Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaften beider Basel

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Basel ; Naturforschende Gesellschaft Baselland

Band: 15 (2014)

Artikel: Charakterisierung und Schutz natürlicher und naturnaher Quellen im Kanton Basel-Landschaft (Schweiz)

Autor: Küry, Daniel

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-676715

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: 14.09.2025

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

Charakterisierung und Schutz natürlicher und naturnaher Quellen im Kanton Basel-Landschaft (Schweiz)

Daniel Küry

Zusammenfassung: Quellen sind als Lebensräume nur wenig bekannt, beherbergen jedoch eine hohe Vielfalt seltener und bedrohter Arten. Um die naturnahen Quellen und deren Lebensgemeinschaften im Kanton Basel-Landschaft zu charakterisieren sowie den Schutz und die Förderung zu verbessern, hat der Gewässerschutzverband Nordwestschweiz im Jahr 2010 die Untersuchung von Struktur und Tiergemeinschaften in 130 Quellen aus 30 Gemeinden veranlasst. Mit über 61 % war der Anteil der Fliessquellen mit ihren verschiedenen Untertypen am höchsten. Sickerquellen und lineare Quellen hielten zusammen einen Anteil von 30 % und fast 8 % waren künstliche Quellaustritte. Nur ein Quellaustritt besass die Form einer Tümpelquelle. Die Struktur war in 113 Fällen (87 %) naturnah oder bedingt naturnah.

Das Makrozoobenthos setzte sich aus 154 verschiedenen Taxa zusammen. Dominante und weit verbreitete Tiergruppen waren die Zweiflügler (Diptera) und die Köcherfliegen (Trichoptera) gefolgt von den Käfern (Coleoptera), Eintagsfliegen (Ephemeroptera) und Steinfliegen (Plecoptera). Die Tiergemeinschaft bestand aus über 16 % krenobionten und fast 25 % krenophilen Arten. Im Schnitt lebten in den Quellen 13,5 Taxa. Karst-Fliessquellen, Alluvial-Fliessquellen und Kalksinter-Fliessquellen besassen mit durchschnittlich 20 bis 27 Taxa den höchsten Artenreichtum. In den übrigen Quelltypen lag die mittlere Taxazahl zwischen 11 und 17. Die Bewertung der Quellen mit dem Makrozoobenthos ergab nur in 60 der 123 Fälle (49 %) einen quelltypischen oder bedingt quelltypischen Zustand. Eine Bestenliste bezeichnet die 26 Quellen mit den meisten quelltypischen Tierarten und der höchsten Anzahl Rote Liste-Arten im Kanton Basel-Landschaft. Diese sollten als Lebensräume unter Schutz gestellt werden.

Die wichtigsten Beeinträchtigungen für die Fauna sind ein massiver Rückgang der natürlichen und naturnahen Quellen seit der Mitte des 20. Jahrhunderts sowie Beeinträchtigungen durch Pestizide oder Düngereinschwemmungen. Zudem erhielten Quellen früher auch in Naturschutzkreisen zu wenig Beachtung. Ein Schutz und eine Förderung dieser Lebensräume blieben aus. Es wird deshalb angeregt, die Quellen und ihre Lebensräume mit einem Aktionsprogramm besser bekannt zu machen und zu schützen. Dazu gehören Massnahmen zur Erhaltung einzelner Quellen mit intakter Lebensgemeinschaft, aber auch Projekte zur Schaffung neuer Quell-Lebensräume an Orten, wo die alten Drainagesysteme geschädigt sind, oder der Rückbau von nicht mehr benötigten Quellfassungen.

Abstract: Characterization and conservation of natural and near-natural springs in Canton Basel Country (Switzerland). Spring habitats are poorly known but are colonized by a high diversity of rare and endangered species. The Association for the Protection of the Waters in Northwestern Switzerland initiated a project to characterize, protect and support habitats and macrozoobenthos of springs in the Canton of Basel Country. More than 61 % of the 130 springs investigated were rheocrenes (in different subtypes) while helocrenes and linear springs together were equal to 30 %. Artificial springs with 8 % and limnocrenes with less than 1 % were the most rare types. An evaluation of the structural habitat characteristics rated a total of 113 springs (87 %) the categories «near-natural» and «conditionally near-natural».

The macrozoobenthos consisted of 154 taxa of which the most abundant and widespread were Diptera, Trichoptera, Coleoptera, Ephemeroptera and Plecoptera. More than 16 % were crenobiontic and almost 25 % were crenophilous species. The springs were colonized by a mean of 13.5 taxa. Carstic rheocrenes, alluvial rheocrenes and lime-sinter rheocrenes had the highest richness with

means between 20 and 27 taxa, whereas the other spring types were poorer with taxa numbers between 11 and 17. The evaluation of the macrozoobenthos resulted in 49 % of the springs classified in the categories «typical» and «near-typical». A list of the best springs according to the macrozoobenthos evaluation and the number of red list taxa resulted in 26 locations. To each of them a strict conservation is proposed.

The most important factors affecting the fauna of springs in the Swiss Jura mountains seem to be a massive loss of natural spring habitats since the mid-20st century and draining of pesticides and mineral fertilizers. In the past springs have generally been neglected as habitats deserving conservation even by conservationists. As a consequence protection or support of the habitats did not take place. An action plan for the conservation of spring habitats and the spring fauna is proposed. Measures to be taken are the conservation of individuals spring with high species richness, projects to create new habitats where old drainage system are damaged or the deconstruction of tapped springs.

Keywords: spring habitats, evaluation of spring habitats, evaluation of spring fauna, Ökologische Wertesumme

Einleitung

Quellen sind Orte, an denen Grundwasser an die Oberfläche kommt. Quellen hatten in der Schweiz neben direkten Grundwasserfassungen wie Sodbrunnen seit jeher eine grosse Bedeutung als Trinkwasserressource. Der Quellanteil an der Trinkwasserversorgung in der Schweiz beträgt heute rund 40 % (SVGW 2009, http://www.trinkwasser.ch) und ist damit immer noch hoch.

Die meisten Quellen befinden sich in steilem bis schwach geneigtem Gelände. Grundwasseraustritte können aber als Alluvialquellen auch in natürlichen Flussebenen mit geringem Gefälle liegen oder als Karstquellen aus senkrecht abfallenden Felsen auftreten. Nicht gefasste Quellen werden seit rund 100 Jahren aufgrund dieser Austrittsformen in Fliess- oder Sturzquellen, Sicker- oder Sumpfquellen sowie Tümpelquellen unterschieden (Steinmann 1915, Thienemann 1924). Das Wasser von Fliessquellen oder Rheokrenen (griech. krene = Quelle) entspringt in Form eines kleinen Baches, in Sickerquellen oder Helokrenen sickert es flächig aus dem Boden hervor. Wenn es nicht sogleich abfliessen kann, sammelt sich das Wasser der Tümpelquellen oder Limnokrenen in einem Weiher. Diese «Dreifaltigkeit der Quelltypologie» wurde für den Schweizer Jura erweitert und verfeinert durch lineare Quellen, unversinterte Fliessquellen, Kalksinter-Fliessquellen und Karst-Fliessquellen (Zollhöfer 1997).

Während die gefassten Quellen hinsichtlich ihrer Wasserqualität und Ergiebigkeit gut untersucht sind, blieben die Beschaffenheit der Quell-Lebensräume und die Zusammensetzung ihrer Lebensgemeinschaften lange Zeit fast unbekannt. In der Schweiz hatten Bornhauser (1913) und Steinmann (1915) den Lebensraum Quelle untersucht. Während des Zweiten Weltkriegs folgte eine Untersuchung der Quell-Lebensgemeinschaften im Schweizerischen Nationalpark (Nadig 1942). Bis Ende der 1990er-Jahre fehlten in der Schweiz ökologische Untersuchungen der Quell-Lebensräume. Mit der Studie von Zollhöfer (1997) und dem Projekt der Stiftung Mensch-Gesellschaft-Umwelt (MGU) an der Universität Basel (von Fumetti et al. 2006, von Fumetti et al. 2007) begann eine Serie faunistisch-ökologischer Studien an Quellen in der Region Basel. Im gleichen Zeitraum wurden auch in verschiedenen Gebieten Deutschlands die Wissenslücken bei Quellen sowie ihre Bedeutung für den Naturschutz erkannt (z. B. Bayerisches Landesamt für Umwelt 2008). Die Stichproben dieser Untersuchungen waren verhältnismässig klein. Deshalb blieb die Kenntnis der Bedrohung sowie die Notwendigkeit des Schutzes und der Aufwertung von Quell-Lebensräumen in der Nordwestschweiz weiterhin lückenhaft (Contesse & Küry 2005, Küry 2009).

Quell-Lebensräume werden hauptsächlich beeinflusst durch die Geologie des Untergrunds, die Eigenschaften und Kapazität der unterirdischen Wasserspeicher, die Austrittsform, die Schüttung, die Struktur des Geländes, die umgebende Vegetation und durch weitere Faktoren wie klimatische Bedingungen oder Höhenlage (Zollhöfer 1997, von Fumetti et al. 2006, von Fumetti et al. 2007, Küry 2009, Lubini et al. 2010, von Fumetti und Nagel 2011).

Im Offenland sind Quellen in der Regel von einer dichten Vegetation von Hochstauden und Röhricht gesäumt, während im Wald Moose und wenige Gefässpflanzenarten zu den einzigen makroskopischen Wasser- und Uferpflanzen gehören.

Mit Ausnahme von Alluvialquellen sind Quellen fischfreie Gewässer und werden von zahlreichen Makrozoobenthosarten besiedelt (Zollhöfer 1997, Lubini 2007). Wichtige Gruppen sind die Amphibia, Turbellaria (Strudelwürmer), Mollusca (Weichtiere: Schnecken und Muscheln), Crustacea (Krebstiere), Ephemeroptera (Eintagsfliegen), Plecoptera (Steinfliegen), Odonata (Libellen), Trichoptera (Köcherfliegen) und Diptera (Zweiflügler).

Mit dem raschen Wachstum der Siedlungen Ende 19. und Anfang 20. Jahrhundert sind viele Quellen zur Trinkwasserversorgung gefasst worden. In den 1940er-Jahren führten die grossflächig ausgeführten Meliorationen weitgehend zum Verschwinden der Quellen im Offenland (Zollhöfer 1997, Ammann 2001, Contesse und Küry 2005, Küry 2009, Lubini et al. 2012, Rüetschi et al. 2012). Neben dem Nutzen für die Gesellschaft hat diese Entwicklung jedoch auch zu einem starken Rückgang der Quell-Lebens-

räume und einem Verlust der Biodiversität geführt. Im Kanton Aargau zum Beispiel sind von 1880 bis in die 1990er-Jahre mehr als 95 % der Quell-Lebensräume verschwunden (Zollhöfer 1997, Ammann 2001).

Die Bedeutung der Quellen als Lebensräume bedrohter Arten wurde jedoch erst in den 1990er-Jahren erkannt (Zollhöfer 1997, Zollhöfer 1999, Boschi et al 2003). Die Roten Listen der Eintagsfliegen, Steinfliegen und Köcherfliegen der Schweiz bestätigten dies und zeigten, dass Quellen die Gewässer mit dem höchsten Anteil Rote Liste-Arten in fast allen Gefährdungsklassen sind (Lubini et al. 2012).

Die starke Bedrohung der Quellen hat den Gewässerschutzverband Nordwestschweiz dazu veranlasst, ein Projekt zum Zustand und zur Gefährdungssituation der Quellen und ihrer Lebensgemeinschaften im Kanton Basel-Landschaft zu initiieren. Dieses sollte aufzuzeigen, wo Massnahmen zum Schutz und zur Förderung von Quellen notwendig sind.

Das Ziel des vorliegenden Projekts war die Erfassung der Ökomorphologie, der Struktur und der Lebensgemeinschaft der natürlichen oder naturnahen Quellen. Mit den Untersuchungen hat der Verband die folgenden Ziele verfolgt:

(1) Die Studie erfasst die Häufigkeit und Verbreitung der klassischen Quelltypen (Fliessquellen, Sickerquellen und Tümpelquellen) im Kanton Basel-Landschaft. (2) Sie bezeichnet die Landschaftsgebiete und -bereiche, in welchen naturnahe Quellen besonders häufig sind. (3) Mit der Untersuchung werden die Lebensgemeinschaften natürlicher und naturnaher Quellen im Kanton Basel-Landschaft charakterisiert. (4) Die Studie untersucht die Vorkommen besonders bedrohter und seltener Arten in Baselbieter Quellen. (5) In ihr werden die Bedrohungsfaktoren der naturnahen und natürlichen Quellen ermittelt. (6) Das Projekt formuliert Massnahmen zum Schutz und zur Förderung der Lebensgemeinschaften in den Quellen.

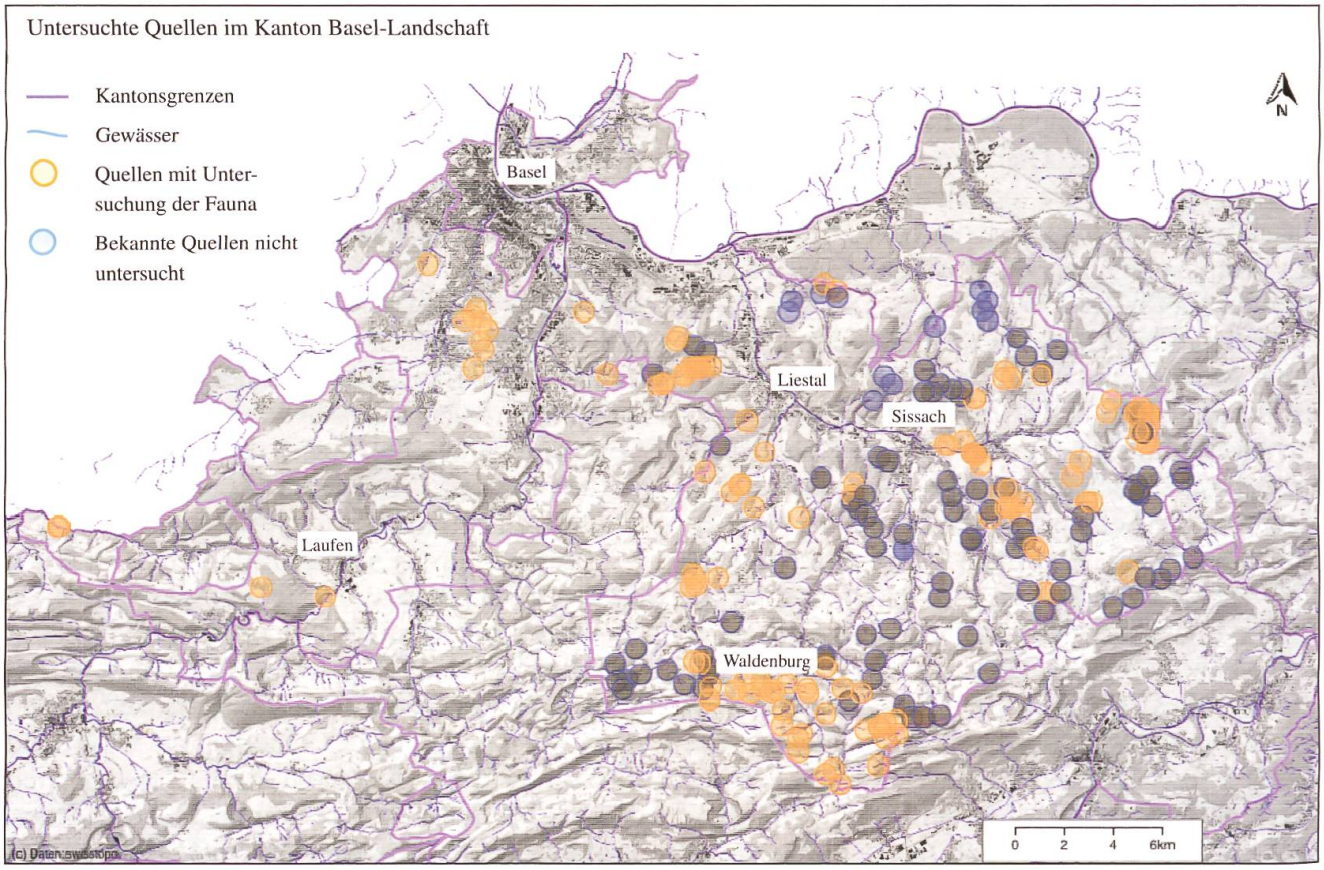


Abb. 1: Lage der 130 untersuchten und 113 bekannten jedoch nicht untersuchten Quellen im Kanton Basel-Landschaft.

