



Biologische Untersuchung der Biber unterhalb der Einleitung der ARA Ramsen - Wirbellosen – Lebensgemeinschaft - Gewässeruntersuchung vom 14. März 2014



Abb. 1: Probestelle Biber bei Karollihof im März 2014.

Gutachter: **BNÖ – Büro für Nutzung und Ökologie der Binnengewässer**

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

Mitarbeit: Dipl. Biol. Roland Höfer

beauftragt durch

INTERKANTONALES LABOR

LEBENSMITTELKONTROLLE APPENZEL AUSSERRHODEN APPENZEL INNERRHODEN GLARUS SCHAFFHAUSEN
UMWELTSCHUTZ SCHAFFHAUSEN

Titisee, im Oktober 2014

Inhalt:

1	Veranlassung und Methoden	1
2	Beschreibung der Gewässer und Probenahmestellen	2
3	Ergebnistabellen der biologischen Untersuchungen	5
4	Ergebnisdiskussion und Zusammenfassung	8
5	Glossar	10
6	Literatur	11
6.1	Allgemeine Literatur	11
6.2	Bestimmungsliteratur	11
7	Anhang Methoden und Bewertungsgrundlagen	13
7.1	Schweizer Modul-Stufen-Konzept Makrozoobenthos	13
7.2	Deutsches Bewertungsmodul Perloides und SPEAR-Bioindikationsverfahren	13

1 Veranlassung und Methoden

Im Auftrag des Kantons Schaffhausen (Interkantonales Labor Schaffhausen - IKL) wurde die Biber unterhalb der ARA Ramsen auf Höhe des Karollihs (s. Abb. 3) hinsichtlich ihrer Wirbellosenbesiedlung (Makrozoobenthos) untersucht. Ziel der Untersuchung war die Bestandsaufnahme der Artengemeinschaft in Bezug auf Belastungen aus der ARA und den umliegenden landwirtschaftlich bewirtschafteten Flächen.

Auf Höhe eines landwirtschaftlichen Betriebs linksseitig der Biber war ein kleinerer Zufluss, dessen höhere Belastung an einem verstärkten Algenwachstum angezeigt war (s. Abb. 2). Es wurde eine standardisierte Probenahme durchgeführt, welche zur Hälfte ober- und zur Hälfte unterhalb dieses Zuflusses stattfand. Die Teilproben wurden zunächst getrennt ausgewertet und anschließend rechnerisch zu einer Probe vereinigt. Für die gleichberechtigte Bewertung der beiden Teilproben wurden die Abundanzen auf eine ganze Probe hochgerechnet, also verdoppelt.

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. 0) genauer beschrieben. Begleitend zu der biologischen Untersuchung am 14. März 2014 fanden Sondenmessungen der physikalisch-chemischen Parameter (Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und pH-Wert) statt.



Abb. 2: Linker Zufluss der Biber unterhalb der Fußgängerbrücke beim Karollihof (14.03.2014).

2 Beschreibung der Gewässer und Probenahmestellen

Die Biber entspringt auf deutschem Gebiet südwestlich von Engen am Bisberg auf rund 720 m ü. NN, durchfließt dann in vorwiegend südöstlicher Richtung den Hegau. Die Probestelle (s. Abb. 1) liegt im Unterlauf der Biber auf rund 400 m ü. NN (s. Abb. 3) und 1 km oberhalb der Mündung in den Hochrhein bei Rheinklingen.

Tab. 1: Kurzbeschreibung und typologische Ansprache der Biber im untersuchten Abschnitt.

