

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 55 (2014)
Heft: 3

Artikel: Naturnahe Quellen und ihre Lebensgemeinschaften : zehn Jahre Forschung im Röserental bei Liestal
Autor: Fumetti, Stefanie von
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088177>

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: 17.04.2026

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

Naturnahe Quellen und ihre Lebensgemeinschaften – zehn Jahre Forschung im Röserental bei Liestal

Stefanie von Fumetti

Zusammenfassung

Die naturnahen Quellen in der Regio Basiliensis werden seit über zehn Jahren erforscht, wobei faunistisch-ökologische Untersuchungen im Mittelpunkt stehen. Das Hauptuntersuchungsgebiet ist hierbei das Röserental bei Liestal, in dem auf engem Raum noch viele ökologisch wertvolle Quellen zu finden sind. Insbesondere die Quellfauna wird – neben struktureller und chemisch-physikalischer Parameter – quantitativ erfasst. Es zeigt sich, dass neben Rheokrenen und Helokrenen vor allem die Kalksinter-Rheokrenen vorherrschend sind. Die Analyse der faunistischen Daten zeigt auf, dass die Quellfauna einer gewissen Dynamik unterliegt, sich aber im Laufe der letzten zehn Jahre nicht stark verändert hat. Die Ausprägung des Quelltyps scheint einen signifikanten Einfluss auf die Zusammensetzung der Quellfauna zu haben.

1 Einleitung

1.1 Quellen und ihre ökologische Bedeutung

Quellen sind einzigartige Lebensräume an der Schnittstelle zwischen dem Oberflächenwasser und dem Grundwasser. Aus ökologischer Sicht sind sie Ökotope, d. h. Übergangslbensräume (Cantonati et al. 2006). Sie werden dementsprechend von verschiedensten Faunenelementen besiedelt, die bereits Anfang des 20. Jahrhunderts von Thienemann (1925) definiert wurden (vgl. Glossar). Was macht Quellen aber so attraktiv für Krenobionte? Zum einen sind sie im Vergleich zu weiter bachabwärts gelegenen Abschnitten in der Regel relativ stabile Lebensräume (Gooch & Glazier 1991; van der Kamp 1995). Selten müssen die Organismen in den Quellen damit rechnen, durch Hochwasser verdriftet oder gar von Steinen zerquetscht zu werden. Vor allem aber haben Quellen, die von Tiefengrundwasser gespeist werden, eine relativ konstante Wassertemperatur, die im Jahresverlauf nur sehr geringfügig um 1–2 °C schwankt und ungefähr der Lufttemperatur im Jah-

Adresse der Autorin: Dr. Stefanie von Fumetti, Forschungsgruppe Biogeographie, Departement Umweltwissenschaften, Universität Basel, St. Johannis-Vorstadt 10, CH-4056 Basel; E-Mail: stefanie.vonfumetti@unibas.ch

Glossar

Die *Fauna liminaria* besiedelt die Grenzflächen im meist eng verzahnten, feuchten Übergangsbereich zwischen Wasser und Land, während die *Fauna hygropetrica* in dünnen Wasserfilmen auf leicht mit Wasser überrieselten Flächen lebt. *Krenobionte* Quellorganismen sind streng an Quellen gebunden, während *Krenophile* auch in den Quellbächen zu finden sind.

Stenotherme Organismen leben nur innerhalb eines engen Temperaturbereiches und ertragen nur geringe Temperaturschwankungen.

Bei *Rheokrenen* handelt es sich um Sturz- oder Fliessquellen mit einem einzigen punktförmigen Quellaustritt. Das Wasser fliesst direkt ab und bildet recht unmittelbar einen Quellbach. In der Regel haben solche Quellen vor allem steinigtes Grobsubstrat und eine recht starke Schüttung (von *Fumetti & Nagel* 2011).

Limnokrenen, oder auch Weiherquellen, entspringen in einer Mulde und bilden zunächst einen Weiher aus, bevor das Quellwasser in einem Quellbach abfließt. Ihre Besiedlung ähnelt häufig der eines Weihers mit vielen für stehende Gewässer typischen Organismen.

Bei *Helokrenen*, oder Sumpfquellen, tritt das Wasser flächig-sickernd zutage, das Substrat ist dementsprechend vor allem von Feinsubstrat geprägt – Detritus, Falllaub und Sand bestimmen ihr Aussehen.

resdurchschnitt entspricht (*Schönborn & Risse-Buhl* 2013). Quellen sind demnach stets konstant kalt – sie frieren im Winter nicht zu und erwärmen sich im Sommer nicht stark. Dies macht sie insbesondere für stenotherme Organismen attraktiv (*Fischer* 1996a). In der Regel sind Quelllebensgemeinschaften eher individuenarm, dafür aber sehr divers (*Cantonati et al.* 2006).

