



# Biologische Untersuchung des Beggingerbachs sowie seiner Zuflüsse Hobilibach und Chälengraben - Wirbellosen – Lebensgemeinschaft - Gewässeruntersuchung vom 19. Juni 2013



Der Beggingerbach im Juni 2013.  
Links im Bild der Zulauf von Abwasser aus der ARA mit erkennbar trüber Fahne.

beauftragt durch

**INTERKANTONALES LABOR**

LEBENSMITTELKONTROLLE APPENZEL AUSSERRHODEN APPENZEL INNERRHODEN GLARUS SCHAFFHAUSEN  
UMWELTSCHUTZ SCHAFFHAUSEN



## Inhalt:

1	Veranlassung und Auftrag .....	1
2	Beschreibung der Gewässer und Probenahmestellen .....	1
3	Ergebnisse der biologischen Untersuchungen.....	4
4	Taxaliste der Wirbellosenfauna.....	8
5	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	9
6	Glossar .....	12
7	Literatur.....	13
7.1	Allgemeine Literatur.....	13
7.2	Bestimmungsliteratur.....	13
8	Anhang Methoden und Bewertungsgrundlagen.....	15
8.1	Schweizer Modul-Stufen-Konzept Makrozoobenthos.....	15
8.2	Deutsches Bewertungsmodul Perloides und SPEAR-Bioindikationsverfahren .....	15
8.3	Fotodokumentation der Probestellen.....	17

**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 November 2013

## 1 Veranlassung und Auftrag

Im Auftrag des Kantons Schaffhausen (Interkantonales Labor Schaffhausen - IKL) wurde der Beggingerbach ober- und unterhalb der Einleitung der Abwasserreinigungsanlage (ARA) Beggingen sowie die zwei flussaufwärts gelegenen Zuflüsse Hobilibach und Chälengraben (s. Abb. 1) hinsichtlich ihrer Wirbellosenbesiedlung (Makrozoobenthos) untersucht. Schwerpunkt der Fragestellung war die detaillierte Bestandsaufnahme der Artengemeinschaften sowie die Ursachenfindung für ein Verschwinden u. a. des Bachflohkrebses in oder unterhalb von Beggingen. Zur Auswertung der Artenlisten werden u. a. das EG-Wasserrahmenrichtlinie-konforme (WRRL) deutsche PERLODES-Verfahren sowie das Schweizer Modul-Stufen-Konzept Makrozoobenthos mit dem Schweizer Index auf Basis der Wirbellosenfauna der Bachsohle (→ IBCH) angewendet. Die Methoden sind im Anhang (Kap. 8) genauer beschrieben. Begleitend zu den biologischen Untersuchungen am 19. Juni 2013 fanden Sondenmessungen der physikalisch-chemischen Parameter (Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und pH-Wert) statt.

## 2 Beschreibung der Gewässer und Probenahmestellen

Die beiden Zuflüsse Hobilibach und Chälengraben, welche ihr Einzugsgebiet im Hoher Randen-Gebiet haben, fliessen im Ort Beggingen zusammen und bilden dort den Beggingerbach. Dieser durchquert flussabwärts den Ort Schleithelm mündet nach insgesamt 7,5 km bei Stühlingen in die Wutach. Eine Kurzbeschreibung der Bäche und Probestellen enthält die Tab. 1. Die Lage der untersuchten Gewässerstrecken zeigt die Abb. 1.

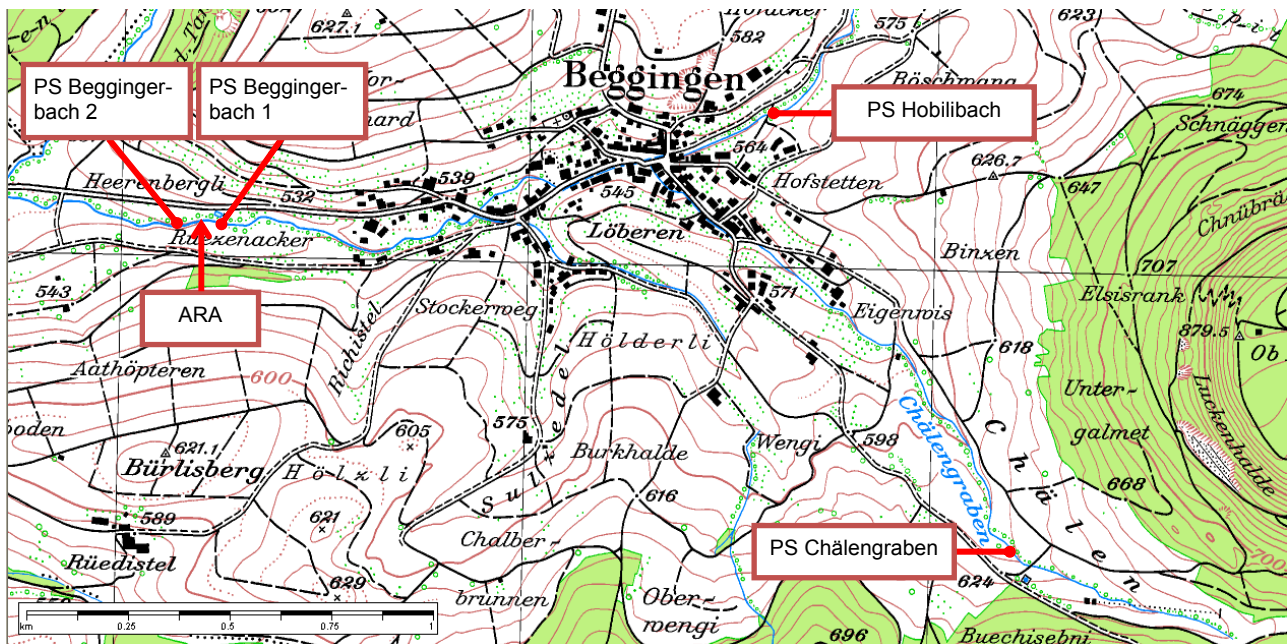
**Die Probestellen am 19. Juni 2013 waren (s. Abb. 1):**

- **Hobilibach:** auf Höhe des östlichen Ortsrandes von Beggingen, 560 m oberhalb Zusammenfluss
- **Chälengraben:** südöstlich von Beggingen ca. 1.400 m oberhalb Zusammenfluss
- **Beggingerbach 1:** direkt oberhalb ARA, ca. 1.100 unterhalb Zusammenfluss
- **Beggingerbach 2:** ca. 75 m unterhalb der Einleitung aus der ARA

