

# RKR2020 – Umweltplanung Modul 2



## Fachbericht Makrozoobenthos

### Anlage D7.08

14.12.2018

Berichtverfasser:

***BNGF GmbH***

im Rahmen der

**Arbeitsgemeinschaft Bosch & Partner / BNGF**

Im Auftrag von

Kraftwerk Reckingen AG



# **RKR2020 – Umweltplanung Modul 2**

## **Fachbericht Makrozoobenthos Anlage D7.08**

Projektleitung: Dr. Kurt Seifert, Klaus Müller-Pfannenstiel

Bearbeitung: Dipl.-Biol. Christine Klingshirn  
Dipl.-Biol. Antonia Scherz  
Dr. Stefan Schütz

# Inhaltsverzeichnis

## Seite

---

1.	Anlass und Aufgabenstellung.....	1
2.	Untersuchungsgebiet, Probestellen und Methoden .....	2
3.	Ergebnisse.....	5
3.1	Artenspektrum.....	5
3.2	Artenzahlen und Individuendichten (Ind./m <sup>2</sup> ) in den bearbeiteten Untersuchungs- abschnitten .....	6
3.3	Biozönotische Zusammensetzung.....	8
3.4	Dominanz und Stetigkeit.....	9
3.5	Gefährdete Arten .....	10
3.6	Neozoen .....	14
4.	Auswertung der Ergebnisse nach Bewertungsmethode Wasserrahmen- richtlinie .....	16
4.1	Vorbemerkungen.....	16
4.2	Modul Saprobie (BNGF).....	17
4.3	Modul Allgemeine Degradation (BNGF).....	17
4.4	Ökologische Zustandsklasse an den einzelnen Messstellen (BNGF) .....	21
5.	Vergleich der Untersuchungsergebnisse 2015/16 (BNGF) mit denen der koordinierten biologischen Hochrheinuntersuchungen 2011/12 (BAFU) .....	22
5.1	Qualitativer und quantitativer Vergleich der Benthosbesiedlung.....	22
5.2	Vergleich der Bewertung gemäß WRRL BAFU-LUBW/BNGF.....	25
6.	Gewässerbiologische Ergebnisbewertung .....	29
7.	Zusammenfassung .....	30
8.	Literatur .....	32

## Anhang

- Anhang 1:** Lageplan der Beprobungsstellen
- Anhang 2:** Methodik
- Anhang 3:** Ergebnisse (Artenlisten) der Einzelproben
- Anhang 4:** Artenliste für die Untersuchungsbereiche UA I bis UA V
- Anhang 5:** Makrobenthosbesiedlung im Hochrheinabschnitt Rietheim - Vergleich der aktuellen Untersuchung BNGF GmbH 2015/16 mit den koordinierten biologischen Untersuchungen im Hochrhein von 2011/12 (BAFU 2015)
- Anhang 6:** Gesamtartenlisten der Hochrheinuntersuchungen 2011/12 und 2015/16 im Vergleich
- Anhang 7:** Strukturparameter der Einzelprobeflächen untersucht nach Multi-Habitat-Sampling, UDG 1 und 2

## Tabellenverzeichnis

### Seite

Tab. 1: Zuordnung der bearbeiteten Transekte und Einzelproben zu den Untersuchungsabschnitten .....	3
Tab. 2: Einteilung der in den Jahren 2015/16 nachgewiesenen Makrozoobenthos-Taxa nach Großgruppen .....	5
Tab. 3: Anteil (%) von Epi- und Metapotamalarten an der Besiedlung in den Untersuchungsabschnitten .....	8
Tab. 4: Dominanz und Stetigkeit der aquatischen Invertebraten im Untersuchungsgebiet .....	9
<b>Tab. 5:</b> Überblick über die gefährdeten Arten im Untersuchungsgebiet (der jeweils höchste Gefährdungsgrad einer der drei Roten Listen ist entscheidend für die Einstufung und fett markiert) .....	13
Tab. 6: Verbreitung der gefährdeten Arten in den bearbeiteten Flussabschnitten .....	13
<b>Tab. 7:</b> Überblick über die Neozoenverbreitung im Untersuchungsgebiet. Für die häufigen Neozoen: Angaben in Ind./m <sup>2</sup> (Mittelwert aus zwei Untersuchungsdurchgängen). Für die sonstigen Neozoen nur Aussage, ob ein Nachweis für die Probenstrecke vorliegt oder nicht. ....	14
Tab. 8: Überblick über die Neozoenhäufigkeiten und ihren prozentualen Anteil in den einzelnen Untersuchungsabschnitten. ....	15
Tab. 9: Saprobienindizes in den beiden Untersuchungsjahren .....	17
<b>Tab. 10:</b> Potamon-Typie-Indizes der untersuchten Flussabschnitte .....	18
Tab. 11: Übersicht über weitere nach WRRL relevante Kenngrößen .....	20
Tab. 12: Ökologische Zustandsklasse nach WRRL der Einzelmessstellen .....	21
<b>Tab. 13:</b> Taxazahlen der Großgruppen mit stark abweichenden Nachweishäufigkeiten in den Untersuchungsjahren 2012, 2015, 2016 .....	23
<b>Tab. 14:</b> Vergleich der aktuellen WRRL-Auswertung (2015/16) mit der der koordinierten Hochrheinuntersuchung von 2012 an den Messstellen F-km 98,3 bzw. 98,21 .....	26
Tab. 15: Zusammenfassende Bewertung des Untersuchungsgebiets auf Basis der 2015/16 jeweils ermittelten höchsten ermittelten Ind./m <sup>2</sup> aus beiden UDGs im Vergleich mit den Indizes für Rietheim 2012 (OW = Oberwasser RKR staubeinflusst; UW = Unterwasserbereich RKR frei fließend) .....	28

## Abbildungsverzeichnis

### Seite

Abb. 1: Untersuchungsabschnitte Makrozoobenthos (UA I – UA V) .....	2
Abb. 2: Taxazahlen der Untersuchungsabschnitte aus dem 1. und 2. UDG im Vergleich .....	6
Abb. 3: Individuenzahlen der Gewässerabschnitte aus dem 1. und 2. UDG im Vergleich .....	7

## **Allgemeine Hinweise zur Flusskilometrierung:**

1. Die Begriffe Flusskilometer (F-km) und Rheinkilometer (Rhein-km) werden synonym verwendet.
2. Im Untersuchungsgebiet des Projektes RKR2020 im Hochrhein liegen mehrere Systeme der Flusskilometrierung nebeneinander vor:
  - a) Zurzacher Beschluss: Für den Standort der Hochrheinkraftwerke existiert noch die alte Kilometrierung gemäß Zurzacher Beschluss von 1990. Der Standort des RKR liegt gemäß Zurzacher Beschluss bei F-km 90,53, gemäß Kilometrierung nach LUBW 2010 bei F-km 90,1.
  - b) LUBW 2010: Für die Maßnahmenplanungen in den Anlagen D8, D9 und D13.01 bis D13.12 wurden die Kilometrierungsdaten des amtlichen Digitalen Wasserwirtschaftlichen Gewässernetzes (AWGN) der LUBW (Stand 2010) verwendet.
  - c) Für die Kartierungen und die zugehörigen Fachberichte (Anlagen D7.01 bis D7.05, D7.08 bis D7.13) wurde anhand der F-km Punkte in der Landeskarte 1:25.000 des Schweizer Bundesamts für Landestopografie (swisstopo) eine eigene Flussachse konstruiert (siehe Anlage D7.01 – Fachbericht Fischfauna, Anhang 15 – Übersichtsplan). Die Kilometrierungsdaten in den Fachberichten und den zugehörigen Kartenanhängen beziehen sich auf diese Flussachse und weichen an einigen Stellen von den vollen F-km-Punkten nach swisstopo und LUBW 2010 ab (bis ca.  $\pm 0,1$  km).

## **1. Anlass und Aufgabenstellung**

Am 16.03.1926 wurde der Kraftwerk Reckingen AG das Recht verliehen, eine Wasserkraftanlage am Hochrhein bei Reckingen (Rhein-km 90,53 gemäß Zurzacher Beschluss bzw. F-km 90,1 gemäß LUBW 2010) zu errichten und zu betreiben.

Die derzeit gültige Konzession endet am 10.10.2020. Im Zuge der Neukonzessionierung des Kraftwerkes Reckingen wurde die BNGF GmbH im Rahmen der ARGE Bosch-BNGF von der Kraftwerk Reckingen AG beauftragt, alle relevanten Untersuchungen zu den umweltfachlichen Belangen insbesondere zur Fisch- und Gewässerökologie durchzuführen.

Um Auswirkungen des Kraftwerkbetriebs auf die wirbellosen Kleintiere bzw. auf die biologische Qualitätskomponente Makrozoobenthos zu erfassen, wurden in den Jahren 2015 und 2016 (in zwei Untersuchungsdurchgängen) am Hochrhein zwischen F-km 78,82 und F-km 99,37 in ausgewählten Transekten gewässerbiologische Untersuchungen durchgeführt. Anhand eines Vergleichs der Daten ober- und unterhalb des Kraftwerks Reckingen sollen mögliche Veränderungen der Besiedlung als Folge der Staubeinflussung erfasst und dokumentiert werden. Insbesondere war zu klären, ob und inwieweit sich durch den Betrieb des Kraftwerks Artenzusammensetzung, Abundanz und ökologische Funktionsfähigkeit der Makrozoobenthosfauna im Längsverlauf des Hochrheins verändert haben oder auch zukünftig verändern werden.

## 2. Untersuchungsgebiet, Probestellen und Methoden

Das Untersuchungsgebiet umfasst den Hochrhein von F-km 78,82 oberhalb des KW Reckingen und unterhalb des KW Eglisau bis F-km 99,37 unterhalb des Kraftwerks Reckingen).

Die Probeentnahmetermine des ersten Untersuchungsdurchgangs (UDG) umfassten den Zeitraum von Sommer 2015 bis Januar 2016 (6.–8. Juli 2015, 10.–11. Nov. 2015; 3.–4. Dez. 2015; 5. Jan. 2016). Der zweite UDG wurde zwischen dem 12. und dem 14. April 2016 durchgeführt.

Insgesamt wurden sowohl im 1. als auch im 2. UDG 14 Transekte (Untersuchungspunkte im Querprofil) bearbeitet.

Die 14 bearbeiteten Transekte wurden entsprechend dem vorgeschlagenen Probenahme-Design zu folgenden Flussabschnitten zusammengefasst:

- drei Transekte im Untersuchungsbereich UA I unterhalb des Kraftwerks Eglisau (geringe Staubeinflussung, fließender Charakter), F-km 78,82 bis F-km 81,88
- zwei Transekte im Untersuchungsbereich UA II oberhalb des Kraftwerks Reckingen (mittlere Staubeinflussung, fließender Charakter), F-km 84,0 bis F-km 84,6
- drei Transekte im Untersuchungsbereich UA III oberhalb des Kraftwerks Reckingen (hohe Staubeinflussung, gestauter Charakter), F-km 85,81 bis F-km 89,78
- drei Transekte im Untersuchungsbereich UA IV unterhalb des Kraftwerks Reckingen (fließender Charakter), F-km 90,62 bis F-km 94,2
- drei Transekte im Untersuchungsbereich UA V unterhalb des Kraftwerks Reckingen (fließender Charakter), F-km 94,76 bis F-km 99,37

Einen Überblick über die Lage/Umgriffe der Untersuchungsabschnitte im Untersuchungsgebiet gibt Abb. 1 und Anhang 1.

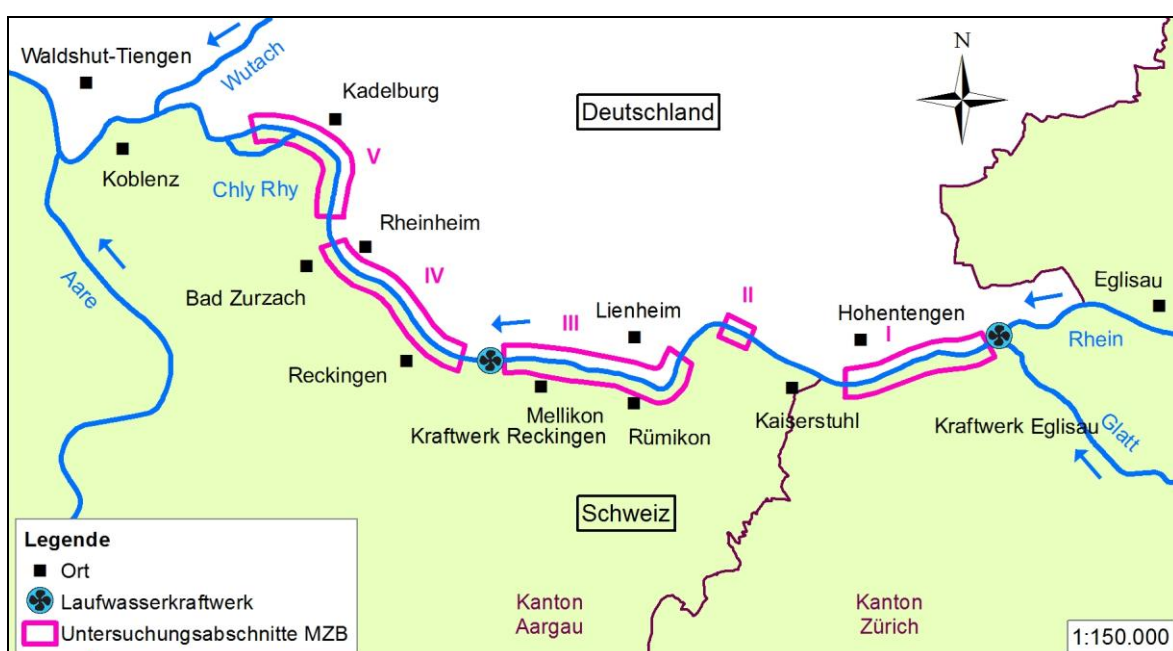


Abb. 1: Untersuchungsabschnitte Makrozoobenthos (UA I – UA V)



Im **1. UDG** wurden vier Tauchertransekte (TT) und zehn Greifer-Transekte (GT) festgelegt und bearbeitet.

In den Tauchertransekten (TT) wurden fünf Proben im Querprofil entnommen, von der Gewässer-  
sohle jeweils drei Proben von Tauchern entnommen (bearbeitete Fläche je 0,21 m<sup>2</sup>, wurde für der  
Auswertung jeweils auf einen m<sup>2</sup> hochgerechnet), in den rechts- und linksufrigen angrenzenden  
Uferbereichen wurden die Proben vier und fünf nach der Multi-Habitat-Sampling/Zeitsammel-  
methode (MHS/Zeit)<sup>1</sup> entnommen.

In den zehn Greifer-Transekten (GT) wurden im Querprofil jeweils drei Proben von der  
Gewässersohle mit einem Bodengreifer vom Boot aus (Flächengröße 0,20 m<sup>2</sup>, wurde für der Aus-  
wertung jeweils auf einen m<sup>2</sup> hochgerechnet) genommen. Ergänzend wurden die beiden Ufer nach  
der Multi-Habitat-Sampling/Zeitsammelmethode (MHS/Zeit) bearbeitet (Proben 4 u. 5). Insgesamt  
wurden 67 Einzelproben entnommen (Tab. 1).

Beim **2. UDG** wurden die in der ersten Untersuchungsperiode festgelegten 14 Transekte in  
modifizierter Form erneut bearbeitet.

