

Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaften beider Basel

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Basel ; Naturforschende Gesellschaft Baselland

Band: 19 (2019)

Artikel: Die Quellfauna im Naturschutzgebiet Krebsbachtal bei Weil am Rhein (Deutschland)

Autor: Fumetti, Stefanie von / Schindhelm, Sarah

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-846876>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Quellfauna im Naturschutzgebiet Krebsbachtal bei Weil am Rhein (Deutschland)

STEFANIE VON FUMETTI^{1,*}, SARAH SCHINDHELM²

¹ Forschungsgruppe Geoökologie, Departement Umweltwissenschaften der Universität Basel, Klin-gelbergstr. 27, CH-4056 Basel, stefanie.vonfumetti@unibas.ch

² Neuweilerstrasse 65, CH-4054 Basel, sarah.schindhelm@bluewin.ch

* Korrespondenz an: stefanie.vonfumetti@unibas.ch

Zusammenfassung: Quellen sind einzigartige aquatische Lebensräume, die sich durch spezielle Umweltbedingungen und eine diverse Flora und Fauna auszeichnen. Das Naturschutzgebiet «Krebsbachtal» liegt westlich der Stadt Weil am Rhein und ist von Industrieanlagen und Verkehrs wegen umgeben. Der durch das Gebiet fliessende Krebsbach wird von naturbelassenen Hangquellen und einem Quell aufstoss im Bach gespeist. Als isolierter Bach ohne Anschluss an umgebende Gewässer neigt der Krebsbach im Sommer zur partiellen Austrocknung. Bisher weiss man wenig über die Besiedlung des Krebsbaches und seiner Quellen. In dieser Studie wurden erstmals die Makroinvertebraten in diesem Gewässersystem untersucht, um das Potential des Naturschutzgebiets Krebsbachtal als Rückzugsort für quelltypische Arten in einer urbanen Umgebung abschätzen zu können. Zur Erfassung der Fauna wurden quantitative Proben mit einem modifizierten Surber-Sampler genommen und die Quellen sowie der Krebsbach kartiert. Dabei zeigte sich, dass sich die Fauna zwischen den Hangquellen und dem Quellaufstoss unterscheidet und auch der Bach eine eigenständige Fauna aufweist. Dies kann vor allem mit der unterschiedlichen Substratzusammensetzung erklärt werden. Die Hangquellen des Krebsbaches werden zum Teil von krenobionten Arten wie *Crunoecia irrorata* besiedelt. Den Krebsbach und den Quellaufstoss beheimaten dagegen vor allem limno- und rheophile Taxa. Das Krebsbachtal ist damit ein isoliertes Refugium für spezialisierte Makroinvertebraten, das es unbedingt zu erhalten gilt.

Schlüsselwörter: Quellfauna, Makroinvertebraten, Substratzusammensetzung, Refugien, Naturschutz

Abstract: **Springs in the nature reserve Krebsbachtal in Weil am Rhein (Germany).** Springs are unique aquatic habitats, which offer special environmental conditions for the flora and fauna inhabiting springs. The nature reserve Krebsbachtal is located to the west of Weil am Rhein within an industrial area. Its small brook, the Krebsbach, is fed by small natural hillside springs and an alluvial spring within the brook. As an isolated brook without any connection to other running waters the Krebsbach tends to partly dry out in summer. Until now, not much is known about the biodiversity within the waterbody of the Krebsbach and its springs. In this study the macroinvertebrate assemblages in the Krebsbach and its springs were investigated in order to assess the potential of this nature reserve as refugial area for species inhabiting springs in a highly industrial surrounding. The macroinvertebrates were sampled quantitatively using a modified Surber-Sampler, the springs were mapped and the physico-chemistry was measured. There are distinct differences between the assemblages found in the hillside springs, the alluvial spring and also the Krebsbach itself. This is mainly due to the differing substrate composition. In the hillside springs crenobiontic species such as *Crunoecia irrorata* were found, whereas the alluvial spring and the Krebsbach were mainly inhabited by limno- and rheophilous taxa. We conclude that the springs in the Krebsbach valley have a high potential as refugial areas, which urgently need to be protected also in the future.

Key Words: crenobiontic species, macroinvertebrate assemblages, substrate composition, refugia, nature protection

Einleitung

Quellen sind Ökotone, die ein Bindeglied zwischen dem Grundwasser und Oberflächengewässern darstellen (Cantonati et al. 2006). Sie sind sehr kleinräumige Habitate, haben relativ stabile Umweltbedingungen und weisen häufig eine hohe Artenvielfalt auf (Van der Kamp 1995, Gerecke 2016). Die Quellschüttung, die Substrattypen und die Geländestruktur sind Faktoren, die Quellen zu komplexen Biotopen machen, die eine an die jeweiligen Bedingungen angepasste Fauna beheimaten (Bonettini und Cantonati 1996, Hahn 2000, von Fumetti et al. 2006, Küry 2009). Solche Quellspezialisten, sogenannte krenobionte Arten, sind auf Quellen als Lebensraum angewiesen. Deshalb können Veränderungen und Beeinträchtigungen von Quell-Lebensräumen schwerwiegende Folgen haben, da keine Ausweichmöglichkeiten für die Krenobionten bestehen (Lubini et al. 2012).

Natürliche Quellen sind in der Umgebung Basels sehr selten geworden (Küry 2014, von Fumetti 2014). Durch ihre Kleinräumigkeit werden Quellen oft übersehen und unbeabsichtigt zerstört. Andere Faktoren, die zu einer Dezimierung von natürlichen Quellen führen, sind unter anderem die Fassung zur Trinkwassergewinnung und zur landwirtschaftlichen Nutzung, Beeinträchtigungen der Hydrologie und die Entwässerung von Auenlandschaften (Küry 2009). Deswegen zählen die krenobionten Makroinvertebraten zu den am stärksten bedrohten aquatischen Organismen (Contesse und Küry 2005).

Das Naturschutzgebiet Krebsbachtal, das sich westlich von Weil am Rhein befindet, ist eines der wenigen verbliebenen grundwasserbeeinflussten Biotope entlang des südlichen Oberrheins. Der Krebsbach wird ausschliesslich von einem natürlichen Komplex von Hangquellen, einem Grundwasseraufstoss im Bachbett und von Niederschlag gespeist; es besteht weder Anschluss an den südöstlich liegenden Wuhrgraben noch an den Rhein. In niederschlagsarmen Perioden kann der Bach durch die geringe Quellschüttung stellenweise trockenfallen. Im Naturschutzgebiet wurden bereits Kartierungen zu Flora und Fauna vorgenommen (Frosch und Herb 2011). Die Makroinvertebraten des Baches

und seiner Quellen sind bisher jedoch noch nicht genauer betrachtet worden. Unter dem Aspekt der besonderen Situation eines in sich geschlossenen Gewässersystems wurden in dieser Studie die Struktur und die Makroinvertebraten des Krebsbaches und seiner Quellen untersucht. Es soll ein erster Überblick über die aquatische Biodiversität gewonnen und untersucht werden, ob sich die Makrofauna der Quellen von derjenigen im Bach unterscheidet. Damit kann abgeschätzt werden, ob die Quellen des Krebsbuchs Refugien für krenobionte Arten in einer stark anthropogen veränderten Umgebung sind.