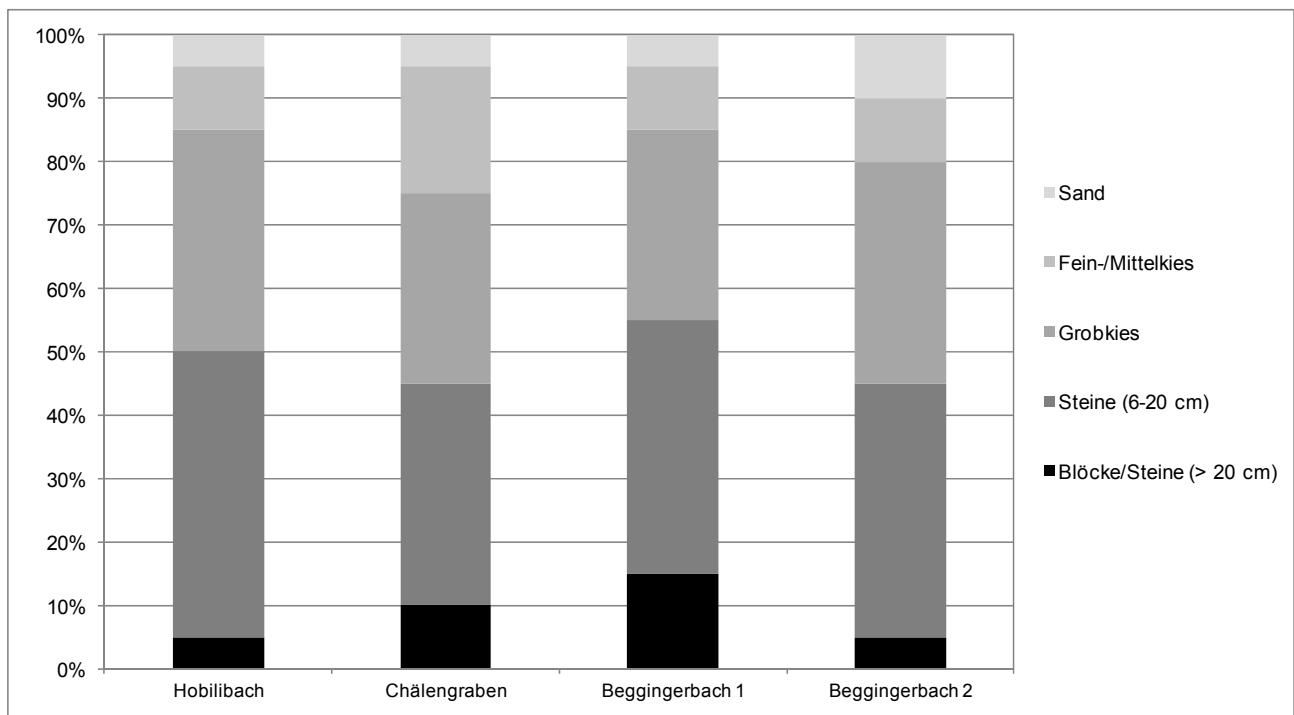
**Tab. 1:** Kurzbeschreibung und typologische Ansprache der beprobten Gewässer im untersuchten Abschnitt.

Merkmal	Beschreibung		
Untersuchtes Gewässer/Vorfluter	Hobilibach	Chälengraben	Beggingerbach
Hydrologisches Regime	pluvial	pluvial	pluvial
Höhenlage des untersuchten Abschnitts (ca. m ü. NN)	550	610	520
Gewässerstruktur (Kurzansprache)	weitgehend naturnaher Längsverlauf, standorttypische Gehölzgalerie, nahezu vollständige Beschattung im Tagesverlauf, an den Probestellen weitgehend naturnahe Ufer, Beggingerbach bei ARA mit steilen Uferabbrüchen		
Strömung	vorwiegend turbulent fließend	vorwiegend turbulent fließend	turbulent bis stellenweise ruhig fließend
Fliessgewässertyp gemäß deutscher Typologie (Pottgiesser & Sommerhäuser 2008) für die Anwendung des WRRL-Verfahrens PERLODES)	Typ 7: Grobmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche (angelehnt an Typisierung von LUBW 2012)		





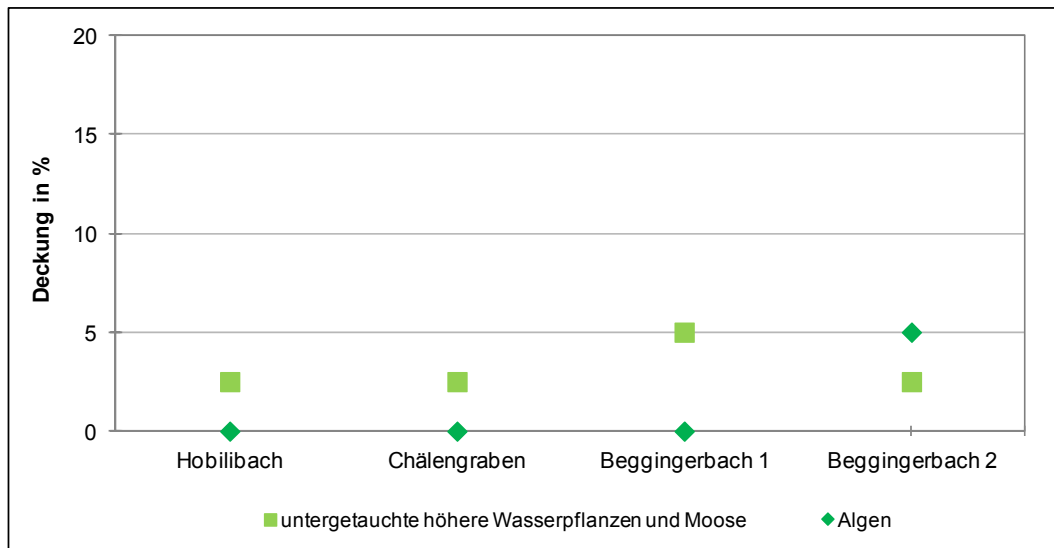
**Abb. 1:** Lage der ARA Beggingen sowie der Probenahmestellen (PS) im Hobilibach, Chälengraben und Beggingerbach. Kartenausschnitt aus der amtlichen topografischen Karte 1:25.000 (LGL BW 2009).



**Abb. 2:** Zusammensetzung des mineralischen Sohlsubstrats an den Probestellen im Hobilibach, Chälengraben und Beggingerbach im Juni 2013.

Die Zusammensetzung des Sohlsubstrats weist an den vier Probestellen (s. Abb. 2) eine hohe Ähnlichkeit auf: Der Anteil an grösseren Steinen und Blöcken ist mit rund 50% relativ hoch, danach folgen Kiese verschiedener Grösse mit 40-50% und Sand mit 5-10% der Sedimentoberfläche. Die Bedeckung durch Wasserpflanzen (Algen und höhere Pflanzen) liegt insgesamt bei max. 7,5% (Abb. 3). Unterhalb der Einleitung der ARA, welche zum Untersuchungszeitpunkt bereits seit einigen Monaten ausser Betrieb war, hatte sich "Abwasserpilz" (*Sphaerotilus natans*) sowie vermutlich weitere Bakteriengemeinschaften ("Flocken" v. a. in strömungsberuhigten Bereichen) im Bachbett ausgebreitet. Diese kennzeichnen Einleitungen mit organischen, biologisch abbaubaren Substanzen, welche u. a. im unbehandelten Abwasser vorkommen. Das Bachwasser roch auffällig nach

ungenügend geklärtem Abwasser. In den Sedimenten unterhalb der ARA wurde kein Schwefelwasserstoffgeruch gefunden, was darauf hinweist, dass der Sauerstoff durch den Stoffabbau nicht dauerhaft und stark aufgezehrt wird. Möglicherweise sind die Verhältnisse nach längerem Niedrigwasser im Spätsommer und Herbst schlechter. Die Verbreitung des Abwasserpilzes und die nur geringe Präsenz von Algen zeigen, dass die Abbauprozesse an dieser Probestelle dominieren.



