

Untersuchungen zur Effizienzkontrolle des LIFE-Natur-Projekts "Optimierung von Kalktuffquellen und des Umfelds in der Frankenalb"

Endbericht Kurzfassung - Dezember, 2007



Auftragnehmer:



ÖKON
Gesellschaft für Landschaftsökologie,
Gewässerbiologie und Umweltplanung mbH
Hohenfelser Straße 4, Rohrbach
93183 Kallmünz

Dr. F. Foeckler, Dipl.-Biol.
Dipl.-Ing. (FH) H. Schmidt

in Zusammenarbeit mit:

Dipl.-Ing. (FH) J. Brehm
Dipl.-Biol. O. Deichner
Dipl.-Ing. (FH) H. Hufgard
cand. Dipl.-Ing. R. Richter

Auftraggeber:



Landesbund für Vogelschutz
in Bayern e.V.
Eisvogelweg 1
91161 Hilpoltstein

Koordination:
Herr Dipl.-Ing.(FH) Z. Jokic

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung/Aufgabenstellung.....	1
2.	Projektgebiet.....	2
3.	Erfassungs- und Bewertungsmethodik.....	4
3.1	Einrichtung von Dauerbeobachtungsstellen.....	4
3.2	Substrataufnahme	5
3.3	Erfassung der Quellfauna	5
3.4	Erfassung der Moose	6
3.5	Bewertung Quellfauna.....	6
3.6	Bewertung Moose	8
3.7	Bewertung Substrat	9
4.	Ergebnisse	10
4.1	Quellfauna	10
4.2	Moose	13
4.3	Substrat.....	17
5.	Bewertung der Quellen.....	18
6.	Bewertung der Maßnahmen	20
7.	Diskussion der Untersuchungs- und Bewertungsmethodik	23
8.	Literaturverzeichnis.....	25
9.	Anhang	27

1. Einleitung/Aufgabenstellung

Im Rahmen des vom Landesbund für Vogelschutz e. V. initiierten LIFE-Natur-Projekts „Optimierung von Kalktuffquellen und des Umfeldes in der Frankenalb“ (LIFE03 NAT/D/000002) sollte eine naturschutzfachliche Bewertung von umgesetzten Maßnahmen zur Renaturierung von durch menschlichen Einflüssen gestörten Quellen erfolgen. Hierzu wurden für eine Effizienzkontrolle Daten zu Substrat, Fauna und Flora (Moose) sowie Zustand bzw. Entwicklung des Cratoneurion (Kalktuffquellen) erfasst und ausgewertet. Nähere Erläuterungen zur Problematik und zu den Zielen des Quellschutzes finden sich in HOTZY (2003), HOTZY & RÖMHELD (2006) und zur Effizienzkontrolle von Quellschutzmaßnahmen in HOTZY (2004).

Während der Umsetzungsphase bis Ende 2007 wurden in den drei Projektgebieten Hersbruck, Greding und Hahnenkamm an insgesamt 56 Quellstandorten Optimierungsmaßnahmen durchgeführt. Die Ermittlung der Basisdaten für die Effizienzkontrolle erfolgte im Rahmen eines zu diesem Zweck erstellten Monitoringprogramms an 34 beplanten Quellbereichen. Zusätzlich wurden pro Projektgebiet zwei Referenzstandorte mit hohem Natürlichkeitsgrad in die Untersuchung miteinbezogen.

Die wesentlichen Ziele der vorliegenden Untersuchung sind:

- Einrichtung von Dauerbeobachtungsstellen
- Erfassung des Status Quo der Quellfauna, Moose und Substrat von 34 beplanten und 6 naturnahen Referenzstandorten
- Charakterisierung der einzelnen Quellen anhand der festgestellten Arten

2. Projektgebiet

Die drei untersuchten Teilgebiete befinden sich in der Mittleren und Südlichen Frankenalb. In Abb.1 sind ihre Lagen und einige Kenngrößen angegeben.



Projektgebiet 1

Hersbrucker Alb (Mittlere Frankenalb)
 Landkreis: Nürnberger Land
 Anzahl der Quellstandorte: 24
 Anzahl der untersuchten Quellstandorte: 16
 Flächengröße: ca. 1893 ha



Projektgebiet 2

Juratrauf (Südliche Frankenalb)
 Landkreis: Roth
 Anzahl der Quellstandorte: 13
 Anzahl der untersuchten Quellstandorte: 12
 Flächengröße: ca. 1585 ha



Projektgebiet 3

Hahnenkamm (Südliche Frankenalb)
 Landkreis: Weißenburg- Gunzenhausen
 Anzahl der Quellstandorte: 17
 Anzahl der untersuchten Quellstandorte: 12
 Flächengröße: ca. 2228 ha

Abb. 1: Lage und Kennzeichen der Projektgebiete

Bei den untersuchten Quellen handelt es sich größtenteils um grobmaterialreiche Waldquellen, welche überwiegend zu den Rheokrenen (Fließquellen) oder Mischformen aus Rheo- und Helokrenen (Sickerquellen) zählen. Das Umfeld aller Quellen ist überwiegend als naturnah einzustufen, nur gelegentlich sind Forstwege o. ä. direkt im/am Quellabfluss zu finden.

In jedem Projektgebiet wurden jeweils zwei Referenzquellen, die einen hohen Natürlichkeitsgrad besitzen, als unbeeinflusste „Vergleichsflächen“ mit in die Untersuchungen einbezogen. Ihr Zustand und ihre Artenausstattung dienen als Leitbild, Vergleich und Bewertungshilfe für die optimierten Quellen.

Die Untersuchungen der Quellen fanden größtenteils nach Durchführung der Optimierungsmaßnahmen statt. Aufgrund des vorgegebenen Zeitrahmens und sich ergebender zeitlicher Einschränkungen war eine Untersuchung des Ausgangszustandes leider nicht möglich. Zeitlich eingeschränkt wurde der Ablauf dadurch, dass zum einen die Beprobung wegen der Erfassungsmethodik auf das Frühjahr beschränkt ist und zum anderen die Umsetzung der Optimierungsmaßnahmen an bestimmte Witterungs- und Bodenverhältnisse sowie die Zustimmung der Grundeigentümer gebunden ist. Einige Eigentümer stimmten erst nach langer Überzeugungsarbeit den Maßnahmen zu, die dann kurzfristig umgesetzt werden mussten. Somit wurden die Optimierungsmaßnahmen an fast allen Quellstandorten bereits vor der Beprobung durchgeführt.

Im Anhang 1 werden die Beeinträchtigungen zusammen mit der Gefährdungseinstufung und den durchgeführten Optimierungsmaßnahmen für die einzelnen Quellbereiche aufgelistet. Am häufigsten wurden Fichten entnommen und Verrohrungen durch Furten ersetzt.

3. Erfassungs- und Bewertungsmethodik

3.1 Einrichtung von Dauerbeobachtungsstellen

Die Erfassungen der Quellfauna, Moose und Substrat erfolgten in der Zeit vom 19.04. bis 09.05.2006 und vom 03.05. bis 01.06.2007. Pro Quelle wurden 3 Einzelproben (s. Abb. 2) genommen: eine im Bereich des Quellmundes (Q), eine im Übergangsbereich Quelle-Fließgewässer (L) und eine auf etwa halber Strecke zwischen diesen beiden (M). Auf diese Weise wurde versucht, die unterschiedliche Besiedlung der Quellregionen zu erfassen sowie mögliche Fehleinschätzungen anhand von Einzelproben zu vermeiden. Zudem wurden einzelne Probenstellen in Bereiche gelegt, in denen Maßnahmen durchgeführt wurden, um diese Bereiche gezielt zu analysieren.

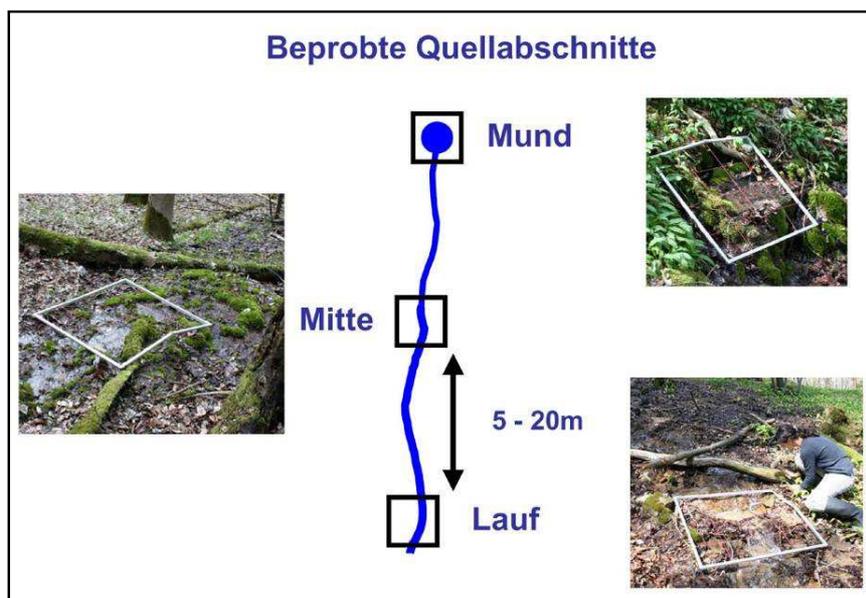


Abb. 2: Schema der Probenahme im Gelände

Alle Probestellen wurden dauerhaft markiert, zum einen mit GPS-Einmessung zum anderen durch Vergraben von 10 mal 1,5 cm großen Metallrohren an den zwei diagonal gegenüber liegenden Ecken des Rahmens zur Substrataufnahme (s. Abb. 2). Somit wurde die Beprobung soweit standardisiert, dass die einzelnen Probestellen untereinander vergleichbar sind sowie die Beprobungen in Folgejahren an gleicher Stelle wiederholt werden können.

3.2 Substrataufnahme

Die Erfassung des Substrates der untersuchten Quellen erfolgte nach den Vorgaben von HOTZY (2004) mit Hilfe eines mit Schnüren in 16 gleich großen Teilen unterteilten quadratischen Alu-Klapprahmens mit einer Kantenlänge von einem Meter. Der Rahmen wurde mit einer hoch auflösenden digitalen Spiegelreflex-Kamera in der Draufsicht abfotografiert (s. Beispielfoto Abb. 3) um die Flächenanteile der einzelnen Substrate (Kies, Laub, etc.) nachträglich am PC auszuwerten.



Abb. 3: Rahmen zur Substrataufnahme

3.3 Erfassung der Quellfauna

Die halbquantitative Aufnahme des Makrozoobenthos erfolgte pro Probestelle (drei pro Quelle: Quellmund, Mitte und Lauf) innerhalb von 30 Minuten, das bedeutet 1 ½ Stunden pro Quelle. Die Quellfauna ist in allen wesentlichen Substraten wie z. B. Tuffablagerungen, Wassermoose oder Totholz sowie in stehenden (Gumpen) und fließenden Bereichen erfasst worden. Die Abundanzangaben der im Gelände erkennbaren Taxa wurden vor Ort festgehalten. Abundanzschätzungen der in 70%igen Ethanol fixierten Arten wurden auf Grundlage der Anzahl fixierter Individuen und der Geländeprotokolle nachträglich vorgenommen.