Merkmal	Beschreibung
Untersuchtes Gewässer	Biber
Hydrologisches Regime	pluvial
Höhenlage des untersuchten Abschnitts (ca. m ü. NN)	400
Gewässerstruktur (Kurzansprache)	im Übergang eines begrädigten Abschnitts unterhalb der ARA zu einem weitgehend naturnahen Abschnitt bis zu Mündung in den Hochrhein, standorttypische Gehölze, nahezu vollständige Beschattung im Tagesverlauf, an den Probestellen weitgehend naturnahe Ufer, Beggingerbach bei ARA mit steilen Uferabbrüchen
Strömung	vorwiegend turbulent fließend
Wasserbeschaffenheit optisch	schwache milchig-weiße Trübung mit kleinen Schaumflecken
Fließgewässertyp gemäß deutscher Typologie (Pottgiesser & Sommerhäuser 2008) für die Anwendung des WRRL-Verfahrens PERLODES)	Typ 3.2: Kleine Flüsse der Jungmoräne des Alpenvorlandes (angelehnt an LUBW 2014)

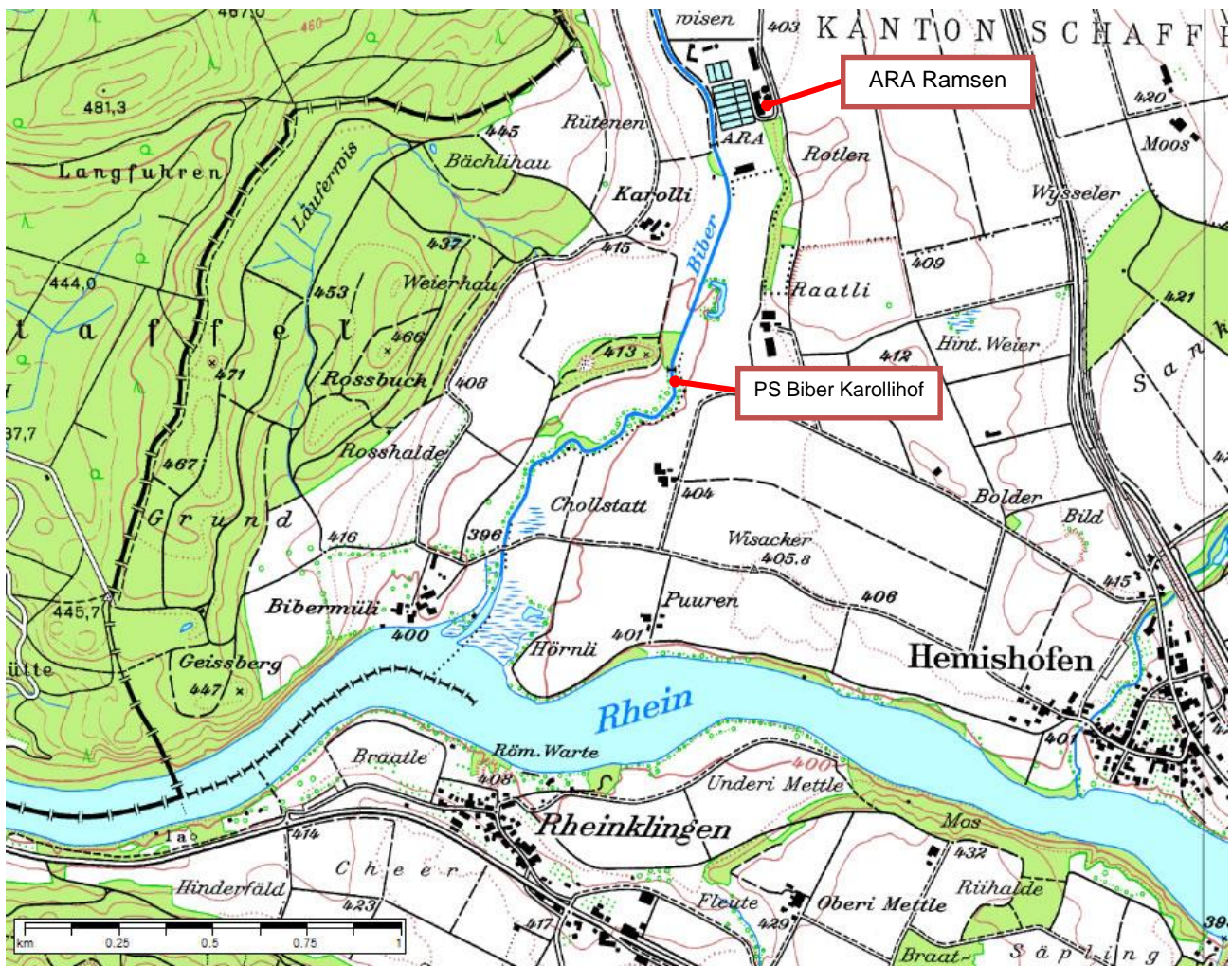


Abb. 3: Lage der ARA Ramsen sowie der Probenahmestelle (PS) in der Biber. Kartenausschnitt aus der amtlichen topografischen Karte 1:25.000 (LGL BW 2009).

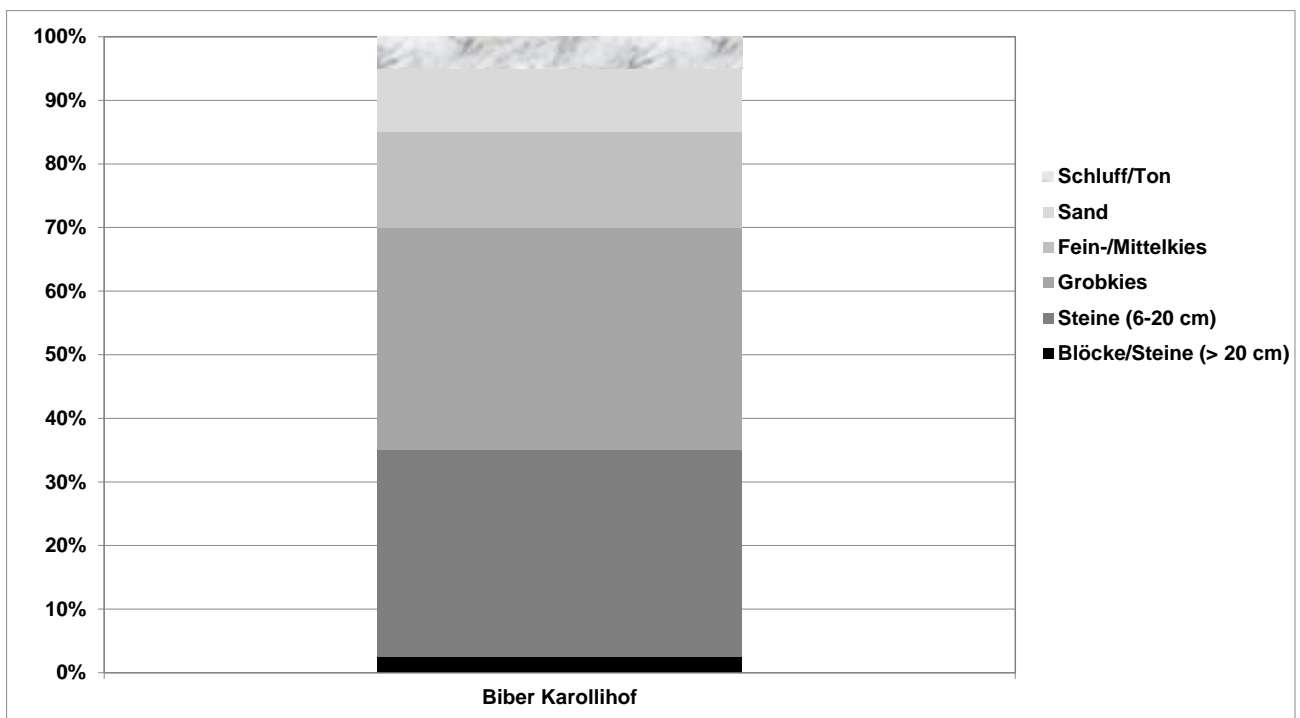


Abb. 4: Zusammensetzung des mineralischen Sohlsubstrats an der Probestelle Biber Karollihof am 14.03.2014.