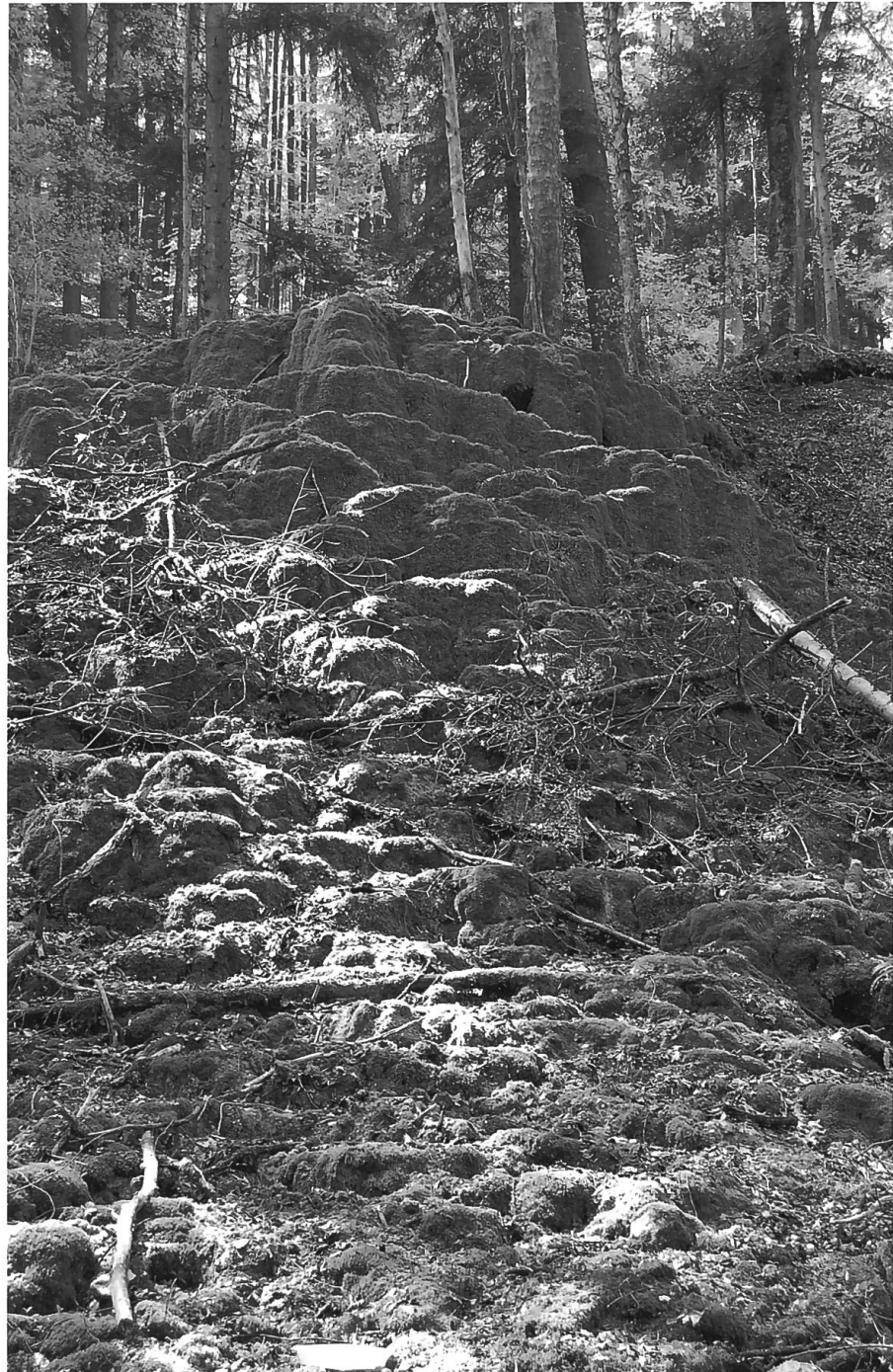
Bereits in den frühen Anfängen der Quellforschung waren die Wissenschaftler bestrebt, Quellen geomorphologisch zu charakterisieren und damit zu typisieren. *Steinmann* (1915) definierte die Rheokrenen und die Limnokrenen als Quelltypen. *Thienemann* (1924) definierte schliesslich noch die Helokrenen (vgl. Glossar). In der Realität haben wir es häufig mit Übergangsformen oder Mischtypen zu tun (von *Fumetti et al.* 2006), die teilweise als Rheohelokrenen oder Rheopsammokrenen bezeichnet werden können (*Schwörbel* 1959; *Gerecke & Di Sabatino* 1996). Weitere je nach Geologie häufig vorkommende Quelltypen sind die Karstquellen und die Kalksinterquellen. Während erstere sich durch stark schwankende, vom Niederschlag abhängende Schüttungen auszeichnen, sind letztere insbesondere ästhetisch sehr interessant, weil sie nach wenigen Metern Kalksinterterrassen ausbilden, die sehr imposant werden können (Abb. 1).

1.2 Quellen in der Regio Basiliensis

Der Schweizer Tafel- und Faltenjura im Süden von Basel prägt das Bild der Region genauso wie die Erhebung des Dinkelbergs im Nordosten Basels. Es ist eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Karstlandschaft mit Höhlensystemen und Gewässern, die durch den stark kalkhaltigen Untergrund geprägt ist (*Spottke et al.* 2005); Kalksinter-Rheokrenen und Karstquellen sind in der Regio nicht selten. Aufgrund des hohen Nutzungsdrucks sind im Siedlungsraum der Regio Basiliensis die meisten Quellen zu Trinkwasserzwecken gefasst oder drainiert, um an anderer Stelle, wo sie nicht stören, aus einem Rohr wieder zu Tage zu treten. Generell ist die Zahl der Quellen aufgrund der ausgeprägten Karstcharakteristik in der Regio vergleichsweise niedrig. Laut *Zollhöfer* (1997) ist ausserdem in den vergangenen hundert Jahren eine Vielzahl von Quellen im Schweizer Jura schlichtweg verschwunden. Zusätzlich wurden Quellen gefasst, wobei der Anteil der gefassten Quellen bereits im 19. Jahrhundert hoch war.

Abb. 1 Eine Kalksinter-Rheokrene bei Rothenfluh (BL). Deutlich zu erkennen sind die mächtigen, mit Moos überwachsenen Kalksinter-Terrassen, über die das oberhalb austretende Quellwasser kaskadenartig abfließt.

Foto: Stefanie von Fumetti



Im Rahmen eines inter- und transdisziplinären Projektes, das von der Stiftung Mensch-Gesellschaft-Umwelt (MGU) getragen wurde, wurden in den Jahren 2003–2005 über 70 Quellen in der Regio Basiliensis kartiert (Baltes et al. 2005; Baltes et al. 2006). Eine Vielzahl davon wurde strukturell und faunistisch erfasst. Teilweise wurden die Ergebnisse dieser Erhebungen von Küry (2013) publiziert. Ein wichtiges Ziel des Projektes war es, Wege aufzuzeigen, wie Quellen besser geschützt und gegebenenfalls revitalisiert werden können. Im Anschluss an das 2005 abgeschlossene Projekt wurden die ökologisch-faunistischen Arbeiten an Quellen der Regio Basiliensis an der Universität Basel fortgesetzt (z. B. von Fumetti et al. 2006, von Fumetti & Nagel 2011), so dass von einigen Quellen Langzeituntersuchungen zur Verfügung stehen. In vorliegendem Artikel werden die Ergebnisse der faunistisch-strukturellen Untersuchungen aus den Jahren 2003–2005 und den darauf folgenden Untersuchungen der Quellen im Röserental bei Liestal (BL) zusammenfassend vorgestellt.

