



# Quellen im Nationalpark Berchtesgaden

Lebensgemeinschaften  
als Indikatoren des Klimawandels



# Quellen im Nationalpark Berchtesgaden

Lebensgemeinschaften  
als Indikatoren des Klimawandels

Koordination

Reinhard Gerecke  
Helmut Franz

## Dank an Nikolaus Hasenknopf

† 6. November 2005

Der vorliegende Forschungsbericht musste erstmals gänzlich ohne die Unterstützung von Niki Hasenknopf erarbeitet werden. Er hat die Gestaltung der Forschungsberichte vor fünfzehn Jahren übernommen und behutsam weiterentwickelt, erstmals für den Bericht zur Wallfahrt über das Steinerne Meer. Ausgebildet als Schriftsetzer, schuf er mit seinem grafischen Talent unverwechselbare Qualität und prägte damit auch das publizistische Bild der Forschungsberichte: Klar im Konzept, variabel im Detail, konstant in der Linie, übersichtlich in Darstellung und in der Form eine ausgewogene Mischung von modernen Linien mit bewährten grafischen Regeln. Dabei war es für ihn anfangs nicht einfach, mit den damals neuen und nicht sehr präzisen elektronischen Werkzeugen der Nationalparkverwaltung die gewohnte Qualität zu erzielen. Aber er hat es mit großer Beharrlichkeit und seinem unverwechselbaren Humor geschafft, auch diese Werkzeuge seinen hohen Ansprüchen anzupassen.



In seinem Lebenslauf hat Niki Hasenknopf geschrieben, dass er als Kind eines kriegsblinden Vaters aufwuchs. Er musste schon sehr früh Verantwortung übernehmen, sowohl für sich, als auch für andere. Und das tat er auch in seiner Arbeit und in seiner Arbeitsstelle. Er war kontaktfreudig, immer an seinem Gegenüber interessiert, machte aber nicht viel von sich reden. Aber er wusste sehr wohl, was er wollte – und setzte es auch in die Tat um.

Er schätzte und pflegte auch die Freundschaft, war interessiert an Wissenschaft, Kunst, Politik und Sport und vor allem an seiner Heimat, an ihrer Kultur und an ihrer Natur.

Die Erde schützen, dass sie bewohnbar bleibt, und das bedrohte Leben auf ihr, das der Menschen und aller anderen Kreaturen, das war ihm auch ein Herzensanliegen. Wir haben nicht nur einen Kollegen und Könner verloren, dessen Maßstäbe unsere künftige Arbeit leiten wird, sondern auch einen lieben Menschen und einen Freund. Dr. Michael Vogel, Nationalparkleiter

### Impressum:

Nationalpark Berchtesgaden  
Forschungsbericht 51/2006

Herausgeber:

Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, Doktorberg 6,  
D-83471 Berchtesgaden, Telefon 0 86 52/96 86-0, Telefax 0 86 52/96 86 40,  
e-Mail: [poststelle@npv-bgd.bayern.de](mailto:poststelle@npv-bgd.bayern.de)

Internet: <http://www.nationalpark-berchtesgaden.de>

im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz

Alle Rechte vorbehalten!

ISSN 0172-0023

ISBN 3-922325-54-1

Druck: Berchtesgadener Anzeiger, Berchtesgaden

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier

Titelbild:

Links oben: Schapbachquelle (Heike Howein). Tierarten von rechts oben im Uhrzeigersinn:  
Milbe *Protzia squamosa* (Quellkurs Uni Tübingen), Schnecke *Bythinella austriaca* (Robert Patzner),  
Käferlarve *Eubria palustris* (Christoph Allgaier & Reinhard Gerecke),  
Schmetterlingsmücken-Larve *Sycorax* sp. (Christoph Allgaier & Reinhard Gerecke),  
Steinfliege *Nemoura undulata* (Wolfram Graf & Astrid Schmid-Kloiber)

Fotos:

Für Fotografien, die von Nicht-Autoren zur Verfügung gestellt wurden, danken wir Christoph Allgaier (Tübingen), Ermanno Bertuzzi (Trento), Rainer Brinkmann (Schlesien), Brigitta Eisele (Röttgen), Carsten Grabow (Karlsruhe), Franz Hebauer (Plattling), Janno Holopainen (Turku), Michael Marten (Stutensee-Friedrichstal), Robert Patzner (Salzburg), Astrid Schmidt-Kloiber (Wien) sowie den Teilnehmern am Quellkurs 2005 der Universität Tübingen.

# Inhaltsverzeichnis

## Quellen im Nationalpark Berchtesgaden

### Lebensgemeinschaften als Indikatoren des Klimawandels

	<b>Vorwort</b> .....	9
<b>1</b>	<b>Quellen als Gegenstand der Umweltbeobachtung in den Alpen</b> .	11
	REINHARD GERECKE & HELMUT FRANZ	
<b>2</b>	<b>Der Alpen-Nationalpark Berchtesgaden als Referenzgebiet für die langfristige Umweltbeobachtung</b>	
	HELMUT FRANZ, VOLKMAR KONNERT & REINHARD GERECKE	
2.1	Einleitung .....	17
2.1.1	Naturschutzgesetze, Verordnung und Nationalparkplan .....	17
2.1.2	Der einzige deutsche Nationalpark der Alpen .....	17
2.2	Außenfaktoren und Lebensgemeinschaften .....	18
2.3	Klimatischer Wandel .....	19
2.3.1	Externe Einflussfaktoren .....	19
2.3.2	Die Kaltzeiten .....	19
2.3.3	Neuzeitliche klimatische Änderungen .....	22
2.4	Klima .....	24
2.4.1	Temperatur .....	24
2.4.2	Luftdruck, Luftfeuchte und Verdunstung .....	25
2.4.3	Niederschlag .....	26
2.4.4	Strahlung und Wärme .....	27
2.5	Hydrologie .....	28
2.5.1	Abfluss .....	28
2.5.2	Grundwasser .....	28
2.6	Boden .....	28
2.7	Geologie .....	29
2.8	Vegetation .....	29
2.8.1	Geschichte .....	29
2.8.2	Höhenstufen .....	29
2.9	Biodiversität .....	31
2.10	Topografische Charakterisierung der Nationalparkquellen .....	33
2.10.1	Quellaustritte und Fließgewässernetz .....	33
2.10.2	Biotop- und Landnutzungstypen .....	36
<b>3</b>	<b>Das Quellwasser und seine Herkunft. Geologische, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter</b> .....	39
	HARALD HASEKE & ELMAR PRÖLL	
3.1	Geologischer und geomorphologischer Überblick .....	39
3.1.1	Erdgeschichte des Gebietes .....	39
3.1.2	Die Gebirgsstöcke .....	39
3.2	Methodik .....	42
3.2.1	Messwertermittlung im Gelände .....	42
3.2.2	Feldanalysen .....	42
3.2.3	Laboranalysen .....	42
3.2.4	Mikrobiologie .....	43
3.3	Ergebnisse der langfristigen Beobachtung, Jahreskampagnen .....	43
3.3.1	Hydrophysik und Feldwerte .....	45
3.3.2	Kationen: Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup> , K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> .....	47
3.3.3	Anionen: Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .....	48
3.3.4	Organoleptische Werte: Trübung und Tönung des Wassers .....	49
3.3.5	Verkeimung, mikrobiologische Frachten .....	50
3.4	Einzelbeschreibungen ausgewählter Quellen .....	52
3.4.1	Quellgebiet Herrenröint - Schapbach - Koppenwand (Watzmann) . . .	52

3.4.2	Quellgebiet Hirschbichl - Klausbachtal (Hochkalter, Reiteralm) . . . . .	54
3.4.3	Quellgebiet Wimbachtal (Hochkalter, Watzmann) . . . . .	60
3.4.4	Quellgebiet Wasseralm-Röth, Funtensee, Königssee Süd (Steinernes Meer) . . . . .	62
3.4.5	Quellgebiet Gotzenalm - Königsbachalm (Hagengebirge) . . . . .	67
3.4.6	Quellgebiet Schwarzbach (Reiteralm) . . . . .	69
<b>4</b>	<b>Geomorphologische Untersuchungen</b> . . . . .	<b>71</b>
	HEIKE HOWEIN & HENNING SCHRÖDER	
4.1	Begriffsklärung . . . . .	72
4.2	Material und Methoden . . . . .	72
4.2.1	Aufnahmebogen, Geländekartierung . . . . .	75
4.2.2	Auswertung . . . . .	75
4.3	Ergebnisse . . . . .	76
<b>5</b>	<b>Pflanzengesellschaften der Quellfluren und deren Kontaktgesellschaften</b> . . . . .	<b>87</b>
	DORIS HUBER	
5.1	Cratoneuretum falcati GAMS 1927 . . . . .	87
5.2	<i>Mentha longifolia</i> -Gesellschaft . . . . .	89
5.3	<i>Chaerophyllum hirsutum</i> -Gesellschaft . . . . .	90
5.4	Caricetum paniculatae WANGERIN EX VON ROCHOW 1951 . . . . .	91
<b>6</b>	<b>Die Artenvielfalt der Fauna in Berchtesgadener Quellen</b> . . . . .	<b>93</b>
	Autorenkollektiv REINHARD GERECKE & HELMUT FRANZ (Koordination)	
6.1	Einzeller (Protozoa) . . . . .	94
	ERNST-JOSEF CLEVEN & JACQUELINE SÜSS	
6.2	Einige in dieser Untersuchung nicht erfasste Gruppen mehrzelliger Tierarten: Strudelwürmer (Turbellaria); Bauchhaarlänge (Gastrotricha); Rädertiere (Rotatoria) und Bärtierchen (Tardigrada) . . . . .	103
	REINHARD GERECKE	
6.3	Fadenwürmer (Nematoda) . . . . .	104
	RENÉ SEIML-BUCHINGER & WALTER TRAUNSPURGER	
6.4	Saitenwürmer (Nematomorpha) . . . . .	113
	ANDREAS SCHMIDT-RHAESA	
6.5	Weichtiere (Mollusca) . . . . .	115
	JOCHEN GERBER	
6.5.1	Schnecken (Gastropoda) . . . . .	115
6.5.2	Muscheln (Bivalvia) . . . . .	117
6.6	Wenigborster (Oligochaeta) . . . . .	119
	BEATRICE SAMBUGAR & ENRIQUE MARTÍNEZ-ANSEMIL	
6.7	Spinnentiere: Milben (Chelicerata: Acari) . . . . .	122
	REINHARD GERECKE & PETER MARTIN	
6.7.1	„Terrestrische“ Milben . . . . .	122
6.7.2	Meeresmilben (Halacaroida) . . . . .	124
6.7.3	Echte Süßwassermilben (Hydrachnidia) . . . . .	124
6.7.4	Larven der Wassermilben aus Quellen und Bachoberläufen des Nationalparks Berchtesgaden . . . . .	135
6.8	Krebse (Crustacea) . . . . .	149
6.8.1	Muschelkrebse (Ostracoda) . . . . .	149
	CLAUDE MEISCH	
6.8.2	Ruderfußkrebse (Copepoda) . . . . .	152
	FABIO STOCH	
6.8.3	Wasserflöhe (Cladocera) . . . . .	155
	HANS GÜNZL	
6.8.4	Asseln und Flohkrebse (Peracarida: Isopoda, Amphipoda) . . . . .	156
	FABIO STOCH	

6.9	Eintagsfliegen (Ephemeroptera) .....	157
	ARNE HAYBACH, ANTONIE DORN & REINHARD GERECKE	
6.10	Steinfliegen (Plecoptera) .....	161
	ARMIN WEINZIERL & WOLFRAM GRAF	
6.11	Köcherfliegen (Trichoptera) .....	165
	WOLFRAM GRAF, ARMIN WEINZIERL & RENATO DE PIETRO	
6.12	Käfer (Coleoptera) .....	171
	REINHARD GERECKE	
6.13	Zweiflügler (Diptera) .....	177
6.13.1	Schnakenartige (Tipulomorpha) .....	177
	HERBERT REUSCH & ISABEL SCHRANKEL	
6.13.2	Familie Zuckmücken (Chironomidae) .....	183
	ELISABETH STUR & SOFIA WIEDENBRUG	
6.13.3	Familie Tastermücken (Dixidae) .....	195
	RÜDIGER WAGNER & ISABEL SCHRANKEL	
6.13.4	Familie Schmetterlingsmücken (Psychodidae) .....	196
	RÜDIGER WAGNER & ISABEL SCHRANKEL	
6.13.5	Familie Dunkelmücken (Thaumaleidae) .....	201
	RÜDIGER WAGNER & ISABEL SCHRANKEL	
6.13.6	Familie Kriebelmücken (Simuliidae) .....	201
	GUNTHER SEITZ	
6.13.7	Familie Trauermücken (Sciaridae) .....	204
	FRANK MENZEL	
6.13.8	Familie Tanzfliegen (Empididae und Hybotidae) .....	208
	RÜDIGER WAGNER & ISABEL SCHRANKEL	
6.13.9	Familie Schnepfenfliegen (Rhagionidae) .....	210
	RÜDIGER WAGNER & ISABEL SCHRANKEL	
6.13.10	Familie Waffenfliegen (Stratiomyidae) .....	210
	RÜDIGER WAGNER & ISABEL SCHRANKEL	
6.13.11	Familie Lanzenfliegen (Lonchopteridae) .....	211
	RÜDIGER WAGNER & ISABEL SCHRANKEL	
6.13.12	Weitere Vertreter der Zweiflügler aus den Emergenzuntersuchungen 1996 und 2001 .....	212
	ISABEL SCHRANKEL	
<b>7</b>	<b>Quellentypen und Quellfauna</b> .....	<b>214</b>
	HENNING SCHRÖDER, HEIKE HOWEIN & REINHARD GERECKE	
7.1	Methodik .....	214
7.1.1	Auswahl der Quellen .....	214
7.1.2	Auswahl der Taxa .....	214
7.1.3	Auswertung .....	215
7.2	Ergebnisse und Diskussion .....	216
7.2.1	Die Bindung von Arten an Quelltypen - univariate Betrachtung ....	216
7.2.2	Die Beziehung zwischen Arteninventar und Quelltyp - multivariate Betrachtung .....	217
7.3	Schlussfolgerungen .....	217
<b>8</b>	<b>Die Langzeituntersuchungsstellen: Feinverteilung der Fauna und erste Beobachtungen zu Veränderungen in der Zeit</b> .....	<b>221</b>
	REINHARD GERECKE, ISABEL SCHRANKEL, ELISABETH STUR, RÜDIGER WAGNER & SOFIA WIEDENBURG	
8.1	Allgemeine Beschreibung des Gebietes .....	221
8.2	Herrenroint .....	221
8.2.1	Lage und Einzugsbereich .....	221
8.2.2	Fauna .....	224
8.2.3	Phänologie des Zoobenthos .....	225
8.2.4	Zeitrhythmen der Emergenz, ausgesuchte Beispiele .....	225
8.2.5	Zonierung .....	229
8.2.6	Erste Langzeitergebnisse (Stabilität, Trends) .....	234
8.3	Schapbach .....	240

8.3.1	Lage und Einzugsbereich	240
8.3.2	Fauna	242
8.3.3	Phänologie des Zoobenthos	243
8.3.4	Zeitrhythmen der Emergenz, ausgesuchte Beispiele	243
8.3.5	Zonierung	245
8.3.6	Erste Langzeitergebnisse (Stabilität, Trends)	245
8.4	Vergleich Schapbach-Herrenroint	247
8.5	Koppenwand	249
8.5.1	Lage und Einzugsbereich	249
8.5.2	Fauna	249
8.5.3	Zonierung	251
8.5.4	Erste Langzeitergebnisse	251
<b>9</b>	<b>Vorschläge für die langfristige Umweltbeobachtung, Ausblick</b>	<b>255</b>
	HELMUT FRANZ, REINHARD GERECKE, ELISABETH STUR & SOFIA WIEDENBURG	
9.1	Auswahl der Untersuchungsstellen	255
9.2	Zeitpunkt der Untersuchungen	255
9.3	Nichtbiologische Dokumentation	255
9.4	Benthos	255
9.4.1	Anzahl und Differenzierung der Proben	255
9.4.2	Entnahmetechnik	256
9.4.3	Aussortierung der Benthosproben	258
9.5	Emergenzfallen	260
9.6	Kescherfänge	260
9.7	Lichtfallen	260
9.8	Driftnetze	261
9.9	Interstitialuntersuchung	261
9.10	Zuchten	261
9.11	Taxonomische Analyse	261
	<b>Zusammenfassung</b>	<b>264</b>
	<b>Summary</b>	<b>265</b>
	<b>Glossar</b>	<b>266</b>
	<b>Anhangstabelle: Untersuchungsstellen</b>	<b>268</b>

#### Adressen der Autoren:

DR. ERNST-JOSEF CLEVEN  
 Bachstr. 21, 53919 Weilesowist  
 E-mail: befk.cleven@t-online.de

DR. RENATO DE PIETRO  
 Dipartimento di Biologia Animale  
 Via Androne, 81, I 95124 Catania, Italien  
 E-mail: depietro@unicit.it

ANTONIE DORN  
 Wasserwirtschaftsamt München  
 Praterinsel 2, 80538 München  
 E-mail: antonie.dorn@wwa-m.bayern.de

HELMUT FRANZ  
 Nationalparkverwaltung  
 Doktorberg 6, 83471 Berchtesgaden  
 E-mail: h.franz@nationalpark-berchtesgaden.de

DR. JOCHEN GERBER  
 Division of Invertebrates  
 Field Museum of Natural History  
 1400 S. Lake Shore Drive  
 Chicago, IL 60605-2496, USA  
 E-mail: jgerber@fieldmuseum.org

DR. REINHARD GERECKE  
 Biesingerstr. 11, 72070 Tübingen  
 E-mail: reinhard.gerecke@uni-tuebingen.de

DR. WOLFRAM GRAF  
 Universität für Bodenkultur,  
 Abteilung für Hydrobiologie,  
 Fischereiwirtschaft und Aquakultur  
 Max-Emanuel-Str. 17, A 1180 Wien,  
 Österreich  
 E-mail: wolfram.graf@boku.ac.at

DR. HANS GÜNZL  
 Zeughausgarten 18, 72074 Tübingen

DR. HARALD HASEKE  
 Koordinationsbüro  
 Jakob Hacksteiner Weg 8,  
 A 5020 Salzburg, Österreich  
 E-mail: harald.haseke@apanet.at  
 harald.haseke@gmx.at

DR. ARNE HAYBACH  
 Tannenweg 3, 55129 Mainz  
 E-mail: haybach@gmx.de  
 homepage: <http://www.Ephemeroptera.de>

HEIKE HOWEIN  
IVL-Institut für Vegetationskunde und  
Landschaftsökologie  
Georg-Eger-Str. 1 b. 91334 Hemhofen  
E-mail: heike.howein@ivl-web.de

DORIS HUBER  
Nationalparkverwaltung  
Doktorberg 6, 83471 Berchtesgaden  
E-mail:  
D. Huber@nationalpark-berchtesgaden.de

DR. PETER MARTIN  
Christian-Albrechts-Universität Kiel  
Zoologisches Institut, Abt. Tierökologie  
Olshausenstr. 40, 24098 Kiel  
E-mail: pmartin@zoologie.uni-kiel.de

DR. ENRIQUE MARTÍNEZ-ANSEMIL  
Departamento de Biología Animal, Biología  
Vegetal e Ecología Facultad de Ciencias  
Universidade da Coruña  
Campus da Zapateira s/n  
E-15071 A Coruña, Spanien  
E-mail: eansemil@udc.es

DR. CLAUDE MEISCH  
Musée national d'histoire naturelle  
25, rue Munster, L-2160 Luxembourg  
E-mail: claudemeisch@education.lu

DR. FRANK MENZEL  
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung  
(ZALF) e.V., Deutsches Entomologisches Institut  
Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg  
E-mail: menzel@zalf.de

ELMAR PRÖLL  
Labor Nationalpark Kalkalpen  
Nationalpark-Allee 1, A 4591 Molln, Österreich  
E-mail: labor@kalkalpen.at; elmar.proell@gmx

DR. HERBERT REUSCH  
Wellendorf 30, 29562 Suhlendorf  
E-mail: herbert.reusch@t-online.de

DR. BEATRICE SAMBUGAR  
Museo Civico di Storia Naturale  
Lungadige Porta Vittoria 9  
I-37126 Verona, Italien  
E-mail: bsambugar@tiscali.it

PD DR. ANDREAS SCHMIDT-RHAESA  
Zoomorphologie und Systematik  
Universität Bielefeld  
Postfach 100131, 33501 Bielefeld  
E-mail: a.schmidt-rhaesa@uni-bielefeld.de

ISABEL SCHRANKEL  
Renkeberg 14, 7661 Medernach, Luxembourg  
E-mail: a.erpel@gmx.net

DR. HENNING SCHROEDER  
Institut für Geographie  
Universität Erlangen-Nürnberg  
Kochstr. 4/4, 91054 Erlangen  
E-mail:  
henning.schroeder@geographie.uni-erlangen.de

RENÉ SEIML-BUCHINGER  
Institut für Biologie/Zoologie  
Freie Universität Berlin  
Königin-Luise-Str. 1-3, 14195 Berlin  
E-mail: rseimlbuchinger@yahoo.de

DR. GUNTHER SEITZ  
Regierung von Niederbayern  
Regierungsplatz 540, 84028 Landshut  
E-mail: gunther.seitz@reg-nb.bayern.de

DR. FABIO STOCH  
Via Sboccatore 3/27  
I-0069 Trevignano Romano (Roma), Italien  
E-mail: fstoch@faunaitalia.it

DR. ELISABETH STUR  
Museum of Natural History and Archaeology  
Norwegian University of Science and  
Technology, NO-7491 Trondheim, Norwegen  
E-mail: stur@vm.ntnu.no

JAQUELINE SÜß  
Institut für Chemie und Biologie des Meeres  
Carl von Ossietzky-Universität  
Postfach 2503, 26111 Oldenburg  
E-mail: j.suess@icbm.de

PROF. DR. WALTER TRAUNSPURGER  
Universität Bielefeld  
Fakultät für Biologie, Abteilung Tierökologie  
Morgenbreeide 45, 33615 Bielefeld  
E-mail: traunspurger@uni-bielefeld.de

PROF. DR. RÜDIGER WAGNER  
Max-Planck-Institut für Limnologie  
Limnologische Fluss-Station, 36110 Schlitze  
E-mail: rwagner@mpil-schlitze.mpg.de

ARMIN WEINZIERL  
Regierung von Niederbayern  
Regierungsplatz 540, 84028 Landshut  
E-mail: armin.weinzierl@reg-nb.bayern.de

DR. SOFIA WIEDENBRUG  
Zoologische Staatssammlung  
Münchenhausenstr. 21, 81247 München  
E-mail: s.wiedenbrug@t-online.de

#### Dank:

Die Untersuchungen von Peter Martin zum Lebenszyklus und Parasitismus der Wassermilben wurden von der Stiftung Pro Acarologia Basiliensis (Basel) finanziert.

Dagmar Rieger (Tübingen) unterstützte uns durch sorgfältige Hilfe beim Korrigieren der Druckfahnen. Terence Gledhill (Ambleside) korrigierte die englische Zusammenfassung.

Folgende Teilnehmer an den Quellwochen 1995-2005, die in diesem Band nicht als Autoren in Erscheinung treten, halfen in mannigfaltiger Weise beim Erheben von Daten und Sortieren von Proben:

Die Karten in Kap. 3 wurden von Daniela Kilian erstellt.

Franz Eder, Carmen Kraus und Gustl Schellmoser vom Nationalparkdienst unterstützten uns bei der Leerung der Emergenzfallen.

Volker Audorf (Erlangen),  
Cornelia Becher (Salzburg),  
Christoph Bückle (Tübingen),  
Rainer Büttner (Erlangen),  
Manfred Burchard (Freiburg),  
Marco Cantonati (Trento),  
Anke Eisenbeis (München),  
Uberto Ferrarese (Padova),  
Maria Concetta La Rocca (Catania),  
Claus Orendt (Leipzig),  
Vladimir Pasić (Podgorica),  
Martina Pusch (Schöneiche),  
Andrea Ruf (Bremen),  
Dominic Schmid, (Zürich),  
Matthias Svoboda (Zürich),  
Susanne Trautwein (Traunstein),  
Petr Tuzovskij (Borok),  
Erich Weigand (Wien)

## Vorwort

Verehrte Leserin, verehrter Leser,  
unser Forschungsbericht „Quellen im Nationalpark Berchtesgaden. Indikatoren des Klimawandels“ liegt vor Ihnen. Warum haben wir diese Untersuchungen durchgeführt?

Quellen sind Orte, an denen Wasser auf natürliche Weise aus dem Untergrund an die Erdoberfläche tritt. Sie sind der Verbindungs- und Überlappungsort von zwei Lebensräumen: des Lebensraums Grundwasser und des Lebensraums Fließgewässer. Ein wichtiges Alleinstellungsmerkmal für Quellen. Die Quelle entlässt das Wasser mit einer Temperatur, die der Jahresdurchschnittstemperatur der geographischen Lage entspricht, also einer gleichmäßigen Temperatur sowohl im Tages- als auch im Jahresverlauf. Das Quellwasser ist im Sommer im Vergleich zur Umgebung relativ kühl, im Winter dagegen ist die Quelltemperatur höher als die der Umgebung. Als weitere ökologische Regelungsfaktoren wirken die Wassermenge der Schüttung, chemisch-physikalische Parameter sowie Inhaltsstoffe des Wassers. All dies bedingt die Existenz einer besonderen und auch einmaligen Pflanzen- und Tierwelt im Bereich der Quellen. In kaum einem Lebensraum ist die Verzahnung von Boden, Wasser, Luft, Pflanzen und Tieren so eng und auf kleinstem Raum unmittelbar erfass- und erlebbar als bei Quellstandorten. Daher dienen diese Standorte auch als wichtige Indikatoren für Umweltveränderungen, z.B. den Klimawandel. Im Nationalparkgebiet sind ca. 60 Quellen detailliert untersucht worden. Dabei wurden über 700 Tierarten festgestellt. Acht der gefundenen Arten sind neu für die Wissenschaft, 22 Arten sind neu für die Fauna Deutschlands. Zehn Prozent der gefundenen Arten sind krenobiont, d. h. sie leben nur in Quellen, 30 % sind nach derzeitigem Wissensstand krenophil oder quellliebend. Was aber noch wichtiger ist, dass mit Hilfe dieser Status-Quo-Aufnahme eine Grundlage geschaffen wurde, mögliche Änderungen in der Tier- und Pflanzenwelt zu dokumentieren.

Es ist Aufgabe des Nationalparks, einen Rahmen vorzugeben, um sowohl Änderungen innerhalb charakteristischer Ökosysteme (wie Quellen, alpine Rasen oder Gipfelvegetation) als auch Verschiebungen der Grenzen zwischen ihnen vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels interpretieren zu können. Dieser Rahmen für den Lebensraum Quellen wurde mit Hilfe von mehr als 30 namhaften Experten aus ganz Europa mit geringen finanziellen Mitteln, dafür aber mit sehr viel Enthusiasmus geschaffen. Die Dokumentation der Ergebnisse erfolgte mit modernen Werkzeugen wie Satellitennavigation (GPS), einem geographischen Informationssystem (GIS), und ist in einer Datenbank niedergelegt. Es wurden auch Grundlagen gelegt für eine langfristige ökosystemare Umweltbeobachtung, die einmal in ein umfassendes Wasser- und Stoffflussmodell münden soll, um die Wechselwirkungen aller vorher genannten Faktoren zu berücksichtigen und zu erklären.

Dr. Michael Vogel

Leiter der Nationalparkverwaltung

# 1 Quellen als Gegenstand der Umweltbeobachtung in den Alpen

REINHARD GERECKE & HELMUT FRANZ

Denken wir über die Herkunft des Wassers nach, das überall auf der Erde Voraussetzung und Grundlage menschlicher Zivilisation und Kultur ist, so kommen uns Mitteleuropäern wie selbstverständlich die Berge in den Sinn. Überall, wo sie sich erheben, bergen sie große Grundwasserspeicher, deren Wasservorrat an ganz bestimmten Punkten, den Quellen, an der Oberfläche zutage tritt. Vertraut ist uns das Bild der jahraus, jahrein verlässlich Wasser spendenden Quelle, hier und da zum Brunnen am Wege ausgebaut, manchmal mit geheimnisvoll heilenden Wirkungen und nicht selten Gegenstand religiöser Verehrung. In Literatur und Mythologie steht uns der Begriff der Quelle als Bild für seit Urzeiten Unwandelbares, aber auch für ewige Jugend.

## Alpenquellen sind jung

Es bedarf einiger Fantasie, sich vor Augen zu führen, dass alle Quellen, Bäche und Ströme geologisch gesehen relativ junge Elemente unserer Landschaft sind. Gut 20.000 Jahre liegt der Höhepunkt der letzten Vereisung in Mitteleuropa zurück. Das bedeutet eine geschlossene, stellenweise hunderte oder tausende Meter dicke Eiskappe nicht nur auf den Alpen, sondern weit bis in ihr Vorland hinaus, Dauerfrostböden und Tundra-artige Vegetation im die Berge umgebenden Saum und nur kleine, relikartige Waldflächen im eisfreien Gebiet zwischen den mitteleuropäischen Gebirgen und den Alpen (LANG 1994). Was den Kreislauf des Wassers angeht, heißt das aber auch, dass der größte Teil der Niederschläge auf der Erdoberfläche festgelegt bleibt, insbesondere in den Gletschern auf den Gebirgen. Zugleich entstehen durch das langsame, aber kraftvolle Fließen der Gletscher große Mengen feinsten Abriebs, der Poren und Gesteinslücken verfüllt und dafür sorgt, dass auch dort, wo Wasser auf nicht gefrorenem Boden fließt,



**Abb 1-1:** Während der Höhepunkte des letzten Glazials wurden Niederschläge in den Alpen fast ausschließlich in Eismassen gebunden. Gewässeranfänge hatten in aller Regel die Form von Gletschertoren. Quellförmige Grundwasseraustritte konnten im vereisten Gebiet nicht existieren (Foto: Archiv Nationalparkverwaltung).



**Abb. 1-2:** Die heutige Landschaftsform im Nationalpark ist weitgehend von der Erosionswirkung der Gletscher geprägt. Erst allmählich konnte sich seit Ende der letzten Vereisung wieder ein Netz aus Oberflächengewässern ausbilden, die von natürlichen Quellen aus ebenfalls noch jungen Grundwasserkörpern gespeist werden. Blick auf den Königssee von NW (Foto: Archiv Nationalparkverwaltung).

kaum Kontakt zu den Porenräumen der Tiefe entstehen kann: Grundwasserführende Schichten werden vom Wasserkreislauf weitgehend abgeschnitten und verarmen als Lebensräume über große Strecken. Die Zufuhr organischen Materials, in Abwesenheit von Strahlungsenergie unentbehrlich für die Aufrechterhaltung unterirdischer Lebensgemeinschaften, ist abgebrochen, ebenso aber auch die Wasserzufuhr, die erst das Austreten von Quellwasser als "Überlauf des Grundwassers", bewirkt. Unklar sind unsere Vorstellungen allerdings noch über die mögliche Ausbildung von "oasenartigen" Grundwasserinseln unter den Gletschern. Vorstellbar ist das langfristige Überdauern von Zonen, die aufgrund besonderer Strömungsverhältnisse nicht zusedimentierten und für Grundwasserorganismen zur Zufluchtsstätte wurden. Da Gletscher in großem Stil organische Bestandteile aus den Luftströmungen auffangen und diese an bestimmten Stellen zu konzentrieren und zu konservieren vermögen, ist eine punktuelle, aber regelmäßige Nährstoffversorgung unterhalb der Eismassen durchaus vorstellbar. Durch ihren "bescheidenen" Lebensstil wären andererseits manche Grundwasserbewohner an das Überdauern unter solch extremen Bedingungen besonders angepasst: Viele Arten vermögen lange Hungerperioden zu überdauern, Nährstoffe besonders effizient zu speichern und zu verwerten und Energie zu sparen während ausgedehnter Phasen der Letargie und des langsamen Heranwachsens. Mit dieser

"Oasenhypothese" sind beispielsweise unsere Funde des Grundwasserflohkrebses *Niphargus strouhali* im oberen Sittersbachtal (1800 m) leichter zu erklären als mit einer Rückwanderung dieser wenig ausbreitungsfähigen Tiere seit dem Ende der Vereisung.

Alles in allem müssen wir uns aber vorstellen, dass in den Eiszeiten ein großer Teil des die Ströme Europas hinab fließenden Wassers keine Grundwasserpassage hinter sich hatte. Alle wichtigen Ursprünge des Fließgewässernetzes waren Gletschertore, aus denen Schmelzwasser hervortrat. Eine Vorstellung von der Biologie der damals vorherrschenden Fließgewässerränge können wir aus Studien an heute noch existierenden alpinen und skandinavischen Gletscherbächen gewinnen: Die Gletscher selbst sind nur von einzelligen Algen und Populationen winziger Urinsekten (Springschwänze, Collembola) bewohnt, funktionieren aber auch als "Sedimentfalle" für Detrituspartikel aus der Luft, die im obersten Quellbach zur wichtigsten Energiequelle werden. Der Gletscherbach ist durch Schwankungen des Elektrolytgehaltes, starke Trübung im Sommer (aber glasklares Wasser im Winter) und völliges Fehlen pflanzlicher Vegetation gekennzeichnet. Überall auf der Welt sind solche Bäche durch eine verarmte Organismengesellschaft gekennzeichnet, die fast nur aus Detritus fressenden Zuckmückenlarven der Unterfamilie Diamesinae besteht. Da auch keine Räuber oder Aas-

fresser vorhanden sind, werden abgestorbene Mückenlarven oder ins Wasser gefallene Tiere nur langsam bakteriell zersetzt. Erst in einiger Entfernung vom Gletscher reichert sich die Biozönose allmählich an, zunächst durch das Hinzutreten filtrierender Kriebelmückenlarven (Simuliidae) (BRETSCHKO 1968, KOWNACKA & KOWNACKI 1972, STEFFAN 1978).

Vergleichen wir dieses Szenario mit der uns vertrauten Landschaft, so können wir die seither eingetretene Entwicklung als "Normalisierung" betrachten. Der Rückzug der Gletscher und die allmähliche Freigabe der Täler erlauben die Bildung neuer Bodenstrukturen und das Vordringen der für gemäßigte und wärmere Klimate typischen Waldvegetation, aber auch die Entstehung ausgeglichenerer hydrologischer Verhältnisse (CREUZÉ DES CHÂTELLIERS et al. 1994). In den großen Strömen erfolgt die Stabilisierung des Abflussgerinnes und die Ausbildung uferbegleitender Auwälder, in Bächen und Flüssen die Entwicklung einer abwechslungsreichen Stromsohle und am Anfang des ganzen Systems die Ausbildung einer Unzahl kleiner und kleinster ganzjährig fließender Quellen. All diese Differenzierung ist nur möglich, wo das ganze Gewässersystem in einen funktionierenden Grundwasserspeicher eingebettet ist: Hier sammelt sich das Wasser von Niederschlägen und Schneeschmelze und durchfließt mit meist geringer, im Karst aber auch rascher Geschwindigkeit enorme unterirdische Strecken. Ein Teil davon tritt, wenn undurchlässige Schichten seinen Lauf hindern, in Quellen zutage; ein anderer Teil drückt weiter talwärts, ebenfalls durch stauende Schichten beeinflusst, direkt in das Flussbett ein. Aber ein großer Teil bleibt unterirdisch und strömt hier in die Ebene hinaus und dem Meere zu, meist parallel zum oberflächlichen Fließgewässernetz und mit dessen Wasser im Austausch. Der Begriff "hyporheisches Interstitial" wurde geprägt, um den Lebensraum an der Grenze zwischen Stromsohle und Grundwasser zu kennzeichnen, der ganz eigenartige Verhältnisse aufweist und eine ganz besondere Tierwelt beherbergt (SCHWOERBEL 1967). Qualität und Lebensvielfalt der Bäche, Flüsse und Ströme hängen besonders von deren ungestörtem Kontakt mit "ihrem" Grundwasser ab: Nicht nur die Menge des Abflusses, sondern auch physikalische und chemische Parameter im Wasser der Bäche werden durch ihre Quellen stabilisiert. Bei niedrigem Pegel wird der Lauf der Flüsse und Ströme ausgeglichen durch das Eindringen von Grundwasser, bei Hochwasser durch das Abfließen von Oberflächenwasser in den Grundwasserkörper hinein (WARD 1994). Eingriffe in das hydraulische System der Fließgewässer bedeuten nicht selten einen "Rückschritt" in Richtung der überwundenen Bedingungen des Glazials. Auf die Störung des Wasseraustauschs zwischen Flussbett und Stromsohle reagieren die Gewässer mit einer "Entfesselung" des Abflussregimes, aber auch mit einer Verarmung der Organismengesellschaften und einer Störung der organischen Selbstreinigungsfähigkeit.

#### **Quellen sind individuell**

Die Quellen der Alpen sind geologisch gesehen also junge Gebilde, zugleich aber mittelfristig oft bemerkens-

wert stabile Lebensräume. Wie groß die Stabilität einer Quelle ist, hängt allerdings in jedem einzelnen Fall von der Beschaffenheit des Grundwasserspeichers ab, aus dem ihr Wasser zutage tritt (WILHELM 1956). Quellwässer aus großen Speicherkörpern mit sehr feinporigem wasserführendem Sediment weisen nur geringe Veränderungen in der Wasserführung auf. Auch die Temperatur schwankt nur wenige Zehntel Grade um das Jahresmittel der Außentemperatur am Quellmund und in den Proportionen chemischer Parameter treten kaum Verschiebungen im Jahreslauf auf. Hingegen ist Quellwasser, das aus kleinen, auch feinporigen Speicherkörpern austritt, stärker den Einwirkungen saisonaler Veränderungen ausgesetzt: Bereits kurze Niederschlagsereignisse, vor allem aber die jahreszeitlichen Veränderungen spiegeln sich in Veränderungen der Schüttung und Wasserqualität (Kapitel 3). In Extremfällen können solche Quellen im Hochsommer (aber auch im tiefen Winter, wenn alle Niederschläge als Schnee festgelegt sind) versiegen.

Schließlich können auch Quellen, die aus größeren Speichersystemen gespeist werden, durch unregelmäßige Schüttung oder andere ungewöhnliche Eigenschaften auffallen, sofern das Grundwasser in klüftigem Gestein mit grobporigen oder kanalartigen wasserführenden Bereichen geleitet wurde. Da in solchen Quellen, die sich vor allem im Karst finden, Schmelzwasser unter Umständen rasch aus großen Höhen unterirdisch in tiefe Lagen gelangt, kann ihr Wasser auch im Hochsommer ganz ungewöhnlich kalt sein, deutlich unter der mittleren Jahrestemperatur in der Umgebung der Quelle. So sind Quellen für uns eigentliche Fenster zum Untergrund, aus denen wir wertvolle Informationen über die Eigenschaften der uns unzugänglichen Grundwasserspeicher gewinnen können (VAN DER KAMP 1995).

Zu diesen Eigenschaften "im Hintergrund", die dem Auge des Betrachters verborgen sind und erst nach längerfristigen Untersuchungen physikalisch-chemischer Parameter erkannt werden, treten als weitere wichtige Faktoren die morphologischen Gegebenheiten am Quellmund selbst. Exposition, Gefälle, Beschaffenheit von Gestein und Boden sowie der Charakter der umgebenden Vegetation sind einige der besonders wichtigen Faktoren, die über die Lebensbedingungen im Quellbereich entscheiden (Kapitel 4, Kapitel 7). In der Limnologie hat sich zur Bezeichnung von Quelltypen der Dreiklang aus "Fließquelle" ("Rheokrene", mit bachartigem Abfluss und hohem Anteil von Hartsubstraten), "Sumpfwasser" ("Helokrene", mit sickerndem Abfluss und hohem Anteil von Feinsedimenten) und "Teichquelle" ("Limnokrene", mit stehendem Wasser am Quellmund, Sedimente unterschiedlich) bewährt (THIENEMANN 1922). Es überrascht nicht, dass die Ansprache dieser Typen bei Aufnahmen in Freiland oft schwierig ist: Typische Vertreter einer der Kategorien sind selten, Zwischenformen die Regel. Darüber hinaus können Quellen sich sowohl im Laufe eines "Alterungsprozesses" als auch im Gefolge katastrophentypischer Ereignisse von einem Typ in den

anderen verwandeln. Als mehr oder weniger attraktive Trink- und Suhplätze für Vögel und Säugetiere können sie in heißen Sommermonaten aber auch durch diese in Struktur und Nährstoffgehalt verändert werden.

Quellen sind also, mehr als viele andere Elemente der Landschaft, "eigenwillige" Lebensräume. Auch nahe beieinander liegende Grundwasseraustritte können sich vollkommen unterschiedlich verhalten und eine entsprechend unterschiedliche Flora und Fauna aufweisen, wenn sie unterschiedlichen Grundwasserspeichern zuzuordnen sind. Andererseits lassen sich aber auch im Vergleich zwischen Quellgebieten weit entfernter Gebirge, sogar auf verschiedenen Kontinenten, große Gemeinsamkeiten finden. In aller Regel heben Quellen sich deutlich von ihrer Umgebung ab und sind aufgrund ihres von der Umgebung abweichenden Kleinklimas durch eine eigene Vegetation gekennzeichnet (Kapitel 5).

### **Quellen sind stabil**

Und trotz ihres jungen Alters und ihrer oft verwirrenden Formenvielfalt haben wenigstens die ganzjährig fließenden Quellen eines gemeinsam: mehr als die meisten anderen Elemente unserer belebten Umwelt widersetzen sie sich äußeren Einflüssen. Ob ein Jahr besonders kalt oder heiß war, ob die Niederschläge ausblieben oder besonders heftig waren, ob der umgebende Wald von Schneebruch oder Borkenkäfer-Kalamitäten betroffen wurde, die Quelle bleibt ein Hort der Stabilität und ein Refugium, nicht nur für die Organismen, die im Wasser leben, sondern auch für Landtiere, die das Wasser nur gelegentlich aufsuchen. Das Wasser der Quellen ist nicht nur relativ kühl im Sommer, sondern, was oft vergessen wird, auch relativ warm im Winter, wenn unter dickstem Schneebelag um die Quelle herum eine frostfreie Zone bleibt (Kapitel 3). Im Vergleich mit anderen als besonders stabil bekannten Lebensräumen unserer Erde jedoch, den tropischen Regenwäldern etwa, den tiefen Bodenschichten, den Tiefseeegräben der Meere, oder auch den Grundwasserkörpern, fallen zwei Besonderheiten auf:

1. Quellen sind kleinräumig. Der Bereich, in dem die für sie charakteristischen Lebensbedingungen herrschen, erstreckt sich oft nur über wenige Quadratmeter, begrenzt zwischen dem Austritt des Wassers aus dem Untergrund an seinem oberen, und der Bildung eines abfließenden Bachgerinnes an seinem unteren Ende.

2. Quellen sind keine abgegrenzten, in sich geschlossenen Gebilde. Die eigentliche Zone der Stabilität ist noch einmal um eine Dimension kleiner als der Quellbereich, die restliche Fläche besteht aus Übergangszonen mit charakteristischen Gradienten: zwischen großer und geringer Feuchtigkeit, geringer und starker Einstrahlung, geringen und starken Temperaturamplituden.

Mit einem Wort, Quellen sind "Ökotone" par excellence. Mit diesem Begriff bezeichnet der Biologe Übergangsbereiche mit besonders steilen Gradienten in lebensbestimmenden Parametern. Gerade in ihrem Übergangscharakter, von CANTONATI et al. (im Druck) mit der Eng-

stelle einer Sanduhr verglichen, liegt ihre Besonderheit. Senkrecht zum scharfen Gradienten zwischen Grund- und Oberflächenwasser bilden sich wie Jahresringe Linien stabiler Bedingungen aus, die die Koexistenz einer besonders reichen Organismenwelt mit jeweils ganz spezifischen Ansprüchen erlauben. Quellen sind Orte der Begegnung zwischen Arten des Grundwassers, Arten seichter Kleingewässer, Arten der Bäche und den spezifisch an sie gebundenen, nur hier zu findenden "krenobionten" Arten.

So beeindruckend auch im Muster des Mikroklimas und in der kleinräumigen Verteilung der Organismen Stabilität zum Ausdruck kommt, so empfindlich reagiert das ganze System auf jede Art der Veränderung. Eingriffe, die die Veränderung der Sedimentstruktur, das Eindringen von schwer abbaubaren Schadstoffen in den Grundwasserspeicher oder die Veränderung der Abflussraten zur Folge haben, treffen die Quelle und ihre Lebensgemeinschaft in toto. Durch die räumliche Isolation der Quellhabitate sind Wiederbesiedlungsprozesse erschwert oder verhindert. In vielen Teilen Europas, vor allem in niederschlagsarmen Zonen und stark besiedelten Gebieten auf niedriger Meereshöhe, ist die Fauna der Quellen wahrscheinlich bereits durch menschliche Eingriffe unwiederbringlich vernichtet (ZOLLHÖFER 1997).

### **Quellen verändern sich?**

#### **Entstehung und Anliegen des Projektes**

Die Erforschung seiner Lebensräume und Lebensgemeinschaften gehört zu den zentralen Aufgaben eines jeden Nationalparks. Im Gegensatz zum Ansatz vieler freilandbiologischer Forschungsprojekte im ganzen Land, die aus organisatorischen, oft auch physiografischen Gründen zu einer starken thematischen Einnengung gezwungen sind, bietet sich in einem Nationalpark die Chance, weit ausgreifende Themen zu bearbeiten. In einer kaum gestörten Natur ist die Untersuchung großer Populationen und vielfältiger Lebensgemeinschaften auch über lange Zeiträume möglich. Diese Art von Forschung kann Maßstäbe setzen für Leitbilder im Umgang mit Natur auch in nicht vor menschlichem Eingriff geschützten Gebieten. Sie kann aber auch ein Verständnis vermitteln für die Verluste, die unter dem Einfluss solcher Eingriffe in anderen Landesteilen bereits längst eingetreten sind, ohne dass sie dokumentiert worden wären.

Durch die starke Vielfalt in ihren Eigenschaften haben sich Quellen der Einordnung in wohl definierte "Schubladen" ökologischer Klassifizierung immer widersetzt und waren wenig dankbare limnologische Untersuchungsobjekte. Auch in den Alpen kamen, abgesehen von einer frühen Arbeit von NADIG (1942), erst im vergangenen Jahrzehnt Bemühungen in Gang, Grundlagen für ein besseres Verständnis der Biologie dieser Lebensräume zu schaffen (Verschiedene Gebirgszüge: CREMA et al. 1996; Österreichische Kalkalpen: WEIGAND 1999, WEIGAND & GRAF 2000, WEIGAND et al. 2002; Adamello-Brenta: CANTONATI 1998, Belluneser Dolomiten: D'ALBERTO & SAMBUGAR 1999; Berchtesgaden: GERECKE et al. 1998). Bei der Erfassung der einschlägigen Literatur war

zunächst beeindruckend, wie gering überhaupt bis zum Ende des 20. Jahrhunderts der Kenntnisstand über die Besiedlung alpiner Kleingewässer geblieben war. Geografisch gesehen liegen für ausgedehnte Gebiete der Alpen überhaupt nur verstreute, oft sehr alte Literaturhinweise vor, in taxonomischer Hinsicht wurden Vertreter wichtiger Tiergruppen kontinuierlich missachtet oder nur als Nebensächlichkeiten behandelt. Weiterhin fiel negativ auf, wie undifferenziert die meisten Angaben hinsichtlich der Lebensansprüche wirbelloser Gewässertiere in den Alpen waren. In den meisten Fällen war nicht zu klären, welche Arten bevorzugt in Quellen auftreten, welche eher Bäche und Flüsse besiedeln oder welche Stillgewässern (Tümpeln, Teichen, Seen) zuzuordnen sind. Die Anwesenheit einer eigenen Grundwasserfauna wurde bis in jüngere Zeit aus theoretischen Erwägungen für unmöglich gehalten.

Vor dem Hintergrund dieser Situation war es eine reizvolle Aufgabe, im Nationalpark Berchtesgaden die systematische Erfassung eines möglichst umfangreichen Anteils der Quellbewohner unter faunistischen und ökologischen Gesichtspunkten in Angriff zu nehmen. Erklärtes Nahziel war, im Nationalpark ein Referenzgebiet für die Kenntnis der nordalpinen Quellfauna zu schaffen und die Vielfalt und ökologische Verteilung dieser Fauna zu dokumentieren. Dank der ehrenamtlichen Mitarbeit vieler Spezialisten aus dem In- und Ausland, von denen etliche auch bei den vom Nationalpark jährlich organisierten "Quellwochen" zu Gast waren, konnten wir ein erstes, sicher vorläufiges Bild der Berchtesgadener Quellfauna erstellen (Kapitel 6). Weitere wesentliche Grundlagen verdanken wir den Diplomarbeiten von SCHRANKEL (1998) und HOWEIN (1998), einem Projekt über Wassermilben von MARTIN (1999-2001, gefördert durch die Stiftung Pro Acarologia Basiliensis) und dem Projekt über die Zuckmücken im Nationalpark von STUR & WIEDENBRUG (2003, finanziert aus Mitteln des Nationalparks).

Vor dem Hintergrund der oben beschriebenen Besonderheiten ist unser Ziel, den Lebensraum "Quelle" als einen Schwerpunkt der langfristigen Umweltbeobachtung zu nutzen. Die fein austarierten Unterschiede zwischen individuellen Quellen, ihre Unabhängigkeit von kurzfristigen Außeneinflüssen, aber andererseits doch ihre starke Abhängigkeit vom Zustand ihres Grundwasserspeichers machen die Quellen zu unersetzlichen "Messstellen" für das Studium schleichender langfristiger Verschiebungen. Eine wichtige Frage ist, ob - und wenn ja, wie - globale klimatische Änderungen sich niederschlagen in einer Veränderung der Lebensgemeinschaften und/oder einer Verschiebung von Verbreitungsgrenzen ausgewählter Arten.

Die vorliegende Publikation gibt einen Überblick über den nach zehn Jahren Forschungstätigkeit erreichten Kenntnisstand. Wir wollen aufweisen, welche Bedeutung der Fauna der Quellen im Rahmen der langfristigen Umweltbeobachtung zukommen könnte und setzen die folgenden Schwerpunkte:

- Möglichst umfangreiche Dokumentation der Quellen des Nationalparks unter besonderer Berücksichtigung der faunistischen Vielfalt und der Lebensansprüche wichtiger Arten. Aus der Arbeit der vergangenen Jahre (Kapitel 3-6) entsteht sozusagen ein "Nullwert" für spätere Vergleichsuntersuchungen.
- Diskussion der Quelltypologie unter gleichzeitiger Verwertung geomorphologischer und faunistischer Daten (Kapitel 7). Auf dieser Basis erfolgt die Auswahl charakteristischer Untersuchungsstellen für die Dauerbeobachtung.
- Detaillierte Beschreibung dreier Daueruntersuchungsstellen und Vorstellung von Untersuchungsergebnissen zu folgenden Themen: (1) Verteilungsmuster ausgewählter Taxa innerhalb der Quellkomplexe; (2) saisonale Veränderungen der Fauna; (3) erste Beobachtungen zu längerfristigen Veränderungen (Kapitel 8).
- Vorschläge für die detaillierte Methodik und Planung einer langfristigen Beobachtung ausgewählter Quellen im Nationalpark (Kapitel 9).

#### Literatur

- BRETSCHKO, G. (1968): Zur Hydrobiologie zentralalpiner Gletscherabflüsse. *Verh. dt. zool. Ges.*, 1968: 741-750.
- CANTONATI, M. (Hrsg.) (1998): *Le sorgenti del Parco Adamello-Brenta* (italienisch, mit englischen und deutschen Zusammenfassungen). *Parco Documenti*, 11: 177 S.
- CANTONATI, M.; GERECKE, R. & BERTUZZI, E. (im Druck): Springs of the Alps - sensitive ecosystems to environmental change: From biodiversity assessments to long-term studies. In: LAMI, A. & BOGGERO, A. (Hrsg.): *Ecology of high altitude aquatic systems in the Alps; Developments of Hydrobiology*.
- CREMA, S.; FERRARESE, U.; GOLO, D.; MODENA, P.; SAMBUGAR, B. & GERECKE, R. (1996): Ricerche sulla fauna bentonica ed interstiziale di ambienti sorgentizi in area alpina e prealpina. *Centro di Ecologia Alpina, Report 8*: 104 S.
- CREUZÉ DES CHÂTELLIERS, M.; POINSART, D. & BRAVARD, J.-P. (1994): Geomorphology of Alluvial Groundwater Ecosystems. pp. 158-188. In: GIBERT, J.; DANIELOPOL, D.L. & STANFORD, J. (Hrsg.): *Groundwater ecology*. Academic Press, London.
- D'ALBERTO, L. & SAMBUGAR, B. (1999): Aspetti idrologici e faunistici delle sorgenti del Parco Nazionale Dolomiti Bellunesi. Osservazioni preliminari. *Atti del Convegno Nazionale sull'inquinamento delle grotte e degli acquiferi carsici e possibili ricadute sulla collettività*. Imprimatur ed., Padova: 147-159.
- GERECKE, R.; MEISCH, C.; STOCH, F.; ACRI, F. & FRANZ, H. (1998): Eucrenon/Hypokrenon ecotone and spring typology in the Alps of Berchtesgaden (Upper Bavaria, Germany). A study of microcrustacea (Crustacea: Copepoda, Ostracoda) and water mites (Acari: Halacaridae, Hydrachnellae). In: BOTOSANEANU, L. (Hrsg.): *Studies in Crenobiology. The biology of springs and springbrooks*. Backhuys, Leiden: 167-182.

- HOWEIN, H. (1998): Erfassung und strukturelle Typisierung der Quellen im Nationalpark Berchtesgaden. Universität Erlangen-Nürnberg, Naturwissenschaftliche Fakultät III, Diplomarbeit: 1-113 + Anhang
- KOWNACKA, M. & KOWNACKI, A. (1972): Vertical distribution of zoocenoses in the streams of the Tatra, Caucasus and Balkans Mts. *Verh. int. Ver. theor. angew. Limnol.*, 18: 742-750.
- LANG, G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. Methoden und Ergebnisse. Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, New York.
- NADIG, A. (1942): Hydrobiologische Untersuchungen in Quellen des Schweizerischen Nationalparks im Engadin. *Ergebn. wiss. Unters. schweiz. Nat. Parks*, 1: 267-432.
- SCHRANKEL, I. (1998): Faunistisch-ökologische Charakterisierung ausgewählter Quellen im Nationalpark Berchtesgaden. Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Diplomarbeit: 1-79 + Anhang.
- SCHWOERBEL, J. (1967): Das hyporheische Interstitial als Grenzbiotop zwischen oberirdischem und subterranem Ökosystem und seine Bedeutung für die Primär-Evolution von Kleinsthöhlenbewohnern. *Arch. Hydrobiol.*, (Suppl.) 33, 6 (1): 1-62.
- STEFFAN, A.W. (1978): Die Lebensbedingungen und Lebensgemeinschaften von Gletscherbächen im Vergleich mit denen anderer Fließgewässer. *Jber. naturw. Ver. Wuppertal*, 31: 150-156.
- THIENEMANN, A. (1922): Hydrobiologische Untersuchungen an Quellen (I-IV). *Arch. Hydrobiol.*, 14: 151-190.
- VAN DER KAMP, G. (1995): The Hydrogeology of Springs in Relation to the Biodiversity of Spring fauna: A Review. *J. Kans. Entomol. Soc.*, 68 (2) suppl.: 4-17.
- WARD, J.V. (1994): Ecology of alpine streams. *Freshwater Biology*, 32: 277-294.
- WEIGAND, E. (1999): Biodiversität in alpinen Karstquellsystemen (Nationalpark Kalkalpen, Österreich). Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL), Tagungsbände 1998 (Klagenfurt). Tutzing 1999, Band I: 149-153.
- WEIGAND, E. & GRAF, W. (2000): Hydrobiologische Beweissicherung im Rahmen des LIFE-Projekts Nationalpark Kalkalpen. In: *Forschung im Nationalpark 2000*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Sonderband Umwelt, S. 36-37.
- WEIGAND, E.; PELIKAN, U.; RATSCHAN, C. & SCHEDER, C. (2002): Gewässerökologische Bewertung des Einflusses von Alm- und Forstwirtschaft auf Karstquellen im Nationalpark Kalkalpen (Österreich). *Revue de Géographie Alpine*, 2: 103-115.
- WILHELM, F. (1956): Physikalisch-chemische Untersuchungen an Quellen in den Bayerischen Alpen und im Alpenvorland. *Münchn. geogr. Hft.*, 10: 1-97.
- ZOLLHÖFER, J.M. (1997): Quellen, die unbekanntes Biotop: erfassen, bewerten, schützen. *Bristol-Schriftenreihe*, 6 (Bristol-Stiftung, Zürich): 1-153.

## 2 Der Nationalpark Berchtesgaden als Referenzgebiet für langfristige Umweltbeobachtungen

HELMUT FRANZ, VOLKMAR KONNERT &  
REINHARD GERECKE

### 2.1 Einleitung

#### 2.1.1 Naturschutzgesetz, Verordnung und Nationalparkplan

Im kürzlich novellierten Bundesnaturschutzgesetz ist die Umweltbeobachtung aufgenommen worden. In § 12 wird definiert: *Zweck der Umweltbeobachtung ist, den Zustand des Naturhaushalts und seine Veränderungen, die Folgen solcher Veränderungen, die Einwirkungen auf den Naturhaushalt und die Wirkungen von Umweltschutzmaßnahmen auf den Zustand des Naturhaushalts zu ermitteln, auszuwerten und zu bewerten* (§ 12 BNatSchG). Unter Naturhaushalt werden seine Bestandteile Boden, Wasser, Luft, Klima, Tiere und Pflanzen sowie das Wirkungsgefüge zwischen ihnen definiert (§ 10 BNatSchG).

Nach § 6 der vom Bayerischen Landtag erlassenen Nationalparkverordnung sind die ‚natürlichen und naturnahen Lebensgemeinschaften wissenschaftlich zu beobachten und zu erforschen‘ (Nationalparkverordnung 1987). Auf dieser Grundlage hat der Nationalpark die Aufgabe übernommen, im nationalen und internationalen Schutzgebietsnetz regional und überregional bedeutsame Fragen zu bearbeiten und über die Forschungsergebnisse örtliche, überregionale und globale Umweltprobleme zu erkennen und zu dokumentieren. Zudem sollen das Management des Schutzgebiets unterstützt und die Umsetzung des Nationalparkplans überprüft werden (StMLU 2001).

Die Umweltbeobachtung im Nationalpark richtet sich nach den Grundsätzen der "ökosystemaren Umweltbeobachtung" (SCHÖNTHALER et al. 2003). Eingebunden in diesen übergreifenden Ansatz werden die Umweltveränderungen im nationalen, europaweiten und globalen Maßstab beobachtet und bewertet, u. a. als Entscheidungshilfe für eine vorsorgende Umweltpolitik. Die flächendeckende Umweltbeobachtung wird seit Gründung des Nationalparks vor allem durch die Befliegung und Auswertung von Color-Infrarot-Luftbildern umgesetzt. Das derzeit laufende, von der EU finanziell geförderte INTERREG III b – Projekt ‚Alpine Habitat Diversity (HABITALP)‘ überträgt diese Technik auf weitere 10 Großschutzgebiete im Alpenraum. Der Nationalpark Berchtesgaden ist in das Netzwerk alpiner Schutzgebiete eingebunden und koordiniert seine Herangehensweise mit den Aktivitäten anderer Alpen-Nationalparke in einem zentralen Monitoringbereich. Damit werden zwei zentrale Forderungen des Nationalparkplans erfüllt (vgl. StMLU 2001).

In diesen flächendeckenden Ansatz werden die mehr oder weniger sektoralen Ansätze eingebettet, die die langfristige Entwicklung einzelner Ökosystemtypen oder Tier- und Pflanzenarten dokumentieren und bewerten. Schwerpunkte in diesem Aufgabenbereich sind:

- a. Beobachtung möglicher Folgen globaler Umweltänderungen,
- b. Erfolgskontrolle von Managementmaßen der Nationalparkverwaltung.

Die fortlaufende Dokumentation des Zustandes und der Veränderungen von Ökosystemen, Lebensgemeinschaften sowie Tier- und Pflanzenpopulationen ist deshalb notwendig (StMLU 2001).

Vor diesem Hintergrund gehen wir im Folgenden auf die Stellung des einzigen deutschen alpinen Nationalparks ein. Danach werden die derzeitigen Erkenntnisse und Arbeitshypothesen zum globalen Klimawandel dargestellt. Anschließend werden die hiermit zusammenhängenden wesentlichen ökologischen Faktoren für die Alpen skizziert und dieser Rahmen mit den Bedingungen in Berchtesgaden verglichen.

#### 2.1.2 Der einzige deutsche Nationalpark der Alpen

Die Alpen sind das größte und höchste Gebirge Europas. Sie ziehen sich in einem ca. 1200 km langen und 150 – 200 km breiten Bogen vom Golf von Genua bis zur mittleren Donau, über Italien, Frankreich, die Schweiz mit Liechtenstein, Deutschland, Österreich bis nach Slowenien. Für die Abgrenzung können verschiedene Kriterien herangezogen werden (BÄTZING 1997). Die Flächengröße der Alpen wird auf ca. 220.000 km<sup>2</sup> geschätzt.

Der 208 km<sup>2</sup> große Nationalpark Berchtesgaden, der einzige alpine Nationalpark in Deutschland (Abb. 2-12), gehört zu den Ostalpen, die von den Westalpen durch eine Linie getrennt werden, die vom Bodensee bis zum Lago Maggiore verläuft - entlang des Rheins, über den Splügenpass und den Comersee. Der Nationalpark liegt am nördlichen Rand der Kalkalpen im südöstlichen Zipfel Bayerns an der Grenze zu Österreich. Zusammen mit seinem 259 km<sup>2</sup> großen nördlichen Vorfeld, das insgesamt fünf Gemeinden umschließt, bildet er das Biosphärenreservat Berchtesgaden. Innerhalb der Nördlichen Kalkalpen gehört der Nationalpark Berchtesgaden zu den Berchtesgadener Kalkalpen, die sich auf österreichischer Seite im Osten, Süden und Westen in den Salzburger Kalkalpen fortsetzen. Die vier Bergzüge des Nationalparks ragen weit über 2000 m N.N. auf. Sie sind durch steile und schroffe Felswände charakterisiert. Dazwischen liegen Plateaugebirge mit ausgedehnten Bereichen oberhalb der Waldgrenze wie das Hagengebirge, das Steinerne Meer und die Reiteralm. Höchste Erhebung ist die Watzmannsüdspitze mit 2713 m N.N.. Die Watzmannostwand mit ca. 1800 m Höhe ist die höchste durchgehende Felswand der Ostalpen. Der Königssee mit 603 m N.N. markiert den tiefsten Punkt des National-



**Abb. 2-1:** Die Alpen aus dem Weltraum. Berchtesgaden ist durch den gelben Punkt gekennzeichnet. Quelle: NASA (<http://visibleearth.nasa.gov>). Sensor: Terra/MODIS. Aufgenommen am 30.9.2002.

parks. Das Klima des Nationalparks wird in den Übergangsbereich zwischen atlantischen und kontinentalen Einflüssen eingeordnet (StMLU 2001, vgl. auch Kap. 2.4). Eine Einführung in die Geologie des Gebietes - unter besonderer Berücksichtigung der hydrologisch wichtigen Formationen - findet sich in Kapitel 3. Mit einer Höhendifferenz von über 2000 m von 603 m bis 2713 m ist er einer der wenigen alpinen Nationalparke, die auch die Talbereiche mit einbeziehen. In den folgenden Kapiteln sollen die wichtigen Wirkungsfaktoren in den Alpen und im Nationalpark Berchtesgaden dargestellt werden. Die Ausführungen stützen sich im Wesentlichen auf die Arbeiten von VEIT (2002) für die Alpen sowie auf den Nationalparkplan (STMLU 2001) und KONNERT (2004) für den Nationalpark Berchtesgaden. Die meteorologischen und klimatischen Grundlagen sind den Lehrbüchern von HÄCKEL (1999) und SCHÖNWIESE (2003) entnommen. Die wesentlichen Faktoren können nur in ihren Grundzügen skizziert werden. Eine stärkere Differenzierung ist überall möglich, ohne dass hierauf bei jedem Beispiel hingewiesen würde.

## 2.2 Außenfaktoren und Lebensgemeinschaften

Die Zusammensetzung der derzeitigen Pflanzen- und Tierwelt der Erde ist Ergebnis der langen zeitlich-räumlichen Entwicklung der Kontinente und der jeweils herrschenden Klimate. Sie ist Spiegelbild des Klimas, das durch das Höhenprofil sowie die Nähe oder Ferne zum Meer differenziert wird. Temperatur und Verfügbarkeit

von Wasser sind die wichtigsten abiotischen Umweltfaktoren, welche die Vegetationszonen und die an sie gebundenen Lebensgemeinschaften kontrollieren. Innerhalb dieser Einheiten bedingen folgende Faktoren eine Fülle weiterer abiotischer Variationen, die sich in der Differenzierung der Tier- und Pflanzenwelt widerspiegeln:

- Topographie (z. B. Höhe, Hangneigung und Exposition)
- Geologischer Untergrund
- Bodenbeschaffenheit (ihrerseits wesentlich beeinflusst durch den geologischen Untergrund, das Klima, die Vegetation und Tierwelt)

Die Alpen gehören nach SCHMIDTHÜSEN (1976) zum Vegetationstyp der Gebirgsnadelwälder. Ihre Tieflagen gehen über in einen Gürtel sommergrüner Laubwälder, die durch relativ lange Vegetationszeiten ohne ausgeprägte Trockenperiode und eine mäßig kalte, ca. 3 – 4 Monate andauernde Winterzeit gekennzeichnet sind. Dieser Vegetationstyp wird der gemäßigt immerfeuchten Klimazone zugeordnet, mit Durchschnittstemperaturen um 20° C im wärmsten, -2° C im kältesten Monat. Der Niederschlag beträgt durchschnittlich 500 – 1000 mm/a, im Winter fällt regelmäßig Schnee (HÄCKEL 1999). Sommergrüne Laubwälder brauchen eine Vegetationszeit von mindestens 120 Tagen mit Temperaturen über 10° C. Eine Verkürzung der Vegetationszeit verursacht in den Alpen den Übergang zu Gebirgsnadelwäldern (FREY & LÖSCH 2003, vgl. auch Kap. 2.8.2).

Ihre Tieflagen sind durch einen Gürtel sommergrüner Laubwälder charakterisiert. Mit zunehmender Höhe sinken die Jahrestemperaturen und verkürzt sich die Vegetationszeit. Entsprechend gehen die Laubwälder in Laub-Nadel-Mischwälder und diese weiter in Nadelwälder über. Die obere Waldgrenze schwankt in den Alpen zwischen 1600 m und 2000 m über N.N. Oberhalb der Waldgrenze schließt sich die alpine Zone mit Zwergsträuchern und Matten an. Die Höchstlagen oberhalb von 2300 m - 2600 m bilden die nivale Zone. Die Niederschläge nehmen mit der Höhe zu und können in den Höchstlagen Werte von 2500 - 2800 mm/a erreichen.

### 2.3 Klimatischer Wandel

Seit einigen Jahren wird der menschlich verursachte globale Klimawandel diskutiert. Der seit ca. 150 Jahren dokumentierte Gletscherrückzug in den Alpen ist eine Erscheinung, die damit in Verbindung gebracht wird. Die verschiedenen globalen Klimamodelle (vgl. CUBATSCH 2005) prognostizieren derzeit je nach Modellkomplexität und geografischen Teilgebieten eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um ca. 1,8 bis 5,6 °C.

Um diese Aussagen einzuordnen, wird im Folgenden ein kurzer Blick auf die Klimageschichte der Kaltzeiten geworfen, die vor allem mit Hilfe der Sauerstoffisotopenmethode analysiert werden konnte.

#### 2.3.1 Externe Einflussfaktoren

Wichtige "externe Einflussfaktoren" sind die Unregelmäßigkeit der Sonnenstrahlung, Erdbahnparameter, vulkanische Ereignisse und die neuzeitlichen menschlichen Einflüsse. Die Sonnenstrahlung ist üblicherweise konstant. Die extraterrestrische Strahlung oder Solar-konstante beträgt 1370 W/m<sup>2</sup> und schwankt im Mittel mehrerer Jahre um weniger als 0,1%. Kurzfristige Schwankungen um bis zu 3 % während mehrerer Tage bis Wochen sind jedoch schon festgestellt worden. Modellrechnungen haben ergeben, dass eine langfristige Zunahme der Sonnenstrahlung um 1 % zu einer weltweiten Temperaturerhöhung um 2° C führen würde (HÄCKEL 1999).

Die Veränderung der Erdbahnparameter wirkt sich demgegenüber gravierend auf das Klima aus:

1. Der Winkel zwischen der Erdachse und der Senkrechten auf die Umlaufbahn der Erde beträgt ca. 23°. Er pendelt in 4000 Jahren zwischen 22° und 24,5° hin und her.
2. Die Bahn der Erde um die Sonne schwankt innerhalb von ca. 100.000 Jahren zwischen einem fast exakten Kreis und einer leichten Ellipse.
3. Die Erdbahn unterliegt einer Bewegung, die dazu führt, dass der sonnennächste Punkt abwechselnd in den Sommer und den Winter fällt. Dieser Umlauf dauert ca. 20.000 Jahre.

Diese von MILANKOWITZ schon im Jahre 1930 entdeckten Faktoren wurden von Vater und Sohn IMBRE (1981, zitiert in HÄCKEL 1999) genauer beschrieben und stellen heute eine brauchbare grobe Erklärung der Klimaschwankungen der letzten 250.000 Jahre dar (vgl. GRASSL 2005).

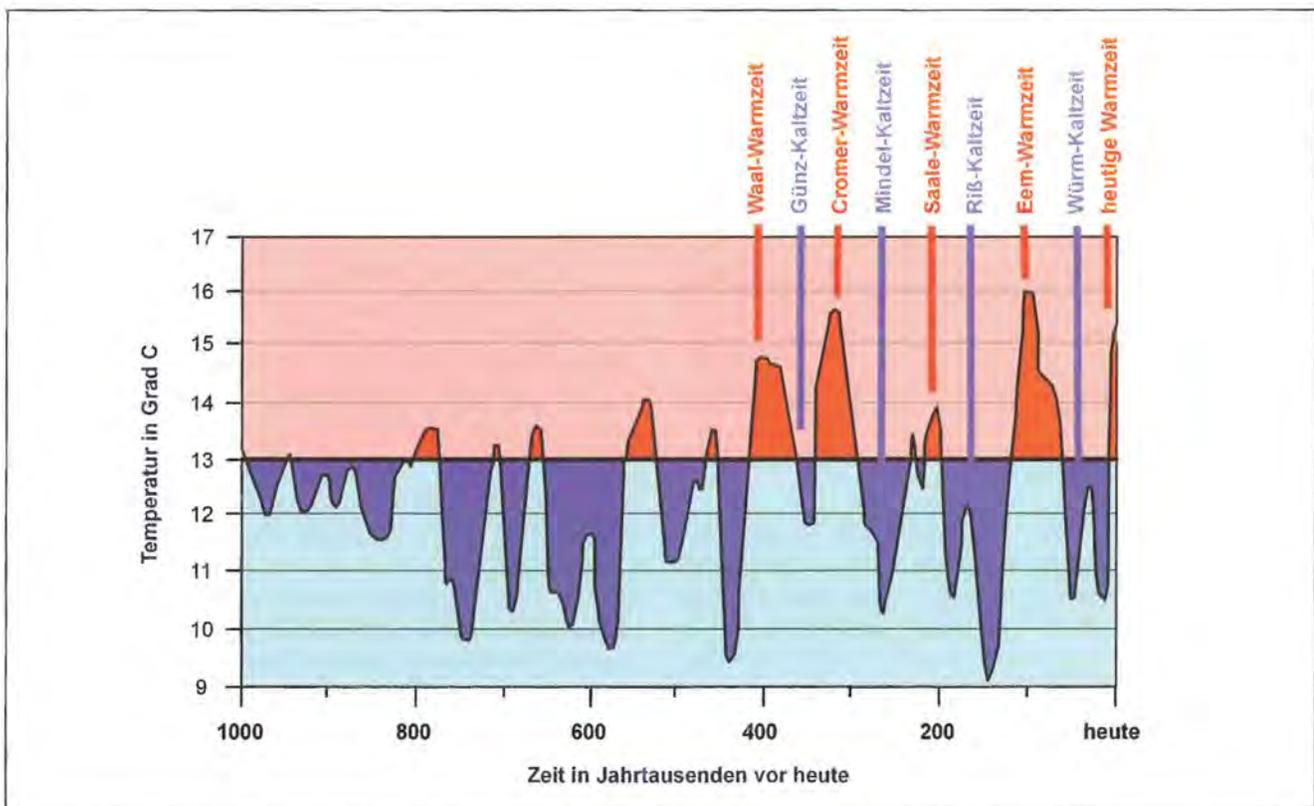
Ein weiterer durchschlagender externer Einflussfaktor ist der Vulkanismus. Bei Vulkanausbrüchen gelangen große Mengen an Feinstaub in eine Höhe von 20 bis 50 km und absorbieren einen wesentlichen Teil der Sonnenstrahlung. Gleichzeitig gelangt SO<sub>2</sub> in diese Höhen, verbindet sich mit dem dort vorhandenen Restwasserdampf zu winzigen Dunstteilchen und mindert die die Erdoberfläche erreichende Strahlungsenergie. Verstärkte Vulkantätigkeit führt somit zu einer Abkühlung der Erdatmosphäre. Die Auswirkungen solcher Ausbrüche beschränken sich allerdings nur auf wenige Jahre (SMOLKA 2005).

Der menschliche Einfluss kann bei der Betrachtung der vergangenen Warm- und Kaltzeiten außer acht gelassen werden. Er spielt erst seit dem letzten Jahrhundert eine stark zunehmende Rolle (s. Kap 1.3.3).

#### 2.3.2 Die Kaltzeiten

Seit dem Beginn des Quartärs vor ca. 2,6 Mio. Jahren wechselten sich ca. 20 - 25 Warm- und Kaltzeiten ab. Die letzte Kaltzeit endete vor ca. 10.000 Jahren. Sie stellt zugleich die Endphase der ersten Periode des Quartärs dar, die als Pleistozän bezeichnet wird. Die nachfolgende, bis zur Gegenwart andauernde Warmzeit wird als Holozän oder Postglazial bezeichnet. Die größten Vergletscherungen fanden vor ca. 800.000 Jahren statt. Seitdem besteht ein relativ regelmäßiger Rhythmus von Kalt- und Warmzeiten mit einer Spanne von ca. 100.000 Jahren (Abb. 2-2). Hierbei nehmen die Warmzeiten nur einen relativ kurzen Zeitraum von ca. 10.000 - 20.000 Jahren ein. Während der Kaltzeiten erreicht die Vergletscherung die Vorländer der Alpen, bei einer Warmzeit weicht sie wieder zurück. In den Zentralalpen erreichte die maximale Eisoberfläche 2600 bis 2800 m über N.N., was eine Eishöhe von ca. 1000 - 1700 m bedeutete. Der maximale Vorstoß des Salzachgletschers fand vor ca. 1 Mio. Jahren statt. Die Gletschervorstöße prägen die alpine Landschaft: Sie übertieften die Täler um mehrere hundert Meter, die dann mit quartären Ablagerungen wie Tonen und Moränenmaterial verfüllt wurden.

Während der (Würm-) Kaltzeit bedeckten die Gletscher im Alpengebiet ca. 126.000 km<sup>2</sup>, heute sind es nur noch 3000 km<sup>2</sup> (VEI 2002). Ihre Ränder befanden sich damals am Nordrand der Alpen auf Höhen um 1200 bis 1300 m N.N., also ca. 1000 bis 1500 m tiefer als heute. Vor ca. 18.000 Jahren, während der letzten (Günz-) Kaltzeit, soll die maximale Eisausdehnung in den Ostalpen erreicht worden sein. 4.000 - 5000 Jahre später waren viele Bereiche wieder eisfrei, sodass die Flächen sich wieder bewaldeten. Vor ca. 14.000 - 13.400 Jahren enden die Schmelzwassereinträge in viele nord- und

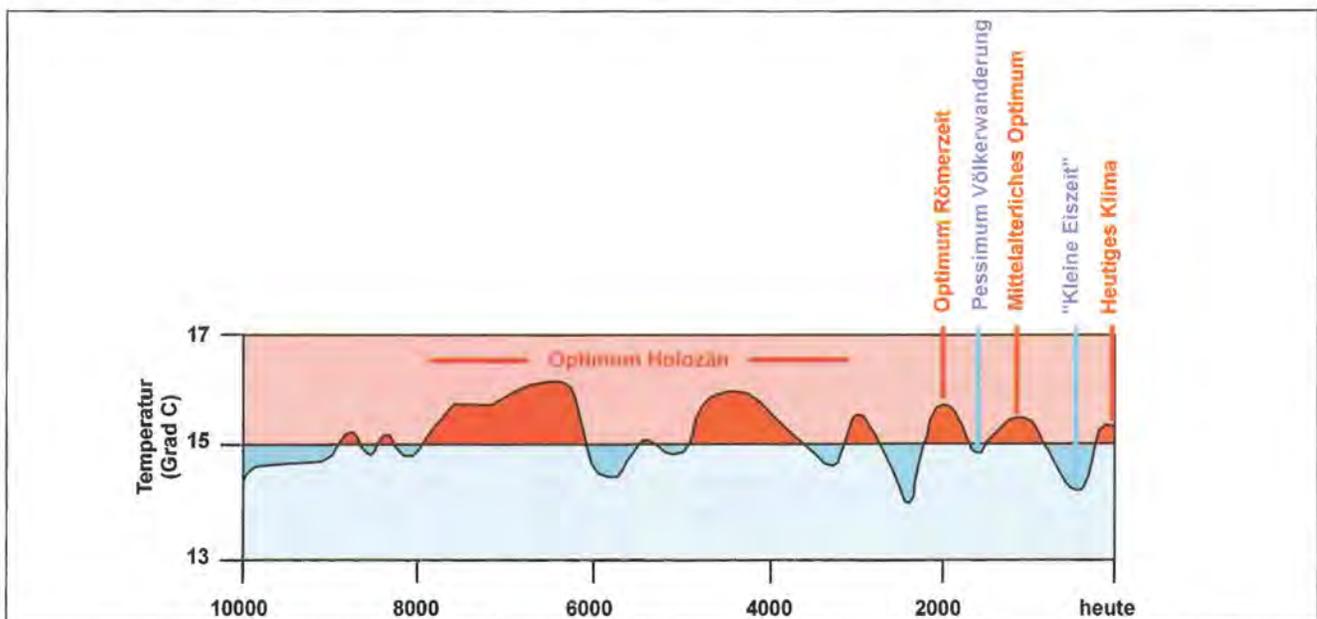


**Abb. 2-2:** Temperaturschwankungen in den letzten 1 Mio. Jahren (nach SCHÖNWIESE 2003, geändert). Die Werte beziehen sich auf die nordhemisphärisch gemittelte bodennahe Lufttemperatur.

südalpine Seen. Dies weist darauf hin, dass die Gletscher rasch abgeschmolzen sind. Der spätglaziale Anstieg der Schnee- und Waldgrenze auf das heutige Niveau ist demnach wahrscheinlich bereits vor 9000 Jahren abgeschlossen worden. Die gewaltige Eismasse wurde in höchstens 10.000 Jahren aufgebaut und wieder abgeschmolzen. Die Verbreitung der tiefsten Permafrostböden aus dieser Zeit, u. a. angezeigt durch fossile Blockgletscher, anhand deren sich die  $-1^{\circ}\text{C}$ -Jahresisotherme feststellen lässt, deutet auf eine Jah-

resdurchschnittstemperatur von  $-7^{\circ}\text{C}$  hin, also um  $15 - 16^{\circ}\text{C}$  tiefer als heute. Nach HAEBERLI & SCHLÜCHTER (1987) soll zudem die Niederschlagsmenge in dieser Zeit um ca. 80 % niedriger gewesen sein.

