

Bundesstraße B 23:  
Garmisch-Partenkirchen bis Bundesgrenze  
1.Planänderung Kramertunnel

## Faunistische Sonderuntersuchungen: Wasserlebende Wirbellose

Auftraggeber    Staatliches Bauamt Weilheim  
                         Münchener Straße 38  
                         82362 Weilheim

Auftragnehmer    Narr Rist Türk  
                         Landschaftsarchitekten Stadtplaner Ingenieure  
                         Isarstraße 9  
                         85417 Marzling

Fachbeitrag        Monika Hess & Ullrich Heckes  
                         Büro H2 Ökologische Gutachten  
                         [www.buero-h2.de](http://www.buero-h2.de)

Mitarbeit         Dr. Reinhard Gerecke, Tübingen

Stand:             21.01.2014

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung/Aufgabenstellung .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Beschreibung der relevanten Projektwirkungen .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Untersuchungsgewässer und Methoden .....</b>	<b>6</b>
3.1	Untersuchungsgewässer .....	6
3.2	Geländemethoden, Determination .....	8
3.3	Auswertungsmethoden .....	9
<b>4</b>	<b>Bestand und Bewertung .....</b>	<b>10</b>
4.1	Quellkomplexe der beiden Hangquellmoore .....	10
4.2	Lahnenwiesgraben .....	15
<b>5</b>	<b>Prognose und Bewertung der Projektwirkungen .....</b>	<b>17</b>
5.1	Quellkomplexe der beiden Quellmoore .....	17
5.2	Lahnenwiesgraben .....	22
<b>6</b>	<b>Schriften .....</b>	<b>23</b>
6.1	Zitierte Schriften .....	23
6.2	Darüber hinaus berücksichtigte Schriften .....	25
<b>7</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>28</b>
7.1	Tabellen	
7.2	Dokumentation der Rohdaten	

## 1 Einleitung/Aufgabenstellung

Das Staatliche Bauamt Weilheim verlegt die Bundesstraße 23 westlich von Garmisch. Zur Herstellung des für die Ortsumgehung erforderlichen "Kramertunnels" ist eine Absenkung des Bergwasserspiegels erforderlich, in deren Folge zwei Hangquellmoore, von denen eines in dem europäischen Schutzgebiet FFH 8431-371 "Ammergebirge" liegt, mehrjährig trocken fallen. Um dies zu verhindern, werden über die Bauphase aus einem nahen Wildbach, dem Lahnenwiesgraben, Wasser entnommen und mit diesem Wasser die Moore bewässert.

Die beiden gegenständlichen Hangquellmoore "Schmölzer See" und "Sonnenbichl" werden als Lebensraumtyp 7230 "Kalkreiche Niedermoore" nach Anhang I der FFH-RL vom Schutzzweck des FFH-Gebiets Ammergebirge in weiten Teilen erfasst. Der Schutz erstreckt sich dabei nicht nur auf die terrestrischen, sondern auch auf die im Niedermoor typischerweise ausgeprägten aquatischen und semiaquatischen Kleinlebensräume. Im vorliegenden Fall handelt es sich um Komplexe aus Sicker- und kleinen Fließquellen.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, die aquatische Wirbellosenfauna der Quellkomplexe in den beiden Hangquellmooren zu erfassen, die charakteristischen und diversitätsbedeutsamen und damit vorrangig schutzzweckrelevanten Arten zu identifizieren und die Auswirkungen eines baubedingten Ausbleibens der Quellschüttung bzw. der Bewässerung der Standorte durch Bachwasser auf diese Arten abzuschätzen und zu bewerten. Die Bestandsaufnahmen waren dabei so anzulegen, dass sie gleichzeitig als "Nullaufnahme" eines möglichen ökologischen Monitorings fungieren können.

Darüber hinaus sollte auch der Lahnenwiesgraben auf das Makrozoobenthos untersucht und auf dieser Datengrundlage abgeschätzt werden, welche Auswirkungen von der geplanten Wasserentnahme auf dessen ökologischen Zustand zu erwarten sind.

## 2 Beschreibung der relevanten Projektwirkungen

Zu einer ausführlichen Beschreibung der Baumaßnahmen bzw. Eingriffe ist auf die Unterlage 16.1 "Unterlagen gemäß § 6 UVPG" (NRT, Stand März 2016) zu verweisen. Danach sind die im Kontext relevanten Projektwirkungen wie folgt zusammenzufassen:

Für den Bau des Tunnels ist eine vorübergehende Absenkung des Bergwasserspiegels im Bergsturzgebiet (Bereich A) notwendig. In der Folge kommt es zu einer temporären Beeinflussung der oberhalb liegenden Hangquellen und der damit in Verbindung stehenden Hangquellmoore "Schmölzer See" und "Sonnenbichl". Die Quellen, die die Moore speisen, werden in ihrer Schüttung abnehmen und letztlich versiegen. Die erforderliche Dauer der Absenkung, und damit das Ausbleiben des Wassers, beträgt überschlägig maximal vier Jahre. Bei Wiederaufspiegelung des Bergwassers nach Bauabschluss werden die Quellen mit vergleichbarer Quantität und gleicher Wasserqualität wieder anspringen.

Um die Auswirkungen auf die beiden Hangquellmoore zu mindern, sollen diese künstlich bewässert werden. Dabei werden Einleitungen gezielt in die wichtigsten Quell-

gewässer(typen) erfolgen, um das Angebot an aquatischen Lebensräumen soweit als möglich aufrecht zu erhalten.



Feinmaterialreiche Sickerquelle im Oberhang des Quellmoors "Sonnenbichl", Mai 2012

Geplant ist eine Wasserzuleitung aus dem Lahnenwiesgraben mittels unterirdisch geführter Rohrleitungen ( $\geq 0,8$  m tief). Zu der aktuell geplanten technischen Lösung der Einleitung ist auf die Aussagen und Darstellungen im Erläuterungsbericht, Unterlage 1, zu verweisen.

Durch Abflussmessungen im September 2011 wurde die erforderliche Dotationsmenge für die beiden Hangquellmoore mit insgesamt maximal 24 l/s bestimmt (bei hohen Quellabflüssen) und dieser Wert anhand von Angaben zum Einzugsgebiet und Daten aus einem über mehrere Tage erfolgten Absenkversuch plausibilisiert.

Langjährige Abflussdaten sind für den Lahnenwiesgraben im Bereich der geplanten Entnahmestelle nicht verfügbar<sup>1</sup>. Es erfolgten aber projektbezogene Messungen an 32 Terminen zwischen dem 09.11.2011 und dem 06.09.2013. Danach beläuft sich die geplante Entnahmemenge auf 50 % des im Untersuchungszeitraum festgestellten Minimum-Abflusses (= 48 l/s, bei drei von 32 Terminen; Mittelwert 308 l/s, Maximum 1.100 l/s).

---

<sup>1</sup> Ein Pegel befindet sich am Unterlauf in Burgrain, bei 704,08 m ü. NN



Der Wasserchemismus von Lahnenwiesgraben und der Quelle Sonnenbichl (als Repräsentant der betroffenen Quellgewässer = Quelle des Untersuchungsgewässers 1x, vgl. unten) wurde anhand von je einer Beprobung im Sommer (15.06.2012) und im Winter (05.12.2011) verglichen. Die Temperaturwerte wurden für beide Gewässer parallel mit den Abflussmessungen erhoben, so dass hier auch eine längere Datenreihe verfügbar ist (vgl. oben, 32 Termine, 11/2012 bis 04/2013, einzelne Messungen bis 09/2013). Insgesamt wird den beiden Wässern von Seiten der begutachtenden Ingenieure eine "gute Übereinstimmung der hydrochemischen Verhältnisse" bescheinigt, so dass "zusammenfassend die Beeinflussungsintensität der hydrochemischen Schlüsselparameter als sehr gering eingestuft" wird (nach ILF).

Anhand der verfügbaren Daten (in ILF) werden bezüglich der Alkalinität (Säurekapazität) nur sehr geringe Differenzen erkennbar: 3,4 und 3,3 [Quelle] vs. 3,2 und 3,3 [Bach] mmol/l. Auch der pH liegt bei beiden Messungen in der untersuchten Quelle nur geringfügig niedriger als im Bach: pH 7,9 und 7,8 [Quelle] vs. 8,2 und 8,2 [Bach]. Die Leitfähigkeit, die über einen längeren Zeitraum erfasst wurde, zeigt phasenweise dagegen sehr deutliche Differenzen, die i.W. aus Verdünnungseffekten nach größeren Niederschlagsereignissen und der Schneeschmelze im Lahnenwiesgraben resultieren. Dessen Werte weichen dann um bis zu 100  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (minimal im Bach nur 230  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) von den stabilen Werten in der Quelle Sonnenbichl (300-340  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) ab. Zu Zeiten mit Basisabfluss im Bach sind die Differenzen erwartungsgemäß geringer; sie liegen dann nur bei etwa 20  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Die Stickstoffbelastung ist bei beiden Gewässern sehr gering: Der Ammoniumgehalt wurde bei der Quelle Sonnenbichl mit  $< 0,030$  und  $0,046$  mg/l, beim Lahnenwiesgraben mit  $0,025$  und  $< 0,030$  mg/l festgestellt, der Nitratgehalt bei der Quelle mit  $3,2$  und  $3,7$  mg/l und beim Bach mit  $2,3$  und  $2,9$  mg/l. Der Nitritgehalt liegt bei beiden Wässern unter der Nachweisgrenze.