In den vier Taucher-Transekten des 1. UDG wurden die Proben von der Gewässersohle nicht  
mehr von einem Taucher, sondern anhand eines Bodengreifers vom Boot aus entnommen (als  
TT<sub>G</sub> bezeichnet). Die Ufer wurden wie bei der Voruntersuchung nach der Multi-Habitat-  
Sampling/Zeitsammelmethode (MHS/Zeit) beprobt. Die Bearbeitung der zehn Greifer-Transekte  
(GT) wurde wiederholt. Insgesamt wurden 70 Einzelproben entnommen.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Einzelproben/Transekte den jeweiligen Untersuchungs-  
abschnitten zugeordnet:

**Tab. 1:** Zuordnung der bearbeiteten Transekte und Einzelproben zu den Untersuchungsabschnitten

	1. UDG		2. UDG	
	GT: drei Greifer- proben + zusätzli- che Untersu- chungsflächen (MHS, Lage siehe GPS-Nr.)	TT: drei Taucher- proben + zwei angrenzende MHS- Uferproben	GT: drei Greif- erproben + zwei MHS	TT <sub>G</sub> : drei Greif- erproben + zwei MHS
<b>UA I (drei Transekte) Oberwasser KW</b>	GT10, mit 396, 397 GT09 mit 395	TT04	GT10, GT09	TT04 <sub>G</sub>
<b>UA II (zwei Transekte) Oberwasser KW</b>	GT08 mit 394, 398	TT03	GT08	TT03 <sub>G</sub>
<b>UA III (drei Transekte) Oberwasser KW</b>	GT07 mit 399, 400 GT06 mit 393, 401 GT05 mit 402, 392	-	GT07 GT06 GT05	
<b>UA IV (drei Transekte) Unterwasser KW</b>	GT04 mit 386 GT03	TT02	GT04 GT03	TT02 <sub>G</sub>
<b>UA V (drei Transekte) Unterwasser KW</b>	GT02 mit 388, 387 GT01 mit 391, 390, 389	TT01	GT02 GT01	TT01 <sub>G</sub>

<sup>1</sup> Erläuterung siehe Anhang 2 Methodik

Es ist darauf hinzuweisen, dass UA II nur einen sehr kurzen, 600 m langen Gewässerabschnitt umfasst. Die Anzahl an Probestellen ist deswegen geringer als in den anderen Untersuchungsabschnitten. Bei der Auswertung und Interpretation der Ergebnisse wurde das berücksichtigt.

Für die Datenauswertung wurden die Tiere soweit möglich auf Artniveau bestimmt. Die Ergebnisse der 67 (1. UDG) bzw. 70 (2. UDG) Einzelproben wurden zunächst, soweit erforderlich, auf die einheitliche Bezugsgröße Individuen pro m<sup>2</sup> hochgerechnet und dann für die aufgeführten Gewässerabschnitte zusammengefasst. Neben der allgemeinen Beschreibung des Artenspektrums wurden die einzelnen Flussabschnitte u.a. hinsichtlich ihrer Anteile an fließgewässertypischen, gefährdeten (Rote Liste) Arten und Neozoen beschrieben.

Für die Auswertung nach WRRL (EU-Recht) wurden die Artenlisten (mit Häufigkeitsangaben als Individuen/m<sup>2</sup>) mittels der Version 4.04 der Fließgewässersoftware ASTERICS berechnet. Grundlage für die ökologische Bewertung anhand der Makrozoobenthos-Besiedlung (Ist-Zustand) ist die Einstufung des untersuchten Flussabschnitts auf der Basis der Fließgewässertypisierung entsprechend den Anforderungen der WRRL. Nach POTTGIESSER et al. 2008 ist der Hochrhein im untersuchten Abschnitt als kiesgeprägter Strom (Typ 10) einzustufen. Dabei ist der teils gefällereiche Hochrhein mit seinem schwach geschwungenen Lauf als Sonderfall für diesen Flusstyp zu bewerten (ebda).

Zur Analyse der Besiedlung von kiesgeprägten Strömen und ihrer Bewertung gemäß Wasser-Rahmenrichtlinie wurden die Bewertungsmodule „Allgemeine Degradation“ (Potamon-Typie-Index, kurz: PTI) und „Saprobie“ (Saprobienindex) verwendet: Die jeweils ermittelten Index-Werte werden direkt in eine Qualitätsklasse überführt.

Zusätzlich zum PTI wurden die r-Dominanz (Maß für den Anteil von r-Strategen an der Gesamtindividuenzahl), das r/K-Verhältnis, das auf anthropogene Störungen hinweist, und das Verhältnis von aktiven zu passiven Filtrierern (gibt Aufschluss über die Einflüsse von Stauhaltungen) in die Bewertung einbezogen. Des Weiteren wurde der prozentuale Anteil von Neozoen ermittelt. Ein überdurchschnittlich hoher Neozoen-Anteil von über 30 % ist als „high share of alien species“ gekennzeichnet.

Anmerkung: Eine zusätzliche Quantifizierung/Darstellung der Staubeinflussung des Rheins am Standort Reckingen durch weitere Zehrungsindikatoren (abiotische Faktoren wie z.B. Sauerstoffgehalt, Wassertemperatur) wurde nicht als sinnvoll erachtet. Aufgrund der bestehenden Fließgeschwindigkeiten des Wassers auch im stark staubeinflussten Bereich im unmittelbaren Oberwasser der KW Reckingen sind die Wassertemperaturen in der Wassersäule konstant (vgl. hierzu Anlage D7.04 – Fachbericht Temperatur). Beeinflussungen sind nur im unmittelbaren Sohlenbereich erkennbar. Daher wurde die Staubeinflussung besser/aussagekräftiger über Saprobien im Sediment detektiert.

Eine ausführliche Beschreibung der angewandten Datenerfassung bzw. -auswertung gibt Anhang 2, Methodik.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Artenspektrum

Im Untersuchungsgebiet wurden im Rahmen von zwei Durchgängen insgesamt 137 Taxa inkl. nicht sicher bestimmter „cf.-Arten“ (cf = confer) festgestellt, davon 104 Taxa im 1. UDG 2015/16 und 105 Taxa im 2. UDG 2016. Detaillierte Einzelartenlisten mit den Ergebnissen von jeder Probeentnahme (Greifer, Taucher, MHS/Zeit) finden sich in Anhang 3.

Tab. 2 gibt eine Übersicht über die Zahl der Taxa in den Großgruppen in den beiden Untersuchungsjahren.

**Tab. 2:** Einteilung der in den Jahren 2015/16 nachgewiesenen Makrozoobenthos-Taxa nach Großgruppen

Großgruppe	1. UDG	2. UDG	Gesamt
Spongillidae (Schwämme)	1	1	1
Turbellaria (Strudelwürmer)	3	1	3
Nematelminthes (Schlauchwürmer)	1	1	1
Acanthocephala (Kratzwürmer)	1	-	1
Mollusca (Weichtiere)	17	15	20
Oligochaeta (Wenigborster)	15	10	15
Hirudinea (Egel)	4	3	5
Decapoda (Höhere Krebse)	1	-	1
Myscidae (Schwebgarnelen)	1	1	1
Isopoda (Asseln)	2	2	2
Amphipoda (Flohkrebse)	1	2	2
Megaloptera (Netzflügelartige)	1	1	1
Odonata (Libellen)	2	2	4
Heteroptera (Wanzen)	2	1	3
Plecoptera (Steinfliegen)	-	3	3
Ephemeroptera ( Eintagsfliegen)	12	18	20
Trichoptera (Köcherfliegen)	18	19*	23*
Coleoptera (Käfer)	10	6	11
Diptera (Zweiflügler)	12	19	20
<b>Gesamtzahl der Taxa</b>	<b>104</b>	<b>105</b>	<b>137</b>

**Erläuterung:**

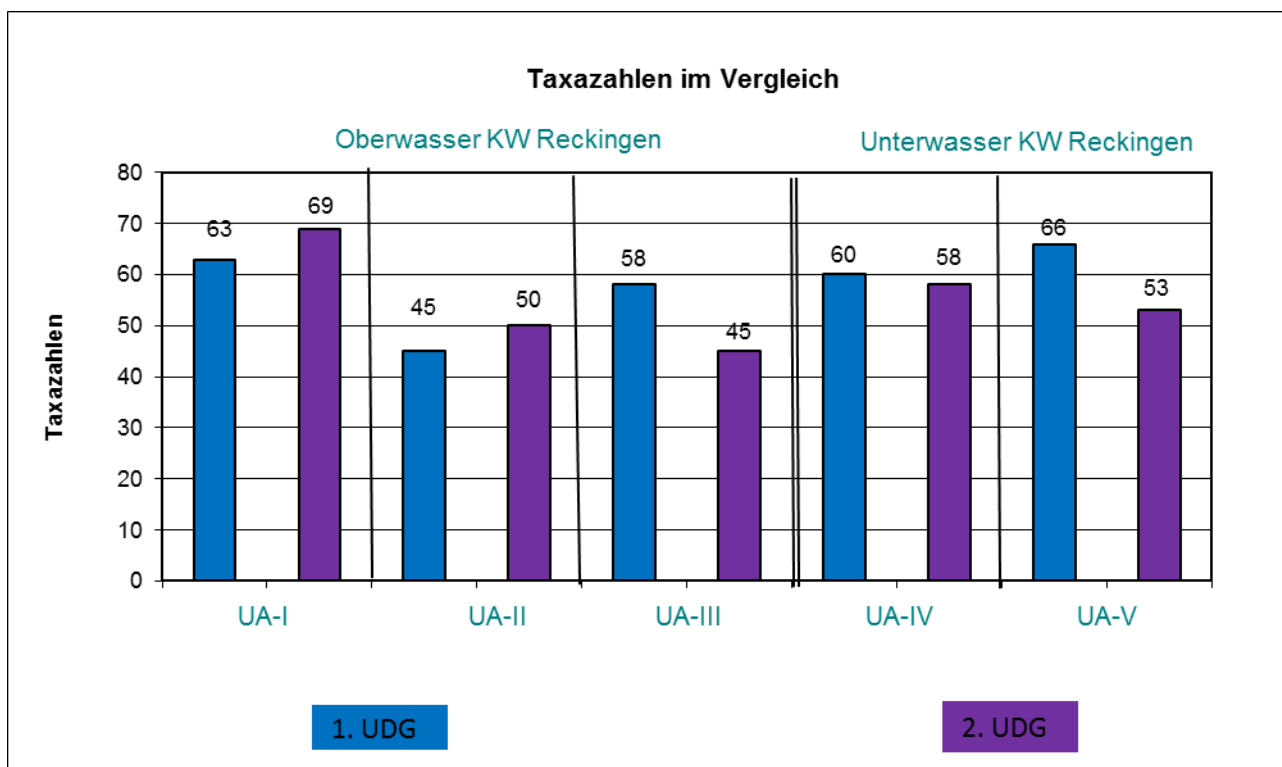
\* das Taxon *Hydroptila* sp., in den Artenlisten als Puppe und Larve getrennt aufgeführt, wurde nur einmal gezählt.

Die artenreichste Großgruppe waren Köcherfliegen (Trichoptera, 23 Taxa), gefolgt von Weichtieren (Mollusca), Eintagsfliegen (Ephemeroptera) und Zweiflüglern (Diptera) mit je 20 nachgewiesenen Taxa.

### 3.2 Artenzahlen und Individuendichten (Ind./m<sup>2</sup>) in den bearbeiteten Untersuchungsabschnitten

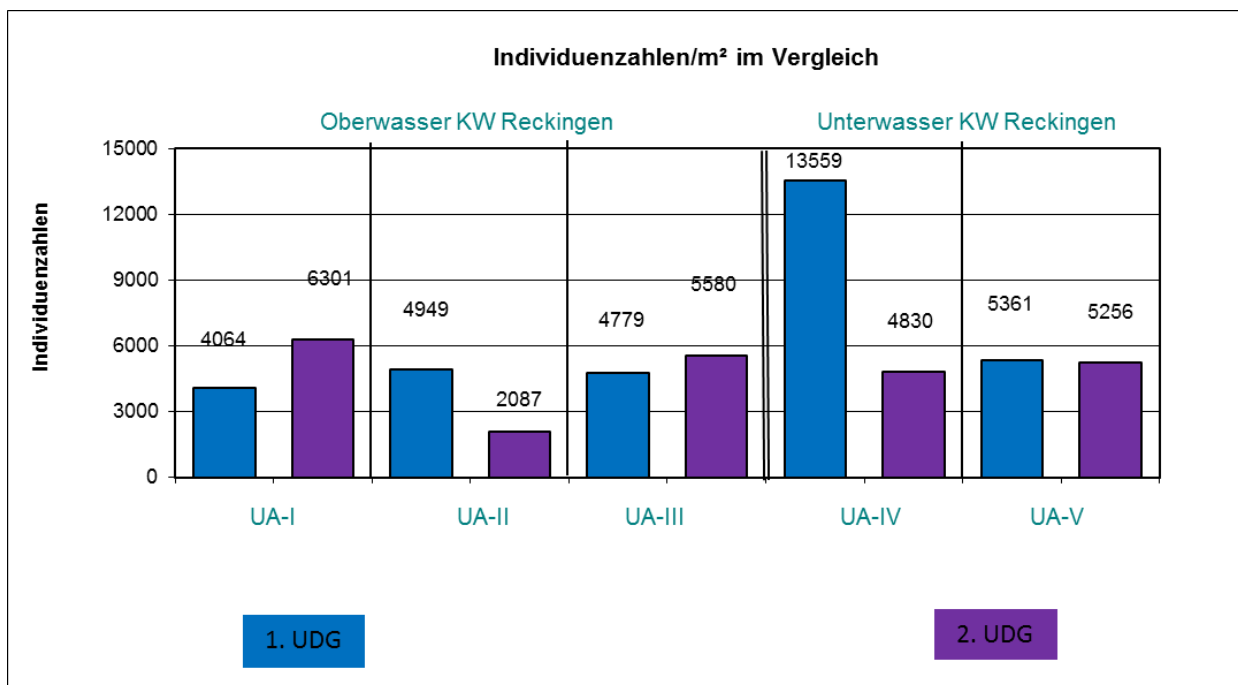
Die Makrozoobenthosbesiedlung von Fließgewässern wird durch eine Reihe von Parametern wie Gewässerstruktur, Strömung, Sauerstoffgehalt, organische und anorganische Belastung und Wassertemperatur geprägt. Durch den Bau und Betrieb eines Laufkraftwerks verändern sich die Lebensbedingungen für aquatische Wirbellose gegenüber den Ursprungszustand in vielerlei Hinsicht: Neben strukturellen Veränderungen (Uferverbauungen, Barrierewirkungen durch das Bauwerk selber, veränderte Sohlbeschaffenheit aufgrund des mangelnden Geschiebetriebes) sind vor allem die durch den Aufstau veränderten Strömungs- Tiefen- und Substratbedingungen oberhalb einer Staustufe entscheidend. Oberhalb des Kraftwerks Reckingen befinden sich zudem drei weitere Staustufen (KW Schaffhausen, KW Rheinau, KW Eglisau), die ebenfalls die Zusammensetzung der Biozönosen beeinflussen bzw. verändern.

In Abb. 2 sind die **Taxazahlen** der fünf Untersuchungsabschnitte vergleichend dargestellt: Die höchste Taxazahl wurde im 1. UDG in UA V (66 Taxa), im 2. UDG in UA I (69 Taxa) festgestellt. Die niedrigsten Taxazahlen (je 45 Taxa) wurden im 1. UDG in UA II und im 2. UDG in UA III ermittelt. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in beiden UDGs jeweils die Gewässerabschnitte mit mittlerer bzw. hoher Staubeinflussung (UA II bzw. III) meist artenärmer besiedelt waren als Bereiche mit fließendem Charakter und keiner oder geringer Staubeinflussung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in dem kurzen Gewässerabschnitt UA II mit mittlerer Staubeinflussung weniger Proben entnommen worden waren als in den übrigen Bereichen. Das könnte die niedrigere Anzahl festgestellter Taxa in UA II miterklären.



