



Erfolgskontrolle einer Renaturierungsmassnahme im Gailingerbach bei Dörflingen - Wirbellosen – Lebensgemeinschaft -

Gewässeruntersuchung vom 20. März 2012



Gailingerbach bei Dörflingen (CH), verbauter (links) und renaturierter (rechts) Abschnitt
im März 2012

beauftragt durch

INTERKANTONALES LABOR

LEBENSMITTELKONTROLLE APPENZEL AUSSERRHODEN APPENZEL INNERRHODEN GLARUS SCHAFFHAUSEN
UMWELTSCHUTZ SCHAFFHAUSEN





Inhalt:

1	Veranlassung und Auftrag	1
2	Beschreibung der Probenahmestellen	1
3	Beurteilung der physikalisch-chemischen Wasserbeschaffenheit.....	4
4	Ergebnisse und Diskussion der biologischen Untersuchungen	5
5	Taxaliste der Wirbellosenfauna.....	7
6	Zusammenfassung und Schlussbetrachtung	8
7	Glossar	10
8	Anhang Methoden und Bewertungsgrundlagen	11
8.1	Schweizer Modul-Stufen-Konzept Makrozoobenthos.....	11
8.2	Deutsches Bewertungsmodul Perloides im Europäischen System Asterics	11
9	Literatur.....	13
9.1	Allgemeine Literatur.....	13
9.2	Bestimmungsliteratur.....	13

Gutachter: Dipl. Biol. Ursula Riedmüller
Erlenweg 13
D-79822 Titisee-Neustadt
Tel. 0049-7651 – 93 66 64
Fax 0049-7651 – 93 66 65
bnoe@gewaesserfragen.de

Titisee, im September 2012

1 Veranlassung und Auftrag

Im Auftrag des Kantons Schaffhausen (Interkantonales Labor Schaffhausen - IKL) wurde im Gailingerbach auf Höhe von Dörflingen die Lebensgemeinschaft der wirbellosen Tiere der Bachsohle (Makrozoobenthos) untersucht. Der weitgehend in landwirtschaftlich intensiv genutztem Umfeld fließende Bach besaß bisher im betrachteten Abschnitt eine im Trapezprofil ausgebaute geradlinig verlaufende Fließrinne mit Sohl- und Ufereinfassung, welche aus Betonelementen besteht (s. Titelbild links). In einem Teilabschnitt wurden Renaturierungsmaßnahmen durchgeführt, welche insbesondere die Entnahme der Betonteile umfassen und dem Gewässer im bestehenden Trapezprofil dennoch eine Entwicklung ermöglichen sollen (vgl. Göldi 2011). Die Bildung von Fließrinnen und Auflandungszonen führen zu einer Erhöhung der Breiten- und Strömungsvariabilität und zu einer leicht geschwungenen Linienführung des Baches (s. Titelbild rechts). Mit der Wirbellosen-Untersuchung rund vier Jahre nach den Bauarbeiten sollte der Erfolg der Massnahme für den Lebensraum der wirbellosen Tiere ermittelt werden.

Begleitend zu den biologischen Untersuchungen am 20. März 2012 fanden Sondenmessungen der physikalisch-chemischen Parameter (Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und pH-Wert) sowie eine Probenahme zur Analytik insbesondere von Nährstoffen statt (durchgeführt vom Interkantonalen Labor Schaffhausen).

2 Beschreibung der Probenahmestellen

Das Quellgebiet des Gailingerbach, welcher von der deutschen LUBW (2012) als Ellenriedgraben bezeichnet wird, liegt zwischen Dörflingen und Gailingen in weitgehend landwirtschaftlich genutzten Flächen auf deutschem Gebiet. Aus mehreren Gräben, der südlichste von der Rheinhalde und Rheinburg kommend, bildet sich ca. 0,8 km vor der Schweizer Grenze ein Gewässer, das in Ost-West-Richtung zunächst ein als "Ellenried" bezeichnetes Gebiet durchfließt (Abb. 1), welches vermutlich früher noch ein in höherem Masse vernässtes Feuchtgebiet war.

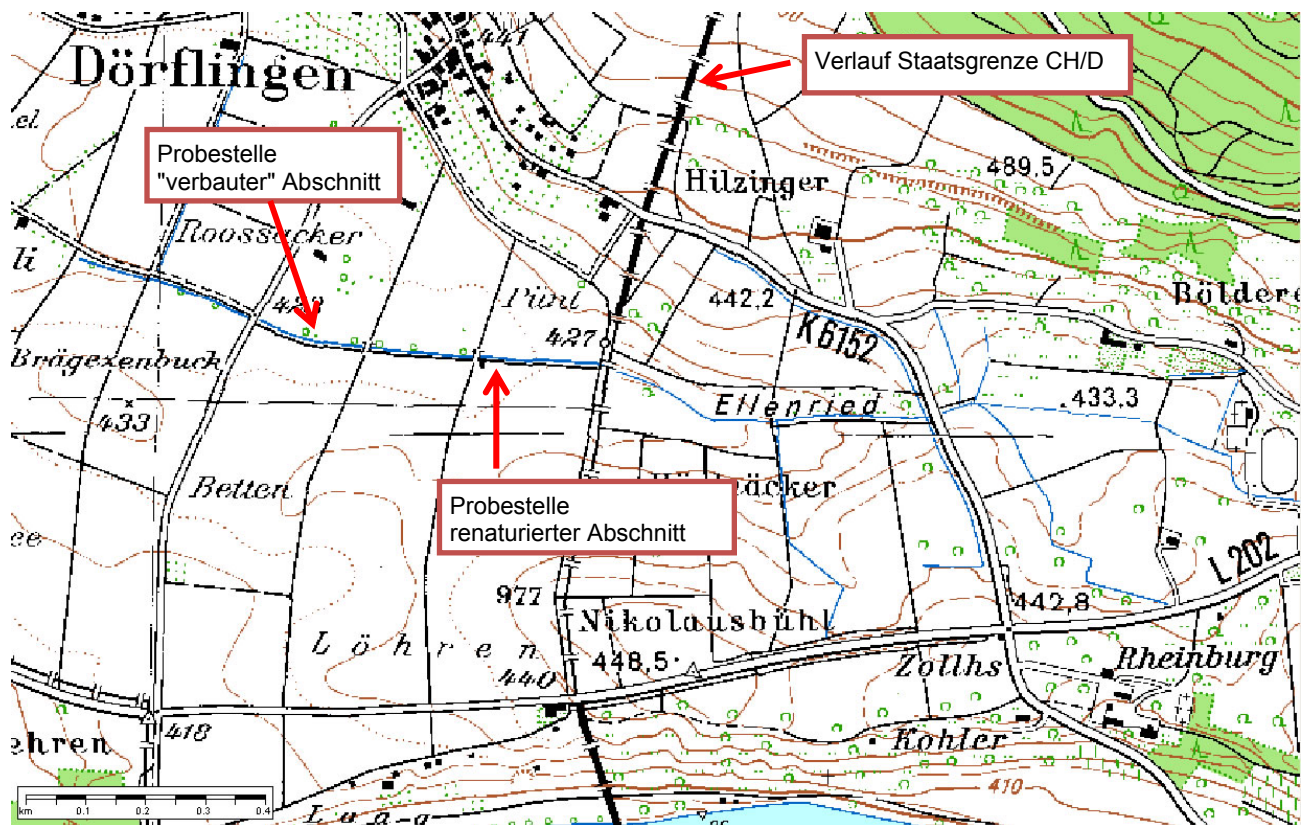


Abb. 1: Lage der Probenahmestellen im Gailingerbach auf Höhe von Dörflingen (CH) (Kartenausschnitt TK25 des LV BW 2002).