Lage der beiden Quellmoore am Ortsrand von Burgrain, grün = LRT 7230 (n. Daten NRT)

Der Temperaturgang der beiden Gewässer schließlich unterscheidet sich elementar: Während die Quelle Sonnenbichl nahezu konstant einen Wert von knapp über 8 °C einhält, schwankt die Wassertemperatur im Bach zwischen winterlichen 2-4 °C und sommerlichen 12-16 °C. Ob und inwieweit sich diese Werte auf dem Weg von der Entnahme- zu den Einleitungsstellen in den unterirdisch verlaufenden Rohrleitungen verändern, ist nicht bekannt. Es wird aber davon ausgegangen, dass die Einflüsse der Lufttemperatur bzw. Sonneneinstrahlung oder Frost auf ein Minimum reduziert sind und eine Angleichung an die mittlere Temperatur im Boden erfolgt.

Die Trübung durch Schwebstoffe liegt bei der Quelle Sonnenbichl unter der Nachweisgrenze, beim Lahnenwiesgraben dagegen bei 1,3-1,9 FAU<sup>2</sup>, wobei bei Hochwasserführung auch höhere Werte zu erwarten sind. Das für die Bewässerung notwendige Wasser wird daher so gewonnen, dass die Schwebstofffracht wirksam minimiert wird: Die Wasserentnahme erfolgt über drei parallele, tief im Interstitial des Lahnenwiesgrabens verlegte Drainagerohre; die Kiesschicht verhindert weitgehend den Eintrag von Schwebstoffen in das gewonnene Wasser.

### 3 Untersuchungsgewässer und Methoden

#### 3.1 Untersuchungsgewässer

Die Untersuchungsgewässer liegen unweit westlich bzw. südwestlich des Ortsteils Burgrain, Garmisch-Partenkirchen, auf Höhen von 720-760 m ü. NN (Quellmoore) und 815 bzw. 860 m ü. NN (Lahnenwiesgraben) im Naturraum 022 Ammergebirge.

Naturräumliche Untereinheit ist nach Dongus (1993) das "Westliche Werdenfelser Mittelgebirge", Teil der Becken und Talböden von Fernpass-Senke bis Loisachtal. Die Untereinheit erfasst eine moränenbedeckte Leiste im nach Süden einfallenden Hauptdolomit der Kramergruppe. Die süd- bis südostexponierte Leiste ist ein Tannen-Buchenwaldgebiet bzw. (wenn flachgründig und steil) Kiefernwaldstandort auf Moränenböden.

Die Bestandsdaten wurden nach folgenden Einheiten aufgenommen:

##### **1 Hangquellmoor 'Schmölzer See', 750 m ü. NN**

Ostabdachung Kramermassiv, 1,5 km SW Burgrain (Gde. Garmisch-Partenkirchen)

**1** - Quellkomplex (gesamt) aus Sicker- und Fließquellen. Schlenken, kleine Quelltümpel, Rinnsale; GK 4431146/5263882 ± 100 m

**1a** - Quellkomplex Nordteil, 'Rinnsale + Tümpel': Kühle Rinnsale und durchströmte Schlenken sowie Tümpel (stagnierend, klein, flach, mit Mudde, stark erwärmend), voll sonnenexponiert; GK 4431171/5263909 ± 50 m

**1b** - Quellkomplex Südteil, 'Rinnsale + Schlenken': Rinnsale, Schlenken und ein Tümpel; GK 4431132/5263853 ± 50 m

---

<sup>2</sup> Formazine Attenuation Units - Durchlichtmessung (Winkel 0°) gemäß den Vorschriften der Norm ISO 7027 (sauberstes Wasser 0,03 FAU, Trinkwasser 0,05-0,5 FAU, Abwasser 100-2000)s



**1x** - Quellbach durch Quellmoor zum Schmolzer See. Quellbach (Rohraustritt), im Oberlauf mit kurzer bewaldeter Steilstrecke, dann gewundener Lauf durch Hangquellmoor bis See; GK 4431159/5263999 ± 50 m



Mittellauf des Quellbachs Nr. 1x zum Schmolzer See, Juni 2012

### **2 Hangquellmoor 'Sonnenbichl', 730 m ü. NN**

Ostabdachung Kramermassiv, 1,8 km SW Burgrain (Gde. Garmisch-Partenkirchen)

**2** - Quellkomplex (gesamt) Sicker- und Fließquellen; GK 4431014/5263556 ± 100 m

**2a** - Quellkomplex 'Schlenken': Sickerquellen mit Schlenken, keine sichtbare Strömung, maximal Durchzug, Feinsediment; GK 4431015/5263557 ± 100 m

**2b** - Quellkomplex 'Rinnsale Ost und Mitte'. Rinnsale; im September nicht beprobbar, +/- trocken; GK 4431041/5263560 ± 50 m

**2c** - Quellkomplex 'bachartige Rinnsale' im Westteil. Rinnsale; GK 4439978/ 5263524 ± 50 m

### **3 Lahnenwiesgraben**

**3a** - Abschnitt uh Wegbrücke, 2,4 km WNW Burgrain. Wildbach/Schluchtbach (aus Hauptdolomit), gefällereich, mit kleineren Geschiebesperren, sonst naturnah, durch Bergwald; 860 m ü. NN, GK 4430156/ 5265667 ± 50 m

**3b** - Abschnitt N Schloßwald, 1,8 km NW Burgrain. Wildbach oh großer Geschiebesperre, gefällearm, durch breite, offene Schotterakkumulation; 815 m ü. NN, GK 4430781/5265607 ± 50 m

### 3.2 Geländemethoden, Determination

Die Beprobung der **Quellkomplexe** erfolgte durch Wasserkescherfänge und Handaufsammlungen mit Lebensortierung. Die Beprobungen wurden dabei jeweils so lange fortgeführt, bis in den Aufsammlungen keine erkennbar neuen Arten bzw. Taxa mehr auftraten. Ergänzend zur Bestandserfassung im Wasser wurden Streifkescherfänge auf die terrestrischen Stadien der Wasserinsekten durchgeführt.

Die Anzahl gefangener Individuen bzw. bei häufigen Arten Schätzungen dieser Zahl wurde für jede Probe vor Ort notiert. Bei Taxa, bei denen eine artliche Differenzierung erst im Labor möglich ist, wurden die Gesamthäufigkeit abgeschätzt und Stichproben für eine spätere Rückrechnung entnommen.

Es erfolgten drei systematische Beprobungen mit Wasser- und Streifkescherfängen über alle Quellgewässer der beiden Moore, am 04. und 08.05., 27.06. und 11.09. 2012. Am 06.06. und 08.08.2012 wurden ergänzende Streifkescherfänge und, mit reduzierter Intensität, Handaufsammlungen im Wasser über alle Gewässer der beiden Moore durchgeführt. Darüber hinaus erfolgte am 06.06.2012 an ausgewählten Sickerquellen eine Beprobung des Meiobenthos<sup>3</sup> (v.a. Wassermilben, Kleinkrebse und Weigborster).

Die Determination des Makrozoobenthos-Materials erfolgte unter dem Stereomikroskop. Alle Bestimmungen wurden von M. Hess durchgeführt. Belege sind probestellen- und begehungsbezogen in Sammelproben konserviert.

Bei den Streifkescherfängen wurden konsequent auch Imaginalstadien aquatischer Gruppen der Zweiflügler (Diptera) aufgesammelt, v.a. Tipulidae und Limoniidae, Psychodidae, Stratiomyidae und andere Familien. Diese Fänge wurden ebenso wie die Meiobenthos-Proben vertragsgemäß nicht ausgewertet. Sie wurden sachgerecht konserviert und sind in den Sammlungen Hess & Heckes München (Diptera) und R. Gerecke Tübingen (Meiobenthos) eingestellt. Auf dieses Material kann zurückgegriffen werden, wenn etwa im Laufe eines möglichen Monitorings zusätzliche Daten zu einer vertieften Interpretation biozönotischer Veränderungen wünschenswert wären. Soweit solche Erfordernisse auch langfristig nicht entstehen, wird das Material nach Rücksprache mit dem Auftraggeber für eine allgemeine wissenschaftliche Bearbeitung freigegeben und den entsprechenden Spezialisten zur Verfügung gestellt.

Vorrangiges Ziel war es, das Makrozoobenthos-Inventar der beiden Quellkomplexe Schmölder See und Sonnenbichl möglichst vollständig zu erfassen. Daher war es angeraten, flächendeckend Beprobungen durchzuführen und möglichst viele der vorhandenen Klein- und Kleinstgewässer zu besammeln. Dadurch und durch die enge Durchdringung der Gewässer mit zahlreichen Übergängen der Quelltypen war es nicht sinnvoll, die Probeflächen streng abzugrenzen. Es erfolgte insofern nur eine grobe räumliche bzw. typbezogene Unterteilung entsprechend der oben mit Suffix versehenen Einheiten (1a und 1b, 2a bis 2c) und diese auch nur bei den drei vertieften Beprobungen. In der Datendokumentation im Anhang wird dieser Untergliederung Rech-

---

<sup>3</sup> durchgeführt von Dr. R. Gerecke



nung getragen, so dass auf die Informationen z.B. bei allfälligen Analysen innerhalb eines möglichen Monitoring zurückgegriffen werden kann. Für das vorliegende Gutachten wurden jedoch alle Nachweise quellmoorbezogen zusammengefasst, mit Ausnahme des größeren (dem Typ nach singulären) Quellbachs Nr. 1x, der von Nordwesten in den Schmolzer See entwässert.

