meist selten und dann in geringerer Zahl gefunden wurden.

Die Anzahl der in den Restwasserstrecken 2012 vorgefundenen Taxazahlen gegenüber den Ergebnissen von 2002 (WIZ + 18 Taxa; VIL + 25 Taxa) zeigt eine signifikante Zunahme, die in abgeschwächter Form auch an den Flussquerschnitten festzustellen war und teilweise auch auf die Ausbreitung von Neozoen zurückzuführen ist. Die gegenüber früher höheren Dotierwassermengen scheinen sich auch positiv auf die Artenvielfalt angestammter Arten ausgewirkt zu haben, indem nun grössere Flächen ständig benetzt sind und durch aquatische Invertebraten besiedelt werden können.

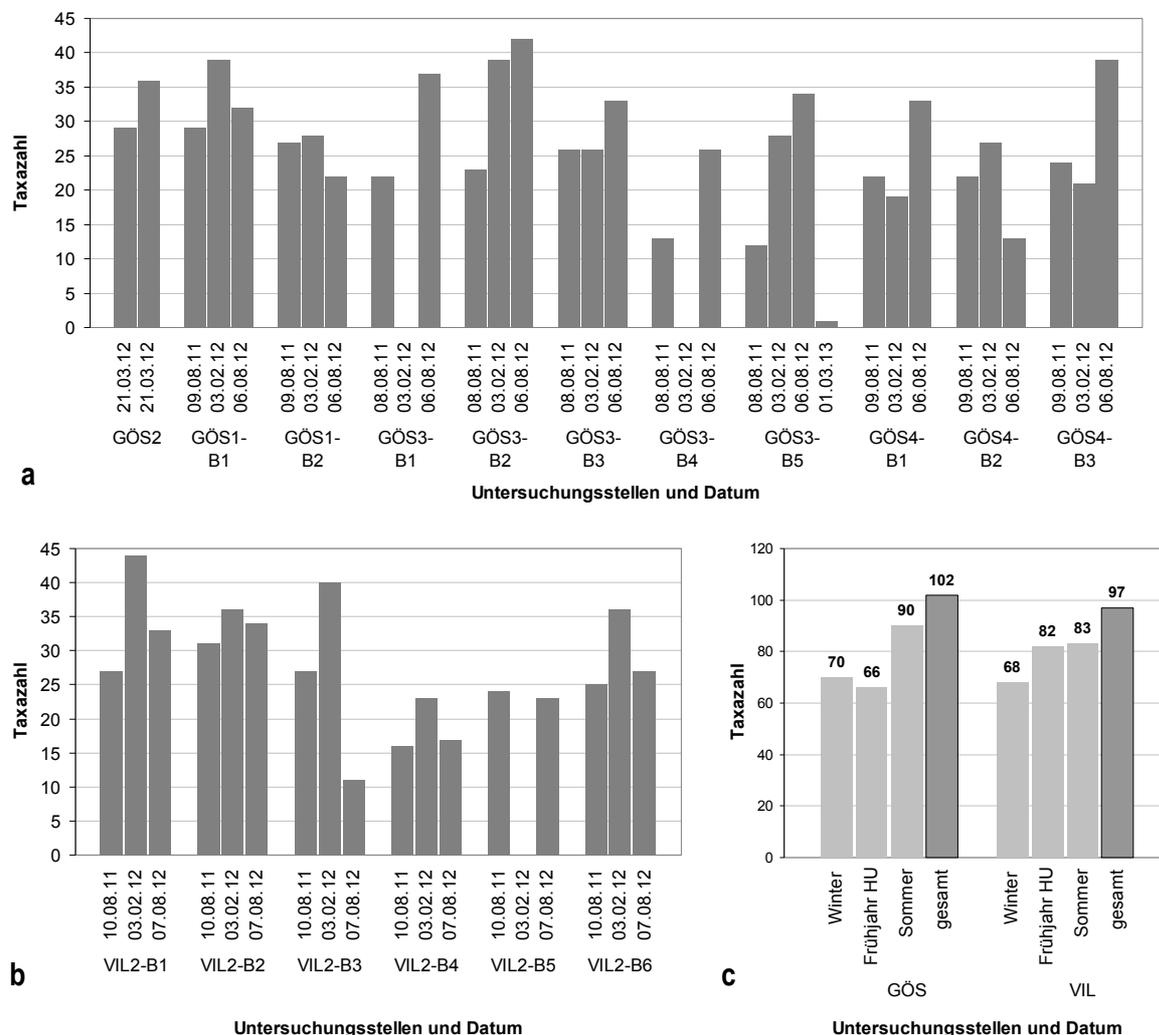


Abb. 5.26: Makroinvertebraten-Taxazahlen innerhalb der Restwasserstrecken.

a, b) Vergleich der Taxazahlen aller Proben zu allen Untersuchungsterminen (ohne Proben der Hauptuntersuchung). C) Vergleich der Taxazahlen der Restwasserstrecken Gösgen und Villnachern nach Jahreszeiten

Bei den Befischungen und durch Beobachtung fliegender Insekten konnten wir in den Restwasserstrecken zusätzlich zu den in den Proben nachgewiesenen Taxa weitere aquatische Wirbellose nachweisen, die an den Flussquerschnitten der Voll-Aare nicht gefunden wurden. Hierzu gehören v.a. weitere aquatische und semiaquatische Stillwasserarten, wie Klein- und Grosslibellen, Wasserwanzen und Wasserkäfer.

Besondere und seltene Invertebratenarten in den Restwasserstrecken

Die meisten der Arten, die nur in den Restwasserstrecken gefunden wurden, besiedelten Sonderhabitate, wie austrocknende Tümpel oder Stillwasserbuchten, oder kommen im überstauten Boden am Gewässerrand vor. Vereinzelt wurden aber auch Fließwasserarten wie die Eintagsfliege *Alainites muticus* oder die Steinfliege *Perlodes microcephalus* gefunden. Unter den Besiedlern austrocknender Tümpel sind besonders die drei seltenen, teilweise für die Schweiz neuen, Rollegelarten (Glossiphoniidae) hervorzuheben.

Tab. 5.1: Besondere und seltene Makroinvertebratenarten innerhalb der Restwasserstrecken.

Arten der Restwasserstrecken, die in der Hauptuntersuchung nicht oder nur in einem anderen Flussabschnitt nachgewiesen wurden.

	Gösger Schachen	Villnacher Schachen	Bemerkungen / Fundort
Gastropoda (Schnecken)			
<i>Hippeutis complanatus</i>		x	auch in Nidau
Hirudinea: Glossiphoniidae (Rollegel)			
<i>Batracobdella euxina</i>	x		flache Tümpel
<i>Glossiphonia nebulosa</i>	x		flache Tümpel
<i>Glossiphonia paludosa</i>	x		flache Tümpel
Ephemeroptera (Eintagsfliegen)			
<i>Alainites muticus</i>	x		rheophil
<i>Cloeon dipterum</i>	x	x	limnophil
Odonata (Libellen)			
<i>Anax imperator</i>		x	limnophil
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	x	x	rheophil
Plecoptera (Steinfliegen)			
<i>Perlodes microcephalus</i>	x		rheophil
Coleoptera (Käfer)			
<i>Hydroporinae Ad</i>		x	limnophil
<i>Laccobius sp. Ad</i>	x		limnophil
<i>Laccophilus hyalinus Ad</i>		x	limnophil
<i>Laccophilus sp. La</i>	x	x	limnophil
Trichoptera (Köcherfliegen)			
<i>Athripsodes albifrons</i>	x		
<i>Limnephilus rhombicus</i>		x	limnophil
Diptera (Fliegen & Mücken)			
<i>Sciomyzidae Gen. sp.</i>	x		semiterrestrisch
<i>Stratiomyidae Gen. sp.</i>	x		semiterrestrisch
<i>Tabanidae Gen. sp.</i>	x		semiterrestrisch

Besiedlungsdichten

Die Besiedlungsdichten an den Restwasserprobestellen variieren um das bis zu 100-fache. Steiniges Substrat in Stillwasserbereichen mit starken Wasserstandsschwankungen und Vereisungen wie GÖS3-B3 werden im Sommer von 15 mal mehr Invertebraten besiedelt als im Winter. Aber auch im Winter trockenfallende Fließrinnen wie GÖS3-B4 werden besiedelt, sobald sie wieder durchflossen werden. In ständig benetzten Fließstrecken scheinen neben der Wassertemperatur auch die Strömung für die Besiedlungsdichte im Winter entscheidend zu sein. In den etwas stärker strömenden riffeligen Fließstrecken des Gösger Schachens (GÖS1-B2; GÖS3-B3) sind die jahreszeitlichen Besiedlungsunterschiede deutlich grösser als in den etwas ruhiger durchflossenen Rinnen im Villnacher Schachen. Möglicherweise wechseln hier Organismen zum Zwecke eines geringeren Energieverbrauchs das Habitat oder ziehen sich vermehrt ins Interstitial zurück, das durch die Probenahme unzureichend erfasst wird. Interessanterweise liegen die Besiedlungsdichten auf der Sohle des Oberwasserkanals (GÖS 2) ebenfalls im mittleren Bereich und sind vergleichbar mit denen an der Referenzstelle OLT der Hauptuntersuchung. Hier spielt offensichtlich die fehlende strukturelle Verzahnung zum Ufer eine nur untergeordnete Rolle.

Zusammensetzung der Benthosbiozönose

Eine Betrachtung der Besiedlungsverhältnisse nach taxonomischen Grossgruppen (Abb. 5.27, 5.28) zeigt noch einmal die deutlichen Besiedlungsunterschiede in verschiedenen Choriotopten und Jahreszeiten, die schon bei den Taxavergleichen und den Besiedlungsdichten angesprochen wurden.

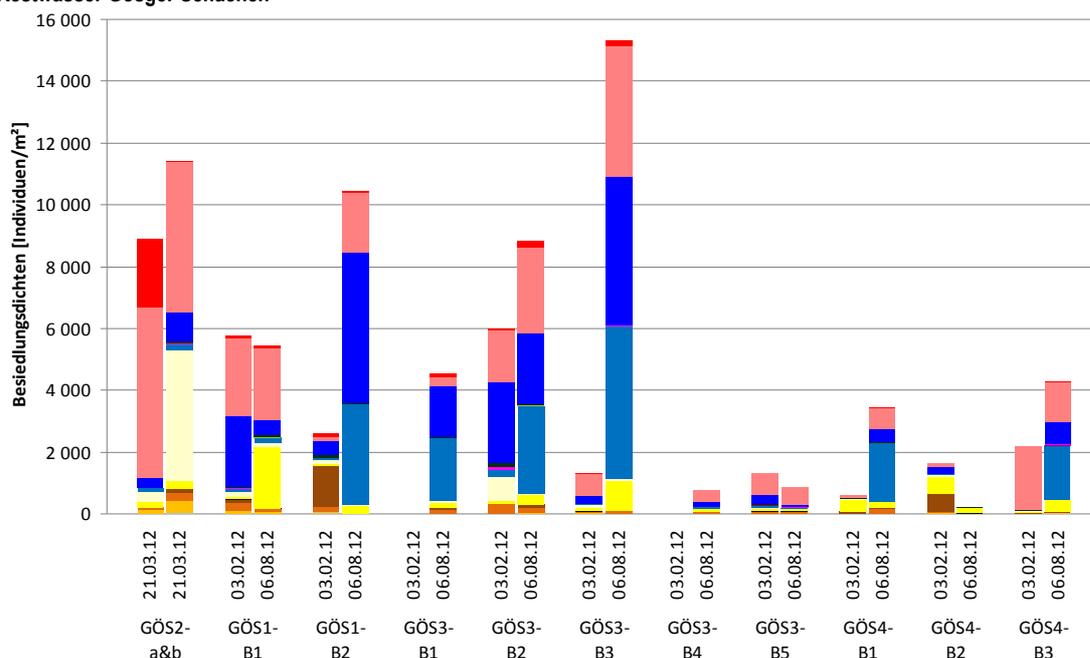
EPT-Taxa sind im Gösger Schachen im Sommer relativ (Abb. 5.28) häufiger als im Winter, im Villnacher Schachen ist dies nicht der Fall. Die höchsten EPT-Anteile findet man in den ständig benetzten und gut durchströmten Bereichen. Hier sind im Sommer kaum Unterschiede zwischen den Haupt-Strömungsrinnen von GÖS1-B2, GÖS3-B3 und GÖS4-B3 festzustellen. Auch die vergleichbar durchflossenen Stellen VIL2-B1 und VIL2-B2 zeigen ähnliche Zusammensetzungen. Die relativ hohen EPT-Anteile bestätigen die bereits 2002 gemachte Beobachtung, dass die ben-

thischen Lebensgemeinschaften Bachcharakter aufweisen. Der Anteil der Flohkrebse (Amphipoden, Gammariden) ist im Villnacher Schachen generell höher als im Gösger Schachen. Dies kann u.a zwei Gründe haben:

- Der höhere Anteil an Detritusmaterial an den Probestellen im Villnacher Schachen – Gammariden sind vor allem Detritus- und Laubfresser;
- Der Einfluss des neozoischen Höckerflohkrebses *Dikerogammarus*, von dem bekannt ist, dass er eine wichtige Ursache für den Artenrückgang im Rhein ist und der im Villnacher Schachen bereits deutlich häufiger auftritt als im Gösger Schachen.

Die an der immer spärlich besiedelten Grundwasserstelle (GÖS 4-B2) gleichmässigen Wassertemperaturen (Amplitude < 4°C) begünstigen offenbar hololimnische Arten, also solche, die ständig im Wasser leben, wie Flohkrebse und Würmer.

Restwasser Gösger Schachen



Restwasser Villnacher Schachen

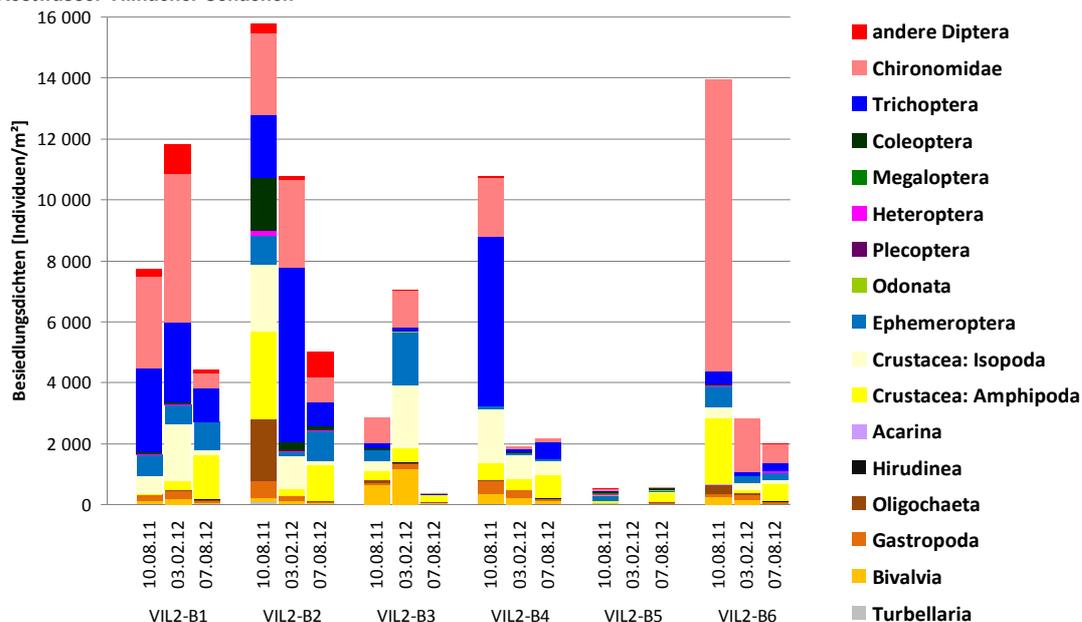
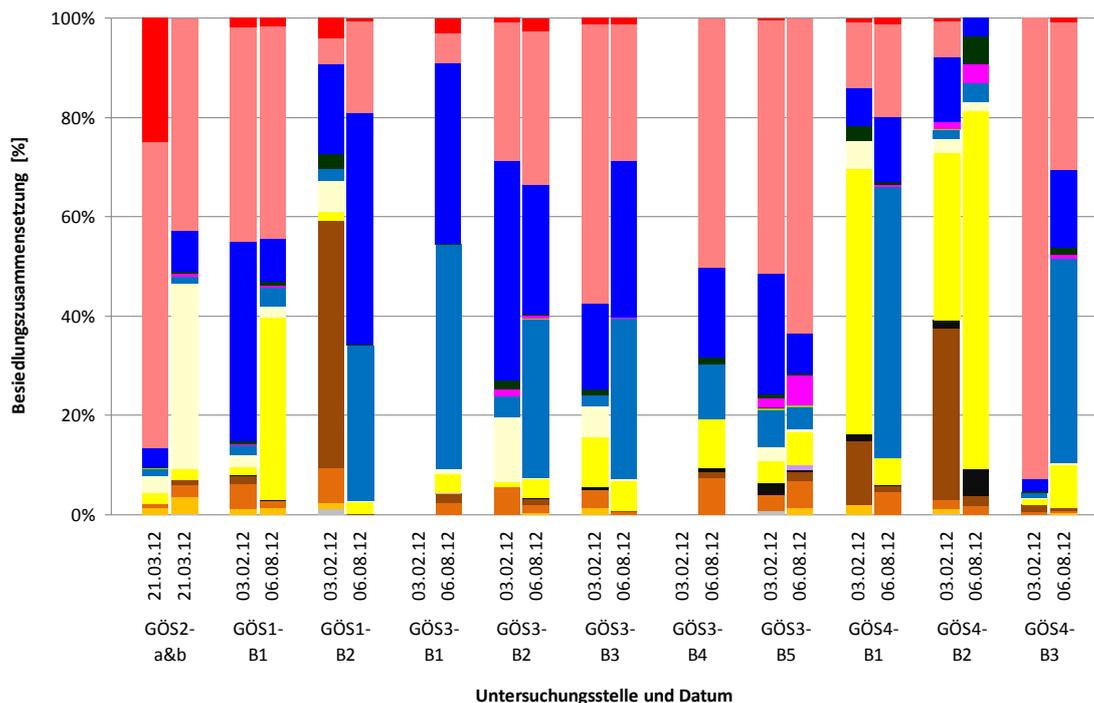


Abb. 5.27: Besiedlungsdichten taxonomischer Grossgruppen der Makroinvertebraten im Restwasser.

Vergleich der Ergebnisse aller Restwasserproben: Besiedlungsdichten. oben: im Gösger Schachen; unten: im Villnacher Schachen.

Restwasser Gösger Schachen



Restwasser Villnacher Schachen

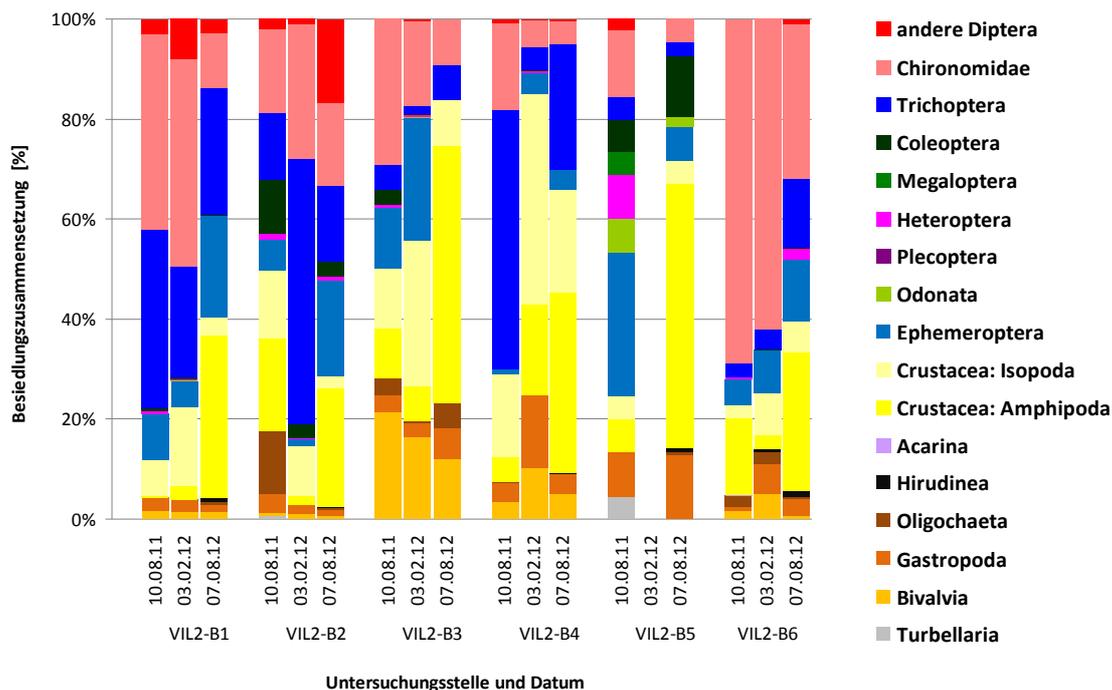


Abb. 5.28: Relative Häufigkeiten taxonomischer Grossgruppen der Makroinvertebraten im Restwasser.

Vergleich der Ergebnisse aller Restwasserproben: Anteile taxonomischer Grossgruppen an der Gesamtbesiedlungsdichte. oben: im Gösger Schachen; unten: im Villnacher Schachen.

5.5.3 Besiedlungsmuster ausgewählter Taxa

Bei der Betrachtung auf Arten- bzw. Taxa-Ebene (Abb. 5.29 a-c) werden vor allem Unterschiede zwischen den beiden Restwasserstrecken und der Restwasserstrecke Gösger und seinem Kraftwerkkanal (GÖS2) deutlich.

Mollusken (Abb. 5.29a)

Der Neankömmling Körbchenmuschel (*Corbicula fluminea*) ist im Gösger Schachen noch selten und siedelt hauptsächlich im Oberwasserkanal. Im Villnacher Schachen ist die Art bereits abundant, die Besiedlungszahlen nähern sich denjenigen der Voll-Aare an. Die Zebramuschel *Dreissena* zeigt ein ähnliches Siedlungsbild, obwohl sie schon seit Jahrzehnten in der Aare heimisch ist. Im Gösger Schachen scheint sie sich kaum behaupten zu können, im Villnacher kommt sie zumindest regelmässig in geringen Dichten vor. Die Flussmützenschnecke (*Ancylus fluviatilis*) ist im Restwasser ebenso häufig wie in der Voll-Aare. Sie siedelt in beiden Restwasserstrecken in mittlerer Dichte, ihr Schwerpunkt liegt im Villnacher Schachen. Zerstreute Siedlungsmuster über beide Bereiche, aber mit lokal sehr unterschiedlichen Dichten zeigt die neozoische Zwergdeckelschnecke *Potamopyrgus*.

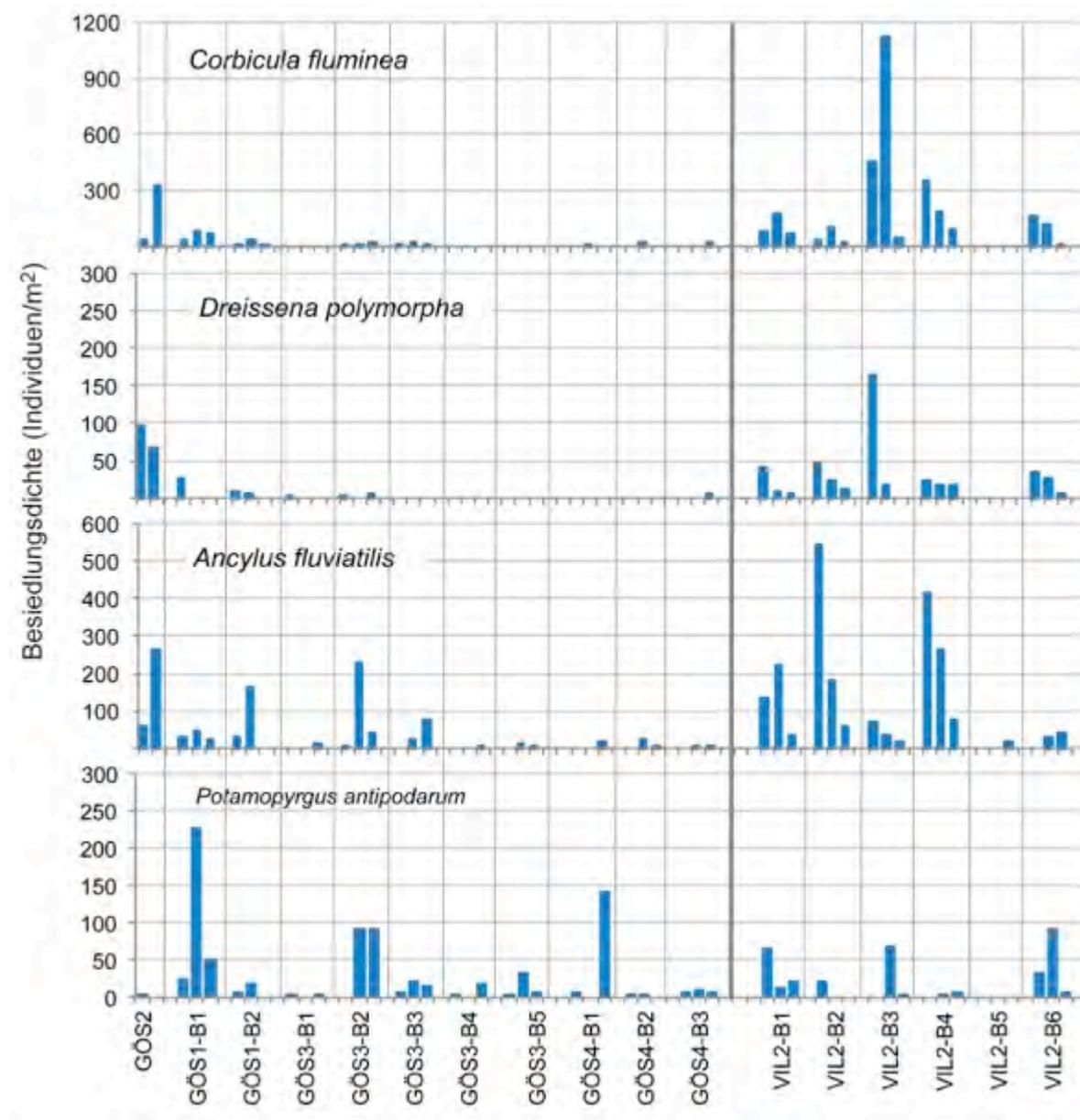


Abb. 5.29a: Besiedlungsdichten ausgewählter Makroinvertebraten-Taxa an den Restwasser-Probestellen. Mollusken

Dargestellt ist die Abundanz (Individuen/m²) aller Proben.