Untersuchungsgebiet

Die Quellen als Austrittsorte von Grundwasser sind über das gesamte Kantonsgebiet verteilt. In den Juraketten befinden sich die höchstgelegenen Quellen, deren Abflüsse durch die Vereinigung rasch zu Bergbächen heranwachsen. Die im Bereich der Bachoberläufe engen und oft stark eingeschnittenen Täler weiten sich mit zunehmender Distanz zur Quelle auf. Viele Austrittsorte von Grundwasser liegen im Mittelhang oder Hangfuss der von den Flüssen geschaffenen Täler im Tafeljura oder im Kettenjura. Aus Seitentälern münden kürzere Bachläufe in die grösseren Flüsse. Ihre Quellen befinden sich in verschiedenen Höhenlagen und nur wenige Kilometer entfernt von den Hauptgewässern. Auf Juraweiden treten gelegentlich Sickerquellen auf, die vermutlich durch Einfluss der Beweidung aus Fliessquellen entstanden sind und teilweise nach kurzer Distanz wieder versickern (Zollhöfer 1997). Die Auen, in denen die Hauptgewässer als verzweigte Flusssysteme oder bei sehr geringem Gefälle als mäandrierende Flussabschnitte herrschten, hatten bis zu den grossen Gewässerkorrektionen ab dem 19. Jahrhundert fast die gesamte Breite der Talsohle eingenommen. Damals war in den Auen vielerorts flussbegleitendes Grundwasser in Form von Alluvial-Fliessquellen oder Giessen zutage getreten. In den Ausläufern des sundgauisch-schweizerischen Lösshügellands im Nordwesten des Kantonsgebiets sind die Erhebungen flacher und sanft gewellt. Die breite Talsohle war früher grossflächig vernässt und vom mäandrierenden Birsig und seinen Zuflüssen beherrscht. Am Rand der lössbedeckten Plateaus haben sich in den mittleren bis höheren Lagen Quellen ausgebildet. Einige Quellen haben durch Rückwärtserosion teilweise tiefe Gräben geformt. Ähnlich offen ist das Laufenbecken, welches jedoch etwas höher liegt und von der tief eingeschnittenen Birs durchquert wird. Über dem Kalkgestein haben sich hier Lehme abgelagert.

Im Rahmen von Vorarbeiten des Gewässerschutzverbands Nordwestschweiz in den Jahren 2008 und 2009 wurden in den verschiedenen Bezirken des Kantons Basel-Landschaft insgesamt 243 naturnahe und natürliche Quellen aus 59 Gemeinden lokalisiert und dokumentiert (Handschin 2009). Mehr als die Hälfte davon – 123 resp. 130 Quellen in 30 Gemeinden – wurden für diese Studie ausgewählt (Abb. 1). Die untersuchten Quellen sind bezüglich ihrer Ausprägung und Grösse sehr unterschiedlich und dürften einen grossen Teil der vorkommenden Quelltypen abdecken (Abb. 2).

Methoden

Die Zuordnung zu den Quelltypen wurde nach Zollhöfer (1997) und Baltes et al. (2004) vorgenommen. Bei Übergangsformen zwischen einzelnen Typen wurde jeweils die Hauptausprägung berücksichtigt. Mehrere benachbarte Quellen des gleichen Grundtyps wurden als Quellsysteme und diejenigen verschiedenartiger Grundtypen als Quellkomplexe angesprochen.

Die Struktur wurde an 130 Quellen aus 30 Gemeinden erhoben (Anhang 1). Das Vorgehen richtete sich nach dem Methodenentwurf «Ökologische Bewertung von Quellen», welcher im Auftrag des BAFU ausgearbeitet wurde (Lubini et al. 2010). Die Methode umfasst eine Strukturbewertung und eine Bewertung auf der Basis des Makrozoobenthos. Die Strukturkartierung in dieser Methode erfolgte nach Schindler (2004). Sie erfasst einerseits die ökologischen Defizite oder «Schadstrukturen» und charakterisiert andererseits die für die Fauna wichtigen Parameter der Quell-Lebensräume oder «Wertstrukturen». Die faunistische Beprobung und Bewertung basiert auf der Zeitsammelmethode nach Fischer (1996) und wurde an 123 Objekten durchgeführt. Im oberen Bereich der Quellen – in der Regel 20 Meter unterhalb der Austrittstelle – wurden mit Keschern von maximal 500 µm Maschenweite solange Tiere gesammelt, bis während 10 Minuten kein neues Taxon mehr gefunden wurde. Der minimale Sammelaufwand betrug 45 Minuten. An den meisten Quellen wurden zusätzlich vier faunistische Proben auf einer Substratfläche von 10 x 10 cm entnommen. Bei der Auswertung der Fauna wurden die folgenden Gruppen möglichst bis zur Art bestimmt: Amphibia (Lurche), Turbellaria (Strudelwürmer), Mollusca (Weichtiere), Crustacea (Krebstiere), Ephemeroptera (Eintagsfliegen),

Alluvial-Fliessquelle Stegmatt Lupsingen (40.1631).

Kalksinter-Fliessquelle Dübach 1.1 Rothenfluh (56.1858).

Sickerquelle Dürrenbergbach Langenbruck (34.1513).

Karst-Fliessquelle Nünbrunnen Waldenburg (67.2021).

Karst-Fliessquelle Nünbrunnenbach Zeglingen (71.2091).

Künstlicher Quellaustritt des Fleischbachs Therwil (64.1984).

Abb. 2: Beispiele der untersuchten Quellen und Quelltypen: Alluvialquelle, Kalksinter-Fliessquelle, Sickerquelle, Karstquelle, künstlicher Quellaustritt. Fotos: D. Küry, C. Eisenring.

Plecoptera (Steinfliegen), Odonata (Libellen), Coleoptera (Käfer), Trichoptera (Köcherfliegen) und aus der Gruppe der Diptera (Zweiflügler) die Stratiomyidae (Waffenfliegen). Da eine Artbestimmung nicht bei allen Gruppen möglich ist, wird im Folgenden in der Regel von Taxa gesprochen. Dabei handelt es sich meist um Arten, als Larven nicht weiter auftrennbare Gattungen oder Artengruppen sowie um Familien.

Die Häufigkeiten der Makrozoobenthostaxa wurde mit den folgenden Häufigkeitsklassen erfasst: 1: 1–2 Individuen, 2: 3–7 Individuen, 3: 8–15 Individuen, 4: 16–50 Individuen, 5: >50 Individuen. In den flächenbezogenen Proben liegen auch absolute Häufigkeitsangaben vor.

Zur faunistischen Bewertung wurden die Arten aufgrund ihrer Bindung an Quellhabitate eingestuft (Lubini et al. 2010). Diese sogenannte Ökologische Wertezahl (ÖWZ) liegt zwischen 1 für ubiquistische Taxa («Allerweltsarten») und 16 für krenobionte Arten (Quellbewohner) (Tab. 1). Die Zuordnung der Ökologischen Wertezahlen erfolgte nach der Einschätzung in Lubini et al. (2010) und wurde für dort nicht aufgeführte Taxa nach Fischer (1996), Graf et al. (2008, 2009) und Buffagni et al. (2009) ergänzt. Die Liste der verwendeten Einstufungen ist im Anhang 2 wiedergegeben.

Die Ergebnisse der Strukturbewertung und der faunistischen Bewertung wurden analog der Wasserrahmen-Richtlinie der EU den 5 Qualitätsklassen zugeteilt. Bei der Strukturbewertung wird der Mittelwert der Parameter «Schadstrukturen» und «Wertstrukturen» errechnet und der entsprechenden Bewertungsklasse in Tab. 2 zugeordnet.

Zur faunistischen Bewertung wird die Ökologische Wertesumme (ÖWS) nach der folgenden Formel ermittelt:

$$\frac{\sum \text{ÖWZ} * \text{Häufigkeit}}{\text{Taxazahl}} = \text{Ökologische Wertesumme (ÖWS)}$$

Die Ökologische Wertesumme wird gemäss Tab. 3 in eine der fünf Zustandsklassen gestellt.

Die Gefährdungseinstufung für die Arten erfolgte auf der Basis der Roten Listen der Eintagsfliegen, Steinfliegen und Köcherfliegen (Lubini et al 2012). Sie ist die Grundlage für eine Naturschutz-Bewertung der vorhandenen Quelltypen.

Die Einstufung in die Ernährungstypen (Filtrierer, Zerkleinerer, Sammler, Weider, Räuber, Parasiten) basiert auf den Einstufungen von Graf et al. (2008), Graf et al. (2009) und Buffagni et al. (2009) sowie aus der von der EU unterstützten Datenbank http://www.freshwaterecology.info. Die nach dem 10-Punktesystem vorgenommene Einteilung wurde vereinfacht. Bei der Zuordnung einer Art zu mehreren Ernährungstypen wurden nur die Typen mit einer Gewichtung ≥ 60 % verwendet. Bei einer Punkteverteilung von 50:50 wurde eine Klasse mit beiden Ernährungstypen gebildet.

ÖWZ	Definition Biozönose	Typ	Beispiel Arten
16	Eigentliche Quellbewohner aquatische Quellfauna, hygropetrische Fauna	Krenobiont	Parachiona picicornis; Ernodes articularis
8	Verbreitungsschwerpunkt Quellbach oder Grundwasser, Rheophile Quellbach- und Grundwasserfauna	Krenophil	Synagapetus dubitans; Leuctra braueri; Bythiospeum sp.
4	Verbreitungsschwerpunkt Rhithral, regelmässig im Krenal Bachfauna	Krenophil – rhithrobiont	Micrasema morosum; Gammarus fossarum
2	Verbreitungsschwerpunkt Rhithral, selten im Krenal oder feuchtigkeitsliebende Begleitfauna oder Substratspezialisten Bachfauna, akzessorische Landfauna	Rhithrobiont, hygrophil	Silo nigricornis, Ancylus fluviatilis; Lype reducta
1	Weite Verbreitung in allen Gewässertypen, Ubiquisten	Eurytop	Baetis rhodani; Limnephilus lunatus

Tab. 1: Typisierung des Makrozoobenthos der Quellen und Zuordnung der Ökologischen Wertezahl (ÖWZ) nach Fischer (1996) und Lubini et al. (2010).

Strukturwert	0.60–1.80	1.81–2.60	2.61–3.40	3.40–4.20	4.21–5.00
Zustandsklasse	naturnah	bedingt naturnah	mässig beeinträchtigt	geschädigt	stark geschädigt
	1	2	3	4	5

Tab. 2: Strukturwert und Zustandsklassen der Quell-Lebensräume nach Lubini et al. (2010) und Schindler (2004).

ÖWS	>20	15.0–19.9	10.0–14.9	5.0–9.9	<5.0
Zustandsklasse	quelltypisch	bedingt quelltypisch	quellverträglich	quellfremd	sehr quellfremd
	I	II	III	IV	V

Tab. 3: Ökologische Wertesumme (ÖWS) und Zustandsklassen des Makroozoobenthos von Quellen nach Lubini et al. (2010), Fischer (1996).

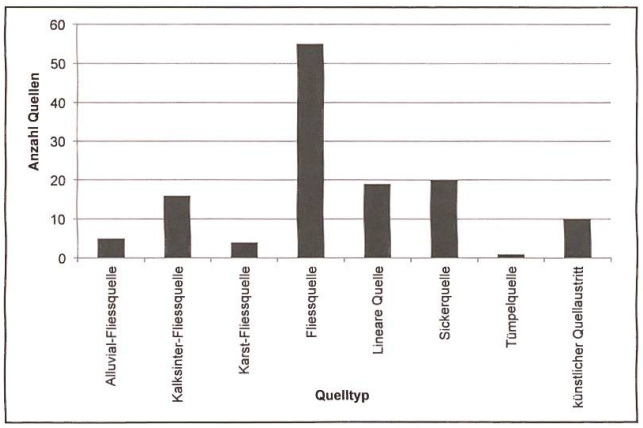


Abb. 3 Zuordnung der untersuchten 130 Quellen zu den verschiedenen Quelltypen.

Resultate

Austrittstyp, Lage und Struktur

Im Rahmen dieser Studie wurden Quellen mit den folgenden Austrittstypen erfasst: Alluvial-, Kalksinter- und Karst-Fliessquellen, unversinterte Fliessquellen, lineare Quellen, Sickerquellen, Tümpelquellen sowie künstliche Quellaustritte (Abb. 2). Der Anteil der Fliessquellen insgesamt betrug 61,5 %. Mit 55 Objekten waren die unversinterten Fliessquellen der häufigste Quelltyp des Kantons Basel-Landschaft, während die weiteren Untertypen mit fünf Alluvial-, 16 Kalksinter- und vier Karst-Fliessquellen vertreten waren (Abb. 3). Mit 19 linearen Quellen, 20 Sickerquellen und einer Tümpelquelle war die Anzahl der übrigen Quell-Grundtypen deutlich geringer. Die linearen Quellen und Sickerquellen zusammen erreichten einen Anteil von 30 %. Obwohl nicht naturnahe Quellen im eigentlichen Sinn, wurden auch zehn künstliche Quellaustritte (7,7 %) untersucht.

Die untersuchten Quellen lagen in Höhen zwischen 332 m und 1'017 m ü. M., wobei sich der Grossteil (101 oder 77,7 %) in der kollinen Stufe (bis 600 m ü. M.) befand. Nur 29 Quellen (22,3 %) waren der montanen Stufe (bis 1'300 m ü. M.) zuzuordnen (Abb. 4). Unter den kollinen Quellen waren Objekte in Höhen zwischen 351 m und 400 m ü. M. und zwischen 551 m und 600 m ü. M. besonders häufig, während auf der montanen Stufe die meisten Quellen in Höhen zwischen 801 m bis 850 m ü. M. lagen.

Der Mittelwert der Höhe lag bei den meisten Quelltypen im kollinen Bereich. Der Durchschnitt der linearen Quellen betrug 678 m ü. M. und war der montanen Stufe zuzuordnen. Während die mittleren Höhen bei den künstlichen Quellaustritten, sowie den Kalksinter-, Karst- und unversinterten Fliessquellen nahe beieinander zwischen 539 m und 579 m ü. M. lagen, zeigten die untersuchten Alluvial-Fliessquellen mit 386 m ü. M. einen Schwerpunkt in tieferen Lagen. Die Mediane wichen mit Ausnahme der linearen Quellen, der Kalksinter-Fliessquellen sowie der künstlichen Quellaustritte jeweils wenig vom arithmetischen Mittel ab. Die Minimal- und Maximalwerte wichen vor allem bei den häufigeren Quelltypen stark voneinander ab.

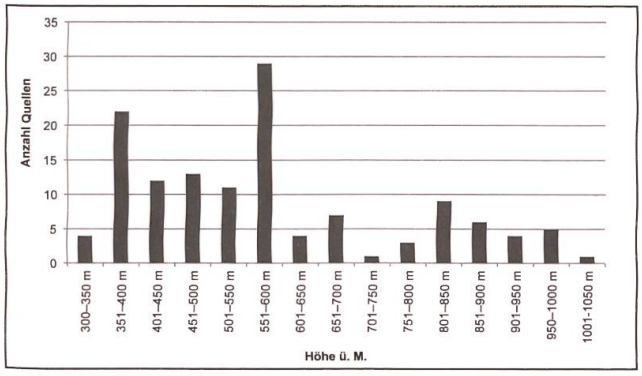


Abb. 4: Höhenverteilung der untersuchten Quellen.