Zur Bestimmung und Kommentierung der Taxa wurde die für die jeweiligen Gruppen übliche Standardliteratur (siehe MAUCH et al. 2003 und neuere Literatur) verwendet. Die Bestimmung der Pisidien (Erbsenmuscheln) hat freundlicherweise Herr Dipl.-Ing.(FH) H. Kobialka (Höxter) vorgenommen. Die Nomenklatur folgt MAUCH et al. (1990 bzw. 2003). Die Bestimmung war nicht immer bis zur Art möglich. Der Vermerk cf. (confer = vergleiche) weist gegebenenfalls auf kritische Bestimmung ohne endgültige Artzuweisung hin. Belege aller anfallenden Arten werden aufbewahrt.

Die Rote Liste Einstufung richtet sich für Deutschland nach BINOT et al. (1998) und für Bayern nach Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (2003).

3.4 Erfassung der Moose

Die Moose wurden im unmittelbaren Abflussbereich der Quellen kartiert. Für die genaue Determination wurden Moosproben entnommen, in Papiertaschen aufbewahrt, getrocknet und anschließend im Labor mit Hilfe von Binokular und Mikroskop bestimmt. Bei schwierig zu bestimmende Arten hat freundlicherweise Herr Dr. Oliver Dürhammer, Universität Regensburg, geholfen. Die Nomenklatur und Determination erfolgte nach FRAHM & FREY (2004). Der Vermerk cf. (confer = vergleiche) weist auf Arten hin, deren eindeutige Bestimmung nicht möglich war. Oft war auch nur die Bestimmung der Gattung möglich.

Die Rote Liste Einstufung richtet sich für Deutschland nach LUDWIG et al. (1996) und für Bayern nach MEINUNGER & NUSS (1996).

3.5 Bewertung Quellfauna

Bei den Bewertungen werden die jeweiligen Gegebenheiten und Standortverhältnisse vor Ort (z.B. Quelltyp, Quellregion, Austrittsort etc.) mit berücksichtigt, wodurch in manchen Fällen von der Einstufung nach den genannten Parametern abgewichen wird.

Zur Bewertung der Quellfauna wurden folgende Parameter herangezogen:

- Ökologische Wertesumme (ÖWS) nach FISCHER (1996) - Erläuterung s. u.
- Artenzahl (mit Einschränkung - v. a. wenn untypische Arten vorkommen)
- Individuendichte (mit Einschränkung - v.a. wenn untypische Arten häufig auftreten)
- Anzahl Rote Liste-Arten
- Saprobie (biologische Gewässergüte)
- Autökologische Einstufungen der Quellfauna nach der Fließgewässerbewertungs-Software Asterics (z.B. Anteil rheobionter und rheophiler Arten, Anteil Krenalbewohner etc.)

Im Folgenden wird das Bewertungsverfahren für die Quellfauna nach FISCHER (1996) erläutert. Dieses Bewertungskriterium der ÖWS beruht auf die Stenotopie (enge Bindung an umgebende Umweltfaktoren) des Taxons in Bezug auf das Krenon (Quelllebensraum). Die Einteilung in Ökologische Wertezahlen (ÖWZ) wurde empirisch mit Hilfe von Arten, die mit hoher Stetigkeit in Quellen vorkommen, festgelegt. Zu diesem Zweck führte die Gesellschaft für Quellökologie um-

fangreiche Literaturrecherchen mit dem Ziel durch, eine Faunenliste mit häufig an Quellen anzutreffenden Makroinvertebratenarten zu erstellen. Es wird aber nicht hinterfragt warum das Taxon dort auftritt.

Die Ökologische Wertesumme (ÖWS) wird wie folgt berechnet:

$$\boxed{\text{ÖWS}_{Fauna} = \frac{\sum(\text{ÖWZ} \cdot \text{Abundanz})}{\text{Taxazahl}}}$$

Die Einstufung nach FISCHER (1996) ist in dieser Arbeit angepasst worden. Zur Charakterisierung wurden Daten von SCHMEDTJE & COLLING (1996) und MOOG (2002) herangezogen.

Tab 1: Zuordnung der ÖWZ zu den Taxa; verändert nach FISCHER (1996)

ÖWZ	Definition	Biozönose	Typ	Beispiel
16	Vorkommen exklusiv in Quellen oder Grundwasserbewohner	aquatile Quellfauna, Fauna hygropetrica, Stygobionten	krenobiont	<i>Crenobia alpina</i> , <i>Crunoecia irrorationa</i> , <i>Asellus cavaticus</i>
8	Verbreitungsschwerpunkt Quellbach oder quellnah und in Nachbarbiotop einstreudend	rheophile Quellbachfauna und akzessorische Elemente	krenophil	<i>Drusus trifidus</i> , <i>Synagapetus dubitans</i> , <i>Polycelis felina</i>
4	Verbreitungsschwerpunkt Rhithral, regelmäßig Krenal	Bachfauna	krenophil-rhithrobiont	<i>Gammarus fossarum</i> , <i>Nemura sp.</i>
2	Verbreitungsschwerpunkt Rhithral, nur selten im Krenal oder feuchtigkeitsliebende Begleitfauna oder Substratspezialisten	Bachfauna, akzessorische Landfauna	rhithrobiont, terrestrisch hygrophil	<i>Rhithrogena semicolorata</i> , <i>Plectrocnemia conspersa</i>
1	weite Verbreitung in allen Gewässertypen	Ubiquisten	eurytop	<i>Baetis rhodani</i>
0,5	Verschmutzungsanzeiger	Abwasserbiozönose	saprophil	<i>Tubifex sp.</i> , <i>Asselus aquaticus</i>

Für die berechnete Ökologische Wertesumme (ÖWS) schlägt FISCHER (1996) folgende fünfstufige Einteilung vor.

Tab 2: Zuordnung der ÖWS zu den Werteklassen nach FISCHER (1996)

ÖWS	Werteklasse
>20	quelltypisch
15,0-19,9	bedingt quelltypisch
10,0-14,9	quellverträglich
5,0-9,9	quellfremd
<5	sehr quellfremd

Bei den Lauf-Proben nimmt die ÖWS natürlicherweise ab, es treten verstärkt rhithrale Arten der Bachmittelläufe auf, die typischen Quellarten nehmen ab bzw. werden verdrängt. Dies wird bei der Bewertung mitberücksichtigt.

3.6 Bewertung Moose

Zur Bewertung der Moose wurden folgende Parameter herangezogen:

- Ökologische Wertezahl (ÖWZ) nach HINTERLANG (1996), verändert; Erläuterung s.u.
- Anzahl und Häufigkeit Kalktuff bildende Arten
- Anzahl und Häufigkeit von Säure- und Degradationszeigern
- Anzahl Arten (mit Einschränkung - v.a. wenn untypische Arten vorkommen)
- Anzahl Rote Liste-Arten

Ähnlich dem Bewertungsverfahren nach FISCHER werden den an Quellen vorkommenden Pflanzenarten ökologische Wertezahlen (ÖWZ) zugeordnet. Eine fünfstufige Skala beschreibt die Bindung an das Quellbiotop (HINTERLANG 1996).

- 1 = Quelltypische Arten, die ihr Hauptvorkommen in Quellen haben und in anderen Biotopen nur selten vorkommen.
- 2 = Arten, die an Quellen ihr Hauptvorkommen haben, aber nicht streng an den unmittelbaren Quellbereich gebunden sind.

3 = Allgemein an Feucht- und Naßstandorten verbreitete Arten, die häufig auch an Quellen (Nebenvorkommen) beobachtet werden können.

4 = Allgemein an Feucht- und Naßstandorten vorkommende Arten, die aber nur selten an Quellen zu finden sind.

5 = Nicht einheimische Arten und/oder Pflanzen trockener Standorte, die untypisch für Quellen sind und/oder Beeinträchtigung anzeigen.

Zur Einstufung sind die Daten von NEBEL & PHILIPPI (2000, 2001, 2005) und die Feuchte- und teilweise die Reaktionszahl nach ELLENBERG et al. (1992), verändert nach KARRER (1992), herangezogen worden.

Die Berechnung der Ökologischen Wertesumme (ÖWS) wurde nicht durchgeführt, da sie für Vegetationsaufnahmen entwickelt wurde. Allerdings sind die ÖWZ zur besseren Beurteilung der Moosvegetation herangezogen worden.

3.7 Bewertung Substrat

Zur Bewertung des Substrates wurden folgende Parameter herangezogen:

- Vorkommen quell- bzw. standorttypischer Substrate: z.B. Kies, Totholz, Laub, Moose etc.
- Vorkommen quell- bzw. standortfremder Substrate: z.B. Schlamm, Nadeln
- Substratvielfalt (soweit natürlich und standorttypisch)

4. Ergebnisse

4.1 Quellfauna

Die Taxalisten der untersuchten Quellen befinden sich im Anhang 2. Anhang 2.1 zeigt die Taxaliste der untersuchten Quellen mit Aufteilung in Quellmund (Q), Mitte (M) und Lauf (L). In Anhang 2.2 werden die 3 Probestellen je Quelle zusammengefasst.

In diesem und im letzten Jahr wurden an den 40 untersuchten Quellen insgesamt 120 Taxa nachgewiesen, wobei 67 bis zur Art, 29 bis zur Gattung und die restlichen 24 Taxa bis zur Familie bestimmt werden konnten. Die Anzahl der gefundenen Taxa je Quelle reicht von 4 (Nr. 2-01) bis 36 (Nr. 2-06). Im Durchschnitt konnten 24 Taxa pro Quelle erfasst werden. 12 Arten sind in der deutschen und 16 Arten in der bayerischen Roten Liste aufgeführt, die Einstufung umfasst „zurückgehend bis stark gefährdet“.

Bei den Verteilungen der Taxa auf die Ordnungen sind die häufigsten Gruppen Kleinkrebse (Crustacea) mit 37,1% gefolgt von Köcherfliegen (Trichoptera) mit 17,6% und Steinfliegen (Plecoptera) mit 17,3% (Abb. 4).

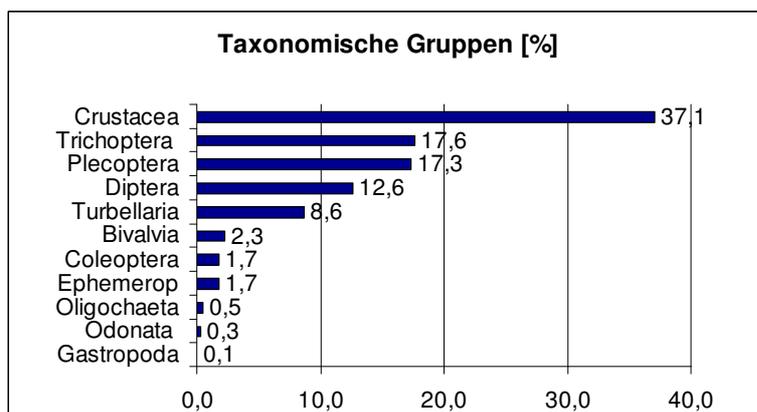


Abb. 4: Verteilung der Taxa auf die Ordnungen

Betrachtet man die Arten nach ihrer Stetigkeit, so zeigt sich, dass *Gammarus fossarum* an allen Probestellen vorkommt (Tab. 3).