Krebstiere - Flohkrebse und Asseln (Abb. 5.29b)

Die 4 Flohkrebsearten verteilen sich sehr unterschiedlich auf die Strecken und Probestellen (Abb. 5.30). Die Besiedlung unterscheidet sich auch zwischen den Restwasserstrecken und der Voll-Aare auf gleicher Höhe. Der neozoische Höckerflohkrebs *Dikerogammarus* ist im Villnacher Schachen

deutlich häufiger als im Gösger Schachen, aber auch am unterhalb liegenden Flussquerschnitt Brugg. Möglicherweise hat sich seine Anwesenheit bereits negativ auf die anderen Flohkrebsarten ausgewirkt: im Villnacher Schachen sind diese mit wenigen Ausnahmen seltener als im Gösger Schachen. Die angestammten (*G. pulex*, *G. fossarum*) und die schon lange etablierten (*G. roeseli*) Flohkrebse haben ihren Verbreitungsschwerpunkt im Bereich der Ballyschwelle im Gösger Schachen. Die Donauassel, die erst wenige Jahre in der Aare siedelt, ist in der Voll-Aare und im Oberwasserkanal GÖS2 bereits sehr häufig und hat ihren Verbreitungsschwerpunkt im Restwasser im Villnacher Schachen.

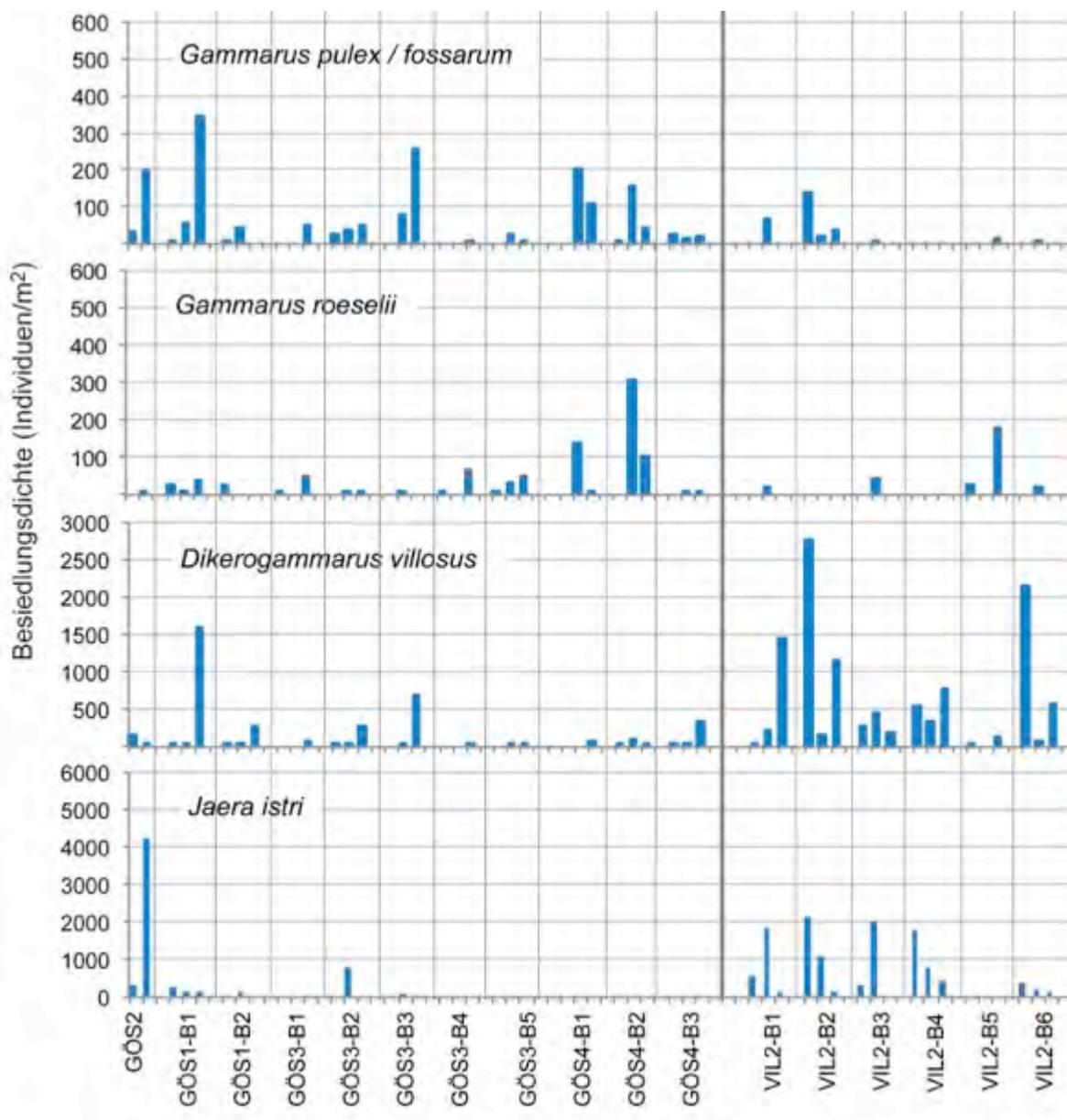


Abb. 5.29b: Besiedlungsdichten ausgewählter Makroinvertebraten-Taxa an den Restwasser-Probestellen. Krebstiere

Dargestellt ist die Abundanz (Individuen/m²) aller Proben.

Eintagsfliegen (Abb. 5.29c)

Die zwei betrachteten Eintagsfliegenarten sind als Wasserinsekten hemilimnisch, d.h. sie verlassen als erwachsene Tiere (Imagines) das Wasser. Deshalb sind sie auch nicht das ganze Jahr in den Proben nachweisbar. Die kleine *Caenis macrura*, die eher in einem grossen Seeabfluss erwartet wird und z.B. auch am Flussquerschnitt Arch häufig ist, siedelt in nennenswerter Dichte nur im Villnacher Schachen. Dagegen sind die Vertreter der *Baetiden* eher den Bacharten zuzuordnen. Sie zeigen eindeutig höhere Dichten im Gösger Schachen.

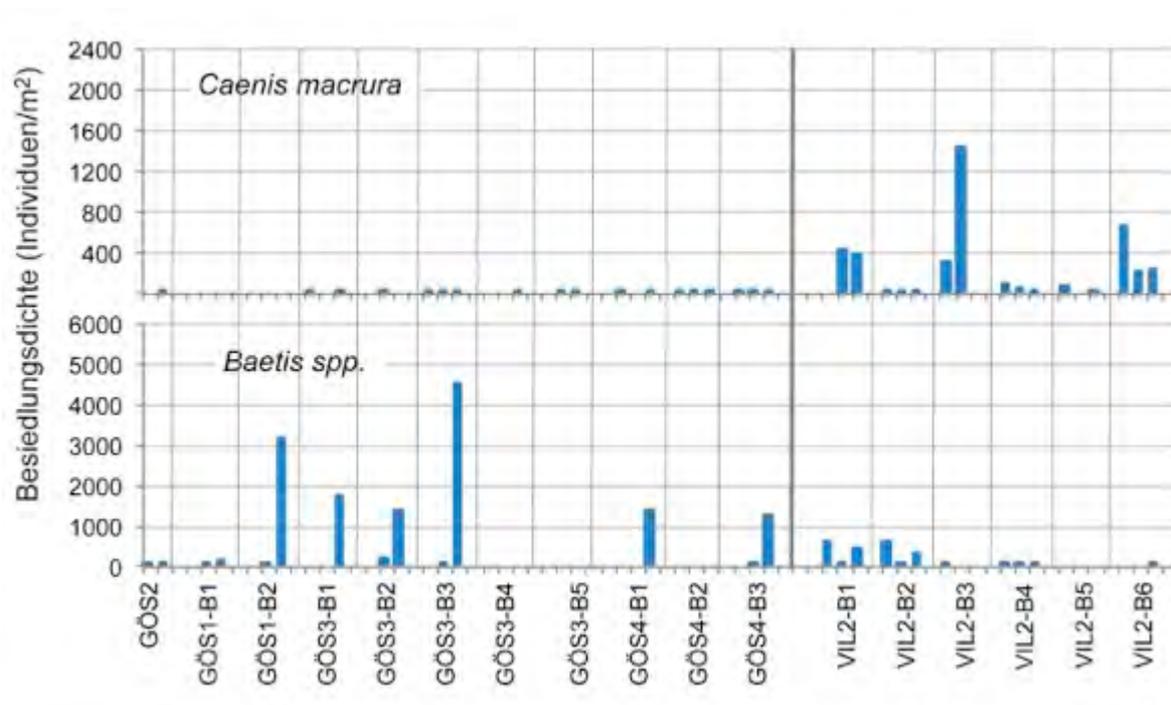


Abb. 5.29C: Besiedlungsdichten ausgewählter Makroinvertebraten-Taxa an den Restwasser-Probestellen. Eintagsfliegen
Dargestellt ist die Abundanz (Individuen/m²) aller Proben.

5.5.4 Vergleich zwischen Probestellen im Restwasser und in der Voll-Aare

Die im Restwasser an einzelnen Stellen und zu bestimmten Terminen nachgewiesenen Taxazahlen unterscheiden sich nicht signifikant von denen gut besiedelter Flussquerschnitte der Voll-Aare, z.B. bei Arch, Wangen, Brugg und Felsenau. Vergleicht man jedoch grössere, durch die Probestellen repräsentierte Abschnitte, so liegen die Taxazahlen der Restwasserabschnitte über denen in der Voll-Aare auf gleicher Höhe. Das vielfältigere Arteninventar der Restwasserstrecken erklärt sich vor allem durch das Vorhandensein von Stillwasser-Lebensräumen und schnell und flach überströmten Bereichen (Riffles und Gleiten), die den meisten Abschnitten der Voll-Aare heute fehlen oder nicht gemeinsam in ein und demselben Bereich vorkommen.

Chironomiden (Zuckmücken) sind in den Restwasserproben in über 90 % der Proben aspektbildend vertreten, ihre relative Häufigkeit ist deutlich geringer als in den Proben der Voll-Aare auf gleicher Höhe (bzw. sogar zwischen Wynau und Felsenau). Eine Ausnahme bildet die Probe VIL der Hauptuntersuchung. Der Anteil der EPT-Taxa, vor allem der Trichopteren (Köcherfliegen) liegt im Restwasser deutlich über dem in den Proben der Voll-Aare. Viele Wasserkäfer und Libellen kommen in nennenswerten Anteilen sogar nur innerhalb der Restwasserstrecken vor.

5.5.5 Schlussfolgerungen

Arteninventar und Besiedlungsdichten unterscheiden sich sowohl zwischen der Voll-Aare und den Restwasserstrecken als auch zwischen Gösger und Villnacher Schachen. Tendenziell leben im Villnacher Schachen eher Arten, die auch in der Voll-Aare vorkommen. Der Gösger Schachen scheint dagegen auf solche Taxa selektiver zu wirken. Die meisten neu eingeschleppten Neozoen sind im Villnacher Schachen bereits in höheren Dichten vertreten als im Gösger Schachen. Die grössere Dichte des Höckerflohkrebses im Villnacher Schachen hat sich dort möglicherweise schon auf Arten ausgewirkt, die zu seiner bevorzugten Beute zählen.

Die Hypothese, dass die Biozönosen der Restwasserstrecken das Spektrum der Voll-Aare im Sinne eines weiteren Flusskompartiments (bachtypisch, auentypisch) ergänzen, konnte zumindest für die Makroinvertebraten nachgewiesen werden.

5.6 Jung- und Kleinfisch-Besiedlung in den Restwasserstrecken

5.6.1 Artenzahlen und Besiedlungsdichten

Im Villnacher Schachen konnten von uns insgesamt 18 Fischarten nachgewiesen werden, im Gösger Schachen in drei Untersuchungsbereichen insgesamt 23 Arten. Im letzteren konnten an Stelle GÖS 1 16 Arten, bei GÖS 3 20 Arten und bei GÖS 4 16 Arten belegt werden.

Der Einheitsfang schwankte im Villnacher Schachen wenig (Abb. 5.30); minimal waren im März 2012 knapp 870 Fische pro 100 m Strecke nachweisbar. Die Fangzahlen im August beider Untersuchungsjahre lagen nahe beieinander. Demgegenüber waren die Schwankungen der Fangzahlen im Gösger Schachen ausgeprägter. So lag der Einheitsfang an der Ballyschwelle im August 2011 mit 2.870 Ind. mehr als vierfach höher als im August 2012 (ca. 930 Ind/ 100 m Strecke). Im Bereich der Befischungstrecken bei Obergösigen waren die Häufigkeiten im Jahresvergleich genau anders herum: im August 2011 konnten nur 1.325 Ind./100 m Strecke dokumentiert werden, während es im August 2012 sehr hohe Jungfischdichten gab (Einheitsfang von ca. 7.310 Ind pro 100 m). Im Rahmen der Hauptkampagne wurden hier im März 2012 ca. 1.815 Ind. pro 100m Strecke ermittelt. Unterhalb des Wehrs Winznau wurde nur im August 2011 gefischt; der Einheitsfang lag hier im Bereich der beiden anderen Strecken im Gösger Schachen.

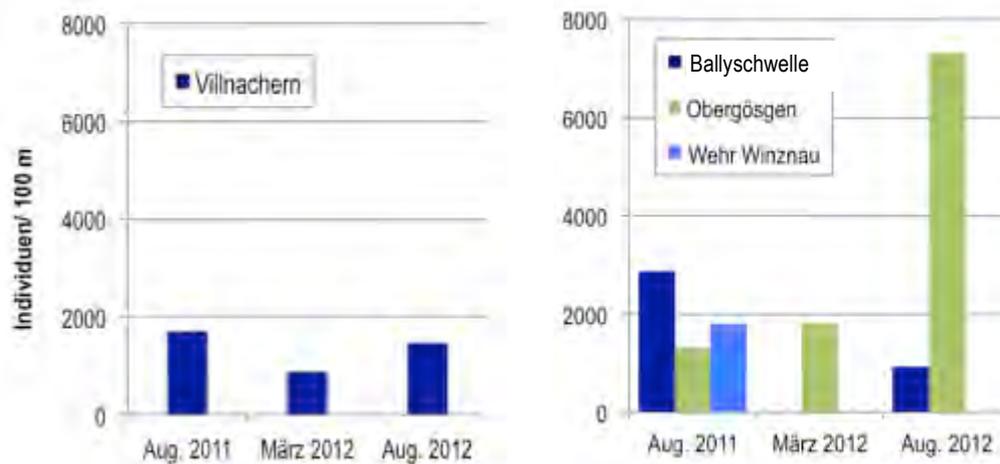


Abb. 5.30: Einheitsfang in der Restwasserstrecken Villnachern (links) und Winznau (rechts).

In der Restwasserstrecke des KW Winznau wurden drei verschiedene Bereiche befischt.

5.6.2 Ergebnisse der verschiedenen Stellen im Gösger Schachen

Bereich Wehr Winznau (GÖS 1)

Am Wehr Winznau wurden im August 2011 rund 1.800 Fische pro 100 m Strecke nachgewiesen. Zwei Drittel des Fangs bestand aus den drei dominanten Arten Elritze, Groppe und Schmerle. Die häufigsten Fischarten des verbleibenden Drittels waren Flussbarsch, Rotaugen und Alet. Die Artenzusammensetzung im August 2011 am Wehr Winznau unterscheidet sich deutlich von der in den Strecken GÖS 3 und GÖS 4 (Abb. 5.31).

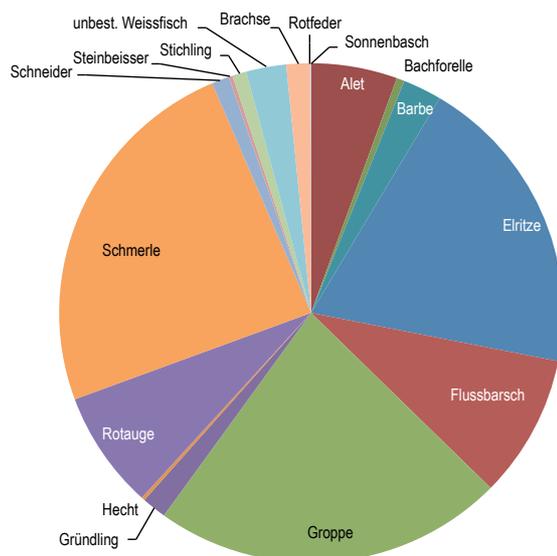


Abb. 5.31: Anteile der Fischarten im Bereich Wehr Winznau.

Anteile im Fang im August 2011

Oberwasserkanal (GÖS 2)

Der Versuch einer Befischung des Oberwasserkanals (Stelle GÖS 2) ergab keinen Fangerfolg. Es waren weder Jungfische noch Jungfischhabitats vorhanden, die in irgendeiner Form Deckung darstellten. Etwa 3 m vom Ufer entfernt konnte im August 2011 ein Schwarm grösserer, schwimmstarker Cypriniden (wahrscheinlich Alet) beobachtet werden.

Bereich Schachenweg (GÖS 3)

Das Untersuchungsgebiet bei Obergösgen bestand aus verschiedenen Teilstrecken, aus denen der gewichtete Einheitsfang von GÖS 3 berechnet wurde (Abb. 5.32). Dabei zeigten sich erhebliche saisonale Änderungen. Im August 2011 wurde das Fischartenspektrum zu jeweils etwa einem Drittel von Elritzen und Schmerlen dominiert. Neben den noch nicht weiter bestimmbar, frisch geschlüpften Weissfischen (10%) folgten Barben, die mit 7% und Alet, die mit 5% am häufigsten waren. Bis zum März 2012 machte die Elritze nur noch 5% des Fangs aus, 84% aller Fische waren Schmerlen; Gropfen bildeten mit 9% die zweithäufigste Fischart. Beide Arten kamen im März 2012 in ca. 3 Mal höheren Dichten vor als im August 2011.

Bis in den August 2012 erhöhten sich die Jungfischbestände der Weissfische wieder stark, so wurden allein 6.780 unbestimmte, sehr kleine Weissfische auf 100 m Strecke festgestellt. Wenn man die Fischartenzusammensetzung ohne diese Masse an noch unbestimmbar Jungfischen betrachtet (Abb. 5.34, rechts unten), ergibt sich erneut ein vollständig verändertes Spektrum. Nun sind fünf Fischarten etwa gleichhäufig: Stichling (23%), Alet (20%), Steinbeisser (18%), Elritze (14%) und Schmerle (12%).

Insgesamt ist die Fischbesiedlung des untersuchten Abschnitts äusserst dynamisch – sowohl hinsichtlich der Dichten als auch hinsichtlich ihrer Zusammensetzung. Abgesehen von der Dynamik unterscheiden sich die Besiedlung und Artenzusammensetzung auch stark innerhalb der untersuchten Habitats einer Stelle. Die Unterschiede sollen beispielhaft anhand der Untersuchungen vom August 2011 bei GÖS 3 dargestellt werden (Abb. 5.33). Zu diesem Zeitpunkt war die dominante Fischart entweder die Elritze oder die Schmerle. Bei den weniger häufigen Barben, Gründlingen, Stichlingen und Gropfen sind die Unterschiede in der Besiedlung noch ausgeprägter.

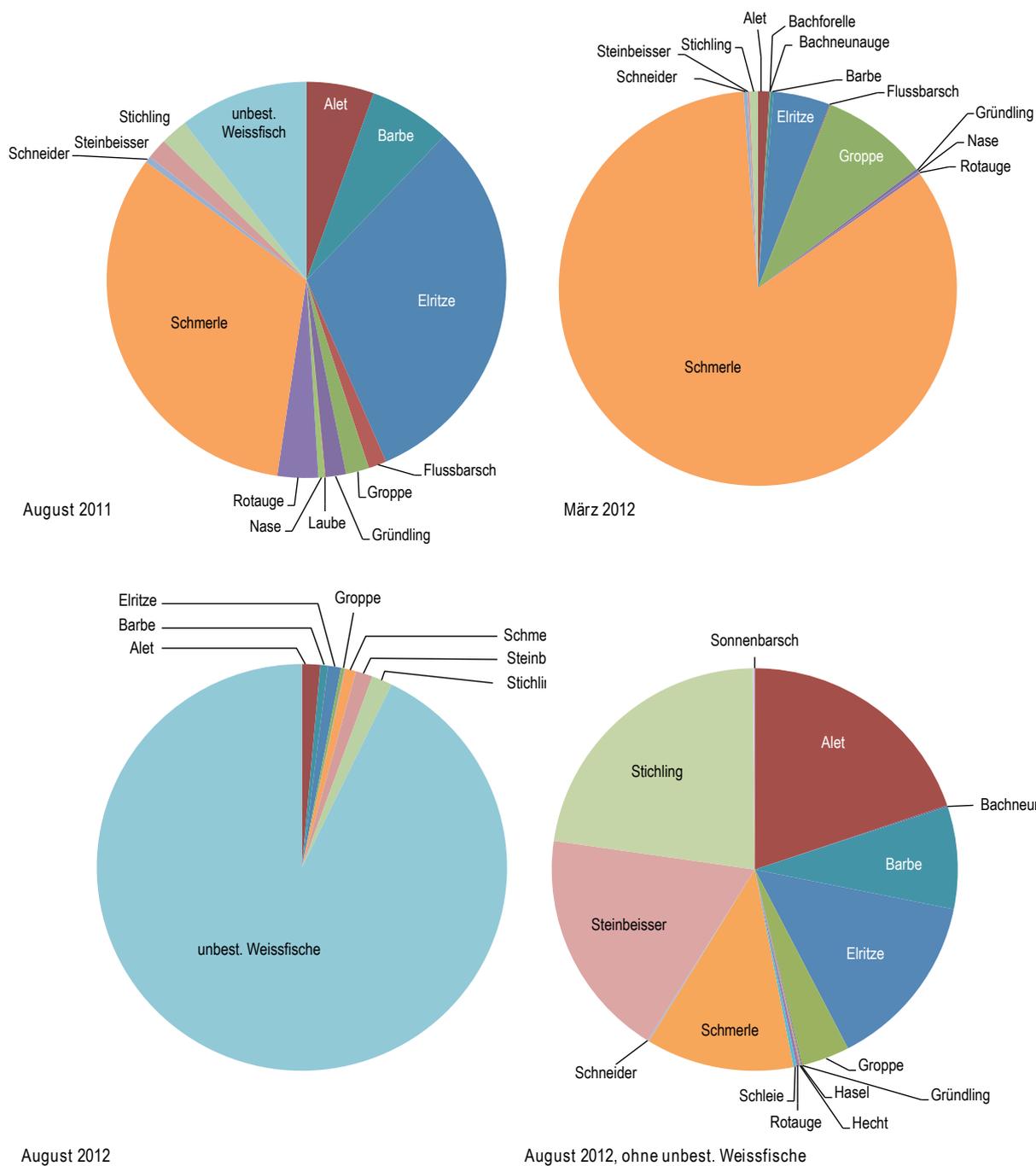


Abb. 5.32: Anteile der Fischarten im Fang bei GÖS 3 (Schachenweg).

Anteile im Fang zu verschiedenen Jahreszeiten. Gewichtete Einheitsfänge aus 5 Teilabschnitten.