**Abb. 3:** Bedeckung der Gewässersohle durch Pflanzen (%) an den Probestellen im Hobilibach, Chälengraben und Beggingerbach im Juni 2013.

In den Zuflüssen Hobilibach und Chälengraben wurden nur vereinzelt Moose auf den Steinoberflächen gefunden (Abb. 3). Das Substrat des Chälengrabens war insbesondere in den Schnellebereichen mit Kalkausfällungen verbacken und überzogen, sodass für die in den Steinzwischenräumen lebende Wirbellosenfauna eine Verringerung des Lebensraumes zu vermuten ist. Ebenso sind die Lebensbedingungen für die bodenlebende Groppe und junge Bachforellen, welche sich gerne an und unter Steinen aufhalten, durch die Versinterungen eingeschränkt.

**Tab. 2:** Physikalisch-chemische Messungen und Analytik am Tag der Makrozoobenthos-Untersuchungen (19. Juni 2013) an den Probestellen im Hobilibach, Chälengraben und Beggingerbach.

Wetter: heiter bis wolkeig, Lufttemperatur ca. 24-30°C. Wasserfärbung: klar. Geruch: an der Probestelle Beggingerbach 2 (= unterh. ARA) Abwassergeruch, an allen anderen Probestellen unauffällig. Wasserführung: etwas geringer als normal.

Kenngrösse	Hobilibach	Chälengraben	Beggingerbach 1	Beggingerbach 2
Uhrzeit (MESZ)	12:05	14:30	10:35	9:30
Wassertemperatur (°C)	13,2	10,6	13,2	13,1
Elektr. Leitfähigkeit (µS/cm)	540	481	599	604
pH-Wert	8,18	8,09	7,95	7,77
Sauerstoffsättigung (%)	109,5	110,2	105,8	98,3

Die physikalisch-chemischen Parameter am Untersuchungstag 19. Juni 2013 (Sondenmessungen, s. Tab. 2) weisen kaum auffällige Werte auf. Die Temperaturen waren trotz des warmen, frühlingshaften Wetters mit 10-13°C kühl und lassen vermuten, dass die Bäche auch im Hochsommer relativ kühl bleiben. Die Leitfähigkeiten zwischen 480 und 600 µS/cm kennzeichnen kalkreichen Untergrund im Einzugsgebiet. Die Tatsache, dass eine deutliche Erhöhung (um rund 100 µS/cm zum Mittelwert aus Hobilibach und Chälengraben) nicht erst unterhalb der ARA sondern bereits an der PS Beggingerbach 1 auftritt, ist unerwartet und weist auf Stoffeinträge im Ortsbereich hin. Die Probestellen oberhalb der ARA-Einleitung zeigen eine leichte Übersättigung des Sauerstoffs auf, unterhalb der ARA war die Sättigung geringfügig niedriger.

### 3 Ergebnisse der biologischen Untersuchungen

**Tab. 3:** Kenngrößen der biologischen Untersuchungen im Hobilibach, Chälengraben und Beggingerbach sowie Bewertung mit 1. Schweizer Modul-Stufen-Konzept mit dem Makrozoobenthos-Index IBCH, 2. mit dem Deutschen Bewertungsverfahren (Saprobielle Qualität, Allgemeine Degradation) sowie 3. mit den SPEAR-Toxizitätsindizes (berechnet mit dem Modul Asterics/Perlodes Version 3.3.1, Februar 2012). (HK = Häufigkeitsklassen, Ind. = Individuen, Farbgebung gemäss Tab. 5 und Tab. 6. Erläuterung der Bewertungsmetrics s. Glossar und Kästen unten).

	Kenngrösse	Hobilibach	Chälengraben	Beggingerbach 1	Beggingerbach 2
	Individuen pro m <sup>2</sup>	442	1.539	724	998
	Anzahl Taxa	16	19	18	10
		Saprobienindex und Kenngrößen			
Saprobie	Anzahl Indikator taxa	7	14	8	5
	Summe Häufigkeitsklassen*	18	28	17	13
	Saprobienindex	1,74	1,36	1,58	1,92
	Saprobielle Qualitätsklasse	gut	sehr gut	sehr gut	gut
	Bewertungsmetric	Bewertungsmodul Allgemeine Degradation Typ 7 Bewertungszahlen von 0 bis 1 (Erläuterung Tab. 6)			
Allgemeine Degradation	Summe Häufigkeitsklassen*	18	16	12	6
	German Fauna Index "Typ 5"	0,55	0,85	0,08	0,00
	Epirhithral-Besiedler (% Ind.)	0,51	0,83	0,59	0,31
	Rheoindex (HK)	0,59	0,93	1,00	1,00
	EPT-Taxa (% HK)	0,92	0,42	0,44	0,75
	Bewertungszahl gesamt	0,61	0,78	0,37	0,34
	Qualitätsklasse	gut	gut	unbefried.	unbefried.
	Gesamtbewertung	gut	gut	unbefried.	unbefried.
	Kenngrösse	Schweizer Makrozoobenthos-Index IBCH			
IBCH	Summe Taxa	13	15	14	10
	höchste Zeigergruppe (IG, 1-9)	7	9	7	7
	Diversitätsklasse (DK, 1-14)	5	5	5	4
	IBCH-Wert	11 mässig	13 gut	11 mässig	10 mässig
		Toxizitätsindizes SPEAR-Verfahren			
SPEAR	SPEAR <sub>pesticide</sub> (sensitive Taxa %)	41,6	33,2	22,3	28,7
	Bewertung SPEAR <sub>pesticide</sub>	gut	gut	mässig	mässig
	SPEAR <sub>organic</sub>	-0,36	-0,14	-0,38	-0,50
	Bewertung SPEAR <sub>organic</sub>	exzellent	exzellent	exzellent	degradiert

\*Für eine gültige und "gesicherte" Ermittlung des Saprobienindex und des German Fauna Index muss die Summe der Häufigkeitsklassen der jeweiligen Indikator taxa grösser als 20 sein.  $\Sigma$  Abundanzklassen < 20 rot unterlegt → ungesicherte Bewertung.

**Die Auswertung der Wirbellosen-Untersuchung ergab folgende Ergebnisse** (s. Tab. 3/Tab. 4):

- Die geringste **Taxazahl** wurde unterhalb der ARA im Beggingerbach gefunden. Lediglich zehn Taxa konnten dort nachgewiesen werden. Es folgen der Hobilibach mit 15 und der Beggingerbach oberhalb ARA mit 18 und der Chälengraben mit 19 Taxa. Insgesamt sind die Taxazahlen als gering anzusehen. Dies führt zu ebenfalls kleinen Summen der Häufigkeitsklassen. Die Bewertungen mit Saprobien- und German Fauna Index sind deshalb mit Ausnahme des Saprobienindex im Chälengraben als "ungesichert" gekennzeichnet (rot unterlegte "Summe Häufigkeitsklassen" in Tab. 3), da die Summe der Häufigkeitsklassen mindestens 20 betragen soll. Ursache für die geringe Anzahl an gefundenen Taxa insbesondere oberhalb der ARA könnte der relativ späte Untersuchungszeitpunkt im Juni sowie das ausgeprägte Hochwasser sein, welches Anfang Mai 2013 also rund 6 Wochen vor der Untersuchung stattgefunden hatte.