Tab. 3: Rangliste der dominanten Arten geordnet nach Stetigkeit

Rang	Taxa	Ordnung	ÖWZ	Stetigkeit [%]
1	<i>Gammarus fossarum</i>	CRU	4	100,0
2	<i>Protonemura spec.</i>	PLE	4	70,8
3	<i>Crenobia alpina</i>	TUR	16	67,3
4	<i>Nemoura spec.</i>	PLE	4	61,1
5	Orthoclaadiinae	DIP		67,3
6	<i>Synagapetus dubitans</i>	TRI	8	60,2
7	<i>Leuctra braueri</i>	PLE	8	65,5
8	Helodidae	COL		48,7
9	<i>Sericostoma spec.</i>	TRI	8	43,4
10	<i>Plectrocnemia conspersa</i>	TRI	2	41,6
11	<i>Crunoecia irrorata</i>	TRI	16	35,4

Ein ähnliches Bild zeigt sich, wenn man die Abundanzsummen der einzelnen Taxa betrachtet (Tab. 4). Die Multiplikation der Stetigkeit mit der Abundanzsumme zeigt die Dominanzverhältnisse an den Probestellen noch deutlicher.

Tab. 4: Rangliste der dominanten Taxa, geordnet nach (Abundanzsumme x Stetigkeit)

Rang	Taxa	Ordnung	ÖWZ	Stetigkeit S [%]	Abundanzsumme AS	AS * S
1	<i>Gammarus fossarum</i>	CRU	4	100,0	575	575
2	<i>Protonemura spec.</i>	PLE	4	70,8	246	174
3	<i>Crenobia alpina</i>	TUR	16	67,3	236	159
4	<i>Synagapetus dubitans</i>	TRI	8	61,1	226	138
5	<i>Nemoura spec.</i>	PLE	4	67,3	181	122
6	<i>Leuctra braueri</i>	PLE	8	60,2	175	105
7	Orthoclaadiinae	DIP		65,5	171	112
8	Helodidae	COL		48,7	104	51
9	<i>Sericostoma spec.</i>	TRI	8	43,4	93	40
10	<i>Plectrocnemia conspersa</i>	TRI	2	41,6	91	38
11	Tanypodinae	DIP		35,4	79	28
12	<i>Crunoecia irrorata</i>	TRI	16	37,2	78	29

Häufigste Art und in fast allen Quellen massenhaft vertreten ist der Bach-Flohkrebs *Gammarus fossarum*. Die Art ernährt sich von Falllaub und besiedelt Quellbereiche und schnell fließende Bachabschnitte. Da er hohe Fließgeschwindigkeiten und niedrige Temperaturen toleriert und gegenüber anderen *Gammarus*-Arten konkurrenzschwächer ist, wird er manchmal bis in die obersten Abschnitte der Fließgewässer zurückgedrängt (SCHMEDTJE & KOHMANN 1992). Darüber hinaus ist er empfindlich gegenüber Gewässerversauerung (DEICHNER & FOECKLER 1990, FOECKLER 1992) und charakteristisch für kalkreiche Fließgewässer (FOECKLER & SCHRIMPF 1985). Ebenfalls hohe Stetigkeiten erreicht der Alpen-Strudelwurm *Crenobia alpina*, die Steinfliege *Leuctra braueri*, *Nemoura sp.* und *Protonemura sp.* sowie die beiden „gefähr-

deten“ Köcherfliegenarten *Rhyacophila pubescens* und *Synagapetus dubitans*. Diese und die Mehrzahl der gefundenen Taxa sind typisch für Quellbereiche (Krenal) und schnell strömende Bergbäche (Rhithral). Sie gelten als Zeiger für saubere Gewässer mit hohem Sauerstoffgehalt.

Naturschutzfachlich besonders bedeutend sind die Nachweise der Gestreiften Quelljungfer *Cordulegaster bidentata* an den Quellstandorten E 1h, R-1b, 2-05 und 2-06. Die Art ist in Bayern und Deutschland als „stark gefährdet“ eingestuft. Nach BELLMANN (1987) besiedelt sie winzige Quellrinnsale, wobei sie Quellaustritte mit Kalktuffablagerungen besonders bevorzugt. Die Larve liebt sehr geringe Wassertiefen von wenigen Zentimetern oder Millimetern und gräbt sich meist in Sand und Schlamm ein. Die Imagines benötigen zum Jagen nahe gelegene Lichtungen (HEIDEMANN & DEIDENBUSCH 1993).

Die Eintagsfliege *Electrogena ujhelyii* gilt in Deutschland und Bayern als „gefährdet“. Sie kommt vom Hypokrenal (untere Quellregion) bis zum Hyporhithral (untere Bergbachregion) vor, wobei sie auch Stillgewässer besiedelt (BAUERNFEIND et al. 1995). In den Quellstandorten 2-06 und R-2a, 3-11, E 3i, E 3j und E 3k konnte sie vereinzelt bzw. in mäßiger Dichte nachgewiesen werden.

Die in Deutschland „stark gefährdete“ Steinfliege *Nemoura mortoni* hält sich an schlammigen und sumpfigen Stellen von Berggewässern auf. Die Flugzeit der Imagines erstreckt sich von April bis August (ILLIES 1955). Im Projektgebiet wurde sie nur als Einzelfund in der Quelle 3-03-R im Quellmund gefunden.

Die beiden Köcherfliegenarten *Rhyacophila pubescens* und *Synagapetus dubitans* werden in der bayerischen Roten Liste als „gefährdet“ eingestuft, letztgenannte zusätzlich in der deutschen Roten Liste. Die Arten besiedeln ausschließlich die obersten Bachregionen Krenal und Rhithral (SCHMEDTJE & COLLING 1996). Im Projektgebiet konnten sie an 17 bzw. 31 Quellen nachgewiesen werden. Beide sind in mäßigen bis zahlreichen Dichten in den Probestellen zu finden.

Die Köcherfliege *Micropterna nycterobia* gilt in Bayern als „gefährdet“. Sie kommt in Quellgewässern und Bergbächen vor, wobei ihre Verbreitung sich auf Süddeutschland beschränkt. Die

Imagines fliegen von Juli bis Oktober (TOBIAS & TOBIAS 1981). Im Projektgebiet wurde die Art in sieben Quellen in spärlicher bis mäßiger Zahl angetroffen.

Die Köcherfliege *Stenophylax vibex* besiedelt das Rhithral und ist in Deutschland und Bayern als „gefährdet“ eingestuft. Sie baut einen 12,5 mm langen, geraden, leicht konischen Köcher aus flachen Blattstücken, der am Hinterende eine kleine runde Öffnung besitzt. Die Flugzeit liegt im Oktober (TOBIAS & TOBIAS 1981). Die Art, die nicht sicher bestimmt werden konnte, wurde nur in der Quelle 3-01 in spärlicher Zahl erfasst.

Der Feuersalamander *Salamandra salamandra* steht in Deutschland auf der Vorwarnliste und ist in Bayern als „gefährdet“ eingestuft. Sein Lebensraum sind Laub- und Mischwälder, wobei er feuchte Schlucht- und Hanglagen bevorzugt. Als Larvalhabitat benötigt er saubere, sauerstoffreiche und kalte Gewässer mit Zonen geringer Fließgeschwindigkeit (BLAB & VOGEL 1989). In der Hersbrucker Alb wurde er an acht der untersuchten Quellen in den Abundanzklassen 2 bis 4 nachgewiesen. Ansonsten wurde er nur noch in der Quelle R-2a im Gredinger Projektgebiet in spärlicher Zahl angetroffen.

4.2 Moose

Das Cratoneurion oder Cratoneurion commutati beschreibt eine Quellflurgesellschaft an Kalkquellstandorten in unmittelbarer Umgebung des Quellwasseraustritts mit Bildung von Kalktuff. Die Vegetation wird hauptsächlich von Moosen beherrscht. Charakterarten sind z. B. *Aneura pinguis*, *Brachythecium rivulare*, *Bryum pseudotriquetum*, *Cratoneuron commutatum*, *C. filicinum*, *Eucladium verticillatum* u. a. (SSYMANK et al. 1998).

Die Artenlisten der erfassten Moose mit Angaben zur Abundanz und Gefährdung befinden sich im Anhang 3. Anhang 3.1 zeigt die nachgewiesenen Moose mit Aufteilung in Quellmund (Q), Mitte (M) und Lauf (L). In Anhang 3.2 werden die 3 Probestellen je Quelle zusammengefasst dargestellt.

An den 40 untersuchten Quellen wurden insgesamt 48 Moostaxa erfasst (Anhang 3). Die Anzahl der Arten pro Quelle reicht von 2 (Nr. E 1i, 2-04c) bis 13 (Nr. 2-05, 3-01), im Durchschnitt fin-

den sich 6 Arten pro Quelle. Betrachtet man nur die Referenzquellen, sind es durchschnittlich 7 Arten. 16 der gefundenen Moosarten sind in der deutschen und 7 Arten in der bayerischen Roten Liste mit der Einstufung „zurückgehend“ bis „gefährdet“ aufgeführt. Aufgrund der relativ großen Artenvielfalt mit fast einem Drittel Rote Liste Arten kommt der Moosflora an Kalktuffquellen eine hohe Bedeutung zu.

In der Roten Liste Bayerns als „gefährdet“ aufgeführte Arten sind *Bryum pseudotriquetum*, *Cratoneuron commutatum* und *Eucladium verticillatum*. *Pylaisa polyantha* und *Radula complanata* sind in der bayerischen und in der deutschen Roten Liste als "gefährdet" eingestuft. Als in Deutschland „zurückgehend“ vermerkte Arten sind *Aneura pinguis*, *Anomodon longifolius*, *A. viticulosus*, *Bryum pseudotriquetum*, *Campylium calcareum* (Einstufung für Bayern als „extem selten“), *Ctenidium molluscum*, *Fissidens dubius*, *Homalia trichomanoides*, *Isothecium alopecuroides*, *Mnium stellare*, *Porella platyphylla*, *Rhytidiadelphus triquetus* und *Thamnobryum alopecurum*. Für *Hypnum cupressiforme* fehlt in Deutschland eine entsprechende Datengrundlage zur Beurteilung der Bestandssituation, in Bayern ist die Art nicht eingestuft (MEINUNGER & NUSS 1996; LUDWIG et al. 1996).

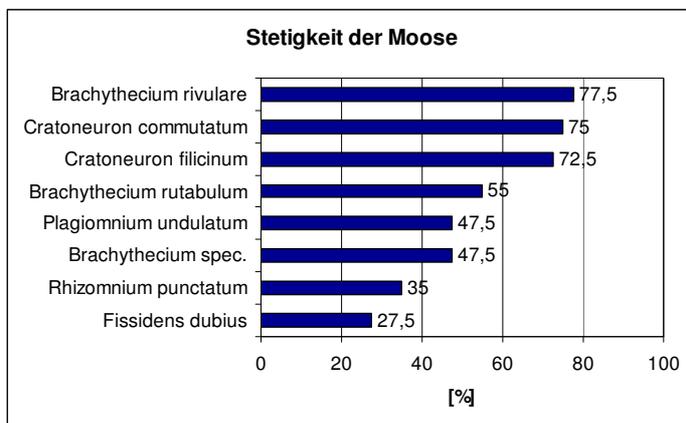


Abb 5: Rangliste der Moose, geordnet nach Stetigkeit an den einzelnen Quellen

Die häufigste Art, *Brachythecium rivulare*, ist an 31 Quellen vertreten (vgl. Abb. 5). Sie lebt an mäßig nährstoffreichen bis nährstoffreichen Fließgewässern, an lichten bis halbschattigen Standorten. Bevorzugt an Rändern von Waldbächen, oft auch untergetaucht oder im Spritzwasserbereich, seltener an stehenden Gewässern sowie an quelligen und sumpfigen Standorten. *B. rivulare*

wächst auf unterschiedlichem Gestein (u.a. Kalk, Kalksinter), auf Erde sowie epiphytisch (vor allem auf Salix-Arten) (NEBEL & PHILIPPI 2001).