**Abb. 2:** Taxazahlen der Untersuchungsabschnitte aus dem 1. und 2. UDG im Vergleich

Die ermittelten **Individuenzahlen/m<sup>2</sup>** (Abb. 3) lagen in der Regel in beiden Untersuchungsjahren für alle Untersuchungsbereiche im Bereich von ca. 4.000 bis ca. 6.700 Ind./m<sup>2</sup>. Ein mehr als doppelt so hoher Wert wurde im 1. UDG in der Fließstrecke unterhalb KW Reckingen (UA IV) festgestellt. Die hohe Individuenzahl ist auf Massenbestände einiger weniger Arten bzw. Artengruppen zurückzuführen. Insbesondere die neozoische Wasserassel *Jaera istri*, aber auch Zuckmücken aus der Familie Chironomini, oder die flusstypische Napfschnecke *Ancylus fluviatilis* waren dort im 1. UDG ausgesprochen häufig in den Proben vertreten. Im Folgejahr sank die Bestandsdichte auf 4.830 Ind/m<sup>2</sup> und lag damit wieder im Rahmen der an den anderen Flussabschnitten ermittelten Werte. Eine deutlich unterdurchschnittliche Individuenzahl wurde im 2. UDG im Abschnitt mit mittlerer Staubeinflussung oberhalb KW Reckingen (UA II) zu verzeichnen. Da im Vorjahr noch rd. 5.000 Ind./m<sup>2</sup> festgestellt worden waren, ist der Befund mit hoher Wahrscheinlichkeit als zufallsbedingt einzustufen.



**Abb. 3:** Individuenzahlen der Gewässerabschnitte aus dem 1. und 2. UDG im Vergleich

Es ist anzumerken, dass Artenzahlen und Individuendichten allein bei der Bewertung von biozönotischen Veränderungen nur bedingt aussagekräftig sind. Es kann vorkommen, dass sich beide Parameter trotz umfangreicher Beeinträchtigungen nicht ändern, z. B. wenn eine für Fließgewässer typische Artengemeinschaft nahezu vollständig von einer ebenso arten- und individuenreichen Fauna ubiquitärer Arten abgelöst wird. Deshalb muss zusätzlich die für den ursprünglichen Gewässertyp charakteristische Artenzusammensetzung als vertiefender Bewertungsmaßstab dienen (siehe Kap. 3.3) .

### 3.3 Biozönotische Zusammensetzung

Das ursprüngliche Artenspektrum des Hochrheins im untersuchten Abschnitt würde vorwiegend fließgewässertypische Epi- und Metapotamal-Arten umfassen. Dagegen wären Arten der Oberläufe (Rhithralarten) im untersuchten Flussabschnitt nur in geringerem Umfang zu erwarten, da die Besiedlung (trotz seitlicher Zuflüsse) noch durch den Einfluss des Bodensees geprägt ist.

Die derzeitige Besiedlung des Hochrheins weicht infolge der Nutzungen durch mehrere Staustufen im Oberwasser vom idealtypischen Zustand deutlich ab, auch wenn einige der charakteristischen Faunenelemente nach wie vor besiedlungsbestimmend sind. In Tab. 3 sind die prozentualen Anteile der Epi- und Metapotamalarten zusammengestellt.

Im **1. UDG** war der Anteil (in Prozent) an Epi- und Metapotamal-Arten in den Fließstrecken UA I, UA IV und UA V deutlich höher als in den Bereichen mit mittlerer und hoher Staubeinflussung: In der Fließstrecke unterhalb des KW Reckingen (UA IV, V) lag er bei etwas mehr als 40 bzw. 50 %, in der Fließstrecke unterhalb des KW Eglisau (UA I) ebenfalls bei über 50 %. Am geringsten war ihr Anteil mit 6,5 % im Abschnitt mit hoher Staubeinflussung oberhalb des Kraftwerks (UA III), aber auch im Bereich mit mittlerer Staubeinflussung (UA II) waren Potamalarten mit rd. 20 % unterrepräsentiert (Tab. 3).

Im **2. UDG** sank der Anteil an charakteristischen Potamalarten in allen Untersuchungsabschnitten mit fließendem Charakter UA I, UA IV und UA V erheblich. Der höchste Anteil mit rd. 30 % wurde noch unterhalb des Kraftwerks (UA V) ermittelt, in den übrigen Gewässerabschnitten lagen die Anteile zwischen rd. 20 % und rd. 16 %. In den mittel bis stark staubeinflussten Bereichen waren die (niedrigen) Anteile in derselben Größenordnung wie bereits im 1. UDG. Die Ursache für den Rückgang in einem Teil der UAs in den beiden Untersuchungsdurchgängen ist unklar. Möglicherweise ist der Befund auf die unterschiedlichen Beprobungstermine zurückzuführen oder steht in Zusammenhang mit den jeweiligen jahreszeitlich, hydrologisch und/oder witterungsbedingt verschiedenen Entwicklungszyklen, welche die Ergebnisse einer Probeentnahme stark beeinflussen können.

In beiden Untersuchungsdurchgängen zeigte sich, dass im Bereich mit hoher Staubeinflussung (UA III) fast keine Charakterarten des Hochrheins mehr vorkommen. Hier sind fast ausschließlich ubiquitäre Arten zu finden, die als strömungsindifferent einzustufen sind.

**Tab. 3:** Anteil (%) von Epi- und Metapotamalarten an der Besiedlung in den Untersuchungsabschnitten

	Oberwasser KW Reckingen			Unterwasser KW Reckingen	
	UA I	UA II	UA III	UA IV	UA V
<b>1. UDG</b>					
Epipotamal	31,1	11,6	3,8	28,2	33,4
Metapotamal	21,4	7,5	2,7	14,1	20,7
<b>2. UDG</b>					
Epipotamal	11,8	13,2	4,3	10,7	18,0
Metapotamal	7,6	8,5	2,1	5,8	12,2

### 3.4 Dominanz und Stetigkeit

Von den nachgewiesenen Taxa sind nur wenige dominant (5–10 % der Gesamtindividuenzahl) bzw. eudominant (>10 %), darunter sind etliche Neozoen (vgl. auch Kap. 3.6). Alle dominanten Arten weisen auch eine sehr hohe Stetigkeit auf, d. h. sie sind in den meisten Probestellen vertreten. Tab. 4 gibt eine Übersicht über die vorherrschenden Arten. Die übergeordneten Großgruppen Oligochaeta Gen. sp. und Chironomini Gen. sp. sind in der nachfolgenden Tab. 4 nicht gelistet, obwohl sie ebenfalls mit hoher Dominanz und Stetigkeit auftraten. Da sich beide Großgruppen aus einer Vielzahl nicht näher determinierter<sup>2</sup> Arten zusammensetzen, können aber keine Rückschlüsse auf die Artenzusammensetzung gezogen werden.

**Tab. 4:** Dominanz und Stetigkeit der aquatischen Invertebraten im Untersuchungsgebiet

Taxon	Dominanz %		Stetigkeit %		Fundorte n	
	1. UDG	2. UDG	1. UDG	2. UDG	1. UDG	2. UDG
<i>Jaera istri</i>	26,4	9,8	71,6	71,4	48	50
<i>Dikerogammarus villosus</i>	11,2	12,3	92,5	95,7	62	67
<i>Ancylus fluviatilis</i>	8,5	4,2	83,6	71,4	56	50
<i>Pisidium amnicum</i>	0,05	0,2	9,0	43,3	6	29
<i>Corbicula fluminea</i>	1,3	0,9	76,1	65,7	51	46
<i>Dreissena polymorpha</i>	0,4	0,1	59,7	34,3	40	24
<i>Psychomyia pusilla</i>	5,8	2,1	50,7	47,1	34	33

Im 1. UDG war die neozoische Wasserassel *Jaera istri* (*sarsi*) mit mehr als 26 % der Gesamtindividuenzahl mit Abstand die dominanteste Art. Im 2. UDG gingen ihre Populationsgrößen deutlich zurück, sie stellte aber immer noch ca. 10 % der Gesamtindividuenzahl, d. h. sie kann weiterhin als (eu)dominant eingestuft werden. Mit einer Stetigkeit von rd. 70 % wurde sie in beiden Untersuchungsdurchgängen in sehr vielen Proben nachgewiesen. Befunde der langjährigen Hochrheinuntersuchungen des Bundesamt für Umwelt (BAFU, 2015<sup>3</sup>) lassen vermuten, dass diese Art aktiv rheinaufwärts wandert und gut durchströmte Bereiche bevorzugt (BAFU, 2015). Im Untersuchungsgebiet zeigte sie ebenfalls eine Präferenz für durchströmte Bereiche, während sie den Untersuchungsabschnitt mit hoher Staubeinflussung nur schwach besiedelte.

Der neozoische Flohkrebs *Dikerogammarus villosus* war im Untersuchungsgebiet fast flächendeckend vertreten, seine Stetigkeit lag in beiden Durchgängen bei über 90 %. Mit 11,2 % bzw. 12,3 % der Gesamtindividuenzahl war er ebenfalls als eudominant einzustufen. Die räuberische Art gilt als äußerst konkurrenzstark und verdrängt viele der Ursprungsarten aus ihren angestammten Habitaten. Entsprechend sind z. B. die heimischen Flohkrebsarten *Gammarus fossarum*, *G. pulex*, *G. roeseli*, aber auch die Wasserassel *Asellus aquaticus*, die ähnliche Habitats wie *D. villosus* besiedeln, fast vollständig aus dem Hochrhein verschwunden (BAFU 2015). Dieser Befund ließ sich bei der vorliegenden Untersuchung bestätigen.

Als weitere im Untersuchungsgebiet weit verbreitete Neozoen sind die Körbchenmuschel *Corbicula fluminea* mit Stetigkeiten von 76,1 % bzw. 65,7 % und die Zebra-Muschel *Dreissena polymorpha* mit Stetigkeiten von 59,7 % bzw. 34,3 % zu nennen. Beide Arten traten aber nur subrezent (< 1 %) auf.

<sup>2</sup> Die Bestimmung der Arten dieser beiden Großgruppen ist nur mit sehr hohem Aufwand möglich.

<sup>3</sup> Seit 1990 finden an neun Abschnitten des Hochrheins koordinierte biologische Untersuchungen statt, zuletzt zum fünften Mal in den Jahren 2011/12.

Von den ursprünglichen Charakterarten des Hochrheins war im Untersuchungszeitraum v. a. die Napfschnecke *Ancylus fluviatilis* mit Stetigkeiten von 83,6 % bzw. 71,4 % im Untersuchungsgebiet sehr weit verbreitet. Im 1. UDG erreichte sie mit 8,5 % auch hohe Dominanzwerte. Die heimische stark gefährdete Erbsenmuschel *Pisidium amnicum* (vgl. Kap. 3.5) konnte im 2. UDG an 29 Fundorten nachgewiesen werden, das entspricht einer Stetigkeit von 43,3 %. Im 1. UDG trat sie jedoch nur vereinzelt auf. Die heimische Köcherfliege *Psychomyia pusilla* wurde in ca. 50 % der Proben nachgewiesen und bildete ebenfalls stabile Populationen. Bei den oben genannten heimischen Arten wurden auch bei der koordinierten Hochrheinuntersuchung vom BAFU (2015) stabile Bestände beobachtet.

### 3.5 Gefährdete Arten

Im betrachteten Hochrhein-Abschnitt konnten 14 gefährdete bzw. potenziell gefährdete Arten nach den Roten Listen Schweiz, Deutschland und/oder Baden-Württemberg (RL CH, RL D, RL BW) nachgewiesen werden.

Tab. 5 zeigt den Gefährdungsstatus der Arten jeweils für die Schweiz, Baden-Württemberg und Deutschland. In Tab. 6 ist die Verbreitung der gefährdeten Arten in den Flussabschnitten zusammenfassend dargestellt. Die Anhänge 3 (Artenlisten Einzelproben) und 4 (Artenlisten, zu Untersuchungsabschnitten UA I bis UA V zusammengefasst) geben eine Übersicht über die Vorkommen der Rote-Liste-Arten in den einzelnen Flussabschnitten und Untersuchungsdurchgängen.

Besonders hervorzuheben ist ein Lebendfund, wenn auch nur als Einzelnachweis, der als vom Aussterben bedrohten (RL CH, RL BW) bzw. als stark gefährdet (RL D) eingestuften Gemeinen Kahnschnecke ***Theodoxus fluviatilis*** an F-km 78,98 (2. UDG: Probestelle TT04<sub>G</sub>, UA I unterhalb KW Eglisau). Die Art besiedelt Hartsubstrate in Flüssen oder an bewegten Seeufern mit guter Wasserqualität. In den 2011/12 durchgeführten Untersuchungen des BAFU (2015) wurden von der Art stromab (F-km 126,6 und 167,6) nur Leergehäuse gefunden. Laut Roter Liste Weichtiere (BAFU 2012) wurde in der Schweiz der letzte Lebendnachweis im Rhein 2003 erbracht (REY et al. 2004, zit. in BAFU 2012) und galt seither im Rhein als verschollen. Als potenzielle Ursachen für das Verschwinden wurden Eutrophierung und eine allgemein schlechte Wasserqualität vermutet. Auch die Konkurrenz durch Neozoen, insbesondere Massenvorkommen von *Dikerogammarus villosus* und/oder *Corbicula fluminea* wurden diskutiert (ebda). Gleichzeitig sind aber in anderen schweizerischen Gewässern auch positive Bestandsentwicklungen der Art zu verzeichnen. Beispielweise wird seit 1997 *Th. fluviatilis* im Zürichsee, in der Sihl und in der Limmat festgestellt, die Art scheint sich dort auch zu halten (Mayer 2009a, zit. in Rote Liste Weichtiere Schweiz). Auf die Bestandsentwicklung der Art sollte geachtet werden.

Die Köcherfliege ***Brachycentrus subnubilus*** gilt in der Schweiz als ausgestorben und ist in Baden-Württemberg als stark gefährdet eingestuft. Laut Roter Liste Schweiz (BAFU 2012) ist sie eine nordische Art, die bis Anfang des 19. Jahrhunderts in allen größeren Flüssen des Schweizer Mittelandes mit Ausnahme der Rhone vorkam. Der letzte nach der Roten Liste Schweiz bekannte Fund aus dem Rhein ist auf das Jahr 1916 (in Rheinau) datiert. Es wurde aber angenommen, dass die Art in der Schweiz noch vorkommt, wenn auch in äußerst geringer Bestandsdichte (BAFU 2012). Bei den koordinierten biologischen Untersuchungen im Hochrhein 2011/12 (BAFU 2015) hat sich



das bestätigt, *B. subnubilus* wurde vereinzelt (4 Ind./m<sup>2</sup>) im Bereich Waldshut (flussab des Untersuchungsgebiets) nachgewiesen.