- Die **Individuendichten** sind mit 440 pro m<sup>2</sup> im Hobilibach am niedrigsten. Im Beggingerbach wurden an beiden Probestellen etwa doppelt so viele Individuen gefunden, wobei unterhalb der ARA etwa 80% zu den Zuckmücken zählten. Deren Häufigkeit spiegelt die starke organische Belastung durch Abwasser wider. Oberhalb der ARA war v. a. die belastungstolerante Eintagsfliegenart *Baetis rhodani* mit rund 400 Ind. häufig. Die höchste Dichte lag mit grossem Abstand im Chälengraben vor, wo etwa 1.400 Bachflohkrebse pro m<sup>2</sup> das Gros der Tiere ausmachten. Diese lagen in strömungsberuhigten Bereichen sogar gut sichtbar auf den meist versinterten Steinoberflächen und wiesen mit diesem ungewohnten Verhalten darauf hin, dass im Chälengraben keine Fressfeinde in Form von Fischen wie Bachforelle oder Groppe vorhanden sind.

- Der Schweizer Makrozoobenthos-Index **IBCH** (IB = Indice biologique), welcher in einem ganzheitlichen Ansatz auf vielfältige Belastungen reagieren soll (Chemie, Struktur, Aufstau u. a., siehe Kap. 8.1) zeigt für den Chälengraben noch einen "guten" und für die übrigen Probestellen den "mässigen" biologischen Gewässerzustand an.

- Die **saprobielle Qualität** gemäss dem deutschen DIN-Verfahren war mit einem Index von 1,38 ebenfalls im Chälengraben am besten. An den anderen Probestellen lagen dagegen aufgrund der geringen Taxazahlen nur ungesicherte Ergebnisse vor, welche für den Hobili- und Beggingerbach oberhalb ARA eine "sehr gute" und für den Beggingerbach unterhalb ARA eine deutlich schlechtere aber immer noch "gute" Saprobität anzeigen.

- Das deutsche Bewertungsmodul "**Allgemeine Degradation**" ergibt mit ungesicherten German Fauna Indices für die beiden Zuflüsse Hobilibach und Chälengraben den "guten" und für den Beggingerbach unterhalb Beggingen den "unbefriedigenden" ökologischen Zustand. Die Einzelmetrics ergeben z. T. widersprüchliche Ergebnisse, wobei die geringe Taxazahl insbesondere im Beggingerbach unterhalb ARA eine plausible Bewertung kaum zulässt.

- Die Ergebnisse des **German Fauna Index** zeigen, dass das Fließgewässer unterhalb der Ortschaft bereits eine deutliche Veränderung erfahren hat. Der Index geht auf nahezu null zurück und die wertgebenden Arten der Zuflüsse können sich unterhalb von Beggingen auch oberhalb der ARA-Einleitung kaum oder nur vereinzelt halten.

**Allgemeine Degradation:**

Dieses deutsche 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.

**Epirhithral-Besiedler (% Ind.).**  
(= Bergbachoberlaufarten)

**EPT-Taxa:** Ein Metric des deutschen Asterics-Verfahrens auf Basis von Häufigkeitsklassen (HK) der Taxa Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera (Eintags-, Stein- und Köcherfliegen).

**German Fauna Index:** Grundlage des „Deutschen Fauna Index“ sind artspezifische Bewertungen, welche für die verschiedenen Fließgewässertypen angepasst wurden. Die Werte liegen zwischen -2 = Taxa, die bevorzugt in Flüssen mit stark degradierter Morphologie vorkommen) und +2 = Taxa, die bevorzugt in Flüssen mit naturnaher Morphologie vorkommen. Für den Fließgewässertyp 7 wird mangels eigenem Index derjenige für den silikatischen Typ 5 eingesetzt.

**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.

**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.



- Der **Rheoindex**, welcher in Häufigkeitsklassen (HK) die strömungsliebenden Arten aufsummiert und deren Vorkommen bewertet, zeigt lediglich für den Hobilibach eine "mässige" Qualität an, alle anderen Probestellen werden mit "sehr gut" angesprochen. Bei Betrachtung der Artenliste ist insbesondere das Ergebnis unterhalb der ARA nicht plausibel, da die dort mit über 80% dominanten Zuckmücken Besiedler von strömungsberuhigten Pflanzen- oder Feinsubstratbereichen sind und keineswegs eine besondere Strömungsliebe aufweisen.

- Der Teilmetric **Anteil EPT-Taxa** (auf Basis von Häufigkeitsklassen) zeigt für den Hobilibach den "sehr guten" Zustand an. Hier wurden in strömungsberuhigten Zonen besondere viele Köcherfliegenlarven gefunden. Die Anzahl der EPT-Taxa lag hier bei acht. Im Chälengraben wurden mit 12 nochmal deutlich mehr EPT-Taxa gefunden. Diese waren im Verhältnis jedoch nicht so abundant wie im Hobilibach, was im Wesentlichen an der übermässigen Dominanz der Bachflohkrebse liegt. Aufgrund der geringeren relativen Häufigkeit wird hier nur der "mässige" Zustand ermittelt, was im Gesamtkontext kein plausibles Ergebnis darstellt.

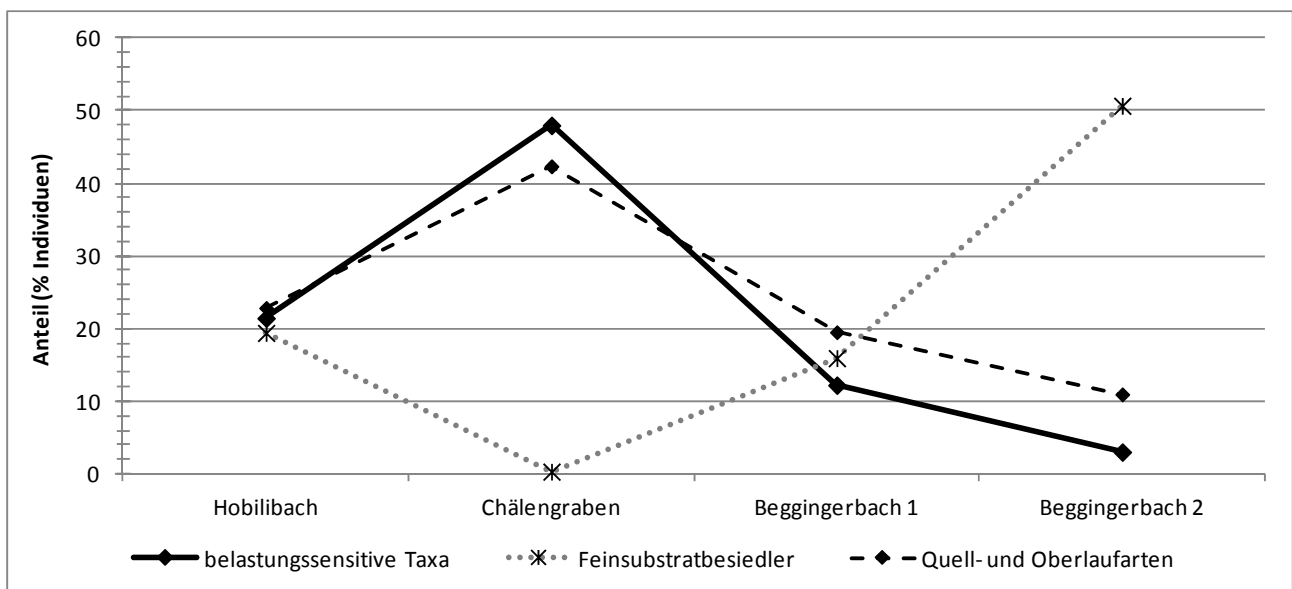
- Der **SPEAR<sub>pesticide</sub>**-Index, welcher auf **episodische** Verschmutzungen durch Xenobiotika (u. a. Tenside, Pestizide) ansprechen soll, zeigt für die beiden Zuflüsse noch eine "gute" und für den Beggingerbach jedoch nur noch eine "mässige" Qualität an. Oberhalb der ARA wird mit 22,3% die Grenze zur "ungenügenden" Klasse bei 22% nahezu erreicht. Der Index **SPEAR<sub>organic</sub>**, welcher **kontinuierliche** Belastungen anzeigen soll, indiziert für die Probestelle unterhalb der ARA-Einleitung den schlechtesten und für den Chälengraben den besten Zustand. Für den Hobilibach und den Beggingerbach oberhalb ARA werden Indexwerte nahe der Klassengrenze zum degradierten Zustand ermittelt. Die **SPEAR<sub>organic</sub>**-Indices ergeben im Gesamtbild ein plausibles Ergebnis.