Material und Methoden

Untersuchungsgebiet

Das Krebsbachtal erstreckt sich auf den Gemarkungen Weil und Haltingen westlich der Stadt Weil am Rhein im Naturraum Markgräfler Rheinebene am südlichen Oberrhein (Abb. 1). Der Krebsbach fliesst entlang der Rheinniederung direkt unterhalb der eiszeitlich entstandenen Niederterrasse. Die Rheinauen unterlagen vor der Rheinkorrektur dem Einfluss von Hochwasser (Gepp 1985, Tümmers 1999). An Ausgangsgesteinen finden sich quartäre Schotter, die durch die Schmelzwasser der Gletscher im Quartär im Rheinbett als Sedimentschicht abgelagert wurden (Tümmers 1999). Das Tal wurde 1990 zum Naturschutzgebiet erklärt. Es umfasst eine Grösse von 22,5 ha und liegt auf ca. 250 m ü. M. (Regierungspräsidium Freiburg 1990). Das Naturschutzgebiet liegt inmitten von Siedlungs- und Industrieflächen und ist durch Zerschneidungen durch Verkehrsstrassen und einen Eisenbahndamm gekennzeichnet. Südlich grenzen an das Naturschutzgebiet Bahngleise, Strassen und Siedlungen an, nördlich befinden sich Ackerflächen, Obstwiesen und Gärten.

Das Gebiet weist entlang des Krebsbaches Auenwaldcharakter auf. Auf den ursprünglichen Flächen entlang des Krebsbaches und im Umfeld der Quellen dominieren kleinflächige Bestände von Esche (*Fraxinus excelsior* Linné) und Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* Linné). In den trockeneren Bereichen sind Hainbuche

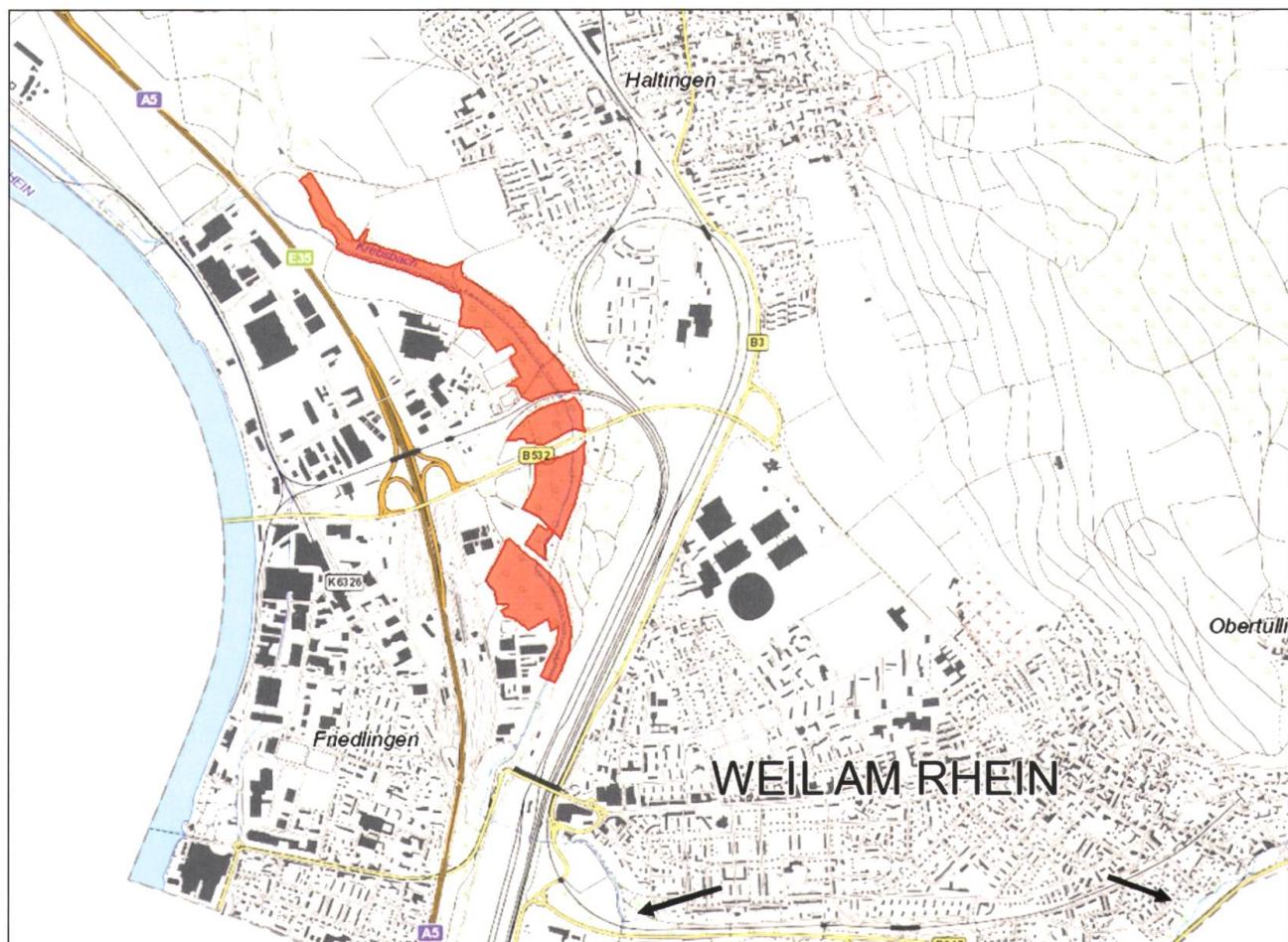


Abb. 1: Das Naturschutzgebiet Krebsbachtal in Weil am Rhein (rot markiert). Daten- und Kartendienst der LUBW (Stand: 09.01.17). Pfeile am unteren Bildrand: Wuhrgablen.

(*Carpinus betulus* Linné) und Stieleiche (*Quercus robur* Linné) zu finden. Entlang des Baches und auf den grundwassernahen Bereichen sind Grossseggen- und Röhrichtgesellschaften beheimatet. Innerhalb des Baches wächst stellenweise Brunnenkresse (*Nasturtium officinale* Aiton) und in einigen Quellbereichen finden sich Fluren von Schmalblättrigem Merk (*Berula erecta* Coville) (Frosch und Herb 2011). Das sehr langsam fliessende Wasser des Krebsbaches bietet einen idealen Laichplatz für Amphibien wie den Teichfrosch, den Fadenmolch oder den Bergmolch.