Die Bestandsaufnahmen am **Lahnenwiesgraben** erfolgten durch Wasserkescherfänge in einem regulären Multi-Habitat-Sampling [= MHS; vgl. dazu "Handbuch Fließgewässerbewertung" Meier et al. 2006], ergänzt durch eine umfangreiche qualitative Beprobung nur kleinflächig repräsentierter Habitate bzw. gezielte Handaufsammlungen und Streifkescherfänge am Ufer [= sog. 21. Probe].

### 3.3 Auswertungsmethoden

Bei der Identifizierung der charakteristischen aquatischen Arten der Kalkreichen Niedermoore (LRT 7230) in der hier gegebenen Ausprägung als Alpen-Hangquellmoore der mittelmontanen Stufe wurde gemäß LRT-Handbuch Bayern davon ausgegangen, dass Schlenken sowie Sicker- und Sumpfquellen jedenfalls eingeschlossen sind (BayLfU & BayLWF 2007). Im gegebenen Fall bilden diese Quelltypen mit kleinen Fließquellen eng verzahnte Komplexe, wobei auch Übergänge auftreten. Der hier ausgeprägte Komplex-Typ "*Grobmaterial-geprägte Fließquellen und Grobmaterial- bis Feinmaterial-geprägte Sickerquellen*" ist nach dem Quelltypenkatalog Bayern typisch für die offenen wasserzügige Hanglagen der bayerischen Alpen (Projektgruppe Aktionsprogramm Quellen 2004, S. 101). Auch die kleinen Fließquellen werden daher vorsorglich als Bestandteil des LRT aufgefasst.

Bezüglich der Quellbindung der Arten wurden herangezogen:

- die allgemeine längenzonale Bewertung der Arten nach der Fauna Aquatica Austriaca (Moog 1995) bzw. Schmedtje & Colling (1996);
- die Bewertung der Quellbindung für das in Quellen vorkommende Makrozoobenthos der Mittelgebirge nach Fischer (1996) sowie
- umfangreiche eigene Daten und Erfahrungen mit entsprechenden Quellbiotopen in den Alpen und im Alpenvorland.

Danach wurden unterschieden

- c** charakteristische Arten mit Vorkommensschwerpunkt in offenen montanen Sicker- und Fließquell-Komplexen der Alpen: in der Regel helophile Krenobionte bzw. Arten mit hoher bis deutlicher Bindung an das Eukrenal;
- t** typische Arten: krenophile Arten, überwiegend typische Arten des Quellbachs (Hypokrenal);
- B** stete Begleiter: i.W. wie "t", jedoch mit geringerer Quellbindung, überwiegend Arten der oberen Forellenregion (Epirhithral), die regelmäßig bis in den Quellbach vordringen.

Die entsprechenden Einstufungen sind in den Tabellen im Anhang, Kap. 7.1, dokumentiert. Zur Bewertung der Diversitätsbedeutsamkeit der charakteristischen Arten, die im Sinne der "je desto-Formel" bei der Bewertung der Erheblichkeit von Eingrif-

fen in LRT des Anhang I von Bedeutung ist, wird i.W. die Rote Liste Bayern (Voith 2003) herangezogen.

Für die Auswertungen zum ökologischen Zustand des **Lahnenwiesgrabens** wurde auf die Daten aus der regulären MHS-Beprobung zurückgegriffen. Die beprobte Fläche einer solchen Aufsammlung beläuft sich auf insgesamt 1,25 m<sup>2</sup> (= 20 Teilproben à 625 cm<sup>2</sup>).

Auf Grundlage der ermittelten Bestandsdaten bzw. Individuenzahlen erfolgten für die beiden Abschnitte Auswertungen zum ökologischen Zustand mit der Software "PERLODES" in Asterics 3.3 mit Einstellung "gefiltert". Der Lahnenwiesgraben ist ein Gewässer des Typs 1.1 Bäche der Alpen. Bewertungsrelevant sind zwei Module, die "Allgemeine Degradation" und das Modul "Saprobie" zur Bewertung der biologischen Gewässergüte. Die Einstufung des Degradations-Moduls stützt sich im Fall der Gewässer des Typs 1.1 wesentlich auf den Deutschen Fauna Index [= DFI], ergänzt um die beiden metrics "Rheoindex" und "Anteil Eintags-/Stein- und Köcherfliegen" an der Gesamtabundanz [= EPT-Anteil].

Für die Analysen zum Lahnenwiesgraben wurden darüber hinaus Makrozoobenthos-Daten zu seinem Vorflutgewässer Loisach herangezogen, die aus einer Längsverlauf-Untersuchung stammen, die im Jahr 2002 vom Wasserwirtschaftsamt Weilheim durchgeführt wurde (Ökokart 2002).

Die **naturschutzfachliche Bewertung** orientiert sich inhaltlich an der für das Arten- und Biotopschutzprogramm Bayern verwendeten 4-stufigen Skalierung (vgl. Reich & Weid 1992: 'lokal, regional, überregional und landesweit bedeutsam') und berücksichtigt die (ohnehin eng verwandten und teils redundanten) Kriterien Artenschutz und Artenvielfalt.

## 4 Bestand und Bewertung

### 4.1 Quellkomplexe der beiden Hangquellmoore

Die Bestandsdaten zu den beiden Hangquellmooren sind in den Tabellen 1 (Gesamt-taxaliste) und 2 (nur Hangquellmoore, mit "species traits") zusammengestellt. Die Rohdaten sind einer ausführlichen Datendokumentation im Anhang, Kap. 7.2, zu entnehmen.

In den beiden Quellmooren wurden über alle fünf Begehungen 2012 insgesamt 8.700 Individuen des Makrozoobenthos erfasst, die sich auf 154 Taxa bzw. 102 Arten verteilen:

- für das Hangquellmoor 1 "Schmölzer See" sind insgesamt 137 Taxa und 90 Arten anzugeben, von denen 32 Taxa bzw. 22 Arten nur in dem Quellsammler 1x nachgewiesen wurden; die Taxa- und Artenzahlen für das Quellmoor i.e.S. betragen 105 bzw. 68;
- im Hangquellmoor 2 "Sonnenbichl" wurden 79 Taxa bzw. 51 Arten nachgewiesen.



Grobmaterialreiche Sickerquelle, "Sonnenbichl", Mai 2012

Von den insgesamt 102 Arten gelten 15 nach der Roten Listen Bayern als bedroht, eine weitere Art wird in die Vorwarnliste geführt. Die RL-Arten sind wie folgt anzugeben:

- stark gefährdet: Quelljungfer *Cordulegaster bidentata*, Wasserläufer *Gerris costae*, Köcherfliegen *Rhyacophila bonaparti* und *Apatania muliebris*;
- gefährdet: Quellschnecke *Bythinella bavarica*, Zwergwasserkäfer *Hydraena pygmaea* und *H. polita*, "Waterpenny" *Eubria palustris*, Köcherfliegen *Rhyacophila hirticornis*, *Synagapetus iridipennis*, *Plectrocnemia brevis*, *Micrasema morosum*, *Adicella filicornis* und *Ernodes articularis*;
- Daten defizitär: Sumpfkäfer *Odeles hausmanni*.

Aus der Sicht des Naturschutzes herauszuheben sind die vier stark gefährdeten Arten:

#### Cordulegaster bidentata<sup>4</sup> Quelljungfer

Endemische europäische Art, die eine ziemlich inselartige Verbreitung mit Schwerpunkt in den mitteleuropäischen Mittelgebirgen und den Alpen zeigt. Das Areal erstreckt sich im Westen bis zu den Pyrenäen, im Osten bis zu den Karpaten und Rhodopen, im Norden bis zu den Ardennen und dem Nordrand deutscher Mittelgebirge sowie im Süden bis Sizilien und in das nördliche Griechenland. Vertikal Entwicklungsnachweise von etwa 200 bis 1.880 m NN.

---

<sup>4</sup> Artportait *C. bidentata* von Dr. F. Weihrauch, restliche Artportrait Hess & Heckes, Stand 2007 (Gerecke et al. 2007), *G. costae* 2013



Verbreitung in Deutschland: Mittelgebirge, Voralpen- und Alpenraum. Vertikal Entwicklungsnachweise bis maximal 1.470 m NN, außerhalb der Alpen im Schwarzwald bis maximal 1.170 m NN. Bayerische Nachweise stammen hauptsächlich aus dem Alpen- und Voralpenraum sowie den Mittelgebirgen (Bayerischer Wald, Frankenalb, Frankenwald, Rhön). Zahl der tatsächlichen Vorkommen durch Erfassungsdefizite bis dato wahrscheinlich gewaltig unterschätzt.

Charakterart der Quellzonen und quellnahen Abflüsse von Waldbächen, maximal etwa 1.500 m bachabwärts. Daneben auch häufig in Quellmooren und -sümpfen im Wald oder am Waldrand mit Hangdruckwasser, Quellrinnsalen, Quellschlenken o.ä. mit gleichmäßiger Wasserführung. Wassertiefe meist sehr gering; Larven können auch Austrocknung längere Zeit überstehen. Larvengewässer oft mit sinterigen Ablagerungen, da sie i.d.R. karbonatreich sind.

Kaum mit anderen Libellenarten vergesellschaftet; am ehesten noch zusammen mit Larven von *C. boltonii* oder - deutlich seltener - *Orthetrum coerulescens* zu finden.

Mindesttemperatur des Quellwassers zur Flugzeit: 8,0 - 8,5 °C. Die unterschiedliche Einnischung der relativ stenotopen *C. bidentata* und der deutlich vielseitigeren und anpassungsfähigeren *C. boltonii* ist möglicherweise auf die Tatsache zurückzuführen, dass *C. bidentata* dem hydraulischen Stress durch Verdriftung bei stärkerer Strömung nicht standhalten kann und deshalb auf Bereiche mit kontinuierlich geringer Strömungsgeschwindigkeit beschränkt bleibt.