Cratoneuron commutatum (30 Quellen) gilt in Bayern als „gefährdet“. Lebensräume der Art sind feuchte bis nasse, stark kalkhaltige, nährstoffarme bis mäßig nährstoffreiche, lichte bis halbschattige Quellaustritte und Quellmoore zudem kommt sie entlang von Quellbächen vor. Meist werden Kalksinter, seltener Kalkschlamm, nasse Felsen oder Erde besiedelt. *C. commutatum* gilt als wichtigster Kalksinterbildner (NEBEL & PHILIPPI 2001).

Cratoneuron filicinum das farnähnliche Starknervmoos konnte an 29 Quellen festgestellt werden. Ähnlich wie *C. commutatum* lebt es an feuchten bis nassen, kalkhaltigen, meist nährstoffreichen Quellstellen und Sümpfen sowie an Bach- und Flussufern, sowie synanthrop (kulturbegleitend) in Gräben und auf Kalkschotterwegen. Auch auf Erde, Kalktuff, Steinen und morschem Holz sowie an gestörten Stellen ist es zu finden (NEBEL & PHILIPPI 2001).

Das nährstoffliebende Moos ***Plagiomnium undulatum*** (19 Quellen) bevorzugt feucht-schattige Standorte und ist ein Dauerfeuchte- und Stickstoffzeiger. Es siedelt als Bodenmoos in Wäldern und Gebüsch, auf übererdetem Gestein und morschem Holz, sowie in feuchten Wirtschaftswiesen und Parkrasen (NEBEL & PHILIPPI 2001).

Ebenso wie *P. undulatum* ist ***Rhizomnium punctatum*** (14 Quellen) ein Nitrophyt (Stickstoffzeiger). Es lebt an feuchten, nährstoffreicheren, meist schattigen, bei nassen Verhältnissen auch voll belichteten Standorten und wächst auf morschem Holz und Gestein, auf Waldboden (besonders in Nadelwäldern), in Quellfluren (auch in Kalktuffbereichen) und an Bachrändern (NEBEL & PHILIPPI 2001).

Fissidens dubius, in Deutschland als „zurückgehend“ eingestuft, findet sich an 14 basenreichen, meist kalkhaltigen, basischen bis neutralen oder schwach sauren, frischen bis trockenen oder feuchten, schattigen, halbschattigen oder lichtreichen Quellen (NEBEL & PHILIPPI 2000).

Als ausgesprochen Kalktuff bildende und besonders in Kalkquellen und auf Kalktuff lebende Moosarten gelten die Arten *Aneura pinguis* (RL D: V), *Brachythecium rivulare*, *Chiloscyphus*

pallescens, *Cratoneuron filicinum* und *Cratoneuron commutatum*. Durch den Entzug von CO₂ wird das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht so verschoben, dass das schwerlösliche Calciumcarbonat CaCO₃ ausfällt und eine Inkrustierung der Pflanzen bewirkt. Hierzu ist anzumerken, dass allerdings jede Pflanze, die im Abflussbereich wächst, als Kalktuffbildner anzusehen ist.

Die in Deutschland als „zurückgehend“ eingestufte Art *Aneura pinguis* wächst an frischen bis nassen, lichtreichen bis halbschattigen, seltener ganz schattigen Standorten, die basischen, neutralen oft kalkhaltigen oder schwach sauren Charakter haben. An Bach-, Fluss- und Seeufern, auf Brachäckern und in lückigen Wiesen und Weiden vorkommend, werden dabei meist offene, junge Flächen besiedelt. Weitere Wuchsorte finden sich an Sickerstellen und in Quellen, hier nicht selten auf Kalktuff (NEBEL & PHILIPPI 2000). *A. pinguis* konnte an 7 Quellen nachgewiesen werden.

Alle weiteren gefundenen Arten sind typisch für Kalkgebiete, bis auf fünf Kalk meidende Arten (*Mnium hornum*, *Plagiothecium nemorale*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum formosum*, *Sharpiella seligeri*). Durch sie lässt sich auf eine oberflächliche Versauerung des Bodens schließen, die z. B. aufgrund von Fichtenpflanzungen oder saurem Regen hin entstanden sein kann (NEBEL & PHILIPPI 2000, 2001).

4.3 Substrat

Im gesamten Untersuchungsgebiet konnten 15 Substrattypen ermittelt werden. Die häufigsten Substrate, sind Totholz, Kies und Grus, Moosbewuchs und Falllaub (siehe Abb. 6). Durchschnittlich konnten an den Quellen 9 Substrattypen aufgenommen werden. Betrachtet man die Referenzquellen findet man 8 Substrattypen vor. Die geringste Vielfalt wurde mit 6, die höchsten mit 11 Substrattypen gezählt.

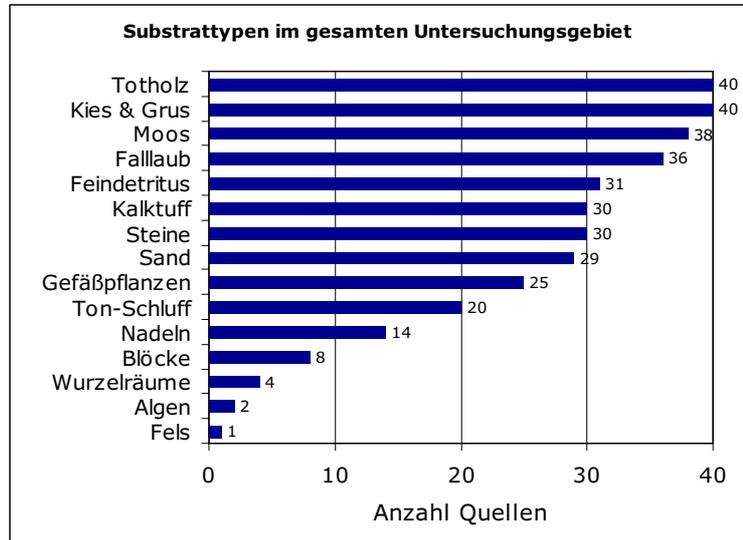


Abb. 6: Häufigkeiten der Substrattypen im gesamten Untersuchungsgebiet

5. Bewertung der Quellen

Aus den Einzelbewertungen der Fauna, der Moose und des Substrats wurde eine Gesamtbewertung für die beprobten Quellbereiche ermittelt. Dabei bestimmt die schlechteste Einzelbewertung das Bewertungsergebnis (Prinzip des „worst case“).

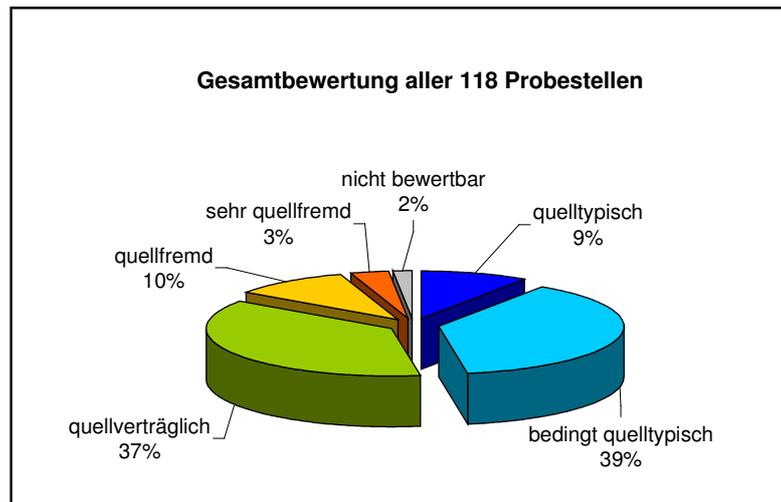


Abb. 7: Diagramm der Gesamtbewertung aller 118 Probestellen

Von den 118 untersuchten Quellbereichen sind 9 % quelltypisch, 39 % bedingt quelltypisch, 37 % quellverträglich, 10 % quellfremd, 3 % sehr quellfremd und 2 % konnten nicht bewertet werden (Abb.7).

Betrachtet man die Einzelparameter gesondert ergibt sich folgendes Bild: Während das Substrat bei knapp 50 % der Quellbereiche als quelltypisch angesprochen werden konnte, sind dies bei der Fauna lediglich 29 % und bei den Moosen 15 %. Bezüglich der Fauna und Flora wurde der größte Teil der Quellbereiche als quellverträglich bis bedingt quelltypisch eingestuft.

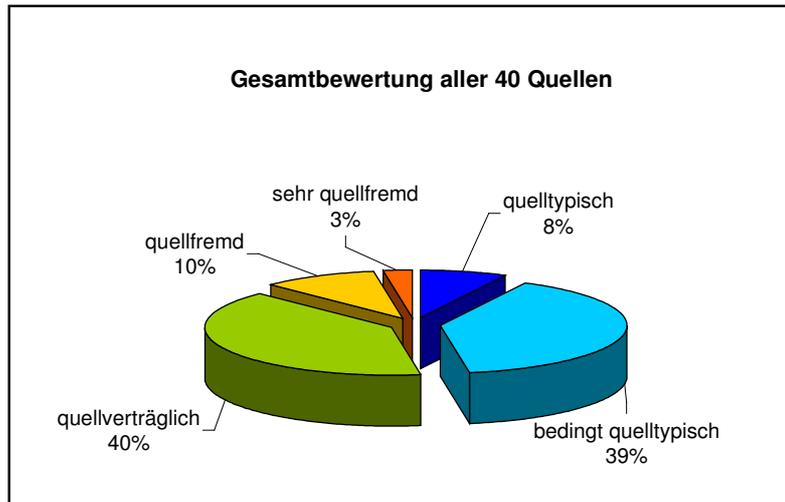


Abb. 8: Diagramm der Gesamtbewertung aller 40 Quellen

Für die Gesamtbewertung der einzelnen Quellen wurden die 3 Bewertungen für die Quellbereiche Quellmund, Mitte und Lauf zusammengerechnet. Von den insgesamt 40 Quellen werden demnach 8 % (3 Quellen) als quelltypisch, 39 % (16 Quellen) als bedingt quelltypisch, 40 % (16 Quellen) als quellverträglich, 10 % (4 Quellen) als quellfremd und 3 % (1 Quelle) als sehr quellfremd eingestuft (Abb. 8)

6. Bewertung der Maßnahmen

Eine Bewertung von Maßnahmen ohne Vergleich mit der Ausgangssituation vor Durchführung der Maßnahmen kann nur vage erfolgen. Die erstmalige Beprobung ist daher hauptsächlich als Status-Quo-Erfassung zu betrachten. Eine nachträgliche Bewertung der Maßnahmen gegenüber dem Ausgangszustand kann daher nur spekulativ, allerdings unter Zuhilfenahme von Erfahrungswerten, erfolgen.