**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<sub>pesticides</sub>:** Index, der episodische Belastung durch Pestizide bzw. organische Schadstoffe anzeigen soll.

**SPEAR<sub>organic</sub>:** Index, der kontinuierliche Belastung durch organische Schadstoffe (Xenobiotika) anzeigen soll.



**Abb. 4:** Kenngrössen der Wirbellosenbesiedlung an den vier Probestellen.

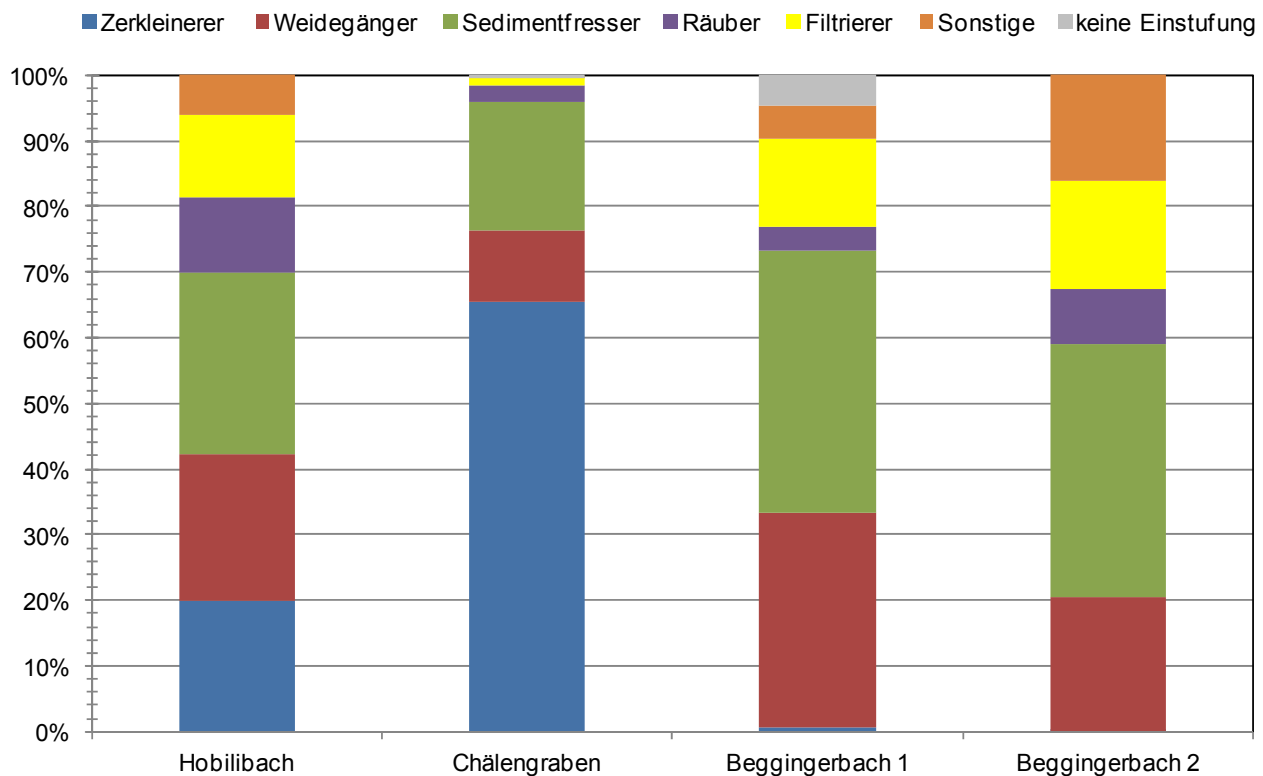
- Für die **Fischbesiedlung** konnten während der Untersuchung ebenfalls Indizien gesammelt werden: Im Hobilibach wurden zwei Bachforellenbrütlinge gefangen, welche die Naturverjüngung dieser Art hier nachweisen. Im Beggingerbach oberhalb ARA wurden letztjährige Groppen (ca. 5 cm Länge) und ebenfalls einige Brütlinge gefangen. Die Naturverjüngung dieser Art ist insbesondere nach dem aussergewöhnlichen Hochwasser Anfang Mai ein erfreulicher Befund. Unterhalb der ARA wurden keine Fische gefangen. Für den Chälengraben konnte auf Basis der zahlreichen



Bachflohkrebse und deren Verhalten die Abwesenheit von Fischen abgeleitet werden, was vom zuständigen Fischereiaufseher bestätigt wurde. Gründe für die Abwesenheit sind Wanderungshindernisse und eine fehlende Population als Quelle der Wiederbesiedlung im Oberlauf.

- Die **Artenzusammensetzung** weist auf relativ grosse Unterschiede zwischen den beiden Zuflüssen hin. Während im Chälengraben z. B. mit drei Steinfliegenarten und dem Strudelwurm *Polycelis felina* sowie den Eintagsfliegenarten *Baetis muticus* und *alpinus* der Bergbachoberlauf angezeigt wird, treten im Hobilibach schon deutlich weniger Oberlaufarten auf (vgl. Abb. 4). Auch das Vorkommen belastungssensitiver Taxa ist deutlich geringer als im Chälengraben. Unterhalb von Beggingen gehen die empfindlichen Arten bereits deutlich zurück und unterhalb der ARA gehören nur noch 3% der Individuen sensitiven Taxa an.