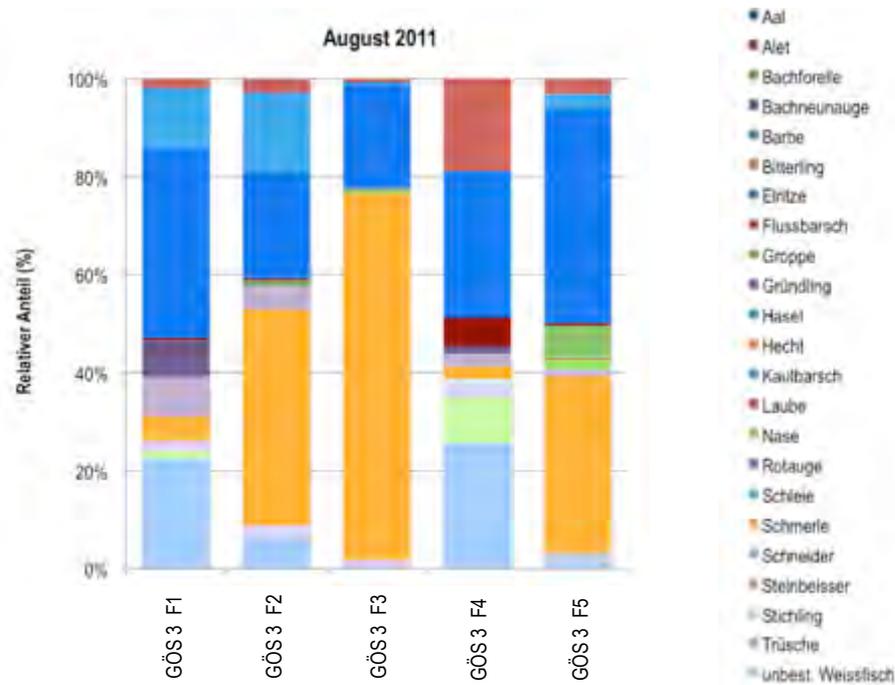


Abb. 5.33: Verteilung der Fischarten in verschiedenen Teilstrecken der Restwasserstrecke Gösgen im Bereich Schachenweg (GÖS 3).

Relative Anteile im Fang, August 2011.

Ballyschwelle (GÖS 4)

Die Artenzusammensetzung an der Ballyschwelle war sehr viel weniger dynamisch (Abb. 5.34). Im August 2011 und 2012 dominierten jeweils Schmerlen die Artenzusammensetzung. Weiterhin häufige Arten waren Elritze, Alet und Stichling. Obwohl dies eine weniger stark schwankende Zusammensetzung suggeriert, war die Besiedlung der einzelnen Habitate sehr verschieden.

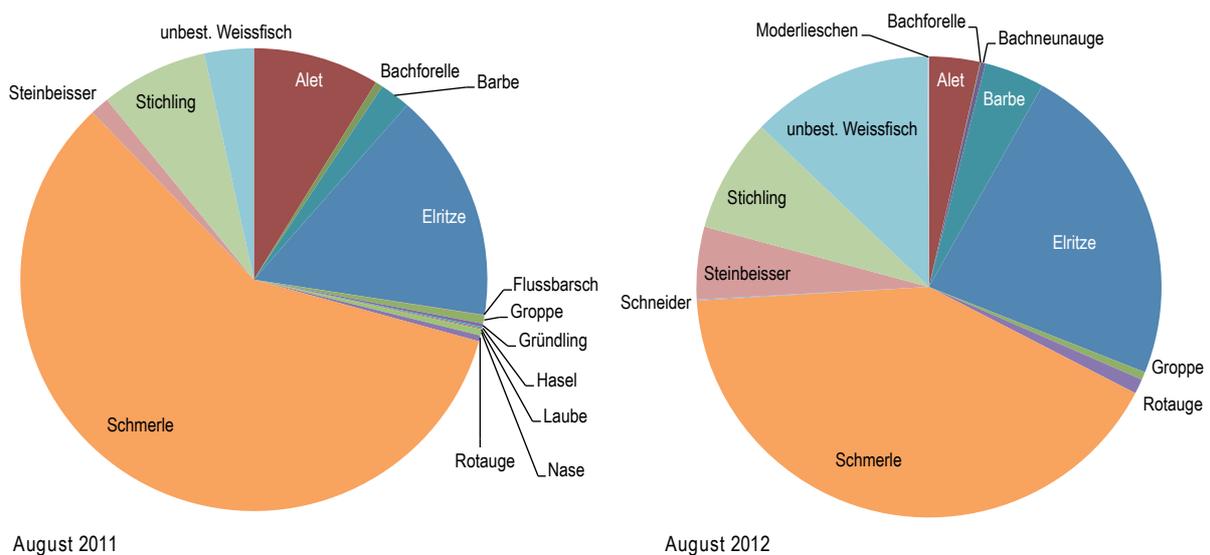


Abb. 5.34: Anteile der Fischarten im Fang bei GÖS 4 (Ballyschwelle).

Anteile im Fang aus 7 Teilabschnitten.

Im Bereich der Ballyschwelle wurden sieben Teilstrecken mit unterschiedlichen Habitaten befishet. In drei der sieben Abschnitten waren Schmerlen die häufigste Fischart. Elritze und Alet waren an zwei Stellen am häufigsten. An fünf Stellen bildeten diese drei Arten auch die zweithäufigste Art, an der Stelle „Ballyschwelle-2“ war jedoch der Stichling die zweithäufigste Art und an der Stelle „Ballyschwelle-3“ der Steinbeisser, der an drei Teilstellen jedoch komplett fehlte (Abb. 5.35).

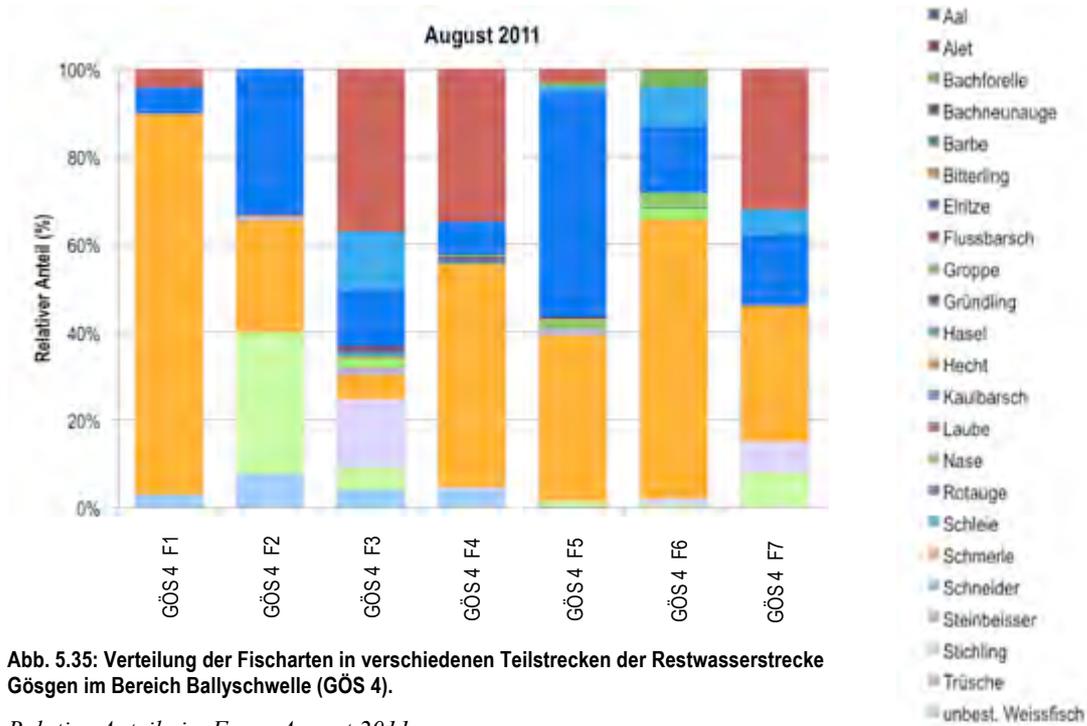


Abb. 5.35: Verteilung der Fischarten in verschiedenen Teilstrecken der Restwasserstrecke Gösigen im Bereich Ballyschwelle (GÖS 4).

Relative Anteile im Fang, August 2011.

5.6.3 Restwasserstrecke Villnachern

Arten und Fischdichten

In der Restwasserstrecke Villnachern war sowohl die Besiedlungsdichte als auch die Artenzusammensetzung recht stabil (Abb. 5.36). Dies deckt sich auch mit den Untersuchungsergebnissen bei den Makroinvertebraten und den abiotischen Umgebungsfaktoren.

Schmerle und Elritze waren bei allen Befischungen und auch auf den meisten Teilabschnitten die häufigsten Fischarten. Obwohl während der Hauptkampagne im März 2012 einige Teilstrecken des Sonderprogramms nicht befishet wurden, unterscheidet sich die Artenzusammensetzung nur wenig. Alet und Stichling gehörten im August zu den häufigeren Arten. Im März 2012 während der Hauptkampagne wurden einige Schneider im Blockwurf nachgewiesen.

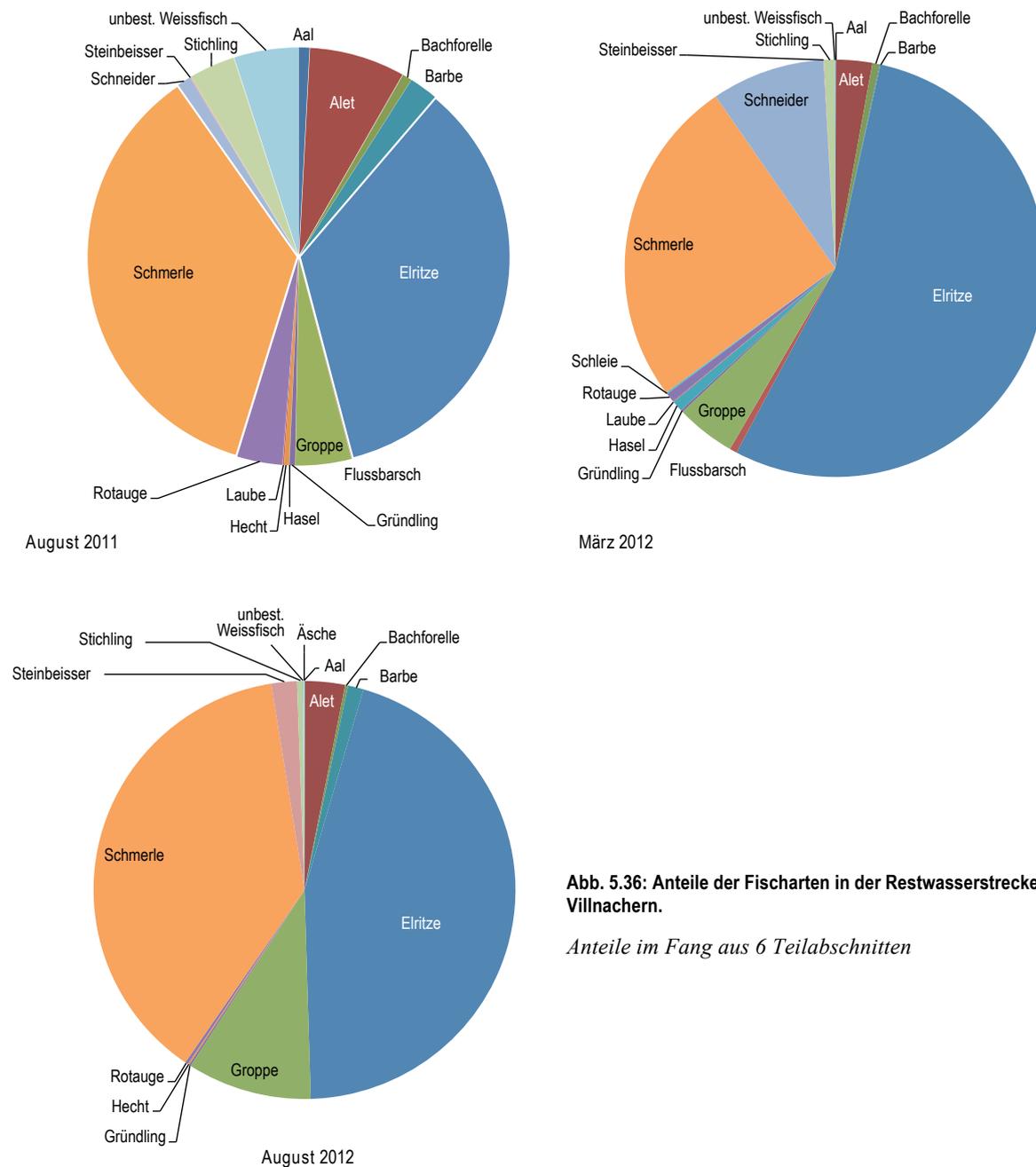


Abb. 5.36: Anteile der Fischarten in der Restwasserstrecke Villnachern.

Anteile im Fang aus 6 Teilabschnitten

In der Restwasserstrecke Villnachern fällt wiederum eine zwischen den unterschiedenen Habitaten verschiedene Artenzusammensetzung auf. Im August 2011 beispielsweise dominierten in drei Teilstrecken Schmerlen, in zwei weiteren Teilstrecken waren Elritzen die häufigste Fischart; in Teilstrecke „Villnachern-4“ waren Schneider die häufigste Art (Abb. 5.37).

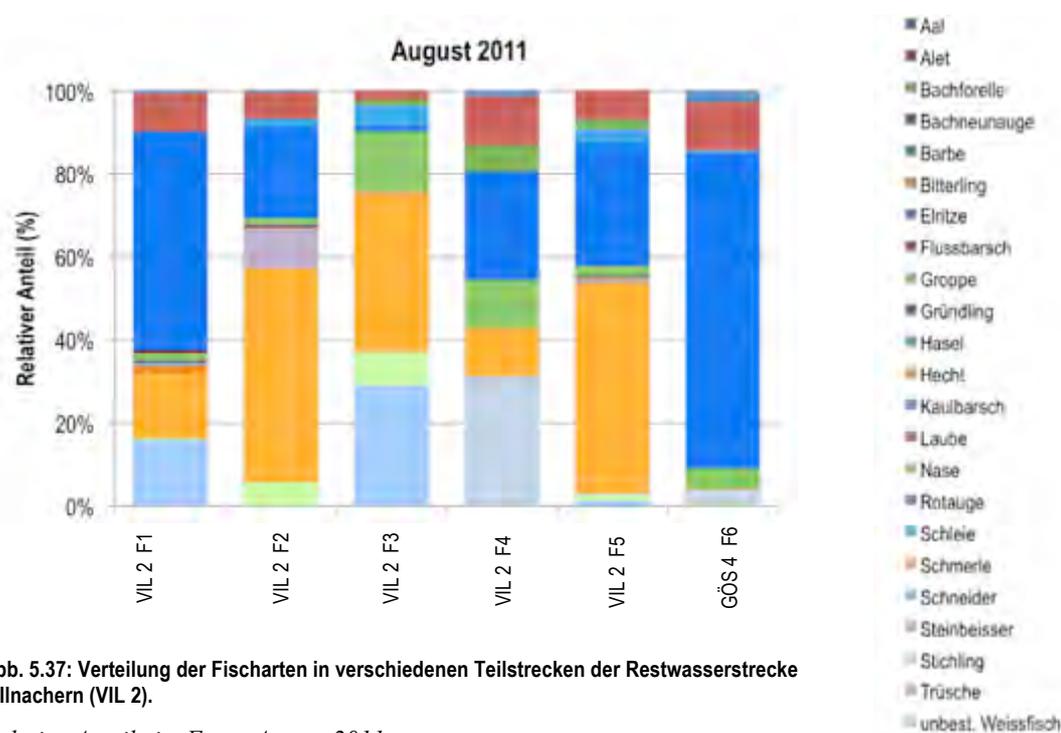


Abb. 5.37: Verteilung der Fischarten in verschiedenen Teilstrecken der Restwasserstrecke Villnachern (VIL 2).

Relative Anteile im Fang, August 2011.

5.7 Weitere Faunen- und Florenelemente

5.7.1 Wasserpflanzen

In den bisherigen Erhebungen der letzten 15 Jahre wurden in den untersuchten Restwasserstrecken Gösigen, Aarau und Villnachern nur wenige Arten von Wasserpflanzen aufgeführt. Neben den allgegenwärtigen fädigen Grünalgen sind Wassermoose (Gattung *Fontinalis*) das häufigste Taxon. An höheren Wasserpflanzen, d.h. Blütenpflanzen, werden genannt: das Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*), der Wasserstern (*Callitriche* sp.), das kammförmige Laichkraut (*Potamogeton pectinatus*) und die Wasserpest (*Elodea nuttallii* und *E. canadensis*).

Im Rahmen des Sonderprogramms wurden Wasserpflanzen nicht speziell erhoben, ihr Vorkommen wurde aber im Zusammenhang mit der Lebensraumbetrachtung dokumentiert. Neben den in Abb. 5.38 aufgeführten Arten wurden keine weiteren Taxa dokumentiert. Eine genauere Untersuchung zu diesem Thema wäre jedoch für die gesamtökologische Beurteilung interessant.

5.7.2 Wasserwechselzonen und terrestrisches Umfeld

Die Wasserwechselzonen bzw. die amphibischen Lebensräume sind aufgrund der Wasserstandsregulierung in den Restwasserstrecken gering ausgeprägt. Überwasserereignisse und Hochwasser wirken eher als eine Störungen, an die sich Lebewesen kaum anpassen können. Sehr starke Hochwasserabflüsse strukturieren Inseln und Kiesbänke, die danach eher den Charakter einer Ruderalfläche besitzen, die allmählich der Sukzession unterliegt. In diesen Bereich finden sich teilweise xerotherme Heuschreckenarten, die jedoch nicht auf diese Lebensräume angewiesen sind. Im Rahmen der Untersuchungen fielen keine speziellen Auenarten auf, allerdings wurden diese auch nicht gezielt gesucht.

Ornithologisch sind die Inseln und Ufer zur Brutzeit interessant für Eisvogel und Gänsesäger, bei Wynau in der Vollaare gelang der Nachweis balzender Flussregenpfeifer; ob es zu einer Brut kam, ist uns nicht bekannt. Die flussbegleitenden Hartholzauen im Villnacher Schachen sind von Klein- und Mittelspecht besiedelt. Zuggäste wie verschiedene Reiherenten oder Watvögel (Flussuferläufer, Flussregenpfeifer) nutzen die Kiesufer regelmäßig.

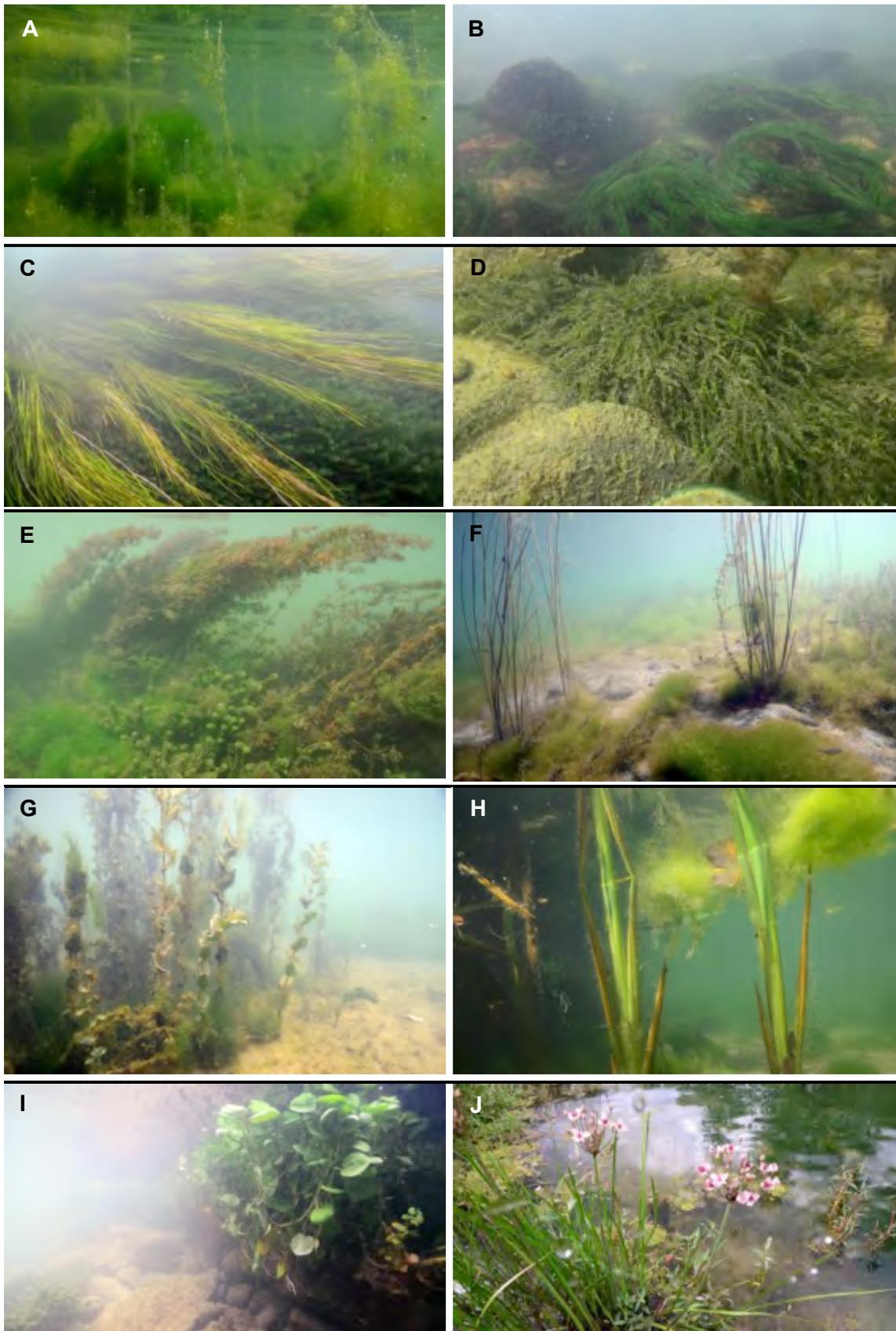


Abb. 5.38: Wasserpflanzen an den Untersuchungsstellen im Sonderprogramm Restwasser.

A) Fädige Grünalgen im Stillwasser GÖS 3 – B5; B) Fädige Grünalgen und anderer Algenaufwuchs bei GÖS3-B4; C) Flutender Hahnenfuss (*Ranunculus fluitans*) und Wasserpest (*Elodea sp.*) im Oberwasser des Wehrs Winznau; D) Quellmoos (*Fontinalis sp.*) an VIL2-F2; E) Tausendblatt (*Myriophyllum sp.*) zusammen mit Wasserpest und Grünalgen, VIL2-F5; F) Schmalblättriges Laichkraut (*Potamogeton sp.*); G) Durchwachsenes Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*); H) Grosser Rohrkolben (*Typha sp.*); I) Bachbunze (*Veronica bacca-bunga*) an GÖS3-F1; J) Schwänenblume (*Butomus umbellatus*) und Stillwasser GÖS 3 – F5.

5.7.3 Restwasserstrecken und ihre Landlebensräume

Potenziale für auenartige Restwasserstrecken an der Aare

In einem natürlichen Flussraum spielen Kiesbänke, Wasserwechselzonen und Ufer-Auen eine entscheidende Rolle bei der Betrachtung der ökologischen Funktionsfähigkeit des Systems. Wir haben auch gesehen, dass die untersuchten Restwasserstrecken in dem noch naturnahen Bett der Alten Aare verlaufen und damit das Potenzial zur Reaktivierung solcher wichtigen amphibischen und terrestrischen Gewässerlebensräume – kurz: Auenlebensräume - bewahrt haben. Im Zusammenhang mit der Frage einer geeigneten Dotierung dieser Strecken wurden bisher nur aquatische Belange berücksichtigt.

Geht man von unserer anfänglichen Hypothese aus, dass bei geeigneter Dotierung und Vernetzung die Ausleitungsstrecken der Aare Funktionen der ehemaligen Auen übernehmen könnten, dann müssen die terrestrischen und semiterrestrischen Kompartimente als ehemalige Primärbiotope genauso berücksichtigt werden wie die aquatischen. In der gesamtökologischen Betrachtung sind sie mindestens ebenso wichtig und können fachlich eigentlich nicht von der biologischen Untersuchung und Beurteilung des Flusses abgetrennt werden.

Damit Flussauen ökologisch zumindest annähernd funktionsfähig bleiben, müssen ausreichend grosse Ruderalflächen (Wasserwechselzonen, Kiesinseln) vorhanden sein oder entstehen können, auf denen sich eine flusstypische Pioniergesellschaft entwickelt. Hierfür muss eine ausgewogene Restwassermenge fließen, nicht zu wenig, weil ansonsten zu viele Trockenstandorte entstehen, aber auch nicht zuviel, weil sich sonst die Landlebensräume auf die Ufer zurückziehen (Abb. 5.39).