Bei den aktuellen Erhebungen wurde die Art im 1. UDG überraschenderweise in allen bearbeiteten Hochrheinabschnitten z. T. auch in größeren Dichten nachgewiesen. So wurden in der Fließstrecke unterhalb des Kraftwerks Reckingen (UA IV) ca. 110 Ind./m<sup>2</sup> ermittelt. Lediglich in den Untersuchungsabschnitten mit mittlerer und hoher Staubeinflussung (UA II, UA III) trat die Art nur sporadisch auf. Diese positive Bestandsentwicklung konnte bei der Folgeuntersuchung (2. UDG) nicht bestätigt werden, es wurden keine Nachweise mehr erbracht. Daraus lässt sich allerdings nicht schließen, dass die Art wieder aus dem bearbeiteten Flussabschnitt verschwunden ist, vielmehr könnte es mit der Phänologie der Art und den unterschiedlichen Jahreszeit der Untersuchungsdurchgänge in Zusammenhang stehen. Die Hauptflugzeit von *B. subnubilus* ist laut Waringer & Graf (2011) zwischen März und Juni, in diesem Zeitraum sind Larvalnachweise kaum zu erbringen. Im 1. UDG wurden die Proben schwerpunktmäßig im Winterhalbjahr durchgeführt, eine Zeit, in der *Brachycentrus-subnubilus*-Larven soweit herangereift sind, dass sie gut erfasst werden können. Im 2. UDG wurden alle Proben im April genommen, zu diesem Zeitpunkt ist die Nachweis-Wahrscheinlichkeit sehr gering.

Die Eintagsfliege ***Caenis pusilla*** ist sowohl in der Schweiz als auch in Deutschland (RL BW, RL D) vom Aussterben bedroht. In Deutschland ist als einziger Lebensraum der Rhein in Baden-Württemberg bekannt (wahrscheinlich die nördliche Verbreitungsgrenze der Art in Europa), in der Schweiz sind außerdem noch Vorkommen aus der Thur dokumentiert (BAFU 2012). Das Auftreten der Art war schon immer großen Fluktuationen unterworfen und entsprechend heterogen, aber noch 1990/91 wurden z.B. an der Thur über 1.000 Individuen/m<sup>2</sup> nachgewiesen, während eine intensive Nachsuche im Zeitraum zwischen 2000 und 2006 nur noch den Nachweis sehr weniger Tiere erbrachte. Bei der aktuellen Untersuchung war auch nur ein Einzelfund im 2. UDG in der Fließstrecke unterhalb des Kraftwerks Reckingen in UA IV zu verzeichnen.

Die in Deutschland und Baden-Württemberg als stark gefährdet eingestufte Große Erbsenmuschel ***Pisidium amnicum*** trat relativ individuenreich im Untersuchungsabschnitt mit stark staubeinflusstem Charakter (UA III) oberhalb des Kraftwerks Reckingen auf (1. UDG: 13 Ind./m<sup>2</sup>, 2. UDG: 33 Ind./m<sup>2</sup>), wurde aber auch in den übrigen untersuchten Gewässerabschnitten in beiden Jahren regelmäßig angetroffen (Tab. 6). Im 2. UDG erreichte sie mit 29 Fundorten eine Stetigkeit von 43 %. Die Art besiedelt meist Fließgewässer mit feinsandig-schlammigem Grund, kommt aber auch an Seenufern vor, wobei sie bewegtes Wasser bevorzugt (GLOER et al., 2003). In der Schweiz ist die Art als potenziell gefährdet (NT) eingestuft.

Die in Baden-Württemberg stark gefährdete Köcherfliege ***Glossosoma boltoni*** (RL BW 2, RL CH NT = potenziell gefährdet) ist in erster Linie eine Art des Rhithral, strahlt aber auch ins Potamal aus (Waringer & Graf 2011), sie gilt als Besiedlerin gering bis mäßig belasteter Fließgewässer (Moog et al. 1995). Die aktuellen Vorkommen waren auf die fließenden Gewässerabschnitte mit allenfalls geringer Staubeinflussung beschränkt (Tab. 6). In der Fließstrecke UA IV unterhalb des Kraftwerks Reckingen wurden im 1. UDG 48 Ind./m<sup>2</sup> ermittelt, das entspricht in etwa der Individuendichte, die bei den koordinierten biologischen Untersuchungen im Hochrhein bei Riethem (58 Ind./m<sup>2</sup>) ermittelt wurde (BAFU 2015). Direkt oberhalb des KWs Reckingen (UA III) und im Abschnitt mit mittlerer Staubeinflussung (UA II) konnte die Art nicht nachgewiesen werden.

Die Große Sumpfschnecke ***Stagnicola corvus*** wird in Deutschland als gefährdet eingestuft, für die Schweiz und Baden-Württemberg sind die Daten defizitär, d. h. es können keine Aussagen zum Gefährdungsgrad gemacht werden. *S. corvus* ist eine Stillwasserart, die pflanzenreiche Seen, Altwässer oder ruhige Buchten von Fließgewässern besiedelt (GLOER et al. 2003). Im 2. UDG wurden zwei Exemplare im frei fließenden Untersuchungsabschnitt UA V im Unterwasser des KW Reckingen am schweizerischen Ufer im strömungsberuhigten Uferbereich nachgewiesen.

Von der in der Schweiz potenziell gefährdeten Steinfliege ***Perla marginata*** (in der alten Roten Liste Deutschlands von 1988 als gefährdet eingestuft, eine neuere Version der Roten Liste Steinfliegen liegt derzeit noch nicht vor) wurden im Gewässerabschnitt unterhalb der Stufe Eglisau (UA I) im 2. UDG zwei Individuen nachgewiesen. Die Art ist ein typischer Besiedler des Metarhithrals und im Umgriff des Rheins, z. B. an der Wutach (Frey & Staniczek 2010) und im Norden der Schweiz (Lubini et al. 2012) verbreitet und häufig. Bei der Hochrheinuntersuchung von 2011/12 (BAFU 2015) wurde die Art nicht nachgewiesen.

Die beiden Köcherfliegenarten ***Lepidostoma basalis*** und ***Silo piceus*** werden in der Schweiz als verletzlich (RL CH: VU) eingestuft. *L. basalis* besiedelt als typische Fließgewässerart bevorzugt das Meta- bis Hyporhithral (Waringer & Graf 2011). In der Fließstrecke unterhalb KW Eglisau (UA I) wurden sieben Individuen der Art festgestellt, bei den BAFU-Untersuchungen am Hochrhein von 2011/12 (BAFU 2015) trat sie nur im angrenzenden Flussabschnitt Waldshut auf, ebenfalls in geringer Individuenzahl. *Silo piceus* wurde im 1. UDG außer im Bereich mit stark stauendem Charakter (UA III) in allen Gewässerabschnitten nachgewiesen, mit rd. 94 Ind./m<sup>2</sup> besonders häufig in der Fließstrecke unterhalb KW Reckingen UA V, in der Fließstrecke unterhalb KW Eglisau UA I wurden 33 Ind./m<sup>2</sup> festgestellt. Bei den koordinierten biologischen Untersuchungen im Hochrhein 2011/12 waren die Populationsgrößen mit über 700 Ind./m<sup>2</sup> in Rietheim um ein Vielfaches höher (BAFU 2015) als bei den aktuellen Erhebungen.

Außerdem sind fünf weitere Rote-Liste-Arten zumindest auf einer Roten Liste (RL BW, RL D: V; RL CH: NT) als potenziell gefährdet aufgeführt.

Im Oberwasser des KW Reckingen mit geringer Staubeinflussung und fließendem Charakter (UA I) wurden die meisten gefährdeten Arten nachgewiesen (acht Taxa), stromab im Untersuchungsabschnitt mit mittlerer Staubeinflussung (UA II) hingegen nur vier gefährdete Arten (dabei ist aber zu berücksichtigen, dass in diesem Flussabschnitt weniger Proben entnommen wurden als in den anderen bearbeiteten Flussabschnitten). In den übrigen Hochrheinabschnitten (Bereich mit stark stauendem Charakter und Unterwasser KW Reckingen) waren fünf bzw. sechs Arten als gefährdet eingestuft.

**Tab. 5:** Überblick über die gefährdeten Arten im Untersuchungsgebiet (der jeweils höchste Gefährdungsgrad einer der drei Roten Listen ist entscheidend für die Einstufung und fett markiert)

Taxon (wissenschaftlicher Name)	RL CH	RL BW	RL D
<b>Ausgestorben</b>			
<i>Brachycentrus subnubilus</i>	RE	2	-
<b>Vom Aussterben bedroht</b>			
<i>Caenis pusilla</i>	CR	1	1
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	CR	1	2
<b>Stark gefährdet</b>			
<i>Pisidium amnicum</i>	NT	2	2
<i>Glossosoma boltoni</i>	NT	2	-
<b>Gefährdet/Verletzlich</b>			
<i>Stagnicola corvus</i>	DD	D	3
<i>Perla marginata</i>	NT	-	3
<i>Lepidostoma basalis</i>	VU	-	-
<i>Silo piceus</i>	VU	-	-
<b>Potenziell gefährdet</b>			
<i>Pisidium henslowanum</i>	-	V	-
<i>Valvata piscinalis</i>	-	V	V
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	NT	-	V
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	NT	-	V
<i>Potamanthus luteus</i>	NT	-	-

**Erläuterungen:-**

RL CH (Rote Liste Schweiz, BAFU 2011/12): RE ausgestorben; CR vom Aussterben bedroht; VU verletzlich; NT potenziell gefährdet; DD Daten defizitär

RL BW (Rote Liste Baden-Württemberg, LUBW 2005/06/08), RL D (Rote Liste Deutschland, BfN 2011 (Weichtiere); 2016 (Köcherfliegen); 1998 (sonstige aquatische Wirbellose): 1 vom Aussterben bedroht, 2 stark gefährdet; 3 gefährdet, V potenziell gefährdet, D Daten defizitär

**Tab. 6:** Verbreitung der gefährdeten Arten in den bearbeiteten Flussabschnitten

RL CH	RL BW	RL D	Taxon (wissenschaftlicher Name)	Oberwasser KW Reckingen			Unterwasser KW Reckingen	
				UA I	UA II <sup>1</sup>	UA III	UA IV	UA V
RE	2	-	<i>Brachycentrus subnubilus</i>	x	x	x	x	x
CR	1	1	<i>Caenis pusilla</i>				x	
CR	1	2	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	x				
NT	2	2	<i>Pisidium amnicum</i>	x	x	x	x	x
NT	2	-	<i>Glossosoma boltoni</i>	x			x	x
DD	D	3	<i>Stagnicola corvus</i>					x
NT	-	3	<i>Perla marginata</i>	x				
VU	-	-	<i>Lepidostoma basalis</i>	x				
VU	-	-	<i>Silo piceus</i>	x	x		x	x
-	V	-	<i>Pisidium henslowanum</i>			x		
-	V	V	<i>Valvata piscinalis</i>			x		
NT	-	V	<i>Onychogomphus forcipatus</i>		x			
NT	-	V	<i>Gomphus vulgatissimus</i>			x		
NT	-	-	<i>Potamanthus luteus</i>	x			x	
<b>Zahl der Taxa</b>				<b>8</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>5</b>

**Erläuterungen:**

vgl. Tab. 5

<sup>1</sup> In UA II wurden aufgrund der geringen Länge von 600 m insgesamt weniger Proben entnommen als in den anderen Untersuchungsabschnitten. Das dürfte die Ursache für die geringere Anzahl gefährdeter Arten sein.

### 3.6 Neozoen

Seit etlichen Jahren kommen zur angestammten Benthosfauna des Hochrheins viele Neozoenarten hinzu, von denen einige invasive Arten einen erheblichen Einfluss auf die Zusammensetzung der Biozönosen haben bzw. diese maßgeblich verändern. Spätestens seit 2002 konnte eine massive Invasion von Neozoen beobachtet und dokumentiert werden (BAFU 2015).

Bei den aktuellen Erhebungen wurden insgesamt elf neozoische Arten nachgewiesen, die in fast allen untersuchten Flussabschnitten zu finden waren. Mit Abstand die größte Individuendichte erreichte die Wasserassel *Jaera istri* mit einer durchschnittlichen Individuenzahl im Untersuchungsgebiet (gemittelter Wert aus beiden Begehungen) von rd. 1.100 Ind./m<sup>2</sup>. Zweithäufigster Neozoe war der Große Höckerflohkrebs *Dikerogammarus villosus* mit einer durchschnittlichen Individuenzahl von 637 Ind./m<sup>2</sup> (Maximum: 1.475 Ind./m<sup>2</sup> im 1. UDG, ebenfalls in der Fließstrecke unterhalb des KW Reckingen). Relativ häufig ist die Neuseeländische Zwergdeckelschnecke *Potamopyrgus antipodarum* (durchschnittliche Individuenzahl 106 Ind./m<sup>2</sup>) und die Asiatische Körbchenmuschel *Corbicula fluminea* (durchschnittliche Individuenzahl 68 Ind./m<sup>2</sup>). Alle übrigen Arten kamen in deutlich geringeren Individuendichten vor, z.T. lag der Wert unter 1 Ind./m<sup>2</sup> (Anhang 4). Tab. 7 gibt eine Übersicht über die Neozoennachweise in den einzelnen Flussabschnitten.

**Tab. 7:** Überblick über die Neozoenverbreitung im Untersuchungsgebiet. Für die häufigen Neozoen: Angaben in Ind./m<sup>2</sup> (Mittelwert aus zwei Untersuchungsdurchgängen). Für die sonstigen Neozoen nur Aussage, ob ein Nachweis für die Probenstrecke vorliegt oder nicht.

Taxon	Oberwasser KW Reckingen			Unterwasser KW Reckingen	
	UA I	UA II <sup>1</sup>	UA III	UA IV	UV V
<b>Häufige Neozoen*</b>					
<i>Jaera istri</i>	2049,5	1485,5	1310,0	535,5	37,5
<i>Dikerogammarus villosus</i>	966,5	1.197,0	683,5	226,0	109,0
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	69,5	139,5	48,5	167,0	103,5
<i>Corbicula fluminea</i>	42,0	55,5	83,5	61,5	96,5
<b>Sonstige Neozoen</b>					
<i>Dugesia tigrina</i>	x	-	x	x	x
<i>Dreissena polymorpha</i>	x	x	x	x	x
<i>Physella acuta</i>	-	-	x	x	x
<i>Physella acuta/heterostropha</i>	x	-	x	-	x
<i>Branchiura sowerbyi</i>	x	x	x	x	x
<i>Limnomysis benedeni</i>	x	x	x	x	-
<i>Orconectes limosus</i>	-	-	-	-	x

**Erläuterung:**

\* = Mittelwert der Ind./m<sup>2</sup> aus beiden UDGs

x = Nachweis

<sup>1</sup> In UA II wurden aufgrund der geringen Länge von 600 m insgesamt weniger Proben entnommen als in den anderen Untersuchungsabschnitten

Der Anteil an Neozoen in den einzelnen Untersuchungsabschnitten weist in den beiden Untersuchungsjahren erhebliche Schwankungen auf. In den Strecken mit weitgehend fließendem Charakter war im 1. UDG (2015) ihr prozentualer Anteil mit Werten zwischen 40 % (UA IV) und 69 % (UA I) ausgesprochen hoch. Im Folgejahr 2016 sanken die Werte v. a. in UA I und UA IV deutlich ab, hier wurden nur noch 24 % bzw. 18 % Neozoen an der Gesamtindividuenzahl festgestellt.

Generell niedrige Anteile an Neozoen wies der stark staubeeinflusste Bereich oberhalb des KW Reckingen auf (1. UDG: 10 %, 2. UDG 7 %).

Weshalb die Anteile an Neozoen diesen Schwankungen unterliegen, ist unklar. Wahrscheinlich handelt sich um für das Makrozoobenthos bekannte Populationsschwankungen, sowie um jahreszeitliche Einflüsse. Tab. 8 gibt einen Überblick über die Neozoenhäufigkeiten und ihren prozentualen Anteil an der Gesamtindividuenzahl in den bearbeiteten Hochrhein-Abschnitten ober- und unterhalb des KW Reckingen.

**Tab. 8:** Überblick über die Neozoenhäufigkeiten und ihren prozentualen Anteil in den einzelnen Untersuchungsabschnitten.