Gemäss der topografischen Karte TK25 Baden-Württ. (LV BW 2002) kann für den Gailingerbach kein Abschnitt gefunden werden, der annähernd einen naturnahen Längsverlauf aufweist. Durch die tiefere Lage im Gelände dient er im betrachteten Abschnitt vermutlich der Entwässerung der umgebenden Flächen. Nach 1,2 km verlässt er wieder die Schweiz und mündet dann nach weiteren 1,2 km gemeinsam mit dem Kohlersgraben in den Hochrhein bei Unterrekingen.

Tab. 1: Kurzbeschreibung des Gailingerbachs im untersuchten Abschnitt und typologische Ansprache.

Merkmal	Beschreibung
Untersuchtes Gewässer/Vorfluter	Gailingerbach (CH) oder Ellenriedgraben (D)
Hydrologie	pluviales Regime
Höhenlage	ca. 425 m ü. NN
Gewässerstruktur	vorwiegend geradlinig verlaufender Graben in landwirtschaftlich genutzten Gebiet, kaum Ufergehölz und Beschattung
Gesamtlänge von Quelle bis Mündung	4 km
Strömung	vorwiegend schwach fließend
Fließgewässertyp nach deutscher Typologie (s. Pottgiesser & Sommerhäuser 2008)	Typ 3 = Jungmoränenbach des Alpenvorlandes Subtyp 3.1 mit Einzugsgebiet 10-100 km ² nach Typisierung von LUBW (2012)

Die Probestellen am **20. März 2012** waren:

- **Gail 1:** Probestelle im renaturierten Abschnitt des Gailingerbachs
- **Gail 2:** Probestelle im stark verbauten Abschnitt (Betonrinne) des Gailingerbachs (rund 300 m unterhalb Gail 1).

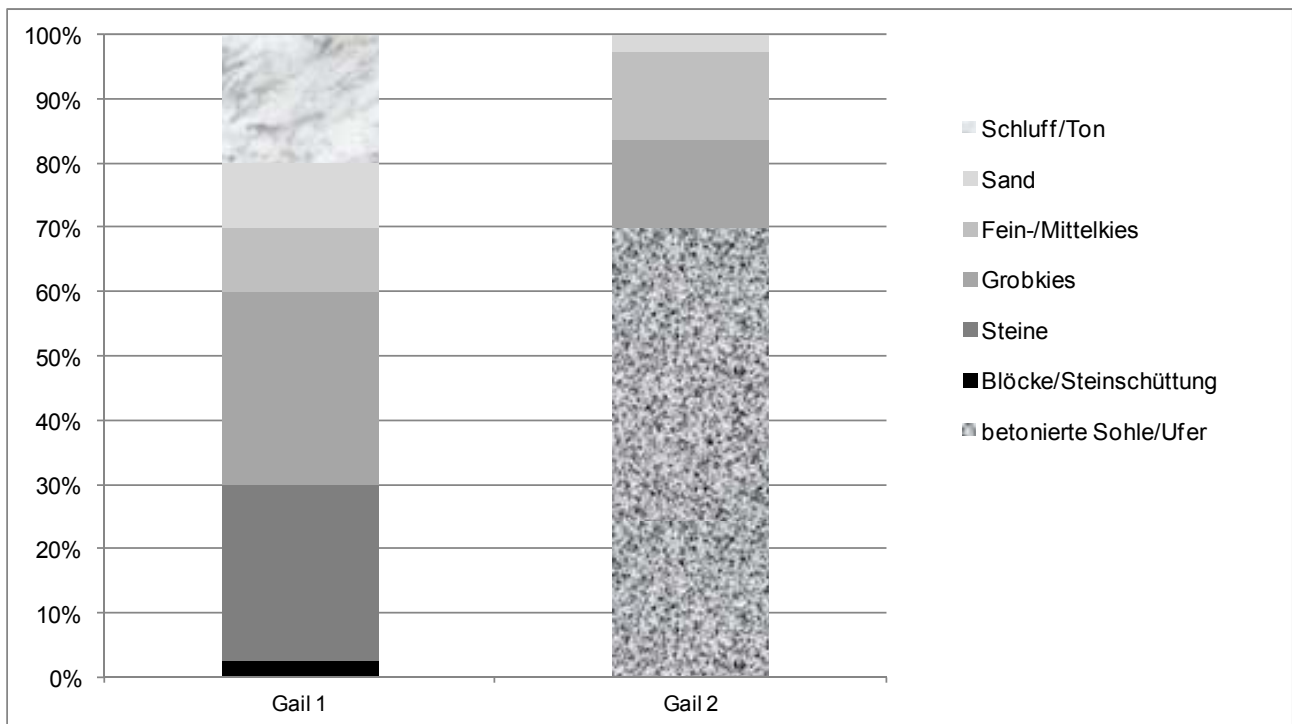


Abb. 1: Zusammensetzung des mineralischen Sohlsubstrats an den Probestellen im Gailingerbach. März 2012.

Obwohl die Probestellen nur 300 m voneinander entfernt sind, unterscheidet sich die Zusammensetzung der Sohloberfläche deutlich (s. Abb. 1). In den Betonschalen des verbauten Abschnitts konnten sich zu 30% der Fläche Kiese verschiedener Grösse und ein wenig Sand ablagern. Im renaturierten Abschnitt war die Substratvielfalt bedeutend höher und von grösseren Steinen bis zu Feinmaterial-Ablagerungen waren alle für diese Art von Gewässer typischen Substrate vorhanden (vgl. Gewässersteckbriefe Pottgiesser & Sommerhäuser 2008). Darüber hinaus war die Habitatvielfalt durch das Vorkommen von Schilfpflanzen mit 30% Deckungsanteil und Wasserpflanzen mit 10% gegenüber dem ausgebauten Abschnitt zusätzlich erheblich höher (Abb. 2). Im nicht renaturierten Abschnitt war insbesondere der Deckungsgrad von Fadenalgen mit 70% sehr hoch.

Der Geruch der Sedimente war zum Untersuchungszeitpunkt unauffällig und es wurden keine Hinweise auf Sauerstoffarmut gefunden.

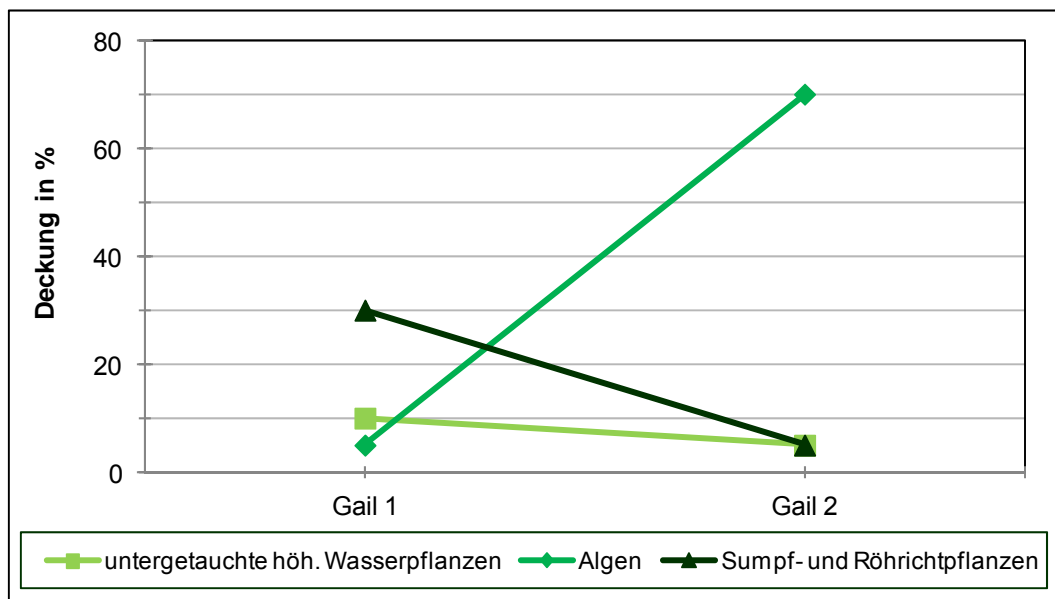


Abb. 2: Substratbedeckung durch Pflanzen (%) an den Probestellen im Gailingerbach im März 2012.