Eine geeignete Restwasserdynamisierung durch wechselnde Dotierwassermengen auch innerhalb derselben Dotier-Periode unterstützt eine solche Entwicklung und bereitet die Biozönosen darauf vor, kleinere Hochwasserereignisse schadlos überstehen zu können. Bereits besprochen wurde der Sachverhalt, dass Hochwasser in einem an Restwasser armen Gerinne immer grössere Schäden anrichtet als in einem Gerinne mit ausreichendem Basisabfluss – einerseits, weil bei Unterdotierung (Abb. 5.39 A) die Energie direkter an der Sohle angreift, andererseits, weil sich in langen Phasen ohne Hochwasser untypisch viel Vegetation entwickeln kann, die danach wieder weggerissen wird.

Empfehlung für künftige Fluss-Monitoringprogramme

Wir empfehlen, diese Betrachtung bei der Beurteilung von Restwasserlebensräumen stets zu berücksichtigen und sie weiter zu entwickeln. Für künftige Monitoringprogramme würde dies bedeuten, dass alle wasserbeeinflussten Landlebensräume in die Untersuchung des Flussraums mit einbezogen werden. Die Erhebungen müssten zumindest unter Berücksichtigung elementarer Tier- und Pflanzengruppen sowie deren geeigneter Indikatororganismen erfolgen. Bei den Monitoringprogrammen am Alpenrhein wurde dieser Ansatz bereits umgesetzt. Hier enthält das Basismonitoring Ökologie neben den Fischen und Benthosorganismen auch die Kiesbankbiozönosen (Laufkäfer-, Spinnen- und Heuschreckenbiozönosen, Pionierpflanzengesellschaft, Kiesbankbrüter u.a.) (REY et al. 2011).

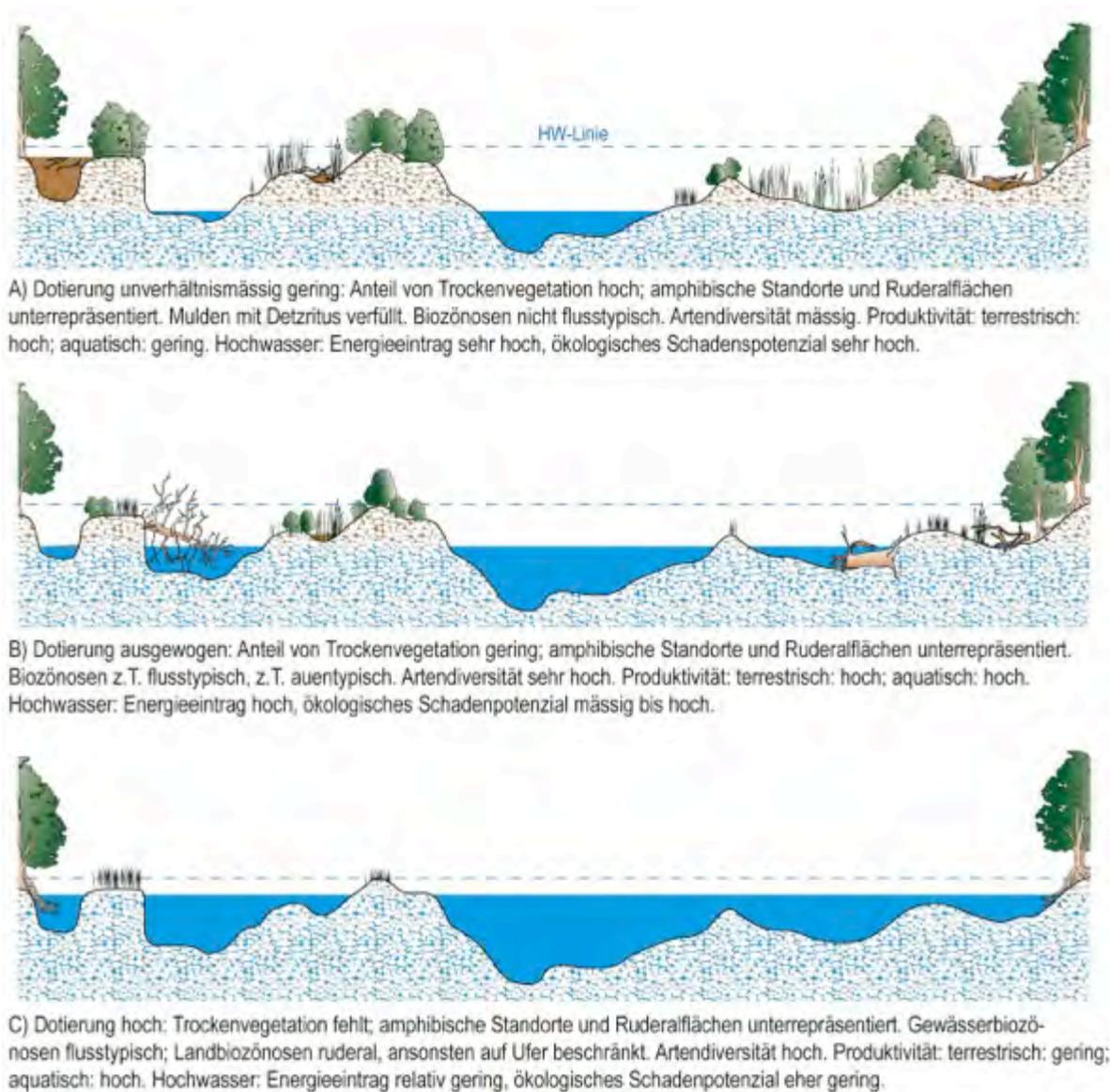


Abb. 5.39: Entwicklung von Wasser- und Landlebensräumen in naturnahen Restwassergerinnen.

Beschreibung der Lebensraumentwicklung und Entwicklung der Vegetation bei stark unterschiedlichen Dotierwassermengen. Zeichnung A) und B) repräsentieren in etwa den Wechsel in der Dotierwassermenge von 5 auf $>15 \text{ m}^2/\text{s}$ bei einem Gerinne vom Typus Gösger Schachen. Abb. C) entspräche im selben Bereich einer Dotierung von $> 50 \text{ m}^2/\text{s}$.

6 Schlussfolgerungen und Ausblick

6.1 Beurteilung der aktuellen Ergebnisse und Langzeitvergleiche

6.1.1 Makroinvertebraten

Repräsentativität der Untersuchung

Die Ergebnisse einer einmaligen Probenahme bilden die aktuellen Besiedlungsverhältnisse immer nur unzureichend ab. Sie sind von unbeeinflussbaren äusseren Faktoren wie z.B. Abflussgeschehen und Wassertemperaturen im Untersuchungszeitraum abhängig. Aus diesem Grund wurde das Aaremonitoring durch zwei Sonderprogramme (Sonderprogramm „Saisonalität“ und Sonderprogramm „Restwasser“) ergänzt, mit deren Hilfe man saisonale und räumlichen Schwankungen in der Besiedlung erfassen bzw. besser erklären konnte.

Um morphologisch vielfältige und damit habitatreiche Flussabschnitte biologisch charakterisieren zu können, müsste eigentlich ein deutlich grösserer Untersuchungsaufwand betrieben werden, als er an strukturell eintönigen Strecken nötig ist. Diesem Sachverhalt wurde durch eine angepasste Zahl an Teilproben Rechnung getragen. Auch hierbei lieferten die Sonderuntersuchungen wichtigen Input.

Charakteristische Besiedlungsmuster

Naturnahe Aare-Abschnitte und flachgründige ufernahe Flussbereiche waren eher durch typische Flussarten besiedelt als morphologisch monotone Aarestrecken. Dabei lassen sich - je nach Betrachtungstiefe - drei Aareabschnitte in ihrem Charakter voneinander unterscheiden (vgl. Abb. 1.1). Der Aareabschnitt zwischen Bielersee und der ersten Staustufe am KW Flumenthal (Abschnitt A) unterscheidet sich hinsichtlich seines Flusscharakters und Gefälles, aber auch bezüglich seiner Wirbellosen-Biozönosen von allen unterhalb liegenden Stellen. Er zeigt biologisch einen ausgeprägten Seeabflusscharakter. Die Biozönose wird hier vor allem von Muscheln und Würmern, insgesamt von hololimnischen (ständig im Wasser lebenden) Arten und von Filtrierern geprägt.

Mit Zunahme des Gefälles und einem diverser durchströmten Flussraum – etwa ab Wangen (Abschnitt B) - nehmen vor allem die Anteile der Wasserinsekten zu, wobei zum Untersuchungszeitpunkt mengenmässig bei Weitem die Zuckmückenlarven dominierten. In diesem Abschnitt findet man aber auch viele Faunenelemente, vor allem bei den EPT-Taxa, die mit denen der Zuflüsse Emme, Wigger und Murg übereinstimmen. Der unterste Aareabschnitt (Abschnitt C) vereint dann die biozönotischen Charakteristika der Aare mit denen aus Reuss und Limmat.

Saisonale Unterschiede und Besonderheiten

Bei den Untersuchungen im März 2012 lagen die Besiedlungsdichten zahlreicher Benthosorganismen generell sehr niedrig, was teilweise durch eine ausserordentliche Dichte der Zuckmückenbesiedlung kompensiert wurde. Eine deutlich höhere Besiedlungsdichte der typischen Flussarten und eine abweichende Artenzusammensetzung wurden im November 2011 und 2012, aber auch im März 2013 festgestellt. Die Abweichungen der Artenzusammensetzung und Besiedlungsdichte lassen sich zwar teilweise mit saisonalen Effekten in der Entwicklung der Larven und herbstlichen Besiedlungsmaxima einiger Arten erklären. Aber weder Winterhochwasser noch unterschiedliche Wassertemperaturen können in diesem Fall einen zusätzlichen entscheidenden Einfluss genommen haben.

Im Speziellen die Stellen Wynau und Aarburg, beide hinsichtlich ihrer Flussmorphologie und Artenzusammensetzung als naturnah einzustufen, zeigten bei der Hauptuntersuchung eine noch geringere Besiedlung und Artendiversität als die anderen Stellen. Hinzu kam, dass es im Frühjahr 2012 zu starkem Besiedlungsrückgang gegenüber dem Spätherbst 2011 kam. Sowohl Insekten als auch einige andere Arten fehlten oder zeigten zumindest erhebliche Bestandsschwankungen. Weitere Proben im Nov. 2012 und Frühjahr 2013 zeigten dann wieder eine bessere Besiedlung. Die Ursachen für diese stark unterschiedlichen Besiedlungsbilder konnten bisher nicht ergründet werden.

Langzeitvergleiche, Besiedlungsveränderungen in den letzten zehn Jahren

Die Benthosbesiedlung der Aare und - noch viel ausgeprägter – einzelner Untersuchungsstellen kann also sowohl jahreszeitlich als auch zwischen den einzelnen Jahren sehr unterschiedlich sein. Ein Besiedlungsvergleich über zehn Jahre hinweg ist deshalb nicht einfach. Durch das Sonderprogramm Saisonalität konnten einige Ergebnisse aus der Hauptuntersuchung bestätigt oder relativiert werden. Einige Ergebnisse aus dem 10-Jahres-Vergleich sind aber bereits jetzt so aussagekräftig, dass sie aktuelle Entwicklungen deutlich belegen. Zu diesen gehört zweifellos die Ausbreitung neozoischer Wirbelloser. Tabelle 6.1 gibt einen Überblick über mögliche und sichere Entwicklungstrends in der Benthosbesiedlung der unteren Aare.

Ausbreitung und Auswirkung wirbelloser Neozoen in der unteren Aare

Die Ausbreitung wirbelloser Neozoenarten ist in der Aare ebenso invasionsartig, aber noch schneller abgelaufen als beispielsweise im Hochrhein. *Corbicula fluminea*, die Körbchenmuschel und *Dikerogammarus villosus*, der Höckerflohkrebs, haben sich zwar zeitlich versetzt, aber beide innerhalb von 4 Jahren in der ganzen unteren Aare ausgebreitet. Die Besiedlungsdichten dieser beiden Arten sowie der Donauassel sind stellenweise bereits sehr hoch, nicht selten aspektbildend. Dabei scheinen die Dichten im steileren mittleren Aareabschnitt B geringer zu sein als in den Abschnitten A und C. Ein vergleichbares Muster zeigt die ebenfalls neozoische, aber schon lange etablierte Zebramuschel. Die relativen Anteile neozoischer Arten gegenüber den angestammten Arten liegen – ausser in Port und bei Felsenau, noch unter 25 %, dies aber auch nur, weil die Chironomiden (Zuckmücken) die Besiedlungsdichte der angestammten Arten hoch halten. Für eine Auswirkung der Neozoen-Invasion auf die bisherigen Lebensgemeinschaften gibt es bereits einige Indizien. Typische Flussarten oder rheophile Arten erweisen sich aber innerhalb naturnaher Abschnitte (noch) als konkurrenzstark.

Tab. 6.1: Veränderungen der Benthosbesiedlung der unteren Aare zwischen 2001/2002 und 2011/2012.

Den jeweiligen Beobachtungen sind die unterschiedlichen Aussage-Qualitäten zugeordnet.

Schlussfolgerungen aus den Kampagnenvergleichen	Nachweis	Indiz	Vermutung
Die Aare zwischen Bielersee und Rhein kann großräumig in drei Abschnitte (Bielersee bis Arch, Arch bis Brugg, Brugg bis Felsenau) eingeteilt werden.	●		
Aus den Untersuchungsergebnissen der naturnahen Flussabschnitte Wynau und Aarburg können für die aktuelle Kampagne keine eindeutigen Schlüsse gezogen werden.	●		
Der Artenbestand in der Aare bleibt wie schon 2001/02 deutlich unter demjenigen des Hochrheins.	●		
Aus den Veränderungen in der durchschnittlichen Besiedlungsdichten in der Aare können keine eindeutigen Schlüsse gezogen werden.	●		
Invasive Neozoenarten haben sich über die gesamte untere Aare in stabilen Beständen etabliert.	●		
Die Artendiversitäten an den einzelnen Untersuchungsstellen haben sich nicht verändert.		●	
Der Artenbestand der Wirbelloser in der Aare ist relativ stabil geblieben. Bei der aktuellen Kampagne sind jedoch keine Sommerarten erfasst und keine seltenen Habitate durch Zusatzproben wie 2001/02.		●	
Einige angestammte Taxa nehmen in ihrem Bestand tendenziell über die gesamte untere Aare hinweg ab (bsp. vagile Eintagsfliegen, Strudelwürmer, Hydropsychiden, Hydroptiliden. u.a.).		●	
Andere, verwandte Taxa konnten ihren Bestand halten bzw. sogar verbessern (z.B. <i>Psychomyia</i> , <i>Lepidostoma</i>).		●	
Invasive Neozoenarten wirken sich bereits negativ auf den Bestand angestammter Arten aus.		●	
Einige angestammte Taxa sind in ihrem Bestand bedroht (z.B. <i>Ceraclea</i> , <i>Stenelmis</i>).			●
Die im Spätwinter sehr hohen Dichten an Zuckmückenlarven deuten auf häufige Störungen durch abiotische Faktoren (z.B. Hochwasser) in der Aare hin.			●
Die Neozoenausbreitung erfolgt in naturnahen schnell fliessenden Abschnitten weniger ausgeprägt als in tiefgründigen und staubeeinflussten Abschnitten.			●

Fazit:

- **Die Benthosbesiedlung der Aare konnte im Rahmen der Untersuchungen repräsentativ erfasst werden. Informationslücken, die bei einer einmaligen Untersuchungskampagne auftraten, konnten durch Sonderprogramme weitgehend geschlossen werden.**
- **Die Aare lässt sich in drei grössere Abschnitte gleichen biozönotischen Charakters gliedern. Die Beurteilung allfälliger Besiedlungsveränderungen muss vor diesem Hintergrund erfolgen.**
- **Je nach Jahreszeit und Jahr finden sich in der Aare erhebliche Unterschiede in der Besiedlung und Artenzusammensetzung. Diese Unterschiede sind in naturnahen Abschnitten besonders gross.**
- **Die bisher durchgeführten zwei Untersuchungskampagnen in der Aare reichen noch nicht aus, um alle Unterschiede in der Besiedlung auch als Veränderungen erklären zu können. Einige wichtige Entwicklungstrends konnten jedoch erkannt werden.**
- **Die Ausbreitung neozoischer Wirbelloser in der unteren Aare läuft sehr schnell ab. Einzelne Arten haben zwar noch nicht alle Abschnitte erreicht, zeigen aber bereits Massenvermehrungen. Man muss davon ausgehen, dass – ähnlich wie im Hochrhein – auch in der Aare wirbellose Neozoen angestammte Benthosarten in unterschiedlichem Masse verdrängt werden.**

6.1.2 Jungfische, Kleinfische und Rundmäuler

Repräsentativität der Jungfischerfassung

Die Jungfischerhebungen mussten aus arbeitstechnischen Gründen im zeitlichen und räumlichen Rahmen der Benthoserhebungen erfolgen. Um die Besiedlung der Jungfische an den Untersuchungsstellen zu erfassen, wären aber mehrere Befischungskampagnen zu verschiedenen Jahreszeiten nötig gewesen, wie sie im Rahmen der „Sonderuntersuchung Restwasser“ erfolgt sind. Dennoch wurden erste wichtige Hinweise auf das Reproduktionspotenzial gewonnen.

Jungfischvorkommen und -verbreitung

Die Jungfischdichte in der Aare ist generell geringer als im Hochrhein. Erfreulich sind allerdings regelmässige Vorkommen ansonsten seltener Arten wie des Bachneunauges und des Steinbeissers. Dabei weicht die heutige Jungfischfauna von der potenziellen Fischbesiedlung der unteren Aare als Äschenregion (mit einem hohen Anteil winterlicher Kieslaicher) deutlich ab. Als Ursachen dafür kommen mehrere Faktoren in Frage:

- der Mangel an geeignetem Laichsubstrat;
- die regelmässige Störung der Gelege durch Winterhochwasser;
- Wassertemperaturen, die ausserhalb des Lebensraumoptimums kaltstenothermer Arten liegen.

Die Fischbesiedlung der drei Aareabschnitte unterscheidet sich auffällig. Im Abschnitt A (Abb. 1.1) sind epipotamale bis potamale Arten am häufigsten. Dasselbe gilt aber auch für die Stelle bei Wangen, die eigentlich schon in Abschnitt B liegt, vom Sohlengefälle her aber noch zum ersten Abschnitt zu zählen wäre. In den freifliessenden Strecken von Abschnitt B trifft man auf eine hyporhithrale Fischzönose, die am ehesten der historischen nahekommt. In Abschnitt C (inkl. Stelle Brugg) werden generell höhere Dichten und etwas höhere Artenzahlen erreicht als in den gefällaren und rückgestauten Strecken.

Analog zu den Ergebnissen der Benthosuntersuchung waren in den freifliessenden naturnahen Abschnitten um Wynau und Aarburg die Besiedlungsdichten gering, bei einem hohen Anteil rheophiler Arten. Ob hier ein Zusammenhang mit dem Nahrungsangebot besteht, oder ob die Fische zur Untersuchungszeit entferntere Habitate aufgesucht hatten, konnte nicht geklärt werden. Die höchsten Fischdichten traten an den Stellen innerhalb der beiden grossen Restwasserstrecken Gösgen und

Villnachern auf. Laich und Jungfische der hier zumeist eher indifferenten, toleranten Arten finden hier offensichtlich günstige Bedingungen vor.

An der Stelle Brugg, die zuvor eine umfangreiche Uferrevitalisierung erfahren hatte, konnten zu verschiedenen Jahreszeiten flusstypische rheophile Arten in grosser Zahl nachgewiesen werden. Hier kann ein direkter Zusammenhang mit der Massnahme angenommen werden. Ähnliches wird auch für andere Revitalisierungen im Aareverlauf beschrieben.

Wirkung von Geschiebezugaben auf die Fischfauna

Die von uns beobachtbaren Fischarten und die Untersuchungsstellen waren nicht geeignet, einen Zusammenhang zwischen den Geschiebezugaben und dem Laicherfolg von Kieslaichern in der Aare aufzuzeigen. Dies ist bereits durch Erfolgskontrollen an zwei entsprechenden Aareabschnitten erfolgt (vgl. RIPPmann 2010). Mit ziemlicher Sicherheit lässt sich jedoch sagen, dass die in der Aare einstmals dominierenden kieslaichenden Arten mit hohem Anspruch nur noch lokal passende Habitate mit schnellüberströmten, kiesigen Abschnitten und auch geeigneten Temperaturverhältnissen vorfinden. Sicher spielen aber die längeren Restwasserstrecken an der unteren Aare eine entscheidende Rolle für die Reproduktion und damit das Überleben anspruchsvoller Kieslaicher.

Saisonale Unterschiede in der Besiedlung

Wegen der natürlicherweise auftretenden Wintermortalitäten ist es normal, dass die Frühjahrsbestände bei Jungfischen deutlich niedriger liegen als diejenigen vor dem Winter. Dass jedoch – wie in Wynau – nur noch 5% der Herbst-Bestände im Frühjahr übrig bleiben, ist aussergewöhnlich. Dieser Unterschied kann, muss aber nicht zwangsläufig mortalitätsbedingt sein. Die Ergebnisse der Benthosuntersuchungen zeigen, dass hier auch das Nahrungsangebot für die Fische zeitweise limitiert sein kann. Die erheblich geringeren Fischdichten als an anderen Aarestellen in Abschnitt B und C lassen sich durch keine bisher bekannten Ursachen erklären.

Zeigerwert der Jungfische für die biologische Qualität der Aare

Die Befischungsergebnisse bilden den Fortpflanzungserfolg der verschiedenen Fischarten vom Vorjahr im Bereich der Untersuchungsstellen ab. Dieser Fortpflanzungserfolg zeigt das Vorhandensein geeigneter Reproduktionsmöglichkeiten in räumlicher Nähe zum Fangort. Die damit verbundenen Ansprüche unterscheiden sich meist von denen der adulten Fische. Eine Betrachtung verschiedener funktioneller Gruppen (Gilden) zeigte den Zusammenhang zwischen dem vorliegenden Fischhabitat und der darin lebenden Fischzönose – vor allem im Uferbereich freifliessender naturnaher Strecken und in rückgestauten Abschnitten.

Das Nahrungsangebot für die Jungfische

Inwiefern sich die Fischzönose durch die Einwanderung neozoischer Wirbelloser als neue Nahrungsorganismen verändert, muss offen bleiben. Erfahrungen aus dem Hochrhein legen nahe, dass zumindest *Dikerogammarus* für einige Fischarten inzwischen von zentraler Bedeutung ist. In Aarburg und Wynau gibt es Hinweise auf eine Nahrungslimitierung der Jungfische aufgrund geringer Benthosbesiedlungsdichten. Zwar sind auch in Port geringe Benthosdichten festgestellt worden, allerdings spielt hier die Organismen-Drift aus dem See eine wichtigere Rolle, zudem sind die meisten Fischarten hier omnivor.

Fazit:

- ***Die Jungfischfauna spiegelt sowohl den wechselnden Charakter verschiedener Aareabschnitte als auch den unterschiedlicher Mesohabitate gut wider. Aufwertungsmassnahmen scheinen sich direkt auf das Reproduktionspotenzial und die spezifische Besiedlung niederzuschlagen.***
- ***Jungfische zeigen offenbar noch besser als Makroinvertebraten die generellen Unterschiede im Flusscharakter an, da für einen Reproduktionserfolg mehrere Faktoren stimmen müssen (Strömung, stabile Verhältnisse in der Reproduktionszeit, geeignete Wassertemperaturen u.a.).***

- *Das Fischartenspektrum hat sich gegenüber historischen Verhältnissen hin zu indifferenten, toleranten Fischarten verschoben. Ursprüngliche Leitfischarten finden keine geeigneten Reproduktionsbedingungen für sich selbst erhaltende Populationsgrößen mehr vor.*
- *Neozoische Makroinvertebraten spielen künftig möglicherweise eine Rolle als Nahrungsorganismen für die Aarefische.*

6.2 Die Bedeutung der Restwasserstrecken für die biologische Besiedlung der Aare

6.2.1 Restwasserstrecken als Kompartimente eines naturnahen Flussraums

Die Hypothese, dass sich Restwasserstrecken zusammen mit den Kraftwerkkanälen und den ober- und unterhalb anschliessenden Aarestrecken zu Kompartimenten eines natürlichen Aareverlaufs vervollständigen lassen, konnte teilweise bestätigt werden. Die untersuchten, morphologisch naturnahen Restwasserstrecken bilden bei geeigneter Dotierung und funktionierender Vernetzung mit angrenzenden Aareabschnitten eine deutliche Verbesserung der gewässerökologischen Verhältnisse im Vergleich zur weitgehend verbauten Voll-Aare. Ihre morphologische und hydrologische Aufwertung und systemare Vernetzung kann wichtige Lebensraumkompartimente ergänzen, die durch die Kanalisierung der Aare verloren gingen. Die im Zuge der Neukonzessionierung geplanten bzw. bereits jetzt in den beiden untersuchten Strecken eingestellten dynamischen Dotierabflüsse scheinen dabei ökologisch ausgewogen. An dieser Stelle sei allerdings angemerkt, dass diese Beurteilung keinesfalls auf andere Aareabschnitte übertragbar ist. Bei den Restwassergerinnen der Kraftwerke Gösgen und Wildegg-Brugg handelt es sich nämlich um topografisch für eine Auenreaktivierung prädisponierte und naturräumlich besonders wertvolle Abschnitte, so dass sich nur hier entsprechende Aufwertungsmassnahmen auch auf das gesamte System positiv auswirken können.

