**Zeitschrift:** Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern
**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft in Bern
**Band:** 74 (2017)

**Artikel:** Natürliche Quelllebensräume im Smaragdgebiet Oberaargau
**Autor:** Imesch, Christian
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-738062

**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:** 10.12.2025

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

Christian Imesch[1]

# Natürliche Quelllebensräume im Smaragdgebiet Oberaargau

## Zusammenfassung

*Am Ursprung eines jeden Gewässers liegt die Quelle, das ist allen bekannt. Doch nur wenige kennen natürliche Quellen, geschweige denn, dass sie einen solchen Lebensraum von Nahem betrachtet hätten. Natürliche Quellen beherbergen eine Vielzahl an lebensraumspezifischen, seltenen Arten und kommen heute, besonders im Schweizer Mittelland, nur noch sehr isoliert vor. Es ist höchste Zeit, das Grundwissen bei Behörden und Öffentlichkeit zu verbreiten und Ansätze zum Erhalt dieses einzigartigen Lebensraumes aufzuzeigen.*

*Rund 500 Quellaustritte sind im Smaragdgebiet Oberaargau mit einer einfachen Strukturanalyse erfasst. Über 80 % der untersuchten Quellen befinden sich im Wald, wo sich auch die Mehrheit der natürlichen, nicht beeinträchtigten Quellen befindet. Die Resultate zeigen, dass in der offenen Landschaft nur noch wenige natürliche Quellaustritte vorkommen. Fassungen für die Trinkwasserversorgung und Drainagen im Landwirtschaftsgebiet sind Hauptgründe für die Verluste an natürlichen Quellen.*

*Quellen bergen eine sehr lebensraumtreue Fauna, die sich hauptsächlich aus aquatischen Makroinvertebraten zusammensetzt: Köcherfliegen, Käfer, Steinfliegen und Vertreter der Zweiflügler. Vertiefte Untersuchungen in zehn Quellen demonstrieren, dass die Artenzusammensetzung der Kleinlebewesen sehr quellspezifisch und dementsprechend eher artenarm ist (4 bis 18 nachgewiesene Taxa pro Quelle). Besonders reich an Arten der Roten Liste sind jedoch die zwei untersuchten Quellen im Offenland.*

*Grundlagen zur genauen Verbreitung von natürlichen Quellaustritten sind schweizweit nur spärlich vorhanden. Demzufolge wird deren Bedeutung durch die Behörden kaum erkannt oder bestehende Schutzbestimmungen werden nicht in die Praxis umgesetzt. Für das Smaragdgebiet Oberaargau wurden nun Massnahmen aufgezeigt, wie die verbliebenen natürlichen Quelllebensräume langfristig erhalten werden können.*

[1] UNA AG, Schwarzenburgstrasse 11, 3007 Bern

## Ausgangslage

### *Quellen in der Schweiz*

Schweizweit sind in der Vergangenheit bis zu 99% der Quellen gefasst oder beeinträchtigt worden (Zollhöfer, 1997). Hauptgründe dieser Entwicklung waren der Bau von Trinkwasserfassungen und die Anbauschlacht im Zweiten Weltkrieg, wo Quellen im grossen Stil gefasst, drainiert und eingedolt wurden. In jüngster Zeit sind es eher der Bau von Forststrassen oder die Intensivierung der Landwirtschaft, die der Lebensgemeinschaft von Quellen zusetzen (Küry et al., 2017).

Quellen werden in der Bevölkerung und bei Behörden kaum als eigener Lebensraum mit einer sehr spezifischen Artenzusammensetzung wahrgenommen. Es fehlt an allgemeinen Kenntnissen zu den Quellen. Durch Sensibilisierungsmassnahmen könnte man hier Entscheidendes ins Rollen bringen.

### *Abgrenzung von Quellen*

Quellen sind in der Regel klein, punktuell in der Landschaft verteilt und grenzen sich scharf von ihrer Umgebung ab. Der Lebensraum ist Bindeglied zwischen den Ökosystemen Grundwasser und Oberflächengewässer (Küry et al., 2017). Der Quelllebensraum beschränkt sich jedoch nicht auf den blossen Austritt des Wassers an die Erdoberfläche, sondern beinhaltet je nach Schüttungsvolumen und Austrittsform bachabwärts noch 5–10 Meter des entstehenden Gewässers. Seitwärts folgt der Quelllebensraum einem Feuchtigkeitsgradienten. So lässt sich ein Mosaik an Teillebensräumen, mit vielfältigen strukturellen sowie chemisch-physikalischen Eigenschaften erkennen.

### *Typisierung von Quellen*

Bei der Beurteilung von Quellen werden unterschiedliche Quelltypen beschrieben. Quellen mit punktuell austretendem Wasser, das unmittelbar einen Quellbach bildet, werden als Sturzquellen (Rheokrene) beschrieben. In den meisten Fällen zählt der Lebensraum nur wenige Quadratmeter. Diesem Quelltyp sind u. a. Karstquellen zuzuordnen, und es handelt sich um den häufigsten Quelltyp der Alpen (Küry et al., 2017). Von Sickerquellen (Helokrene) spricht man, wenn das Wasser aus zahlreichen diffusen Grundwasseraufstössen austritt und die Quellen ein sumpfartiges Erscheinungsbild mit einem Abfluss haben. Weiherquellen (Limnokrene) wiederum sind Grundwasseraustritte, die einen Weiher mit einem Überlauf bilden. Dieser Quelltyp ist auch oft in flussbegleitenden Giessen anzutreffen.

## *Quellen und Artenvielfalt*

Das Lebensraummosaik von Quellen bedeutet, dass auf kleinstem Raum vielfältige Nischen für die quellgebundene Artenvielfalt vorkommen. Zu den häufigsten Vertretern von Quelllebensräumen zählen Köcherfliegen, Steinfliegen, Käfer, Wasserschnecken, Bachflohkrebse und Strudelwürmer. Larven von Feuersalamandern (*Salamandra salamandra*) und Quelljungfer (*Cordulegaster bidentata*), einer Libellenart, sind wohl die bekanntesten Vertreter in Quellen. Viele dieser Arten haben eine starke Bindung zu den Quellen und sind ausschliesslich dort zu finden. In diesem Fall spricht man von krenobionten (eigentliche Quellbewohner) oder krenophilen (Quellwasser bevorzugenden) Arten. Die Quellfauna hat sich über Jahrtausende an die physikalischen, chemischen und strukturellen Eigenschaften von Quellen angepasst und ist auf diesen Lebensraum spezialisiert.

Pflanzen oder Moose, die ausschliesslich in Quellen vorkommen, sind kaum auszumachen. Sie können jedoch als Feuchtezeiger der Abgrenzung des Quelllebensraumes dienen.

In Quelllebensräumen sind viele Arten zu finden, die in den Roten Listen als gefährdete Arten oder bei den National Prioritären Arten aufgeführt sind. Gründe für diese Einstufung sind sicherlich der Rückgang des Lebensraumes sowie die mangelnde Vernetzung.

## *Gesetzliche Grundlagen*

Natürliche Quellen sind als eigenständiger Lebensraum erst seit wenigen Jahren in den Fokus der Kantone und des Bundes gerückt. Während Jahrzehnten wurden deren biologische und ökologische Bedeutung vernachlässigt und ein Grossteil der Quelllebensräume für die Trinkwassernutzung, Drainagen von Landwirtschaftsland und Forststrassen gefasst oder zerstört (Zollhöfer, 1997). Trotz ausreichender rechtlicher Instrumente konnte in der Vergangenheit der stetige Verlust nicht gebremst werden.