3 Beurteilung der physikalisch-chemischen Wasserbeschaffenheit

Am Untersuchungstag, dem 20. März 2012, wurden Sondenmessungen der physikalisch-chemischen Parameter (Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und pH-Wert) sowie eine Probenahme für die chemische Analytik (Stichprobe) insbesondere von Nährstoffen durchgeführt (Probenahme und Analytik durch das Interkantonale Labor Schaffhausen) (s. Tab. 2).

Temperatur, pH-Wert und die mit rund 113% leichte Sauerstoffübersättigung liegen im Normalbereich von karbonatisch geprägten Gewässern in der vorliegenden Höhenlage. Die Leitfähigkeit ist mit 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ etwas höher als für den Gewässertyp erwartet → nach Pottgiesser & Sommerhäuser (2008) bis 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Die Klassierung der Parameter nach Liehti (2010) ergibt für die Stickstoffkomponenten Ammonium und Nitrit sowie für Ortho-Phosphat den "sehr guten" chemischen Zustand. Die Höhe des gelösten Kohlenstoffgehalts (DOC) und die Nitrat-Konzentration liegen in der "guten" Zustandsklasse, wobei der DOC-Wert sich der "gut/mässig"-Grenze annähert. Bei der Beurteilung ist zu berücksichtigen, dass diese nur auf der Stichprobe am Untersuchungstag bezogen werden kann. Liehti (2010) empfiehlt die Verwendung des 95Perzentils von zwölf in einem Jahr durchgeführten Messungen für eine repräsentative verlässliche Einstufung.

Tab. 2: Physikalisch-chemische Messungen und Analytik am Tag der Makrozoobenthos-Untersuchungen (20. März 2012) an den Probestellen im Gailingerbach.

Wetter: sonnig und trocken, Lufttemperatur ca. 10°C. Wasserfärbung: klar. Geruch: unauffällig. Wasserführung: normal. Farbgebung gemäss Klassierung der chemischen Parameter nach Liehti (2010).

Kenngrösse	Gailingerbach 1	Gailingerbach 2
Uhrzeit	11:10	11:00
Wassertemperatur	7,8°C	8,3°C
Elektrische Leitfähigkeit	753 $\mu\text{S}/\text{cm}$	753 $\mu\text{S}/\text{cm}$
pH-Wert	8,2	8,2
Sauerstoffgehalt	12,7 mg/L	12,8 mg/L
Sauerstoffsättigung	113%	114%
Ammonium-Stickstoff (mg/L)	0,02 mg/L	< 0,013 mg/L (BG)
Nitrit-Stickstoff	0,01 mg/L	0,01 mg/L
Nitrat-Stickstoff	2,1 mg/L	2,7 mg/L
ortho-Phosphat-P	0,01 mg/L	0,01 mg/L
Sulfat	19,5 mg/L	21,0 mg/L
Chlorid	33,1 mg/L	31,6 mg/L
DOC (=gelöster organ. Kohlenstoff)	3,8 mg/L	3,3 mg/L

n.n. = nicht nachweisbar

Fazit zu den chemisch-physikalischen Messungen:

Die Nährstoff- und weiteren Wasserparameter werden in den "sehr guten" oder "guten" Zustand eingestuft. Da die Stichproben in einer Trockenwetterphase genommen wurden, ist zu erwarten, dass die Ergebnisse eine relativ günstige Beurteilung für dieses Gewässer darstellen. Im DOC- und Nitrat-Wert klingen bereits höhere Belastungen an. Bei Niederschlag und erhöhtem Flächeneintrag aus den bewirtschafteten Feldern und Wiesen erreichen die Parameter sehr wahrscheinlich höhere Werte.

4 Ergebnisse und Diskussion der biologischen Untersuchungen

Tab. 3: Kenngrößen der biologischen Untersuchungen im Gailingerbach und Bewertung mit 1. Schweizer Modul-Stufen-Konzept mit dem Makrozoobenthos-Index IBCH, 2. mit dem Deutschen Bewertungsverfahren (Saprobienindex, Allgemeine Degradation) sowie 3. mit den SPEAR-Toxizitätsindizes (berechnet mit dem Modul Asterics/ Perlodes Version 3.3.1, März 2012).

(HK = Häufigkeitsklassen, Farbgebung gemäss Tab. 5 und Tab. 6. Erläuterung der Bewertung s. Glossar und Kästen unten).

	Kenngrösse	Gailingerbach 1 (renaturiert)	Gailingerbach 2
	Individuen pro m ²	278	374
	Anzahl Taxa	17	11
		Saprobienindex und Kenngrößen	
Saprobie	Anzahl Indikatortaxa	7	5
	Summe Häufigkeitsklassen*	14 (→ nicht gesichert)	17 (→ nicht gesichert)
	Saprobienindex	2,32	2,28
	Saprobielle Qualitätsklasse	mässig	mässig
	Bewertungsmetric	Bewertungsmodul Allgemeine Degradation Bewertungszahlen von 0 bis 1 (Erläuterung Tab. 6)	
Allgemeine Degradation	Summe Häufigkeitsklassen*	8 (→ nicht gesichert)	12 (→ nicht gesichert)
	German Fauna Index Typ 3.1	0,00	0,00
	Rheoindex (HK)	0,42	0,42
	EPT-Taxa (HK)	0,02	0,05
	Anzahl EPTCBO-Taxa	0,00	0,00
	Bewertungszahl gesamt	0,07	0,07
	Qualitätsklasse	schlecht	schlecht
	Kenngrösse	Schweizer Makrozoobenthos-Index IBCH	
IBCH	Summe Taxa	13	9
	höchste Zeigergruppe (IG, 1-9)	2	2
	Diversitätsklasse (DK, 1-14)	5	3
	IBCH-Wert	6	4
		Toxizitätsindizes SPEAR-Verfahren	
SPEAR	SPEAR _{pesticide} (Sensitive Taxa %)	2 %	0 %
	Bewertung SPEAR _{pesticide}	schlecht	schlecht
	SPEAR _{organic}	-0,47	-0,46
	Bewertung SPEAR _{organic}	entspricht nahezu den Referenzwerten	entspricht nahezu den Referenzwerten

*Für eine gültige und "gesicherte" Ermittlung des Saprobienindex und des German Fauna Index muss die Summe der Häufigkeitsklassen der jeweiligen Indikatortaxa grösser als 20 sein → wird in allen Fällen nicht erreicht.