Betrachtet man alle Kompartimente in den von uns untersuchten Schachen, dann könnte sich dort das gesamte typische Artenspektrum des Flusses reproduzieren. Dabei gibt es auch schon einige Indizien dafür, dass sich die wechselnden Abfluss- und Temperaturbedingungen auf angestammte Arten positiver auswirken als auf Neozoen, eine Tatsache, die sich als Konkurrenzvorteil für typische Fluss- und Auenarten herausstellen könnte.

Als wichtige Elemente einer Flussaue fehlen den untersuchten Restwasserstrecken allerdings noch grundwassergespeiste Nebengerinne, die typischen makrophytenreichen Giessen, in denen winterwarme und sommerkühle Verhältnisse für typische Auenarten herrschen (vgl. Leitbild Aare SO, BASLER & HOFFMANN 2011). Im Bereich anderer Restwasserstrecken sind giessenähnliche Nebengewässer (z.B. der Giessen Ruppertswil) allerdings noch zu finden, die mit dem System noch besser verbunden werden könnten.

Desweiteren fehlen den Ausleitungsstrecken tiefgründige, totholzreiche Altwässer, Kinderstube, Habitat und Refugium für die Stillwasser- und Auenbiozönose – von der Libelle bis zum Eisvogel. Ähnliche Lebensräume finden sich heute höchstens in den eingestauten Bereichen oberhalb der Wehre, sofern dort naturnahe Uferbereiche ausgebildet sind.

6.2.2 Entwicklungspotenzial der Kraftwerkkanäle

Das Entwicklungspotenzial der Kraftwerkkanäle wurde bereits in den UVBs der Kraftwerkstufen Gösgen und Aarau thematisiert. Für das Oberwasser des KW Aarau konnten im Rahmen der Konzessionserneuerung auch kleinere Ufer-Aufwertungen eingeplant werden (Fachbericht zur UVP, C2, 2009). Generell sind die Kraftwerkkanäle aber strukturarm und schnellfliessend. Ihre derzeitige Sohlenbesiedlung ist dagegen überraschenderweise recht vielfältig und ähnelt derjenigen der Voll-Aare. Gravierende Defizite sind allerdings fehlende strukturreiche Flachufer, so dass weder geeignete Jungfischhabitate noch gute Schlupfmöglichkeiten für die Wasserinsekten existieren. Auch gibt es für Wanderfische, die die Kraftwerkstufen überwunden haben, nur unzureichende Ruheräume im Oberwasser. Unabhängig von der Frage der Umsetzbarkeit sind deshalb auch in den Kraftwerkkanälen grosse Aufwertungspotenziale vorhanden. Bessere Sohlenvariabilität, Gerinne-Ufer-Verzahnungen und Habitatvielfalt lassen sich in breiteren, langsam fliessenden Flussstaus

natürlich besser umsetzen als wie in einem schmalen Kraftwerkkanal, in dem es darauf ankommt, so wenig kinetische Energie wie möglich zu verlieren. Aber eigentlich nur so könnten weitere Kompartimente eines natürlichen Flussraums wie eine tief und ruhig fliessende Hauptrinne und tiefe, strukturreiche Hinterwässer hinzugewonnen werden.

6.2.3 Strukturmassnahmen und Grundwasseranschluss

Durch geeignete Strukturierungsmassnahmen lassen sich – wie gerade am Beispiel der Kraftwerkkanäle beschrieben und bereits für den Gösger Schachen im Rahmen der Neukonzessionierung des Kraftwerks geplant – noch weitere Verbesserungen erreichen, indem z.B. wertvolle Habitate vermehrt oder besser mit ihrer Umgebung vernetzt werden. Eine generelle Aufwertung gegenüber den heutigen Verhältnissen hat jedoch Grenzen. Auch die jetzt schon naturnahe Gerinnemorphologie wurde zum grössten Teil durch Prozesse der Eigenstrukturierung im Bett der alten Aare geschaffen. Auch gibt es wahrscheinlich keine sinnvollen Strukturmassnahmen, mit denen sich die Gerinnesohle an das meist tiefere Grundwasserniveau angleichen lässt. Hydrologische Verhältnisse, wie sie in einer natürlichen Flussaue herrschen, lassen sich also nicht mehr gänzlich wiederherstellen. Eine geeignete Einstellung und Dynamisierung des Dotierwassers kann hier allerdings fehlende Möglichkeiten im Grundwasseranschluss kompensieren.

6.2.4 Dotierwassermengen

Die höchste biologische Produktivität an Wirbellosen in den Restwasserstrecken finden wir in Wassertiefen von nicht mehr als 1 m und bei mässiger Durchströmung über Grund (ca. 5 bis 30 cm/s, entsprechend Oberfläche 30 cm/s bis ca. 100 cm/s). Je mehr Strömung und Tiefe von diesen Werten abweichen, desto weniger kann die Sohle besiedelt werden und/oder desto spezifischer wird auch diese Besiedlung. Die Dotierwassermenge steuert damit in entscheidendem Masse die Besiedelbarkeit der Restwasserhabitate. Diese Aussage gilt uneingeschränkt auch für die Betrachtung der gewässernahen Landlebensräume (Ufer-, Kiesbank- und Ruderalflächenbiozöten). Auch sie brauchen eine ausgewogene Dotierung, um sich arten- und individuenreich entwickeln zu können.

Wassermenge und Dynamik im Restwasser müssen also so gewählt werden, dass sie das Vorkommen ursprünglicher Lebensgemeinschaften der Aare und den Erhalt einer naturnahen Flusslandschaft fördern. Hierzu gehört auch, dass die Übergänge zwischen Dotierwasserabfluss und den Abflüssen bei Wehrüberlauf nicht zu gross und abrupt sind und dass Änderungen in der Hydraulik und der Benetzung den Wassertieren Zeit lassen, geeignete Deckungsstrukturen aufzusuchen (Wasseranstieg) bzw. wieder permanent wasserführende Flächen zu erreichen (Sunk).

Aus früheren Untersuchungen (MARRER 1998, AQUARIUS 2010 u.a.), aber auch aus der vorliegenden Studie lässt sich schliessen, dass Abflüsse von weniger als 15 m³/s in den Restwasserstrecken der Aare eigentlich nicht einmal in den Wintermonaten ausreichen, um Hochwasserverluste zu minimieren und eine sichere Eientwicklung grosser kieslaichender Fischarten zu gewährleisten. Auf der anderen Seite bringen Abflüsse jenseits von 30 m³/s bei der heutigen morphologischen Ausprägung der Restwassergerinne kaum mehr Zugewinn an aquatischen Lebensraum. In diesem Fall geht sicher wertvoller Landlebensraum verloren.

Die optimale Abstimmung von geeigneter Dotierwassermenge und begleitenden Strukturmassnahmen ist dann erreicht, wenn sie sich sowohl zugunsten der aquatischen als auch der begleitenden terrestrischen und amphibischen Lebensräume auswirkt und dabei die Möglichkeit einer periodischen Überflutung von grösseren Uferflächen bietet.

Die Ober- und Untergrenzen geeigneter Dotierwassermengen sowie die begleitenden Strukturmassnahmen – hauptsächlich in Form von Absenkungen der Uferniveaus – sind den UVBs zur Neukonzession der Kraftwerke zu entnehmen und nach heutigem Kenntnisstand gut gewählt. Dasselbe gilt für die neuen Dotierwasserregelungen am KW Wildeggen-Brugg. Dennoch sollten auch hier geeignete Monitorings den Massnahmenerfolg begleiten. Allfällige Korrekturen müssen möglich sein.

Falls sich die Reduktion der Überwasserereignisse (durch Erhöhung der Ausbauwassermenge) negativ auf die Entwicklung der Restwasserbiozöosen auswirken sollte, müsste dem durch ein geeignetes Restwassermanagement entgegengewirkt werden (leichte Erhöhung, Dymanisierung u.a.). Auf der anderen Seite besteht so die Möglichkeit, das Abflussgeschehen der Restwasserstrecke besser an das der Voll-Aare anzugleichen. In Hinblick auf zu erwartende vermehrte Hochwasserabflüsse in den Wintermonaten ist es sinnvoll - wie bereits im Restwasser des KW Wildeg-Brugg (Villnacher Schachen) beschlossen - die Winterdotierung gegenüber der Sommerdotierung nicht zu sehr abfallen zu lassen. Hochwasser trifft dann nicht mehr auf eine „schlafende“ Restwasserrinne, sondern auf einen wasserreichen Lebensraum, der Hochwasser besser abpuffern kann. Dies kann neben den winterlaichenden Fischarten auch anderen sensiblen Organismen zugute kommen. Eine optimale Lösung wird dann erreicht, wenn Hochwasserabflüsse im Restwasser nicht abrupt ansteigen wie in der Voll-Aare. Hierzu sind wahrscheinlich langsame Vorabsenkungen aller Wehre bei angekündigten Hochwasserabflüssen nötig. Das Regulierwerk in Port garantiert, dass solche Vorabsenkungen auch technisch umgesetzt werden können.

6.2.5 Fische und Geschiebe im Restwassergerinne

Die Jungfischfauna in den Restwasserstrecken weist einen hohen Anteil kieslaichender Arten auf. Allerdings handelt es sich dabei nicht um die grossen kaltstenothermen Winterlaicher wie Äsche und Forelle, sondern vor allem um indifferente Arten und Kleinfische. Das Angebot an geeignetem Laichsubstrat ist somit wahrscheinlich nicht der limitierende Faktor für eine spezialisiertere Fischfauna, sondern andere abiotische Faktoren wie die häufig auftretenden Winterhochwässer und die sommerlich hohen Wassertemperaturen, die das Lebensraumoptimum für Äsche und Forelle über lange Zeiträume hinweg überschreiten. Eine Vernetzung mit kühleren Zuflüssen und Grundwasseraufstössen, die zu geeigneten Refugien werden könnten, bieten sich innerhalb der betrachteten Strecken nicht mehr in ausreichendem Masse an.

Eine Erhöhung der Geschiebemenge durch Geschiebweiterleitung an den Wehren, eine Dynamisierung des Geschiebes oder aktive Geschiebeumlagerungen und -lockerungen können dennoch einen fischökologischen Nutzen nach sich ziehen, vor allem dann, wenn der Anteil kleinerer Kornfraktionen (Grobkies und kleiner) in den Restwassergerinnen dadurch etwas erhöht werden kann. In jedem Fall müssen Reproduktionsverhältnisse angestrebt werden, welche dazu beitragen, das natürliche Reproduktionspotenzial von Barbe und Nase abzurufen. Diese beiden Fischarten, die schweizweit bereits stark gefährdet bzw. sogar vom Aussterben bedroht sind, hätten in der Aare noch reelle Chancen, sich in grösseren Populationen zu erhalten. Hierfür bieten die grossen Restwasserabschnitte eigentlich ideale Voraussetzungen.

6.2.6 Welcher Indikator eignet sich für welche Aussagen?

Alle vorgängigen Überlegungen lassen sich auf die Untersuchung verschiedener aquatischer Lebensgemeinschaften und deren Indikatoren (Makroinvertebraten, Kieselalgen, Fische) in den Restwasserstrecken zurückführen. Wir haben allerdings deutlich dargelegt, dass die Qualität solcher Restwasserstrecken nur dann vollständig beurteilt werden kann, wenn auch terrestrische und amphibische Lebensräume in die Betrachtung mit einbezogen werden. Leider sind Monitoringprogramme, bei denen solche gesamtökologischen Betrachtungen berücksichtigt werden, noch selten und noch lange nicht Standard. Für die Betrachtung grosser Flüsse mit ehemals ausgedehnten Flussauen erscheinen sie jedoch unumgänglich (EBERSTALLER et al. 2007, REY et al. 2011), Rhône-Thur-Projekt, <http://www.rhone-thur.eawag.ch/index.html>). Hierzu wären die dafür geeigneten und bereits in anderen Fachbereichen erprobten Indikatoren heranzuziehen wie z.B. Laufkäfer- und Spinnenfauna, Heuschreckenfauna, Kiesbank- und Auenvegetation sowie die Avifauna (Kiesbankbrüter, Auenarten, gewässeraffine Arten). In jedem Fall ist eine getrennte Betrachtung von Fluss- und Auenlebensräumen nicht zielführend und eine Altlast ursprünglich getrennter Fachbereiche, die auch heute noch zu unterschiedlichen Einschätzungen führen kann, wenn es um Entwicklungsmassnahmen am Fluss geht. Ein Flussraum sollte nicht entweder zugunsten aquatischer oder zugunsten terrestrischer Interessen entwickelt werden, sondern im Sinne einer ausgewogenen Ergänzung beider „Hemisphären“. Von der Hoffnung, dass man durch einzelne Indikatoren-Gruppen, wie z.B. die Makroinvertebraten, das gesamte Spektrum von Defiziten erfassen und

danach auch die geeigneten Verbesserungsprogrammen begründen kann, muss man sich also künftig verabschieden. Wir schlagen des halb vor, diesen Aspekt auch bei künftigen Monitoringprogrammen an der Aare schwerpunktmässig zu berücksichtigen.

Fazit:

- *Die grossen Restwasserstrecken Gösger und Villnacher Schachen sind im aktuellen Zustand gute Besiedlungsreservoirs und wertvolle ökologische Trittsteine für die Aare. Die deutliche Erhöhung der Dotierwassermenge seit der letzten Untersuchungskampagne hat sich auf die ökologische Funktionsfähigkeit positiv ausgewirkt. Dies lässt sich weniger an der nachgewiesenen Besiedlung als vielmehr an der Zunahme fluss- und auentypischer Lebensräume ablesen. Eine ergänzende Untersuchung der Uferlebensräume, der amphibischen Lebensräume und der Kiesbankbiozöosen ist für die Gesamtbetrachtung unumgänglich.*
- *Morphologisch naturnahe Restwasserstrecken können bei geeigneter Restwasserführung und Vernetzung mit angrenzenden Aareabschnitten zu einer deutlichen Aufwertung der gewässerökologischen Verhältnisse in der gesamten Aare führen. Die im Zuge der Neukonzessionierung geplanten morphologischen Aufwertungen sowie die Erhöhung und Dynamisierung der Dotierwassermengen sind ein entscheidender Schritt auf diesem Weg. Die geplanten Regelungen sollten aber den Weg für Korrekturen oder weitere Modifikationen offen lassen.*
- *Eine Verbesserung der Geschiebedynamik durch Weiterleitung am Wehr, Geschiebezugaben und/oder Sohlenlockerungen in den Restwasserstrecken würde vor allem kieslaichenden Fischarten nützen. Dabei stehen die Verbesserungschancen für Nasen und Barben deutlich besser als für kaltstenotherme Arten wie die Leitfischart Äsche, Forellen oder den künftig wieder erwarteten Lachs.*
- *Die aktuellen Erhebungen haben gezeigt, dass hier gegenüber der Voll-Aare keine/kaum höhere Wassertemperaturen herrschen, die Grundwasserinfiltration offenbar noch eine Rolle spielt und deshalb die Zugabe und Reaktivierung von Kies als Laichsubstrat wahrscheinlich einfacher und effektiver ist als in der Voll-Aare.*

6.3 Geschiebedefizite und Geschiebezugaben

Beinahe in der gesamten unteren Aare besteht ein massives Geschiebedefizit, dass sich nachweislich negativ auf die Reproduktionsbiologie der Fische, aber auch auf die Besiedlungsmöglichkeit für spezialisierte Makroinvertebraten auswirkt. Durch die in Kapitel 1.4.5 vorgestellten Geschiebezugaben kann dieses Defizit zwar nicht kompensiert werden, es werden jedoch zumindest abschnittsweise – v.a auch durch den wieder erhöhten Geschiebeeintrag aus der Wigger – positive Effekte erwartet. In speziellen Erfolgskontrollen wurde solche positiver Effekte auf die Reproduktion von Äschen bereits nachgewiesen (RIPPMANN 2011). Weitere Verbesserungen werden im Rahmen der interkantonalen Aareplanung zur Sanierung des Geschiebetriebes vorgesehen. Die Grundlagen hierfür sind bereits erhoben (BERNET, pers. Mitt.).

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse konnten einen solchen Zusammenhang allerdings nicht nachweisen, zumal sich die Untersuchungsstellen räumlich nicht mit den Stellen der Geschiebezugaben decken. Auch eignen sich Makroinvertebraten nicht unbedingt als Indikatoren, um positive ökologische Effekte eines guten Geschiebehaushalts anzuzeigen. Fast alle Arten halten sich eher im Lückenraum stabil gelagerter grösserer Steine und Blöcke auf, als zwischen beweglichem Kies. Anders die Fische, hier würden kleinere Kornfraktionen in strömungsberuhigten Bereichen sicher das Reproduktionspotenzial kleiner kieslaichender Arten fördern.

Umgekehrt konnten jedoch Stellen untersucht werden, in denen wegen Geschiebemangel Sohlenerosion und in deren Folge eine Kolmation der Sohle eingetreten war. Entsprechende Bereiche eignen sich dann weder als Habitat für Benthosorganismen, noch als Laichsubstrat für Fische. Möglicherweise weisen die untersuchten Flächen in Wynau – auch wegen ihres relativ grossen Gefälles - ähnliche Defizite auf. Hinzu kommt, dass in solchen Abschnitten sehr viel Energie auf die Sohle wirkt und kein Geschiebe mehr liegenbleibt, auch wenn es in ausreichenden Mengen

nachgeliefert wird. Für eine generelle Verbesserung der Situation fehlen somit nicht nur das Geschiebe, sondern auch ausreichend dimensionierte Flussaufweitungen, die als Sedimentfallen wirken und in denen Geschiebe bis zum nächsten Weitertransport gespeichert wird. Die technischen Möglichkeiten der Geschiebweiterleitung an modernen Kraftwerksanlagen mögen einen Teil zur Verbesserung der Situation beitragen.

Fazit:

- ***Geschiebezugaben, Geschiebemobilisierungen über Kraftwerkstufen hinweg, vor allem aber grosszügige Flussaufweitungen, die als Geschiebereservoirs wirken, könnten vor allem auf die Fischfauna der Aare positive Auswirkungen zeigen; das Makrozoobenthos würde wahrscheinlich mit Veränderungen der relativen Häufigkeiten verschiedener Arten darauf antworten. Geschiebeeintrag und -dynamisierung sowie Sohlenlockerungen innerhalb von Restwasserstrecken – in geeigneter Form ausgeführt – könnten solche Effekte schon mittelfristig erzielen.***

6.4 Ausblick

Die koordinierten biologischen Untersuchungen lieferten zum zweiten Mal seit 2001/2002 eine Vielzahl von Informationen zur aktuellen Besiedlung der Aaresohle und zur Charakterisierung der unterschiedlichen Aareabschnitte. Der Zeitabstand zwischen den beiden Kampagnen ist zwar grösser als in einigen anderen Flüssen mit laufenden Monitoringprogrammen (z.B. Hochrhein), reicht aber aus, um grundsätzliche Besiedlungsentwicklungen festzuhalten.

Die im Verlauf der seit etwa dem Jahr 2003 abgelaufenen invasiven Ausbreitungsprozesse wirbelloser Neozoen konnten eindrücklich dokumentiert werden. Die gewonnenen Ergebnisse legen nahe, diesen Prozess in den kommenden Jahren kontinuierlich zu verfolgen, seine Auswirkungen auf die angestammte Fauna zu beschreiben und vor allem Rückzugs-, Wiederbesiedlungs- und Durchsetzungsmöglichkeiten für die angestammte Fauna abzuklären. Diese muss allerdings nicht im Rahmen des Langzeitmonitorings erfolgen, sondern kann auch durch spezielle Untersuchungen abgeklärt werden.

Vor allem die in das Programm neu aufgenommenen Untersuchungen des ufernahen Jungfischbestands lieferten gute Hinweise zum Vorhandensein entsprechender Lebensräume, zu Lebensraumdefiziten und zum Reproduktionspotenzial. Die Befischungsergebnisse in Brugg und Felsenau konnten sogar den Erfolg gelungener Renaturierungsmassnahmen nachweisen.

Durch die Sonderprogramme Saisonalität und Restwasser konnten wichtige Zusatzinformationen für das Programm gewonnen werden, aus denen Lehren für künftige Untersuchungen gezogen werden können. So sollten im Rahmen der koordinierten biologischen Untersuchungen von Restwasserstrecken künftig wichtige terrestrische Indikatoren mitberücksichtigt werden, um eine gesamtökologische Einschätzung von Regelgrössen wie der Dotierwassermenge und den Überwasserereignissen gewinnen zu können.

7 Datenanhang

7.1 Probestellentafeln

S. 123: Nidau-Port

S. 124: Arch

S. 125: Wangen

S. 126: Wynau

S. 127: Aarburg

S. 128: Olten

S. 129: Winznau

S. 130: Villnachern

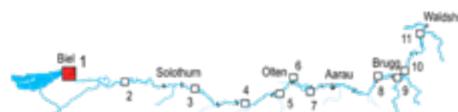
S. 131: Brugg

S. 132: Stilli

S. 133: Felsenau

Kartenausschnitte (PK 25) der Probestellentafeln mit Bewilligung der **swisstopo** im Rahmen der Nutzungsrechte der Kantone AG, BE und SO.

Port (Aare-km 0,5; Code POR), Nidau-Büren-Kanal
 Koordinaten CH 1903: 584373/219230



Chrakterisierung der Probestelle

Im Seeabfluss des Bieler Sees, ist die Aare als sog. Nidau-Büren-Kanal ausgebaut. Ihr 75 m breites Bett weist ein beidseitig mit Blocksteinen befestigtes Trapezprofil auf. Seitens des Regulierwehrs in Port besteht ein Rückstau. An den Ufern befinden sich durchgehend Bootsanlegeplätze, das Hinterland besteht aus lückem Siedlungsgebiet der Gemeinde Nidau. Die Flusssohle ist überwiegend biogen überdeckt (Dreissena-Kolonien, Muschelschalen). Der Untergrund ist mässig bis stark mit Algen überwachsen.



Sehr dicht mit Dreissena besiedelte Sohle



Blockwurf am Ufer

Biologische Besonderheiten

Die Benthosbesiedlung ist arten- und individuenarm (ca. 2000 Ind./m²). Hauptbesiedler sind Schnecken, Muscheln, verschiedene Würmer und Egel. Deutlich seltener sind Flohkrebse und Insekten. Sehr verbreitet sind die Neozoen Wandermuschel, Körbchenmuschel und der Grosse Höckerflohkrebs. Erstmals wurde der Nordamerikanische Wurm *Quistadrilus multisetosus* in der Aare gefunden. Die meisten beobachteten Arten sind Bewohner des schlammig-sandigen Untergrundes unter dem Muschelbewuchs oder der strömungsarmen Lücken im Blockwurf. Der Seeabfluss prägt auch die Jungfischzönose mit Trübschen, Schleien, Flussbarschen und Stichlingen.



Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*)



Flussbarsch (*Perca fluviatilis*)

Äusserer Aspekt	Uli	T1	T2	Ure	Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	1	3	3	1	
Bewuchs Algenbüschel	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	1	1	1	
Besiedlung Dreissena	3	3	3	3	
Trübung	2	2	2	2	Durch Seeausfluss
Verfärbung	1	1	1	1	
Schaum	2	2	2	2	
Geruch	1			1	
Eisensulfid	2	1	1	2	
Kolmaton	1	1	3	1	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	1			1	
Hinterlandnutzung	3			3	
Einleitungen, Einträge	1			1	

Bewuchs/Besiedlung: 1 =< 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 >= 50%
 Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

Substrate	Uli	T1	T2	Ure	Erläuterungen
anstehender Fels					
Blöcke > 200 mm	3			3	
Steine 63 mm - 200 mm		3		1	
Grobkies 20 mm - 63 mm				1	
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				
Ton					
Muschelschalen, Schill		2	3		T1: Lebende Dreissena
Kalk, Sinter					
Sonstiges					

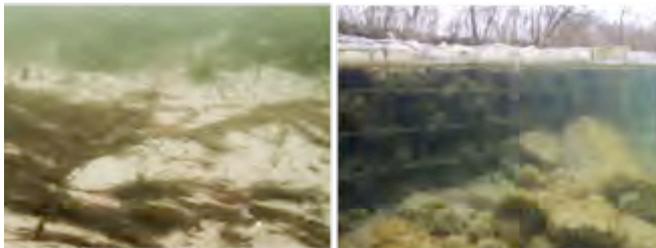
Stufe 1 =< 10 % (Bedeckung), Stufe 2 = 10-50%, Stufe 3 >= 50% der Fläche

Arch (Aare-km 17; Code ARC)
 Koordinaten CH 1903: 598335/224358



Chrakterisierung der Probestelle

Im Bereich der Untersuchungsstelle variiert die Flussbreite zwischen 105 und 130 m. Aufgrund des Stauinflusses des Kraftwerks Flumenthal herrschen geringe bis mittlere Fließgeschwindigkeiten vor. Die tiefe Sohle besteht überwiegend aus sandigem Substrat, durchsetzt mit Steinen, Kies und Muschelschalen. Das linke Ufer ist teilweise mit Blockwurf befestigt oder besteht aus anstehendem Fels. Hier befinden sich auch Bootsliegendeplätze. Das rechte Ufer dagegen ist weitgehend ein natürliches Flachufer mit kiesigem und sandigem Untergrund. Beide Seiten sind überwiegend von Ufergehölzen und dahinter Landwirtschaft umgeben.