- Die Kenngrösse **Feinsubstratbesiedler** gibt ebenfalls Hinweise auf die Unterschiede an den Probestellen. Obwohl die mineralische Zusammensetzung der Sohle sehr ähnlich ist (s. Abb. 2), zeigt der Anteil Feinsubstratbesiedler insbesondere für die Probestelle unterhalb der ARA einen extremen Anstieg an (vgl. Abb. 4). Hierfür ist wiederum das massenhafte Vorkommen der Zuckmücken ursächlich, was eindeutig als Störung interpretiert werden kann



**Abb. 5:** Ernährungstypen der Wirbellosenfauna an den vier Probestellen nahe Beggingen (% der Individuen).

- Die Verteilung der **Ernährungstypen** ist ebenfalls geeignet, stoffliche Veränderungen und Unterschiede sowie Verschiebungen in der Nahrungskette zu indizieren (s. Abb. 5). Der Chälengraben ist durch das massenhafte Auftreten der Bachflohkrebse geprägt, welche organisches Grobmateriale zerkleinern und sich von den darauf lebenden Mikroorganismen wie z. B. den zersetzenden Pilzen ernähren. Im Hobilibach kommen die Ernährungstypen ausgewogener vor, die Zerkleinerer sind nicht so häufig, dafür treten die Filtrierer hinzu und Räuber sind häufiger. Der Beggingerbach unterhalb der Ortschaft setzt sich von den vorgenannten deutlich ab: Zerkleinerer fehlen vollständig und die Artengemeinschaft wird insbesondere von Sedimentfressern und Weidegängern dominiert. Letztere sind v. a. durch die Eintagsfliegenart *Baetis rhodani* repräsentiert. Unterhalb der ARA gehen die Weidegänger etwas zurück und die Zuckmücken und Wenigborster (Würmer) dominieren als u. a. Sedimentfresser, Filtrierer und Parasiten (unter Sonstige). Der Beggingerbach zeigt schon oberhalb der ARA deutliche Veränderungen und es ist zu vermuten, dass bereits in der Siedlung Belastungen hinzutreten.

#### 4 Taxaliste der Wirbellosenfauna

**Tab. 4:** Taxaliste und Individuenzahlen (Ind./1,25 m<sup>2</sup>) des Makrozoobenthos an den Probestellen der am 19. Juni 2013 untersuchten Gewässer Hobililbach, Chälengraben und Beggingerbach.

Taxon \ Probestelle	Hobili- bach	Chälengraben	Begginger- bach 1	Begginger- bach 2	Deutsche Bezeichnung*
<b>Hirudinea</b>					<b>Egel</b>
<i>Erpobdella octoculata</i>		2			Rollegel
<b>Ephemeroptera</b>					<b>Eintagsfliegen</b>
<i>Baetis alpinus</i>		2			Eintagsfliegen (Larven)
<i>Baetis muticus</i>		3			
<i>Baetis rhodani</i>	28	1	479	68	
<i>Epeorus assimilis</i>		1			
<i>Habrophlebia lauta</i>	45		32	72	
<i>Leptophlebia submarginata</i>			2	4	
<i>Rhithrogena semicolorata</i> -Gr.		1			
<b>Coleoptera</b>					<b>Käfer</b>
<i>Elmis rietscheli</i>		9			Hakenkäfer
<i>Hydrophilidae</i> Gen. sp.		1			Wasserkäfer
<b>Trichoptera</b>					<b>Köcherfliegen</b>
<i>Chaetopteryx villosa</i>	154				Köcherfliegen (Larven)
<i>Drusus annulatus</i>			1		
<i>Halesus digitatus</i>	7				
<i>Hydropsyche siltalai</i>	64		17	4	
<i>Melampophylax mucoreus</i>	42		7	2	
<i>Rhyacophila pubescens</i>		2			
<i>Synagapetus dubitans</i>		1			
<i>Tinodes pallidulus</i>	2			1	
<b>Crustacea</b>					<b>Krebse</b>
<i>Gammarus fossarum</i>	18	1.750	1		Bachflohkrebs
<b>Gastropoda</b>					<b>Schnecken</b>
<i>Physella acuta</i>				1	Spitze Blasenschnecke
<b>Plecoptera</b>					<b>Steinfliegen</b>
<i>Isoperla</i> sp.	1	6			Steinfliegen (Larven)
<i>Leuctra</i> sp.		1			
<i>Protonemura</i> sp.		72			
<b>Turbellaria</b>					<b>Strudelwürmer</b>
<i>Dugesia gonocephala</i>	1		1		Dreieckskopf- strudelwurm
<i>Polycelis felina</i>		42			Vieläugiger Strudelwurm
<b>Hydrachnidia</b>					<b>Wassermilben</b>
<i>Hydrachnidia</i> Gen. sp.	5		51	31	Wassermilben
<b>Oligochaeta</b>					<b>Wenigborster</b>
<i>Eiseniella tetraedra</i>	3		3		Regenwürmer
<i>Lumbriculidae</i> Gen. sp.	3		1		
Oligochaeta undet.	11	3	20	85	Wenigborster unbestimmt

Taxon \ Probestelle	Hobili- bach	Chälen- graben	Begginger- bach 1	Begginger- bach 2	Deutsche Bezeichnung*
<b>Diptera</b>					<b>Zweiflügler</b>
<i>Ibis marginata</i>			2		Ibisfliege (Larve)
<i>Ceratopogonidae</i>			40		Gnitzen (Larven)
<i>Chironomidae</i> Gen. sp.	170	9	228	1.010	Zuckmücken (Larven)
<i>Dicranota</i> sp.			2	1	Stelzmücken (Larven)
<i>Eloeophila</i> sp.			1		
<i>Psychodidae</i> Gen. sp.			1		Schmetterlings- mücken (Larven)
<i>Tipula</i> sp.	1				Schnaken (Larven)
<i>Prosimulium</i> sp.		12			Kriebelmücken (Larven)
<i>Simulium (Simulium)</i> sp.	2	6	67		
<b>Osteichthyes</b>					<b>Knochenfische</b>
<i>Cottus gobio</i> (6 cm, Brütlinge)			4		Groppe, Koppe
<i>Salmo trutta f. fario</i> (Brütlinge)	2				Bachforelle

\*Viele Wirbellosenarten besitzen keinen deutschen Artnamen.

## 5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Im Auftrag des Kantons Schaffhausen (Interkantonales Labor Schaffhausen - IKL) wurde am 19. Juni 2013 der Beggingerbach ober- und unterhalb der Einleitung der Abwasserreinigungsanlage (ARA) Beggingen sowie die beiden flussaufwärts gelegenen Zuflüsse Hobilibach und Chälengraben hinsichtlich ihrer Wirbellosenbesiedlung untersucht. Zur Auswertung der Artenlisten wurden u. a. das Schweizer Modul-Stufen-Konzept Makrozoobenthos sowie das EG-Wasserrahmenrichtlinie-konforme deutsche PERLODES-Verfahren angewendet. Zum Untersuchungszeitpunkt war die biologische Stufe der Abwasserreinigungsanlage (ARA) schon seit einigen Monaten ausser Betrieb. Das gesammelte Abwasser aus Beggingen wurde seither nahezu unbehandelt in den Beggingerbach eingeleitet. Mit den Untersuchungen sollte die Gesamtsituation der Gewässerbelastung betrachtet werden, da Vermutungen bestehen, dass bereits oberhalb der ARA-Einleitung beeinträchtigende Einflüsse die Gewässerfauna einschränken. Der Einfluss der ARA sollte bei der Untersuchung nicht im Vordergrund stehen, stellt jedoch hinsichtlich der Auslenkung der Bewertungsmethoden eine nützliche Prüfgrösse dar.