<b>1. UDG</b>	<b>Oberwasser KW Reckingen</b>			<b>Unterwasser KW Reckingen</b>	
	<b>UA I</b>	<b>UA II</b>	<b>UA III</b>	<b>UA IV</b>	<b>UA V</b>
Ges.Ind./m <sup>2</sup>	4.064	4.949	4.779	13.559	5.361
Neozoen/Ind.m <sup>2</sup>	2.818	1.438	487	5.429	3.646
%-Anteil Neozoen	69 %	29 %	10 %	40 %	68 %

<b>2. UDG</b>	<b>Oberwasser KW Reckingen</b>			<b>Unterwasser KW Reckingen</b>	
	<b>UA I</b>	<b>UA II</b>	<b>UA III</b>	<b>UA IV</b>	<b>UA V</b>
Ges.Ind./m <sup>2</sup>	6.301	2.087	5.580	4.830	5.256
Neozoen/Ind.m <sup>2</sup>	1.516	614	360	878	2.156
%-Anteil Neozoen	24 %	29 %	7 %	18 %	41 %

## 4. Auswertung der Ergebnisse nach Bewertungsmethode Wasserrahmenrichtlinie

### 4.1 Vorbemerkungen

Vorbemerkung: In der Schweiz liegt bislang kein mit der WRRL (EU) vergleichbares Bewertungsverfahren für große Flüsse vor. Die von BAFU 2010 vorgestellte Methode Makrozoobenthos – Stufe F (IBCH) eignet sich nur für kleine und mittelgroße Gewässer, die durchwatbar sind, d. h. es können nur Gewässerabschnitte vom Epirhithral bis maximal Epipotamal bearbeitet und bewertet werden. Die Methode kann bei zu großen und/oder schnell fließenden Gewässern, wie beispielsweise dem Rhein, nicht angewandt werden (BAFU 2010). Deshalb stützt sich die anschließende Bewertung ausschließlich auf die Methodik der EU-Wasserrahmenrichtlinie gemäß OGewV 2016.

Das aktuelle Untersuchungsgebiet (UG) beschränkt sich auf den potenziellen Einflussbereich des Vorhabens in der Fluss-Strecke zwischen KW Eglisau und Koblenzer Laufen (F-km 78,6 bis 98,5). Im UG wurden die Untersuchungs- und Bewertungs-Methoden der WRRL an insgesamt drei Messstellen im staubeeinflussten Oberwassers sowie an zwei Messstellen im frei fließenden Unterwasser des RKR angewandt, um die lokalen Auswirkungen des RKR auf das Makrozoobenthos festzustellen und zu bewerten (lokaler Ist-Zustand). Das UG entspricht einem kleinen Teil des Flusswasserkörpers WK-Nr. 2-01 (Bodensee-Untersee bis Rheinbrücke Rheinfelden - Basel). Die amtlichen WRRL-Bewertungen für den Flusswasserkörper 2-01 (LUBW) werden nachfolgend mit den eigenen Erhebungen verglichen (Kap. 5). Die eigenen Untersuchungs- und Bewertungsergebnisse können durchaus von den amtlichen Messwerten/Einstufungen für den Flusswasserkörper 2-01 abweichen, da an den unterschiedlichen Probestellen des LUBW bzw. des BNGF unterschiedliche abiotische Bedingungen herrschen. Die Ergebnisse sind daher nicht mit den amtlichen Werten vergleichbar oder gleichzustellen. Ein direkter Vergleich wäre nur bei identischen Probestellen, Methoden und gleicher Jahreszeit bzw. gleichartigen Abflussbedingungen möglich.

Grundlage für die ökologische Bewertung anhand der Makrozoobenthos-Besiedlung (Ist-Zustand) entsprechend den Anforderungen der WRRL ist die Einstufung des untersuchten Flussabschnitts auf der Basis der Fließgewässertypisierung. Nach POTTGIESSER et al. 2008 ist der Hochrhein im untersuchten Abschnitt als kiesgeprägter Strom (Typ 10) einzustufen, wobei der teils gefällereiche Hochrhein mit seinem schwach geschwungenen Lauf als Sonderfall anzusehen ist.

Zur Analyse der Besiedlung von kiesgeprägten Strömen und ihrer Bewertung gemäß Wasserrahmenrichtlinie werden die Bewertungsmodule „**Allgemeine Degradation**“ (Potamon-Typie-Index, kurz: PTI) und „**Saprobie**“ (Saprobienindex) verwendet: die jeweils ermittelten Index-Werte werden dabei direkt in eine Qualitätsklasse überführt (siehe Anhang 2, Methoden).

## 4.2 Modul Saprobie (BNGF)

Mit dem Saprobien-Index lassen sich die Auswirkungen organischer Belastungen auf die Makrozoobenthosfauna erfassen und bewerten (vgl. Anhang 2, Methoden).

In den untersuchten Flussabschnitten des Hochrheins wurden im 1. UDG Werte zwischen 1,86 (in den beiden Untersuchungsbereichen unterhalb des KW Reckingen, UA IV, UA V) und 2,51 (Abschnitt mit hoher Staubeinflussung UA III), im 2. UDG zwischen 1,89 (UA I unterhalb KW Eglisau) und 2,42 (UA III) ermittelt, alle Werte waren gesichert. Die Untersuchungsabschnitte mit fließendem Charakter ober- und unterhalb KW Reckingen waren in beiden Untersuchungsjahren in die Qualitätsklasse „gut“ einzustufen, wobei im Abschnitt mit mittlerer Staubeinflussung (UA II) jeweils im Vergleich höhere (schlechtere) Werte ermittelt wurden, die aber ebenfalls Qualitätsklasse „gut“ zuzuordnen sind. Der Abschnitt mit hoher Staubeinflussung UA III war hingegen mit einem Saprobienindex von 2,51 (1. UDG) bzw. 2,42 (2. UDG) nur in Qualitätsklasse „mäßig“ einzustufen, d. h. er wies gegenüber den Fließstrecken eine erhöhte organische Belastung auf (Tab. 9).

**Tab. 9:** Saprobienindizes in den beiden Untersuchungsjahren

1. UDG	Oberwasser KW Reckingen			Unterwasser KW Reckingen	
	UA I	UA II	UA III	UA IV	UA V
Saprobienindex	1,97	2,14	2,51	1,86	1,86
Qualitätsklasse	gut	gut	mäßig	gut	gut

2. UDG	Oberwasser KW Reckingen			Unterwasser KW Reckingen	
	UA I	UA II	UA III	UA IV	UA V
Saprobienindex	1,89	2,05	2,42	1,93	1,97
Qualitätsklasse	gut	gut	mäßig	gut	gut

**Erläuterung:** Klassengrenze zwischen „gut“ und „mäßig“ für den Gewässertyp 10: 2,3, vgl. Anhang 2, Methoden

## 4.3 Modul Allgemeine Degradation (BNGF)

Für die Beurteilung der allgemeinen Degradation wird bei Fließgewässern von Typ 10 der Potamon-Typ-Index (PTI, Schöll et al., 2005) herangezogen, der auf der Grundlage von Indikationswerten der Taxa (ECO\_P) die Naturnähe der Makrozoobenthoszönosen großer Ströme beschreibt (Anhang 2, Methoden). Er wurde speziell zur ökologischen Bewertung der Fließgewässertypen 10 und 20 (kies- und sandgeprägte Ströme) entwickelt. Dabei werden die im Potamal Mitteleuropas vorkommenden Arten entsprechend ihrer Bindung zum Potamal ECO\_P-Werte (von 1 = schwache Bindung bis 5 = starke Bindung) zugewiesen und diese dann in ECO-Klassen überführt (Klasse I = starke Bindung bis Klasse V = schwache Bindung).

Nur vier der nachgewiesenen Taxa haben laut Schöll et al. (2005) eine sehr starke Bindung ans Potamal (ECO-P 5): *Theodoxus fluviatilis* (RL CH CR, RL BW 1, RL D 2), *Caenis pusilla* (RL CH CR, RL BW 1, RL D 1), *Gomphus vulgatissimus* (RL CH NT, RL D V) und *Stenelmis* sp. Von diesen Arten liegen nur Einzelfunde vor, zwei von ihnen sind nach den Roten Listen als „vom Aussterben bedroht“ eingestuft (vgl. Kap. 3.5.). Bei neun weiteren Taxa ist von einer relativ engen Bindung ans Potamal auszugehen (ECO-P 4), darunter sind drei weitere Rote-Liste-Arten: *Brachycentrus subnubilus* (RL CH RE, RL BW 2), *Glossosoma boltoni* (RL CH NT, RL BW 2) und *Potamanthus luteus* (RL CH NT). Außerdem werden die Insektenarten *Caenis macrura*, *Cheumatopsyche lepida*, *Psychomyia pusilla*, *Oulimnius* sp., *Esolus parallelepipedus* und *Rheotanytarsus* sp. als relativ potamaltypisch eingestuft

Die Anzahl an Arten/Taxa, die für das Potamal typisch sind, ist im untersuchten Hochrheinabschnitt mit nur 9,5 % gering. Dieser Befund deutet auf erhebliche Vorbelastungen hin, die aber nicht zwangsläufig mit dem Betrieb des Kraftwerks Reckingen in Zusammenhang stehen. Oberhalb des untersuchten Flussabschnitts sind bereits drei weitere Staustufen in Betrieb, die die Zusammensetzung der Benthosfauna ebenfalls beeinflussen und entsprechend verändern. Außerdem haben sich hier, wie in den meisten großen Fließgewässern vom Typ 10 durch die massive Einwanderung von Neozoen in den letzten anderthalb Jahrzehnten, die Lebensbedingungen für die ursprüngliche Benthosfauna deutlich verschlechtert. Die Einwanderung der Neozoen dürfte in erster Linie aus dem Bodensee erfolgen (vgl. Kap.3.6).

Die nachfolgende Analyse der Benthosbesiedlung nach WRRL ergab nicht in allen Fällen gesicherte Werte. Ein ungesicherter PTI-Wert und damit eine ungesicherte Aussage über die allgemeine Degradation (Qualitätsklasse) ergibt sich, wenn die erforderliche Mindestanzahl der eingestufteten Taxa zu gering ist und/oder das Abundanzklassenverhältnis von eingestufteten zu allen Taxa (A/V) von mehr als 50 % nicht erreicht wurde. Eine höhere Standardabweichung als  $\delta PTI < 0,3$  führt ebenfalls zu ungesicherten Werten (vgl. Anhang 2, Methoden). Auf eine vertiefte Interpretation derart ungesicherter Kenngrößen einiger Gewässerabschnitte wird deshalb bei der nachfolgenden Analyse weitgehend verzichtet.

In der nachfolgenden Tab. 10 sind die PTI-Werte sowie die Kriterien, die für den Erfüllungsgrad des PTI maßgeblich sind, für jeden Flussabschnitt und beide Untersuchungsperioden getrennt zusammenfassend dargestellt.

**Tab. 10:** Potamon-Typie-Indizes der untersuchten Flussabschnitte

1. UDG	Oberwasser KW Reckingen			Unterwasser KW Reckingen	
	UA I	UA II	UA III	UA IV	UA V
Standardabweichung	0,17	0,22	0,19	0,15	0,16
eingestufte Taxa	35	22	25	31	38
Abundanzverhältnis eingestufte / alle Taxa (%)	67,5	59,6	50,0	64,0	66,7
PTI	2,78	3,27	3,42	2,59	2,71
Qualitätsklasse PTI	mäßig	mäßig	unbefriedigend (n.g.)	gut	mäßig
2. UDG	Oberwasser KW Reckingen			Unterwasser KW Reckingen	
	UA I	UA II	UA III	UA IV	UA V
Standardabweichung	0,16	0,25	0,28	0,20	0,20
eingestufte Taxa	36	24	20	28	27
Abundanzverhältnis eingestufte / alle Taxa (%)	59,4	49,4 (< 50 %)	45,3 (< 50 %)	54,0	56,0
PTI	2,69	2,98	3,10	2,66	2,91
Qualitätsklasse PTI	mäßig	mäßig (n.g.)	mäßig (n.g.)	mäßig	mäßig

**Erläuterung:**

n.g. nicht gesichert

Die PTI-Werte der Untersuchungsabschnitte mit fließendem Charakter (UA I, IV, V) waren in beiden Untersuchungsdurchgängen gesichert und lagen zwischen 2,59 (1. UDG: Fließstrecke unterhalb Kraftwerk Reckingen, UA IV) und 2,91 (2. UDG: UA V). Die Fließstrecke im Unterwasser des KW Reckingen (UA IV) war im 1. UDG in **Qualitätsklasse „gut“** einzustufen, bei den übrigen Flussabschnitten und Untersuchungsdurchgängen zeigten die Qualitätsklassen einen „mäßig“ Zustand an.



Im Untersuchungsabschnitt mit mittlerer Staubeinflussung, aber fließendem Charakter (UA II) wurde im 1. UDG ein PTI von 3,27 ermittelt, was auf eine stärkere Degradation als in den weniger oder gar nicht staubeinflussten Fließstrecken hinweist. Hier war auch die Anzahl eingestufte Taxa geringer, dennoch errechnete ASTERICS noch einen gesicherten Wert, der der Qualitätsklasse „**mäßig**“ entspricht. Der Befund ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf verlangsamte Fließgeschwindigkeiten und ein monotoneres Strömungsprofil in diesem Bereich zurückzuführen. Der errechnete PTI-Wert dieses Gewässerabschnitts fiel bei der Folgeuntersuchung mit 2,98 deutlich niedriger/besser aus, war aber aufgrund eines zu niedrigen Abundanzverhältnisses von eingestuft zu allen Taxa (49,43 % < 50 %) nicht mehr gesichert. Bei UA II könnte die geringere Zahl von Probeentnahmen in dem sehr kurzen Gewässerabschnitt (es wurden im Gegensatz zu den übrigen Untersuchungsabschnitten nur zwei Transekte bearbeitet) eine geringe Zahl ermittelter Taxa und dadurch den ungesicherten Wert mitverursacht haben.

Im Abschnitt mit hoher Staubeinflussung (UA III) oberhalb des Kraftwerks konnten in beiden Untersuchungsdurchgängen nur **ungesicherte PTI-Werte** ermittelt werden. Dieser Befund ist nicht überraschend: Der PTI wurde für **frei fließende** Strecken geschaffen: Dabei werden die vorkommenden Arten entsprechend ihrer Bindung zum Potamal in fünf ECO-Klassen eingestuft. Die zugewiesenen ECO-Werte reichen von 1 = schwache Bindung (euryöke Art) bis 5 = starke Bindung (stenöke Art). Der PTI ergibt sich aus dem gewichteten Mittel der ECO-Werte (Schöll et al. 2005). Da stark staubeinflusste Gewässerabschnitte aufgrund der stark reduzierten Strömung und ihres Hybridgewässer-Charakters als Lebensraum für charakteristische Potamalarten wenig geeignet sind, dominieren vielmehr hinsichtlich der Strömung indifferente; euryöke Arten, denen kein oder nur ein sehr niedriger ECO-Wert zugewiesen wird. In Fließgewässerabschnitten mit hoher Staubeinflussung kann es daher vorkommen, dass die Mindestanzahl an eingestuften Taxa um einen gesicherten PTI zu erhalten in einer Probestelle nicht erreicht wird.