So ist im Artikel 18 des Bundesgesetzes über den Natur- und Heimatschutz (NHG, SR 451) festgehalten, dem Aussterben von einheimischen Tier- und Pflanzenarten durch die Erhaltung genügend grosser Lebensräume (Biotope) und andere Massnahmen entgegenzuwirken. Besonders zu schützen sind u. a. Uferbereiche, zu denen auch der Quelllebensraum anzurechnen ist. Artikel 21 besagt, dass die Ufervegetation weder gerodet noch überschüttet noch auf andere Weise zum Absterben gebracht werden darf.

Im Artikel 14 der Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV, SR 451.1) ist expliziter geregelt, wie Lebensräume zu erhalten sind. Zu diesen zählen aufgrund der grossen Zahl gefährdeter Tierarten (Rote Liste Arten) auch die Quellen. Im Anhang 1 dieser Verordnung sind die drei durch Delarze et. al., 2015 beschriebenen Quelllebensräume explizit in der Liste der schützenswerten Lebensräume aufgeführt.

Ferner besagt auch die Gewässerschutzverordnung (GSchV, SR 814.201) unter Artikel 41, einen extensiv bewirtschafteten Gewässerraum von mindestens 11 Metern Breite zum Schutz der Gewässer auszuscheiden und im Falle von Beeinträchtigungen Revitalisierungen zu planen.

## Zielsetzung und Rahmen der Arbeit

Über gefasste Quellen liegen Angaben zu Schüttungsvolumen und Lage vor. Doch die geographische Lage, das Schüttungsvolumen, Grösse und der Zustand von ungefassten Quellaustritten ist weitgehend unbekannt. In dieser Arbeit ist ein Vorgehen aufgezeigt, wie Quellen in einem grossen Perimeter identifiziert und nach ihrem morphologischen Zustand beurteilt werden. Die Methode dient als Grundlage für ein flächendeckendes Quellenkataster.

Die Studie sieht zusätzlich vor, für einige Quellen die faunistische Vielfalt von Makroinvertebraten und detaillierte Untersuchungen der Struktur zu erheben.

Die vorliegende Arbeit ist im Rahmen eines Pilotprojektes für die Erarbeitung eines Managementplans im Smaragdgebiet Oberaargau entstanden (Hedinger, 2016), welches vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) und der Abteilung Naturförderung des Kantons Bern finanziell unterstützt wurde. Der Managementplan gibt vor, wie Naturwerte (ausgewählte Smaragd-Arten oder Smaragd-Lebensräume, zu denen auch die Quellen zählen) langfristig zu erhalten sind.

### *Projektperimeter*

Das Smaragdgebiet Oberaargau befindet sich in der Region Langenthal–Herzogenbuchsee. Das Gebiet zählt 19 Gemeinden, verteilt auf die Kantone Bern, Luzern, Solothurn und Aargau. Der Perimeter deckt eine Fläche von rund 115 Quadratkilometern ab.

Smaragd nennt sich ein auf der Berner Konvention basierendes Netzwerk von Gebieten mit gesamteuropäisch gefährdeten Lebensräumen und Arten. Das Smaragdgebiet Oberaargau ist schweizweit das grösste von 37, durch den Europarat anerkannten Smaragdgebieten. In den Ländern der EU nennt sich die entsprechende Umsetzung Natura 2000.

In der Flächennutzung ist die Landwirtschaft mit Schwergewicht Ackerbau vorherrschend. Die Siedlungsdichte ist hoch, die Erschliessung optimal und die artenreichen Lebensräumen kommen nur noch kleinflächig und isoliert vor. Ein überdurchschnittlich dichtes Gewässernetz prägt die Landschaft. Neben der Aare, welche weitgehend durch Staustufen beeinträchtigt ist, haben die kleineren Flüsse einen noch vergleichsweise naturnahen Charakter. Önz, Murg und Rot fliessen leicht mäandrierend mit naturnahen, unverbauten Ufern.

Aus der Ferne betrachtet handelt es sich um eine typische Landschaft des Schweizerischen Mittellandes, die im Detail jedoch eine grössere Vielfalt an Arten und Lebensräumen birgt als auf den ersten Blick erwartet werden kann. So befinden sich in diesem landwirtschaftlich geprägten Gebiet überdurchschnittlich viele Arten, für die die Schweiz europaweit eine besondere Verantwortung trägt (Smaragdarten).

## Resultate und Diskussion

Detaillierte Erläuterungen zu den verwendeten Arbeitsgrundlagen und den angewandten Arbeitsmethoden finden sich im Anhang (S. 112). An dieser Stelle sei lediglich kurz auf die beiden Methoden verwiesen, die im Rahmen dieser Arbeit zur Beurteilung von Quellen eingesetzt wurden. Die «Berner Methode» ist eine einfache Methode zur Beurteilung von Quelllebensräumen, die auch durch geschulte Laien anwendbar ist. Die «BAFU Methode» zur Beurteilung von Quelllebensräumen besteht aus einer strukturellen und einer faunistischen Beurteilung. Sie benötigt zu deren Anwendung ein gutes ökologisches Verständnis, weshalb diese Methode Fachleuten vorbehalten ist. Sie wurde nur bei einer beschränkten Auswahl von Quellen verwendet.

### *Quellenkataster Smaragdgebiet Oberaargau*

Das Wissen über die Verbreitung der nicht gefassten Quellen im Smaragdgebiet Oberaargau setzt sich einerseits aus den zur Verfügung stehenden Grundlagen über potentiell natürliche Quellstandorte der Kantone Bern (Quellenkataster Kanton Bern – GSKQU) und Solothurn (Datenblätter von naturnahen Quellen) und andererseits den Ergebnissen aus einer Befragung zusammen. Aufgrund konkreter Anfragen haben Landwirte, Gemeinden, lokale Vereine und vor allem lokale Naturkenner potentielle Standorte für das Quelleninventar gemeldet. Weiter haben OL-Karten zusätzliche, unbekannte Quellstandorte zu Tage gebracht. Die Qualität und Quantität der Rückmeldungen über bekannte Quellstandorte war je nach Region sehr unterschiedlich. So hat sich ergeben, dass die Meldungen aus Gemeinden entlang der Rot sehr umfangreich, von anderen Orten jedoch eher rar waren.

Insgesamt sind die Feldarbeiten auf der Basis von rund 500 gemeldeten, potentiell natürlichen Quellstandorten in Angriff genommen worden. Die überprüften Quellen decken wohl einen grossen Teil der im Smaragdgebiet vorhandenen Quellen ab, die Angaben sind aber trotzdem nicht abschliessend. Um ein flächendeckendes Quellenkataster vom ganzen Smaragdgebiet Oberaargau zu erstellen, sind noch gezielt einzelne Lücken zu untersuchen und die Gesamtheit der gefassten Quellen zu berücksichtigen.

## *Strukturbeurteilung nach der «Berner Methode»*

### *Zustand und Verbreitung von Quellen*

Rund die Hälfte der 472 untersuchten Quellen ist in einem natürlichen Zustand. Die anderen Quelllebensräume sind entweder beeinträchtigt oder zerstört. Legt man den Fokus nur auf die offenen, also nicht zerstörten oder eingedolten Quellen, wurden 356 Quellstandorte beurteilt. Davon waren rund ⅔ in einem natürlichen Zustand und in keiner Weise verbaut; *Abbildungen 1 und 2* sowie *Tabelle 1* zeigen den Zustand und die Verbreitung der untersuchten Quellen auf.