Die Untersuchungen der Quellen erfolgten zeitnah nach den Maßnahmen. Da Veränderungen an Quellen relativ langsam verlaufen (ZOLLHÖFER 1997), kann davon ausgegangen werden, dass die vorliegenden Untersuchungen näherungsweise die Situationen vor den Maßnahmen entsprechen. Dies gilt nicht bei Maßnahmen, die direkt in die Quellen eingreifen, wie die Entfernung von Quellfassungen, da in diesen Fällen der Standort massiv verändert bzw. sogar im Sinne der Wiederherstellung natürlicher Zustände „zerstört“ wird. In solchen Fällen ist direkt nach der Maßnahme mit weniger Arten und einem geringen naturschutzfachlichen Wert zu rechnen. Darüber hinaus kann bei einer relativ neuen Verbauung ohne quelltypisches Substrat davon ausgegangen werden, dass vor der Renaturierungsmaßnahme keine quelltypische Fauna und Flora vorhanden waren.

Nachfolgend werden die durchgeführten Maßnahmen zur Renaturierung der Quellstandorte zusammenfassend erörtert und naturschutzfachlich bewertet:

Entnahme von standortfremden Fichten

Bei der Entnahme von standortfernen Fichten handelt es sich um die am häufigsten durchgeführte Maßnahme.

Eine dichte Fichtenbestockung an Quellstandorten ist nicht standortgerecht und führt zur Beeinträchtigung der Quelle, z.B. durch Versauerung, starke Beschattung, Veränderung der Krautschicht und Fehlen von Laub. Eine vorsichtige Entfernung der Bäume, ohne die empfindlichen Quellen durch Baumaschinen zu zerstören oder der Quelle auf Grund flächigen Kahlschlags der direkten Sonneneinstrahlung auszusetzen, wird deshalb als positiv bewertet.

Die Fichtenentnahmen erfolgten mit Ausnahme einer Quelle (2-01) punktuell und ohne feststellbare Schäden an den Quellen. Besagte Ausnahme-Quelle war jedoch durch eine dichte Fichtenbestockung und der Quellfassung stark gestört, wodurch der Kahlschlag in Verbindung mit der Fassungsentfernung gerechtfertigt war. Durch die Auflichtung stark beschatteter Quellbereiche wurde an einigen Quellen (z.B. E-3i) bereits ein deutliches Wachstum der Tuffmoose beobachtet.

Verrohrung entfernen und Furt anlegen

Verrohrungen unterbrechen die Durchgängigkeit der Quellgerinne. Wanderungen und Austausch der Quellfauna werden dadurch massiv beeinträchtigt. Eine vorsichtige Entfernung der Verrohrung und die Anlage einer Furt ohne die empfindlichen Quellen durch Baumaschinen zu zerstören, wird positiv bewertet.

Bei den durchgeführten Baumaßnahmen zur Anlage der Furten wurde ausschließlich im Bereich, in dem das Rohr verlegt war, eingegriffen. Die anschließenden Quellbereiche wiesen keine baubedingten Beeinträchtigungen auf. Inwieweit bereits ein Faunenaustausch nach den Maßnahmen stattgefunden hat, konnte nicht erfasst werden, da Vergleichsaufnahmen vor der Entfernung der Verrohrungen fehlen.

Errichten von Zäunungen

Kalktuffquellen sind ein beliebtes Ziel von Wanderern und Touristen. Dabei kommt es zu Trittschäden im Quellbereich. Die Zäunung, meist in Verbindung mit einer Infotafel, schützt die empfindlichen Quellbereiche und ist positiv zu bewerten.

Entfernung von Aufstau

Viele Quellen werden durch Aufstau fischereilich genutzt. Der Aufstau führt zu einer enormen Veränderung der Fauna und Flora, bis zum völligen Verschwinden quelltypischer Arten und stellt eine starke Beeinträchtigung dar. D.h., nahezu jede Entfernung von unnatürlichen Querbauwerken ist positiv zu bewerten, Hierbei ist allerdings dringend darauf zu achten, angrenzende, naturschutzfachlich wertvolle Lebensräume nicht durch die Rückbaumaßnahmen zu beeinträchtigen.

Die durchgeführten Entfernungen von Aufstaubauwerken hinterließen keine Schäden in den angrenzenden Quellbereichen. An einem sumpfigen Standort (Quelle 2-04c) wurde - auf Grund des

naturschutzfachlich wertvollen Tümpels - nur der Teichmönch entfernt und ein Abfluss geschaffen ohne den Aufstau komplett zu beseitigen.

Rückbau von Quellfassungen

Quellen werden für die Trinkwassergewinnung, als Tränke für Vieh oder als touristische Attraktion gefasst. Die Fassung der Quelle verändert den Standort komplett und sollte unbedingt rückgebaut werden. Bei alten Fassungen, die inzwischen mit quelltypischer Vegetation überwachsen und von quelltypischen Ablagerungen gekennzeichnet sind, ist abzuwägen, ob ein Rückbau eine vorhandene quelltypische Artenzusammensetzung zerstören würde und dabei einen größeren Schaden als Gewinn nach sich zöge (vgl. SCHINDLER 2004).

Bei den im Projekt entfernten Fassungen handelte es sich ausschließlich um naturfremde Bauwerke, ohne quelltypische Ausprägungen. Die Bauarbeiten wurden auf den Bereich der Fassungen beschränkt, so dass angrenzende Quellbereiche nicht wesentlich beeinträchtigt wurden.

Entfernung von Ablagerungen

Vor allem eingeschnittene Quellabflüsse (Kerbtäler) werden oft als Ablagerungsplatz für „Abfälle“ (Streu, Zweige etc.) aus der Holznutzung genutzt. Diese Ablagerungen führen u.a. zur Veränderung des Mikroklimas und zur Nährstoffanreicherung und stellen somit eine wesentliche Beeinträchtigung dar. Eine Entfernung ist deshalb immer positiv zu bewerten, wenn keine Beeinträchtigungen von wertvollen Lebensräumen auftreten.

Durch die vorsichtige Entnahme der organischen Abfälle konnten keine Schäden festgestellt werden.

Die durchgeführten Optimierungsmaßnahmen werden insgesamt als positiv bewertet. Eine Beschädigung der Quellen durch die Baumaßnahmen wurde nicht festgestellt. Da es sich bei der vorliegenden Untersuchung um die Erstaufnahme handelt, können natürlich keine direkten Aussagen zum Erfolg dieser Maßnahmen gemacht werden. Diese sind erst nach einer weiteren Untersuchung in 1-5 Jahren möglich.

7. Diskussion der Untersuchungs- und Bewertungsmethodik

Die Ergebnisse der Bewertungen zeigen, dass die Betrachtung verschiedener biotischer und abiotischer Einzelparameter für eine ausführliche Zustandserfassung und naturschutzfachliche Bewertung von Quellstandorten notwendig ist. Im Fall der untersuchten Kalktuffquellen ist insbesondere die Berücksichtigung der Moose von Bedeutung, da bestimmte Moosarten im wesentlichen für die Entstehung der Kalktuffe verantwortlich sind. Lichtverhältnisse und Mikroklima bedingen Vorkommen und Wachstum der typischen Tuffmoose. Weitere wichtige Informationen zum Zustand der Quellen ergeben sich aus der Naturnähe der Substratzusammensetzung sowie der Zusammensetzung der Quellfauna.

Die Erfassungsmethoden wurden soweit standardisiert, dass sie bei folgenden Effizienzkontrollen vergleichbare Ergebnisse liefern werden. Die hohen Artenzahlen zeigen eine ausreichende Erfassungsschärfe der Fauna und Flora. Bei den Wasserwirbellosen hätten durch zusätzliche Kescherfänge der adulten Steinfliegen (Plecoptera), Köcherfliegen (Trichoptera) und Eintagsfliegen (Ephemeroptera) mehr Arten erfasst werden können. Auf Grund der räumlichen Nähe vieler Quellen und Quellbereiche zueinander hätte dies jedoch zu einer Verfälschung der Ergebnisse geführt. Außerdem sollten die Untersuchungen relativ einfach in der Durchführung und wiederholbar sein. Aus diesem Grund wurde auch auf eine Erfassung der Algen und Milben, welche ebenfalls als Quellindikatoren gelten (vgl. GERECKE & MARTIN 2006, WHITTON & ROTT 1996), verzichtet, da es nur wenige Spezialisten für diese Gruppen in Deutschland gibt. Bei der Erfassung des Substrats mit dem 1m²-Rahmen besteht die Gefahr, dass nicht das gesamte Spektrum des Quellsubstrats erfasst wird. So kann eine Verschiebung des Rahmes um wenige Meter ein anderes Ergebnis liefern. Um dies auszugleichen wurden deswegen pro Quelle 3 Substrataufnahmen in repräsentativen Bereichen durchgeführt. Inwieweit sich die Methode - vor allem hinsichtlich der Markierung zum Wiederfund der Probestellen bei Nachfolgeuntersuchungen - bewährt, bleibt abzuwarten.

Die Bewertung der Quellen anhand der „Ökologischen Wertesummen (ÖWS)“ wurde von FISCHER (1996) bzw. für die Flora von HINTERLANG (1996) für eine andere Region entwickelt und kann deshalb nicht direkt auf die Kalktuffquellen der Frankenalb übertragen werden. Während der Auswertungen stellte sich heraus, dass die Unterschiede zwischen den Referenzquellen

und Maßnahmenquellen anhand der ökologischen Wertesummen nicht deutlich herausgestellt werden. Deswegen wurden zusätzlich weitere Parameter wie die Artenzahl, die Zahl der Rote Liste-Arten, die ökologische Charakterisierung der Biozönosen sowie die jeweiligen Standortsverhältnisse wie Quelltyp (Helo-, Rheokrene, Grob-, Feinmaterialquelle), Lage im Quellverlauf (Krenal, Hypokrenal), Austrittsort (Malm, Dogger, Ober-, Unterhang, Talgrund) bei der Bewertung mit berücksichtigt. Erst mit diesen Parametern ergibt der Vergleich mit den Referenzquellen ein umfassendes Bild vom Zustand der Quellstandorte.

Die in diesem Bericht beschriebenen Ergebnisse zeigen den Herstellungszustand kurz nach der Umsetzung der Maßnahmen. Weitere Untersuchungen in den nächsten Jahren sind notwendig, um den tatsächlichen Erfolg der durchgeführten Maßnahmen und die Entwicklung der Quellstandorte festzustellen. Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit den aktuellen Aufnahmen zu ermöglichen, wurden die Probestellen dauerhaft markiert. Die festgelegte Methodik ist ausführlich beschrieben und muss bei nachfolgenden Untersuchungen beibehalten werden, um einen direkten Vergleich der gewährleisten.