Die Zusammensetzung des Sohlsubstrats ist durch kleinere und größere Steine zwischen 2 und 20 cm Durchmesser geprägt (s. Abb. 4). Noch grössere Steine und Blöcke sowie wie lehmig-bindige Flächen sind nur in geringer Deckung ($\leq 5\%$) vorhanden. Eine starke Veralgung durch fädige Formen war in der Fahne des linksseitigen Zuflusses auffällig (rund 50% Deckung im Bereich der "Zufluss-fahne"). Ober- und außerhalb des Zuflussbereichs war ein Algenbelag eher kleinräumig vorhanden und submerse Wasserpflanzen wie Moose waren häufiger.

Tab. 2: Physikalisch-chemische Messungen am Tag der Makrozoobenthos-Untersuchungen (13. März 2014) an der Probestelle Biber Karollihof. Wetter: sonnig, dunstig, trocken, windruhig, Lufttemperatur ca. 6°C am Vormittag bis 18°C am Nachmittag. Wasserführung normal, keine Trübung.

Kenngroesse	Biber Karollihof
Uhrzeit (MESZ)	16:05
Wassertemperatur (°C)	9,5
Elektr. Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	649
pH-Wert	8,4
Sauerstoffsättigung (%)	116,8
Sauerstoffgehalt ($\mu\text{g}/\text{L}$)	12,8
Elektr. Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$) im linken Zufluss	744

Die physikalisch-chemischen Parameter am Untersuchungstag 13. Juni 2014 (Sondenmessungen, s. Tab. 1) weisen keine auffälligen Werte auf. Die Temperaturen waren trotz des warmen, frühlingshaften Wetters mit 9,5°C kühl. Die Leitfähigkeit von 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$ kennzeichnet den kalkreichen Untergrund im Einzugsgebiet. Vergleiche mit chemisch-physikalischen Messwerten oberhalb der ARA Ramsen bei Buch (Messwerte von IKL SH 1973-2014) zeigen, dass die Einleitung der ARA keine deutliche Erhöhung der Leitfähigkeit verursacht. Die Sauerstoffwerte und der pH-Werte sind unauffällig hinsichtlich einer möglichen, erhöhten Nährstoffbelastung (Trophie) oder organischer abbaubarer Stoffe. Die leichte Übersättigung an diesem sonnigen Frühjahrstag bis 117% spricht nicht für bedeutende Belastungen mit organischen Stoffen oder algenverfügbaren Nährstoffen.

Der belastete linksseitige Zufluss wies mit 744 $\mu\text{S}/\text{cm}$ eine höhere Leitfähigkeit als die Biber auf, was wahrscheinlich die höhere stoffliche Belastung widerspiegelt. Dessen Einfluss auf die Biber kann sich aufgrund der geringen Schüttung (geschätzt $< 1/10$ des Abflusses der Biber) nur lokal in der Fahne auswirken, weshalb auf Messungen in der Biber nach vollständiger Durchmischung verzichtet wurde.

3 Ergebnistabellen der biologischen Untersuchungen

Tab. 3: Kenngrössen der biologischen Untersuchungen in der Biber bei Karollihof 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-Toxizitätsindices (berechnet mit dem Modul Asterics/Perlodes Version 4.03, Juli 2013).