Sohle mit Sand und Muschelschalen Abschnittsweise Uferbefestigung

Biologische Besonderheiten

Der Flussabschnitt ist ähnlich wie der Nidau-Büren-Kanal hauptsächlich von Arten ruhiger strömender Gewässer bewohnt. Der Fluss ist hier aber artenreicher und etwas dichter besiedelt (3500 Ind./m²), da sich hier auch unterschiedliche kleinräumige Habitate bieten. Schnecken, Muscheln und Würmer machen nur noch knapp die Hälfte der Besiedlung aus, während Flohkrebse, Asseln und Insekten die andere Hälfte stellen. In Arch besteht eine grössere Population an Bitterlingen. Dieser seltene Fisch pflanzt sich ausschliesslich mithilfe Grossmuscheln fort. An mehreren Fischen konnte Schwarzfleckenkrankheit festgestellt werden.



Bitterling
(*Rhodeus amarus*)

Rottfeder mit Schwarzfleckenkrankheit
(*Scardinius erythrophthalmus*)

Äusserer Aspekt	Uli	T1	T2	T3	Ure	Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	2	1	2	3	3	
Bewuchs Algenbüschel	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	1	2	2	1	1	
Besiedlung Dreissena	3	2	3	1	2	
Trübung	1	1	1	1	2	Natürlicher Ursprung
Verfärbung	1	1	1	1	1	
Schaum	1	1	1	1	1	
Geruch	1				1	
Eisensulfid	2	1	1	3	3	
Kolmatation	1	1	1	1	2	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	2	
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	1				1	
Hinterlandnutzung	2				2	
Einleitungen, Einträge	1				1	

Bewuchs/Besiedlung: 1 = < 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 >= 50%
 Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

Substrate	Uli	T1	T2	T3	Ure	Erläuterungen
anstehender Fels	1					
Blöcke > 200 mm	2				1	
Steine 63 mm - 200 mm	2	1	2		1	
Grobkies 20 mm - 63 mm	2				2	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm	1					
Feinkies 2 mm - 6,3 mm	1			2	2	
Sand 0,063 mm - 2 mm	2	3	3	3	1	
Schluff < 0,063 mm						
Ton						
Muschelschalen, Schill		2	2			
Kalk, Sinter						
Sonstiges	1				1	Detritus

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

Wangen (Aare-km 40; Code WAN)

Koordinaten CH 1903: 615197/231717



Charakterisierung der Probestelle

Die Probestelle Wangen liegt unterhalb der Einmündung der Emme im Staubereich des Kraftwerks Bannwil. Der rund 100 m breite Flussabschnitt weist generell eine geringe Fließgeschwindigkeit auf. Ein kleiner, neu angelegter, Nebenarm am linken Ufer zeigt überwiegend Stillwassercharakter. An beiden Ufern schliessen sich Gehölze und landwirtschaftliche Flächen an. Die Böschungen sind mit Blockwurf befestigt, welcher am rechten Ufer grösstenteils zerfallen und überwachsen ist. Auf der Sohle dominieren Kies und Steine, in Ufernähe Sand und Schluff. Alle Hartsubstrate und Makrophyten sind stark mit fädigen Algen überwachsen.



Mit Algen überwucherte steinige Sohle Flutender Hahnenfuss in Ufernähe

Biologische Besonderheiten

Gegenüber den flussaufwärts gelegenen Stellen beginnen Zuckmückenlarven ab Wangen die Benthosgemeinschaft zu dominieren. Obwohl der Anteil an Schnecken, Mollusken und Würmern zurückgeht, erreichen neozoische Mollusken wie die Grobgerippte Körbchenmuschel und die Neuseeländische Zwergdeckelschnecke hier mit ihre höchsten Dichten. Im ausgedehnten Stillwasserbereich wurden grosse Mengen an Stichlingen und vereinzelt auch junge Schleien gefunden.



Grobgerippte Körbchenmuschel
(*Corbicula fluminea*)

Schleie
(*Tinca tinca*)

Äusserer Aspekt	Uli	T1	T2	T3	Ure	Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	1	3	3	3	1	
Bewuchs Algenbüschel	1	2	2	2	1	
Bewuchs Makrophyten	2	1	1	2	1	
Besiedlung Dreissena	2	3	2	1	1	
Trübung	2	1	1	1	2	Natürlicher Ursprung
Verfärbung	1	1	1	1	1	
Schaum	1	1	1	1	1	
Geruch	1				1	
Eisensulfid	1	1	1	1	2	
Kolmation	2	2	3	2	1	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	1				1	
Hinterlandnutzung	1				2	
Einleitungen, Einträge	1				1	

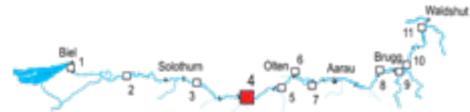
Bewuchs/Besiedlung: 1 =< 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 >= 50%
Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

Substrate	Uli	T1	T2	T3	Ure	Erläuterungen
anstehender Fels						
Blöcke > 200 mm	1		1		1	
Steine 63 mm - 200 mm	2	2	2		2	
Grobkies 20 mm - 63 mm		3	2	2		
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm				2		
Feinkies 2 mm - 6,3 mm				2		
Sand 0,063 mm - 2 mm	2			2	2	
Schluff < 0,063 mm	2				3	
Ton						
Muschelschalen, Schill						
Kalk, Sinter						
Sonstige						

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

Wynau (Aare-km 56; Code WIZ)

Koordinaten CH 1903: 627810/234955



Chrakterisierung der Probestelle

Der frei und teilweise turbulent fließende Aareabschnitt bei Wynau weist neben einer naturnahen Flussform zwei natürliche Inseln auf. Die Breite variiert zwischen 70 und 170 m. Beide Ufer sind weitgehend unverbaut; es schliessen sich jeweils Ufergehölze und landwirtschaftliche Flächen an. Aufgrund der Strömungsvielfalt ergeben sich vielfältige Substratzusammensetzungen. Am linken Ufer dominieren feinere Substrate, am rechten und auf der Sohle Steine und verschiedenen Kiesfraktionen.



Mit Algen überwachsene Steine in geringer (l) und sehr starker (r) Strömung

Biologische Besonderheiten

Die Benthosbesiedlung war bei der Hauptuntersuchung überraschend individuenarm. Lediglich Zuck- und Kriebelmücken zeigten hohe Dichten. Andere Gruppen erreichten erst im Herbst höhere Dichten, hier vor allem die neozoische Donauassel, diverse Köcherfliegen und Strudelwürmer. Die stabile Steinsubstrate waren vor allem durch rheophile Arten besiedelt; andere Arten waren in der Hauptrinne sehr selten. Der strömungsberuhigte rechte Nebenarm, der nicht zu allen Jahreszeiten benetzt ist, war mehr als doppelt so dicht besiedelt als die strömungsexponierten Flussbereiche. Auch bei der Jungfischbesiedelung konnten insgesamt nur sehr geringe Dichten erfasst werden. auch hier dominierten Strömungsliebende Arten.



Donauassel
(*Jaera sarsi*)

Ausgedehnte Sandflächen hinter Insel



Äusserer Aspekt	Uli	S1	S2	S3	Ure	Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	3	3	3	3	3	
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	2	Natürlicher Ursprung
Verfärbung	1	1	1	1	1	
Schaum	1	1	1	1	1	
Geruch	1				1	
Eisensulfid	1	1	1	1	1	
Kolimation	1	1	1	1	1	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	1				1	
Hinterlandnutzung	1				1	
Einleitungen, Einträge	1				1	

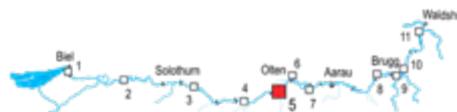
Bewuchs/Besiedlung: 1 =< 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 >= 50%
Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

Substrate	Uli	S1	S2	S3	Ure	Erläuterungen
anstehender Fels						
Blöcke > 200 mm						
Steine 63 mm - 200 mm	2	3		3	3	
Grobkies 20 mm - 63 mm	1	1	2		2	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm	2		2			
Feinkies 2 mm - 6,3 mm	2		2			
Sand 0,063 mm - 2 mm	2	2	3	1	2	
Schluff < 0,063 mm						
Ton						
Muschelschalen, Schill						
Kalk, Sinter						
Sonstige						

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

Aarburg (Aare-km 67; Code AAB)

Koordinaten CH 1903: 634551/241517



Charakterisierung der Probestelle

Die Probestelle liegt ca. 150 m unterhalb des Aareknies bei Aarburg. Der gut strukturierte Bereich weist Kiesbänke/-inseln, Riffles, Hinterwässer und Pools auf. Die Strömung ist aufgrund des flachen Profils turbulent fließend. Das linke Ufer ist teilweise mit Blockwurf gesichert oder naturbelassen mit Uferabbrüchen. Das rechte Ufer (Aussenkurve) dagegen ist durchgehend mit Ufermauern verbaut. Daran schliesst sich die alte Ortschaft an. Das Substrat besteht über die ganze Breite überwiegend aus Steinen und Kies, die teilweise mit Feinsediment versetzt sind.



Steine mit Algenaufwuchs an der Sohle



Spundwand am rechten Ufer

Biologische Besonderheiten

Die Besiedlung war bei der Hauptuntersuchung sehr gering, es fehlten sogar Artengruppen, die in Wynau zumindest teilweise noch gut vertreten waren. Am besten war das linke Ufer besiedelt, das lokal geringere Strömungen aufwies. Strömungsexponierte Bereiche waren besonders gering besiedelt. Eine Nachuntersuchung der Stelle erbrachte ein Jahr später etwa die dreifache Besiedlungsdichte. Wie in Wynau findet man also auch im zweiten freifliessenden Abschnitt bei Aarburg sehr starke Fluktuationen in der Benthosbesiedlung. Bei den Jung- und Kleinfischen wurden vor allem strömungstolerante Arten wie Groppe, Bachforelle und Bachneunaugen nachgewiesen.



Bachneunauge
(*Lampetra planeri*)



Köcherfliege
(*Hydroptila* sp.)

Äusserer Aspekt	Uli	S1	S2	S3	Ure	Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	2	3	3	3	3	
Bewuchs Algenbüschel	1	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	2	1	2	2	2	
Besiedlung Dreissena	1	1	1	1	1	
Trübung	1	1	1	1	2	Natürlicher Ursprung
Verfärbung	1	1	1	1	1	
Schaum	1	1	1	1	1	
Geruch	1				1	
Eisensulfid	1	1	1	1	1	
Kolmaton	1	1	1	1	1	
Feststoffe/Abfälle	3	1	1	1	1	Abfälle am Ufer
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	1				1	
Hinterlandnutzung	1				2	
Einleitungen, Einträge	1				1	

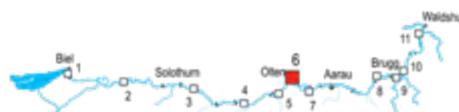
Bewuchs/Besiedlung: 1 <= 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 >= 50%
Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

Substrate	Uli	S1	S2	S3	Ure	Erläuterungen
anstehernd Fels	2					
Blöcke > 200 mm						
Steine 63 mm - 200 mm	3	3	3	3	3	
Grobkies 20 mm - 63 mm	2	2		1		
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm				1	1	
Feinkies 2 mm - 6,3 mm				1	1	
Sand 0,063 mm - 2 mm		2			1	
Schluff < 0,063 mm						
Ton						
Muschelschalen, Schell						
Kalk, Sinter						
Sonstige						

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

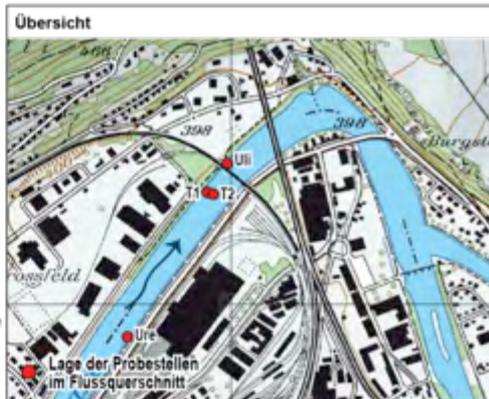
Olten (Aare-km 73; Code OLT)

Koordinaten CH 1903: 635984/246414



Chrakterisierung der Probestelle

Die Probestelle liegt etwa 700 bis 1000 m oberhalb des Stauwehrs Winznau und weist daher geringe bis mittlere Fließgeschwindigkeiten auf. Die hier 95 m breite Aare fließt durch ein Gewerbegebiet, dass nur auf der linken Seite durch einen schmalen Gehölzstreifen vom Fluss abgetrennt wird. Dieses Ufer ist mit Blocksatz befestigt, aus dem stellenweise Gebüsch ins Gewässer ragt. Das rechte Ufer ist mit Faschinen verbaut, Siedlungsflächen schliessen hier direkt an. Auf der Sohle überwiegen Steine und Grobkies als Substrat, auf der linken Flussseite vereinzelt mit Feinsedimenten durchsetzt. Auf der Flusssohle, vor allem nahe des linken Ufers trifft man häufiger auf Müll und Abfälle



Tiefe Sohle mit steinigem Substrat



Abfälle in Ufernähe (Fahrrad)

Biologische Besonderheiten

Die Aare bei Olten war ähnlich dicht mit Benthos besiedelt wie der Abschnitt bei Wangen. Durch den hohen Anteil an Zuckmücken lag die Gesamtdichte noch darüber (8000 Ind./m²). Einen wesentlichen Anteil an der Besiedlung stellen Flohkrebse und Asseln, aber auch verschiedene Schnecken, Köcherfliegenarten, Muscheln und Würmer. Jungfische wurden innerhalb des Untersuchungsabschnitts nur relativ wenige angetroffen, was auch mit der schlechten Befischbarkeit der Ufernahen Bereich zu tun hat. Neben einzelnen Bachforellen, die aus Besatzmassnahmen stammen dürften, wurden am Ufergehölz relativ viele Schneider und zwischen den Steinen Groppen gefunden.



Neuseeländische Zwergdeckelschnecke (*Potamopyrgus antipodarum*)



Schneider (*Alburnoides bipunctatus*)

Äusserer Aspekt	Uli	T1	T2	Ure	Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	2	3	2	2	
Bewuchs Algenbüschel	1	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	2	1	1	1	
Besiedlung Dreissena	1	2	2	2	
Trübung	2	1	1	2	Natürlicher Ursprung
Verfärbung	1	1	1	1	
Schaum	2	1	1	1	
Geruch	1			1	
Eisensulfid	1	1	1	1	
Kolimation	1	2	1	1	
Feststoffe/Abfälle	3	2	1	1	Abfälle (Ufer & Sohle)
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	2			2	
Hinterlandnutzung	1			3	
Einleitungen, Einträge	1			1	

Bewuchs/Besiedlung: 1 = < 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 >= 50%
 Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

Substrate	Uli	T1	T2	Ure	Erläuterungen
anstehender Fels					
Blöcke > 200 mm	1			3	
Steine 63 mm - 200 mm	2	3	2	2	
Grobkies 20 mm - 63 mm	1		3	2	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm				2	
Feinkies 2 mm - 6,3 mm					
Sand 0,063 mm - 2 mm	2				
Schluff < 0,063 mm	2				
Ton					
Muschelschalen, Schill					
Kalk, Sinter					
Sonstige					

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

Winznau (Aare-km 76; Code WIZ)

Koordinaten CH 1903: 638750/245355



Charakterisierung der Probestelle

Das Restwasser des Gösgener Schachens unterhalb von Winznau ist sehr variabel strukturiert. Je nach Wasserführung fließt ein Teil des Abflusses durch ein temporär trockenfallendes, teichartiges Nebengerinne. Durch Hochwässer wird die gesamte Fläche immer wieder umgestaltet. Als Substrat dominieren Steine und Grobkies, abseits der Hauptrinne aber auch Flächen mit Feinsedimenten, die im Sommer mit Makrophyten bewachsen sind.



Steine mit Grobkies im Hauptarm



Makrophyten im teichartigen Nebengerinne

Biologische Besonderheiten

Die Aare bei Winznau hatte die höchste festgestellte Besiedlung der Untersuchung 2012. Allerdings stellen die Zuckmücken mehr als 90% dieser Besiedlung. Flohkrebse, Asseln, Köcher- und Eintagsfliegen machen sind ebenfalls noch recht häufig. Im Rahmen der Restwasserkampagne wurden zwei seltene Egelarten (*Glossiphonia nebulosa* und *G. paludosa*) und ein zum ersten Mal für Mitteleuropa beschriebener (*Batrachobdella euxina*) Rollegel gefunden. Auch bei der Erhebung der Jungfischbesiedlung wurden hier die höchsten Dichten festgestellt. Schmerlen kamen stellenweise massenhaft vor (bis 1500 Ind./ 100 m Befischungstrecke). Neben anderen verbreiteten Arten wurden hier auch Aal, Hecht, Äsche, Hasel, Laube, Schleie, Brachse und Sonnenbarsch festgestellt.



Schmerle (*Barbatula barbatula*)



Rollegel (*Glossiphonia paludosa*)



Äusserer Aspekt	Uli	S1	S2	S3	Ure	Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	3	3	3	3	3	
Bewuchs Algenbüschel	1	2	1	2	2	
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	1	1	1	1	1	
Kolmaton	1	1	1	2	1	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	1				1	
Hinterlandnutzung	1				2	
Einleitungen, Einträge	1				1	

Bewuchs/Besiedlung: 1 =< 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 >= 50%
 Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

Substrate	Uli	S1	S2	S3	Ure	Erläuterungen
anstehender Fels						
Blöcke > 200 mm	1		1	2	2	
Steine 63 mm - 200 mm	3	3	3	3	3	
Grobkies 20 mm - 63 mm	2	2	1	1	1	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm				1		
Feinkies 2 mm - 6,3 mm				1		
Sand 0,063 mm - 2 mm	1	1		1		
Schluff < 0,063 mm						
Ton						
Muschelschalen, Schill						
Kalk, Sinter						
Sonstige						

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

Villnachern (Aare-km 105; Code VIL)

Koordinaten CH 1903: 655810/257950



Charakterisierung der Probestelle

Die naturnah verbliebene Restwasserstrecke des Kraftwerks Wildegg-Brugg wird durch die Insel Wildschachen in zwei Arme geteilt. Der gesamte Bereich ist mit Flachwasserzonen, Kiesbänken, Schnellen und Kolken strukturiert. Neben den geregelten Dotierabflüssen kommt es bei Hochwasser immer wieder zu Überschwemmungen, die für eine Umlagerung der Sedimente sorgen. Das linke Ufer des Hauptarmes ist ein flaches kiesig-steiniges Naturufer. Das rechte Ufer ist mit grossen Blöcken gesichert und geht flussabwärts in einen flacheren z.T. sandigen Bereich über. Der grössere linke Nebenarm ist strukturell sehr divers mit dominierend steinigem Substrat



Steine mit Algenaufwuchs im Nebenarm Naturufer am Hauptarm (linkes Ufer)

Biologische Besonderheiten

Die Restwasserstrecke bei Villnachern gehört (wie auch der Gösgger Schachen) zu den gut mit Benthos besiedelten Restwasserstrecken der Aare. Insekten machen 80% der Besiedlung aus. Wesentlicher Bestandteile sind hier Eintagsfliegen wie *Caenis macrura* und flusstypische Köcherfliegen wie *Hydropsyche* spp. und *Psychomyia pusilla*. Daneben sind auch Flohkrebse, Asseln, Käfer und Schnecken gut vertreten. Wasserkäfer erreichen hier die höchsten Dichten an der Aare. Neben den auch andernorts häufigeren Arten wurden hier Äschen, Aale und viele Hechte nachgewiesen.



Hakenkäfer (*Elmis* spp.)

Elritze (*Phoxinus phoxinus*)

Äusserer Aspekt	Uli	S1	S2	S3	Ure	Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	2	2	3	2	3	
Bewuchs Algenbüschel	1	1	2	2	1	
Bewuchs Makrophyten	2	2	1	2	2	
Besiedlung Dreissena	2	1	2	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	2	2	1	2	2	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	1				1	
Hinterlandnutzung	1				1	
Einleitungen, Einträge	1				1	

Bewuchs/Besiedlung: 1 = < 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 = >= 50%
 Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

Substrate	Uli	S1	S2	S3	Ure	Erläuterungen
anstehender Fels						
Blöcke > 200 mm						
Steine 63 mm - 200 mm	3	2	3	2		Mit Feinmaterialauflage
Grobkies 20 mm - 63 mm	2	2	2	2	2	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm	2			1		
Feinkies 2 mm - 6,3 mm	2			1		
Sand 0,063 mm - 2 mm	1	1	1	1	3	
Schluff < 0,063 mm						
Ton						
Muschelschalen, Schill						
Kalk, Sinter						
Sonstige					2	Detritus

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

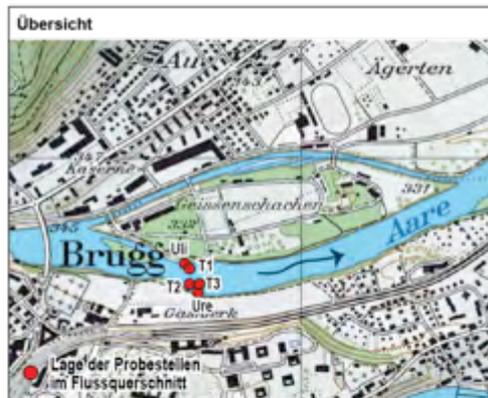
Brugg (Aare-km 109; Code BRU)

Koordinaten CH 1903: 658660/259668



Chrakterisierung der Probestelle

Die Probestelle liegt in einem frei fliessenden Aare-Abschnitt. Auch hier herrschen deshalb hohe Abflussgeschwindigkeiten und grössere Strömungsdiversität. Oberhalb des Untersuchungsabschnitts liegt eine kleine Flussinsel. Das linke Ufer ist mit Blockwurf und Blockmauern befestigt. Das daran anschliessende Übungsgelände der Rekrutenschule Brugg wird auch als öffentliche Badestelle und zur Naherholung genutzt. Das rechte Ufer wurde auf ca. 160m Länge revitalisiert, flacher gestaltet, deutlich aufgeweitet und dabei kleine Inseln und ruhige Hinterwässer geschaffen. Im Flussquerschnitt dominieren steinige Substrate, nur innerhalb der Revitalisierungsstrecke kommen auch grossflächig Feinsedimente vor.



Tiefe Sohle mit grösseren Steinen



Uferrenaturierung (flussabwärts)

Biologische Besonderheiten

Die Aare bei Brugg weist eine mittlere Bethosdichte auf. Über 50 % werden durch Zuckmücken gestellt, 10% teilen sich die die restlichen Insekten, vor allem Köcherfliegen. Asseln und Flohkrebse stellen noch einmal 20% der Benthosgemeinschaft. Neben den für diesen Aareabschnitt typischen Fischarten wie Alet, Schneider, Elritze, Groppe und Schmerlen wurden die höchsten Dichten der sonst seltenen Hasel gefunden.



Köcherfliege
(*Psychomyia pusilla*)



Hasel
(*Leuciscus leuciscus*)

Äusserer Aspekt	Uli	T1	T2	T3	Ure	Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	2	3	2	1	2	
Bewuchs Algenbüschel	1	1	2	2	1	
Bewuchs Makrophyten	1	2	1	2	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	1	1	
Kolmation	1	2	1	1	1	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	
Hetrotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	1				1	
Hinterlandnutzung	1				2	
Einleitungen, Einträge	1				1	

Bewuchs/Besiedlung: 1 = 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 = 50%
 Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

Substrate	Uli	T1	T2	T3	Ure	Erläuterungen
anstehender Fels						
Blöcke > 200 mm	1				2	
Steine 63 mm - 200 mm	3	2	3	2	2	
Grobkies 20 mm - 63 mm	2	2	2	2	1	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm						
Feinkies 2 mm - 6,3 mm						
Sand 0,063 mm - 2 mm	2	2		2	2	
Schluff < 0,063 mm						
Ton						
Muschelschalen, Schill						
Kalk, Sinter						
Sonstige						

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

Stilli (Aare-km 112; Code STI)

Koordinaten CH 1903: 659927/261697



Chrakterisierung der Probestelle

Die Probestellen liegen teils im Mündungsbereich der Limmat in die Aare und ca. 1300 m unterhalb der Reuss-Mündung. Das gesamte Gebiet ab Brugg wird daher auch als „Wasserschloss“ bezeichnet. An den Probestellen der linken Seite und der Flusssohle ist das Ufer stark verbaut und liegt direkt vor dem Siedlungsgebiet. Die die über 1 km flussabwärts gelegenen Stellen am rechten Ufer befinden sich an einem Steilufer, das stellenweise hart gesichert ist. Hier zeigen sich bereits die Verhältnisse nach dem Zusammenfluss der drei grossen Flüsse. Das Hinterland bilden Wald- und Landwirtschaftsflächen. Das Substrat ist im gesamten Bereich steinig mit viel Grobkies und teilweise etwas Sand, stellenweise (T3) ist es aber auch stark kolmatiert.