8. Literaturverzeichnis

- BAUERNFEIND, E., MOOG, O., & WEICHSELBAUMER, P. (1995): Ephemeroptera (Eintagsfliegen). In: MOOG (Hrsg.): Fauna Aquatica. Katalog zur autökologischen Einstufung aquatischer Organismen Österreichs. Herausgegeben im Auftrag des Bundesministeriums f. Land u. Forstwirtschaft, Wien. 17 S.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (Hrsg.) (2003): Rote Liste gefährdeter Tiere Bayerns. - Schriftenreihe Bayer. Landesamt f. Umweltschutz 166, 384 S.
- BELLMANN, H. (1987): Libellen beobachten-bestimmen.- JNN-Naturführer Neumann, Neudamm, 272 S.
- BINOT, M., BLESS, R., BOYE, P., GRUTTKE, H. & PRETSCHER, P. (1998): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. - Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Heft 55: 1 - 434.
- BLAB, J. & VOGEL, H. (1989): Amphibien und Reptilien. - Spektrum der Natur, BLV Intensivführer. - BLV. München, Wien, Zürich. 143 S.
- DEICHNER, O. & FOECKLER, F. (1990): Verbreitung und Bioindikation der Gattung Gammarus (Amphipoda) im Einzugsbereich der Naab um Nabburg (Nordost-Bayern). - Schr.-R. Bayer. Landesamt für Umweltschutz 99 (Beiträge zum Artenschutz 11): 137 - 147; München.
- ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W., PAULIBEN, D.: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa, Scripta Geobotanica 18 (2.Auflage 1992).
- FOECKLER, F. (1992): Das Vorkommen von Gammariden im Donaauraum zwischen Geisling und Straubing. - Arch. Hydrobiol. Suppl. 84 (Veröff. Arbeitsgemeinschaft Donauforschung 8) (2-4):169-180; Stuttgart.
- FOECKLER, F. & SCHRIMPF, E. (1985): Gammarids in streams of northeastern Bavaria, F.R.G.; II The different hydrochemical habitats of Gammarus fossarum KOCH, 1835 and Gammarus roeseli GERVAIS, 1835. - Arch. Hydrobiol. 104 (2): 269 - 286; Stuttgart.
- FRAHM J.-P. & W. FREY (2004): Moosflora. Ulmer Verlag, Stuttgart, 538 S.
- GERECKE, R. & MARTIN, P. (2006): Spinnentiere: Milben (Chelicerata: Acari). - In: Gerecke, R. & Franz, H. (Herausg.): Quellen im Nationalpark Berchtesgaden. Lebensgemeinschaften als Indikatoren des Klimawandels. - Nationalpark Berchtesgaden, Forschungsbericht 51, 122-149.
- HEIDEMANN, H. & SEIDENBUSCH, R. (1993): Die Libellenlarven Deutschlands und Frankreichs. - Verlag Erna Bauer, Keltern, 383 S.
- HOTZY, R. (2003): Erfolgsprojekt Quellschutz – Eine positive Zwischenbilanz nach 10 Jahren kontinuierlicher Aufbauarbeit – Vogelschutz 1/2003 - S. 4-7
- HOTZY, R. (2004): Vorläufiges Konzept zur Effizienzkontrolle von Quellschutzmaßnahmen. Unveröffentlichter Bericht. LBV Landesgeschäftsstelle Hilpoltstein.. 12 S.
- HOTZY, R. & RÖMHELD, J. (2006): Quellschutz in Bayern. In: Natur und Landschaft. Heft 6. S. 305 – 313.
- ILLIES J. (1955): Steinfliegen oder Plecoptera.- Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile, VEB Gustav Fischer Verlag, Teil 43, 150 S.
- KARRER, G. (1992): Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Teil VII: Vegetationsökologische Analysen - Mitt.Forstl. Bundesversuchsanst. Wien 168: 193-242.

- LUDWIG, G., DÜLL, R., PHILIPPI, G., AHRENS, M., CASPARI, S., KOPERSKI, M., LÜTT, S., SCHULZ, F. & SCHWAB, G. (1996): Rote Liste der Moose (Anthocerophyta et Bryophyta) Deutschlands. S. 189-306 in G. Ludwig & M. Schnittler, Rote Liste der gefährdeten Pflanzen Deutschlands. Schriftenreihe Vegetationskunde 28.
- MEINUNGER, L. & NUSS, I (1996): Rote Liste gefährdeter Moose Bayerns, in: Beiträge zum Artenschutz 20, Heft 134, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.), München
- MAUCH, E., KOHMANN, F. & SANZIN, W. (1990): Biologische Gewässeranalyse in Bayern. - Info.ber. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft 1/85, 2. Aufl., München.
- MAUCH, E., SCHMEDTJE, U., MAETZI, A., & FISCHER, F. (2003): Taxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands. - Info.ber. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft 1/03, München.
- MOOG, O. (2002): Fauna Aquatica Austriaca. Lieferung 2002 – Wasserwirtschaftskataster. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.
- NEBEL, M. & PHILIPPI, G. (2000): Die Moose Baden-Württembergs Band 1
Allgemeiner Teil. Spezieller Teil (Bryophytina I, Andreaeales bis Funariales). Ulmer Verlag, Stuttgart, 512 S.
- NEBEL, M. & PHILIPPI, G. (2001): Die Moose Baden-Württembergs Band 2
Spezieller Teil (Bryophytina II, Schistostegales bis Hypnobyales). Ulmer Verlag, Stuttgart, 529 S.
- NEBEL, M., PHILLIPI, G., (2005) (Hrsg.). Die Moose Baden-Württembergs. Band 3. Spezieller Teil (Bryophyta: Spagnopsida, Marchantiophyta, Anthocerotophyta). Ulmer Verlag, Stuttgart, 550 S.
- SCHINDLER, H. (2004): Bewertung der Auswirkungen von Umweltfaktoren auf die Struktur und Lebensgemeinschaften von Quellen in Rheinland-Pfalz. Dissertation an der Uni Koblenz-Landau, Landau
- SCHMEDTJE, U. & COLLING, M. (1996): Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna. - Informationsber. Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft 4/96, 543 S.
- SCHMEDTJE, U. & KOHMANN, F. (1992): Bestimmungsschlüssel für die Saprobier-DIN-Arten (Makroorganismen) - Informationsberichte Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, 2/88, 2. Auflage, München.
- SSYMANK, A., HAUKE, U., RÜCKRIEM, C. & SCHRÖDER, E. unter Mitarbeit von MESSER, D. (1998): Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. BfN-Handbuch zur Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie und der Vogelschutz-Richtlinie. Schriftreihe für Landschaftspflege u. Naturschutz 53. 560 S.
- TOBIAS, W. & TOBIAS, D. (1981): Trichoptera Germanica, Bestimmungstabellen für die deutschen Köcherfliegen - Courier Forsch.-Inst. Senckenberg 49, 671 S.
- WIRTH, V. & DÜLL, R. (2000): Farbatlas Flechten und Moose. Ulmer Verlag, Stuttgart (Hohenheim).
- WHITTON, B.A. & ROTT, E. (1996): Use of algae for monitoring rivers II - Inst.f.Botanik, Univ.Innsbruck, 196 S.

9. Anhang

Anhang 1.1: Darstellung der Gefährdungen und Maßnahmen im Projektgebiet Hersbruck

Quelle	Monitoring	Gefährdung	Mund	Mitte	Lauf	Umfeld	Maßnahme	Mund	Mitte	Lauf	Umfeld
1-05	2007	Quelle + Quellabfluss gefasst, Abfluss durch Wegenutzung gestört	3	3	2	1	Fassung + Verrohrung entfernt, Quelle + Quellabfluss neu gestaltet, Furanlage	X	X	X	X
1-07	2007	Quellabfluss verrohrt, Fichten	1	2	2	1	Verrohrung entfernt, Fichten werden entfernt		X		
1-08	2007	Quellabfluss verrohrt	0	1	2	0	Ankauf; Verrohrung wird entfernt			X	
1-10	2007	Quellabfluss verrohrt	0	1	2	0	Verrohrung entfernt, Furanlage			X	
1-11	2007	Quellabfluss verrohrt	0	1	2	0	Verrohrung entfernt, Furanlage			X	
1-14	2006	Fichten	1	1	1	1	Fichten entfernt	X	X	X	X
1-15	2006	Fichten	1	1	1	1	Fichten entfernt	X	X	X	X
1-18	2007	Fichten	2	2	2	2	Fichten entfernt	X	X	X	X
1-19	2007	Fichten	2	1	1	2	Fichten entfernt	X	X	X	X
1-20	2007	Fichten	1	1	1	1	Fichten entfernt	X	X	X	X
1-21 b	2007	Fichten	2	1	1	1	Fichten entfernt	X	X	X	X
1-22	2007	Quellabfluss verrohrt; 2007 Trittschäden durch Beweidung	2	2	1	1	Ankauf, Verrohrung entfernt	X	X	X	X
E 1.h	2007	Ablagerung im Quellbereich	3	2	1	1	Ablagerung beseitigt	X	X		
E 1.i	2007	Verrohrung	2	0	0	0	Verrohrung beseitigt	X			
R-1a	2006	keine	0	0	0	0					
R-1b	2006	Quellabfluss verrohrt	0	0	2	0	Verrohrung beseitigt			X	

0 = keine Gefährdung; 1 = gering, 2 = mittel, 3 = stark

Anhang 1.2: Darstellung der Gefährdungen und Maßnahmen im Projektgebiet Greding

Quelle	Monitoring	Gefährdung	Mund	Mitte	Lauf	Umfeld	Maßnahme	Mund	Mitte	Lauf	Umfeld
2-01	2006	Quelle + Quellabfluss gefasst; Fichtenbestand	3	3	3	3	Fassung + Verrohrung entfernt, Quelle + Quellabfluss neu gestaltet, Waldumbau	X	X	X	X
2-03	2007	Fichten	1	1	0	1	Fichten entfernt	X	X		X
2-04c	2007	Fischteich	0	3	1	0	Teichmönch entfernt, Abfluss neu gestaltet		X	X	
2-05	2006	Fichten, Ablagerung in der Quellmulde, Fischteich, Anstau	3	2	3	2	Fichten entfernt, Ablagerung und Anstau beseitigt, Fischteiche aufgelassen	X	X	X	X
2-06	2006	Fichten	1	1	1	1	Fichten entfernt	X	X	X	X
2-07	2007	Fichten	1	2	2	2	Fichten entfernt	X	X	X	X
2-07 a	2007	Fichten	1	1	2	1	Fichten entfernt	X	X	X	X
2-08 a	2007	Fichten	1	2	1	1	Fichten entfernt	X	X	X	X
2-11	2006	Verrohrung	0	0	3	0	Verrohrung entfernt + Furtanlage			X	
2-14 (neu)	2007	Verrohrung	0	0	3	0	Verrohrung entfernt + Furtanlage			X	
R-2a	2007	Anstau	1	3	0	0	Anstau entfernt		X		
R-2b	2006	2006 geringer Wasserstand; 2007 Wildschweine									

0 = keine Gefährdung; 1 = gering, 2 = mittel, 3 = stark

Anhang 1.3: Darstellung der Gefährdungen und Maßnahmen im Projektgebiet Hahnenkamm