Die Ausdehnung der Gletschermasse ist gut mit der Sommertemperatur korreliert. Kühle Sommer mit Neuschneefällen erhöhen die Albedo (s. Kap. 2.4.4) stark und führen zu einer entsprechenden Zunahme der Eismasse. Zudem hängt das Gletschervolumen von der Dauer kühl-feuchter Verhältnisse ab. Die Gletscher-

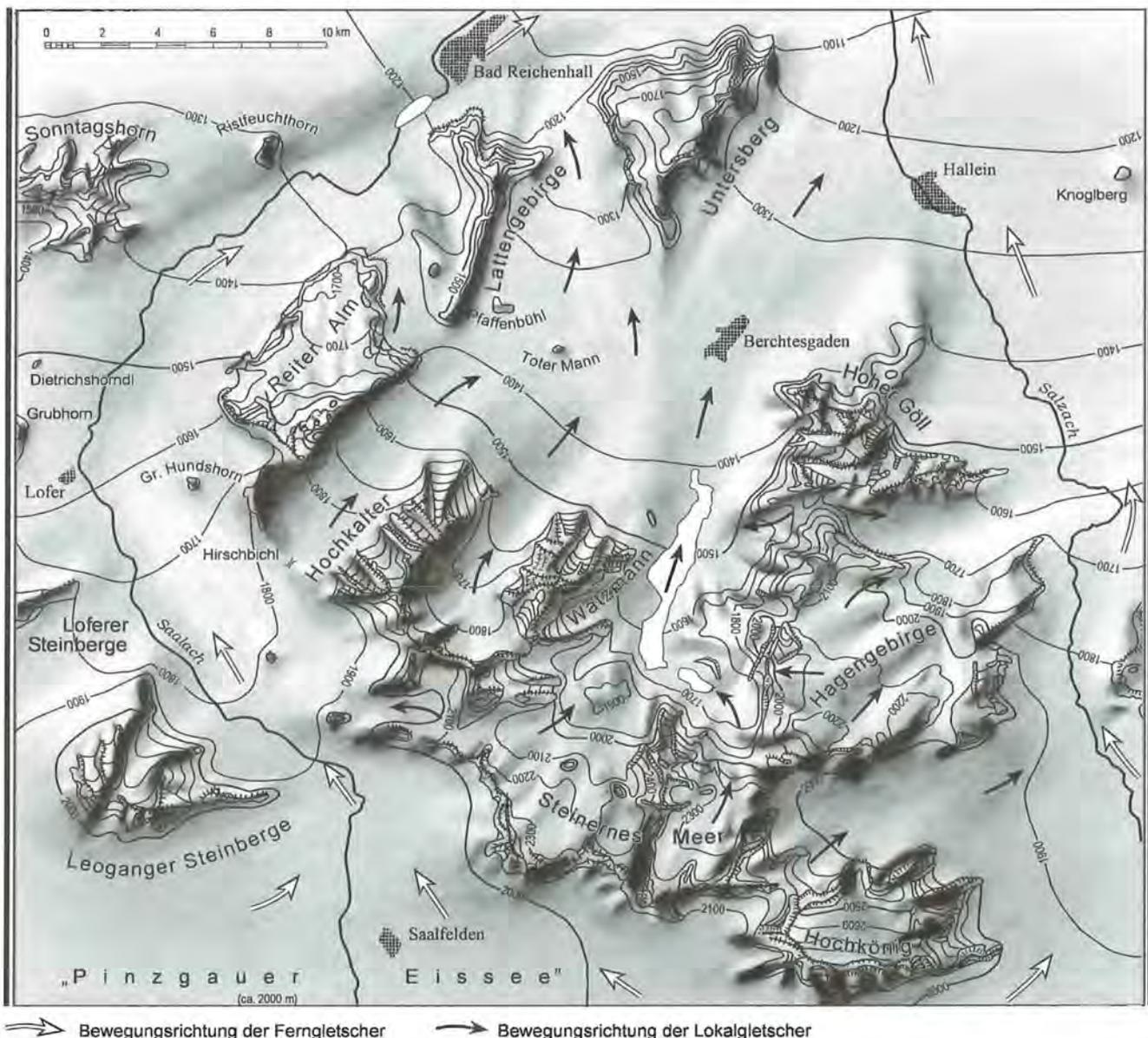


**Abb. 2-3:** Temperaturschwankungen im Holozän (nach SCHÖNWIESE 2003, geändert). Die Temperaturwerte beziehen sich auf die nordhemisphärisch gemittelte bodennahe Lufttemperatur.

hochstände im Postglazial lassen sich mit geomorphologischen Kartierungen der glazialen Ablagerungen und Formen dokumentieren, die mit Hilfe der C-14 Methode datiert werden. Für die Erforschung der Hochstände der letzten 500 – 700 Jahre kommen zusätzlich historische und geländearchäologische Methoden zur Anwendung. Die Ermittlung der Minimalstände der Gletscher ist dagegen sehr viel schwieriger. Trotzdem ist gesichert, dass die Gletscherstände während des Holozäns mehrfach höher oder geringer waren als heute. Der „Ötzi“, der „Mann aus dem Eis“, wurde vor ca. 5000 Jahren am Hauslabjoch in ca. 3000 m über N.N. eingeschneit. Wahrscheinlich war die Gletscherausdehnung damals geringer als heute. Im Klimaoptimum der Römerzeit (ca. 300 – 400 n.Chr.) waren einige Alpenpässe auch im Winter frei. So konnte der karthagische Heerführer Hannibal die Alpen mit 40.000 Soldaten, 9000 Reitern und 37 Elefanten den Col du Clapier überschreiten und die Römer überraschend aus dem Norden angreifen (LUKASCHANDERL 1983). Verschiedene Untersuchungen (HORMES et al. 2001, SLUPETZKY et al. 1998, BURGA 1991) zeigen,

dass es im Holozän bereits mehrfach Gletscherrückzüge ohne Einfluss des Menschen gegeben hat (vgl. Abb. 1-3).

Im mittelalterlichen Klimaoptimum (850 – 1200 n. Chr.) waren die Alpengletscher ebenfalls kleiner als heute. Ab 1200 setzten dann eine rasche Abkühlung und damit die hochmittelalterlichen Gletschervorstöße ein, die um 1340 ein Maximum erreichten. In Mitteleuropa fällt die Hauptphase der kleinen Kaltzeit, das so genannte "Maunder-Minimum", in die Jahre zwischen 1650 und 1710 (GLASER 2001). In den Alpen folgten weitere Gletscherhochstände um 1620, 1770/80 und um das Jahr 1850 n. Chr. (VEIT 2002). Seither gab es nur noch kleinere Hochstände um 1890 und 1920. Danach schmolzen die Gletscher stark ab, insbesondere in der wärmeren Periode von 1930 – 1940. Die erneute Abkühlung, während derer ca. 75% der Gletscher in den Ostalpen wieder zunahm, dauerte bis Ende der 1970er Jahre. Diese Periode wirkte sich aber nicht auf große Gletscher wie die Pasterze aus, die seit Jahrzehnten abschmilzt.



Nach FISCHER (2005) waren die Hochplateaus der Berchtesgadener Alpen zur Zeit der maximalen Vereisung mächtige bis zu 300 m hohe Nährgebiete der lokalen Gletscher. Sie sind überwiegend in nordöstliche und nördliche Richtung abgefließen und haben sich zwischen mächtigen Eismassen des Saalach- und Salzachgletschers geschoben, die aus den kristallinen Kalkalpen stammten.

### 2.3.3 Neuzeitliche klimatische Änderungen

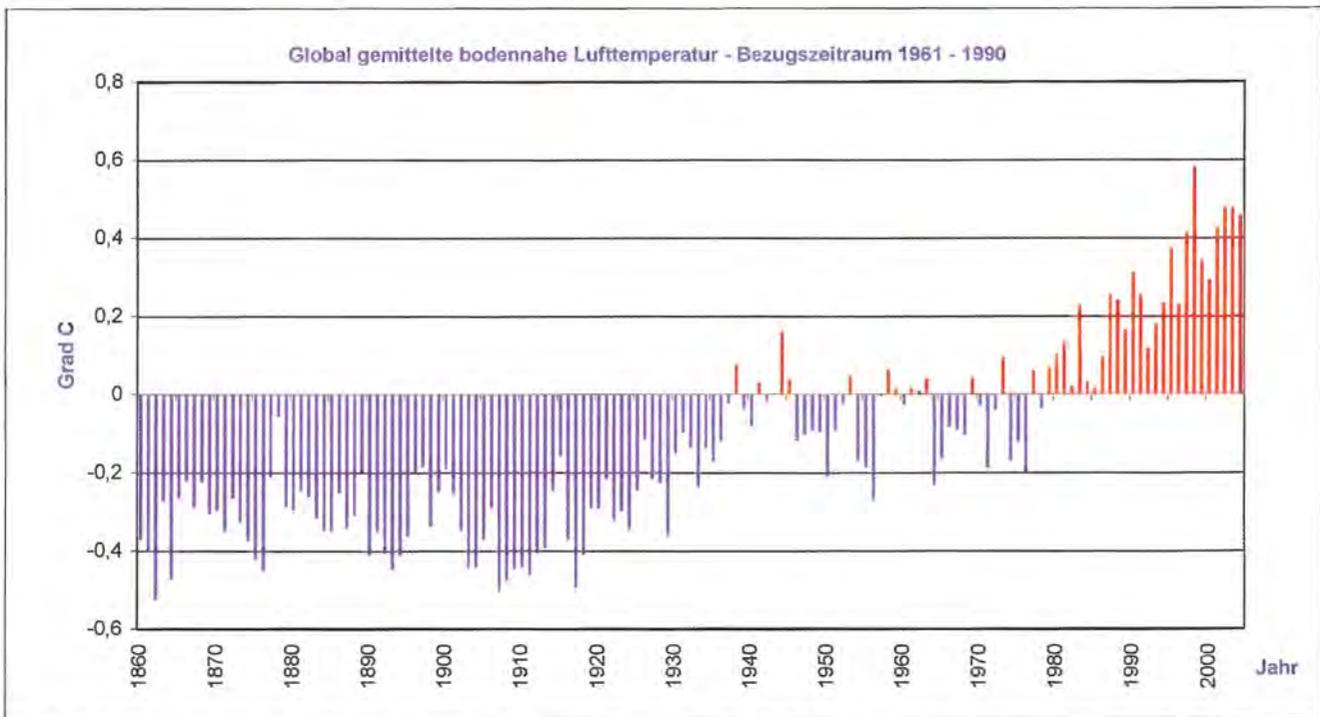
Nach der von IMBRE 1981 erweiterten MILANKOWITZ-Theorie (zitiert in HÄCKEL 1999) steuert die Erde aufgrund der Änderung der Erdbahnparameter auf eine neue Kaltzeit zu ((vgl. Kap. 2.3.1). In ca. 25.000 Jahren wird die durchschnittliche Temperatur der Erdoberfläche um ca. 1°C, in 75.000 Jahren um ca. 2°C sinken. Vulkanausbrüche sind nach derzeitigem wissenschaftlichem Stand zufällige, nicht vorhersagbare Ereignisse, die das Klima aber nur für einige Jahre merkbar beeinflussen (SMOLKA 2005). Der menschliche Einfluss jedoch spielt für das zukünftige Klima eine entscheidende Rolle (SCHÖNWIESE 2005). Bedenkt man, dass die Sonne innerhalb von 5 Sekunden die gleiche Energiemenge zur Erde strahlt, die die Menschheit derzeit in einem Jahr verbraucht, so erscheinen die direkten Energiefreisetzung durch menschliche Aktivitäten vernachlässigbar gering. Ganz anders sieht es dagegen mit den in die Atmosphäre abgegebenen Spurengasen und Aerosolen aus. Bei den Spurengasen handelt es sich in erster Linie um Kohlendioxid, Methan, Distickstoffoxid und halogenierte Kohlenwasserstoffe (FCKW), die aufgrund ihres molekularen Verhaltens in den hohen Schichten der Atmosphäre zu Kettenreaktionen führen, die langwellige Strahlung absorbieren, in der Erdatmosphäre festhalten und damit wie ein Treibhaus wirken. Zusätzlich absorbiert Wasserdampf die terrestrische Wärmestrahlung.

Diese Gase tragen wie in Tabelle 2-1 dargestellt zum natürlichen Treibhauseffekt bei (SCHÖNWIESE 2003); Nach diesen Daten sind die Beiträge der Spurengase und des Wasserdampfs zum natürlichen bzw. anthropogen verursachten Treibhauseffekt sehr unterschiedlich. Jedes der klimarelevanten Spurengase absorbiert eine andere Wellenlänge. Damit addieren sich die Wirkungen der Spurengase. Einen groben Überblick über ihre Reaktionsweise gibt HÄCKEL (1999). Details zu diesem sehr interessanten Thema können den dort zitierten Werken zur Luftchemie entnommen werden.

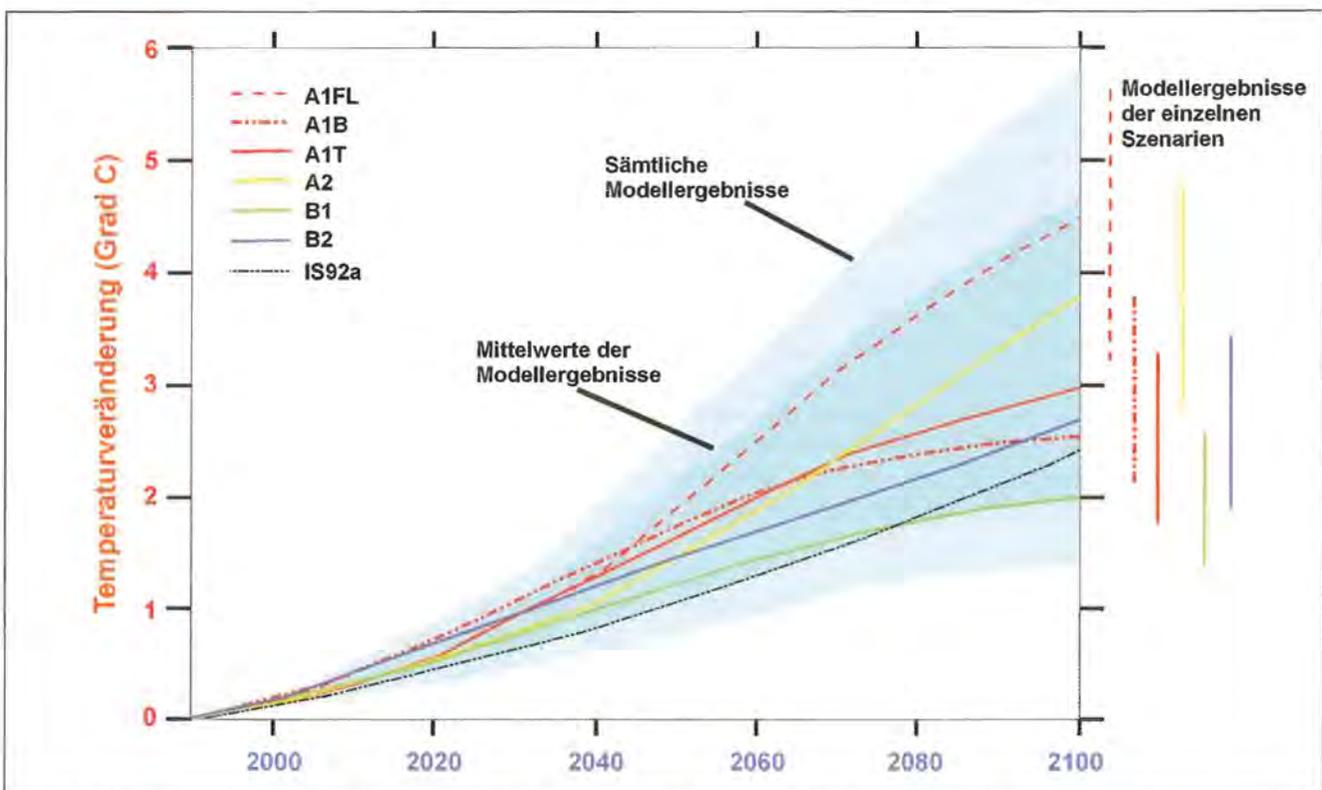
Fast alle diese Spurengase wären auch ohne menschliche Aktivitäten in einer Konzentration von ca. 300 ppm in der Atmosphäre vorhanden. Diese Konzentration erhöht die durchschnittliche globale Lufttemperatur der Erdoberfläche um 12°C, sodass sie 14°C und nicht lebensfeindliche 2°C beträgt. Die Erhöhung der Spurengaskonzentration durch Verbrennung fossiler Energie, Waldrodungen, landwirtschaftliche Tätigkeiten usw. ist in Tab. 2-1 dargestellt. Die Wirkungszusammenhänge sind sehr komplex und können nur in komplizierten Klimamodellen bearbeitet und bewertet werden. Verschiedene Klimamodelle kommen zu dem Ergebnis, dass die global gemittelte naturnahe Lufttemperatur durch den zusätzlichen anthropogenen Treibhauseffekt seit etwa 1850 um etwa 1°C erhöht wurde (SCHÖNWIESE 2003). Die Zukunftsprognosen sind jedoch nach wie vor unsicher. Dies wird durch die Unsicherheit der Behandlung von Variablen der Klimamodelle selbst verursacht (z.B. Bewertung der Bewölkung, Einbeziehung von Meereis und Meeresströmungen). Andererseits gibt es noch Unwägbarkeiten bei der Bewertung der Rückkopplungsmechanismen von Boden und Vegetation für die Spurengase (SCHÖNWIESE 2003). Das „International Panel on Climate Change“ (IPCC), der vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) und der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) im Jahr 1988 gegründete Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimafr-

**Tabelle 2-1:** Beitrag wichtiger Spurengase zum natürlichen und anthropogen Treibhauseffekt. Wasserdampf hat nur einen kleinen direkten Anteil am anthropogen Treibhauseffekt, weil er mit der natürlichen Verdunstung der Weltmeere nicht konkurrieren kann. Er spielt aber eine wichtige Rolle als indirekter Verstärker aufgrund erhöhter Verdunstung bei höheren Temperaturen (nach SCHÖNWIESE 2003, geändert).

Spurengase	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	FCKW	N <sub>2</sub> O	O <sub>3</sub>	Wasserdampf
natürlicher Treibhauseffekt	26 %	2 %	–	4 %	8 %	60 %
anthropogen verursachter Treibhauseffekt	61 %	15 %	11 %	4 %	9 %	indirekt
Quellen anthropogener Emissionen	75 % fossile Energie, 20 % Waldrodungen, 5 % Holznutzung (Entwicklungsländer)	27 % fossile Energie, 23 % Viehhaltung, 17 % Reisanbau, 16 % Abfälle (Müll, Wasser), 11 % Biomasse-Verbrennung, 6 % Tierexkremente	Treibgas in Spraydosen, Kältetechnik, Dämmmaterial, Reinigung	23 - 48 % Bodenbearbeitung (einschließlich Düngung), 15 - 38 % chemische Industrie, 17 - 23 % fossile Energie, 15 - 19 % Biomasse-Verbrennung	indirekt über Vorläufersubstanzen, z.B. Stickoxide (Nox, u.a. Verkehrsbereich)	



**Abb. 2-5:** Globale Klimaentwicklung seit ca. 150 Jahren (nach JONES et al. 1999, geändert). Die Daten beziehen sich auf die gemittelten bodennahen Lufttemperaturen von Festländern und Ozeanen.



**Abb 2-6:** Mögliche Temperaturerhöhungen bis 2100. Quelle: IPCC 2001, geändert. Die globale bodennahe Durchschnittstemperatur wird im Zeitraum von 1990 bis 2100 um 1,4 bis 5,8 °C steigen. Diese Vorhersage stützt sich auf Modellberechnungen aus 35 Szenarien. Die verschiedenen Kurven beziehen sich auf verschiedene Szenarien mit den Fragestellungen: a. Wie verändert sich die Weltbevölkerung im betrachteten Zeitraum? b. Wie hoch wird der Energieverbrauch sein? c. Welche Energieträger werden eingesetzt? Folgende Szenarienfamilien wurden definiert: A1: schnelles Wirtschaftswachstum, Weltbevölkerung erreicht Mitte des nächsten Jahrhunderts ihr Maximum. A1FI: Energieversorgung durch fossile Brennstoffe. A1T: nichtfossile Energieträger. A1B Mischung der Energieträger. A2: regionale Autarkie, Erhalt lokaler Unterschiede, kontinuierliche Zunahme der Bevölkerung. Große regionale Unterschiede, technologischer Wandel nur langsam. B1: wie A1, ökonomische Entwicklung geht mehr Richtung Dienstleistungs- und Informationsgesellschaft mit weniger Materialverbrauch und der Einführung effizienter Technologien. Globale, nachhaltige Lösungen. B2: lokale, nachhaltige Lösungen für ökonomische, ökologische und soziale Probleme. IS92a: Szenario: „Wir machen weiter wie bisher“ (vgl. auch CUBATSCH 2005).

gen, hat 35 Alternativen durchrechnen lassen (IPCC Special Report on Emission Scenarios = SRES-Szenarien) und fasst die Ergebnisse für die Entwicklung im Zeitraum von 1990 bis 2100 wie folgt zusammen:

- Anstieg der global gemittelten bodennahen Lufttemperatur um rund 1,5 – 6 °C.
- Abkühlung der Stratosphäre
- Zunehmende Erwärmung der bodennahen Temperatur auf der nördlichen Erdhalbkugel Richtung Arktis, verstärkt insbesondere im kontinentalen Winter, sodass auch in mittleren Breiten milde Winter häufig werden könnten.
- Zunahme der Niederschläge in mittleren Breiten der Nordhalbkugel, dabei möglicherweise jahreszeitliche Veränderungen, d.h. mehr Winter- und weniger Sommerniederschlag.
- Verbreitet höhere Luftfeuchte.

Große Unsicherheiten bestehen vor allem hinsichtlich Extremereignissen wie Starkniederschlägen, Dürren, Stürmen usw. (IPCC 2001).

Auf dieser Grundlage wurde versucht, die Auswirkungen des Klimawandels für den Zeitraum von 2021 bis 2050 in Bayern und Baden-Württemberg zu modellieren (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft 2005). Trotz aller Probleme, die bei der Übertragung der globalen Klimamodelle auf eine vergleichsweise kleine Region noch vorhanden sind, zeigen die Ergebnisse einen ähnlichen Trend. Danach nimmt die Temperatur im alpinen Bereich sowohl im Sommer- als auch im Winterhalbjahr bis 2050 um ca. 2° C zu. Schon diese Temperaturerhöhung dürfte einen Effekt auf die Tier- und Pflanzenwelt des Nationalparks haben.

Vergleicht man das natürliche Absinken der mittleren Lufttemperatur der Erdoberfläche um 1° C in 25.000 Jahren mit der Erhöhung der mittleren Lufttemperatur aufgrund menschlicher Aktivitäten um 1,5 – 6° C in ca. 100 Jahren und rechnet diese Zeitspanne in menschliche Generationen um, beträgt das Verhältnis 1000 : 4. Sollte die Voraussage der Klimamodelle in ihrer Tendenz zutreffen, wird sich dies enorm auf die Tier- und Pflanzenwelt auswirken.

Ein Gebiet wie der Nationalpark Berchtesgaden kann dazu beitragen, auf der Grundlage einer Status-Quo-Aufnahme die Änderungen der Tier- und Pflanzenwelt zu dokumentieren. Im Folgenden werden die Rahmenbedingungen des Klimas, der Hydrologie, der Geologie, der Böden und der Vegetation im Alpenraum kurz skizziert und der Nationalpark Berchtesgaden in diesen Raum eingeordnet. Dieser Rahmen ist notwendig, um sowohl Änderungen innerhalb charakteristischer Ökosysteme (Quellen, alpine Rasen oder Gipfelvegetation), als auch die Verschiebung der Grenzen zwischen ihnen (Waldgrenze!) vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels interpretieren zu können. Als Forschungsziel von höchstem Interesse ist die Erarbeitung eines Wasser- und Stoffflussmodells, um die Wechselwirkungen dieser Faktoren zu berücksichtigen. Dieses Modell soll-

te eingebettet sein in die regionalen und globalen Modelle (vgl. CUBATSCH 2005, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft 2005). Auf die Argumente der „Klimaskeptiker“ geht RAMSTORF (2005) ein.

## 2.4 Klima

Die Alpen beeinflussen das großräumige Wettersystem und wandeln es durch ihre Lage und das vielfältige Relief ab. Sie liegen auf einer Nord-Süd-Achse im Übergangsbereich zwischen dem gemäßigten mitteleuropäischen und dem mediterranen Klima und stellen hier insbesondere für die bodennahen Luftschichten ein Hindernis dar. Sie verstärken damit den europäischen meridionalen Temperaturgradienten. In west-östlicher Richtung erfolgt ein Übergang von den feuchten ozeanischen Luftmassen der Westalpen zum trockeneren kontinentalen Klima des pannonischen Beckens. Die Alpenränder sind feuchter und kühler, während die inneralpinen Gebiete trockener und wärmer sind und eine höhere Strahlungsmenge erhalten. Die Veränderung aller Klimatelemente in Abhängigkeit von der Höhe führt zu klimabedingten Höhenstufen (VEIT 2002).

Berchtesgaden wird dem Übergangsbereich zwischen ozeanischem und kontinentalem Klima zugeordnet. Der Höhenunterschied von max. 2100 m wirkt sich auf die Klimaparameter wie Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchte, Verdunstung, Niederschlag, Evapotranspiration, Strahlung und Wärme aus, die wiederum mit den kleinräumigen topographischen Faktoren wie Höhenlage, Hangneigung und Exposition zu einer hohen Variabilität der Böden, Pflanzen- und Tiergemeinschaften führen (StMLU 2001). Die Klimawerte für den Nationalpark wurden den Berechnungen von KONNERT (2004) entnommen.

### 2.4.1 Temperatur

Die Südalpen sind auf Höhen unterhalb 1500 m im Jahresdurchschnitt um 2 – 4° C wärmer als die Nordalpen. Bei einer Entfernung von ca. 200 km Luftlinie ist die horizontale Temperaturdifferenz damit ungefähr doppelt so hoch wie in vergleichbaren Breitengraden Europas. Die Alpen schirmen die kalten Luftmassen aus dem Norden gegen Süden hin ab, ein Effekt, der durch Föhn verstärkt wird. Viele Faktoren wie Temperaturinversion in Tälern und Kaltluftseen, Relief, Schneedecke, Pflanzendecke usw. können diese Tendenz ändern oder sogar umkehren. Die Linien gleicher Temperatur (Isothermen) liegen in den Zentralalpen etwas höher als in den nördlichen und südlichen Randalpen. Dies wird u.a. durch die Rückstrahlung der höher gelegenen Bodenoberfläche, die höhere Kontinentalität, die geringeren Niederschläge und die damit verbundene höhere Strahlungsbilanz verursacht.

Das Maximum der Frostwechselftage, d. h. der Tage mit Gefrieren und Auftauen innerhalb von 24 Stunden, liegt – bezogen auf die Lufttemperatur – in den Nord- und

Südalpen bei ca. 1400 – 1700 m, in den Zentralalpen aber etwas höher. In den unteren Lagen ist es zu warm, in den oberen Lagen zu kalt. Auch diese Tendenz kann durch viele Faktoren variiert werden. In Gipfellagen kommt es in Südlagen zu sehr viel mehr Frostwechsellagen als in Nordlagen (VEIT 2002). KONNERT (2004) hat den tagesweisen jährlichen Temperaturgang nach Höhenstufen im Nationalpark Berchtesgaden anhand der 5-jährigen Aufzeichnungen (1994-1998) von 20 Klimastationen mit stündlichen Temperaturmittelwerten berechnet (vgl. Abb. 2-7).

Für jeden Tag wurde der mittlere Höhen-gradient anhand der Tagesmittelwerte der Stationen berechnet. Die Werte sind für die Zeit zwischen Anfang März und Mitte Dezember statistisch gut abgesichert. Die Temperaturabnahme beträgt nach diesen Daten von März bis August im Mittel – 0,45 °C/100 Höhenmeter Zunahme. Im Herbst geht der Temperaturgradient auf die Hälfte zurück. Von der zweiten Dezemberhälfte an bis Mitte Februar sind keine statistisch abgesicherten oder nur schwach abgesicherte Gradienten vorhanden, da oft Temperaturinversionen auftreten. Für diesen Zeitraum sollten die ermittelten Werte daher nur als vorläufig betrachtet werden (KONNERT 2004).

#### 2.4.2 Luftdruck, Luftfeuchte und Verdunstung

Der Luftdruck geht auf das Gewicht zurück, mit dem die Luft auf der Erdoberfläche lastet. Da Luft komprimiert

werden kann, nimmt der Luftdruck nicht linear ab, sondern geht nach der barometrischen Höhenformel nach jeweils 5,5 Höhenkilometern auf die Hälfte zurück. Der Luftdruck ändert sich bei unterschiedlichen Temperaturen. Diese Grundlage für klein- und großräumige Luftzirkulationen ist sehr anschaulich bei HÄCKEL (1999) beschrieben.

Die relative Feuchte gibt den Anteil des Wasserdampfs (= gasförmiger Wassergehalt) an, verglichen mit der als Sättigungsfeuchte bezeichneten Höchstmenge. Die Sättigungsfeuchte hängt stark von der Temperatur ab. Bei tiefen Temperaturen ist sie klein, bei hohen Temperaturen groß. Mit anderen Worten: Wenn die Temperatur sinkt, steigt die relative Feuchte; wenn die Temperatur steigt, sinkt die relative Feuchte bei gleichem Wasserdampfgehalt. Bei einer Luftfeuchte von mehr als 100 % kondensiert der Wasserdampf unter Energiefreisetzung. Dies spielt beim Wärmetransport zwischen den Subtropen und den gemäßigten Breiten eine große Rolle: Die in den subtropischen Ozeanen durch Verdunstung aufgenommene latente Wärme wird in die gemäßigten Breiten transportiert und trägt so zur Abkühlung der Subtropen und Erwärmung der gemäßigten Breiten bei (HÄCKEL 1999).

Die Aufnahme und Abgabe latenter Energie spielt beim Aufsteigen und Absinken der Luft eine wichtige Rolle: Die Luft kühlt sich um ca. 1°C pro 100 Höhenmeter ab, solange der in der Luft enthaltene Wasserdampf nicht den Taupunkt überschreitet. Dies wird als „trocken-

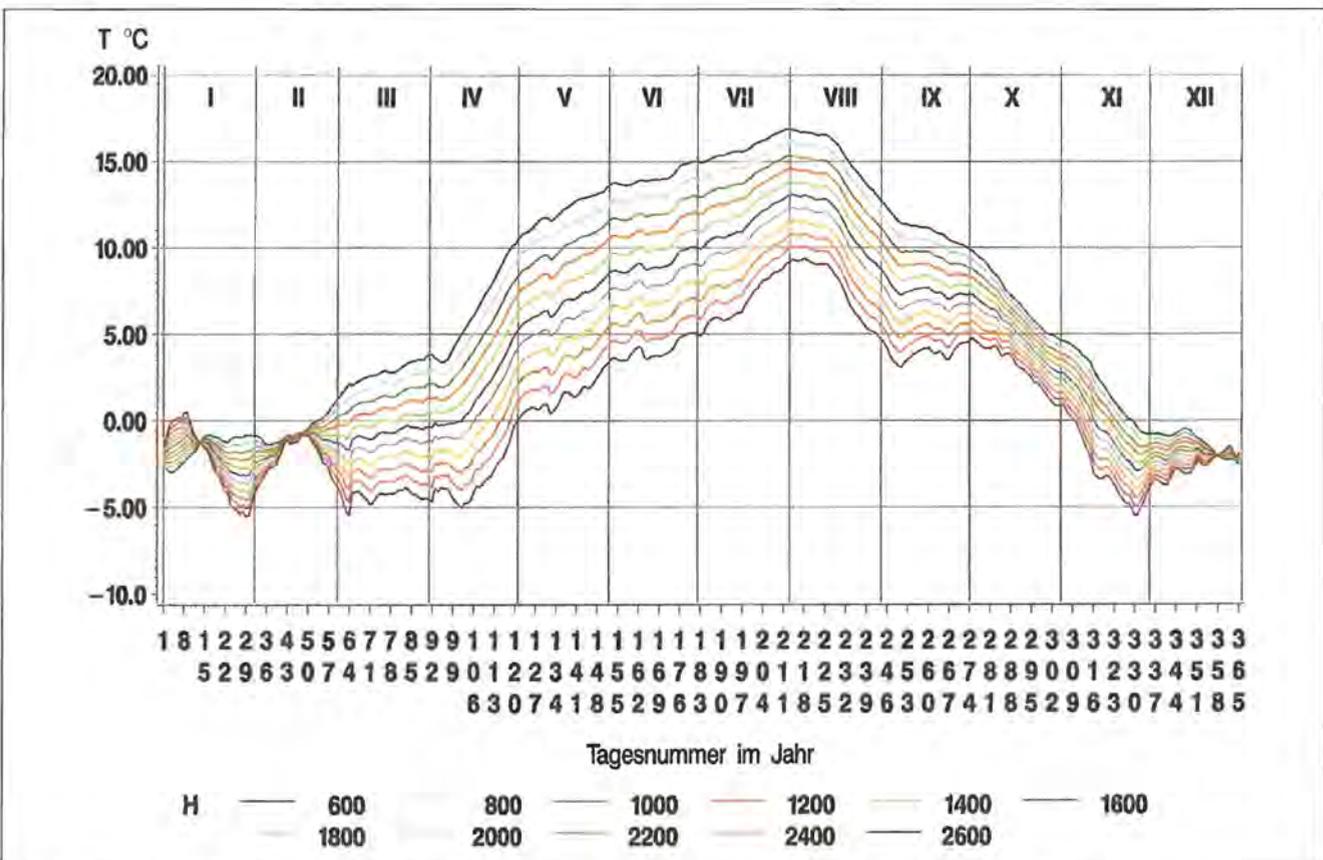


Abb 2-7: Jährlicher Temperaturgang im Nationalpark Berchtesgaden nach Höhenstufen. Aus: KONNERT 2004.

adiabatischer“ Vorgang bezeichnet. Wenn der Taupunkt überschritten wird und der Wasserdampf zu Wassertröpfchen kondensiert, wird die latente Wärme freigesetzt. In diesem Fall kühlt sich die Luft nur noch um ca. 0,4 – 0,7°C ab. Dies wird als „feuchtadiabatischer“ Vorgang bezeichnet.



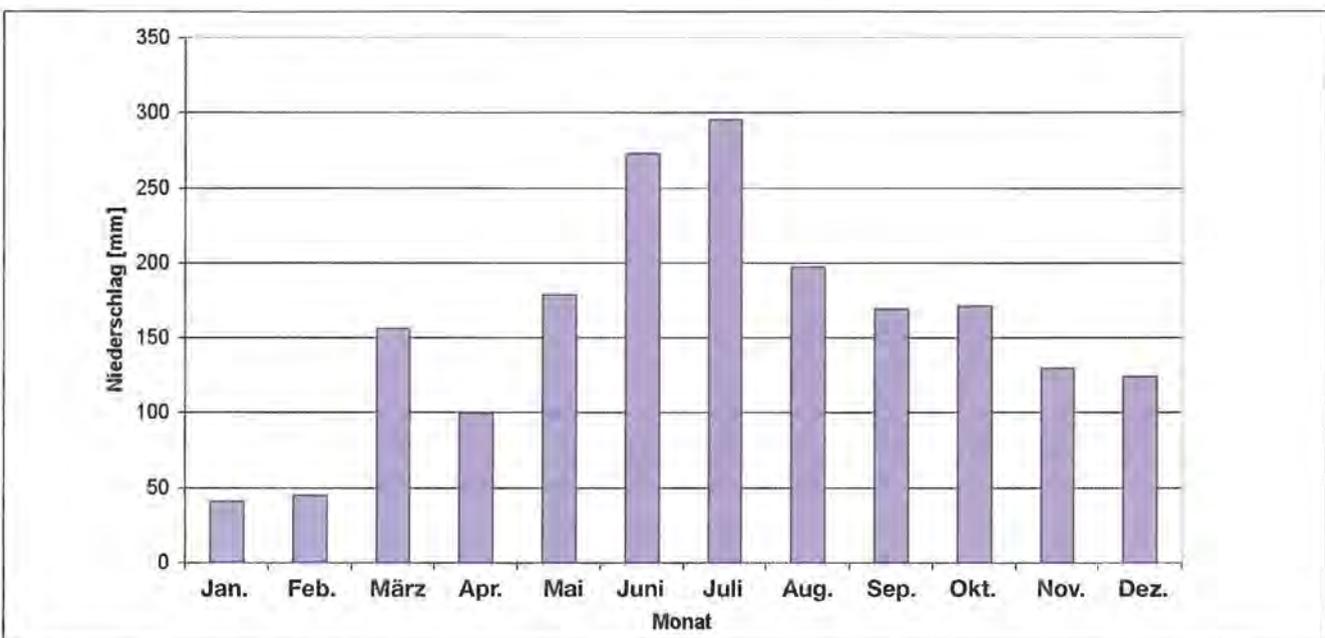
**Abb 2-8:** Kaltluft verdrängt Föhn. Wegen der Temperatursenkung kondensiert der Wasserdampf. Steinernes Meer, 13.8.2005, 10.00 Uhr. (Foto: Franz)

Ein klassisches Beispiel ist der Föhn: Wenn feuchte Luftmassen in den südlichen Alpen aufsteigen, wird ein Teil des kondensierten Wasserdampfs in Form von Niederschlägen abgegeben. Das Wasser wird der Luft entzogen. Beim Absinken des Luftpakets geht demnach der feuchtadiabatische Vorgang in größerer Höhe in einen trockenadiabatischen Vorgang über. Das Kondensationsniveau wird früher erreicht, die Luft wird aufgrund des trockenadiabatischen Vorgangs stärker erwärmt und hat in den Tälern der Nordalpen eine höhere Temperatur als auf gleicher Meereshöhe in den Südalpen (vgl. HÄCKEL 1999).

### 2.4.3 Niederschlag

In den Alpen existiert ein dichtes Netz von Klimastationen, aber nach wie vor sind nur wenige Stationen für Niederschlagsmessungen in Hochlagen vorhanden – der überwiegende Teil der Stationen liegt unterhalb der alpinen Waldgrenze. Grundlegendes Problem ist der große, mit der Höhe zunehmende Messfehler. Das Relief und die hohen Windgeschwindigkeiten führen zu Messfehlern von ca. 15 % für Regen und 50 % für Schnee (SEVRUK 1997). Obwohl durch saisonale Schwankungen der Windgeschwindigkeiten auch die Jahresgänge verfälscht sein können (VEIT 2002), lassen sich einige Regeln für den gesamten Alpenraum aufstellen: Die Niederschläge gehen im Süden oft als konvektive Sommergewitter nieder, die Nordalpen hingegen erhalten eher frontale und orografische Niederschläge geringerer Intensität. Trotzdem ist der Norden eher sommerfeucht, der Süden wegen der mediterranen Prägung eher winter- bzw. frühjahrs- oder herbstfeucht. Dazwischen liegt die inneralpine Trockenzone.

Die Niederschlagsmenge nimmt in der Regel mit der Höhe zu, im Norden stärker als im Süden (VEIT 2002). Obwohl der absolute Wasserdampfgehalt aufgrund der abnehmenden Temperaturen sinkt, nimmt die Windgeschwindigkeit mit der Höhe zu und bringt größere Niederschlagsmengen in die oberen Lagen. Zudem hat hier der Nebelniederschlag einen erheblichen Anteil an der Gesamtniederschlagsmenge. Dieser auch als Nebeltraufe oder Nebeltau bezeichnete Niederschlag schwankt nach GRUNOW (1964) in Europa innerhalb sehr weiter Grenzen. Insgesamt ist mit der Höhe eine Zunahme zu beobachten, wobei die Exposition zur Windrichtung eine wesentliche Rolle spielt. Im mitteleuropäischen Binnenland schwankt sie zwischen 300 und 900 mm und erreicht dabei 25 – 150 % der Jahresniederschlagsmenge. Auf der Klimastation des Sonnblicks in



**Abb 2-9:** Verteilung der Niederschläge nach Monaten im Nationalpark Berchtesgaden (aus KONNERT 2004).

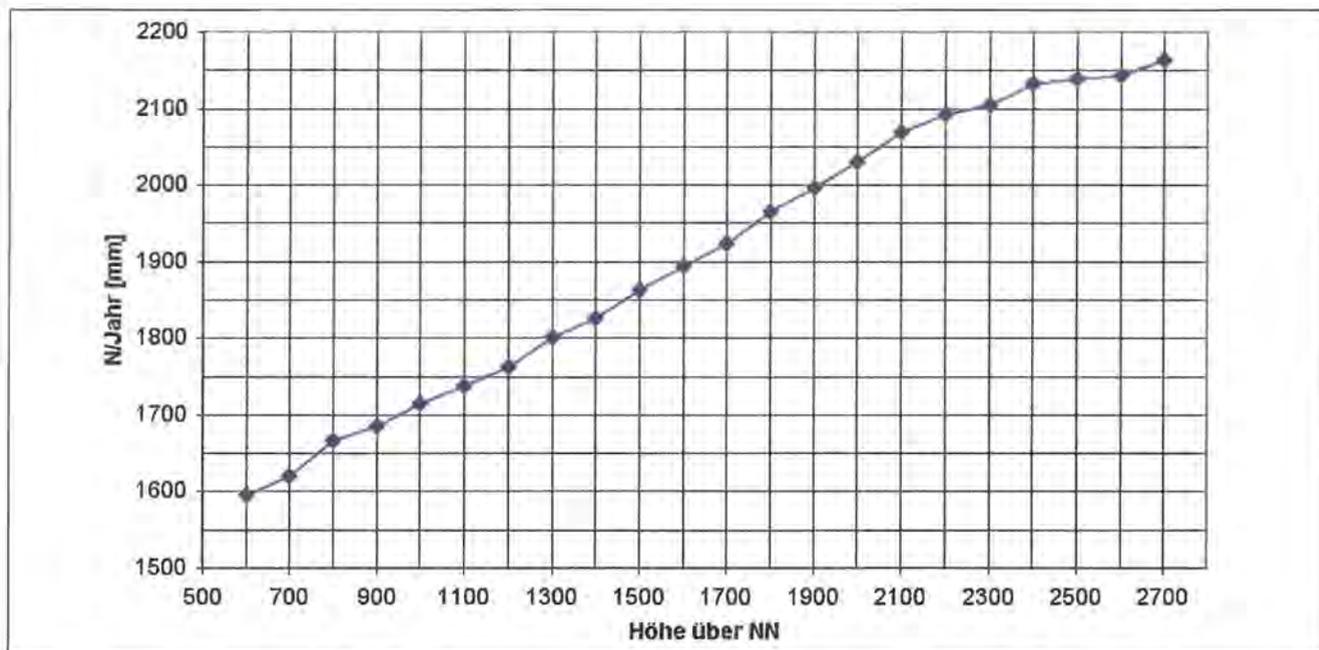


Abb 2-10: Mittlerer Jahresniederschlag nach Höhenstufen im Nationalpark Berchtesgaden (aus KONNERT 2004).

den Hohen Tauern in einer Höhe von über 3000 m erreicht die Nebeltraufe mit jährlich fast 2200 mm über 180 % des mit normalen Regensammlern gemessenen Niederschlags (HÄCKEL 1999).

Die monatliche Verteilung der Niederschläge sowie der mittlere Jahresniederschlag wurden von KONNERT (2004) berechnet. Die statistische Auswertung berücksichtigt 10 Klimastationen für den Zeitraum von 1995 bis 1999 mit allen Problemen, die für die Niederschlagsmessung oben angeführt wurden. Die höchsten Niederschläge fallen nach dieser Auswertung von Juli bis August, während die Wintermonate Januar und Februar im Vergleich dazu niederschlagsarm sind. Nach Auswertungen von KONNERT (2004) bringen in Berchtesgaden vor allem nordwestliche und westliche Strömungslagen größere Niederschlagsmengen. Der mittlere Jahresniederschlag steigt fast zwischen 600 und 2100 m fast linear um 31 mm/100 Höhenmeter an, um dann abzuflachen (vgl. Abb 2-10). Die statistische Absicherung für diese Werte ist vorhanden, aber die Messperiode von 5 Jahren ist sehr kurz. Zudem fehlen in den Höchstlagen des Nationalparks Niederschlagsmessungen, sodass die Dokumentation der Niederschlagswerte in der alpinen Zone des Nationalparks noch stark verbesserungswürdig ist (KONNERT 2004).

Die räumliche und zeitliche Variabilität der Schneedecke hängt von sehr vielen Faktoren ab, die derzeit noch nicht alle verfügbar sind. Sie wird deshalb in einem eigenen Projekt unter der Leitung von Dr. Ulrich Strasser am Lehrstuhl für Geographie und geographische Fernerkundung der Ludwig-Maximilians-Universität München im Rahmen des GLOWA-Danube-Projekts untersucht (vgl. STRASSER & MAUSER 2006). In diesem Projekt wird auch eine Windfelddatenbibliothek auf der Grundlage des digitalen Höhenmodells im Nationalpark Berchtesgaden erstellt. (BERNHARDT et al. 2005).

#### 2.4.4 Strahlung und Wärme

Die Strahlung ist der "Motor der Klimamaschine". Ein Teil der Sonnenstrahlung wird vor Erreichen der Erdoberfläche in andere Energieformen umgewandelt, ein anderer Teil wird absorbiert und erwärmt die Atmosphäre, eine dritte Fraktion wird von Gasen und Partikeln der Atmosphäre gestreut und damit in eine andere Richtung gelenkt. Auf der Erdoberfläche kommen die direkte Sonnenstrahlung und ein Teil der gestreuten oder diffusen Strahlung an. Die Summe aus direkter und diffuser Strahlung heißt Globalstrahlung oder "Insolation" (Incoming solar radiation). Ein Teil der Globalstrahlung wird an der Erdoberfläche absorbiert, ein anderer Teil wieder reflektiert. Der an der Oberfläche reflektierte Anteil der Strahlung wird als Reflexionsvermögen oder "Albedo" bezeichnet und in Prozent angegeben (HÄCKEL 1999). In den Alpen muss die Strahlung mit größerer Höhe als ökologischer Faktor stärker gewichtet werden. Bei blauem Himmel nimmt die diffuse Strahlung mit der Höhe ab, die direkte aber stärker zu, sodass die Globalstrahlung insgesamt ansteigt. Somit können trotz niedriger Lufttemperaturen in 2 m Höhe direkt über dem Boden oder an Blättern höhere Temperaturen auftreten. Das führt zu günstigeren Bedingungen für die Tier- und Pflanzenwelt der höheren Lagen. Die Strahlungsbilanz wird zudem vielfach modifiziert durch Bewölkung, Höhenlage, Jahreszeit sowie kleinräumig durch Bodenbedeckung, Schneebedeckung, Exposition und Hangneigung. Bei flacher Sonneneinstrahlung im Winter wirkt fast ausschließlich diffuse Strahlung. Dies ist ein wesentlicher Faktor für die längere Schneebedeckung dieser Lagen. In der Regel genießen die Zentralalpen im Vergleich zu den Süd- und Nordalpen eine höhere Strahlung, da sie geringer bewölkt und beregnet werden. Dies wirkt sich vor allem in inneralpinen Hochtälern stärker aus (VEIT 2002). Diese allgemeine Aussage muss

zumindest jahreszeitlich variiert werden: Im Sommer geht die Globalstrahlung in den Alpen bis 2000 m zurück und bleibt dann konstant, weil höhere Berggipfel oft in Wolken gehüllt sind, während in den Tälern die Sonne scheint. Im Winter ragen die Berggipfel dagegen häufig aus einer benebelten Inversionsschicht heraus, sodass die Globalstrahlung mit der Höhe zunimmt (HÄCKEL 1999).

## 2.5 Hydrologie

Die Alpen werden als „Wasserschloss Europas“ bezeichnet, weil der Gebietsabfluss hier wesentlich höher ist als in den Vorländern. Die Wasserspeicherung in Seen, Eis und Permafrost der Schweiz entsprach 1980 der 3,5fachen Menge des Niederschlags.

### 2.5.1 Abfluss

Der Gebietsabfluss in den Alpen beträgt durchschnittlich 50 – 60 l/s·km<sup>2</sup>, im Vorland werden dagegen nur ca. 10 l/s·km<sup>2</sup> gemessen (VEIT 2002). Diese Werte sind auf die zunehmende Niederschlagsmenge in der Höhe und die gleichzeitig abnehmende Evapotranspiration zurückzuführen. Bei Rhein, Rhône und Inn liegt die Hälfte der alpinen Einzugsgebiete oberhalb 2000 m. Damit kommt dem Faktorengefüge, das oberhalb der Waldgrenze die Wasser- und Sedimentfrachten steuert und somit die jahreszeitliche Verteilung des Abflusses sehr stark beeinflusst, eine besondere Bedeutung zu. WEINGARTNER & ASCHWANDEN (1992) unterscheiden folgende Typen von Abflussregimes:

Das glaziale Abflussregime besitzt einen großen Gletscheranteil von typischerweise mehr als 30 %. In den beiden Monaten Juli und August fließen ca. 60 % der Jahresabflussmenge ab, in den Monaten Mai bis September 90 %. Der winterliche Abfluss ist gering.

Beim nivalen Abflussregime beginnt die Schneeschmelze in den unteren Lagen im April. Die Hauptmenge fließt im Mai und Juni ab. Von Mai bis September fließen nur noch 70 % der Jahressumme ab. Das Gebiet ist fast nicht mehr vergletschert. Zwischen glazialen und nivalem Abflussregime gibt es Übergänge.

Der pluviale Typ ohne Einfluss der Schneeschmelze kommt in den Alpen äußerst selten vor. Bei tief liegenden Einzugsgebieten ohne Vergletscherung ist die Abflusskurve in der Regel mehrgipflig. Die Abflussspitze im Frühjahr wird durch die Schneeschmelze verursacht, der herbstliche Gipfel durch Regen. Die geringeren Abflusssraten im Sommer werden durch erhöhte Verdunstung verursacht. Wenn die Schneeschmelze größere Abflussmengen liefert als der Regen, wird das Regime als nivo-pluvial bezeichnet, im umgekehrten Falle als pluvio-nival.

Die Veränderung des Abflussregimes kann einen Hinweis auf Klimaänderungen geben.

### 2.5.2 Grundwasser

Die Grundwasserkörper sind stark vom geologischen Untergrund beeinflusst. Obwohl in den Alpen im Durchschnitt genügend Wasser vorhanden ist, kann es lokal zu Engpässen kommen. In den Kalkalpen erreicht das Grundwasser hohe Fließgeschwindigkeiten, manchmal mehrere Kilometer pro Tag. Da unter diesen Bedingungen die Filterung des Wasserkörpers gering ist, wird das Grundwasser sehr verschmutzungsanfällig. Das Wasser ist schwach alkalisch (pH – Werte von 7,5 bis 8) und mittelhart (Gesamthärte 8 bis 18 °dH). Quellen treten vor allem an Stauschichten auf. In Österreich wird ein Drittel der Bevölkerung aus solchen Karstquellen mit Trinkwasser versorgt, u. a. die Städte Wien, Salzburg und Innsbruck (VEIT 2002). Die Grundwasserspeicher können in den Alpen aufgrund des starken Gefälles sehr verletzlich sein. Wegen des komplizierten geologischen Gefüges stimmen die hydrogeologischen Wassereinzugsgebiete oft nicht mit den topografischen Wasserscheiden überein.

## 2.6 Boden

Die bodenbildenden Faktoren Relief, Gestein, Mikroklima, Pflanzen- und Tierwelt wechseln im alpinen Gebiet sehr oft auf kleinstem Raum und ihr Wechselspiel ist deshalb sehr komplex. Zudem spielt die Zeit bei Materialumschichtungen eine sehr große Rolle und die Bedeutung der Faktoren verändert sich mit der Höhe. Aus diesen Gründen ist der Kenntnisstand über die Böden der Alpen sehr gering. Folgende Tendenzen sind von VEIT (2002) herausgearbeitet worden, weisen aber zahlreiche Ausnahmen auf:

Mit der Höhe verlangsamt sich die Bodenbildung wegen der abnehmenden Temperaturen. Physikalische Verwitterung wie Frostverwitterung oder Insolationsverwitterung nimmt zu, da die Temperaturamplitude ansteigt. Die chemische Verwitterung nimmt ab, ebenso der davon abhängige pedogen bedingte Tongehalt (Tonmineralneubildung). Mineralisierung und Humifizierung nehmen ab aufgrund der geringeren Aktivitäten der Bodenorganismen, der geringeren Jahresdurchschnittstemperaturen und der kürzeren Vegetationsperiode. Dadurch bildet sich oft mächtiger Auflagehumus, d.h., der Humusgehalt nimmt mit der Höhe zu, wenn eine entsprechende Vegetationsbedeckung vorhanden ist. Die mittleren Bodentemperaturen sinken mit zunehmender Höhe weniger stark als die mittlere Lufttemperatur. Dies wird vor allem durch die winterliche Schneedecke als Isolierschicht und die sommerliche stärkere Erwärmung des Bodens verursacht. Wegen der stärkeren Erwärmung des Oberbodens bei kühler Unterschicht wird mit zunehmender Höhe die Durchwurzelungstiefe vermindert. Frostbedingte Substratentwicklungen und damit Störungen der Bodendecke nehmen zu. Die Bodenbildung dauert sehr viel länger und ist damit anfälliger für Klimaschwankungen. Zudem sind viele Böden der Alpen vor allem in Südlagen durch landwirtschaftliche Nutzung stark verändert (VEIT 2002). Wie schon oben

betont gibt es zahlreiche Ausnahmen von diesen allgemeinen Tendenzen. Eine Zusammenfassung der Kenntnis der Böden und forstlichen Standorttypen im Nationalpark gibt KONNERT (2004). KÜFMANN (2004) gibt Hinweise zur Bodenbildung im Karst durch Einträge von Flugstäuben auf die Reiteralm, einem Hochplateau des Nationalparks.

## 2.7 Geologie

Die Alpen gehören zu den jungen Falten- und Deckengebirgen, die am Ende der Kreidezeit und im Tertiär, d. h. vor ca. 100 Mio. Jahren entstanden sind (LANGENSCHIEDT 1994). Durch den Zusammenstoß der afrikanischen und europäischen Kontinentalplatten kam es zur Verdickung der Erdkruste von ursprünglich unter 30 km auf ca. 60 km. Dies geschah zum größten Teil mehrere km unter dem Meeresspiegel. Die Alpen wurden erst im Jungtertiär in Form eines Gebirges über den Meeresspiegel herausgehoben. Das Relief und das axiale Entwässerungsnetz entwickelten sich anfangs unter wechselfeucht-tropischen Bedingungen. Seit dem Pleistozän lösen sich Kaltzeiten mit Vergletscherungen und Warmzeiten mit Rückgang der Vergletscherungen ab (vgl. Kap. 2.3.2) und formen das charakteristische Landschaftsbild des Hochgebirges. Da die Alpen durch eine Kontinent – Ozean – Kontinent – Kollision entstanden sind, können die drei Haupt-Deckschichten diesen ursprünglichen Regionen zugeordnet werden. Der europäische Kontinentalrand wird zum Helvetikum, der afrikanische und adriatische Kontinentalrand wird zum Südalpin und Ostalpin, die Beckensedimente in den z.T. ozeanischen Bereichen werden zum Penninikum. Auf der Adriaplatte am Nordrand der afrikanischen Kontinentalplatte lagern sich die mächtigen Riff- und Lagunenbänke ab, die später die nördlichen und südlichen Kalkalpen bilden. Diese ursprünglich 500 – 700 km, manchmal 1000 km breiten Gürtel wurden auf eine derzeitige Breite von 120 – 200 km zusammengeschoben. Die Schichten sind seit dieser Zeit von allen Richtungen gestaucht worden. Trotz des sehr komplexen geologischen Baus ist vor allem in den Ostalpen im Groben eine Symmetrie zu erkennen mit einer zentralen kristallinen Zone, um die im Norden und Süden kalkhaltige Sedimentzonen liegen. Eine detaillierte Übersicht findet sich bei BRANDNER (1980). Genauere Details der Geologie der Berchtesgadener Alpen werden in Kap. 3.1 beschrieben.

## 2.8 Vegetation

### 2.8.1 Geschichte

Mit der starken Heraushebung der Alpen gegen Ende des Tertiärs mussten sich die Pflanzenarten an die Gebirgsbildung anpassen. Während der Klimaschwankungen des Quartärs sind dann Pflanzen aus den Hochgebirgen Afrikas, Südeuropas, Asiens wie dem Himalaya und dem Altai oder aus anderen kalten Gebieten einge-

wandert. Die Zirbe (*Pinus cembra*) kommt zu dieser Zeit aus Sibirien, das Edelweiss (*Leontopodium alpinum*) aus den Bergsteppen Hochasiens, die Silberwurz (*Dryas octopetala*) aus der Arktis. Durch die Vergletscherung der Kaltzeiten werden die Wälder fast vollständig aus den Alpen verdrängt. Einige Baumarten überlebten in Refugien, z.B. die Fichte (*Picea abies*) in Kärnten und dem südlichen Burgenland und die Buche (*Fagus sylvatica*) in Nordwest-Italien und dem Rhônetal. Die zunehmende Isolierung verschiedener Gebirgsgruppen durch Hebung und Klimawandel hat auch zur Entstehung neuer Arten geführt. Generell nahmen die Artenzahl und die innerartliche genetische Diversität in den Refugien nach Westen und Norden hin ab. Während der letzten Kaltzeit wuchsen Baumarten in den Gebirgen Süd- und Südosteuropas in einem schmalen Höhenband von 500 – 700 m N.N. (BIRKS & LINE 1993). Seit der letzten Kaltzeit breiten sich verschiedene Baumarten mit einer Wandergeschwindigkeit von ca. 200 m, in Extremfällen von 1 – 2 km pro Jahr aus (VEIT 2002). Bereits ca. 7500 v. Chr. entsprach die Waldgrenze ihrer heutigen Höhenlage. Die Fichte hatte ein schmales Areal am Ost-, Südost- und Nordostrand der Alpen. Sie breitete sich im Frühholozän rasch in den Ostalpen aus, aber erst sehr viel später, um ca. 3000 v. Chr., in den Westalpen. Wahrscheinlich ist dies auf die Konkurrenz von Tanne, Zirbe und Lärche zurückzuführen, die früh aus dem Süden eingewandert sind (MARKGRAF 1970). Die Tanne wanderte vom Apennin her aus ihren kaltzeitlichen Refugien ein und war vor ca. 3000 v. Chr. in der Schweiz weit verbreitet (WEGMÜLLER & LOTTER 1990). Der menschliche Einfluss seit ca. 3000 v. Chr. wirkte sich auf die Vegetationszusammensetzung aus: In den Südalpen ging der Bestand der Tanne zurück, die Verbreitung der Buche wurde stark gefördert. Dies ist wahrscheinlich auf Rodungen zurückzuführen, die auch zur Senkung der Waldgrenze beitrugen, die in früherer Zeit parallel zur Gletscher-Schneegrenze schwankte. Seither sind klimatische und menschliche Einflüsse auf die Waldgrenze kaum mehr zu trennen (VEIT 2002). Seit der Bronzezeit hat sich die Höhenstufe zwischen Wald- und Baumgrenze verbreitert, auf Karbonatgestein dominieren die Latschen als Ersatzgesellschaften.

### 2.8.2 Höhenstufen

Die verschiedenen klimatischen Faktoren wie Temperatur, Niederschlag und Strahlung ändern sich mit zunehmender Höhe (vgl. Kap. 2.4). Dies führt zu einer Höhenstufung der Vegetation (s. BURGA et al. (2004). Allgemein nimmt die Vegetationszeit mit zunehmender Meereshöhe um etwa eine Woche pro 100 Höhenmeter ab (FREY & LÖSCH 2004). Lufttemperatur und Bodentemperaturen nehmen im Mittel um 0,6°C pro 100 Höhenmeter ab. Tägliche Einstrahlung und nächtliche Ausstrahlung werden mit zunehmender Höhe bei wolkenfreiem Wetter intensiver. Die UV-Strahlung nimmt höhenbedingt zu, ebenso aber stärker an den Alpenränder als im Alpeninnern, Niederschläge und Schneeanteil. Die Schneehöhe und das Ausapern der Schneedecke wer-

den stark durch kleinräumige Faktoren des Reliefs beeinflusst. Häufigkeit und Stärke des Windes nehmen ebenfalls mit steigender Höhenlage zu. Die Übergänge zwischen Winterzeit und Vegetationsperiode verkürzen sich mit zunehmender Höhe (ELLENBERG 1986).

Die planare Stufe umfasst die Küsten- und Binnenebenen unter 100 m. Sie ist in den Alpen nicht vorhanden. Daran schließt sich die kolline Stufe bis etwa 500 m an, in den Südalpen bis etwa 800 m. Hier findet man in der Regel sommergrüne Laubwälder. In den Südalpen entspricht die Obergrenze der kollinen Stufe der Weinbaugrenze, teilweise der Obergrenze der Edelkastanie (*Castanea sativa*) und der Walnuss (*Juglans regia*). In den Nord- und in den Südalpen liegen Getreideanbau und Intensiv-Obstanbau heute in dieser Höhenstufe.

Die Obergrenze der montanen Höhenstufe oder Bergwaldstufe liegt in den Nord- und Südalpen bei ca. 1500 m, in den Zentralalpen bei ca. 2000 m. Sie ist wie die kolline Stufe im Querprofil durch unterschiedliche Baumarten gekennzeichnet. In den Randalpen überwiegen Laub-Nadel-Mischwälder mit Tanne (*Abies alba*) und Buche (*Fagus sylvatica*). In den unteren Bereichen des Alpensüdrandes kommen noch Kastanie und Eichen hinzu. In den zentralen Alpen findet man überwiegend Nadelwälder, insbesondere Fichte (*Picea abies*), in den trockensten Abschnitten auch Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*) und Hacken-Bergkiefer (*Pinus montana* bzw. *uncinata*). Die natürlichen Waldbestände wurden oft durch menschliche Nutzungen stark verändert. In der hochmontanen Stufe vor allem der Zentralalpen existieren Lärchen – Zirben – Wälder. Die Wald- und Baumgrenze trennt die montane von der alpinen Höhenstufe. Natürli-

che Waldgrenzstandorte gibt es alpenweit kaum noch. Oberhalb der Waldgrenze setzt in der Regel eine Krummholzzone oder ‚Kampfzone‘ (nach ELLENBERG 1986) ein. Sie besteht in den östlichen Kalkalpen in der Regel aus Latsche (*Pinus mugo*), in den Zentralalpen aus Grünerle (*Alnus viridis*). In den Westalpen findet man hier die Bergkiefer (*Pinus uncinata* bzw. *montana*). Als Baumgrenze wird die Obergrenze einzelner Baumgruppen definiert. Dieser allmähliche Übergang zwischen Wald- und Baumgrenze ist seit mindestens 5000 – 6000 Jahren weitgehend durch menschliche Nutzung verursacht. Wenn nicht nur klimatische, sondern auch topografische und bodenkundliche Unterschiede wie das Klima der bodennahen Luftschicht, der Wasserhaushalt, die Schneedeckenverteilung usw. eine Rolle spielen, kann die Waldgrenze auch durch diese Faktoren beeinflusst werden. Zudem spielen die Warmzeiten eine gewisse Rolle. VEIT (2002) nimmt an, dass die Waldgrenze seit ihrer holozänen maximalen Höhe vor ca. 6000 – 8000 Jahren bis heute um ca. 300 – 400 m gesunken sei. Davon seien ca. 100 – 150 m auf Rodung und Almweide zurückzuführen. Zur Zeit des holozänen Höchststandes existierte noch kein eigener Latschengürtel.

Tabelle 2-2 zeigt die Höhenzonierung der Vegetation anhand von klimatischen Parametern nach EWALD (1998) für die bayerischen Kalkalpen, zu denen auch der Nationalpark Berchtesgaden gehört. Die Länge der Vegetationsperiode nimmt mit der Höhe ab. Sie kann anhand der Periode bestimmt werden, in der die Mindesttemperatur bei 5 bzw. 10°C liegt. Die Dauer der 10°C – Schwellentemperatur variiert von 154 Tagen in 600 m bis zu 6 Tagen in 2400 m. In den wenigen höher gelegenen Flächen des Nationalparks gibt es keine 10°C – Schwel-

**Tabelle 2-2:** Höhenzonierung der Vegetation anhand klimatischer Parameter für die bayerischen Kalkalpen (EWALD 1998).

Höhenstufe		Schlussgesellschaft	Besondere Merkmale Begleitgesellschaften	T Jahr	T Januar	T Juli	Vegetationszeit Tage >5° C	Niederschlag mm/Jahr
Alpin ab 1800 m		Alpine Rasen	Schuttfluren	-5 - 2	-4,5	1,5 - 10,1	50 - 140	1700 - 2900
Hoch-ab 1600 m	Subalpin	Latschengebüsch/Lärchen-Zirbenwald	lückig, mit Rasen- und Zwergstraucharten	2 - 3	-6,2 - 5,6	10,1 - 11,3	140 - 150	1600 - 2000
Tief-ab 1400 m	Subalpin	Fichtenwald	häufig Latschengebüsche	3 - 4	-5,6 - 4,9	11,3 - 15,5	150 - 160	1600 - 2100
Hoch-ab 1200 m	Montan	Buchen-Tannen-Fichtenwald	oft Fichten-reich, Farn-, Hochstauden- oder Grasreich (schneereich)	4 - 5	-4,9 - 4,3	12,5 - 13,7	160 - 175	1400 - 2400
Mittel-ab 800 m	Montan	Buchen-Tannen-Fichtenwald		5 - 6,9	-4,3 - 3,1	13,7 - 16	175 - 200	1100 - 2400
Tief-ab 500 m	Montan	Tannen-Buchenwald	meist Fichten-arm, Vorkommen submontaner Baumarten	6,9 - 8,4	-3,1 - -2,1	16 - 17,8	200 - 215	1100 - 2200
Submontan		Buchenwald	mit Eiche (nicht im Nationalpark Berchtesgaden)	>8,4	>-2,1	>17,8	>215	1100 - 1600

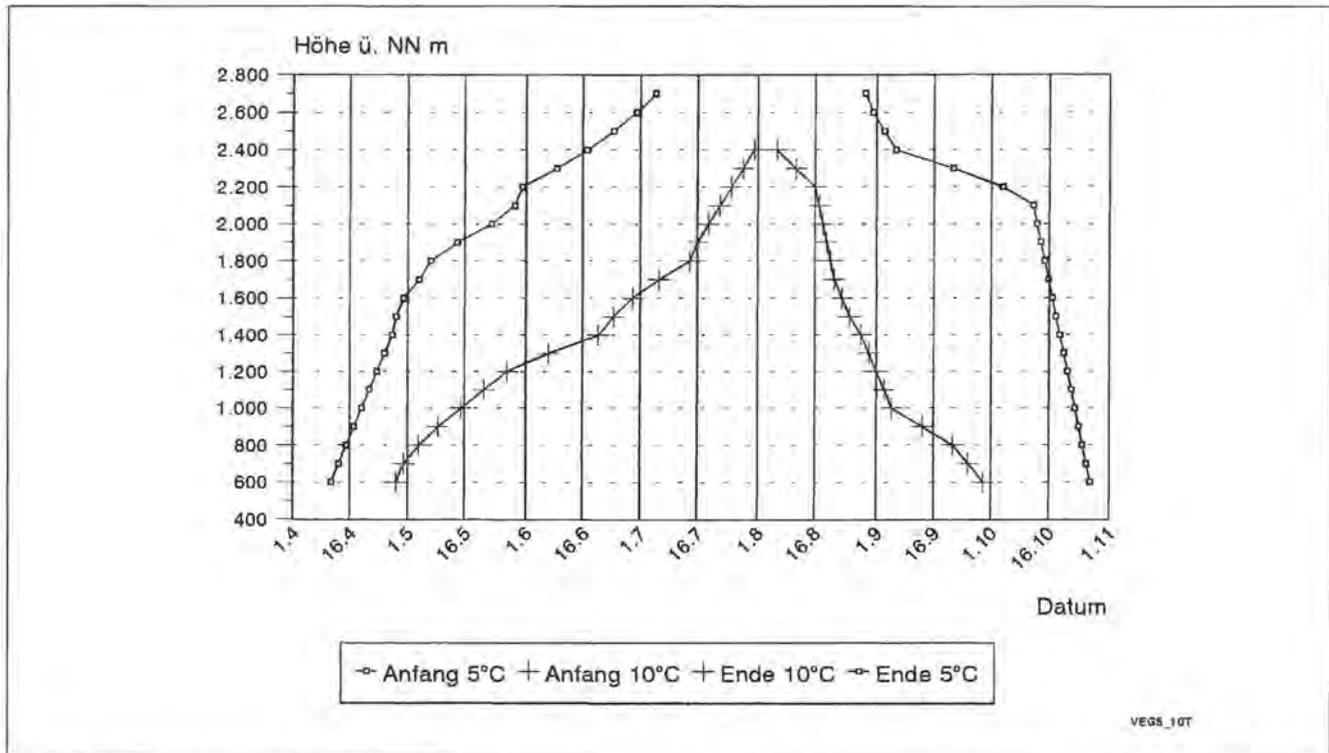


Abb. 2-11: Anfang, Ende u. Länge der Vegetationsperioden im Nationalpark Berchtesgaden nach Höhenstufen. Aus KONNERT 2004.

lentemperatur mehr. Aus diesem Grund wurde auch die 5°C – Schwellentemperatur herangezogen. Sie umfasst im Tal bei 600 m einen Zeitraum von 199 Tagen und am Watzmanngipfel in 2700 m Höhe immerhin noch eine Spanne von 55 Tagen (KONNERT 2004, vgl. Abb. 2-7 und Abb. 2-11).

## 2.9 Biodiversität

Als Biodiversität oder biologische Vielfalt wird die Vielfalt von Lebewesen und Lebensformen in einem bestimmten Raum zu einer bestimmten Zeit bezeichnet (POTT 2005).

Die Vielfalt kann in drei hierarchischen Ebenen betrachtet werden:

1. Vielfalt genetisch unterschiedlicher Individuen einer Population
2. Vielfalt der Taxa (systematische Einheiten, z. B. Arten, Gattungen oder Familien) von Organismen
3. Vielfalt funktionaler Typen (Lebensformen, Artengemeinschaften) oder Vielfalt der Ökosysteme

In ihrer frühesten Phase war die Entwicklung irdischen Lebens in höchstem Maße von den physikalisch-chemischen Bedingungen konditioniert, die in jener "Ursuppe" herrschten, aus der es selbst hervorging. "Evolution" bedeutete zunächst eine Perfektionierung aller Stoffwechselfunktionen in Anpassung an diese Bedingungen. Zugleich aber, und in kontinuierlich wachsender Bedeutung, veränderten die Einheiten des Lebens selbst ihre Umgebung und begannen durch Aufnahme von Wechselbeziehungen sich gegenseitig zu beeinflus-

sen. Eine spektakuläre, durch das Leben selbst bewirkte Veränderung der chemischen Umwelt folgte beispielsweise der Evolution der Photosynthese. Seither wurde die Atmosphäre mit Sauerstoff angereichert, einem Stoff, der für ursprünglichste Lebensformen noch giftig wirkt, für die Atmung der meisten höheren Organismen aber unentbehrlich ist. Besonders wichtige wechselseitige Entwicklungsschritte in der Organisation des Lebens bestanden in der Kooperation unterschiedlich adaptierter Organismen, die sich zu neuen Einheiten zusammenfanden. So bildeten sich beispielsweise die echten Zellen, die Grundbausteine der Gewebe aller höheren Pflanzen und Tiere sind.

Der Reichtum der uns umgebenden Organismenwelt ist das Produkt dieser Evolution, in der immer weitere Möglichkeiten der Ausformung von Leben hinzu traten, die jeweils wieder eine Kaskade neuer Anpassungen auslösten. Wir dürfen die Evolution als eine Geschichte der Differenzierung und Vervielfachung der Grundeinheiten des Lebens, der Arten, sehen.

Allerdings verlief dieser Prozess keineswegs linear und störungsfrei: Der Gang der Evolution war kontinuierlich auch vom Verschwinden von Arten, ganzen Artengruppen oder sogar sämtlichen Vertretern bestimmter höherer systematischer Kategorien begleitet, deren Existenz heute nur noch durch Fossilien oder einzelne, relikitär vorkommende Arten belegt ist. Die Zoologie kennt eine Vielzahl ausgestorbener Gruppen, aber auch zahlreiche "lebende Fossilien", die sich mehr oder weniger schlüssig in unsere Vorstellung von der Entwicklung des Lebens einreihen lassen. Besonders einschneidende Ereignisse ("The Big Five"), die jeweils zu einem starken

Artenschwund geführt haben, stehen mit dem Ende der fünf erdgeschichtlichen Perioden Ordovizium, Devon, Perm, Trias und Kreide in Zusammenhang (JABLONSKI 1995). Es handelte sich um globale Katastrophen, die zum Massenaussterben von Arten vor allem höher entwickelter Organismengruppen führten. Solche Ereignisse konfrontierten sämtliche Formen des Lebens mit der Notwendigkeit, sich mit plötzlich veränderten abiotischen Bedingungen auseinanderzusetzen. Sie schufen aber auch Platz für neue Wege der Anpassung: Die erfolgreiche Entwicklung beispielsweise der höheren Pflanzen, Säugetiere und Insekten nahm ihren Anfang nach der Massenauslöschung am Ende der Kreidezeit. Viele Anzeichen deuten darauf hin, daß wir aktuell am Beginn einer sechsten Massenauslöschung stehen. Dabei handelte es sich zugleich um die erste, die nicht durch kosmische und klimatische Veränderungen hervorgerufen ist, sondern sozusagen systemimmanent wäre: Einzelne Populationen eines Organismus, *Homo sapiens*, entziehen durch ihre Aktivitäten anderen Tier- und Pflanzenarten die Lebensgrundlage (WBGU 1999).

Die Beobachtung und Dokumentation dieses Prozesses ist schwieriger als es auf den ersten Blick erscheint. Nahezu jeder Mitteleuropäer kann zwar im Laufe seines Lebens den Rückgang der Vielfalt in seiner unmittelbaren Umgebung beobachten: Jede Bebauung einer Freifläche, Drainierung eines Feuchtgebietes, Düngung einer Wiese vernichtet Pflanzen- und Tierpopulationen. Die Feststellung, ob andernorts Populationen derselben Arten weiter existieren bzw. zu welchem Zeitpunkt auch die letzte von ihnen erlischt und damit die Art vernichtet ist, ist aber schwierig und aufwendig, in vielen Fällen schlechterdings unmöglich (MAY et al. 1995). Zwischen dem Zeitaufwand, den die sorgfältige Analyse einzelner Arten, ihrer Lebensansprüche und Gefährdung erfordert, und der ungeheuren, noch weitgehend unbekannt Vielfalt der Organismenwelt in den besonders gefährdeten Zonen der Erde öffnet sich eine riesige Schere. Daher muss sich die Dokumentation der Vielfalt des Lebens zwangsläufig auf beispielhaft ausgewählte Ausschnitte beschränken: Vertreter besonders empfindlicher Tiergruppen, das ökologische Gleichgewicht un-

terschiedlich angepasster funktionaler Gruppen innerhalb eines Ökosystems oder aber besonders gefährdete Lebensräume. Zu letzteren sind sicher die Quellen zu rechnen (ZOLLHÖFER 1999).

Sowohl auf der Süd- als auch auf der Nordhemisphäre lässt sich polwärts eine Abnahme der Artenzahl feststellen. Innerhalb dieses Gradienten können aber unabhängig vom Breitengrad Zentren vergleichsweise hoher Biodiversität existieren, die als "hot spots" oder Mannigfaltigkeitszentren bezeichnet werden (vgl. SCHULZE et al. 2002). Die lokale Artenvielfalt kann gefördert sein durch das Vorhandensein differenzierter kleinräumiger Strukturen, aber auch durch ein hohes geologisches Alter und eine langfristig ungestörte Entwicklung eines Gebietes. Aus der vergleichenden Untersuchung der Populationen in Raum und Zeit lassen sich Rückschlüsse auf Störungen sowie deren Art, Ausmaß und Tendenz ziehen. Auch hinsichtlich der Beeinflussung durch den Menschen ist davon auszugehen, daß geringfügig gestörte Bereiche sich von solchen mit stärkeren Störungen durch eine höhere biologische Diversität unterscheiden. Die "intermediate disturbance hypothesis" schlägt allerdings vor, daß regelmässige, vergleichsweise geringe Veränderungen in einem Habitat, etwa die saisonale Mahd oder Überschwemmung einer Wiese, zu einer erhöhten Vielfalt beitragen. Sowohl langfristige Einförmigkeit, als auch kontinuierliche drastische Störungen vermögen die Artenzahlen hingegen zu verringern. Ein anderes Modell, formuliert als "resource availability hypothesis", postuliert, daß die Artenvielfalt von der räumlichen und zeitlichen Verfügbarkeit lebenswichtiger Ressourcen gesteuert sei. Diese und andere sich widersprechende Hypothesen kennzeichnen das weite Feld ökosystemarer Forschung (SCHULZE et al. 2002).

In Europa sind Untersuchungen zur Artenvielfalt besonders begünstigt durch die seit der Aufklärung gewachsene taxonomische Forschungstradition. Sie erlaubt eine verlässliche Wiedererkennung beschriebener Arten in den meisten Gruppen der Pflanzen und auch in zahlreichen Tiergruppen. Daher ist es in den Alpen möglich,

**Tabelle 2-3:** Anzahl der pflanzensoziologischen Aufnahmen und Pflanzenarten pro Höhenstufe nach Tab. 2-2. Stand: Oktober 2005. Quelle: Botanisches Informationssystem der Nationalparkverwaltung.

Höhenstufen nach EWALD 1998	Anzahl pflanzensoziologische Aufnahmen	% Aufnahme	Anzahl Arten	% Arten	Verhältnis Aufnahmen/Arten
01 tiefmontan (bis 800 m)	424	11,6	699	16,1	1,4
02 mittelmontan (800 - 1200 m)	1026	28,0	845	19,4	0,7
03 hochmontan (1200 - 1400 m)	485	13,2	740	17,0	1,3
04 tief-subalpin (1400 - 1600 m)	520	14,2	737	16,9	1,2
05 hoch-subalpin (1600 - 1800 m)	509	13,9	603	13,9	1,0
06 alpin, untere Stufe (1800 - 2100 m)	540	14,7	462	10,6	0,7
07 alpin, untere Stufe (2101 - 2700 m)	158	4,3	264	6,1	1,4

biologische Vielfalt auf Artniveau zu erfassen und damit Informationen von höchstmöglicher Qualität zu erarbeiten (MCNEELY 2002). Die Alpen, durch ein kleinräumiges Mosaik verschiedener Lebensräume und eine große Vertikalerstreckung gekennzeichnet, weisen einen sehr unterschiedlich verteilten Artenreichtum auf. Wenn die unmittelbaren Vorländer mit einbezogen werden, umfasst beispielsweise ihre Gefäßpflanzenflora ca. 5000 +/- 500 Arten, also etwa 40 % der aus Europa bekannten höheren Pflanzenarten (OZENDA 1988). Die Anzahl der in den südlichen Ostalpen vorkommenden höheren Pflanzenarten liegt um ungefähr 50 % höher als die entsprechende Zahl in den nördlichen Ostalpen. In den Westalpen ist das Gefälle noch ausgeprägter: Die in ihren Tieflagen bereits mediterran geprägten Seealpen beherbergen innerhalb des Gebirges überhaupt die größte Artenvielfalt. Diese unterschiedliche Artenausstattung verschiedener Teile des Gebirges hängt nicht nur mit der rezenten Situation zusammen, sondern auch mit der Klimageschichte, der Ausdehnung der pleistozänen Vereisung und der Lage eiszeitlicher Refugien.

In einer gemeinsamen Studie von World Wildlife Fund (WWF), Internationalem Wissenschaftlichen Komitee Alpenforschung (ISCAR) und dem Netzwerk alpiner Schutzgebiete wird die Anzahl der wirbellosen Tierarten in den Alpen grob auf ca. 20.000 Arten geschätzt. In dieser Studie werden 24 Mannigfaltigkeitszentren als Vorranggebiete oder „Edelsteine“ der Alpen bezeichnet (WWF Deutschland 2004). Der Nationalpark Berchtesgaden gehört zu diesen Vorranggebieten. Die Einordnung wird durch die vorliegende Quelluntersuchung unterstützt, die das Vorkommen Hunderte hoch angepasster wirbelloser Tierarten dokumentiert. Ähnliche Ergebnisse erbrachte eine parallele Studie über Kleinschmetterlinge: Die Liste der Alpengebiete, die für den Schutz der Insektenfauna von Bedeutung sind, ist um den Nationalpark Berchtesgaden zu erweitern.