Neben dem Potamon-Typie-Index wurden weitere bewertungsrelevante Kenngrößen bei der Analyse einbezogen (vgl. Anhang 2, Methoden, Tab. 11). Die Dominanz von r-Strategen, d. h. von Arten, die bei der Vermehrung auf eine hohe Reproduktionsrate (bezogen auf die Gesamtindividuenzahl) setzen, war in den Untersuchungsabschnitten mit fließendem Charakter, insbesondere unterhalb des KW Eglisau UA I (1. UDG: 50,2 %; 2.UDG: 62,7 %), aber auch in den Fließstrecken unterhalb des KW Reckingen (UA IV und V) in beiden Untersuchungsdurchgängen hoch (zwischen 43,5 und 48,2 %). Völlig anders stellte sich das Besiedlungsbild im Abschnitt mit hoher Staubeinflussung (UA III) dar: R-Strategen sind hier mit 10,5 % (1. UDG) bzw. 21,2 % (2. UDG) deutlich unterrepräsentiert. Dieser Befund dürfte mit den stark veränderten Lebensbedingungen in diesem Bereich zusammenhängen, der weitgehend von ubiquitären Arten besiedelt wird.

Trotz z. T. hoher Dominanzwerte der r-Strategen lag das Verhältnis von r- zu K-Strategen (bezogen auf die Zahl der Taxa) in beiden Untersuchungsdurchgängen in allen untersuchten Gewässerabschnitten deutlich unter 4,5. Das heißt, die Biozönosen waren in keinem Gewässerabschnitt so stark gestört, dass sie sich bereits im Umbruch befinden.

Das Verhältnis von aktiven zu passiven Filtrierern (A/P) gibt Aufschluss über die Einflüsse von Stauhaltungen. Das Verhältnis A/P war in beiden Untersuchungsdurchgängen in den Abschnitten mit fließendem Charakter und geringer/ohne Staubeinflussung (UA I, IV, V) ober- und unterhalb des Kraftwerks Reckingen niedrig und lag durchgehend deutlich unter 5. Bei Werten von > 5 sind Auswirkungen von Stauhaltungen auf anschließende Flussabschnitte anzunehmen.

Dagegen besiedelten den Untersuchungsabschnitt mit hoher Staubeinflussung (UA III) fast keine passiven Filtrierer, so dass das A/P-Verhältnis vor allem im 2. UDG mit rund 5.000 sehr hoch war. Auch im Gewässerabschnitt mit mittlerer Staubeinflussung (UA II) spiegelte ein deutlich erhöhtes A/P-Verhältnis den Staueinfluss wider (1. UDG: 28,33; 2. UDG: 69,47). Passive Filtrierer sind zwingend auf Strömung angewiesen, die Nahrungspartikel zu ihnen befördern, in staubeinflussten Gewässerabschnitten können sie nicht bzw. nur suboptimal überleben. Direkt unterhalb des KW Reckingen (UA IV) ist das Verhältnis von aktiven zu passiven Filtrierern aber wieder sehr niedrig (0,06 bzw. 0,38), so dass keine negativen Effekte auf die angrenzenden Fließstrecken zu erkennen sind.

Der prozentuale Anteil von Neozoen an der Gesamtbesiedlung war vor allem im 1. UDG in den fließenden Bereichen mit geringer bzw. ohne Staubeinflussung (UA I, UA IV und UA V) mit Werten zwischen 40,2 % in UA IV bzw. 69,5% in UA I ausgesprochen hoch (Bei einem Neozoen-Anteil von mehr als 30 % wird die Besiedlung eines Gewässers mit „high share of aliens“ charakterisiert.) Das Massenaufreten einiger, weniger neozoischer Arten kann die ursprüngliche Benthosbesiedlung stark zurückdrängen, was zu starken biozönotischen Verschiebungen führen kann. In den Bereichen mit mittlerer bzw. hoher Staubeinflussung (UA II, UA III) lag der Anteil im 1. und 2. UDG unter 30 % wenn auch in UA II nur ganz knapp.

Im 2. UDG war der Anteil an Neozoen in den Untersuchungsabschnitten mit fließendem Charakter und geringer/fehlender Staubeinflussung deutlich geringer, nur in einem Bereich unterhalb des KW Reckingen (UA V) lag der Neozoen-Anteil mit 41 % über 30 %. Offensichtlich können auch bei den sehr invasiven, konkurrenzstarken neozoischen Arten deutliche Bestandsschwankungen auftreten, was bei der kontinuierlichen Hochrheinuntersuchung (BAFU 2015) ebenfalls festgestellt wurde.

Im Untersuchungsabschnitt mit hoher Staubeinflussung oberhalb des KW Reckingen war der prozentuale Anteil an Neozoen in beiden Untersuchungsdurchgängen mit 10,2 % bzw. 5,7 % sehr niedrig. Die Ursache dafür ist unklar, da die im Untersuchungsgebiet dominant auftretenden Neozoen bislang als euryöke, hinsichtlich des Faktors Strömung indifferente Arten eingestuft werden.

**Tab. 11:** Übersicht über weitere nach WRRL relevante Kenngrößen

1. UDG	Oberwasser KW Reckingen			Unterwasser KW Reckingen	
	UA I	UA II	UA III	UA IV	UA V
Anzahl EPT-Taxa	23	13	5	24	23
r-Dom.	50,2	19,7	10,5	43,5	47,1
r/k-Verhältnis	0,11	0,13	0,16	0,11	0,14
A/P-Verhältnis	2,92	28,33	131,43	0,06	0,41
Neozoen %	69,5 h!	29,1	10,2	40,2 h!	68,2 h!

2. UDG	Oberwasser KW Reckingen			Unterwasser KW Reckingen	
	UA I	UA II	UA III	UA IV	UA V
Anzahl EPT-Taxa	28	18	7	19	19
r-Dom.	62,7	44	21,2	46,9	48,2
r/k-Verhältnis	0,11	0,13	0,16	0,14	0,14
A/P-Verhältnis	1,86	69,47	4.960,80	0,38	2,35
Neozoen %	24,1	29,5	5,7	18,6	41,0 h!

**Erläuterung:**

A/P: Verhältnis von aktiven zu passiven Filtrierern

h! high share of aliens

## 4.4 Ökologische Zustandsklasse an den einzelnen Messstellen (BNGF)

Die ökologischen Zustandsklassen nach Wasserrahmenrichtlinie für die einzelnen Messstellen ergeben sich aus den Qualitätsklassen der beiden Einzelmodule „Allgemeine Degradation“ und „Saprobie“ entsprechend dem worst-case-Prinzip, d. h. die Gesamtbewertung wird durch das Modul mit der schlechteren Qualitätsklasse bestimmt. Die Besiedlung der Gewässerabschnitte ergab nicht in allen Fällen gesicherte Bewertungen. Für den Abschnitt mit stauendem Charakter (UA III) konnte in beiden Untersuchungsdurchgängen keine gesicherten Angaben zur allgemeinen Degradation ermittelt werden, im 2. UDG auch nicht für den Bereich mit mittlerer Staubeinflussung (UA II). Dagegen waren die Werte in allen Fließstrecken gesichert. Die meisten Hochrheinabschnitten waren in die ökologische Zustandsklasse „mäßig“ einzustufen. Das Unterwasser des KW Reckingen war im 1. UDG als „gut“ zu bewerten (Tab. 12).

**Tab. 12:** Ökologische Zustandsklasse nach WRRL der Einzelmessstellen

a) im ersten Untersuchungsdurchgang

1.UDG	Oberwasser KW Reckingen			Unterwasser KW Reckingen	
	UA I	UA II	UA III	UA IV	UA V
Qualitätsklasse Modul „Allgemeine Degradation“	mäßig	mäßig	unbefried. (n.g.)	gut	mäßig
Qualitätsklasse Modul Saprobie	gut	gut	mäßig	gut	gut
<b>Ökologische Zustandsklasse</b>	<b>mäßig</b>	<b>mäßig</b>	<b>unbefried. (n.g.)</b>	<b>gut</b>	<b>mäßig</b>

b) im zweiten Untersuchungsdurchgang

2. UDG	Oberwasser KW Reckingen			Unterwasser KW Reckingen	
	UA I	UA II	UA III	UA IV	UA V
Qualitätsklasse Modul „Allgemeine Degradation“	mäßig	mäßig (n.g.)	mäßig (n.g.)	mäßig	mäßig
Qualitätsklasse Modul Saprobie	gut	gut	mäßig	gut	gut
<b>Ökologische Zustandsklasse</b>	<b>mäßig</b>	<b>mäßig (n.g.)</b>	<b>mäßig (n.g.)</b>	<b>mäßig</b>	<b>mäßig</b>

## **5. Vergleich der Untersuchungsergebnisse 2015/16 (BNGF) mit denen der koordinierten biologischen Hochrheinuntersuchungen 2011/12 (BAFU)**

Bei den im Auftrag des Bundesamt für Umwelt (BAFU) durch die Hydra durchgeführten koordinierten biologischen Untersuchungen im Hochrhein werden im mehrjährigen Rhythmus (alle 5–6 Jahre) innerhalb des Flusswasserkörpers Nr. 2-01 neun Flussquerschnitte zwischen Bodensee (Untersuchungsstelle Hemishofen, F-km 27,7) und dem Rheinknie in Basel (F-km 167,6) hinsichtlich des Makrozoobenthos bearbeitet, also innerhalb einer Hochrheinestrecke von rd. 140 km. Die Methodik der Probeentnahmen bei der BAFU-Untersuchung entspricht weitgehend der Vorgehensweise der aktuellen Untersuchungen: So wurden 2011/12 an jedem Flussquerschnitt drei Proben von der Sohlmitte mittels Taucher entnommen und zwei Uferbereiche nach der MHS-Methode bearbeitet (abweichend dazu kamen bei den aktuellen Erhebungen 2016 erstmals Bodengreifer vom Boot aus anstelle eines Tauchers zum Einsatz, detaillierte Informationen zur Methodik beider Untersuchungen vgl. Kap. 5.2). Die Ergebnisse der Untersuchung 2011/12 werden nachfolgend mit den eigenen 2015/16 erhobenen Ergebnissen sowohl hinsichtlich Artenspektrum/Individuenzahlen als auch Bewertung gemäß WRRL verglichen.

### **5.1 Qualitativer und quantitativer Vergleich der Benthosbesiedlung**

#### **Vergleich Querprofil „Rietheim/Küssaberg“, F-km 98,3 (2011/12) mit Querprofil F-km 98,21 (2015/16)**

In Anhang 5 sind die Artnachweise des Querprofils „Rietheim/Küssaberg“ (F-km 98,3) der koordinierten biologischen Hochrheinuntersuchung von 2011/12 und dem Querprofil TT01 bzw. TT<sub>G</sub> (F-km 98,21) der beiden Untersuchungsdurchgänge 2015/16 vergleichend gegenübergestellt. 2011/12 wurden insgesamt 112 Taxa<sup>4</sup> nachgewiesen. Bei den aktuellen Untersuchungen wurden in dem eng benachbart liegenden Querprofil im 1. UDG 32 Taxa, beim 2. UDG 33 Taxa festgestellt, insgesamt wurden dort 2015/16 44 Taxa im Rahmen von zwei Begehungen nachgewiesen.

Es ist auffallend, dass bei der aktuellen Erhebung der Benthosbesiedlung im Querprofil TT01 (Herbst/Winter 2015) und TT01<sub>G</sub> (April 2016) von etlichen Artengruppen bzw. Großgruppen Nachweise vollständig fehlen. So wurden keinerlei Eintagsfliegen aus der Familie der Baetiden festgestellt, während bei der Voruntersuchung sieben Taxa auftraten. Auch Kriebelmücken (Simuliidae), von denen 2012 elf Taxa ermittelt wurden, wurden 2015/16 gar nicht nachgewiesen.

Generell waren bei den aktuellen Untersuchungen Eintagsfliegen ausgesprochen arten- und individuenarm vertreten (drei bzw. zwei Taxa), während 2012 20 Taxa ermittelt werden konnten. Dasselbe gilt für die Großgruppe der Köcherfliegen (2012 31 Taxa, 2015/16 zehn bzw. neun Taxa) und, wenn auch weniger ausgeprägt, für viele der übrigen Großgruppen (vgl. Tab. 13).

---

<sup>4</sup> Taxa, die in der Artenliste aufgrund verschiedener Entwicklungsstadien (Puppe, Larve, Adult) mehrfach aufgeführt waren, wurden nur einmal gezählt.

**Tab. 13:** Taxazahlen der Großgruppen mit stark abweichenden Nachweishäufigkeiten in den Untersuchungsjahren 2012, 2015, 2016

Großgruppen	Zahl der Taxa		
	UJ 2012	UJ 2015	UJ 2016
Trichoptera (Köcherfliegen)	31	10	9
Ephemeroptera ( Eintagsfliegen)	20	3	2
Diptera (Zweiflügler)	17	2	5
Coleoptera (Wasserkäfer)	10	3	3
Crustacea (Krebstiere)	8	2	2

**Erläuterung:**

UJ: Untersuchungsjahr

Die Ursachen für die deutlich geringere Anzahl nachgewiesener Taxa bei der aktuellen Erhebung 2015/16 im Vergleich zu 2012 könnten auf hydrologische und/oder klimatische Schwankungen zurückzuführen sein, die vor allem die Entwicklungszyklen der Insektenlarven stark beeinflussen können (variierende Flug- und Eiablagezeiten). So sind sehr frühe Entwicklungsstadien meist nicht nachweisbar, da sie sich in tieferen Sohlschichten aufhalten, die bei einer Probeentnahme nicht erfasst werden. Erst die reiferen Larven wandern in höhere Schichten und sind dann bei einer Beprobung gut zu erfassen.

Bei den Krebstieren (Crustacea) ist auffallend, dass 2015/16 keine Nachweise der heimischen Flohkrebse (*Gammarus fossarum*, *G. fossarum/pulex* und *G. roeselii*) mehr erbracht werden konnte. In diesem Fall könnten die Populationen durch die Konkurrenz und den Fraßdruck des räuberischen Neozoen *Dikerogammarus villosus* tatsächlich stark dezimiert worden sein.

Auch die Individuenzahlen waren 2012 mit 49.659 Ind./m<sup>2</sup> erheblich höher als bei den aktuellen Untersuchungen mit 11.109 Ind./m<sup>2</sup> im Jahr 2015 und nur 4.812 Ind./m<sup>2</sup> im Jahr 2016. Dieser Befund resultiert in erster Linie aus Massenvorkommen einiger weniger Arten im Untersuchungsjahr 2012. Extrem hohe Individuendichten erreichten in 2012 die kleine neozoische Wasserassel *Jaera sarsi* (11.662) und Individuen aus der Dipterenfamilie *Orthocladina* Gen. sp. (8.837). Auch Kriebelmücken (*Simuliidae*) waren mit insgesamt über 4.700 Individuen ausgesprochen zahlreich in den Proben vorhanden. Derart hohe Individuendichten können bei kleinflächigen punktuellen Beprobungen zufallsbedingt sein; da die sehr kleinen Tiere oft auf engstem Raum leben und an für sie geeigneten Stellen regelrechte „Cluster“ bilden können. Nur ein paar Meter entfernt kann die Bestandsituation trotz vergleichbarer Ausstattung wieder eine andere Größenordnung haben, auch wenn derart häufige Benthosorganismen in der Regel in allen relevanten Bereichen nachgewiesen werden können.

**Vergleich der Gesamtergebnisse 2011/12 und 2015/16**

Nachfolgend werden die Makrozoobenthosnachweise aller Probestellen der aktuellen Untersuchungen ober- und unterhalb des Kraftwerks Reckingen mit allen Daten der koordinierten biologischen Hochrheinuntersuchung von 2011/2012 verglichen (eine detaillierte Aufstellung der Daten findet sich in Anhang 6).

Bei den Erhebungen 2011/12 wurden in neun Querprofilen, verteilt auf den gesamten Hochrhein zwischen Hemishofen, F-km 27,7 und Basel, F-km 167,6 (Gesamtlänge ca. 140 km) insgesamt 232 Taxa nachgewiesen.