2 Material und Methoden

2.1 Das Röserental

Das Röserental liegt westlich der Gemeinden Liestal und Frenkendorf am Fuss des Gempenplateaus, das zum Tafeljura gehört (Abb. 2). Starke tektonische Fragmentierungen führen zu komplexen hydrogeologischen Verhältnissen (*Butscher & Huggenberger 2007*) und zu einem ausgeprägten Karstsystem mit einem oberflächennahen, ungespannten Grundwasserleiter (*Bögli 1980*). Die Hydrogeologie der Quellen im Röserental wurde von *Butscher (2007)* im Rahmen seiner Doktorarbeit, die er als Teil des MGU-Projekts “Quellen – Trinkwasserspender und Lebensraum” durchführte, intensiv untersucht. Von den 65 Quellen im Röserental – gefasste wie ungefasste – werden über 50 % über die Karst-Grundwasserleiter gespeist und 32 % sind Hangschuttquellen (*Butscher & Huggenberger 2007*). Rund die Hälfte der Quellen ist gefasst und wird von den Gemeinden Liestal und Frenkendorf zu Trinkwasserzwecken genutzt. Trotz des herrschenden Nutzungsdrucks (Naherholungsgebiet, Land- und Forstwirtschaft) findet man im Röserental vergleichsweise viele naturnahe und ökologisch wertvolle Quellen auf engem Raum.

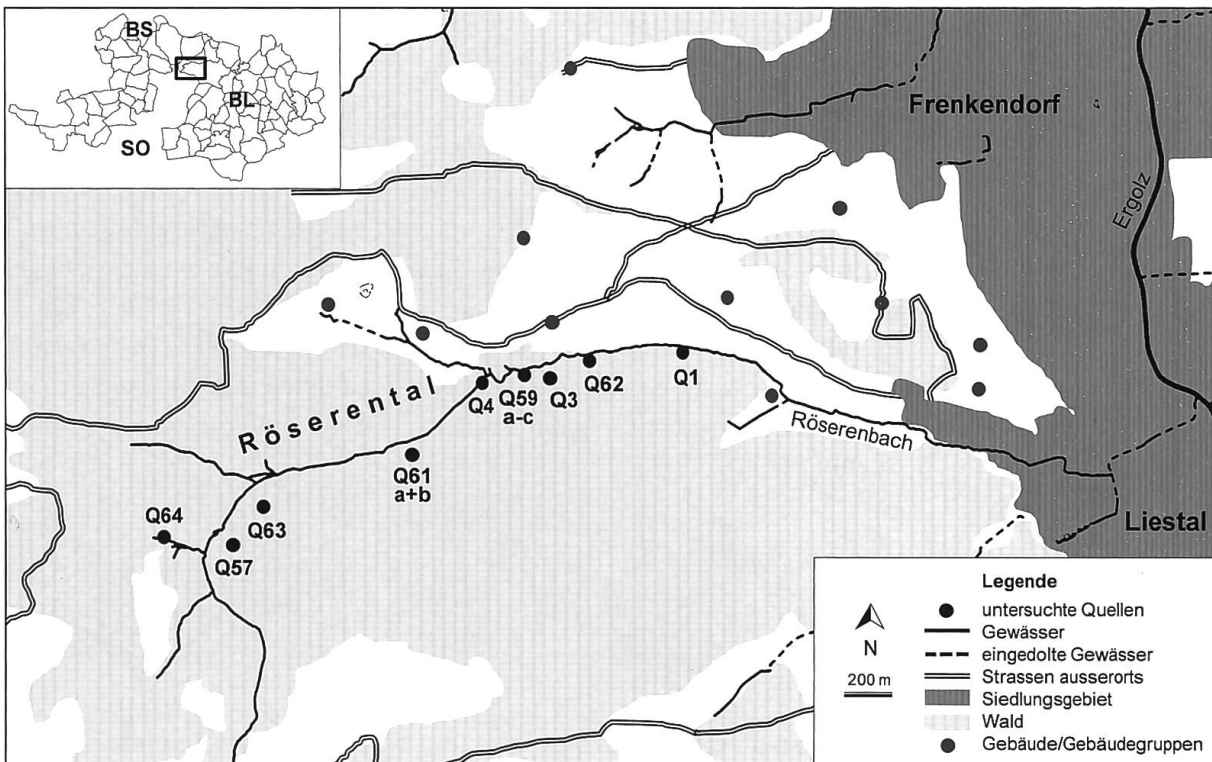


Abb. 2 Karte des Untersuchungsgebietes Röserental. Der Röserenbach ist ein linksseitiger Zufluss der Ergolz. Die untersuchten Quellen liegen alle im Wald.
Grafik: Oliver Stucki

Der Röserenbach erstreckt sich von seinen Hauptquellen bis zur Mündung in die Ergolz über ca. 5 km. Davon liegt ungefähr die Hälfte der Strecke im Wald oder am Waldrand, während der Unterlauf in landwirtschaftlich genutztem Gebiet liegt (*Küry 1994*). Bereits in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts wurden der Röserenbach sowie die Quellen im Röserental im Rahmen einer Dissertation (*Geijskes 1935*) intensiv faunistisch untersucht. Nach 55 Jahren wurde der Bach erneut untersucht (*Küry 1994*), dabei wurde ein drastischer Rückgang der Artenzahlen bei den Steinflie-

gen (Plecoptera) und den Käfern (Coleoptera) festgestellt. Bei den Köcherfliegen (Trichoptera) und Eintagsfliegen (Ephemeroptera) wurde eine Verschiebung der Artenzusammensetzung beobachtet. Vor allem eng an Quellen und Quellbäche gebundene Spezialisten verschwanden aus dem Röserental. Diese Untersuchungen waren vor zehn Jahren eine wichtige Motivation dafür, die Untersuchungen im Röserental zu intensivieren.

2.2 Aufnahme struktureller und physikochemischer Parameter

Die Erfassung der Quellstruktur erfolgte mit Hilfe eines eigens entwickelten Quellkartierbogens (Baltes et al. 2004), der im Wesentlichen auf der Bayerischen Quellkartieranleitung basiert (Hotzy & Römheld 2004). Hierbei werden neben Basis-Parametern wie die Fließrichtung oder Name und Lage der Quelle auch das Substrat in den Quellen sowie etwaige Beeinträchtigungen detailliert erfasst. Des Weiteren wurden während jeder faunistischen Probenahme chemisch-physikalische Parameter (pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und Temperatur) mit mobilen Feldgeräten gemessen (WTW, Technische Werkstätten Weilheim, Deutschland). Zusätzlich wurde die Temperatur in den meisten Quellen ein Jahr lang mit Datenloggern aufgezeichnet (von Fumetti & Nagel 2012).