Die **Zusammensetzung des Sohlsubstrats** ist an allen vier Probestellen sehr ähnlich. Es wird von Steinen (ca. 50%) und Kiesen (40-50%) dominiert, der Feinsubstratanteil (Sand) war mit 5-10% gering. Die Bedeckung durch Wasserpflanzen (Algen und höhere Pflanzen) liegt insgesamt bei max. 7,5%. Unterhalb der Einleitung der ARA hatte sich Abwasserpilz (*Sphaerotilus natans*) sowie vermutlich weitere Bakteriengemeinschaften im Bachbett ausgebreitet, welche einen intensiven Abbau organischer, biologisch abbaubarer Substanzen kennzeichnen. Entgegen der Erwartung wurde im Sediment keine vollständige Sauerstoffzehrung festgestellt: kein Schwefelwasserstoffgeruch und keine Schwarzfleckigkeit der Steinunterseiten. In den Zuflüssen Hobilibach und Chälengraben wurden nur vereinzelt Moose auf den Steinoberflächen gefunden. Das Substrat des Chälengrabens war insbesondere in den Schnellebereichen mit Kalkausfällungen verbacken und überzogen, sodass für die in den Steinzwischenräumen lebende Wirbellosenfauna eine Verringerung des Lebensraumes zu vermuten ist.

Die **physikalisch-chemischen Parameter** (Sondenmessungen) am Untersuchungstag wiesen kaum auffällige Werte auf: Die Probestellen oberhalb der ARA-Einleitung wiesen leichte Übersättigungen des Sauerstoffs bis max. 110% auf, unterhalb der ARA war die Sättigung mit 98% etwas niedriger. Die Leitfähigkeiten kennzeichnen mit Werten um 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  den karbonathaltigen Unter-

grund im Einzugsgebiet. Auffällig war, dass v. a. direkt unterhalb von Beggingen eine Werterhöhung um rund 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  stattfand (im Vergleich zu Hobilibach und Chälengraben) und nicht erst unterhalb der ARA, wo die Erhöhung nur noch lediglich 5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  betrug. Die Leitfähigkeit kann u. a. anthropogene Stoffeinträge anzeigen, da auch immer Elektrolyte mit eingebracht werden. Es wird die Vermutung abgeleitet, dass im Ortsbereich Beggingen zusätzliche Belastungen oder weitere Zuflüsse diesen Wertesprung verursachen.

Für die Bewertungen mit den deutschen EG-Wasserrahmenrichtlinien-Verfahren wurde angelehnt an die oben beschriebenen Eigenschaften der Fliessgewässertyp 7 angesetzt → grobmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche.

### Fazit aus den Ergebnissen der Wirbellosenuntersuchung:

Aus Kieselalgenuntersuchungen des Jahres 2008/2009 (Daten vom IKL Schaffhausen) sowie einer langen Datenreihe aus der Überwachung der chemisch-physikalischen Überwachung der Begginger Bäche (Chemiedatensatz des IKL Schaffhausen 1976-2013) wird deutlich, dass an der Probestelle unterhalb der Ortschaft Beggingen deutlich höhere Belastungen herrschen als im Chälengraben. Letzterer kann aufgrund der physikalisch-chemischen Kenngrössen, der Quellnähe und dem hohen Waldanteil im Einzugsgebiet als Referenzprobestelle angesehen werden. Im Hobilibach, der bei Zusammenfluss mit dem Chälengraben massgeblich zum Abfluss des Beggingerbaches beiträgt, lag über die Jahre keine Monitoring-Probestelle.

An den Probestellen wurden insgesamt **37 verschiedene Wirbellosentaxa** und zwei Fischarten nachgewiesen. Die meisten Wirbellosentaxa wurden mit 19 im Chälengraben gefunden. Unterhalb der ARA-Einleitung ging die Taxazahl auf 10 zurück.

Der **Schweizer Wirbellosen-Index IBCH** zeigt für den Chälengraben die beste Qualität mit der Zustandsklasse "gut" an. Die übrigen Probestellen werden mit "mässig" bewertet.

Die relativ geringe Taxazahl an allen Probestellen hat zur Folge, dass für viele Wirbellosen-Indices nicht genügend Indikatorarten vorliegen. Sowohl der **deutsche Saprobienindex** als auch die Bewertungsgrösse **German Fauna Index** ist in den meisten Fällen als "ungesichert" gekennzeichnet. Die Ergebnisse können der Orientierung dienen, die Verlässlichkeit ist jedoch in einigen Fällen eingeschränkt, da die Kenngrössen auf einzelne Artenvorkommen nicht robust genug reagieren. Hinsichtlich des deutschen Saprobienindex liegt nur für den Chälengraben ein gesichertes Ergebnis vor: die saprobielle Qualitätsklasse "sehr gut". Des Weiteren werden "ungesichert" der Beggingerbach oberhalb der ARA als "sehr gut", der Hobilibach als "gut" und der Beggingerbach unterhalb ARA mit dem deutlich schlechtesten Index von 1,92 ebenfalls noch als "gut" eingestuft.

Sowohl der IBCH als auch der deutsche Saprobienindex ergeben für die Probestelle unterhalb ARA, die durch Abwasserpilz, ein Massenvorkommen von Zuckmücken (rd. 800 Ind./m<sup>2</sup>) sowie durch zahlreiche Würmer geprägt ist, ein viel zu mildes Ergebnis. Die nur mit wenigen Individuen vorkommenden empfindlichen Taxa, u. a. drei Köcherfliegenarten, werden durch die Artenartmut und deren "relative" Berücksichtigung in den Berechnungen überbewertet.

Im Bewertungsmodul **"Allgemeine Degradation"** werden die beiden Zuflüsse Hobilibach und Chälengraben als "gut" eingestuft, wobei der Chälengraben an der Grenz zu "sehr gut" und der Hobilibach an der Grenze zu "mässig" liegt. Der Unterschied beträgt somit nahezu eine Zustandsklasse. Überraschend ist das Ergebnis im Beggingerbach oberhalb ARA, welches mit "unbefriedigend" ebenso schlecht klassifiziert wird wie an der Probestelle unterhalb der ARA.

Da Hobilibach und Chälengraben die massgeblichen Zuflüsse des Beggingerbachs sind, ist die Verschlechterung unterhalb des Ortes Beggingen sehr auffällig. Anhand der **Indices und Artenlisten** wird deutlich, dass schon im Hobilibach nicht so gute Bedingungen herrschen wie im Chälengraben, welcher z. B. über doppelt so viele Individuen belastungssensitiver Arten und ein Massenvorkommen der hinsichtlich Stoffeinträge und organischen Substanzen (u. a. Pflanzenschutzmitteln, s. Liess et al. 2001, Von der Ohe 2005) empfindlichen Bachflohkrebs enthält. Im Hobilibach wurde nur ein einziger Bachflohkrebs gefunden, im Beggingerbach fehlten diese ganz. Ebenso



konnten empfindliche Eintags- und Steinfliegenarten sowie Wasserkäfer und der für Oberläufe typische Strudelwurm *Polycelis felina* in Hobili- und Beggingerbach nicht mehr nachgewiesen werden.