### Gerris costae Wasserläufer

In Europa weit verbreitete polytypische Gebirgsart. Für Deutschland liegen sichere Nachweise nur aus den Alpen vor (Nominatform). *G. costae* kommt dort regelmäßig ab etwa 800 m ü. NN bis in die höchsten Lagen vor und ist nach neueren Daten dort weit verbreitet. Für die bayerischen Alpen ist die Art aktuell aus den Naturräumen 011, 024 und 025 belegt, und auch aus dem Ammergebirge (022) waren bereits Funde bekannt.

*G. costae* gilt in Nordtirol gemeinsam mit den Ruderwanzen *Arctocoris carinata* und *Sigara nigrolineata* als eine Charakterart der Almtümpel und Lacken, besiedelt dort aber auch Moorgräben, Waldkleingewässer, Wagenspuren und selbst nur tellergroße Wasserstellen. Eigene Nachweise in Bayern stammen aus Dolinentümpeln, Quelltümpeln, gefluteten Seggenriedern, kleinen Alpenseen/Lacken, Überlaufpützen in Alpenfluss-Furkationsstrecken und größeren Wagenspuren (z.B. an Holzlagerplätzen).

Wie alle Wasserläufer bejagt die Art die Wasseroberfläche und erbeutet dort verschiedenste kleine Land- und ggf. auch (schlüpfende) Wasserinsekten.



Larve von *Cordulegaster bidentata*, Quellmoor "Sonnenbichl", Mai 2012

### Rhyacophila bonaparti Köcherfliege



Alpenendemit (Schweiz, Italien, Deutschland, Österreich, Slowenien), in Deutschland ausschließlich aus den bayerischen Alpen bekannt: im Wesentlichen auf die Nördlichen Kalkalpen und die Voralpen beschränkt, von Berchtesgaden im Osten bis ins Allgäu im Westen, in Höhen von 600 bis 1.400 m NN. Ein Nachweis auch in der alpinen Molasse.

Charakterart alpischer Wald-Rheokrenen, auch in Fallquellen. Eukrenale Art, die hygropetrische Stellen im direkten Quellbereich besiedelt. Larven und Puppen vor allem auf der Unterseite größerer Steine, die von einem dünnen Wasserfilm überrieselt werden; auch im unterirdischen Teil der Quelle, wenn sie über Schotter oder Geröll abfließt. Keine Vorkommen in völlig unbeschatteten Quellen, vielfach allerdings in Situationen mit lichtem bzw. hohem Schatten (z.B. grasreiche Buchen-Tannenwälder).

Räuberisch lebende Art; einzige Rhyacophilidae, die ausschließlich in Quellen aufzufinden ist.

### Apatania muliebris Köcherfliege

Gazialrelikt. Verbreitungsschwerpunkt der nordisch-(west)präalpinen Art sind die Britischen Inseln, Skandinavien, Nordwestrussland. Darüber hinaus verstreut in Mitteleuropa, vor allem zentrale Mittelgebirge und Alpenraum: Belgien, Deutschland, Schweiz, Frankreich, Polen, Tschechien, Österreich, Ungarn.

In Deutschland i.W. Bayern und Hessen; zusätzlich ein neuerer Einzelfund auch aus Rheinland-Pfalz. In Bayern nur wenige zerstreute Populationen in Südbayern, in den Voralpen, der Münchener Ebene, dem Talraum der Isar, dem Dungau; darüber hinaus auch aus der Südlichen Frankenalb bekannt. Höchste Nachweise von 900 bis 1.100 m NN aus dem Ammergebirge (einzige aktuelle Fundorte im Gebirge).

Kreonbiont. Lebt in Bayern in langsam bzw. laminar strömenden, gefällearmen Quellabflüssen mit kiesiger Sohle, i.d.R. pflanzenreich (*Berula*, *Nasturtium* [helophytisch]). Vorkommen sind auch aus "Quellnischen" an breiteren Bächen bekannt, d.h. kleinen bis winzigen, strömungsberuhigten Bettausbuchtungen mit Quellaufstößen bzw. in die kontinuierlich Schichtwasser einströmt und den Kies frei hält. In offenen (Abfluss Hangquellmoor, Graben Feldflur durch ehemaliges Niedermoorgebiet) wie auch in beschatteten (lichter Hang- bzw. Bachwald), jedoch immer in auffallend sommerkalten Gewässern, im Einflussbereich des ausströmenden Grundwassers.

Die Larve lebt als "Scraper" vom Algenaufwuchs. Die Art vermehrt sich parthenogenetisch. Verschiedene regionale Linien zeigen morphologische Besonderheiten und wurden als Unterarten (und teils auch als eigene Arten ["Superspezies"]) beschrieben, so etwa die hessischen Stücke als *A. m. scherfi*. Die bayerischen Populationen wurden bislang nur teilweise auf ihre Unterartzugehörigkeit überprüft (z.B. Population bei Landshut), sind wohl aber zur Nominatform zu stellen. In jedem Fall besteht aufgrund des sehr verstreuten Vorkommens der Art immer die Gefahr, dass durch Eingriffe lokal eng begrenzte, eigenständige Formen ausgelöscht werden.

Die Funktionen der beiden Quellmoore für RL-Arten sind vergleichbar und die Bedeutung beider Komplexe aus der Sicht des Natur- und Artenschutzes als "sehr hoch" (von überregionaler Bedeutung) zu bewerten:

- das Quellmoor 1 "Schmölzer See" mit Vorkommen von zwei RL2-Arten (*Cordulegaster bidentata*, *Gerris costae*) und sechs RL3-Arten (*Bythinella bavarica*, *Eubria palustris*, *Synagapetus iridipennis*, *Plectrocnemia brevis*, *Adicella filicornis* und *Ernodes articularis*);
- das Quellmoor 2 "Sonnenbichl" mit Vorkommen von einer RL2-Art (*Cordulegaster bidentata*) und sieben RL3-Arten (*Bythinella bavarica*, *Hydraena pygmaea*, *H. polita*, *Eubria palustris*, *Rhyacophila hirticornis*, *Plectrocnemia brevis*, *Ernodes articularis*).



"Schildkrötenpanzer" der Larven von *Synagapetus iridipennis*, Quellbach, Mai 2012

Auch der Quellbach 1x, der in den Schmolzer See entwässert, ist angesichts der faunistischen Ausstattung artenschutzfachlich von **"sehr hohem Wert"** (von überregionaler Bedeutung),

- mit zwei RL2-Arten (*Rhyacophila bonaparti*, *Apatania muliebris*), vier RL3-Arten (*Rhyacophila hirticornis*, *Synagapetus iridipennis*, *Micrasema morosum* und *Ernodes articularis*) und einer D-Art (*Odeles hausmanni*).

Insgesamt wurden in den beiden Quellmooren 23 charakteristische Arten [= CA] der alpinen montanen Sicker- und Fließquellen aufgefunden (22,5 % der Gesamtartenzahl), davon 14 Köcherfliegen-, einzelne Käfer- und Steinfliegenarten, die Gestreifte Quelljungfer und die Bayerische Quellschnecke (vgl. im Einzelnen Tab. 2).

- im Hangquellmoor 1 "Schmolzer See" konnte das gesamte CA-Inventar (n=23) bei beiden Standorten nachgewiesen werden, allerdings fünf der 23 CA nur in dem getrennt untersuchten Quellbach 1x. Im Quellmoor selbst wurden sechs gefährdete und eine stark gefährdete CA registriert, im Quellbach zwei stark gefährdete und eine gefährdete;
- im Hangquellmoor 2 "Sonnenbichl" beläuft sich die Anzahl CA auf 13, davon eine stark gefährdete und fünf gefährdete.

Typische Arten [= TA] des LRT wurden insgesamt 16 nachgewiesen (16 %). Darunter ist nur eine RL-Art, der mit "D" eingestufte Sumpfkäfer *Odeles hausmanni*, der nach neueren Daten in den höheren Lagen der Alpen, v.a. in Rheokrenen bzw. kleinen flachen Bächen oberhalb 900-1.000 m, vermutlich noch gut vertreten ist. Die Bilanz der TA für die beiden Quellmoore ist

- Hangquellmoor 1 "Schmolzer See": 14 TA, davon fünf nur im Quellbach 1x
- Hangquellmoor 2 "Sonnenbichl": elf TA.

Darüber hinaus können noch insgesamt 14 typische Begleiter angegeben werden sowie fünf Taxa, die sich mit hoher Wahrscheinlichkeit auf Quellarten beziehen. Davon

wären drei in diesem Fall zusätzliche Arten (*Oxyethira* sp., *Oxycera* sp. und Thaumaleidae gen. sp.).

## 4.2 Lahnenwiesgraben

Die Bestandsdaten zum Lahnenwiesgraben sind in den Tabellen 1 (Gesamttaxaliste) und 3 (nur Bach, mit "species traits) zusammengestellt, die Rohdaten dazu sind der Datendokumentation im Anhang, Kap. 7.2, zu entnehmen. Tab. 4 gibt beprobungsbezogen die Daten zum ökologischen Zustand nach WRRL und (informell) verschiedene gängige biozönotische Kennwerte.

Insgesamt wurden in den beiden Abschnitten des Lahnenwiesgrabens etwas mehr als 2.100 Individuen des Makrozoobenthos erfasst, davon 991 mittels MHS und 1.126 durch zusätzliche Beprobungen, die sog. 21. Proben. Insgesamt konnten damit 89 Taxa bzw. 54 Arten nachgewiesen werden. Als Beifang bzw. Beibeobachtung ist die Bachforelle anzugeben.