2.3 Aufnahme Quellfauna

Zur quantitativen Erfassung der Quellfauna wurde ein kleiner Surber-Sampler mit einer Kantenlänge von 10x10 cm und einer Maschenweite von 500 µm entwickelt (von Fumetti et al. 2006). Pro Quelle wurden stets vier Substratproben genommen, wobei man sich dabei nicht mehr als fünf Meter vom Austritt entfernen (von Fumetti et al. 2007) und möglichst alle Substrate erfassen sollte. Die Substratproben wurden im Anschluss in 70 %igem Ethanol fixiert, im Labor unter dem Binokular aussortiert und die gefundenen Organismen so genau wie möglich bestimmt. Diese quantitative Aufnahme der Quellfauna ermöglicht den statistischen Vergleich der Untersuchungen in den vergangenen zehn Jahren. Zur Berechnung des prozentualen Anteils der Krenobionten in einer Quelle wurden aus der Literatur (Fischer 1996b, Lubini et al. 2014) die autökologischen Angaben zu den einzelnen Taxa entnommen.

2.4 Statistische Analyse

Für den Vergleich der Daten wurden stets die Mittelwerte der vier Proben einer Probenahme pro Quelle berechnet, so dass pro Probenahme je eine Datenreihe je Quelle zur Verfügung steht. Für den Vergleich der Quellen untereinander wurde im nächsten Schritt der Mittelwert aller Probenahmen je Quelle berechnet. Es wurden nicht alle Quellen gleich häufig beprobt, so dass die Berechnung der Mittelwerte nicht immer auf der gleichen Datenmenge beruht.

Alle statistischen Analysen wurden mit dem Programm PRIMER 6.0 (Clark & Gorley 2006) berechnet. Zur multivariaten Analyse und Darstellung der faunistischen Daten wurde eine nicht-metrische multidimensionale Skalierung (nMDS) durchgeführt. Hierfür wurde die Daten zunächst transformiert (log x+1 oder fourth root) und im Anschluss eine Ähnlichkeitsmatrix berechnet (Ähnlichkeits-Index: Bray-Curtis-Similarity). Aufbauend auf der Ähnlichkeitsmatrix wurde ausserdem eine Ähnlichkeitsanalyse (ANOSIM) durchgeführt. Diese vergleicht analog zu einer ANOVA Unterschiede zwischen Gruppen untereinander, setzt aber keine Normalverteilung voraus, die bei biologischen Datensätzen selten gegeben ist (Clark & Gorley 2006). Das Global R kann zwischen -1 und +1 liegen. Ist R = 0, gibt es keine Unterschiede zwischen den Gruppen. Je grösser R, desto grösser sind die Unterschiede zwischen den Gruppen. Für die ANOSIM in dieser

Untersuchung wurden die Daten analog zur nMDS transformiert und die Bray-Curtis-Similarity benutzt. Um die prozentuale Ähnlichkeit der einzelnen faunistischen Probenahmen in einer Quelle zu testen, wurde eine SIMPER-Analyse durchgeführt. Mit dieser Analyse können Ähnlichkeiten innerhalb von Gruppen, in dem Fall innerhalb von Quellen, anhand der Zusammensetzung der Quellfauna erklärt werden. Je höher die prozentuale Ähnlichkeit, desto konstanter ist die Zusammensetzung der Quellfauna über die Zeit einzuschätzen.

3 Ergebnisse

3.1 Strukturelle und chemisch-physikalische Parameter

Die chemisch-physikalischen Parameter der Quellen spiegeln ihre Lage im Schweizer Tafeljura wider (Tab. 1). Der pH liegt zwischen 7.2 (Q57) und 8.0 (Q1) und die elektrische Leitfähigkeit zwischen 292 (Q1) und 477 (Q4) $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die Temperatur der Quellen zeigt in einigen Fällen (Q3, Q4) die für Quellen als typisch angenommene Konstanz, während in anderen Quellen teilweise erhebliche Temperaturamplituden zu beobachten sind (Q62, Q64). Die Quellen Q59a-c und Q4 in der Talaue sind Hangschuttquellen, alle übrigen Quellen weisen Karst-Eigenschaften auf, die insbesondere bei den weiter oben im Tal gelegenen Quellen Q57 und Q63 stark ausgeprägt sind. Dies wirkt sich auch auf den Quelltyp aus: Q59a-c, Q4, Q57 (Abb. 3) und Q63 sind als Rheokrenen anzusprechen, Q1 (Abb. 4), Q3, Q61b und Q62 sind Kalksinter-Rheokrenen mit mehr oder weniger stark ausgeprägten Kalksinter-Terrassen und Q61a und Q64 sind die einzigen Helokrenen im Rösental.

Tab. 1 Strukturelle und chemisch-physikalische Eigenschaften der untersuchten Quellen. Die Karst-Ausprägung wurde von *Butscher* (2007) analysiert. Die chemisch-physikalischen Parameter wurden während jeder faunistischen Probenahme gemessen; es sind die minimal und maximal gemessenen Wassertemperaturen angegeben, der pH als Median und die elektrische Leitfähigkeit als Mittelwert aller gemessenen Werte.

Quelle	Schweizer Landeskoordinaten	Karst-Charakteristik	Quellentyp	Höhe über N.N. [m]	Temperatur [°C]	pH	Leitfähigkeit [$\mu\text{S} / \text{cm}$]
Q1	619.750/260.350	schwach	Kalksinter-Rheokrene	375	7.9 - 10.2	8.0	292
Q3	619.200/260.250	schwach	Kalksinter-Rheokrene	410	8.7 - 9.9	7.9	335
Q4	618.920/260.290	Hangschutt	Rheokrene	395	9.9 - 10.8	7.5	477
Q57	617.775/259.625	stark	Rheokrene	440	8.3 - 10.3	7.2	366
Q59a	619.150/260.325	Hangschutt	Rheokrene	390	9.8 - 12.1	7.6	423
Q59b	619.150/260.325	Hangschutt	Rheokrene	390	9.8 - 12.1	7.6	436
Q59c	619.150/260.325	Hangschutt	Rheokrene	390	9.8 - 12.1	7.6	428
Q61a	618.525/259.950	schwach	Helokrene	420	7.7 - 11.8	7.5	306
Q61b	618.525/259.925	schwach	Kalksinter-Rheokrene	430	8.0 - 10.5	7.7	319
Q62	619.300/260.325	schwach	Kalksinter-Rheokrene	390	6.9 - 12.0	7.6	322
Q63	617.825/259.650	stark	Rheokrene	450	8.3 - 10.5	7.5	328
Q64	617.550/259.550	stark	Helokrene	520	6.5 - 11.5	7.9	331



Abb. 3 Die Rheokrene Q57 im oberen Abschnitt des Röserentals. Diese Quelle mündet bereits nach wenigen Metern in den Röserenbach und weist das für Sturzquellen typische steinige Substrat auf. In der linken Bildhälfte sind am Quellufer die Messinstrumente zu erkennen, mit denen die Wassertemperatur, die elektrische Leitfähigkeit, der pH-Wert sowie der Sauerstoffgehalt aufgenommen werden.