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

	Kenngrösse	Teilprobe Biber oberhalb linker Zufluss	Teilprobe Biber unterhalb linker Zufluss	Biber Karollihof (gesamt)
	Individuen pro m ²	520	531	526
	Anzahl Taxa	31	25	38
		Saprobienindex und Kenngrössen		
Saprobie	Anzahl Indikator taxa	23	20	28
	Summe Häufigkeitsklassen*	55	50	56
	Saprobienindex	1,75	1,79	1,77
	Saprobielle Qualitätsklasse	gut	gut	gut
	Bewertungsmetric	Bewertungsmodul Allgemeine Degradation Typ 3.2 Bewertungszahlen von 0 bis 1 (Erläuterung Tab. 6)		
Allgemeine Degradation	Summe Häufigkeitsklassen*	42	38	42
	German Fauna Index Typ 3.2	0,93	0,85	0,91
	Rheoindex (HK)	0,98	0,74	0,81
	EPT-Taxa (% HK)	0,77	0,75	0,70
	Anzahl EPTCBO-Taxa	(0,44)	(0,32)	0,60
	Bewertungszahl gesamt	0,83	0,72	0,80
	Qualitätsklasse	sehr gut	gut	gut
	Gesamtbewertung	gut	gut	gut
	Kenngrösse	Schweizer Makrozoobenthos-Index IBCH		
IBCH	Summe Taxa	21	16	23
	höchste Zeigergruppe (IG, 1-9)	7	6	7
	Diversitätsklasse (DK, 1-14)	7	6	7
	IBCH-Wert	13 gut-mässig	10 mässig	13 gut-mässig
		Toxizitätsindices SPEAR-Verfahren		
SPEAR	SPEAR _{pesticide} (sensitive Taxa %)	42,4	37,4	39,2
	Bewertung SPEAR _{pesticide}	gut	gut	gut
	SPEAR _{organic}	-0,53	-0,54	-0,44
	Bewertung SPEAR _{organic}	degradiert	degradiert	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.

Tab. 4: Taxaliste und gefundene Individuenzahlen (Ind./0,625 m² bzw. 1,25 m²) des Makrozoobenthos an den Probestellen in der Biber auf Höhe Karollihof am 13. März 2014.

Taxon \ Probestelle	Teilprobe Biber oberhalb linker Zufluss	Teilprobe Biber unterhalb linker Zufluss	Biber Karollihof (Summe)	Deutsche Bezeichnung*
Ephemeroptera				Eintagsfliegen
<i>Baetis buceratus</i>	12	9	21	Eintagsfliegen (Larven)
<i>Baetis lutheri</i>	12	24	36	
<i>Baetis rhodani</i>	16	15	31	
<i>Ephemerella danica</i>	34	43	77	
<i>Ephemerella mucronata</i>		3	3	
<i>Habroleptoides confusa</i>	2		2	
<i>Leptophlebia marginata</i>	2		2	
<i>Torleya major</i>	12	1	13	
Coleoptera				Käfer
<i>Elmis aenea</i>	5		5	Hakenkäfer
<i>Elmis maugetii</i>	2	9	11	
<i>Limnius perrisi</i>		2	2	
<i>Limnius volckmari</i>	3		3	
<i>Orectochilus villosus</i>	4	6	10	Taumelkäfer
<i>Oulimnius tuberculatus</i>		4	4	Hakenkäfer
<i>Riolus subviolaceus</i>	2		2	
Trichoptera				Köcherfliegen
<i>Chaetopteryx villosa</i>		1	1	Köcherfliegen (Larven)
<i>Halesus tessellatus</i>	1	2	3	
<i>Hydropsyche incognita</i>	22	4	26	
<i>Hydropsyche instabilis</i>	5	4	9	
<i>Hydropsyche siltalai</i>	49	42	91	
<i>Lepidostoma hirtum</i>	9	5	14	
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	8	4	12	
Polycentropodidae Gen. sp.	5		5	
<i>Rhyacophila dorsalis</i> ssp.	5	9	14	
<i>Silo piceus</i>	1		1	
Crustacea				Krebse
<i>Asellus aquaticus</i>		11	11	Wasserassel
<i>Gammarus fossarum</i>		12	12	Bachflohkrebs
Gastropoda				Schnecken
<i>Ancylus fluviatilis</i>	6		6	Flussnapfschnecke
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	2	1	3	Neuseeländische Zwergdeckelschnecke
Odonata				Libellen
<i>Calopteryx splendens</i>	1		1	Gebänderte Prachtlibelle
Hydrachnidia				Wassermilben
Hydrachnidia Gen. sp.	63	124	187	Wassermilben
Oligochaeta				Wenigborster
<i>Eiseniella tetraedra</i>	3	5	8	Regenwürmer
Lumbriculidae Gen. sp.		1	1	
Wenigborster undet.	9	10	19	Wenigborster unbest.