Bei den aktuellen Erhebungen 2015/16 wurden in 14 Transekten ober- und unterhalb des KW Reckingen, zwischen F-km 78,82 und 99,37 (Länge rd. 20 km) 137 Taxa nachgewiesen.

Die Bearbeiter der koordinierten biologischen Hochrheinuntersuchungen unterschieden 2011/12 vier unterschiedliche Fluss-Abschnitte (BAFU 2016):

- A: Seeabfluss des Bodensees bis Rheinfall (F-km 23 bis 44,8), Querprofil bei Hemishofen; Seeabfluss des Bodensees ohne größere Zuflüsse und weitgehend naturnahem Charakter
- B: Rheinfall bis Aaremündung (F-km 44,8 bis 102,5), Querprofile Rheinau, Eglisau, Tössegg, Riethelm; zum Teil noch längere naturnahe Flussabschnitte, unterbrochen von drei Staustufen und einer Ausleitungsstrecke. Größere Zuflüsse sind Thur, Töss und Wutach. Aufgrund der Stauhaltungen stark gestörter Geschiebehaushalt
- C: Zusammenfluss von Aare und Hochrhein bis alte Brücke Rheinfelden (F-km 102,5 bis 151), Querprofile Waldshut, Sisseln; stark eingetieftes Flussbett mit gegenüber dem Abschnitt B verdoppeltem Abfluss. Uferverbauungen, Staustufen und Werkskanäle prägen den Flusslauf
- D: Rheinfelden bis Basel (F-km ca. 151 bis 168), Querprofile Schweizerhalle, Basel; Hochrheinabschnitt mit Regelprofil ab hier schiffbar, zusammenhängende Schifffahrtsstraße bis zur Nordsee und über den Rhein-Main-Donaukanal bis ans Schwarze Meer.

Aufgrund der hydromorphologischen Unterschiede der Hochrheinabschnitte A bis D ändert sich die Zusammensetzung der Benthosbiozöten im Längsverlauf erheblich. In Abschnitt A sind u. a. filtrierende Arten kennzeichnend, die den Schwebstoff- und Planktoneintrag aus dem Bodensee nutzen. Abschnitt B wird, zumindest in den längeren freifließenden naturnahen Strecken, von strömungsliebenden Arten besiedelt, wie sie auch für den ursprünglichen Hochrhein typisch gewesen sein dürften. Rheinabwärts ist eine zunehmende Potamalisierung und im schiffbaren Abschnitt D ein vermehrtes Auftreten von Neozoen, z. B. Krebstieren wie *Chelicorophium*-Arten und *Echinogammarus ischnus*, die flussaufwärts (noch) nicht nachzuweisen sind, zu konstatieren.

Das Untersuchungsgebiet der aktuellen Erhebungen ober- und unterhalb des KW Reckingen ist hingegen vollständig dem vom BAFU als B definierten Hochrheinabschnitt zuzuordnen. Dementsprechend ist das Artenspektrum im Vergleich zur koordinierten biologischen Hochrheinuntersuchung weniger breit gefächert. Auch die im Vergleich zur BAFU-Untersuchung sehr viel kürzere bearbeitete Flussstrecke von rd. 20 km gegenüber insgesamt ca. 140 km schränkt die Zahl der Artnachweise ebenfalls stark ein.

Dementsprechend wurden bei der koordinierten biologischen Hochrheinuntersuchung 2011/12 insgesamt 130 Taxa (Arten und Gattungen) festgestellt, von denen bei den aktuellen Erhebungen kein Nachweis erbracht wurde. Darunter sind etliche Neozoen, die schwerpunktmäßig nur im schiffbaren Abschnitt D vorkamen und deren Einwanderung primär über Bundeswasserstraßen erfolgt. Auch aus Abschnitt A, der als Bodenseeabfluss naturgemäß von einer für größere kiesgeprägte Strömen abweichenden Benthosbiozönose geprägt ist (s.o.) liegen Nachweise vor, die (fast) ausschließlich dort anzutreffen waren, darunter einige für wenig strömende Gewässer typi-

sche Wasserschneckenarten wie *Bathyomphalus contortus* und *Lymnaea stagnalis* oder die filtrierende Köcherfliege *Neureclipsis bimaculata*.

Unter den nur bei der koordinierten biologischen Hochrheinuntersuchung 2011/12 nachgewiesenen Arten sind einige stark gefährdet, darunter die Köcherfliegen *Agapetus laniger* und *Ceraclea aurea*, die nur stromab des Untersuchungsgebiets KW Reckingen in geringer Zahl auftraten sowie die Wasserschnecke *Planorbis carinatus*, die nur in Bodenseenähe gefunden wurde, in Rheinfelden sehr individuenreich.

Bei den aktuellen Erhebungen im Untersuchungsgebiet ober- und unterhalb des KWs Reckingen wurden 39 Taxa festgestellt, für die im Zuge der Untersuchungen 2011/12 kein Nachweis erbracht werden konnte. Darunter waren aber einige Arten, die neu bzw. nach einem langen Zeitraum erstmals wieder im Hochrhein nachgewiesen werden konnten und die im 2011/12 untersuchten gesamten Hochrhein zwischen F-km 27,7 und 167,6 fehlten. Neben den Wiederfunden der vom Aussterben bedrohten Kahnschnecke *Theodoxus fluviatilis* und der gefährdeten Arten *Perla marginata* und *Stagnicola corvus* (vgl. Kap. 3.5) waren dies die Steinfliegenart *Brachyptera risi*, die 2016 erstmals wieder nachgewiesen wurde. Bei allen genannten Arten handelte es sich um Einzelfunde. Auch bei den Eintagsfliegen *Ephemera cf. mucronata* (eine Charakterart des Epirhithrals) und *Habrophlebia cf. lauta*, (besiedelt nach Bauernfeind et al. 2001 Flüsse ebenso wie Stillgewässer) könnte es sich um Wiederfunde verschollener Arten handeln (eine sichere Ansprache dieser Taxa war nicht möglich, trifft aber mit hoher Wahrscheinlichkeit zu). Sie traten im 2. UDG im Oberwasser des KW Reckingen (UA II) auf.

## 5.2 Vergleich der Bewertung gemäß WRRL BAFU-LUBW/BNGF

### Anmerkung zu Probenahme/Auswertung beider Untersuchungen (BAFU-LUBW/BNGF):

2011/12 wurden die Probeentnahmen bei F-km 98,3 von der Gewässersohle durch Taucheinsätze mit einem Unterwassersampler (Substratfläche 0,07 m<sup>2</sup> pro Teilprobe) durchgeführt. Für die ufernahen Beprobungen an den Flussufern wurden Surber-Sampler oder langstielige Netzkeshen (Grundfläche je 0,1 m<sup>2</sup>) verwendet (BAFU 2015).

Bei den aktuellen Erhebungen (F-km 98,21) durch die BNGF GmbH wurden im 1. UDG im Querprofil der Gewässersohle jeweils drei Proben durch Taucher entnommen (bearbeitete Fläche je 0,21 m<sup>2</sup>), in den rechts- und linksufrigen angrenzenden Uferbereichen je eine weitere Probe nach dem Multi-Habitat-Sampling/Zeitsammelmethode (MHS/Zeit, Fläche 1 m<sup>2</sup>). Beim 2. UDG wurden die Proben von der Gewässersohle anhand eines Bodengreifers (Fläche 0,2 m<sup>2</sup>) vom Boot aus entnommen. Die Ufer wurden wie bei der Erstuntersuchung nach der Multi-Habitat-Sampling/Zeitsammelmethode (MHS/Zeit) beprobt.

Für die Ermittlung der Ökologischen Zustandsklasse nach WRRL wurden jeweils die Individuenzahlen in m<sup>2</sup> hochgerechnet und dann mittels der ASTERICS-Software ausgewertet. Dabei wurde bei der LUBW-Auswertung der Schlüsselcode „DV-Nr.“ für die Taxa verwendet, bei der Auswertung der aktuellen Ergebnisse der Code „ID\_Art“, der etwas differenziertere Aussagen ermöglichen soll (beispielsweise durch die Unterscheidung von Larvalstadien und Adulten bei Wasserkäfern). Bei der Berechnung spielt dies aber nur eine untergeordnete Rolle.

Für den Vergleich der beiden Untersuchungen hinsichtlich einer Bewertung gemäß Wasserrahmenrichtlinie wurden wegen der räumlichen Entsprechung zunächst folgende Datengrundlagen verwendet:

- koordinierte Hochrheinuntersuchung 2011/12: WRRL-Bewertung des Querprofils „Rietheim“ bei F-km 98,3 (LUBW)
- Untersuchungen 2015/16: lokale WRRL-Bewertung anhand der Daten aus dem Transekt TT01 bzw. TT01<sub>G</sub> (F-km 98,21) (BNGF GmbH).

Dabei wurden die beiden Module Saprobie und Allgemeine Degradation zunächst gesondert berechnet und anschließend in eine ökologische Zustandsklasse überführt (Tab. 14).

Die Saprobienindizes sind in allen Untersuchungsdurchgängen gesichert und ergeben sowohl gemäß LUBW als auch im 2. UDG (BNGF) eine gute bzw. im 1. UDG 2015 sogar in eine sehr gute Qualitätsklasse.

Hinsichtlich des PTI unterscheiden sich die Bewertungen der koordinierten Hochrheinuntersuchung von den bei den aktuellen Untersuchungen ermittelten PTI-Werten aus den jeweiligen Untersuchungsdurchgängen. Bei der Untersuchung 2012 wurde der Abschnitt „Rietheim/Küssaberg“ amtlicherseits mit „gut“ bewertet (LUBW), die Ergebnisse der aktuellen Untersuchungen (BNGF) aus dem Transekt TT01 bzw. TT01<sub>G</sub> (F-km 98,21) beider Untersuchungsdurchgänge ergaben hingegen die Qualitätsklasse „mäßig“ (Ergebnis des 1. UDG allerdings nicht gesichert). Aus diesem Grund war Die Messstelle „Rietheim/Küssaberg“ 2012 in die Ökologische Zustandsklasse „gut“ einzustufen, 2016 hingegen nur in die Zustandsklasse „mäßig“. In Tab. 14 sind die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt.

**Tab. 14:** Vergleich der aktuellen WRRL-Auswertung (2015/16) mit der der koordinierten Hochrheinuntersuchung von 2012 an den Messstellen F-km 98,3 bzw. 98,21

	LUBW (15.4.2012)	1. UDG (10.11./ 03.12. 2015)	2. UDG (14.04.2016)
Saprobienindex	1,86	1,68	2,00
Qualitätsklasse Saprobie	gut	sehr gut	gut
Potamon-Typie-Index (PTI)	2,50	2,64 (n. g.)	2,90
Qualitätsklasse Modul „allgemeine Degradation“	gut	mäßig (n. g.)	mäßig
<b>Ökologische Zustandsklasse</b>	<b>gut</b>	mäßig (n. g.)	<b>mäßig</b>

**Erläuterung:**

n.g.: nicht gesichert

Bei obigem Vergleich sind einige Faktoren zu berücksichtigen, die abweichende Ergebnisse verursachen können. So waren die Flächengrößen der Entnahmegeräte bei den Probestellen an der Gewässersohle im uferfernen Bereich (Tauch- und Greiferbeprobungen) relativ klein, was dazu führen kann, dass die Ergebnisse zufallsbedingt variieren. Außerdem war in den Untersuchungsjahren 2015/16 am Hochrhein insgesamt ein Defizit an nachweisbaren bewertungsrelevanten Insektenlarven (insbesondere Eintags- und Köcherfliegenlarven) zu konstatieren, wodurch die Berechnung der Indizes, v. a. in kürzeren Flussabschnitten, deutlichen Schwankungen unterworfen



ist. Dies kann auf hydrologische/klimatische Besonderheiten des Untersuchungsjahres 2015/16 zurückgehen sowie auf methodische Unterschiede<sup>5</sup>.

Um trotz der oben genannten Einschränkungen eine gesicherte Berechnungsbasis der aktuellen Untersuchung zu erhalten, wurde zusätzlich zu den bereits dargestellten Ergebnissen eine Gesamtbewertung des 2015/16 bearbeiteten Hochrheinabschnitts zwischen F-km 78,2 (unterhalb Kraftwerk Eglisau, UA I) und F-km 99,37 (unterhalb KW Reckingen, UA V) durchgeführt. Dabei wurden die jeweils höchsten ermittelten Ind./m<sup>2</sup> aus beiden UDGs für die Berechnung herangezogen und mittels ASTERICS 4.04 ausgewertet. Dadurch sollten sich Schwankungen, die aufgrund der unterschiedlichen Nachweismöglichkeiten in den beiden Untersuchungsdurchgängen aufgetreten sind, ausgleichen. Auch die Flussabschnitte oberhalb des Kraftwerks Reckingen (UA I und UA II) und unterhalb (UA IV und UA V) wurden dementsprechend jeweils zusammengefasst neu berechnet. Bei dieser Auswertung ergaben sich ausschließlich gesicherte Werte.

Diese Ergebnisse wurden wiederum mit den von LUBW errechneten Indizes des Querprofils „Rietheim“, F-km 98,3 (2012) verglichen.

Für die „Allgemeine Degradation“ wurde nach der oben beschriebenen Auswertungsmethode für alle Messstellen der aktuellen Untersuchungen ein Saprobienindex von 1,96 ermittelt, der PTI lag bei 2,48. Somit waren die Module **Qualitätsklasse „Saprobie“** und **„Allgemeine Degradation“** als gut einzustufen und die **Ökologische Zustandsklasse** ist dementsprechend ebenfalls mit „gut“ zu bewerten.

Bei der getrennten Auswertung der Abschnitte ober- und unterhalb des KWs Reckingen (ohne Berücksichtigung des Stauraums UA III) wurden Saprobienindizes von 1,96 (UA I+II, oberhalb KW) bzw. 1,90 (UA IV+V, unterhalb KW) ermittelt, d. h. beide Hochrheinabschnitte haben die **Qualitätsklasse Saprobie „gut“**. Dagegen war die **Qualitätsklasse PTI** der Fließstrecken oberhalb des Kraftwerks (UA I und UA II) mit einem Wert von 2,66 nur „mäßig“, wenn auch mit Tendenz zum guten Zustand (Klassengrenze 2,6). Unterhalb des KW (UA IV+V) wurde ein PTI von 2,52 ermittelt, das entspricht der Qualitätsklasse Modul PTI „gut“. Dementsprechend ist auch die **Ökologische Zustandsklasse** des Hochrheinabschnitts unterhalb des KW als „gut“ und das staubeinflusste Oberwasser für sich alleine als „mäßig“ zu bewerten.

In Tab. 15 sind die Ergebnisse der Zustandsbewertung zusammenfassend dargestellt. Gerade der Vergleich UA IV+V mit dem Querprofil Rietheim (das Querprofil liegt in UA V) zeigt hinsichtlich Saprobienindex und PTI und damit auch hinsichtlich einer Gesamtbewertung gemäß WRRL (jeweils **ökologische Zustandsklasse Makrozoobenthos „gut“**) eine gute Übereinstimmung zwischen den eigenen und den amtlichen Ergebnissen. (Auch der gesamte Flusswasserkörper 2-01 wurde von amtlicher Seite hinsichtlich des Makrozoobenthos in die Zustandsklasse „gut“ eingestuft.)