Foto: Ann Christin Dau

3.2 Faunistische Parameter

Die zwölf Quellen im Röserental wurden von 2003 bis 2014 zwischen zwei und zehn Mal faunistisch beprobt (Tab. 2). Die am schwersten zu erreichende Quelle Q64 wurde nur zweimal beprobt. Am häufigsten (10x) wurde die Quellfauna an den Quellen Q3 und Q62 aufgenommen. Die Anzahl der Probenahmen scheint jedoch nicht mit der Anzahl nachgewiesener Taxa zu korrelieren. So wurden in Q3 zwar die meisten Taxa nachgewiesen (38), in Q62, die genauso oft untersucht wurde, wurden dagegen nur 31 Taxa gefunden. In Q61a, die nur viermal untersucht wurde, wurden dagegen 34 Taxa nachgewiesen. Der Anteil der Krenobionten ist in den Helokrenen Q61a und Q64 mit 18 % am niedrigsten. Die meisten Krenobionten sind in den Kalksinter-Rheokrenen Q1 (42 %) und Q3 (40 %) zu finden. Unter den Köcherfliegen sind dabei vor allem *Crunoecia irrorata* (Curtis, 1834), *Rhyacophila pubescens* (Pictet, 1834) häufig. *Synagapetus dubitans* (McLachlan, 1879) kommt sogar in allen Quellen vor. Bemerkenswert sind ausserdem das Vorkommen von vier verschiedenen Waffenfliegenarten (Stratiomyidae) der Gattung *Oxycera* sowie das steti-ge Vorkommen der Dunkelmücken (Thaumaleidae). Beide Familien leben in Quellen in dünn überrieselten Wasserfilmen und gehören demnach zur Fauna hygropetrica. Ebenfalls häufig anzutreffen sind die Larven der Zweigestreiften Quelljungfer *Cordulegaster bidentata* (Selys, 1834) (Tab. 3).



Abb. 4 Die Quelle Q1 im unteren Abschnitt des Röserentals. Diese vergleichsweise kleine Kalksinter-Rheokrene entspringt mit mehreren Austritten direkt am Hangfuss und mündet ohne einen Quellbach auszubilden in den Röserenbach. Zurückgehende Schüttungsmengen und Trittschäden führen dazu, dass die Moospolster teilweise zerstört sind und das anstehende Gestein frei liegt. *Foto: Ann Christin Dau*

Tab. 2 Faunistische Parameter der untersuchten Quellen. Die Anzahl faunistischer Aufnahmen schwankt zwischen zwei Aufnahmen an der am schwersten erreichbaren Quelle Q64 und nahezu jährlichen Aufnahmen an den Quellen Q3 und Q62. Die Ähnlichkeit gibt die mit SIMPER berechnete Ähnlichkeit der verschiedenen faunistischen Aufnahmen an einer Quelle an. Der prozentuale Anteil der Krenobionten wurde mittels Angaben aus der Literatur (Fischer 1996b, Lubini et al. 2014) berechnet.

Quelle	Faunistische Aufnahmen	Artenzahl	Ähnlichkeit [%]	Krenobionte [%]
Q1	6	31	60	42
Q3	10	38	58	40
Q4	8	36	54	25
Q57	4	24	55	29
Q59a	4	34	52	35
Q59b	4	33	52	39
Q59c	8	35	53	37
Q61a	3	33	54	18
Q61b	6	29	51	31
Q62	10	32	58	28
Q63	3	31	47	36
Q64	2	22	67	18

Tab. 3 Gesamtartenliste, dargestellt als Präsenz (+) bzw. Absenz (-) aller gefundenen Taxa über alle durchgeführten Probenahmen.

	Q1	Q3	Q4	Q57	Q59a	Q59b	Q59c	Q61a	Q61b	Q62	Q63	Q64
<i>Hydra</i> spp. Linnaeus, 1758	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Polycelis felina</i> (Dalyell, 1814)	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-
<i>Bythinella</i> spp. Moquin-Tandon, 1856	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	-
<i>Bythiospeum</i> spp. Bourguignat, 1882	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-
<i>Bithynia</i> spp. Leach, 1818	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>Galba truncatula</i> (Müller, 1774)	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-
<i>Valvata</i> spp. O.F. Müller 1774	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-
<i>Pisidium</i> spp. C. Pfeiffer, 1821	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
Oligochaeta indent.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Acari	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-
<i>Atractides pennatus</i> (K. Viets, 1920)	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-
<i>Atractides fonticolus</i> (K. Viets, 1920)	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-
<i>Protzia squamosa</i> Walter, 1908	+	+	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-
<i>Arrenurus fontinalis</i> K. Viets, 1920	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Lebertia glabra</i> Thor, 1897	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Sperchon longissimus</i> K. Viets, 1920	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sperchonopsis verrucosa</i> (Protz, 1896)	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-
Copepoda	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
Ostracoda	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gammarus fossarum</i> Koch, 1835	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Niphargus</i> spp. Schioedte, 1849	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-
<i>Proaasellus cavaticus</i> (Leydig, 1871)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heptageniidae	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Baetis</i> spp. Leach, 1815	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-
<i>Rhithrogena semicolorata</i> (Curtis, 1834)	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-
<i>Cordulegaster bidentata</i> Selys, 1843	+	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+
<i>Leuctra</i> spp. Stephens, 1836	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-
<i>Nemoura</i> spp. Latreille, 1796	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nemurella pictetii</i> Klapalek, 1900	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Protonemoura</i> spp. Kempny, 1898	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Perlodes</i> spp. Banks, 1903	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Siphonoperla torrentium</i> (Pictet, 1841)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sialis fuliginosa</i> Pictet, 1836	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Crunoecia irrorata</i> (Curtis, 1834)	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+
Drusinae	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glossosomatidae	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-
Limnephilidae	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
<i>Melampophylax melampus</i> (McLachlan, 1880)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Odontocerum albicorne</i> (Scopoli, 1763)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-
<i>Plectrocnemia geniculata</i> McLachlan, 1871	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
<i>Potamophylax nigricornis</i> (Pictet, 1834)	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+

Tab. 3 (Fortsetzung) Gesamtartenliste, dargestellt als Präsenz (+) bzw. Absenz (-) aller gefundenen Taxa über alle durchgeführten Probenahmen.