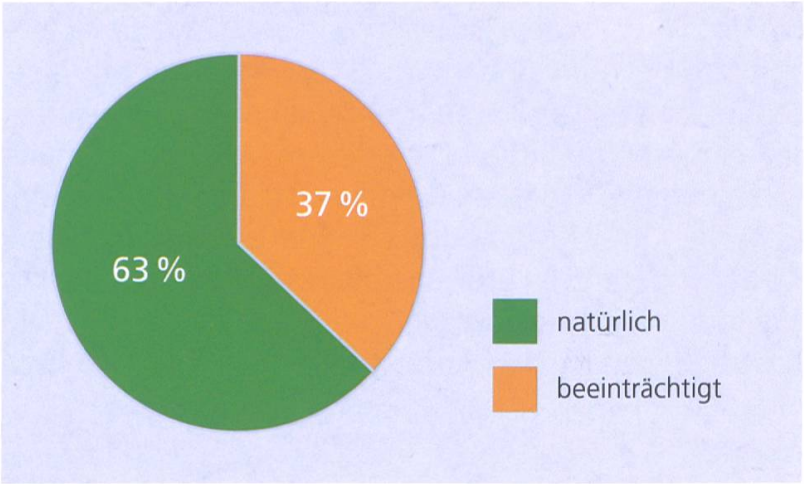


*Abbildung 1:* Zustand der nicht zerstörten Quellen: 221 Quellen *in natürlichem, 135 Quellen in beeinträchtigtem Zustand.*

| | Zustand | Beschreibung des Zustands | Anzahl Quellen |
|---|---|---|---|
| | Natürlicher Quelllebensraum | Der Lebensraum ist äusserlich nicht beeinträchtigt | 221 |
| | Beeinträchtigter Quelllebensraum | Die Quelle ist teilweise durch alte Fassungen, Verbauungen, Viehtritt beeinträchtigt | 135 |
| | Zerstörter Quelllebensraum | Der gesamte Quelllebensraum ist verbaut und zerstört | 116 |
| | Keine Quelle | Punkt der GIS-Datenbank, der nicht als Quelle identifiziert wurde | Rund 70 |

*Tabelle 1:* Zustand der Quellen gemäss «Berner Methode».

Dass rund die Hälfte der 472 untersuchten Quellen in einem naturnahen Zustand sind, scheint auf den ersten Blick sehr viel zu sein. Zählt man die wenig beeinträchtigten Quellen dazu, so sind es 356 Quellen, also rund ⅔ der untersuchten Standorte, die noch als offene Quellen vorkommen. Diese Auswertung ist mit

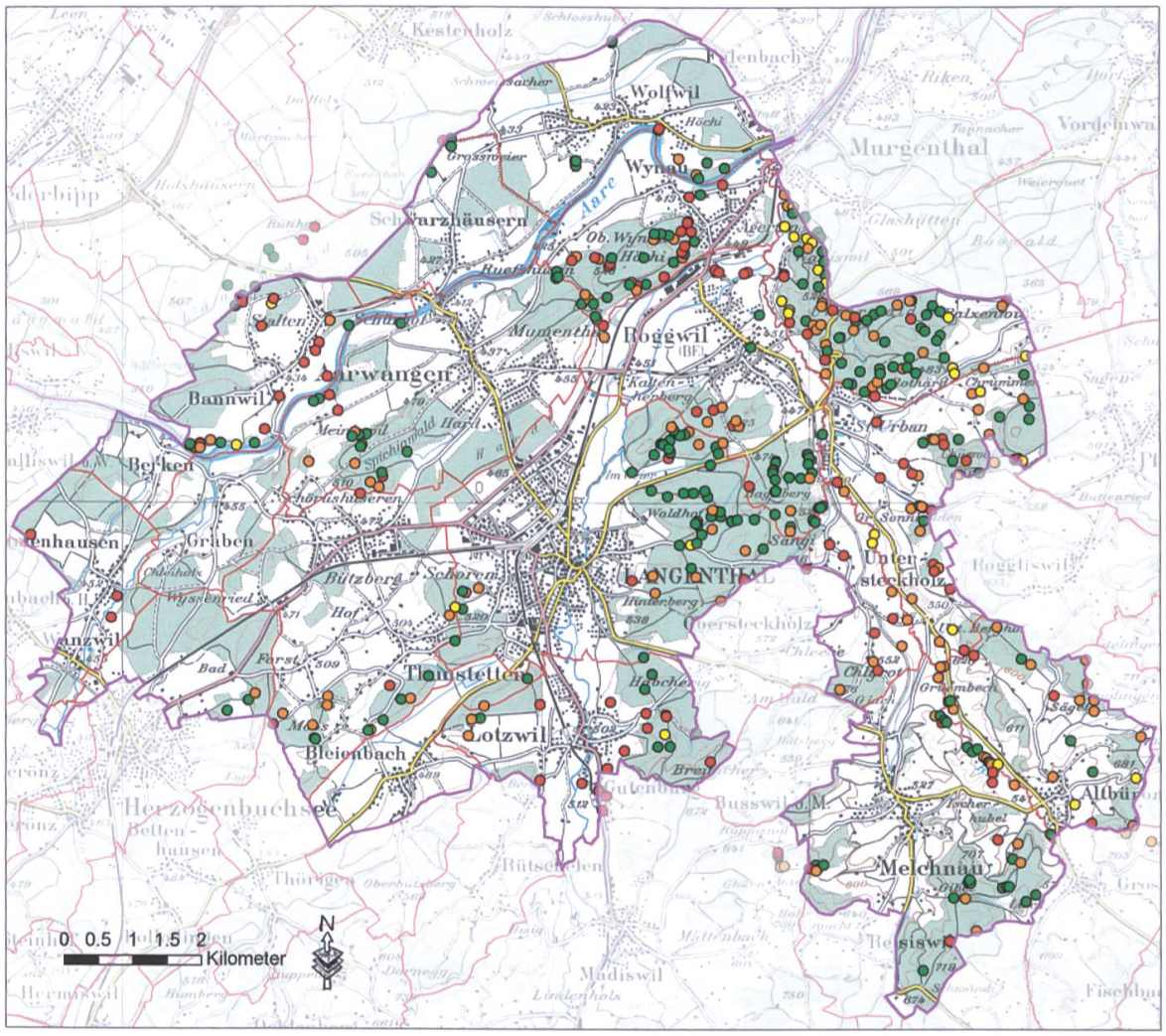


*Abbildung 2:* Untersuchte Quellstandorte. Grüner Punkt = natürlicher Quelllebensraum, oranger Punkt = beeinträchtigter Quelllebensraum, roter Punkt = zerstörter Quelllebensraum / gefasste Quelle, gelber Punkt = keine Quelle.

Vorsicht zu geniessen, weil alle für die Trinkwassernutzung und Drainage gefassten Quellen für die Berechnung nicht berücksichtigt wurden. Aufschlussreicher ist die Anzahl frei fliessender Quellen pro Quadratkilometer. Auf das ganze Smaragdgebiet gesehen entspricht es jedoch nur rund 3 Quellen pro Quadratkilometer, die frei abfliessen. Gemäss Zollhöfer (1997) kamen im Mittelland 1880 noch 15 offene Quellen pro Quadratkilometer vor, obwohl zu diesem Zeitpunkt wohl bereits die Hälfte der Quellen eingedolt war. Heute sind es im Mittelland durchschnittlich nur noch 0.25 Quellen pro Quadratkilometer (Zollhöfer, 1997). Im Smaragdgebiet kommen demnach im Vergleich zum Durchschnitt des Mittellandes rund 10 Mal mehr Quellen vor, die frei abfliessen.