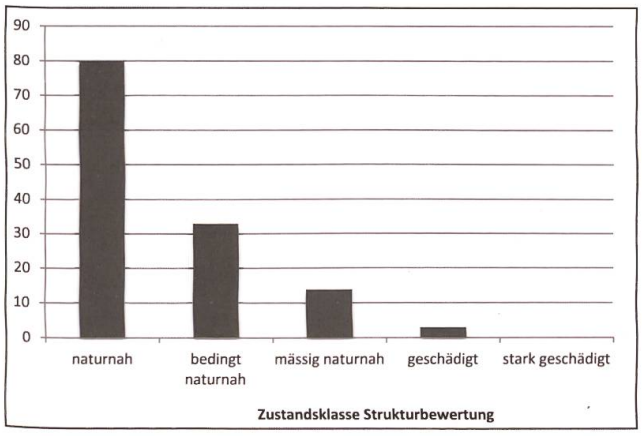


Abb. 5: Anzahl Quellen in den fünf Zustandsklassen der Strukturbewertung. Die Strukturklassen entsprechen den folgenden Werten: naturnah: 0,60–1,80, bedingt naturnah: 1,81–2,60, mässig naturnah: 2,61–3,40, geschädigt: 3,41–4,20, stark geschädigt: 4,21–5,00.

Die Struktur der 130 nicht gefassten Quellen wurde bei 80 (61,5 %) als naturnah und 33 (25,5 %) als bedingt naturnah eingestuft. Die Anzahl mässig naturnaher und geschädigter Quellen war mit 14 (10,8 %) und drei (2,3 %) deutlich geringer (Abb. 5).

Der Strukturwert der untersuchten Quellen zeigte eine schwache negative Korrelation mit der Höhe ($R^2 = 0.02974$). Die Struktur der höher gelegenen Quellen zeigte einen Trend zu einer grösseren Naturnähe.

Zusammensetzung der Quellfauna

Die Untersuchung des Makrozoobenthos der untersuchten Quellen ergab insgesamt 2'529 faunistische Datensätze, die im Anschluss ausgewertet wurden. Die Gesamttaxazahl als Biodiversitätsmass der einzelnen Quellen variierte stark und lag zwischen 1 und 38. Ihr Mittelwert betrug 13,5 Taxa. Um diesen Wert gruppierten sich 72 Quellen (58,5 %), in denen jeweils zwischen 8 und 17 Taxa nachgewiesen wurden. In 24 respektive 21 Quellen bestand die Fauna aus 1 bis 7 Taxa oder 18 bis 29 Taxa (Abb. 6). Die höchsten Taxazahlen von 30 und mehr wurden in lediglich 6 Quellen erreicht.

Die Anzahl Taxa pro Quelle nahm zwischen 700 und 800 m Höhe ab (Abb. 7). Oberhalb von 800 m ü. M. wurden in keiner Quelle mehr als 20 Taxa nachgewiesen. Über alle untersuchten Objekte betrachtet, besteht ein Trend einer Abnahme der Gesamttaxazahl mit zunehmender Höhe.

In den untersuchten Quellen wurden 154 Taxa aus 25 übergeordneten Tiergruppen nachgewiesen. Den höchsten Anteil hatten die Trichoptera und Diptera mit 34 respektive 37 Taxa. Eintagsfliegen, Steinfliegen und Käfer bildeten eine zweite Gruppe mit 11 respektive 14 Taxa. Von den übrigen Gruppen waren die Wassermilben mit acht verschiedenen Taxa am häufigsten. Allerdings wurden diese nur in wenigen Proben bis zur Art bestimmt. Mit Vorkommen in 100 oder mehr Quellen bildeten die Oligochaeta, Amphipoda, Trichoptera und Diptera den Grundstock der Quellfauna im Untersuchungsgebiet (Abb. 8). Von den übrigen Taxa waren die Plecoptera, Coleoptera und die Eulamellibranchiata in mehr als der Hälfte aller Quellen präsent und können damit ebenfalls zu den charakteristischen Quellenbewohnern gezählt werden. Keines der übergeordneten Taxa kam in allen 123 Quellen vor.

Die Gruppe der krenobionten Taxa besteht aus acht Köcherfliegenarten und vier Taxa der Familie der Waffenfliegen (Stratiomyidae, Zweiflügler). Die Strudelwürmer und die Steinfliegen waren mit je einer Art vertreten. Unter den krenophilen Vertretern gehörten sieben zu den Köcherfliegen sowie je drei zu den Steinfliegen und Käfern. Schnecken und Krebstiere waren mit je zwei Taxa und Strudelwürmer, Muscheln und Libellen mit je einem Taxon vertreten (Beispiele: Abb. 9).

Die Einstufung von 105 Taxa bezüglich ihrer Habitatbindung an Quell-Lebensräume ergab 14 (16,3 %) Quellbewohner im engeren Sinn (krenobionte Arten, ÖWZ = 16) und 21 (24,4 %)

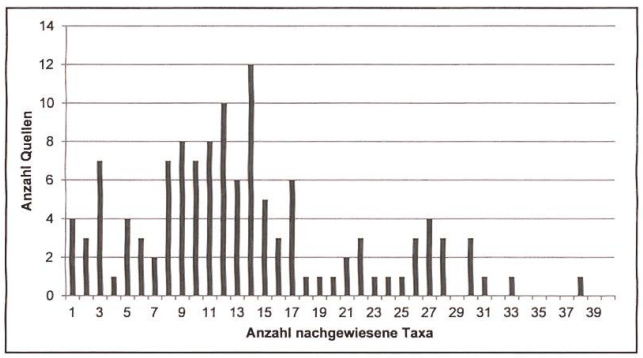


Abb. 6: Anzahl Quellen bezogen auf die Anzahl der nachgewiesenen Taxa.

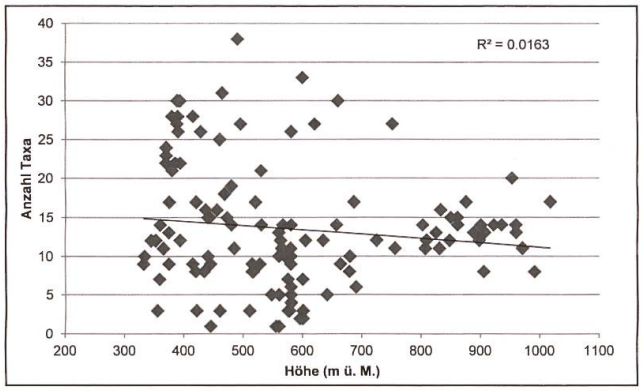


Abb. 7: Anzahl Taxa in Abhängigkeit von der Höhe der untersuchten Quellen mit Trendkurve.

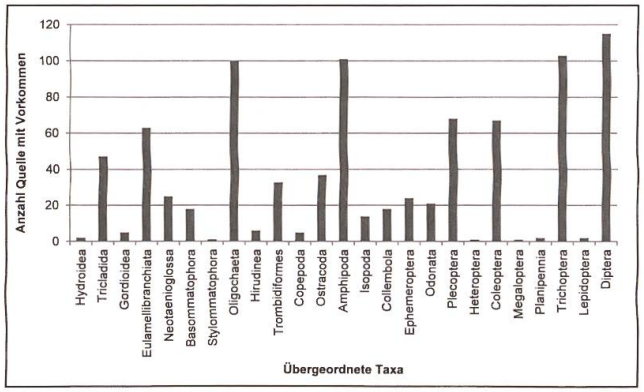


Abb. 8: Anzahl Quellen, in denen Tiere der übergeordneten Taxa nachgewiesen werden konnten. Deutsche Bezeichnungen der Gruppen siehe Tab. 4.

Taxa, die bevorzugt Quellen besiedeln (krenophile Taxa, ÖWZ = 8).

Unter den krenobionten Taxa war die gehäusebauende Köcherfliegenart *Potamophylax nigricornis* mit Nachweisen in 48 Quellen (39,0 %) am weitesten verbreitet (Abb. 10). Mit Vorkommen in 21 bis 28 Quellen (17,1 bis 22,8 %) war die Stetigkeit der beiden Köcherfliegenarten *Plectrocnemia geniculata* und *Synagapetus dubitans* sowie der Steinfliegenart *Leuctra braueri* deutlich geringer. Die übrigen krenobionten Taxa besassen mit Vorkommen in 15 Quellen oder weniger (≤12,2 %) die geringste Stetigkeit.

Unter den krenophilen Arten waren der Strudelwurm *Polycelis felina* und die Steinfliege *Nemoura marginata* mit Nachweisen in 42 (34,1 %) und 37 (30,1 %) Quellen am weitesten verbreitet (Abb. 11). Mit Vorkommen in 21 bis 29 Quellen (17,1 % bis 23,6 %) war die Stetigkeit der Quell-Erbsenmuschel (*Pisidium personatum*), der Brunnenschnecke (*Bythiospeum* sp.) der Höhenflohkrebse (*Niphargus* sp.), der Gestreiften Quelljungfer (*Cordulegaster bidentata,* Libellen) und der Köcherfliege (*Rhyacophila pubescens)* geringer. Alle übrigen Taxa kamen in 15 Quellen oder weniger vor (≤12.2 %).

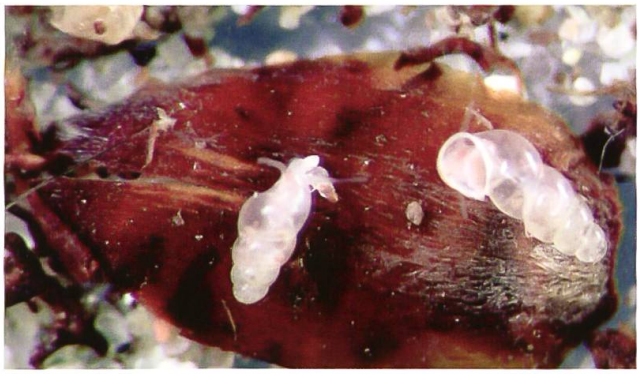
Einzelne typische krenobionte und krenophile Arten wie zum Beispiel die Köcherfliegenart *Potamophylax nigricornis* kamen in Quellen jeder Höhe vor und zeigten mit zunehmender Höhe auch eine höhere Dichte (Abb. 12). Andere wie die Gestreifte Quelljungfer (*Cordulegaster bidentata*), die gehäuse- resp. die netzbauenden Köcherfliegenarten *Synagapetus dubitans* und *Plectrocnemia geniculata* kamen nur bis in Höhen von 680 resp. 900 m vor. Ihre Dichte war teilweise negativ mit der Höhe korreliert (Abb. 13).

Die Quellen-Erbsenmuschel (*Pisidium personatum*) war in der Höhe nicht limitiert, zeigte jedoch in höher gelegenen Quellen ebenfalls einen Trend zu abnehmender Dichte.

Faunistische Charakterisierung der Quelltypen

Die Anzahl der Taxa in den untersuchten Quellen schwankte zwischen 1 und 38. Alluvial-Fliessquellen, Kalksinter-Fliessquellen und Karst-Fliessquellen besassen mit Mittelwerten zwischen 20 und über 32 Taxa den höchsten Taxareichtum. Mit einem Mittelwert von 32,25 waren die Karst-Fliessquellen die Spitzenreiter. Die Fliessquellen, linearen Quellen und Sickerquellen waren mit Mittelwerten zwischen 11 und 13 Taxa deutlich ärmer. Die künstlichen Quellaustritte befanden sich mit höchstens 17 Taxa zwischen diesen beiden Gruppen. Vor allem in den Fliessquellen, Sickerquellen und künstlichen Quellen variierte der Taxareichtum stark (Abb. 14).

Alpenstrudelwurm (*Crenobia alpina*)



Brunnenschnecke (*Bythiospeum* sp.)

Quellen-Erbsenmuschel (*Pisidium personatum*)

Höhlenflohkrebs (*Niphargus* sp.)

Gestreifte Quelljungfer (*Cordulegaster bidentata*)

Steinfliegen (*Leuctra braueri*)

Köcherfliegen (*Plectrocnemia geniculata*)

Köcherfliegen (*Potamophylax nigricornis*)

Abb. 9: Krenobionte und krenophile Arten in den untersuchten Quellen im Kanton Basel-Landschaft. Fotos: D. Küry, C. Eisenring, J. Zollhöfer.

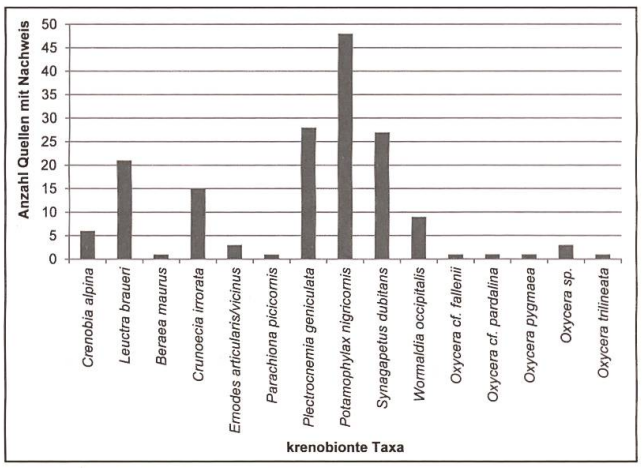


Abb. 10: Anzahl Quellen mit Nachweis krenobionter Taxa (Quellbewohner). Die Taxa gehören zu den Gruppen der Strudelwümer, Steinfliegen, Köcherfliegen.

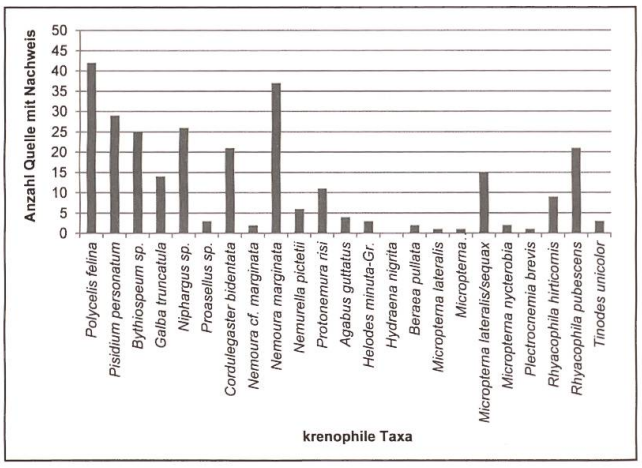


Abb. 11: Anzahl Quellen mit Nachweis krenophiler (quell-liebender) Taxa. Die Taxa gehören zu den Gruppen der Strudelwürmer, Muscheln, Schnecken, Krebstiere, Libellen, Steinfliegen, Käfer und Köcherfliegen.

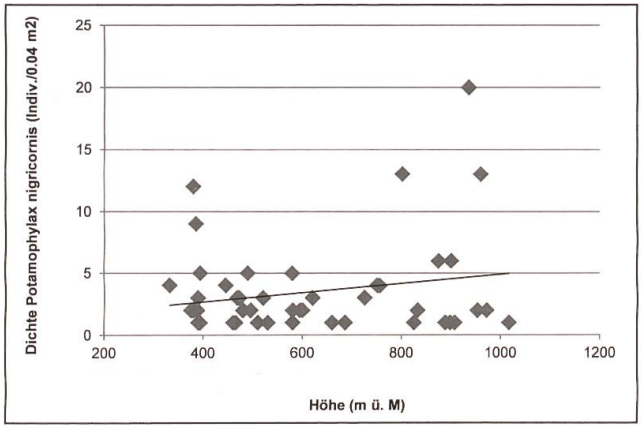


Abb. 12: Dichte der Köcherfliegenart *Potamophylax nigricornis* in Abhängigkeit der Höhe.