Sohle mit Steinen und Kies



Untersülpte Baumwurzeln als wertvoller Fischunterstand

Biologische Besonderheiten

Die Besiedlung lag bei rund 8000 Ind./m², fast 70 % davon waren Insekten, 50% Zuckmücken, andere Insektentaxa 20% , von diesen grösstenteils Köcherfliegen. Fast ein Viertel der Besiedlung besteht aus den ständig im Wasser lebenden Asseln und Flohkrebse. Bei den Jungfischen kommen neben vielen Alet und Barben vor allem strömungsliebende Grundfische wie Groppe oder Gründling vor; bei Stilli wurden die grössten Vorkommen an Gründlingen nachgewiesen.



Köcherfliege
(*Potamanthus luteus*)



Gründling
(*Gobio gobio*)

Ausserer Aspekt	Uli	T1	T2	T3	Ure	Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	1	3	3	2	1	
Bewuchs Algenbüschel	1	2	2	1	1	
Bewuchs Makrophyten	2	2	2	1	1	
Besiedlung Dreissena	1	2	1	2	1	
Trübung	2	1	1	1	1	Natürlicher Ursprung
Verfärbung	1	1	1	1	1	
Schaum	1	1	1	1	1	
Geruch	1				1	
Eisensüdf	1	1	1	1	1	
Kolmatation	1	1	2	3	1	
Feststoffe/Abfälle	2	1	1	1	1	WC-Papier/Bauschutt
Hetrotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	1				1	
Hinterlandnutzung	1				2	
Einleitungen, Einträge	1				1	

Bewuchs/Besiedlung: 1 =< 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 >= 50%
Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

Substrate	Uli	T1	T2	T3	Ure	Erläuterungen
anstehender Fels						
Blöcke > 200 mm	1				1	
Steine 63 mm - 200 mm	3	3	2	3	3	
Grobkies 20 mm - 63 mm	2	2	3	2		
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm						
Feinkies 2 mm - 6,3 mm						
Sand 0,063 mm - 2 mm	2			2	2	
Schluff < 0,063 mm	1					
Ton						
Muschelschalen, Schill						
Kalk, Sinter						
Sonstige						

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

Felsenau (Aare-km 126; Code FEL)

Koordinaten CH 1903: 658795/272526



Charakterisierung der Probestelle

Die Probestelle Felsenau liegt 800 m unterhalb des Stauwehrs Klingnau und 600 m oberhalb der Einmündung in den Hochrhein. Die Fließgeschwindigkeit erreicht hier deutlich über 1 m/s, die Strömungsdiversität ist dabei aber gering. Am linken Ufer finden sich Sträucher und Blocksatz zur Uferbefestigung. Zur Sohle geht es flacher in steiniges Substrat über. Das rechte Ufer ist ebenfalls mit Blöcken befestigt, die sich auch im Fluss weiter fortsetzen. Landseitig schliesst sich Waldgürtel mit Uferweg an. Die tiefere Sohle ist durchgehend steinig und kiesig. Vor allem in Ufernähe finden sich grössere Bestände an flutendem Hahnenfuss.



Steinige Sohle mit Körbchenmuscheln



Quellmoose in Ufernähe

Biologische Besonderheiten

Die Aare weist an ihrer Mündung in den Rhein eine mittlere Benthosdichte auf. Allerdings sind die einzelnen Stellen sehr unterschiedlich besiedelt. Die dominanten Gruppen sind Asseln und Flohkrebse (35%), Zuckmücken (25%) und Köcherfliegen. Auch wenn sich der grosse Höckerflohkrebs bereits in der ganzen Aare etabliert hat, zeigt er im Mündungsbereich zum Rhein seine höchsten Dichten. Bei den Jungfischen sind sowohl strömungliebende Arten wie Gründling, Groppe und Barbe, als auch Bewohner von sandigen Flächen wie Steinbeisser relativ häufig.



Flussmützenschnecke (*Ancylus fluviatilis*)



Steinbeisser (*Cobitis sp.*)

Äusserer Aspekt	Uli	T1	T2	T3	Ure	Erläuterungen
Algenaufwuchs (-überzug)	2	1	3	1	2	
Bewuchs Algenbüschel	1	3	1	1	1	
Bewuchs Makrophyten	2	2	1	3	2	
Besiedlung Dreissena	1	1	1	1	1	
Trübung	2	2	2	2	2	Natürlicher Ursprung
Verfärbung	1	1	1	1	1	
Schaum	1	1	1	1	1	
Geruch	1				1	
Eisensulfid	2	1	1	1	1	
Kolmaton	1	2	1	1	1	
Feststoffe/Abfälle	1	1	1	1	1	
Heterotropher Bewuchs	1	1	1	1	1	
Wellenschlag durch Boote	1				1	
Hinterlandnutzung	2				1	
Einleitungen, Einträge	1				1	

Bewuchs/Besiedlung: 1 = < 10 % (Bedeckung), 2 = 10-50%, 3 >= 50%
 Restliche Parameter: 1: nicht vorhanden, 2: wenig/mittel, 3: viel/stark

Substrate	Uli	T1	T2	T3	Ure	Erläuterungen
anstehender Fels						
Blöcke > 200 mm	2		1	3	2	
Steine 63 mm - 200 mm	2	3	2		3	
Grobkies 20 mm - 63 mm	2	2	2		2	
Mittelkies 6,3 mm - 20 mm						
Feinkies 2 mm - 6,3 mm						
Sand 0,063 mm - 2 mm	1		1		1	
Schluff < 0,063 mm						
Ton						
Muschelschalen, Schilf						
Kalk, Sinter						
Sonstige						

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

7.2 Ergebnisse Makroinvertebraten Hauptprogramm

Tab. 7.1: Taxalste Makroinvertebraten : maximale Häufigkeiten der Taxa an den einzelnen Transekten

Datum		19.03. 2012	19.03. 2012	20.03. 2012	20.03. 2012	21.03. 2012	21.03. 2012	23.03. 2012	24.03. 2012	22.03. 2012	22.03. 2012	23.03. 2012
Bezeichnung		Nidau+Port	Arch	Wangen	Wynau	Aarburg	Olten	Winznau	Vilnachern	Brugg	Stilli	Felsenau
Taxon	Stadium											
Porifera												
Spongillidae Gen. sp.				X								
Turbellaria												
Turbellaria Gen. sp.				I	I						I	
Dendrocoelum lacteum		I	III									
Dugesia sp.		III	V	V	II	I	III		I	I		
Dugesia gonocephala						I						
Dugesia lugubris/polychroa				III	I			I			I	
Dugesia tigrina		I	V	III				I				
Nematoda												
Nematoda Gen. sp.						I	I	IV	I	I	I	I
Bivalvia												
Corbicula fluminea		V	V	VII	II	III	IV	II	IV	VI	VI	VII
Dreissena polymorpha		VII	VII	VI	I	I	V		II	III	IV	I
Pisidium amnicum			I	I						I	I	
Pisidium henslowanum/supinum		I			I							
Pisidium sp.		IV	VI	IV		I	I	I	I		III	III
Sphaeriidae Gen. sp.		II	II								I	
Sphaerium cf. corneum			IV									
Gastropoda												
Gastropoda Gen. sp.			I							I		
Acroloxus lacustris												
Ancylus fluviatilis			I	VI	IV	II	VI	III	VI	V	VI	VII
Bathymphalus contortus		I										
Bithynia tentaculata		IV	IV					I	I	I	I	
Gyraulus albus			I									
Gyraulus laevis/parvus												I
Gyraulus sp.									I			
Haitia acuta/heterostropha		II	II	II			I	I	II	I		II
Hippeutis complanatus		I										
Lithoglyphus naticoides			IV									
Lymnaea stagnalis									I	I		I
Physidae Gen. sp.			I						I			
Planorbidae Gen. sp. juv.		I										
Planorbis carinatus												I
Potamopyrgus antipodarum		I	II	V		I	IV	II	V	III	I	II
Radix balthica			I	I					II	I	I	
Valvata cristata			I									
Valvata piscinalis		I	IV	I				III	II			
Oligochaeta												
Oligochaeta Gen. sp.		III	V	IV	IV	II	III	II	III	III	IV	II
Branchiura sowerbyi			I									
Eiseniella tetraedra		IV	III	I	II	II	II	III	II	III	II	I
Lumbriculidae Gen. sp.			II					I				IV
Lumbriculus variegatus			IV									I
Pelosclex (Spirosperma) ferox			II									
Quistadrilus multisetosus		V										
Stylaria lacustris			II	I	II	I	I					
Stylodrilus heringianus + sp.		IV	IV	IV	I	I	V	III	I	IV	V	IV

Datum		19.03. 2012	19.03. 2012	20.03. 2012	20.03. 2012	21.03. 2012	21.03. 2012	23.03. 2012	24.03. 2012	22.03. 2012	22.03. 2012	23.03. 2012
Bezeichnung		Nidau-Port	Arch	Wangen	Wynau	Aarburg	Olten	Winznau	Villnachern	Brugg	Stilli	Felsenau
Taxon	Stadium											
Tubificinae/Naidinae Gen. sp.		V	VII	VI	III	III	III		III	II	IV	V
Hirudinea												
Alboglossiphonia hyalina				I								
Batracobdella euxina		I		I								
Caspiobdella fadejewi											I	
Dina punctata		II	II	I		I	I		II	II	I	I
Dina sp.												
Erpobdella octoculata			II									
Erpobdellidae Gen. sp.		IV	I				II	I	I	II		
Glossiphonia complanata			III	I				I	I			
Glossiphonia concolor			III									
Glossiphonia sp.				I								
Glossiphoniidae Gen. sp.												
Helobdella stagnalis			IV									I
Hemiclepsis marginata			I									
Italobdella ciosi			I									
Piscicola geometra			I						II		I	
Piscicola respirans							II					
Piscicolidae Gen. sp.		I										
CRUSTACEA: Amphipoda												
Amphipoda Gen. sp.		III				III		IV	VI		V	VII
Crangonyx pseudogracilis							I					
Dikerogammarus villosus		III	II	III	I	I	IV	III	V	IV	IV	VII
Gammarus fossarum			V	IV	IV	III	IV	III	III	IV	IV	I
Gammarus pulex			I	I		I		I		I		I
Gammarus fossarum/pulex			IV	VI	IV	V	VI	IV	IV	VI	V	III
Gammarus roeseli		I	VII	VI	V	III	I	IV	IV	III	II	II
Synurella ambulans				III			I					
CRUSTACEA: Isopoda												
Asellus aquaticus		V	V	IV	I		I		I			I
Jaera istri				I	V	V	VII	VI	VI	VII	VII	VII
CHELICERATA: Acarina												
Hydracarinae Gen. sp.		II	IV	IV		I	II	III	I	I	I	I
INSECTA												
Ephemeroptera												
Baetidae												
Baetis sp.	la											
Baetis alpinus	la				II							
Baetis cf. fuscatus	la											
Baetis lutheri	la					I			I			
Baetis rhodani	la			I	IV	IV		IV	IV	I	I	II
Baetis vardarensis	la				II	II		IV	V			III
Baetis vardarensis/lutheri	la				I	I		I	IV		I	I
Centropilum luteolum	la						I		I			
Caenidae												
Caenis horaria	la	III	IV	I					I			I
Caenis luctuosa/macrura	la	I										
Caenis macrura	la		IV	V	I	I	II	II	VII	IV	IV	III
Ephemerellidae												
Serratella ignita	la											
Ephemeridae												
Ephemera sp.	la								IV	I		
Ephemera danica	la		I	III					IV	I	I	
Heptageniidae												

Datum		19.03. 2012	19.03. 2012	20.03. 2012	20.03. 2012	21.03. 2012	21.03. 2012	23.03. 2012	24.03. 2012	22.03. 2012	22.03. 2012	23.03. 2012
Bezeichnung		Nidau-Port	Arch	Wangen	Wynau	Aarburg	Oltten	Winznau	Villnachern	Brugg	Stilli	Felsenau
Taxon	Stadium											
Ecdyonurus sp.	la				I			I	I			III
Ecdyonurus torrentis	la											
Ecdyonurus venosus	la			I	II	I		I		I		I
Ecdyonurus venosus-Gr.	la											II
Electrogena sp.	la									I		
Heptagenia sulphurea	la			III	I	I	III	II	I	III	IV	IV
Rhithrogena gratianopolitana	la											
Rhithrogena semicolorata	la				I	I						
Rhithrogena semicolorata-Gr.	la											
Leptophlebiidae												
Habroleptoides confusa	la			I								
Habrophlebia lauta	la			I								
Paraleptophlebia submarginata	la					I						
Potamanthidae												
Potamanthus luteus	la		IV	V	II	II	IV	IV	III	III	V	IV
Odonata												
Calopterygidae												
Calopteryx sp.	la										I	
Calopteryx splendens	la											I
Coenagrionidae												
Coenagrionidae Gen. sp.	la								I			
Enallagma cyathigerum	la											
Gomphidae												
Gomphidae Gen. sp.	la		I	I	I					I		
Gomphus vulgatissimus	la		III				I		I			
Libellulidae												
Orthetrum brunneum	la		I									
Platycnemidae												
Platycnemis pennipes	la			I					II			
Plecoptera												
Leuctridae												
Leuctra sp.	la			III	IV	III	I					
Nemouridae												
Amphinemura sulcicollis/triangularis	la			I								
Amphinemura triangularis	la											
Nemoura sp.	la			I				I				
Protonemura sp.	la				I				I			
Perlodidae												
Isoperla sp.	la										I	
Isoperla cf. grammatica	la				II	I						
Taeniopterygidae												
Brachyptera risi	la				I							
Heteroptera												
Aphelocheirus aestivalis	la		IV	IV			IV	IV	III	I	III	I
Corixinae	la	I							III			
Micronecta sp.	la	III		II			IV	I	III	II		
Coleoptera												
Curculionidae Gen. sp.	la					I						
Colymbetinae												
Platambus maculatus	la								I			
Platambus maculatus	ad											
Hydroporinae												
Potamonectes depressus	ad		I									
Elmidae												

Datum		19.03. 2012	19.03. 2012	20.03. 2012	20.03. 2012	21.03. 2012	21.03. 2012	23.03. 2012	24.03. 2012	22.03. 2012	22.03. 2012	23.03. 2012
Bezeichnung		Nidau-Port	Arch	Wangen	Wynau	Aarburg	Olten	Winznau	Villnachern	Brugg	Stilli	Felsenau
Taxon	Stadium											
Elmis sp.	la+ad		I	II	I	III	II	II	IV	I	II	I
Elmis cf. aenea	la					I	I		I			
Elmis maugetii	la			II	I	III	III	III	V	II	IV	II
Esolus sp.	la			I			III	I				
Esolus cf. angustatus	la				I						II	
Limnius sp.	la+ad				I							
Limnius opacus	la								I			I
Limnius perrisi	la			III			I	I		I		
Limnius volckmari	la+ad			III		III	III	IV	IV	II	III	I
Riolus cf. cupreus	la			I			I		III			
Riolus sp.	la+ad			IV	I	II	I		II		I	
Gyrinidae												
Orectochilus villosus	la					I	I	II	II	I	II	
Haliplidae												
Haliplus sp.	la		I									
Scirtidae												
Elodes sp.	la					I						
Trichoptera												
Trichoptera Gen. spp.	pu							I				
Glossosomatidae												
Glossosomatidae Gen. sp.	pu						II	I		II	II	IV
Glossosomatinae Gen. spp.	la						I					
Agapetus ochripes	la											IV
Glossosoma sp.	la						I	I				
Glossosoma boltoni	la				II	I	III	II	I	II	IV	IV
Goeridae												
Goeridae Gen. sp.	la					I						
Goeridae Gen. sp.	pu										I	III
Goera pilosa	la						I	I	II			III
Silo nigricornis	la				I		I	I	I			I
Silo piceus	la								I	IV	IV	IV
Hydroptilidae												
Agraylea multipunctata	la	I										
Agraylea sexmaculata	la									I		
Hydroptila sp.	la		II	III	II	IV	III	III	I	II	III	I
Hydropsychidae												
Cheumatopsyche lepida	la							I	III	I	III	II
Hydropsyche sp.	la			IV	III	III	III	IV	V	III	IV	IV
Hydropsyche contubernalis	la		I	IV	I	I	I	I	I	III	IV	I
Hydropsyche incognita	la				II	I	I	IV	IV	I	III	III
Hydropsyche cf. pellucidula	la			I								
Hydropsyche siltalai	la					I	I	II	V		III	I
Lepidostomatidae												
Lepidostoma hirtum	la			IV	I	II	III	III	II	III	V	IV
Leptoceridae												
Leptoceridae indet	la											
Athripsodes sp.	la							I	III		I	
Athripsodes cinereus	la		I					I	IV	I		I
Ceraclea aurea	la							II			I	II
Ceraclea dissimilis	la		I									
Mystacides sp.	la	I	I				I	I	IV	I	I	
Mystacides azurea	la	I	I				II	II	III	I		
Oecetis notata	la		I				I				I	I
Setodes punctatus	la		IV	III	I		II	III		IV	IV	I

Datum		19.03. 2012	19.03. 2012	20.03. 2012	20.03. 2012	21.03. 2012	21.03. 2012	23.03. 2012	24.03. 2012	22.03. 2012	22.03. 2012	23.03. 2012
Bezeichnung		Nidau-Port	Arch	Wangen	Wynau	Aarburg	Oltten	Winznau	Villnachern	Brugg	Stilli	Felsenau
Taxon	Stadium											
Limnephilidae												
Limnephilidae Gen. sp.	la		IV	II	I		I	I	III			
Allogamus auricollis	la			I								
Anabolia nervosa	la								IV	I	I	I
Chaetopterygini/Stenophylacini	la				I					I		I
Chaetopteryx fusca/villosa	la									I		
Halesus sp.	la											I
Halesus cf. digitatus	la											I
Halesus cf. tessellatus	la			II			II		I	I	I	I
Limnephilini	la	I	IV	II			II		V			I
Limnephilus lunatus /germanus	la	I	III	II					I			
Mesophylax impunctatus	la		I									
Potamophylax cf. cingulatus	la								I			
Polycentropodidae												
Cyrnus trimaculatus	la		II							II		
Neureclipsis bimaculata	la	II	IV	III	I							
Polycentropus flavomaculatus	la			I	I		II	I		II	II	I
Psychomyiidae												
Lype reducta	la	I										
Psychomyia pusilla	la	I		VI	IV	III	VII	VII	VI	VII	VII	VII
Tinodes sp.	la			I								
Tinodes waeneri	la		IV				I					
Rhyacophilidae												
Rhyacophila sp.	la				I			I	I		I	I
Rhyacophila sensu stricto	la			I	I	I		IV	III	I	II	
Diptera												
Chironomidae												
Chironomidae Gen. sp.	pu	I		IV	V	IV	IV	VI	IV	V	IV	V
Chironomini	la	III	V	VI	III		IV	IV	IV	IV	IV	III
Chironomus sp.	la											
Chironomus thummi-Gr.	la	I	II	I								
Chironomus-obtusidens-Gr.	la			I								
Chironomus-plumosus-Gr.	la											
Diamesinae	la		IV		III	III	IV	V	VII	IV	IV	III
Microtendipes pedellus -Gr.	la	II	V					II	V	IV	IV	
Orthocladinae	la	II	V	VII								
Prodiamesa olivacea	la	I	IV	IV			IV	I	IV	I	II	III
Prodiamesinae	la											
Tanypodinae	la	III	IV	IV	III	V	V	II	IV	III	IV	III
Tanytarsini	la	II	VI	VII	IV	VI	VII	VI	VI	V	V	V
sonstige Diptera												
Antocha sp.	la		I	I			II	IV	III	II	I	I
Ceratopogoninae	la	I	IV	IV	I		III	III	IV	II	I	I
Chaoboridae Gen. sp.	la					I						
Chelifera sp.	la			I	I		I			I		
Clinocerinae Gen. sp.	la									I		
Dicranota sp.	la			I		I	I					
Eriopterini	la			I						I		
Hemerodromia sp.	la			III	I				I	I		
Limoniidae Gen. sp.	la			I								
Limnophora sp.	la						I				I	
Prosimulium sp.	la				I	I		I	I			
Psychodidae Gen. sp.	la						I					
Simulium sp.	la				II	I		IV	IV			III

Datum		19.03. 2012	19.03. 2012	20.03. 2012	20.03. 2012	21.03. 2012	21.03. 2012	23.03. 2012	24.03. 2012	22.03. 2012	22.03. 2012	23.03. 2012
Bezeichnung		Nidau-Port	Arch	Wangen	Wynau	Aarburg	Olten	Winznau	Villnachern	Brugg	Stilli	Felsenau
Taxon	Stadium											
Simulium sp.	pu					I			I		I	
Simulium lineatum	pu				I					I		
Simulium intermedium-Gr.	pu					I					I	
Simulium variegatum	pu											
Tipula sp.	la		I		I						I	
Megaloptera												
Sialis sp.	la	II					I		I	I		
Sialis lutaria	la	III	III									
Lepidoptera												
Cataclysta lemnata	la											I

VII	> 1000
VI	501-1000
V	201-500
IV	51-200
III	21-50
II	11-20
I	1-10

Ind./m²

> 1000
501-1000
201-500
51-200
21-50
11-20
1-10

ad = adult

la = Larve

pu = Puppe

Gr. = Gruppe

7.3 Ergebnisse Makroinvertebraten Sonderprogramm Restwasser

Tab. 7.2: Restwasseruntersuchung – geographische Daten der Benthosprobestellen

Bezeichnung	RW Winznau										
	GÖS2	GÖS1		GÖS3					GÖS4		
	Kanal	B1	B2	B1	B2	B3	B4	B5	B1	B2	B3
y Koordinaten (CH1903)		636433	636552	638718	638732	638573	638718	638676	641921	641936	641955
x Koordinaten (CH1903)		246198	245885	245378	245354	245459	245407	245446	246035	246186	246154
m ü. M.		388	386	379	379	380	380	381	374	374	374

Bezeichnung	Villnachern					
	VIL2					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
y Koordinaten (CH1903)	655896	655889	655497	655518	655489	655456
x Koordinaten (CH1903)	258075	258085	257815	257790	257780	257724
m ü. M.	340	340	340	340	339	339

Tab. 7.3: Restwasseruntersuchung – Taxaliste

Angegeben ist die Häufigkeit der Nachweise eines Taxons (1 bis 3 Nachweise)

Bezeichnung	RW Winznau											Villnachern					
	GÖS2	GÖS1		GÖS3					GÖS4			VIL2					
	Kanal	B1	B2	B1	B2	B3	B4	B5	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Beschreibung																	
	Kanal	Fischtrappe	Riffle	Hochwasserinne	Hauptrinne	Riffle	"See" temporär	"See" permanent	oberhalb Bally-Schwelle	Grundwasseraufstoss	Riffle	Hauptarm ; Gleite	Nebenarm ; riffelig	Nebenarm; Ufer links	Nebenarm, Rinne	isolierter Tümpel	Nebenarm; flach
Taxon (Stadium)																	
Porifera																	
Porifera Gen. sp.			1														
Ephydatia fluviatilis		1															
Bryozoa																	
Bryozoa Gen. sp.		1	1										1				
Turbellaria																	
Dugesia sp.	1	1	1	1						2							
Dugesia gonocephala													1				
Dugesia lugubris/polychroa			1					1		1						1	
Dugesia tigrina		1	2		1						1		2				
Bivalvia																	
Corbicula fluminea	2	3	3		3	3			1	1	1	3	3	3	3		3
Dreissena polymorpha	2	1	2	1	2						1	3	3	2	3		3
Pisidium sp.		1						1	2					1			1
Sphaerium corneum													1				
Unio tumidus																	
Gastropoda																	
Ancylus fluviatilis	2	3	2	1	3	2	1	2	1	2	2	3	3	3	3	1	2
Bithynia tentaculata				2	1	1	2	2						2		2	2
Gyraulus laevis/parvus						1						1		1			
Hippeutis complanatus																1	
Lymnaeidae Gen. sp.				1													
Lymnaea stagnalis						1							1	1		1	1
Haitia acuta/heterostropha		3		2	3	2	2		1	2	1	1	1	2	1	2	1