Quelle	Monitoring	Gefährdung	Mund	Mitte	Lauf	Umfeld	Maßnahme	Mund	Mitte	Lauf	Umfeld
3-01	2006	Trittschäden durch Beweidung	1	2	2	1	Zäunung	X	X	X	X
3-02	2006	Quelle gefasst, kein Quellabfluss vorhanden, Fichten im Umfeld	3	3	1	1	Fassung + Verrohrung entfernt, Quelle + Quellabfluss neu gestaltet, Fichten entfernt	X	X	X	X
3-03	3-03 R 2006	keine	0	0	0	0	Infotafel				X
3-07	3-07 R 2006	Fichtenanpflanzung im Umfeld stellt keine Gefährdung dar; Quellabfluss ist unterirdisch gefasst	1	0	0	0					
Ersatz	2007	Fichten	2	2	1	2	Fichtenentnahme	X	X	X	X
3-11	2007	Trittschäden durch touristische Nutzung	3	2	1	2	Zäunung und Infotafel	X	X	X	X
3-12 a	2007	Fichten	2	2	1	2	Fichtenentnahme	X	X	X	X
3-13	2007	Ablagerungen oberhalb des Quellaustritts	1	0	0	1	Zäunung				X
E 3.b	2007	Verrohrung des Quellbachs	0	0	1	0	Verrohrung entfernt			X	
E 3.i	2007	Fichten	0	1	3	2	Fichtenentnahme, Zäunung		X	X	X
E 3.j	2007	Trittschäden durch touristische Nutzung; Quellbach verrohrt	3	2	1	2	Zäunung, Verrohrung entfernt	X	X		X
E 3.k	2007	keine; mögliche Gefährdung durch Intensivierung der Waldnutzung	0	0	0	0	Flächenkauf und Infotafel	X	X	X	X

0 = keine Gefährdung; 1 = gering, 2 = mittel, 3 = stark

Anhang 2.1: Taxa- und Abundanzliste der Wasserfauna des Projektgebietes Hersbruck Teil 1

		Gebiet:		Hersbruck																																																	
		Datum:		23.05.2007		23.05.2007		23.05.2007		01.06.2007		01.06.2007		25.04.2008		05.05.2008		23.05.2007		24.05.2007		23.05.2007		23.05.2007		23.05.2007		25.04.2008		05.05.2008																							
		Quelle:		1-05		1-07		1-08		1-10		1-11		1-14		1-15		1-18		1-19		1-20		1-22		E 1h		E 1i		R-1a		R-1b																					
		Probestelle:		Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L																				
Ild. Nr.	Taxon (wiss. Name)	Rote Liste D	Bay.	OWZ (Abundanzklassen)																																																	
TURBELLARIA (STRUDELWÜRMER)																																																					
1	<i>Crenobia alpina</i>			16	3	3	3	4						3	3		3	3	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2		3	4		2	3	4	2	3	4	3	4	6	5	5	4	4	2	2	2	2				
2	<i>Dugesia gonocapitata</i>			4																																																	
3	<i>Polycelis felina</i>			8																																																	
GASTROPODA (SCHNECKEN)																																																					
4	<i>Galba truncatula</i>			2																																																	
BIVALVIA (MUSCHELN)																																																					
5	<i>Fisidium spec.</i>			4				2																																													
6	<i>Fisidium casertanum</i>		V	4																																																	
7	<i>Fisidium personatum</i>			8																																																	
8	Sphaeriidae																																																				
9	<i>Sphaerium corneum</i>			1																																																	
OLIGOCHAETA (WENIGBORSTER)																																																					
10	<i>Eisenella tetraedra</i>			2																																																	
11	<i>Limnodrilus spec.</i>			0,5																																																	
12	Lumbricidae																																																				
13	<i>Lumbriculus variegatus</i>			1																																																	
14	<i>Oligochaeta</i>																																																				
15	<i>Stylodrilus heringianus</i>			2																																																	
AMPHIPODA (FLOHKREBSE)																																																					
16	<i>Gammarus fossarum</i>			4																																																	
17	<i>Niphargus spec.</i>			16																																																	
EPHEMEROPTERA (EINTAGSFLIEGEN)																																																					
18	<i>Baetis spec.</i>			2																																																	
19	<i>Centroptilum luteolum</i>			2																																																	
20	<i>Electrogena spec.</i>			2																																																	
21	<i>Electrogena affinis</i>		2	3	2																																																
22	<i>Electrogena ujhelyii</i>		3	3	4																																																
23	Heptageniidae																																																				
24	<i>Rhithrogena spec.</i>			2																																																	
25	<i>Rhithrogena picteti</i>			4																																																	
26	<i>Rhithrogena semicolorata</i>			2																																																	
ODONATA (LIBELLEN)																																																					
27	<i>Cordulia gaster bifidatus</i>		2	2	8																																																
28	Corduliastridae																																																				
PLECOPTERA (STEINFLIEGEN)																																																					
29	<i>Amphinemura spec.</i>			2																																																	
30	<i>Isoperla spec.</i>			4																																																	
31	<i>Leuctra spec.</i>			4																																																	
32	<i>Leuctra braueri</i>			8																																																	
33	<i>Leuctra nigra</i>			8																																																	
34	<i>Nemoura spec.</i>			4																																																	
35	<i>Nemoura mortoni</i>			8																																																	
36	Nemouridae		3	8																																																	
37	<i>Nemurella spec.</i>			2																																																	
38	<i>Nemurella picteti</i>			8																																																	
39	<i>Protonemura spec.</i>			4																																																	
HETEROPTERA (WANZEN)																																																					
40	<i>Velia spec.</i>			4																																																	
NEUROPTEROIDEA (NETZFLÜGLER)																																																					
41	<i>Stalis fuliginosa</i>		V	4																																																	
COLEOPTERA (KÄFER)																																																					
42	<i>Agabus spec. (cf. affinis)</i>			4																																																	
43	<i>Agabus guttatus</i>			8																																																	
44	<i>Agabus melanocephalus</i>			8																																																	
45	<i>Agabus paludosus</i>			4																																																	
46	<i>Agabus uliginosus</i>			4																																																	
47	<i>Anacaena globulus</i>			8																																																	

Anhang 2.1: Taxa- und Abundanzliste der Wasserfauna des Projektgebietes Greding Teil 2

IId.	Taxon Nr. (wiss. Name)	Gebiet		Greding																								
		Datum:		11.04.2008		03.05.2007		03.05.2007		20.05.2008		04.05.2008		03.05.2007		03.05.2007		04.05.2008		03.05.2007		19.04.2008		20.05.2008				
		Quelle:		2-01		2-03		2-04c		2-05		2-06		2-07		2-07a		2-08a		2-11		2-14		R-2a		R-2b		
Probestelle:		gesamt	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L		
Rote Liste		ÖWZ		(Abundanzklassen)																								
D		Bay.																										
TRICHOPTERA (KÖCHERFLIEGEN)																												
56	<i>Allogamus uncatas</i>			4																								
57	<i>Agapetus fuscipes</i>			4																								
58	<i>Agapetus ochripes</i>			4																								
59	<i>Anitella spec.</i>			2																								
60	<i>Anitella obscurata</i>			2					2				2	2											2			
61	<i>Anitella obscurata/Melampophylax melampus</i>			2																								
62	<i>Anitella thuringica</i>	2	2	2																								
63	Brachycentridae																											
64	<i>Chaetopteryx major</i>	3	3	4										2														
65	<i>Chaetopteryx villosa</i>			1																					2	3		
66	<i>Crunoecia irrorata</i>			16		2	2		1	2	2				3										1			
67	<i>Drusus annulatus</i>			8																								
68	<i>Drusus biguttatus</i>			2																								
69	Goeridae																											
70	<i>Lasiocephala basalis</i>			2						2	2																L	
71	Lepidostomatidae																											
72	Limnephilidae										2																	1
73	<i>Lithax niger</i>			8																								
74	<i>Melampophylax melampus</i>	3	3	4																								
75	<i>Melampophylax mucroceus</i>			3	4																							
76	<i>Micropterna spec.</i>			4																								
77	<i>Micropterna lateralis/sequax</i>			4																								
78	<i>Micropterna nyctrobia</i>			3	8																							
79	<i>Philopotamus spec.</i>			4																								
80	<i>Plectrocnemia spec.</i>			2			1	2																				
81	<i>Plectrocnemia conspersa</i>			2						2	1	1																
82	<i>Plectrocnemia geniculata</i>			8																								
83	<i>Potamophylax spec.</i>			2																								
84	<i>Potamophylax cingulatus</i>			4																								
85	<i>Potamophylax latipennis</i>			2																								
86	<i>Potamophylax latipennis/luctuosus</i>			4																								
87	<i>Potamophylax luctuosus</i>			4																								
88	<i>Potamophylax nigricornis</i>			8																								
89	<i>Potamophylax rotundipennis</i>			2																								
90	<i>Rhyacophila spec.</i>			2																								
91	<i>Rhyacophila dorsalis-Gruppe</i>			2																								
92	<i>Rhyacophila pubescens</i>	3	3	8																								
93	<i>Sericostoma spec.</i>			8																								
94	<i>Stenophylax permistus</i>			2																								
95	<i>Synagapetus dubitans</i>	3	3	8																								
96	<i>Tinodes spec.</i>			4																								
97	<i>Tinodes unicolor</i>			3	8																							
98	<i>Wormaldia spec.</i>			8																								
99	<i>Wormaldia occipitalis</i>			8																								
100	<i>Wormaldia subnigra</i>			2	2	2																						
101	<i>cf. Stenophylax vibex</i>	3	3	8																								
DIPTERA (ZWEIFLÜGLER)																												
102	Ceratopogonidae																											
103	Chironominae																											
104	<i>Dicranota spec.</i>			4	1																							
105	<i>Dixa spec.</i>			4																								
106	Empididae																											
107	<i>Eusimulium vernum</i>			2																								
108	Limonidae																											
109	Orthocladinae																											
110	Prodiamesinae																											
111	Psychodidae																											
112	<i>Ptychoptera spec.</i>																											
113	<i>Simulium spec.</i>																											
114	Stratiomyidae																											
115	Tabanidae																											
116	Tanytopodinae																											
117	Tanytarsini																											
118	Thaumelidae																											
119	Tipulidae																											
AMPHIBIA (LURCHE)																												
120	<i>Salamandra salamandra</i>	V	3	16																								

Legende RL Deutschland (BINOT et al. 1998) und RL Bayern (LFU 2003)
 3 = "gefährdet"
 R = "extrem selten"
 V = "zurückgehend"
 D = "Daten mangelhaft"

ÖWZ (verändert nach FISCHER 1996)
 16 = Vorkommen exklusiv in Quellen oder im Grundwasser
 8 = Verbreitungsschwerpunkt Quellbach oder quellnah und in Nachbarbiotope einstreudend
 4 = Verbreitungsschwerpunkt Rhitral, regelmäßig Krenal
 2 = Verbreitungsschwerpunkt Rhitral, nur selten im Krenal oder feuchtigkeitsliebende Begleitfauna oder Substratspezialisten
 1 = weite Verbreitung in allen Gewässertypen
 0,5 = Verschmutzungsanzeiger

Abundanzklassen (nach Mauch et al. 1990)
 1 = Einzelfund bis vereinzelt
 2 = spärlich, mehrfach
 3 = in mäßiger Dichte
 4 = ziemlich dicht
 5 = zahlreich, dicht
 6 = sehr zahlreich, sehr dicht
 7 = massenhaft
 L = Leerschale/Totfund