Die Auswertung der Wirbellosen-Untersuchung ergab folgende Ergebnisse (vgl. Tab. 3 und Tab. 4):

- An den beiden Probestellen im Gailingerbach wurden lediglich 17 Taxa gefunden bzw. unterschieden. Die Individuendichten waren mit 278 bzw. 374 eher gering und die Taxazahlen von 17 bzw. 11 kennzeichnen eine artenarme Makrozoobenthosgesellschaft. Im renaturierten Abschnitt war die Artenzahl mit 17 um rund 50% höher als im stark verbauten Bereich. Die zusätzlichen Taxa wurden oft nur in geringen Anzahlen gefunden wie z.B. die Eintagsfliegenlarve *Leptophlebia submarginata* oder die zu den Wassertretern (Käfer) gehörende Gattung *Haliphus* (s. Tab. 4). Die Funde sind dennoch als deutliches und positives Signal für die bessere Lebensraumsituation zu verstehen.
- Die saprobielle Qualität gemäss deutschem Verfahren erreichte lediglich den "mässigen" Zustand. Trotz der geringen Anzahl an wertgebenden Taxa und der deshalb "nicht gesicherten Bewertung" (s. Mindestzahl "Summe der Häufigkeitsklassen" in Tab. 3) kann zuverlässig abgeleitet werden, dass der Gailingerbach über das Jahr hin hohen Belastungen ausgesetzt ist.
- Der Schweizer Makrozoobenthos-Index IBCH (IB = Indice biologique), welcher in einem ganzheitlichen Ansatz auf vielfältige Belastungen reagieren soll (Chemie, Struktur, Aufstau u.a.), bestätigt den "unbefriedigenden" bzw. "schlechten" Zustand. Sowohl die geringe Artenvielfalt (DK) als auch die gefundenen Artengruppen (IG) führen zu der schlechten Einstufung.
- Das deutsche Bewertungsmodul "Allgemeine Degradation" ermittelt in beiden Abschnitten den "schlechten" Zustand. Obwohl dieses Bewertungs-Modul die Naturnähe der Gewässerstruktur beurteilen soll, werden für den renaturierten Bereich auch in keinem der Teilmetrics German Fauna-Index oder EPT-Taxa bessere Werte erzielt.
- Der Rheoindex, welcher in Häufigkeitsklassen (HK) die strömungsliebenden Arten aufsummiert und bewertet, zeigt für beide Probestellen ein "mässig" typisches Strömungshabitat an.
- Die SPEAR-Indices, welche auf Verschmutzungen durch Xenobiotika (u.a. Tenside, Pestizide) ansprechen, zeigen ganz unterschiedliche Ergebnisse: Während der Index für episodische Belastungen eine extrem schlechte Bewertungszahl ermittelt, indiziert der SPEAR_{organic}-Index nahezu "sehr gute" Verhältnisse. Die enge Verzahnung des Gewässers mit landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie die Gefälleverhältnisse lassen vermuten, dass regelmässig Pflanzenschutzmittel eingetragen werden und sich schädlich auf die Gewässerfauna auswirken.

Fazit zu den biologischen Befunden:

Obwohl die strukturellen Voraussetzungen im renaturierten Abschnitt des Gailingerbachs bedeutend besser sind als im verbauten Bereich (s. Kap. 2), schlagen sich diese kaum in den Metrics und Modulen der biologischen Bewertung nieder. Lediglich anhand des IBCH, der Artenzusammensetzung (s. Tab. 4) und den Taxazahlen klingen positive Effekte der Aufwertungsmassnahmen an. Es ist wahrscheinlich, dass die Grundbelastung des Gailingerbachs

Allgemeine Degradation: Dieses Bewertungsmodul reagiert auf Störungen im Gewässer wie Quer- und Längsverbau, Aufstau, Abflussregulierungen, Einflüsse aus dem Einzugsgebiet sowie u.a. auf organische Belastungen, welche sich in der Artengemeinschaft auswirken.

Biozönose: Artengemeinschaft.

EPT-Taxa: Ein Metric auf Basis von Häufigkeitsklassen der Taxa Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera (Eintags-, Stein- und Köcherfliegen).

Häufigkeitsklassen (HK): Den bei der biologischen Gewässergüteuntersuchung ermittelten Individuenzahlen müssen für die Bestimmung des Saprobien und German Fauna Index Häufigkeitsklassen von 1 bis 7 zugeordnet werden.

Makrozoobenthos: Mit dem bloßen Auge erkennbare tierische Organismen der Gewässersohle (größer als 2 mm, nach anderer Auffassung größer als 1 mm).

Metric: Maßzahl

Rheoindex: Der Index gibt das Verhältnis der strömungsliebenden Arten zu den Stillwasserarten und Ubiquisten an und zeigt Störungen auf, die sich z.B. durch Ausbau oder Aufstau, einstellen.

Saprobie: Maß für die biologische Produktivität der Organismengruppen Bakterien, Pilze und Tiere im Gewässer. Gegenbegriff zur Trophie, welche das Ausmaß der pflanzlichen Produktion beschreibt.

Saprobienindex ist eine Kenngröße, die das Ausmaß der Belastung mit organischen Stoffen bzw. von Sauerstoff zehrenden Prozessen anzeigen soll.

SPEAR_{pesticides}: Index, der episodische Belastung durch Pestizide bzw. organische Schadstoffe anzeigen soll.

SPEAR_{organic}: Index, der kontinuierliche Belastung durch organische Schadstoffe (=Xenobiotika) anzeigen soll.

Taxon (Mehrzahl: Taxa): Bezeichnung für die Einheiten oder Organismengruppen im biologischen System der Pflanzen und Tiere, z.B. Familie, Art oder Gattung sind jeweils Taxa.

so hoch ist, dass andere Effekte wie z.B. die der Habitatverfügbarkeit dadurch vollständig überprägt sind. Da das Einzugsgebiet grösstenteils in landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen liegt, stammt die Belastung vermutlich aus dem entsprechenden Sediment- und Stoffeintrag. Für eine rasche "Wiederbesiedlung" des strukturreichen, renaturierten Abschnitts ist darüber hinaus das Vorhandensein von intakten Lebensräumen und Artengemeinschaft im Oberlauf des Gewässers essenziell. Es wird vermutet, dass diese intakten Gewässerabschnitte fehlen oder räumlich sehr begrenzt sind und somit ein Erholungseffekt der Artengemeinschaften nur schwer initiiert werden kann (vgl. LANUV 2011).

5 Taxaliste der Wirbellosenfauna

Tab. 4: Taxaliste und Individuenzahlen (Ind./1,25 m²) des Makrozoobenthos im Gailingerbach am 20. März 2012.

Taxon/Probestelle	Gailingerbach 1 (renaturiert)	Gailingerbach 2	Deutsche Bezeichnung*
Hirudinea			Egel
<i>Erpobdella octoculata</i>	16	13	Rollegel
<i>Glossiphonia complanata</i>	6	13	Grosser Schneckenegel
Ephemeroptera			Eintagsfliegen
<i>Baetis rhodani</i>	118	264	Eintagsfliegen (Larven)
<i>Leptophlebia submarginata</i>	1		
Coleoptera			Käfer
<i>Halipus</i> sp.	1		Wassertreter
Turbellaria			Strudelwürmer
<i>Polycelis nigra</i> / <i>tenuis</i>	2	33	Vieläugiger Strudelwurm
Gastropoda			Wasserschnecken
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	2	3	Neuseeländische Deckelschnecke
<i>Radix labiata</i> syn. <i>peregra</i>	2		Eiförmige Schlammschnecke
Oligochaeta			Wenigborster
<i>Eiseniella tetraedra</i>	8		Uferregenwurm
Oligochaeta undet.	7	2	Wenigborster unbestimmt
Diptera			Zweiflügler
Chironomidae Gen. sp.	50	6	Zuckmücken (Larven)
<i>Procladius olivaceus</i>	6		
Tanypodinae Gen. sp.	4	30	
<i>Tipula</i> sp.	10	4	Schnaken (Larven)
<i>Simulium</i> (<i>Simulium</i>) sp.	32	2	Kriebelmücken (Larven)
<i>Simulium ornatum</i> -Gruppe	12	4	
Stratiomyidae Gen. sp.	1		Waffenfliegen (Larven)

*Viele Wirbellosenarten besitzen keinen deutschen Artnamen.