	Q1	Q3	Q4	Q57	Q59a	Q59b	Q59c	Q61a	Q61b	Q62	Q63	Q64
<i>Rhyacophila</i> spp. Pictet, 1834	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-
<i>Rhyacophila pubescens</i> Pictet, 1834	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	-
<i>Sericostoma personatum/schneideri</i> Spence, 1826/ Kolenati, 1848	-	-	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+
<i>Synagapetus dubitans</i> Mclachlan, 1879	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Tinodes unicolor</i> (Pictet, 1834)	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tinodes</i> spp. Curtis, 1834	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Wormaldia occipitalis</i> (Pictet, 1834)	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-
<i>Elmis rietscheli</i> Stefan, 1958	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-
Scirtidae	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Ceratopogonidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chelifera</i> spp. Macquart, 1823	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+
Chironomidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dixa</i> spp. Meigen 1818	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Limoniinae	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	-	+
<i>Ormosia</i> spp. Rondani, 1856	+	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-
<i>Limnophila</i> spp. Macquart, 1834	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Pedicia</i> spp. Latreille, 1809	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dicranota</i> spp. Zetterstadt, 1838	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Psychodidae	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-
<i>Pericoma trifasciata-Gr.</i>	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+
<i>Jungiella</i> spp. Vaillant, 1972	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Ptychoptera</i> spp. Meigen, 1803	-	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+
<i>Oxycera</i> spp. Meigen, 1803	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>Oxycera nigricornis</i> Olivier, 1812	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oxycera pygmaea</i> (Fallen, 1817)	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Oxycera germanica</i> (Szilday, 1932)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Oxycera meigenii</i> Staeger, 1844	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Tipulidae	+	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-
<i>Thaumalea</i> spp. Ruthe, 1831	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-
Tabanidae	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Scatopsidae	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Salamandra salamandra</i> (Linnaeus, 1758)	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-

3.3 Statistische Analyse

Die Darstellung der faunistischen Daten in einer nMDS zeigt, dass die verschiedenen Probenahmen einer Quelle unterschiedlich stark streuen (Abb. 5). Während sich zum Beispiel die Proben der Quellen Q1 und Q3 sehr ähnlich sind und auf dem Plot nahe beieinander liegen, liegen die Proben von Q63 auf dem Plot sehr verteilt. Dennoch können die Quellen anhand der faunistischen Aufnahmen signifikant voneinander unterschieden werden, was die ANOSIM verdeutlicht (R: 0.533; p: 0.001). Der paarweise Vergleich der Quellen zeigt, dass sich die benachbarten Quellen Q59a-c sehr ähneln und keine signifikanten Unterschiede aufweisen, während sich die beiden Helokrenen Q61a und Q64 signifikant von den anderen Quellen absetzen. Dies wird noch deutlicher, wenn man die Mittelwerte der faunistischen Probenahmen der einzelnen Quellen betrachtet (Abb. 6). Es zeigt sich, dass die Zusammensetzung der Quellfauna signifikant vom Quelltyp beeinflusst wird (ANOSIM: R: 0.752; p: 0.001). Insbesondere die beiden Helokrenen unterscheiden

Abb. 5 Nicht-Metrische Multidimensionale Skalierung (nMDS) auf der Basis der einzelnen faunistischen Aufnahmen der zwölf untersuchten Quellen. Die Distanzen der einzelnen Punkte zueinander sind relativ und spiegeln die Ähnlichkeit zwischen den Punkten wider. Eine nMDS-Grafik hat deswegen keine Achsen und kann frei gedreht werden (Ähnlichkeitsindex: Bray-Curtis, Transformation: $\log x+1$; Faktor: Quelle).

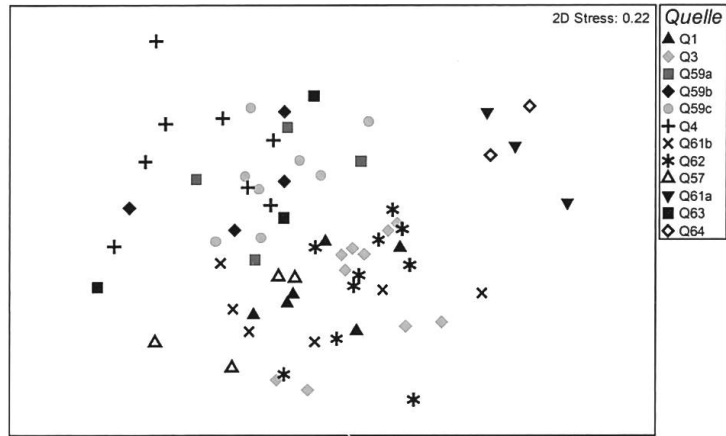
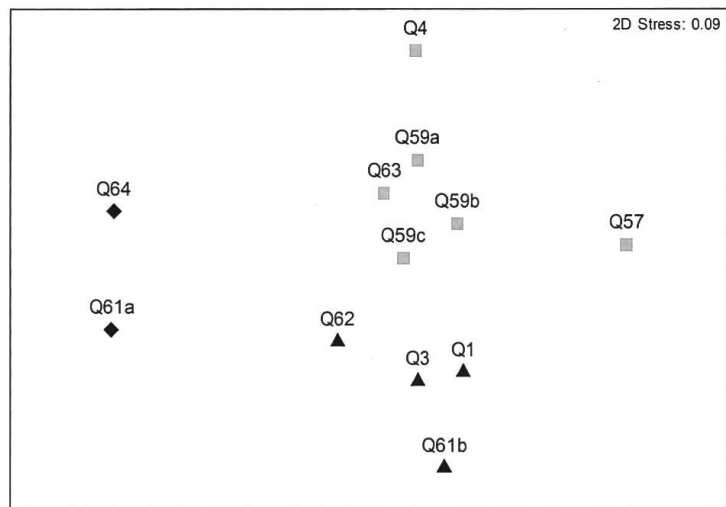