Im Jahr 2011 wurden im Rahmen einer Kartierung des Trinationalen Umweltzentrums neun Hangquellen entlang des Baches sowie ein Grundwasseraufstoss im Krebsbach kartiert. Bei der Begehung zur vorliegenden Studie waren nur sieben Hangquellen auffindbar (Abb. 2).

Die Quellen befinden sich alle etwa auf gleicher Höhe zwischen 261 und 295 m ü. M. Im Krebsbach kommen vor allem Rheokrenen vor. Dies sind Fliessquellen mit punktförmigem Austritt geprägt von grobem anorganischem Substrat. Eine Quelle bildet den Beginn des Krebsbaches, sie ist eine Helokrene, eine Sumpfquelle mit flächigem Austritt dominiert von feinem organischem Substrat. Der Quellbereich ist intermittierend, führt also nur zeitweise Wasser und kann den ersten Abschnitt des Baches in regenarmen Jahren trockenfallen lassen. Diese Quelle wurde in dieser Studie nicht berücksichtigt. Die Quellen Q2 und Q3 sind eine Mischform zwischen Rheokrene und Helokrene, sogenannte Rheohelokrenen (Abb. 3).

Die Quellen Q5 bis Q8 sind als Rheokrenen zu bezeichnen (Abb. 4). Die Quelle Q4 ist eine

Giesse, ein Grundwasseraufstoss, der am Grund des Krebsbaches austritt (Abb. 5). Alle Quellen sind vermutlich aufgrund ihrer schlechten Zugänglichkeit trotz der unmittelbaren Nähe zu Industrie und Siedlung nur wenig anthropogen beeinflusst.

Struktur und Physikochemie

Mit dem für die Schweiz entwickelten Verfahren zur Erfassung und Bewertung von Quell-Lebensräumen (Lubini et al. 2014) wurden die Quellen kartiert. Auf dem Erfassungsbogen werden neben Basisdaten wie Koordinaten und Höhe unter anderem die Substratzusammensetzung, anthropogene Beeinträchtigungen, Vegetation und Nutzungen im Quellumfeld aufgenommen. Des Weiteren wurden die Wassertemperatur (°C), der pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$) sowie die Sauerstoffkonzentration (mg/L) gemessen. Dazu wurden Feldmessgeräte der Firma WTW (Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH, Weilheim, Deutschland) benutzt.

Faunistische Probenahme

Wegen der teils sehr geringen Grösse der Quellen wurden nicht alle auf die gleiche Art und Weise beprobt. In den Quellen Q2 und Q3 wurden unter Beachtung aller Substrate vier quantitative Proben im Eukrenal und Hypokrenal, also in der eigentlichen Quelle und im Quellbach, genommen. Die Quellen Q5-Q8 haben einen sehr kurzen Quellbach von maximal 1,4 m Länge, weshalb hier anstatt vier Proben nur eine Probe pro Quelle genommen wurde. Vier Proben auf einer so kurzen Quellbachlänge hätten die Fauna massiv gestört. Vom Quellaufstoss Q4 im Bach wurden vier Proben von vier verschiedenen Substrattypen genommen. Im Krebsbach wurden an einem Abschnitt mit mittlerer Fliessgeschwindigkeit und verschiedenen Substraten fünf Proben genommen.

Die Proben wurden im April 2016 mit einem kleinen Surber-Sampler (10x10 cm, 500 μm Maschenweite) gemäss von Fumetti et al. (2006) einmalig genommen. Das entnommene Substrat mit den Organismen wurde in Ethanol (80%)



Abb. 2: Lage der Quellen Q2-Q8 im Naturschutzgebiet Krebsbachtal.



Abb. 3: Die Quelle Q3, eine Rheohelokrene, mündet nach kurzer Fliessstrecke in den Krebsbach, der im Hintergrund des Fotos zu erkennen ist.

konserviert. Im Gewässerlabor der Forschungsgruppe Geoökologie der Universität Basel wurden die Organismen mit Hilfe eines Stereomikroskops aussortiert und identifiziert. Die Turbellaria, die sich nicht konservieren lassen, wurden lebend betrachtet. Alle Organismen wurden möglichst auf Artniveau bestimmt. Anspruchsvolle Taxa oder kleine Larvenstadien wurden nur bis zur Unterfamilie oder Gattung bestimmt.

Statistische Auswertung

Zur Analyse der faunistischen Unterschiede zwischen den Quellen wurde mit dem Programm Primer 7.0 (Clarke und Gorley 2006) eine nicht-metrische, multidimensionale Skalierung (nMDS) als multivariate Analyse durchgeführt. Die faunistischen Daten wurden zuvor Presence/Absence-transformiert, da die unterschiedliche Probenahmeintensität einen Vergleich der Abundanzen nicht möglich macht. Im Anschluss wurde eine Ähnlichkeitsmatrix als Grundlage

für die nMDS berechnet (Ähnlichkeits-Index: Bray-Curtis-Similarity). Die aus der nMDS resultierende Grafik ergibt ein zweidimensionales Bild, welches die Ähnlichkeit der Daten in Bezug auf den gewählten Distanzkoefizienten darstellt. Der Stressfaktor gibt die Abbildungsgüte an, dabei bedeutet ein 2D-Stress $< 0,1$ eine gute Abbildungsgüte (Clarke und Gorley 2006).

Resultate

Struktur und Physikochemie

Die höchste Anzahl an Substrattypen hat der Quellaufstoss Q4 (10 Substrate). Das Substrat der Hangquellen wird von Steinen und Kies sowie viel Totholz dominiert, während im Quellaufstoss sowie im Bach selbst viel organisches Feinmaterial vorliegt (Tab. 1).

Die Hangquellen Q2 und Q3 weisen durch die geringe Hangneigung eine geringe Fliessgeschwindigkeit auf, die besonders in Q2 sehr niedrig ist, was durch aufstauende Ansammlungen von Steinen und Pflanzen im Quellbach ver-



Abb. 4: Die Quelle Q8, eine Rheokrene.



Abb. 5: Der Grundwasseraufstoss im Krebsbach (Q4).

stärkt wird. Auffallend ist der hohe Anteil an Totholz in beiden Quellen. Das Substrat besteht vor allem aus Steinen und Kies, vor allem im Quellbach von Q2 haben sich Moospolster gebildet und Feinmaterial angesammelt.

In einem verbreiterten Bereich des Baches befindet sich der Quellaufstoss Q4. Die unmittelbare Umgebung des Aufstosses ist durch eine dicke Schicht an organischem Material, Schlamm und Sand geprägt, da viel organisches Material vom Bach in den verbreiterten Bachbereich transportiert wird. Der Bereich des Aufstosses gleicht einem Stillgewässer und weist kaum Strömung auf. Auf der Wasseroberfläche sammelt sich stellenweise die Kleine Wasserlinse (*Lemna minor* Linné).