Für den Nationalpark und Teile des Vorfelds Berchtesgaden sind derzeit knapp 1100 Pflanzenarten bekannt (LIPPERT et al. 1997). Insgesamt 3662 pflanzensoziologische Aufnahmen wurden mittlerweile in einer botanischen Datenbank verarbeitet (Stand Oktober 2005), in der die Höhenstufen nach EWALD (1998) eingeteilt wurden. In der Stufe von 800 bis 1200 m wurden die meisten Untersuchungen durchgeführt und die meisten Arten nachgewiesen. In den nächsten beiden Höhenstufen bleibt die Artenzahl in etwa gleich, um dann in den oberen Stufen um ca. 3 % abzunehmen. Wie Tabelle 2-3 verdeutlicht, bedarf die Datengrundlage noch ergänzender Aufnahmen in unterrepräsentierten Höhenstufen. Weiterhin muss die Über- bzw. Unterrepräsentierung bestimmter Lebensräume mit Hilfe statistischer Methoden ausgeglichen werden.

Hinsichtlich der Quellvegetation sind bisher nur die Gefäßpflanzen der Langzeituntersuchungsstellen Herrenröint und Schapbach dokumentiert worden (vgl. Kap. 5). Eine angemessene Erfassung anderer repräsentativer Quellen und die Untersuchung der wichtigen Gruppe der Algen stehen noch aus.

Seit einigen Jahren hat die Nationalparkverwaltung auch mit der ungleich aufwendigeren Erfassung der Tierwelt des Parkes in einer eigenen Datenbank begonnen. Diese umfasst alle Daten, die während verschiedenster Erhebungen zusammengetragen wurden, und soll im Laufe der kommenden Jahre einen Überblick auch über die Fauna des Gebietes schaffen. Angesichts der ungleich höheren Artenzahlen, in denen vor allem die Wirbellosen, unter ihnen besonders die Insekten vertreten sind, erfordert bei der Erstellung dieser faunistischen Datenbank die Setzung von Schwerpunkten. Vorrangig behandelt wird die Erfassung der Fauna besonders interessanter, aber auch besonders empfindlicher Lebensräume, die im Mittelpunkt der langfristigen Umweltbeobachtung stehen werden.

Zu diesen ausgewählten Schwerpunkt-Biotopen gehören die Quellen als räumlich eng begrenzte Lebensräume im Mosaik der Landschaft. Ihre Eigenschaften werden bestimmt durch die Entwicklung der Landschaft, klimatische und hydrologische Faktoren sowie die von letzteren beeinflussten Medien Boden und Vegetation. Die mit Hilfe modernster Informationstechnik im geographischen Informationssystem des Nationalparks gespeicherten Daten zu sämtlichen in diesem Kapitel besprochenen Faktoren sind auf lokaler Ebene Grundlage für eine Untersuchung der Beeinflussung von Quellen durch den Klimawandel. Um die Ergebnisse im richtigen Umfeld interpretieren zu können, muss die Umweltbeobachtung aber auch die regionale Ebene der Alpen berücksichtigen. Zu diesem Zweck sind bereits enge Kontakte zu alpinen Schutzgebieten in Österreich, Italien, der Schweiz und Frankreich geknüpft.

## **2.10 Topografische Charakterisierung der Nationalparkquellen**

### **2.10.1 Quellaustritte und Fließgewässernetz**

Die Fließgewässerdichte im Nationalpark Berchtesgaden ist mit einer durchschnittlichen Erstreckung von 0,4 km pro km<sup>2</sup> gering. Dies ist auf den großflächig verkarsteten geologischen Untergrund zurückzuführen. Die Gesamtlänge der Fließgewässer im Nationalpark beträgt ohne die Seelängen ca. 94 km. Die Höhenverteilung der Fließgewässer und Quellen ist in Abb. 2-14 dargestellt: Hinsichtlich des Flächenanteils übertrifft die unterste Höhenstufe (600 – 700 m) mit 4,7 % die nächsthöhere Stufe (700 – 800 m, 2,2 %), weil hier der Königssee eine große Fläche einnimmt. Der Flächenanteil der folgenden 100 m – Stufen steigt dann allmählich, bis er auf 1600-1700 m ein Maximum von 9,6 % erreicht. Der Anteil nimmt dann in den Stufen bis 2100 m allmählich, von 2100 bis 2700 m stark ab. Die Fließgewässer sind auf die drei Täler des Nationalparks und einige Seitentäler konzentriert (vgl. Abb. 2-2). Das Klausbachtal wird im oberen Teil durch ein ausgedehntes Netz entwässert, während der Klausbach im unteren Teil als Triftbach verbaut ist und ab Spätsommer trockenfällt. Das Wimbachtal enthält im oberen Teil einige wenige

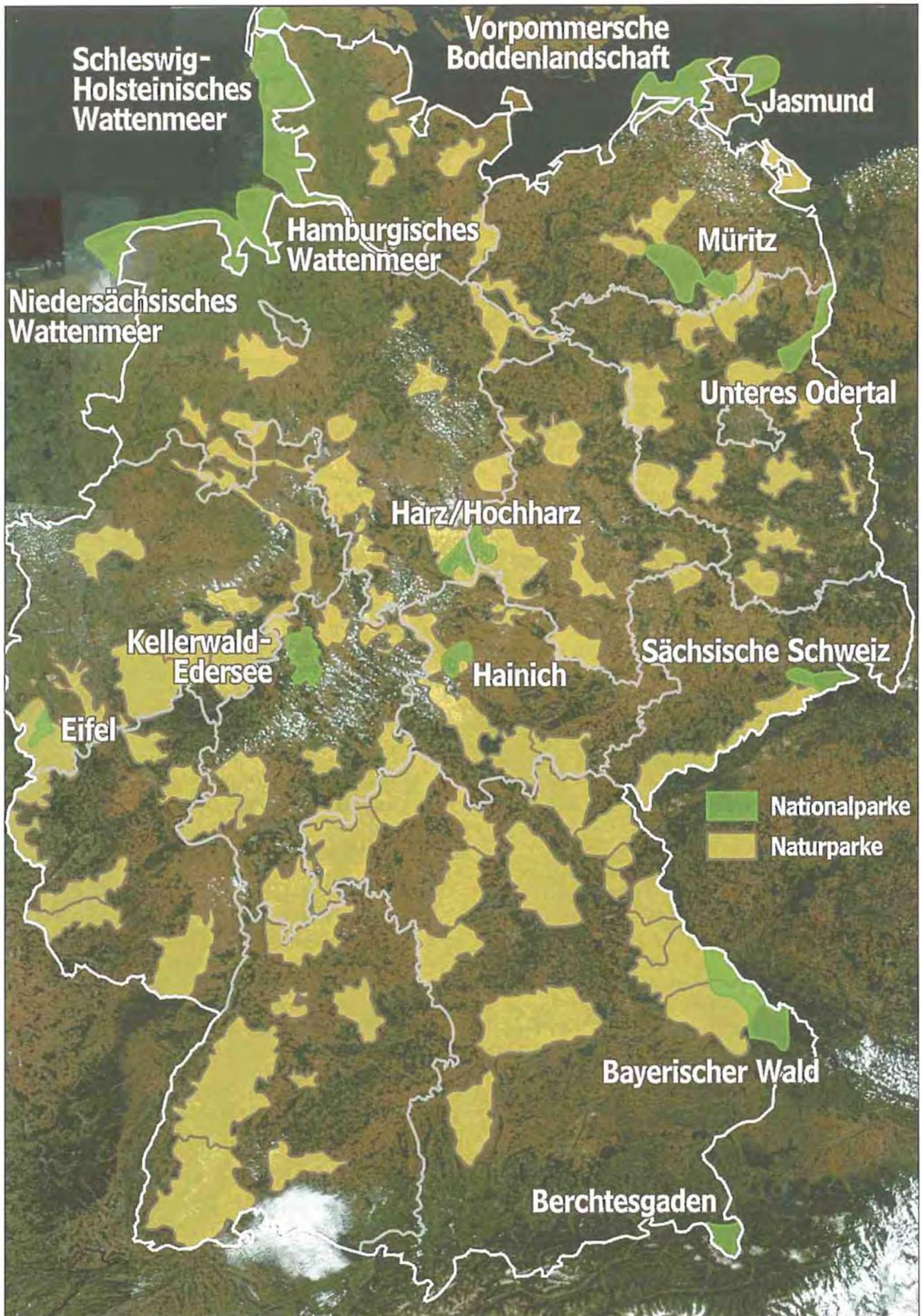
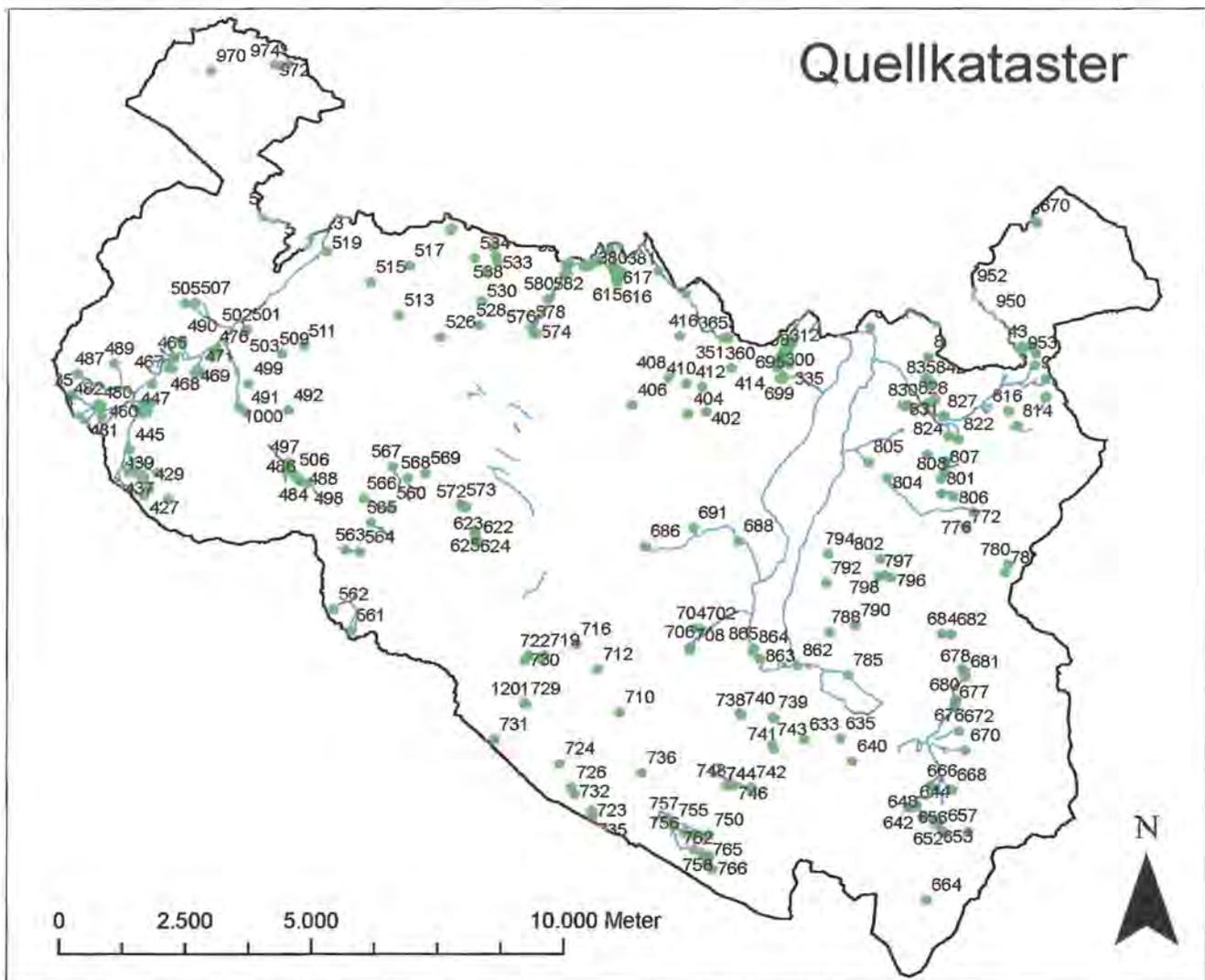


Abb. 2-12: Deutsche Nationalparke. Quelle: Wikipedia, unter der GNU FDL zur weiteren Verwendung freigegeben.

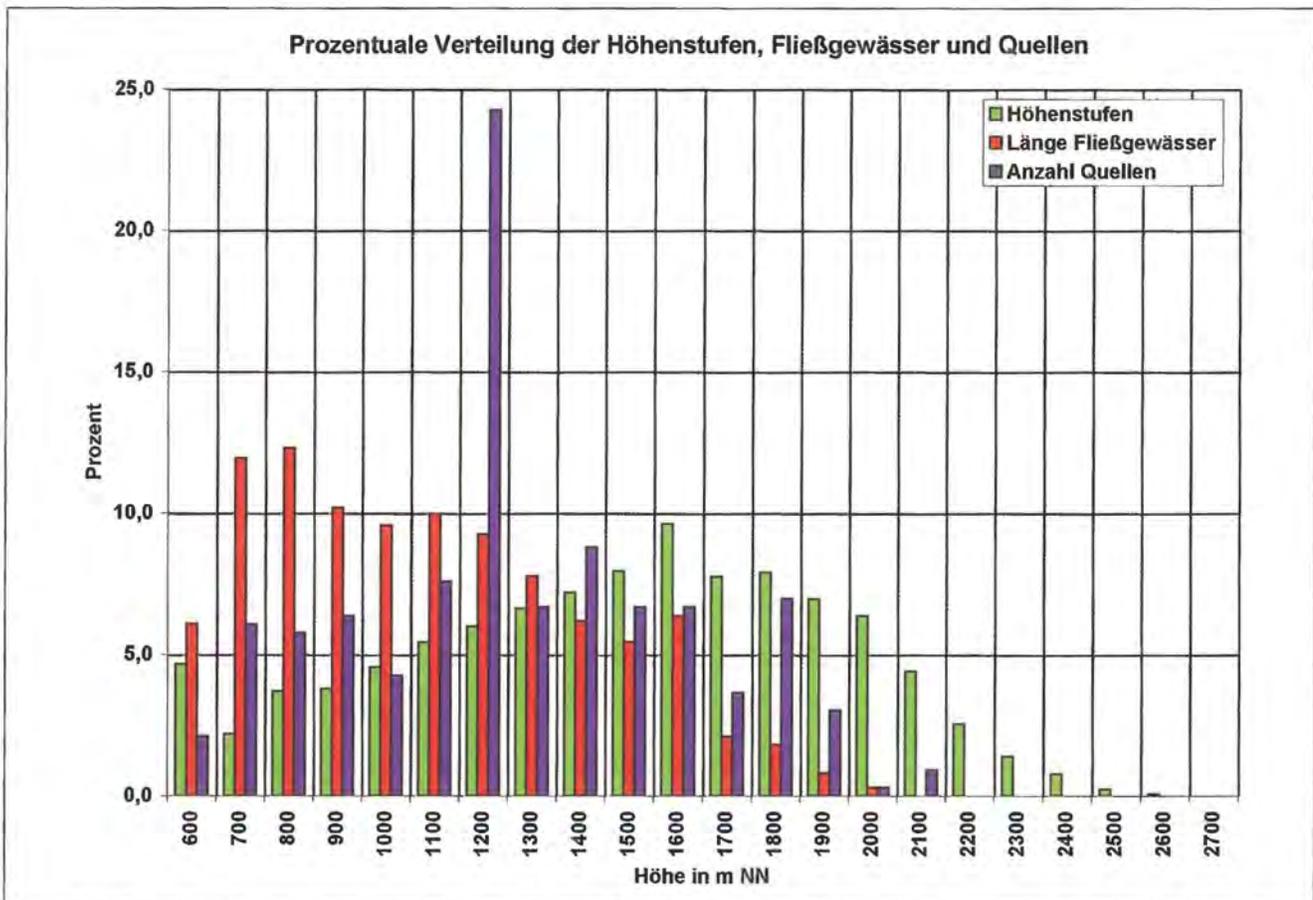


**Abb. 2-13:** Nationalpark Berchtesgaden mit Fließgewässernetz und Quellen. Quelle: Geografisches Informationssystem des Nationalparks Berchtesgaden, Stand Oktober 2005.

permanent fließende Strecken, die in den zentralen Schotterkörper entwässern. Der Wimbach im unteren Wimbachtal ist eines der wenigen breiteren Fließgewässer in tiefen Lagen, die als naturnah bezeichnet werden können. Im Einzugsgebiet des Königssees entwässert der Königsbach als einziger auf ganzer Strecke permanent fließender Bach im Nationalpark von einer Höhe von ca. 1600 m. bis zum Königssee auf 603 m. In höheren Lagen existieren die Fließgewässernetze des Landtals und der Röth, des Funtensees und des Sittersbachs. Sie fließen in den quellnahen Bereichen konstant das ganze Jahr über, fallen in den unteren Lagen aber spätestens im Spätsommer trocken. Die größte Fließgewässerslänge findet sich nach Abb. 2-14 in den Höhenstufen von 700 bis 900 m mit jeweils ca. 12 %. Sie fällt in den Höhenstufen bis 1300 m auf ca. 10 % leicht ab, schwankt in den Höhenstufen von 1300 – 1700 m von 7,8 % - 5,4 %, um dann auf sehr geringe Werte abzusinken. Oberhalb 1900 m findet sich nur noch ein Fließgewässerabschnitt des Sittersbachs, oberhalb 1800 m kommen zwei ständig fließende Abschnitte im Stuhlgraben am Funtensee und einige periodisch fließende Abschnitte am Loferer Seilergraben hinzu.

Die Quellen von 600 m bis 1100 m (4,2 % - 6,4 % Anteil) verteilen sich auf die Bereiche der zusammenhängenden Fließgewässernetze der drei Haupttäler. Der Anteil der 100 m - Höhenstufen von 1100 m bis 1700 m schwankt um ca. 7 %, eine interessante Ausnahme (fast 25 %) bildet aber die Höhenstufe 1200 – 1300 m. Dies ist auf die hohe Quelldichte des Herrenroint-Quellkomplexes zurückzuführen. Hier kommen 60 Quellen auf Höhen zwischen 1170 und 1300 m vor, davon allein 52 in der Höhenstufe 1200 – 1300 m.

Die restlichen 140 Quellen, die auf Höhen zwischen 1100 und 1700 m austreten, liegen an den Fließgewässern der mittleren und oberen Fließgewässernetze der Haupttäler sowie am Königsbach, in der Röth und im unteren Teil des Funtensee-Uvalas. Hinzu kommen einzelne Quellen ohne Anbindung an das Fließgewässernetz. Oberhalb 1700 m finden sich ebenfalls viele Einzelquellen ohne Anbindung an das Fließgewässernetz sowie die oberen Quellen im Funtensee-Uvala und im Sittersbachtal. Oberhalb 2000 m sind innerhalb des Nationalparks nur noch vier Quellen im Steinernen Meer notiert.



**Abb. 2-14:** Länge der Fließgewässer und Anzahl der Quellen in 100 m - Höhenstufen. Die prozentualen Angaben sind jeweils auf die Fläche des Nationalparks, die Gesamtlänge aller Fließgewässer und die Anzahl der Quellen bezogen. Die Zahlen der x-Achse geben den unteren Wert der 100 m - Höhenstufe an. Weitere Erklärungen im Text. Quelle: Geografisches Informationssystem des Nationalparks Berchtesgaden, Stand Oktober 2005.

### 2.10.2 Biotop- und Landnutzungstypen

Die klimatische Höhenzonierung (vgl. Kap. 2.4) steuert die Verteilung der Lebensräume in der montanen und alpinen Höhenstufe (vgl. Kap 2.8.2) und führt zu einer ausgeprägten Höhenzonierung der Vegetation. Der relative Flächenanteil der Lebensräume verteilt sich im Nationalpark Berchtesgaden wie folgt:

- Wälder, meist in der submontanen, montanen und subalpinen Höhenstufe: 44,1 %
- Rasengesellschaften und Magerrasengesellschaften, überwiegend in der alpinen Stufe und auf Almen: 21,0 %
- Fels- und Schuttfuren in der alpinen Stufe und im Wimbachgries: 19,3 %
- Latschen- und Grünerlengebüsche, überwiegend in der Stufe der Wald- und Baumgrenze: 12,4 %
- Seen und Gletscher: 3,2 %
- In den Tieflagen überwiegen unter naturbelassenen Bedingungen submontane Buchenmischwälder, die aktu-

**Tabelle 2-14:** Höhenverteilung der Nationalpark-Quellen in den einzelnen Biotoptypen. Quelle: Geografisches Informationssystem des Nationalparks Berchtesgaden, Stand Oktober 2005.

Höhe über NN	Biotoptypen							Summe
	Gewässer	Moore, Sümpfe	Wiesen, Weiden	Rohböden, Zwergstrauchheiden, Feilsschotter	Latschen	Wälder	Gebäude	
600	1	1	1		1	3		7
700	1				1	18		20
800		1	2		2	14		19
900					1	20		21
1000			3			10	1	14
1100		1	1		3	20		25
1200		2	4		2	72		80
1300		1	4		3	14		22
1400			11		6	2	10	29
1500	1	1	8		3	2	7	22
1600		2	5		6	3	6	22
1700					3	4	5	12
1800	1	1	1		16	3	1	23
1900					9	1		10
2000					1			1
2100	2					1		3
<b>Summe</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>40</b>		<b>58</b>	<b>15</b>	<b>200</b>	<b>330</b>

ell aber oft durch Fichten-Reinbestände ersetzt sind. Oberhalb stocken die montanen Fichten-Tannen-Buchenwälder. Die subalpine Stufe beherbergt Fichten-Reinbestände, Fichten-Lärchen- und Fichten-Zirben-Wälder. In der unteren alpinen Stufe findet man Alpenrosen-, Latschen- und Grünerlengebüsche, darüber Rasengesellschaften sowie in Steillagen und in den höchsten Lagen des Nationalparks Rasengesellschaften oder Felsspalten- und Felsschuttgesellschaften.

Die derzeit insgesamt 330 dokumentierten Quellen sind ungleichmäßig auf diese Lebensräume verteilt: Sechs Quellen liegen im Uferbereich von Seen oder im Verlandungsbereich von Fließgewässern, zehn im Umgriff der wenigen Moore des Nationalparks. Die 40 Quellen der Wiesen und Weiden sind fast ausnahmslos auf bestehenden bzw. aufgelassenen Lichtweiden zu finden. Die 58 Quellen der Rohböden, Zwergstrauchheiden und Felsschotter liegen zum Teil in höheren Regionen, ebenso die 15 Quellen der Latschenzone. Der Hauptteil aber - fast zwei Drittel - liegt im Wald, darunter die Monitoring-Quellen Herrenröint, Schapbach und Koppenwand. Die Höhenverteilung kann Tab. 2 -14 entnommen werden.

## Literatur

- BÄTZING, W. (1997): Kleines Alpen-Lexikon. Umwelt – Wirtschaft – Kultur. München. Beck'sche Reihe 1205.
- Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (2005): Der Klimawandel in Bayern für den Zeitraum 2021 – 2050. Klimaveränderung und Wasserwirtschaft. Kurzbericht. Kenntnisstand Januar 2005. Quelle: [www.stmugv.bayern.de/de/klima/kliwa\\_zukunftsber.pdf](http://www.stmugv.bayern.de/de/klima/kliwa_zukunftsber.pdf)
- BERNHARDT, M., STRASSER, U., ZAENGL, G. & MAUSER, W. (2005): MM5-derived Fields of Wind Speed and Direction for the Simulation of Snow Transport Processes in the Berchtesgaden National Park Area (Germany). In: Geophysical Research Abstracts, abstracts of the European Geosciences Union General Assembly 2005, Vienna, Austria.
- BIRKS, H.J.B. & LINE, J.M. (1993): Glacial refugia of european trees – a matter of change? *Diss. Bot.* 196, 283 – 291.
- BRANDNER, R. (1980): Tektonisches Profil durch Ost- und Südalpen. In: Tirol-Atlas, Tektonische Karte von Tirol, C 3, Institut für Landeskunde, Universität Innsbruck.
- BURGA, C. (1991): Palynologische Hinweise zu nacheiszeitlichen Klimaschwankungen in den Zentralalpen: Das mittelhologäne Wärmeoptimum. *Geographica Helvetica* 46 (4), 178 – 182.
- BURGA, C.A., KLÖTZLI, F. & GRABHERR, G. (2004): Gebirge der Erde. Landschaft, Klima, Pflanzenwelt. Ulmer, Stuttgart.
- CUBATSCH, U. (2005): Klimamodellierung und Fingerprints. In: Münchener Rück (Hrsg.): Wetterkatastrophen und Klimawandel. Sind wir noch zu retten? S. 62 – 69. Betreuender Verlag: pg-verlag München.
- ELLENBERG, H. (1986): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Vierte Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- EWALD, J. (1998): Anleitung zur vegetationsgestützten Standortkartierung im Halblechgebiet (Stand 8/1998). Manuskript, 31 S.
- FISCHER, K. (2005): Geomorphologie der Berchtesgadener Alpen mit einer geomorphologischen und einer Hangneigungskarte 1 : 25.000 des Nationalparks Berchtesgaden. Forschungsbericht 50.
- FREY, W. & LÖSCH, R. (2003): Lehrbuch der Geobotanik. Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit. 2. Auflage. Elsevier Spektrum Akademischer Verlag.
- GLASER, R. (2001): Klimageschichte Mitteleuropas. 1000 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen. Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt.
- GRASSL, H. (2005): Das Klima der Erde und seine Änderungen. In: Münchener Rück (Hrsg.): Wetterkatastrophen und Klimawandel. Sind wir noch zu retten? S. 18 – 23. Betreuender Verlag: pg-verlag München.
- GRUNOW, I. (1964): Weltweite Messungen des Nebelniederschlags nach der Hohenpeißenberger Methode. *Publ. UGGI, AIHS, No. 8*, 324 – 342.
- HAEBERLI, W. & SCHLÜCHTER, C. (1987): Geological evidence to constrain modelling of the Late Pleistocene Rhôneegletscher (Switzerland). *IAHS* 170, 333 – 346.
- HÄCKEL, H. (1999): Meteorologie. 4. Auflage. Ulmer Verlag. UTB für Wissenschaften. Uni-Taschenbücher 1338.
- HORMES, A.; SCHLÜCHTER, C. & STOCKER, T. (1998): Minimal extension phases of Unteraarglacier (Swiss Alps) during the Holocene, based on C-14 analysis of wood. *Radiocarbon* 40, 809 – 817.
- IMBRIE, J. (1981): Time-Dependent Models of the Climatic Response to Orbital Variations. In BERGER, A. (Hrsg.): *Climate Variations and Variability: Facts and Theories*. D. Reidel Publ. Comp., Dordrecht.
- JABLONSKI, D. (1995): Extinctions in the fossil record. In: LAWTON, J.H. & MAY, R.M. (Hrsg.): *Extinction rates: 25-44*. Oxford University press, Oxford, New York, Toronto.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2001): *Climate Change 2001*. University Press, Cambridge.
- JONES, P.D.; NEWS, M.; PARKER, D.E.; MARTIN, S. & RIGOR, I.G.; (1999): Surface air temperature and its change over the past 150 years. *Rev. Geophys.* 37: 173 – 199. Neueste Daten unter: <http://www.cru.uea.ac.uk/ftpdata/tavegl2v.dat>
- KONNERT, V. (2004): Standortkarte Nationalpark Berchtesgaden. Nationalpark Berchtesgaden, Forschungsbericht 49.
- KÜFMANN, C. (2004): Flugstaubbeeinflusste Böden im Karst unter besonderer Berücksichtigung der äolischen Dynamik. Unveröffentlichte Habilitationsschrift zum Erreichen der *venia legendi*. Vorgelegt der Fakultät für Geowissenschaften zu München am 30.06. 2004.
- LANGENSCHIEDT, E. (1994): Geologie der Berchtesgadener Berge. Eine Einführung in Stratigraphie, Fazies und Tektonik. Berchtesgadener Anzeiger.

- LIPPERT, W.; SPRINGER, S. & WUNDER, H. (1997): Die Farn- und Blütenpflanzen des Nationalparks. Kommentierte Artenliste. Unter Mitarbeit von G. BENL und A. ESCHELMÜLLER (Farne), D. PODLECH (Carex) und F. SCHUHWERK (Hieracium). Forschungsbericht 37. Nationalpark Berchtesgaden.
- LUKASCHANDERL, L. (1983): Rettet die Alpen. Wien.
- MARKGRAF, V. (1970): Paleohistory of the Spruce in Switzerland. *Nature* 228, 249 – 251.
- MAY, R.M.; LAWTON, J.H. & STORK, N. (1995): Assessing extinction rates. In: LAWTON, J.H. & MAY, R.M. (Hrsg.): Extinction rates: 1-24. Oxford University press, Oxford, New York, Toronto.
- MCNEELY, J.A. (2002): The role of taxonomy in conserving biodiversity. *J. Nat. Conserv.*, 10: 145-153.
- Nationalparkverordnung (1987): Bekanntmachung der Neufassung der Verordnung über den Alpen- und den Nationalpark Berchtesgaden. (GVBl. Nr. 5/1987 des Bayerischen Landtags).
- OZENDA, P. (1988): Die Vegetation der Alpen im europäischen Gebirgsraum. Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- POTT, R. (2005): Allgemeine Geobotanik. Biogeosysteme und Biodiversität. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- RAMSTORF, S. (2005): Die Klimaskeptiker. In: Münchener Rück (Hrsg.): Wetterkatastrophen und Klimawandel. Sind wir noch zu retten? S. 76 – 83. Betreuender Verlag: pg-verlag München.
- SCHÖNTHALER, K.; MEYER, U.; POKORNY, D.; REICHENBACH, M.; SCHULLER, D. & WINDHORST, W. (2003): Ökosystemare Umweltbeobachtung. Vom Konzept zur Umsetzung. Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen und Umweltbundesamt Berlin. Erich-Schmidt-Verlag.
- SCHÖNWIESE, C.-D. (2003): Klimatologie. 2. Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. UTB 1793.
- SCHÖNWIESE, C.-D. (2005): Klimaänderungen im Industriezeitalter – Beobachtungen, Ursachen und Signale. In: Münchener Rück (Hrsg.): Wetterkatastrophen und Klimawandel. Sind wir noch zu retten? S. 32 – 41. Betreuender Verlag: pg-verlag München.
- SMOLKA, A. (2005): Klimaänderungen und Vulkanismus. In: Münchener Rück (Hrsg.): Wetterkatastrophen und Klimawandel. Sind wir noch zu retten? S. 50 – 55. Betreuender Verlag: pg-verlag München.
- SCHULZE, E.-D.; BECK, E. & MÜLLER-HOHENSTEIN, K. (2002): Pflanzenökologie. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin.
- SEVRUK, B. (1997): Regional Dependency of Precipitation-Altitude Relationship in the Swiss Alps. *Climatic Change* 36: pp 355-369. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- SLUPETZKY, H.; KRISAI, R. & LIEB, G.K. (1998): Hinweise auf kleinere Gletscherstände der Pasterze (Nationalpark Hohe Tauern, Kärnten) im Postglazial – Ergebnisse von <sup>14</sup>C-Datierungen und Pollenanalysen. *Wiss. Mitt. aus dem Nationalpark Hohe Tauern* 4.
- SCHMIDTHÜSEN, J. (1976): Atlas zur Biogeographie. Bibl. Inst. Mannheim, Wien, Zürich.
- StMLU (Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen) (Hrsg.) (2001): Nationalparkplan. Bearbeitung: Nationalparkverwaltung Berchtesgaden unter Mitwirkung von Bosch & Partner GmbH.
- STRASSER, U. & MAUSER, W. (2006): Using a stochastic climate generator for simulating global warming effects on the water resources in a mountain basin. In: Geophysical Research Abstracts, abstracts of the European Geosciences Union General Assembly 2006, Vienna, Austria.
- VEIT, H. (2002): Die Alpen – Geoökologie und Landschaftsentwicklung. UTB 2327. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- VITOUSEK, P.M. & HOOPER, D.M. (1993): Biological diversity and terrestrial ecosystem biogeochemistry. In: SCHULZE, E.-D. & MOONEY, H.A. (Hrsg.): Biodiversity and ecosystem function. *Ecological studies* 99, 3 – 14. Springer Verlag.
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (1999): Welt im Wandel: Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Biosphäre. Jahresgutachten 1999. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- WEGMÜLLER, S. & LOTTER, A.F. (1990): Palynostratigraphische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte der nordwestlichen Kalkvoralpen. *Botanica Helvetica* 100 (1), 37 – 37.
- WEINGARTNER, R. & ASCHWANDEN, H. (1992): Abflussregimes als Grundlage zur Abschätzung von Mittelwerten des Abflusses. In: Landeshydrologie und -geologie (Hrsg.): Hydrologischer Atlas der Schweiz, Bern.
- WWF Deutschland (2004): Die Alpen: das einzigartige Naturerbe. Eine gemeinsame Vision für die Erhaltung ihrer biologischen Vielfalt.
- ZECHMEISTER, H.G. & STEINER, G.M. (1995): Quellfluren und Quellmoore des Waldviertels, Österreich. *Tuexenia* 15: 161-197.

### 3 Das Berchtesgadener Quellwasser und seine Herkunft.

#### Geologische, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter

HARALD HASEKE & ELMAR PRÖLL

#### 3.1 Geologischer und geomorphologischer Überblick

##### 3.1.1 Erdgeschichte des Gebietes

Die Berchtesgadener Alpen sind der klar abgrenzbare Abschnitt der Nördlichen Kalkalpen zwischen Saalach und Salzach. Ihre Bergstöcke erreichen mit dem Hochkönig fast 3000 m bzw. im Nationalpark Berchtesgaden am Watzmann über 2700 m Seehöhe und sind von verkarsteten Hochflächen geprägt. Alle Festgesteine wurden in den tropischen Flachmeeren des Mesozoikums abgelagert und bestehen aus organischen Rückständen. Die Hauptgesteine sind rund 200 Millionen Jahre alte karbonatische Sedimente der Trias (Dolomit, Dachsteinkalk) sowie diesen auflagernde, bunte Jurakalke und Mergelgesteine. Jüngere Gesteine sind meist schon abgetragen.

Die räumliche Anordnung der Bergmassive wurde vom gigantischen Puzzle der alpinen Deckentektonik vorgegeben, die in der Oberkreidezeit vor über 65 Millionen Jahren durch Kontinentalverschiebungen entstand. Die Gesteinspakete der „Tirolischen Decke“, zu der Steinernes Meer, Hagengebirge, Watzmann und Hochkalter gehören, pressten sich gegen die nördlich anschließende „Reiteralmdecke“, wobei die Schichten an der Front nach unten abtauchten („Stirnabbeugung“). Stellenweise schoben sich Schollen und Bruchstücke dieser Decken übereinander. Das alles geschah noch unter dem Meeresspiegel.

Die anschließende Heraushebung aus dem Meer und die Gebirgswerdung begannen im Alttertiär und ist auch heute noch nicht abgeschlossen. Da die nunmehr verfestigten Kalke und Dolomite spröde und hart sind, stemmten sie sich den tektonischen Vorgängen als starre Platten entgegen. Anstatt flexibler Gesteinfalten sehen wir daher oft schräg gekippte Schichtpakete mit gewaltigen, tiefen Brüchen vor uns. Diese tektonischen Deformationen prägen die Landschaft, ihre Verkarstung und die Hydrologie.

Mit der Hebung der Alpen begann parallel zur Abtragung (Erosion, hauptsächlich durch fließendes Wasser) auch die Tiefenverkarstung und damit die Entwicklung von Höhlen und Quellen. An der Wende vom Alt- zum Jungtertiär, vor rund 20 Millionen Jahren, zeigten der Watzmann, der Hohe Göll und all die anderen Gebirgsmassive noch ein sanftes, von mediterranen Wäldern bestocktes Mittelgebirgsrelief. Die Reste dieser Hügel-

landschaft sehen wir heute auf den Hochplateaus, die aus diesem Grunde auch als „Altlandschaft“ bezeichnet werden. Vorkommen von gut gerundeten Fremdgesteinen, die damals von den Hohen Tauern eingeschwemmt worden sind und „Augensteine“ genannt werden, sind durch die mit der Verkarstung einsetzende unterirdische Entwässerung erhalten geblieben, ebenso wie die sanften Oberflächenformen. Ein weiterhin bestehendes oberirdisches Flussnetz hätte das alles mit der Zeit abgetragen.

Im jüngsten Tertiär, vor rund 6 bis 8 Millionen Jahren (Obermiozän und Pliozän) begannen sich die tiefen Täler einzuschneiden. Große Höhlensysteme und Quellhorizonte konnten sich entwickeln. Da sich die Tiefenentwicklung in Etappen vollzog, gibt es immer wieder markante Verflachungen im ober- und unterirdischen Karstgebirge. Man spricht von „Landschaftsniveaus“ und „Höhlenniveaus“. Sie sind insofern für die heutigen Quellaustritte wichtig, als manche Entwässerungssysteme noch auf diese alten Talböden oder „Vorfluter“ eingestellt sind und die Wässer dadurch nicht unten im Tal, sondern im Plateau oder am Hang aus dem Berg gedrückt werden. Spätestens seit der vor rund 2 Millionen Jahren einsetzenden Eiszeit entwickelten sich die Berchtesgadener Alpen zu dem schroffen Hochgebirge, das heute den Nationalpark prägt.

##### 3.1.2 Die Gebirgsstöcke

Das Steinerne Meer ist mit ca. 160 km<sup>2</sup> das am weitesten ausgedehnte Plateaugebirge des Gebietes. Es erreicht 2650 m Meereshöhe, ist extrem verkarstet und weist einen reichen Formenschatz mit Karrenfeldern, Karstgassen, Dolinen aller Größenordnungen, Karsttälern (Uvalas) und mächtigen Höhlensystemen auf. In Höhen über 2000 m ähnelt das Gelände einer Mondlandschaft oder einem, wie der Name es vorzüglich ausdrückt, zu Stein erstarrten wildbewegten Meer. In einigen Hochlagen gibt es noch Reste des tertiären Bachsystems, sodass Quellen und Seen bis in über 2000 m Seehöhe vorkommen. Fast immer sind derartige Regionen auch mit jüngeren Gesteinsschollen, meist von buntem Jura, ausgestattet. Die großen Entwässerungssysteme haben sich aber längst in die Tiefe des Gebirges hinabgefressen und speisen dort die Riesenquellen. Über karsthydrografische Verbindungen und Einzugsgebiete ist fast noch nichts bekannt, nur im nördlichen Simetsberggebiet wurden einige Markierungsversuche durchgeführt. Über 600 Höhlen sind erkundet, darunter das Schindelkopfsystem mit rund 52 km an Höhlengängen und der längsten Einzelhöhle Salzburgs, und die Salzgrabenhöhle im Nationalpark, die längste Höhle Deutschlands mit 9 km Länge. Zu diesem Gebirgsstock gehören die dokumentierten Quellgebiete Funtensee, Königssee Süd, Wasseralm – Röth.

Das Hagengebirge, dessen Plateau sich über rund 100 km<sup>2</sup> erstreckt, hängt mit dem Steinernen Meer zusammen und erreicht Gipfelhöhen von fast 2400 m. Nach Westen sinkt es stufenartig auf tiefere Plateauteile ab,

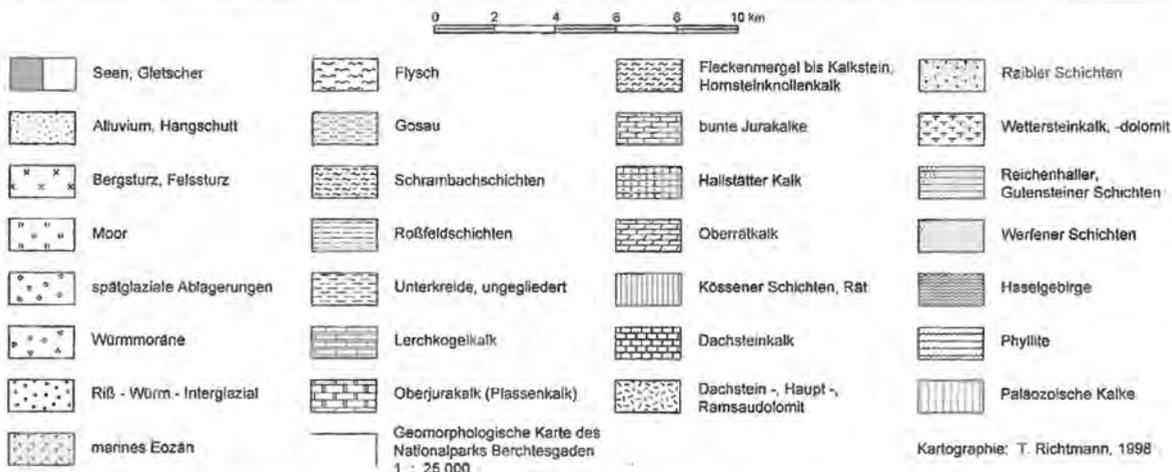
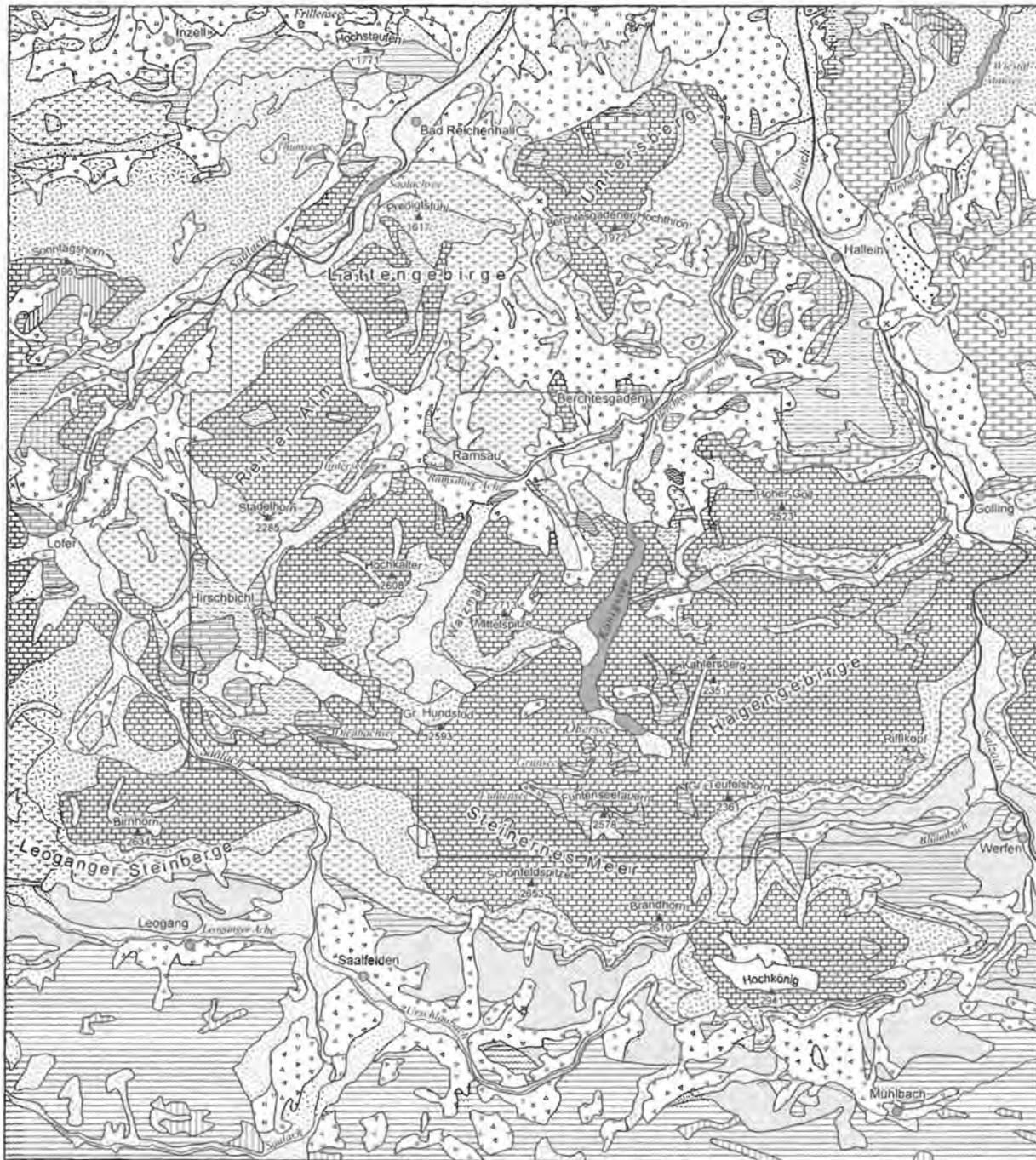


Abb. 3-1: Geologische Übersichtsskizze der Berchtesgadener Alpen. Aus FISCHER (2005).

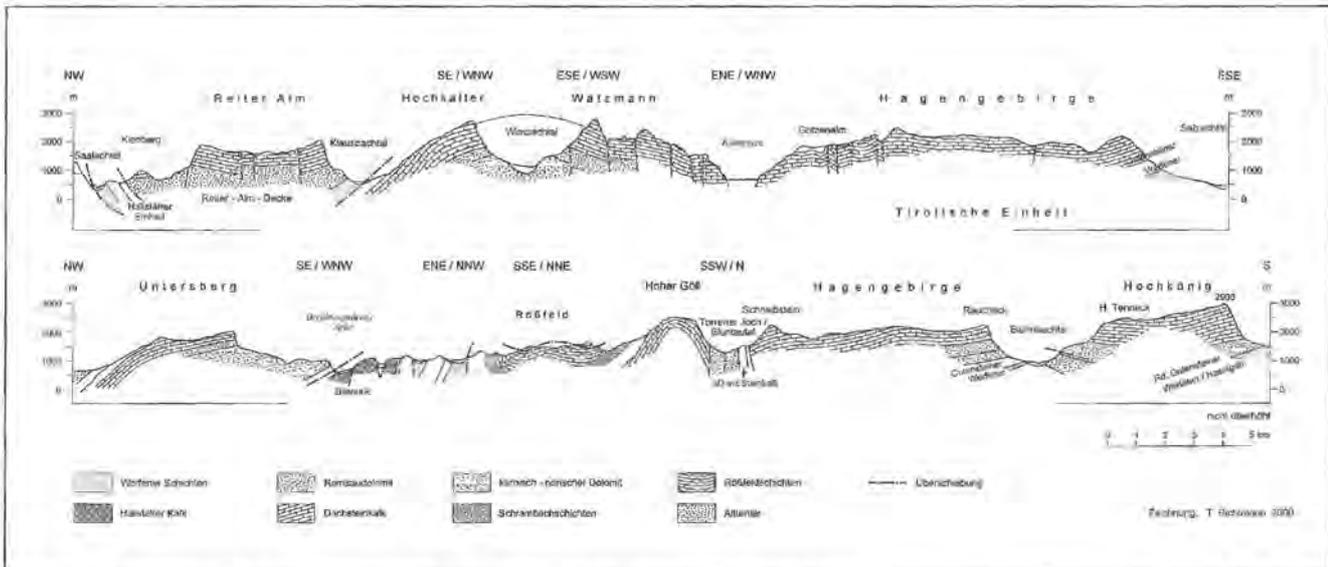


Abb. 3-2: Geologisches Profil durch die Berchtesgadener Alpen. Aus FISCHER (2005).

von denen der größte die Gotzenalm in rund 1800 m Seehöhe ist. Mit bis zu 1000 m hohen, von Felsstufen durchsetzten Steilhängen fällt es schließlich in den tiefen Fjord von Königssee und Obersee ab. Die Hydrologie ist ganz ähnlich wie im Steinernen Meer, doch entwässert das gänzlich wasserlose Hauptplateau, wie man aus Färbeversuchen weiß, zur Torren (Salzach) nach Nordosten. Nur die westlich vorgelagerten tieferen Hochflächen-Anteile um die Gotzenalm zeigen höhere Quellhorizonte im Jura und entwässern lokal in Richtung Königssee. Das Hagengebirge weist rund 450 erkundete Karsthöhlen auf, die gewaltige Ausmaße erreichen können (Tantalhöhle-Jägerbrunntragsystem: 55 km, Wildpalfensystem im Nationalpark: 6 km Länge). Zum Hagengebirge gehören die dokumentierten Quellgebiete Gotzen - Landtal, Königsbachalm.

Der Hochkalter vertritt zusammen mit dem Watzmann den Kettengebirgstypus in den Berchtesgadener Alpen, denn beiden fehlen größere Kalkplateaus. In ihrem Formencharakter ähneln sie eher dem Karwendel- und Wettersteingebirge. Entsprechend dem kräftigen Schichtfallen nach Nordwesten hat die Hochkalter-Gruppe eine asymmetrische Gestalt. Auf der Ostseite fallen Wandfluchten von den bis 2650 m hohen Gipfeln 1400 m tief zum Wimbachtal ab. Die Dolomitwässer versinken im mächtigen Schuttpolster des Wimbachgrieses, das von einer Riesenquelle entwässert wird. Die Abdachung nach Norden zum Tal von Klausbach bzw. Ramsauer Ache ist steil und entspricht dem Einfallswinkel der Gesteinsschichten. Eingesenkt in diese Flanke sind Kare und Täler, unter anderem das Blauaiskar mit dem nördlichsten Gletscher der Alpen. Diese Zone wird von einer Reihe kleinerer und einigen großen Quellen entwässert, die hauptsächlich entlang der Juraschollen an der tirolischen Deckenstirn zutage treten. Die karsthydrologischen Zusammenhänge sind durch einen Färbeversuch im Jahr 2001 erkundet. Drei Eingabestellen am Blauaisgletscher, ins Abwasser der Blauaischütte

und ins Abwasser der Schärtenalm, ließen einzelne Karstwasserstränge rund um den Bergstock erkennen. Nur die Gletscherquellen in der Ramsau haben eine eindeutige Verbindung zu allen Einspeisepunkten. Über größere Höhlensysteme ist am Hochkalter noch nichts bekannt. Mit dem Stand 1996 waren 13 Höhlen erkundet, die längste ist die Klauswandhöhle mit 1 km Länge. Zu diesem Gebirgsstock gehören die dokumentierten Quellgebiete Klausbachtal - Hintersee, Hirschbichl und Wimbachtal.

Noch deutlicher tritt der Kettencharakter in der Watzmann-Gruppe hervor, die im Süden mit dem Steinernen Meer verbunden ist. Vom über 2700 Meter hohen Gipfelgrat ziehen steile Abfälle nach Westen ins Wimbachgries hinab, während nach Osten die berühmte Watzmann-Ostwand 1800 Meter tief zum Königssee abstürzt. Vorgelagert liegt im Nordosten, mit deutlich geringeren Höhen und waldbedeckt, das Kührint - Herrenrint - Grünstein-Gebiet. Der Watzmann scheint als einziger Gebirgsstock keine ausgeprägte Tiefenverkarstung zu haben, die vielen kleinen und mittleren Quellen treten im unteren Hangdrittel auf. Ihre Einzugsgebiete sind wenig erforscht. Ein Markierungsversuch 2002, der durch das Hochwasser arg in Mitleidenschaft gezogen wurde, erbrachte einige Einzelnachweise von den Eingabestellen im Watzmannkar, dem Abwasser des Watzmannhauses und dem Abwasser der Kührint Alm in Quellen rund um den Watzmannstock. Der karge Kenntnisstand ist auch in der Speläologie nachvollziehbar, es gibt nur 11 unbedeutende Höhlen. Zum Watzmann-Massiv gehören die dokumentierten Quellgebiete Herrenrint, Schapbach-Wimbachklamm; hier liegen auch alle Langzeit - Beobachtungsstellen.

Die Reiteralm schließlich schließt als eigenständige tektonische Einheit nördlich an den Hochkalter an. Der zentrale Aufbau des Plateaugebirges besteht aus Dachsteinkalk. Die Hauptentwässerung der Reiteralm erfolgt

über die Quelhöhle des Schwarzbaches, hinter deren Schüttung alle anderen Quellen im Gebiet weit zurückstehen. Die Hydrologie der Reiteralm wurde im Jahr 2004 sehr intensiv erkundet. Alle vier Einspeisungen in Hirschwiese, Reitertritt, Mühlsturzkar und Häuslhorn ließen Verbindungen zum Schwarzbachloch erkennen. Das Gebirge wies mit Stand 1996 rund 170 bekannte Höhlen auf, worunter aber kein einziges großes System (dessen Vorhandensein aber mit einiger Berechtigung vermutet wird) ist. Zu diesem Gebirgsstock gehört die außerhalb des Nationalparks liegende, aber hier mit berücksichtigte Schwarzbachquelle.

## 3.2 Methodik

### 3.2.1 Messwertermittlung im Gelände

Bei den Messkampagnen wurden nässegekapselte Messkoffer mit kalibrierten, dokumentierten Geräten neuerer Bauart der Firma Weilheimer Technische Werke (im Folgenden: WTW) aus dem Eigenbestand des Nationalparks Kalkalpen verwendet. Eine standardisierte Durchfluss-Messzelle dient dazu, durch eine einheitliche Anströmung der Sonden vergleichbare Feldparameter zu erhalten. In ein PET-Ausgleichsgefäß mit einem Liter Inhalt wird mit einer kleinen Elektropumpe das Wasser unmittelbar aus der Quellöffnung angesaugt. Bei halber Füllhöhe des Kanisters leiten PVC-Schläuche eine sanft strömende Wassermenge in den unteren Abschluss von vier außen angebrachten Sondenhaltern mit Überlaufbohrungen, sodass eine immer gleiche Eintauchtiefe der Sonden gewährleistet ist. Ist der Einsatz der Pumpe nicht möglich, so wird das Wasser anderweitig in das Gefäß eingeleitet. Die Entgasung auch stark sprudelnden Wassers aus Wasserfallquellen und aus Tropfregen erfolgt im Ausgleichsgefäß, bevor das Probenwasser die Sonden erreicht, was vor allem für die Stabilisierung von Sauerstoff und pH wichtig ist. Auch wird der Kontakt zu Schlammablagerungen vermieden und die Probleme mit zu seichtem oder diffus abtraufendem Wasser gehören der Vergangenheit an.

### 3.2.2 Feldanalysen

**Schüttung:** SCHRANKEL (1996) ermittelte die Schüttung der Quellen auf Schapbach und Herrenrpoint mithilfe eines Plastiksacks, in den das Quellwasser an geeigneter Stelle während eines definierten Zeitraumes umgeleitet wurde. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden keine Durchflussmessungen ausgeführt, sondern der jeweilige Abfluss durch Schätzen bestimmt. Für die Abschätzung der Schüttung gibt es keine Regeln, sie erlaubt streng genommen nur eine Kategorisierung der Quellen in Größenklassen. Die Angaben erfolgen in Liter pro Sekunde (l/s).

**Leitfähigkeit:** Die elektrolytische Leitfähigkeit (LF) wird mit WTW - Geräten gemessen, die jedes Quartal durch die Bestimmung der Zellkonstante neu kalibriert werden. Die Kalibrierung wird dokumentiert, in der Daten-

bank erscheinen auch für den Fall angewendeter Korrekturfaktoren nur die endgültigen Messwerte. Neben den üblichen Daten enthält jedes Messprotokoll die Gerätenummer des Messgerätes, dies gilt auch für alle anderen Geräte. Die Angaben erfolgen in Mikrosiemens ( $\mu\text{S}/\text{cm}$  [25°]).

**Temperatur:** Die Temperatur der Luft beim Quellaustritt wird mit einem kleinen Digitalthermometer, diejenige des Wassers mit dem jeweils verwendeten Leitfähigkeitsgerät gemessen. Alle LF - Messgeräte sind kalibriert, die so gemessenen Werte können auf ein geeichtes Thermometer zurückgeführt und mit dem ermittelten Korrekturfaktor korrigiert werden. In der Datenbank sind nur die korrigierten Messwerte eingetragen. Die Angaben erfolgen in Grad Celsius auf Zehntel genau.

**pH-Wert:** Der pH - Wert wird mit temperaturkompensierten WTW - Messgeräten gemessen. Die Messgeräte werden bei Inbetriebnahme täglich kalibriert und unterwegs in definierten Abständen kontrolliert. Die Kalibrierung ist im entsprechenden Protokoll dokumentiert. Die Ablesung erfolgt auf Hundertstel genau.

**Sauerstoffgehalt:** Auch der Sauerstoffgehalt wird mit WTW - Messgeräten bestimmt, die vor jeder Messung mitsamt ihrer Sonde bei Quelltemperatur kalibriert und im Protokoll dokumentiert werden. Der Parameter kann nur bei Anwendung der Durchflusszelle verlässlich ermittelt werden. Die Angaben erfolgen in mg/l und Prozent Sättigung.

### 3.2.3 Laboranalysen

Wenn nicht anders angegeben, wurden alle im folgenden beschriebenen Ionenanalysen mit unterschiedlichen Säulen in einem Ionenchromatograf (DIONEX 100) durchgeführt. Die Proben wurden durch Tieffrieren konserviert und vor der Analyse durch ein  $0,45 \mu\text{m}$  Filter filtriert. Zur Kalibration wurden jeweils fünf Mischstandards verwendet, die Integration erfolgte mit Peaknet 4.3 (Dionex). Alle Angaben erfolgen in mg/l.

**Magnesium und Kalzium:** Die Bestimmungen werden mit der Säule IonPac CS-12 (10-32) bei Range 100 durchgeführt. Zur Probenvorbereitung wird die Wasserprobe angesäuert.

**Kalium und Natrium:** Die Bestimmungen werden mit der Säule IonPac CS-12 (10-32) bei Range 1 durchgeführt.

**Chlorid, Nitrat, Sulfat:** Die Bestimmungen werden mit der Säule IonPac AS4A-SC-12 (10-32) bei Range 10 durchgeführt.

**Achtung:** systematischer Fehler: Der Gehalt der Anionen ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  und  $\text{SO}_4^{2-}$ ) begann ab 1997 systematisch zu steigen bis auf etwa das Doppelte der bis dahin ermittelten Werte. Ab 2001 fallen alle diese Werte schlagartig wieder auf das Niveau von vor 1997 zurück. Da alle diese Werte im selben Analysengang mit dem IC ermittelt wurden, und nur diese die beschriebenen Veränderungen vollziehen, ist es sehr wahrscheinlich, dass es sich um einen systematischen Analysefehler handelt. Für die Berchtesgadener Quellmessungen bedeutet

das, dass die im Jahr 2000 gemessene Anionengruppe überhöht ist und nicht zur Interpretation herangezogen werden konnte!

**Säurekapazität (Hydrogenkarbonat):** Die Probe wird mit HCl ( $c = 0,1 \text{ mol/l}$ ) bis zum pH 4,3 titriert. Die Endpunktserkennung erfolgt mittels kalibriertem pH – Meter, die Angaben erfolgen in mg/l.

**Trübe:** Die Messung der Trübe wird mit einem Messgerät der Firma Aqua Lytic (Turbidimeter AL 1000) durchgeführt. Das Gerät ist mit Formazin - Standards geeicht, die Angaben erfolgen in Trübeeinheiten (TE).

**Absorptionskoeffizienten ( $\lambda=254; \lambda=436$ ):** Die Messungen erfolgen mit einem Spektralphotometer (Milton Roy, Spectronic 1201) in einer 5-cm-Durchflussküvette. Um den Absorptionskoeffizienten [ $\text{m}^{-1}$ ] zu erhalten, wird die gemessene Absorption durch 0,05 m (Küvettenlänge) dividiert.

### 3.2.4 Mikrobiologie

Zur Erfassung der Keimzahl werden Proben in einem Ansatz auf Nährböden bei 22°C bebrütet. Die folgenden Nährböden, Nachweismethoden und Maßangaben fanden Verwendung:

**Gesamtkeimzahl:** PETRIFILM AEROBIC COUNT PLATE (3 11) Angabe in Keimzahl pro ml (KBE oder CFU/ml).

**Escherichia coli und coliforme Keime:** Coli ID Fertignährmedium (bioMerieux); Einzelnachweis mit Lactose und Tryptophan-Boullion (Merck); Angabe in Keimzahl pro 100 ml.

**Enterokokken:** Selektiv-Agar nach Slanetz und Bartley (Merck); Einzelnachweis mit Enterokokken-Selektiv-Boullion (Merck); Angabe in Keimzahl pro 100 ml.

### 3.3 Ergebnisse der langfristigen Beobachtung, Jahreskampagnen

In Tabelle 3-1 sind die im Rahmen dieser Untersuchung erfassten Quellaustritte nach Gebieten sortiert aufgelistet; Tabelle 3-2 gibt eine Übersicht über die Daten der Kampagnen, und die jeweilige Anzahl von Probenahmen, die die Grundlage für diese Untersuchung lieferten.

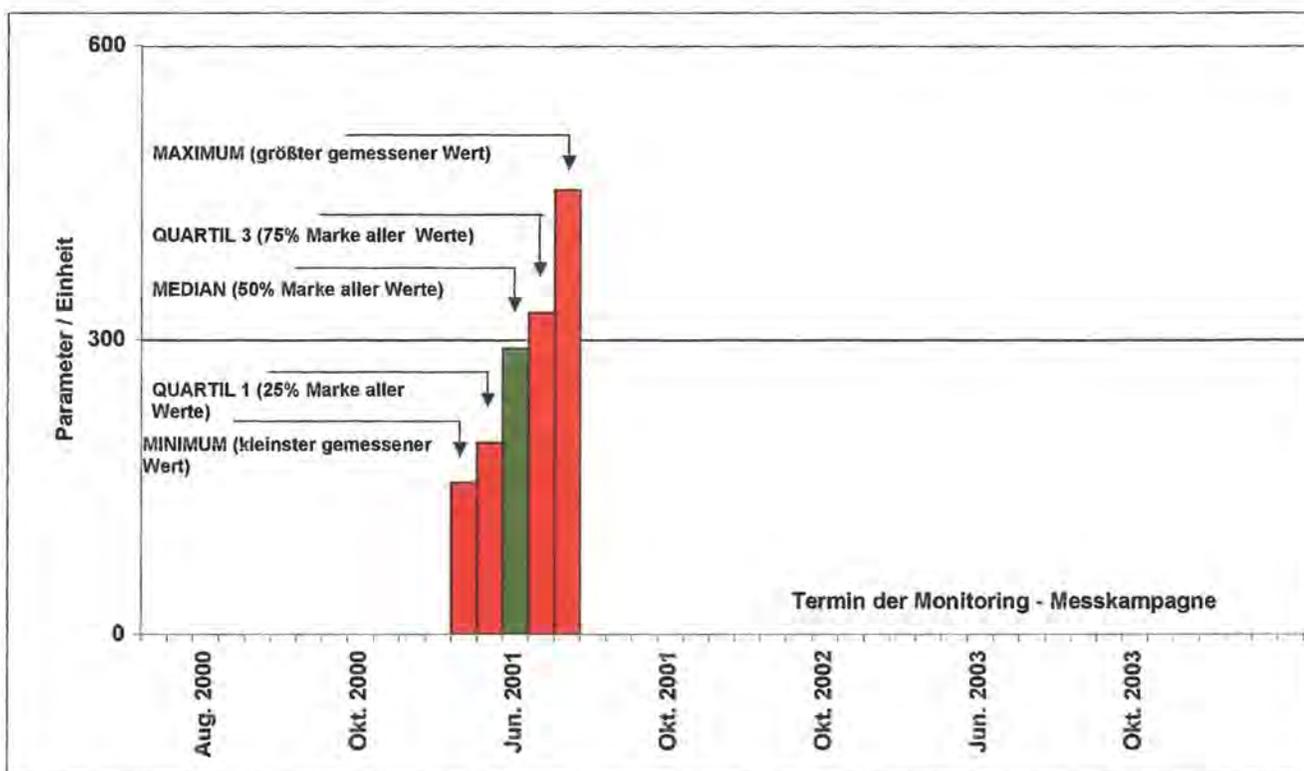
Nachfolgend werden die gemessenen hydrologischen Daten vorgestellt (Tabellen 3-3 und 3-4) und kurz interpretiert. Die Darstellung der Medianwerte (50 %) und zweier zusätzlicher Quartile (25 und 75 Prozent) sowie der Extrema aller Quellen soll die einzelnen Jahreskampagnen in einer Gesamtübersicht charakterisieren (Erklärung in Abb. 3-3). In einem eigenen Kapitel (3.3.2) werden dann in einer ähnlichen Weise die einzelnen Quellhorizonte in ein Gesamtbild eingeordnet. Von ausgesuchten Parametern wurden Diagramme hergestellt, in welche die Termine jeweils als ein Block dargestellt sind. Der Termin Juni 2004 wurde hier nicht mit einbezogen, weil diese Kampagne einen Gebiets-Schwerpunkt setzte und andere Quellen als bei den vorhergegangenen Messfahrten umfasste.

**Tabelle 3-1:** Die Probenstellen des Quellmonitorings Berchtesgaden 2000-2004 nach Gebieten.

Watzmann	
300	Herrenrpoint Q1
308	Herrenrpoint Q2
312	Herrenrpoint Q3
370	Schapbach Quelle
380	Koppenwand Quelle 1 / Logger
390	Koppenwand Quelle 2
595	Quelle oberhalb Wimbachklamm
OX	Ochsenhütte - Brunntrog
Hochkalter	
425	Quelle Hocheis Diensthütte
429	Brunntrog Mittereiskaser
437	Quelle am Wanderweg Mittereiskaser
441	Quelle am Weg zum Mittereiskaser
443	Quelle Bindalm
447	Klauswandquelle links
449	Klauswandl Quelle, Übersprung von 459
459	Klauswandl Quelle aus Siphon
461	Klauswandquelle rechts (Quellhöhle)
465	Quelle b. Anfang des zerstörten Wanderwegs
467	Quelle mit Pool NW 468
468	Quellgruppe Ramsau, bei Hirschshuhlen
469	Quelle am Zugweg SW Ragertalm
471	Quelle SW Ragertalm
477	Ragertalm; Rohr unter Straße
502	„Schwarzbrunnenlagune“
503	Schwarzbrunnen
519	Sudelquelle bei Hintersee, Lehen
521	Quelle Autzinger
530	Brunntrog Eckaualm
532	Wasser bei Eckau-Diensthütte
533	Wasser am Beginn des Eckaugrabens
534	Quelle mit Tröglein W 538
536	Eckaugraben untere Quelle
538	Quelle im Eckaugraben u. Geschiebemaier
542	Ragert-Hausquelle
576	Reschen - Oberer Übersprung
578	Wimbach Quelle am Wehrauslauf
582	Quelle an der Wimbachgrießstrasse
588	Äußerst rechte Quelle von 590
590	Quelle m. Trinkwassernutzung aus Konglomerat
GLETSCH	Ramsauer Gletscherquelle
MEK	Brunntrog Mittereiskaser
Steinernes Meer	
662	Neuhüttenalm Quelle
666	Quelle unterhalb Wasseralm
706	Schrainbach-Ursprung
710	Quelle oberhalb Saugasse
750	Gefasste Quelle im Rennergraben
755	Quelle Funtenseediensthütte
766	Oberste Stuhlgrabenquelle
862	Quellfassung Salet Alm
864	Kastlquelle
GRÜN	Grüne Lagune am Königsee
H12	Quelle am Königsee
SCHRAD	Schradlloch
Hagengebirge	
680	Landtalam Quelle
796	Brunntrog am Weg Gotzenalm-Langtal
798	Sumpffzusammenfluss von 796(Brunntrog)
802	Betonfassung neben Weg auf Gotzenalm
807	Quelle Stangassinger
808	Priesbergalm Sumpffquelle
809	Moorabfluß Priesbergalm
833	Brunnen aus Zulauf (Schlauch/Kasten)
Reiteralm bzw. Reiteralm/Hochkalter	
978	Schwarzbachloch
EHS	Engert Holzstube Trinkwasser
KLAHA	Quelle Klausbachhaus

**Tabelle 3-2:** Übersicht über die Termine der Probenkampagnen.

1. Sommer, Saison, während Beweidung	15. – 17.08.2000	20 Quellen
2. Herbst, nach Almbetrieb	09. – 12.10.2000	25 Quellen
3. Frühsommer	25. – 28.06.2001	22 Quellen
4. Sommer, Saison, während Beweidung	08. – 11.08.2001	25 Quellen
5. Spätherbst	28. – 31.10.2002	27 Quellen
6. Frühsommer	23. – 26.06.2003	28 Quellen
7. Herbst	13. – 16.10.2003	30 Quellen
8. Frühsommer	16. – 18.06.2004	31 Quellen
Summe der acht Kampagnen:		208 Messungen



**Abb. 3-3:** Mustergrafik der statistischen Auswertung der physikalisch-chemischen Parameter.

Bei der Behandlung einiger Parameter werden Gruppen typischer Quellen in einer Vergleichsgrafik dargestellt. In diesen Diagrammen sind die Quellen jeweils mit ihren nicht einzeln identifizierten, aber chronologisch geordneten Messwerten geblockt. Man kann hier sowohl die Charakteristika vergleichen als auch beobachten, ob der Parameter in der Quelle stabil bleibt oder größere Schwankungen aufweist. Für diese Darstellungen wurde folgende Auswahl getroffen:

**Block A: Kleine Quellen in Talnähe oder am Unter- bis Mittelhang:**

- 308 Quelle Herrenröint
- 380 Quelle Koppenwand
- 477 Quelle Ragertalm
- 536 Quelle Eckaugraben

**Block B: Kleine Quellen in Hochlagen**

- 755 Quelle am Funtensee
- 808 Quelle Priesbergalm
- 833 Quelle Gotzenalm

**Block C: Mittlere Quellen in Talnähe**

- 370 Schapbachalm Quelle
- 459 Klauswandquelle

**Block D: Große Karstquellen im Tal**

- 503 Schwarzbrunnen
- 978 Schwarzbachquelle
- 578 Wimbachquelle

Da der überregionale Gebietsvergleich interessant ist, sind in eigenen Tabellen auch die von 1999 bis 2002 gemessenen Datensamples des Nationalparkes oberösterreichische Kalkalpen (NPOK) dargestellt.

### 3.3.1 Hydrophysik und Feldwerte

Die während der Kampagnen 2000-2004 ermittelten Feldwerte sind in Tabelle 3-3 zusammengestellt, Tabelle 3-4 erlaubt eine Übersicht über die entsprechenden Ergebnisse aus dem NPOK. Im Folgenden geben wir eine Interpretation für alle untersuchten Parameter.

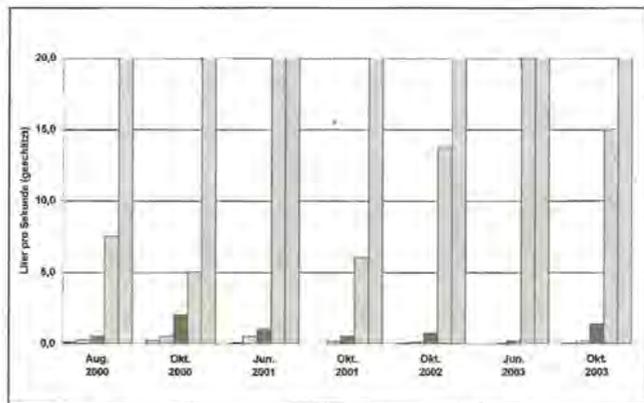
**Wasserspende, Schüttungen:** Die Wassermengen-Angaben sind durchwegs Schätzungen, sodass die Werte nicht exakt und eher als Kategorien anzusehen sind. Bei den Messkampagnen in Berchtesgaden lag das Schwergewicht nicht auf den großen talnahen Karstquellen, sondern auf mittleren und kleinen Quellbiotopen zwischen 700 und 1500 m Seehöhe. Viele Quellen haben überschaubare, kleine Einzugsgebiete und damit auch geringe Kapazitäten, worauf der Schüttungsmedian von knapp 1 l/s hinweist. In seltenen Fällen wurden Quellen trocken angetroffen. Gut ein Drittel der Quellen schüttet unterhalb der Viertelliterklasse, wobei aber ihre lokale Bedeutung, z.B. für Tränken und Brunnen auf der Alm, für Feuchtgebiete oder als eigenständiges Biotop, oft sehr erheblich ist. Umgekehrt sind die ergiebigsten 25% der Quellen, mit Schüttungen zwischen 15 bis über 1000 Sekundenliter, meist ungenutzt und biologisch oft dem Rhithral (Gebirgsbach) ähnlicher als einem echten Quellbach. Bezogen auf die Gesamtzahl der Quellen im Nationalpark Berchtesgaden dürfte die Auswahl repräsentativ sein. Nur die Maxima sind aufgrund der eher niederschlagsarmen Messtermine unterrepräsentiert. Die Verteilung im NPOK sieht mit ebenfalls ca. 1 Sekundenliter Median sehr ähnlich aus, wobei das 3. Quartil in diesem Voralpengebiet deutlich abflacht. Die Quellen beider Gebiete sind also in ihrer Dimension und Dynamik gut vergleichbar.

**Tabelle 3-3:** Quellenmonitoring Nationalpark Berchtesgaden (2000-2004): Feldwerte; Extremwerte und Quartile (Probenumfang: 201, inklusive trocken gefallene Quellen: 208)

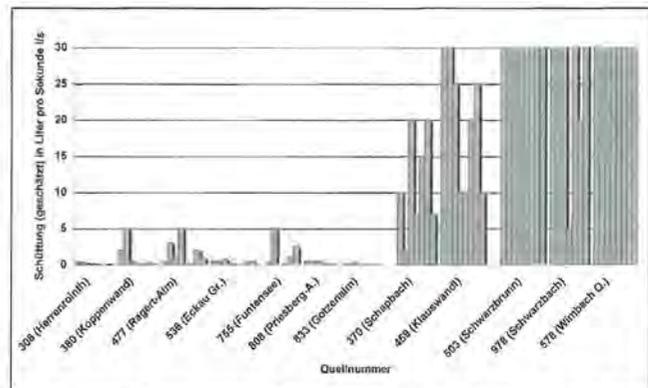
	Schüttung	Temperatur	Leitfähigkeit	pH	Sauerstoff O <sub>2</sub>	Sättigung O <sub>2</sub>
	l/s (approx.)	°C	µS/25°	—	mg/l	%
Minimum (0%)	0,0	3,3	9	4,99	6,1	55
Quartil 1 (25%)	0,2	5,2	184	7,8	9,8	95
Median (50%)	0,9	6,2	264	8,0	10,6	98
Quartil 3 (75%)	14,8	7,2	319	8,2	11,2	100
Maximum (100%)	>2.500	22,5	452	8,54	12,9	118

**Tabelle 3-4:** Quellenmonitoring Nationalpark Kalkalpen (1999-2002): Vergleich Feldwerte; Extremwerte und Quartile (Probenumfang: 982).

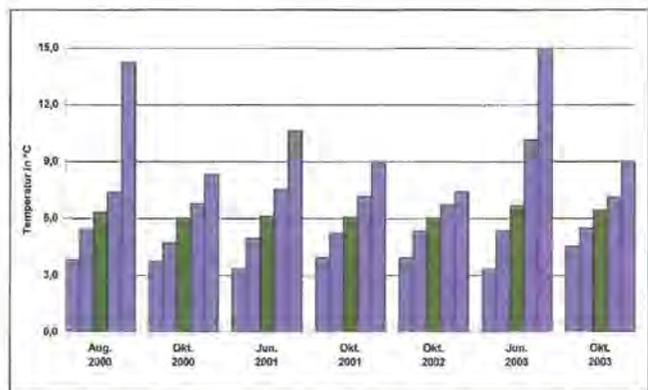
	Schüttung	Temperatur	Leitfähigkeit	pH	Sauerstoff O <sub>2</sub>	Sättigung O <sub>2</sub>
	l/s (approx.)	°C	µS/25°	—	mg/l	%
Minimum (0%)	0,0	0,2	3	4,02	3,0	29
Quartil 1 (25%)	0,2	6,0	238	7,6	9,6	90
Median (50%)	1,0	7,0	283	7,8	10,4	96
Quartil 3 (75%)	7,0	8,1	337	8,0	11,0	99
Maximum (100%)	>10.000	26,9	532	8,77	13,0	140



**Abb. 3-4:** Terminauswertung „Schüttung“ im Rahmen des Quellmonitorings Nationalpark Berchtesgaden.



**Abb. 3-5:** Referenzquellen-Auswertung „Schüttung“ im Rahmen des Quellmonitorings Nationalpark Berchtesgaden.



**Abb. 3-6:** Terminauswertung „Wassertemperatur“ im Rahmen des Quellmonitorings Nationalpark Berchtesgaden.

**Temperaturen:** Die Quellen des Nationalparks Berchtesgaden sind mit dem Medianwert  $T = 6,2^{\circ}\text{C}$  sehr kühl und weisen eine geringe Jahresamplitude auf ("kaltstenothe" Gewässer). Zwischen hochgelegenen Almquellen und talnahen Riesenquellen gibt es dabei kaum Unterschiede, da für Letztere die Höhenlage des Einzugsgebietes und nicht der Quellort ausschlaggebend sind. So liegen auch die drei Quartile trotz der unterschiedlichen Außenbedingungen von Frühwinter bis Hochsommer mit nur  $2^{\circ}\text{C}$  Differenz ( $5-7^{\circ}\text{C}$ ) sehr eng beisammen. Einige jahreszeitlich bedingte Extremwerte deuten auf Außeneinflüsse wie oberflächennahe Wasserwege und Umläufigkeiten hin. Die Lufttemperaturen hingegen la-

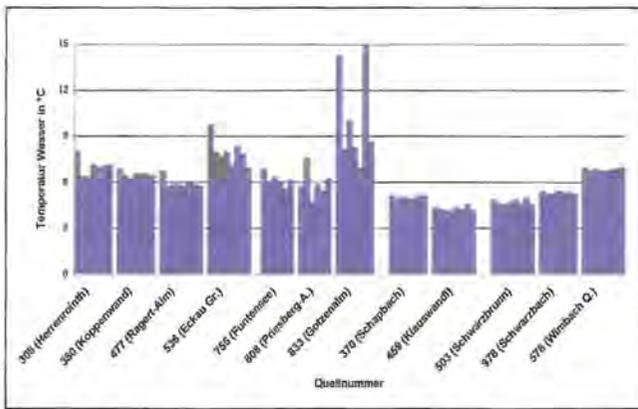


Abb. 3-7: Referenzquellen-Auswertung „Wassertemperatur“ im Rahmen des Quellmonitorings Nationalpark Berchtesgaden.

gen bei den Messterminen im Schnitt bei knapp 9 °C und die drei Quartile erstrecken sich über eine Temperaturamplitude von 6 bis 20 °C. Die sehr gleichmäßigen Temperaturverhältnisse in den Quellen sind ein wichtiger Steuerungsfaktor für die Lebewelt. Quellen frieren nicht zu, erwärmen sich aber auch kaum und haben meist ausgeglichene Schüttungen ohne „Katastrophen-dynamik“ und Geschiebetrieb. Ökologisch gesehen sind sie Oasen der Ruhe in einem turbulenten Gesamt-lebensraum. Dies gilt auch für die kleinen Quellen, deren Temperaturgang sich kaum von dem der Karstriesen-quellen unterscheidet.

Die Temperaturen der Quellen im NPOK folgen exakt demselben Schema, nur liegen sie um 1° C höher. Der Grund ist die geringere Höhenlage des dortigen Gebietes.

**Leitfähigkeit (Gesamtmineralisierung):** Die Leitfähigkeiten gehen weitgehend konform mit der Gesamthärte, die im Karst praktisch der Karbonathärte entspricht und als Summenäquivalent der Erdalkalien  $Ca^{2+}$  und  $Mg^{2+}$  berechnet wird. Im Allgemeinen sind die Wässer des Nationalparks weich bis mäßig hart, wie es für Karstverhältnisse typisch ist. Der Median von 265 Mikrosiemens/cm ( $\mu S/cm$ , = Kehrwert des Ohm'schen Widerstandes) entspricht rund 8° Deutscher Härte (DH), die härtesten Gebietsquellen erreichen bis 450  $\mu S/cm$  oder ca. 15° DH.

Sehr weiche bis dystrophe, mineralarme Wässer kennzeichnen die Moore, deren Moosvegetation durch Ionenaustausch das Maximum an Nährstoffen aus dem Wasser holt. Weiche Wässer (um 150-200  $\mu S/cm$  oder 5-7° DH) kommen aus Karsthochlagen mit wenig Vegetation, mittelharte Vertreter finden sich vor allem in Dolomit- und Mischgebieten aus Kalk/Mergel/Dolomit in mittlerer Höhenlage. Noch stärker mineralisierte Quellen entstammen fast immer tiefen Kluftwasserspeichern und Gesteinen mit salinaren Horizonten. Höhere Nichtkarbonathärten sind selten und fast immer auf Sulfatgehalte aus Gipskontakten zurückzuführen, wie bei den Wimbachquellen Nr. 578 und 582 und der Priesbergalmquelle Nr. 808.