Abb. 6 Nicht-Metrische Multidimensionale Skalierung (nMDS) auf der Basis der Mittelwerte der faunistischen Aufnahmen der zwölf untersuchten Quellen. Die Distanzen der einzelnen Punkte zueinander sind relativ und spiegeln die Ähnlichkeit zwischen den Punkten wider. Eine nMDS-Grafik hat deswegen keine Achsen und kann frei gedreht werden (Ähnlichkeitsindex: Bray-Curtis, Transformation: fourth root; Faktor: Quelltyp: \square = Rheokrene, \blacktriangle = Kalksinter-Rheokrene, \blacklozenge = Helokrene).



sich deutlich von den Rheokrenen und Kalksinter-Rheokrenen, wobei die Werte wegen der geringen Stichprobenzahl von zwei Helokrenen nur schwach signifikant sind (für Rheokrenen: $R: 1.0$; $p: 0.036$; für Kalksinter-Rheokrenen: $R: 1.0$; $p: 0.067$).

Betrachtet man die Ähnlichkeit der Proben einzelner Probenahmen in den Quellen (SIMPER-Analyse), so liegt diese zwischen 47 (Q63) und 67 % (Q64). In den meisten Quellen liegt die Ähnlichkeit bei +/- 50 % (Tab. 2). Die Variabilität in den Lebensgemeinschaften ist sowohl bezüglich der Artenzusammensetzung als auch bezüglich der Individuendichten als hoch einzustufen, da bei der durchgeführten Analyse auch die Abundanzen der gefundenen Arten berücksichtigt werden.

4 Diskussion

Trotz des relativ hohen Nutzungsdrucks sind die naturnahen, ungenutzten Quellen im Röserental in einem guten Gesamtzustand. Auch wenn die Hangschuttquellen Q4 und Q59a-c kontinuierlich eine gewisse Nitratbelastung aufweisen, scheint die intensive Land- und Forstwirtschaft bisher keinen negativen Einfluss auf die Quellfauna im Röserental zu haben. Es wurde im Laufe der letzten zehn Jahre keine Verschlechterung der Quellstruktur oder der chemisch-physikalischen Parameter festgestellt. Manche Quellen (z. B. Q3) können bezüglich ihrer Temperatur und Schüttung als stabil aufgefasst werden, während andere (z. B. Q4) gewissen Schwankungen unterworfen sind (von Fumetti & Nagel 2012).

Saisonale Untersuchungen werden in der Quellforschung relativ häufig durchgeführt (z. B. *Brown et al. 2007; Dumnicka et al. 2007; Botazzi et al. 2011, von Fumetti & Nagel 2012*). Vergleichbare Langzeituntersuchungen von Quellen und ihrer Fauna sind in der Literatur dagegen kaum zu finden. Wichtige Langzeituntersuchungen wurden vor allem im Nationalpark Berchtesgaden (*Gerecke & Franz 2006*) in den deutschen Alpen, im Adamello-Brenta Naturpark (z. B. *Cantonati 1998*) in Norditalien sowie im Nationalpark Gesäuse (*Gerecke et al. 2012*) in Österreich durchgeführt. Eine Auswertung auf Basis der Gesamtartenlisten fand dabei aber nicht statt. *Gerecke et al. (2011)* fassen Monitoringprogramme aus dem Nationalpark Berchtesgaden und dem Adamello-Brenta Naturpark in Norditalien für wenige ausgewählte Taxa zusammen. Eine Auswertung für alle Taxa sehen sie aufgrund methodischer Hürden als nicht praktikabel an (*Gerecke et al. 2011*). Aufgrund unserer stets gleichen Vorgehensweise bei der faunistischen Probenahme halten wir unsere Ergebnisse für repräsentativ und vergleichbar. Die Ergebnisse aus dem Röserental zeigen, dass die Quellfauna einer gewissen Variabilität unterworfen ist. Diese Dynamik ist typisch für Fließgewässerökosysteme, in denen zufällige Störungsereignisse die Bedingungen für einzelne Arten schlagartig ändern können und so zu einer Verschiebung in der Artenzusammensetzung führen. Dies trifft auch auf Quellen zu, die trotz ihrer relativen Stabilität durchaus als dynamische Lebensräume angesehen werden sollten (*von Fumetti & Nagel 2012*). Andererseits bestehen die Lebensgemeinschaften der meisten im Röserental untersuchten Quellen mit einer hohen Stetigkeit aus ca. 30 % krenobionter Arten, was im Vergleich mit den Quellen in der gesamten Regio Basiliensis ein hoher Anteil ist (*Küry 2013*). Dies verdeutlicht, dass die naturnahen Quellen im Röserental sehr wertvolle Lebensräume sind, die es zu erhalten gilt.

5 Fazit: Zehn Jahre Quellenforschung in der Regio Basiliensis – wie geht es weiter?

Die Untersuchungen in den letzten zehn Jahren haben gezeigt, dass die Quellen im Röserental trotz des Nutzungsdrucks in einem sehr guten Gesamtzustand sind, der sich über die Zeit nicht verschlechtert hat. Die Dynamik in den Lebensgemeinschaften entspricht der natürlichen Variabilität in aquatischen Ökosystemen und der Anteil an Krenobionten ist ungewöhnlich hoch. Das jährliche Monitoring ausgewählter Quellen soll in den kommenden Jahrzehnten weitergeführt und durch Probenahmen aller naturnahen Quellen im 5-jährigen Rhythmus ergänzt werden. Diese Langzeitdaten werden es uns ermöglichen, generelle Prognosen zu entwickeln, wie die Quellfauna beispielsweise auf Temperaturerhöhungen, verursacht durch den Klimawandel, reagiert. Diese Monitoring-Massnahmen können im Röserental durch Freilandexperimente ergänzt werden. Die Nähe zu Basel und die ungewöhnlich hohe Dichte an naturnahen Quellen macht das Röserental zu einem exzellenten Freilandlabor. Nicht zuletzt sollte die Unterschutzstellung des Röserentals und seiner Quellen und der Quellschutz im Allgemeinen vorangetrieben werden, um den Erhalt dieser wertvollen Lebensräume in der Regio Basiliensis zu sichern.