- Am oberen Abschnitt 3a (860 m ü. NN) wurden insgesamt 73 Taxa und 46 Arten registriert;
- am unteren Abschnitt 3b, oberhalb der großen Geschiebesperre, konnten 61 Taxa bzw. 33 Arten erfasst werden.

Von den insgesamt 55 Makrozoobenthos-Arten gelten elf nach der Roten Listen Bayern als bedroht (= 20 %). Die Bachforelle wird in der Vorwarnliste geführt. Die RL-Arten sind wie folgt anzugeben:

- stark gefährdet: Eintagsfliege *Rhithrogena alpestris* und Steinfliege *Leuctra leptogaster*;
- gefährdet: Eintagsfliege *Epeorus alpicola*, Steinfliegen *Taeniopteryx hubaulti*, *Leuctra major*, Capnioneura *nemuroides*, Dictyogenus *alpinum*, Langtaster-Wasserkäfer *Ochthebius granulatus* und Zwergwasserkäfer *Hydraena polita*, Köcherfliege *Melampophylax melampus*;
- Status G, Gefährdung anzunehmen: Eintagsfliege *Habroleptoides auberti*.

Die beiden Abschnitte unterscheiden sich deutlich in ihrer Bedeutung als Lebensraum für bedrohte Arten. Im oberen Abschnitt **3a** konnten beide stark gefährdeten und sieben der acht gefährdeten Arten nachgewiesen werden sowie auch die einzige Art der Kategorie G. Damit ist der Abschnitt aus der Sicht des Natur- und Artenschutzes von "**sehr hoher Bedeutung**" (von überregionaler Bedeutung). In Abschnitt **3b** wurden dagegen keine RL 2-Arten und nur vier RL 3-Arten zzgl. der Status G-Art registriert. Damit ist der Abschnitt "nur" von **hoher Bedeutung** (von regionaler Bedeutung).

Der Lahnenwiesgraben ist dem LAWA-Typ 1.1 "Bäche und kleine Flüsse der Kalkalpen" zuzuordnen. Die Berechnungen auf Basis der Daten aus dem MHS ergaben für beide Abschnitte den "**guten ökologischen Zustand**", mit einem "gut" beim Modul Saprobie und einem "sehr gut" beim Modul "Allgemeine Degradation" (vgl. Tab. 4 im Anhang).

Einschränkend ist festzustellen, dass bei der September-Beprobung trotz Verdopplung der Teilprobenanzahl auf 40 in Abschnitt 3b nur wenige Individuen erfasst wer-



den konnten, wodurch das Ergebnis zum ökologischen Zustand nicht gesichert ist. Der Abschnitt 3b fällt auch bezüglich der Artenvielfalt deutlich gegenüber 3a ab; von den charakteristischen und empfindlichen Arten/Taxa des Typs (Einstufung "+2" beim Deutschen Faunaindex Typ 1.1, n. Hess & Heckes 2005) wurden im oberen Abschnitt 27 festgestellt, am unteren nur 16 (vgl. Tab. 3).



Lahnenwiesgraben, oberer Untersuchungsschnitt (3a, unterhalb Wegbrücke), Mai 2012

Der Lahnenwiesgraben ist enger gefasst ein gefällereicher mittelmontaner Alpenbach der oberen Forellenregion mit insgesamt sehr typischem und breitem Arteninventar. Spezielle Kennarten der alpinen Ausprägung sind die Eintagsfliegen *Epeorus alpicola*, *Rhithrogena hybrida*-Gruppe und *Habroleptoides confusa*, die Steinfliegen *Nemoura mortoni*, *Capnioneura nemuroides*, *Dictyogenus alpinum* und *Perla grandis* sowie die Lidmücke *Liponeura cinerascens minor*. Die Vorkommen von *Epeorus assimilis* und *Hydraena truncata* als typische Arten der Jungmoränenbäche verweisen auf die Lage des Gewässers am nördlichen Alpenrand. Als übergreifende Trennarten der mittelmontanen gefällereichen Bäche von Jungmoräne und Alpen sind zu nennen: *Baetis alpinus*, *Ecdyonurus helveticus*-Gruppe, *Brachyptera risi*, *Hydraena alpicola*, *H. lapidicola*, *H. polita*, *Odeles marginata*, *Elmis rietscheli*, *Glossosoma conformis*, *Philopotamus ludificatus*, *Hydropsyche tenuis*, *Drusus discolor*, *Melampophylax melampus*, *Prosimulium* sp. Auch bezüglich dieser Arten gilt wie bereits oben festgestellt, dass sie im Abschnitt 3b geringer und spärlicher vertreten sind.





"Furkation" des Lahnenwiesgrabens oberhalb Geschiebesperre (3b), Mai 2012

Anmerkung: Abschnitt 3b des Lahnenwiesgrabens stellt sich als kleine Erosionsbasis mit 50 bis 60 m breitem, vegetationslosen Schotterfeld dar, in dem sich der Bach in drei Arme aufgespalten hat. Im Oberwasser der großen Geschiebesperre (Rückstau) sind lenitische Bezirke mit Laubanschwemmungen ausgebildet, an anderer Stelle auch kleine Überlaufpfützen vom Gerinne getrennt. Grobphysiographisch erinnert der Abschnitt an eine Furkationsstrecke. Dieser Bereich wurde insofern in erster Linie untersucht, um ggf. Funktionen für Arten der Alpenwildflüsse ("braided rivers") erkennen zu können, die ggf. von den Schutzzielen des FFH-Gebietes erfasst wären (als charakteristische Arten der im SDB aufgeführten LRT 3220, 3230, 3240). Es ließen sich aber keine solchen aquatischen oder semiaquatischen Furkationsfluss-Arten nachweisen; auffallend war auch das völlige Fehlen von Uferlaufkäfern, die in der Kiesbankfauna grundsätzlich arten- und individuenreich vertreten sind. Ganz offensichtlich sind die Bedingungen in einer Schotterakkumulation hinter einer Geschiebesperre doch deutlich andere als in einer vitalen Schotterraue.

## 5 Prognose und Bewertung der Projektwirkungen

### 5.1 Quellkomplexe der beiden Quellmoore

Die Ausführungen in Kap. 4.1 haben gezeigt, dass die Quellkomplexe aus flächigen Sickerquellen und verästelten Fließquellen, die die beiden Hangquellmoore durchziehen, von einer typischen und hochwertigen Quellfauna besiedelt sind. Vorrangig diversitätsbedeutsame Arten finden sich dabei v.a. unter den Krenobionten.

Nach den verfügbaren Daten ist davon auszugehen, dass über die gesamte Phase der Bergwasserabsenkung eine Zuleitung von Wasser aus dem Lahnenwiesgraben in die

Quellgewässer der beiden Quellmoore erfolgt. Die Einleitung wird so vorgenommen, dass sie die Quellspeisung simuliert.

In der folgenden Übersicht werden die Perspektiven, die eine Speisung mit Bachwasser in der gewählten Form für den Erhalt der Lebensraumqualitäten der Quellen bieten, differenziert für die Faktoren bewertet, die nach Stand des Wissens die Habitatqualitäten für die Quellfauna bestimmen:

Faktor	Bedeutung	Grundwasser- vs. Bachwasserspeisung	Perspektive für Erhalt der Lebensraumqualität
Alkalinität/ Säurekapazität	sehr hoch	Werte nach Stichproben <u>sehr ähnlich</u> ; zu Schwankungen keine Aussagen möglich	nach Datenlage vermutlich <b>günstig</b>
Leitfähigkeit	sehr hoch	bei Basisabfluss im Bach Werte <u>ähnlich</u> Quellen, bei hohen Abflüssen im Bach Leitfähigkeit des Bachwassers deutlich geringer	eher <b>ungünstig</b> , aufgrund Instabilität, tendenziell v.a. für Krenobionte
pH-Wert	sehr hoch	nach Stichproben <u>geringe Abweichungen</u> : Bachwasser etwas alkalischer; zu Schwankungen keine Aussagen möglich	nach Datenlage vermutlich <b>günstig</b>
organische Belastung	hoch	Stickstoffbelastung in beiden Wässern nach Einzelmessungen gering; zu Schwankungen keine Aussagen möglich organische Schwebstoffeinträge (u.U. auch FPOM) werden weitestgehend verhindert, wären in begrenztem Maße jedoch auch unkritisch	nach Datenlage vermutlich <b>günstig</b> geringer Eintrag von FPOM dürfte Bach- und Waldarten fördern
Temperatur	mittel	Temperatur des Bachwassers jahreszeitlich deutlich schwankend, zur möglicher Dämpfung der Amplitude durch langen Zuleitungsweg in Rohren > 0,8 m unter Gelände keine Daten	<b>ungünstig</b> , v.a. für Krenobionte
O <sub>2</sub> -Gehalt	mittel	keine Angaben verfügbar; möglicherweise erhöhte O <sub>2</sub> -Sättigung im Bachwasser, die rhithrale Arten begünstigen würde	möglicherweise <b>mäßig</b> <b>ungünstig</b> , nur für Krenobionte
Kontinuität des Wasserdargebots	sehr hoch	Austrocknung bewirkt i.d.R. Komplettausfall der Quellfauna, nur einzelne Arten resilient; wird durch Einleitung gesichert ausgeschlossen	<b>günstig</b>
Schüttung	nachgeordnet	die erforderlichen Dotationsmengen stehen zur Verfügung, größere Schwankungen sind ausgeschlossen, die Einleitmenge kann ggf. reguliert werden	<b>günstig</b>

Es wird deutlich, dass von den hier aufgeführten Faktoren i.W. die schwankenden Temperatur- und Leitfähigkeitswerte des zugeleiteten Bachwassers die Perspektiven für den Erhalt der Quellfauna limitieren. Negativwirkungen sind deshalb v.a. bei den Krenobionten zu erwarten.