In den Hangquellen Q5-Q8 ist durch die im Vergleich zu Q2 und Q3 höhere Fliessgeschwindigkeit kein Feinmaterial vorhanden. Die Hangquelle Q5 ist nur knapp einen Meter von Q6 entfernt. Das Substrat von Q5-Q8 besteht vorwiegend aus Kies und Steinen. Totholz ist ebenfalls vorhanden. Q7 weist im Vergleich zu den anderen Quellen eine dichtere Ufervegetation und einige moosbewachsene Steine auf.

Der Bach wurde zwischen Q2 und Q3 beprobt, da dort die Fliessgeschwindigkeit und das

Substrat stark variiert. Die Proben wurden auf allen Substraten wie Steinen, Totholz und Moos bis hin zu sandigem und schlammigem Bodengrund entnommen. Das Gefälle des Baches ist generell sehr gering, so dass im Bach schlammiges und sandiges Substrat dominiert.

Die Temperatur der Quellen unterscheidet sich kaum voneinander und beträgt im Durchschnitt 12,8 °C. An der beprobten Stelle im Krebsbach wurden 12,7 °C gemessen. Dies entspricht den Temperaturen der Quellen Q2 und Q3, die dort in den Krebsbach münden. Direkt am Quellaufstoss wurde mit 12,1 °C die niedrigste Temperatur gemessen. Der Sauerstoffgehalt ist in der am langsamsten fliessenden Quelle Q2 mit 5,8 mg/L am niedrigsten und steigt mit schneller werdender Fliessgeschwindigkeit auf bis zu 8,5 mg/L in der Quelle Q5 an. Die elektrische Leitfähigkeit liegt bei den Quellen und im Krebsbach im Durchschnitt bei 500 µS/cm (Tab. 1).

Quellfauna

Insgesamt wurden 1'375 Individuen von 28 Arten und 16 höheren Taxa nachgewiesen. Die Amphipoda mit *Gammarus fossarum* haben mit

Tab. 1: Physikochemische und strukturelle Aufnahmen in den Quellen und dem Krebsbach. Q2 und Q2: Rheohelokrenen, Q5-Q8: Rheokrenen, Q4: Grundwasseraufstoss; Substratbedeckung: 0= 0%, 1=>1%, 2=>20%, 3=>50%. Aufgrund der dreidimensionalen Struktur des Gewässerbetts sind Gesamtbedeckungen >100% möglich. Lage der Quellen: siehe Abb. 2.

	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Bach
Temperatur [°C]	12.7	12.7	12.1	12.8	12.7	12.7	12.9	12.7
Sauerstoff [mg/L]	5.8	6.9	6.9	8.5	7.5	8.4	7.9	5.8
Leitfähigkeit [µS/cm]	550	490	523	473	471	476	476	546
pH	7.2	7.3	7.5	7.4	7.3	7.3	7.5	7.4
Blöcke	1	0	1	1	1	1	1	2
Steine	2	2	2	2	2	2	1	2
Kies	3	3	3	3	3	3	2	3
Sand	1	1	1	1	1	1	2	2
Schluff	1	1	1	1	1	1	3	3
Moos	2	2	2	3	2	2	2	3
Wurzeln	0	0	2	2	2	0	2	2
Totholz	3	3	2	2	2	2	2	3
Falllaub	1	1	1	1	1	1	2	2
Detritus	1	1	1	1	1	1	3	2

639 Tieren den höchsten Anteil an Individuen. Auch die Diptera (215 Individuen) und die Trichoptera (232 Individuen) weisen hohe Abundanzen auf (Tab. 2). Bemerkenswert ist das Exemplar von *Bythinella* sp., welches in der Quelle Q3 gefunden wurde. Dieses wird momentan von Experten des Staatlichen Museums für Naturkunde in Stuttgart genauer untersucht. Die vielfältigsten Organismengruppen sind die Diptera mit 13 verschiedenen Taxa und die Trichoptera mit 8 Taxa. Auf diese beiden Ordnungen wird im Folgenden vertiefter eingegangen.

Die Trichopteren-Arten mit der höchsten Abundanz sind *Crunoecia irrorata* und *Chaetopteryx villosa*. *Crunoecia irrorata* wird als krenobionte Art beschrieben, die vor allem im Eukrenal, aber auch im Hypokrenal vorkommt (Lindsgaard et al. 1998, Ilmonen und Paasivirta 2005, Rychla et al. 2015). Sie wurde im Krebsbachtal in Q2, in den Hangquellen sowie im Bach nahe Q3 gefunden. Die xenosaprobe Art lebt vor allem in Gewässern mit sehr guter Gewässergüte und präferiert Mikrohabitatem mit Totholz, wie sie im Krebsbach relativ häufig zu finden sind (Warmke und Hering 2000, Warninger und Graf 2011). *Chaetopteryx villosa* bevorzugt träge bis langsam fliessende Abschnitte im Rhithral (Schmedtje und Colling 1996) und wurde nur in Pools im Bach gefunden. Die Larve von *Lype reducta* lebt xylobiontisch und bewohnt Holzreste auf dem Gewässerboden (Graf et al. 1995). Es wurden drei Individuen

von *L. reducta* im Bach auf Holz sowie je ein Individuum in der Quelle Q2 und am Uferbereich des Quellaufstosses gefunden, in denen sich im Vergleich zu den anderen Quellen besonders viel Totholz abgelagert hat. Laut Tobias und Tobias (1981) ist *Adicella filicornis* eine Gebirgsart, die typischerweise das Eukrenal besiedelt. Sie wurde in dieser Studie im Quellbach von Q3 nachgewiesen und scheint somit nicht ausschliesslich auf Gebirgsgewässer beschränkt zu sein. *Odontocerum albicorne* wurde mit einem Exemplar nachgewiesen. Sie ist weit verbreitet und im Krenal und Rhithral zu finden (Schmedtje und Colling 1996). Die Larven benötigen kalte Wassertemperaturen für ihre Entwicklung und besiedeln daher beschattete Gewässerabschnitte (Schmedtje et al. 1992).

Unter den Diptera konnten nur die Stratiomyidae (Waffenfliegen) auf Artniveau bestimmt werden. *Oxycera varipes* lebt auf Steinen, die konstant von einem dünnen Wasserfilm überzogen sind. Sie lebt im Krenal und Rhithral, das heisst im Quellbereich und im Bachoberlauf (Kovac und Rozkošný 2000). Die Larven von *Oxycera nigricornis* sind ebenso im Krenal und im Rhithral heimisch, wo sie in feuchten Moospolstern oder auf Wasserpflanzen leben (Kovac und Rozkošný 2000). *Oxycera pseudoamoena* ist als typische Gebirgsart beschrieben, die in Quellmoosrasen vorkommt (Kovac und Rozkošný 2000). In dieser Studie wurde sie in allen Quellen außer dem Quellaufstoss Q4 nachgewiesen, sie

Tab. 2: Individuenzahlen aller gefundenen Taxa. Strömung= Strömungspräferenz, limno-rheo= limno-rheophil, rheo-limno= rheolimnophil, kreno-rhithro= kreno-rhithrobiont. Angaben aus: Fischer (1996) und Schmedtje und Colling (1996).