## *Quelltyp*

Beinahe ¾ der nicht gefassten Quellen werden bezüglich ihrer Austrittsform als Sturzquellen bestimmt. Rund ¼ sind Sickerquellen, Weiherquellen sind im Gebiet eher selten (16 Quellen).

Quelltyp und Zustand der Quellen sind nicht korreliert, kein bestimmter Quelltyp ist eher natürlich oder beeinträchtigt.

## *Standorte*

Über 80 % der nicht gefassten Quellstandorte befinden sich im Wald (346 Quellen), die restlichen findet man im Landwirtschafts- (76) oder Siedlungsgebiet (9) vor. Zwischen dem Zustand der Quellen und dem Standort besteht ein signifikanter Zusammenhang: «Waldquellen» sind zu einem überdurchschnittlichen Anteil als naturnah eingestuft *(Abb. 3)*. Die Gegenüberstellung der Diagramme *(Abb. 4)* von «Waldquellen» und solchen aus dem Landwirtschaftsgebiet verdeutlicht dies. So sind 78 % der Quelllebensräume im Landwirtschaftsgebiet beeinträchtigt oder zerstört. Im Wald hingegen sind es bloss 41 %. Natürliche Quellen findet man also hauptsächlich im Wald vor.

*Abbildung 3:* Naturnahe Sturzquelle im Wald, Gemeinde Pfaffnau LU (Foto UNA AG).

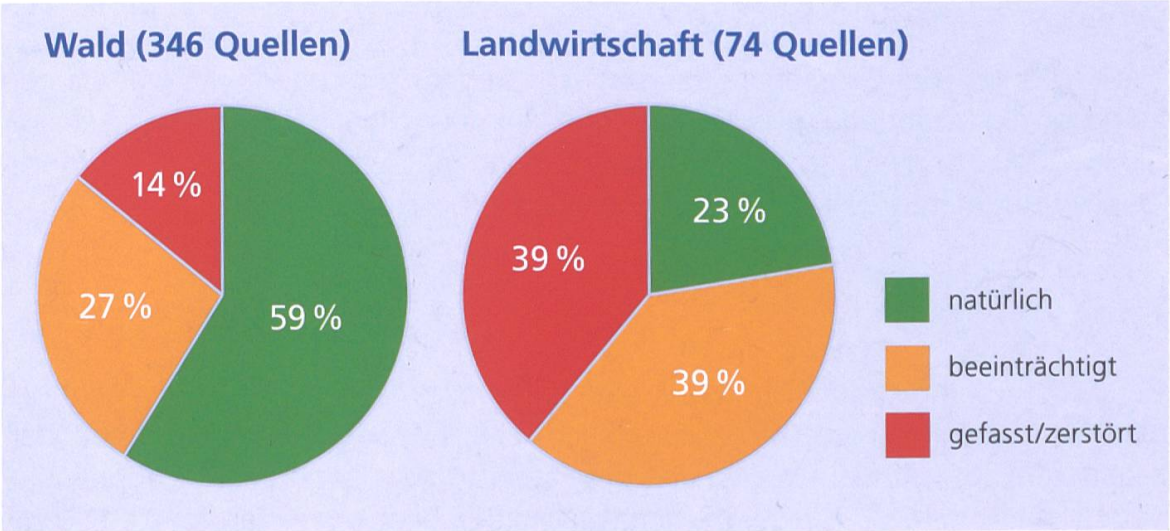


*Abbildung 4:* Vergleich des Quellzustandes zwischen «Waldquellen» und Quellen aus dem Landwirtschaftsgebiet (Angaben in Prozent).

Dramatisch ist die geringe Anzahl natürlicher Quelllebensräume der offenen Landschaft. Die meisten (57 von 74) dieser Quellen sind nicht mehr in einem natürlichen Zustand. Die wenigen natürlichen Quellen treten aus Uferböschungen von Flüssen oder Hecken aus, wie zum Beispiel entlang der Rot *(Abb. 5)*. Im Acker- und Wiesland sind die Quellen fast gänzlich, aufgrund von Entwässerungsleitungen oder Trinkwasserfassungen, verschwunden.

*Abbildung 5:* Durch Fahrspuren beeinträchtigte Sickerquelle im Landwirtschaftsgebiet. Gemeinde Altbüron LU (Foto UNA AG).

### *Grösse von Quellen*

Die Ergebnisse der Grössenangaben der Quellen im Smaragdgebiet Oberaargau zeichnen ein eindeutiges Bild. Fast alle sind kleine Quellen, mit einer Fläche kleiner als 15 Quadratmeter *(Tab. 2)*. Dementsprechend gibt es zwischen der Grösse von Quellen und deren Zustand keine Korrelation.

### *Quellschüttung*

Beurteilt nach ihrem Schüttungsvolumen haben die meisten Quellen ein geringes Schüttungsvolumen von weniger als einem Liter pro Sekunde. Die Analyse zwischen dem Zustand der Quellen und dem Schüttungsvolumen bringt signifikante Unterschiede hervor. Überdurchschnittlich viele Quellen mit einem grossen Schüttungsvolumen sind beeinträchtigt oder zerstört *(Tab. 2)*. Das ist nicht erstaunlich, denn die stark schüttenden Quellen sind für die Trinkwassernutzung gefasst.

### *Beurteilung ausgewählter Quellen nach der «BAFU Methode»*

#### *Struktur der Quellen*

Ziel dieser detaillierten Untersuchung war, einen Einblick in die Artenvielfalt der Quellen im Smaragdgebiet Oberaargau zu gewinnen. Daher haben wir für diesen Zweck eher intakte, naturnahe Quellen aus dem Wald und dem Landwirtschaftsgebiet gewählt. Die detaillierte Strukturbewertung von 10 nicht repräsentativ ausgewählten Quellen zeigt ein homogenes Bild auf. Alle untersuchten Waldquellen sind «naturnah» eingestuft *(Tab. 3)*. Die Quellen im Offenland sind aufgrund von unbefestigten Wegen und der landwirtschaftlichen Nutzung in der Umgebung der Quelle nur «bedingt naturnah». Drei der zehn Quellen sind Quellen mit Kalksinterbildung. Man spricht auch vom Lebensraum Cratoneurion, der als National Prioritärer Lebensraum eingestuft ist.

#### *Faunistische Untersuchungen*

Die faunistischen Untersuchungen der 10 Quellen bringen hervor, dass 6 der ausgewählten Quellen eine quelltypische Fauna beherbergen und 3 eine bedingt quelltypische *(Tab. 3, Abb. 6)*. Eine Quelle (QEM260) konnte aufgrund der minimalen Taxazahl nicht beurteilt werden. Die Taxazahl variiert je nach Quelle zwischen 4 und 18.