Quellschlenken im Quellmoor "Schmölzer See", Mai 2012

Es ist festzuhalten, dass zu einem Versuch, eine von Austrocknung bedrohte Quellfauna mehrjährig durch Einleitung von "Fremdwasser" zu halten, im einschlägigen Schrifttum bislang noch nicht berichtet wurde. Insofern können sich die Prognosen ausschließlich auf Analogieschlüsse und theoretische Erwägungen stützen und dabei die Faktoren aufgreifen, zu deren Bedeutung für die Quellfauna zumindest einzelne Untersuchungen verfügbar sind. Insgesamt ist der Quelllebensraum aber vergleichsweise wenig erforscht und seine besonderen Momente sind noch keineswegs hinreichend erklärt. Letztlich handelt es sich um ein Experiment mit ungewissem Ausgang.

Geht man trotzdem hilfsweise wie oben davon aus, dass v.a. die Populationen der krenobionten Arten (Eukrenal) trotz Wasserzuleitung zur Disposition stehen, so ist festzustellen, dass es exakt diese ökologische Gruppe ist, die die charakteristischen Arten des LRT 7230 stellt und die damit vom Schutzzweck des FFH-Gebiets "Ammergebirge" erfasst werden. Die Krenobionten stellen in den beiden Quellmooren zugleich die besonders bedrohten bzw. diversitätsbedeutsamen Arten. Zur Empfindlichkeit der Arten gegenüber den oben als relevant bewerteten Faktoren im Einzelnen:

#### **RL2-Arten, stark gefährdet**

*Cordulegaster bidentata* - Larven eher robust, eventuell Quellbindung v.a. durch andere Faktoren als Temperatur und Leitfähigkeit bedingt (sehr flache, aber nahrungsreiche Choriotope mit Durchzug aber nur geringer Strömung und ohne hydraulischen Stress, feine mineralische Sedimente; Wassertemperaturen bis 5 bzw. 15 °C werden akzeptiert; kommt auch im Grundgebirge vor: geringe Leitfähigkeit): ein Überdauern des Bestands erscheint möglich;

*Rhyacophila bonaparti* - Nachweis im Gebiet nur am Quellaustritt des größeren Quellbachs Nr. 1x (kein LRT), Art mit einer gewisser Waldbindung, in Quellmooren also allenfalls randlich zu erwarten; grundsätzlich vermutlich empfindlich, da Vorkommen i.d.R. nur direkt am Quellaustritt, Verlust des Vorkommens trotz Bewässerung wahrscheinlich.



*Apatania muliebris* - nur im größeren Quellbach Nr. 1x nachgewiesen; Vorkommen dort aber vermutlich von randlich (entlang Uferzone) und über die Sohle einsickerndem Grundwasser bestimmt; Verlust trotz Bewässerung wahrscheinlich.



Oberlauf Quellbach zum Schmölder See, Vorkommen der Quellköcherfliege *Rhyacophila bonaparti*

### RL3-Arten, gefährdet

*Bythinella bavarica* - von den RL-Arten einzige flugunfähige Art; es sind Vorkommen an Drainrohr-austritten bekannt, was zumindest eine gewisse Robustheit unterstellt (oberflächen-nahe Weiterleitung des Grundwassers). Ein Vergleich mit den Daten von Sturm (2005) zum eng verwandten, geografisch vikariierenden *B. austriaca*-Komplex zeigt, dass die Wasserwerte des Entnahmebachs überwiegend günstig bzw. jedenfalls verträglich für *Bythinella* sind; allerdings wurde der O<sub>2</sub>-Gehalt nicht bestimmt und die Temperaturen des entnommenen Bachwassers liegen v.a. im Winter deutlich außerhalb des engen Optimums (stenotherm: 8,3-12,9 °C). Vorübergehende Temperaturanstiege im Sommer werden von *Bythinella* relativ gut vertragen, und auch als winterlicher Mindestwert aller untersuchten Fundorte/Messreihen werden immerhin 3 °C angegeben: Dennoch erscheinen gerade die bei Einleitung zu erwartenden Winterverhältnisse (Ausfrieren bei strengem Frost?) am ehestens kritisch. Eventuell können dennoch kleine Bestände überdauern.

*Eubria palustris* - im Gebiet in den grobmaterialreichen Sickerquellen und kleinsten Rheokrenen; die Larve ist an sich eurytherm, eine erfolgreiche Atmung erfordert aber temperaturabhängige Ortswechsel von voll aquatischen Standorten unter Steinen (bei 3 bis 4 °C und darunter) in die Rieselzone, d.h. auf gerade noch benetzte Steine (bei 12 bis 13 °C; Beier 1950); beide Kleinsthabitate dürfen wohl nur wenige Zentimeter auseinander liegen, da die Larven sich nur sehr langsam fortbewegen und nicht schwimmen können; es ist schwer vorstellbar, dass durch punktförmige



Einleitung eine derart differenziertes Milieu zu gewährleisten ist; Verlust trotz Bewässerung wahrscheinlich.

*Synagapetus iridipennis* - die Larven leben nicht nur im Eukrenal, sondern auch im Quellbach (als Weidegänger auf der Oberseite von Steinen mit schwachem Aufwuchs), wodurch eine höhere Überdauerungswahrscheinlichkeit besteht; kommt auch im Grundgebirge vor, wodurch die Art auch mit niedrigeren Leitfähigkeitswerten zurechtkommen sollte; *S. iridipennis* war allerdings eine der ganz wenigen Quellarten, die sich in einem (aus Drainagen) renaturierten Quellbach nicht nachweisen ließ, obwohl eine vitale Population unweit unterhalb existierte (eig. Beobachtungen); Überleben am Standort möglich.

*Plectrocnemia brevis* - Larvalhabitate wohl v.a. in Sicker- und Sumpfquellen; Räuber und - stark untergeordnet - Netzbauer, seltene Art, wenig bekannt; keine Aussagen möglich.

*Adicella filicornis* - die Larven leben i.W. auf organischen Substraten, wie Pflanzen, Wurzeln und Resten von Zweigen/Ästen und ernähren sich als Zerkleinerer; benötigt geringe Strömung und gilt als kaltstenotherm<sup>5</sup>; verträgt keine Austrocknung; Verlust trotz Bewässerung möglich.

*Ernodes articularis* - gehört zur "madicolen" Fauna und bewohnt sickerfeuchte semiterrestrische Standorte, v.a. in Sumpf- und Sickerquellen; es ist fraglich, ob es gelingt, die durch flächig und kontinuierlich aber gering austretendes Grundwasser geprägten Habitate durch punktförmige Einleitung zu simulieren (ohne dass sie z.B. im Winter ausfrieren); Verlust trotz Bewässerung sehr wahrscheinlich.

Die Erwägungen zu den bedeutsamen Artvorkommen zeigen, dass zumindest für mehrere Arten ein Überleben am Standort trotz Einleitung eher unwahrscheinlich ist. Insgesamt kann eine signifikante Verschlechterung des Erhaltungszustands der Quellkomplexe als Bestandteil des LRT 7230 in der Bauphase daher nicht ausgeschlossen werden.

Es ist aber ebenso festzuhalten, dass das Ausbleiben der Quellschüttung nur für einige Jahre prognostiziert ist. Bei Wiederaufspiegelung des Bergwassers nach Bauabschluss werden die Quellen mit vergleichbarer Quantität und gleicher Wasserqualität wieder anspringen. Da es sich bei der festgestellten Quellfauna ganz überwiegend um Arten mit flugfähigen Stadien handelt (99 % der Taxa), kann eine eigenständige Wiederbesiedlung<sup>6</sup> erwartet werden, auch wenn diese sicher einige bis viele Jahre dauern wird. Begünstigend - bezüglich Geschwindigkeit und Vollständigkeit der Wiederbesiedlung - wirkt dabei, dass ein großflächiges, naturnahes und unzerschnittenes Hinterland besteht (Ammergebirge) mit zahlreichen vergleichbaren Quellbiotopen. Die nächsten vergleichbaren Quellbiotop, die gesichert vom Vorhaben unbeeinträchtigt bleiben, befinden sich bereits am Pflegersee, etwa 1 km nord-nordwestlich des Quellmoors Schmolzer See.

Von den wenigen flugunfähigen Arten ist fast durchweg eine Wiederbesiedlung durch Aufsteigen aus unbeeinträchtigt gebliebenen Vorflutgewässern anzunehmen (z.B. Flohkrebs *Gammarus fossarum*). Von Bedeutung als Quellart ist im Kontext i.W. die Quellschnecke *Bythinella bavarica*, die bei Totalausfall vermutlich allenfalls in extrem langen Zeiträumen, wenn überhaupt, wieder eigenständig zuwandern könnte. Bei dieser wäre eine aktive Ansalbung aus benachbarten Beständen durchaus angera-

---

<sup>5</sup> nach Graf et al. 2006, 2011

<sup>6</sup> zur Wiederbesiedlung verwaister bzw. Erstbesiedlung neu entstandener Quellen wird in der Fachliteratur mehrfach berichtet, und es gibt dazu auch eigene Beobachtungen (z.B. Freilegung verrohrter Quellen/Quellbäche, Anschnitt eines Quellaufstoßbereichs bei Bauvorhaben, neue Quellen nach Bergsturz, Schaffung von "Fallquellen" beim Bau alpiner Forstwege, Sinterbildungen an überrieselter Gieschiebesperre aus Beton etc.)

ten und auch erfolgversprechend. *B. bavarica* dürfte im Naturraum weit verbreitet sein; Colling (2014) kartierte im Projektzusammenhang diverse Vorkommen der Art am nur etwa 1 km entfernten Pflgersee und auch den Autoren sind z.B. zwei vitale und individuenreiche Vorkommen in den Kleinen Ammerquellen östlich Rahm (Nachweis 2000) und in einem Quellbach unterhalb der Wank-Alm, beim Abstieg Heimgarten-Rauheck im Estergebirge (Nachweis 2012) bekannt.