	Strömung	Quellbindung	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Bach
Turbellaria										
<i>Dugesia polychroa</i> (Schmidt, 1861)	limnophil		4	2	0	0	1	4	7	9
<i>Planaria torva</i> (O.F. Müller, 1773)	limno-rheo		0	0	0	0	1	0	0	0
Hirudinea										
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	saprophil		0	1	1	0	0	0	0	2
<i>Glossiphonia complanata</i> (Linnaeus, 1758)	europytop		0	0	1	0	0	0	0	0
Oligochaeta			8	5	24	1	0	0	1	77
Bivalvia										
Pisidium sp.			0	0	4	0	0	0	0	2
Ostracoda			0	0	7	0	0	0	0	10
Copepoda			0	0	3	0	0	0	0	1
Gastropoda										
<i>Ancylus fluviatilis</i> O. F. Müller, 1774	rheobiont	rhithrobiont	0	6	0	6	1	0	1	0
<i>Bathyomphalus contortus</i> (Linnaeus, 1758)	limno-rheo		0	0	25	0	1	0	0	27
<i>Bythinella</i> sp.	rheophil	krenobiont	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Radix balthica</i> (Linnaeus, 1758)			0	0	3	0	0	0	0	0
Acari										
<i>Lebertia dubia</i> Thor, 1899			0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Wettina podagraria</i> (Koch, 1837)			0	0	0	0	0	0	0	2
Amphipoda										
<i>Gammarus fossarum</i> Koch, 1836	rheophil	krenobiont	60	132	112	11	24	36	32	232
Isopoda										
<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)		saprophil	1	2	11	0	1	0	1	36
<i>Proasellus cf. coxalis</i> (Dollfus, 1892)	rheobiont		1	0	15	0	0	0	0	26
Heteroptera										
<i>Nepa cinerea</i> (Linnaeus, 1758)	limno-rheo		0	0	0	0	0	0	0	1
Coleoptera										
<i>Elmis aenea</i> (P.W.J. Müller, 1806)	rheophil	krenobiont	3	6	0	1	0	2	2	5
<i>Elmis</i> sp.	rheophil	krenobiont	3	6	1	4	0	0	0	16
<i>Platambus maculatus</i> (Linnaeus, 1758)	rheo- limno	rhithrobiont	0	0	1	0	0	0	0	0
Odonata										
Platycnemididae			0	0	4	0	0	0	0	0
Trichoptera										
<i>Adicella filicornis</i> (Pictet, 1834)	rheophil	krenobiont	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetopteryx villosa</i> (Fabricius, 1789)	rheophil	kreophil	0	0	0	0	0	0	0	22
<i>Crunoecia irrorata</i> (Curtis, 1834)	rheophil	krenobiont	0	20	1	0	3	2	4	2
<i>Limnephilus lunatus</i> Curtis, 1834	limno-rheo		0	0	3	0	0	0	0	7
<i>Lype reducta</i> (Hagen, 1868)		kreophil	1	0	0	0	0	0	0	3
<i>Odontocerum albicorne</i> (Scopoli, 1763)	rheophil	rhithrobiont	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Sericostoma</i> sp.	rheo- limno	kreophil	1	1	9	3	0	0	0	2
<i>Tinodes cf. rostocki</i> McLachlan, 1878	rheophil	rhithrobiont	0	0	0	0	0	0	0	1
Diptera										
Ceratopogonidae			11	0	6	1	0	0	0	11
Clinocerinae			0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Dixa</i> sp.	rheo- limno	krenobiont	0	2	1	0	0	2	0	1
Chironomidae Gen. Sp.			6	14	7	14	3	1	7	18
Chironomini			0	0	33	0	0	0	0	2
Tanytarsini			8	0	5	2	0	0	0	4
Tanypodinae			1	1	8	2	3	2	0	1
<i>Oplodontha viridula</i> (Fabricius, 1775)	limnophil		0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Oxycera pseudoamoena</i> Dusek & Rozkosny, 1974		krenobiont	3	3	0	6	2	3	2	0
<i>Oxycera nigricornis</i> Olivier, 1812		krenobiont	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Oxycera varipes</i> Loew, 1870		krenobiont	0	0	0	1	0	0	0	0
Psychodidae Gen. Sp.			0	0	0	2	0	0	1	2
<i>Tipula</i> sp.		rhithrobiont	2	2	0	1	0	2	0	2

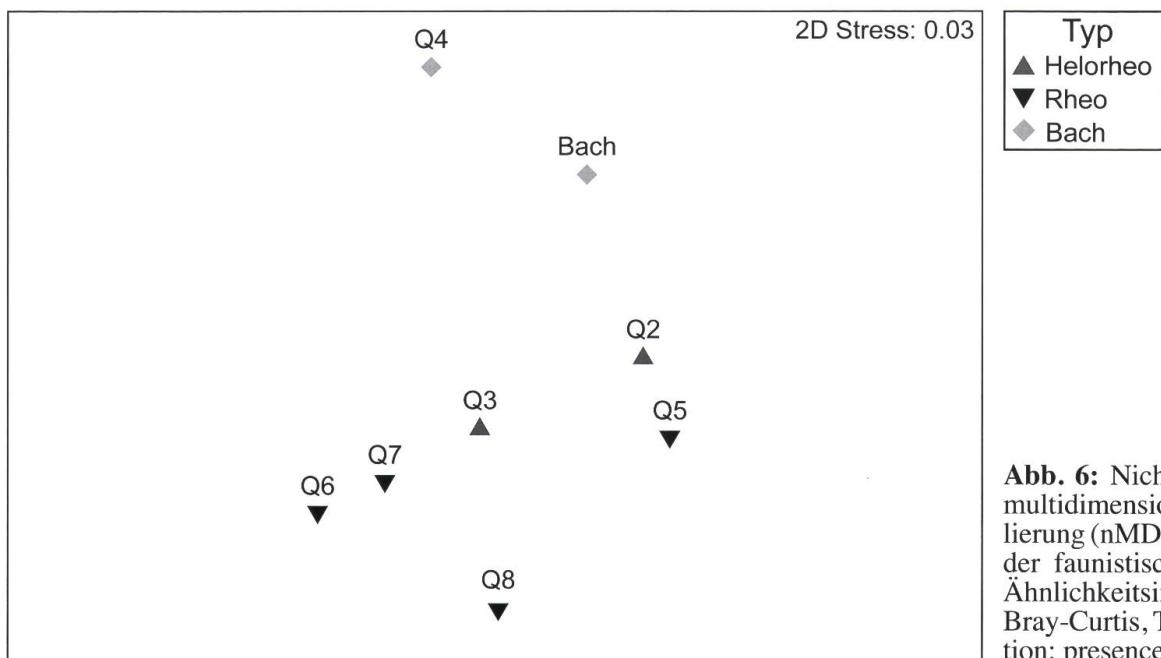


Abb. 6: Nicht-metrische multidimensionale Skalierung (nMDS) auf Basis der faunistischen Daten. Ähnlichkeitsindex: Bray-Curtis, Transformation: presence/absence.

ist also auch in tieferen Lagen zu finden. *Opłodontha viridula* ist die einzige Art der Gattung *Opłodontha*, die in Europa vorkommt. Ihre Larven leben entlang von sumpfigen und flachen Rändern von Stillgewässern und halten sich dort vor allem in faulendem organischem Pflanzenmaterial auf (Kovac und Rozkošný 2000).