---

<sup>5</sup> Die Unterschiede in den Bewertungen LUBW / 1. UDG könnten zudem durch die unterschiedlichen Probenahmezeitpunkte beeinflusst sein, da hydrologische und/oder saisonale Einflüsse die Möglichkeiten zur Erfassung von aquatischen Wirbellosen erheblich beeinflussen (z. B. unterschiedliche Flugzeiten, Frühstadien von Insektenlarven, die tiefere, nicht erfassbare Sohlbereiche besiedeln). Unterschiede in den Bewertungen LUBW / 2. UDG könnten dagegen methodisch begründet sein (im 2. UDG der aktuellen Untersuchungen wurden keine Tauchproben durchgeführt, sondern es wurde im Bereich der Gewässersohle ausschließlich mit Bodengreifern gearbeitet).

**Tab. 15:** Zusammenfassende Bewertung des Untersuchungsgebiets auf Basis der 2015/16 jeweils ermittelten höchsten ermittelten Ind./m<sup>2</sup> aus beiden UDGs im Vergleich mit den Indizes für Rietheim 2012 (OW = Oberwasser RKR staubeeinflusst; UW = Unterwasserbereich RKR frei fließend).

	1. + 2. UDG 2015/16			15.4.2012
	UA Ibis OW u. UW	UA I+II OW	UA IV+V UW	Rietheim UW
Saprobienindex	1,96	1,96	1,90	1,86
<b>Qualitätsklasse Modul Saprobie</b>	gut	gut	gut	gut
Potamon-Typie-Index PTI	2,48	2,66	2,52	2,5
Standardabweichung	0,13	0,15	0,14	0,15
eingestufte Taxa	58	47	45	45
Abundanzverhältnis eingestufte / alle Taxa (%)	56,62	57,9	57,4	64,3
<b>Qualitätsklasse Modul PTI</b>	gut	mäßig	gut	gut
<b>Ökologische Zustandsklasse</b>	gut	mäßig	gut	gut

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich die Auswirkungen der Staubeinflussung des Rheins auf die Zusammensetzung der Makrozoobenthoszönose sowohl anhand der Daten des BAFU als auch anhand der eigens durchgeführten Untersuchungen in entsprechender Weise erkennen lassen:

- Durch die Staustufenkette ist die Strömungsgeschwindigkeit in den staubeeinflussten Bereichen verlangsamt.
- Die damit einhergehenden niedrigen Schleppkräfte führen zu einer geringeren Verfrachtung und zunehmenden Sedimentation von Feinsubstraten.
- Diese abiotischen Faktoren wirken sich auf die MZB-Zusammensetzung aus.

Die Datensätze der eigenen Untersuchungen zeigen, wie in Kap. 4 dargelegt, eine Verschiebung der Biozönose im Oberwasser des KW Reckingen auf. Im staubeeinflussten Bereich dominieren stagnophile/indifferente Arten. Diese Entwicklungen/Ausprägungen der Biozönosen unter dem Einfluss des Rückstaus werden in gleicher Weise im Untersuchungsbericht des BAFU (2015) beschrieben.

## 6. Gewässerbiologische Ergebnisbewertung

Die Lebensraumbedingungen für aquatische Wirbellose im Hochrhein sind schon seit Jahrzehnten stark vom Ausbauzustand und der Nutzung des Rheins geprägt. Bereits seit ca. 1940 existiert der Aufstau durch die Wehr-Kraftwerksanlage Reckingen. Flussaufwärts liegen drei weitere Staustufen, die den Ursprungscharakter des Hochrheins ebenfalls deutlich beeinflussen.

Die bestehenden Stauhaltungen und Wasserkraftnutzungen haben Strömungsbedingungen, Substratverhältnisse und Geschiebetrieb des ursprünglichen naturnahen Flusslaufs stark verändert. Neben den strukturellen Eingriffen in den Flusslauf und deren Auswirkungen sind zunehmend auch biozönotische Verschiebungen aufgrund des spätestens seit 2002 (BAFU 2015) festgestellten drastischen Anstiegs von konkurrenzstarken Neozoen besiedlungsbestimmend.

Aufgrund der oben genannten Vorbelastungen setzen sich die Makrozoobenthosbiozönos im untersuchten Hochrheinabschnitt zunehmend aus euryöken, anpassungsfähigen Arten, darunter einigen konkurrenzstarken Neozoen, zusammen. Die strukturellen und biozönotischen Veränderungen waren anhand der derzeitigen Makrozoobenthosbesiedlung deutlich erkennbar: Alle Untersuchungsabschnitte mit fließendem Charakter und geringer oder ohne Staubeinflussung (UA I im OW und UA IV und V im UW) wiesen eine relativ artenreiche Makrozoobenthosbesiedlung auf, mit einer Reihe naturschutzrelevanter gefährdeter Arten und flusstypischen Potamalarten (vgl. Kap. 3.3 und 3.5). Auch die saprobielle Belastung war relativ gering: Das Modul Saprobie nach WRRL war in die Qualitätsklasse „gut“ einzustufen. Dagegen zeigte der Potamon-Typie-Index, der die allgemeine Degradation nach WRRL beschreibt, in diesen Bereichen nur die Qualitätsklasse „mäßig“ (Ausnahme: UA IV im 1. UDG: „gut“) an.

Der Untersuchungsabschnitt UA III mit hoher Staubeinflussung oberhalb des Kraftwerks Reckingen, in geringerem Maße auch der entfernter liegende Abschnitt mit mittlerer Staubeinflussung (UA II) wurden von einer unspezifischen, relativ artenarmen Benthosgemeinschaft, die hinsichtlich des besiedlungsbestimmenden Faktors „Strömung“ weitgehend indifferent ist, besiedelt. Der Potamon-Typie-Index, der die allgemeine Degradation beschreibt, war im Untersuchungsabschnitt mit hoher Staubeinflussung (UA III) und im 2. UDG auch im Bereich mit mittlerer Staubeinflussung (UA II) ungesichert, da die Zahl eingestufte(r) (d. h. potamaltypischer) Taxa zu niedrig für eine Berechnung war. Die saprobielle Belastung war für den Bereich mit stark stauendem Charakter mit Indexwerten von 2,51 bzw. 2,42 höher als in den übrigen Gewässerabschnitten und erreichte nur die Qualitätsklasse „mäßig“. Auch bei mittlerer Staubeinflussung war der Saprobienindex im Vergleich zu den weitgehend frei fließenden Gewässerabschnitten erhöht, aber noch in Qualitätsklasse „gut“ einzustufen.

## 7. Zusammenfassung

Insgesamt wurden in den Jahren 2015 und 2016 14 Transekte (mit 137 Einzelproben) bearbeitet, die sich auf fünf Untersuchungsbereiche ober- und unterhalb des Kraftwerks verteilen: Oberhalb des KW Reckingen im staubeeinflussten Bereich, wurden drei Untersuchungsbereiche festgelegt. Unterhalb des KW (F-km 90,1 bis 99,76) wurden im frei fließenden Bereich zwei Untersuchungsbereiche definiert.

Bei der Untersuchung wurden 137 Taxa nachgewiesen. Die Gewässerabschnitte mit mittlerer bzw. hoher Staubeinflussung waren dabei insgesamt artenärmer besiedelt als Bereiche mit fließendem Charakter und keiner oder geringer Staubeinflussung.

Im Bereich mit hoher Staubeinflussung waren nur wenige Charakterarten des Hochrheins (Epi- und Metapotamalarten) nachweisbar, da hier fast ausschließlich ubiquitäre Arten dominierten, die als strömungsindifferent einzustufen sind.

Unter den 137 Arten waren 14 gefährdete Arten gemäß Rote Liste (D, BW, CH). Besonders hervorzuheben sind vom Aussterben bedrohte Arten wie *Theodoxus fluviatilis* und *Caenis pusilla* sowie die in der Schweiz als ausgestorben geltende Köcherfliegenart *Brachycentrus subnubilus*, die in allen fünf UAs nachgewiesen werden konnte.

Auffallend ist der z. T. hohe Anteil (bezogen auf die Individuenzahl/m<sup>2</sup>) an Neozoen in den nur wenig staubeeinflussten Hochrheinabschnitten, von denen einige ausgesprochen konkurrenzstark sind und angestammte Spezies verdrängen können. Im stark staubeeinflussten Flussabschnitt selbst, war der Anteil an Neozoen hingegen eher gering.

Da in der Schweiz bislang kein mit der WRRL (EU) vergleichbares Bewertungsverfahren für große Flüsse vorhanden ist, wurde für eine Charakterisierung der Gewässerabschnitte im Wesentlichen die Beurteilung nach WRRL herangezogen. Der Hochrhein ist nach WRRL als großer Strom vom Typ 10 eingestuft.

Anhand der ermittelten Saprobienindizes, die über die organische Belastungen Aufschluss geben, konnten alle Untersuchungsabschnitte mit fließendem oder gering bis mittelgradig staubeeinflusstem Charakter ober- und unterhalb des KW Reckingen in die Qualitätsklasse „gut“ eingestuft werden. Der Gewässerabschnitt mit hoher Staubeinflussung konnte hingegen nur der Qualitätsklasse „mäßig“ zugeordnet werden, d. h. er wies gegenüber den Fließstrecken eine erhöhte organische Belastung auf.

Für die Beurteilung der allgemeinen Degradation wird bei großen Strömen der Potamon-Typie-Index (PTI) herangezogen, der die Naturnähe der Makrozoobenthoszönosen beschreibt. Die PTI-Werte von drei Untersuchungsabschnitten mit fließendem Charakter und ohne bzw. nur geringer Staubeinflussung ober- und unterhalb des KW Reckingen waren gesichert und in Qualitätsklasse „mäßig“ einzustufen (Ausnahme: UA IV im 1. UDG: „gut“). Im Untersuchungsabschnitt mit mittlerer Staubeinflussung (UA II) war der PTI höher, aber im 1. UDG ebenfalls noch Qualitätsklasse „mäßig“ zuzuordnen. Dies deutet auf eine stärkere Degradation hin, verursacht durch verlangsamte Fließgeschwindigkeiten und ein monotoneres Strömungsprofil.

Im Abschnitt mit hoher Staubeinflussung oberhalb des Kraftwerks (UA III) waren in beiden Untersuchungsdurchgängen die PTI-Werte ungesichert, da dieser Bereich aufgrund der stark reduzierten Strömung und des Hybridgewässer-Charakters als Lebensraum für charakteristische Potamalarten wenig geeignet ist. In Hybridgewässern dominieren vielmehr hinsichtlich der Strömung indifferente euryöke Arten.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen insgesamt, dass sich im Rhein unterhalb des Kraftwerk Reckingen (UA IV und V) sehr rasch wieder eine mit der im Rheinabschnitt oberhalb des Kraftwerks Reckingen mit geringer Staubeinflussung (UA I) vergleichbare Besiedlung einstellt.

In den Tab. 14 und Tab. 15 sind die eigenen Ergebnisse der Zustandsbewertung zusammenfassend dargestellt und den amtlichen Bewertungen (LUBW) gegenübergestellt. Gerade der Vergleich UA IV+V (BNGF) und Querprofil Rietheim<sup>6</sup> (LUBW) zeigt hinsichtlich Saprobienindex und PTI und damit auch hinsichtlich einer Gesamtbewertung gemäß WRRL (jeweils **ökologische Zustandsklasse Makrozoobenthos „gut“**) eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse. Auch der gesamte Flusswasserwasserkörper 2-01 wurde von amtlicher Seite hinsichtlich des Makrozoobenthos in die Zustandsklasse „gut“ eingestuft.

---

<sup>6</sup> das Querprofil liegt in UA V

## **8. Literatur**

- ARBEITSGRUPPE MOLLUSKEN Baden-Württemberg (2008): Maier, J.-K. (2005): Rote Liste und Artenverzeichnis der Schnecken und Muscheln Baden-Württembergs. Naturschutz-Praxis, Artenschutz 12. LUBW (Hrsg.).
- BAFU – Bundesamt für Umwelt (2015): Koordinierte biologische Untersuchungen am Hochrhein 2011/12, Bern.
- BAFU – Bundesamt für Umwelt (2011/12). Rote Listen Arten Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen. Gefährdete Arten der Schweiz. Bern.
- BAFU – Bundesamt für Umwelt (2013). Fließgewässertypisierung der Schweiz. Eine Grundlage für Gewässerbeurteilung und -entwicklung. Bern
- BAUERNFEIND, E & U. H. HUMPESCH (2001): Die Eintagsfliegen Zentraleuropas (Insecta: Ephemeroptera): Bestimmung und Ökologie.
- BAYERISCHES LANDESAMT F. UMWELTSCHUTZ (Hrsg.) (2003): Beiträge zum Artenschutz 15, Rote Liste gefährdeter Tierarten Bayerns.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (1998): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. Bonn-Bad Godesberg
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2011): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Bd. 3: Wirbellose Tiere (Teil 1). Bonn-Bad Godesberg
- FRIEDRICH, G & HERBST, V. (2004): Eine erneute Revision des Saprobiensystems – weshalb und wieso? Acta hydrochimica et hydrobiologica 32 (1): 61-74.
- GLÖER, P. & MEIER-BROOK, C. (2003): Süßwassermollusken. Ein Bestimmungsschlüssel für die Bundesrepublik Deutschland. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung: Hamburg.
- Handbuch technische Gewässeraufsicht (Handbuch tGewA) – Biologische Untersuchungsmethoden – Gewässerbiologische Methoden in Fließgewässern – Monitoring WRRL Makrozoobenthos – Fortschreibung 2014.
- HUNGER, H. & SCHIEL, F.-J. (2006): Rote Liste und Artenverzeichnis der Libellen Baden-Württembergs und der Naturräume. Libellula Supplement 7. LUBW (Hrsg.)
- LUBINI, V., S. KNISPEL & G. VINCON (2012): Die Steinfliegen der Schweiz. Bestimmung und Verbreitung. Fauna Helvetica (27): Neuchatel.
- LUBW (Hrsg.) (2006): Rote Liste und Artenverzeichnis der Schnecken und Muscheln Baden-Württembergs. Karlsruhe
- MAIER, J.-K. (2005): Rote Liste und Artenverzeichnis der Köcherfliegen Baden-Württembergs. Naturschutz-Praxis, Artenschutz 8. LUBW (Hrsg.)
- MEIER, C, HAASE, P., ROLAUFFS, P., SCHINDEHÜTTE, K, SCHÖLL, F., SUNDERMANN, A. & HERING, D. (2008): Methodisches Handbuch Fließgewässerbewertung zur Untersuchung

und Bewertung von Fließgewässern auf der Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie. <http://www.fliessgewaesserbewertung.de> (Stand August 2012).

MOOG, O. (Ed.) (1995): Fauna Aquatica Austriaca, Lieferung Mai/95. – Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien

OTT, J., CONZE, K.-J., GÜNTHER, A., LOHR, M., MAUERSBERGER, R., ROLAND, H.-J., & SUHLING, F. (2015). Rote Liste und Gesamtartenliste der Libellen Deutschlands mit Analyse der Verantwortlichkeit, dritte Fassung, Stand Anfang 2012 (Odonata). *Libellula* Supplement 14: 395-422.

POTTGIESSER, T., SOMMERHÄUSER, M. (2008): Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen.

SCHÖLL, F., HAYBACG, A. KÖNIG, B. (2005): Das erweiterte Potamontypieverfahren zur ökologischen Bewertung von Bundeswasserstraßen (Fließgewässertypen 10 und 20: kies- und sandgeprägte Ströme, Qualitätskomponente Makrozoobenthos) nach Maßgabe der EU-Wasserrahmenrichtlinie. *Hydrologie und Wasserwirtschaft* 49 (5), 234-247.

WARINGER, J & W. GRAF (2011): Atlas der mitteleuropäischen Köcherfliegenlarven. Erik Mauch Verlag, Dinkelscherben.

WILDERMUTH, H. & MARTENS, A. (2014): Taschenlexikon der Libellen Europas. Quelle & Meyer Verlag GmbH & Co. Wiebelsheim.