Eine Wiederansalbung wäre auch bei einzelnen flugfähigen, im Raum aber seltenen und allgemein als eher ausbreitungsschwach geltenden Arten zu erwägen. In erster Linie gilt dies für die stark gefährdete Köcherfliege *Apatania muliebris*. Bei dieser Art könnte u.U. als Spenderpopulation auf ein von den Autoren im Jahr 2000 aufgefundenes zweites Vorkommen im Ammergebirge zurückgegriffen werden<sup>7</sup>.

## 5.2 Lahnenwiesgraben

Zum Abfluss des Lahnenwiesgrabens im Bereich der geplanten Wasserentnahme liegen 32 Messungen zwischen dem 09.11.2011 und dem 06.09.2013 vor. In diesem Zeitraum wurde ein Abfluss-Minimum von 48 l/s (zu drei Terminen) und ein Maximum von 1.1000 l/s gemessen; der mittlere Abfluss wurde mit 308 l/s festgestellt. Damit beläuft sich die geplante Wasserableitung von 24 l/s auf 50 % des Minimums, 2 % des Maximums und knapp 8 % des Mittelwertes.

Aufgrund des engen Untersuchungszeitraums zum Abfluss ist natürlich nicht bekannt, in welchem Verhältnis die zur Bewässerung der Moore erforderliche Wassermenge von 24 l/s letztlich zu NQ oder zu MNQ steht. Geht man aber hilfsweise davon aus, dass bei den Messungen ein Jahr mit mittleren Abflussverhältnissen am Lahnenwiesgraben getroffen wurde<sup>8</sup>, das festgestellte (lokale) Minimum also grob MNQ entspräche, so errechnet sich für 5/12 MNQ ein Wert von 20 l/s. Damit wäre mit der zu entnehmenden Menge der Niedrigwasserabfluss in einer Größenordnung gewährleistet, die im Regelfall nach dem bayerischen Leitfaden mindestens in einer Ausleitungsstrecke verbleiben sollte (BayLfU 1995).

Der Lahnenwiesgraben besitzt ein nivopluviales Abflussregime (Bauer et al. 2003), das durch ein Hauptminimum im Herbst und nachgeordnete Minima im Sommer und Winter gekennzeichnet ist. In diesen Phasen wären als Folge einer entnahmebedingten Verschärfung des Niedrigwassers am ehesten Situationen zu erwarten, in denen für besonders empfindliche Arten der Makrozoobenthos-Gemeinschaft pessimale Bedingungen entstehen, u.a. durch fehlende Strömung, Erwärmung des Wassers bzw. winterliches Ausfrieren (Grundeis, Durchfrieren), ggf. auch Verlust hygropetrischer Zonen und allgemein durch deutliche Reduktion der wasserbedeckten Flächen (i.W. nach Moog et al. 1993).

Dazu ist festzuhalten, dass für kalkalpine Wildbäche wie den Lahnenwiesgraben winterliche Niedrigwasserklemmen und allgemein auch ein Trockenfallen von Gewässerabschnitten durchaus typisch sind (vgl. Bauer et al. 2003: 32, Ringler et al 1994: 118). Die Benthosorganismen dieser Gewässer sind in der Lage, etwaig geräumte

<sup>7</sup> Quellbächlein unterhalb Forststraße von Bärenbad zur Talstation Laberbergbahn, 2,9 km O Oberammergau; 1090 m NN. TK25 8432NO: 4432960/5273652 +/- 250 m

<sup>8</sup> dazu sind in den Unterlagen keine Aussagen verfügbar

Standorte rasch wieder zu besiedeln. Dabei erfolgt die Wiederbesiedlung nicht nur über die Sohle<sup>9</sup>, sondern insbesondere über die Luft: Im Lahnenwiesgraben wurden nur zwei dauerhaft aquatische Arten festgestellt (*Crenobia*, *Gammarus*), 98 % der nachgewiesenen Taxa sind Insekten mit flugfähigen Imaginalstadien.

Zudem handelt es sich bei den nachgewiesenen Arten i.W. um solche, die nicht nur im relevanten Längsverlauf des Gewässers mit Sicherheit weit verbreitet sind, sondern die auch in anderen Gewässern des näheren und weiteren Umkreises im Ammergebirge vorkommen. Die einzige Seltenheit unter den nachgewiesenen Arten ist die Steinfliege *Leuctra leptogaster*. Die Ökologie dieser Art ist wenig bekannt, jedoch ist eine Präferenz der Larven für das tiefere Interstitial, u.U. auch - wie für die nah verwandte *Leuctra major* belegt - ein Eindringen der Larve in den bachbegleitenden Grundwasserleiter anzunehmen. Da in dem engen Talraum das Grundwasser aus nachdrängendem Hangwasser gebildet werden dürfte, ist eine Beeinträchtigung der Larvallebensräume durch die Wasserentnahme für die Art wenig wahrscheinlich.

Insgesamt ist damit auch für die angenommenen "worst case"-Situationen zu erwarten, dass eine Wiederbesiedlung beeinträchtigter Stellen bzw. Abschnitte vollständig und sehr rasch erfolgt (maximal innerhalb einer Saison). Dies ist begünstigt durch die direkte Anbindung der Ausleitungsstrecke an +/- idente naturnahe Laufabschnitte oberhalb (-> v.a. epirithrale Arten). Weniger bedeutsam, jedoch ebenfalls ein realistischer Besiedlungspfad sind "Kompensationsflüge" von Arten, die vom sicher unbeeinträchtigten Vorflutgewässer Loisach ausgehen (-> v.a. metarithrale Arten). Tab. 3 zeigt, dass die Fauna der Loisach unterhalb und oberhalb der Lahnenwiesgrabenmündung eine erstaunlich breite Übereinstimmung mit der des Entnahmegewässers aufweist.

Der aktuell festgestellte ökologische Zustand ("gut") ist spätestens dann wieder gesichert gegeben. Es sind aber auch während der Phase der Wasserentnahme keine relevanten Veränderungen der entsprechenden Kennwerte zu erwarten.

Abschließend ist festzuhalten, dass die Wasserentnahme auf einen Zeitraum von maximal vier Jahre (Bauphase) begrenzt ist, in denen die Hangquellmoore bewässert werden sollen. Mit Rückbau der Entnahmeverrichtungen verbleiben keinerlei Belastungen für den Bach.

Detailliertere Prognosen zur Entwicklung des Benthosgemeinschaften in der Entnahmephase könnten nur über aufwändige Untersuchungen, z.B. durch einen Pumpversuch mit Aufnahme der sohnahen Strömung durch Halbkugel-Messungen, erreicht werden, erscheinen aber nach den obigen Ausführungen entbehrlich.

## 6 Schriften

### 6.1 Zitierte Schriften

Bauer, J. et al. (2003): Integrierte ökologische Bewertung von bayerischen Fließgewässern südlich der Donau. - Materialien des Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München, 109: 186 S.

---

<sup>9</sup> dies ist aber bei vielen Arten durchaus ein sehr wirksamer Ausbreitungsweg



- BayLfU & BayLWF [= Bayerisches Landesamt für Umwelt & Bayerische Landesanstalt für Wald und Forst-Wirtschaft] (2007): Handbuch der Lebensraumtypen nach Anhang I der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie in Bayern. - 162 S. + Anhang, Augsburg & Freising-Weihenstephan.
- BayLFW [= Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft] (1995): Ökologische Grundlagen für die Beurteilung von Ausleitungsstrecken. - Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 25.
- Beier, M. (1950): Zur Kenntnis der Larve von *Eubria palustris* L. (Col., Dascillidae). - *Eos Madrid*, 28: 59-85.
- Colling, M. (2014): Verlegung B23 westlich Garmisch-Partenkirchen - Baumaßnahme Kramertunnel. Sonderuntersuchung Mollusken (Land- und Süßwasserschnecken, Muscheln). - Unpubl. Gutachtenim Auftrag Narr - Rist - Türk Landschaftsarchitekten, Stadtplaner, Marzling; Unterschleißheim, Stand 15. Januar 2014.
- Dongus, H. (1993): Geographische Landesaufnahme 1 : 200 000, Naturräumliche Gliederung Deutschlands. Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 188/194 Kaufbeuren-Mittenwald. - Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumforschung, Bonn-Bad Godesberg, 85 S. + Karte.
- Fischer, J. (1996): Bewertungsverfahren zur Quellfauna. - *Crunoecia*, 5: 227-240.
- Gerecke, R. et al. (2007): Steckbriefe Quellarten. - Im Auftrag des BayLfU.
- Graf, W. & Schmidt-Kloiber, A. (2011): Additions to and update of the Trichoptera Indicator Database. [www.freshwaterecology.info](http://www.freshwaterecology.info), version 5.0 (accessed on [insert date]).
- Graf, W., Murphy, J., Dahl, J., Zamora-Muñoz, C., López-Rodríguez M.J. & A. Schmidt-Kloiber (2006): Trichoptera Indicator Database. Euro-limpacs project, Workpackage 7 - Indicators of ecosystem health, Task 4, [www.freshwaterecology.info](http://www.freshwaterecology.info), version 5.0 (accessed on 2014).
- Hess, M. & U. Heckes (2005): Weiterentwicklung des AQEM-Bewertungsverfahrens für das Makrozoobenthos. Deutscher Fauna-Index für die Fließgewässer der Alpen und des Alpenvorlands, Typen 1 bis 4. - Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Biologie und Geografie, München, 6 S. + Tabellen.
- ILF Beratende Ingenieure (2013): Plan 13.5 Blatt 7 "Beileitung Lahnenwiesgraben, Regelquerschnitt und Details" im M 1: 25. - Rum bei Innsbruck.
- Mauch, E., Schmedtje, U., Maetze, A. & F. Fischer (2004): Taxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 01/03, 388 S.
- Meier, C., Haase, P., Rolauffs, P., Schindehütte, K., Schöll, F., Sundermann, A. & D. Hering (2006): Methodisches Handbuch Fließgewässerbewertung Handbuch zur Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern auf der Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie. - Stand Mai 2006, <http://www.fliessgewaesserbewertung.de>