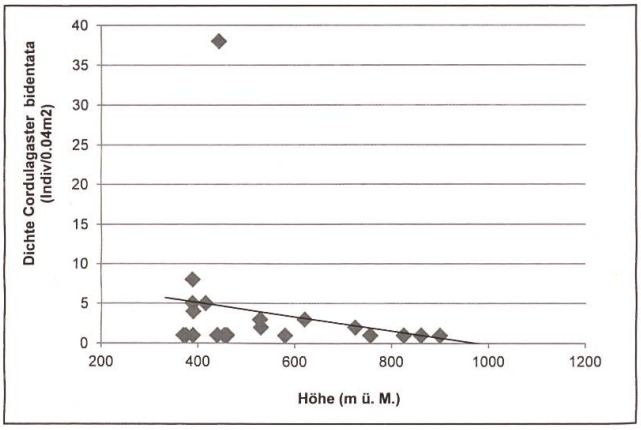


Abb. 13: Dichte der Gestreiften Quelljungfer (*Cordulegaster bidentata*) in Abhängigkeit der Höhe.

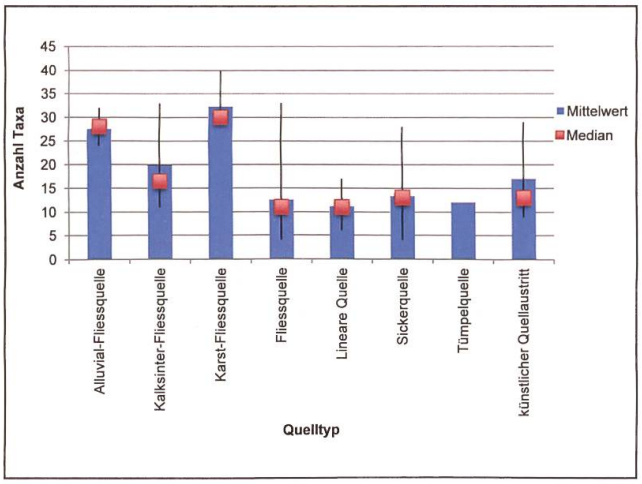


Abb. 14: Mittlere Anzahl Taxa und Mediane der untersuchten Quelltypen. Mit den schwarzen Balken sind die Maximal- und Minimalwerte wiedergegeben.

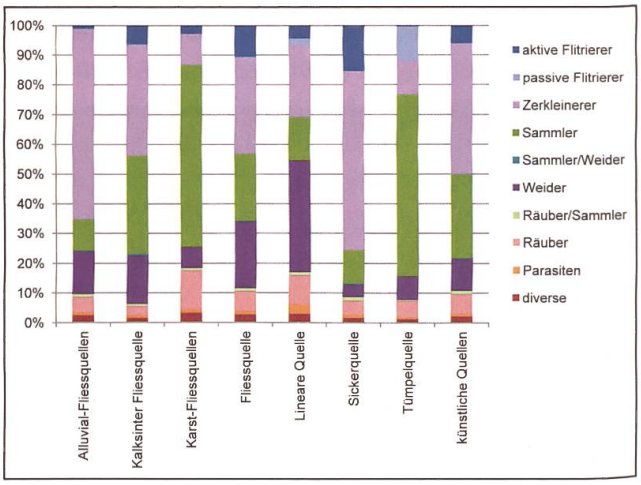


Abb. 15: Anteil der verschiedenen Ernährungstypen an der Gesamtabundanz des Makrozoobenthos in den verschiedenen Quellen.

Quelltyp	Mittlere Anzahl Taxa	Spanne Anzahl Taxa	Ziel- und Kennarten
Alluvial-Fliessquelle	27	24–32	*Niphargus* sp., *Proasellus* sp., *Synagapatus dubitans*
Kalksinter-Fliessquelle	20	11–33	(*Crenobia alpina*), (*Niphargus* sp.), *Cordulegaster bidentata, Leuctra braueri, Plectrocnemia geniculata, Potamophylax nigricornis, Wormaldia occipitalis*
Karst-Fliessquelle	32	29–40	*Pisidium personatum, Bythiospeum* sp., *Niphargus* sp., *Prosaellus* sp., *Synagapetus dubitans*
Fliessquelle	13	4–33	*Pisidium personatum, Potamophylax nigricornis*
Lineare Quelle	11	6–17	*Pisidium personatum, Cordulegaster bidentata, (Potamophylax nigricornis)*
Sickerquelle	13	4–28	*Pisidium personatum, Beraea* sp., *Crunoecia irrorata, Ernodes* sp.
Tümpelquelle	12	–	–
künstlicher Quellaustritt	17	9–29	–

Tab. 4: Quelltypen im Untersuchungsgebiet des Juras, Mittelwert und Spanne der Anzahl Taxa sowie Ziel- und Kennarten der jeweiligen Quelltypen.

Die Anteile der in der Gewässerökologie unterschiedenen Ernährungstypen an der Gesamtabundanz variierten stark von Quelltyp zu Quelltyp. Die Filtrierer (zum Beispiel Muscheln) besassen einen Anteil von maximal 15 % in den Sickerquellen. Die Zerkleinerer (zum Beispiel Bachflohkrebse) waren in den Alluvial-Fliessquellen und in den Sickerquellen mit einem Anteil von über 60 % dominant. Hohe Anteile über 30 % erreichten die Zerkleinerer zudem in den Kalksinter-Fliessquellen, den Fliessquellen und den künstlichen Quellaustritten. Die Hauptverbreitung der Sammler (darunter viele Steinfliegen- und Köcherfliegenlarven) war mit über 61 % am höchsten in den Karst-Fliessquellen und in der Tümpelquelle. Die Weider (zum Beispiel Schnecken) erreichten geringere Anteile. Sie waren in den linearen Quellen und den Fliessquellen mit 38 und 23 % am häufigsten. Generell selten waren die Räuber (zum Beispiel Libellen oder Schwimmkäfer). Ihr Anteil lag jeweils unter 10 % mit Ausnahme der Karst-Fliessquellen, wo er 13 % erreichte (Abb. 15).

Aufgrund der Verbreitung und der Stetigkeit wurde eine Zuordnung von Kenn- und Leitarten zu den Quelltypen im basellandschaftlichen Jura vorgenommen. Typische Arten in Fliessquellen generell waren *Pisidium personatum* und *Potamophylax nigricornis* (Tab. 4). Die Grundwassertiere *Bythiospeum* sp., *Niphargus* sp. und *Proasellus* sp. kamen schwerpunktmässig in stark schüttenden Karst-Fliessquellen vor. In den Alluvial-Fliessquellen traten die beiden Crustacea zusammen mit *Synagapetus dubitans* als Kennart auf. In den Kalksinter-Fliessquellen waren typisch: Gestreifte Quelljungfer (*Cordulegaster bidentata*), *Leuctra braueri* sowie die beiden netzspinnenden Köcherfliegenarten *Plectrocnemia geniculata* und *Wormaldia occipitalis*. In den linearen Quellen waren ergänzend zu den Arten der Fliessquellen keine weiteren typischen Arten vertreten, während in den Sickerquellen die Feinsediment bevorzugenden Köcherfliegentaxa *Beraea* sp., *Crunoecia irrorata* und *Ernodes* sp. als typische Arten auftraten. In der einzigen untersuchten Tümpelquelle konnten aufgrund ihrer Seltenheit keine Ziel- und Kennarten ermittelt werden.

Faunistische Bewertung
(Ökologische Wertesumme, ÖWS)

Aufgrund der Zusammensetzung des Makrozoobenthos wurden 23 Quellen (19,8 %) als quelltypisch und 37 (31,9 %) als bedingt quelltypisch eingestuft. Der Zustand der Lebensgemeinschaft weiterer 38 Quellen (32,8 %) war aufgrund der Ökologischen Wertesumme quellverträglich, während 17 Quellen (14,7 %) resp. eine Quelle (0,9 %) als quellfremd und sehr quellfremd eingestuft wurden (Abb. 16). Acht Quellen wurden nicht bewertet, weil aus unterschiedlichen Gründen keine mit einer ÖWZ

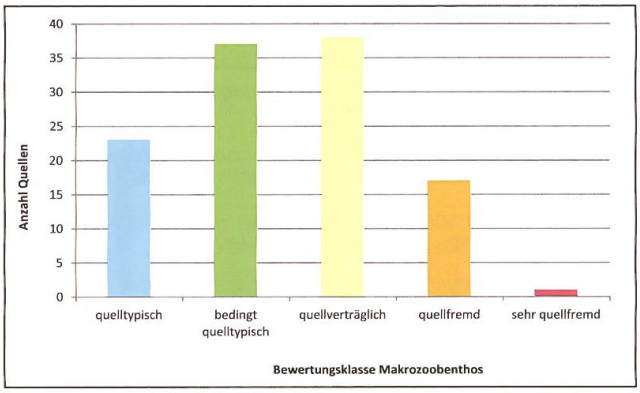


Abb. 16: Anzahl Quellen in den fünf Zustandsklassen der faunistischen Bewertung mit Hilfe der Ökologischen Wertesumme (ÖWS).

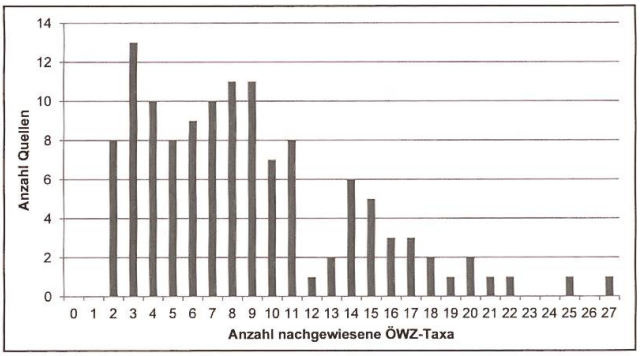


Abb. 17: Anzahl Quellen in Abhängigkeit der Taxa, die mit einer Ökologischen Wertezahl (ÖWZ) klassiert sind.

klassifizierten Makrozoobenthostaxa gefunden wurden.

In 95 Quellen wurden zwischen zwei und elf Taxa nachgewiesen, die mit einer Ökologischen Wertezahl (ÖWZ, Fischer 1996, Lubini et al 2010) klassifiziert waren (Abb. 17). In 25 Quellen wurden zwischen 12 und 20 ÖWZ-Taxa nachgewiesen, während nur in vier Quellen mehr als 20 klassifizierte Taxa vorkamen. In der durchschnittlichen Quelle des Untersuchungsgebiets kamen somit zwischen 6 und 7 ÖWZ-Taxa vor.

Die mittlere Ökologische Wertesumme (ÖWS) war in den Alluvial-, Kalksinter- und Karst-Fliessquellen mit Werten von 17,4 bis 18,3 am höchsten und lag in der Kategorie bedingt quelltypisch (Farbcode: grün). Das Mittel der ÖWS lag bei den Linearen Quellen, Sickerquellen und künstlichen Quellaustritten jeweils zwischen 13,0 und 13,9, was der Bewertungsklasse quellverträglich entspricht (Farbcode: gelb).

Ökologie der Quellen im Kanton Basel-Landschaft

Dichte, Austrittsform und Strukturbewertung

Von den 243 bekannten Quellen wurden mit 130 rund die Hälfte untersucht. Bezogen auf die Fläche der 30 untersuchten Gemeinden entspricht dies einer Dichte von 0.57 Quellen / km^2, wobei in einem Teil der Gemeinden nicht alle bekannten Quellen aufgesucht wurden. Für das gesamte Kantonsgebiet Kanton Basel-Landschaft (518 km^2) wird mit dem Vorkommen von 400 – 600 naturnahen und natürlichen Quellen gerechnet. Wenn man auch kleinere Quellen betrachtet, dürfte sich die Zahl vermutlich auf rund 800 erhöhen.

Unter den verschiedenen Quelltypen (Austrittsformen) war die klare Dominanz der unversinterten Fliessquellen unerwartet hoch. Dieser Quelltyp kam praktisch im gesamten Untersuchungsgebiet vor. Verglichen mit den Durchschnittswerten von 44 % aus Untersuchungen in Wäldern Bayerns (Galz & Hotzy 2011) ist der Anteil der Fliessquellen im Kanton Basel-Landschaft mit 61,5 % deutlich höher. Allerdings wurden auch in einigen Teilgebieten Bayerns Anteile von Fliessquellen zwischen 60 und 75 % erreicht. Aus anderen Gebieten Europas sind bisher keine vergleichbaren Kartierungen bekannt.

Der Anteil sickernder Quellaustritte war dementsprechend mit 15 % deutlich geringer als in Bayern (48 %), während der Anteil der linearen Quellen von 15 % in der gleichen Grössenordnung wie in Bayern (12 %) lag. Der kleine Anteil der Sickerquellen im Baselbiet kann mit der geringen Wasserhaltung des Kalkgesteins in den meist im Wald liegenden Quellen erklärt werden. Ausserhalb des Waldes ist der Boden oft tonreicher und wurde in der Vergangenheit als Kulturland urbar gemacht. Bis ins 19. Jahrhundert waren hier zweifellos viele Sickerquellen vorhanden. Diese sind in den 1940er-Jahren als Folge der Drainierung grosser Flächen im Offenland des Kantons Basel-Landschaft stark zurückgegangen (Contesse und Küry 2005, Küry 2009).

Der Schwerpunkt der Alluvialquellen in tiefen Lagen kann mit dem Vorkommen dieses Quelltyps im Bereich von Schwemmebenen erklärt werden, während die vergleichsweise hohe Lage der linearen Quellen mit der Feststellung von Zollhöfer (1997) übereinstimmt, dass die Mehrheit der Bachanfänge im Jura dem Austrittstyp linearer Quellen entsprechen. Bei den übrigen Quelltypen dürfte die Höhenverteilung der Quellen stark von der Wahl der 30 Gemeinden beeinflusst sein. Sie sind in allen Höhenlagen des Kantons Basel-Landschaft in vergleichbarer Häufigkeit zu erwarten.

Die gute bis sehr gute Bewertung der Struktur in über 86 % der Untersuchungsobjekte bestätigt, dass im Rahmen der Voruntersuchung weitgehend natürliche und unbeeinträchtigte Quellen ausgewählt worden sind. Es überrascht auch nicht, dass die Strukturwerte mit zunehmender Höhe kleiner werden und damit einen besseren Zustand anzeigen. Dies kann am ehesten auf die allgemein geringere Nutzungsintensität in den Wäldern und Weiden höherer Lagen zurückgeführt werden.

Tiergemeinschaften

Die taxareichsten Tiergruppen waren die Köcherfliegen und die Zweiflügler, was den Befunden von Zollhöfer (1997), Buser (2005), Fumetti et al. (2006) und Lubini (2007) entspricht. Die beiden Gruppen bilden damit das Grundgerüst der Lebensgemeinschaft in den meisten Quellen. Die Trichoptera stellten mit 41,2 % auch den höchsten Anteil an krenobionten und krenophilen Arten und waren in über drei Vierteln der untersuchten Quellen im Kanton Basel-Landschaft vertreten. Auch die Wenigborster und Flohkrebse gehören in den Quellen des Kantons Basel-Landschaft zu den verbreiteten Tiergruppen. Mit Ausnahme der Höhlenflohkrebse (*Niphargus* sp.) kamen in diesen Gruppen jedoch keine Taxa mit einer engen Bindung an Quellen vor.

Weitere wichtige Vertreter der Quellfauna waren die in rund der Hälfte der Quellen vorkommenden Steinfliegen, Käfer und Muscheln. Bei diesen war der Anteil krenobionter und krenophiler Arten mit 21,4 respektive 50 % sehr variabel. Die elf Eintagsfliegentaxa konnten deshalb nur in rund einem Sechstel der untersuchten Quellen nachgewiesen werden. Arten mit einer engen Bindung an Quellen fehlten. *Baetis nubecularis*, ein krenobionter Jura-Endemit (Lubini 2007, Lubini et al. 2010), konnte trotz der intensiven Untersuchung in keiner Quelle des Baselbieter Juras nachgewiesen werden. Als Gruppe mit je einer krenophilen und krenobionten Art wurden die Strudelwürmer in rund einem Drittel der untersuchten Lebensräume beobachtet. Die Ergebnisse zeigen zusammengefasst, dass Tiergruppen mit besonders vielen krenobionten und krenophilen Vertretern in Quellen in einer hohen Regelmässigkeit auftreten.