Zwei Quellen liefern erstaunliche Resultate, die einer ausführlicheren Erläuterung bedürfen. In der Quelle QEM120 im Naturschutzgebiet Vogelraupfi sind 18 Taxa nachgewiesen worden. Trotz dieser grossen Vielfalt wird die Quelle nur als bedingt quelltypisch eingestuft. Man kann also aufgrund der hohen Taxazahl nicht auf eine quelltypische Fauna, resp. auf eine hohe ökologische Wertesumme

| Austrittsform (n=477) | Beurteilt (n – k. Angaben: $n_1$=373) | | | |
|---|---|---|---|---|
| Quelllebensraum | natürlich | beeintr. | zerstört | Summe |
| Sturzquelle | 163 | 91 | 37 | 291 |
| Sickerquelle | 44 | 19 | 3 | 66 |
| Weiherquelle | 10 | 6 | 0 | 16 |
| keine Angaben | | | | 104 |
| | | | | |
| Standort (n=477) | Beurteilt (n – k. Angaben: $n_2$=429) | | | |
| Quelllebensraum | natürlich | beeintr. | zerstört | Summe |
| Landwirtschaft | 17 | 29 | 28 | 74 |
| Wald | 203 | 94 | 49 | 346 |
| Siedlung | 1 | 1 | 7 | 9 |
| keine Angaben | | | | 48 |
| | | | | |
| Grösse (n=477) | Beurteilt (n – k. Angaben: $n_3$=387) | | | |
| Quelllebensraum | natürlich | beeintr. | zerstört | Summe |
| Klein (<15 m²) | 202 | 108 | 42 | 353 |
| Mittel (15–30 m²) | 17 | 10 | 7 | 34 |
| Gross (>30 m²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| keine Angaben | | | | 90 |
| | | | | |
| Schüttung (n=477) | Beurteilt (n – k. Angaben: $n_4$=365) | | | |
| Quelllebensraum | natürlich | beeintr. | zerstört | Summe |
| Gering (<1 l/s) | 203 | 94 | 34 | 331 |
| Mittel (1–10 l/s) | 12 | 8 | 11 | 31 |
| Gross (10.1–100 l/s) | | 2 | 1 | 3 |
| keine Angaben | | | | 112 |

*Tabelle 2:* Untersuchte Parameter im Überblick.

(ÖWS) schliessen (zur Definition von ÖWS, *siehe Anhang S. 113*). Womöglich hat man bei der Beprobung den Quelllebensraum zu grossflächig definiert und daher auch einige Arten gefangen, die bereits dem Quellbach angehören, also nicht typische Quellbewohner sind *(siehe Anhang Formel 1)*.

In der Quelle QEM 304 haben die faunistischen Beurteilungen einen ÖWS-Wert von 37.7 ergeben (höchster Wert aller Quellen), obwohl nur 7 verschiedene Arten in der Probe vorkommen. Fünf Arten sind in grossen Mengen vorhanden und es kommen vor allem Quellspezialisten vor, was den hohen ÖWS-Wert erklärt.

| Quell-Code | Gemeinde | Standort | Struktur-wert | Struktur-bewer-tung | ÖWS | Fauna-bewertung | Σ Taxa | Σ RL | Σ NPA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| QEM013 | Aarwangen | Wald | 1.23 | Naturnah | 22.7 | Quelltypisch | 12 | 4 | 1 |
| QEM016 | Aarwangen | Wald | 1.47 | Naturnah | 24 | Quelltypisch | 6 | 1 | |
| **QEM120** | Bannwil | Wald | 1.11 | Naturnah | 18.6 | Bedingt quelltypisch | 18 | 4 | |
| **QEM139** | Melchnau | Wald | 1.20 | Naturnah | 21.1 | Quelltypisch | 7 | 3 | |
| QEM212 | Lotzwil | Wald | 1.76 | Naturnah | 20 | Quelltypisch | 10 | 2 | |
| QEM260 | Roggwil BE | Wald | 1.49 | Naturnah | k. B. | k. B. | 4 | | |
| QEM304 | Roggwil BE | Landwirt-schaft | 1.99 | Bedingt naturnah | 37.7 | Quelltypisch | 7 | 6 | 3 |
| **QSO001** | Wolfwil | Landwirt-schaft | 2.06 | Bedingt naturnah | **30** | Quelltypisch | 8 | 6 | 2 |
| QAG061 | Murgenthal | Wald | 1.72 | Naturnah | **19.6** | Bedingt quelltypisch | 8 | 3 | 1 |
| QAG069 | Murgenthal | Wald | 1.69 | Naturnah | **15.8** | Bedingt quelltypisch | 11 | 2 | |

*Tabelle 3:* Faunistische Beurteilung von 10 Quellen. Fett markierte Quell-Codes sind Kalkquellen (Cratoneurion). ÖWS: Bei den fetten Zahlen stammen die Angaben aus der Sommer-Beprobung, die anderen vom Frühling. RL = Rote Liste Arten, NPA = National Prioritäre Arten, k. B. = keine Beurteilung, weil zu wenig Taxa.

*Abbildung 6:* Die Sturzquelle QEM013 wurde faunistisch untersucht.

## *Artenvielfalt*

Insgesamt konnten wir in den zehn untersuchten Quellen 51 unterschiedliche Taxa ausmachen. 39 davon wurden auf Artniveau und 12 auf Gattungs- oder Familienniveau bestimmt *(Tab. 4)*. Am häufigsten vertreten waren Köcherfliegen-Larven, was den Erfahrungswerten vergangener Studien entspricht (Lubini, 2015 b). Über die Hälfte (25/39 Arten) der Arten sind quelltypisch oder bedingt quelltypisch (krenobionte 30%; krenophile 30% der Arten).

| Gruppe (latein) | Gruppe (deutsch) | Anzahl Taxa |
|---|---|---|
| Turbellaria | Strudelwürmer | 4 |
| Crustacea | Krebstiere | 2 |
| Mollusca | Schnecken | 2 |
| Odonata | Libellen | 2 |
| Ephemeroptera | Eintagsfliegen | 5 |
| Plecoptera | Steinfliegen | 8 |
| Trichoptera | Köcherfliegen | 27 |
| Amphibia | Amphibien | 1 |

*Tabelle 4:* Organismengruppen der festgestellten Taxa

*Abbildung 7:* Larve des Feuersalamanders (Foto V. Lubini-Ferlin).

## *Seltene Arten*

13 Arten der Roten Listen (Gonseth & Monnerat, 2002/Schmid & Zumbach, 2005/ Lubini et al., 2012) haben wir bei den Probenahmen gefunden, was einem Drittel der Arten entspricht (13 von 39 Arten). Davon sind 4 Arten als National Prioritäre Arten (NPA, BAFU 2011) eingestuft. Die für die Schweiz grösste Bedeutung gemäss Prioritätseinstufung der NPA-Liste haben die quelltypischen Köcherfliegen *Adicella filicornis* und *Stactobia moselyi*.

Die Köcherfliegenart *Adicella filicornis* ist in einer Quelle (QSO001) nachgewiesen worden und ist gemäss Info Species Datenbank (Info Fauna, 2017) ein äusserst seltener Fund für das Mittelland *(Abb. 8)*. Bisher waren nur 9 Standorte im Mittelland bekannt. Die quelltypischen Köcherfliegenarten *Beraea maurus*, *Ernodes articularis*, *Micropterna lateralis* und *Ptilocolepus granulatus* sind alles Erstnachweise für die Region Oberaargau *(Abb. 9 und 10)*. Einerseits zeigt dieses Ergebnis die Bedeutung des Smaragdgebietes Oberaargau hinsichtlich der Erhaltung und Förderung von Rote Listen und National Prioritären Arten auf, andererseits sind Quellen hinsichtlich ihrer Fauna allgemein noch wenig untersucht, was die Bedeutung der Erstnachweise etwas relativiert.

*Abbildung 8:* Die heute bekannten Funde der Köcherfliege *Adicella filicornis,* Quelle Info Fauna, 2017. Orange Punkte: Daten vor 2000, rote Punkte: Daten ab 2000.