Im Krebsbach und seinen Quellen findet sich ein Unterschied in der Artenzusammensetzung zwischen den Hangquellen, dem Bach und seinem Quellaufstoss. So kommen Oligochaeta und *Asellus*-Arten viel häufiger im Krebsbach und dem Quellaufstoss vor als in den Hangquellen, während krenobionte Arten häufiger in den Hangquellen zu finden sind. Die Analyse mittels nMDS ergab, dass sich der Krebsbach und seine Giese und die Hangquellen in ihrer faunistischen Zusammensetzung deutlich voneinander unterscheiden. Ebenso besteht ein Unterschied

zwischen dem Krebsbach und seinem Quellaufstoss. Die Artenzusammensetzung der Hangquellen unterscheidet sich untereinander nicht deutlich. Tendenziell kann man in der faunistischen Zusammensetzung einen graduellen Übergang von den Rheokrenen über die Rheohelokrenen zu den Bachstandorten beobachten (Abb. 3). Dies lässt sich auch anhand der Ähnlichkeitsmatrix auf Basis der Bray-Curtis-Similarity erkennen (Abb. 7). Insbesondere der Bach-Standort und Q4 unterscheiden sich deutlich von den Rheokrenen Q5-Q8 in ihrer Artenzusammensetzung.

Diskussion

Die Hangquellen des Krebsbachtals unterscheiden sich in ihrer Artenzusammensetzung deutlich vom Krebsbach. Auch der Quellaufstoss im Bachbett unterscheidet sich faunistisch von den

Q2		Q3		Q8		Q5		Q6		Q7		Q4		Bach	
Q3	64.7		Q3												
Q8	53.8	64.3		Q8											
Q5	73.3	62.5	58.3		Q5										
Q6	44.4	62.1	66.7	40.0		Q6									
Q7	56.0	66.7	63.2	52.2	70.0		Q7								
Q4	46.5	44.4	27.0	39.0	36.8	27.8		Q4							
Bach	65.2	54.2	40.0	50.0	39.0	41.0	66.7								

Abb. 7: Ähnlichkeitsmatrix des paarweisen Vergleichs der Artenzusammensetzung der 8 Standorte. Ähnlichkeitsindex: Bray-Curtis, Transformation: presence/absence 0 = keine Übereinstimmung der Artenzusammensetzung, 100 = 100 % Übereinstimmung der Artenzusammensetzung.

Hangquellen und dem Krebsbach selbst. Es scheint folglich nur bedingt vom Wasser des Krebsbaches beeinflusst zu sein. So finden sich *Chaetopteryx villosa*, *Lype reducta* und *Tinodes cf. rostocki*, die das Rhithral als Lebensraum bevorzugen, ausschliesslich im Krebsbach, während beispielsweise *Oplodontha viridula*, die an Ufern von sumpfigen Stillgewässern vorkommt, nur im Quellaufstoss Q4 gefunden wurde.

Die Hangquellen im Krebsbachtal haben eine sehr ähnliche faunistische Zusammensetzung, die sich aber von jener des Krebsbaches und des Quellaufstosses abgrenzt. Dies lässt sich am besten mit der unterschiedlichen Substratzusammensetzung erklären. Während in den Hangquellen steiniges Substrat dominiert, sammelt sich im Krebsbach und im Quellaufstoss, bedingt durch die geringe Fliessgeschwindigkeit, viel grobes organisches Material und Feinmaterial als Substrat an. Im Krebsbach und seinen Quellen sind damit wohl vor allem die Unterschiede in der Substratzusammensetzung für die Artenzusammensetzung entscheidend und weniger die physiko-chemischen Parameter, die sich kaum unterscheiden. Dies wurde bereits in anderen Arbeiten dargelegt (z.B. Bonettini und Cantonati 1996; Gerecke et al. 2005; von Fumetti et al. 2006; Kubíková et al. 2012). So leben Arten wie *Ancylus fluviatilis*, die steiniges Substrat und hohe Fliessgeschwindigkeiten präferieren, hauptsächlich in den Hangquellen. An langsam fliessende und stehende Gewässer und damit an einen mit Feinmaterial bedeckten Bodengrund angepasste Arten wie *Limnephilus lunatus* sind dagegen im Quellaufstoss Q4 und im Bach zu finden. Als reine Krenal-Arten konnten die Wassermilbe *Wettina podagraria*, die Trichopteren *Adicella filicornis* und *Crunoecia irrorata* sowie die Stratiomyde *Oxycera pseudoamoena* nachgewiesen werden. Alle anderen gefundenen Arten leben sowohl im Krenal als auch im Rhithral oder bevorzugen das Rhithral. Der Grossteil der Taxa ist rheo- und limnophil und hat eine an langsam fliessende Gewässer angepasste Lebensweise. Dazu gehören unter anderem *Lebertia dubia*, *Chaetopteryx villosa* und *Asellus aquaticus*. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Substratzusammensetzung einen grossen Einfluss auf die Zusammensetzung der Fauna in den Gewässern des Natur-

schutzgebiets Krebsbachtal hat und starke Unterschiede zwischen der Fauna der Quellen und der des Krebsbaches bestehen. Ungestörte Quellen wie die des Krebsbachtals weisen eine hohe Artenvielfalt auf und sind deshalb sehr wertvoll für die regionale Biodiversität.