In den meisten Quellen ist nur eine faunistische Erhebung durchgeführt worden. Bei weiteren Untersuchungen sind deshalb Arten zu erwarten, die entweder aufgrund ihres Entwicklungszyklusses oder ihrer Seltenheit nicht gefunden wurden.

Mit durchschnittlich 13 Taxa pro Quelle lag die Diversität in einer vergleichbaren Grössenordnung wie bei Zollhöfer (2000). Sie war jedoch geringer als in 20 ungestörten Quellen des gleichen Untersuchungsgebiets, die von Fumetti et al. (2006) jedoch insgesamt achtmal beprobt worden sind. In zwei Untersuchungsjahren fanden diese im Mittel 20 Taxa.

Die Abnahme der Taxazahl mit zunehmender Höhe kann mit der offensichtlichen Höhenlimitierung einzelner typischer Quellbewohner (z.B. *Cordulegaster bidentata, Synagapetus dubitans*) erklärt werden. Dies entspricht den generellen Beobachtungen in aquatischen Habitaten, dass mit zunehmender Meereshöhe die Diversität des Makrozoobenthos kleiner wird (Lubini et al. 2010, Hinden et al. 2005, Landolt und Sartori 2001, Oertli 2000).

Faunistische Charakterisierung der Quelltypen

Bei den Untertypen der Fliessquellen waren deutliche Unterschiede der Diversität im Vergleich zu Zollhöfer (2000) zu erkennen: Die Anzahl Taxa in den Karst- und Kalksinterquellen war in der vorliegenden Untersuchung im

Schnitt zwei- bis dreimal so hoch wie in seiner Studie, während sie umgekehrt in den unversinterten Fliessquellen dieser Studie nur rund die Hälfte erreichte. Der Taxareichtum in Alluvialquellen und linearen Quellen der beiden Untersuchungen stimmen hingegen überein. Die Unterschiede können mit dem Ansatz der beiden Studien erklärt werden: Während Zollhöfer (2000) die Auswahl der Untersuchungsobjekte im Hinblick auf eine Typisierung der Quellen vornahm, versuchte die vorliegende Studie im Sinn eines Monitorings den aktuellen Zustand möglichst aller nicht gefassten Quellen zu beurteilen.

Die quelltypischen Arten kamen meist in weniger als einem Fünftel der Quellen vor. Die relativ verbreiteten Arten wie *Potamophylax nigricornis, Synagapetus dubitans, Plectrocnemia geniculata, Pisidium personatum* oder *Polycelis felina* besiedelten verschiedene Quellentypen, während zum Beispiel die Taxa *Crunoecia irrorata, Beraea* spp. und *Ernodes* spp. auf Sickerquellen beschränkt waren und eine begrenzte Verbreitung besassen. Mit *Plectrocnemia geniculata* befindet sich unter den verbreiteten Arten ein charakteristischer Besiedler der Kalksinter-Fliessquellen, während die übrigen Kennarten dieses Typs, wie zum Beispiel *Leuctra braueri* oder *Wormaldia occipitalis*, nur in wenigen Quellen vorkamen.

Die Zusammensetzung der Fauna in Quellen wird in erster Linie von der Beschaffenheit des Substrats sowie den Charakteristika des Abflusses und der Fliessgeschwindigkeit bestimmt (Minshall 1968, Bonetti und Cantonati 1996, Mori und Brancelj 2006, von Fumetti 2006, von Fumetti und Nagel 2011). Mit diesen Faktoren dürften auch die Unterschiede der Ernährungstypen zu erklären sein. Alluvialquellen werden dominiert von Zerkleinerern, die grobe Pflanzenteile wie Falllaub oder abgestorbene Uferpflanzen verwerten. In den strömungsreichen Karst-Fliessquellen waren die Sammler dominant, was aber den teilweise im gleichen Untersuchungsgebiet ermittelten Ergebnissen bei von Fumetti und Nagel (2011) widerspricht. In ihren Untersuchungen waren die Weider die charakteristischen Ernährungstypen der Karst-Fliessquellen. In der vorliegenden Studie waren die weidenden Taxa jedoch charakteristisch für die linearen Quellen und die unversinterten Fliessquellen, wo sie auf grobem Kies und Steinen den Aufwuchs abkratzen. Die Dominanz der Zerkleinerer und Sammler in Kalksinter-Fliessquellen entspricht den Erwartungen (von Fumetti und Nagel 2011). Quellen dieses Typs sind reich an grobem organischem Material wie Holz, Falllaub und Moose sowie reich an feinen organischen Partikeln, den Abbauprodukten der Zerkleinerer. Sickerquellen werden im Wald regelmässig von Falllaub bedeckt und im Offenland wird kontinuierlich Streu der Sumpf- und Ufervegetation eingetragen (von Fumetti und Nagel 2011). Daraus erklärt sich der hohe Anteil an Zerkleinerern in den Sickerquellen. Auch hier entsteht durch die Abbauleistung der Zerkleinerer viel feines organisches Material, das zusammen mit anorganischem Feinmaterial das Sediment bildet. Der Anteil der Filtrierer – vor allem Erbsenmuscheln (*Pisidium* spp.) – war in den Sickerquellen mit 15 % besonders hoch.

Die aufgrund ihrer Präferenzen vorgeschlagenen Kennarten der vorliegenden Untersuchung unterschieden sich mehr oder weniger stark von den mit Hilfe einer Clusteranalyse ermittelten charakteristischen Arten bei Zollhöfer (2000). In den Fliessquellen von Zollhöfer (2000) gehörten die beiden Kennarten der vorliegenden Studie, *Pisidium personatum* und *Potamophylax nigricornis*, mit Frequenzen von 0,6 und 0,85 ebenfalls zu den verbreiteten Arten. In den Alluvial-Fliessquellen der beiden Studien stimmt lediglich die Kennart *Synagapetus dubitans* überein. Die Kennarten der Kalksinter-Fliessquellen unterschieden sich vollständig von denjenigen bei Zollhöfer (2000), während die Kennarten *Niphargus* sp. *Proasellus* sp. und *Bythiospeum* sp. in den Karstquellen grösstenteils übereinstimmten. Im Gegensatz zu Zollhöfer (2000) wurden zur Ermittlung der Kennarten in der vorliegenden Untersuchung jedoch nur die krenobionten und krenophilen Arten berücksichtigt. Zudem beruht die Kennartenliste bei Zollhöfer (2000) nur auf 34 Quellen, während in der vorliegenden Studie 123 Quellen faunistisch untersucht wurden.

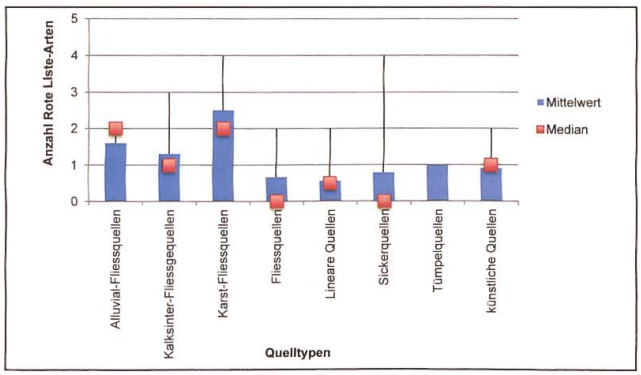


Abb. 18: Mittelwert, Median und Maximalwert der Anzahl Rote Liste-Arten in den unterschiedlichen Quelltypen.

Faunistische Bewertung der Quellen

Auf der Basis der Ökologischen Wertesumme ist die Lebensgemeinschaft in über 48 % der Quellen als lediglich quellverträglich oder quellfremd zu betrachten. Die Fauna dieser Objekte ist beeinträchtigt und im Hinblick auf das Erreichen eines guten ökologischen Zustands besteht ein Aufwertungsbedarf. Die starke Abweichung zwischen Strukturbewertungen und ökologischer Bewertung zeigt, dass viele Quellen äusserlich zwar einem naturnahen Lebensraum gleichen. Die Zusammensetzung des Makrozoobenthos ist jedoch deutlich beeinträchtigt. Die Ursachen für Verschlechterungen auf der Basis der faunistischen Bewertungen können einerseits stoffliche Belastungen aus punktuellen oder diffusen Quellen sein, andererseits aber auch beeinträchtigte oder fehlende Kleinstrukturen, die im Rahmen der Strukturbewertung nicht einfliessen. Die Abweichungen struktureller und faunistischer Bewertungsindices bei einer Vielzahl von Quellen unterstützt die Empfehlung, dass der Zustand der Quellen nicht nur mit der rasch und einfach zu ermittelnden Struktur, sondern auch mit der Berechnung der Ökologischen Wertesumme (ÖWS) für die Fauna bestimmt wird.

Bedrohung der Quellen und ihrer Lebensgemeinschaften

Insgesamt 59 nachgewiesene Arten stammen aus den Gruppen der Mollusken, Eintagsfliegen, Steinfliegen und Köcherfliegen, für die schweizerische Rote Listen erarbeitet wurden. Von diesen waren 14 (24 %) in den Roten Listen als gefährdet oder potenziell gefährdet aufgeführt (Anhang 2). Je eine Art ist als stark gefährdet (EN) und verletzlich (VU) und zwölf weitere Arten sind als potenziell gefährdet (NT) eingestuft (Gonseth und Monnerat 2002, Lubini et al. 2012).

In zwei Quellen wurde ein Maximum von vier Rote Liste-Arten erreicht, während in drei Quellen drei und in 25 Quellen zwei Rote Liste-Arten nachgewiesen wurden. In 41 Quellen kam eine Rote Liste-Art vor und in 53 Quellen wurde keine bedrohte Art gefunden.

Die Quelltypen unterschieden sich in der Anzahl Rote Liste-Arten (Abb. 18). Das grösste Potenzial als Lebensraum für bedrohte Quellenarten besitzen demnach die Alluvial-, Kalksinter- und Karst-Fliessquellen. Gelegentlich waren aber auch Sickerquellen, lineare Quellen und künstliche Quellaustritte bedeutende Lebensräume für gefährdete Quellbewohner.

Quellen wurden vom Menschen schon immer in unterschiedlicher Form genutzt. In der Schweiz stammen rund 40 % des Trinkwassers aus Quellen (SVGW 2008). Im Schweizer Mittelland und Jura sind heute mehr als 90 % der ursprünglich vorhandenen Quellen gefasst oder als Lebensraum stark beeinträchtigt (Zollhöfer 1997, Küry 2009).

Die wichtigste Ursache für den Rückgang im Kanton Basel-Landschaft ist die Drainage von Landwirtschaftsflächen. Hier wurden einerseits grossflächig Sickerquellen entwässert und trockengelegt. Andererseits wurde das Wasser der Fliessquellen im Offenland häufig in Rohre gefasst und an die weiter unten liegenden Waldränder geleitet. Dort bilden sie jetzt künstliche Quellaustritte (Zollhöfer 1997).

Das Siedlungswachstum in allen Teilen des Kantons Basel-Landschaft hat zu einem erhöhten Wasserverbrauch geführt. Heute stammen rund 6 % des Trinkwassers aus Quellen (Auckenthaler 2009). Noch im 20. Jahrhundert wurden in einzelnen Gemeinden des Kantons neue Quellen zur Trinkwasserversorgung gefasst. Andererseits mussten in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts viele Quellfassungen wegen unzureichender oder stark

schwankender Wasserqualität stillgelegt werden. Auf einen Rückbau der nicht mehr benötigten Fassungsbauwerke wurde jedoch in der Regel verzichtet.

Verbauungen oder eine einfache Fassung von naturnahen Quellen – zum Beispiel zur Errichtung von Waldbrunnen – finden auch gegenwärtig immer wieder statt. Mit den Verbauungen werden die kleinräumigen und empfindlichen Lebensraumstrukturen der Quellbewohner zerstört.

Quellen und Quellbäche werden oft zur Ablagerung von Mähgut oder Gehölzschnittgut verwendet. Meist sind Quellen am Waldrand mehr oder weniger stark von diesen Entsorgungen betroffen. Als Folge der wilden Deponien können Wasserinsekten jedoch die Gewässeroberfläche nicht mehr erkennen und eine Besiedlung wird verunmöglicht (Wildermuth und Küry 2009).

Bei der Anlage neuer Strassen im Offenland und beim Bau von Waldwirtschaftswegen sind oftmals naturnahe Quellen tangiert. Im Bereich des vorgesehenen Trassees werden Quellen in der Regel drainiert und abgeleitet.

Die verbleibenden wenigen Quellen im Offenland sind in hohem Mass durch den Eintrag von Nährstoffen wie Nitrat oder Pestiziden bedroht. In nährstoffreichen und überdüngten Quellen des Landwirtschaftsgebiets wachsen Pflanzen ausserordentlich stark und verdecken rasch die Wasseroberfläche. Konkurrenzschwache Pflanzen der Quellfluren werden dadurch verdrängt und die im Flug nach geeigneten Lebensräumen suchenden Quellbesiedler können die Wasseroberfläche nicht mehr erkennen (Wildermuth und Küry 2009).

Wenn Quellaustritte im Weidegebiet für das Vieh zugänglich sind, treten oft grossflächig Trittschäden auf. Die typischen Quellstrukturen werden zerstört, was zum Aussterben der Pflanzen- und Tiergemeinschaften führen kann (Zollhöfer 1997, Barquin und Scarsbrook 2008).

An einzelnen Orten wurde beobachtet, dass Einrichtungen zur Erholungsnutzung wie Picknickplätze oder Sitzbänke unmittelbar neben naturnahen Quellen liegen. Als Folge einer intensiven Nutzung dieser Einrichtungen sind die Lebensgemeinschaften bedroht.

In wenigen Fällen wie dem Chätzlisbächli in Rünenberg wird der Quellbach mit dem gereinigten Abwasser der Kläranlage Rünenberg Süd belastet (AUE 2002). Für die Jahre 2013 und 2014 ist die Aufhebung dieser ARA vorgesehen.

Weitere Gefährdungen für die Quell-Lebensgemeinschaften können von den folgenden Tätigkeiten ausgehen, die jedoch im Kanton Basel-Landschaft eine untergeordnete Bedeutung haben dürften: Grundwasserentnahmen, Gewässerverbauungen, Abholzung von Wäldern, Einführung exotischer Arten.

Werden die verbleibenden naturnahen Quellen gefasst oder ihr Wasser genutzt, ist mit einer Beeinträchtigung der Lebensgemeinschaft und einem massiven Verlust der Biodiversität zu rechnen. Die meisten Rote Liste-Arten der Plecoptera besiedeln Quellen und kalte Gebirgsbäche (Lubini 2012). Aufgrund der hohen Zahl gefährdeter Bewohner gehören Quellen somit zu den gefährdetsten Lebensräumen der Schweiz.

Da flächendeckende Erfassungen der Quellen und ihrer Lebensgemeinschaften bis heute fehlen, kann die aktuelle Gefährdung der Quellorganismen im Moment nur schwer abgeschätzt werden. So halten sich beispielsweise acht Libellenarten (rund 10 %) regelmässig in Quellen auf (Wildermuth und Küry 2009). Darunter die Gestreifte Quelljungfer (*Cordulegaster bidentata*). Von diesen Libellen ist jeweils eine Art vom Aussterben bedroht (critically endangered, CR), stark gefährdet (endangered, EN) und potenziell gefährdet (near threat, NT). Alle gefährdeten Arten besiedeln Quellen im Offenland. Bei den Trichoptera und Plecoptera leben 20 % resp. 8 % der Arten in Quellen (Lubini 2007, Lubini et al. 2012). Die Verbreitung der zahlreichen quellbewohnenden Arten der Zweiflügler (Diptera) ist in der Schweiz nur schlecht untersucht.