*Abbildung 9:* Larve von *Ernodes articularis* (Foto V. Lubini-Ferlin).

*Abbildung 10:* Köcherfliege *Ernodes articularis* als Adulttier (Foto V. Lubini-Ferlin).

Aufgrund der Seltenheit von naturnahen Quelllebensräumen und deren geringen Grössen überrascht es nicht, dass die untersuchten Quellen relativ viele Rote Liste Arten aufweisen *(Tab. 5)*. Die grösste Anzahl dieser seltenen Arten befindet sich in den zwei Quellen aus dem Landwirtschaftsgebiet (QEM304 und QSO001). Diese Quellen haben, aufgrund der raren Quellvorkommen im landwirtschaftlich genutzten Gebiet, eine besonders wertvolle ökologische Bedeutung.

| Gruppe | Art | Typ | RL | NPA | Anzahl Quellen |
|---|---|---|---|---|---|
| *Odonata* | *Cordulegaster bidentata* | krenobiont | NT | | 2 |
| *Trichoptera* | *Adicella filicornis* | krenobiont | EN | 3 | 1 |
| *Trichoptera* | *Beraea maurus* | krenobiont | NT | | 3 |
| *Trichoptera* | *Beraea pullata* | krenophil | NT | | 2 |
| *Trichoptera* | *Ernodes articularis* | krenobiont | VU | 4 | 3 |
| *Trichoptera* | *Micropterna lateralis* | krenophil | NT | | 1 |
| *Trichoptera* | *Plectrocnemia brevis* | krenophil | NT | | 2 |
| *Trichoptera* | *Plectrocnemia geniculata* | krenobiont | NT | | 8 |
| *Trichoptera* | *Ptilocolepus granulatus* | krenobiont | NT | | 2 |
| *Trichoptera* | *Potamophylax nigricornis* | krenobiont | NT | | 3 |
| *Trichoptera* | *Synagapetus dubitans* | krenobiont | NT | | 2 |
| *Trichoptera* | *Stactobia moselyi* | krenobiont | EN | 3 | 1 |
| *Amphibia* | *Salamandra salamandra* | krenophil | VU | 4 | 2 |

*Tabelle 5:* Arten der Roten Liste: krenobiont = Quellspezialisten, krenophil = kommen in Quellnähe vor. RL = Rote Liste Einstufung. NT = Near Threatened / potentiell gefährdet; VU = Vulnerable / gefährdet; EN = Endangered / stark gefährdet. NPA = Prioritätseinstufung der National Prioritären Arten: 4 = mässig, 3 = mittel.

Die faunistischen Untersuchungen von 10 Quellen machen deutlich, dass man aufgrund einer Struktur-Beurteilung «naturnah» nicht immer auf eine quelltypische Fauna schliessen kann. So weisen die beiden Quellen im Offenland strukturelle Defizite auf, trotzdem erzielen sie im Vergleich zu den Waldquellen die höchste ökologische Wertesumme (ÖWS) und die meisten Rote Liste Arten. Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die wenigen Quellen im Offenland prioritär behandelt werden sollten.

Auch Studien aus dem Kanton Basel-Landschaft (Küry, 2014) und dem Schweizer Mittelland (Lubini, 2015 a) unterstreichen die Aussage, dass man mit der Strukturbeurteilung nicht direkt auf eine quelltypische Fauna schliessen kann. Um sich ein vertieftes Bild einer Quelle zu machen, ist also die Untersuchung beider Teile der «BAFU-Methode» (Struktur und Fauna) unerlässlich.

## Massnahmen zum Erhalt von Quellen

Um den Rückgang der offenen, natürlichen Quelllebensräume im Smaragdgebiet zu bremsen, sind Massnahmen zu deren Schutz notwendig. Je nach Beurteilung der Quellenstruktur werden unterschiedliche Massnahmen zum Unterhalt empfohlen *(Tab. 6)*. Voraussetzung für die Umsetzung von Massnahmen ist eine möglichst flächendeckende Bestandsaufnahme von Quellen. Nur so kann die Wertigkeit der einzelnen Standorte bestimmt und die Massnahme entlang einer Prioritätensetzung gewählt werden.

In der Folge werden Massnahmen beschrieben, die nach steigender Verbindlichkeit geordnet sind.

| Massnahme | Instrument | Verbindlichkeit |
|---|---|---|
| Bewirtschaftungshinweis | – | Empfehlung |
| Kommunales Naturinventar | Richtplan | Behördenverbindlich |
| Objektschutz | Schutz- und Nutzungsplan oder Smaragd-Vertrag | Grundeigentümerverbindlich |

*Tabelle 6:* Übersicht der Massnahmen zum Erhalt von Quellen.

### *Massnahmenempfehlungen für naturnahe und beeinträchtigte Quellen*

#### *Bewirtschaftungshinweise*

Um die Gewässerqualität und die gesetzlichen Vorschriften bezüglich der Bewirtschaftung einzuhalten, empfehlen wir für alle bekannten, naturnahen und beeinträchtigten Quelllebensräume folgende Massnahmen:

- Grosszügige Pufferstreifen, um den Nährstoff- und Pestizideintrag zu verhindern.
- Keine Astdepots und andere Strukturen auf den Quelllebensraum.
- Keine Viehtränken und Auszäunung der Quelle, um den sensiblen Lebensraum vor Trittschäden zu schützen.
- Aufwertungen wie Kleinstrukturen im Pufferbereich von Quellen fördern die Quellfauna.

Durch Bewirtschaftungshinweise ist auf einfache Art, viel zum Erhalt von Quellen zu erreichen. Das ermöglicht insbesondere auch bei Quellen im Wald auf die Lage der Quellen und deren Berücksichtigung bei Forstarbeiten aufmerksam zu machen.

*Kommunales Naturinventar*

Quellen kann man in ein Naturinventar der Gemeinde aufnehmen, welches den Ist-Zustand der Quellen darstellt. Sind die Quellen in einem Gemeinderichtplan verankert, geniessen sie einen behördenverbindlichen Schutz.

*Objektschutz*

Für den stärksten, grundeigentümerverbindlichen Schutz von Quellen sind Quellen in einen kommunalen Schutz- und Nutzungsplan aufzunehmen – als Schutzzone oder als lokales Naturschutzgebiet mit den entsprechenden Auflagen im Baureglement. Der Schutz auf Gemeindeebene kann Quellen im Wald und in der offenen Landschaft berücksichtigen.

Ein zeitlich begrenzter Objektschutz kann mittels Artenschutz- oder Lebensraumverträgen (z. B. Smaragdvertrag) verankert sein. Dieser Vertragstyp basiert auf einem gegenseitigen, vertraglich geregelten Einverständnis und ist für beide Vertragspartner verbindlich. Der Bewirtschafter wird für die Fördermassnahmen und Bewirtschaftungseinschränkungen finanziell entschädigt. Die Dauer der Verträge ist meist auf 8 Jahre beschränkt und muss bei einem Wechsel des Bewirtschafters nicht fortgeführt werden. Eine Kündigung ist gemäss Vertragsbestimmungen möglich. Es handelt sich bei diesem Vertrag um eine Vereinbarung zwischen den Vertragsparteien und nicht um einen formellen Schutz der Quellen. Den Abschluss von Smaragdverträgen (kantonale Arten- oder Lebensraumverträge) empfehlen wir für Quellen im Landwirtschaftsgebiet.