Taxon \ Probestelle	Teilprobe Biber oberhalb linker Zufluss	Teilprobe Biber unterhalb linker Zufluss	Biber Karollihof (Summe)	Deutsche Bezeichnung*
Diptera				Zweiflügler
Chironomidae Gen. sp.	78	105	183	Zuckmücken (Larven)
Tanytarsini Gen. sp.	11		11	
Dicranota sp.	1		1	Stelzmücken (Larven)
Antocha sp.	1		1	
Tipula sp.	1		1	Schnaken (Larven)
Simulium (Simulium) sp.	1		1	Kriebelmücken (Larven)
Osteichthyes				Knochenfische
Cottus gobio (10 cm mit Gelege)		1	1	Groppe, Koppe

*Viele Wirbellosenarten besitzen keinen deutschen Artnamen.

4 Ergebnisdiskussion und Zusammenfassung

Im Auftrag des Kantons Schaffhausen (Interkantonales Labor Schaffhausen - IKL) wurde am 13. März 2014 in der Biber unterhalb der Einleitung der Abwasserreinigungsanlage (ARA) Ramsen eine Untersuchung der Wirbellosenbesiedlung durchgeführt. Ziel der Untersuchung war die Bestandsaufnahme der Artengemeinschaft in Bezug auf Belastungen aus der ARA und den umliegend landwirtschaftlich bewirtschafteten Flächen. Etwas unterhalb der Fußgängerbrücke über die Biber und auf Höhe eines landwirtschaftlichen Betriebs tritt von links ein kleinerer Zufluss hinzu. Dessen höhere Belastung war an einem verstärkten Algenwachstum angezeigt. Es wurde eine standardisierte Probenahme durchgeführt, welche zur Hälfte ober- und zur Hälfte unterhalb dieses Zuflusses auf jeweils gesamter Gewässerbreite stattfand. Die halbierten Proben wurden zunächst getrennt ausgewertet und anschließend rechnerisch zu einer Probe vereinigt.

Zur Auswertung der Artenlisten werden u. a. das EG-Wasserrahmenrichtlinie-konforme (WRRL) deutsche PERLODES-Verfahren (Asterics-Version 4.03, Stand Juli 2013) 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. 0) genauer beschrieben. Begleitend zu der biologischen Untersuchung am 14. März 2014 fanden Sondenmessungen der physikalisch-chemischen Parameter (Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und pH-Wert) statt. Für die Bewertungen mit den deutschen EG-Wasserrahmenrichtlinien-Verfahren wurde angelehnt an die Gewässertypologie in Baden-Württemberg der Fließgewässertyp 3.2 angesetzt → Kleine Flüsse der Jungmoräne des Alpenvorlandes.

In der folgenden Ergebnisdarstellung und Diskussion wird insbesondere Bezug zu den Tab. 2 bis Tab. 4 und der Abb. 4 genommen:

Die Zusammensetzung des Sohlsubstrats ist durch kleinere und größere Steine zwischen 2 und 20 cm Durchmesser geprägt, welche rund 70% der Sedimentoberfläche ausmachten. Im Abschnitt oberhalb des Zuflusses konnte unter einem etwa kopfgroßen runden Stein eine 10 cm große Groppe gefunden werden, die ihr Gelege bewachte.