Die Quellen des NPOK zeigen ganz ähnliche Tendenzen, nur die Aufhärtung ist in den dortigen stärker dolomitisierten Randalpen etwas stärker.

**Säuregrad des Wassers, pH-Werte:** Die Berchtesgadener Quellen sind fast alle ganzjährig basisch - lediglich ein einziges Moorgewässer hat saures Milieu. Die pH-Werte als Indikatoren für den Säuregrad verändern sich bei den einzelnen Quellen jahreszeitlich teils recht deutlich, bleiben aber über die Jahre gesehen sehr stabil und bezeugen ein gut abgepuffertes Karbonatsystem, das mit sauren Niederschlägen gut fertig wird.

Die gesamte Amplitude pendelt zwischen den Extremen pH 5 und pH 8,5 und umfasst damit ein Spektrum der  $H^+$ -Ionen-Konzentration von fast  $10^4$ . Der Median von pH 8 liegt jährlich fast genau am selben Wert und die drei Quartile umfassen einen gut definierten, engen Konzentrationsbereich an  $H^+$ -Ionen von jeweils pH 0.2 nach oben und unten. Niedrigere pH-Werte findet man in manchen Dolomitquellen, aber immer deutlich über dem Neutralpunkt.

Auch Talquellen aus anmoorigen Bereichen sind stets im basischen Milieu angesiedelt (Karbonat-Flachmoore etc.), und saure Bodenwässer (z.B. aus Latschenhumusböden und Rendzinen) sind bereits nach wenigen Metern im Fels bis über pH 8 hin abgepuffert. Die höchsten pH-Werte und somit den geringsten Säuregrad registrieren wir generell in den weichen, schnell durchlaufenden Hochkarstquellen.

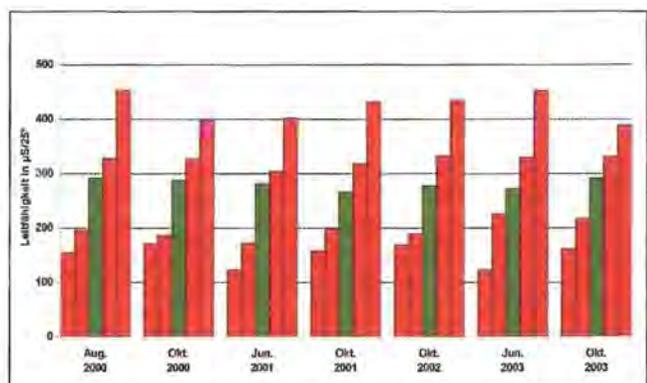


Abb. 3-8: Terminauswertung „Leitfähigkeit“ im Rahmen des Quellmonitorings Nationalpark Berchtesgaden.

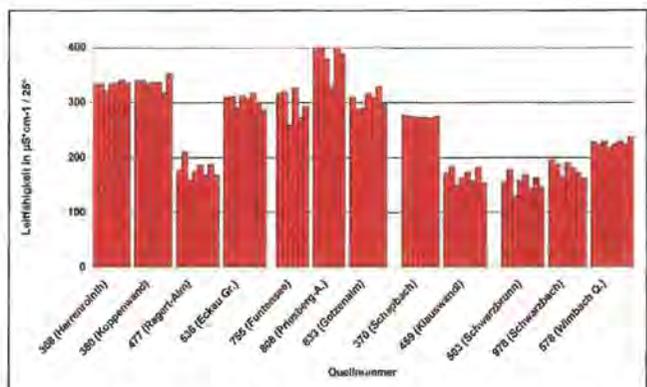
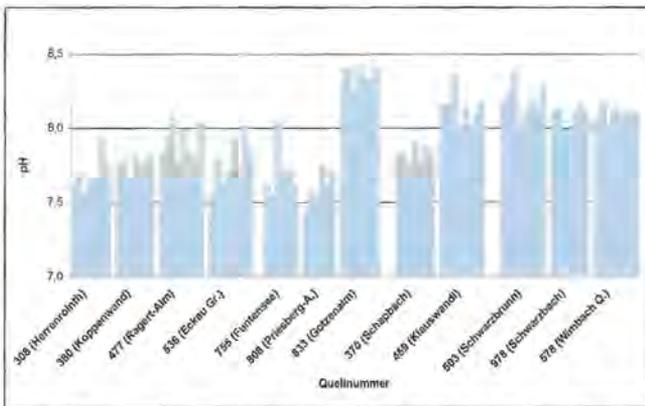
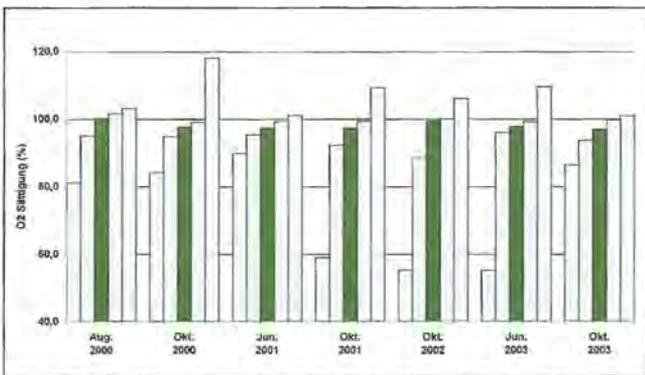


Abb. 3-9: Referenzquellen-Auswertung „Leitfähigkeit“ im Rahmen des Quellmonitorings Nationalpark Berchtesgaden.



**Abb. 3-10:** Referenzquellen-Auswertung „pH-Wert“ im Rahmen des Quellmonitorings Nationalpark Berchtesgaden



**Abb. 3-11:** Terminauswertung „Sauerstoff-Sättigung“ im Rahmen des Quellmonitorings Nationalpark Berchtesgaden.

Im österreichischen Nationalpark sind die statistischen Verhältnisse wiederum fast identisch, nur ist generell die Aktivität der  $H^+$  Ionen etwas höher. Die Masse der NPOK-Quellen konzentriert sich zwischen den Marken pH 7.6 – 8.0.

**Sauerstoffversorgung:** Die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes vor Ort ist sowohl für das Verständnis des Karbonatsystems wie auch für die Biologie der Quellen wichtig. Am Allgemeinen sind die Quellen beider Nationalparks sehr gut mit Sauerstoff versorgt, der median liegt mit 98 % bzw. 10,6 mg/l am Sättigungspunkt und nur wenige der Wässer haben unter 80%  $O_2$ -Sättigung. Sauerstoffarm im biologischen Sinn ist keines der gemessenen Wässer in Berchtesgaden. Manche Karstquellen weisen durch Luftblasenbildungen sogar einen leichten Überschuss auf.

### 3.3.2 Kationen: $Ca^{++}$ , $Mg^{++}$ , $K^+$ , $Na^+$

Die während der Kampagnen 2000-2004 ermittelten Messwerte für die Ionen sind in Tabelle 3-5 zusammengestellt, Tabelle 3-6 gibt eine Übersicht über die entsprechenden Ergebnisse aus dem NPOK. Im Folgenden geben wir eine Interpretation für alle untersuchten Parameter.

**Kalzium und Magnesium:** Wie schon erwähnt, zählen die Erdalkali-Ionen Kalzium und Magnesium zu den be-

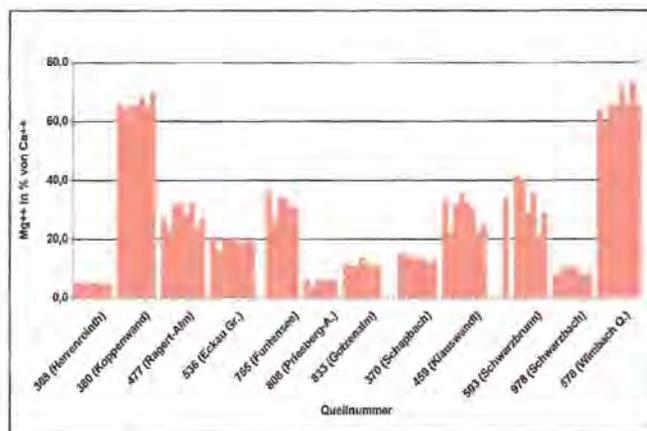
stimmenden Wasserinhaltsstoffen in den Karbonatwässern des Nationalparks.  $Ca^{++}$  ist in der überwiegenden Anzahl der Quellen mit 35-60 mg/l vertreten,  $Mg^{++}$  mit 2 bis 10 mg/l. Zwischen den einzelnen Messterminen gibt es nur geringe Unterschiede, deutlich sind sie hingegen, wenn verschiedene Quellen verglichen werden. Vor allem das Verhältnis der Ionen zueinander ist recht aussagekräftig bezüglich des Speichergesteines. So sollten „echte“ Dolomitquellen ein Konzentrationsverhältnis von 1:1 haben (als Äquivalente in mmol/cbm). Das wird in Berchtesgaden nur annähernd in wenigen Quellen des nordwestlichen Hochkaltersockels und im Wimbachgries erreicht, der Median liegt bei 1 Mg-Ion auf 5 Ca-Ionen. In Reinkalk – oder Karbonatmergelquellen der höheren Lagen führen etliche Quellen weniger als 5% an Mg-Ionen. Im NPOK ist bei ähnlichem Mineralisierungsgrad eine deutlich höhere Dolomitisierung, also ein höherer Mg- Anteil, festzustellen.

**Tabelle 3-5:** Quellenmonitoring Nationalpark Berchtesgaden (2000-2004): Kationen; Extremwerte und Quartile (Probenumfang: 201)

	$Mg^{++}$	$Ca^{++}$	Mg : Ca	$Na^+$	$K^+$
	mg/l	mg/l	mmol %	mg/l	mg/l
Minimum (0%)	0,3	1,4	2	0,1	0,0
Quartil 1 (25%)	2,2	34,2	6	0,1	0,1
Median (50%)	4,5	46,2	19	0,3	0,2
Quartil 3 (75%)	9,4	58,2	34	0,4	0,2
Maximum (100%)	21,4	100,0	74	0,9	1,4

**Tabelle 3-6:** Quellenmonitoring Nationalpark Kalkalpen (1999-2002): Vergleichswerte Kationen; Extremwerte und Quartile (Probenumfang: 982).

	$Mg^{++}$	$Ca^{++}$	Mg : Ca	$Na^+$	$K^+$
	mg/l	mg/l	mmol %	mg/l	mg/l
Minimum (0%)	0,00	0,13	1	0,08	0,00
Quartil 1 (25%)	3,9	39,7	15	0,3	0,2
Median (50%)	7,2	47,1	29	0,4	0,3
Quartil 3 (75%)	16,3	56,2	60	7	0,4
Maximum (100%)	31,8	91,6	103	12,8	12,6



**Abb. 3-12:** Referenzquellen-Auswertung „Kalzium-Magnesium-Verhältnis“ im Rahmen des Quellmonitorings Nationalpark Berchtesgaden.

**Kalium und Natrium:** Im Gegensatz zu den „Erdalkalien“ gelten  $K^+$  und  $Na^+$  als „bodenbürtig“, stammen also eher aus dem organischen Kreislauf als aus dem Speichergestein. In Karst- und Kluftwässern sind diese Ionen marginal vertreten, weil die Aufdüngung in den spärlichen Karstböden meist sehr gering ist bzw. kaum überschüssiges Substrat vorhanden ist. Kalium wird darüber hinaus auch noch an Glimmern und Montmorillonit irreversibel adsorbiert. Diese Mineralien kommen reichlich in Höhlen- und Residuallehmern der Karstmassive vor. So erreichen die Mediane beider Ionen nur rund ein Viertel eines Milligramms pro Liter Wasser und nur wenige „Ausreißer“ übertreffen diese Marke geringfügig. Im NPOK sind die Verhältnisse sehr ähnlich.

### 3.3.3 Anionen: $Cl^-$ , $SO_4^{--}$ , $NO_3^-$ , $HCO_3^{--}$

Die während der Kampagnen 2000-2004 ermittelten Messwerte für die Ionen sind in Tabelle 3-7 zusammengestellt, Tabelle 3-8 gibt eine Übersicht über die entsprechenden Ergebnisse aus dem NPOK. Im Folgenden geben wir eine Interpretation für alle untersuchten Parameter.

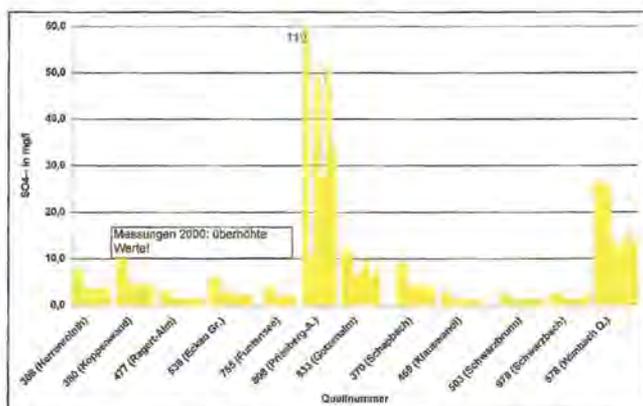
Wie bereits bei der Beschreibung der Methodik bemerkt, sackten zwischen den Kampagnen 10/2000 und 6/2001 die drei Anionenparameter  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{--}$  und  $Cl^-$  auf die Hälfte des vorherigen Konzentrationslevels ab. Laut Aussage des Labors handelt es sich um ein Artefakt und dieser Umstand wird daher nicht interpretiert. Die Maximalwerte sind zu relativieren, aber die Quartilwerte geben die Verhältnisse einigermaßen korrekt wieder. Seit 2001 bleiben die Werte im selben Konzentrationsmilieu stabil.

**Tabelle 3-7:** Quellenmonitoring Nationalpark Berchtesgaden (1999-2002): Anionen; Extremwerte und Quartile (Probenumfang: 201).

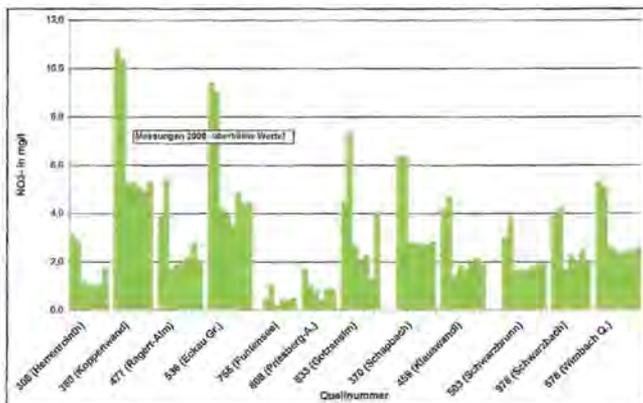
	Cl-	NO <sub>3</sub> -	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Minimum (0%)	0,0	0,0	0,1	3,3
Quartil 1 (25%)	0,2	1,7	1,5	120,2
Median (50%)	0,3	2,4	2,9	170,2
Quartil 3 (75%)	0,5	4,0	5,0	212,7
Maximum (100%)	1,4	10,9	119,0	308,6

**Tabelle 3-8:** Quellenmonitoring Nationalpark Kalkalpen (1999-2002): Vergleichswerte Anionen; Extremwerte und Quartile (Probenumfang: 982).

	Cl-	NO <sub>3</sub> -	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Minimum (0%)	0,0	0,00	0,00	0,0
Quartil 1 (25%)	0,4	2,6	3,0	155,6
Median (50%)	0,6	4,6	4,8	188,1
Quartil 3 (75%)	0,9	7,1	8,5	220,5
Maximum (100%)	12,8	37,21	157,21	340,2



**Abb. 3-13:** Referenzquellen-Auswertung „Sulfatgehalt“ im Rahmen des Quellmonitorings Nationalpark Berchtesgaden.



**Abb. 3-14:** Referenzquellen-Auswertung „Nitratgehalt“ im Rahmen des Quellmonitorings Nationalpark Berchtesgaden.

**Hydrogenkarbonat ( $HCO_3^-$ )** ist bei den Anionen naturgemäß dominant, da es mit den Erdalkalitionen das Karstsystem komplettiert. Im Diagramm ist optisch fast kein Unterschied zur Leitfähigkeit zu erkennen. Mit 170 mg/l im Median und 120 bis 210 mg/l Hauptamplitude ist das Karbonation etwas geringer konzentriert als im Partner-Nationalpark NPOK.

**Chlorid** wird, da der Kontakt zu salinaren Wässern im Gebiet sehr selten gegeben ist, im Karst als „mobiles Ion“ gewertet - das heißt, im Regelfall ist die Menge, die aus dem Grundwasserkörper austritt, direkt entsprechend derjenigen, die andernorts in ihn eingespült wird: Es finden kaum Interaktionen zwischen den gelösten Ionen und dem Grundwasserkörper statt. Der allgemeine Level erreicht nur 0,2 bis 0,5 mg/l, signifikant erhöhte Werte kommen nirgends vor. Bei den geringen Konzentrationen lassen sich etwas erhöhte Werte nicht sinnvoll zuordnen; sie scheinen willkürlich da und dort aufzutreten.

**Sulfat** hingegen ist gesteinsbürtig und wird aus Evaporiten („Eindampfungsgesteinen“ wie Gips und Salz) verschiedener Gesteinshorizonte ausgelaugt (z. B. Haselgebirge/ Permoskyth, Raibler Schichten/ Karn). Höhere Werte weisen daher stets auf das Vorhandensein eines gipshaltigen Gesteines hin. In Berchtesgaden tritt dieser Fall nur vereinzelt auf, der Medianwert liegt bei sehr

niedrigen 3 mg/l. Aufgrund der Tektonik führen nicht nur tiefe Talquellen wie die Wimbachquellen Nr. 578 und 582 vermehrt Sulfationen, sondern auch die Priesbergalm Quelle Nr. 808 und die Landtalalmquelle Nr. 680. Keine Quelle kommt aber annähernd an die Höchstgrenzen heran, oberhalb deren die Wasserqualität für die Trinkwasserversorgung als bedenklich anzusehen ist.

Nitrat schließlich ist einer der Problemzeiger aus der Landwirtschaft. Im Nationalpark sind die Wässer nicht bis kaum belastet, die Werte bleiben noch unterhalb der strengsten Trinkwassernormen. Etwas überraschend ist, dass Waldquellen in Tallagen im Vergleich teils stärker nitrathaltig sind als Wässer auf den Almen. Der Median liegt indessen bei nur 2,5, das 3. Quartil bei 4 mg/l. Der NPOK weist ganz ähnliche Verhältnisse auf, wobei aber die Konzentrationen von Nitrat und Sulfat etwas höher sind. Es sei darauf hingewiesen, dass die Messfehler dort infolge des anderen Auswertezitrumes stärker durchschlagen als in Berchtesgaden.

### 3.3.4 Organoleptische Werte: Trübung und Tönung des Wassers

Trübung (in „Trübe-Einheiten“ TE, Formazin-Eichung) und Tönung der Quellwässer werden als Durchlicht-Parameter bei bestimmten Wellenlängen ermittelt und geben einen sehr generellen Überblick über Feinstoff-Frachten bzw. komplexere (meist organische) Inhaltsstoffe des Wassers. Eine Aussage über die Art der Schwebstoffe bzw. der Verursacher von Wassertönungen ist mit dieser Methode kaum möglich. Mineralogische Analysen im Nationalpark Kalkalpen haben aber gezeigt, dass Trübungen von Karstwässern hauptsächlich aus remobilisierten Tertiärlehmen (Lagerstätten in Dolinen und Höhlensystemen) herrühren (HASEKE 1999).

Trübung: In der Sedimentführung sind die Berchtesgadener Quellen sehr unauffällig; es sind an den Messterminen zumeist ungetrübte Wässerchen im besten Sinn des Wortes. Allerdings ist zu beachten, dass Trü-

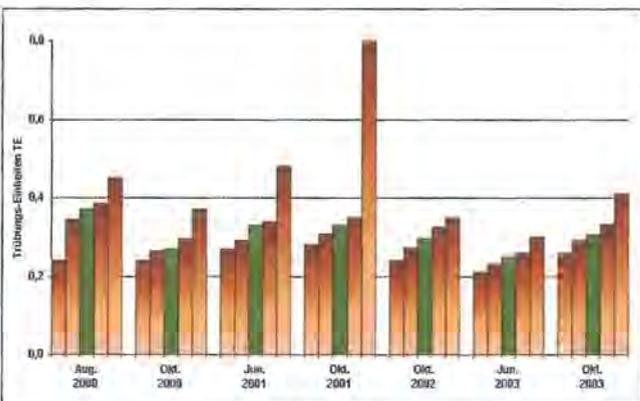


Abb. 3-15: Terminauswertung „Trübung“ im Rahmen des Quellmonitorings Nationalpark Berchtesgaden.

**Tabelle 3-9:** Quellenmonitoring Nationalpark Berchtesgaden (2000-2004): Organoleptik und Mikrobiologie; Extremwerte und Quartile (Probenumfang: 200).

	Trübung TEFormazin	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml
Minimum (0%)	0,2	0,0	0,0	0	0	0	0
Quartil 1 (25%)	0,3	0,7	0,1	6	0	1	0
Median (50%)	0,3	2,0	0,2	26	0	9	0
Quartil 3 (75%)	0,3	4,0	0,3	117	1	38	1
Maximum (100%)	0,9	36,4	2,7	unzählbar	unzählbar	unzählbar	318

**Tabelle 3-10:** Quellmonitoring Nationalpark Kalkalpen (1999-2002): Vergleichswerte Organoleptik und Mikrobiologie; Extremwerte und Quartile (Probenumfang: 982).

	Trübung TEFormazin	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml
Minimum (0%)	0,2	0,0	0,0	0	0	0	0
Quartil 1 (25%)	0,3	0,7	0,1	6	0	1	0
Median (50%)	0,3	2,0	0,2	26	0	9	0
Quartil 3 (75%)	0,3	4,0	0,3	117	1	38	1
Maximum (100%)	0,9	36,4	2,7	unzählbar	unzählbar	unzählbar	318

bungen vor allem bei Gewitterdurchgängen auftreten und solche Ereignisse nicht gemessen wurden. Bei den ausgewiesenen Werten handelt es sich fast um eine Art „Grundrauschen“, das bei verschiedenen Quelltypen ziemlich konstant bleibt. Trübung ist der einzige Parameter, für den alle Quartile auf das Zehntel genau denselben Wert aufweisen. Im Vergleichsgebiet NPOK ist wesentlich mehr Dynamik feststellbar. Signifikant verschmutzte Quellwässer sind in Berchtesgaden auch in den Almgebieten nicht nachweisbar, die einzigen etwas höheren Werte stehen mit Moorwässern im Zusammenhang.

Tönung, Färbung (Absorptionsspektren): In der Standard-Analytik werden hauptsächlich zwei Spektren zur Ermittlung der Lichtabsorption gemessen. Der Absorptionskoeffizient AK (früher auch „Extinktionsmodul“) 254 nm bezeichnet die Durchlässigkeit für UV-Licht und gilt als Orientierungsziffer für organische Inhaltsstoffe. Tatsächlich ergeben DOC-Messungen tendenziell par-

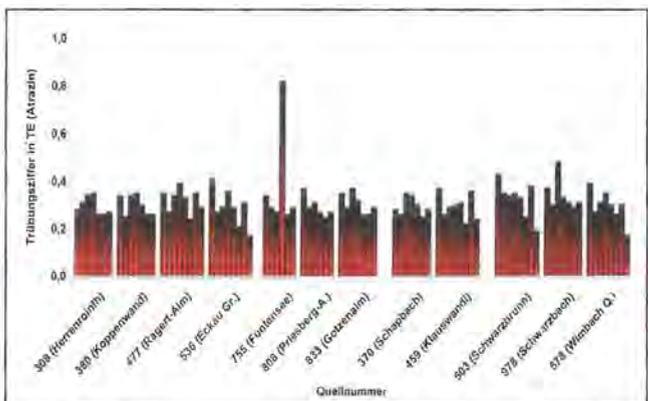


Abb. 3-16: Referenzquellen-Auswertung „Trübung“ im Rahmen des Quellmonitorings Nationalpark Berchtesgaden.

alle Ergebnisse zu diesem Messwert. Das Modul 436 nm steht für bräunlich-gelbliche Tönung des Wassers und ist keiner bestimmten Stoffgruppe zuzuordnen. Große Karstquellen sind im Spektrum 254 nm durchwegs mit höheren Werten repräsentiert, während die gut geseihten Dolomit-Kluftquellen und die Tiefquellen sehr klares Wasser führen. Die Spanne der Werte ist bei diesem Parameter am höchsten, auch die Mediane klaffen relativ weit auseinander. Trendmäßig vergleichbar ist das Modul 436 nm für bräunlich-gelbliche Tönung. Auch hier fallen ausgesprochene Tiefquellen mit konstanter Schüttung als sehr rein auf, während durch Weidewirtschaft belastete Almquellen, aber auch Karstquellen mit Übersprüngen und großen Wasserumsätzen in abgeoffenen Höhlensystemen im Spitzenfeld angesiedelt sind.

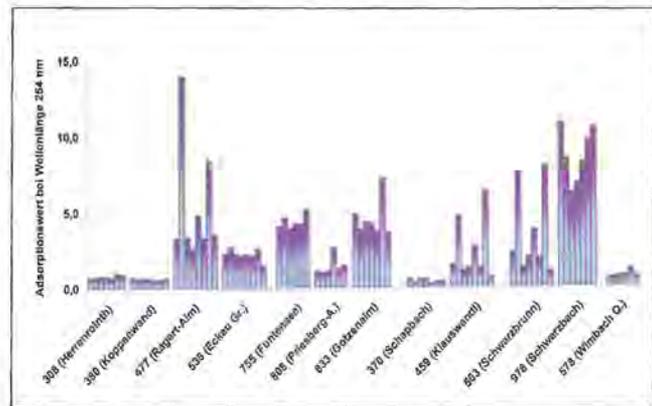


Abb. 3-18: Referenzquellen-Auswertung „Tönung AK 254 nm“ im Rahmen des Quellmonitorings Nationalpark Berchtesgaden.

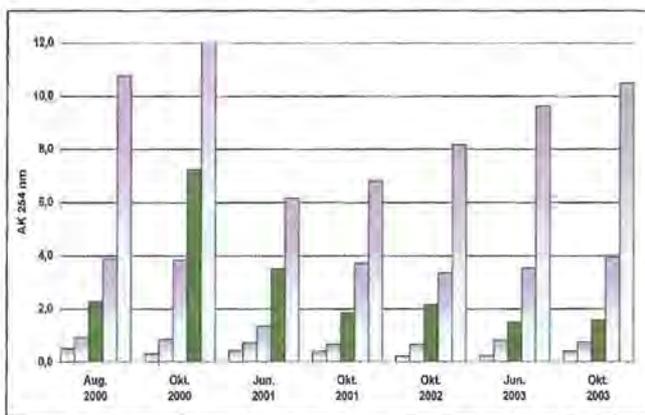


Abb. 3-17: Terminauswertung „Tönung AK 254 nm“ im Rahmen des Quellmonitorings Nationalpark Berchtesgaden.

### 3.3.5 Verkeimung, mikrobiologische Frachten

Mikrobiologie in Quellen und Karsthöhlen ist ein sehr komplexes Thema, dessen Erforschung erst am Anfang steht: Im Mittelpunkt des Interesses stand bislang bei den meisten Studien die für den Menschen besonders wichtige Frage nach der Belastung potenziellen Trinkwassers durch pathogene Keime (GOUNOT 1994). Die meist weitständigen Klüfte und Wasseradern im Karstgebirge sind für Einzeller durchlässig, und die raschen Abstandsgeschwindigkeiten sorgen dafür, dass Krankheitskeime von der Oberfläche rasch zur Quelle gelangen können. Bei der Analyse der Keimführung von Quellwasser werden standardmäßig nur die KBE bzw. CFU (koloniebildende Einheiten, Colony Forming Units)

Tabelle 3-11: Quellmonitoring Nationalpark Berchtesgaden (2000-2004): Mikrobiologie; Einschätzung der Güteklasse der mehrfach gemessenen Quellen nach der Häufigkeit und Konzentration des Auftretens seuchenhygienischer Zeigerkeime.

ID Nr.	Bezeichnung	ID Nr.	Bezeichnung
578	Wimbach Quelle am Wehrauslauf	1	312 Herrenröint Quelle 3
595	Quelle oberhalb Wimbachklamm	1	477 Ragatalm: Rohr unter Straße
370	Schappbach Quelle	2	519 Sudelquelle Nähe Hintersee, Lehen
380	Koppenwd. 1 / Logger	2	521 Quelle Autzinger
390	Koppenwd. 2	2	542 Ragat-Hausquelle
536	Eckau Graben, untere Quelle	2	662 Neuhüttenalm Quelle
576	Reschen - Oberer Übersprung	2	666 Quelle Röt
680	Landtalam Quelle	2	750 Gefasste Quelle im Rennergraben
807	Quelle Stangassinger	2	755 Quelle Funtenseediendstütte
308	Herrenröint Quelle 2	3	766 Oberste Stuhlgrabenquelle
459	Klauswandl Quelle	3	796 Brunntrog Gotzenalm-Langtal
503	Schwarzbrunnen	3	808 Priesbergalm Sumpfquelle
GLETSCHE	Ramsauer Gletscherquelle	3	833 Brunnen am Weg
OX	Ochsenhütte Brunntrog	3	978 Schwarzbachloch
300	Herrenröint Quelle 1	4	KLAHA Quelle Klausbachhaus

#### Die Einstufung bedeutet:

- 1 Stets unverkeimtes Wasser (als Trinkwasser ohne Vorbehalte geeignet)
- 2 Nur ab und zu und niedrig verkeimtes Wasser
- 3 Meist bis immer niedrig bis mittelhoch verkeimtes Wasser
- 4 Stets hoch verkeimtes Wasser (als unbehandeltes Trinkwasser ungeeignet)

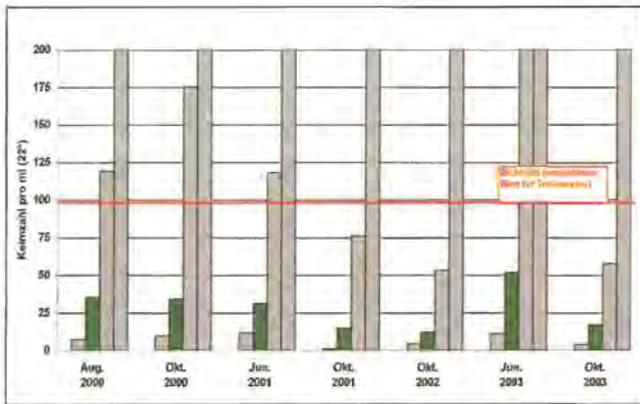


Abb. 3-19: Terminauswertung „Mikrobiologie - KBE“ im Rahmen des Quellmonitorings Nationalpark Berchtesgaden.

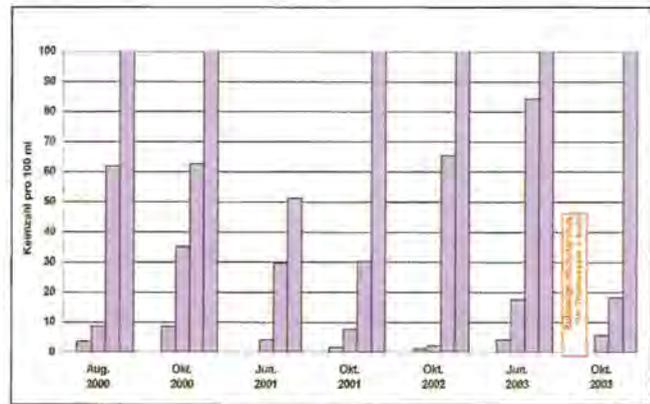


Abb. 3-21: Terminauswertung „Mikrobiologie - Coliforme“ im Rahmen des Quellmonitorings Nationalpark Berchtesgaden.

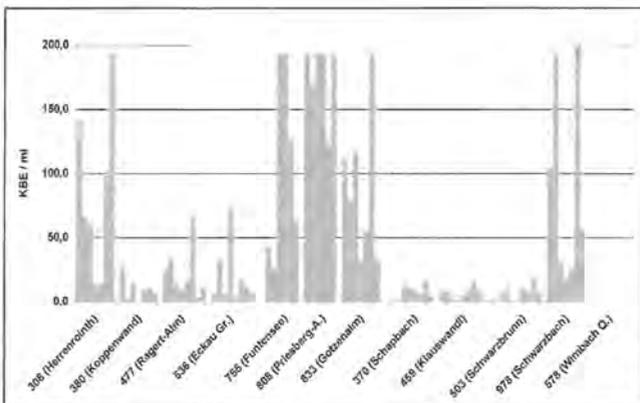


Abb. 3-20: Referenzquellen-Auswertung „Mikrobiologie - KBE“ im Rahmen des Quellmonitorings Nationalpark Berchtesgaden.

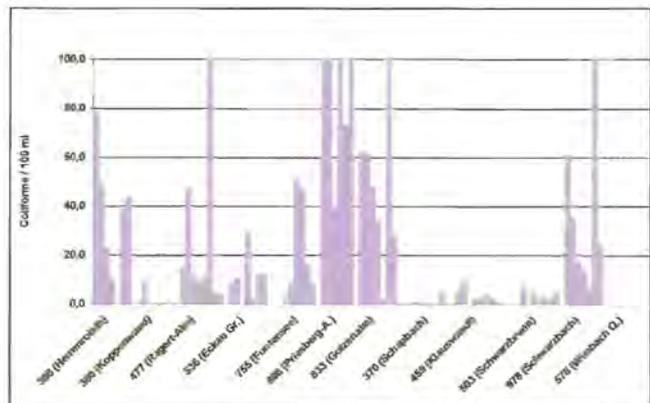


Abb. 3-22: Referenzquellen-Auswertung „Mikrobiologie - Coliforme“ im Rahmen des Quellmonitorings Nationalpark Berchtesgaden.

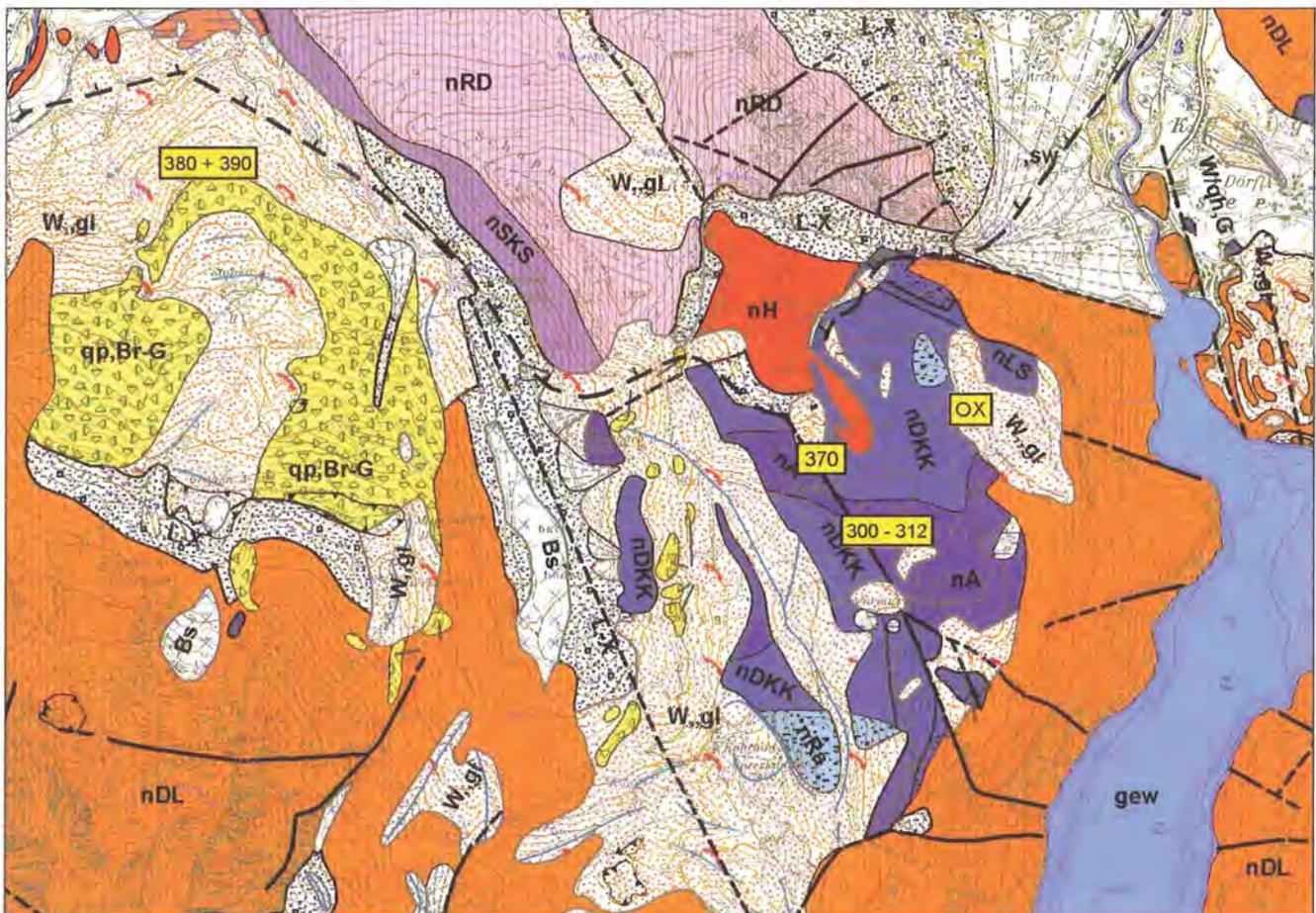
und einige Bakterien ausgezählt, die (Darm-)Symbionten von Säugetieren sind und mit Fäkalien ins Wasser geschwemmt werden. Diese relativ leicht bestimmbaren Mikrobionten dienen als Anzeiger für das potenzielle Vorkommen von Krankheitserregern im Wasser. Die „fakultativ pathogenen Keime“ (*Escherichia coli*, Coliforme Bakterien und Enterokokken) sind im Lebensraum Quelle fremd. Versuche, die autochthone Mikrobiontenfauna von Quellen zu bestimmen, haben zum Nachweis hunderter verschiedener Arten geführt und stehen noch ganz am Anfang. Streng genommen sagt die Trinkwasseranalyse nur etwas über die Eignung des Rohwassers für den menschlichen Genuss, aber nichts über die Mikro-Lebewelt eines Quellbiotops aus.

Aus biologischer Sicht ist die Wertung des Wassers in „gut“ oder „schlecht“ aus dem rein nutzenorientierten Blickwinkel der Trinkwasser-Eignung unbefriedigend und oft auch gar nicht relevant. Im Nationalpark Berchtesgaden müssten demnach rund 70% der Quellen als „belastet“ gelten. Nur 16 % aller Messungen weisen Keimfreiheit im hygienischen Sinn auf. Verlässlich saubere Quellen sind im unteren Wimbachtal und bei der Koppenwand (Watzmann) anzutreffen. Auch die Schabachquelle (Watzmann) und einzelne Austritte entlang der tirolischen Deckenstirn des Klausbachtals (Hochkalter) sind öfters ganz unbelastet. Am unteren Ende der Skala treffen wir kleine Quellen der Alm- und Talböden an, aber auch die Karstriesenquellen mit ganzen Bergstöcken als Einzugsgebiet.

<sup>1</sup> Österreichisches Lebensmittelbuch, Kapitel B1, Pt. 9:

„Trinkwasser muss frei von solchen Bakterien, Viren und Parasiten sein, die durch Verschlucken eine Erkrankung des Menschen verursachen können. Da deren Nachweis langwierig und nicht immer sicher ist, wird Trinkwasser routinemäßig nur auf das Vorhandensein von sogenannten Indikatorkeimen überprüft.“ - Die Anforderungen gelten als erfüllt, wenn die nachstehend angeführten Richtzahlen (RZ) und zulässigen Höchstkonzentrationen (ZHK) eingehalten werden:

Bakteriologische Parameter für ursprüngliches (natives) Wasser	RZ/ZHK
Gesamtkeimzahl (KBE/ml) bei 22 °C	100
Gesamtkeimzahl (KBE/ml) bei 37 °C	10 (ZHK)
<i>Escherichia coli</i>	nicht nachweisbar in 100 ml (ZHK)
Coliforme Bakterien	nicht nachweisbar in 100 ml (ZHK)
Enterokokken	nicht nachweisbar in 100 ml (ZHK)



**Abb. 3-23:** Das Gebiet Herrenröint-Schapbach mit den wichtigsten gemessenen Quellen. - Dachsteinkalk = orange, tieferes Trias = rosa/lila, Jura = blau, Konglomerate und Brekzien = gelblich, Moränen und junge Sedimente = helle Tönungen. Ausschnitt aus der Geologischen Karte von Bayern 1:25.000, Blatt Nationalpark Berchtesgaden, Geologisches Landesamt München 1998.

### 3.4 Einzelbeschreibungen ausgewählter Quellen

#### 3.4.1 Quellgebiet Herrenröint - Schapbach - Koppenwand (Watzmann)

##### Herrenröint: Nr. 300-312

Untersuchte Quellen:

Nr. 300 Quelle in Lichtung Herrenröint 1; Probenumfang: 5 Messungen

Nr. 308 Quelle in Lichtung Herrenröint 2 / Wetterstation; Probenumfang: 7 Messungen

Nr. 312 Quelle in Lichtung Herrenröint 3 / Emergenzfalle; Probenumfang: 3 Messungen

Nutzung: Wissenschaft

Trinkwassereignung: Nicht geeignet (alle)

Lage, Geologie: Im Nordosten ist dem Watzmann mit Schapbachriedel und Grünstein ein Gebiet angegliedert, das der Reiteralm-Decke angehört und aus Reichenhaller Schichten und Ramsaudolomit aufgebaut wird (Abb. 3-23). Der Quellhorizont liegt knapp westlich der Herrenröint-Hütte im Dogger-Kieselkalk, aus dem an mergeligen Stauschichten im Liegenden das Wasser gedrückt wird. Zum Teil versumpftes Gelände mit etlichen kleinen Quellaustritten wird von einer zuwachsen-

den hochstaudenreichen Kahlfäche (Windwurf) eingenommen (für weitere Details siehe Kap. 8).

Hydrophysik und -chemie: Alle drei Quellen sind demselben Horizont diffuser Kleinquellen aus schlecht verkarstungsfähigem Kieselkalk zuzurechnen. Das Einzugsgebiet ist mit Sicherheit auf den Oberhang begrenzt. Die Quellschüttungen sinken zeitweise an die Beprobungsgrenze (0,01 l/s) ab, maximale Wasserführungen um 0,5 l/s. Die Quellen tendieren zunehmend

**Tabelle 3-12:** Quellgebiet Herrenröint, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %		
Minimum	0,0	5,7	320	7,37	7,9	73,3		
Median	0,1	6,9	333	7,7	9,2	87,5		
Maximum	0,7	10,3	382	8,14	10,3	97,1		
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
Minimum	1,6	68,1	0,3	0,1	0,1	0,8	3,1	208,3
Median	2,2	71,3	0,6	0,2	0,4	1,6	3,7	220,6
Maximum	2,8	81,2	0,7	0,8	0,6	5,7	7,7	266,6
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,2	0,7	0,0	13	0	0	0	
Median	0,3	0,9	0,1	140	0	49	1	
Maximum	0,4	3,6	0,3	unzählbar	20	unzählbar	318	

zur Austrocknung, weil der Bewuchs zunimmt. Im Falle ungestörter Messbarkeit liegen die Temperaturen recht konstant bei 6 – 7 °C, vereinzelte Ausreißer sind mutmaßlich den schwierigen Messumständen zuzuschreiben. Die Leitfähigkeiten liegen für das Gebiet hoch, Nr. 300 zeigt die höchsten Einzelwerte. Das damit abgebildete, deutlich aufgehärtete Karbonatsystem führt viel Kalzium (bis zu > 80 mg/l), aber kaum Magnesium, dessen Anteil meist unter 5% liegt. Dies ist eindeutig geologisch bedingt. Natrium liegt mit 0,3 – 0,7 mg/l vergleichsweise hoch, in den Absolutzahlen aber, wie auch alle anderen Ionen, auf einem niedrigen Level. Immerhin sind dies Hinweise auf eine etwas stärkere Mobilisierung von Nährstoffen. Die pH-Werte (generell < 7.8) liegen ebenso wie der Sauerstoffgehalt (80-90% Sättigung) meist im Datenfeld des 1. Quartils, die Werte sind aber für Karbonatquellen nicht ungewöhnlich.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** In Trübung und Farbtonung sind alle Messwerte im niedrigen Bereich. In allen mikrobiellen Zählwerten aber befinden sich die Herrenröintquellen deutlich über der Norm, was aufgrund der destabilisierten und vermutlich wildreichen Umgebung erklärbar ist. Der *E. Coli* – Wert in Nr. 312 vom Juni 2003 ist das Maximum aller Messungen: 318 Keime in 100 ml Wasser!

**Ochsenhütte: OX**

Probenumfang: 4 Messungen; Nutzung: Nicht bekannt  
Trinkwassereignung: Teilweise geeignet

**Lage, Geologie:** Die Quelle entspringt nordwestlich unterhalb der Herrenröint, dort wo die Forststraße in den steilen Karrenweg nach Königssee übergeht (Abb. 3-23). Mergeliger Lias (Allgäuschichten) geht hier in hangenden Dogger-Kieselkalk über. Es handelt sich demnach um eine Schichtgrenzquelle, ähnlich den Horizonten auf der Herrenröint.

**Hydrophysik und -chemie:** Bis auf die vermutlich messtechnisch bedingten Temperatursprünge ist die Kleinquelle zu allen Terminen recht gleichmäßig mineralisiert. Typisches Karbonatwasser mit leichtem Sauerstoff-Überschuss, mittlerer Mineralisierung (LF +-260 µS/cm) bei nur 5 % Mg-Anteil und leicht erhöhtem Sulfat weist

auf einen eher engklüftigen Wasserspeicher hin. Kalzium liegt bei 55 mg/l und damit, ebenso wie HCO<sub>3</sub>, um einiges niedriger als auf der nahen Herrenröint. Alle anderen Ionen bleiben untergeordnet.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Die Werte für Trübung und Tönung sind sehr niedrig und auch die Keimzahlen für Fäkalanzeiger liegen im Gebietsvergleich unter dem Durchschnitt der Proben. Das Quellwasser wäre zeitweise als Trinkwasser geeignet.

**Schapbach-Alm: Nr. 370**

Probenumfang: 7 Messungen; Nutzung: Hüttenversorgung; Trinkwassereignung: (Fast immer) geeignet

**Lage, Geologie:** Ursprung des Baches östlich der Schapbach Alm, Dogger-Kieselkalk / Allgäuschichten, Moränen- und Hangschuttmantel. Breite, blockige und verwachsene Rinne im Waldhang, zahlreiche (Sekundär?) Austritte und Umläufigkeiten. Die Probenstelle befindet sich am obersten Austritt (Fassung) oberhalb der permanenten Messstation und ist vermutlich an eine Schichtgrenze der beiden erwähnten Juragesteine gebunden. Im Vergleich zu den nicht weit entfernten Herrenröint-Quellen ist der Quellhorizont deutlich konsolidierter, hat konzentrierte Austritte und sehr gleichmäßige Messwerte. Es ist zu vermuten, dass die Quelle einen Teil des Archenkopf-Kührointh-Schapbachriedelkammes entwässert. Im Quellbach läuft seit Jahren eine Klima- und Loggerstation (Wassertemperatur), deren Ergebnisse hier nicht verwertet wurden (für weitere Details siehe Kap. 8).

**Hydrophysik und -chemie:** Die kräftig schüttende Quelle – sie zählt zum wasserreichsten Drittel der gemessenen Austritte – ist mit nur 5 °C kalt und gesteinsbedingt etwas höher mineralisiert. Auch hier ist das Karbonatsystem vom Kalzium dominiert, Magnesium erreicht aber 15 %. Die weiteren Ionen bleiben akzessorisch.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Alle Werte sind niedrig, was einerseits auf die gute Seihung im Untergrund, andererseits auf ein unbelastetes Einzugsgebiet hinweist.

**Tabelle 3-13:** Quelle Ochsenhütte, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %							
Minimum	0,1	6,5	259	7,88	10,0	93,5							
Median	0,2	8,0	263	7,72	10,8	107,6							
Maximum	0,3	11,1	268	7,78	11,4	109,5							
	Mg <sup>++</sup> mg/l	Ca <sup>++</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l					
Minimum	1,8	53,3	0,8	0,2	0,2	2,2	8,0	155,0					
Median	1,9	54,2	0,8	0,2	0,2	2,4	8,8	161,3					
Maximum	2,2	54,9	0,9	0,3	0,6	4,1	9,4	164,1					
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml						
Minimum	0,2	0,5	0,0	3	0	0	0						
Median	0,3	0,7	0,1	8	0	3	0						
Maximum	0,3	0,8	0,2	14	0	4	2						

**Tabelle 3-14:** Quelle Schapbachalm, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %							
Minimum	2,0	4,8	271,0	7,7	10,4	93,0							
Median	10,0	5,0	273,0	7,8	10,9	98,3							
Maximum	20,0	5,1	276,0	7,9	11,2	100,8							
	Mg <sup>++</sup> mg/l	Ca <sup>++</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l					
Minimum	3,8	52,8	0,5	0,2	0,2	2,7	3,9	153,1					
Median	4,4	53,7	0,5	0,2	0,4	2,8	4,3	175,0					
Maximum	5,0	55,1	0,5	0,2	0,7	6,4	9,1	180,6					
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml						
Minimum	0,3	0,2	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0						
Median	0,3	0,4	0,1	8,0	0,0	0,0	0,0						
Maximum	0,4	0,5	0,3	15,0	0,0	5,0	4,0						

### Koppenwand: Nr. 380 und 390

Probenumfang: je 7 Messungen  
Nutzung: Hausversorgung (380)  
Trinkwassereignung: (Meist) geeignet

**Lage, Geologie:** Austritte aus dem ausgedehnten Hangmoränengebiet am Nordfuß des Watzmanns, oberhalb der großen Wildfütterung. Die Quellen sind eingezäunt. In die Fassung der Quelle Nr. 380 wurde 2001 ein T-LF-Logger eingebaut (für weitere Details siehe Kapitel 8). Ausgeprägter, nicht allzu schüttungsstarker, aber verlässlich dotierter Quellhorizont.

Die erhöhten Magnesiumgehalte (bis >20 mg/l) des Wassers deuten auf die möglicherweise hier unter den Lockergesteinen vergrabene Schichtgrenze Dachsteinkalk – norischer Dolomit hin. Das Einzugsgebiet dürfte nicht über den aus Dachsteinkalk aufgebauten Oberhang hinausgehen.

**Hydrophysik und -chemie:** Konstant kaltstenothermer, gut aufgehärteter Karbonatquellhorizont mit markantem Magnesiumgehalt. Der Mg-Gehalt erreicht durchwegs 70 % des Ca-Gehaltes, dies entspricht dem Gebietsmaximum. Relativ niedere pH-Werte und gute Sauerstoffversorgung, die Ionen außerhalb des Karbonatsystems sind nur untergeordnet.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Die Daten weisen den Quellhorizont als sauber, klar und wenig verunreinigt aus. Neben der Zäunung gegen das Wild dürfte dafür auch die Passage durch feinstoffreiches Lockergestein (bessere Filtration) verantwortlich sein.

**Tabelle 3-15:** Quellen Koppenwand, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %
Minimum	0,1	6,0	340	7,77	10,7	97,0
Median	0,8	6,1	346	7,88	11,0	98,2
Maximum	5,0	6,4	349	7,93	11,3	101,5

	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
Minimum	19,0	46,8	0,2	0,2	0,3	4,0	3,6	223,5
Median	19,4	47,3	0,3	0,3	0,6	4,4	4,1	227,5
Maximum	21,4	49,0	0,3	0,3	0,8	8,9	8,5	234,3

	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml
Minimum	0,3	0,2	0,0	0	0	0	0
Median	0,3	0,4	0,0	2	0	3	0
Maximum	0,4	0,5	0,3	152	2	11	0

### 3.4.2 Quellgebiet Hirschbichl - Klausbachtal (Hochkalter, Reiteralms)

#### Mittereiskaser: Nr. 429, 437, 441, 443, MEK:

Nr. 429 Alter Brunnen Mittereiskaser  
Nr. (MEK) Brunnen Mittereiskaser  
Nr. 437 Quelle NW Mittereiskaser  
Nr. 441 Quelle am Weg zum Mittereiskaser  
Nr. 443 Quelle aus Rohr Bindalm

Probenumfang: je eine Messung (16.6.2004)  
Nutzung: z.T. Hüttenversorgungen  
Trinkwassereignung: Nicht geeignet

**Lage, Geologie:** Alle Quellen entspringen zwischen Bindalm und Mittereiskaser, östlich des Hirschbichl-Passes bzw. aus dem Kar westlich der Hocheisspitze im westlichen Hochkaltergebirge, zwischen 1100 und 1350 m Seehöhe. Auf dem Dachsteinkalk lagert hier ein dickes Polster aus Schutt und Bergsturzmaterial. Bei der tiefer gelegenen Bindalm zieht bereits die Deckenstirn des Tirolikums durch, sodass der Kalk hier tektonisch an den Ramsaudolomit der Reiteralms-Decke angrenzt. Die durchwegs kleinen Quellen wurden im Zuge einer Gebiets-Schwerpunktkampagne gemessen, weswegen die Angaben mit dem Vorbehalt einer Einfachmessung zu werten sind. Die Wässer sind, wohl durch den Kontakt mit dem Lockermaterial, deutlich besser aufgehärtet als die echten Karstquellen der Umgebung. Bei der Bindalm macht sich der Dolomit hydrochemisch bemerkbar.

**Hydrophysik und -chemie:** Geringe Wasserführung, kalte bis kühle Temperaturen und mittlere Mineralisierung (Leitfähigkeit um die 250 µS/cm) kennzeichnen diese Quellzone. Die Sauerstoffgehalte sind hoch, die pH-Werte um 8 und damit gut basisch. Wie fast überall dominiert das Karbonat mit rund 150-190 mg/l, Kalzium liegt mit 40-50 mg/l im Gebietsmittel. Während der Mg-Gehalt im Schnitt bei 15-25% liegt, ist die Quelle Nr. 443 mit rund 50 % Mg zum Ca-Gehalt (oder 33 % gesamt) schon leicht dolomitisch.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Während die Werte von Trübung und Tönung im mittleren Bereich aller Gebietsmessungen angesiedelt sind (nur MEK dürfte etwas erhöhte organische Inhaltsstoffe haben), ist die Verkeimung allenthalben deutlich spürbar bis hoch. Vor allem Nr. 429 und MEK waren am Messtermin mit KBE und Coliformen massiv belastet. Keine der Quellen hatte Trinkwasserqualität.

**Tabelle 3-16:** Quellen Hirschbichl-Klausbachtal, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

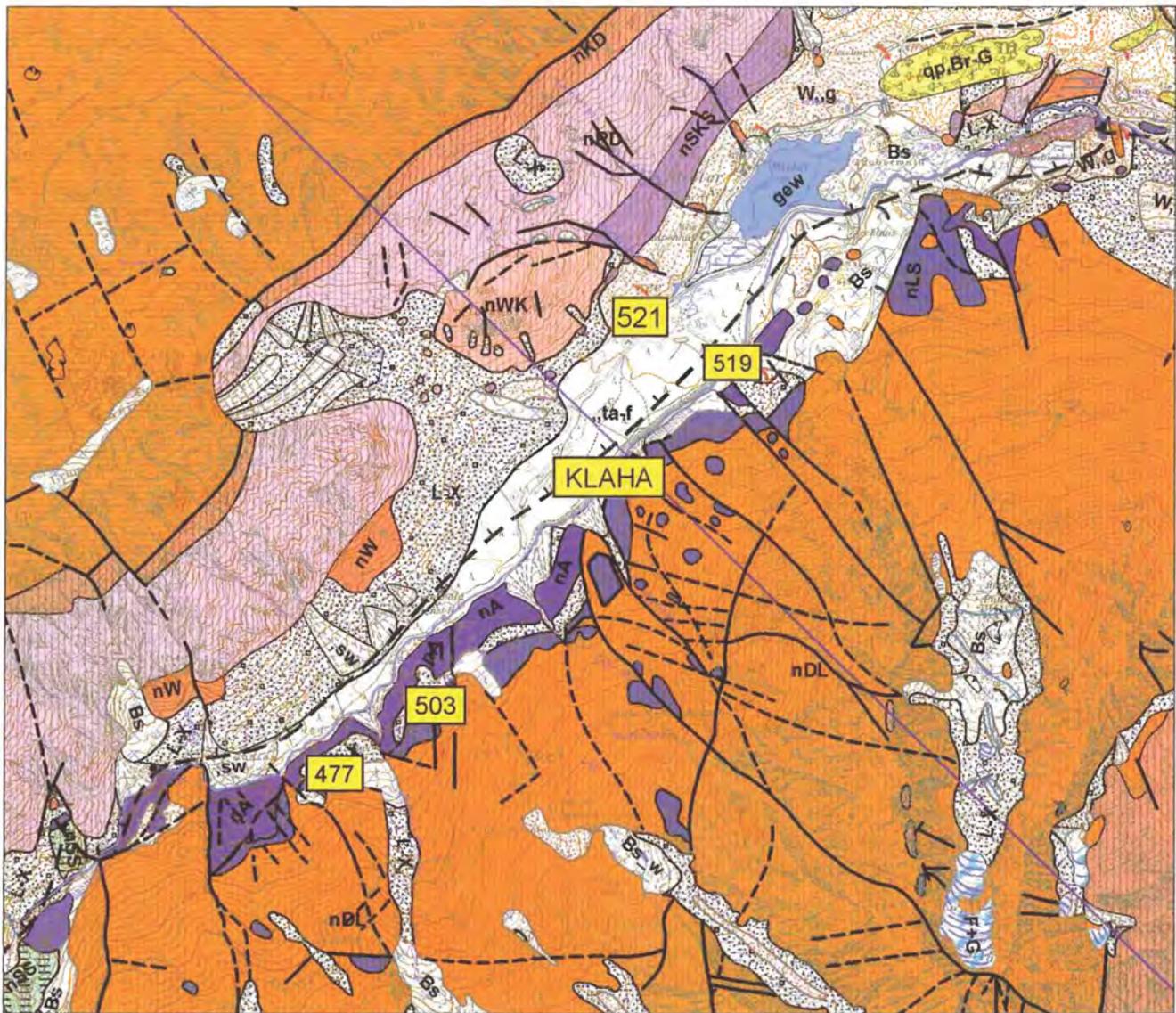
	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %
429	0,05	7,2	259	8,26	10,63	102,6
MEK	0,05	11,3	235	8,05	10,01	106,5
437	0,50	5,3	223	7,93	10,62	97,2
441	0,50	5,2	280	8,03	10,50	95,7
443	0,10	7,1	288	7,93	9,82	92,2

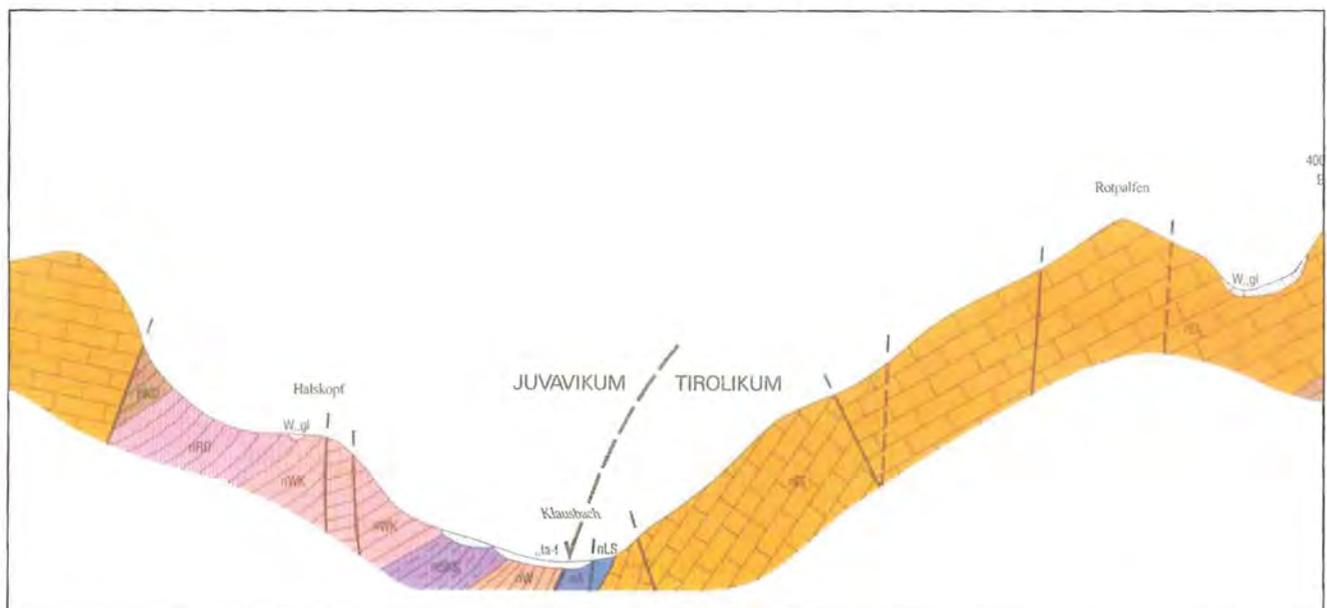
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
429	4,88	47,77	0,18	0,08	0,46	2,24	1,31	161,09
MEK	6,30	41,32	0,13	0,06	0,21	1,81	0,96	150,10
437	4,52	39,97	0,10	0,08	0,41	2,31	0,94	145,83
441	6,79	49,89	0,20	0,28	0,32	1,57	1,48	192,20
443	12,70	42,33	0,12	0,10	0,27	1,75	1,56	187,32

	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml
429	0,27	3,36	0,32	250	1	198	0
MEK	0,24	4,78	0,38	880	1	30	2
437	0,26	0,80	0,18	230	4	3	0
441	0,25	2,80	0,32	118	0	12	4
443	0,25	2,08	0,28	6	0	17	0



**Abb. 3-24:** Das Gebiet Klausbachtal - Hintersee mit den wichtigsten gemessenen Quellen. - Dachsteinkalk = orange, tiefere Trias = rosa/lila, Jura = blau, Moränen und junge Sedimente = helle Tönungen. Oben: Ausschnitt aus der Geologischen Karte von Bayern 1:25.000, Blatt Nationalpark Berchtesgaden; unten: Querprofil senkrecht zur Talachse. Kartengrundlage: Ausschnitt aus der digitale Fassung der Geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000. Nationalpark Berchtesgaden. © Bayerisches Geologisches Landesamt. München 1998.



**Klauswandl: Nr. 459, 447, 449, 461**

Probenumfang: 8 Messungen: 459; je eine Messung: 447, 449, 461

Nutzung: Keine; Trinkwassereignung: Mäßig geeignet.

**Lage, Geologie:** Kräftiger Quellhorizont aus gebanktem Dachsteinkalk am Fuß der Klauswand, Westhang Hochkalter nördlich des Hirschbichl-Passes. Nahe der Überschiebungslinie des Hochkalters auf die Reiteralm stehen am Hangfuß Kreide- und Juramergel und Kieselkalk an, sodass eine Stauwirkung anzunehmen ist. Die Quellbäche fließen im Messzeitraum durch einen aktuellen Windwurf. Niedrige Temperatur und Mineralisierung der Quellen, verbunden mit relativ hohen pH- und Sauerstoffwerten und sprunghaft reagierenden organischen Daten bei generell niedrigeren Keimraten weisen auf weitlumige Karstgefäße hin. Die teils aus Siphonröhren entspringenden, starken Quellen entwässern eindeutig den Hocheisstock.

**Hydrophysik und -chemie:** Temperaturen um 4 °C und Leitfähigkeiten unter 180 µS/cm liegen im ersten Quartil aller Vergleichsmessungen und signalisieren die Herkunft aus dem Hochkarst. Der leicht erhöhte Mg-Gehalt (rund 25 % der niedrigen Kalzium-Konzentrationen) dürfte auf dolomitische Lagen innerhalb des „Loferites“ hinweisen. Natrium, Kalium sowie die Anionen liegen beim Minimum aller Quellen. Ein Einfluss der mutmaßlich anstauenden Gesteine am Bergfuß ist diesen Daten nicht entnehmbar, möglicherweise überlaufen die Wandquellen einen tiefer liegenden Wasserkörper.

Neben der Monitoringquelle Nr. 459 wurden zum Termin Juni 2004 drei weitere Austritte des Horizontes gemessen. Zu diesem Zeitpunkt waren die Werte der Quelle 459 durchwegs unterhalb des Medians. Dabei fällt nur die orographisch linke, rund 5 l/s starke Quelle Nr. 447 etwas aus dem Rahmen: Sie ist mit 6 °C deutlich wärmer und das Ca-Mg-Verhältnis von 13:100 ist deutlich in Richtung Kalzium verschoben. Auch die Nebenionen sind etwas erhöht. Dies deutet auf einen etwas längeren Kontakt mit den mutmaßlich rückstauenden Kieselkalen oder Kalkmergeln hin, sodass die Quelle den vermuteten tieferen Wasserkörper repräsentieren könnte.

**Tabelle 3-17:** Quellen Klauswandl (459, Einzelwert für 447), physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %		
Minimum	10,0	4,1	149	7,97	11,1	96,8		
Median	25,0	4,2	170	8,14	11,5	100,1		
Maximum	40,0	4,5	183	8,35	11,7	100,5		
447 (06-2004)	5,0	6,0	194	8,10	10,9	98,7		
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
Minimum	4,6	25,5	0,1	0,1	0,1	1,4	1,0	100,6
Median	4,9	29,0	0,1	0,1	0,2	2,0	1,2	111,2
Maximum	5,8	34,0	0,1	0,1	0,4	4,7	2,6	122,0
447 (06-2004)	2,8	35,7	0,2	0,1	0,4	3,1	2,1	120,8
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22* KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,2	1,1	0,1	1	0	0	0	
Median	0,3	1,5	0,3	8	0	2	0	
Maximum	0,4	6,3	0,4	16	1	10	4	
447 (06-2004)	0,25	8,80	0,52	8	0	4	0	

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Interessant ist der zeitweise erhöhte Wert 254 nm (Orientierungsziffer für organische Stoffe), und zwar stets im Herbst, Möglicherweise spielt Fall-Laub eine Rolle, denn mikrobiologisch sind nur geringe Keimzahlen nachweisbar. Auch hier fällt die Quelle Nr. 447 mit leicht erhöhten synoptischen Werten aus dem Rahmen, was auf verstärkten Einfluss tieferer Lagen bzw. längeres Verweilen in Austrittsnähe hinweisen könnte.

**Engert-Holzstube: Nr. 467, 468, EHT**

Nr. 467 Poolquelle NE (HOKA)

Nr. 468 Hirschshulen Quellgruppe NE Engert Holzstube (HOKA); Nr. (EHT) Engert Holzstube Trinkwasser (HOKA); Probenumfang: je 1 Messung (467, 468; 17.6.2004, EHT; 13.10.2003).

Nutzung: Hausversorgung (EHT); Trinkwassereignung: Geeignet (EHT), nicht geeignet (467, 468)

**Lage, Geologie:** Rund 1 km nördlich der Klauswand-Quellgruppe gelegen, entstammen die Quellen ebenfalls dem gebankten Dachsteinkalk des Hocheiskopfes am Nordwestabfall des Hochkalters. An der Überschiebungslinie auf die Reiteralm steht am Hangfuß eine stauende Schürze aus Juramergel und Kieselkalen an, die das Bergwasser an die Oberfläche bringt. Die Situation ist typisch für die Quellgruppen am Hochkalter Nordabfall. Mittlere Schüttungen, sehr kaltes Wasser, geringe Mineralisierung und ein gut abgepuffertes Ca-Karbonatsystem kennzeichnen die Quellen als typische Hochkarstquellen.

**Hydrophysik und -chemie:** Wenngleich die Werte nur Einzeltermine darstellen, dürften sie die Verhältnisse doch repräsentieren. Alle Werte zeigen das für den Hochkalterfuß im Klausbachtal typische Bild: Die Temperaturen und Leitfähigkeiten liegen mit Werten um < 5°C und 160 µS/cm deutlich im ersten Perzentil (25 %) aller Messungen, ebenso rund 100 mg/l HCO<sub>3</sub> und Ca-Gehalte um 30 mg/l. Magnesium scheint mit 15-25 % auf und deutet auf leicht dolomitisches Milieu im gebankten „Loferkalk“ hin. Das Wasser ist etwas basischer als der Schnitt und sehr gut O<sub>2</sub>-versorgt. Die übrigen Ionen spielen kaum eine Rolle.

**Tabelle 3-18:** Quellen Engert Holzstube, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %		
467	5,00	4,8	160	8,11	11,17	97,4		
468	7,50	4,7	159	8,12	11,45	99,4		
EHT	k.A.	6,8	178	8,10	10,40	94,8		
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
467	2,44	29,70	0,09	0,08	0,30	1,67	1,13	102,51
468	2,47	29,63	0,13	0,10	0,28	1,89	1,19	100,07
EHT	5,28	32,07	0,10	0,07	0,64	2,15	1,19	115,69
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22* KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
467	0,22	4,72	0,44	29	1	0	0	
468	0,22	4,92	0,46	45	1	10	2	
EHT	0,36	4,96	0,28	0	0	0	0	

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Das Trinkwasser der Engert Holzstube (EHT) weist keine Zeigerkeime auf. Die beiden anderen Quellen liegen mit ihrer Keimfracht im Gebietsmittel. Leicht erhöht zeigen sich die Tönungswerte der Wässer. Bei Nr. 468 scheint sich die Nähe der Hirschshulen bemerkbar zu machen. Die Kontaminationen stammen vermutlich aus dem quellnahen Bereich.

**Ragertalm: Nr. 469, 471, 477**

Probenumfang: 8 Messungen: 477; je 1 Messung: 469, 471; Nutzung: keine; Trinkwassereignung: Nicht geeignet

**Lage, Geologie:** Die Almquelle 477 entspringt am Ausgang des Sittersbachtals in ähnlicher geologischer Situation wie die Gruppe Klauswandl: Nahe der Deckenstirn wird das Wasser am Kontakt von rotem Liaskalk mit mergelig-kieseligen Allgäuschichten herausgedrückt. Das Einzugsgebiet liegt im Dachsteinkalk. Die beiden kleineren Nebenquellen befinden sich südwestlich der Ragertalm und etwas höher. Aufgrund der Übereinstimmung mit den rund 1,5 km entfernt in ähnlicher Situation ausspiegelnden Klauswandlquellen weisen die Daten auf ein Einzugsgebiet im Mittelhang bzw. in den Karböden des Hochalters hin.

**Hydrophysik und -chemie:** Die meist um 1 - 2 Sekundenliter schüttende Quelle 477 hat Temperaturen um 6 °C und Leitfähigkeiten bei 180-200 µS/cm. Auch hier ist der Mg-Gehalt mit rund 25 % der Kalzium-Konzentrationen erhöht, dies dürfte auf dolomitische Lagen innerhalb des „Loferites“ hinweisen. Dem gegenüber weisen die etwas höher gelegenen Quellen zum Vergleichszeitpunkt Juni 2004 nur einen relativen Gehalt von 6 % Mg zu Ca auf. Nr. 469 ist dabei weit stärker aufgehärtet. Na, K sowie die Anionen liegen beim Minimum aller Quellen.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Vereinzelt höhere Werte bei der „organischen“ Tönung AK254 drücken sich auch in den mikrobiellen Frachten aus. Die stetige Präsenz von Coliformen kann aus dem Almbereich kommen, aber auch aus höher gelegenen Einständen, z. B.

im Sittersbachtal. Im direkten Vergleich sind die beiden Nebenquellen wesentlich stärker belastet: Vor allem 469 führt alle Fäkalkeime und die Zahl der Coliformen wurde mit „unzählbar“ angegeben.

**Schwarzbrunnen: Nr. 502, 503**

Probenumfang: 8 Messungen: 503; 1 Messung: 502  
Nutzung: Keine; Trinkwassereignung: Meist nicht geeignet

**Lage, Geologie:** Die große Karstquelle, einer der Hauptentwässerungsstränge des Hochalters, kommt in äquivalenter Position wie die Klauswandl- und Ragertalmquellen zutage: an der Überschiebungsfront der Berchtesgadener Decke an Allgäuschichten, die dem Dachsteinkalkklotz des Hochalters als schmales Band anlagern. Der Schwarzbrunnen entspringt im Ausstrich des Ofentales. Alle Messwerte passen typisch zu einer großen Quelle aus dem felsigen Hochkarst der Nördlichen Kalkalpen. Auch hier weist ein Mg:Ca Verhältnis von 35 zu 100 auf dolomitische Komponenten im Aquifer hin, die vermutlich als Zwischenlagen im lagunären Dachsteinkalk ausgebildet sind. Die Vergleichswerte der Quelle Nr. 502 („Schwarzbrunnenlagune“) sind mit der Hauptquelle fast identisch, es handelt sich um denselben Wasserkörper.

**Hydrophysik und -chemie:** Temperaturen um 4,5 °C, wenig Mineralisierung, weiches Wasser und relativ hohe pH-Werte sind typische Parameter eines Kahlkarst-Einzugsgebietes in größerer Höhe.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Durchwegs moderate Werte, nur der Zeigerwert für organische Stoffe AK254 ist jahreszeitlich erhöht, und zwar stets im Herbst. Ungewöhnlich ist der durchgehende mikrobiologische Nullwert vom 25.6.2001, der möglicherweise mit später Schneeschmelze zusammenhängt. Ansonsten finden sich meist Fäkalzeiger im Wasser.

**Tabelle 3-19:** Quellen Ragert-alm, physikalisch, chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %		
Minimum	0,3	5,7	158	7,76	10,9	96,0		
Median	6,5	5,8	176	7,89	11,2	98,4		
Maximum	40,0	6,7	209	8,07	11,6	103,0		
469	0,05	10,7	305	8,30	10,02	101,1		
471	0,50	7,8	213	8,32	10,39	97,7		
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
Minimum	4,6	27,6	0,1	0,1	0,1	1,7	1,1	110,1
Median	5,4	31,0	0,1	0,1	0,2	2,1	1,5	115,8
Maximum	5,8	38,7	0,1	0,1	0,5	5,4	3,2	133,6
469	2,17	62,04	0,29	0,10	0,18	1,73	1,77	194,03
471	1,63	43,25	0,39	0,55	0,38	1,93	1,39	137,29
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,2	2,5	0,2	3	0	4	0	
Median	0,3	3,4	0,4	15	0	11	0	
Maximum	0,4	13,9	0,8	66	36	264	1	
469	0,21	2,00	0,28	188	2	unzählbar	6	
471	0,20	6,20	0,48	97	1	133	0	

**Tabelle 3-20:** Quelle Schwarzbrunnen, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %		
Minimum	70,0	4,5	129	8,02	11,2	97,0		
Median	125,0	4,6	156	8,20	11,8	100,7		
Maximum	500,0	4,9	177	8,37	12,1	103,2		
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
Minimum	3,9	21,6	0,1	0,0	0,1	1,8	0,9	88,7
Median	5,1	26,3	0,1	0,1	0,2	1,8	1,1	101,2
Maximum	6,1	32,3	0,1	0,1	0,4	3,8	2,4	119,0
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,2	1,0	0,1	0	0	0	0	
Median	0,3	2,1	0,3	7	0	2	0	
Maximum	0,4	8,0	0,4	18	2	7	0	

### **Hintersee-Lehen Sickerquelle Nr. 519**

Probenumfang: 8 (6) Messungen

Nutzung: keine; Trinkwassereignung: Nicht geeignet

**Lage, Geologie:** Die Kleinquelle sickert südöstlich des Hintersees aus mergeligen Kalken der Allgäuschichten, bereits an der südöstlichen Talsohle. Rund 250 m über den Talboden hinweg befindet sich am Siedlungsrand ein größerer Quellhorizont, der den See speist (vgl. Quelle 521). Inwieweit es hier Zusammenhänge gibt, ist nicht bekannt. Da die Quelle zweimal trocken angetroffen wurde, beträgt der Probenumfang für die chemische Analyse nur 6, für die Mikrobiologie nur 4 Termine. Insgesamt deuten die Werte auf ein begrenztes, talnahes Einzugsgebiet hin, ein Konnex zum Karst des Hochkaltes dürfte kaum bestehen.

**Hydrophysik und -chemie:** Die stark schwankenden Temperaturwerte deuten wahrscheinlich eher auf Schwierigkeiten bei der Sondenapplikation als auf tatsächliche Varianzen hin. Das Wasser ist im Vergleich aufgehärtet mit wenig Magnesium, was auf einen Aquifer aus Kalk oder Kalkmergel oder aus Lockermaterial hindeutet. Deutlich erhöht sind Natrium und Nitrat, sodass eine stärkere Koppelung mit dem Nährstoffkreislauf stattfindet.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Bei den Messwerten für Färbung und Trübung unauffällig, ist die Sickerquelle durchwegs stark mit Fäkalanzeigern kontaminiert.

### **Klausbachhaus: KLAHA**

Probenumfang: 4 Messungen

Nutzung: Nicht bekannt;

Trinkwassereignung: Nicht geeignet

**Lage, Geologie:** Die Quelle dringt im Talboden des Klausbaches nahe der Nationalparkgrenze ans Tageslicht, rund 1 km südwestlich der Quellen Nr. 521, die den Hintersee speisen. Die Quellen könnten aus dem Grundwasser des Klausbaches stammen, aber auch von Hangwässern aus der tieferen Trias des Reiteralms-Südosthanges (Wettersteinkalk, anisische Karbonate). Wir befinden uns hier im Kontaktbereich der Überschiebungsfäche Tirolikum-Juvavikum. Das Karstaquifer des Hochkalterstockes steht sicher mit dem Porenaquifer der Verschüttungsmassen im Klausbachtal in direktem Kontakt.

Das geht auch bei Trockenfallen des Klausbaches in recht trockenen Sommern aus den Pegelmessungen am Ausfluss des Hintersees hervor. Die mittelstarke Quelle (meist um 3-5 l/s) ist unauffällig mineralisiert, etwas auffällig ist die stärker schwankende Temperatur (dies könnte aber durch den Messort bedingt sein) und der zeitweise bis auf 75 % reduzierte Sauerstoff. Insgesamt dürfte die Quelle aber nicht aus tieferen Grundwasserschichten genährt sein.

**Hydrophysik und -chemie:** Die Leitfähigkeiten liegen um die 260 µS/cm, der Magnesiumanteil von 45% deutet auf einen stärker dolomitischen Untergrund hin, die

Nichtkarbonationen sind nur gering vertreten. Insgesamt ist die Quelle dem Gebietsdurchschnitt recht nahe.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Die Quelle ist entsprechend ihrer Lage im stark frequentierten, durchlässigen Talboden sehr stark verkeimt, Trübung und Tönung sind unauffällig.

### **Auzinger Quelle: Nr. 521**

Probenumfang: 4 Messungen; Nutzung: Nicht bekannt;

Trinkwassereignung: Nicht geeignet

**Lage, Geologie:** Südwestlich des Hintersees dringt ein Quellhorizont aus den Talalluvionen auf und speist das Stillgewässer. Die Quellen könnten aus dem Grundwasser des Klausbaches stammen, aber auch von Hangwässern aus der tiefen Trias des Reiteralms-Südosthanges oder direkt aus der Deckengrenze. Hier, ganz knapp nördlich der Überschiebungsfäche Tirolikum-Juvavikum, grenzen im Untergrund Werfener Schiefer an tirolischen Jura. Die Quelle hat eindeutige Anklänge an einen tieferen Wasserkörper, wobei die deutliche Aufmineralisierung bei Leitfähigkeiten > 400 µS/cm zur Gänze dem Karbonatsystem zu verdanken ist. Die hohe Verkeimung spricht indessen auch für einen aktuellen Anteil. Am wahrscheinlichsten ist die Interpretation als Grundwasser aus feinschuttigem Kalk-Dolomit-Detritus.

**Hydrophysik und -chemie:** Relativ konstante mittlere Schüttung (die Wasserspende des gesamten Quellhorizontes ist nicht bekannt) bei relativ hohen Temperaturen und erhöhter Härte charakterisieren die Grundwasserquelle. Das Mg:Ca Verhältnis von 4:10 deutet Dolomiteinfluss an, die fast völlige Abwesenheit von Sulfat spricht gegen eine Herkunft aus der tiefen Trias. Auch alle anderen Ionen bleiben akzessorisch. Markant ist die relativ geringe Sauerstoffsättigung, die mit nur 55 % den Tiefstwert aller gemessenen Quellen erreicht.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Trübung und Tönung sind durchwegs niedrig, was auf einen feinporigen Aquifer hindeutet. Umso höher sind die Verkeimungsraten, die zweifellos aus aktuellen Einsickerungen in den besiedelten und genutzten Talboden stammen.