Bezeichnung	RW Winznau											Villnachern					
	GÖS2	GÖS1		GÖS3					GÖS4			VIL2					
	Kanal	B1	B2	B1	B2	B3	B4	B5	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Physidae Gen. sp.	1			1													
Planorbidae Gen. sp.														1		1	
Potamopyrgus antipodarum	1	3	2	2	2	3	2	3	2	2	3	3	1	2	2		3
Radix balthica	1	1		2		2	2	1	1	1			1		1	2	3
Radix sp.	1						1						1				
Valvata piscinalis				2		1	1	1	1		1	1					
Oligochaeta																	
Eiseniella tetraedra	2		2	2	1	2	1	1	2	2		2	2	3	1	1	2
Enchytraeidae									1								
Naidinae Gen. sp.						1		1					1	1			
Naidinae/Tubificinae Gen. sp.		2		1					1	1	1	1		1			3
Oligochaeta Gen. sp.	1	2	1		1			2	2	1	1	1		1	1		1
Stylaria lacustris										1							
Stylodrilus heringianus	1	1	1		1			1	2	1	2	2					1
Stylodrilus sp.	1	1	1		1				2		2						1
Hirudinea																	
Alboglossiphonia heterocita																	
Batracobdella euxina								1	1								
Dina punctata	1	2			1	2		2	2	3	2	1	2	1	1		1
Erpobdella octoculata	2					1											
Erpobdellidae Gen. sp.		2		2		1				1	2	1			1	1	2
Glossiphonia complanata							1										
Glossiphonia nebulosa				1													
Glossiphonia paludosa								1									
Helobdella stagnalis								1									2
Arachnida																	
Hydracarinae Gen. sp.				2	2	2	1	2									1
Crustacea																	
Asellus aquaticus										2	1	1					2
Dikerogammarus villosus	2	3	3	1	3	2	1	2	1	3	3	3	3	3	3	2	3
Gammarus fossarum	2	2	1	1	2	2		1	2	3	2		1				
Gammarus pulex		1	1														
Gammarus fossarum/pulex	1	3	1	1	3	2	1	2	2	3	2	1	2	1		1	1
Gammarus roeseli	1	3	1	2	2	1	2	3	2	2	2	1		1		2	1
Jaera istri	2	3	3	1	3	2		2	1	2	2	3	3	3	3	1	3
Ephemeroptera																	
Alainites muticus				1													
Baetis cf. fuscatus		2	2	1	2	2			2		2	2	2	1	2		1
Baetis rhodani	1	2	2		1	1							1		1		
Baetis vardarensis	1	2	3	1	3	2			1		3	3	3	1	1		
Baetis vardarensis/lutheri	1	1	1		2	1					1	3	2				
Baetis sp.	1	1															
Caenis horaria								2						1		1	1
Caenis macrura	1			2	1	3	1	2	2	3	3	2	3	2	3	2	3
Centroptilum luteolum														1			1
Cloeon dipterum							1	2							2		
Ecdyonurus venosus						1									1		1

Bezeichnung	RW Winznau											Villnachern					
	GÖS2	GÖS1		GÖS3					GÖS4			VIL2					
	Kanal	B1	B2	B1	B2	B3	B4	B5	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B4	B5	B6
<i>Ecdyonurus venosus</i> -Gr.		1															
<i>Ecdyonurus</i> sp.				1	1	1											
<i>Ephemera danica</i>														2			1
<i>Heptagenia sulphurea</i>	2	2		1	2	1		1	1		2	1	2	1	1	1	
Heptageniidae Gen. sp.												1					
<i>Potamanthus luteus</i>	2	1	1		2	1		1		1		1	1	1	1		1
<i>Serratella ignita</i>		3	2	2	3	2			2	2	2	2	2				2
Odonata																	
<i>Anax imperator</i>																1	
<i>Calopteryx</i> sp.												1					
<i>Calopteryx splendens</i>					1												
Coenagrionidae Gen. sp.								1						1			
Gomphidae Gen. sp.								1									
<i>Gomphus vulgatissimus</i>		1								1							
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	1	1			1									1			
<i>Platycnemis pennipes</i>																1	
Plecoptera																	
<i>Leuctra</i> sp.					1								2				
<i>Perlodes microcephalus</i>								1									
Heteroptera																	
<i>Aphelocheirus aestivalis</i>	1	2	1		3	1		1	2	2	1	2	3	2	1		
Corixidae Gen. sp.																	1
<i>Gerris</i> sp.																1	1
<i>Hydrometra</i> sp.				1													
<i>Micronecta</i> sp.				1	1	1	1	2								1	2
Megaloptera																	
<i>Sialis lutaria</i>																1	
Coleoptera																	
<i>Elmis maugetii</i> (la)	2	2	2	1	1						3	3	3	2	1		2
<i>Elmis</i> sp.	1	1	2			1		1					3	1			
<i>Esolus</i> sp. (ad)	1																
<i>Haliplus</i> sp.							2										1
Hydroporinae (ad)																1	
<i>Laccobius</i> sp. (ad)					1												
<i>Laccophilus hyalinus</i> (ad)																1	
<i>Laccophilus</i> sp. (la)							1									1	
<i>Limnius volckmari</i> (la)	2	3	2		2	2		1	2	1	3	2	3				
<i>Limnius</i> sp. (ad)			1	1													
<i>Orectochilus villosus</i> (la)	1	1			1			1				1	1	1			
<i>Platambus maculatus</i> (la)												1					
<i>Riolus</i> cf. <i>cupreus</i> (la)													3				
<i>Riolus</i> sp.		1											1				
Trichoptera																	
<i>Agapetus ochripes</i>					2												
<i>Agraylea sexmaculata</i>							1										
<i>Anabolia nervosa</i>																1	
<i>Athripsodes albifrons</i>							1										

Bezeichnung	RW Winznau											Villnachern					
	GÖS2	GÖS1		GÖS3					GÖS4			VIL2					
	Kanal	B1	B2	B1	B2	B3	B4	B5	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B4	B5	B6
<i>Athripsodes cinereus</i>				1					2	1		2			1	1	2
<i>Athripsodes</i> sp.												1					
<i>Ceraclea aurea</i>					1												
<i>Cheumatopsyche lepida</i>			1		1							2	2				
<i>Cymus trimaculatus</i>				1			1	1						1			
<i>Glossosoma boltoni</i>	2	1	2		3	1		1	2		1	2					
<i>Glossosoma boltoni</i> (pu)	1		1								1						
<i>Glossosoma boltoni/ conformis</i>	1				1			1					1				
Glossosomatidae (pu)					3						1	1					
<i>Goera pilosa</i>									1	2		1		1			2
Goeridae Gen. sp.									1			1					
<i>Halesus cf. tessellatus</i>														1			
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	1	1	1		2	1			1		2	1	2				1
<i>Hydropsyche incognita</i>	2	3	3	1	3	3	1	1	2	1	3	3	3		3		
<i>Hydropsyche siltalai</i>	1		1	1	1	1		1		1		3	3	2			1
<i>Hydropsyche</i> sp.	2	2	3	1	3	3		1	2	1	3	3	3	2	2		1
<i>Hydroptila</i> sp.	2	3	3	2	3	2		3	2		2	3	3	1	2		3
Hydroptilidae (pu)												1				1	
<i>Lepidostoma hirtum</i>	2	2	1	1	2	1		2	1	2	1	2	2		1		1
Leptoceridae Gen. sp.																1	
<i>Limnephilus rhombicus</i>														1			
<i>Lype reducta</i>													1				
<i>Mystacides azurea</i>								1				1					
<i>Mystacides</i> sp.												2					
<i>Oecetis notata</i>								1				1					
Polycentropodidae Gen. sp.					1												
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>		1	1	1		1	1	1	2	1	2	2					2
<i>Potamophylax cf. cingulatus</i>														1			
<i>Psychomyia pusilla</i>	2	3	3	1	3	2	1	2	3	2	3	3	3	2	3	1	3
<i>Rhyacophila sensu stricto</i>	2	3	3	1	3	2			1		1	3	3	1			
<i>Rhyacophila</i> sp.			3	1	1	1			1			2	2				
<i>Setodes punctatus</i>	1	1			1	1					1						
<i>Silo nigricornis</i>		1			2	1				1	1	1		2			
<i>Silo</i> sp.															1		
Diptera																	
Chironomidae																	
Chironomidae Gen. sp.						1		2	1	1							
Chironomini		1		1	1		2	1	3	1	1	1		2	2	1	3
<i>Chironomus thummi</i> -Gr.								1		1		1					1
<i>Chironomus obtusidens</i> -Gr.								1	1	1	1			1			
Diamesinae Gen. sp.	1	1	2		1	2	1		1		2	1	2	1	1		1
<i>Microtendipes pedellus</i> -Gr.	1	1		2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	1		2	3
Orthocladiinae	2	3	3	1	3	3	1	2	3	2	3	3	3	3	3	1	3
<i>Prodiamesa olivacea</i>		1			1			1								1	
Tanypodinae	1		1	1		1	2	1		1	1	1		2		1	
Tanytarsini	2	2	3	2	3	2	1	2	2	1	3	3	3	2	2		3

Bezeichnung	RW Winznau											Villnachern					
	GÖS2	GÖS1		GÖS3					GÖS4			VIL2					
	Kanal	B1	B2	B1	B2	B3	B4	B5	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B4	B5	B6
andere Diptera																	
Antocha sp.	2	3	2	1	2	2		1	3		1	3	3	1	3		1
Beris sp.										1							
Ceratopogoninae/ Palpomyiinae					1	1	1					1		1		1	
Clinocerinae			1										1				
Dicranota sp.											1						
Hemerodromia sp.		2							2				1				
Limnophora sp. (pu)												1					
Simulium equinum (pu)													1				
Simulium lineatum (pu)		1			1							1					
Simulium sp. (la)	1	3	3	1	3	3						2	3				
Sciomyzidae Gen. sp.							1										
Stratiomyidae Gen. sp.										1							
Tabanidae Gen. sp.				1													
Tipula sp.						1			1								
Sonstige																	
Nematoda						1											
Ostracoda								1									
Kamberskrebse														1			

7.4 Ergebnisse Jungfischuntersuchungen Hauptuntersuchung

Tab. 7.4: Fangliste Jung- und Kleinfische: Angabe in durchschn. Individuenzahl / 100 m Uferstrecke)

Fischart	Port	Arch	Wangen	Wynau	Aarburg	Olten	Winzsau	Villnachern	Brugg	Stilli	Felsenau
Aal	0,5							0,5			1,8
Ailet		14,4	9,2	1,6	4,0	44,0	17,0	24,0	55,8	306,9	150,9
Bachforelle		0,4	3,1	3,2	0,3	5,0	1,5	4,9			0,9
Bachneunauge		0,4			0,3		0,3				0,9
Barbe							4,2	0,5	3,2	12,0	5,5
Bitterling		5,6	0,4								
Elritze			3,1		5,7	1,0	83,9	471,1	30,2	46,9	3,6
Flussbarsch	7,1	1,2	3,5		0,8	3,0	1,2	4,9	0,7	3,4	
Groppe	21,4	5,6	0,8	2,3	7,5	54,0	157,9	39,7	53,0	25,1	40,0
Gründling		14,0	3,1		1,1	5,0	4,5	1,5	4,9	5,1	12,7
Hasel				0,2	0,3			7,3	17,2	1,7	
Hecht											1,8
unbest. Weissfisch		0,4	1,5		0,3			0,5		1,7	
Kaubarsch											1,7
Laube	0,6	0,4	0,4	0,2	0,3			0,5	1,1	10,3	0,9
Nase						1,0	0,3		3,5	1,7	
Rotauge	55,2	8,4	20,8	0,9	4,0	42,0	4,2	6,4	7,0	12,0	9,1
Schleie	33,1	9,2	4,2					1,0			
Schmerle		11,2	2,3	0,7	0,3	1,0					
Schneider				0,7	61,3	146,0	5,4	221,6	92,0	56,6	121,8
Steinbeißer	0,6	0,4		0,7			3,6	0,5	55,5	39,4	20,0
Stichling	7,1	7,2	35,0		2,2	4,0	11,8	6,9	0,7	2,3	5,5
Trüsche	0,6									6,9	8,2
Kamberskreb	1,9				0,3			2,9			0,9
Edelkreb							0,3				

- selten (1-5 Ind. / 100m)
- spärlich (>5-25 Ind. 100m)
- verbreitet (>25-200 Ind. 100m)
- häufig (>200-1000 Ind. / 100 m)
- massenhaft (>1000 Ind. / 100 m)

8 Literatur

- AF-COLENCO AG, BADEN (2010): Kraftwerk Gösgen. Konzessionserneuerung. Fließregime und Feststofftransport. Fachbericht C.1.- Alpiq Hydro Aare AG, 2010 http://www.so.ch/download/afu/aare/kw_goesgen/Datei10.pdf
- AMT FÜR UMWELT DES KANTONS SOLOTHURN (2008): Zustand Solothurner Gewässer 2007.- <http://www.so.ch/departemente/bau-und-justiz/amt-fuer-umwelt/publikationen/berichte/zustandsbericht-solothurner-gewaesser-2007.html>
- AQUARIUS (2004): Neubau Kraftwerk Ruppoldingen, Erfolgskontrolle Fischerei und Gewässerökologie: Nachweis der Naturverlächung der Äsche im Umgebungsgewässer. - Gutachten Aquarius im Auftrag der Atel Hydro AG
- AQUARIUS, NEUCHÂTEL/SCHNOTTWIL (2010a): Kraftwerk Gösgen. Konzessionserneuerung. Gewässerökologie und Fischerei. Fachbericht C.2.- Alpiq Hydro Aare AG, 2010 http://www.so.ch/download/afu/aare/kw_goesgen/Datei12.pdf
- AQUARIUS, NEUCHÂTEL/SCHNOTTWIL (2010b): Konzessionserneuerung Kraftwerk Gösgen Kurzbericht Fachbereich Fischerei und Gewässerökologie. ANHANG 1 Dotierregime Restwasserstrecke. 13.10.2010 http://www.so.ch/download/afu/aare/kw_goesgen/Datei11.pdf
- ARBEITSGRUPPE RENATURIERUNG DER AARE (1992): Konzept zur Renaturierung der Aare.- Im Auftrag der Kantone Bern, Solothurn, Aargau.
- BAFU: Hydrologische Daten - <http://www.hydrodaten.admin.ch/de/index.html?lang=de>
- BAFU: Nationale Daueruntersuchung der Fließgewässer (NADUF) <http://www.bafu.admin.ch/hydrologie/01831/01840/index.html?lang=de>
- BAFU (2012): Auswirkungen der Klimaveränderungen auf Wasserressourcen und Gewässer, Synthesebericht zum Projekt «Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz» (CCHydro), Reihe Umwelt-Wissen 12/17, Bern, 2012.
- BASLER & HOFFMANN (2011): Ökologisches Leitbild Aare. Aarau bis Olten. – Bericht i. A. Amt für Umwelt des Kantons Solothurn, 137 S., www.so.ch/fileadmin/internet/bjd/bumaa/pdf/wasser/sb-11-02.pdf
- BAUR W.H., BRÄUER G., RAP J. (2010): Nutzfische und Krebse: Lebensraum, Erkrankungen und Therapie.- Parey Verlag, 254 S., 3. Aufl.
- DÖNNI W. & FREYHOF J. (2002): Einwanderung von Fischarten in die Schweiz – Rheineinzugsgebiet.- Mitteilungen zur Fischerei 72, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 88 pp
- DUBLING P. ET AL. (2009): Handbuch zu fiBS. Hilfestellungen und Hinweise zur sachgerechten Anwendung des fischbasierten Bewertungsverfahrens fiBS.- Schriftenreihe des Verbandes Deutscher Fischereiverwaltungsbeamter und Fischereiwissenschaftler e.V. Heft 15 http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1237003/fiBS-Handbuch_2009.pdf
- DUBLING U., BISCHOFF A., HABERBOSCH R., KLINGER H., WOLTER C., WYSUJACK K., BERG R. (2005): Der Fischregionsindex (FRI) - ein Instrument zur Fließgewässerbewertung gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie.- Wasserwirtschaft 95 (7/8): 19-24
- EBERSTALLER J. , REY P., EBERSTALLER-FLEISCHANDERL D., BECKER A. (2007): Monitoringkonzept Alpenrhein, Konzept zur Koordination und Durchführung gewässerökologischer Untersuchungen. I. A. Internationale Regierungskommission Alpenrhein, Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie.
- GEBLER R.J. (2004): Projekt FIPA.2005, Fischaufstiegsmonitoring an den Aare-Kraftwerken zwischen Bielersee und Mündung in den Rhein, Vorprojekt 2004. Beurteilung der technischen Gegebenheiten von 18 Fischpässen bei 12 Aarekraftwerken. - Gutachten im Auftrag der Jagd- und Fischereiverwaltung des Kantons Aargau.
- GUTHRUF J, AQUATICA GMBH (2013): Erneuerung Kraftwerk Aarau. Konzessions- und Bauprojekt. Beilage zur UVB Hauptuntersuchung 5.1 Fachbericht Gewässerökologie und Fische.- IBAarau Kraftwerk AG http://www.so.ch/download/afu/aare/kw_aarau/Datei024.pdf
- GUTHRUF J. (2006): Koordinierte Fischaufstiegskontrollen an den Aare-Kraftwerken zwischen Solothurn und der Mündung in den Rhein. - Gutachten im Auftrag des Amtes für Umwelt des Kantons Solothurn, des Amtes für Wald, Jagd und Fischerei des Kantons Solothurn, der Sektion Jagd und Fischerei, BVU des Kantons Aargau und der Abt. Landschaft und Gewässer, BVU des Kantons Aargau: 99 S. + 44 S. Anhang.

- GUTHRUF J. (2008): Fischbestandeskontrolle Aare Thun-Bern 2007.- Arbeitsbericht Aquatica, Auftrag: Fischereinspektorat des Kantons Bern: 9 S.
- HARI R., GÜTTINGER H. (2004): Temperaturverlauf in Schweizer Flüssen (1978-2002). Auswertungen und grafische Darstellungen fischrelevanter Parameter.- Fischnetz-Publikation. EAWAG Dübendorf, Projekt 01/08, S. 4, 13
- HÜRLIMANN J., NIEDERHAUSER P. (2007): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Kieselalgen Stufe F (flächendeckend).- Umwelt-Vollzug Nr. 0740. Bundesamt für Umwelt, Bern. 130 S.
- INVENTAR HISTORISCHER VERKEHRSWEGE DER SCHWEIZ (IVS) (2006): Historische Verkehrswege im Kanton Solothurn. ASTRA, Bern, 40 S.
- JUEG U., MÜRLE U. (2013): Nachweise von *Batracobdella euxina* Neubert & Neumann, 1995 (Hirudinea, Glossiphoniidae) in der Schweiz. – *Lauterbornia* 76/2013, S. 95-101.
- KERST – BERATUNGEN (2010): Kraftwerk Gösgen. Konzessionserneuerung. Natur, Landschaft und Erholung. Fachbericht C.3 http://www.so.ch/download/afu/aare/kw_goesgen/Datei13.pdf
- KIRCHHOFER A., BREITENSTEIN M., ZAUGG B. (2007): Rote Liste der Fische und Rundmäuler der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 0734. 64 S. www.admin.ch/ch/d/sr/45.html
- MARRER H., ARBEITSGEMEINSCHAFT RESTWASSER KW GÖSGEN (1998): Kraftwerk Gösgen: Untersuchung Restwasserproblematik. Im Auftrag des Baudepartements Kanton Solothurn, Amt für Wasserwirtschaft sowie Baudepartement Kanton Aargau, Abteilung Landschaft und Gewässer
- MOOG O. (ed.) (2002): Fauna Aquatica Austriaca, Edition 2002.– Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien
- MOOG, O. (ed.) (1995): Fauna Aquatica Austriaca. - Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien, lose Blattsammlung.
- MOOG, O. (ed.) (2003): Fauna Aquatica Austriaca, Ergänzungen 2002.– Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien http://www.lebensministerium.at/wasser/wasser-oesterreich/plan_gewaesser_ngp/umsetzung_wasser-rahmenrichtlinie/FAA.html
- 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.)
- MÜRLE U., ORTLEPP J., REY P. (2008): Biologische Untersuchungen der Aare zwischen Thunersee und Bielersee. Fachbericht Makroinvertebraten. i.A. des Gewässer- und Bodenschutzlabors, Kanton Bern, Bericht Hydra Öschelbronn und St. Gallen
- 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.)
- MÜRLE U., WEBER B. & ORTLEPP J. (2003): *Synurella ambulans* (Amphipoda: Crangonyctidae) in der Aare/Rhein. – *Lauterbornia* 48: 61-66, Dinkelscherben
- ORTLEPP J. (2011): Biologische Untersuchung der Limmat bei Turgi und Wettingen AG. Fachbericht Makrozoobenthos Untersuchungen vom 17. / 18. März 2010. –i.A. des Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung für Umwelt, Kanton Aargau, Bericht Hydra AG St. Gallen
- ORTLEPP J., GERSTER S. (1998): Literaturstudie über biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Bielersee und Rhein. - im Auftrag der Gewässerschutzfachstellen der Kantone Bern, Solothurn und Aargau: HYDRA Konstanz & Bern 60 S. + 19 S. Anhang.
- 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
- ORTLEPP J., REY P. (2003) : Biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Bielersee und Rhein. Fachbericht: Makroinvertebraten (Untersuchungen 2001/ 2002). - i. A. der Gewässerschutzfachstellen der Kantone Bern, Solothurn und Aargau, 130 S., Bericht Hydra Öschelbronn und Konstanz, Oktober 2003 (überarbeitete Version 01/ 2004)

- 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.
- REY, P., MÜRLE, U., ORTLEPP, J., WERNER, S., UNGER, B. (in prep.): Koordinierte Biologische Untersuchungen im Hochrhein 2011/2012; Teil Makroinvertebraten. Umwelt-Zustand. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- RIPPMANN, U. (2011): Das Monitoring der Äschenlarven als Instrument der Erfolgskontrolle für die wasserbaulichen Eingriffe des Projekts „Befahrbarkeit Aare / Reuss im Bereich Waffenplatz Brugg“ zwischen Casinobrücke und Fischergrien an der Aare. Im Auftrag des Departements Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau.
- Rhône-Thur-Projekt: <http://www.rhone-thur.eawag.ch/index.html>
- SCHÄLCHLI U. (1990): Die Veränderung des Geschiebehaushalts der Aare von Aarberg bis bis zum Rhein. Wasser Energie Luft 7/8, S. 145–152.
- SCHÄLCHLI U., ABEGG J. (1996): Reaktivierung des Geschiebehaushalts der Aare zwischen der Emme und dem Rhein.- Bericht im Auftrag der Kantone Solothurn, Bern und Aargau.
- SCHÄLCHLI U., BREITENSTEIN M., KIRCHHOFER A. (2010): Kiesschüttungen zur Reaktivierung des Geschiebehaushalts der Aare – die kieslaichenden Fische freut's.- Wasser, Energie, Luft 102: 209-213
- SCHMEDITJE U. & COLLING M. (1996). Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 4/96: 543pp.
- SCHMIDLIN S., SCHMERA D., URSENBACHER S., BAUR B. (2011): Separate introductions but lack of genetic variability in the invasive clam *Corbicula* spp. in Swiss lakes.- Aquatic Invasions 7 (2012): 73-80
http://www.aquaticinvasions.net/2012/AI_2012_1_Schmidlin_etal.pdf
- SCHMUTZ S., HAIDVOGL G. (2002): FAME - Ein EU-Projekt zur Entwicklung einer fischbezogenen Bewertungsmethode für den ökologischen Zustand von europäischen Fließgewässern.- Österreichs Fischerei, 55, 7, 173-176
- TURNER H., KUIPER J.G.J., THEW N., BERNASCONI R., RÜETSCHI J., WÜTHRICH M., GOSTELI M. (1998): Mollusca Atlas.- Fauna Helvetica 2., CSCF
- WAGNER A., MÜRLE U., ORTLEPP J. (2011): *Baetis pentaplebedes* Ujhelyi, 1966, (Ephemeroptera: Baetidae) une espèce nouvelle pour la faune de Suisse. – Bulletin de la Société Entomologique Suisse 84 (1-2): 35-44
- WASSERRECHT NR. 309, Aare, Kraftwerk Wildegg-Brugg; Restwassersanierung gestützt auf Art. 80 ff. des Gewässerschutzgesetzes; Gemeinden: Schinznach-Dorf, Schinznach-Bad, Villnachern und Brugg. Auszug aus dem Protokoll des Regierungsrats vom 6. März 2013 (RRB 2013-000222; Beschluss Ziffer 1 bis 4).- Amtsblatt Kt. Aargau 11, 15. März 2013 S. 11 f
- WEBER, PETER A. (2005): Fische: ökologische Gilden.- Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen. Anhang I: Steckbriefe
http://www.rivermanagement.ch/erfolgskontr/docs/anhang_I/10_Oekologische_Gilden.pdf
- WFN (2010): Reaktivierung des Geschiebehaushaltes der Aare. Fischökologische Untersuchungen – Erhebungen 2005–2009. Im Auftrag der Kantone Bern und Solothurn. 10 S.
- WFN (2011): Reaktivierung des Geschiebehaushaltes der Aare, fischökologische Untersuchungen – Erhebungen 2005–2011. Bericht i.A. Fischereiinspektorat des Kantons Bern: 17 S
- ZAUGG B., STUCKI P., PEDROLI J.-C., KIRCHHOFER A. (2003): Pisces Atlas.- Fauna Helvetica 7, CSCF