Bestenliste der Quellen

Unter den 26 besten Quellen des Kantons Basel-Landschaft wurden Lebensräume mit einer quelltypischen Fauna (ÖWS ≥ 20) und / oder einem Nachweis von drei oder mehr Rote Liste-Arten zusammengefasst (Tab. 5). Die drei Top-Quellen in der Bestenliste liegen in Reigoldswil. Weitere befinden sich in Ziefen und Bubendorf, ebenfalls

im Tal der Hinteren Frenke. Mit acht Quellen befanden sich in diesem Tal die meisten Objekte der Bestenliste. Mit je sechs Quellen der Bestenliste lagen ebenfalls viele naturschützerisch wichtige Quellen im Tal der Vorderen Frenke und im oberen Ergolztal. Mit drei Quellen unter den Besten war das Birsigtal mit einer verhältnismässig hohen Zahl von Objekten vertreten. In den kleineren Einzugsgebieten des Arisdörferbachs, der Lüssel und des Homburgerbachs war nur je eine Quelle in der Bestenliste.

Die Kombination der Anzahl Rote-Listen-Arten und der ökologischen Wertesumme zur Ermittlung der besten Quellen kann mit einer Korrelation zwischen den beiden Parametern gerechtfertigt werden. Zudem ergänzen sich auch die Bewertungsansätze. Während die Ökologische Wertesumme (ÖWS) ein Mass für die Bindung an den Lebensraum Quelle darstellt, liegen der Einstufung von Tieren der Roten Listen die Seltenheit und der Rückgang der Arten zugrunde.

Code	Gemeinde	Name	Quelltyp	ÖWS	RL-Arten
53.1793	Reigoldswil	Hintere Frenke	Fliessquelle	45.00	1
53.1800	Reigoldswil	Wasserfallen	Kalksinter-Fliessquelle	41.71	1
53.1798	Reigoldswil	Bachmatten	Kalksinter-Fliessquelle	29.50	0
72.2112	Ziefen	Gorisen 2	Fliessquelle	28.80	1
15.1232	Bubendorf	Sunnweid	Lineare Quelle	28.00	0
64.1981	Therwil	Chäppelibach	Fliessquelle	27.20	1
67.2028	Waldenburg	Schellenberg 2	Kalksinter-Fliessquelle	25.25	3
4.1051	Arboldswil	Chollmatt	Kalksinter-Fliessquelle	25.00	0
5.1072	Arisdorf	Erlenbächli	Sickerquelle	24.00	4
56.1856	Rothenfluh	Odentalbächli gefasst	Fliessquelle	24.00	0
34.1513	Langenbruck	Oberer Dürrenbergbach	Sickerquelle	22.67	0
64.1984	Therwil	Fleischbach	Künstliche Quelle	22.50	0
15.1236	Bubendorf	Ried neu	Tümpelquelle	22.29	1
72.2111	Ziefen	Gorisen 1	Fliessquelle	21.88	1
39.1615	Liestal	Röserntal V4	Künstliche Quelle	21.80	2
39.1612	Liestal	Röserntal V59b	Alluvial-Fliessquelle	21.78	2
83.2281	Roggenburg	Hammerschmiede 1	Kalksinter-Fliessquelle	21.50	0
34.1503	Langenbruck	Schöntalbach 2	Fliessquelle	21.00	2
67.2021	Waldenburg	Nünbrunnenbach	Fliessquelle	20.91	1
24.1373	Gelterkinden	Zangenbächli	Fliessquelle	20.00	0
29.1441	Hölstein	Bannholden 1	Lineare Quelle	20.00	1
47.1712	Oberwil	Neusatzbächli	Fliessquelle	20.00	0
52.1782	Ramlinsburg	Buchholden	Fliessquelle	20.00	0
58.1884	Rünenberg	Chrintelbach Rü2	Karst-Fliessquelle	18.97	4
56.1841	Rothenfluh	Dübach gross	Kalksinter-Fliessquelle	17.43	3
56.1865	Rothenfluh	Dübach Hauptquelle	Kalksinter-Fliessquelle	16.63	3

Tab. 5: Tabelle der 26 «besten Quellen» im Kanton Basel-Landschaft bewertet auf der Grundlage der Ökologischen Wertesumme (ÖWS) und der Anzahl Rote Liste-Arten (RL-Arten).

Schutz und Förderung der Quellen im Kanton Basel-Landschaft

Für den Schutz und die Förderung der naturnahen schützenswerten Quell-Lebensräume sind im Optimalfall ihre Zahl und ihre Lage sowie die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften bekannt. Für diese Quellen werden auf der Basis der tatsächlichen oder potenziellen Beeinträchtigungen Massnahmen zum Schutz oder zum schonenden Umgang mit den Quell-Lebensräumen formuliert.

Ziele und Konzept zum Schutz bedrohter Quell-Lebensräume

Die übergeordneten Ziele sind der Schutz und die Förderung der unbeeinträchtigten Quell-Lebensräume in ihrer Ausdehnung sowie das Erhalten ihrer Flora und Fauna. Besonders wichtig ist das Beibehalten der Schüttung und des Abflussregimes, die sich in Untersuchungen als bestimmend für die Zusammensetzung der Fauna erwiesen haben (Buser 2005, von Fumetti 2006).

Die extensive Nutzung im Bereich von naturnahen Quellen oder in ihrer unmittelbaren Umgebung soll erhalten werden. An vielen Orten kann die Nutzungsintensität weiter reduziert werden. In jedem Fall sind Nutzungen und Intensivierungen zu vermeiden, die der Lebensgemeinschaft schaden (Barquin und Scarsbrook 2008).

Die Prioritäten des Schutzes richten sich nach dem Grad der Bedrohung und der Seltenheit der Lebensräume. Im Mittelland und in den tieferen Lagen des Juras ist der Schutz der Quellen im Offenland aufgrund ihres starken Rückgangs prioritär. Die verbliebenen naturnahen Offenland-Quellen sind zu schützen und als Lebensraum aufzuwerten. Die meisten naturnahen Quellen liegen im Wald. Hier besteht die Hauptaufgabe in der Erhaltung und Aufwertung der natürlichen und naturnahen Lebensräume im Rahmen der Waldbewirtschaftung.

In vielen Fällen sind die Quellen nicht mehr sichtbar sowie stark beeinträchtigt oder verrohrt und müssen mittels Ausdolungen wieder zum Vorschein gebracht werden.

Die Ziele bilden ebenfalls die Richtschnur für die Erfolgskontrolle. In ihnen sind Indikatoren zu definieren, die eine Überprüfung der verschiedenen Aspekte der Entwicklung oder des Zustands der Lebensräume erlauben. Eine regionale Ziel- und Leitartenliste, wie sie in dieser Studie formuliert wurde, ermöglicht eine Ausrichtung der Massnahmen auf die ökologischen Ansprüche der Arten. Die Ziele können auf der qualitativen oder auf der quantitativen Ebene definiert werden. Das Vorkommen einer bestimmten Art kann als qualitatives Ziel und die Mindestgrösse des Bestands einer Art als quantitatives Ziel festgelegt werden.

Die Zuständigkeit für Quellen ist im Kanton Basel-Landschaft auf verschiedene Verwaltungsstellen aufgeteilt. Quellen im Wald fallen in die Kompetenz der Forstverwaltung, und in der Regel kennen die Förster diese Quell-Lebensräume am besten. Die Unterschutzstellung der Quell-Lebensräume im Sinn des Naturschutzgesetzes muss durch die Abteilung Natur und Landschaft in Amt für Raumplanung erfolgen. Die Rechte einer Fassung und Nutzung des Wassers stehen, sofern dies nicht im Grundbuch anders vermerkt ist, dem Grundeigentümer zu. Zuständig für die Qualität des Quellwassers, das effektiv oder potenziell genutzt wird, ist das Kantonale Laboratorium. Die Festlegung der Grundwasserschutzzonen liegt in der Verantwortung des Amts für Umweltschutz und Energie (AUE). Informationen zur historischen Situation vor der Anlage von Drainagen sind bei der Meliorationsfachstelle erhältlich, und für die Bewirtschaftungsbeiträge an die Pflege naturnaher Quell-Lebensräume im Kanton Basel-Landschaft ist das Landwirtschaftliche Zentrum Ebenrain zuständig.

Die Kompetenzen der Gemeinden sind unterschiedlich. Oft sind sie Eigentümer der lokalen Trinkwasserquellen. Sie können auch natürliche Quell-Lebensräume als kommunale Naturschutzobjekte erhalten und aufwerten.

Sollen Quellen unter Schutz gestellt werden, ist deshalb ein interdisziplinäres Vorgehen notwendig. Projekte werden aber in der Folge auch komplex, weil oft 3 bis 4 Partner an einen Tisch gebracht und gar zusätzlich die benachbarten Grundeigentümer und Bewirtschafter einbezogen werden müssen.

Ansätze zum Schutz der Quell-Lebensräume

Obwohl in vielen Naturschutzgesetzen und -konzepten nicht explizit als schützenswert aufgelistet, müssen Quellen aufgrund ihres Artenreichtums und ihres Rückgangs als Lebensräume mit einem Anspruch auf eigenständige Förderung und Schutz betrachtet werden. Besonders wertvolle Objekte sollen gezielt gesucht, erfasst, geschützt und falls notwendig aufgewertet werden.

In einigen Fällen kommen Synergien zwischen den Nutzungen sowie dem Schutz und der Förderung von Quell-Lebensräumen vor. Die Gewinnung von Trinkwasser aus Quellen setzt eine Ausscheidung von Grundwasserschutzzonen voraus, in denen die übrigen Nutzungen wie Landwirtschaft, Bau von Verkehrswegen nachrangig eingestuft werden. Intakte Quell-Lebensräume, die in diesen Schutzzonen oder in deren unmittelbarer Nachbarschaft liegen, profitieren ebenfalls davon.

Andere Nutzungen wie die Errichtung von Einrichtungen für das Gesundheitswesen (Wassertretbecken für Kneippkuren, Entnahme von Heilwasser aus Quellen) oder Quellen mit mythisch-religiöser Bedeutung sind gelegentlich als offene Becken gestaltet. Diese können aufgewertet werden, indem beispielsweise der Boden- und der Seitenbereich der Becken nicht verbaut werden.

Im Rahmen der Ökobeiträge in der Landwirtschaft kann eine regelmässige Mahd von Quellen und Quellbächen im Offenland erreicht werden. Dadurch wird eine Verkrautung und Verbuschung des Lebensraums verhindert.

Der Schutz und die Förderung von Quellen soll auch bei der Pflege von Naturschutzgebieten mit einem Fokus auf andere Lebensraumtypen explizit berücksichtigt und gefördert werden. Insbesondere bei der Bewirtschaftung der Wälder sollen Bereiche mit Quell-Lebensräumen von der intensiven Nutzung ausgenommen werden.

Historische Quell-Fassungen sind teilweise Lebensräume von Höhlenflohkrebsen, Höhlenasseln und weiteren Arten der Grundwasserfauna. Im Zusammenhang mit früheren Quellfassungen bietet sich eine Vielfalt an Themen, mit denen die Bevölkerung auch für den Schutz und die Förderung von Lebensgemeinschaften sensibilisiert werden kann (Küry et al. 2007).

Aktionsplan zum Schutz und zur Förderung der Lebensgemeinschaften in Quellen

Oft bewirken bereits kleine Eingriffe oder Verhaltensänderungen bedeutende Verbesserungen des Zustands von Quellen. Ein Aktionsplan «Quellen ans Licht!» soll den Schutz und die Aufwertung von Quellen fördern. Praktische Hinweise zum Schutz und zur Aufwertung von Quellen sind in verschiedenen Werken zugänglich (z. B. Wildermuth und Küry 2009). Im Hinblick auf einen Quellenschutz im Kanton Basel-Landschaft sollen die folgenden 14 Punkte berücksichtigt werden (Küry 2009):

- *Vollständige Bestandesaufnahme der Quellen*: Quellen sind wie in den meisten Ländern (Barquin & Scarsbrook 2008) in den kommunalen Naturschutzinventaren nicht erfasst. Ihre Lage, ihre Struktur und möglichst auch ihre Lebensgemeinschaft (Makrofauna und Flora) sollen in künftigen Revisionen der Ortsplanung erhoben werden. Auf dieser Basis kann ihr Wert ermittelt und ein Schutzkonzept formuliert werden kann.
- *Schutz bedrohter Quellen*: Besonders grosse und typische Quellen sowie bekannte Vorkommen gefährdeter Quell-Arten sollen als Naturschutzobjekte oder Naturschutzzonen geschützt werden. Dies gilt insbesondere für die in der Bestenliste aufgeführten Quellen.
- *Eindolung wenn immer möglich vermeiden*: Die Eindolung naturnaher Quellen vor allem im Offenland wird durch gesetzliche Vorschriften verhindert. Auf neu erschlossenem Bauland werden Quellen beispielsweise in die Umgebungsgestaltung einbezogen und allenfalls umgeleitet, keinesfalls aber eingedolt.
- *Öffnung gefasster Quellen*: Wenn Brunnstuben gefasster Quellen nach einer Nutzungsaufgabe nicht mehr gereinigt und unterhalten werden, kann sich in ihnen eine reiche Tiergemeinschaft entwickeln. Wird das Wasser in aufgegebenen Brunnstuben im Wald nicht mehr ins Wassernetz abgeleitet, kann sich ein neuer

Quellbach bilden, der mit der Zeit von typischen Lebensgemeinschaften besiedelt wird (Zollhöfer 1997). Unterirdische Ableitungen in nahgelegene Bachläufe werden aufgehoben. An ihrer Stelle kann sich ein Quellbach entwickeln.

- *Revitalisierung von Quell-Lebensräumen*: Viele beeinträchtigte Quellen können mit relativ geringem Aufwand in einen naturnahen Zustand überführt werden. Verbauungen wie Betonhalbrohre oder Betonrinnen werden entfernt.
- *Ausdolung von Bachoberläufen und Bachanfängen*: In landwirtschaftlich genutzten Gebieten werden eingedolte Quellbäche, die meist bis zum untenliegenden Waldrand eingedolt sind, wieder ans Licht geholt.
- *Wiederherstellung von Sickerquellen und kleinen Quellrinnsalen*: In vielen Gebieten treten nach über 60 Jahren Nutzung Schäden am Drainagesystem auf. Die bestehenden Entwässerungen werden offen in naturnah gestalteten Gräben geführt oder Bereiche der drainierten Flächen werden durch eine Schliessung der Entwässerungsrohre wieder in Sickerquellen überführt.
- *Waldbewirtschaftung*: Durch eine rücksichtsvolle Bewirtschaftung können Tritt- und Fahrzeugschäden in Sumpfquellen im Wald vermieden werden. Bei der Planung und dem Unterhalt von Wirtschaftswegen im Wald ist auf Quellen Rücksicht zu nehmen. Forstabfälle wie Astmaterial nicht in Quellen oder Quellabflüssen liegen lassen.
- *Schnitt- und Mähgut*: In Quellen abgelagertes Schnitt- und Mähgut wird entfernt (Wildermuth und Küry 2009). Die Verursacher werden über den Wert und die Bedrohung der Quell-Lebensräume informiert. Gelegentlich wird in Quellen Zivilisationsmüll abgelagert. Durch Information der Bevölkerung und Kontrollen soll die Rücksichtnahme auf Quell-Lebensräume erreicht werden.
- *Dünger- und Pestizideintrag vermeiden*: Im Einzugsgebiet und Umfeld von Quellen ist auf den Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden zu verzichten.
- *Verlandung von Offenlandquellen verhindern*: Verschilfende Hangquellmoore und mit Seggen überwachsene Quellen im Offenland regelmässig mähen und Schnittgut abführen. In besonders nährstoffreichen Situationen soll abschnittsweise ein Frühschnitt im Mai/Juni durchgeführt werden (Wildermuth und Küry 2009).
- *Trittschäden vermeiden*: Auf Weiden werden durch eine Auszäunung einzelner Quellbereiche Trittschäden durch Vieh verhindert. Damit werden die Quell-Lebensräume aufgewertet (Zollhöfer 1997, Scarsbrook et al. 2007).
- *Information Fachpersonen*: In der Ausbildung des Personals der Behörden und der relevanten Berufsgruppen (Planer, Ingenieure, Landwirte und Waldbewirtschafter) wird im Rahmen von Kursen die Bedeutung der Quellen als Lebensräume thematisiert.
- *Information der Bevölkerung*: Quellen und ihre Lebensräume sind bei der Bevölkerung nicht oder nur schlecht bekannt (Suter et al. 2007). Mit gezielten Informationen ist auf die Bedeutung von Quellen als wertvolle und bedrohte Lebensräume hinzuweisen (Küry et al. 2007, Küry und von Scarpatetti 2007, 2008, 2011).