**Tabelle 3-21:** Sickerquelle Hintersee, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH ---	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %		
Minimum	0,0	6,7	276	8,15	7,8	93,0		
Median	0,1	9,0	304	8,24	10,2	96,9		
Maximum	0,5	12,7	322	8,35	11,2	101,0		
	Mg <sup>++</sup> mg/l	Ca <sup>++</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	NO3 <sup>-</sup> mg/l	SO4 <sup>--</sup> mg/l	HCO3 <sup>-</sup> mg/l
Minimum	2,4	55,2	0,4	0,2	0,2	4,7	2,9	186,0
Median	3,3	83,0	0,8	0,4	0,5	5,8	3,5	194,7
Maximum	3,9	67,4	0,7	0,4	0,6	10,9	7,6	205,6
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,2	2,9	0,0	146	0	72	2	
Median	0,3	3,5	0,3	196	0	178	6	
Maximum	0,5	4,4	0,4	250	7	unzählbar	12	

**Tabelle 3-22:** Sickerquelle Klausbachhaus, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %		
Minimum	0,5	6,7	255	7,38	8,6	75,4		
Median	3,0	7,1	261	7,90	9,5	88,3		
Maximum	10,0	10,2	272	8,00	11,1	99,7		
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
Minimum	10,1	39,6	0,3	0,1	0,3	2,9	2,3	166,8
Median	10,7	42,4	0,3	0,2	0,4	3,1	2,5	170,2
Maximum	11,7	42,9	0,4	0,2	0,6	3,9	2,6	174,7
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,3	2,5	0,1	1	0	1	0	
Median	0,3	2,8	0,2	275	2	309	1	
Maximum	0,3	3,2	0,3	430	182	unzählbar	4	

**Tabelle 3-23:** Autzinger Quelle, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %		
Minimum	3,0	7,1	398	7,38	6,1	55,1		
Median	5,5	8,1	417	7,44	6,3	60,6		
Maximum	15,0	10,2	431	7,48	7,8	70,5		
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
Minimum	15,2	63,5	0,2	0,1	0,1	1,8	1,4	256,9
Median	16,4	68,4	0,3	0,2	0,3	2,3	1,5	282,4
Maximum	18,5	72,4	0,5	0,4	0,5	3,0	1,6	298,9
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,2	2,6	0,2	47	0	217	0	
Median	0,2	3,8	0,3	980	4	50116	2	
Maximum	0,3	4,1	0,3	1120	106	unzählbar	7	

**Eckaugraben-Quellen: Nr. 532, 533, 534, 536, 538**

Probenumfang: 8 Messungen: 536; je 1 Messung: 532, 533, 534, 538; Nutzung: keine; Trinkwassereignung: Meist nicht geeignet

**Lage. Geologie:** Der Nordostfuß des Hochkalterstockes ist von größeren Hangschuttmassen überdeckt, die am Unterhang teils brekziös verfestigt sind. Im Eckaugraben ist eine Würm-Moräne abgelagert. Am unteren Ende dieser Moräne befindet sich der kleine Quellhorizont innerhalb einer degradierten Fichten-Monokultur. Die Werte der Quelle entsprechen dem von autochthonem Lockermaterial beherrschten Einzugsgebiet, das vermutlich kaum über den Eckaugraben hinausgeht. Wahrscheinlich fungieren die zur Brekzie verbackenen Hangschuttmassen als Wasserspeicher.

**Tabelle 3-24:** Eckaugraben Quellen, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %		
Minimum	0,0	6,9	285	7,56	9,9	92,8		
Median	0,4	7,9	308	7,76	10,6	97,5		
Maximum	0,8	9,7	316	8,01	11,0	99,5		
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
Minimum	5,8	51,4	0,2	0,1	0,2	3,5	2,3	185,9
Median	6,6	58,1	0,3	0,2	0,4	4,4	2,5	199,6
Maximum	7,6	61,1	0,3	0,2	0,9	9,4	5,8	220,9
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,2	1,5	0,1	4	0	0	0	
Median	0,3	2,2	0,1	10	0	9	0	
Maximum	0,4	2,7	0,3	73	1	29	0	

**Hydrophysik und -chemie:** Die zeitweise trocken fallenden Quellen (auch am Vergleichstermin waren drei der vier weiteren Quellen trocken) sind vom Karbonatsystem beherrscht, wobei der Mg-Gehalt stets rund 20 % des Ca-Gehaltes beträgt. Die deutlichen Temperatursprünge sind vermutlich damit erklärbar, dass die Wasserader eine Strecke weit oberflächennahe fließt, bevor sie messbar wird. Die höher gelegene Quelle 538 war zum Vergleichstermin stärker, kälter und stärker vom Magnesium geprägt (Mg = 25 % Ca).

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Die Messdaten sind unauffällig, die Keimzahlen etwa im Gebietsschnitt, wobei die stetige Abwesenheit von *E. Coli* auffällt.

**Ragert Hausquelle: Nr. 542**

Probenumfang: 6 Messungen  
Nutzung: Hausquelle;  
Trinkwassereignung: Nicht geeignet

**Lage. Geologie:** Die Quelle entspringt am unteren Ende eines größeren Komplexes von brekziös verfestigten Hangschuttmassen, in ähnlicher Lage wie die weiter östlich ausspiegelnde Quelle Nr. 536 und etwa in Falllinie oberhalb der „Gletscherquellen“. Die Werte der Quelle entsprechen dem von autochthonem Lockermaterial beherrschten Einzugsgebiet. Wahrscheinlich fungieren die zur Brekzie verbackenen Hangschuttmassen als Wasserspeicher.

**Hydrophysik und -chemie:** Die kleine, aber verlässlich fließende Quelle ähnelt stark der knapp 1 km östlich entspringenden Eckau-Quelle Nr. 536. Beide sind vom Karbonatsystem beherrscht, wobei hier der Mg-Gehalt fast 30 % des Ca-Gehaltes beträgt. Die deutlichen Temperatursprünge sind vermutlich damit erklärbar, dass die Wasserader eine Strecke weit oberflächennah fließt, bevor sie messbar wird.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Bei unauffälligen Trübe- und Farbwerten zeigt sich die Quelle stets verkeimt, wobei *E. Coli* nur einmal auftrat, die Coliformen aber immer in beträchtlicher Zahl nachweisbar sind.

**Tabelle 3-25:** Ragert Hausquelle, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %		
Minimum	0,1	7,1	285	7,86	10,3	97,0		
Median	0,4	7,9	301	8,11	10,7	99,4		
Maximum	1,0	9,9	309	8,27	11,0	101,0		
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
Minimum	7,2	52,4	0,2	0,1	0,3	5,9	3,3	189,0
Median	8,7	58,5	0,2	0,1	0,4	6,6	4,0	192,6
Maximum	9,8	57,5	0,6	1,0	0,6	7,4	4,6	196,5
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,3	0,8	0,1	19	0	2	0	
Median	0,3	1,2	0,1	47	1	10	0	
Maximum	0,3	1,7	0,2	220	18	37	1	

**Ramsauer Gletscherquellen: GLETSCH**

Probenumfang: 4 Messungen

Nutzung: keine; Trinkwassereignung: Nicht geeignet

Lage, Geologie: Der kräftige Horizont der „Gletscherquelle“ entspringt im Talgrund der Ramsauer Ache aus dem Hangfuß des Hochkalterstockes, unterhalb der Quelle Nr. 542. Infolge der starken Schuttverhüllung bleibt das Leitgestein direkt an der Überschiebungsfrent des Tirolikums verborgen, doch dürfte es sich um Dachsteinkalk handeln. Die rasche Reaktion der Gletscherquellen auf ergiebige Regenfälle und Schneeschmelze in höheren Lagen und der alsbaldige Schüttungsabfall deuten auf Alimentierung aus der vadosen Zone hin. Die Verbindung zum Blau eis (daher im Volksmund Gletscherquellen) und zu den zwei weiteren Einspeisungsstellen Blau eishütte und Schärtenalm ist durch einen Markierungsversuch nachgewiesen. Die Werte signalisieren auf einen Blick, dass diese Quelle in einer anderen Liga spielt als die Hangwässer von Nr. 536 und 542: Die Schüttung (Angaben stark unterrepräsentiert) beträgt ein Vielfaches, das Wasser ist sehr kalt und gering mineralisiert. Es handelt sich mit Sicherheit um Karstwässer aus den alpinen Lagen des Hochkalter.

Hydrophysik und -chemie: Die Werte zeigen das gewohnte Bild der größeren Karstquellen im Talgrund. Geringe Temperatur- und Leitfähigkeitswerte werden von relativ hohen pH- und O<sub>2</sub>-Werten begleitet. Neben dem dominanten Karbonatsystem, in dem das Mg-Ion 20 % des Gehaltes an Ca-Ionen erreicht, bleibt allen anderen Ionen nur eine Statistenrolle.

Organoleptik und Mikrobiologie: Trotz der scheinbar günstigen Ausgangssituation und des stets klaren, farblosen Wassers ist die Verkeimung mit Fäkalanzeigern zu allen Terminen präsent. Eine Trinkwassereignung des Rohwassers ist damit nicht gegeben.

**Tabelle 3-26:** Ramsauer Gletscherquellen, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O <sub>2</sub> mg/l	Sättigung O <sub>2</sub> %
Minimum	15,0	5,0	153	8,02	11,1	91,1
Median	15,0	5,3	167	8,12	11,4	96,7
Maximum	30,0	5,5	184	8,22	11,6	97,3

	Mg <sup>++</sup> mg/l	Ca <sup>++</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l
Minimum	3,1	27,1	0,2	0,1	0,4	1,9	1,9	97,3
Median	3,8	30,4	0,3	0,1	0,4	2,0	3,4	106,1
Maximum	4,6	35,0	0,4	0,1	0,7	2,6	3,7	114,3

	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coll KZ/100ml
Minimum	0,2	1,2	0,1	4	0	1	0
Median	0,3	2,4	0,2	30	0	4	0
Maximum	0,4	4,7	0,3	37	3	11	2

**3.4.3 Quellgebiet Wimbachtal (Hochkalter, Watzmann)**

**Wimbachgries: 576, 578**

Nr. 576 Wimbachgries Quelle Talmitte

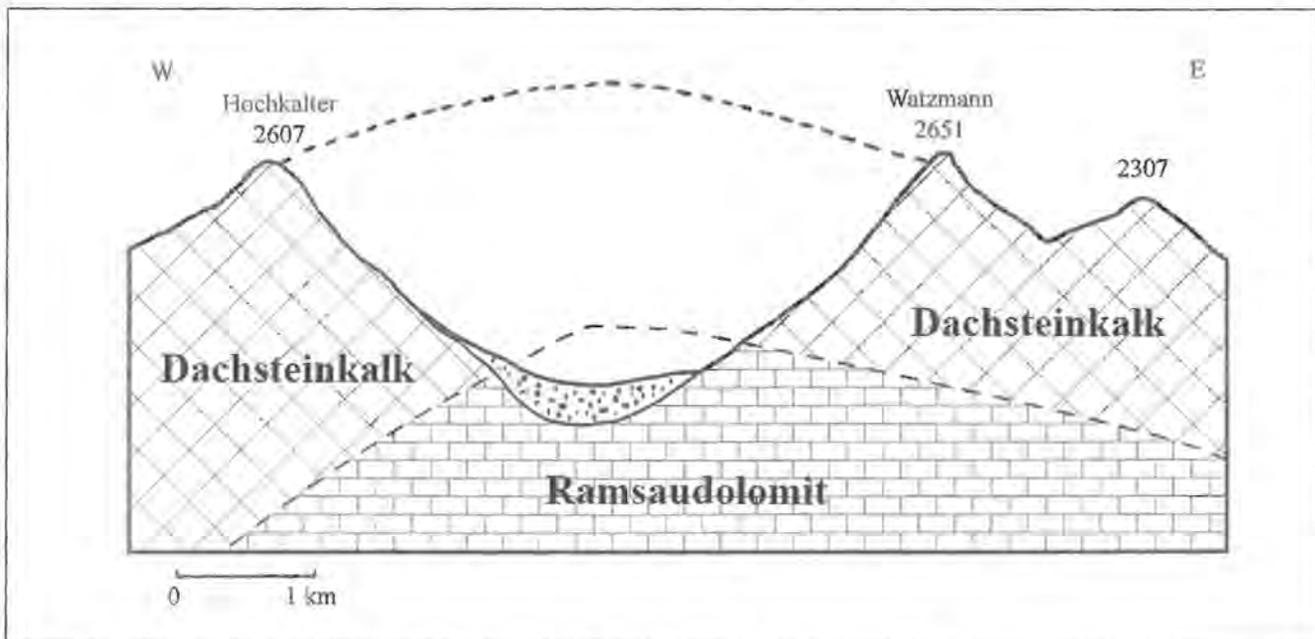
Nr. 578 Wimbach Quelfassung

Probenumfang: 4 Messungen: 576, 8 Messungen: 578

Nutzung: Siedlungsversorgung;

Trinkwassereignung: geeignet

Lage, Geologie: Hochkalter- und Watzmann-Gruppe zeichnen zusammen ein hohes Gewölbe aus einer mächtigen Folge von Triasschichten nach (Abb. 3-25). Die Antiklinale ist im zentralen Teil, offenbar entlang von Brüchen, vom Wimbachtal tief zerschnitten. Es gehört zu den eindrucksvollsten Schuttlandschaften der Nördlichen Kalkalpen und unterliegt noch immer einer intensiven Fortbildung. Der mächtige Quellhorizont aus dem Wimbachgries ist zweifellos eines der interessantesten hydrologischen Probleme der Kalkhochalpen. Karstwässer unbekannter Herkunft verzahnen sich mit dem Grundwasser des etliche Zehnermeter übertieften, von



**Abb. 3-25:** Geologischer Querschnitt – Skizze durch das Wimbachgries. Aus: PLASSMANN 1998.

**Tabelle 3-27:** Quellen Wimbachgries, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %
Minimum 576	1,5	6,5	212	8,02	11,0	96,6
Median 576	17,5	6,7	220	8,09	11,0	98,0
Maximum 576	40,0	6,8	225	8,14	11,5	100,9
Minimum 578	40,0	6,7	216	8,01	10,5	94,5
Median 578	65,0	6,8	225	8,09	11,1	99,5
Maximum 578	300,0	6,9	236	8,18	11,4	100,7

	Mg <sup>++</sup> mg/l	Ca <sup>++</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l
Minimum 576	11,3	26,1	0,3	0,2	0,4	2,2	9,6	128,5
Median 576	12,5	29,2	0,4	0,2	0,5	2,3	10,8	133,3
Maximum 576	13,4	30,4	0,4	0,2	1,0	2,4	12,2	134,8
Minimum 578	11,5	29,1	0,4	0,2	0,5	2,3	12,0	127,8
Median 578	12,0	30,4	0,4	0,2	0,8	2,5	14,3	131,3
Maximum 578	13,8	32,5	0,5	0,2	1,4	5,3	26,3	135,5

	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22 <sup>-</sup> KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml
Minimum 576	0,2	0,4	0,0	0	0	0	0
Median 576	0,3	0,6	0,1	5	0	1	0
Maximum 576	0,4	0,9	0,2	15	1	3	3
Minimum 578	0,2	0,0	0,0	0	0	0	0
Median 578	0,3	0,6	0,1	0	0	0	0
Maximum 578	0,4	1,1	0,2	0	1	0	0

gewaltigen (Dolomit-) Schuttmassen erfüllten Tales. Nur nach seltenen, ganz extremen Niederschlagsereignissen tritt für kurze Zeit in ihm Oberflächenfluss ein. Bäche, die aus der Bergumrahmung das Gries erreichen und von lange ausdauernden Firnmassen genährt werden, versitzen unter Normalbedingungen beim Eintritt in die Schuttfüllung. Sie alimentieren einen gewaltigen Grundwasserkörper, dessen Volumen auf 220 Millionen m<sup>3</sup> geschätzt wird. Die Quellen kommen konzentriert zutage, beiderseits steht gebankter Dachsteinkalk an. Zur Erforschung des Einzugsgebietes wurden bereits intensive Untersuchungen veranlasst, doch Markierungsversuche mit insgesamt 4 Tracern blieben erfolglos (PLASSMANN 1998). Ein Tracernachweis aus einem älteren Versuch im weit entfernten Dießbachsee ist aus methodischen Gründen zweifelhaft. Das Einzugsgebiet greift aber möglicherweise tiefer ins Hochkaltermassiv und in das Steinere Meer ein.

Der orographisch linke Teil des Quellhorizontes (Nr. 578) ist mit einem Wasserschloss gefasst, gemessen wurde immer am Auslassgerinne. Quer durch den Talgrund wurde hier eine unter ökologischen Gesichtspunkten fragwürdige 2 m hohe Beton-Steinsperre gezogen. Die Quelle 576 wird im Protokoll als „Reschen-oberer Übersprung“ bezeichnet. Die beiden gemessenen Teilquellen des Wimbachsystems sind ähnlich, aber nicht gleich. Aus diesem Grund werden hier beide dargestellt. Die Analysen ergeben ein ambivalentes Bild: Einerseits könnten die Werte durchaus aus einer großen Karstquelle mit Kontakt zur dolomitischen Liegendgrenze bzw. zu Salinarhorizonten des Karn oder der Untertrias stammen. Andererseits ist die meist völlige „Reinheit“ der Wässer von organischen Triftstoffen und Mikroorganismen für Karstwässer äußerst unüblich. Aus Isotopenanalysen ist bekannt, dass die Quellwässer mindestens 4 Jahre lang im Dolomit-Schuttkörper gespeichert werden. Es dürfte aber auch tiefphreatische Karstwasserstränge mit ebenfalls langen Verweilzeiten geben. Die

konzentrierten Austritte und die Mächtigkeit der Quellen sprechen für Letzteres, denkbar ist aber auch eine Kombination. Quellnahe Mischwässer sind aufgrund der Steigkeit der Messwerte nicht wahrscheinlich.

**Hydrophysik und -chemie:** Die angegebenen Schüttungen betreffen nur einen Teil der Gesamtwassermenge, die für Mittelwasser mit 1,87 m<sup>3</sup>/s und für Hochwasser mit bis zu 28,5 m<sup>3</sup>/s angegeben wird. Die Temperaturen sind mit unter 7 °C typisch für die kalt-stenothermen Verhältnisse heimischer Karstquellen, die Sauerstoffversorgung optimal, die Leitfähigkeit liegt ebenfalls, wenn auch leicht erhöht, im typischen Level großer Karstquellen. Bei den Ionen weist ein Ca:Mg-Verhältnis von 10:7 auf engeren Dolomitkontakt hin – angesichts des riesigen Dolomitschuttstromes kein Wunder. Interessant ist hingegen der deutlich erhöhte Sulfatgehalt, denn er weist auf Kontakt zu Gesteinen der mittleren oder tieferen Trias hin, die an der Oberfläche nirgends aufgeschlossen und auch im Schutt nicht zu erwarten sind.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Vor allem die gefasste Quelle 578 ist geradezu „unnatürlich“ sauber, die Nullwerte bei der Mikrobiologie sind eine Rarität in den Nördlichen Kalkalpen. Das Wasser muss von der Oberfläche optimal abgeschirmt sein und hat eine jahrelange Verweildauer.

**Unteres Wimbachtal, linksufrige Quellen:  
Nr. 582, 588, 590**

Probenumfang: je 1 Messung  
Nutzung: Hausquelle (590);  
Trinkwassereignung: 590 geeignet

**Lage, Geologie:** Die Quelle Nr. 582 liegt an der Wimbach-Schotterstraße rund 700 m nordöstlich der Wimbach-Riesenquellen Nr. 578. Sie spiegelt unterhalb der Wandausläufer des Kitzkartauern aus (Dachsteinkalk). Die Quellen 588 und 590 entspringen als Teil eines größeren Horizontes weitere 500 m talauswärts und zählen zu den Wässern an der Deckenstirn des Tirolikums, welches hier das Haselgebirge überwältigt. Die Quellen kommen aus der Nagelfluhschürze, die vermutlich dem Dachsteinkalk auflagert.

**Tabelle 3-28:** Quellen linksufrig Wimbach, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %
582	1,50	7,7	265	7,99	6,53	88,7
588	0,50	7,8	335	8,14	10,67	98,8
590	k.A.	7,7	341	7,77	10,68	98,2

	Mg <sup>++</sup> mg/l	Ca <sup>++</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l
582	12,96	34,73	0,71	0,20	1,23	2,37	23,60	143,51
588	16,98	45,41	0,50	0,17	0,96	5,76	5,04	219,54
590	17,08	45,91	0,51	0,17	0,88	5,71	5,04	222,65

	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22 <sup>-</sup> KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml
582	0,16	0,32	0,12	6	0	3	0
588	0,29	0,00	0,14	112	0	9	0
590	0,22	0,24	0,14	22	0	0	0

**Interpretation der Messwerte:** Von den Quellen stand nur je eine Einzelmessung aus dem Juni 2004 zur Verfügung. Während bei Quelle 582 noch Ähnlichkeiten zum Wimbach-Grundwasser erkennbar sind, gehören die Quellen am linken Talausgang zu einem anderen System: Sie ähneln anderen Quellhorizonten in Unterhanglage entlang des Ramsautales, vor allem den Quellen 380/390. Alle Quellen sind wieder deutlich unterschiedlich vom Horizont Nr. 595 in der Klamm.

**Hydrophysik und -chemie:** Die Quelle Nr. 582 scheint stärker aktuell beeinflusst zu sein als Nr. 578 (Keime, Färbung, höhere Temperatur nahe 8 °C), andererseits hat sie einen wesentlich geringeren O<sub>2</sub>-Gehalt und mit rund 24 mg/l einen fast doppelt so hohen Sulfatgehalt. Letztere Parameter deuten auf Einfluss von tieferem Wasser hin. Sie unterscheidet sich deutlich auch von der Quellgruppe 588 ff., die bei stärkerer Aufhärtung ebenfalls 6 Teile Mg auf 10 Teile Ca, aber nur ein Fünftel Sulfat bei deutlich erhöhtem Nitratanteil führt. Mit dem Haselgebirge kommen die Wässer nicht in Kontakt.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Die Daten sind günstig, nur die Quelle 588 führt etwas höhere KBE und Fäkalanzeiger. Die gefasste Quelle 590 war zum Messzeitpunkt sauber.

#### **Quelle oberhalb der Wimbachklamm: Nr. 595**

Probenumfang: 4 Messungen

Nutzung: keine; Trinkwassereignung: geeignet

**Lage, Geologie:** Oberhalb und inmitten der Wimbachklamm, der Mündungsschlucht des Wimbachgrieses, spiegelt rechtsufrig ein größerer Bergwasserhorizont in Form von schönen Traufen und Sturzquellen aus. Dieser Quellhorizont liegt wie einige andere direkt an der Überschiebungsfrent des Tirolikums, der Aquifer ist Lias-Hornsteinkalk, der vermutlich dem Dachsteinkalk auflagert. In unmittelbarer Nähe steht bereits juvavisches Haselgebirge an. Das Gelände ist überwiegend von Schottern, Nagelfluh und Moränen überdeckt. Die beträchtliche Gesamtschüttung des Quellhorizontes und der kalktypische Chemismus machen eine Herkunft aus dem Hocheck-Kalkmassiv wahrscheinlich. Mit den nur wenige hundert Meter ost-südöstlich entspringenden Quellen 380/390 hat diese Quellgruppe nichts zu tun.

**Hydrophysik und -chemie:** Tiefe Temperaturen, eine moderate Gesamthärte, ein Ca:Mg – Verhältnis von 5:1 und kaum Nebenmineralisierungen deuten auf einen entwickelten Karstwasserkörper hin. Die Kenndaten sind nicht typisch für Jura, sodass die Wässer vermutlich nur einen kurzen Weg durch dieses hier inselhaft erhaltene Gestein nehmen.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Trübung und Tönung sowie die Mikrobiologie sind auf einem sehr niedrigen Level. Vermutlich liegt das Einzugsgebiet hauptsächlich im westlichen Felsgebiet des Hochecks (Watzmann), aus dem keine Kontaminationen erfolgen.

**Tabelle 3-29:** Quelle oberhalb Wimbachklamm, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O <sub>2</sub> mg/l	Sättigung O <sub>2</sub> %		
Minimum	20,0	5,3	181	8,05	11,5	97,5		
Median	29,0	5,3	197	8,17	11,6	97,7		
Maximum	45,0	5,3	202	8,19	11,8	99,7		
	Mg <sup>++</sup> mg/l	Ca <sup>++</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l
Minimum	3,5	34,2	0,2	0,1	0,2	2,5	1,5	117,5
Median	4,5	36,4	0,2	0,1	0,2	2,8	1,7	127,8
Maximum	4,8	39,0	0,3	0,2	0,4	3,4	2,1	130,1
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,2	1,5	0,1	1	0	0	0	
Median	0,3	1,9	0,1	2	0	0	0	
Maximum	0,3	2,5	0,1	4	0	1	0	

### **3.4.4 Quellgebiet Wasseralm-Röth, Funtensee, Königssee Süd (Steinernes Meer)**

#### **Neuhüttenalm (Schabau Alm): Nr. 662**

Probenumfang: 4 Messungen

Nutzung: Almquelle (außer Betrieb)

Trinkwassereignung: Nicht geeignet

**Lage, Geologie:** Die kleine Quelle wurde einst für die nun verfallene Alm mit Rohren gefasst. Sie befindet sich auf 1700 m Seehöhe im stark verkarsteten Röth - Plateau des Steinernen Meeres westlich des Teufelshornes. Inmitten des Dachsteinkalkes treten immer wieder kleine Linsen von mergeligen, teils sehr dunklen Allgäuschichten auf. An einer solchen Einschaltung entspringt die Quelle. In der Umgebung gibt es etliche solcher lokaler, stets nach einigen Metern in Ponore abfließender Karstgerinne. Auf den ersten Blick fallen die stark schwankenden Messwerte auf. Sie sind typisch für seichte, eng an den aktuellen Witterungseinfluss gekoppelte Karstwässer, die noch nicht durch ausreichend große Wasserkörper abgepuffert sind.

**Hydrophysik und -chemie:** Für die Auswertung sind die Situationswerte eindeutig interessanter als die statistische Auswertung sämtlicher Proben. Meist unter 1 l/s stark, kann die Quelle bei Regen und/oder Schneeschmelze beachtliche Kapazitäten entwickeln. In solchen Situationen fließen oberflächennahe Wässer zu

**Tabelle 3-30:** Quelle Neuhüttenalm, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O <sub>2</sub> mg/l	Sättigung O <sub>2</sub> %		
Minimum	0,1	3,3	122	8,17	8,3	76,7		
Median	0,4	5,1	191	8,21	10,4	99,0		
Maximum	30,0	6,1	223	8,41	10,4	101,4		
	Mg <sup>++</sup> mg/l	Ca <sup>++</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l
Minimum	0,4	26,0	0,1	0,1	0,1	1,0	0,5	79,7
Median	1,0	41,1	0,1	0,2	0,2	2,2	2,5	133,4
Maximum	3,2	45,3	0,4	0,5	0,3	3,0	12,7	150,1
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,3	1,7	0,2	82	0	2	0	
Median	0,1	4,0	0,3	331	1	51	0	
Maximum	0,4	16,2	1,1	600	2	213	0	

und drücken die Mineralisierung weit herunter. Wie gewohnt dominiert das Karbonatsystem, wobei Magnesium mit kaum 5 % des Kalziumgehaltes vertreten ist. Der vereinzelte relativ tiefe Sauerstoffwert von 75 % trat im Herbst 2001 auf.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Auffallend sind die ziemlich hohen Keimzahlen bei Koloniebildnern und Coliformen, wobei die Spitzen stets im Herbst und bei eher moderaten Schüttungen ausgezählt wurden. Ebenfalls in den Herbst (bereits erste Schneefälle) fällt das Maximum bei der Tönung unter UV-Licht (254 nm), als Hinweis auf organische Inhaltsstoffe. Vermutlich findet bei abwekender Vegetation ein verstärkter Austrag aus den labilen Karstböden statt.

**Wasserberg /Röth: Nr. 666**

Probenumfang: 4 Messungen

Nutzung: keine; Trinkwassereignung: Nicht geeignet

**Lage, Geologie:** Im Plateaugelände von Wasseralm-Röth treten bei 1500-1600 m einige größere Quellen zutage, die sich in der Folge zum Röthbach vereinigen. Der Quellhorizont ist eindeutig aus älteren Karstwasserniveaus vererbt und der Bach fließt trotz intensiver Verkarstung oberirdisch zur Fischunkel ab. Der namensgebende *Locus typicus* für dieses jungtertiäre Landschaftsniveau befindet sich nicht weit nördlich: das Gotzen-Plateau. Die Quelle 666 entspringt tiefer unten (1350 m) aus einer tief zerkarrten Karstgasse im Dachsteinkalk und vereinigt sich an der Abbruchkante des Wasserfalles mit dem Röthbach. Die Schüttung der beiden Bachläufe ist beim Zusammenfluss etwa gleich stark (im Schnitt 20-30 l/s). Die Messwerte weisen auf eine Karsthöhlenquelle im Reinkalk hin, ohne dass daraus ein Rückschluss auf die Höhenlage möglich wäre – ebenso könnte sie sich im Tal befinden.

**Hydrophysik und -chemie:** Außer bei der Temperatur – hier ist der Außeneinfluss durch offene Karrenspalten verantwortlich für die Schwankungen – zeigt die Quelle recht homogene Werte. Das spricht für einen bereits entwickelten, „hängenden“ Karstwasserkörper, der mittlere Kapazitäten von wenigstens 15-20 l/s hat. Der

Mg-Gehalt beträgt nur 3 % des Ca-Gehaltes und damit bewegt sich die Quelle am absoluten Minimum aller Messwerte.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Entsprechend der sehr starken Verkarstung mit weit offenen Klüften ist die Durchlässigkeit für Keime hoch. Alle Fäkalanzeiger treten in Erscheinung. Es besteht der Verdacht, dass auch Einsickerungen von der touristisch stark frequentierten Wasseralm (Röth) stattfinden.

**Landtalalm: Nr. 680**

Probenumfang: 5 Messungen

Nutzung: keine; Trinkwassereignung:

Meist nicht geeignet

**Lage, Geologie:** Das Landtal zieht als tiefer Einschnitt von der Röth nach Norden und trennt das Gotzenplateau vom eigentlichen Hagengebirge ab. In diesem hauptsächlich tektonisch angelegten Karsttal sind nicht nur größere Reste von Jurakalken und –mergeln erhalten, sondern auch ausgequetschte Werfener Schichten bei der ehemaligen Landtalalm. In der wahrscheinlich dadurch verursachten Verebnung, die auch eine kleine Lokalmoräne birgt, befindet sich die Quelle, deren Abfluss bis ins Tal oberirdisch bleibt. Der „hängende“ Karstwasserkörper des kleinen Quellhorizontes in ca. 1500 m Höhe weist recht gleichmäßige Werte auf. Dies deutet auf einen entwickelten Wasserkörper hin.

**Hydrophysik und -chemie:** Das Wasser ist mit knapp 4°C sehr kalt und wie gewohnt vom Karbonatsystem beherrscht, wobei Mg mit < 10 % von Ca auftritt. Der einzige Hinweis auf den mutmaßlichen Stauer Werfener Schichten ist ein deutlich erhöhter Sulfatgehalt, der in den Karstplateaus ansonsten kaum auftritt.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Die Quelle ist meist deutlich verkeimt, obwohl hier keine Nutzungen mehr stattfinden und auch der Touristensteig eher mäßig frequentiert ist. Es ist möglich, dass ein Einfluss vom Gotzenplateau besteht. Im Zuge einer Einspeisung auf der Gotzenalm war die Quelle aber nicht farbstoffpositiv (PLASSMANN 1998).

**Tabelle 3-31:** Quelle Wasserberg/Röth, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %		
Minimum	0,1	3,9	168	8,14	10,6	94,8		
Median	2,5	4,0	171	8,18	11,0	99,4		
Maximum	5,0	5,8	178	8,26	12,9	118,0		
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
Minimum	0,6	36,3	0,1	0,1	0,1	1,7	0,8	108,4
Median	0,7	37,4	0,1	0,1	0,2	2,2	1,6	117,3
Maximum	0,9	39,5	0,1	0,1	0,5	3,7	2,2	153,2
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,3	2,4	0,2	59	0	10	0	
Median	0,3	3,9	0,4	83	4	32	1	
Maximum	0,4	7,6	0,5	1930	13	61	4	

**Tabelle 3-32:** Quelle Landtalalm, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %		
Minimum	1,0	3,7	175	8,12	10,6	94,5		
Median	5,0	4,1	186	8,26	10,9	99,3		
Maximum	15,0	4,1	195	8,31	11,4	101,9		
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
Minimum	1,4	35,4	0,2	0,1	0,2	1,8	8,4	102,9
Median	1,9	38,4	0,3	0,2	0,5	1,9	11,6	109,5
Maximum	2,3	40,1	0,4	0,7	0,8	4,3	22,9	137,3
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,3	0,7	0,1	8	0	0	0	
Median	0,3	1,0	0,2	29	0	4	0	
Maximum	0,4	1,4	0,3	214	0	11	1	

### Schrainbach Ursprung und Oberlahner:

#### Nr. 706, Nr. 710

Probenumfang: je 1 Messung (14.10.2003)

Nutzung: keine; Trinkwassereignung: Geeignet (706)

**Lage, Geologie:** Beide Quellen entspringen am Anstieg von St. Bartholomä zum Funtensee, in der Tiefenlinie westlich des Simetsberges. Der Schrainbach quillt bei der Hachelklause in 950 m Seehöhe aus dem Dachsteinkalk, die Oberlahnerquelle oberhalb der Saugasse bei ca. 1400 m. Erstaunlich ist die Mächtigkeit der Schrainbachquelle so hoch über dem Königssee, unterlagert vom Karstquellenhorizont im „Kastl“ und neben einem der größten Höhlensysteme Deutschlands, der Salzgrabenhöhle. Wie diese dürfte die Quelle noch auf einen älteren Vorfluter eingestellt sein. Die beiden Quellen sind bis auf die Schüttung einander recht ähnlich: Typische kalte Hochkarstquellen mit sparsamer Mineralisierung, gut im basischen Bereich abgepuffert und maximal mit Sauerstoff versorgt. Das Karbonatsystem dominiert mit dem Kalziumion die Inhaltsstoffe, im Schrainbach erreicht Mg 10 % des Kationenverhältnisses. Alle anderen Ionen bleiben untergeordnet.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Beide Quellen fallen am Messtermin durch erhöhte Tönung des Wassers im UV-Bereich auf, vor allem die kleine Plateauquelle. Dies dürfte auf eine punktuell erhöhte Mobilisierung organischer Einschwemmungen hindeuten. Mikrobiologisch zeigt der Schrainbach Ursprung perfekte Trinkwasserqualität – Nullwerte werden ansonsten nur in der Wimbachquelle erreicht – und auch die Plateauquelle ist nicht hoch belastet.

### Funtensee / Rennergraben Quellfassung: Nr. 750

Probenumfang: 4 Messungen

Nutzung: Hüttenquelle

Trinkwassereignung: Nicht geeignet

**Lage, Geologie:** Die mächtige, poljenartige Karstwanne, in der der Funtensee in 1600 m Seehöhe liegt, ist an einer westnordwestlich streichenden Synklinale (Faltenmulde) eingesenkt. In dieser Einfaltung ist südöstlich des Sees ein Rest der Reiteralmdedecke in Form von Karbonaten der tieferen Trias erhalten. Sie grenzen nördlich scharf an Juralcalke, die der Dachsteinkalk-Plattform des Steinernen Meeres als Erosionsreste auflagern. Diese Grenze markiert der Rennergraben und in ihm entspringt die Quelle. Alle Wässer dieser Region, in der auch Moränen und mächtigere Lehmedecken auftreten, entwässern zum Funtensee und dieser unterirdisch durch die „Teufelsmühle“ zur Salzgrabenhöhle und weiter zum Quellbezirk am Südwestufer des Königssees. Die in ihrer Schüttung stark schwankende Quelle ist nicht ganz so kalt, wie es in dieser Höhe zu erwarten wäre, und im Vergleich zu Quellen aus dem Dachsteinkalk deutlich aufmineralisiert. Sie ähnelt sehr der Quelle Nr. 755.

**Hydrophysik und -chemie:** Die relativ erhöhte Härte (Leitfähigkeit bis 350  $\mu$ S) ist ausschließlich dem Karbonatsystem zuzuschreiben. Doch sind Mg-Anteile von

>30 % des Ca-Anteiles in einem Hochkarstplateau nicht zu erwarten und eindeutig Ausdruck der komplexen geologisch-morphologischen Verhältnisse vor Ort. Auch die Hülldecken aus Lockergestein dürften für den Chemismus eine Rolle spielen. Alle Nebenionen bleiben auf einem sehr niederen Level.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Auffallend ist der Kennwert AK 254 nm für die (deutlich erhöhte) organische Fracht, die mit der recht hohen Keimzahl konvergiert. Zweifellos ist die Nähe des für Mensch und Tier attraktiven Stillgewässers im weiten Karstplateau für diese Belastung maßgeblich.

**Tabelle 3-33:** Quellen Oberlahner, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit $\mu$ S/25°	pH	Sauerstoff O <sub>2</sub> mg/l	Sättigung O <sub>2</sub> %		
706	100,00	5,5	185	8,26	11,21	98,4		
710	0,01	6,7	172	8,34	10,04	96,4		
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO <sub>3</sub> - mg/l	SO <sub>4</sub> -- mg/l	HCO <sub>3</sub> - mg/l
706	2,27	38,77	0,10	0,07	0,37	2,58	1,04	119,41
710	0,72	38,51	0,24	0,13	0,51	1,11	0,73	113,25
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
706	0,34	5,30	0,32	0	0	0	0	
710	0,38	11,62	0,64	13	0	7	0	

**Tabelle 3-34:** Quelle Funtensee-Rennergraben, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit $\mu$ S/25°	pH	Sauerstoff O <sub>2</sub> mg/l	Sättigung O <sub>2</sub> %		
Minimum	0,01	5,0	290	7,89	9,7	97,9		
Median	1,6	5,9	312	7,93	10,1	96,6		
Maximum	10,0	6,5	351	8,01	10,5	102,0		
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO <sub>3</sub> - mg/l	SO <sub>4</sub> -- mg/l	HCO <sub>3</sub> - mg/l
Minimum	9,7	49,7	0,1	0,2	0,0	0,5	2,7	189,9
Median	10,3	54,9	0,1	0,2	0,1	0,6	2,8	220,9
Maximum	12,5	58,6	0,2	0,2	0,3	0,8	3,8	231,6
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,3	3,4	0,1	22	0	6	0	
Median	0,3	3,4	0,3	88	1	32	2	
Maximum	0,4	6,9	0,5	181	2	73	9	

### Quelle südöstlich Funtensee: Nr. 755

Probenumfang: 6 Messungen

Nutzung: keine; Trinkwassereignung: Nicht geeignet

**Lage, Geologie:** Die mächtige, poljenartige Karstwanne, in der der Funtensee in 1600 m Seehöhe liegt, ist an einer westnordwestlich streichenden Synklinale (Faltenmulde) eingesenkt. In dieser Einfaltung ist südöstlich des Sees ein Rest der Reiteralmdedecke in Form von Karbonaten der tieferen Trias erhalten. Seewärts dieser Fremdgesteine entspringt die Quelle aus Moränen bzw. deren kiesig-lehmigen Anschüttungen. Sie entwässert zum Funtensee und subterran weiter zum Quellbezirk am Südwestufer des Königssees. Die in ihrer Schüttung deutlich schwankende Quelle ist nicht ganz so kalt, wie es in dieser Höhe zu erwarten wäre, und im Vergleich zu Quellen aus dem Dachsteinkalk deutlich aufmineralisiert. Die Werte ähneln der Quelle Nr. 750.

**Tabelle 3-35:** Quelle südöstlich Funtensee, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %		
Minimum	0,2	5,5	258	7,53	8,9	88,3		
Median	1,0	6,1	304	7,68	9,4	90,2		
Maximum	5,0	6,8	325	8,04	10,2	101,3		
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
Minimum	9,3	45,1	0,1	0,1	0,0	0,2	1,5	176,3
Median	9,8	54,1	0,1	0,2	0,2	0,5	2,1	206,8
Maximum	12,0	59,1	0,2	0,2	0,9	1,1	4,2	247,1
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,3	3,9	0,2	25	0	3	0	
Median	0,3	4,2	0,3	94	1	12	0	
Maximum	0,8	5,1	0,5	760	10	51	0	

**Hydrophysik und -chemie:** Die relativ erhöhte Härte (Leitfähigkeit bis 325 µS/cm) ist ausschließlich dem Karbonatsystem zuzuschreiben. Hier wie bei Nr. 750 sind Mg-Anteile von > 30% des Ca-Anteiles in einem Hochkarstplateau nicht zu erwarten und eindeutig Ausdruck der komplexen geologisch-morphologischen Verhältnisse vor Ort. Die Hülldecken aus Lockergestein spielen für den Chemismus sicherlich eine Rolle.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Auch hier ist ein erhöhter Kennwert AK 254 nm für die organische Fracht zu beobachten, die mit der recht hohen Keimzahl (v. a. Coliforme) und einer zeitweise etwas stärkeren Eintrübung konvergiert. Die Nähe des Funtensees, entsprechende Frequentierung der Ufer und oberflächliche Absickerung dürften sich hier akkumulieren.

#### **Oberste Quelle im Stuhlgraben: Nr. 766**

Probenumfang: 4 Messungen

Nutzung: keine; Trinkwassereignung: Nicht geeignet

**Lage, Geologie:** Die Quelle spiegelt in derselben geologisch-tektonischen Situation aus wie Nr. 755. Der Stuhlgraben markiert den Südwestrand der Gesteinsscholle, die mit Ramsaudolomit und anisichen Karbonaten scharf an Dachsteinkalk grenzt. Die hier entspringenden Quellen entwässern zum Funtensee und subterran weiter zum Quellbezirk am Südwestufer des Königssees. Die geologisch-tektonischen Verhältnisse dieser Zone lassen sich an den Quellwässern gut nachvollziehen. Es ist ungewiss, ob der Quellenreichtum des Funtenseegebietes ausschließlich den hier auftretenden Gesteinen oder auch dem Zusammenwirken mit einer jungtertiär vererbten Karstwasser-Spiegellage zu verdanken ist. Die Höhenlage würde zum „Gotzen-Niveau“ passen.

**Hydrophysik und -chemie:** Die Stauwirkung des Dolomites drückt sich in einem beträchtlichen Mg-Anteil aus, der von rund 40 bis über 60 % des Ca-Anteiles reicht. Der mit 8,2°C relativ hohe Temperaturwert fällt als „Ausreißer“ mit dem niedrigen Mineralisierungswert (unter 200 µS/cm) zusammen. Bei hohem Wasserstand muss die Quelle zu diesem Termin einen höheren Anteil aktuellen, wahrscheinlich auch umlaufenden Wassers gehabt haben. Ansonsten bilanziert sie recht ausgeglichen bei

**Tabelle 3-36:** Oberste Quelle Stuhlgraben, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %		
Minimum	0,1	4,6	198	7,75	9,7	94,8		
Median	0,1	5,0	238	8,05	10,3	98,2		
Maximum	0,1	8,2	261	8,54	10,4	99,3		
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
Minimum	7,5	33,3	0,1	0,1	0,1	0,7	0,7	155,7
Median	9,3	39,8	0,1	0,1	0,2	1,1	0,8	163,5
Maximum	17,1	43,1	0,2	0,1	1,2	2,5	2,1	206,2
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,3	3,8	0,2	4	0	5	0	
Median	0,3	4,5	0,3	67	0	31	0	
Maximum	0,4	5,0	0,5	140	0	141	3	

sehr geringem Nichtkarbonationen-Anteil und entspricht den anderen Funtensee-Quellen.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Wie auch die anderen Funtenseequellen ist die Quelle fast stets deutlich verkeimt, wobei die Coliformen eine wichtige Rolle spielen.

#### **Uferquellen am Königssee:**

##### **Nr. 862-864, SCHRAD, H12**

Nr. 862 Quelle Salet

Nr. 863 Quelle „Grüne Lagune“

Nr. 864 Kastquelle

Nr. SCHRAD Quelle „Schradlloch“

Nr. H12 Quelle H 12

Probenumfang: je 1 Messung (11.10.2000)

Nutzung: keine

Trinkwassereignung: Nicht geeignet (alle Quellen)

**Lage, Geologie:** Bis auf Nr. 862, die nahe des Königssee-Südufers bei Salet aus einem großen Schuttfächer von Süden kommt, gehören alle Quellen zu dem mächtigen Karstsystem am Südwestende des Königssees. Es repräsentiert das tiefe Stockwerk der Salzgrabenhöhle und entwässert den Simetsberg, das Funtenseegebiet und noch weitere Plateauanteile des Steinernen Mee-

**Tabelle 3-37:** Quelle Salet, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

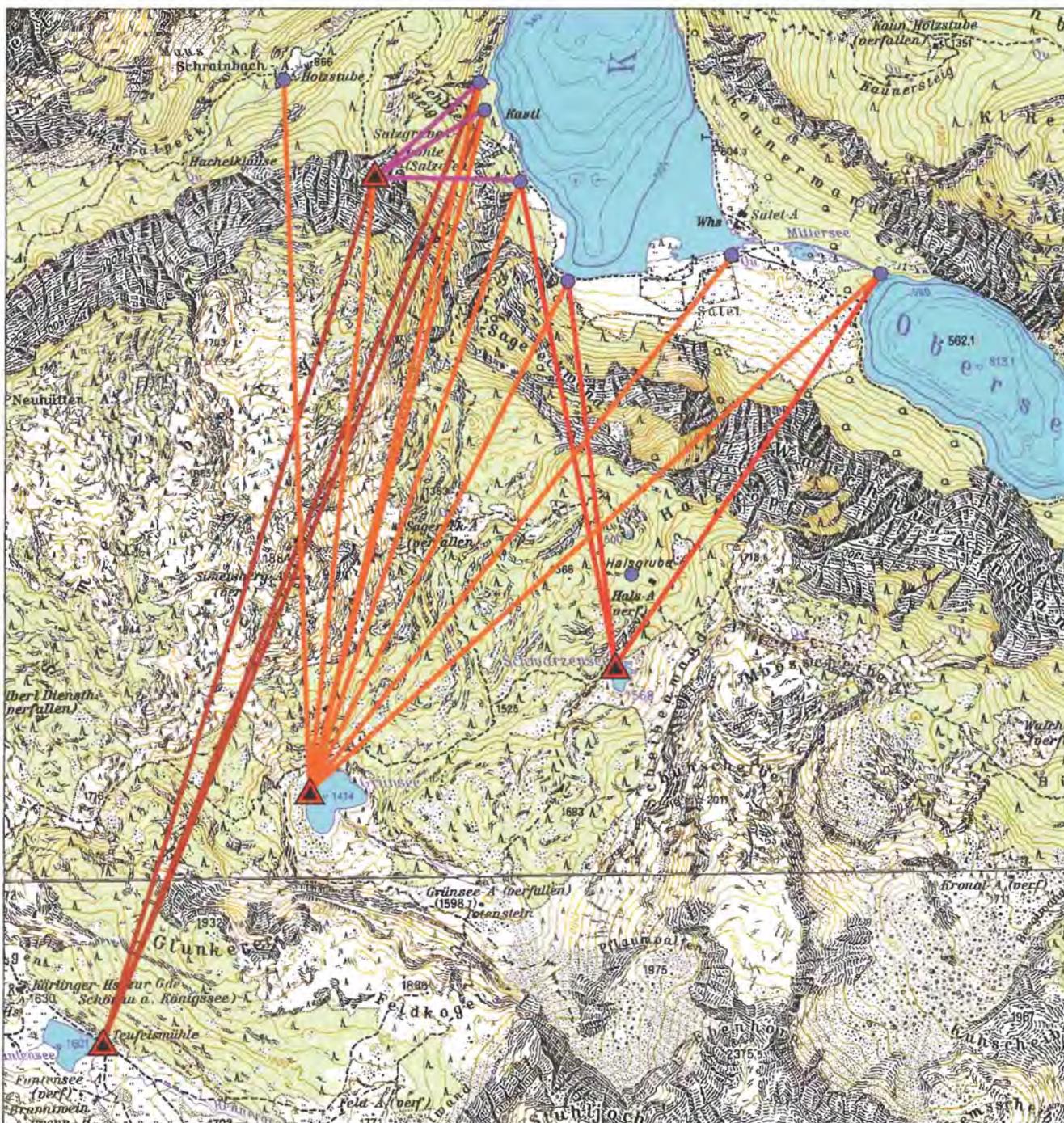
	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %		
863/?GRÜN	200,0	5,5	170	8,11	11,2	98,5		
864	500,0	5,2	159	8,24	12,1	105,0		
SCHRAD	500,0	5,2	158	8,18	11,8	102,0		
862	1,0	9,6	216	7,65	7,8	72,3		
H12	10,0	8,5	226	7,80	8,1	76,0		
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
863/?GRÜN	1,0	36,5	0,1	0,1	0,4	3,2	2,1	113,2
864	1,2	34,5	0,1	0,1	0,6	0,3	1,6	108,6
SCHRAD	0,9	33,9	0,1	0,0	1,0	2,9	1,6	109,8
862	2,6	45,0	0,3	0,2	0,6	2,2	1,6	139,3
H12	2,9	46,3	0,1	0,2	0,3	4,5	3,8	172,1
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
863/?GRÜN	0,3	7,4	0,4	33	2	0	2	
864	0,3	4,8	0,3	102	6	14	4	
SCHRAD	0,3	4,7	0,3	80	6	16	9	
862	0,4	1,8	0,4	5	0	9	0	
H12	0,3	0,7	0,1	9	0	25	0	

res. Dies ist durch Markierungsversuche in Funtensee, Grünsee und Schwarzensee belegt (Abb. 3-26, PLASSMANN 1998). Das Gestein ist lagunärer Dachsteinkalk. Der bislang einzige Synchrontermin zeigt klar die Zusammengehörigkeit der Großquellen 863, 864 und SCHRAD auf. Sie sind typische Karstquellen aus dem Reinkarbonat des Hochplateaus, während die beiden kleineren Quellen 862 und H12 Einflüsse von Dolomit bzw. von der Passage durch Lockersedimente haben dürften.

**Hydrophysik und -chemie:** Die mächtige Quellgruppe um das Schradlloch ist mit rund 5 °C sehr kalt, weich

und insgesamt, bei relativen hohen pH-Werten, gering mineralisiert. Mg scheint mit kaum 5 % von Ca auf, das mit rund 35 mg/l auch nur schwach vertreten ist. Die HCO<sub>3</sub> Werte überschreiten kaum die 100 mg/l Marke; sie liegen damit im 25 % Gebiets-Perzentil. Eindrucksvoll zeigt sich damit die Reinheit des Triaskalkes, dessen CaCO<sub>3</sub> Gehalt bei über 99 % liegen kann. Die anderen Ionen werden von der Dominanz des Ca-Karbonat-systems unterdrückt.

Die beiden Quellen 862 und H12 setzen sich davon markant ab, sie sind deutlich härter, 3-4° wärmer, weisen relativ geringe pH- und O<sub>2</sub>-Werte auf und der Mg-Anteil ist doppelt so hoch.



**Abb. 3-26:** Skizze des Ergebnisses der Markierungsversuche 1998 im Gebiet Simetsberg - südlicher Königssee. Der Farbdurchgang erfolgte sehr rasch und durchlief das Riesenhöhlensystem der Salzgrabenhöhle. Aus: PLASSMANN 1998. Kartengrundlage: Ausschnitt aus der digitalen Fassung der Topografischen Karte 1 : 25.000. © Bayerisches Landesvermessungsamt.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Die großen Karstquellen haben erhöhte AK254 nm Werte, was auf stärkere organische Inhaltsstoffe hinweist. Das wird auch durch die Mikrobiologie bestätigt, deren Keimzahlen zwar nicht übermäßig hoch sind, aber dennoch als Trinkwasser nicht geeignet wären. Etwas besser, aber ebenfalls nicht geeignet sind die beiden kleineren Quellen 862 und H12, wobei im Vergleich die Abwesenheit von Enterokokken und *Escherichia coli* auffällt.

### 3.4.5 Quellgebiet Gotzenalm - Königsbachalm (Hagengebirge)

#### **Brunntrog Gotzenalm: Nr. 796, 798**

Probenumfang: 4 Messungen: 796; 1 Messung: 798

Nutzung: Tränke (796)

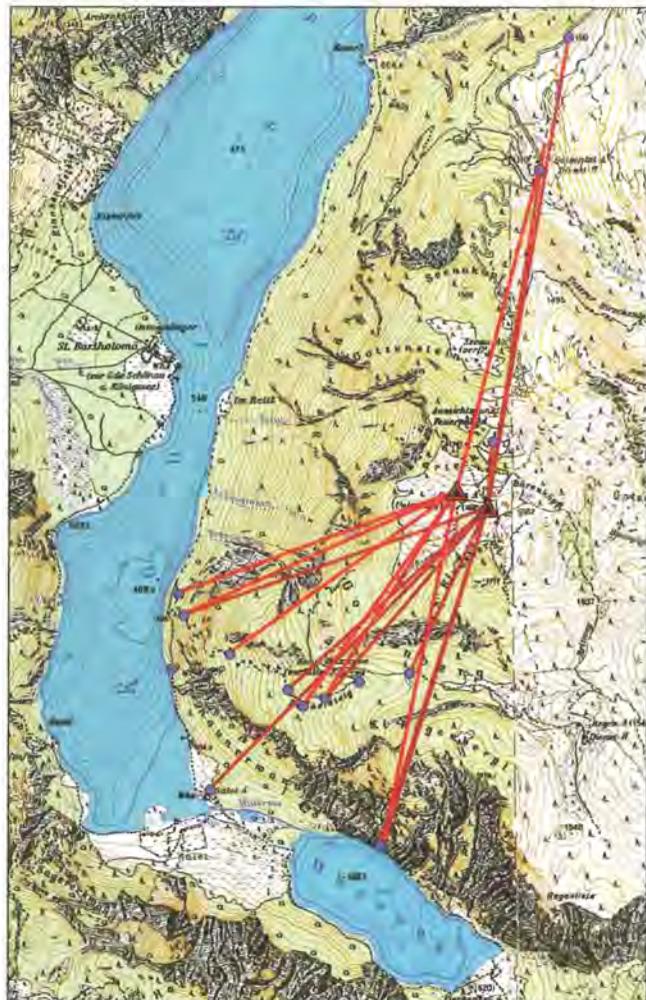
Trinkwassereignung: Nicht geeignet

**Lage, Geologie:** Das in rund 1600 m Seehöhe flach ausnivellierte Gotzenplateau ist vom Hagengebirge westlich etwas abgesetzt und im Almbereich aus Radiolariten und Kieselkalken des Jura aufgebaut. Hier konnte sich bei den hohen Niederschlägen ein rund 1 Meter mächtiges Niedermoor mit saurem Milieu entwickeln. Die hier entspringenden und versickernden Kleinquellen entwässern hauptsächlich zum südlichen Königssee und zum Obersee, aber auch nach Norden (PLASSMANN 1998). Der Brunntrog liegt links des Weges von der Gotzenalm zum Landtal. Die Quelle ähnelt der ebenfalls aus Jurakieselkalk entspringenden Quelle 808 auf der Priesbergalm. Die Werte sprechen für die Herkunft aus engklüftigem Karbonat ohne Dolomitanteil und kommen nicht aus dem Moorkörper.

**Hydrophysik und -chemie:** Etwas überraschend bei der anmoorigen Umgebung ist der hohe Leitfähigkeitswert des Wassers (mit 418  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Median und 451  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Spitze am Maximum der Messungen), der dem Kalzium-Karbonatsystem entstammt. Magnesium ist mit nur 3 % des Ca-Anteiles ebenso marginalisiert wie die anderen Ionen. Der pH-Wert ist basisch, aber meist im unteren Viertel aller Quellen, die Sauerstoffwerte sind zeitweise etwas gedämpft. Die Schwankungen bei einigen Parametern wie Temperatur, pH und  $\text{O}_2$  sind wahrscheinlich messmethodisch bedingt (Abnahme am Brunntrog).

**Tabelle 3-38:** Quelle Gotzenalm, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit $\mu\text{S}/25^\circ$	pH	Sauerstoff $\text{O}_2$ mg/l	Sättigung $\text{O}_2$ %		
Minimum	0,01	6,6	379	7,37	8,1	80,4		
Median	0,05	8,8	418	7,46	8,5	92,8		
Maximum	0,1	16,8	451	8,09	8,9	101,3		
	Mg <sup>++</sup> mg/l	Ca <sup>++</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l
Minimum	1,4	84,4	0,5	0,3	0,0	0,0	1,5	253,1
Median	1,7	92,4	0,5	0,3	0,0	0,0	1,7	281,9
Maximum	1,7	100,0	0,5	0,3	0,2	0,1	1,8	308,6
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22 <sup>n</sup> KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,2	0,3	0,0	31	0	6	0	
Median	0,3	0,5	0,1	48	0	63	0	
Maximum	0,3	0,7	0,3	323	1	unzählbar	100	



**Abb. 3-27:** Skizze des Ergebnisses des Markierungsversuches im Gebiet Gotzenalm. Interessant ist die radiale Entwässerung zu entlichen kleineren Quellen sowie der sehr rasche Farbdurchgang zur großen Karstquelle am Obersee. Aus: PLASSMANN 1998. Kartengrundlage: Ausschnitt aus der digitalen Fassung der Topografischen Karte 1 : 25.000. © Bayerisches Landesvermessungsamt.

Die Nr. 798 ist ein Sumpfgerinne 100 m unterhalb der Quelle. Härte und pH-Wert sind hier stark abgefallen, letzterer ist aber mit 7,25 noch im basischen Bereich.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Wie auf einer durch Vieh und Touristen bestoßenen Alm nicht anders zu erwarten, imponieren die Almwässer mit teils exorbitanten fäkal-anzeigenden Keimraten und sehr hoher organischer Frachtrate (Gerinne Nr. 798: AK 254 nm bei fast 30). Ein Genuss dieses Wassers ist im derzeitigen Zustand nicht zu empfehlen. Darauf sollte generell an gefassten Quellen nahe Wanderwegen hingewiesen werden.

#### **Stangassinger Quelle: Nr. 807**

Probenumfang: 4 Messungen; Nutzung: nicht bekannt;

Trinkwassereignung: Meist nicht geeignet

**Lage, Geologie:** Das Gelände um die Priesbergalm (nördlich der Gotzenalm) ist von Moränenablagerungen und mergelig-kieseligen Jura-Sedimenten (Allgäuschichten, Radiolarite), auch Linsen von Haselgebirge,

**Tabelle 3-39:** Quelle Stanggassingener, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %
Minimum	0,1	4,6	250	8,02	9,2	98,7
Median	0,6	5,6	275	8,12	10,8	99,5
Maximum	1,0	11,3	289	8,14	10,9	100,8

	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
Minimum	1,1	52,5	0,4	0,3	0,0	0,3	2,3	164,3
Median	1,4	58,6	0,4	0,3	0,1	0,3	2,5	182,0
Maximum	1,4	63,3	0,5	0,3	0,2	0,4	2,8	190,4

	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coll KZ/100ml
Minimum	0,3	0,6	0,1	2	0	0	0
Median	0,3	0,6	0,1	6	0	1	0
Maximum	0,3	0,6	0,2	9	1	2	0

derart geprägt, dass man von einer Enklave inmitten des Hagengebirgs-Hochkarstes sprechen kann. Zwischen Priesbergalm und Moor entspringt die Quelle im Graben nördlich des Almbodens. Auf den ersten Blick fällt die große Beständigkeit der kleinen Quelle auf. Sie dürfte einem eher feinklüftigen, nur langsam umsetzenden Kluffwasserkörper entstammen. Auch die organoleptischen und mikrobiellen Daten dieser eigentümlichen Quelle würden eher auf eine konsolidierte „Tiefquelle“ schließen lassen als auf eine Almquelle im Hochkarst.

**Hydrophysik und -chemie:** Die sehr kalte, mittelstark mineralisierte Quelle (LF 250 – 280 µS/cm) weist außer Ca+ und HCO3- nur sehr geringe Ionengehalte auf. Auch der Magnesiumgehalt ist bei unter 5 %. Nur im Hauptssystem gibt es relativ geringfügige Schwankungen, die übrigen Ionen verharren fast ohne Schwankungen.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Die Trübung und Tönung ist konsequent sehr niedrig, die Verkeimungsrate ist gering und das Wasser wäre zeitweise zum menschlichen Genuss geeignet.

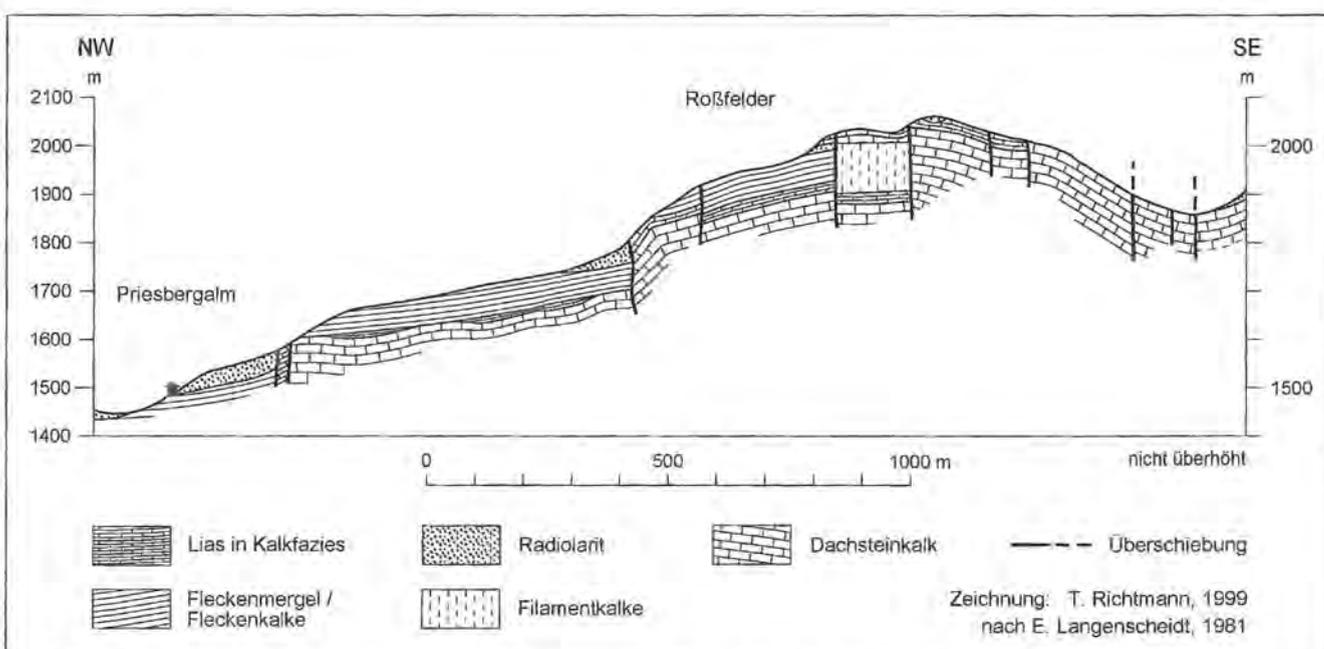
**Priesbergalm Sumpfquelle: Nr. 808, 809**

Probenumfang: 6 Messungen: Nr. 808; 1 Messung: 809  
Nutzung: keine; Trinkwassereignung: Nicht geeignet

**Lage, Geologie:** Das Gelände um die Priesbergalm (nördlich der Gotzenalm) ist von Moränenablagerungen und mergelig-kieseligen Jura-Sedimenten (Allgäuschichten, Radiolarite) derart geprägt, dass man von einer Enklave inmitten des Hagengebirgs-Hochkarstes sprechen kann. Auf den Stauschichten haben sich Moore entwickelt, die über entkalkten Tonen Wasserkörper mit pH-Werten zwischen 2,9 (Hochmoor) bis 3,9 (Niedermoor) bilden. Zwischen Priesbergalm und Moor steht auch noch eine Linse von permoskythischem Haselgebirge an, hier entspringt die breitflächig sickende helokrene Quelle. Sie ähnelt stark der ebenfalls aus Jurakieselkalk entspringenden Quelle 796 auf der Gotzenalm. Der Moorabfluss Nr. 809 hat als einziges gemessenes Wasser moortypische Werte, sie sind in der Tabelle wiedergegeben (28.6.2001).

**Hydrophysik und -chemie:** Mäßige Schüttung, schwankende Temperaturen, abgesenkte pH- und O2-Werte und die für das Gebiet höchste gemessene Leitfähigkeit (452 µS/cm bei einem Medianwert nahe 400) kennzeichnen die Kalziumkarbonatquelle. Selten im Gebiet ist die Konzentration des Sulfats, das mit gesicherten Werten bis über 50 mg/l das Gebietsmaximum erreicht und auf die Nähe des gipsführenden Salinars hinweist.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Im unmittelbaren Weidbereich gelegen, ist es kein Wunder, dass die wahrscheinlich recht oberflächennah angespeiste Quelle stark verkeimt ist. Vor allem die Coliformen spielen dabei eine herausragende Rolle. Das Gerinne 809 zeigt, moortypisch gelblich gefärbt, den Spitzenwert für Trübung und AK 254 nm und ist übermäßig verkeimt.



**Abb. 3-28:** Geologisches Profil durch das Gebiet Priesbergalm - Rossfelder am Westhang des Hagengebirges. Bemerkenswert sind in diesem Gebiet die weitläufig erhaltenen Reste der Jura-Gesteinsserien. Aus: FISCHER 2005.

**Tabelle 3-40:** Quelle Priesbergalm, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %		
Minimum	0,1	4,7	328	7,42	9,0	85,2		
Median	0,4	5,8	393	7,59	9,9	85,0		
Maximum	0,5	7,5	452	7,75	10,6	99,0		
Nr. 809	0,1	16,2	9	4,99	6,3	74,8		
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
Minimum	1,7	79,4	0,3	0,5	0,1	0,4	10,5	192,0
Median	3,0	84,0	0,4	1,1	0,3	0,9	41,8	222,1
Maximum	3,5	93,9	0,5	1,4	0,6	1,7	119,0	244,1
Nr. 809	0,3	1,4	0,1	0,1	0,3	0,0	0,4	3,3
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,3	1,0	0,1	123	0	40	0	
Median	0,3	1,2	0,2	304	5	143	1	
Maximum	0,4	2,6	0,3	920	8	unzählbar	22	
Nr. 809	0,9	36,4	2,7	1200	unzählbar	unzählbar	59	

### Brunnen nördlich Königsbachalm: Nr. 833

Probenumfang: 7 Messungen

Nutzung: Tränke; Trinkwassereignung: Nicht geeignet

**Lage, Geologie:** Der Weg von der Jennerseilbahn – Mittelstation verläuft in der relativ flachen, von Almfluren genutzten Hangzone, wo die Schutt- und Moränenschleppes des Hohen Brett auf breit entwickeltem, plattig-mergeligem Jura („Tauglbodenschichten“) aufsitzen. Gegenüber dem wandbildenden Dachsteinkalk übt diese Zone eine lokale Stauwirkung aus, sodass mehrere Sickerquellfluren zutage treten. Die Werte der Quelle repräsentieren diese Untergrundverhältnisse ohne große Überraschungen.

**Hydrophysik und-chemie:** Bei meist sehr geringer Schüttung sind die Temperatursprünge messtechnisch bedingt. Die Quelle ist mäßig aufgehärtet (Leitfähigkeit 290-330 µS/cm) bei relativ hohen pH-Werten und optimaler Sauerstoff-Versorgung. Wie immer im Gebiet dominiert das Karbonatsystem, wobei Mg rund 10 % des Gehaltes an Ca einnimmt. Ziemlich hoch, im obersten Viertel aller Werte, ist Natrium vertreten, auch Sulfat ist erhöht.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Das gewohnte Bild der mitten in den Almfluren entspringenden Quellen wird auch hier durch nicht geringe Keimzahlen getrübt. Das Bründl ist vor allem durch Coliforme hoch verkeimt und nicht zum Genuss tauglich. Deutlich über dem üblichen Level ist auch die organische gelöste Fracht, interpretiert durch den Absorptionswert 254 nm, der mit 4 bis 7 Einheiten im obersten Quartil der Gebietsmessungen liegt.

### 3.4.6 Quellgebiet Schwarzbach (Reiteralm)

Schwarzbach-Quelle (Schwarzbachloch): Nr. 978

Probenumfang: 7 Messungen

Nutzung: keine; Trinkwassereignung: Nicht geeignet

**Lage, Geologie:** Das eindrucksvolle Höhlenportal öffnet sich am Ostfuß der Reiteralpe nahe der Schwarzbach-

wacht. Die Riesenquelle ist die Hauptentwässerung der Reiteralpe und entquillt an der Schichtgrenze Ramsaudolomit – Dachsteindolomit (Karn-Nor) bzw. Dachsteinkalk einem Siphon in der Höhle. Der Höhlenbach fließt durch eine Klamm der Saalach zu. Meist hohe Schüttung, gleichmäßig tiefe Temperaturen und relativ geringe Härte weisen auf eine typische Großquelle der Berchtesgadener Alpen hin. Die Maximalschüttung dürfte 10 m³/s und mehr betragen.

**Hydrophysik und-chemie:** Die Temperaturen liegen immer knapp über 5 °C und die Leitfähigkeitswerte deutlich unter 200 µS/cm, Kalzium dominiert das System. Mg-Werte von nur 10 % weisen auf wenig Kontakt mit dem Dolomit hin. Die weiteren Ionen bleiben marginal.

**Organoleptik und Mikrobiologie:** Die Quelle ist erstaunlich stark verkeimt, obwohl im Einzugsgebiet keine ausgedehnten Almgebiete existieren. Auch die Lichtabsorption 254 nm weist auf relativ hohe organische Frachten hin. Die mikrobiellen Werte nähren den Verdacht auf massive quellnahe Einsickerungen, allerdings kann die Ursache bei den großvolumigen, schnellen Wasserwegen durch Höhlensysteme auch weiter entfernt liegen. Die Ergebnisse des Markierungsversuches 2004 werden zweifellos zur Klärung wenn schon nicht des Wassers, so doch wenigstens der Ursachen beitragen.

**Tabelle 3-41:** Brunnen nördlich Königsbachalm, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %		
Minimum	0,01	6,9	287	8,22	8,1	96,3		
Median	0,02	8,6	308	8,39	9,6	99,6		
Maximum	0,3	17,6	328	8,42	10,5	103,0		
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
Minimum	3,8	50,2	0,6	0,2	0,3	1,3	6,5	181,6
Median	4,1	61,3	0,7	0,3	0,4	2,6	7,6	190,9
Maximum	5,1	65,3	0,7	0,5	1,1	7,3	12,0	212,5
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,3	3,6	0,2	31	0	2	0	
Median	0,3	4,2	0,2	77	0	48	0	
Maximum	0,4	7,2	0,5	226	5	125	1	

**Tabelle 3-42:** Quellgebiet Schwarzbach, physikalisch-chemische und mikrobiologische Parameter.

	Schüttung l/s (approx.)	Temperatur °C	Leitfähigkeit µS/25°	pH	Sauerstoff O2 mg/l	Sättigung O2 %		
Minimum	5,0	5,2	181	7,96	10,6	93,5		
Median	100,0	5,3	179	8,10	11,6	99,1		
Maximum	2500,0	5,4	194	8,15	11,9	101,1		
	Mg++ mg/l	Ca++ mg/l	Na+ mg/l	K+ mg/l	Cl- mg/l	NO3- mg/l	SO4-- mg/l	HCO3- mg/l
Minimum	1,6	32,5	0,1	0,1	0,2	1,7	1,0	104,2
Median	2,0	36,7	0,2	0,1	0,3	2,2	1,5	115,8
Maximum	2,4	42,9	0,2	0,1	0,5	4,1	2,7	146,5
	Trübung TE	Tönung 1 AK254nm	Tönung 2 AK436nm	CFU 22° KZ/ml	Enterokokken KZ/100ml	Coliforme KZ/100ml	E. Coli KZ/100ml	
Minimum	0,3	8,1	0,4	17	0	7	0	
Median	0,3	8,4	0,6	56	0	24	2	
Maximum	0,5	10,7	0,8	1320	26	326	68	

## Literatur

- BRANDECKER, H.; MAURIN, V. ZÖTZL, J. (1965): Hydrologische Untersuchungen und baugelogeische Erfahrungen beim Bau des Diessbach-Speichers (Steinernes Meer). Steirische Beitr. z. Hydrogeologie, N. F., Jg. 1965, S. 67-111, Graz 1965.
- FISCHER, K. (2005): Geomorphologie der Berchtesgadener Alpen mit einer geomorphologischen und einer Hangneigungskarte 1 : 25.000. Forschungsbericht 50. Nationalpark Berchtesgaden.
- Geologisches Landesamt (1998): Geologische Karte von Bayern 1:25.000, Blatt Nationalpark Berchtesgaden, GLA München 1998.
- GOUNOT, A.M. (1994): Microbial Ecology of Groundwaters 189-217. In: GIBERT, J.; DANIELOPOL, D.L. & STANFORD, J. (Hrsg.): Groundwater ecology. Academic Press, London.
- HASEKE, H. and partners (1998): Nationalpark Kalkalpen (Upper Austria): Abstract of the National Park Karst research Program 1994-1998. unveröff. Studie i.A. des Nationalparkes Kalkalpen, Molln-Salzburg, Oktober 1998, 53.S.; Homepageversion im Internet: Internet: ftp-waldoek.boku.ac.at/kalkalp/
- HASEKE, H. (1999): Karstdynamik. Das Nationalpark - Karstprogramm 1994-1997. Unveröff. Schlussbericht i. A. der Nationalpark Oberösterreichische Kalkalpen GmbH, Salzburg / Molln, Februar 1999. 261 S.
- HASEKE, H. (2003): Karstquellen-Monitoring 1999 - 2002 und LIFE-Beweissicherung 1999 - 2002, Unveröff. Bericht i.A. der Nationalpark Oberösterreichische Kalkalpen GmbH, Salzburg-Molln / Austria, Jänner 2003. 104 S., 48 Abb., 50 Tabellen, Fototeil, Kartenbeilagen.
- KLAPPACHER, W. & HASEKE-KNAPCZYK, H. (1977): Salzburger Höhlenbuch Band 2. Verkarstung und Speläologie in Loferer und Leoganger Steinberge, Steinernes Meer, Steinplatte-Loferer Alm. Landesverein für Höhlenkunde in Salzburg, Eigenverlag, Salzburg.
- KLAPPACHER, W. & HASEKE-KNAPCZYK, H. (1979): Salzburger Höhlenbuch Band 3. Verkarstung und Speläologie am Hochkönig, Hagengebirge, Hoher Göll. Landesverein für Höhlenkunde in Salzburg, Eigenverlag, Salzburg.
- KLAPPACHER, W. (1996): Salzburger Höhlenbuch Band 6. Aktuelle Ergänzungen. Landesverein für Höhlenkunde in Salzburg, Eigenverlag, Salzburg.
- LANGENSCHIEDT, E. (1995): Nationalpark Berchtesgaden, Erläuterungen zur „Bodenkarte“. Manuskript, 60 Seiten.
- LANGENSCHIEDT, E. (o.J.): Kurzbeschreibung der verbreitetsten geologischen Einheiten im Alpenpark Berchtesgaden. Manuskript, 22 Seiten.
- PLASSMANN, G. (1998): Développement et gestion durables en milieu alpin. Le cas d'une ressource naturelle particulièrement sensible - l'eau karstique (Etude comparée de six pays alpins). Thèse de doctorat en Géographie, Université Joseph Fourier, Institut de Géographie Alpine, Laboratoire de la Montagne Alpine (CNRS LAMA ESA 5038). Grenoble, Octobre 1998.
- WEIGAND, E. (1998): Limnologisch-faunistische Charakterisierung von Karstquellen, Quellbächen und unterirdischen Gewässern nach Choriotopen und biozönotischen Gewässerregionen (Nationalpark o.ö. Kalkalpen, Österreich). - Teilprojekt 1603-7.6./96-97 im Rahmen des Programmes „Karstdynamik“. Unveröff. Studie i. A. des Nationalparkes Kalkalpen, Wien 1998.
- WEIGAND, E. (1998): Limnologische und hydrobiologische Untersuchungen von Karstquellen und Höhlengewässern im Nationalpark Kalkalpen. Analysen, Ergänzungen, Zwischenbilanz und Forschungsbedarf. - Teilprojekt 1603-7.6./1997: Ökologie und Hydrobiologie von Karstquellen IV. Unveröff. Studie i. A. des Nationalparkes Kalkalpen, Wien 1998.
- WEIGAND, E. & GRAF, W. (2001): Beweissicherung Limnologie im Rahmen des LIFE-Projekts „Management von Naturwäldern im Nationalpark Kalkalpen“ (LIFE99NAT/A/5915). Unveröff. Studie im Auftrag des Nationalparkes Kalkalpen, Wien/Molln.

## 4 Geomorphologische Untersuchungen

HEIKE HOWEIN & HENNING SCHRÖDER

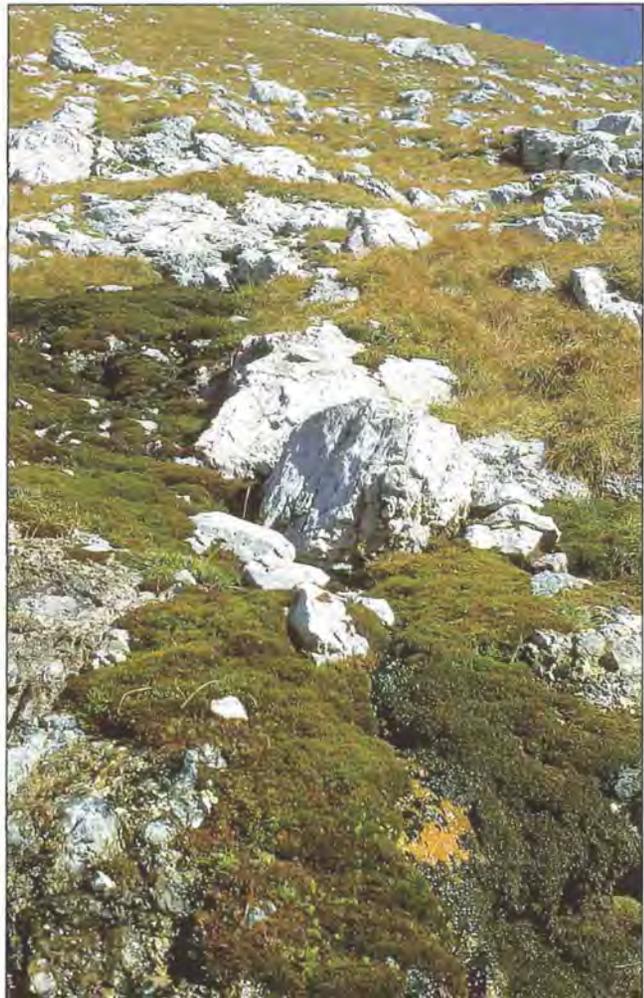
Eine Quelle ist ein „natürlicher Grundwasseraustritt, der groß genug ist, dass es zu einem, wenn auch nur kurzen Abfluss kommt“ (MATTHESS & UBELL 1983).

Die Art und Weise, wie das Wasser an die Oberfläche kommt, wie es austritt und wie sich der Abfluss und die Quelle insgesamt ausbilden, unterliegt verschiedenen Faktoren und kann zu unterschiedlichsten Erscheinungsformen führen. Um den Überblick angesichts dieser Vielgestaltigkeit nicht zu verlieren, bedarf es einer Ordnung, oder, besser gesagt, einer Typisierung, die zugleich Klarheit über die grundlegenden Attribute von Quellen schaffen kann.