Moog, O. (1995, Hrsg.): Fauna Aquatica Austriaca. Katalog zur autökologischen Einstufung aquatischer Organismen Österreichs. Lieferung Mai/95. - Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.

Moog, O., Jungwirth, M., Muhar, S. & B. Schönbauer (1993): Berücksichtigung ökologischer Gesichtspunkte bei der Wasserkraftnutzung durch Ausleitungskraftwerke. - Österreichische Wasserwirtschaft, 45 (7/8): 197-210.

Narr Rist Türk Landschaftsarchitekten Stadtplaner Ingenieure (2014): Planänderung B 23 Garmisch-Partenkirchen bis Bundesgrenze, Kramertunnel: Beschreibung des Vorhabens mit seinen Projektwirkungen einschließlich daraus folgender Konfliktwirkung. - Marzling, Stand 15.01.2014.

Ökokart (2002): Untersuchung Loisach im Längsverlauf (Oberbayern, Lkr. Garmisch-Partenkirchen und Bad Tölz-Wolfratshausen). Makrozoobenthos 2002. - Im Auftrag des Wasserwirtschaftsamt Weilheim; Bearbeitung M. Hess & U. Heckes, München, Stand Dezember 2002.

Projektgruppe Aktionsprogramm Quellen (2004): Bayerischer Quelltypenkatalog. - Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.), München.

Reich, M. & R. Weid (1992): Analyse und Bewertung im Arten- und Biotopschutzprogramm Bayern. - Schriftenreihe Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, München, 100: 75-85.

Ringler, A., Rehding, G. & M. Bräu (1994): Landschaftspflegekonzept Bayern; II.19. Lebensraumtyp Bäche und Bachufer. - Bayerische Akad. f. Naturschutz u. Landschaftspf., 340 S.

Schmedtje, U. & Colling, M. (1996). Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna. - Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 4/96.

Sturm, R. (2005): Modelling optimum ranges of selected environmental variables for habitats colonized by the spring snail *Bythinella austriaca* (v. Fraunfeld, 1875) (Gastropoda, Prosobranchia). - Malak. Abh. 23: 67-76.

Voith, J. (Koord., 2003): Rote Liste gefährdeter Tiere in Bayern. - Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz, Augsburg, 166, 384 S.

## 6.2 Darüber hinaus berücksichtigte Schriften

v.a. zur Degradierung und Wiederbesiedlung von Quellen, relevanten abiotischen Faktoren der Quellfauna

Barquin, J. & R.G. Death (2011): Downstream changes in spring-fed stream invertebrate communities: the effect of increased temperature range? - In: Cantonati, M., Gerecke, R., Jüttner, I. & E. J. Cox (Guest Editors): Springs: neglected key habitats for biodiversity conservation. Journal of Limnology 70 (suppl. 1): 134-146.

Bodon, M. & S. Gaiter (1989): Considerazioni sul popolamento macrobentonico delle acque sorgive. - Biologia Ambientale, 2: 5-12.

- Bodon, M. & S. Gaiter (1995): Nuovi criteri di valutazione, basati sulla componente biologica, per le captazioni di acqua destinate al consumo umano. - *Biologia Ambientale*, 9 (1): 5-17.
- Cantonati, M., Bertuzzi, E., Scalfi, A. & A. Campana (2009): The potential importance for spring conservation of residual habitats after flow capturing: a case study. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 30:1267-1270.
- Cantonati, M., Füreder, L., Gerecke, R., Jüttner, I. & E.J. Cox (2012): Crenic habitats, hotspots for freshwater biodiversity conservation: toward an understanding of their ecology. - *Freshwater Science*, 31 (2): 463-480.
- Gerecke, R., Cantonati, M., Spitale, D., Stur, E. & S. Wiedenbrug (2011): The challenges of long-term ecological research in springs in the northern and southern Alps: indicator groups, habitat diversity, and medium-term change. - In: Cantonati, M., Gerecke, R., Jüttner, I. & E. J. Cox (Guest Editors): *Springs: neglected key habitats for biodiversity conservation. Journal of Limnology* 70 (suppl. 1): 168-187.
- Glazier, D. S. (1991): The fauna of North American temperate cold springs: patterns and hypotheses. - *Freshwater Biology*, 26: 527-542.
- Gooch, J. L. & D. S. Glazier (1991): Temporal and spatial patterns in Mid-Appalachian springs. - *Mem. ent. Soc. Can.*, 155: 29-49.
- Haybach, A., Dorn, A. & R. Gerecke (2006): Eintagsfliegen (Ephemeroptera). In: Gerecke, R. & H. Franz (Hrsg.): *Quellen im Nationalpark Berchtesgaden. Lebensgemeinschaften als Indikatoren des Klimawandels. Nationalpark Berchtesgaden, Forschungsbericht* 51:157-160.
- Hinz, W. (1972): Siedlungsdichtebestimmung und Trockenresistenzbeobachtung an zwei *Pisidium*-Arten (Eulamellibranchiata). - *Decheniana*, 125 (1/2): 255-258.
- Illies, J. & L. Botosaneanu (1963): Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. - *Mitt. Soc. Int. Limnol.*, 12: 1-57.
- Kaiser, H. (1974): Die Turbellarienfauna in salzhaltigen Gewässern und Quellregionen Nordwest-Thüringens. - *Limnologica*, 9 (1): 1-62.
- Klie, W. (1926): Entomostraken aus Quellen. - *Arch. Hydrobiol.*, 16: 243-301.
- Kownacka, M. & A. Kownacki (1972): Vertical distribution of zoocenoses in the streams of the Tatra, Caucasus and Balkans Mts. - *Verh. int. Ver. theor. angew. Limnol.*, 18: 742-750.
- Kownacki, A. & M. Kownacka (1973): The distribution of bottom fauna in several streams of the middle Balkans in the summer period. - *Acta hydrobiol. Krakow*, 15: 295-310
- Kühn, G. (1940): Zur Ökologie und Biologie der Gewässer (Quellen und Abflüsse) des Wassergesprengs bei Wien. - *Arch. Hydrobiol.*, 36 (2): 157-262



- Lindegaard, C., Brodersen, K.P., Wiberg-Larsen, P. & J. Skriver (1998): Multivariate analyses of macrofaunal communities in Danish springs and springbrooks - In: Botosaneanu, L. [ed.]: Studies in Crenobiology. The biology of springs and springbrooks. Backhuys.
- Mösslacher, F. & J. Notenboom (1999): Groundwater Biomonitoring. In: Gerhardt, A. (Ed.): Biomonitoring of Polluted Waters. Trans. Tech. Publ., Zürich 119-140.
- Notenboom, J., Planet, S. & M.-J. Turquin (1994): Groundwater Contamination and Its Impact on Groundwater Animals and Ecosystems. S. 477-504. - In: Gibert, J., Danielopol, D.L. & J. Stanford: Groundwater ecology. -Academic Press, London.
- Por, F. D. (1968): The benthic Copepoda of Lake Tiberias and of some inflowing springs. - Israel J. Zool., 17: 31-50.
- Puhe, J. & B. Ulrich (1985): Chemischer Zustand von Quellen im Kaufunger Wald. - Arch. Hydrobiol., 102 (3): 331-342.
- Resh, V. H. (1983): Spatial differences in the distribution of benthic macroinvertebrates along a springbrook. - Aquat. Insects, 5: 193-200.
- Spitale, D., Leira, M., Angeli, N. & M. Cantonati (2012): Environmental classification of springs of the Italian Alps and its consistency across multiple taxonomic groups. - Freshwater Science 31: 563-574.
- Steffan, A. W. (1985): Physiographie und Biozönologie Boden-Wasser-gespeister Bäche im Niederbergischen Land. - Jber. naturw. Ver. Wuppertal, 38: 5-11.
- Thorup, J. (1970): The influence of a short-termed flood on a springbrook community. - Arch. Hydrobiol., 66 (4): 447-457.
- Von Fumetti, S., P. Nagel & B. Baltes (2007): Where a springhead becomes a springbrook - a regional zonation of springs. - Fundam. Appl. Limnol., 169: 37-48.
- Zollhöfer, J.M. (1997): Quellen die unbekanntes Biotop: erfassen, bewerten, schützen. - Bristol-Schriftenreihe, Zürich, Bd. 6: 153 S.