Der Krebsbach ist ein von anderen Gewässern isolierter Niederungsbach, der den Charakter und die typische Makrofauna eines langsam fliessenden Gewässers aufweist. Der fehlende Anschluss an bachaufwärts liegende Gewässer, die den Krebsbach speisen könnten, verstärkt das Austrocknen des Krebsbachs in trockenen Perioden. Vor allem im Sommer ist er durchgehend durch eine sehr geringe Wasserführung gekennzeichnet. Die in dieser Studie gefundene Artenzusammensetzung deutet aber darauf hin, dass es sich nicht um ein intermittierendes Gewässer handelt, sondern stets eine gewisse Wasserführung vorhanden ist. Es wurden dennoch Massnahmen diskutiert, die den Krebsbach durch Anschluss an andere Gewässer vor Austrocknung schützen könnten. So wurde zum Beispiel vorgeschlagen, eine Verbindung zum Wuhrgraben zu schaffen (siehe Abb. 1), das Wasser dabei aber um die Quellen herumzuleiten oder in den umliegenden Wiesen versickern zu lassen (Frosch und Herb 2011). Dabei wäre in jedem Fall sicherzustellen, dass sich die Fliessgeschwindigkeit im Krebsbach und der Wasserstand nicht erhöhen, da dies einen grossen Effekt auf die Bach- und Quellfauna haben würde. Eine Veränderung der Gewässerchemie liesse sich allerdings nicht vermeiden, was ebenfalls einen Einfluss auf die Artenzusammensetzung haben könnte. Durch eine Verbindung über den Wuhrgraben zur Wiese bestünde ausserdem potentiell die Gefahr, dass invasive Arten wie der Signalkrebs, die in der Wiese nachgewiesen und auch bereits im Wuhrgraben gesichtet wurden, in den Krebsbach einwandern (Stucki und Zaugg 2011). Für die Besiedlung des Krebsbaches und seiner Quellen ist der Anschluss an ein Gewässer nicht nötig. Die Ausbreitung der aquatischen Invertebraten kann beispielsweise über das flugfähige Adultstadium oder bei Mollusken und Amphipoden über das Gefieder von Vögeln erfolgen. Für die Köcherfliege *Drusus discolor* hat man in alpinen

Gewässern nachgewiesen, dass es bei einer Distanz unter 20 km keine genetische Isolation und damit keine Ausbreitungsbarriere gibt (Geismar et al. 2015). Für Quellen im Schweizer Jura konnte Zollhöfer (1997) zeigen, dass sie sehr schnell nach einer Renaturierungsmassnahme besiedelt werden.

Würde der langsam fliessende Krebsbach mit grossen Mengen an Wasser geflutet und damit die Fliessgeschwindigkeit erhöht, bestünde die Gefahr, dass limno- und rheophile Arten verdrängt werden, da keine Ausweichmöglichkeiten zu anderen Gewässern mit gleichen Bedingungen bestehen. Durch höhere Fliessgeschwindigkeiten könnten die Vorkommen einzelner Arten wie *Limnephilus lunatus*, *Chaetopteryx villosa*, *Oplodontha viridula*, *Wettina podagrifica* oder *Lebertia dubia*, die an langsame Strömung angepasst sind, beeinträchtigt werden. Durch erhöhte Abflussmengen bestünde zudem die Möglichkeit einer Veränderung der Substratzusammensetzung im Krebsbach und in den Quellen. Der Gewässerboden des Baches setzt sich vor allem aus organischem Material zusammen, auf dem sich spezialisierte Arten angesiedelt haben. Es findet sich im gesamten Krebsbach viel Totholz, welches durch eine erhöhte Fliessgeschwindigkeit abtransportiert werden könnte. Xylobionte Arten wie *Lype reduncta* könnten durch die Substratveränderung verdrängt werden. Die Hangquellen entlang des Krebsbaches würden durch ihre unmittelbare Nähe zum Bach und ihr geringes Gefälle durch eine erhöhte Wasserzufuhr in den Krebsbach beeinflusst werden. Die krenobionte Art *Crunoecia irrorata*, die ebenfalls vor allem auf Holz zu finden ist, kann durch den Abtransport von Totholz ihren Lebensraum verlieren. Andere Krenobionte wie *Wettina podagrifica*, *Adicella filicornis* und *Oxycera pseudoamoena*, die ausschliesslich in den Hangquellen des Krebsbaches vorkommen, würden durch die veränderten Umweltbedingungen möglicherweise verdrängt werden. Insbesondere der Verlust von *Adicella filicornis* wäre sehr tragisch für die Regio Basiliensis, da diese Art sowohl in Baden-Württemberg als auch in der Schweiz als stark gefährdet gilt (Lubini et al. 2012; Meier und Schweizer 2005).

Obwohl der Krebsbach aufgrund des niedrigen Grundwasserspiegels im Sommer zur Austrocknung neigt, legt die vorliegende Studie nahe, dass von einer Anbindung an andere Gewässer abgesehen werden sollte. Der Krebsbach weist vermutlich gerade wegen seiner isolierten Lage seine besonderen Charakteristika auf. Er hat einerseits den Charakter eines träge fliessenden Gewässers und andererseits beherbergen seine Quellen eine ganz eigene, quelltypische Fauna. Dabei sind Arten zu finden, die ausschliesslich unter den Bedingungen eines strömungsarmen Baches leben können, aber auch krenobionte und krenophile Organismen, die typisch sind für Quellen und Quellbäche. Da natürliche und ungestörte Quellen gerade im urbanen Raum immer seltener werden, sind die Quellen im Krebsbachtal mit ihrer auf kleinem Raum grossen Biodiversität schützenswerte Biotope, die in dieser Form erhalten bleiben sollten. Zukünftige Studien könnten den besonderen Charakter des Krebsbaches vertiefter untersuchen, indem die zeitlich-räumliche Komponente der Austrocknung betrachtet würde, die typisch ist für intermittierende Gewässer (Datry et al. 2016). Aus naturschutzfachlicher Sicht sollten *Adicella filicornis*, *Crunoecia irrorata* und *Bythinella* sp. beobachtet werden. Ihre Vorkommen in einer der letzten Quellen am Fuss der Niederterrasse des Oberrheins sollten unbedingt erhalten bleiben.

Danksagung

Birgit Frosch vom Trinationalen Umweltzentrum danken wir für die Bereitstellung von hilfreichen Informationen über das Krebsbachtal und dessen Quellen. Wir danken Dr. Daniel Küry ganz herzlich für die Verifikation der *Limnephilus*-Art. Bei Matthias Klemm vom Institut für angewandte Biologie und Planung GbR, Tübingen, bedanken wir uns für die Weitergabe der *Bythinella* sp. und Lucas Blattner von der Universität Basel danken wir für die Bestimmung der Acari. Frau Bernadette Zimmermann ermöglichte die Probenahme im Krebsbachtal. Wir danken ihr ganz herzlich für die Befreiung zur Begehung des Naturschutzgebietes.