6 Zusammenfassung und Schlussbetrachtung

Im Auftrag des Interkantonalen Labor Schaffhausen (IKL) wurden im Gailingerbach auf Höhe von Dörflingen (CH) biologische Untersuchungen der wirbellosen Tiere der Bachsohle (Makrozoobenthos) durchgeführt. Ziel der Untersuchung war die Erfolgskontrolle einer Renaturierungsmassnahme, in der die bestehenden Betonelemente der Fliessrinne entnommen wurden, um Entwicklungsmöglichkeiten zu schaffen und das Gewässer strukturell aufzuwerten. Zum Vergleich wurde zusätzlich ein etwas flussabwärts liegender Bereich beprobt, der sich noch im ursprünglichen Ausbauzustand befindet. Die Renaturierungsmassnahme liegt rund vier Jahre zurück und es kann davon ausgegangen werden, dass für eine Wiederbesiedlung der potenziell vorkommenden Arten ausreichend Zeit verstrichen ist (u.a. Winking 2012). Am Termin der Makrozoobenthosuntersuchungen am 20. März 2012 wurden des Weiteren physikalisch-chemische Wasserparameter erhoben, welche in der vorliegenden Begutachtung für eine Beurteilung des chemischen Zustands herangezogen werden.

Die Bewertung der Gewässerstrecken erfolgte sowohl mit Methoden des Schweizer Modul-Stufen-Konzepts (Wirbellosenbesiedlung, chemisch-physikalische Parameter) als auch mit dem deutschen EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) konformen Verfahren Asterics/Periodes. Für die Wirbellosenerhebung im Gelände wurde das Probenahmeprozedere des deutschen WRRL-Verfahrens verwendet, welches sich im Kern von der Schweizer Konzeption nicht wesentlich unterscheidet.

Die Aufnahmen der Sohlstruktur und der pflanzlichen Bedeckung bescheinigen dem renaturierten Abschnitt einen vielfältigen Lebensraum mit erhöhter Variabilität u.a. der Gewässerbreite, der Strömungsgeschwindigkeiten und Korngrössenzusammensetzung. Daneben sorgen Schilfbestände und untergetauchte Wasserpflanzen für zusätzliche Habitate.

Die Messungen und Analytik der chemisch-physikalischen Wasserparameter (Stichproben am Untersuchungstag) zeigen im Wesentlichen keine auffälligen Beeinträchtigungen z.B. hinsichtlich einer Nährstoffbelastung durch Stickstoff- oder Phosphor-Verbindungen. Hierbei muss jedoch der Untersuchungszeitpunkt im zeitigen Frühjahr und die Trockenwettersituation berücksichtigt werden, welche die guten Beschaffenheitsergebnisse begünstigen. Lediglich im DOC- (gelöster organischer Kohlenstoff) und Nitrat-Wert klingen etwas höhere Belastungen an.

Obwohl die strukturellen Voraussetzungen im renaturierten Abschnitts des Gailingerbachs bedeutend besser sind als im verbauten Bereich fällt die Beurteilung der Artenzusammensetzung der Wirbellosen für beide Probestellen in etwa gleich aus: Der deutsche Saprobienindex ermittelt eine erhöhte organische Belastung mit dem Ergebnis "mässiger" saprobieller Zustand. Der Schweizer Makrozoobenthos-Index IBCH bescheinigt dem renaturierten Abschnitt eine "unbefriedigenden" und dem verbauten Abschnitt einen "schlechten" Zustand. Selbst das auf strukturelle Eigenschaften von Fliessgewässern kalibrierte deutsche Bewertungs-Modul "Allgemeine Degradation" ermittelt für beide Probestellen den "schlechten" Zustand. Der auf periodische Pestizid-Anwendung kalibrierte SPEAR_{pesticides}-Index weist mit "schlechten" Indexwerten auf eine hohe Belastungssituation durch das landwirtschaftlich genutzte Umfeld hin.

Anhand der Artenliste wird deutlich, dass sich im renaturierten Abschnitt einige etwas anspruchsvollere Arten ansiedeln konnten, deren Anzahl und Häufigkeit jedoch noch sehr gering ist. Die Artenzahl liegt etwa 50% über derjenigen im verbauten Abschnitt. Sowohl die Gesamtartenzahl bei der Probestellen mit insgesamt 17 als auch die Individuendichten mit im Mittel 300 Ind./m² sind auffällig niedrig und zeigen, dass die Gewässerfauna im Gailingerbach in hohem Masse Störungen ausgesetzt ist, deren Ursache vermutlich im nahezu ausschliesslich landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet (Eintrag von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie ggf. zurückliegende Havarien) zu suchen ist. Diese dominieren derzeit die Lebensmöglichkeiten für die wirbellosen Tiere und lassen auch in gut strukturierten Bereichen keine Wiederbesiedlung von anspruchsvolleren Taxa zu. Es wird des Weiteren vermutet, dass im "Oberlauf" intakte Gewässerabschnitte mit vielfältigem Arteninventar nicht mehr vorhanden oder räumlich sehr begrenzt sind und somit eine Wiederbesiedlung der gestörten Abschnitte von flussaufwärts stark eingeschränkt ist.

Durch die nahezu fehlende Beschattung sind in der warmen Jahreszeit Temperatur-bedingte Beeinträchtigungen denkbar wie z.B. starke Aufheizung und diesbezügliche Selektion von Arten oder



Ammoniak-Entwicklung aus Ammonium (oder Nitrat), welche durch hohe Temperaturen und Sonneneinstrahlung stark begünstigt ist.

Um Verbesserungen für den Gailingerbach zu erreichen, müssen sowohl auf deutschem als auch auf Schweizer Gebiet Massnahmen getroffen werden wie z.B. die Erhöhung des Beschattungsgrades, das Schaffen von gut strukturierten (ggf. renaturierten) und unbeeinflussten Rückzugsräumen für Arten in den Quellgebieten als Ausgangspunkt der Wiederbesiedlung, die Fernhaltung von Fremdstoffen aus der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung, das Einhalten von Gewässerschutzstreifen bzw. eine Extensivierung im Gewässer-nahen Bereich.

Möglicherweise ist auf längere Sicht auch ein Arteninput von flussabwärts oder aus Nachbargewässern (flugfähige Arten) denkbar z.B. aus dem Hochrhein oder weiteren Gräben. Hierzu ist für viele Arten die Aufwärts-Durchgängigkeit des Gewässersystems notwendig, welche für die Wirbellosen jedoch bereits durch eine längere Verdolung oder kleinere Abstürze nicht mehr gegeben ist. Die Möglichkeiten der Gewässervernetzung sind hierzu zu prüfen.

7 Glossar

Anzahl EPTCBO-Taxa (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera, Bivalvia, Odonata): Summe Taxazahl der Eintags-, Stein und Köcherfliegen, Käfer, Weichtiere und Libellen. Der Metric-Wert nimmt mit zunehmender Belastung ab und liegt im Typ 9.2. zwischen 9 und 25 Taxa.