Dank

Die Untersuchung wurde finanziell unterstützt vom Swisslos-Fonds Basel-Landschaft, vom Bundesamt für Umwelt (BAFU), von der Singenberg-Stiftung und vom Gewässerschutzverband Nordwestschweiz. Ein Dank für die Anregung und die aufwendigen Vorarbeiten bei der Suche der Quellen geht an Heinz Handschin. Zur Auswertung wurden Daten der Arbeiten von Claudia Eisenring, Véronique Lienhard, Eva Scherrer, Anja Accoto aus den Jahren 2010 und 2011 verwendet. Stefanie von Fumetti und Susanne Hablützel-Buser stellten Ergebnisse ihrer Untersuchungen der Jahre 2003–2005 zur Verfügung. Die Auswertungen der grossen Datenmengen und die Abfassung des Berichts wurden von Véronique Lienhard, Claudia Eisenring, Dominik Scheibler, Christopher Mani, Livia Baumgartner und Angelika Haaser unterstützt.

Literatur

Accoto A. 2010: Quelluntersuchungen im Kanton Basel-Landschaft. Semesterarbeit Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften, Wädenswil. Unveröff. Manuskript 59 S. + Anhang

Amman G. 2001: Friedrich Mühlberg. 100 Jahre «Quellenkarte des Kantons Aargau». Umwelt Aargau, Sondernummer 11: 1–60

Auckenthaler A. 2009: Nutzung von Grund- und Trinkwasser im Kanton Basel-Landschaft. In: Kommission für das Baselbieter Heimatbuch (Hrsg.), Wasser lebendig, faszinierend, gefährlich. Baselbieter Heimatbuch 27: 255–266.

AUE, Amt für Umweltschutz und Energie Basel-Landschaft 2002: Zustand der Oberflächengewässer in der Gemeinde Rünenberg. Unveröff. Bericht, Liestal.

Baltes B., S. von Fumetti, D. Küry, S. Buser, E. Contesse & P. Nagel 2004: Entwurf Quellkartierbögen Basel-Landschaft. Unveröff. Manuskript, 9 S.

Barquin J., Scarsbrook M. 2008: Management and conservation strategies for coldwater springs. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 18: 580–591.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) 2008: Aktionsprogramm Quellen, Teil 1: Bayerischer Quelltypenkatalog, Arten- und Lebensraumschutz, Umwelt Spezial, 98 S.

Bornhauser K. 1913: Die Tierwelt der Quellen in der Umgebung Basels. Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, Supplementum 5: 1–90.

Boschi C., R. Bertiller & T. Coch 2003: Die kleinen Fliessgewässer. Bedeutung – Gefährdung – Aufwertung. Zürich, 120 S.

Buffagni A., M. Cazzola, M. J. López-Rodríguez, J. Alba-Tercedor & D. G. Armanini 2009. Distribution and Ecological Preferences of European Freshwater Organisms. Volume 3. Ephemeroptera. Schmidt-Kloiber A. & D. Hering Editors, Pensoft Publisher, Sofia-Moskow, 254 S.

Buser S. 2005: Habitatwahl und Substratpräferenzen bei quellbesiedelnden Trichopteren. Diplomarbeit Universität Basel Unveröff. Manuskript, 72 S.

Contesse E. & D. Küry 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

Eisenring C. 2011: Makrozoobenthos in naturnahen Quellen verschiedener Höhen im Basler Jura mit Vergleich verschiedener Nachweismethoden für Köcherfliegenarten (Trichoptera). Bachelorarbeit Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften, Wädenswil. Unveröff. Manuskript 59 S. + Anhang

Fischer, J., 1996: Bewertungsverfahren zur Quellfauna. Crunoecia 5: 227–240.

Fumetti von S., P. Nagel, N. Schleifhacken & B. Baltes 2006: Factors governing macrozoobenthic assemblages in perennial springs in north-western Switzerland. Hydrobiologia 568: 467–475.

Fumetti von S., P. Nagel & B. Baltes 2007: Where a springregion becomes a springbrook – a regional zonation of springs. Fundamental and Applied Limnology 169: 37–48.

Fumetti von S. & P. Nagel 2011: A first approach to a faunistic crenon typology based on functional feeding groups. Journal of Limnology 70 (Suppl. 1): 147–154.

Galz S. & R. Hotzy 2011: Quellschutz im Staatsforst, Endbericht. Hrsg: Bayerische Staatsforsten und Landesverband für Vogelschutz, Hilpoltstein, 49 S.

Gonseth Y. & C. Monnerat 2002: Rote Liste der gefährdeten Libellen der Schweiz. BUWAL-Reihe Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna (Hrsg.). Bern und Neuenburg. 46 S.

Graf, W., J. Murphy, J. Dahl, C. Zamora-Munoz & M.J. López-Rodríguez 2008: Distribution and Ecological Preferences of European Freshwater Organisms. Volume 1. Trichoptera. Pensoft, Sofia-Moscow, 388 S.

Graf, W., A.W. Lorenz, J.M. Tierno De Figueroa, S. Lücke, M.J. López-Rodríguez & C. Davies 2009: Distribution and Ecological Preferences of European Freshwater Organisms. Volume 2. Plecoptera, Pensoft, Sofia Moscow, 262 S.

Handschin H. 2009: Quellen in den Gemeinden des Kantons Basel-Landschaft. Unveröff. Manuskript, ohne Paginierung.

Hinden H., B. Oertli, N. Menetrey, L. Sager & J.-B. Lachavanne 2005: Alpine pond biodiversity: what are the related environmental variables? Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 15: 613–624.

Küry D. 1994: Die Wirbellosenfauna der Fliessgewässer in der Region Basel. Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel 104: 19–44

Küry D. 2009: Quellen als Lebensräume. In: Kommission für das Baselbieter Heimatbuch (Hrsg.), Wasser lebendig, faszinierend, gefährlich, Baselbieter Heimatbuch 27: 81–93.

Küry D. & B. von Scarpatetti 2007: QuellenNachrichten 1, 4 S.

Küry D. & B. von Scarpatetti 2008: QuellenNachrichten 2, 4 S.

Küry D. & B. von Scarpatetti 2011: QuellenNachrichten 3, 4 S.

Küry D., S. Kärcher & B. von Scarpatetti 2007: Reich der Quellen. Ausstellung und Veranstaltungen, Binningen 2007 (Katalog zur Ausstellung «Reich der Quellen», Ortsmuseum Binningen), 30 S.

Landolt P. & M. Sartori 2001: Ephemeroptera in Switzerland. In: Dominguez E. (ed.), Trends in Research in Ephemeroptera and Plecoptera, 285–299.

Lienhard V. 2010: Naturnahe und natürliche Quellen im Kanton Basel-Landschaft. Untersuchung des Gradienten Quelle – Bachoberlauf. Bachelorarbeit Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften, Wädenswil. Unveröff. Manuskript 54 S. + Anhang

Lubini V. 2007: Quelltypische Fauna, Quelltypen und Bewertung. Unveröff. Beitrag zum SANU-Kurs «Quellen und Quellgewässer», Biel, 8 S.

Lubini V., P. Stucki, & H. Vicentini 2010: Ökologische Bewertung von Quellen, Methoden. Unveröff. Bericht für das BAFU (Sektion Arten- und Biotopschutz), Bern, 30 S.

Lubini V., S. Knispel, M. Sartori, H. Vicentini & A. Wagner 2012: Rote Listen Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern und Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1212, 111 S.

Minshall, G.W. 1968. Community dynamics of the benthic fauna in a woodland springbrook. *Hydrobiologia*, 32: 305–339.

Mori, N. & A. Brancelj. 2006. Macroinvertebrate communities of karst springs of two river catchments in the Southern Limestone Alps (the Julian Alps, NW Slovenia). Aquatic Ecology 40: 69–83.

Nadig A. 1942: Hydrobiologische Untersuchungen in Quellen. Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark, Zernez Band 1, Nr. 9.

Oertli B., D. Auderset Joye, E. Castella, R. Juge & JB. Lachavanne 2000: Diversité biologique et typologie écologique des étangs et petits lacs de Suisse. Office fédéral de l'environnement des forêts et du paysage. Laboratory of Aquatic Ecology and Biology (LEBA), University of Geneva.

Rüetschi J., P. Stucki, P. Müller, H. Vicentini, & F. Claude 2012: Rote Liste Weichtiere (Schnecken und Muscheln. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern und Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1216, 148 S.

Scarsbrook, M.; Barquín, J.; Gray, D. 2007: New Zealand coldwater springs and their biodiversity. Science for Conservation 278. 72 p

Scherrer E. 2010: Naturnahe und natürliche Quellen im Kanton Baselland. Ein Vergleich der faunistischen Zusammensetzung unterschiedlicher Quelltypen. Bachelorarbeit Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften, Wädenswil. Unveröff. Manuskript 48 S. + Anhang

Schindler, H. 2004. Bewertung der Auswirkungen von Umweltfaktoren auf die Struktur und Lebensgemeinschaften von Quellen in Rheinland-Pfalz. Dissertation Universität Koblenz-Landau.

Schwoerbel J. & H. Brendelberger 2005: Einführung in die Limnologie. Berlin (9. Aufl.), 304 S.

SVGW (Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches) 2008: Woher kommt unser Trinkwasser? Trinkwasserinformation TWI 12, 4 S.

Steinmann P. 1915: Praktikum der Süsswasserbiologie. Teil 1: Organismen des fliessenden Wassers. Berlin, 184 S.

Suter D., D. Küry, B. Baltes, P. Nagel & W. Leimgruber 2007: Kulturelle und soziale Hintergründe zu den Wahrnehmungsweisen von Wasserquellen. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaften beider Basel 10: 81–100.

Thienemann, A. 1924. Hydrobiologische Untersuchungen an Quellen. Archiv für Hydrobiologie 14: 151–190.

Verdonschot, P.F.M. 1996: Towards ecological spring management. Crunoecia 5: 183–194.

Wildermuth H. & D. Küry: 2009: Libellen schützen, Libellen fördern. Leitfaden für die Naturschutzpraxis, Beiträge zum Naturschutz in der Schweiz 31: 1–88.

Zollhöfer J. 1997: Quellen, die unbekannten Biotope. Zürich (Bristol-Schriftenreihe 6), 153 S.

Zollhöfer J. 1999: Spring habitats in northern Switzerland: Habitat heterogeneity, zoobenthic communities and colonization dynamics. Zürich (Ph.D-Diss. ETH Nr. 13 209), 138 S.

Zollhöfer J., M. Brunke & T. Gonser 2000: A typology of springs in Switzerland by integrating habitat variables and fauna, Archiv für Hydrobiologie Supplement 121: 349–376.

Daniel Küry Dr. phil. Biologe
Life Science AG
Greifengasse 7
4058 Basel
E-Mail daniel.kuery@lifescience.ch

Anhang 1: Untersuchte Quellen

Übersicht über die während den Jahren 2003 bis 2012 untersuchten ungefassten Quellen im Kanton Basel-Landschaft. Neben den Koordinaten und dem/-n Beprobungsdatum/-en sind auch Strukturwert und Ökologische Wertesumme (ÖWS) wiedergegeben.

Gemeinde		Quelle			Koordinaten		Datum Beprobung		Struk-turwert	ÖWS
Nr.	Name	Nr.	Name	Code	Y	X	1	2		
4	Arboldswil	1051	Chollmatt	04.1051	620000	251750	13.06.10		0.66	25.00
5	Arisdorf	1072	Erlenbächlli	05.1072	624380	263760	08.10.03	11.03.04	2.29	24.00
		1073	Nonnenbächli	05.1073	624860	263490	08.10.03	11.03.04	1.5	16.00
6	Arlesheim	1091	Mönchsbächli	06.1091	615519	260016	03.05.12		0.6	11.33
12	Böckten	1181	Wolfloch gefasst	12.1181	629270	257160	13.05.10		1.62	15.14
		1182	Wolfloch	12.1182	629410	257140	13.05.10		1.24	12.00
		1183	Lambergerbächli 1	12.1183	630480	256830	13.05.10		1.97	–
		1184	Golchenbächli	12.1184	630070	257350	29.04.10		1.78	0.00
		1185	Lambergerbächli 2	12.1185	630388	256814	13.05.10		1.97	12.00
		1186	Lambergerbächli 3	12.1186	630388	256812	13.05.10		1.97	–
		1187	Ischlagbächli	12.1187	630550	256725	2003-04		1.1	8.80
15	Bubendorf	1231	Imlisberg	15.2131	623360	254180	12.05.10		1.55	–
		1232	Sunnweid	15.2132	621920	256830	12.05.10		1.86	28.00
		1233	Oesch	15.2133	621500	254600	11.05.10		2.04	16.00
		1234	Ried 1	15.2134	620900	255480	24.05.10		2.15	8.00
		1235	Ried 2	15.2135	620575	255210	11.05.10		1.44	19.33
		1236	Ried Neu	15.2136	620931	255566	24.05.10		1.45	22.29
24	Gelterkinden	1371	Sommerau	24.1371	631180	254220	01.05.10		2.87	–
		1372	Ischlagbächli	24.1372	630550	256750	01.05.10		1.44	6.67
		1373	Zangenbächli	24.1373	632450	254850	01.05.10		1.48	20.00
		1374	Rorbächli	24.1374	630750	256400	20.05.10		2.21	12.00
		1375	Frändletenbächli	24.1375	631550	255230	20.06.10	Struktur	2.04	–
		1378	Zweigrabenbächli	24.1378	631800	254650	01.06.10		2.06	16.00
		1379	Munibächli	24.1379	632130	254630	01.06.10		1.79	16.00
		1380	Schöftletenbächli	24.1380	632400	254290	01.06.10		2.71	16.00
		1381	Munibächli neu	24.1381	631950	254682	20.06.10		1.62	6.00
		1382	Weielenbächli neu	24.1382	631893	255415	25.06.10	Struktur	2.08	–
27	Hemmiken	1422	Dambach süd	27.1422	633250	260000	2003-04		2.21	9.85
29	Hölstein	1441	Bannholden	29.1441	625514	254873	18.05.10		1.62	20.00
32	Kilchberg	1481	Chrintelbach	32.1481	634050	252100	18.10.04		0.97	17.54
34	Langenbruck	1501	Vordere Frenke	34.1501	623289	244700	27.04.11		2.96	11.40
		1502	Schöntalbach 1	34.1502	626871	245880	02.05.11		1.81	14.33