Den verschiedenen fachlichen Fragestellungen und Prioritäten entsprechend gibt es verschiedene Typisierungsansätze. So werden beispielsweise in der Geologie Fragen nach der Herkunft des Wassers und der Art und Weise seines Austretens an die Erdoberfläche mit

einbezogen (BRYAN 1919, HÖLTING 1989): Quellen werden – um nur einige Bezeichnungen zu nennen – als „Verwerfungsquelle“, „Schichtquelle“ oder „Karstquelle“ differenziert. Die von THIENEMANN (1922) entwickelte limnologische Einteilung in „Sturzquellen“ (Rheokrenen), „Tümpelquellen“ (Limnokrenen) und „Sumpfquellen“ (Helokrenen), die sich ausschließlich auf die Strömungsverhältnisse am Quellmund stützt, ist wohl die unter Biologen bekannteste und meist verwendete Typologie.

Der Grund für den nachhaltigen Erfolg der Thienemann'schen Typologie in der Binnengewässerforschung ist wohl darin zu sehen, dass es sich bei der Unterscheidung nach Austritts- und Abflussart um ein augenfälliges und leicht zu handhabendes Merkmal handelt. Es bedarf praktisch keines Fachwissens, um diese Typologie anwenden zu können. Im Gelände entsprechen Quellen aber nur selten klar einem der drei Typen. Meist handelt es sich um Mischformen, die sich nicht in das Korsett der „Dreifaltigkeit“ (ZOLLHÖFER 1996) pressen lassen, weshalb z. B. SCHWOERBEL (1959: "Rheohelokrene") und GERECKE (1991: "Rheopsammokrene") die Einführung weiterer Unterkategorien vorschlugen. Mit



**Abb. 4-1 bis Abb. 4-3:** Verschiedene Sturzquellen (Rheokrenen) im Nationalpark Berchtesgaden. 4-1 (links oben): Schapbach; 4-2 (rechts): Sittersbach; 4-3 (links unten): Stuhigraben (Fotos: Howein).

zunehmender Verkomplizierung dieses Systems gerät man aber immer mehr in das "Dickicht" lokal differenzierter Typologien und es wird deutlich, dass es in Wirklichkeit nicht um eine Vermehrung der Großkategorien gehen kann, sondern um ein verfeinertes Verständnis der Diversität, die sich hinter den Thienemann'schen Typen verbirgt. So handelt es sich bei einem Großteil der alpinen Quellen naturgemäß um Sturzquellen. Mit dem Begriff 'Sturzquelle' alleine lässt sich die Vielgestaltigkeit dieser Quellen aber nicht erfassen – wie aus den Abb. 4-1 bis 4-3 hervorgeht.

Wünschenswert ist also eine Verfeinerung der recht groben Beschreibung. Dabei sollte das große Plus der Einteilung in Sturz-, Tümpel- und Sickerquelle – die allgemeine Verständlichkeit und Anwendbarkeit – nicht aufgegeben werden. Zugleich lässt sich nur auf einer solchen verfeinerten Grundlage das Ziel erreichen, Typologiesysteme auf geologischer oder biologischer Datenbasis einander gegenüberzustellen und die Bedeutung des "geologischen Hintergrunds" für die ökologische Differenzierung herauszuarbeiten (VAN DER KAMP 1995).

Von diesen Gedankengängen geführt ist im Rahmen einer Diplomarbeit an der Universität Erlangen-Nürnberg (HOWEIN 1998) eine repräsentative Auswahl von Quellen im Nationalpark Berchtesgaden untersucht worden. Es wurde eine Typisierung für Quellen entwickelt, die einfach und kostengünstig anwendbar ist und sowohl den Anforderungen der Geo- und Biowissenschaften Rechnung trägt, als auch in Naturschutz und Planung einsetzbar ist.

Die erarbeitete Typisierung bezieht sich in der hier vorgelegten Form lediglich auf die Quellen im Nationalpark Berchtesgaden und damit auf ein Teilgebiet der Nördlichen Kalkalpen. Hier konnten, von Extremformen abgesehen, die nur mit speziellen alpinen Fertigkeiten erreichbar wären, wichtige strukturelle Typen anhand zahlreicher Beispiele vergleichend untersucht werden. Unter Berücksichtigung bereits bestehender Kartieranleitungen wurde ein Erfassungsbogen entwickelt, der hauptsächlich strukturelle Parameter sowie weitere relativ unproblematisch zu erhebende Daten berücksichtigt. Das Format der aus den ursprünglichen Kartierungen gewonnenen Daten wurde in einer späteren Überarbeitung an den in vieler Hinsicht ähnlichen Erfassungsbogen der "Projektgruppe Aktionsprogramm Quellen (2004)" angeglichen, der für die Bayerischen Landschaftsräume entwickelt wurde.

#### 4.1 Begriffserklärung

Wie bereits KEILHACK (1935), BEIERKÜHNLEIN (1994), KRÜGER (1996) und weitere Autoren feststellen mussten, weisen die Topographischen Karten (Maßstab 1 : 25.000) in der Regel mangelnde Genauigkeit bei der Kennzeichnung von Quellen auf. Auch auf dem Kartenblatt des Nationalparks sind die Quellen je nach Gebiet

unterschiedlich genau eingezeichnet. Eine gewisse Einheitlichkeit bei der Auswahl der aufgenommenen Quellen ist für die Aufstellung einer Typisierung jedoch erforderlich, um die Daten miteinander vergleichen zu können.

Diverse Quell-Definitionen aus Lehr- und Wörterbüchern (z. B. Lawa-Arbeitskreis 1994) erwiesen sich nur bedingt als hilfreich, da sie im Detail recht unterschiedlich ausfallen. Es herrschen unterschiedliche Ansichten hinsichtlich der Definition von Karstquellen, dem Phänomen des zutage Tretens talaufwärts versickerten Wassers ("Resurgenz"), der Größe der Austrittsstelle und der Kontinuität der Schüttung. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden nur solche Gewässer als Quellen kartiert, die der folgenden Beschreibung entsprechen: Begrenzte Austrittsstellen von Grundwasser (Kluft- und Karstwasser eingeschlossen), die zumindest zeitweise und wenigstens über eine kurze Strecke zu einem oberirdischen Abfluss führen. Bachanfänge werden grundsätzlich als Quellen angesehen. Es wird bei mehrmaligem Versickern und Wiederaustreten jeweils nur die höchste Stelle, an der Wasser angetroffen wurde, als Quelle bezeichnet.

Der Quellbereich umfasst die Zone des lokalen oder flächigen Grundwasseraustrittes, einschließlich der in diesem Bereich lebenden Pflanzen und Tiere sowie das von Wasser geprägte Gebiet des Umfeldes.

Es wurden demnach den in der Topographischen Karte verzeichneten Quellen weitere, bei der Freilandarbeit entdeckte Quellen hinzugefügt. Nicht berücksichtigt wurden hingegen sehr kleine Quellbereiche (< 1 m<sup>2</sup>) und lokale, abflusslose Nassstellen, auch wenn sie in der Karte als Quelle gekennzeichnet waren.

## 4.2. Material und Methoden

### 4.2.1 Aufnahmebogen, Geländekartierung

In den Monaten Juni, Juli und August 1997 wurden 99 Quellen zwischen etwa 600 und 1950 m N.N. kartiert. Weitere Quellen wurden in den darauffolgenden Jahren aufgenommen: 20 im September 2003 und 7 im Juni 2004. Insgesamt sind nunmehr 126 Quellen des Nationalparks strukturell erfasst. Die Topographie des Nationalparks Berchtesgaden sowie die Lage der kartierten Quellen sind der Abb. 4-4 zu entnehmen. Die Verteilung der untersuchten Quellen auf die verschiedenen Höhenstufen kann Abb. 4-5 entnommen werden.

Der für die Beschreibung der Beschaffenheit der Quellen verwendete Erfassungsbogen basiert in Grundzügen auf dem Bogen des Naturschutzzentrums Nordrheinwestfalen (1993, hier: QEB). Aufgrund der besonderen Geländebeziehungen in den Alpen, der großen Anzahl der Quellen und der Aufgabenstellung waren jedoch starke Modifikationen notwendig. Berücksichtigung fanden hierbei auch die Entwürfe zur Kartierung

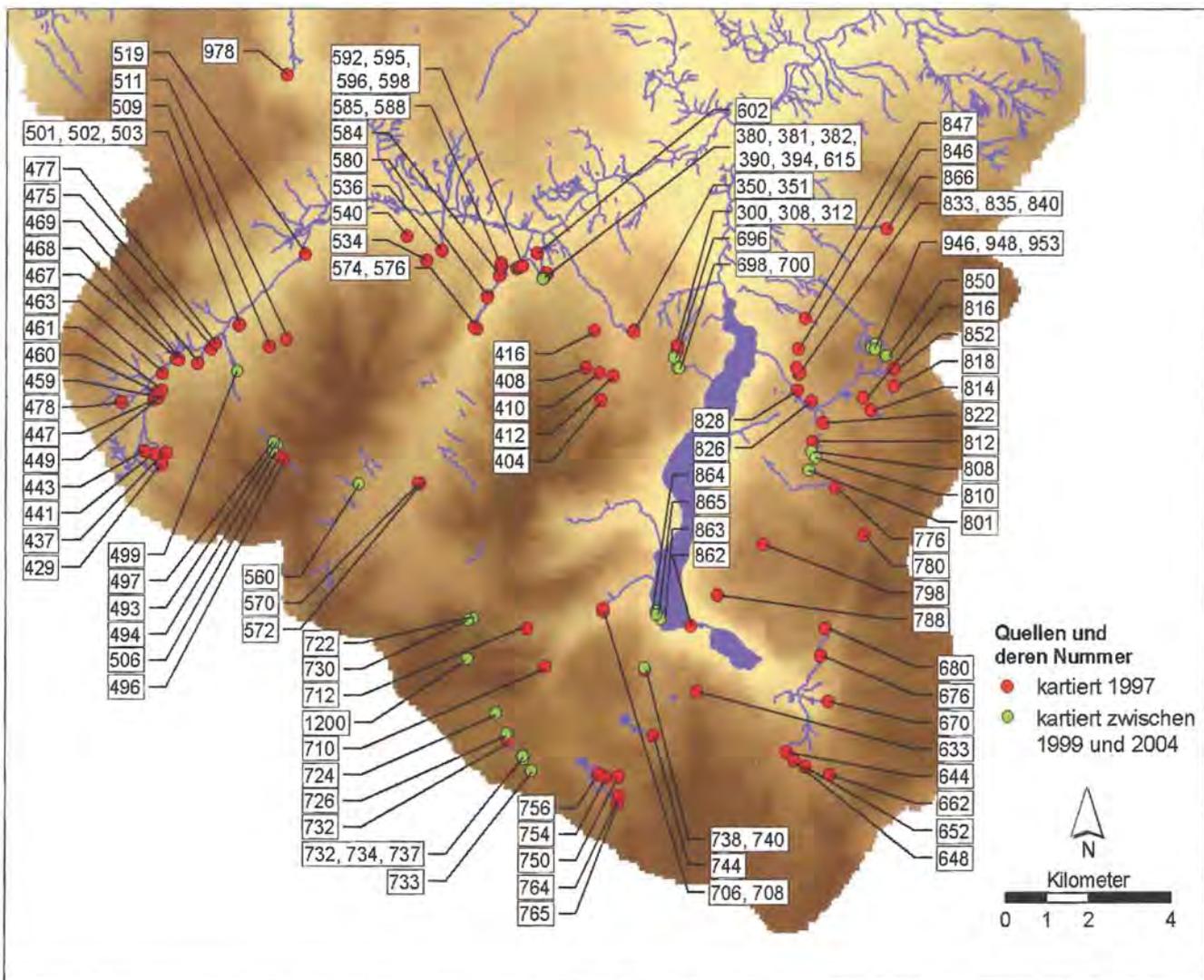


Abb. 4-4: Übersichtskarte des Nationalparks Berchtesgaden und Lage der kartierten Quellen.

der Natürlichkeitsgrade der Fließgewässer des Nationalparks Berchtesgaden (FRANZ 1992) sowie die Bodenkundliche Kartieranleitung AG Boden (1994) und AHNERT (1996). Vervollständigt wurde der Aufnahmebogen schließlich in Absprache mit H.P. FRANZ, R. GERECKE und I. SCHRANKEL.

Es sollten zunächst alle die Parameter enthalten sein, welche einen Einfluss auf die Struktur der Quelle haben könnten. Grundsätzlich bedeutsame, jedoch nicht strukturelevante Kenngrößen, wie beispielsweise der pH-Wert wurden berücksichtigt, sofern der Grundsatz

der einfachen und kostengünstigen Bearbeitung nicht verletzt wurde. Der vorläufige Aufnahmebogen wurde sehr ausführlich gestaltet, indem auch Parameter, die durch einen gemeinsamen Faktor geprägt werden und dementsprechend einen starken Zusammenhang aufweisen, gesondert erfasst wurden, wie z. B. die Abflussgeschwindigkeit und die Abflussart. Dadurch sollte eine frühzeitige Einengung der möglichen Ergebnisse vermieden werden. Die Auswahl der am besten die Quellen differenzierenden Parameter erfolgte vielmehr in einem nachgeordneten Schritt bei der Datenauswertung.

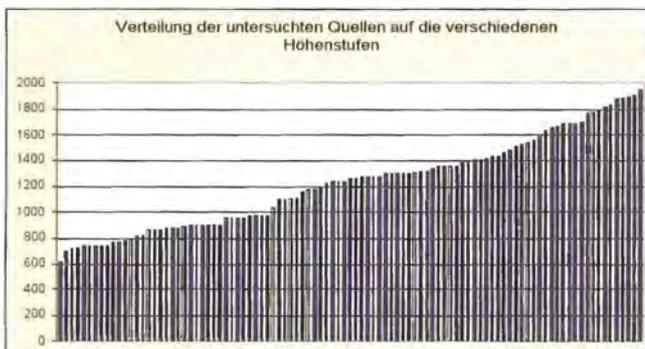


Abb. 4-5: Höhenverteilung der untersuchten Quellen.

Im Folgenden sind die kartierten Parameter aufgelistet. Die aus dem QEB direkt übernommenen Punkte sind an den Beginn der Aufzählung gestellt (Naturschutzzentrum NRW 1993, siehe dort für eine ausführliche Erörterung). Lediglich veränderte oder nicht im QEB enthaltene Parameter (mit einem "+" gekennzeichnet) sind beschrieben. Parameter, welche sich im Laufe der Auswertung als wenig praktikabel erwiesen haben, sowie redundante Parameter, die durch einen anderen Parameter besser repräsentiert werden, sind in eckige Klammern gesetzt.

- Quellnummer / -name
- Datum, Zeit
- Wetter, Witterung
- Rechts- und Hochwert (Gauß-Krüger, Potsdam Datum)
- Höhe über N.N.
- Größe des Quellbereichs: Länge und Breite (der breitesten Stelle) des Quellbereichs
- Physikalisch-chemische Messungen: pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Wassertemperatur, [Sauerstoffsättigung und -gehalt]
- Wasserführung: ganzjährig, periodisch, temporär
- Schüttung
- Besondere Substrate
- [+ Name des Einzugsgebietes: Die Abgrenzung von Einzugsgebieten ist im Nationalpark Berchtesgaden aufgrund der starken Verkarstung problematisch. Sie ist in diesem Fall dem Geographischen Informationssystem (GIS) der Nationalparkverwaltung entnommen und eher als räumliche Bezeichnung zu verstehen. Der Parameter entstammt der Natürlichkeitskartierung der Fließgewässer des Nationalparks (FRANZ 1992).]
- Geologischer Untergrund: Im GIS der Nationalparkverwaltung liegt eine geologische Karte des Gebietes vor. Diese Daten wurden mit den Punkten der aufgenommenen Quellen verschnitten, sodass die Informationen zu der jeweiligen Gesteinsart vorliegen. Angaben zum Grundwasserleiter bzw. -stauer (im QEB vorgesehen) wurden aufgrund der komplizierten geologischen Bauweise sowie der Verkarstung des Gebietes weggelassen.
- [+ Prozessbereich: Der Prozessbereich gibt die im Quellbereich befindlichen geomorphologischen Formen und Prozesse an. Diese Informationen sind der geomorphologischen Karte des Nationalparks entnommen (FISCHER, K. 1987 – 1991). Vorkommende Prozessbereiche sind beispielsweise gravitativer Abtrag, fluvial, bedeckter Karst, etc.].
- [+ Substrattyp: Die verschiedenen Substrattypen der Quellbereiche sind ebenfalls der geomorphologischen Karte des Nationalparks entnommen (Fischer, K. 1987 – 1991). Es kommen beispielsweise folgende Substrattypen vor: kiesige Moräne, fluvioglaziale Ablagerungen, Fels-, Bergsturz, Bankkalk, etc. ].
- [+ Böschungsform: Die Böschungsform ist jeweils rechts und links in Fließrichtung anzugeben. Sie beschreibt den Neigungswinkel der Böschung (FRANZ 1992). ]

- Substratart: Die organischen und anorganischen Substratarten sowie die Korngrößenabgrenzung der anorganischen Substrate sind (zunächst) der Quellkartierung NRW entnommen. Zusätzlich wurden aus der Fließgewässerkartierung des Nationalparks noch der Typ Fels sowie verschiedene anthropogene Substrattypen hinzugenommen.



**Abb. 4-6:** Detail einer Quelle mit kiesigem Substrat und Moospolstern (Foto: Howein).

Die einzelnen Substrate werden in ihrem prozentualen Deckungsanteil an der Grundfläche der Quelle geschätzt. Die Summe der Deckungen der einzelnen anorganischen Substrate muss 100 % betragen, da nur die an der Oberfläche befindlichen Substrate geschätzt werden können. Überlagerungen werden hier nicht berücksichtigt.

Die einzelnen organischen Substrate können dagegen übereinander geschichtet vorkommen und auch gesehen werden (z. B. Totholz über Moospolster), sodass die Summe der Deckungen über 100 % betragen kann.

- + Laufentwicklung im Quellbereich: Je nachdem, ob das Wasser einer klaren Linie folgt, über eine größere Fläche verteilt ist oder gewunden abfließt, wird eine der folgenden Möglichkeiten ausgewählt: *gestreckt – gewunden – verzweigt – mäandrierend – flächig – begradigt – flächig und verzweigt – sonstiges* (FRANZ 1992).
- + Art des Abflusses: Ähnlich wie bei den Substraten wird der prozentuale Anteil der jeweiligen Abflussart am gesamten Abfluss geschätzt. Im Folgenden werden die verschiedenen Möglichkeiten im Einzelnen beschrieben:
  - *Fallend*: das Wasser stürzt in freiem Fall über sehr steilen, senkrechten oder überhängenden Gesteinsuntergrund als zusammenhängende Wassermasse, in einzelnen Wasserstrahlen oder als Tröpfchen auf ein tieferes Niveau (AHNERT 1996).
  - *Schießend*: unruhige, wellige bis schäumende Oberfläche. Hier wird derjenige Abfluss als schießend bezeichnet, der im Gegensatz zum strömenden eine weißliche Trübung durch Sauerstoffeinschluss oder

weißen, durch starke Verwirbelung hervorgerufenen Schaum aufweist.

- *Strömend*: ruhigste turbulente Fließbewegung mit relativ glatter Wasseroberfläche, in der auch kleine Wirbel sichtbar flussabwärts wandern können (AHNERT 1996).
- *Ruhig*: Die Wasserteilchen bewegen sich in nahezu parallelen Bahnen, es kommt nicht zu Verwirbelungen (AHNERT 1996).
- *Sickernd*: durchnässter Bereich der Quelle, in dem das Wasser langsam durch das Substrat hangabwärts sickert.
- *Stillwasserbereiche* befinden sich dort, wo das Wasser nahezu keine Strömung aufweist. Ein auf die Oberfläche gelegtes Blatt wird kaum merklich vorwärts bewegt, am Gewässergrund befindet sich normalerweise Detritus.
- *Überströmtes Gestein* wird lediglich von einer dünnen Wasserschicht benetzt (hygropetrischer Lebensraum).
- [+ Abflussgeschwindigkeit: In sieben Stufen von langsam bis schnell eingeteilt. Die Einteilung erfolgt nach Augenmaß.]
- + Pufferzone, bezogen auf die Nutzung: Es wird festgestellt, ob und - falls ja - in welcher Entfernung zur Quelle Beeinträchtigungen aufgrund der Nutzung auftreten (FRANZ 1992).
- Art der Beeinträchtigung: Die Beeinflussung wird näher spezifiziert, z. B. Wanderweg, Viehtritt oder Wasserbehälter (FRANZ 1992).
- Beschattung: In sieben Stufen von 'keiner' bis zu 'starker' Beschattung (FRANZ 1992).
- [+ Beschattungsmedium: Der Schattenspender wird näher bezeichnet. Es stehen drei Möglichkeiten zur Verfügung: Gehölz, Krautbewuchs, Böschungsgestalt (FRANZ 1992).]
- Beschreibung der Vegetationsbestände bzw. der Nutzung in der Umgebung: Ziel ist eine einfache Beschreibung der in der Umgebung der Quelle befindlichen Vegetation / Nutzung anhand einer Tabelle. Die Tabelle wurde der Fließgewässerkartierung des Nationalparks (FRANZ 1992) entnommen, da im QEB noch kein Schlüssel für die Umfeldkartierung für den Bereich der Alpen vorgesehen ist.
- Pflanzen in der Quelle: kurze Auflistung der im Quellbereich auffallenden höheren Pflanzenarten.
- Tiere in der Quelle: Die Nennung der Tiergruppen bei den jeweiligen Standorten erhebt ebenso wie die der

Pflanzen in ihrem Artenspektrum sowie in der Quantität keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es wurden lediglich die mit bloßem Auge sichtbaren - und bekannten - Tiergruppen notiert. Um diese aufzufinden, wurden in den Quellen jeweils einige größere Steine (so vorhanden) umgedreht. Wenn feineres Material vorhanden war, wurde etwas davon in eine weiße Schüssel geschöpft, um einige Augenblicke nach Lebendem zu fahnden.

- Neigung: Jeweils für den Hang rechts, links und oberhalb der Quelle sowie für die Quelle selbst durchgeführt. Die Messung in der Quelle bezieht sich auf das Gefälle vom Quellmund bis zum nächsten erkennbaren Hangknick. Die übrigen Messungen beziehen sich auf den äußeren Quellbereich und erfolgten jeweils in der potenziellen Fließrichtung von oberflächlich abfließendem Wasser.
- Exposition: Mit einem Kompass in Richtung des abfließenden Wassers gemessen.
- + Wölbung: Die Methode zur Schätzung der Wölbungsrichtung (konvex, gerade, konkav) sowie der Wölbungsstärke im Gelände wurde im Wesentlichen unverändert aus der bodenkundlichen Kartieranleitung (AG Boden 1994) übernommen. Lediglich die Entfernungen und die Höhen wurden an den Maßstab der Quellaufnahmen angepasst und verkleinert. Eine Beschreibung der Methodik ist in der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG Boden 1994) enthalten.
- Bemerkungen: Auffälligkeiten aller Art, die nicht unter anderen Punkten unterzubringen sind.
- Schematische Skizzen der Quellen: Zur Veranschaulichung des Quellbereichs wurde jeweils eine 'geomorphologische Skizze' in Aufsicht und Querschnitt angefertigt. Ein Beispiel für eine solche Darstellung mit zugehöriger Legende ist Abb. 4-9 und Abb. 4-10 zu entnehmen.

#### 4.2.2 Auswertung

Die Auswertung der Daten erfolgte mit einer nichtlinearen Hauptkomponentenanalyse. Mit ihrer Hilfe kann ein Eindruck von der Bedeutung der einzelnen Parameter gewonnen werden. Die für die Ähnlichkeitsverhältnisse der Aufnahmen relevanten Variablen können identifiziert werden (BEIERKUHNEIN 1994). Der nichtlineare Fall der Hauptkomponentenanalyse wurde gewählt, da unterschiedlich skalierte Daten (nominale, ordinale, metrische) verrechnet wurden.

Zunächst wurden die im Folgenden aufgelisteten elf Parameter auf Grundlage quellökologischer Literatur, Diskussionen sowie der im Gelände gewonnenen Erfahrung als strukturelevante Variablen in der Berechnung der Hauptkomponenten berücksichtigt (für eine detaillierte Darstellung der Berechnungen siehe HOWEIN 1998).

1. Geologischer Untergrund
2. Wasserführung
3. Organische Substrate
4. Anorganische Substrate (Ton/Schluff und Sand wurden zu „Feinmaterial“ zusammengefasst)
5. Laufentwicklung
6. Art des Abflusses
7. Abflussgeschwindigkeit
8. Beschattung
9. Vegetationsbestände / Nutzung in der Umgebung
10. Neigung in der Quelle
11. Wölbungsrichtung im Quellbereich

In einem weiteren Schritt galt es aus diesen 11 Parametern diejenigen herauszufiltern, die maßgeblichen Einfluss auf die Quellstruktur ausüben. Zunächst wurden Variable mit geringem Einfluss, also einer geringen Komponentenladung, bei den Berechnungen weggelassen. Schließlich folgten Parameter mit starken und konstanten Korrelationen zu anderen Variablen. Aus den dann noch verbliebenen Daten kristallisierte sich in vergleichenden Berechnungen, jeweils unter Weglassen eines Parameters heraus, dass zwei Parametergruppen den größten Einfluss auf die Verteilung der Aufnahmen in den Ordinationsdiagrammen und damit auf die Ähnlichkeit der Quellen zueinander haben: (1) Abflussarten und (2) anorganische Substrate.

Eine genauere fachliche Betrachtung der Parameter Abflussart und anorganische Substrate verdeutlicht deren Bedeutung für die Grundstruktur und die Lebensverhältnisse in einer Quelle:

Die Heftigkeit des Wasserabflusses sowie die Korngrößen-Zusammensetzung des anorganischen Substrates beeinflussen wesentlich die Dichte der Vegetation. Dadurch werden gleichzeitig auch das Lichtklima am Untergrund und die Nahrungsverhältnisse mitbestimmt. Die Transportkraft des Wassers in Verbindung mit der Rauigkeit der Sohle entscheidet weiterhin auch über Abtransport oder Ablagerung von Nahrungspartikeln. Zudem wird durch die Turbulenz des Abflusses auch der Gasaustausch beeinflusst. Somit sind viele den Lebensraum einer Quelle prägende Eigenschaften durch diese Parameter mitbestimmt.

Neben den Abflussarten und den anorganischen Substraten werden als wichtige Umweltfaktoren in der Literatur häufig Licht, geologische Formation, Pflanzenwuchs, Wasserführung, Wasserchemismus, Temperatur, Höhenlage und Nahrungsverhältnisse genannt. Die Faktoren Licht (Beschattung), geologische Formation, Wasserführung und Pflanzenwuchs wurden bereits im ersten Schritt der statistischen Berechnung berücksichtigt und haben offensichtlich keinen bedeutenden Einfluss auf die Verteilung der Aufnahmen in den Ordinationsdiagrammen. Die Faktoren Wasserchemismus, Temperatur und Höhenlage wurden im Rahmen der Arbeit kartiert, sind jedoch nicht strukturell relevant und daher nicht in die Auswertung einbezogen worden. Die Nahrungsverhältnisse wurden eher indirekt durch Kartierung der Substrate erfasst, da das Hauptaugenmerk

auf eine strukturelle Beschreibung der Quellen gerichtet war. Diese statistischen und weitergehenden fachlichen Überlegungen stützen die Aussage, dass die folgende Analyse auf denjenigen Parametern beruht, die als Grundlage für die Klassifikation der kartierten Quellen wesentlich sind.

Wie bereits erwähnt, verlangt die Aufgabenstellung eine Reduzierung auf möglichst wenige und unproblematisch zu erfassende Parameter, da eine einfach anzuwendende Typisierung gewünscht wird. Dies trifft auf die beiden ausgewählten Parametergruppen zu. Zudem werden sie mit der gleichen Methode erfasst und weisen die gleiche Skalierung auf, wodurch ihre statistische Auswertung unkomplizierter wird.

Ein weiterer Vorteil der Berücksichtigung der Abflussart liegt darin, dass sie auch für die traditionelle Einteilung in Sturz-, Sicker- und Tümpelquellen entscheidend ist. Es wird also kein völlig neues Konzept angeboten, sondern lediglich eine Erweiterung und Verfeinerung des alten, bewährten Verfahrens.

### 4.3 Ergebnisse

Mithilfe der nichtlinearen Hauptkomponentenanalyse, die mit den Parametergruppen "Abflussarten" und "anorganische Substrate" gerechnet wurde, können für die untersuchten Quellen des Nationalparks Berchtesgaden fünf Ausprägungen unterschieden werden:

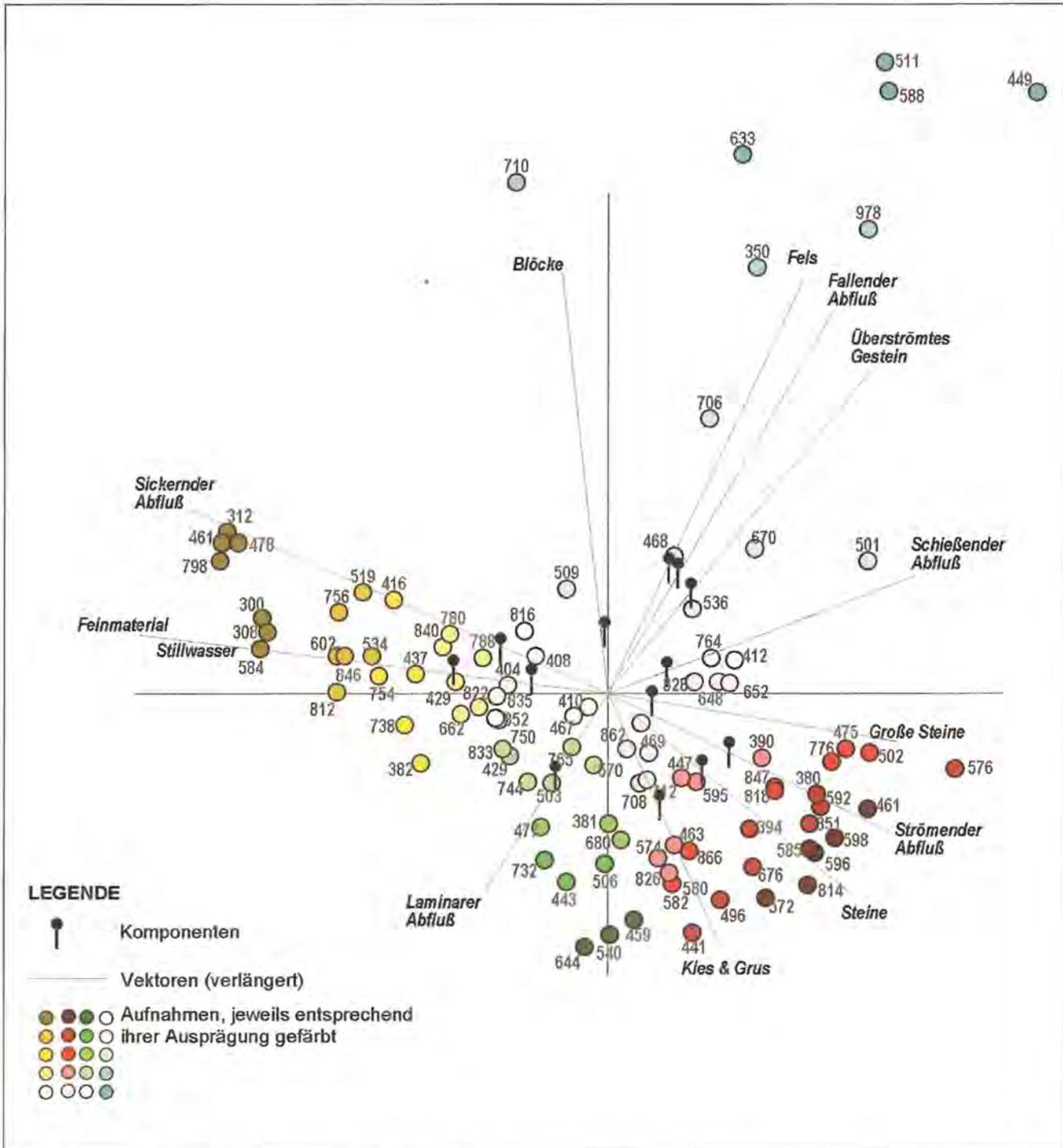
1. Quellen, die durch **felsiges Substrat, fallenden Abfluss** und/oder Bereiche mit **überströmtem Gestein** gekennzeichnet sind.
2. Quellen, deren Substrat hauptsächlich aus **großen Steinblöcken** besteht. Hier können alle Abflussarten vorkommen.
3. Quellen mit **strömendem bis schießendem Abflussverhalten und Steinen** als vorwiegender Komponente des Untergrundes.
4. Quellen mit gleichmäßig **ruhigem Abfluss und Kies & Grus** als vorwiegender Komponente des Untergrundes.
5. Quellen, die durch **langsamen Abfluss und feines Material** charakterisiert sind.

Als Beispiel für die statistische Auswertung sei hier die Verteilung der Aufnahmen in der ersten Ebene in einem Ordinationsdiagramm dargestellt.

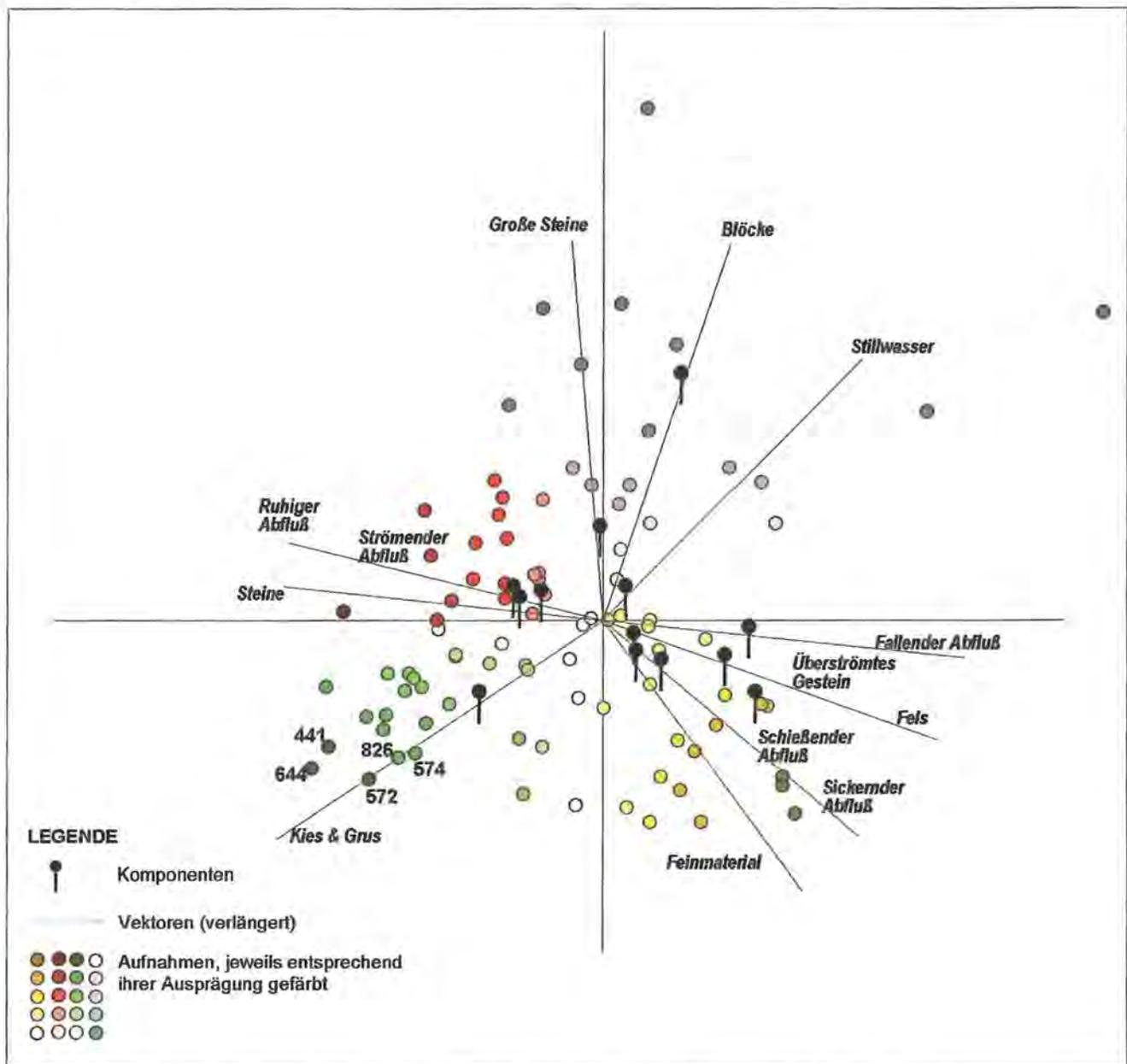
Sehr deutlich heben sich die Gruppen ,1' (blau) und ,5' (gelb) ab. Die Gruppen ,2', ,3' und ,4' sind in der zweiten, dritten oder vierten Ebene deutlich zu erkennen (HOWEIN 1998). In einem weiteren Arbeitsschritt wurden aus allen kartierten Quellen 'Leitquellen' herausgefiltert, die anhand des Ergebnisses der statistischen Analyse

deutlich einer der fünf Ausprägungen zugeordnet werden konnten. Diese Leitquellen dienten zur näheren Beschreibung der einzelnen Ausprägungen, wozu weitere, als strukturelevant erachtete Parameter herangezogen wurden. Mithilfe dieser weitergehenden Beschreibung und jeweils unter Beachtung der statistischen Ergebnisse konnten die übrigen Quellen anhand des Gesamt-Datensatzes den einzelnen Ausprägungen zugeordnet werden.

Zudem zeichneten sich innerhalb der oben mit den Ziffern 2, 3 und 4 bezeichneten Ausprägungen weitere Unterteilungsmöglichkeiten ab. Um das Ganze anschaulicher zu gestalten, sei hier die Vorgehensweise am Beispiel der Quellen der Ausprägung 4 (Kies- und grusreiches Material mit ruhigem bis strömendem Abfluss) wiedergegeben. Diese Ausprägung zeigt sich am deutlichsten in der zweiten Ebene (siehe Abb. 4-8, grüne Punkte).



**Abb. 4-7:** Ordinationsdiagramm, 1. Ebene. Ein Ordinationsdiagramm repräsentiert eine Ebene eines vieldimensionalen Raums. Die einzelnen Aufnahmen (= Quellen) sind als Punkte dargestellt, die Ausprägungen der Abflussart und der anorganischen Substrate als Vektoren (vom Zentrum ausgehende Linien). Je weiter eine Aufnahme in Richtung eines Vektors liegt, desto stärker ist dort die entsprechende Abfluß- bzw. Substratart vertreten. Die Nadelsymbole zeigen die Bedeutung der jeweiligen Vektoren für die betrachtete Ebene. Je weiter die Nadeln vom Zentrum des Diagramms entfernt stehen, desto höher ist der Einfluss des entsprechenden Vektors auf die Verteilung der Aufnahmen in der betrachteten Ebene.



**Abb. 4-8:** Ordinationsdiagramm, 2. Ebene. Ein Ordinationsdiagramm repräsentiert eine Ebene eines vieldimensionalen Raums. Die einzelnen Aufnahmen (= Quellen) sind als Punkte dargestellt, die Ausprägungen der Abflussart und der anorganischen Substrate als Vektoren (vom Zentrum ausgehende Linien). Je weiter eine Aufnahme in Richtung eines Vektors liegt, desto stärker ist dort die entsprechende Abfluss- bzw. Substratart vertreten. Die Nadelsymbole zeigen die Bedeutung der jeweiligen Vektoren für die betrachtete Ebene. Je weiter die Nadeln vom Zentrum des Diagramms entfernt stehen, desto höher ist der Einfluss des entsprechenden Vektors auf die Verteilung der Aufnahmen in der betrachteten Ebene.

Als 'Leitquellen' dienten die Quellen mit den Nummern **441, 572, 574, 644** und **826**. Diese fünf Untersuchungsstellen sind nach ihrer Lage in den Ordinationsdiagrammen der Hauptkomponentenanalyse eindeutig durch kiesig-grusiges Material charakterisiert. Zudem befinden sie sich eher im Bereich von ruhigem oder strömendem Abfluss. Den Geländeaufnahmen dieser Quellen ist zu entnehmen, dass der Anteil von kiesig-grusigem Material an den anorganischen Substraten jeweils über 70 % liegt, der Anteil der strömenden Abflussart über 40 %, der ruhigen Abflussart über 30 %. Diese Leitquellen der Ausprägung 4 weisen weitere gemeinsame Merkmale auf:

- Schießender oder fallender Abfluss kommen überhaupt nicht vor;
- Die Neigung im Quellbereich liegt zwischen 1° und 30°;
- Mit Ausnahme der Nummer **441** (29% Moospolster) überschreitet der Deckungsgrad mit Moospolstern oder anderen organischen Substraten nie 10%.
- Der von Hemikryptophyten bedeckte Quellbereich dehnt sich bei einigen Quellen auf über zwei Drittel aus (**441**: 29 %, **574**: 75 %, **644**: 75 %) bei anderen Quellen liegt er bei oder unter 10 % (**572**: 3 %, **826**: 10 %).

Alle weiteren Quellen mit dieser Merkmalskombination wurden der Ausprägung '4' zugeordnet. So lassen sich auf analoge Weise mithilfe der jeweiligen Leitquellen der fünf Ausprägungen diese näher beschreiben und die weiteren Quellen, die nach den erhobenen Daten eine entsprechende Merkmalskombination aufweisen, den Ausprägungen zuteilen. Ein Vergleich mit dem Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse – der Verteilung der Quellen in der Punktwolke – bestätigt die Richtigkeit dieser Zuteilung. Es zeigt sich auch, dass anhand des Datensatzes in einigen Fällen eine weitere Unterteilung innerhalb der Ausprägungstypen möglich war. Dies konnte ebenfalls – wenn auch undeutlich – anhand der Statistik bestätigt werden. Bestimmend für die Zugehörigkeit einer Quelle zu einem der fünf Typen sind also Abflussart sowie Zusammensetzung der anorganischen Substrate. Die weiteren Kennzeichen erlauben eine genauere Beschreibung sowie die Bildung von Untergruppen. Im Folgenden werden die Charakteristika der einzelnen Typen, sowie der gefundenen Untergruppen beschrieben und beispielhaft in Fotos und morphologischen Skizzen (Legende siehe Abb. 4-9) abgebildet (Abb. 4-10-17).

ABFLUSSARTEN:	SUBSTRATARTEN:	BEWUCHS:
 hypogetric	 Fels	 Gräser
 fallend	 Block	 blättrige Vegetation
 fließend / stromend	 Steine	 Moospolster
 sickend	 Kies / Gräs	
 Stillwasser	 Sand + Ton / Schluff	

Abb. 4-9: Legende zu den Quellskizzen.

**Typ 1: "Felsquellen":** Untergrund auf mindestens der Hälfte der Quellfläche felsig, Abfluss von mindestens 20 % des Wassers fallend; Geländeneigung 70-90°, überströmtes Gestein vorhanden.

In Ausnahmefällen kann das Wasser auch über Blöcke fließen und so ähnliche Bedingungen wie auf anstehendem Fels hervorrufen. In solchen Fällen sollten Blöcke bei der Kartierung wie anstehender Fels behandelt werden. Meist kommen auf feuchtem Untergrund auch flächige Moospolster vor, durch die das Wasser herabrieselt. Hemikryptophyten finden nur an wenigen Stellen einen Lebensraum, z. B. in Gesteinsritzen, sodass diese weniger als 10% des Quellbereiches bedecken. Die Quellbereiche der Felsquellen sind in der Regel lang gestreckt. Detritusablagerungen sind kaum zu finden.

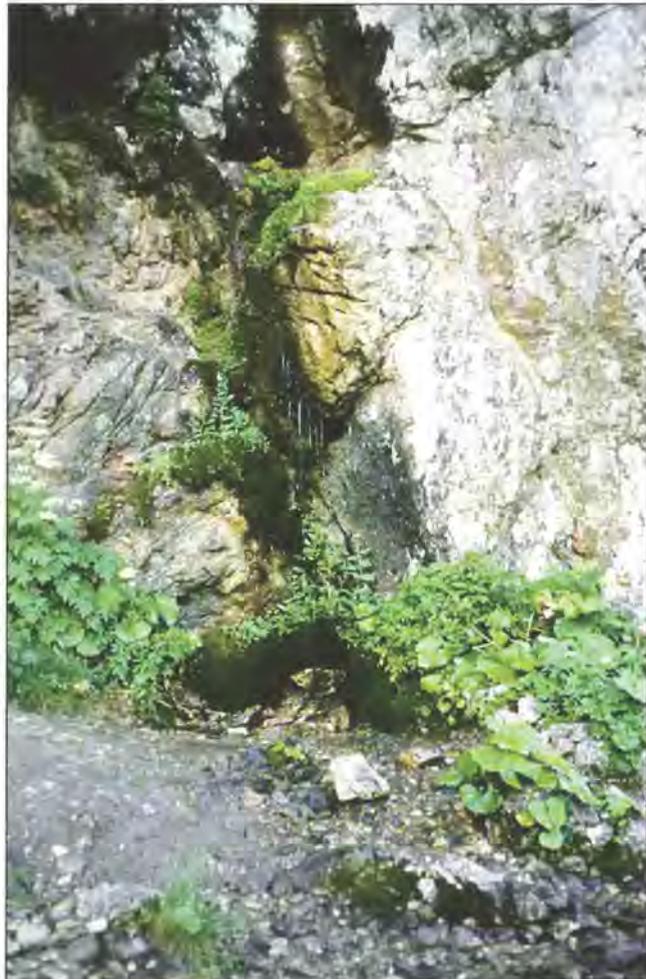


Abb. 4-10 a: Quelltyp 1, „Felsquelle“ (Foto: Howein).

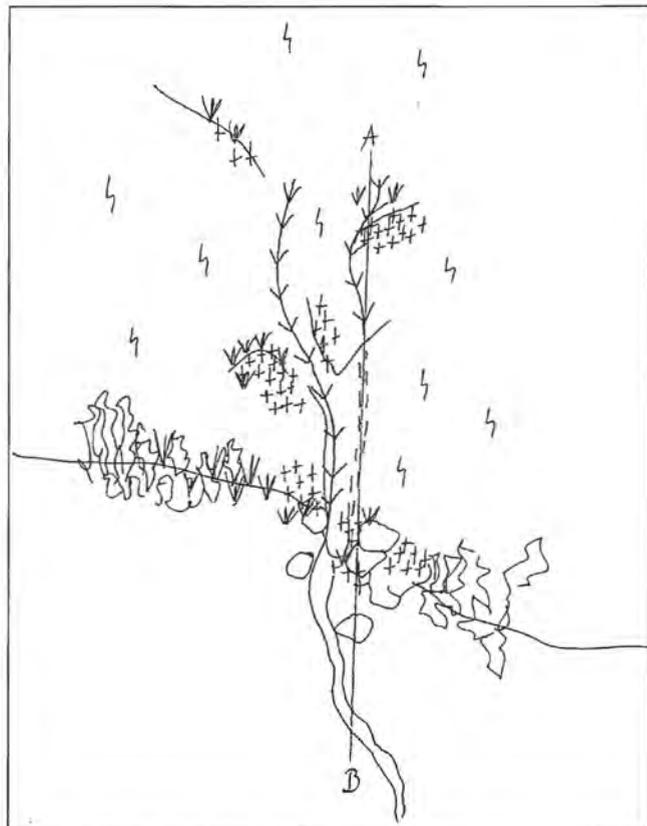


Abb. 4-10 b: Skizze Typ 1 Aufsicht.

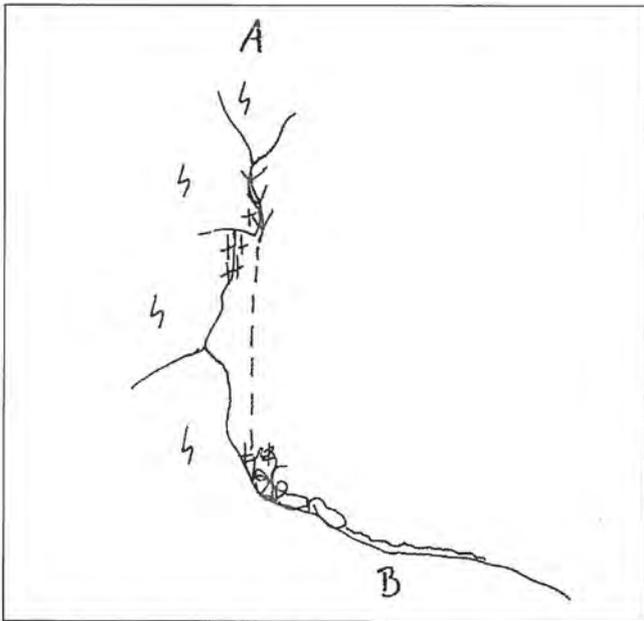


Abb. 4-10 c: Skizze Typ 1 Querschnitt.

**Typ 2: "Blockquellen":** Mindestens 40 % der anorganischen Substrate des inneren Quellbereiches bestehen aus Blöcken und großen Steinen; Abfluss von mindestens 60 % des Wassers ruhig oder strömend; Geländeneigung <math>< 20^\circ</math>.



Abb. 4-11 a: Quelltyp 2, „Blockquelle“

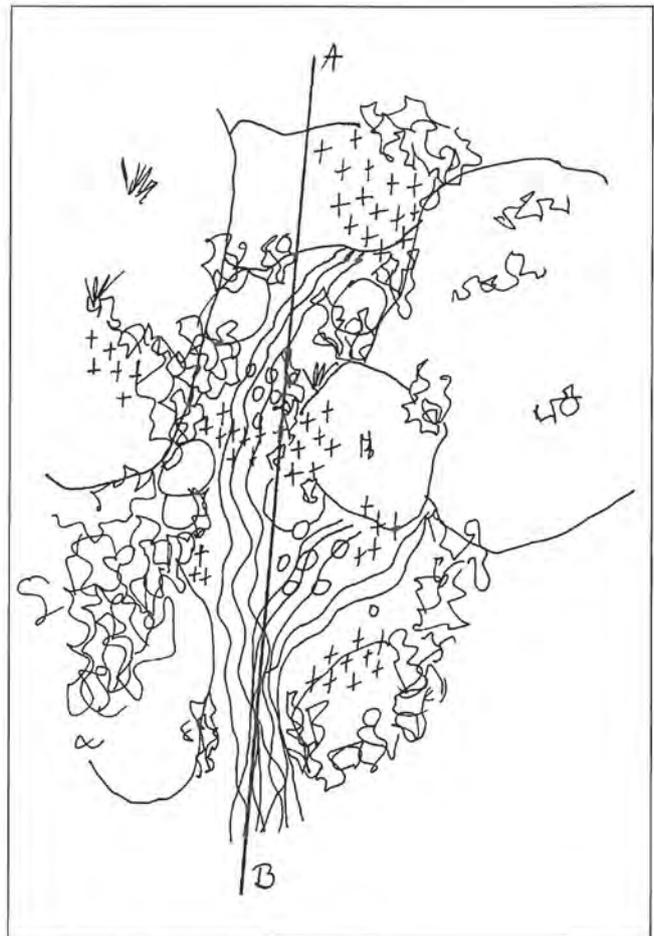


Abb. 4-11 b: Skizze Typ 2 Aufsicht.

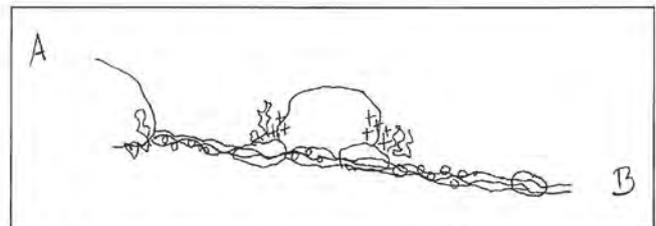


Abb. 4-11 c: Skizze Typ 2 Querschnitt.

Moospolster erreichen normalerweise Deckungsgrade zwischen 10 % und 20 %, während die Dichte der Hemikryptophyten zwischen 0 % und 30 % schwankt. Detritus bedeckt maximal 20 % des inneren Quellbereichs.

**Typ 3: "Steinquellen":** Mindestens 40 % der Substrate des Quellbereichs aus Steinen; Abfluss von > 70 % des Wassers strömend oder von > 40 % des Wassers schießend; Geländeneigung maximal 30°.

Moospolster und Hemikryptophyten kommen in allen Deckungsgraden vor; hinsichtlich der Vegetationsbedeckung können aber zwei Ausprägungen unterschieden werden: einerseits nahezu vegetationsfrei (<math>< 10\%</math>), andererseits mindestens zu einem Drittel von hemikryptophytischer Vegetation bedeckt. Dieser Unterschied hat sowohl auf die Quellstruktur als auch auf die Lebensbedingungen großen Einfluss, sodass es sinnvoll ist, zwei Gruppen zu bilden: "krautschichtarme" (3 b) bzw. "krautschichtreiche Steinquellen" (3 a).



Abb. 4-12 a: Quelltyp 3 b, „krautschichtarme Steinquelle“ (Foto: Howein).

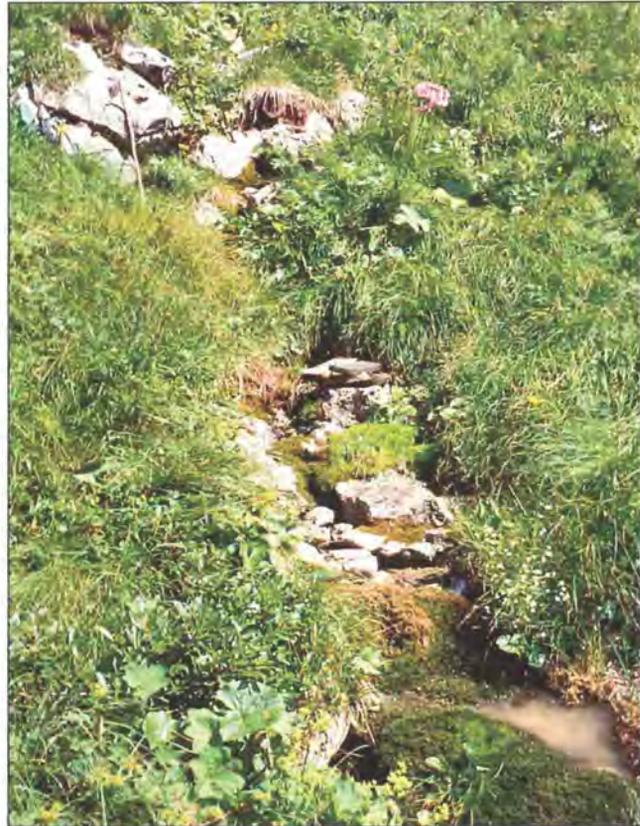


Abb. 4-13 a: Quelltyp 3 a, „krautschichtreiche Steinquelle“ (Foto: Howein).

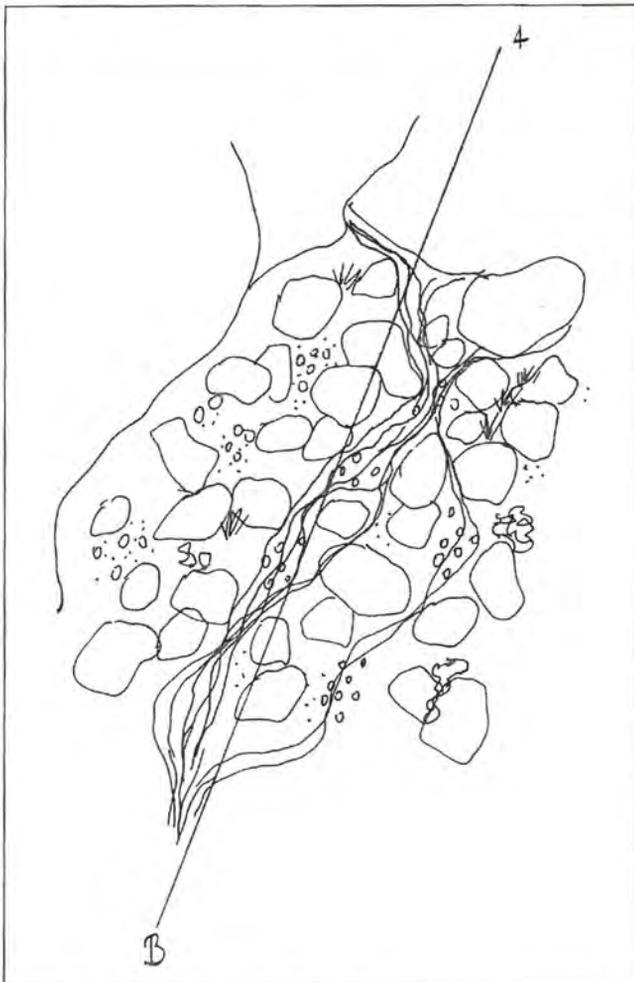


Abb. 4-12 b: Skizze Typ 3 b Aufsicht.

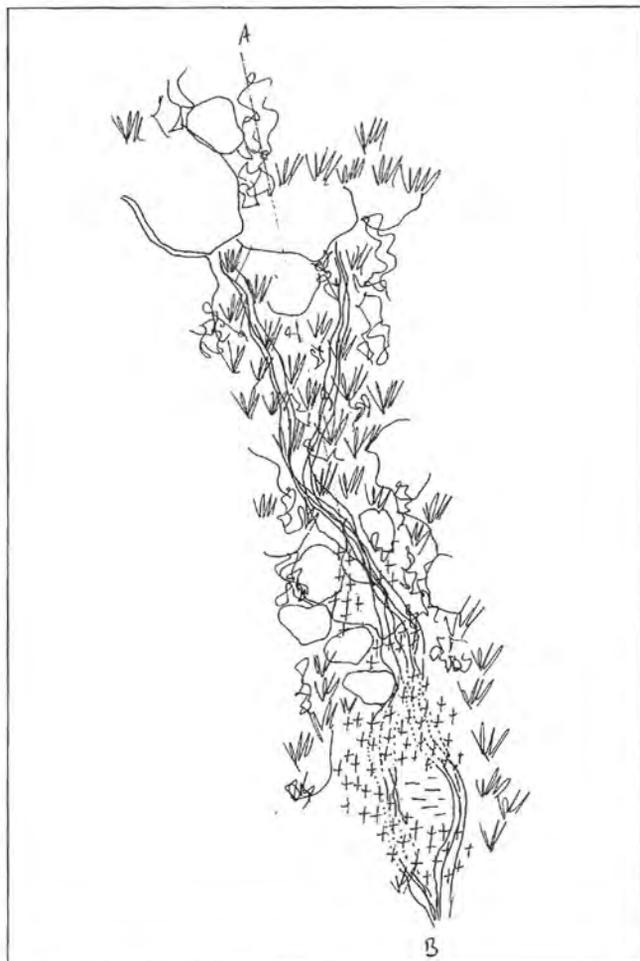


Abb. 4-13 b: Skizze Typ 3 a Aufsicht.

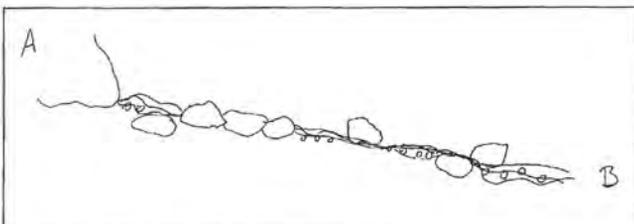


Abb. 4-12 c: Skizze Typ 3 b Querschnitt.

**Typ 4: "Kiesquellen":** Über 70 % der Substrate des inneren Quellbereichs aus Kies oder Grus; Abfluss von >40 % des Wassers strömend, von >30 % des Wassers ruhig, fallende oder schießende Abflussart kommt nicht vor; Geländeneigung 1°-30°. Moospolster erreichen in der Regel nur Deckungsgrade bis zu 10 %. Wie bei den Steinquellen können aufgrund

der Dichte der Hemikryptophyten zwei Gruppen gebildet werden: "krautschichtarme" (4 b) (Deckungsanteil < 10 %) und "krautschichtreiche" (4 a) (Deckungsanteil > 30 %). Kiesquellen entsprechen am ehesten demjenigen Typus, der von GERECKE (1991) als Rheopsammokrene bezeichnet wird.



Abb. 4-14 a: Quelltyp 4 b, „krautschicht-arme Kiesquelle“ (Foto: Howein).

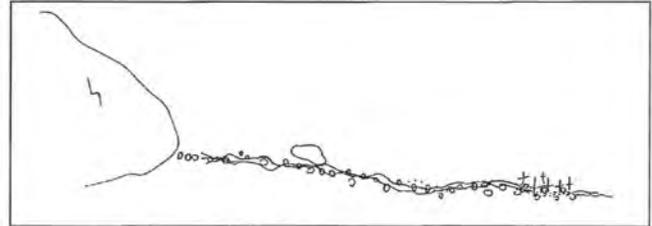


Abb. 4-14 c: Skizze Typ 4 b Querschnitt.



Abb. 4-15 a: Quelltyp 4 a, „krautschicht-reiche Kiesquelle“ (Foto Howein).

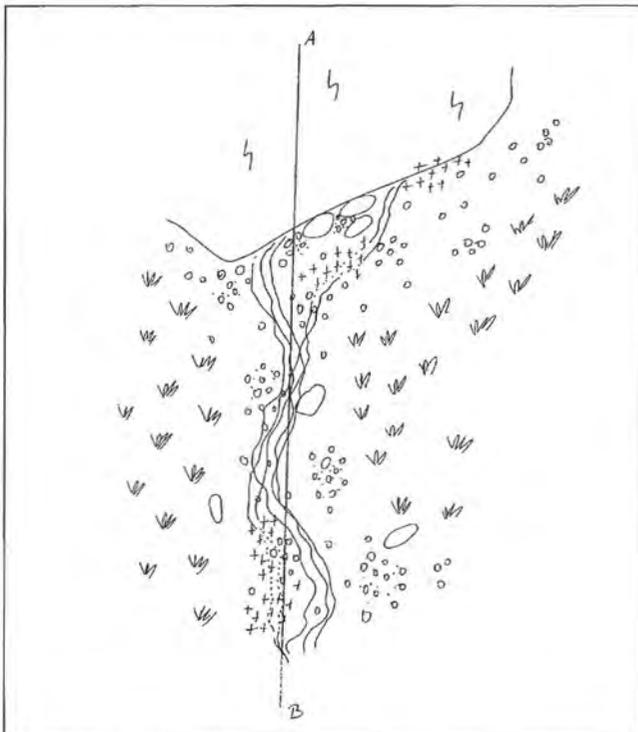


Abb. 4-14 b: Skizze Typ 4 b Aufsicht.

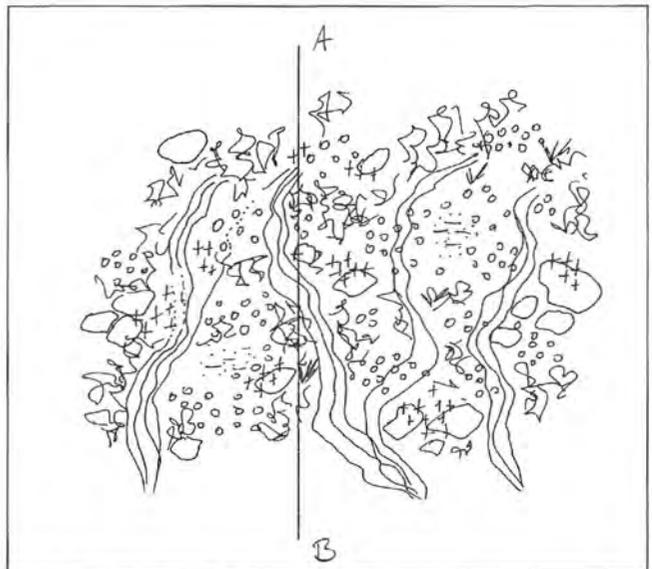


Abb. 4-15 b: Skizze Typ 4 a Aufsicht.

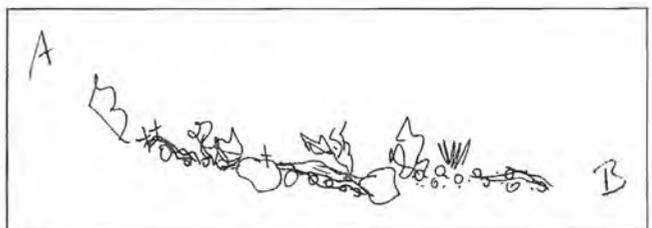


Abb. 4-15 c: Skizze Typ 4 a Querschnitt.

**Typ 5: "Detritusquellen":** Über 40 % der Substrate des inneren Quellbereichs aus feinem Material; Abfluss von > 50 % des Wassers sickern oder > 50 % Stillwasser oder > 30 % ruhiger Abfluss; Geländeneigung < 20°. Meist ist über die Hälfte der Fläche von Hemikryptophyten bedeckt; ähnlich hohe Deckungswerte erreichen Moospolster.

In ihrem Erscheinungsbild sind "Detritusquellen" sehr heterogen. Das Wasser kann über eine breite Fläche sickern abfließen, bevor es sich am Ende des Quellbereichs zu einem Quellbach vereinigt, oder es sammelt sich vorher unterirdisch und tritt an einer oder mehreren Stellen zutage, von wo aus es dann linienhaft abfließt. Entsprechend können verschiedene Ausprägungen dieses Typs anhand ihrer dominanten Abflussart unterschieden werden. Bei den Quellen des ersteren Untertyps "sickernde Detritusquelle" (5 b) erreicht die linienhafte Abflussart maximal 10 %, bei Quellen der zweiten Gruppe "fließende Detritusquellen" (5 a) liegt der Anteil des linienhaften Abflusses bei 30 % oder höher.



Abb. 4-16 a: Quelltyp 5b, „sickernde Detritusquelle“ (Foto: Howein).

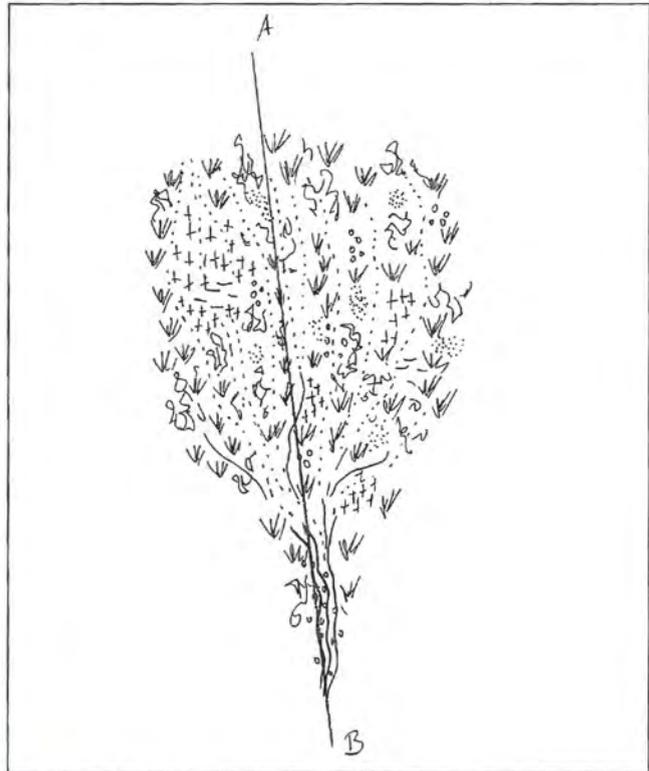


Abb. 4-16 b: Skizze Typ 5 b Aufsicht.

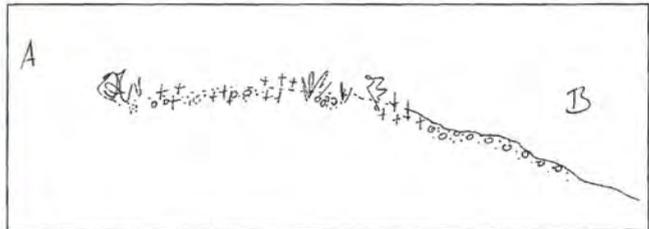


Abb. 4-16 c: Skizze Typ 5 b Querschnitt.

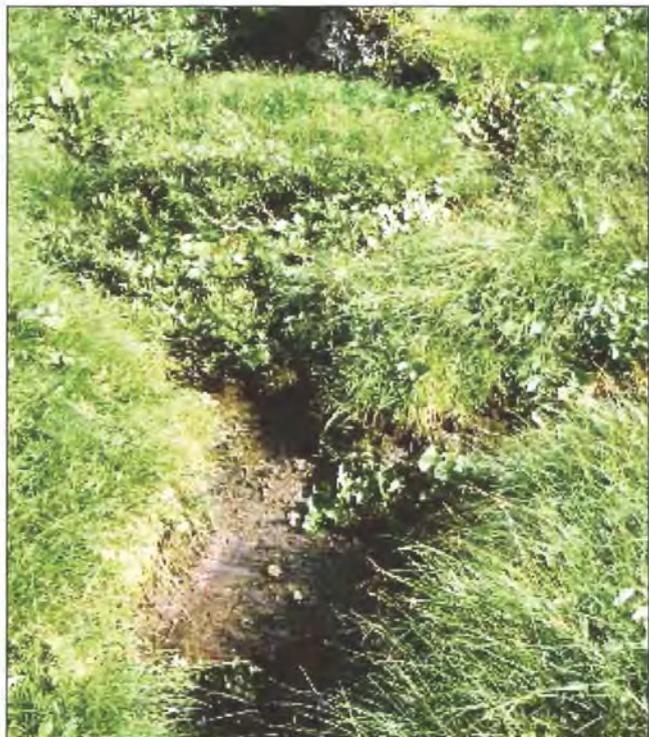


Abb. 4-17 a: Quelltyp 5b, „fließende Detritusquelle“ (Foto: Howein).



Abb. 4-17 b: Skizze Typ 5 a Aufsicht.

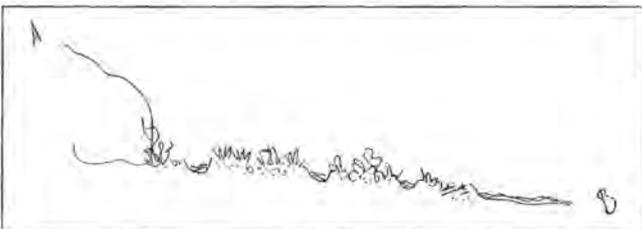


Abb. 4-17 c: Skizze Typ 5 a Querschnitt.

Dass während der Untersuchungen im Nationalpark weder Stein- oder Kiesquellen mit einer Pflanzendeckung zwischen 10 % und 30 % noch Detritusquellen mit einem Anteil des linienhaften Abflusses zwischen 10 % und 30 % gefunden wurden, muss als eine zufällige Gegebenheit angesehen werden, die die typologische Einteilung in diesem Fall erleichtert. Selbstverständlich ist bei Erhebungen grundsätzlich mit einem fließenden Übergang zwischen den beiden Untertypen zu rechnen.

Die insgesamt fünf Typen mit den Untergruppen sind in der Tabelle 4-1 zusammengestellt. Zusätzlich wurden zwei Quellen, die erst nach 1997 kartiert wurden und daher nicht in die statistische Analyse aufgenommen wurden, dem Thienemann'schen Typ der Tümpelquelle zugeordnet und der Vollständigkeit halber in die Übersichtstabelle aufgenommen.

Natürlich – hier buchstäblich zu verstehen – lassen sich nicht alle der kartierten Quellen eindeutig einem der fünf Typen zuordnen. Wie bei natürlichen Strukturen üblich, gibt es auch hier Übergänge, die Kennzeichen zweier Gruppen tragen. Diese Mischformen können und sollen nicht eindeutig zugeordnet werden und stehen zwischen den jeweiligen Typen. Darüber hinaus sind die Angaben in der Tabelle allgemeiner gehalten als im Text. Obwohl die während der Geländearbeit erhobenen Werte im Text als präzise Zahlenwerte angegeben sind, sollten diese doch eher als Tendenz verstanden werden, da eine exakte Erfassung der Deckungswerte mit der angewandten Methode unmöglich ist. Es kann sich also lediglich um Schätzwerte handeln, die nicht überbewertet werden sollten, wozu eine exakte Zahlenangabe jedoch leicht verleitet.

Bei den Quellnummern sind diejenigen fett gedruckt, welche als Leitquellen zur Charakterisierung des jeweiligen Typs herangezogen wurden. Normal gedruckt sind alle weiteren im Jahr 1997 kartierten Quellen. Die zu späteren Zeitpunkten aufgenommenen Quellen, welche nicht Bestandteil der statistischen Analyse waren, sind durch kursiven Druck gekennzeichnet.

Den Geländebeziehungen im alpinen Raum entsprechend sind die Vertreter der Typen 1 bis 4 im Sinne der limnologischen Quelltypologie als Rheokrenen anzusehen. Kleinere Mikrohabitate helokrenen oder teilweise limnokrenen Charakters können zwar vorkommen, der Fließquellen-Charakter überwiegt aber. Lediglich die "Detritusquellen" des Typs 5 sind typische Helokrenen, wobei die "fließenden Detritusquellen" in etwa dem Typus entsprechen, den SCHWOERBEL (1959) als "Rheohelokrene" bezeichnen würde. Offensichtlich kann die klassische Einteilung der Quelltypen beibehalten werden. Die hier angewandte Methode erlaubt aber, durch eine genauere Dokumentation von Abflussart, Korngrößenverteilung und teilweise auch Deckungsgrad der Hemikryptophyten eine differenziertere Typologie alpiner Rheokrenen zu entwerfen. Zu einem vergleichbaren Ergebnis kommt der im Rahmen des „Aktionsprogramm Quellen in Bayern“ entstandene „Bayerische Quelltypenkatalog“ (Projektgruppe Aktionsprogramm Quellen 2004), dem Quellerfassungen in verschiedenen Naturräumen Bayerns zugrunde liegen. Die Tatsache, dass die vorgestellte Kartierung sich auf das Gebiet des Nationalparks Berchtesgaden beschränkt, führt selbstverständlich zu einer eingeschränkten Sicht der typologischen Vielfalt. So sind nahezu alle Quellen zu den Rheokrenen zu rechnen, nur wenige zu den Helokrenen oder Limnokrenen. Diese gewisse Einseitigkeit des typologischen Spektrums ergibt sich aus den geomorphologischen Verhältnissen im Arbeitsgebiet.

Durch den mittlerweile vorliegenden Bayerischen Quelltypenkatalog, der sich auf zahlreiche Quellkartierungen unterschiedlicher Naturräume stützt, wird die dominante Bedeutung der Parameter Abflussart und anorganische Substrate für die Ausbildung der Quellstruktur bestätigt. In Gebieten mit weniger prägnanter Oberflächengestaltung wurde zusätzlich eine ebenso große Bedeutung der organischen Substrate festgestellt (Projektgruppe Aktionsprogramm Quellen 2004).

**Tabelle 4-1:** Zusammenfassung der ermittelten Quelltypen, ihrer Kennzeichen und der eingeteilten Quellen.

<b>TYP 1: "FELSQUELLE" (Rheokrene)</b>		<b>Quellen - Typ 3a:</b>	475 / 776 / 818 / 847
<b>Dominante Substratart</b>	Fels - auf etwa der Hälfte der Fläche	"STEINQUELLE" mit hemikryptophytischer Vegetation die über 1/3 der Fläche bedeckt	351 / 390 / 469 / 592 / 595 / 596 499 / 740
<b>Dominante Abflussarten</b>	Fallend - mind. 1/10 des Abflusses Überströmtes Gestein - vorhanden	<b>Quellen - Typ 3b:</b>	461 / 576
<b>Weitere Charakteristika</b>	Geländeneigung: 70° bis 90° Moospolster v.a. in Randbereichen häufig flächig vorhanden Hemikryptophyten kaum vorhanden Quellbereich meist lang und schmal	"STEINQUELLE" mit hemikryptophytischer Vegetation die unter 1/3 der Fläche bedeckt	865 / 864
<b>Quellen</b>	449 / 511 / 588 350 / 509 / 633 / 670 / 706 / 978 497 / 560 / 953	<b>Quellen - Mischformen zwischen TYP 3a und 3b</b>	380 / 501 / 502 / 598
<b>TYP 2: "BLOCKQUELLE" (Rheokrene)</b>		<b>Mischformen zwischen TYP 3 und TYP 4</b>	
<b>Dominante Substratart</b>	Blöcke und Große Steine - zusammen auf über der Hälfte der Fläche	<b>Quellen</b>	381 / 404 / 459 / 463 / 468 / 536 / 680 / 708 / 712 / 744 / 764 / 828 / 866
<b>Dominante Abflussarten</b>	Ruhig - auf über der Hälfte des Abflusses Oder strömend - auf über der Hälfte des Abflusses	<b>TYP 4: "KIESQUELLE" (Rheokrene)</b>	
<b>Weitere Charakteristika</b>	Geländeneigung: < 20° Moospolster: etwa 10 % bis 20 % Deckung Hemikryptophyten: weniger als 1/3 Deckung Detritus: < 20 % Anteil an den anorganischen Substraten Quellbereich meist länger als breit	<b>Dominante Substratart</b>	Kies & Grus - auf über der Hälfte der Fläche
<b>Quellen</b>	412 / 648 / 710 / 780 / 862 410 / 467 / 447 / 652 / 788	<b>Dominante Abflussarten</b>	Ruhig - auf über einem Drittel des Abflusses Oder strömend - auf über einem Drittel des Abflusses
<b>TYP 3: "STEINQUELLE" (Rheokrene)</b>		<b>Weitere Charakteristika</b>	Geländeneigung: < 30° Moospolster meist kaum vorhanden Hemikryptophyten in allen Deckungsgraden Quellbereich meist lang und schmal
<b>Dominante Substratart</b>	Steine - auf über der Hälfte der Fläche	<b>Quellen - Typ 4a:</b>	441 / 574 / 644
<b>Dominante Abflussarten</b>	Strömend - auf über der Hälfte des Abflusses Oder schiessend - auf über der Hälfte des Abflusses	"KIESQUELLE" mit hemikryptophytischer Vegetation die über 1/3 der Fläche bedeckt	394 / 477 / 676 / 814 615 / 696 / 698 / 1200
<b>Weitere Charakteristika</b>	Geländeneigung: < 30° Moospolster in allen Deckungsgraden Hemikryptophyten in allen Deckungsgraden Quellbereich meist länger als breit	<b>Quellen - Typ 4b:</b>	572 / 826
		"KIESQUELLE" mit hemikryptophytischer Vegetation die unter 1/3 der Fläche bedeckt	443 / 496 / 506 / 540 / 580 / 582 / 585 / 732 493 / 494 / 722 / 723 / 726 / 730 / 734 / 737 / 946 / 948
		<b>Quellen - Mischformen zwischen TYP 4a und 4b</b>	765

**Tabelle 4-1** (Fortsetzung): Zusammenfassung der ermittelten Quelltypen, ihrer Kennzeichen und der eingeteilten Quellen.