Asterics. Software für die Bewertung der Organismengruppe Makrozoobenthos in natürlichen Fließgewässern gemäss EU-Wasserrahmenrichtlinie, welche von einigen EU-Staaten gemeinsam entworfen wurde und welche anhand eines **multimetrischen Index (MMI)** das Mass der anthropogenen Degradation ermittelt. (Name des Entwicklungsprojektes ist **AqEM**). Für Deutschland steht ein erweitertes Auswertemodul mit dem Namen **Periodes** zur Verfügung. Information und Download-Möglichkeit der aktuellsten Version des Programms auf www.fliessgewaesserbewertung.de.

Benthos. Gesamtheit der in der Bodenzone von Gewässern lebenden Organismen - benthisch lebend.

Biozönose. Artengemeinschaft.

DIN-Arten. Arten, die in der DIN 38 410 mit einem Saprobiewert (= Vorkommens-Schwerpunkt hinsichtlich des Faktors Wassergüte) und der Gewichtung (= Treue des Vorkommens) aufgeführt sind. Die im Programm Asterics/Periodes durchgeführte Berechnung des Saprobienindex entspricht dem revidierten DIN-Verfahren (2004) nach DIN 38 410.

EPT-Taxa auf Basis von Häufigkeitsklassen (HK). Der Metric berechnet die relative Abundanz der Ephemeroptera-, Plecoptera- und Trichoptera-Taxa (Eintags-, Stein- und Köcherfliegen) auf der Grundlage von Häufigkeitsklassen.

Fließgewässertypen. Zur Bewertung wurde für die deutschen Fließgewässer eine Typologie erarbeitet, welche nach den Kriterien Ökoregion, Geologie, Sohlbeschaffenheit, Einzugsgebietsgrösse sowie ggf. besondere Randbedingungen wie z.B. Seeausfluss 24 Fließgewässertypen unterscheidet. Die Gewässer-Bewertung gemäss Wasserrahmenrichtlinie erfolgt typspezifisch, was bedeutet, dass die Typansprache in hohem Masse bewertungsrelevant ist.

German Fauna-Index Mittelgebirgsflüsse. Grundlage des „Deutschen Fauna Index“ sind artspezifische Bewertungen, welche darüber hinaus noch für die verschiedenen Fließgewässertypen angepasst wurden. Die Werte liegen zwischen -2 = Taxa, die bevorzugt in Flüssen mit stark degradiert Morphologie vorkommen) und +2 = Taxa, die bevorzugt in Flüssen mit naturnaher Morphologie vorkommen.

Häufigkeits- oder Abundanzklassen (HK). Den bei der biologischen Gewässergüteuntersuchung ermittelten Individuenzahlen (**Abundanzen**) werden für die Bestimmung vieler Indices Häufigkeitsklassen von 1 bis 7 zugeordnet. Diese gehen als Gewichtungskriterium in die Index-Berechnung (meist gewichtete Mittelwerte) mit ein. Bei manchen Indices wird die Summe der Häufigkeitsklassen als Gültigkeitskriterium eingesetzt. So z.B. gilt der Saprobienindex als statistisch abgesichert, wenn die Summe der Häufigkeitsklassen grösser als 20 ist. Bei den typspezifischen German Fauna-Indices sollte mindestens ein Wert von 15 (Tiefland) bzw. 20 (Mittelgebirge/Alpen) erreicht werden.

Makrozoobenthos. Mit dem blossen Auge erkennbare tierische Organismen der Gewässersohle (grösser als 2 mm, nach anderer Auffassung grösser als 1 mm).

Rheindex nach Banning. Der Index gibt das Verhältnis der rheophilen (strömungsliebenden) und rheobionten (an Strömung gebundene) Taxa eines Fließgewässers zu den Stillwasserarten und Ubiquisten an und zeigt Störungen auf, die sich durch die Veränderung des Strömungsmusters (z. B. durch Ausbau, Aufstau oder Schwallbetrieb) in der Biozönose der Mittelgebirgsbäche einstellen.

Saprobie. Summe der heterotrophen Bioaktivität der Organismengruppen Bakterien, Pilze und Tiere in einem Gewässer. Gegenbegriff zur **Trophie**, welche das Ausmass der pflanzlichen Produktion eines Gewässers beschreibt. Der **Saprobienindex** ist eine Kenngrösse, die auf Basis der Bioindikation mit Makrozoobenthosorganismen das Ausmass der organischen Belastung bzw. von Sauerstoff zehrenden Prozessen anzeigen soll.

SPEAR_{organic}. Zeigt die kontinuierliche Belastung mit organischen Schadstoffen an. Das verwendete biologische Merkmal ist die physiologische Empfindlichkeit gegenüber organischen Schadstoffen.

SPEAR_{pesticides}. Zeigt die episodische Belastung durch organische Schadstoffe wie u.a. Pestizide an. Die folgenden biologischen Merkmale werden verwendet: (1) physiologische Empfindlichkeit gegenüber organischen Schadstoffen, (2) Generationszeit, (3) Anwesenheit aquatischer Lebensabschnitte zur Zeit der Pestizid-Anwendung und (4) das Wiedererholungspotenzial.

Taxon. Bezeichnung für die Einheiten oder Organismengruppen im biologischen System der Pflanzen und Tiere, z.B. Familie, Art oder Gattung sind Taxa.

Xenobiotika. Künstlich hergestellte, chemische Stoffe, die dem biologischen Stoffkreislauf von Organismen fremd sind z.B. Farbstoffe, Pestizide, Tenside, Pharmaka, Konservierungsmittel und chlorierte Lösungsmittel. X. sind teilweise biologisch nur schwer abbaubar und können toxische Wirkung besitzen.

8 Anhang Methoden und Bewertungsgrundlagen

8.1 Schweizer Modul-Stufen-Konzept Makrozoobenthos

In der Bearbeitungsstufe F des Modul-Stufen-Konzepts, welches gemeinsam von BAFU, EAWAG und kantonalen Behörden entwickelt wurde, sollen Fließgewässer des Landes flächendeckend und überblickshaft untersucht und bewertet werden. Eines der biologischen Bewertungskriterien ist die Wirbellosenfauna der Bachsohle (Makrozoobenthos → IBCH, s. auch Tab. 5). Diese Organismengruppe wird als "integrierendes Überwachungsinstrument" angesehen (Stucki 2010), anhand dessen über die anthropogenen Belastungen hinsichtlich Wasserqualität, Morphologie und Hydrologie interpretierende und bewertende Aussagen möglich sind. Des Weiteren soll zur Bewertung des Gailingerbachs bei Barga das Modul "Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe" zur Beurteilung angewandt werden (Liechti 2010).

Die Berechnung des IBCH wurde auf Basis der bezüglich der beprobten Fläche etwas umfangreicheren Probenahme nach AQEM/Star (Probenahme s. www.fliessgewaesserbewertung.de) und der entsprechenden Taxalisten durchgeführt. Hinsichtlich der beprobten Habitate und der Zielsetzung der Probenahme insgesamt besteht kein Unterschied zwischen deutscher (AQEM/Star) und Schweizer Methode (Stucki 2010), so dass die Übernahme der Listen als zulässig angenommen werden kann. Zur Ermittlung des IBCH müssen die für das deutsche Bewertungsverfahren differenzierter ermittelten Taxa z.T. auf Familienebene aufsummiert werden.

Tab. 5: Ableitung der Bewertungsklasse anhand des Schweizer Index IBCH (Stucki 2010).