Literaturverzeichnis

- Bonettini AM, Cantonati M (1996): Macroinvertebrate assemblages of springs of the River Sarca catchment (Adamello-Brenta Regional Park, Trentino, Italy). *Crinoecia* 5: 71–78.
- Cantonati M, Gerecke R, Bertuzzi E (2006): Springs of the Alps – sensitive ecosystems to environmental change: from biodiversity assessments to long-term studies. *Hydrobiologia* 562: 59–96.
- Clarke KR, Gorley RN (2006): PRIMER v6: User manual/Tutorial. E. Plymouth, UK.
- Contesse E, Küry D (2005): Aufwertung der Quellen im Moostal und im Autal in Riehen (Schweiz): Machbarkeit der Ausdolung und Revitalisierung von Quellen und Quellbächen in Siedlungsnähe. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaften beider Basel 8: 115–133.
- Datry T, Pella H, Leigh C, Bonada N, Hugueny B (2016): A landscape approach to advance intermittent river ecology. *Freshwater Biology* 61: 1200–1213.
- Fischer J (1996): Bewertungsverfahren zur Quellfauna. *Crinoecia* 5: 227–240.
- Frosch B, Herb A (2011): Grenzüberschreitendes Habitatmanagement für die Trockenaue am südlichen Oberrhein. Biotopverbundkonzept Teil 3 – Konkretisierung: Vorschläge und Ideen zur Aufwertung des Naturschutzgebiets „Krebsbachtal“ Weil am Rhein. Trinationales Umweltzentrum, Weil am Rhein.
- Geismar J, Haase P, Nowak C, Sauer J, Pauls SU (2015): Local population genetic structure of the montane caddisfly *Drusus discolor* is driven by overland dispersal and spatial scaling. *Freshwater Biology* 60: 209–22.
- Gepp J (1985): Auengewässer als Ökozellen – Fluss – Altarme, Altwässer und sonstige Auen – Stillgewässer. Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, Grüne Reihe Bd. 4.
- Gerecke R (2016): Quellen: Leben auf der Schwelle zum Licht. In: Triebskorn R, Wertheimer J (Eds): Wasser als Quelle des Lebens. In: Springer, Berlin, Heidelberg. 169–187.
- Gerecke R, Stoch F, Meisch C, Schrankel I (2005): Die Fauna der Quellen und des hyporheischen Interstitials in Luxemburg. *Ferrantia* Bd. 41.
- Graf W, Grasser U, Waringer J (1995): Trichoptera – Teil III C. Fauna Aquatica Austriaca.
- Haase M (2000): A revision of the genus *Belgrandia*, with the description of a new species from France (Caenogastropoda: Hydrobiidae). *Malacologia* 42: 171–201.
- Hahn HJ (2000): Studies on classifying of undisturbed spring in Southwestern Germany by macrobenthic communities. *Limnologica* 30: 247–259.
- Ilmonen J, Paasivirta L (2005): Benthic macrocrustacean and insect assemblages in relation to spring habitat characteristics: patterns in abundance and diversity. *Hydrobiologia* 533: 99–113.
- Kovac D, Rozkosny R (2000): A revision of the *Pectinotus tenebrifer* species group (Insecta: Diptera: Stratiomyidae). *Raffles Bulletin of Zoology* 48: 103–110.
- Kubíková L, Simon OP, Tichá K, Douda K, Maciak M, Bílý M (2012): The influence of mesoscale habitat conditions on the macroinvertebrate composition of springs in a geologically homogeneous area. *Freshwater Science* 31: 668–679.
- Küry D (2009): Quellen als Lebensräume. Hrsg. Kommission für das Baselbieter Heimatbuch, Wasser lebendig, faszinierend, gefährlich, Baselbieter Heimatbuch 27: 81–93.
- Küry D (2014): Charakterisierung und Schutz natürlicher und naturnaher Quellen im Kanton Basel-Landschaft (Schweiz). Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaften beider Basel 15: 91–122.
- Lindegaard C, Brodersen KP, Wiberg-Larsen P, Skriver J (1998): Multivariate analyses of macrofaunal communities in Danish springs and springbrooks. In: Botosaneanu L (Ed.): Studies in crenobiology. The biology of springs and springbrooks. Backhuys, Leiden. 201–220.
- Lubini V, Knispel S, Sartori M, Vicentini H, Wagner A (2012): Rote Listen Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1212.
- Lubini V, Stucki P, Vicentini H (2014): Bewertung von Quell-Lebensräumen in der Schweiz. Entwurf für ein strukturelles und faunistisches Verfahren. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, Bern.
- Meier K-J, Schweizer S (2005): Rote Liste und Artenverzeichnis der Köcherfliegen Baden-Württembergs. Naturschutz-Praxis, Artenschutz 8, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.
- Regierungspräsidium Freiburg (1990): Verordnung des Regierungspräsidiums Freiburg über das Naturschutzgebiet «Krebsbachtal» vom 27. Dezember 1990. GBI. v. 13.05.1991.
- Rychla A, Buczyńska E, Szczucińska AM (2015): The environmental requirements of *Crinoecia irrorata* (Curtis, 1834) (Trichoptera: Lepidostomatidae) and the potential of the species for use as an indicator: an example from the Vistulian glaciation area. *Journal of Limnology* 74: 421–432.
- Schmedtje U, Colling M (1996): Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München.
- Schmedtje U, Kohmann F, Burmeister EG (1992): Bestimmungsschlüssel für die Saprober-DIN-Arten (Makroorganismen). Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 2/88.
- Stucki P, Zaugg B (2011): Aktionsplan Flusskrebse Schweiz. Artenförderung von Edelkrebs, Dohlenkrebs und Steinkrebs. Hrsg: Bundesamt für Umwelt

- welt, Bern. UmweltVollzug Nr. 1104.
- Tobias W, Tobias D (1981): *Trichoptera Germanica. Bestimmungstafeln für die deutschen Köcherfliegen. Teil I: Imagines*. Courier Forschungsinstitut Senckenberg, Frankfurt am Main.
- Tümmers HJ (1999): *Der Rhein: Ein europäischer Fluss und seine Geschichte*. Beck, München.
- Van der Kamp G (1995): The hydrogeology of springs in relation to the biodiversity of spring fauna: A Review. *Journal of the Kansas Entomological Society* 68: 4-17.
- Von Fumetti S, Nagel P, Scheifhachen N, Baltes B (2006): Factors governing macrozoobenthic assemblages in perennial springs in north-western Switzerland. *Hydrobiologia* 568: 467-475.
- Von Fumetti S (2014): *Naturnahe Quellen und ihre Lebensgemeinschaften – Zehn Jahre Forschung im Röserental bei Liestal*. Regio Basiliensis 55: 101-114.
- Waringer J, Graf W (2011): *Atlas der mitteleuropäischen Köcherfliegenlarven*. Eric Mauch Verlag, Dinkelscherben.
- Warmke S, Hering D (2000): Composition, microdistribution, and food of the macroinvertebrate fauna inhabiting wood in low-order mountain streams in Central Europe. *International Review of Hydrobiology* 85: 67-78.
- Zollhöfer JM (1997): *Quellen, die unbekannten Biotope im Schweizer Jura und Mittelland: Erfassen – bewerten – schützen*. Bristol-Stiftung, Zürich, Bd. 6.