Als zusätzliches Element der Sicherung einer Quelle kann ein Grundbucheintrag gewählt werden. Bei diesem notariell beglaubigten Akt wird eine Auflage, hier zur Nutzung, dauerhaft im Grundbuch der entsprechenden Parzelle verankert. So kann die Abhängigkeit vom Bewirtschafterwechsel und der Vertragskündigung aufgefangen werden. In der Regel geschieht der Grundbucheintrag auf Anlass einer Körperschaft wie Kanton, Pro Natura usw. Für den Grundeigentümer wird ein Grundbucheintrag, falls es sich um eine Einschränkung der Nutzung handelt, mit einer einmaligen Entschädigung abgegolten.

### *Biotopschutz – kantonales Schutzgebiet*

Das Einrichten eines kantonalen Schutzgebietes ist ein langwieriger Prozess, der ein Mitwirkungsverfahren miteinschliesst. Die Massnahme ist grundeigentümerverbindlich und bedingt einen Regierungsratsbeschluss. Ein solcher Biotopschutz ist nur für einzigartige Quelllebensräume mit einer ausserordentlichen Arten- und Strukturvielfalt in Betracht zu ziehen.

### *Massnahmen für zerstörte, gefasste Quelllebensräume*

Wir empfehlen, auch zerstörte Quellen in einem Quellkataster festzuhalten. Ferner sind solche Quellen im Hinblick auf eine mögliche Revitalisierung zu prüfen.

Die Regionalisierung der Trinkwasserversorgung führt dazu, dass viele Fassungen, aufgrund ihrer relativ geringen Schüttungsmenge, nicht mehr verwendet und nicht mehr am Versorgungsnetz angeschlossen sind. Besonders bei diesen aufgegebenen Quellfassungen ist ein grosses Revitalisierungspotential vorhanden.

Bei Quellen, die durch Entwässerungsleitungen zum nächsten Wald geleitet werden und dort über ein Rohr an die Oberfläche treten, scheint eine Revitalisierung kaum umsetzbar. Eine solche hätte grosse Verluste an landwirtschaftlicher Nutzbarkeit zur Folge.

## Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen unterstreichen die Bedeutung der Quellen im Smaragdgebiet Oberaargau hinsichtlich des Aussterbens bedrohter Arten. Vier Köcherfliegenarten sind für das Gebiet Erstnachweise. Bekanntere seltene Arten wie der Feuersalamander (*Salamandra salamandra*) und die gestreifte Quelljungfer (*Cordulegaster bidentata*) sind weitere Arten, die wir in den Quellenproben des Smaragdgebietes Oberaargau nachweisen konnten. Schliesslich wurden in neun von zehn im Detail untersuchten Quellen Rote Liste Arten identifiziert, was darauf hindeutet, dass die Quellen des Smaragdgebietes Oberaargau aus faunistischer Sicht eine grosse ökologische Bedeutung aufweisen und für Erhalt und Förderung der seltenen Quellenarten zentral sind.

Trotz guter rechtlicher Grundlagen fehlt es schweizweit an deren Umsetzung. Quellen werden auch beim Gewässerunterhalt oft nicht mit einbezogen oder werden, vor allem im Wald, nicht als eigenen Lebensraum berücksichtigt und dadurch bei Holzungsarbeiten z. T. arg in Mitleidenschaft gezogen. Konkrete Schutzbestimmungen wurden bisher im Smaragdgebiet Oberaargau nicht umgesetzt.

Naturnahe Quellen sind sehr kleinflächige Lebensräume und aufgrund ihrer Verbreitung und Isolation als selten zu bezeichnen. Massnahmen zur Förderung der verbliebenen Quellen sind eine Notwendigkeit, um den Lebensraum langfris-

tig zu erhalten. Insbesondere im Landwirtschaftsgebiet sind intakte Quelllebensräume, wie diese Studie aufzeigt, sehr selten. Eine quelltypische Fauna konnten wir im Landwirtschaftsgebiet noch nachweisen, doch aufgrund der räumlichen Isolation intakter Quellen ist es fraglich, ob ein längerfristiges Überleben dieser Fauna überhaupt möglich ist. Die verbliebenen Quellen im Landwirtschaftsgebiet sind, um der heutigen Entwicklung entgegen zu wirken, durch Verträge zu erhalten, beeinträchtigte und zerstörte Quelllebensräume zu revitalisieren. Eine gute Zusammenarbeit mit Grundeigentümern, Landwirten und kommunalen Behörden scheint bezüglich Erhalt der wenigen verbliebenen Quellen im Acker- und Wiesenland zielführend zu sein.

Im Wald, wo noch häufiger naturnahe Quellen vorkommen, empfehlen wir primär ein flächendeckendes Quellkataster und Sensibilisierungsmassnahmen, damit der Lebensraum als solcher wahrgenommen wird und sich die sensible, vom Aussterben bedrohte Artenvielfalt erhalten kann. Das gilt auch für Kleinstquellen, die nur als feuchter Sumpf zu erkennen sind. Denn auch hier konnten wir eine grosse quelltypische Artenvielfalt auffinden. Jeder intakte Quelllebensraum ist für den langfristigen Erhalt der spezialisierten Fauna von Bedeutung.

Generell empfehlen wir, beeinträchtigte Quellen hinsichtlich einer Revitalisierung zu prüfen und Massnahmen mit grossem Kosten-Nutzen-Verhältnis zu bevorzugen.

## Dank

Unser ausdrücklicher Dank geht an die Freiwilligen, die während zwei Monaten Quellen aufgesucht und beurteilt haben. Dr. Daniel Küry hat die faunistischen Bestimmungen verifiziert und uns bei der Interpretation der Ergebnisse unterstützt. Sarah Sommer, Bachelor Studentin an der ZHAW Wädenswil, danken wir für die statistischen Tests. Und nicht zuletzt haben Mitarbeiter des Gewässer- und Bodenschutzlabors und der Abteilung Naturförderung des Kantons Bern uns mit Feld- und Bestimmungsarbeiten, sowie der Verwaltung der Quellendatenbank tatkräftig unterstützt. Wir sind allen für ihre Mithilfe am Projekt äusserst dankbar. Ein grosser Dank geht auch an das Bundesamt für Umwelt (BAFU), das das Projekt finanziert hat und an den Verein Smaragdgebiet Oberaargau für die Projektträgerschaft.

## Referenzen

AWA, Gewässer- und Bodenschutzlabor GBL, 2016: Kartierung der Quelllebensräume Berner Methode – Anleitung und Feldprotokoll. http://www.bve.be.ch/bve/de/index/wasser/wasser/gewaesserqualitaet/Quellen.html

Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2011: Liste der National Prioritären Arten – Arten mit nationaler Priorität für die Erhaltung und Förderung, Stand 2010. Umwelt-Vollzug Nr. 1103, Bern, 132 S.