Schweizer Indices zur Fließgewässerbewertung					
Index/Qualitätsklasse	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	schlecht
IBCH (Wirbellose)	17-20	13-16	9-12	5-8	0-4

8.2 Deutsches Bewertungsmodul Perloides im Europäischen System Asterics

Die Beprobung im Gelände erfolgte nach der AQEM/STAR-Methode (www.fliessgewaesserbewertung.de) und berücksichtigt DIN (Deutsche Industrienorm) 38410 (2004), Haase & Sundermann (2004) sowie Meier et al. (2006). Alle 20 Teilproben (Fläche jeweils 25 x 25 cm) wurden im Gelände lebend sortiert. Belegexemplare wurden in Ethanol konserviert und für die Artbestimmung ins Labor mitgenommen. Die Artdetermination erfolgte unter Berücksichtigung der Operationalen Taxaliste von Haase & Sundermann (2011).

Auf Basis der Makrozoobenthos-Artenlisten erfolgt die Berechnung des **Saprobienindex** und der **Allgemeinen Degradation** nach EG-WRRL (Meier et al. 2006). Die ökologische Bewertung auf Basis der Makrozoobenthos-Artenlisten erfolgt nach EG-WRRL (Meier et al. 2012, Asterics/Perloides März 2012) und wird gewässertypspezifisch durchgeführt. Ebenso die Bewertung mit dem Modul Allgemeine Degradation, welches für den hier vorliegenden Typ 3 die Einzelmetrics **German Fauna Index 3.1**, die Summe der Häufigkeitsklassen der **EPT-Taxa**, den **Rheoindex** sowie die Anzahl der **Anzahl EPTCBO-Taxa** berücksichtigt. Eine Beschreibung der Einzelmetrics ist im Glossar enthalten.

Des Weiteren wurden zwei Indices der **SPEAR-Bioindikationsverfahren** (SPEAR = "species at risk") angewandt. Im Rahmen von Forschungsprojekten zur Erarbeitung des SPEAR-Konzepts wurden biologische Indices entwickelt (www.systemecology.eu/SPEAR/index.php), die auf Basis des Vorkommens und der Häufigkeit von Makrozoobenthosarten in Fließgewässern auf die Stressoren Pestizide und organische Schadstoffe (z.B. Petrochemikalien und Tenside) hinweisen (u.a. Beketov et al. 2008, Liess et al. 2008). Die Indices reagieren weitgehend unabhängig von Effekten im Fließgewässer-Kontinuum und gewässertyp-unabhängig. Das heisst jeder Fließgewässertyp

in Mitteleuropa kann mit derselben Indexberechnung bewertet werden und es besteht eine hohe Sicherheit der Unabhängigkeit des Ergebnisses von einem möglichen Typ- oder Charakterwechsel des Gewässers im Längsverlauf.

Tab. 6: Grundlagen der Bewertung nach dem deutschen Verfahren PERLODES: Index-Bereiche der Qualitätsklassen für Saprobie und Allgemeine Degradation. Bewertung mit den SPEAR-Indices nach u.a. Beketov et al. (2008 und 2009).

Saprobie (Fließgewässertyp 3.1 :Grundzustand 1,35)					
Qualitätsklasse	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	schlecht
Saprobienindex	< 1,45	> 1,45 – 2,10	> 2,00 – 2,65	> 2,65 – 3,35	> 3,35
Allgemeine Degradation					
Qualitätsklasse	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	schlecht
Bewertungszahl	> 0,8 – 1,0	> 0,6 – 0,8	> 0,4 – 0,6	> 0,2 – 0,4	≤ 0,2 – 0,0
SPEAR-Indices (gewässertyp- und ökoregionsunabhängig)					
Qualitätsklasse	exzellent	gut	mässig	unbefriedigend	schlecht
Bewertungszahl SPEAR _{pesticide} (Sensitive Taxa %)	≥ 44	< 44 – 33	< 33 – 22	< 22 – 11	< 11
Bewertungszahl SPEAR _{organic} (häufigkeitsgewichteter Mittelwert der Taxon- Sensitivität)	-0,4 bis +2,0	-2,5 bis -0,4			

Während der **SPEAR_{pesticides}**-Index (s. Tab. 6) besser auf episodische Belastungen reagieren soll (Liess & Von der Ohe 2005), indiziert der **SPEAR_{organic}** kontinuierliche Belastungen (Von der Ohe & Liess 2004). Insgesamt zeigen beide Indices das Vorkommen bzw. den Rückgang von physiologisch empfindlichen Taxa an (Herr Liess, mündl. Mitt.).

(Bei der Berechnung der Indices auf Basis von Probenbefunden geht bei beiden genannten Indices die Abundanz der Taxa als logarithmisch transformierte Grösse – $\log(\text{Abundanz}+1)$ – sowie der Taxon-Score bzw. eine "Sensitivitätszahl" (binäre Grösse: 0 = nicht sensitiv gegenüber Pestiziden oder 1 = sensitiv gegenüber Pestiziden) in eine gewichtete Mittelwertbildung ein.)

9 Literatur

9.1 Allgemeine Literatur

- Beketov, M., Foit, K., Schäfer, R., Schriever, C., Sacchi, A., Capri, E., Biggs, J., Wells, C., Liess, M. (2009): SPEAR indicates pesticide effects in streams - comparative use of species - and family-level biomonitoring data. *Environmental Pollution* 157: 1841-1848.
- Beketov, M.A., Liess, M. (2008): An indicator for effects of organic toxicants on lotic invertebrate communities: independence of confounding environmental factors over an extensive river continuum. *Environmental Pollution* 156: 980-987.
- DIN 38410 (2004): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung – Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung (Gruppe M) – Teil 1: Bestimmung des Saprobienindex in Fließgewässern (M 1). DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag Berlin.
- Göldi, C. (2011): Bericht zur Fließgewässerentwicklung des Gailingerbaches. Gemeinde Dörflingen. Stand 22.03.2011, 20 S.
- Haase, P., Sundermann, A. (2004): Standardisierung der Erfassungs- und Auswertungsmethoden von Makrozoobenthosuntersuchungen in Fließgewässern. Forschungsinstitut Senckenberg Abschlussbericht 2. Projektjahr. 93 S.
- Haase, P., Sundermann, A. (2011): Operationale Taxaliste für Fließgewässer in Deutschland. Forschungsinstitut Senckenberg. <http://www.fliessgewaesserbewertung.de>.
- LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen) (Hrsg.) (2011). Strahlwirkungs- und Trittschallkonzept in der Planungspraxis. LANUV-Arbeitsblatt 16. 95 S.
- Liechti, P. (2010): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe. Umwelt-Vollzug Nr. 1005. Bundesamt für Umwelt, Bern. 44 S.
- Liess, M., Schäfer, R., Schriever, C. (2008): The footprint of pesticide stress in communities - species traits reveal community effects of toxicants. *Science of the Total Environment* 406: 484-490.
- Liess, M., Von der Ohe, P. (2005): Analyzing effects of pesticides on invertebrate communities in streams. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24, 954-965. Liess, M., Schäfer, R., Schriever, C., (2008). The footprint of pesticide stress in communities - species traits reveal community effects of toxicants. *Science of the Total Environment* 406: 484-490.
- LUBW (2012): Biozönotisch bedeutsame Gewässertypen in Baden-Württemberg. Karte 4.1., Download-Datum September 2012. WRRL – Zentraler Kartenservice der LUBW Baden-Württemberg. <http://rips-uis.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/wrri/wrri.htm>.
- LV BW (Landesvermessungsamt Baden-Württemberg) (2002): Topographische Karte Baden-Württemberg 1:25.000. CD-Rom.
- Meier, C., Böhmer, J., Rolaufts, P. & Hering, D. (2012): Kurzdarstellungen „Bewertung Makrozoobenthos“ & „Core Metrics Makrozoobenthos“. www.fliessgewaesserbewertung.de.
- Meier, C., Haase, P., Rolaufts, P., Schindehütte, K., Schöll, F., Sundermann, A. & Hering, D. (2006): Methodisches Handbuch Fließgewässerbewertung zur Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern auf der Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-WRRL. <http://www.fliessgewaesserbewertung.de> (Stand Mai 2006).
- Pottgiesser, T., Sommerhäuser, M. (2008): Beschreibung und Bewertung der deutschen Fließgewässertypen. Umweltbüro Essen im Auftrag des Umweltbundesamtes und der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser. Steckbriefe und Begleittext.
- Stucki, P. (2010): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Makrozoobenthos Stufe F. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1026: 61 S.
- Von der Ohe, P., Liess, M. (2004): Relative sensitivity distribution of aquatic invertebrates to organic and metal compounds. *Environmental Toxicology and Chemistry* 23: 150–156.
- Winking, C., Lorenz, A., Hering, D. (2012): Ist Leben in den ökologisch umgestalteten Emschergewässern möglich? – Urbane Fließgewässerrenaturierung. Vortrag bei der DGL-Jahrestagung in Koblenz im Jahr 2012.