Literatur

- Baltes B., von Fumetti S., Küry D., Buser S., Contesse E. & Nagel P. 2004. *Entwurf Quellkartieranleitung*, unveröff., 1–10.
- Baltes B., von Fumetti S., Küry D., Contesse E., Butscher C., Huggenberger P., Suter D., Leimgruber W. & Nagel P. 2005. Basel entdeckt seine Quellen. *Proceedings 2004* (Deutsche Gesellschaft für Limnologie): 226–230.
- Baltes B., von Fumetti S. & Nagel P. 2006. Quellen, die verlorenen Biotope? *Proceedings 2005* (Deutsche Gesellschaft für Limnologie): 30–34.
- Bögli A. 1980. *Karst Hydrology and Physical Speleology*. Berlin, 1–286.
- Botazzi E., Bruno M.C., Pieri V., Di Sabatino A., Silveri L. Carolli M. & Rossetti G. 2011. Spatial and seasonal distribution of invertebrates in Northern Apennine rheocene springs. *Journal of Limnology 70* (Suppl. 1): 77–92.
- Brown L.E., Milner A.M. & Hannah D.M. 2007. Groundwater influence on alpine stream ecosystems. *Freshwater Biology 52*: 878–890.
- Butscher C. & Huggenberger P. 2007. Implications for karst hydrology from 3D geological modeling using the aquifer base gradient approach. *Journal of Hydrology 342*: 184–198.
- Butscher C. 2007. Groundwater vulnerability assessment in karst areas using 3D-geological and numerical models. PhD Thesis, Universität Basel, 1–114.
- Cantonati M. (Hrsg.) 1998. *Le Sorgenti del Parco Adamello-Brenta*. Parco documenti 11, Strembo, 1–177.
- 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.
- Clark K.R. & Gorley R.N. 2006. *PRIMER v6: user manual*. Plymouth, 1–190.
- Dumnicka E., Galas J. & Koperski P. 2007. Benthic Invertebrates in Karst Springs: Does Substratum or Location Define Communities? *International Revue for Hydrobiology 92*: 452–464.
- Fischer J. 1996a. Kaltstenothermie – einziger Schlüssel zum Verständnis der Krenobionten? *Crunoecia 5*: 91–96.
- Fischer J. 1996b. Bewertungsverfahren zur Quellfauna. *Crunoecia 5*: 227–240.
- Geijskes D.C. 1935. Faunistisch-ökologische Untersuchungen am Röserenbach bei Liestal im Basler Tafeljura. Beiträge zur Ökologie der Mittelgebirgsbäche. *Tijdschrift voor Entomologie 78*: 249–382.
- Gerecke R. & Di Sabatino A. 1996. Water mites (Acari, Hydrachnellae) and spring typology in Sicily. *Crunoecia 5*: 35–41.
- Gerecke R. & Franz H. 2006. *Quellen im Nationalpark Berchtesgaden. Lebensgemeinschaften als Indikatoren des Klimawandels*. Forschungsbericht 51. Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, 1–272.
- Gerecke R., Cantonati M., Spitale D., Stur E. & Wiedenburger S. 2011. The challenges of long-term ecological research in springs in the northern and southern Alps: indicator groups, habitat diversity, and medium-term change. *Journal of Limnology 70* (Suppl. 1): 168–187.
- Gerecke R., Haseke H., Klauber J. & Maringer A. 2012. *Quellen*. Schriften des Nationalparks Gesäuse 7, Weng im Gesäuse, 1–390.
- Gooch J.L. & Glazier D.S. 1991. Temporal and spatial patterns in Mid-Appalachian springs. *Memoirs of the Entomological Society of Canada 155*: 29–49.
- Hotzy R. & Römheld J. 2004. *Aktionsprogramm Quellen in Bayern. Teil 2: Quellerfassung und -bewertung*. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, 1–70.
- Küry D. 1994. Die Wirbellosenfauna der Fließgewässer in der Region Basel. *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Basel 104*: 19–44.
- Küry D. 2013. *Charakterisierung und Schutz natürlicher und naturnaher Quellen im Kanton Basel-Landschaft*. Gewässerschutzverband Nordwestschweiz, Basel, 1–55.
- Lubini-Ferlin V., Stucki P., Vicentini H. & Küry D. 2014. *Ökologische Bewertung von Quell-Lebensräumen in der Schweiz. Entwurf für ein strukturelles und faunistisches Verfahren*. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern, 1–33.
- Schönborn W. & Risse-Buhl U. 2013. *Lehrbuch der Limnologie*. Stuttgart, 1–669.
- Schwoerbel J. 1959. Ökologische und tiergeographische Untersuchungen über die Milben (Acari, Hydrachnellae) der Quellen und Bäche der südlichen Schwarzwaldes. *Archiv für Hydrobiologie* (Suppl.) 24: 385–546.
- Spottke I., Zechner E. & Huggenberger P. 2005. The southeastern border of the Upper Rhine Graben: a 3D geological model and its importance for tectonics and groundwater flow. *International Journal of Earth Sciences 94*: 580–593.
- Steinmann P. 1915. *Praktikum der Süßwasserbiologie*. Berlin, 1–184.
- Thienemann A. 1924. Hydrobiologische Untersuchungen an Quellen (I-IV). *Archiv für Hydrobiologie 14*: 151–190.

- Thienemann A. 1925. *Die Binnengewässer Mitteleuropas*. Stuttgart, 1–255.
- van der Kamp R.O. 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., Scheifhacker N. & Baltes B. 2006. Factors governing macrozoobenthic assemblages in perennial springs in north-western Switzerland. *Hydrobiologia* 568: 467–475.
- von Fumetti S., Nagel P. & Baltes B. 2007. Where a springhead becomes a springbrook – a regional zonation of springs. *Fundamental and Applied Limnology* 169: 37–48.
- von Fumetti S. & Nagel P. 2011. A first approach to a faunistic crenon typology based on functional feeding groups. *Journal of Limnology* (Suppl 1): 147–154.
- von Fumetti S. & Nagel P. 2012. Discharge variability and its effect on faunistic assemblages in springs. *Freshwater Science* 31: 647–656.
- Zollhöfer J.M. 1997. *Quellen die unbekanntes Biotop: erfassen, bewerten, schützen*. Zürich, 1–153.