In dem kleineren Zufluss sowie in dessen Fahne auf der linken Seite des Stromstrichs war ein erhöhtes Fadenalgenaufkommen zu beobachten. Diese bedeckten dort etwa 50% der Bachsohle. Nach Vermischung ließ die Fadenalgenbedeckung deutlich nach und es waren wie oberhalb des Zuflusses vermehrt Moose zu finden, die jedoch nie mehr als 5% Deckung erreichten.

Die physikalisch-chemischen Parameter (Sondenmessungen) am Untersuchungstag wiesen keine auffälligen Abweichungen auf. Die Sauerstoffsättigung mit 117% und der pH-Wert von 8,4 waren geringfügig erhöht, stellen jedoch unter Berücksichtigung der Tageszeit und eines gewissen jedoch eher geringen Wasserpflanzenwachstums in der Biber normale Werte dar. In der Biber selbst lag die Leitfähigkeit bei 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$, im linken Zufluss war diese um 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ höher, was auf dessen Stoffbelastung hinweisen kann. Ursache können Emissionen aus dem landwirtschaftlich genutzten Hofgelände sein, die über Drainagen in das kleine Fließgewässer gelangen.

An der Probestelle in der Biber wurden insgesamt **38 verschiedene Wirbellosentaxa** und die Fischart Groppe nachgewiesen. Die meisten Wirbellosentaxa wurden mit 31 im "oberen Abschnitt" gefunden, unten lediglich 25. Die Individuendichte liegt mit 500 Ind./pro m^2 etwas unterhalb der Erwartungen für den Frühjahrsaspekt eines Flussunterlaufs. Direkte Vergleichswerte liegen der Begutachtung jedoch nicht vor.

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 bewertet im Typ 3.2 zwischen 10 und 35 Taxa.

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 degradiert 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.

Metric: Masszahl

Der **Schweizer Wirbellosen-Index IBCH** ermittelt für die Biber den Übergangsbereich zwischen "guter" und "mässiger" Qualität. Der Abschnitt oberhalb des belasteten Zuflusses wird mit "gut" und der untere mit "mässig" bewertet. Der Unterschied von 3 Indexpunkten stellt nahezu eine ganze Zustandsklasse dar (s. Tab. 5) und ist als sehr deutlicher Nachweis der zutretenden Belastung anzusehen.

Der **deutsche Saprobienindex** ermittelt für die Biber mit 1,77 den "guten" Zustand (bei 1,6 ist die Grenze zum "sehr guten" Zustand). Unter den gegebenen Voraussetzungen mit landwirtschaftlich genutztem Einzugsgebiet, einer nahe gelegenen Kläranalgeneinleitung sowie u. a. Belastungsspitzen über den Gottmadinger Dorfbach (Messwerte von IKL SH 1973-2014) aus deutschem Gebiet flussaufwärts von Ramsen ist das Ergebnis unerwartet gut. Die Teilprobenauswertung zeigt eine Verschlechterung im unteren Probeabschnitt, was bei einem Verdünnungsverhältnis von 1 zu mind. 10 dem hier beachteten Zufluss ein schlechtes Urteil gibt.

Im Bewertungsmodul "**Allgemeine Degradation**" wird in der Gesamtprobe ein Zustand im Übergangsbereich von "sehr gut" zu "gut" ermittelt. Maßgebend für das gute Abschneiden sind die beiden Teilmetrics German Fauna- und Rheo-Index, welche beide in der "sehr guten" ökologischen Zustandsklasse liegen. Das Vorkommen der EPT-Taxa (s. Seitenkasten) wird in beiden Teilabschnitten mit "gut" bewertet. Lediglich die Erwartung an die Artenvielfalt der EPTCBO-Taxa konnte in der Biber gemäß des Gewässertyps 3.2 für den "guten" Zustand nicht ganz erfüllt werden. Das Ergebnis liegt mit 0,60 direkt auf der Klassengrenze "gut-mässig".