9.2 Bestimmungsliteratur

- Bauernfeind, E. (1994): Bestimmungsschlüssel für die Österreichischen Eintagsfliegen. Insecta Ephemeroptera 1. Teil. Bundesanstalt für Wassergüte des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Wien. 92 S.
- Bauernfeind, E. (1995): Bestimmungsschlüssel für die Österreichischen Eintagsfliegen. Insecta Ephemeroptera 2. Teil. Österreichisches Nationalkomitee der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Donauforschung, 96 S.

- Bauernfeind, E., Humpesch, U.H. (2001): Die Eintagsfliegen Zentraleuropas (Insecta: Ephemeroptera): Bestimmung und Ökologie. Verlag des Naturhistorischen Museums Wien, 239 S.
- Bellmann, H. (1993): Libellen – beobachten - bestimmen. Naturbuch Verlag Augsburg, 274 S.
- Eggers, T.O., Martens, A. (2001): Bestimmungsschlüssel der Süßwasser-Amphipoda (Crustaceae) Deutschlands. *Lauterbornia* Heft 42: 1-70 zzgl. Nachtrag 2004.
- Eiseler, B. (2005): Bildbestimmungsschlüssel für die Eintagsfliegenlarven der deutschen Mittelgebirge und des Tieflandes. – *Lauterbornia* 53: 1-112.
- Eiseler, B. (2010): Taxonomie für die Praxis. Bestimmungshilfen – Makrozoobenthos (1). LANUV-Arbeitsblatt 14. Hrsg. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. Recklinghausen. 181 S.
- Franke, U. (1979): Bildbestimmungsschlüssel mitteleuropäischer Libellenlarven (Insecta: Odonata). Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde Serie A (Biologie) 33: 1-17.
- Freude, H., Harde, K. W. & Lohse, G. A. (Hrsg.) (1962 – 1983): Die Käfer Mitteleuropas, Bände 1 - 11. - Goecke & Evers Verlag, Krefeld.
- Glöer, P., Meier-Brook, C. (2003): Süßwassermollusken. Ein Bestimmungsschlüssel für die Bundesrepublik Deutschland. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung, 13. neubearbeitete Auflage, 134 S.
- Haybach, A. & Belfiore, C. (2003): Bestimmungsschlüssel für die Larven der Gattung *Electrogena* Zurwerra & Tomka 1985 in Deutschland (Insecta: Ephemeroptera: Heptageniidae). – *Lauterbornia* 46: 83-87.
- Klausnitzer, B. (1996). Käfer im und am Wasser. 2. überarb. Aufl., Die Neue Brehm Bücherei Bd. 567, Spektrum Akademischer Verlag.
- Lohse, G. A. & Lucht, W. H. (Hrsg.) (1989 – 1994): Die Käfer Mitteleuropas, Bände 12 - 14 (Supplementband 1 - 3 mit Katalogteil). - Goecke & Evers Verlag, Krefeld.
- Lohse, S. (2004): Bestimmungsschlüssel der für Deutschland relevanten Untergruppen der Gattung *Rhithrogena* EATON (Ephemeroptera, Heptageniidae) in Anlehnung an die Operationelle Taxaliste für Fließgewässer in Deutschland. – Methodenstandardisierung Makrozoobenthos: 1-2.
- Neu, P.J. & Tobias, W. (2004): Die Bestimmung der in Deutschland vorkommenden Hydropsychidae (Insecta: Trichoptera). – *Lauterbornia* 51: 1-68
- Neu, P.J. (2002): Die Identifizierung der Larven der in Mitteleuropa vorkommenden Arten der *Hydropsyche pellucidula*-Gruppe nach morphometrischen Merkmalen (Trichoptera, Hydropsychidae). – www.trichoptera-rp.de/bestimmung.
- Pankow, W. (1979): Beitrag zur Kenntnis der mitteleuropäischen Arten der Gattung *Elmis* Latreille (Coleoptera, Elminthidae). *Entomologische Zeitschrift*, Stuttgart, 89 (16): 182-191.
- Pitsch, T. (1993): Zur Larvntaxonomie, Faunistik und Ökologie mitteleuropäischer Fließwasser-Köcherfliegen (Insecta: Trichoptera). Landschaftsentwicklung und Umweltforschung–Schriftenreihe d. Fachbereichs Landschaftsentwicklung - Sonderheft 8. 316 S.
- Reynoldson, T.B., Young, J.O. (2000): A key to the freshwater Triclad of Britain and Ireland with notes in their ecology. Freshwater Biological Association Scientific Publication 58: 1-72.
- Schmedtje, U. & Kohmann, F. (1992): Bestimmungsschlüssel für die Saprobier-DIN-Arten (Makroorganismen). – Informationsberichte Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft 2/88, 2. überarbeitete Auflage.
- Seitz, G. (1998): Bestimmungsschlüssel für die Präimaginalstadien der Kriebelmücken Deutschlands (Stand 01.11.1998). – in: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft: Dienstbesprechung Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung 1998. Materialien Nr. 77: 140 – 154. München.
- Studemann, D., Landolt, P., Sartori, M., Hefti, D., Tomka, I. (1992): Ephemeroptera. Schweizerische entomologische Gesellschaft, *Insecta Helvetica*, Fauna, 9, 171 S.
- Sundermann, A., Lohse, S. (2006): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Zweiflügler (Diptera) in Anlehnung an die Operationale Taxaliste. Methodenstandardisierung Makrozoobenthos. Forschungsinstitut Senckenberg. Internetveröffentlichung www.fliessgewaesserbewertung.de. 20 S.
- Waringer, J. & Graf, W. (2011): Atlas der österreichischen Köcherfliegenlarven. Erik Mauch Verlag, Dinkelscherben. 468 S.
- Wozniczka, A., Gromisz, S., Wolnomiejski, N. (2011): *Hypania invalida* (Grube, 1960), a polychaete species new for the southern Baltic estuarine area: the Szczecin Lagoon and the River Odra mouth. Aquatic invasions, Volume 6, Issue 1: 39-46.
- Zwick, P. (2004): A key to the West Palaearctic genera of stoneflies (Plecoptera) in the larval stage. Methodenstandardisierung Makrozoobenthos. Forschungsinstitut Senckenberg. Methodenstandardisierung Makrozoobenthos. Internetveröffentlichung www.fliessgewaesserbewertung.de. 38 S.