Gemeinde		Quelle			Koordinaten		Datum Beprobung		Struk-turwert	ÖWS
Nr.	Name	Nr.	Name	Code	Y	X	1	2		
		1503	Schöntalbach 2	34.1503	627363	245993	02.05.11		1.19	21.00
		1504	Spalenbach	34.1504	626550	244144	10.05.11		1.39	8.67
		1505	Dürstelbach 1	34.1505	627363	245438	23.05.11		1.23	13.10
		1506	Dürstelbach 2	34.1506	626882	245210	23.05.11		1.27	12.00
		1507	Dürrenbergbach	34.1507	623296	245247	16.05.11		2.08	4.00
		1508	Haubergach	34.1508	622622	245759	16.05.11		3.29	15.75
		1509	Husmattbächli	34.1509	624725	244002	03.05.11		1.82	16.00
		1510	Humbelbach	34.1510	625402	246769	24.05.11	Struktur	1.58	18.50
		1511	Cherbächli	34.1511	626586	245720	09.05.11		1.54	14.93
		1512	Lochmattbächli	34.1512	625035	243382	10.05.11		2.71	11.38
		1513	Dürrenbergbach	34.1513	623455	245438	16.05.11		1.43	22.67
		1514	Schattenweidbächli	34.1514	626645	245709	02.05.11		1.36	11.60
		1515	Wannenbach	34.1515	624427	243803	03.05.11		2.41	11.38
		1516	Waldbach	34.1516	625941	247100	09.05.11		1.96	9.30
		1517	Ziegelmattbächli	34.1517	626030	245584	09.05.11		1.72	10.00
		1518	Holznachtbach	34.1518	624439	246239	23.05.11		1.81	12.35
39	Liestal	1611	Röserntal V59a	39.1611	619151	260311	09.10.03	12.03.04	1.64	17.33
		1612	Röserntal V59b	39.1612	619166	260321	09.10.03	14.03.04	1.64	21.78
		1613	Röserntal V59c	39.1613	619176	260318	09.10.03	14.03.04	1.64	16.00
		1614	Röserntal V3	39.1614	619200	260250	09.10.03	12.03.04	1.1	16.80
		1615	Röserntal V4	39.1615	618920	260290	15.10.03	12.03.04	1.5	21.80
		1616	Röserntal V1	39.1616	619762	260360	2003-04		1.1	11.38
		1617	Röserntal V61a	39.1617	618620	259980	2003-04		2.06	8.42
		1618	Röserntal V63	39.1618	617820	259680	2003-04		0.64	17.33
		1619	Röserntal V64	39.1619	617535	259575	2003-04		1.53	16.40
		1620	Röserntal V57	39.1620	617775	259625	09.10.03	14.03.04	1.08	12.50
		1621	Untere Rösernquelle	39.1621	619500	260350	2003-04		2.93	17.11
		1622	Röserntal V61b	39.1622	618635	259965	2003-04		2.05	13.33
		1623	Röserntal V62	39.1623	619280	260315	2003-04		0.63	13.67
		1624	Spinnlerweiher	39.1624	621210	258125	18.10.11		1.5	5.92
40	Lupsingen	1631	Stegmatt	40.1631	619474	256037	25.05.10	2003.3004	1.46	14.50
42	Münchenstein	1651	Teufelsgrabenbach	42.2651	614565	262574	03.05.12	Struktur	2.28	–
47	Oberwil	1711	Lettengrabenbach 1	47.1711	610383	262138	11.05.12		3.26	13.43
		1712	Neusatzbächli	47.1712	610144	262697	11.05.12		3.26	20.00
		1713	Goldbrunnenbach	47.1713	609693	262203	11.05.12		3.31	–

Gemeinde		Quelle			Koordinaten		Datum Beprobung		Struk-turwert	ÖWS
Nr.	Name	Nr.	Name	Code	Y	X	1	2		
		1714	Lettengrabenbach 2	47.1714	610000	262406	11.05.12	Struktur	3.48	–
		1715	Chuegrabenbach	47.1715	608172	264517	30.04.12		3.4	9.33
49	Ormalingen	1741	Weiherbächli	49.1741	634482	255899	13.05.10		1.23	–
51	Pratteln	1771	Talbach Nord	51.1771	618430	261597	23.03.12		1.24	11.08
		1772	Talbach Süd	51.1772	618345	261411	23.03.12		1.01	15.22
52	Ramlinsburg	1782	Buchholden	52.1782	625578	255585	18.05.10		2.49	20.00
		1783	Looch 1	52.1783	625525	255140	18.05.10		0.84	12.00
53	Reigoldswil	1793	Hintere Frenke	53.1793	619705	246839	01.06.10		1.80	45.00
		1797	Bergmatten1	53.1797	619324	248295	01.06.10		3.69	8.00
		1798	Bachmatten	53.1798	619120	251456	01.06.10		1.27	29.50
		1799	Bergmatten 2	53.1799	619071	248351	01.06.10		3.11	9.33
		1800	Wasserfallen	53.1780	619760	247340	01.06.10		0.84	41.71
		1801	Gorisenbächli	53.1781	618900	251375	2003-04		2	10.67
55	Rickenbach	1831	Cholholzbächli 1	55.1831	632050	259890	13.05.10		0.94	16.00
		1832	Cholholzbächli 2	55.1832	631750	260150	13.05.10		0.99	13.33
		1833	Cholholzbächli 3	55.1833	631660	259860	13.05.10		1.56	–
		1834	Luterbrunnenbächli 1	55.1834	630515	259037	13.05.10		1.85	15.00
		1836	Luterbrunnenbächli 2	55.1836	630516	259038	13.05.10		1.85	8.17
56	Rothenfluh	1850	Mülistettbächli 1	56.1850	637644	258424	26.05.10		0.74	12.67
		1851	Handlauberbächli	56.1851	637667	258066	26.05.10		0.76	13.60
		1852	Üblisgundbächli	56.1852	637512	257777	26.05.10		1.24	11.20
		1853	Isletenbächli	56.1853	634826	256525	14.05.10		1.08	10.00
		1854	Lenenbächli Süd	56.1854	635894	258522	30.04.10		1.64	16.00
		1855	Lenenbächli Nord	56.1855	636092	258999	30.04.10		2.15	15.00
		1856	Odentalbächli gefasst	56.1856	637514	257233	30.04.10		1.80	24.00
		1857	Odentalbächli	56.1857	637571	257237	30.04.10		1.43	14.00
		1858	Dübach 1.1	56.1858	637139	257405	27.05.10	10.03.03	1.36	15.43
		1859	Dübach 1.2	56.1859	637139	258415	27.05.10		2.01	8.00
		1860	Dübach 2.1	56.1860	637204	258522	27.05.10		1.21	17.33
		1861	Dübach 2.2	56.1861	637204	258522	27.05.10		1.21	15.00
		1862	Mühlistettbächli 2	56.1862	637644	258424	26.05.12		0.76	19.43
		1863	Üblisgrund	56.1863	637212	257777	26.05.10		1.57	8.00
		1864	Üblisgrund Seite	56.1864	637543	257777	26.05.10		1.26	17.14

Gemeinde		Quelle			Koordinaten		Datum Beprobung		Struk-turwert	ÖWS
Nr.	Name	Nr.	Name	Code	Y	X	1	2		
		1865	Dübach Hauptquelle	56.1865	637275	258725	2003-04		2	17.47
58	Rünenberg	1883	Chrintelbach 1	58.1883	633075	252875	10.10.03		1	15.50
		1884	Chrintelbach 2	58.1884	632950	253050	18.10.03		1.05	20.31
62	Tecknau	1941	Aletenbach 1	62.1941	635131	254886	01.06.10	Struktur	3.31	–
		1942	Aletenbach 2	62.1942	635083	254852	20.06.10		0.72	19.00
64	Therwil	1981	Chäppelibächli	64.1981	610022	260261	04.05.12		2.57	27.20
		1982	Mooswasenbächli	64.1982	610485	261031	04.05.12		3.32	11.60
		1983	Rüchibächli	64.1983	610330	261355	04.05.12		3.64	8.00
		1984	Fleischbach	64.1984	610649	261843	04.05.12		2.86	22.50
67	Waldenburg	2021	Nünbrunnenbach	67.2021	622694	246390	17.05.11		1.28	20.91
		2022	Sennmatt	67.2022	624474	248148	26.04.11		1.75	14.67
		2023	Gerstelbach	67.2023	625149	247287	24.05.11		1.02	14.33
		2024	Chapfbach	67.2024	623669	247266	26.04.11		1.25	10.67
		2025	Brestenbergbächli	67.2025	623735	247077	26.04.11		0.84	15.71
		2026	Blümlisalpbach	67.2026	622869	247461	10.05.11		1.46	9.80
		2027	Schellenberg 1	67.2027	622358	247191	11.05.11	Struktur	1.64	–
		2028	Schellenberg 2	67.2028	622191	247096	11.05.11		1.48	15.25
		2029	Schellenberg 3	67.2029	621341	247047	27.04.11		2.07	13.00
		2030	Rotherdbächli	67.2030	621868	247291	11.04.11		1.23	18.71
		2031	Säuschwenkibach	67.2031	620770	247183	11.04.11		0.82	14.38
		2032	Weigistbach	67.2032	621138	247539	25.04.11		1.37	11.20
		2033	Wattelbach	67.2033	621816	247541	11.05.11		1.32	12.60
68	Wenslingen	2051	Dellenbach	68.2051	635317	254853	25.06.10		2.02	16.00
71	Zeglingen	2091	Nünnbrunnbach	71.2091	636775	252025	10.10.03	05.03.04	0.64	19.81
72	Ziefen	2111	Gorisen 1	72.2111	618988	251878	07.06.10		2.02	21.88
		2112	Gorisen 2	72.2112	619077	251708	07.06.10		1.26	28.80
80	Laufen	2231	Tschabrunnenbächli	80.2231	603975	251000	2003-04		2.43	16.87
81	Liesberg	2251	Greifelbach	81.2251	601350	251400	2003-04		0.85	13.33
83	Roggenburg	2281	Hammerschmiede 1	83.2281	593150	253875	2003-04		0.93	21.50
		2282	Hammerschmiede 2	83.2282	593075	253850	2003-04		0.64	12.00

Anhang 2: Gefährdung und Ökologische Wertezahlen des Makrozoobenthos
Einstufung in den Roten Listen der Schweiz und Ökologische Wertezahlen der untersuchten Makrozoobenthosarten (nach Lubini et al. 2012 und Lubini et al. 2010, ergänzt). In der vierten Spalte sind die bei Zollhöfer (1997) abweichenden Einstufungen aufgeführt. Gefährdungskategorien Rote Listen: EN: stark gefährdet (endangered), VU: verletzlich, gefährdet (vulnerable), NT: potenziell gefährdet (near threatened). ÖWZ-Kategorien: 16: krenophil, 8: krenobiont, 4: krenophil–rhithrobiont, 2: rhithrobiont/terrestrisch hygrophil, 1: eurytop, 0,5: saprophil. Quellarten: Arten die für die Schweiz als Kennarten der Quellen gelten (Delarze & Gonseth 2008).

ÖWZ Arten Gattungen	RL	ÖWZ	Abweich. Zollhöfer	Quellarten
TURBELLARIA				
Crenobia alpina (DANA 1766)		16		
Dugesia gonocephala (DUGES 1830)		4		
Polycelis felina (DALYELL 1814)		8		
Polycelis tenuis / nigra		1		
CRUSTACEA				
Asellus aquaticus (LINNAEUS 1758)		0.5		
Gammarus fossarum (KOCH 1835)		4		
Gammarus pulex (LINNAEUS 1758)		2		
Niphargus spp.		8		
Proasellus sp.		8		
MOLLUSCA:				
GASTROPODA				
Ancylus fluviatilis O.F. MUELLER 1774		2		
Galba truncatula (O.F. MUELLER 1774)		8		
Radix sp.		1		
LAMELLIBRANCHIATA				
Pisidium personatum MALM 1855		8		
Pisidium casertanum (POLI 1791)		4		
Pisidium sp.		4		
INSECTA				
EPHEMEROPTERA				
Alainites muticus (LINNAEUS 1758)		1		
Baetis alpinus (PICTET 1843-1845)		4		
Baetis rhodani (PICTET 1843-1845)		1		
Baetis sp.		2		
Centroptilum luteolum (MÜLLER 1776)		1		
Ecdyonurus sp.		2		
Electrogena ujhelyii (SOWA 1981)		4		
Ephemera danica MÜLLER 1764		1		
Habroleptoides confusa SARTORI & JACOB 1986		2		
Habrophlebia lauta EATON 1884		1		
Rhithrogena picteti (KOLENATI 1839)		4		
Rhithrogena semicolorata (CURTIS 1834)		4		

ÖWZ Arten Gattungen	RL	ÖWZ	Abweich. Zollhöfer	Quellarten
Rhithrogena sp.		4		
ODONATA				
Cordulegaster bidentata (SELYS 1843)		8		X
PLECOPTERA				
Amphinemura sp.		2		
Amphinemura sulicollis (STEPHENS 1836)		2		
Isoperla rivulorum (PICTET 1841)		4		
Leuctra braueri KEMPNY 1898		16		
Leuctra sp.		4		
Nemoura cambrica STEPHENS 1836	NT	4		
Nemoura cinerea (RETZIUS 1783)		2		
Nemoura flexuosa AUBERT 1949				
Nemoura marginata PICTET 1835		8		
Nemoura sp.		4		
Nemurella pictetii KLAPALEK 1900		8		
Perlodes jurassicus AUBERT 1946	NT	4		
Protonemura risi (JACOBSON & BIANCHI 1905)		8		
Protonemura sp.		8		
TRICHOPTERA				
Beraea maurus (CURTIS 1834)	NT	16		
Beraea pullata (CURTIS 1834)	NT	8		
Chaetopterygopsis maclachlani STEIN 1874	EN	4		
Chaetopteryx sp.		4		
Chaetopteryx villosa (FABRICiUS, 1788)		2		
Crunoecia irrorata (CURTIS 1834)		16		X
Drusus annulatus (STEPHENS 1837)		4		
Drusus sp.		8		
Ernodes articularis (PICTET 1834)	VU	16		
Ernodes vicinus (McLACHLAN 1879)	NT	16		X
Halesus rubricollis (PICTET 1834)		4		
Halesus sp.		1		
Hydropsyche angistipennis (CURTIS 1834)		8		
Hydropsyche sp.		2		
Limnephilini		2		
Limnephilus hirsutus (PICTET 1834)		2		
Limnephilus lunatus CURTIS 1834		2		
Melampophylax melampus (McLACHLAN 1876)		1		
Melampophylax mucoreus (HAGEN 1861)		1		
Micropterna lateralis (STEPHENS 1837)	NT	8		
Micropterna nycterobia McLACHLAN 1875	NT	8		

ÖWZ Arten Gattungen	RL	ÖWZ	Abweich. Zollhöfer	Quellarten
Micropterna sequax McLACHLAN 1875		4		
Odontocerum albicorne (SCOPOLI 1763)		2		
Parachiona picicornis (PICTET 1834)	NT	16		X
Philopotamus sp		2		
Plectrocnemia brevis McLACHLAN 1871	NT	8		X
Plectrocnemia conspersa (CURTIS 1834)		4		
Plectrocnemia geniculata McLACHLAN 1871	NT	16		
Potamophylax cingulatus (STEPHENS 1837)		4		
Potamophylax nigricornis (PICTET 1834)	NT	16		X
Potamophylax rotundipennis (PICTET 1834)		2		X
Rhyacophila fasciata HAGEN 1859		4		
Rhyacophila hirticornis McLACHLAN 1879		8		
Rhyacophila pubescens PICTET 1834		8		X
Sericostoma cf personatum		4		
Silo nigricornis (PICTET 1834)		2		
Synagapetus dubitans McLACHLAN 1879		16		
Tinodes sp.		4		
Tinodes unicolor (PICTET 1834)		8		
Wormaldia occipitalis (PICTET 1834)		16		X
COLEOPTERA				
Agabus guttatus (PAYKULL 1798)		8		
Agabus sp.		4		
Anaceana sp		4		
Elmis rietscheli STEFFAN 1958		4		
Elmis sp.		4		
Esolus angustatus (MÜLLER 1821)		4		
Esolus sp.		4		
Helodes marginata FABRICIUS 1798		4		
Helodes minuta		8		
Helodes sp.		4		
Helophorus aquaticus LINNAEUS 1758		2		
Helophorus fluvipes FABRICIUS		2		
Helophorus sp.		2		
Hydraena lapidicola KIESENWETTER 1849		2		
Hydraena minutissima STEPHENS 1829		4		
Hydraena nigrita GERMAR 1824		8	2	
Ilybius fuliginosus (FABRICIUS 1792)		1		
Limnius sp.		4		
DIPTERA				
Oxycera (Hermione) fallenii STAEGER 1844		16		

ÖWZ Arten Gattungen	RL	ÖWZ	Abweich. Zollhöfer	Quellarten
Oxycera (Hermione) meigenii STAEGER 1844		8		
Oxycera (Hermione) pardalina MEIGEN 1822		16		
Oxycera (Hermione) pygmaea FALLÉN 1817		16		
Oxycera (Hermione) trilineata LINAEUS 1767		16		
Oxycera sp.		16		