Mischformen zwischen TYP 4 und TYP 5	
Quellen	530 / 570 / 750
TYP 5: "DETRITUSQUELLE" (Helokrene)	
Dominante Substratart	Feinmaterial – auf über der Hälfte der Fläche
Dominante Abflussarten	Ruhig – auf über einem Drittel des Abflusses
	Oder sickernnd – auf über einem Drittel des Abflusses
Weitere Charakteristika	Geländeneigung: < 20°
	Moospolster meist > 50 % Deckung
	Detritus zum Teil über 75% Deckung
	Quellbereich meist etwa gleich lang wie breit
Quellen - Typ 5a:	300 / 308
"FLIESENDE DETRITUSQUELLE" mit über 1/3 des Abflusses ruhig fließend und linienhaftem Abfluß	382 / 429 / 437 / 534 / 584 / 602 / 662 / 738 / 754 / 812 / 833 / 846 724
Quellen - Typ 5b:	312 / 460 / 478 / 798
"SICKERENDE DETRITUSQUELLE" mit deutlich dominierendem flächigen, sickernnden Abfluß	416 / 519 / 756 / 840 700 / 801 / 808 / 810 / 850
Quellen - Mischformen zwischen TYP 5a und 5b	408 / 816 / 822 / 835 / 852
TYP 6: "LIMNOKRENE" nur von nach 1997 kartierte Quellen, die nicht in die statische Auswertung eingelassen sind.	
Dominante Abflussart	Stilles Wasser
Quellen	737 / 865

## Literatur

- AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung; 4. Auflage, Hannover.
- AHNERT, F. (1996): Einführung in die Geomorphologie, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- BEIERKÜHNLEIN, C. (1994): Waldquellfluren im Frankenwald - Untersuchungen zur reaktiven Bioindikation. Bayreuther Forum Ökologie, Band 10, Bayreuth.
- BRYAN, K. (1919): Classification of Springs. Journ. Geol., 27: 522-561.
- FRANZ, H.P. (1992): Die Natürlichkeitsgrade der Fließgewässer im Nationalpark Berchtesgaden und seinem Vorfeld, ermittelt mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems. In: FRIEDRICH, G. & LACOMBE, J. (Hrsg.): Ökologische Bewertung von Fließgewässern. Limnologie aktuell, 3, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- GERECKE, R. (1991): Taxonomische, faunistische und ökologische Untersuchungen an Wassermilben (Acari, Actinedida) aus Sizilien unter Berücksichtigung anderer aquatischer Invertebraten. Lauterbornia, 7: 1-304.
- HÖLTING, B. (1989): Hydrogeologie. Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie - 3. Aufl., Enke Verlag Stuttgart.
- HOTZY, R. (1996): Offene Fragen zur Auswertung und Bewertung der Ergebnisse der Quellerfassung in Bayern. Crunoecia, 5: 281 - 286.
- HOWEIN, H. (1998): Erfassung und strukturelle Typisierung der Quellen im Nationalpark Berchtesgaden. Universität Erlangen-Nürnberg, Naturwissenschaftliche Fakultät III, Diplomarbeit 1-113 + Anhang.
- KEILHACK, K. (1935): Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde. Borntraeger, Berlin.
- KRÜGER, K. (1996): Quellschutz im Land Brandenburg. Crunoecia 5: 129-135.
- Lawa-Arbeitskreis „Grundwassermessung“ (Hrsg.) (1994): Grundwasser - Richtlinie für Beobachtung und Auswertung, Teil 4 - Quellen; Entwurf, GwRichtlinie Quellen E 3/94
- MATTHESS, G. & UBELL, K. (1983): Allgemeine Hydrogeologie. Grundwasserhaushalt. Gebrüder Bornträger, Berlin, Stuttgart.
- Naturschutzzentrum NRW (Hrsg.) (1993): Quellkartierung und Anleitung zur Quellkartierung in Nordrhein-Westfalen. Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung NRW (LÖLF), Recklinghausen.
- Projektgruppe Aktionsprogramm Quellen (2004): Bayerischer Quelltypenkatalog. Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.), München.
- SCHWOERBEL, J. (1959): Ökologische und tiergeographische Untersuchungen über die Milben (Acari, Hydrachnellae) der Quellen und Bäche des südlichen Schwarzwaldes und seiner Randgebiete. Arch. Hydrobiol., (Suppl.) 24, 3 (3-4): 385-546.
- THIENEMANN, A. (1922): Hydrobiologische Untersuchungen an Quellen (I-IV). Arch. Hydrobiol., 14: 151-190.
- VAN DER KAMP, G. (1995): The Hydrogeology of Springs in Relation to the Biodiversity of Spring fauna: A Review. J. Kans. Entomol. Soc., 68 (2) Suppl.: 4-17.
- ZOLLHÖFER, J.M. (1996): Regionale Quelltypologie für Jura und Mittelland in der Schweiz. Crunoecia 5, S. 265-280.

## 5 Pflanzengesellschaften der Quellfluren und deren Kontaktgesellschaften

DORIS HUBER

Im Nationalpark Berchtesgaden sind Quellfluren vorwiegend kleinflächig und punktuell anzutreffen. Aufgrund der besonderen Beschaffenheit ihrer Böden sind sie von der typischen höhenzonalen Vegetation der montanen und subalpinen Stufe inselartig abgegrenzt.

Quellfluren sind besonders durch ausgeglichene Lebensbedingungen gekennzeichnet: Ganzjährig stabile Temperaturen und ständig herangeführtes Wasser bedingen die Ausbildung einer eigenständigen Artengarnitur. Aufgrund der Kleinflächigkeit der Quellstandorte sind aber auch zahlreiche Arten anzutreffen, die der umgebenden Vegetation angehören.

Infolge von Unterschieden in der Schüttung bzw. Fließgeschwindigkeit, der Temperatur, der Tendenz zur Austrocknung, der Dauer der Schneedecke, der Höhenlage und Hangneigung (vgl. GRABHERR & MUCINA 1993), aber auch der umgebenden Vegetation (Abschirmung durch das Kronendach der Bäume) und Bodenbeschaffenheit sind im Nationalpark Berchtesgaden verschiedenste Quellflurgesellschaften vorzufinden. Alle vorliegenden Vegetationsaufnahmen erfolgten nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964)<sup>1</sup>.

### 5.1 *Cratoneuretum falcati* (GAMS 1927) (Alpine Kalk-Quellfluren, Tabelle 5-1)

#### Charakteristische Artenkombination:

*Cratoneuron commutatum*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Epilobium alsinifolium*, *Philonotis calcarea*, *Cardamine amara*, *Saxifraga stellaris*, *Heliosperma pusilla*

#### Vorkommen und Kennzeichen:

Verschiedene Autoren (vgl. Tabelle 5-1) führen sehr kleinflächige, moosreiche Kalkquellfluren aus dem Gebiet des NP Berchtesgaden bzw. der angrenzenden Salzburger Kalkhochalpen vorwiegend in der hochmontanen bis subalpinen Stufe an. Diese Quellflurgesellschaften sind auf Sickerquellen ausgebildet, die sich durch einen Feinschuttboden mit geringer Humusaufgabe auszeichnen, meist eine deutliche Schüttung aufweisen und je nach Standort durch unterschiedliche Oberflächenwasserbewegung bzw. Sickerwässer durchfeuchtet werden.



Abb. 5-1: *Cratoneuretum falcati*

Durch die stabile Schüttung bzw. ständige Durchfeuchtung sind an diesen Standorten besonders Spezialisten zu finden. Neben den dominierenden Moosen ist diese Quellflurgesellschaft durch ein mosaikartiges Auftreten von Elementen der Flach- und Quellmoore, Schuttbiedlern sowie Vertretern der angrenzenden Wald- und Magerrasengesellschaften gekennzeichnet.

Aufgrund der vergleichsweise kühlen Wassertemperaturen während der Vegetationszeit finden hier zahlreiche Arten einen Lebensraum, deren Verbreitung arktisch-alpin (*Epilobium alsinifolium*, *Saxifraga stellaris*, *Saxifraga aizoides*) oder boreal-subalpin ist (*Cardamine amara*, *Caltha palustris*, *Viola biflora*, *Crepis paludosa*, *Parnassia palustris*).

Am Rand der Quellfluren sind weitere hygrophile Pflanzenarten anzutreffen, die durch die Feuchtigkeit des Lebensraums begünstigt werden.

Alle pflanzensoziologischen Quellflur-Aufnahmen werden aufgrund des kalkhaltigen Untergrundes in den Verband *Cratoneurion commutati* eingegliedert. Wegen der fehlenden Kalktuffbildung sowie der in der Krautschicht vorkommenden subalpinen Arten (vgl. SMETTAN 1981, GRABHERR & MUCINA 1993, WITTMANN & STROBL 1990, PHILIPPI 1975) sind alle vorliegenden Aufnahmen dem *Cratoneuretum falcati* zuzuordnen.

Das von HINTERLANG (1992) vom *Cratoneuretum falcati* unterschiedene *Cardamino-Cratoneuretum* (Vegetationsaufnahmen Tabelle 5-1: Spalten R, S, T, U) lässt sich mit dem vorliegenden Aufnahmematerial pflanzensoziologisch nicht begründen. HINTERLANG (1992) rechtfertigt diese Zuordnung aufgrund höherer pH- und Leitfähigkeitswerte des austretenden Quellwassers, findet jedoch keine Kennarten zur Unterscheidung beider Assoziationen.

<sup>1</sup> Mit dieser Methode werden im Gelände einheitliche Pflanzenbestände erfasst, indem die Pflanzenarten notiert werden und ihre Deckung oder Mächtigkeit auf der Fläche geschätzt wird. Anschließend werden diese Vegetationsaufnahmen mit Hilfe von Tabellen nach floristischen Kriterien bearbeitet und die erzielten Vegetationseinheiten in ein hierarchisch gegliedertes System von Pflanzengesellschaften eingeordnet.

Aufnahmenummer	A	B	C	D	E	F	N	O	I	P	H	G	J	K	L	M	Q	R	S	T	U
Meereshöhe (m)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Exposition	0	0	S	0	S	W	S	W	W	O	W	O	O	W	N	S	N	O	O	O	N
Inklination in Grad	1	3	2	2	1	3	2	1	1	1	1	1	3	1	2		3	5	6	2	5
Größe in m²	1	1			3	3	2	1		3		1	1	2	5		0	0			
Deckung gesamt	0	0			5	0	0	0	6	0	3	0	0	0	0		8	8	9	8	5
Deckung BS in %	0	0														0	0	5	5	5	0
Deckung SS in %																					
Deckung KS in %	2	2	2	4	6	5	4	4	6	1	5	3					3	4	2	2	2
Deckung MS in %	5	5	0	5	0	5	0	0	0	5	0	0	9				0	5	0	0	0
Datenzahl	8	6	7	9	2	4	2	4	6	5	8	5	8				9	8	5	9	3
	0	0	0	5	5	0	5	0	0	0	0	0	0				0	0	0	5	3
	2	1	1	2	3	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1
	2	0	7	5	8	2	1	4	1	7	1	2	9	4	8	8	9	3	4	5	7
KRAUTSCHICHT																					
11	Chaerophyllum hirsutum ssp. hirsutum	-	+	r	1	-	r	2	2	2	1	+	2	2	-	-	-	-	-	-	-
10	Cardamine amara	-	1	-	-	-	+	1	+	1	2	1	1	2	3	-	-	-	-	-	-
7	Viola biflora	+	-	+	-	-	+	1	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Caltha palustris	2	-	-	-	-	1	1	2	3	1	1	-	-	-	-	-	+	+	1	2
11	Epilobium alsinifolium	-	+	1	1	-	1	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	2	-	1	+
7	Adenostyles glabra	-	+	+	+	1	3	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Saxifraga stellaris	-	1	2	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
7	Heliosperma pusilla	-	2	-	2	1	1	2	2	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
5	Campanula cochlearifolia	-	-	1	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-
4	Parnassia palustris	-	-	r	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
4	Saxifraga aizoides	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	1	+	-	-	-	-	-
6	Aster bellidiastrum	-	-	-	-	+	1	-	-	+	-	-	-	-	1	+	-	-	-	r	-
9	Agrostis stolonifera	-	-	1	-	-	-	1	-	2	-	-	+	+	-	-	-	-	1	1	-
6	Carex ferruginea	-	-	+	+	-	1	-	-	1	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
5	Crepis paludosa	+	-	-	-	-	-	-	1	+	-	+	-	-	1	-	-	-	-	-	-
7	Deschampsia cespitosa	1	-	-	-	+	r	2	-	2	-	-	-	-	-	-	r	-	-	+	
4	Saxifraga rotundifolia	-	-	-	-	-	1	-	1	+	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Adenostyles alliariae	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	r	-	-	-	-	-	-	-
4	Carex paniculata	1	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Equisetum sylvaticum	1	-	-	-	-	-	-	-	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Mentha longifolia	1	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Petasites paradoxus	1	-	-	-	+	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Carex flava	1	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Geranium robertianum	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Campytilium halleri	-	-	r	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Rumex scutatus	-	-	+	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Soldanella alpina	-	-	-	-	1	+	-	+	-	1	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
3	Galium anisophyllum	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Ranunculus montanus	-	-	-	-	+	+	-	-	r	-	-	-	-	-	-	+	-	r	-	-
3	Sesleria albicans	-	-	-	-	+	+	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Juncus alpinarticulatus	2	-	-	-	2	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Eriophorum angustifolium	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
2	Potentilla erecta	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Campanula scheuchzeri	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Euphrasia picta	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Ranunculus alpestris	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
3	Calamagrostis varia	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Stellaria nemorum	-	-	-	-	-	-	-	1	+	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Poa nemoralis	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Lysimachia nemorum	+	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Primula elatior	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Poa minor	-	-	+	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Achillea atrata	-	-	-	+	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Calycocorsus supitatus	-	-	-	-	+	+	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
2	Knautia dipsacifolia	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Alchemilla glabra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	+	-	-	-	-	-	-	-
2	Carex flacca	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
2	Aposeris foetida	-	-	-	-	+	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Carex nigra	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	2	+
2	Poa trivialis	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r
1	Tussilago farfara	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Juncus articulatus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	1
3	Equisetum palustre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	+	+
2	Carex frigida	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1
3	Carex dioica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1
MOOSSCHICHT																					
20	Cratoneuron commutatum	4	3	2	3	2	-	1	3	3	4	4	3	3	2	2	4	5	4	2	4
13	Bryum pseudotriquetrum	2	1	-	-	-	-	1	1	2	1	2	-	1	2	-	-	+	2	2	2
4	Philonotis fontana	-	-	3	3	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Brachythecium mildeanum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	1	-	-	-	-	-	-
7	Philonotis calcarea	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	2	1	2	2	2
3	Cratoneuron decipiens	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2
2	Conocephalum conicum	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
2	Rhizomnium punctatum	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
2	Mnium seligeri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
2	Brachythecium rivulare	-	-	-	-	-	2	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Bryum turbinatum	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2

**A:** Huber D., Quellnr. 308 (AF 12005, unveröffentlicht); **B:** Huber D., Quellnr. 370 (AF 12010, unveröffentl.); **C:** Thiele K. (947); **D:** Thiele K. (950), **E:** Huber D. (1999) 48; **F:** Huber D. (1999): 123; **G:** Schranke I.: Quellnr. 300 (24a); **H:** Schranke I.: Quellnr. 308 (24c); **I:** Schranke I.: Quellnr. 312 (24d); **J:** Schranke I.: Quellnr. 370 (34e); **K:** Lippert W. (777), **L:** Lippert W., **M:** Lippert W., **N:** Storch M. (19); **O:** Storch M. (430); **P:** Storch M. (716); **Q:** Hinterlang D. (453); **R:** Hinterlang

**5.2 *Mentha longifolia*-Gesellschaft**  
(Rossminzengesellschaft, Tabelle 5-2)

**Charakteristische Artenkombination:**  
*Mentha longifolia*, *Adenostyles alliariae*,  
*Chaerophyllum hirsutum*



Abb. 5-2: *Mentha longifolia*-Gesellschaft

**Vorkommen und Kennzeichen:**

Im Bereich von Herrenröint (Quellnr. 300) ist in einer Senke bei einer Sickerquelle auf 1280 m kleinflächig eine üppige, von *Mentha longifolia* dominierte Hochstaudenflur anzutreffen.

Das Erscheinungsbild dieser Gesellschaft wird neben der „wurzelkriechenden“ *Mentha longifolia* von zahlreichen Hochstaudenelementen (wie *Adenostyles alliariae*, *Chaerophyllum hirsutum*) bzw. Vertretern des angrenzenden Caricetum paniculatae bestimmt, die einen dicht geschlossenen Bestand bilden.

Insgesamt weist die Artenkombination auf einen nährstoffreichen Standort hin, der auf einen früheren Beweidungseinfluss zurückzuführen ist. In der gut ausgebildeten Moosschicht sind *Cratoneuron decipiens* und *Brachythecium rivulare* anzutreffen.

LIPPERT (1966) führt im Verlandungsbereich des Hintersees eine vergleichbare *Mentha longifolia*-*Carex paniculata* Gesellschaft an, die der Autor aufgrund des Nährstoffeintrages durch die Beweidung als eutrophierte Ausbildung des Caricetum paniculatae ansieht. Aus dem Nationalpark Berchtesgaden nennt weiters SPRINGER (1997) vergleichbare *Mentha longifolia*-Bestände auf wasserzügigen, nährstoffreichen Stellen im Bereich von Almen.

Aufnahmenummer	A
	1
	2
	8
Meereshöhe (m)	0
	N
Exposition	O
	1
Inklination in Grad	5
	1
Größe in m <sup>2</sup>	0
	1
	0
Deckung gesamt	0
Deckung BS in %	
Deckung SS in %	
	1
	0
Deckung KS in %	0
	3
Deckung MS in %	0
	1
Datenzahl	7
<b>KRAUTSCHICHT</b>	
1 <i>Mentha longifolia</i>	4
1 <i>Crepis paludosa</i>	2
1 <i>Adenostyles alliariae</i>	2
1 <i>Chaerophyllum hirsutum</i> ssp. <i>hirsutum</i>	2
1 <i>Cardamine amara</i>	2
1 <i>Caltha palustris</i>	2
1 <i>Equisetum arvense</i>	1
1 <i>Deschampsia cespitosa</i>	1
1 <i>Carex paniculata</i>	1
1 <i>Senecio ovatus</i>	+
1 <i>Epilobium alsinifolium</i>	+
1 <i>Poa nemoralis</i>	+
1 <i>Urtica dioica</i>	+
1 <i>Alchemilla</i> sp.	r
1 <i>Athyrium filix-femina</i>	r
<b>MOOSSCHICHT</b>	
1 <i>Cratoneuron decipiens</i>	2
1 <i>Brachythecium rivulare</i>	2

A: Hubert D.; Quellnr. 300 (AF 12004, unveröffentl.).

Tab. 5-2: *Mentha longifolia*-Gesellschaft

### 5.3 *Chaerophyllum hirsutum*-Gesellschaft

(Kälberkropf-Gesellschaft, Tabelle 5-3)

#### Charakteristische Artenkombination:

*Chaerophyllum hirsutum*, *Mentha longifolia*,  
*Brachythecium rivulare*

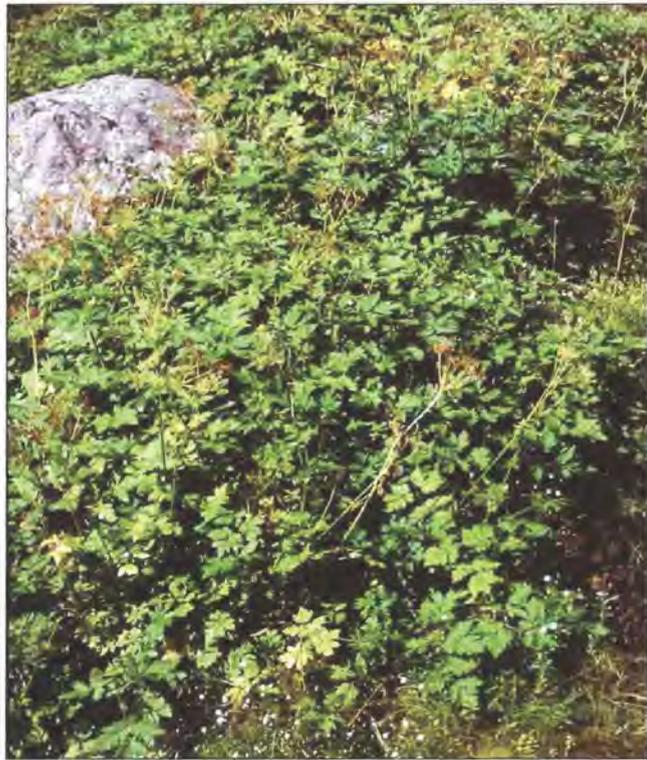


Abb. 5-3: *Chaerophyllum hirsutum*-Gesellschaft

#### Vorkommen und Kennzeichen:

Diese Hochstaudenflur ist an wasserzügigen Randbereichen von montanen Quellflurgesellschaften anzutreffen (vgl. Quellnr. 370: Tab. 5-3 (A)).

Der Standort dieser Hochstaudenflur ist - vergleichbar den von ZECHMEISTER & STEINER (1995) aus dem Waldviertel beschriebenen *Chaerophyllum hirsutum*-dominierten Hochstaudenfluren - gekennzeichnet durch hohe Luftfeuchtigkeit, Halbschatten, oligotrophes Wasser und gleichmäßige Wasserführung mit geringerer Schuttbewegung.

Neben dem dominierenden Auftreten des Nährstoffzeigers *Chaerophyllum hirsutum* ist die Gesellschaft durch das Vorkommen zahlreicher Moose (*Cratoneuron commutatum*, *Brachythecium rivulare*, *Cratoneuron filicinum*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Plagiochila asplenioides*) sowie durch Arten des angrenzenden Cratoneuretum gekennzeichnet.

Weiters weisen Arten der Schuttfluren wie *Adenostyles glabra* und *Asplenium viride* auf einen weniger gründigen, bewegten Boden mit erhöhtem Feinschuttanteil hin. Das Auftreten zahlreicher Buchen- und Fichtenwaldarten wie *Mycelis muralis*, *Fragaria vesca* bzw. *Clematis alpina* zeigt den engen Kontakt mit den umliegenden Waldgesellschaften.

Aufnahmenummer	A	B
	1	8
	7	2
Meereshöhe (m)	0	0
	N	N
	N	N
Exposition	0	0
	3	1
Inklination in Grad	0	0
		1
		5
Größe in m <sup>2</sup>	0	0
	9	
Deckung gesamt	0	
Deckung BS in %		5
Deckung SS in %		1
		9
Deckung KS in %	0	0
	6	3
Deckung MS in %	0	0
	3	2
Datenzahl	0	2

BAUMSCHICHT		
1	<i>Picea abies</i> (BS2)	+ -
KRAUTSCHICHT		
2	<i>Chaerophyllum hirsutum</i> ssp. <i>hirsutum</i>	4 5
2	<i>Mentha longifolia</i>	+ 2
2	<i>Cardamine amara</i>	1 1
1	<i>Heliosperma pusilla</i>	2 -
1	<i>Adenostyles glabra</i>	1 -
1	<i>Epilobium alsinifolium</i>	1 -
1	<i>Geranium robertianum</i>	1 -
1	<i>Saxifraga stellaris</i>	1 -
1	<i>Picea abies</i>	1 -
1	<i>Poa nemoralis</i>	1 -
1	<i>Mycelis muralis</i>	1 -
1	<i>Asplenium viride</i>	+ -
1	<i>Viola biflora</i>	+ -
1	<i>Parnassia palustris</i>	+ -
1	<i>Urtica dioica</i>	+ -
1	<i>Calamagrostis varia</i>	+ -
1	<i>Juncus effusus</i>	- 2
1	<i>Conocephalum conicum</i>	- 2
1	<i>Myosotis palustris</i>	- 2
1	<i>Lysimachia nemorum</i>	- 1
1	<i>Caltha palustris</i>	- 1
1	<i>Equisetum arvense</i>	- 1
1	<i>Agrostis gigantea</i>	- 1
1	<i>Athyrium filix-femina</i>	- +
1	<i>Chrysosplenium alternifolium</i>	- +
1	<i>Oxalis acetosella</i>	- +
1	<i>Stellaria uliginosa</i>	- +
1	<i>Alchemilla vulgaris</i>	- +
1	<i>Rumex obtusifolius</i>	- +
1	<i>Fraxinus excelsior</i>	- +
1	<i>Veronica chamaedrys</i>	- +
1	<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>	- +
1	<i>Festuca gigantea</i>	- +
MOOSSCHICHT		
2	<i>Brachythecium rivulare</i>	2 3
2	<i>Plagiochila asplenioides</i>	1 +
1	<i>Cratoneuron commutatum</i>	2 -
1	<i>Cratoneuron filicinum</i>	2 -
1	<i>Bryum pseudotriquetrum</i>	1 -

A: Huber D., Quellnr. 370 (AF 12009, unveröffentlicht); B: Storch M., 1983: (510) mit geringer Stetigkeit: A: *Campanula scheuchzeri* r; *Fragaria vesca* r; *Rubus idaeus* r; *Clematis alpina* r; *Carduus defloratus* r; *Senecio ovatus* r; *Petasites paradoxus* r; *Dactylorhiza maculata* r.

Tab. 5-3: *Chaerophyllum hirsutum*-Gesellschaft

## 5.4 Caricetum paniculatae WANGERIN EX VON ROCHOW 1951

(Rispenseggen-Sumpf, Tabelle 5-4)

### Charakteristische Artenkombination:

*Carex paniculata*, *Caltha palustris*, *Mentha longifolia*, *Crepis paludosa*



Abb. 5-4: *Caricetum paniculatae*

### Vorkommen und Kennzeichen:

Im Untersuchungsgebiet ist diese Gesellschaft an leicht geneigten Hängen mit langsamer Fließgeschwindigkeit des Wassers in der nahen Umgebung von montanen Quellfluren ausgebildet (vgl. Quellnr. 300/312: Tab. 5-4 (A, B, D)). Das *Caricetum paniculatae* bevorzugt nach GRABHERR & MUCINA (1993) quellige Standorte, wo neben der Sauerstoffzufuhr minimale Temperaturschwankungen und ständige Nährstoffnachlieferung gesichert sind. Neben der gut ausgebildeten Moosschicht (*Cratoneuron decipiens*, *Brachythecium rivulare*) fallen auch nährstoffliebende, trittverträgliche Feuchtigkeitszeiger (*Veronica beccabunga*, *Deschampsia cespitosa*, *Mentha longifolia*) auf, die auf einen früheren Weideeinfluss hinweisen.

Diese Gesellschaft ist durch ein Nebeneinander von Arten der angrenzenden Wälder (*Knautia dipsacifolia*, *Athyrium filix-femina*, *Primula elatior*) und von Elementen der Rasen- bzw. Grünlandgesellschaften gekennzeichnet. Vertreter der Quellfluren (*Cratoneuron decipiens*, *Cardamine amara*, *Epilobium alsinifolium*) begründen die Zugehörigkeit zu den Quellflurgesellschaften. Weitere Vorkommen des *Caricetum paniculatae* im NP Berchtesgaden werden von LIPPERT (1966) kleinflächig an Bachufern und Wassergräben (mit einem Verbreitungsschwerpunkt auf Höhen über 900 m) und von SPRINGER (1997) im Überflutungsbereich von Bachläufen auf einigen Almflächen zwischen 850 m und 1390 m angegeben. SPRINGER (1997) wertet das oft massenhafte Auftreten von *Carex paniculata* auf den almwirtschaftlich genutzten Flächen als Folge von Beweidung (Tritt und Nährstoffanreicherung).

Aufnahmenummer	A	B	C	D
	1	1	1	1
	2	1	1	1
	8	9	8	9
Meereshöhe (m)	0	0	0	0
	N	N	N	N
Exposition	0	0	W	0
	1	1	2	1
Inklination in Grad	5	5	0	5
			1	
	3	4	0	1
Größe in m <sup>2</sup>	0	0	0	5
	1			1
	0			0
Deckung gesamt	0			0
Deckung BS in %			5	
Deckung SS in %	1	1	1	
	0	0	0	
	0	0	0	
Deckung KS in %	3	2	2	3
Deckung MS in %	0	0	0	0
	2	3	3	2
Datenzahl	8	2	4	8
BAUMSCHICHT				
1	Alnus incana (BS2)	-	1	-
1	Sorbus aucuparia (BS2)	-	-	+
STRAUCHSCHICHT				
1	Picea abies (S)	-	-	+
KRAUTSCHICHT				
4	Carex paniculata	4	4	5
4	Caltha palustris	2	2	1
4	Mentha longifolia	2	+	2
4	Crepis paludosa	2	2	+
3	Equisetum arvense	1	2	+
4	Lysimachia nemorum	+	1	1
4	Primula elatior	+	1	+
4	Chaerophyllum hirsutum ssp. hirsutum	1	1	1
4	Viola biflora	+	1	1
3	Knautia dipsacifolia	+	1	+
4	Athyrium filix-femina	r	+	+
2	Epilobium alsinifolium	+	+	-
3	Acer pseudoplatanus	r	r	-
3	Geum rivale	r	1	-
3	Cardamine amara	2	1	-
3	Adenostyles alliariae	r	1	-
2	Galium album ssp. album	+	-	+
2	Senecio ovatus	1	-	+
2	Dactylorhiza maculata	r	+	-
3	Deschampsia cespitosa	+	1	-
3	Poa nemoralis	+	+	+
2	Geranium sylvaticum	-	+	+
2	Lathyrus pratensis	-	r	+
2	Equisetum sylvaticum	-	1	-
1	Alchemilla sp.	-	1	-
2	Veronica beccabunga	-	1	-
MOOSSCHICHT				
2	Brachythecium rivulare	3	2	-
3	Cratoneuron decipiens	1	2	-
1	Calliergonella cuspidata	-	-	2
1	Cratoneuron commutatum	-	-	2
2	Rhizomnium magnifolium	-	1	-
1	Plagiomnium rostratum	1	-	-
1	Fissidens dubius	-	-	-
1	Aneura pinguis	-	-	-

A: Huber D.: Quellnr. 300 (AF 12003, unveröffentl.); B: Huber D.: Quellnr. 312 (AF 12008, unveröffentl.); C: Storch M., 1983: (847); D: Huber D. Quellnr. 312 (AF 12007, unveröffentl.); mit geringer Stetigkeit: A: Cicerbita alpina r, Rubus idaeus r, Urtica dioica +, Calamagrostis varia +; B: Valeriana tripteris +, Fraxinus excelsior +, Listera ovata +, Agrostis capillaris +; C: Equisetum palustre +, Dactylis glomerata +, Potentilla erecta +, Agrostis stolonifera +, Alchemilla vulgaris +, Lotus corniculatus +, Scabiosa lucida +, Vicia cracca +, Hypericum maculatum +, Valeriana montana +, Ajuga reptans +, Stachys sylvatica +, Cirsium arvense; Brachythecium rutabulum +, Conocephalum conicum +, Plagiomnium elatum +; D: Saxifraga stellaris r, Aster bellidiastrum +, Campanula scheuchzeri, Valeriana tripteris +, Veronica chamaedrys r, Picea abies +.

Tab. 5-4: *Caricetum paniculatae*

## Literatur

- BRAUN-BLANQUET J. (1964): Pflanzensoziologie : Grundzüge der Vegetationskunde. - 3., neubearb. Aufl. Springer, Wien [u.a.] : Springer - XIV, 865 pp.
- GRABHERR, G., MUCINA, L. (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II: Natürliche waldfreie Vegetation. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, New York.
- HINTERLANG, D. (1992): Vegetationsökologie der Weichwassergesellschaften zentraleuropäischer Mittelgebirge. *Cruentocia*, Heft 1, 122 pp.
- HÖPFER, M. (1996): Moose. Arten, Bioindikation, Ökologie. Forschungsbericht 35. Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, 112 pp.
- HUBER, D. (1999): Vegetationsökologische Untersuchungen im Talschluß des Bluntautales. Unveröff. Diplomarbeit Univ. Salzburg, 121 pp.
- LIPPERT, W. (1966): Die Pflanzengesellschaften des Naturschutzgebietes Berchtesgaden. *Bericht Bayer. Bot. Ges.* 39: 68-122.
- OBERDORFER, E. (1998): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil I: Fels- und Mauergesellschaften, alpine Fluren, Wasser-, Verlandungs- und Moorgesellschaften. - 4. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, New York.
- OBERDORFER, E. (1993): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil III: Wirtschaftswiesen und Unkrautgesellschaften. 3. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, New York.
- PHILIPP, G. (1975): Quellfluren der Allgäuer Alpen. *Naturkundl. Forsch. Südw. - Dtl.* 34: 259-287.
- SCHRANKEL, I. (1998): Faunistisch-ökologische Charakterisierung ausgewählter Quellen im Nationalpark Berchtesgaden. Diplomarbeit, Universität des Saarlandes, 79 pp.
- SMETTAN, H.W. (1981): Die Pflanzengesellschaften des Kaisergebirges/Tirol. Jubiläumsausgabe des Vereins zum Schutze der Bergwelt, Selbstverl., München, 191 pp.
- SPRINGER, S. (1997): Pflanzengesellschaften der Almen des Berchtesgadener Landes. Dissertation Univ. Kassel, 331 pp.
- STORCH, M. (1983): Zur floristischen Struktur der Pflanzengesellschaften in der Waldstufe des NP Berchtesgaden und ihrer Abhängigkeit vom Stand und der Einwirkung der Menschen. Dissertation der Ludwig Maximilian Universität München, 407 pp.
- THIELE, K. (1978): Vegetationskundliche und pflanzenökologische Untersuchungen im Wimbachgries. *Aus den Naturschutzgebieten Bayerns H. 1*, 74 pp.
- WITTMANN, H. & STROBL, W. (1990): Gefährdete Biotoptypen und Pflanzengesellschaften in Salzburg - eine erste Übersicht. Amt der Salzburger Landesregierung, Naturschutzreferat (Hrsg.), 83 pp.
- ZECHMEISTER, H.G. & STEINER, G.M. (1995): Quellfluren und Quellmoore des Waldviertels, Österreich. *Tuexenia* 15: 161-197.

## 6 Die Artenvielfalt der Fauna in Berchtesgadener Quellen

Autorenkollektiv –

REINHARD GERECKE & HELMUT FRANZ

(Koordination)

Die Aufzählung der bislang in Quellen des Nationalparks nachgewiesenen Arten muss zwangsläufig einen vorläufigen Charakter haben, nicht nur angesichts der Vielzahl und Vielfalt der Biotope, sondern auch der jahreszeitlichen Unterschiede im Auftreten vieler Arten und ihrer oft verborgenen Lebensweise. Dank der intensiven Zusammenarbeit vieler Spezialisten konnten inzwischen 735 Taxa (vornehmlich Arten, in einigen Gruppen nicht auf Artniveau bestimmbare Vertreter von Gattungen oder Familien) nachgewiesen werden. Darunter befinden sich mindestens acht neuentdeckte Arten (in einigen weiteren Fällen müssen noch Vergleichsuntersuchungen mit Belegmaterial aus anderen Gegenden durchgeführt werden) sowie 22 zusätzliche Erstnachweise für die Fauna Deutschlands. Viele weitere Arten waren zuvor nur von ganz wenigen Stellen in den Alpen oder anderen europäischen Gebirgen bekannt.

Zwangsläufig beschränkt sich diese Darstellung auf wirbellose Tiere. In den untersuchten Quellen finden weder Fische noch Amphibien dauerhaft angemessene Lebensbedingungen: Frösche und Kröten lassen sich zwar regelmäßig als Überwinterer feststellen, pflanzen sich hier jedoch nie fort. Auch für viele landlebende Wirbeltiere – Vögel, kleine und große Säugetiere – sind sie ein wichtiges Element ihres Lebensraumes, obwohl ihr Lebensschwerpunkt in anderen Biotopen liegt.

Knapp zwei Drittel (60 %) der vorgefundenen Vielfalt gehörten nicht zur "eigentlichen" Fauna der Quellen. Die meisten dieser Arten sind eigentlich landlebend, aber hygrophil und gerieten bei der Aufsammlung aus der Ufervegetation oder den angrenzenden Bodenschichten mit in die Probe – andere sind Stillwasserbewohner, die zufallsgemäß pfützenartige Uferbereiche besiedeln, oder Fließwasserbewohner, die gelegentlich in Abschnitte mit stärkerer Strömung einwandern. Man sollte die Anwesenheit dieses Sektors der Tierwelt dennoch nicht als Artefakt abtun: Diese sogenannten "krenoxenen" Arten demonstrieren die Attraktivität der Quellen auch für Lebewesen mit eigentlich andersartigem ökologischem Schwerpunkt und die Ausstrahlung, die solche Lebensräume durch ihre Verzahnung mit ihrer Umgebung gewinnen. Nicht zuletzt durch diese Eigenschaft werden Quellen zu Kristallisationspunkten biologischer Vielfalt (DI SABATINO et al. 2003). Über 500 Arten wurden mit unseren Standardtechniken gesammelt (Benthosproben, Emergenzfallen), die übrigen Nachweise verdanken wir besonderen Probenahmetechniken, die für die Untersuchung besonderer Tiergruppen (vor allem der Einzeller, Fadenwürmer und Schnecken) zur Anwendung kamen.

Verlässt man sich auf Literaturangaben, so sind 40 % der nachgewiesenen Arten regelmäßig auch in anderen Gebieten Europas in Quellen zu finden. Es handelt sich entweder um Arten, die alle möglichen Lebensräume, z.B. Bäche, Tümpel oder das Grundwasser bewohnen können, aber auch in Quellen konkurrenzstark sind ("krenophile Arten") oder um solche, die nur in Quellen, allenfalls noch den obersten Abschnitten der Quellbäche zu existieren vermögen ("krenobionte Arten"). Zu den Letzteren rechnen nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen 87, also etwas mehr als 10 % der im Nationalpark nachgewiesenen Arten.

Etliche Tiergruppen weichen hinsichtlich des Anteils krenobionter Arten stark von diesem Mittelwert ab (in Klammern Anteil der Krenobionten an der Gesamtartenzahl): Unter den Krenobionten am stärksten repräsentiert sind die Süßwassermilben (46 %), gefolgt von den Zuckmücken (37 %), Schmetterlingsmücken (31 %) und Köcherfliegen (20 %). Die Käfer liegen mit 10 % ungefähr im Durchschnitt, deutlich unterrepräsentiert sind Kriebelmücken (7 %) und Muschelkrebse (5 %), überhaupt keine strikt quellgebundenen Arten finden sich u.a. unter den Fadenwürmern, Ruderfußkrebse und Steinfliegen, also Tiergruppen, die in unseren Proben durch besonders hohe Individuendichten auffallen. Die letzteren beiden Gruppen, ebenso wie eine Reihe wichtiger Familien der Zweiflügler (z. B. Empididae, Limoniidae, Pediciidae) weisen einen hohen Anteil krenophiler Arten auf, während für die Eintagsfliegen typisch ist, dass die meisten Arten (82 %) quellfremd sind. Mit den zu erwartenden kleineren Abweichungen lassen sich ähnliche Verhältnisse in den Lebensansprüchen wirbelloser Tiere auch in anderen geographischen Räumen beobachten (CICOLANI et al. 1995, CANTONATI et al. im Druck, GERECKE et al. 2005).

Aussagen dieser Art sind allerdings stets mit einer gewissen Vorsicht zu lesen. Da Populationen von Arten in verschiedenen Teilen ihres Verbreitungsgebietes bekanntlich unterschiedliche Lebensansprüche entwickeln können ("regionale Stenotopie"), ist die Übertragung von Ergebnissen über größere geographische Distanzen, vor allem Breitengrade hinweg nicht unproblematisch. Für etliche in Süd- und Mitteleuropa streng krenobionte Milbenarten ist bekannt, dass sie im äußersten Norden (LUNDBLAD 1968) oder in hohen Gebirgslagen (DI SABATINO et al. 2004) auch im Litoral von Stillgewässern leben können. Auch auf Inseln ließ sich beobachten, dass der Anteil krenobionter Arten niedriger sein kann als auf dem nahen Festland und Populationen von andernorts krenobionten Arten eine geringere Habitatbindung zeigen (GERECKE & DI SABATINO 1997). In diesem Sinne sind die Daten unserer Studie nicht nur ein Beitrag zur regionalen Quelltypologie (Kapitel 4, 7), sondern auch zur möglichst genauen Dokumentation der Habitatpräferenz der Arten in unserem Untersuchungsgebiet. Sie bedürfen der Ergänzung, nicht nur durch Erhebungen mit vergleichbarer Methodik an Quellen anderer Landschaftseinheiten, sondern auch durch Untersuchungen anderer Lebensraumtypen im Nationalpark selbst.

## Literatur

- CANTONATI, M., GERECKE, R. & BERTUZZI, E. (im Druck): Springs of the Alps - sensitive ecosystems to environmental change: From biodiversity assessments to long-term studies. In: LAMI, A. & BOGGERO, A. (Hrsg.): Ecology of high altitude aquatic systems in the Alps; Developments of Hydrobiology.
- CICCOLANI, B.; D'ALFONSO, S.; DI FERDINANDO, C. & DI SABATINO, A. (1995): Gli acari acquatici delle sorgenti del Gran Sasso e proposte di biotipologie. In: CICCOLANI, B. (Hrsg.): Monitoraggio biologico del Gran Sasso. Andromeda ed., L'Aquila: 202-225
- DI SABATINO, A.; BOGGERO, A.; MICCOLI, F.P. & CICCOLANI, B. (2004): Diversity, distribution and ecology of water mites (Acari, Hydrachnidia et Halacaridae) in high Alpine lakes (Central Alps, Italy). Exp. Appl. Acarology, 39: 199-210.
- DI SABATINO, A.; CICCOLANI, B. & GERECKE, R. (2003): Biodiversity and ecological importance of water mites (Acari, Hydrachnidia) in Italian springs. Freshwater Biology, 48: 1-11
- GERECKE, R. & DI SABATINO, A. (1997): Historical zoogeography and evolution of habitat preference in water mites (Acari: Hydrachnellae) of the Central Mediterranean region. In: MITCHELL, R.; HORN, D.J.; NEEDHAM, G.R. & WELBOURN, W.C. (Hrsg.): Acarology IX, Proc. 9th Int. Congr. Acarol., Columbus (Ohio, 1994): 523-527.
- GERECKE, R.; STOCH, F.; MEISCH, C. & SCHRANKEL, I. (2005): Die Fauna der Quellen und des hyporheischen Interstitials in Luxemburg unter besonderer Berücksichtigung der Milben (Acari), Muschelkrebse (Ostracoda) und Ruderfußkrebse (Copepoda). Ferrantia, 41: 1-134.
- LUNDBLAD, O. (1968): Die Hydracarina Schwedens. III. Ark. Zool., (2) 21 (1): 1-633.

## 6.1 Einzeller (Protozoa)

ERNST-JOSEF CLEVEN & JACQUELINE SÜSS

Der Begriff „Protozoa“ wurde von dem deutschen Zoologen und Paläontologen GEORG AUGUST GOLDFUSS (1782-1848) eingeführt und benennt mit dem griechischen Präfix „proto“ und dem ebenfalls griechischen Suffix „-zoa“ „erste Tiere“ („Ur-Tiere“). Es handelt sich allerdings dabei mitnichten um die ersten Organismen auf der Erde überhaupt. Diese Bedeutung kommt wohl fermentierenden Bakterien zu. Bei den Protozoen handelt es sich vielmehr um (meist) einzellige Organismen mit einem echten Zellkern (Eukaryoten), die den für ihren Stoff- und Energiehaushalt notwendigen Kohlenstoff in reduzierter Form, z. B. durch Fraß, aufnehmen ("heterotrophe" / "phagotrophe" Ernährungsweise). Als Zellen stellen sie eine Einheit dar, die allerdings nicht verglichen werden kann mit einer Zelle eines "Metazoons" (dies die entsprechende Bezeichnung für die anderen, "später aufgetretenen" Tiere). Protozoen entsprechen einem vollständigen metazoischen Individuum („Zelle als Organismus“). Die funktionellen Untereinheiten der Zellen übernehmen oft komplexe Aufgaben, die denjenigen der Organe mehrzelliger Tiere entsprechen und werden als "Organellen" bezeichnet. Unter dem Begriff „Protozoa“ werden im evolutionsbiologischen Sinne keine Organismen einheitlicher Abstammung zusammengefasst, vielmehr handelt es sich um eine Ansammlung kleiner Organismen meist mikroskopischer Dimension, die nicht notwendigerweise in verwandtschaftlicher Beziehung zueinander stehen. Einzeller interagieren mit ihrer Umwelt und anderen Organismen, gerade so wie es Metazoen tun.

Ihre Rolle im Stoffumsatzgeschehen großer Seen wird seit etwa dreißig Jahren diskutiert und untersucht. Ihnen kommt dort innerhalb des Nahrungsnetzes eine bedeutende Rolle bei der Weitergabe von Kohlenstoff zu, der insbesondere in der bakteriellen Biomasse festgelegt ist. Von ihrer Bedeutung in den Bodenzonen von Seen und Fließgewässern ist schon weit weniger bekannt, von Protozoen im Grundwasser und in den Quellen schließlich kennt man nur selten überhaupt ein Arteninventar. Es ist das Ziel dieser Bearbeitung der Protozoenfauna zweier ausgewählter Quellen des Nationalparks, einen ersten Beitrag zur Kenntnis auch dieses Aspekts der Quellfauna im Park zu leisten. In den untersuchten Quellen konnten Vertreter von vier Großgruppen (Amöben, Sontentierchen, Geißeltierchen und Wimpertierchen) nachgewiesen werden. Im Folgenden geben wir für jede dieser Gruppen eine kurze Charakterisierung.

Amöben (Amoeba) und Sontentierchen (Heliozoa) wurden lange Zeit gemeinsam unter das Taxon Rhizopoda (Wurzelfüßer, Wechseltiere) gestellt. Die Rhizopoda stellen jedoch stammesgeschichtlich keine einheitliche Gruppe dar, sondern umfassen jene Einzeller, deren Protoplastmakörper nur von einer Plasmamembran begrenzt und daher stark formveränderlich ist. Sie bewegen sich mittels plasmatischer Fortsätze (Scheinfüßchen, "Pseudopodien") und/oder nehmen damit Nahrung auf. Man unterscheidet fünf Gruppen: (a) die Amöben (nackte Amöben; mehr als 300 Arten; limnisch,

terrestrisch, marin, im Darmkanal höherer Tiere, unter diesen auch die Erreger der lebensbedrohlichen Amöbenruhr oder der „Amöben-Meningoenzephalitis“), (b) die Testaceen (beschaltete Amöben oder Thekamöben, etwa 1600 Arten; limnisch, terrestrisch, marin), (c) die Heliozoen (Sonnentierchen; etwa 110 Arten; fast nur limnisch) sowie die ausschließlich marin vorkommenden (d) Foraminiferen (Lochschalenträger; etwa 4000 rezente Arten) und (e) Radiolarien (Strahlentierchen; zahlreiche Arten). Heute kann diese Zusammenstellung offensichtlich nicht näher miteinander verwandter Gruppen nicht mehr als Taxon angesehen werden, sie wurde weitgehend aufgelöst. Mit Ausnahme der Vertreter des Stammes Heterolobosa werden die übrigen Amöben und Heliozoen aktuell den „Metakaryota incertae sedis“ („Metakaryoten unsicherer Stellung“) zugeordnet. Ihre Eingruppierung bleibt zukünftiger Forschung vorbehalten. Die weiteren Ausführungen beziehen sich nur noch auf die auch limnisch vorkommenden Vertreter dieser Gruppen. Die meisten von ihnen leben im Detritus, einige besiedeln den Aufwuchs oder die Freiwasserzone der Gewässer.

Kleine Amöben fressen vorwiegend Bakterien, die größeren sind herbivor und/oder omnivor. Die Nahrungsaufnahme erfolgt meist durch Umfließen der Beute. Einige Heliozoen bilden zum Verzehr größerer Beute Fressgemeinschaften. Die meisten Arten vermehren sich durch Zweiteilung, bei der gleich große Tochterzellen entstehen.

Bei den schalentragenden Testaceen werden zuvor neue Schalenelemente im Cytoplasma gebildet oder Fremdkörper gesammelt (s. u.). Eine geschlechtliche Fortpflanzung ist nur für die Sonnentierchen belegt. Neben wahren Riesen, die bis zu 5 mm groß sein können, gibt es viele sehr kleine Vertreter, die nur 8 – 20 µm Durchmesser erreichen. Der überwiegende Teil der Arten ist zwischen 20 und 200 µm groß.

Die Heliozoen sind kugelig mit ausstrahlenden, meist zarten „Axopodien“ (Scheinfüßchen) mit einem zentralen, versteifenden Mikrotubuli-Bündel („Axonem“). Viele Arten bilden eine Hülle aus artspezifisch geformten, nur lose miteinander verbundenen Plättchen und Dornen, die eine Kapsel formen können.

Der Habitus der beschalteten Amöben wird in der Hauptsache durch die Form ihrer Schale geprägt. Ihre Pseudopodien sind wie bei den nackten Amöben entweder lappen- oder fingerförmig (Lobopodien) oder fädig (Filopodien). Die Schale ist oft birnenförmig, kugelig oder ellipsoid und dorsoventral oder lateral mehr oder weniger stark abgeflacht. Nach dem verwendeten Baumaterial der Schalen unterscheidet man drei Typen:

- (a) die rein organische, aus Chitin-ähnlichem Material aufgebaute Schale;
- (b) die „Xenosomschale“, bei der Fremdkörper wie Sandkörnchen oder Kieselalgenschalen miteinander verklebt werden und schließlich

- (c) die „Idiosomenschale“, die aus von der Zelle selbst synthetisierten, gleichgestalteten, anorganischen Plättchen („Idiosomen“), aufgebaut wird.

Der Zellkern kann in Einzahl, so bei den Heliozoen und Testaceen, oder in Vielzahl vorkommen, so bei einigen Vertretern der nackten Amöben. Mit der Ausnahme von *Pelomyxa palustris* haben alle bekannten Arten ein oder mehrere pulsierende Bläschen, die als Regulationsorganellen für den cytoplasmatischen Wassergehalt und die Ionen-Konzentration verantwortlich sind („kontraktile Vakuolen“). Ausschleuderbare Organellen („Extrusome“ oder „Kinetocysten“) finden sich in den Axopodien der Heliozoen. Mit ihnen wird die Beute vermutlich an den Axopodien verankert und getötet. Die Amöben bewegen sich mittels ihrer Pseudopodien, d. h. über die Formveränderlichkeit ihres Plasmakörpers. Ganz im Gegensatz dazu zeigen die meisten Heliozoen keine Bewegung. Sie schweben, liegen im Detritus oder sind mittels eines Stiels an einem Substrat festgeheftet.

Die hier vorgestellten heterotrophen Geißeltierchen (Zooflagellata) sind stammesgeschichtlich keine einheitliche Gruppe. Dies gilt gleichermaßen für die hier nicht weiter besprochenen zur Photosynthese befähigten und damit autotrophen Phytoflagellaten. Man vereinigt unter der Bezeichnung „Flagellaten“ all jene einzelligen Eukaryoten, die sich mittels Flagellen (Geißeln) bewegen und/oder damit Nahrung herbeischaffen. Von den etwa 2000 bekannten frei lebenden Arten besiedeln die meisten das Süßwasser, je 200-300 Arten wurden bisher in terrestrischen und marinen Böden nachgewiesen. Unter ihnen finden sich viele Gruppen, die in Wirbellosen wie auch Wirbeltieren parasitieren (z. B. *Trypanosoma*, *Leishmania*, *Trichomonas*); viele von ihnen sind gefährliche Krankheitserreger bei Pflanzen, Tieren und Menschen. Symbiotische Flagellaten kommen in Termiten, Schaben und Wiederkäuern vor.

Die Zellgröße variiert zwischen etwa 3 und 200 µm, der überwiegende Teil der Arten ist jedoch nur zwischen 4 und 30 µm lang. Kolonieformende Arten können makroskopisch erkennbare Rasen ausbilden. Die Gestalt der Zellen ist annähernd ellipsoid, ei-, birnen- oder spindelförmig. Die meisten Vertreter sind weich und formveränderlich. Einige Arten leben in schleimigen oder kieseligen Gehäusen. Die Vermehrung erfolgt durch Längsteilung, eine sexuelle Fortpflanzung wurde für die meisten frei lebenden Arten bislang nicht beschrieben.

Das die Flagellaten insbesondere kennzeichnende Organell ist die Geißel. Es handelt sich um eine Zellausstülpung von bis zu 30 nm Dicke und unterschiedlicher Länge (oft ein Mehrfaches der Zellgröße). In seinem Inneren verläuft ein Achsenstab (Axonem) aus Mikrotubuli. Der Feinbau der Geißeln stimmt mit jenem der Wimpern der Ciliaten, aber auch der bewimperten Gewebe mehrzelliger Tiere weitgehend überein. Die Geißeln dienen der Fortbewegung und/oder dem Nahrungserwerb. Ihre Anzahl ist meist gering (1-8), es treten jedoch auch Arten mit 20 und mehr Flagellen auf. Viele Arten und Gattun-

gen haben zwei Geißeln, von denen eine nach vorn gestreckt, die andere nachgezogen wird (Schwimmgeißel und Schleppgeißel). Sie können sich mittels ihrer Geißeln gleitend an Substraten entlang bewegen oder um ihre Längsachse rotierend schwimmen. Manche bewegen sich auffallend. So ist z. B. *Bodo saltans* an seinen ruckartigen „Sprüngen“, erkennbar. Einige Arten bilden Kolonien, die mittels Stiel oder Gehäuse am Substrat festgeheftet sind. Der Zellkern (Nucleus) liegt in Einzahl vor (Ausnahme: Vertreter der Diplomonadida mit zwei Kernen). Die Geißeltierchen können sich phagotroph und/oder auch osmotroph ernähren, d. h., sie nehmen partikuläre Nahrung resp. gelöste organische Kohlenstoff-Verbindungen auf. Die meisten Arten fressen Bakterien, die entweder vom Substrat abgeweidet oder durch den von den Geißeln erzeugten Wasserstrom zum Zelmund transportiert werden. Größere Arten sind dagegen oft omnivor, d. h., sie ernähren sich auch von Algen und anderen einzelligen eukaryotischen Organismen.

Die meisten Arten der Geißeltierchen dürften kosmopolitisch verbreitet sein.

Die Wimpertierchen (Ciliata) sind die am höchsten differenzierten Einzeller. Sie übertreffen in Zahl und Ausbildungsgrad ihrer Organellen alle übrigen Protozoen. Von den etwa 8000 bekannten Arten lebt ungefähr die Hälfte im Süßwasser und im Boden, die übrigen im Meer oder als Symbionten (z. B. im Pansen der Wiederkäuer), Epibionten (z. B. auf limnischen Wirbellosen) oder Parasiten (z. B. von Fischen, aber auch im Menschen, z. B. Arten der Gattung *Balantidium*).

Im Süßwasser leben die meisten Arten im Aufwuchs ("Periphyton": die Organismengesellschaft auf lebenden oder toten Substraten) oder in der oberen detritusreichen Zone des Sediments. Arten der Oligotrichia dagegen sind euplanktisch, sie besiedeln vorwiegend die Freiwasserzone (Pelagial) von Seen und Fließgewässern. Einige Arten und Gattungen sind obligate Anaerobier, sie leben überwiegend im Faulschlamm und anoxischen Bereichen z. B. der Gewässerbodenzonen. Die Größe reicht von wenigen Mikrometern bis zu mehreren Millimetern; die meisten Arten sind zwischen 30 und 300 µm lang; manche bilden makroskopisch erkennbare Rasen oder bis zu mehrere Zentimeter große Kolonien. Ciliaten können ellipsoid, ei-, spindel-, tönncchen-, lanzett- oder wurmförmig sein; viele Arten haben Fortsätze (Rüssel und Dornen), Furchen, Panzer oder ein Gehäuse. Manche Ciliaten sind abgeflacht, sehr flexibel und/oder stark kontraktile, andere haben eine dicke Zellohülle ("Pellicula", "Cortex") und sind daher starr.

Die meisten Arten sind phagotroph, d.h., sie nehmen partikuläre Nahrung über einen Zelmund ("Cytostom") auf. In der Zelle wird diese dann in Nahrungsvakuolen eingeschlossen und verdaut, Überreste der Verdauung werden über den Zellanus ("Cytopyge", "Cytoproct") ausgeschieden. Das Nahrungsspektrum ist sehr breit: Neben Spezialisten, die z.B. nur Bakterien oder Kieselal-

gen (Diatomeen) fressen, gibt es auch unspezialisierte Räuber, Aas- und Allesfresser. Mit nur wenigen Ausnahmen haben alle Vertreter zumindest für einige Zeit ihres Lebenszyklus Cilien (Wimpern). Diese Bewimperung ist sehr unterschiedlich und dient der Fortbewegung und/oder dem Nahrungserwerb. Neben der ("somatischen") Bewimperung des Zellkörpers wird eine



**Abb. 6-1-1:** Wimpertierchen *Euplotes moebiusi* (rechts), und ein weiterer Vertreter der Euplotidae (links). Die Zellapparate sind durch eine spezielle Färbung sichtbar geworden (Foto: Cleven).



**Abb. 6-1-2:** Wimpertierchen *Litonotus* sp.. Der Zellkern ist als dunkler Bereich im Zentrum des Tieres sichtbar, große Teile des Körpers sind mit lichtbrechenden Vakuolen angefüllt (Foto: D. Patterson).

("orale") Bewimperung des Mundes) unterschieden. Jede einzelne Wimper entspringt aus einem in der Zellhülle liegenden Basalkörper ("Kinetosom"). Die Bewimperung kann vollständig sein, d.h. der gesamte Zellkörper ist von Wimpern bedeckt, sie kann aber auch, vermutlich als Anpassung an das Leben im Aufwuchs, auf der substratabgewandten Seite stark oder fast vollständig reduziert sein. Bei den hypotrichen Ciliaten wiederum sind die Wimpern der meist abgeflachten Ventralseite zu Gruppen, den "Cirren", verklebt. Schließlich kann die Bewimperung insgesamt sehr stark eingeschränkt (oligotriche Ciliaten) oder sogar völlig reduziert sein (peritriche Ciliaten).

Wimpertierchen zeichnen sich vor den anderen Vertretern der Protozoen insbesondere durch den Besitz dreier wesentlicher Merkmale aus: (a) den Aufbau ihrer Zellhülle (Cortex), (b) ihren "Kerndualismus" (Differenzierung des sog. Zellkernapparates in einen Makro- und einen Mikronukleus) und (c) das Phänomen der "Konjugation" (eine besondere Art und Weise des Austausches genetischen Materials). Mit dieser Kombination von Merkmalen weisen sie sich als monophyletisches Taxon aus, d. h. sie lassen sich entwicklungsgeschichtlich auf eine gemeinsame Stammform zurückführen.

Während aufwendige optische Verfahren nötig sind, um den Aufbau des Cortex zu bestimmen, erlauben es schon einfache mikroskopische Anwendungen, den Kerndualismus und die Konjugation zu beobachten.

Die Kerne, eher noch als die Cilien, unterscheiden Ciliaten von allen anderen Gruppen der Protozoen. Der große Makronukleus (ein- oder mehrteilig) reguliert den Metabolismus der Zelle ("somatischer" Kern), der kleine Mikronukleus ist primär verantwortlich für die sexuelle Rekombination der Zelle ("generativer" Kern).

Die Reproduktion erfolgt mittels Zwei- oder auch Vielfach-Teilung, wobei Erstere die „gebräuchlichere“ Weise ist. Bei den meisten Arten kommt es zur „äqualen Querteilung“, d. h. vordere und hintere Tochterzelle sind gleich groß. Die Teilung umfasst neben der vollständigen oder teilweisen Neubildung des Mundes und der Körperbewimperung die Kernteilung und die Durchschnürung der Zelle. Gelegentlich wird in Kulturen oder auch in Freiland-Proben die so genannte „Konjugation“ beobachtet. Bei diesem „Befruchtungsvorgang“ verschmelzen zwei Ciliaten im Mundbereich und tauschen „Wanderkerne“ aus. In jedem der beiden Individuen ist zuvor ein „Wanderkern“ nach mehreren Teilungsschritten aus dem Mikronukleus hervorgegangen. Im jeweiligen Partner verschmilzt der Wanderkern mit dem ebenfalls aus dem Mikronukleus hervorgegangen, aber zurückgebliebenen „stationären Kern“ zu einem vorläufigen Komplex ("Synkaryon"), aus dem im einfachsten Fall durch Teilung wiederum ein Mikronukleus und eine Makronukleusanlage entstehen. Im Anschluss reorganisieren sich die "Exkonjuganten" in mehreren Schritten zu individuellen Zellen. Bei der Konjugation

kommt es demnach nicht zu einer Vermehrung der Individuen, sondern lediglich zum Austausch von genetischem Material. Der Befruchtungsvorgang ist in etwa mit dem Befruchtungsvorgang bei zwittrigen Organismen zu vergleichen.

In vielen Gruppen finden sich in den Zellen eine oder mehrere "kontraktile Vakuolen" (s.o.). Ihr wässriger Inhalt wird über einen oder mehrere Exkretionsporen entleert. Über "Extrusome" genannte Organellen, die in verschiedenen Typen meist in der Zellhülle angeordnet sind, können die Wimpertierchen Substanzen abgeben oder sich verteidigen: So genannte "Mucozysten" produzieren „Schleime“, die bei der Encystierung oder dem Beutefang beteiligt sind, toxin-freisetzende "Toxicysten", dienen bei räuberischen Ciliaten ebenfalls dem Beutefang, "Trichocysten" dienen der Verteidigung. Extrusome werden bei entsprechender Reizeinwirkung blitzschnell ausgestoßen. Neben freilebenden Arten finden sich unter den Wimpertierchen auch solche, die am Untergrund festsitzen oder in selbst sekretierten Gehäusen leben.

Wie der Großteil der freilebenden Einzeller allgemein, so ist auch das Gros der in den temperierten Zonen freilebenden Arten wahrscheinlich kosmopolitisch verbreitet. Nichtsdestoweniger kommen bestimmte Arten ausschließlich in bestimmten Regionen der Erde vor, oder können Wimpertierchen in einem Lebensraum mit einer hohen Artenzahl, in einem anderen dagegen mit nur einer einzigen Art vertreten sein.

Allerdings existieren bislang kaum verlässliche Daten zur Biogeographie bei Ciliaten. Ein Grund für die mögliche weltweite Verbreitung mag darin liegen, dass weltweit gleiche oder zumindest ähnliche Mikrohabitate existieren, die besiedelt werden können. Ciliaten, wie auch die Protozoen insgesamt, können aufgrund ihrer Kleinheit gut mittels anderer Organismen (Pflanzen, Insekten, Vögel, Säuger) oder, encystiert und damit gegen Austrocknung unempfindlich, über den Wind verbreitet werden.

## Material und Methoden

Die Freilandarbeit wurde durch E.-J. CLEVEN im Rahmen der Quellwoche 2001 durchgeführt. Probenwasser aus Schapbach (350, 23.06.2001) wurde im Rahmen einer Diplomarbeit an der Universität Köln (J. Süß) auf seine protozoische Besiedlung insgesamt untersucht, Probenwasser aus Herrenröint (308, 24.06.2001) lediglich auf seine Wimpertierfauna. Im unmittelbaren Quellaustritt wurde das herausstürzende (350) bzw. aussickernde (308) Wasser in vorbereitete sterile Kulturflaschen aufgenommen.

Für die qualitative Untersuchung der Protozoen-, insbesondere der Ciliatenfauna wurden jeweils 10 sterile Kulturflaschen (50 ml-Vol.) mit 30 ml Quellwasser sowie 4 sterile Kulturflaschen (250 ml-Vol.) mit 200 ml Quellwas-

ser gefüllt. Zur Nährstoff-Versorgung der natürlichen Bakterienflora des Wassers, die ihrerseits als Futter für die zu kultivierenden Protozoen dienen sollte, wurde den Flaschen je ein steriles Weizenkorn zugegeben.

Für die quantitative Untersuchung wurden die 24 Kammern einer Kulturschale mittels steriler Pipette mit je 1 ml Quellwasser, eine zweite 24-Kammer-Kulturschale mit je 2 ml beschickt. Ferner wurden in zwei 6-Kammer-Kulturschalen je 4 ml resp. 5 ml Quellwasser gegeben. Allen Kammern wurde zwecks Versorgung der natürlichen Bakterienflora des Quellwassers mit Nährstoffen ein Samenkorn der Reismelde (*Chenopodium quinoa*) zugegeben. Die Flaschen und die Kulturschalen wurden für die Zeit der Freilandarbeit kühl aufbewahrt (Brunnenschacht an der Herrenroinhütte).

Für die weitere Bearbeitung (weitere Kulturansätze, Inkubation, Mikroskopie) wurde das Proben-/Kulturmaterial gekühlt nach Köln gebracht und dort im Klimaraum des Zoologischen Instituts bei 15 °C und einem Licht-/Dunkel-Wechsel von 12/12 Stunden inkubiert. Die Flaschen- sowie die Schalenkulturen der beiden Beprobungen wurden im ersten Monat wöchentlich und während der beiden nächsten Monate im vierwöchigen Abstand unter einem Mikroskop mit Phasenkontrasteinrichtung (Vergrößerung 400x) inspiziert. Eine letzte Inspektion der Herrenroint-Proben erfolgte im Dezember 2001 und damit sechs Monate nach der Beprobung.

Die Bestimmung der Protozoen erfolgte an lebenden Zellen wie auch an protargol-gefärbten Präparaten (Methode nach SKIBBE 1994). Zum Einsatz kam dabei die Videomikroskopie, die auch spätere Verifizierungen der Bestimmungen erlaubte. Als Bestimmungsliteratur wurden die Werke von LEE et al. (1985), PAGE (1988), PAGE & SIEMENSMA (1991), FOISSNER (1993), FOISSNER et al. (1991-1999), PATTERSON (1996) sowie BERGER (1999) verwendet.

Hilfen bei einigen Bestimmungen wurden direkt von W. FOISSNER (Salzburg), R. MEISTERFELD (Aachen), A. MYLNIKOV (Borror, Russland), T. GARSTECKI (Köln) und R. HOFFMANN (Koblenz) gegeben. Der Abschätzung der Besiedlungsdichte des Quellwassers (Abundanz Protozoen pro Volumeneinheit Quellwasser) liegt die „Liquid Aliquot-Methode“ nach BUTLER & ROGERSON (1995) zugrunde. 24 mal 1 ml und 24 mal 2 ml resp. 6 mal 4 ml und 6 mal 5 ml Quellwasser wurden wie oben dargelegt in Kulturschalen angesetzt und inkubiert.

Für jedes bestimmte Taxon (Gattung, Art) wird dabei angenommen, dass mindestens eine Zelle dieses Taxons im ursprünglich angeimpften Quellwasservolumen vorhanden war (Minimal-Schätzung). Die Abschätzung der Abundanz erfolgte also nach der Häufigkeit des Auftretens in den Kulturen. Dabei wurde eine zufällige Verteilung der Zellen im Quellwasser und infolgedessen auch beim Animpfen angenommen. Die Gesamtergebnisse unserer Untersuchung sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengefasst.

**Tabelle 6-1-1:** Amöben, Heliozoen, Flagellaten, Artenliste Schapbach 2001.

---

Stamm: Heterolobosa

Klasse: Schizopyrenidea

*Vahlkampfia* spp.

*Willaertia magna*

Amoebozoa

Lobosea

Gymnamoebia

*Hartmannella vermiformis*

*Hartmannella cantabrigiensis*

*Vanella platypodia*

*Mayorella bicornifrons*

kleine *Mayorella*-artige Amöben

*Vexillifera* spec.

*Acanthamoeba* spp.

Gymnamoebia incertae sedis

*Echinamoeba* spec.

Testacealobosia

*Cryptodifflugia* spec.

Filosea

*Nuclearia simplex*

*Nuclearia radians*

*Gymnophrys cometa*

### **Sonnentierchen (Heliozoa)**

Actinophryida

*Actinophrys sol*

Centrohelida

*Acanthocystis* spp.

*Raphidiophrys* spp.

### **Geißeltierchen (Mastigophora, "Flagellata")**

Ordnung: Bodonida

*Bodo saltans*

*Bodo designis*

*Cryptaulax* spec.

*Rhynchomonas nasuta*

Ordnung: Chrysomonadida

*Spumella* spp.

Ordnung: Bicosoecida

*Bicosoeca* cf. *lacustris*

cf. *Pseudobodo* spec.

Ordnung: Apusomonadida

*Amastigomonas debruynei*

Ordnung: Thaumatomonadida

*Thaumatomonas* spp.

Ordnung: Cercomonadida

*Cercomonas* spp.

*Helkesimastix faecicola*

*Anycromonas sigmoides*

*Allantion tachyploon*

---

### Schapbachquelle (350)

Insgesamt wurden 14 Taxa der Amöben sowie drei Taxa der Sonnentierchen nachgewiesen (Tabelle 6-1-1). Von den Amöben konnten acht Vertreter bis zur Art bestimmt werden. Außerdem konnten von den Gattungen *Vahlkampfia*, *Mayorella* sowie *Acanthamoeba* konnten jeweils mehrere (mindestens zwei) nicht näher bestimmte oder bestimmbare Arten nachgewiesen werden. Von den Sonnentierchen konnte eines bis zur Art bestimmt werden (*Actinophrys sol*); von den Gattungen *Acanthocystis* und *Raphidiophrys* wurden jeweils mehrere (mindestens jeweils zwei) Arten nachgewiesen, die aber nicht weiter bestimmt werden konnten.

Amöben waren mit 0,1 Ind./ml, die Sonnentierchen mit weniger als 0,01 Ind./ml im Wasser der Schapbachquelle 34q vertreten. Sie haben damit einen Anteil von 10,2 % an der Gesamt-Protozoengemeinschaft.

Heterotrophe Geißeltierchen wurden mit 13 Taxa nachgewiesen. Von diesen konnten sieben bis zur Art bestimmt werden. Außerdem wurden von den Gattungen *Spumella*, *Thaumatomonas* und *Cercomonas* jeweils mehrere (mindestens zwei) nicht näher bestimmte oder bestimmbare Vertreter nachgewiesen. Der zur Gattung *Bicosoeca* gehörende Flagellat konnte nicht mit der Art *lacustris* identifiziert werden, hat aber mit dieser große Ähnlichkeit. Ebenso verhält es sich mit einem Flagellaten, der mit Vertretern der Gattung *Pseudobodo* Ähnlichkeit aufweist.

Die Gesamtabundanz der Geißeltierchen betrug 1,1 Ind./ml, das sind 87,6 % an der Gesamt-Protozoengemeinschaft.

Nur zwei Vertreter der Wimpertiere ließen sich nachweisen. *Cinetochilum margaritaceum* war mit 0,03 Ind./ml im Quellwasser vertreten (Tabelle 6-1-2). Eine Abundanzschätzung für *Chilodonella uncinata* konnte nicht vorgenommen werden, da diese Art ausschließlich in den Kulturflaschen (nur qualitativer Nachweis) und nicht in den für die Liquid-Aliquot-Methode (quantitativer Nachweis) eingesetzten Kulturplatten vorkam. Der Anteil der Wimpertiere an der Gesamt-Protozoengemeinschaft betrug 2,2 %.

### Herrenröintquelle (308)

Im Quellwasser dieser Probenstelle wurde ausschließlich die Besiedlung durch Wimpertiere untersucht. Insgesamt konnten 21 Taxa nachgewiesen werden. Davon konnten 16 Taxa bis zur Art und zwei weitere bis zur Gattung bestimmt werden. Des Weiteren wurden jeweils eine nicht näher zu bestimmende Art der Stichotrichia und Hymenostomatia gefunden.

Neun Taxa traten ausschließlich in den Kulturflaschen auf (50 ml resp. 250 ml Vol., nur qualitativer Nachweis), während für 11 Taxa über die Liquid-Aliquot-Methode

eine Abundanzabschätzung vorgenommen werden konnte (Tabelle 6-1-2). Die Abundanzen für die einzelnen Taxa variierten zwischen 0,02 Ind. ml<sup>-1</sup> (*Chilodonella uncinata*) und 0,08 Ind./ml Quellwasser (*Cinetochilum margaritaceum*, *Cyclidium glaucoma*, *Cyclidium heptatrichum*). Die über die Liquid-Aliquot-Methode bestimmte Gesamtabundanz war 0,39 Ind./ml Quellwasser. Dieser Wert wurde vier Wochen nach Anlegen der Kulturen bestimmt. Die Abundanzen der nur in den Kulturflaschen (50 ml-Vol., 250 ml-Vol.) angewachsenen Wimpertiere war mindestens 0,03 Ind./ml resp. mindestens 0,005 Ind./ml. Bei einer abschließenden Inspektion der Kulturen am 19. Dezember 2001, sechs Monate nach der Probenahme, wurden in nur zwei der seinerzeit 10 angeimpften 50 ml-Kulturflaschen noch einige Vertreter von *Cinetochilum margaritaceum* und *Oxytricha fallax* gefunden. Alle übrigen Flaschen- oder Schalenkulturen waren erloschen.

### Zur Bedeutung der Einzellerfauna von Quellen

Während es zahlreiche Untersuchungen zur Einzellerfauna mariner Freiwasserkörper und Sedimente wie auch der Freiwasserkörper limnischer Still- und Fließgewässer gibt, existieren nur wenige Untersuchungen zur Besiedlung der Gewässerbodenzonen, insbesondere der hyporheischen Zonen der Fließgewässer und des Grundwassers selbst. Der Hauptgrund für die bislang nur spärliche Erforschung liegt in der schwierigen methodischen Zugänglichkeit dieser subterranean Biotope. Da überrascht es, dass auch Quellen bislang nicht oder kaum in den Fokus der Protozoologen kamen, vermitteln sie doch als Übergangsbiootope ("Ökotone") zum Grundwasser, sind selbst aber vom freien Wasser her leichter zugänglich. Die wenigen publizierten Arbeiten über Protozoen in Quellen haben die Amöben- oder Ciliaten-Besiedlung heißer Quellen zum Gegenstand (z. B. KAHAN 1972, SHEEHAN et al. 2003). Untersuchungen zu den Einzellern in den normal temperierten Quellen konnten nicht gefunden werden. Somit ist die im Rahmen des Quellprojekts des Nationalparks Berchtesgaden durchgeführte und hier vorgestellte Untersuchung als eine Pionierstudie in der Protozoen-Ökologie zu bezeichnen.

Im Einzelnen wurden in der Schapbachquelle 17 Taxa der Amöben/Sonnentierchen, 13 Taxa der Geißeltierchen und zwei Taxa der Wimpertiere nachgewiesen. Die nur auf diese Tiergruppe hin untersuchte Quelle des Herrenröintquellkomplexes wies 21 Taxa der Wimpertiere auf.

In Übereinstimmung mit jüngeren Arbeiten zur Protozoenbesiedlung von Grundwässern (z.B. HIRSCH & RADES-ROHKOHL 1983, SINCLAIR & GHORSE 1987, SINCLAIR et al. 1993, NOVARINO et al. 1994, ZARDA et al. 1998, SÜSS 2001, SÜSS et al., eingereicht) wurde die Protozoenfauna von Geißeltierchen und nackten (gehäuselosen) Amöben dominiert. Die Übertragung eines ungefähren Verhältnisses von Wimpertieren zu Geißeltierchen/Amö-

ben, wie es für die Schapbachquelle gefunden wurde, auf die Herrenröintquelle, ließe die Gesamtzahl an Taxa in den beiden untersuchten Quellen noch deutlich ansteigen und wiese damit Quellen auch für die Einzeller als Lebensräume mit hoher Artenvielfalt aus.

Die bei der Untersuchung der beiden Quellen bestimmte Anzahl an Taxa (51) stimmt in ihrer Größenordnung mit den für Grundwässer bestimmten Anzahlen gut überein. In ihrem Übersichtsartikel über Einzeller-Gemeinschaften in Grundwasserleitern führen NOVARINO et al. (1997) 11 identifizierte Taxa der Geißeltierchen auf. Zwar wurden Vertreter dieser Gruppe auch schon in der frühesten Arbeit zu „tierischen Organismen“ in subterranean Gewässern erwähnt (VEJDOWSKÝ 1882) und werden auch in der Mehrzahl aller rezenten Arbeiten beobachtet, doch lässt sich eine echte Grundwasserbesiedlung nicht immer von einer unerwünschten Kontamination bei der Beprobung mit Besiedlern von der Oberfläche unterscheiden resp. werden in den Arbeiten keine weiteren taxonomischen Zuordnungen gemacht. Die genannte Taxazahl wurde inzwischen deutlich übertroffen: SÜSS et al. (eingereicht) bestimmten in zehn deutschen Grundwässern (einschließlich der Quellschüttung der Schapbachquelle) 41 Flagellaten-Taxa.

Amöben-Funde werden ebenfalls in vielen Arbeiten erwähnt, aber kaum taxonomisch bearbeitet. NOVARINO et al. (1994) nennen sechs identifizierte Amöben-Taxa neben einigen nicht-identifizierten Formen. SÜSS et al. (eingereicht) identifizierten an zehn Grundwässern 38 Amöben-Taxa und führen darüber hinaus drei Heliozoen-Taxa auf.

Zu den im Grundwasser verbreiteten Protozoen gehören auch die Wimpertiere. VEJDOWSKÝ (1882) listet 33 Taxa auf, MÜNCH & PETZOLD (1955) weisen in Küstengrundwässern Hiddensees 48 Taxa nach. Jüngere Arbeiten, die gleichfalls das Vorkommen von Ciliaten in Grundwässern belegen, stammen von HIRSCH & RADESKOHL (1983), SINCLAIR et al. (1993) und FOISSNER (1996) sowie SÜSS et al. (eingereicht), von denen allerdings nur die beiden letztgenannten taxonomische Informationen liefern. FOISSNER (1996) listet 38 Taxa auf, die in mit Grundwasser aus großen Tiefen beschickten Wasserwerk-Sandfiltern gefunden wurden. Allerdings waren keine grundwasserspezifischen Arten darunter. SÜSS et al. (eingereicht) weisen insgesamt 17 Ciliaten-Taxa nach. Wimpertiere gehören nicht notwendigerweise zum biologischen Inventar eines Grundwasserleiters, wie die Arbeit von NOVARINO et al. (1994) zeigt. Als Grund für ihr Fehlen diskutieren die Autoren die eingeschränkte Beweglichkeit/Transportfähigkeit von „Partikeln“ (und damit auch Ciliaten) durch einen Siebeffekt für Partikel >10 µm im Aquifermaterial.

Wie ein Vergleich der Wimpertier-Besiedlung auf Schapbach und Herrenröint zeigt, führt eine Beprobung von Grundwasser mit Aquifermaterial oder Sediment (Herrenröint) bei gleichen Beprobungs- und Aufarbeitungsmethoden zu höheren Besiedlungsabundanz.

Dies weist daraufhin, dass eine Vielzahl der Grundwasser- / Quellwasser-Protozoen nicht frei vorkommt, sondern an Partikeln mehr oder weniger eng gebunden lebt. Allerdings kann die nachgewiesene Besiedlung des Quellwassers der Herrenröintproben aufgrund des nur schwachen Ausfließens des Wassers sowie der engeren Verzahnung der Quelle mit ihrer Umgebung auch „Einwanderer“ aus der Bodenzone der unmittelbaren Nachbarschaft zum Quellaustritt einschließen. Die Aufnahme abgelagerten, feinputikulären Materials ließ sich bei der Beprobung dieser Quelle mit nur geringer Schüttung und deshalb nur wenig mächtigem Freiwasserkörper nicht vermeiden.

Bei den meisten nachgewiesenen Wimpertierarten handelt es sich um mehr oder weniger eng auf, an und in Substraten (Harts substrat, Aufwuchs, Detritus, Boden, Moose) lebende "taktile" Formen. Der Nachweis von Taxa, die als Plankton-Ciliaten aus den Freiwasserkörpern von Seen und Fließgewässern bekannt sind (z.B. der kleinen hymenostomen Ciliaten aus der Gattung *Cyclidium* oder insbesondere der Art *Halteria grandinella*) steht dieser Einschätzung nicht entgegen, da auch sie fakultativ an Substraten leben können. Ihr Nachweis weist aber darüber hinaus auf die kleinräumigen Stillwasserbereiche nahe dem Quellmund hin, die es den Ciliaten erlauben, planktisch zu leben und sich zu reproduzieren.

Wegen des starken und stürzenden Ausfließens der Schapbachquelle ist dagegen eine Kontamination der Schüttung dieser Quelle mit Einzellern der näheren terrestrischen Umgebung auszuschließen (Spüleffekt). Deshalb spiegelt hier die nachgewiesene Einzellerfauna die tatsächlich vorkommende (autochthone) Besiedlung der Quelle und des von ihr geschütteten Grundwassers wider.

Die meisten der bislang im Grundwasser nachgewiesenen und dort die Gemeinschaft der Protozoen dominierenden Arten sind funktionell den Bakterienfressern zuzuordnen. Dies gilt gleichermaßen für die im Rahmen dieser Studie gefundenen Arten. Bakterien stellen somit eine wesentliche, wenn nicht die wesentliche Kohlenstoff-Ressource für die heterotrophen Einzeller der subterranean Lebensräume wie auch der Quellen dar. Das Vorkommen auch omnivorer (u. a. phytophager und räuberischer) Arten, so z. B. die Wimpertiere der Gattungen *Euplotes*, *Oxytricha* oder *Litonotus*, weist allerdings auf komplexere trophische Verknüpfungen innerhalb der mikrobiologischen Besiedlung des Grundwassers und der Grundwasseraustritte hin. Wie dargelegt, handelt es sich bei der Abundanzschätzung mit der Liquid-Aliquot-Methode um eine Minimalschätzung. Mehrfach-Beimpfungen einer Kulturschalenkammer bei häufig vorkommenden Taxa werden nicht erkannt, Taxa, die so selten sind, dass sie in den in Kulturschalen angesetzten Volumina nicht vorkommen, werden nicht erfasst. Für 11 der insgesamt in der Herrenröintquelle bestimmten Wimpertiertaxa konnten (Minimal-) Zellzahlen abgeschätzt werden; die höchste Gesamtzellzahl

Tab. 6-1-2: Wimpertierchen Schapbach und Herrenröint 2001; Einzelnachweise (+) sowie Abundanzen einzelner Taxa und Gesamtzellabundanz (Ind./ml) in Kulturen.