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.

In allen **Teilmetrics des Moduls Allgemeine Degradation** schneidet der untere Probeabschnitt wiederum schlechter ab und bestätigt die Befunde des IBCH und des Saprobienindex.

In der **Artenliste** fällt zum Vergleich "oben versus unten" v.a. das Aufkommen der belastungstoleranten Wasserassel und das Verschwinden einiger empfindlicher Bergbacharten wie z. B. dem Hakenkäfer *Elmis aenea* oder der selteneren Eintagsfliegenart *Leptophlebia marginata* auf. Die ebenfalls eher belastungsunempfindliche Köcherfliegenart *Hydropsyche siltalai* kommt dagegen an beiden Probestellen in gleicher Anzahl vor. Die Nahrungspartikel filtrierenden *Hydropsyche*-Arten wurden in der Biber insgesamt relativ häufig angetroffen und können damit einen Hinweis auf das Vorhandensein von organischen Partikeln geben. Diese können z. B. aus Kläranlagen emittiert werden, deren Nachklärung einen Schlammflockenabtrieb nicht vollständig verhindern kann.

Des Weiteren wurden die für die biologische Indikation von kontinuierlichen und episodischen Einträgen von organischen Substanzen (Xenobiotika wie z. B. Pestizide) entwickelten **SPEAR-Indices** betrachtet (s. auch Kap. 7.2). Der episodische Belastungen anzeigende Index SPEAR_{pesticide} ermittelt für die Biber einen "guten" Zustand. Die oberste Probestelle wird rund eine halbe Zustandsklasse besser bewertet als die untere. Der SPEAR_{organic}-Index (für kontinuierliche Belastungen) zeigt eine Belastung/Degradierung für alle Bereiche an und ermittelt keinen Unterschied zwischen ober- und unterhalb des Zuflusses.

In **Zusammenschau** aller Parameter und Bewertungskenngrößen kann die Biber mit "gut" bewertet werden. Es bestehen Verdachtsmomente auf den Eintrag von Nährstoffen und organischen Stoffen aus dem der Probestelle nahe gelegenen Hofgelände und/oder den umgebenden landwirtschaftlich genutzten Feldern. Für die ARA oder für Verursacher weiter flussaufwärts kann ein Eintrag von organischen Partikeln vermutet werden. Als Verbesserungsmaßnahme ist insbesondere das bessere Handling oder der verminderte Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln im Umfeld des Gewässers zu nennen.

5 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 **Perلودes** 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/Perلودes 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.
- 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 bewertet im Typ 3.2 zwischen 10 und 35 Taxa.
- 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_{organic}.** 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_{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.

6 Literatur

6.1 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.
- 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 (Stand 2014): Biozönotisch bedeutsame Gewässertypen in Baden-Württemberg. Karte 4.1. <http://udoprojekte.lubw.baden-wuerttemberg.de>.
- 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. (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.

6.2 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 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. 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.

7 Anhang Methoden und Bewertungsgrundlagen

7.1 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 kann zur Bewertung das Modul "Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe" zur Beurteilung angewandt werden (Liechi 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

7.2 Deutsches Bewertungsmodul Perloides und SPEAR-Bioindikationsverfahren

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 und 2012). 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 Operativen 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 Juli 2013) und wird gewässertypspezifisch durchgeführt. Ebenso die Bewertung mit dem Modul **Allgemeine Degradation**, welches für den hier vorliegenden Typ 3.2 die Einzelmetrics **German Fauna Index Typ 3.2**, die Summe der Häufigkeitsklassen der **EPT-Taxa**, den **Rheoindex** sowie **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 sollen weitgehend unabhängig von Effekten im Fließgewässerkontinuum und Gewässertyp-unabhängig reagieren. 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 3.2: 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 _{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 (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.)