Anhang 3.1: Taxa- und Abundanzliste der Moose aller Probestellen des Projektgebietes Hersbruck

		Gebiet:		Hersbruck																																			
		Datum:		23.05.2007		23.05.2007		23.05.2007		01.06.2007		01.06.2007		29.04.2006		05.05.2006		23.05.2007		24.05.2007		24.05.2007		23.05.2007		23.05.2007		23.05.2007		25.04.2006		05.05.2006							
		Quelle:		1-05		1-07		1-08		1-10		1-11		1-14		1-15		1-18		1-19		1-20		1-21b		1-22		E 1h		E 1l		R-1a		R-1b					
		Probestellen:		Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L	Q	M	L			
lfd. Nr.	Taxon (wiss. Name)	Rote Liste	ÖWZ	(Abundanzklassen)																																			
		D	By																																				
1	<i>Amblystegium serpens</i>			4																																			
2	<i>Amblystegium spec.</i>			4					4																														
3	<i>Aneura pinguis</i>	V		2					2													1																	
4	<i>Anomodon logifolius</i>	V		4				1																															
5	<i>Anomodon viticulosus</i>	V		5																																			
6	<i>Brachythecium rivulare</i>			2						1	4	4	2	1		3	4	4		5	5	2	4	4	2	1	2	5	5	2	2	1	1	4	2	2			
7	<i>Brachythecium rutabulum</i>			4			4	1	2	1	5	4			5	3	4									4	4	2	3	4	4	2	2	2	5	4	2	1	1
8	<i>Brachythecium spec.</i>			5		1	2	3	4				3	2	1	2	3	4					2	2		2	3						1				5		
9	<i>Bryum pseudotriquetrum</i>	V	3*	2																																	1		
10	<i>Calliergonella cuspidata</i>			3																																			
11	<i>Campylium calcareum</i>	V	R**	5																																			
12	<i>Chiloscyphus pallescens</i>			1					2						3																								
13	<i>Climacium dendroides</i>			4											3																								
14	<i>Cratoneuron commutatum</i>		3*	1						4			5	4	4	3	5	5	5	5		5					5	5	5		5	3	5			4	5	5	
15	<i>Cratoneuron filicinum</i>			3		4	4	2	1	2	5	5	4				4	5	5	5	3	3	4	4		3	2		2	1			2	5	5	5	5		
16	<i>Ctenidium molluscum</i>	V		4											4	3		2																	3		2	2	
17	<i>Eucladium verticillatum</i>	3	3	1																																			
18	<i>Eurhynchium angustirete</i>			5											2																								
19	<i>Eurhynchium cf. swartzii</i>			5																																			
20	<i>Eurhynchium swartzii</i>			5										3			2																						
21	<i>Fissidens dubius</i>	V		4									2																								4		
22	<i>Fissidens taxifolius</i>			4																																			
23	<i>Grimmia spec.</i>			5																																	1		
24	<i>Homalia trichomanoides</i>	V		4																																			
25	<i>Homalothecium sericeum</i>			5																																			
26	<i>Hygroamblystegium tenax</i>			4																																			
27	<i>Hypnum cupressiforme</i>	D		5																																			
28	<i>Isoetium alopecuroides</i>	V		5													3																	3			2	2	
29	<i>Lophocolea bidentata</i>			3										4													3	2											
30	<i>Mnium homum</i>			4												1																							
31	<i>Mnium stellare</i>	V		5																																			
32	<i>Plagiochila porelloides</i>			2										2	3																								
33	<i>Plagiommium affine</i>			4																																			
34	<i>Plagiommium cuspidatum</i>			5																																			
35	<i>Plagiommium undulatum</i>			2																																			
36	<i>Plagiothecium nemorale</i>			5																																			
37	<i>Pleurozium schreberi</i>			5																																			
38	<i>Polytrichum formosum</i>			4																																			
39	<i>Porella platyphylla</i>	V	D**	5					4																														
40	<i>Pylaisia polyantha</i>	3	3	5																																	2		
41	<i>Radula complanata</i>	3	3	5																																			
42	<i>Rhizomnium punctatum</i>			3											1		1																			3	2	1	
43	<i>Rhynchostegium murale</i>			5																																			
44	<i>Rhynchostegium riparoides</i>			3											4																								
45	<i>Rhytidadelphus triquetrus</i>	V		5																																			
46	<i>Sharpiella seligeri</i>			5																																	3		
47	<i>Thamnobryum alopecurum</i>	V		3																																2	2		
48	<i>Thuidium tamariscinum</i>			4																																			

Legende Abundanz
 1 = einzeln wachsend
 2 = gruppenweise wachsend
 3 = truppweise wachsend
 4 = in kleinen Kolonien wachsend;
 größere Flecken/Teppiche bildend
 5 = in großen Herden wachsend

Legende RL Deutschland (LUDWIG, G. et al. 1996) und RL Bayern (MEININGER & NUSS 1996)
 3 = "gefährdet"
 R = "extrem selten"
 V = "zurückgehend"
 D = "Daten mangelhaft"
 * RL Teil B übriges Bayern (ohne Alpen mit voralpinem Hügel- und Moorland)
 ** RL gefährdeter Pflanzen

ÖWZ verändert nach HINTERLANG (1996)
 1 = Quelltypische Arten, die ihr Hauptvorkommen in Quellen haben und in anderen Biotopen nur selten vorkommen
 2 = Arten, die an Quellen ihr Hauptvorkommen haben, aber nicht streng an den unmittelbaren Quellbereich gebunden sind.
 3 = Allgemein an Feucht- und Naßstandorten verbreitete Arten, die häufig auch an Quellen (Nebenvorkommen) beobachtet werden können.
 4 = Allgemein an Feucht- und Naßstandorten vorkommende Arten, die aber nur selten an Quellen zu finden sind.
 5 = Nicht einheimische Arten und/oder Pflanzen trockener Standorte, die untypisch für Quellen und/oder Beeinträchtigung anzeigen.

Anhang 4: Gesamtbewertung der Quellen im Untersuchungsgebiet Hersbruck

Quelle	Probestelle	Fauna	Flora	Substrat	Bewertung einzelne Probestellen	Gesamtbewertung der Quellen
1-05	Q	5	5	4	5	4
	M	4	5	4	5	
	L	2	3	1	3	
1-07	Q	1	3	1	3	4
	M	3	3	1	3	
	L	3	5	3	5	
1-08	Q	2	n.b.	1	2	3
	M	3	n.b.	1	3	
	L	3	3	1	3	
1-10	Q	2	1	1	2	3
	M	3	3	1	3	
	L	3	4	2	4	
1-11	Q	1	1	1	1	1
	M	1	2	1	2	
	L	1	1	1	1	
1-14	Q	2	2	2	2	2
	M	2	2	1	2	
	L	2	3	1	3	
1-15	Q	1	1	1	1	1
	M	2	1	1	2	
	L	1	1	1	1	
1-18	Q	2	3	3	3	3
	M	2	3	3	3	
	L	2	3	3	3	
1-19	Q	2	3	3	3	3
	M	2	3	2	3	
	L	2	n.b.	1	2	
1-20	Q	1	4	4	4	3
	M	1	3	3	3	
	L	1	3	3	3	
1-21b	Q	2	1	1	2	2
	M	2	2	2	2	
	L	2	2	2	2	
1-22	Q	3	4	3	4	3
	M	2	3	2	3	
	L	3	3	2	3	
E 1h	Q	2	1	1	2	2
	M	2	2	3	3	
	L	2	1	1	2	
E 1i	Q	2	4	2	4	3
	M	1	3	1	3	
	L	2	3	2	3	
R-1a	Q	2	2	1	2	2
	M	1	2	1	2	
	L	1	n.b.	1	1	
R-1b	Q	2	1	1	2	2
	M	2	1	1	2	
	L	2	1	1	2	

Bewertungsklassen

- 1 = quelltypisch
- 2 = bedingt quelltypisch
- 3 = quellverträglich
- 4 = quellfremd
- 5 = sehr quellfremd

Anhang 4: Gesamtbewertung der Quellen im Untersuchungsgebiet Greding

Quelle	Probestelle	Fauna	Flora	Substrat	Bewertung einzelne Probestellen	Gesamtbewertung der Quellen
2-01	gesamt	5	4	4	5	5
2-03	Q	2	2	2	2	2
	M	2	2	2	2	
	L	3	3	3	3	
2-04c	Q	2	n.b.	1	2	2
	M	2	n.b.	1	2	
	L	3	3	3	3	
2-05	Q	3	3	3	3	3
	M	2	3	2	3	
	L	2	4	2	4	
2-06	Q	1	2	2	2	2
	M	2	2	2	2	
	L	2	n.b.	1	2	
2-07	Q	3	2	2	3	3
	M	n.b.	3	2	3	
	L	3	2	1	3	
2-07a	Q	4	2	2	4	4
	M	4	3	2	4	
	L	4	3	3	4	
2-08a	Q	3	3	2	3	3
	M	3	3	1	3	
	L	3	3	3	3	
2-11	Q	1	3	1	3	3
	M	2	3	2	3	
	L	2	3	2	3	
2-14	Q	1	3	2	3	3
	M	2	3	2	3	
	L	3	3	2	3	
R-2a	Q	n.b.	n.b.	1	n.b.	2
	M	2	1	1	2	
	L	1	1	1	1	
R-2b	Q	2	1	1	2	3
	M	3	1	1	3	
	L	n.b.	n.b.	2	n.b.	

Bewertungsklassen

- 1 = quelltypisch
- 2 = bedingt quelltypisch
- 3 = quellverträglich
- 4 = quellfremd
- 5 = sehr quellfremd

Anhang 4: Gesamtbewertung der Quellen im Untersuchungsgebiet Hahnenkamm

Quelle	Probestelle	Fauna	Flora	Substrat	Bewertung einzelne Probestellen	Gesamtbewertung der Quellen
3-01	Q	2	2	1	2	2
	M	2	2	1	2	
	L	2	2	1	2	
3-02	Q	4	4	4	4	4
	M	3	4	3	4	
	L	3	3	3	3	
3-07E	Q	2	3	2	3	3
	M	2	3	2	3	
	L	2	3	2	3	
3-12a	Q	2	3	3	3	3
	M	2	3	3	3	
	L	3	3	3	3	
3-03-R	Q	1	2	1	2	2
	M	1	2	2	2	
	L	1	n.b.	1	1	
3-07-R	Q	1	1	1	1	1
	M	1	1	1	1	
	L	1	n.b.	1	1	
3-11	Q	n.b.	2	1	2	2
	M	2	2	1	2	
	L	2	3	2	3	
3-13	Q	2	n.b.	2	2	2
	M	2	n.b.	2	2	
	L	2	2	1	2	
E 3b	Q	2	2	1	2	3
	M	4	4	1	4	
	L	4	4	2	4	
E 3i	Q	1	2	1	2	2
	M	2	2	2	2	
	L	1	n.b.	1	1	
E 3j	Q	1	2	1	2	2
	M	1	2	2	2	
	L	2	2	1	2	
E 3k	Q	1	2	1	2	2
	M	1	2	1	2	
	L	1	2	1	2	

Bewertungsklassen

- 1 = quelltypisch
- 2 = bedingt quelltypisch
- 3 = quellverträglich
- 4 = quellfremd
- 5 = sehr quellfremd