Insbesondere überrascht das Fehlen des im Chälengraben massenhaft vorkommenden **Bachflohkrebses** im Beggingerbach, der wahrscheinlich immer wieder von flussaufwärts eindriftet, sich aber selbst in der Gewässerstrecke oberhalb der ARA nicht dauerhaft ansiedeln kann. Das Fehlen der Bachflohkrebs im Beggingerbach war in vorhergehenden Untersuchungen immer wieder aufgefallen (u. a. mündl. Mitteilung Frank Lang des IKL SH) und es bestand der Verdacht, dass u. a. Pflanzenschutzmittel, welche über die Siedlungsentwässerung und/oder die landwirtschaftlichen Flächen eingetragen werden können, ursächlich sind. Gemäss der hier ermittelten Befunde sind Einträge in den Hobilibach und noch verstärkt im Ortsbereich Beggingen begründbar.

Die für die biologische Indikation von kontinuierlichen und episodischen Einträgen von organischen Substanzen (Xenobiotika) entwickelten **SPEAR-Indices** wurden deshalb auf die aktuellen Wirbellosenbefunde angewandt, wobei die geringen Taxazahlen (Diskussion s. oben) auch diese Indices in ihrer Aussagekraft und Robustheit einschränken können. Gemäss dem Index  $\text{SPEAR}_{\text{pesticide}}$  (für Belastungsschübe) stellt der Hobilibach mit dem Ergebnis "gut" die Probestelle mit der geringsten Belastung dar. Dann folgen der Chälengraben mit ebenfalls "gut" und in der "mässigen" Bewertungsklasse die beiden Probestellen am Beggingerbach. Der  $\text{SPEAR}_{\text{organic}}$ -Index (für kontinuierliche Belastung) kennzeichnet lediglich den Beggingerbach unterhalb ARA als beeinträchtigt. Am besten schneidet hier der Chälengraben ab und die Indices für Hobili- und Beggingerbach oberhalb ARA nähern sich der Klassengrenze zum degradierten Zustand. Durch die teilweise Widersprüchlichkeit der beiden ähnlich kalibrierten Indices erscheinen die Aussagen nicht ganz verlässlich. Eine hohe Plausibilität und Übereinstimmung mit den übrigen Befunden zeigt der  $\text{SPEAR}_{\text{organic}}$ -Index. Gemeinsam ist den beiden SPEAR-Indices die Aussage, dass der Beggingerbach bereits unterhalb des Ortes eine deutliche Verschlechterung gegenüber den flussaufwärts liegenden Zuflüssen erfährt.

Neben dem eindeutig indizierten Belastungsschub aus der ARA Beggingen können in Zusammenschau aller Ergebnisse und Befunde weitere für die Fauna beeinträchtigende Stoffeinträge im Ortsbereich Beggingen und in abgeschwächtem Masse in den Hobilibach ermittelt werden. Es wird empfohlen, den Hobilibach oder ggf. weitere flussaufwärts gelegene Zuläufe probeweise in das chemische Monitoring des IKL mit einzubeziehen.

## 6 Glossar

**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](http://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.

**Epirhithral-Besiedler (% Ind.).** (= Bergbachoberlaufarten) Das vermehrte Vorkommen von Oberlaufarten (Anteil auf Basis der Individuen gezählt) der Bergbäche unterstreicht den Bergbach-Charakter, den ein Gewässer des Typs im naturnahen Zustand besitzt. Die Oberlaufarten gehen zurück wenn Störungen z. B. des natürlichen Fließverhaltens durch Aufstau und Kanalisierung oder des Temperaturregimes aufgrund fehlender Beschattung eintreten.

**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).

**Häufigkeitsklassen (HK).** Den bei der biologischen Gewässergüteuntersuchung ermittelten Individuenzahlen 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).

**Rheoindex 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<sub>organic</sub>.** Zeigt die kontinuierliche Belastung mit organischen Schadstoffen (Xenobiotika wie Tenside oder Pestizide) an. Das verwendete biologische Merkmal ist die physiologische Empfindlichkeit gegenüber organischen naturfremden Chemikalien.

**SPEAR<sub>pesticides</sub>.** 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.

## 7 Literatur

### 7.1 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.
- 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>.
- LGL BW (Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, Hrsg.) (2009): Amtliche topographische Karten 1:25.000, Baden-Württemberg. CD-ROM, Version 3.
- 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., Schulz, R., Berenzen, N., Nanko-Drees, J., Wogram, J. (2001): Pflanzenschutzmittel-Belastung und Lebensgemeinschaften in Fließgewässern mit landwirtschaftlich genutztem Umland. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit – Oberflächengewässerschutz. Forschungsbericht 296 24 511, UBA-FB 000197. 226 S.
- 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 Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. <http://rips-uis.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/wrrl/wrrl.htm>.
- Meier, C., Böhmer, J., Rolaufts, P. & Hering, D. (2012): Kurzdarstellungen „Bewertung Makrozoobenthos“ & „Core Metrics Makrozoobenthos“. [www.fliessgewaesserbewertung.de](http://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. (2005): Ecological Risk Assessment of Organic Pollutants with Regard to their Direct and Indirect Effects on Stream-Dwelling Macroinvertebrates of Small Headwater Streams. Dissertation an der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina Braunschweig. Kumulative Arbeit. 109 S. zzgl Anhänge.
- 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.

### 7.2 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](http://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 Larvaltaxonomie, 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](http://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](http://www.fliessgewaesserbewertung.de). 38 S.



## 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](http://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 und SPEAR-Bioindikationsverfahren

Die Beprobung im Gelände erfolgte nach der AQEM/STAR-Methode ([www.fliessgewaesserbewertung.de](http://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).

Die Berechnung des **Saprobienindex** erfolgt auf Basis der Artenlisten und gemäss des Makrozoobenthos-EG-WRRL-Verfahren (Meier et al. 2006, Meier et al. 2012, Asterics/Perloides Februar 2012) und wird gewässertypspezifisch durchgeführt. Ebenso die Bewertung mit dem Modul **Allgemeine Degradation**, welches für den hier vorliegenden Typ 7 die Einzelmetrics **German Fauna Index Typ 5**, die Summe der Häufigkeitsklassen der **EPT-Taxa**, den **Rheoindex** sowie Anteil der **Epirhithral-Besiedler (Oberlaufarten)** 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](http://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 Fließgewässerkontinuum 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 7: Grundzustand 1,45)					
Qualitätsklasse	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	schlecht
Saprobienindex	< 1,60	> 1,60 – 2,10	> 2,10 – 2,75	> 2,75 – 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 <sub>pesticide</sub> (Sensitive Taxa %)	≥ 44	< 44 – 33	< 33 – 22	< 22 – 11	< 11
Bewertungszahl SPEAR <sub>organic</sub> (häufigkeitsgewichteter Mittelwert der Taxon- Sensitivität)	-0,4 bis +2,0	-2,5 bis -0,4 (degradiert)			

Während der **SPEARpesticides**-Index (s. Tab. 6) besser auf episodische Belastungen reagieren soll (Liess & Von der Ohe 2005), indiziert der **SPEARorganic** 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.)



### 8.3 Fotodokumentation der Probestellen



**Abb. 6:** Probestelle im Hobilibach (links) und im Chälengraben (rechts) am 19. Juni 2013.



**Abb. 7:** Probestelle im Beggingerbach unterhalb des Ortes Beggingen aber noch oberhalb der ARA-Einleitung (links) sowie unterhalb der ARA (rechts) am 19. Juni 2013.