Delarze, R., Gonseth, Y., Eggenberg, S. & Vust, M., 2015: Lebensräume der Schweiz – Ökologie, Gefährdung, Kennarten. 3. Auflage.
Gonseth, Y., Monnerat, C., 2002: Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz – Libellen, Stand 2002. BUWAL und CSCF.
Hedinger, H., 2016: Managementplan für das Smaragdgebiet Oberaargau – UNA AG. Unveröffentlichter Bericht.
Info Fauna, 2017: Verbreitungskarten Tierarten. http://lepus.unine.ch/carto/. Abgerufen am 27.04.2017.
Küry, D., 2015: Quellen im Fokus. Aqua Viva – die Zeitschrift für Gewässerschutz, 57. Jahrgang Nr. 3/2015, S. 17–21.
Küry, D., 2014: Charakterisierung und Schutz natürlicher und naturnaher Quellen im Kanton Basel-Landschaft (Schweiz). Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft beider Basel, 15/2014.
Küry, D., Lubini, V., Stucki, P., 2017: Aqua Viva – die Zeitschrift für Gewässerschutz, Nr. 1/2017, S. 9–11.
Lubini, V. (a), 2015: Sammlung unveröffentlichter Daten über Quellenuntersuchungen der Schweiz.
Lubini, V. (b), 2015: Quellen im Fokus. Aqua Viva – die Zeitschrift für Gewässerschutz, 57. Jahrgang Nr. 3/2015, 11–13.
Lubini, V., Knispel, S., Sartori, M., Vicentini, H. & Wagner, A., 2012: Rote Listen Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Umwelt-Vollzug Nr. 1212, Bundesamt für Umwelt, Bern und Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg., 111 S.
Lubini-Ferlin, V., Küry, D., Stucki, P., 2014: Bewertung von Quell-Lebensräumen in der Schweiz – Entwurf für ein strukturelles und faunistisches Verfahren. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU.
Schmid, B. R., Zumbach, S., 2005: Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz, Stand 2005. BUWAL und KARCH.
Zollhöfer, J. M., 1997: Quellen – die unbekannten Biotope im Schweizer Jura und Mittelland, erfassen-bewerten-schützen. Bristol Schriftenreihe Band 6, Bristol-Stiftung Zürich, 132 S.

# Anhang

## Methoden der Feldaufnahmen

### *Berner Methode*

Für eine flächendeckende Beurteilung von Quellen in einem Gebiet wie dem Smaragdgebiet Oberaargau ist es von Vorteil, mit einer Methode zu arbeiten, die nicht zu detailliert ist und auch von geschulten Laien angewendet werden kann. Das Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern (GBL) hat dies erkannt und für diesen Zweck eine vereinfachte Beurteilungsmethode von Quellen, auch Berner Methode (AWA, Gewässer- und Bodenschutzlabor GBL, 2016) genannt, entwickelt.

Die Berner Methode ist für diese Art von Aufnahmen geeignet, da sie für geschulte naturbegeisterte Freiwillige anwendbar ist. Zentraler Paramater ist die Einstufung des Zustandes eines Quelllebensraumes. Es wird zwischen 3 Stufen unterschieden: naturnah, beeinträchtigt oder zerstört. So ist der Zustand einer Quelle natürlich, wenn der Quelllebensraum nicht beeinträchtigt ist. Eine Quelle gilt als beeinträchtigt, wenn der Lebensraum durch Verbauungen begrenzt ist oder eine Fassung mit einem Überlauf vorkommt, jedoch in jedem Fall ein Quelllebensraum vorzufinden ist. Hingegen ist eine Quelle zerstört, wenn keine Anzeichen auf einen natürlichen Quelllebensraum hindeuten, was sich in Form von Brunnstuben, Brunnen, Vieh-

tränken oder Rohrausläufen manifestiert. Weiter werden die Fläche, das Schüttungsvolumen und der Standort der Quelle (Wald, Offenland oder Siedlungsgebiet) aufgenommen.

### *BAFU Methode*

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat eine Methode für die Beurteilung von Quellen entwickelt (Lubini-Ferlin et al., 2014). Die Methode besteht aus einer strukturellen und einer faunistischen Beurteilung. Diese Methode kann nur von Fachleuten angewendet werden, ist viel zeitaufwändiger und eignet sich für spezifische Untersuchungen von Quellen. Sie wurde für zehn im Detail untersuchten Quellen verwendet.

#### *Struktur von Quellen*

Mit der BAFU-Strukturmethode zur Beurteilung von Quellen werden hauptsächlich zwei Aspekte unterschieden: die Art und das Ausmass von Beeinträchtigungen (Wert A) einerseits und die Vegetation-Nutzung-Struktur (Wert B) andererseits. Die Kombination beider Werte ergibt den Strukturwert einer Quelle. Im Vergleich zur Berner Methode sind die Aufnahmeparameter viel feiner und man kann sich dadurch ein besseres Bild vom Zustand einer Quelle machen.

#### *Fauna von Quellen*

Die BAFU-Methode untersucht Makroinvertebraten wie Larvenstadien von Insekten, Schnecken (*Mollusca*), Krebstieren (*Crustacea*) und Strudelwürmern (*Turbellaria*). Die mit einem Netz gefangenen Tiere sind in Alkohol aufbewahrt und werden anschliessend möglichst auf Artniveau bestimmt. Da einige Individuen aufgrund ihres Entwicklungsstadiums nicht auf Art- sondern nur auf Gattungsniveau bestimmt werden konnten, sprechen wir von Anzahl Taxa und nicht von Anzahl Arten. Die Ergebnisse manifestieren sich in Form eines Index, der die Quellfauna als quelltypisch, bedingt quelltypisch, quellverträglich, quellfremd oder sehr quellfremd einstuft. Dieser Fauna-Index entspricht der ökologischen Wertesumme (ÖWS) und setzt sich zusammen aus der Summe der ökologischen Wertezahlen jeder Taxa (ÖWZ) multipliziert mit deren Menge (Abundanz).

$$\text{ÖWS} = \Sigma\ \text{ÖWZ} * \text{Abundanz}$$

*Formel 1:* Berechnung der ökologischen Wertesumme (ÖWS).

Die ÖWZ gibt Auskunft über die Quellbindung einer Art (eines Taxons). Je höher der Wert, desto quelltypischer ist die Art. In diesem Sinn sagt die ökologische Wertesumme (ÖWS) aus, wie quelltypisch die Fauna des jeweiligen Quelllebensraumes ist. Voraussetzung um den Index zu berechnen ist, dass mindestens 5 verschiedene Arten (oder Taxa) identifiziert werden. Für jede Quelle haben wir die ÖWS der Frühlings- und Sommeraufnahmen berechnet, für die Auswertung jedoch nur den höchsten dieser beiden Werte verwendet.

### *Feldaufnahmen*

An den Feldaufnahmen der Berner Methode waren 9 Ehrenamtliche, 2 Angestellte des Kantons Bern und 2 Mitarbeiter der Umweltfirma UNA beteiligt. Die Aufnahmen fanden während der Monate März und April 2015 statt.

Die Detailuntersuchungen mittels BAFU-Methode wurden durch Fachspezialisten vom UNA, dem Gewässer- und Bodenschutzlabor (GBL) und der Abteilung Naturförderung zwischen dem 15. April und 14. Mai 2015, sowie während einer zweiten Aufnahmeperiode, im Juli 2015, durchgeführt.

### *Datenverwaltung*

Das GBL hat 2015 eine Quell-Datenbank entwickelt. Dadurch sind alle Angaben über nicht gefasste Quellen des Kantons Bern und des hier vorliegenden Projektperimeters zentral gespeichert und für Auswertungen abrufbar.

Die Ergebnisse der Detailuntersuchungen (Struktur und Fauna) wiederum, wurden dem Schweizerischen Zentrum für Kartographie der Fauna (SZKF/CSCF) übermittelt.

### *Statistische Tests*

Um Beziehungen zwischen den erhobenen Parametern und dem Zustand der Quellen zu ermitteln sind die Ergebnisse der Feldaufnahmen mit dem Chi-Square-Test analysiert worden. Das Signifikanzniveau ist auf 5% festgelegt.