Fundort	Schapbach 350							Herrenröint 308							
	23.6	27.6	4.7	11.7	19.7	16.8	13.9	24.6	27.6	4.7	11.7	19.7	16.8	13.9	26.9
Klasse: Spirotrichea															
Unterklasse: Hypotrichia															
<i>Euplotes moebiusi</i>								+							
<i>Euplotes affinis</i>								+							
<i>Euplotidae indet.</i>								+							
Unterklasse: Stichotrichia															
<i>Holosticha pullaster</i>								+							
<i>Oxytricha fallax</i>								+							
Stichotrichia indet.								+				0,03	0,03	0,03	
Unterklasse: Oligotrichia															
<i>Halteria grandinella</i>								+							
Klasse: Litostomatea															
Unterklasse: Haptoria															
<i>Litonotus lamella</i>								+							
<i>Litonotus spec.</i>								+		0,03	0,03				
Klasse: Colpodea															
Unterklasse: Colpodia															
<i>Colpoda inflata</i>								+	0,03	0,03	0,06	0,06			
Klasse: Oligohymenophorea															
Unterklasse: Hymenostomatia															
<i>Cinetochillum margaritaceum</i>	+		0,03					+		0,04	0,08	0,08			
<i>Ctedoctema acanthocryptum</i>								+					0,02		
<i>Cyclidium glaucoma</i>								+			0,04	0,04	0,08	0,04	0,02
<i>Cyclidium heptatrichum</i>								+		0,04	0,08	0,08			
<i>Sathrophilus muscorum</i>								+							
<i>Uronema nigricans</i>								+						0,04	
<i>Tetrahymena pyriformis</i> -Komplex								+							
Hymenostomatia indet.								+				0,04			
Unterklasse: Peritrichia															
<i>Vorticella convallaria</i> -Komplex								+		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
Klasse: Nassophorea															
Unterklasse: Nassophoria															
<i>Chilodontopsis depressa</i>								+							
Klasse: Phyllopharyngea															
Unterklasse: Phyllopharyngia															
<i>Chilodonella uncinata</i>	+							+			0,02	0,02	0,02		
Gesamt [Ind./ml]:			0,03						0,03	0,18	0,35	0,39	0,19	0,15	0,02

(für diese 11 Taxa) war 0,4 Ind./ml. Da die übrigen 10 Taxa nur in den großvolumigen Kulturflaschen gefunden wurden (und selbst da mit nur geringen Dichten), dürften sie zu den eher seltenen Arten im Quellwasser gehören und somit die genannte „Gesamt“-Zellzahl nicht wesentlich erhöhen. Eine Aussage über einen „Verlust“ an Taxa aufgrund der ggf. selektiv wirkenden Anreicherungs- und Kultivierungsbedingungen kann nicht gemacht werden. Der Inkubationsdauer kam eine große Bedeutung im Hinblick auf den Kultivierungserfolg zu.

So stieg mit zunehmender Inkubationsdauer die Zahl der nachgewiesenen (und in ihrer Häufigkeit dann quantifizierbaren) Arten an (Tabelle 2).

Die im Nationalpark Berchtesgaden erzielten und, wie wir finden, interessanten Ergebnisse liefern einen ersten Beitrag zur Kenntnis der Vielfalt der Protozoen in ungestörten Quellhabitaten. Vor dem Hintergrund der Tatsache, dass die Daten einer einmaligen Erhebung an nur zwei Standorten entstammen, ist damit zu rechnen,

dass intensive Studien an all den verschiedenen Quelltypen und in allen Teilen des Parks einen faszinierenden, jetzt nur schwer abschätzbaren Reichtum an Information über die Formenvielfalt und die ökologischen Anpassungen der Vertreter dieser Tiergruppe erbringen werden. Unsere Ergebnisse tragen aber darüber hinaus zu einer Facette der Protozoenbiologie bei, die bislang ebenso wissenschaftlich vernachlässigt wurde wie der Lebensraum für diese Biologie selbst. Die Autoren hoffen, einen Anstoß für eine intensive Forschung auf diesem Gebiet der Quellbiologie gegeben zu haben.

## Literatur

- BERGER, H.; FOISSNER, W. & KOHMANN, F. (1997): Bestimmung und Ökologie der Mikrosaprobien nach DIN 38 410. Gustav Fischer, Stuttgart, Jena.
- BERGER, H. (1999): Monograph of the Oxytrichidae (Ciliophora, Hypotrichia). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, London.
- BUTLER, H. & ROGERSON, A. (1995): Temporal and spatial abundance of naked amoebae (*Gymnamoebae*) in marine benthic sediments of the Clyde Sea Area, Scotland. *J. Euk. Microbiol.*, 42, 724-730.
- FENCHEL, T. (1987): Ecology of protozoa. The biology of free-living phagotrophic protists. Brock/Springer Series in Contemporary Bioscience. Springer, Berlin, Heidelberg.
- FOISSNER, W. (1993): Colpodea (Ciliophora). In: MATTHES, D. (Hrsg.): Protozoenfauna Vol. 4/1. Gustav Fischer, Stuttgart.
- FOISSNER, W. (1996): Ciliates in rapid gravity filters of waterworks exploiting deep groundwaters. *Microsc. Res. Tech.*, 33, 12-22.
- FOISSNER, W.; BLATTERER, H.; BERGER, H. & KOHMANN, F. (1991): Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobien-systems - Band I: Cyrtophorida, Oligotrichida, Hypotrichia, Colpodea. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 1/91.
- FOISSNER, W.; BERGER, H. & KOHMANN, F. (1992): Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobien-systems - Band II: Peritrichia, Heterotrichida, Odontostomatida. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 5/92.
- FOISSNER, W.; BERGER, H. & KOHMANN, F. (1994): Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobien-systems - Band III: Hymenostomata, Prostomatida, Nassulida. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 1/94.
- FOISSNER, W.; BERGER, H. & KOHMANN, F. (1995): Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobien-systems - Band IV: Gymnostomatea, Loxodes, Suctorina. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 1/95.
- FOISSNER, W.; BERGER, H. & SCHAUMBURG, J. (1999): Identification and ecology of limnetic plankton ciliates. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 3/99.
- HAUSMANN, K. & HÜLSMANN, N. (Hrsg.) (1996): Protozoology. Thieme, Stuttgart, New York, 2. Aufl.
- HIRSCH, P. & RADES-ROHKOHL, E. (1983): Microbial diversity in a groundwater aquifer in Northern Germany. *Dev. Ind. Microbiol.*, 24, 183-200.
- KAHAN, D. (1972): *Cyclidium citrullus* Cohn, a ciliate from the Hot Springs of Tiberias (Israel). *J. Protozool.*, 19, 593-597.
- LEADBEATER, B.S.C. & GREEN, J.C. (Hrsg.) (2000): The Flagellates. Unity, diversity and evolution. Taylor and Francis, London, New York.
- LEE, J.J.; HUTNER, S.H. & BOVEE, E.E. (Hrsg.) (1985): An illustrated guide to the protozoa. Society of protozoologists, Lawrence.
- MÜNCH, H.-D. & PETZOLD, H.-G. (1955): Zur Fauna des Küstengrundwassers der Insel Hiddensee. I. Chemisch-physikalische Verhältnisse und ihr Einfluß auf die Grundwasserfauna. *Wissenschaftl. Zeitschr. Ernst Moritz Arndt-Univ., Greifswald.*
- NOVARINO, G.; WARREN, A.; KINNER, N.E. & HARVEY, R.W. (1994): Protists from a sewage-contaminated aquifer on Cape Cod, Massachusetts. *Geomicrobiol. J.*, 12, 23-36.
- NOVARINO, G.; WARREN, A.; BUTLER, H.; LAMBOURNE, G.; BOXSHALL, A.; BATEMAN, J.; KINNER, N.E.; HARVEY, R.W.; MOSSE, R.A. & TELTSCH, B. (1997): Protistan communities in aquifers: a review. *FEMS Microbiol. Rev.*, 20, 261-275.
- PAGE, F.C. (1988): A new key to freshwater and soil *Gymnamoebae* with instructions for culture. Freshwater Biological Association, Ambleside.
- PAGE, F.C. & SIEMENSMA, F.J. (1991): Nackte Rhizopoden und Heliozoen. In: MATTHES, D. (Hrsg.): Protozoenfauna Vol. 2, Gustav Fischer, Stuttgart.
- PATTERSON, D.J. (1996): Free-living freshwater protozoa. A colour guide. Manson Publishing Ltd, London.
- RÖTTGER, R. (Hrsg.) (1995): Praktikum der Protozoologie. Gustav Fischer, Stuttgart, Jena.
- RÖTTGER, R. (2001): Protozoological Monographs, Vol. 2. Wörterbuch der Protozoologie. Shaker, Aachen.
- SHEEHAN, K.B.; FAGG, J.A.; FERRIS, M.J. & HENSON, J.M. (2003): PCR detection and analysis of the free-living amoeba *Naegleria* in hot springs in Yellowstone and Grand Teton National Parks. *Appl. Environ. Microbiol.*, 69, 5914-5918.
- SINCLAIR, J.L. & GHORSE, W.C. (1987): Distribution of protozoa in subsurface sediments of a pristine groundwater study site in Oklahoma. *Appl. Environ. Microbiol.*, 53, 1157-1163.
- SINCLAIR, J.L.; KAMPBELL, D.H.; COOK, M.L. & WILSON, J.T. (1993): Protozoa in subsurface sediments from sites contaminated with aviation gasoline or jet fuel. *Appl. Environ. Microbiol.*, 59, 467-472.
- SKIBBE, O. (1994): An improved quantitative protargol stain for ciliates and other planktonic protists. *Arch. Hydrobiol.*, 130, 339-347.
- SÜSS, J. (2001): Diversität und Abundanz heterotropher Protisten in ausgewählten Grundwasserleitern Deutschlands. Universität Köln. Diplomarbeit.
- SÜSS, J.; CLEVEN, E.-J. & ARNDT, H. (eingereicht): High species number and diversity of heterotrophic protists in different German aquifers. *Freshwater Biology*.

VEJDOVSKÝ, F. (1882): Tierische Organismen der Brunnenge-  
wässer von Prag. Selbstverlag. In Commission von  
F. ivnáã, Prag.

ZARDA, B.; MATTISON, G.; HESS, A.; HAHN, D.; HÖHNER, P. &  
ZEYER, J. (1998): Analysis of bacterial and protozoan com-  
munities in an aquifer contaminated with monoaromatic  
hydrocarbons. FEMS Microbiol Ecol., 27, 141-152.

## 6.2 Einige in dieser Untersuchung nicht erfasste Gruppen mehrzelliger Tierarten: Strudelwürmer (Turbellaria); Bauchhaarlinge (Gastrotricha); Rädertiere (Rotatoria) und Bärtierchen (Tardigrada)

REINHARD GERECKE

Neben der "Mikrofauna", der Gesamtheit der heterotrophen Einzeller, und der "Makrofauna", zu der die Vertreter der Weichtiere (Mollusca), höheren Krebse (Malacostraca), und Insekten (Hexapoda) gerechnet werden, unterscheidet die Limnologie eine dritte, intermediäre Größenklasse, die als "Meiofauna" bezeichnet wird. Die hierzu gerechneten Tiergruppen sind mehrzellig, aber dennoch oft von geringer Körpergröße, sodass sie zu-  
meist weder mit den Techniken, die für das Studium der Einzeller Anwendung finden, noch mit denjenigen, die der Aufsammlung der Makrofauna dienen, adäquat erfasst werden. Dies trifft auch für dieses Projekt zu: Unsere Probenahmetechnik erlaubte es nicht, die Vielfalt all dieser Tiergruppen angemessen zu untersuchen. Eine Dokumentation war zwar möglich für diejenigen "Meiofauna"-Gruppen, deren Vertreter der oberen Größenklasse innerhalb dieses Sektors der Tierwelt angehören (Kleinkrebse und Milben), nicht aber für Strudelwürmer (Turbellaria); Bauchhaarlinge (Gastrotricha); Rädertiere (Rotatoria); Bärtierchen (Tardigrada) und Fadenwürmer (Nematoda). Zugleich zeigt eine Sichtung der vorliegenden Literatur, dass diese Tiergruppen hinsichtlich ihrer Artenzahl und Ökologie in Quellen noch weitgehend unbekannt sind. So, wie dies bei der Vorbereitung für diese Publikation bereits für die Fadenwürmer geschehen ist (s. Kapitel 6.3), sollten in Zukunft auch Vertreter der anderen genannten Meiofauna-Tiergruppen durch Spezialisten unter Anwendung ihrer jeweils erprobten Sammeltechniken untersucht werden.

Größere Arten der Strudelwürmer ließen sich zwar mit unserer Probenahmetechnik erfassen, beim Transport lebender Proben verenden sie aber rasch und beginnen umgehend, sich aufzulösen. Ebenso werden sie in alko-

holfixierten Proben durch Deformation unkenntlich. In fast allen Quellen des Gebietes tritt häufig bis massenhaft *Crenobia alpina* (DANA, 1766) auf, auch in temporären Quellen, sofern es während der Trockenzeit eine Möglichkeit gibt, im quellnahen Grundwasser zu überdauern (z.B. Königssee-Uferquellen). Die Art findet sich auch in den Quellaustritten der extremen Hochlagen, z.B. im Steinernen Meer. Nach den wenigen bislang vorliegenden Daten können ebenso Mikroturbellarien in hoher Diversität und Dichte im Sediment kleiner quellnaher Bäche und im Übergangsbereich Grundwasser/Oberflächenwasser auftreten, über ihre Bedeutung in Quellen liegen aber noch keine grundlegenden Informationen vor (KOLASA 2002).

Auch die Artenvielfalt und Ökologie der Bauchhaarlinge in Quellen ist noch nicht untersucht worden. Da Vertreter dieser Gruppe mit steigendem Nährstoffgehalt der Gewässer in höheren Artenzahlen auftreten (BALSAMO & TODARO 2002), dürften sie - im zu überprüfenden Gegensatz - in Quellgewässern eine eher untergeordnete Rolle spielen. Rädertiere werden in Fließgewässern oft in den oberen Schichten mineralischer Sedimente in großen Arten- und Individuendichten beobachtet (WALLACE & RICCI 2002). Im Nationalpark wurde die Gruppe artenreich aus dem Königssee nachgewiesen (SIEBECK 1982). Da zu dieser Tiergruppe auch viele semiterrestrische Arten gehören, die im Wasserfilm auf Moosen oder in feuchten Böden existieren, müsste ihre Faunistik und Ökologie in Quellen ein interessantes Studienobjekt sein. Dasselbe gilt schließlich auch für die Bärtierchen, unter denen viele Arten besondere Fähigkeiten zur Überdauerung extremer Lebensumstände besitzen. Diese sind besonders geeignete Besiedler auch von Kleingewässern und semiterrestrischen Lebensräumen der Hochgebirge (NELSON & McINNES 2002), aber Quellhabitats wurden noch nie mit angemessener Methodik untersucht.

### Literatur

- BALSAMO, M. & TODARO, M.A. (2002): Gastrotricha, pp. 45-62 in: RUNDLE, S.D.; ROBERTSON, A.L. & SCHMID-ARAYA, J.M. (Hrsg.): Freshwater Meiofauna: Biology and Ecology: 1-370. Backhuys (Leiden).
- KOLASA, J. (2002): Microturbellaria, pp. 1-14 in: RUNDLE, S.D.; ROBERTSON, A.L. & SCHMID-ARAYA, J.M. (Hrsg.): Freshwater Meiofauna: Biology and Ecology: 1-370. Backhuys (Leiden).
- NELSON, D.R. & McINNES, S.J. (2002): Tardigrada pp. 177-216 in: RUNDLE, S.D.; ROBERTSON, A.L. & SCHMID-ARAYA, J.M. (Hrsg.): Freshwater Meiofauna: Biology and Ecology: 1-370. Backhuys (Leiden).
- SIEBECK, O. (1982): Der Königssee. Eine limnologische Projektstudie. Nationalpark Berchtesgaden, Forschungsbericht 5: 1-131.
- WALLACE, R.L. & RICCI, C. (2002): Rotifera, pp. 15-44 in: RUNDLE, S.D.; ROBERTSON, A.L. & SCHMID-ARAYA, J.M. (Hrsg.): Freshwater Meiofauna: Biology and Ecology: 1-370. Backhuys (Leiden).

### 6.3 Fadenwürmer (Nematoda)

RENÉ SEIML-BUCHINGER & WALTER TRAUNSPURGER

Zu den häufigsten mehrzelligen Tieren gehören die Fadenwürmer, die wegen ihrer schlängelnden Bewegung auch Älchen genannt werden. Sie besiedeln mit Ausnahme der Luft und des Pelagials nahezu alle Lebensräume der Welt und können unter geeigneten Umständen sehr hohe Dichten von bis zu 50 Millionen Individuen pro Quadratmeter erreichen. Im Sediment des Königssees wurden im Litoral Individuenzahlen von bis zu einer Million und selbst in 190 m Wassertiefe noch bis zu 70.000 Individuen pro Quadratmeter ermittelt (TRAUNSPURGER 1991, 1996a, b). Selbst „extreme“ Lebensräume wie die Tiefsee, Wüstenböden, das Eis der Antarktis, heiße Quellen und Gebirgshöhen bis 7000 m werden besiedelt. Wenn die gesamte Materie des Weltalls verschwände und nur die Fadenwürmer übrig blieben – so meinte vor fast 100 Jahren der amerikanische Nematodenforscher N.A. COBB –, dann wäre unsere Erde immer noch als mattschimmernde Hohlkugel aus Fadenwürmern erkennbar. Berge und Täler, Flüsse und Ozeane, Wüsten und Wälder könnte man noch an der Schicht der Fadenwürmer unterscheiden, die dort gelebt haben. Selbst die Städte wären noch sichtbar, und an den Straßen ständen die Bäume noch, geisterhaft dargestellt durch die an ihnen lebenden Würmer. Trotz ihrer von COBB so anschaulich geschilderten Häufigkeit sind die Fadenwürmer den meisten Menschen unbekannt. Dabei zeigen sie bemerkenswerte Anpassungen an Temperaturen bis zu 60 °C, pH-Werte von über 9 und Sauerstoffarmut. Weltweit wurden bisher etwa 20.000 Arten beschrieben, die tatsächliche Artenzahl wird aber auf weit über 100.000 geschätzt. Aus Europa sind bisher etwa 2500 freilebende Arten nachgewiesen.

Die freilebenden Fadenwürmer sind meist fadenförmig lang gestreckt und werden etwa 0,2-5 mm lang. Ihr Körper ist im Querschnitt drehrund, durchscheinend und weist weitgehende Zellkonstanz auf. Parasitische Fadenwürmer können bis 8 m lang werden und bei einigen Pflanzen- und Tierschmarotzern schwellen die Weib-

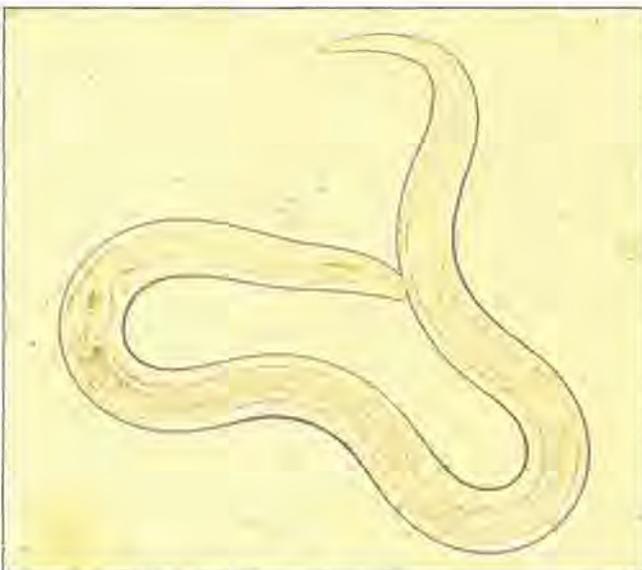
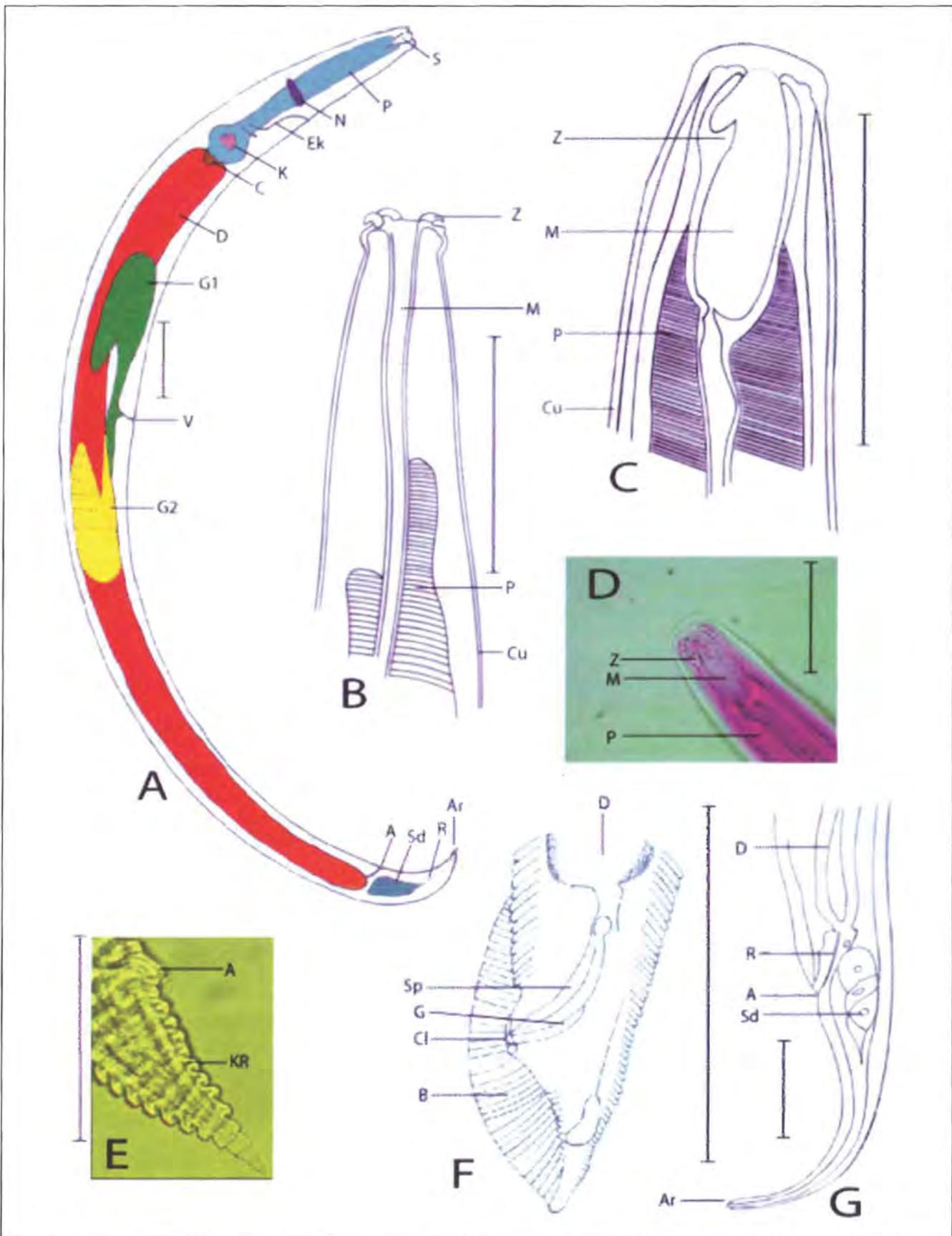


Abb. 6-3-1: *Plectus cirratus* (♀).

chen an und werden unbeweglich. Trotz ihrer uniformen Morphologie zeigen die freilebenden Arten eine hohe Vielfalt an Ernährungstypen (YEATES et al. 1993). In den meisten aquatischen und terrestrischen Habitaten dominieren Bakterien- (z.B. *Plectus*, *Eumonhystera*), Alles- (z.B. *Dorylaimus*, *Tobrilus*) und Algenfresser (z.B. *Punctodora*, *Ethmolaimus*), aber auch Räuber (z.B. *Mononchus*), sowie Pilze und Pflanzen anstechende Arten sind in geringer Zahl vorhanden (TRAUNSPURGER 1997). Der Aufbau des Verdauungssystems ist bei allen Fadenwürmern gleich; es besteht aus Mundhöhle, Schlund, Mitteldarmrohr und Enddarm mit After. (Abb. 6-3-2). Die Mundhöhle ist entsprechend der Lebensweise sehr unterschiedlich ausgebildet und stellt ein wichtiges Bestimmungsmerkmal zur Unterscheidung der Formen dar. Der Schlund ist ein einfaches Rohr mit muskulösen Wänden, die als Pumpe wirken und die aufgenommene Nahrung gegen den Körperinnendruck in den Darm pressen. Der Mitteldarm, ein dünnwandiges gerades Rohr, entzieht der aufgenommenen Nahrung die Aufbau- und Baustoffe. Der kurze muskulöse Enddarm verbindet Mitteldarm und After und dient als Verschluss (WEISCHER 1979).

Neben den freilebenden Arten ist die große Gruppe der parasitischen Nematoden zu berücksichtigen. Pflanzenschädigende Fadenwürmer leben fast alle für kürzere oder längere Zeit im Boden und befallen von da aus ihre Wirtspflanzen. Dabei durchbohren sie mit ihrem hohlnadelartigen Mundstachel die Zellwände und geben Enzyme oder auch Giftstoffe ab, die den Zellinhalt chemisch verändern und das Pflanzengewebe auflockern. Aufgrund ihrer Lebensweise unterscheiden wir wandernde und festsitzende Pflanzenbewohner. Im einfachsten Falle bleiben die Würmer während ihres ganzen Lebens im Boden und saugen von da aus an den Wurzeln (z.B. *Helicotylenchus*, *Rotylenchus*, *Paratylenchus*). Eine weitere Spezialisierung zum Parasitismus zeigen die Arten der Gattungen *Pratylenchus* und *Radopholus*, da ihre Fortpflanzung im Pflanzengewebe stattfindet. Noch stärker an die Pflanze gebunden sind einige Arten, die die oberirdischen Pflanzenteile befallen (z.B. *Ditylenchus*, *Aphelenchoides*). Ihr aktives Leben spielt sich nur in der Pflanze ab, wo sie auch umherwandern. Der Boden ist für sie nur der Ort, an dem sie ungünstige Zeiten überdauern (WEISCHER 1979).

Die Fortpflanzung ist immer ein- oder zweigeschlechtlich, niemals ungeschlechtlich. Die meisten freilebenden Nematoden sind getrenntgeschlechtlich, einzelne zwittrig. Das Zahlenverhältnis von Männchen zu Weibchen ist je nach Art verschieden; es kann sogar innerhalb einer Art bei verschiedenen Populationen unterschiedlich sein. Trotz der sehr unterschiedlichen Lebensweisen ist die Entwicklung vom Embryo zum erwachsenen Tier grundsätzlich gleich. Die Eier werden im Boden oder Sediment abgelegt und sich selbst überlassen. Die vier juvenilen Stadien und das adulte Stadium sind durch Häutungen voneinander getrennt. Bei jeder Häutung wird die gesamte Deckschicht (Cuticula) einschließlich der Auskleidung der Mundhöhle, Drüsenausführgängen und



**Abb. 6-3-2:** **A** *Plectus cirratus* (♀): laterale Ansicht; **B** *Ironus tenuicaudatus* (♀): Mundhöhle laterale Ansicht; **C** *Mononchus truncatus* (♀): Mundhöhle laterale Ansicht; **D** *Mononchus truncatus* (♀): Mundhöhle (400 x); **E** *Criconema longulum* (♀): Schwanz (1000 x); **F** *Belonolaimidae* (♂): Schwanz **G** *Plectus cirratus* (♀): Schwanz laterale Ansicht; **Maßstab A-G:** 50 µm.

**A** - Anus; **Ar** - Drüsenausführröhrchen; **B** - Bursa (Struktur beim Männchen zum festhalten des Weibchens während der Fortpflanzung); **C** - Cardia (Verbindung zwischen Pharynx und Darm); **Cl** - Cloake (Anus und Geschlechtsöffnung); **Cu** - Cuticula (Haut); **D** - Darm; **Ek** - Exkretionskanal; **G** - Gubernaculum (Führungsstruktur der Spicula); **G1** - vordere Gonade; **G2** - hintere Gonade; **K** - Klappenapparat; **KR** - Körperringe; **M** - Mundhöhle; **N** - Nervenring; **P** - Pharynx (Schlund); **R** - Rektum (Enddarm); **S** - Seitenorgan; **Sd** - Schwanzdrüsen; **Sp** - Spicula (Organ zum Öffnen der Vulva während der Fortpflanzung); **V** - Vulva; **Z** - Zahn.

Enddarm abgestoßen. Während der juvenilen Entwicklung können Arten einiger Gattungen (z.B. *Caenorhabditis*) bei ungünstigen Bedingungen ein Dauerstadium bilden. In der Regel ist dieses durch eine nicht vollendete Häutung gekennzeichnet. Erst bei günstigeren Umweltbedingungen wird die Häutung endgültig beendet.

Fadenwürmer werden für die Bewertung der Güte aquatischer und terrestrischer Habitats eingesetzt. Sie weisen gegenüber vielen anderen Organismen eine Vielzahl von Vorteilen auf: die Fähigkeit, nahezu alle Lebensräume zu besiedeln, hohe Individuendichten, großer Artenreichtum, geringe Mobilität und kurze Generationszeiten von wenigen Tagen bis Monaten machen viele Arten als Bioindikatoren interessant (HÖSS & TRAUNSPURGER 2003).

Eine besondere Gruppe von Nematoden sind die Mermithiden. Sie sind in ihrer Entwicklung auf ein parasitisches Zwischenstadium angewiesen. Sie parasitieren Invertebraten, vor allem Insekten, aber auch Spinnen, Krebstiere, Egel und sogar andere Nematoden. Die adulten Tiere der meisten Arten legen ihre Eier im Habitat des Wirtes. Dort entwickeln sich die Juvenilen bis zur ersten Häutung, welche im Ei stattfindet. Das Tier schlüpft also im zweiten Stadium (= infektiöses Stadium). Sobald es den Wirt gefunden hat, durchdringt es direkt durch die Kutikula, wandert in die Leibeshöhle und wächst bis zur nächsten Häutung.

Nach dieser Phase ist bei den meisten Arten die parasitische Entwicklung vorbei und die Tiere verlassen ihren Wirt. Die letzten Entwicklungsstadien bis zur Geschlechtsreife werden als freilebender Wurm vollendet. Einige Arten vollenden ihre Entwicklung auch gänzlich als Parasit und verlassen erst als adultes Tier den Wirt (POINAR 1975).

Der Lebensraum Quelle ist in Bezug auf die Fadenwürmer bislang weitgehend vernachlässigt worden. Eine erste Arbeit zu diesem Thema wurde vor über achtzig Jahren publiziert (SCHNEIDER 1923), seither beschäftigten sich nur noch PAX & SOÓS (1950) mit quellbewohnenden Arten aus Mineralquellen. SCHNEIDER (1923) fand in 12 Quellen insgesamt 26 Arten, während im Nationalpark in 5 Quellen 54 Arten gefunden wurden (SEIML-BUCHINGER 2004). Nur sieben Arten kommen sowohl in holsteinischen als auch Berchtesgadener Quellen vor. Diese Arten sind alle nicht an einen bestimmten Lebensraum gebunden, und kommen sowohl limnisch als auch terrestrisch vor.

Die im Rahmen der Untersuchungen im Nationalpark Berchtesgaden angewandten Standardmethoden sind aus verschiedenen Gründen (angewandte Maschenweite, Fixierung der Proben in Ethanol oder Sortierung im Gelände) nicht geeignet, um die Vertreter der Gruppe angemessen zu erfassen. Die im Folgenden vorgestellte Erfassung entstand aus einem eigenständigen Projekt, dessen Ergebnisse Grundlage einer Diplomarbeit waren (SEIML-BUCHINGER 2004).

## Methodik

Die Proben wurden aus den obersten Bodenschichten des Quellgrundes entnommen. Um vergleichbare Bodenproben zu erhalten, wurden die obersten 4 cm Sediment mit einem Stechrohr (Durchmesser 2,6 cm) entnommen. Die Fixierung der Proben erfolgte mit ca. 3 ml 37%igem Formol (SEINHORST 1962), zudem wurden sie mit Bengalrosa angefärbt. Zur Gewinnung der Fadenwürmer aus dem Sediment wurde einer Dichtezentrifugation bei 800G mit Ludox® TM-50 (1,14 g/ml) durchgeführt (BOWEN et al. 1972, DE JONGE & BOUWMAN 1977). Anschließend wurden bei 25facher Vergrößerung die Fadenwürmer aussortiert und gezählt. Andere Organismen des Meiobenthos (z. B. Bärtierchen, Muschelkrebse) wurden in Gruppen sortiert und ebenfalls gezählt.

Die Bestimmung erfolgte am Mikroskop bei Ölimmersion (1000 fache Vergrößerung). Wichtige Bestimmungsmerkmale sind die Morphometrie und Form, der Aufbau der Mundhöhle, die Lage und Struktur der Seitenorgane, der Schlund ("Ösophagus"), die Form und Anzahl der weiblichen Gonaden und die Gestalt der männlichen Spicula. Bei vielen Arten kann eine sichere Bestimmung nur bei Vorliegen beider Geschlechter vorgenommen werden (LOOF 1999).

Im Rahmen dieses Projekts wurden fünf unterschiedliche Standorte auf Meereshöhen zwischen 820 und 1890 m untersucht: Die Langzeituntersuchungsstellen Herrenröint (Quelle 300 und Quellbach 304), eine Quelle im Gebiet Klausbach-Hintersee (519) sowie die Sittersbach-Quellen (495, 497). Der Anteil der Nematoden am Gesamtbenthos lag in den Proben im Mittel bei 41 % (21-76%), die Dichte zwischen 250.000 und 500.000 Individuen pro Quadratmeter.

Insgesamt 489 der 3597 gesammelten Nematoden konnten auf Artniveau bestimmt und 54 Arten zugeordnet werden. Weitere 30 „Taxa“ (1109 Individuen) konnten nicht eindeutig zugeordnet werden (SEIML-BUCHINGER 2004).

Die meisten der gefundenen Arten weisen eine weite Verbreitung auf und sind nicht an einen speziellen Lebensraum wie z. B. Quellen oder das Grundwasser gebunden. Eine Einteilung in terrestrische und limnische Arten zeigt keine Präferenz: 9 % der Arten sind als terrestrisch zu klassifizieren, 13 % als limnisch. Die meisten Arten (78 %) besiedeln beide Lebensräume.

## Freilebende Tylenchida

### Familie Tylenchidae

*Tylenchus spec.*

**Vorkommen im Nationalpark:** Herrenröint 300, 10 Exemplare, 304, 4 Exemplare; Sittersbach 495, ein Exemplar, 497, 2 Exemplare.

*Filenchus helenae* (SZCZYGIEL, 1969)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint 300, ein Exemplar.

Habitat & Biologie: In Holland in einem Buchenforst auf kalkreichem Lössboden (BONGERS 1994), saugt Wurzelzellen als Ektoparasit aus (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Mitteleuropa.

*Filenchus quartus* (SZCZYGIEL 1969)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint 300, 8 Exemplare, 304, 8 Exemplare; Klausbach-Hintersee 519, ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Sandiger Lehmboden, an den Wurzeln von Erdbeeren (BONGERS 1994), saugt Wurzelzellen als Ektoparasit aus (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Mitteleuropa.

*Filenchus vulgaris* (BRZESKI, 1963)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint 300, 15 Exemplare; Sittersbach 495, ein Exemplar, 497, ein Exemplar; Klausbach-Hintersee 519, ein Exemplar; Königssee (TRAUNSPURGER 1991).

Habitat & Biologie: Terrikol, in Ungarn in einem natronhaltigem Teich (LOOF 2001), saugt Wurzelzellen als Ektoparasit aus (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Mitteleuropa.

*Filenchus spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint 300, 21 Exemplare; 304, 7 Exemplare; Sittersbach 495, 2 Exemplare, 497, ein Exemplar; Klausbach-Hintersee 519, 4 Exemplare. Schwarzensee (TRAUNSPURGER 1991).

*Aglenchus agricola* (DE MAN, 1884)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint 300, 3 Exemplare; Sittersbach 495, 2 Exemplare; Königssee (TRAUNSPURGER 1991).

Habitat & Biologie: Terrestrisch oder limnisch, in trockenen oder nassen Böden, Bächen und Tümpeln; Salzbiotope (LOOF 2001), huminhaltige Böden (BRZESKI 1998), saugt Wurzelzellen als Ektoparasit aus (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolit außer Australien.

#### **Familie Tylodoridae**

*Cephalenchus hexalineatus* (GERAERT, 1962)

Vorkommen im Nationalpark: Sittersbach 495, ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Terrestrisch (BONGERS, 1994).

Verbreitung: Mitteleuropa.

#### **Familie Belonolaimidae (Abb. 6-3-2 F)**

Vorkommen im Nationalpark: Sittersbach 497, ein Exemplar.

#### **Familie Pratylenchidae**

*Pratylenchus spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint 300, ein Exemplar.

#### **Familie Paratylenchidae**

*Paratylenchus spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint 300, 2 Exemplare.

#### **Familie Hoplolaimidae**

*Helicotylenchus pseudorobustus* (STEINER, 1914)

Vorkommen im Nationalpark: Sittersbach 495, ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Wiesen, feuchte Ufer, Moore, Gräben (LOOF 2001), Krautmatten (BRZESKI 1998), saugt Wurzelzellen als Ecto- oder Endoparasit aus (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Europa, Nordamerika.

*Helicotylenchus varicaudatus* (YUEN, 1964)

Vorkommen im Nationalpark: Sittersbach 495, 4 Exemplare.

Habitat & Biologie: Terrestrisch in Wäldern und auf Wiesen, limnisch, an feuchten Ufern und in Kanälen (LOOF 2001), saugt Wurzelzellen als Ecto- oder Endoparasit aus (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Europa.

*Helicotylenchus vulgaris* (YUEN, 1964)

Vorkommen im Nationalpark: Sittersbach 495, ein Exemplar.

Habitat & Biologie:

Terrestrisch, aber auch an sehr feuchten Flussufern (LOOF 2001), saugt Wurzelzellen als Ecto- oder Endoparasit aus (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Europa, Südafrika.

*Helicotylenchus spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint 300, ein Exemplar; 304, 4 Exemplare; Sittersbach 495, 2 Exemplare; Klausbach-Hintersee 519, ein Exemplar. Grünsee (TRAUNSPURGER 1991).

*Rotylenchus buxophilus* (GOLDEN, 1956)

Vorkommen im Nationalpark: Sittersbach 495, ein Exemplar.

Habitat & Biologie:

Terrestrisch, Rhizosphäre krautiger und holziger Pflanzen, im Inn im Bodenschlamm (LOOF 2001), saugt Wurzelzellen als Ecto- oder Endoparasit aus (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch

*Rotylenchus quartus* (ANDRASSY, 1958)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint 300, ein Exemplar; Sittersbach 495, ein Exemplar.

Habitat & Biologie:

Terrikole Art, oft an Graswurzeln, aber auch in Ufervegetation und Wasseransammlungen (LOOF 2001), saugt Wurzelzellen als Ekto- oder Endoparasit aus (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Europa.

*Rotylenchus robustus* (DE MAN, 1876)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt 304, 2 Exemplare; Sittersbach 495, ein Exemplar; Klausbach-Hintersee 519, 2 Exemplare.

Habitat & Biologie: Terrestrisch; Wiesen, in Gräben (LOOF 2001), saugt Wurzelzellen als Ekto- oder Endoparasit aus (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Rotylenchus spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt 304, 4 Exemplare; Sittersbach 495, 2 Exemplare, 497, 2 Exemplare; Klausbach-Hintersee 519, 16 Exemplare.

#### **Familie Criconematidae**

*Criconema demani* (MICOLETZKY, 1925)

Vorkommen im Nationalpark:

Herrenrönt 300, ein Exemplar; Klausbach-Hintersee 519, 2 Exemplare.

Habitat & Biologie: Nasse, schwere Böden, Grabenufer, Carex-Uferwiesen (LOOF 2001), Ektoparasit an Wurzeln (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Criconema longulum* (GÜNHOLD, 1953) (Abb. 6-3-2, E)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt 300, 2 Exemplare; 304, ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Sandige Böden, Tonböden, Moore, Blattstreu, Rhizosphäre (LOOF 2001), Ektoparasit an Wurzeln (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Criconema spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt 300, 7 Exemplare; 304, ein Exemplar; Klausbach-Hintersee 519, ein Exemplar.

*Criconemoides informis* (MICOLETZKY, 1922)

Vorkommen im Nationalpark: Sittersbach 495, ein Exemplar, 497, ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Sehr euryöke Art; trockene, sandige Böden (z.B. Dünen), feuchte Böden, Grabenufer, sogar im Wasser (Gräben, Sümpfe) (LOOF 2001), Ektoparasit an Wurzeln (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Criconemoides spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Klausbach-Hintersee 519, ein Exemplar.

*Mesocriconema curvatum* (RASKI, 1952)

Vorkommen im Nationalpark: Sittersbach 495, ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Terrikole Art, als Pflanzenparasit schädlich, aquatisch in Grotten und Höhlen, an Flussufern, in Gräben an *Elodea canadensis*, Ufer von Ästuaren, Wattenstrand (LOOF 2001), Ektoparasit an Wurzeln (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Mesocriconema kirjanovae* (ANDRASSY, 1962)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt 304, ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Feuchte Wiesen, Waldböden, Flüsse, Flussufer, auch im Bodenschlamm des Rotterdamer Hafens (LOOF 2001), Ektoparasit an Wurzeln (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Europa.

*Mesocriconema rusticum* (MICOLETZKY, 1915)

Vorkommen im Nationalpark: Sittersbach 495, ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Wiesen, Tümpel, Weiden, Baumwurzeln (LOOF 2001), Ektoparasit an Wurzeln (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Mesocriconema vadense* (LOOF, 1964)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt 304, ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Feuchte Wiesen, Gräben, Sümpfe (LOOF 2001), Ektoparasit an Wurzeln (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Europa.

*Macroposthonia spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt 300, ein Exemplar.

#### **Familie Hemicycliophoridae**

*Hemicycliophora spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Sittersbach 495, ein Exemplar.

#### **Aphelenchida - Familie Aphelenchoididae**

*Aphelenchoides composticola* (FRANKLIN, 1957)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt 300, ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Geschlechtsreife bei 23 °C in 8 Tagen, überlebt Einfrieren und Austrocknung, Ektoparasit an Schimmelpilzen (z.B. *Armillaria mellea*, *Suillus granulatus*) (BONGERS 1994, YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Aphelenchoides spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt 304, ein Exemplar.

#### **Rhabditida - Familie Bunonematidae**

*Bunonema reticulatum* (RICHTERS, 1905)

Vorkommen im Nationalpark: Sittersbach 495, ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Detritus, Moos, Süßwasser (BONGERS 1994), Bakterienfresser (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch.

## **Chromadorida - Familie Ethmolaimidae**

*Ethmolaimus* (cf.) *pratensis* (DE MAN, 1880)

Vorkommen im Nationalpark:

Herrenroint 300, ein Exemplar; Königssee (TRAUNSPURGER 1991).

Habitat & Biologie: Terrestrisch (auf feuchten Wiesen, aber auch an sandigen Ufern), limnisch. (BONGERS 1994), Bakterienfresser/Algenfresser (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch.

## **Familie Achromadoridae**

*Achromadora* (cf.) *longicauda* (SCHNEIDER, 1937)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, 2 Exemplare, 304, ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Terrestrisch (ANDRASSY 1984), evtl. einzellige Eukaryoten (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Deutschland, Russland, Sumatra.

## **Familie Desmodoridae**

*Prodesmodora* (cf.) *circulata* (MICOLETZKY, 1913)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, 2 Exemplare. Funtensee, Grünsee, Schwarzensee (TRAUNSPURGER 1991).

Habitat & Biologie: Stehende und fließende Gewässer (BONGERS 1994), Bakterienfresser (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Prodesmodora* spec.

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, ein Exemplar.

## **Familie Plectidae**

*Plectus aquatilis* (ANDRASSY, 1985)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, 3 Exemplare; Sittersbach 495, 3 Exemplare; Königssee, Funtensee, Grünsee, Schwarzensee (TRAUNSPURGER 1991).

Habitat & Biologie: Terrestrisch, limnisch (BONGERS 1994), überlebt Einfrieren, Bakterienfresser (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Plectus cirratus* (BASTIAN, 1865)

(Abb. 6-3-1, Abb. 6-3-2 A, G)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 304, 2 Exemplare; Klausbach-Hintersee 519, ein Exemplar; Königssee, Funtensee (TRAUNSPURGER 1991).

Habitat & Biologie: Terrestrisch, limnisch (ANDRASSY 1984), überlebt Einfrieren, Bakterienfresser (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Plectus parietinus* (BASTIAN, 1865)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, ein Exemplar; Sittersbach 495, 2 Exemplare.

Habitat & Biologie: Terrestrisch, limnisch (ANDRASSY 1984), Bakterienfresser (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Plectus* spec.

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, 11 Exemplare; 304, ein Exemplar, Sittersbach 495, 7 Exemplare, 497, 31 Exemplare; Klausbach-Hintersee 519, 9 Exemplare, Funtensee, Schwarzensee (TRAUNSPURGER 1991).

## **Familie Teratocephalidae**

*Teratocephalus costatus* (ANDRASSY, 1958)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, 5 Exemplare.

Habitat & Biologie: Terrestrisch (BONGERS 1994), Bakterienfresser (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Teratocephalus* spec. 1

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, ein Exemplar, Sittersbach 495, 2 Exemplare, 497, 2 Exemplare; Klausbach-Hintersee 519, ein Exemplar.

*Teratocephalus* spec. 2

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, ein Exemplar.

## **Familie Prismatolaimidae**

*Prismatolaimus dolichurus* (DE MAN, 1880)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, ein Exemplar; Königssee (TRAUNSPURGER 1991).

Habitat & Biologie: Terrestrisch, limnisch, (SCHNEIDER 1939), evtl. Bakterienfresser (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Prismatolaimus* (cf.) *intermedius* (BÜTSCHLI, 1873)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, ein Exemplar; Sittersbach 495, 2 Exemplare; Klausbach-Hintersee 519, 4 Exemplare; Königssee (TRAUNSPURGER 1991).

Habitat & Biologie: Terrestrisch, limnisch, scheint kalkarme Biotope zu bevorzugen, allerdings nicht in Mooren (SCHNEIDER 1939), evtl. Bakterienfresser (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Prismatolaimus* spec.

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, 15 Exemplare; 304, 3 Exemplare; Sittersbach 495, 4 Exemplare, 497, 4 Exemplare; Klausbach-Hintersee 519, 14 Exemplare.

## **Familie Rhabdolaimidae**

*Rhabdolaimus* (cf.) *limnophilus* (Soós, 1937)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, 2 Exemplare.

**Habitat & Biologie:** Limnisch (ANDRASSY 1984), Bakterienfresser (YEATES et al. 1993).

**Verbreitung:** Deutschland, Spanien, Tschechien, Slowakei.

*Rhabdolaimus terrestris* (DE MAN, 1880)

**Vorkommen im Nationalpark:** Herrenroint 300, 3 Exemplare; Sittersbach 495, ein Exemplar; Königssee (massenhaft), Funtensee, Grünsee, Schwarzensee (TRAUNSPURGER 1991).

**Habitat & Biologie:**

Terrestrisch, limnisch, feuchtem Lehmboden, Dünen, Heidewäldchen (BONGERS 1994), Bakterienfresser (YEATES et al. 1993).

**Verbreitung:** Kosmopolitisch.

*Rhabdolaimus spec.*

**Vorkommen im Nationalpark:** Herrenroint 304, 4 Exemplare; Sittersbach 495, ein Exemplar, 497, 17 Exemplare.

### Monhysterida - Familie Monhysteridae

*Monhystera unispiculata* (GAGARIN, 1979)

**Vorkommen im Nationalpark:** Sittersbach 495, ein Exemplar.

**Habitat & Biologie:** Limnisch, in jedem Typ stehender Gewässer; semiterrestrisch im feuchten Moos (ANDRÁSSY 1984), Bakterienfresser (YEATES et al. 1993).

**Verbreitung:** Deutschland, Russland.

*Monhystera spec.*

**Vorkommen im Nationalpark:** Herrenroint 300, 5 Exemplare, 304, 5 Exemplare; Sittersbach 495, 24 Exemplare, 497, 11 Exemplare; Klausbach-Hintersee 519, 3 Exemplare.

*Eumonhystera barbata* (ANDRASSY, 1981)

**Vorkommen im Nationalpark:** Sittersbach 495, ein Exemplar; Königssee, Funtensee (TRAUNSPURGER 1991).

**Habitat & Biologie:** Höhlengewässer, feuchter Boden (ANDRÁSSY 1984), Bakterienfresser (YEATES et al. 1993).

**Verbreitung:** Deutschland, Ungarn, Paraguay.

*Eumonhystera filiformis* (BASTIAN, 1865)

**Vorkommen im Nationalpark:** Sittersbach 495, 4 Exemplare; Königssee, Funtensee, Grünsee, Schwarzensee (TRAUNSPURGER 1991).

**Habitat & Biologie:** Terrestrisch, limnisch, feuchte Böden, Aufwuchs an Steinen und Pflanzen im Süßwasser (BONGERS 1994), Bakterienfresser (YEATES et al. 1993).

**Verbreitung:** Kosmopolitisch.

*Eumonhystera hungarica* (ANDRASSY, 1981)

**Vorkommen im Nationalpark:** Herrenroint 304, 4 Exemplare; Sittersbach 495, 3 Exemplare

**Habitat & Biologie:** Feuchtes Moos (ANDRASSY 1984), Bakterienfresser (YEATES et al. 1993).

**Verbreitung:** Deutschland, Ungarn.

*Eumonhystera longicaudatula*

(GERLACH & RIEMANN, 1973)

**Vorkommen im Nationalpark:** Herrenroint 300, 3 Exemplare, 304, 2 Exemplare; Sittersbach 495, 15 Exemplare, 497, 3 Exemplare; Klausbach-Hintersee 519, 8 Exemplare; Königssee, Funtensee, Grünsee, Schwarzensee (TRAUNSPURGER 1991).

**Habitat & Biologie:** Limnisch (ANDRASSY 1984), Bakterienfresser (YEATES et al. 1993).

**Verbreitung:** Deutschland, Polen, Schweiz, Mongolei.

*Eumonhystera pseudobulbosa* (DADAY, 1896)

**Vorkommen im Nationalpark:** Herrenroint 304, 2 Exemplare.

**Habitat & Biologie:** Süßgewässer, Salzbiotope (ANDRASSY 1984), Bakterienfresser (YEATES et al. 1993).

**Verbreitung:** Deutschland, Österreich, Ungarn, Nepal.

*Eumonhystera similis* (BÜTSCHLI, 1873)

**Vorkommen im Nationalpark:** Herrenroint 300, 6 Exemplare, 304, 10 Exemplare; Sittersbach 495, 8 Exemplare, 497, 18 Exemplare; Klausbach-Hintersee 519, 5 Exemplare; Königssee, Funtensee, Grünsee (TRAUNSPURGER 1991).

**Habitat & Biologie:** Terrestrisch, limnisch (BONGERS 1994), Bakterienfresser (YEATES et al. 1993).

**Verbreitung:** Kosmopolitisch.

*Eumonhystera vulgaris* (DE MAN, 1880)

**Vorkommen im Nationalpark:** Herrenroint 300, 5 Exemplare, 304, 3 Exemplare; Sittersbach 495, 9 Exemplare, 497, 9 Exemplare; Klausbach-Hintersee 519, 2 Exemplare; Königssee, Schwarzensee (TRAUNSPURGER 1991).

**Habitat & Biologie:** Terrestrisch, limnisch (BONGERS 1994), Bakterienfresser (YEATES et al. 1993).

**Verbreitung:** Kosmopolitisch.

*Eumonhystera spec.*

**Vorkommen im Nationalpark:** Herrenroint 300, 58 Exemplare, 304, 97 Exemplare; Sittersbach 495, 79 Exemplare, 497, 93 Exemplare; Klausbach-Hintersee 519, 86 Exemplare.

### Enoplida - Familie Ironidae

*Ironus ignavus* (BASTIAN, 1865)

**Vorkommen im Nationalpark:** Herrenroint 300, 2 Exemplare.

**Habitat & Biologie:** Limnisch (BONGERS 1994).

**Verbreitung:** Kosmopolitisch.

*Ironus longicaudatus* (DE MAN, 1884)

**Vorkommen im Nationalpark:** Klausbach-Hintersee 519, ein Exemplar; Königssee, Schwarzensee (TRAUNSPURGER 1991).

**Habitat & Biologie:** Limnisch, teilweise auch terrestrisch (BONGERS 1994), räuberisch an Invertebraten (YEATES et al. 1993).

**Verbreitung:** Kosmopolitisch.

*Ironus tenuicaudatus* (DE MAN, 1876) (Abb. 6-3-2 B)  
Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, 5 Exemplare; Königssee, Funtensee, Grünsee, Schwarzensee (TRAUNSPURGER 1991).

Habitat & Biologie: Terrestrisch, limnisch, lebt räuberisch von Diatomeen und Oligochaeten (BONGERS 1994).  
Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Ironus spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, 12 Exemplare, 304, ein Exemplar; Sittersbach 495, ein Exemplar, 497, ein Exemplar.

#### Familie Tobrilidae

*Tobrilus* (cf.) *pellucidus* (BASTIAN, 1865)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, 70 Exemplare, 304, 3 Exemplare; Sittersbach 495, 136 Exemplare, 497, 19 Exemplare; Klausbach-Hintersee 519, 7 Exemplare; Königssee (TRAUNSPURGER 1991).

Habitat & Biologie: Limnisch, in feuchten Weidegründen (BONGERS 1994), räuberisch an anderer Wirbellosen (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Afrika, Europa.

*Tobrilus spec. 1*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, 85 Exemplare, 304, 4 Exemplare; Sittersbach 495, 31 Exemplare, 497, 33 Exemplare; Klausbach-Hintersee 519, 20 Exemplare.

*Tobrilus spec. 2*

Vorkommen im Nationalpark: Sittersbach 495, ein Exemplar.

#### Familie Alaimidae

*Alaimus* (cf.) *primitivus* (DE MAN, 1880)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, 2 Exemplare; Klausbach-Hintersee 519, ein Exemplar; Königssee, Funtensee (TRAUNSPURGER 1991).

Habitat & Biologie: Limnisch, terrestrisch (BONGERS 1994), Bakterienfresser (YEATES et al. 1993)

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Alaimus spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 304, ein Exemplar; Klausbach-Hintersee 519, 2 Exemplare.

*Paramphidelus spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, ein Exemplar.

#### Familie Mononchidae

*Mononchus truncatus* (BASTIAN, 1865) (Abb. 6-3-2 C, D)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, ein Exemplar; Sittersbach 497, ein Exemplar; Klausbach-Hintersee 519, ein Exemplar; Königssee (TRAUNSPURGER 1991).

Habitat & Biologie: Limnisch (Gräben, Flüsse, Weiher, Bäche, Seen) (LOOF 1999) und Uferzone (BONGERS 1994), räuberisch an Invertebraten (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Mononchus spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Sittersbach 495, 4 Exemplare, 497, 3 Exemplare; Klausbach-Hintersee 519, 11 Exemplare. Funtensee (TRAUNSPURGER 1991).

#### Dorylaimida - Familie Dorylaimidae

*Dorylaimus crassus* (DE MAN, 1884)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 304, ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Wassergetränkte Erde (SCHNEIDER 1939), Allesfresser (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Deutschland, Holland.

*Dorylaimus hofmaenneri* (MENZEL, 1914)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Limnisch, aber auch terrestrisch, bis 2700 m (SCHNEIDER 1939), Allesfresser (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Deutschland, Holland.

*Dorylaimus* (cf.) *stagnalis* (DUJARDIN, 1845)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbach-Hintersee 519, ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Süßwasser, aber auch in nassen Böden in den Wurzelzonen (BONGERS 1994), Allesfresser (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Deutschland, Holland.

*Dorylaimus spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint 300, 37 Exemplare, 304, 75 Exemplare; Sittersbach 495, 5 Exemplare, 497, 35 Exemplare; Klausbach-Hintersee 519, 24 Exemplare.

*Eudorylaimus* (cf.) *carteri-brevis* Gruppe

Vorkommen im Nationalpark: Sittersbach 495, 25 Exemplare.

Habitat & Biologie: Böden und Gewässer (Gräben, Bäche, Teiche) (LOOF 1999), räuberisch an Invertebraten (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Mitteleuropa.

*Mesodorylaimus centrocercus* (DE MAN, 1880)

Vorkommen im Nationalpark: Sittersbach 495, ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Feuchte Wiesen, Ufer von Gräben und Flüssen (LOOF 1999, BONGERS 1994), Allesfresser (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Prodorylaimus spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Klausbach-Hintersee 519, ein Exemplar.

*Mesodorylaimus* spec.

Vorkommen im Nationalpark: Sittersbach 497, ein Exemplar; Klausbach-Hintersee 519, ein Exemplar. Funtensee, Grünsee, Schwarzensee (TRAUNSPURGER 1991).

#### Familie Dorylaimoididae

*Dorylaimoides* oder *Morasia*

Bemerkung: Die Weibchen dieser Gattungen sind nicht voneinander zu unterscheiden (LOOF 1999).

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint 304, ein Exemplar.

#### Familie Tylencholaimellidae

*Doryllium* spec.

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint 304, ein Exemplar.

*Tylencholaimellus* (cf.) *striatus* (THORNE, 1939)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint 300, 3 Exemplare.

Habitat & Biologie: Feuchte Böden, im Brack und im Süßwasser (LOOF 1999, BONGERS 1994), Pilzfresser (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Kosmopolitisch.

#### Familie Nordiidae

*Enchodelus macrodorus* (DE MAN, 1880)

Vorkommen im Nationalpark: Sittersbach 497, ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Bewohner feuchter Böden und Moore, bisweilen im Süßwasser (BONGERS 1994), (LOOF 1999), Allesfresser (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: kosmopolitisch

#### Familie Tylencholaimidae

*Tylencholaimus proximus* (THORNE, 1939)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint 300, 3 Exemplare.

Habitat & Biologie: Meist terrikol, wurde aber auch in einem Gebirgsbach gefunden (LOOF 1999), Pilzfresser (YEATES et al. 1993).

Verbreitung: Mitteleuropa, Spitzbergen, USA.

*Tylencholaimus* spec.

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint 300, ein Exemplar; Sittersbach 495, ein Exemplar.

## Parasitische Nematoda

### Mermithida - Familie Mermithidae

Die Arten dieser Familie leben vor Erreichen des Adultstadiums als Endoparasiten von Insekten verschiedener Ordnungen. Bei unseren Untersuchungen im Nationalpark konnten solche parasitischen Jugendstadien in Steinfliegenlarven der Gattung *Protonemura* aus der unteren Rotwasserquelle (258, 10.9.1999) und in Imagines derselben Gattung beobachtet werden, die in der Falle bei Herrenröint 318 schlüpften (insgesamt fünf erwachsene Exemplare, zwischen 5. Juli und 4. Oktober 1996).

Die verwurmt Individuen zeigen so starke Vereinfachungen der sekundären männlichen Geschlechtsmerkmale, dass manchmal das Geschlecht kaum noch erkennbar und die Artbestimmung nicht mehr möglich ist (RAVIZZA & ZWICK im Druck). Unbestimmbare Vertreter der Familie Mermithidae wurden in der Koppenwand-Quelle 390 in vier Exemplaren nachgewiesen.

*Gastromermis interstitialis* (KAISER & KIRCHENGAST, 1979)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint 300, 2 Exemplare; Gotzenalm 798, ein Exemplar (Bestimmung unsicher).

*Limnomermis* sp.

Vorkommen im Nationalpark: Koppenwand 380, ein Exemplar.

### Dank

Die Bestimmung der Mermithida erfolgte durch Helmut Kaiser (Graz). Ihm sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

### Literatur

ANDRASSY, I. (1984): Klasse Nematoda. Akademie Verlag, Berlin.

BONGERS, T. (1994): De Nematoden van Nederland. Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht.

BOWEN, R.A.; ONGE, J.M. ST.; COLTON, J.B. & PRICE, C.A. (1972): Density-gradient centrifugation as an aid sorting planktonic organisms. 1. Gradient materials. *Marine Biology*, 14: 242-247.

BRZESKI, M.W. (1998): Nematodes of Tylenchina in Poland and temperate Europe. Warschau.

HÖSS, S. & TRAUNSPURGER, W. (2003): Nematodes, pp. 529-554 in: MARKERT, B.A.; BREURE, A.M. & ZECHMEISTER, H.G. (Hrsg.): Bioindicators & Biomonitoring - Principles, Concepts and Applications, Elsevier.

- DE JONGE, V.N. & BOUWMAN, L.A. (1977): A simple density separation technique for quantitative isolation of meiobenthos using the colloidal silica LUDOX-TM\*. *Marine Biology*, 42: 143-148.
- LOOF, P.A.A. (1999): Nematoda, Adenophorea (Dorylaimida). in SCHWOERBEL, J. & ZWICK, P. (Hrsg.): Süßwasserfauna Mitteleuropas. Spektrum, Heidelberg, Berlin.
- LOOF, P.A.A. (2001): Nematoda, Secernentea (Tylenchida, Aphelenchida), in SCHWOERBEL, J. & ZWICK, P. (Hrsg.): Süßwasserfauna Mitteleuropas. Spektrum, Heidelberg, Berlin.
- MALAKOV, V.V. & HOPE, W.D. (Hrsg.) (1994): Nematodes – Structure, Development, Classification, and Phylogeny, Smithsonian Institution Press, Washington.
- NICHOLAS, W.L. (1984): The biology of free-living nematodes. 2nd ed., Oxford University Press, Oxford.
- PAX, F. & Soós, Á. (1950): Nematoden aus mitteleuropäischen Mineralquellen. *Zoologischer Anzeiger*, 145: 92-100, Leipzig.
- POINAR, JR. G.O. (1975): Entomogenous Nematodes. E.J. Brill, Leiden
- First records of Mermithidae (Nematoda) parasitic in Plecoptera. *Boll. Ent. Soc. Ital.*
- RAVIZZA, G. & ZWICK, P. (im Druck).
- SCHNEIDER, W. (1923): Beiträge zur Kenntnis der Nematoden-Fauna holsteinischer Quellen. *Archiv für Hydrobiologie*, 14: 340-345.
- SCHNEIDER, W. (1939): Würmer oder Vermes. DAHL, F. (Hrsg.): Die Tierwelt Deutschlands, Gustav Fischer, Jena.
- SEIML-BUCHINGER, R. (2004): Bestandsaufnahme freilebender Süßwassernematoden in ausgewählten Quellen des Nationalparks Berchtesgaden. Universität Bielefeld, Fakultät für Biologie, Diplomarbeit, 1-145.
- SEINHORST, J.W. (1962): On the killing, fixation and transferring to glycerin of nematodes. *Nematologica*, 8: 29-32.
- TRAUNSPURGER, W. (1991): Fischbiologie des Königssees. Nahrungsangebot und Nahrungswahl. Band 1: Das Meio-benthos des Königssees. Nationalpark Berchtesgaden, Forschungsbericht 22.
- TRAUNSPURGER, W. (1996a): Distribution of benthic nematodes in the littoral of an oligotrophic lake (Königssee, National Park Berchtesgaden, FRG). *Archiv für Hydrobiologie*, 135: 393-412.
- TRAUNSPURGER, W. (1996b): Distribution of benthic nematodes in the littoriprofundal and profundal of an oligotrophic lake (Königssee, National Park Berchtesgaden, FRG). *Archiv für Hydrobiologie*, 135: 555-575.
- TRAUNSPURGER, W. (1997): Bathymetric, seasonal occurrence, and vertical distribution of feeding –types of nematodes in an oligotrophic lake. *Vie et Milieu*, 47, 1-7.
- WEISCHER, B. (1979): Fadenwürmer. In: GRZIMEK, B. (Hrsg.): Grzimeks Tierleben, Niedere Tiere, DTV, 334-349, München.
- YEATES, G.W.; BONGERS, T.; DE GOEDE, R.G.M.; FRECKMAN, D.W. & GEORGIEVA, S.S. (1993): Feeding habits in soil nematode families and genera – an outline for soil ecologists. *Journal of Nematology* 25 (3): 315-331.

## 6.4 Saitenwürmer (Nematomorpha)

ANDREAS SCHMIDT-RHAESA

In Süßgewässern aller Art lassen sich manchmal lange, dünne Würmer finden, die Saitenwürmer. Einheimische Arten sind in der Regel etwa 10-20 cm, ausnahmsweise aber auch bis zu einem halben Meter lang. Dabei sind sie aber nur etwa einen halben bis einen Millimeter dick. Saitenwürmer lassen sich nicht das ganze Jahr über antreffen, der Schwerpunkt ihres Auftretens liegt im Spätsommer. Die übrige Zeit verbringen sie als Parasiten im Körperinnern ihrer Wirtstiere. Dabei handelt es sich fast ausschließlich um Arthropoden, in Mitteleuropa meist um Laufkäfer.

Der Lebenszyklus der Nematomorpha ist noch nicht vollständig geklärt. Vermutlich infizieren sich die Wirte, indem sie mit Nematomorphen-Larven infizierte Zwischenwirte fressen. In den Käfern wachsen die Larven, die zum Zeitpunkt der Infektion nur etwa 100-200 µm lang sind, zum Adultus heran. Dieser bohrt sich dann durch die Intersegmentalhaut am Hinterende aus. Bei Heuschrecken ist nachgewiesen worden, dass eine Parasitierung durch Saitenwürmer zu einer Verhaltensänderung des Wirtes führt. Diese springen ins Wasser, so dass der austretende Saitenwurm gleich in seinem Element ist.

Im Wasser finden sich dann Männchen und Weibchen. Bei vielen Arten bilden sie eng verschlungene Knäuel, die in Erinnerung an den Gordischen Knoten, zum zuerst vergebenen Gattungsnamen *Gordius* geführt haben. Die



Abb. 6-4-1: *Gordionus violaceus*, Lebendaufnahme.

Männchen sind (zumindest bei den einheimischen Arten) deutlich an ihrem zweigeteilten Hinterende zu erkennen, bei den Weibchen ist das Hinterende abgerundet. Die Männchen gleiten mit dieser „Schwanzgabel“ am Weibchen entlang und setzen eine Portion Sperma am Hinterende ab. Männchen wie Weibchen produzieren in ihrem schlauchförmigen Körper ungeheure Mengen von Spermien bzw. Eiern und erzeugen so eine große Menge von befruchteten Eizellen, die in langen Schnüren ins Wasser abgelegt werden. Dort schlüpfen mikroskopisch kleine Larven, die auf noch nicht ganz geklärte Weise in ihre Wirte gelangen. Im Laborexperiment gelingt dies durch die orale Infektion von Zwischenwirten, die dann vom Endwirt gefressen werden. Mögliche (aber noch nicht ganz sichere) Zwischenwirte in Mitteleuropa sind Wasserschnecken und aquatische Larven von Insekten, die im Adultstadium im terrestrischen Milieu leben.

Saitenwürmer lassen sich prinzipiell leicht erkennen, allerdings besteht eine Verwechslungsmöglichkeit mit einer Gruppe der Fadenwürmer, den Mermithida (s. Kapitel 6-3), deren Körper ebenfalls sehr lang und dünn ist. Allerdings sind die Mermithida weißlich oder transparent, die Nematomorpha dunkler gefärbt. Für viele Nematomorphen-Arten ist außerdem eine weiße Spitze am Vorderende mit einem folgenden schwarzen Halsring typisch. Die Körperenden der Mermithida sind eher zugespitzt, die der Nematomorpha eher abgerundet. Das zweigeteilte Hinterende bei Männchen ist ein sicherer Hinweis auf die Nematomorpha. Mermithiden-Weibchen besitzen oft sehr große Eier, die über eine in der Körpermitte gelegene Geschlechtsöffnung abgelegt werden, bei den Nematomorpha sind die Eier winzig und nicht zu sehen, die Geschlechtsöffnung befindet sich am Hinterende.

*Gordionus violaceus* (BAIRD, 1853) (var. *wolterstorffii* CAMERANO, 1888)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal (478) und Königssee-Ost (835), je ein Exemplar, 1200-1400 m.

Bemerkung: *Gordionus violaceus* zeichnet sich durch eine Reihe von Härchen und stumpfen Stacheln aus, die auf der Ventralseite des männlichen Hinterendes liegen, in der Region der Kloakenöffnung, der gemeinsamen Öffnung von Geschlechtssystem und Darm. Die Kutikula des gesamten Körpers ist in erhabene Wülste strukturiert, in deren Zwischenräumen kurze Borsten vorhanden sind. Individuen, bei denen diese Struktur in wulstigen Längsreihen angeordnet ist (dies ist auch bei den Tieren aus Berchtesgaden der Fall), wurden früher einer eigenen Art *G. wolterstorffii* (CAMERANO, 1888) zugeordnet (SCHMIDT-RHAESA 1997). Die Hautstruktur ist allerdings sehr variabel und es finden sich alle Übergänge zu Formen mit einzeln stehenden rundlichen Strukturen wie sie für *G. violaceus* typisch sind.

Habitat & Biologie: In Gewässern verschiedenen Typs; sicher nicht ausschließlich für Quellen typisch. Larven parasitisch in Laufkäfern der Gattungen *Molops* und *Pterostichus*.

Verbreitung: Mitteleuropa, Britische Inseln, Norditalien.

## Literatur

SCHMIDT-RHAESA, A. (1997): Nematomorpha. In: SCHWOERBEL, J. & ZWICK, P. (Hrsg.): Süßwasserfauna von Mitteleuropa, Band 4/4. Gustav Fischer, Stuttgart u.a.



Abb. 6-4-2: *Gordionus violaceus*, Hinterende eines Männchens (rasterelektronenmikroskopische Aufnahme).



Abb. 6-4-3: *Gordionus violaceus*, Kutikula (rasterelektronenmikroskopische Aufnahme).

## 6.5 Weichtiere (Mollusca)

JOCHEN GERBER

### 6.5.1 Schnecken (Gastropoda)

Die Schnecken des Süßwassers lassen sich zwei großen Gruppen zuordnen. Die Prosobranchier („Vorderkiemer“) sind durch das Vorhandensein einer Kieme in der Mantelhöhle ausgezeichnet, und sie besitzen einen aus Schalenmaterial gebildeten Deckel („Operculum“), der bei eingezogenem Kopf und Fuß das Gehäuse verschließt. Bei den Pulmonata ist die Mantelhöhle als Lunge ausgebildet („Lungenschnecken“), d. h. sie sind primär luftatmend, und ein Operculum fehlt. Diese Zweiteilung bedeutet jedoch nicht, dass die Anpassung mariner Stammformen an ein Leben im Süßwasser nur zweimal stattgefunden hat. Vielmehr ist davon auszugehen, dass verschiedene Abstammungslinien der Prosobranchier unabhängig voneinander Süßwasserbewohner hervorgebracht haben. Süßwasserschnecken besiedeln die verschiedensten Gewässertypen von

großen Seen und Strömen bis hin zu Rinnsalen, Quellen und periodischen Sümpfen sowie das Grundwasser. Brackwassertolerante Arten finden sich noch in den Mündungen der Flüsse in das Meer, während andere Arten Hochgebirgsgewässer besiedeln.

Die quellbewohnenden Gastropoden können nach dem Grad ihrer ökologischen Spezialisierung eingeteilt werden in

- euryöke Arten, die unterschiedliche Gewässertypen, darunter auch Quellen, zu besiedeln vermögen,
- grundwasserbewohnende Arten, von denen mehr oder weniger regelmäßig Tiere in Grundwasseraustritte, also Quellen, gelangen, ohne dass aber diese der Optimalbiotop wären und schließlich
- echte Quellschnecken, die speziell an das Leben in Quellen angepasst sind und nicht subterran oder in quellfernen Gewässern zu leben vermögen.

Tabelle 6-5-1: Terrestrische Mollusken aus dem Umfeld der Berchtesgadener Quellen

<b>Aciculidae</b> <i>Platyla gracilis</i> (CLESSIN, 1877)	<b>Patulidae</b> <i>Discus perspectivus</i> (MEGERLE VON MÜHLFELD, 1816) <i>Discus rotundatus</i> (O.F.MÜLLER, 1774) <i>Discus ruderatus</i> (W. HARTMANN, 1821)
<b>Carychiidae</b> <i>Carychium tridentatum</i> (RISSO, 1826)	<b>Pristilomatidae</b> <i>Vitrea crystallina</i> (O.F.MÜLLER, 1774) <i>Vitrea subrimata</i> (REINHARDT, 1871)
<b>Cochlicopidae</b> <i>Cochlicopa lubrica</i> (O.F.MÜLLER, 1774)	<b>Euconulidae</b> <i>Euconulus fulvus</i> (O.F.MÜLLER, 1774)
<b>Orculidae</b> <i>Pagodulina pagodula</i> (DES MOULINS, 1830)	<b>Oxychilidae</b> <i>Aegopinella nitens</i> (MICHAUD, 1831) <i>Aegopinella pura</i> (ALDER, 1830)
<b>Valloniidae</b> <i>Acanthinula aculeata</i> (O.F. MÜLLER, 1774)	<b>Vitrinidae</b> <i>Eucobresia diaphana</i> (DRAPARNAUD, 1805) <i>Eucobresia cf. nivalis</i> (DUMONT & MORTILLET, 1854) <i>Semilimax kotulae</i> (WESTERLUND, 1883) <i>Semilimax semilimax</i> (J. FÉRUSAC, 1802) <i>Vitrina pellucida</i> (O.F. MÜLLER, 1774)
<b>Pyramidulidae</b> <i>Pyramidula pusilla</i> (VALLOT, 1801)	<b>Hygromiidae</b> <i>Monachoides incarnatus</i> (O.F. MÜLLER, 1774) <i>Petasina edentula</i> (DRAPARNAUD, 1805) <i>Petasina unidentata</i> (DRAPARNAUD, 1805) <i>Urticicola umbrosus</i> (C. PFEIFFER, 1828)
<b>Chondrinidae</b> <i>Abida secale</i> (DRAPARNAUD, 1801)	<b>Helicidae</b> <i>Arianta arbustorum</i> (LINNAEUS, 1758) <i>Isognomostoma isognomostomos</i> (SCHRÖTER, 1784)
<b>Vertiginidae:</b> <i>Columella edentula</i> (DRAPARNAUD, 1805) <i>Truncatellina cylindrica</i> (A. FÉRUSAC, 1807) <i>Truncatellina monodon</i> (HELD, 1837) <i>Vertigo alpestris</i> ALDER, 1838 <i>Vertigo pusilla</i> O.F. MÜLLER, 1774 <i>Vertigo substriata</i> (JEFFREYS, 1833)	
<b>Enidae</b> <i>Ena montana</i> (DRAPARNAUD, 1801)	
<b>Clausiliidae</b> cf. <i>Balea biplicata</i> (MONTAGU, 1803) <i>Clausilia dubia</i> DRAPARNAUD, 1805 <i>Cochlodina laminata</i> (MONTAGU, 1803) <i>Macrogaster attenuata</i> (ROSSMÄSSLER, 1835) <i>Macrogaster badia</i> (C. PFEIFFER, 1828) <i>Macrogaster plicatula</i> (DRAPARNAUD, 1801) <i>Macrogaster ventricosa</i> (DRAPARNAUD, 1801) <i>Neostyriaca corynodes</i> (HELD, 1836)	
<b>Punctidae</b> <i>Punctum pygmaeum</i> (DRAPARNAUD, 1801)	

Lediglich drei aquatische Schneckenarten sind aus den Quellen des Nationalparks Berchtesgaden bekannt. Jedoch wurden im Rahmen der Standardprobenahmen sowie bei zusätzlichen Aufsammlungen des Autors und anderer insgesamt 107 terrestrische und aquatische Gastropodenarten im Nationalpark nachgewiesen (GERBER unpubl.). Tabelle 6.5.1 gibt eine Übersicht über die im Umfeld der Quellen erfasste terrestrische Molluskenfauna. Einige Arten, wie etwa die strikt an Felsen gebundenen *Pyramidula pusilla*, *Abida secale* und *Neostyriaca corynodes*, haben mit Sicherheit nicht im unmittelbaren Quellbereich gelebt, sondern sind als Leergehäuse passiv dorthin gelangt. Dagegen bieten Quellen anderen Arten besonders günstige Bedingungen, und diese Arten kommen im Nationalpark bevorzugt im Umfeld von Quellen vor, so z.B. *Columella edentula*, *Macrogastrea badia*, *Vitrea crystallina* und *V. subrimata*, die Vitriniden-Arten, *Petasina edentula*, *Urticicola umbrosus*. Die insgesamt hohe Zahl von 42 Arten der Landschnecken im Umfeld der Quellen zeigt die besondere Bedeutung dieser Habitate als Refugien auch für terrestrische Tiergruppen, insbesondere in den höher gelegenen, mehr oder weniger verkarsteten Gebieten und allgemein während extremer Witterungsbedingungen. Im Folgenden gehen wir nur auf die aquatisch lebenden Arten ein.

#### Familie Hydrobiidae

*Bythinella austriaca* (FRAUENFELD, 1857)

(Abb. 6-5-1 a, b)

Vorkommen im Nationalpark: In den Tal- und unteren Berglagen bis in 1400 m.

Habitat: Quellen und Quellbäche. STURM (2005) fand eine deutliche Bevorzugung kalkreicher Quellgewässer (optimaler Gesamthärtebereich: 189-297 mg/l) in seinem Untersuchungsgebiet (vermutlich die Nördlichen Kalkalpen Österreichs, was leider nicht klar aus der Arbeit hervorgeht, sondern nur anhand des Kontextes angenommen werden kann). Ob dies jedoch für alle derzeit zu *B. austriaca* gerechneten Populationen (siehe Verbreitung) zutrifft, ist zweifelhaft, da z.B. die Populationen des Bayerischen Waldes kalkarme Quellen besiedeln. Das Gleiche gilt für die von STURM (2005) festgestellte Empfindlichkeit gegenüber pH-Werten im sauren Bereich (Optimalbereich: 7,2-8). Empfindlich gegenüber Verschmutzung und Eutrophierung (erhöhte Nitratwerte) und daraus resultierende verminderte Sauerstoffgehalte; kalt-stenotherm (optimaler Temperaturbereich: 8,3-12,9 °C) (STURM 2005). Sensibel gegenüber physischer Biotopveränderung z.B. durch Viehtritt oder Quellfassung.

Biologie: Zur Biologie von *B. austriaca* liegen lediglich einige Beobachtungen von CANON (1937) an Populationen in Tschechien (Iglauer Bergland) vor. CANON nimmt als Fortpflanzungszeit in seinem Beobachtungsgebiet den März an. Er beobachtete, dass von ihm gehaltene Tiere die oberflächlichen Zellschichten der Wurzeln, Stängel und Blätter vom Fundort mitgebrachter Pflanzen abweideten. Die meisten vorliegenden Befunde zur

Biologie einer *Bythinella*-Art wurden an *B. dunkeri* (FRAUENFELD, 1857) in den westdeutschen Mittelgebirgen gewonnen, wobei die umfangreichsten Untersuchungen von OSWALD et al. (1991) durchgeführt wurden. OSWALD et al. fanden, dass das Geschlechterverhältnis der getrenntgeschlechtigen Bythinellen ca. 1:1 ist. Die Schnecken laichen über das ganze Jahr hinweg. Die Eier werden im Abstand von einigen Wochen einzeln in Eikapseln auf Steinen oder Pflanzenteilen, gelegentlich auch auf den Gehäusen von Artgenossen (BOETERS 1993) abgelegt. BOETERS (1993) spekuliert, dass auch Wasserkäfer, die ihre Winterruhe am Grunde von Quellen verbringen, als Eiablagesubstrat dienen und bei ihrer Reaktivierung im Frühjahr zur Verbreitung von *Bythinella*-Arten beitragen könnten. Nach OSWALD & al. (1991) sind die Bythinellen Weidegänger, die Periphyton und Detritus vom Substrat raspeln. Cyanobakterien und Bakterien scheinen den Hauptanteil der verdaulichen Nahrung darzustellen. Die Lebensdauer von *B. dunkeri* beträgt bei 8°C über 2,5 Jahre.

Verbreitung: In den Nördlichen Kalkalpen und ihrem Vorland von Innsbruck, der Isar und dem südöstlichen Bayerischen Wald ostwärts bis Wien. Darüber hinaus sind mehrere aus Polen, Tschechien, der Slowakei und Ungarn beschriebene Taxa *B. austriaca* als Unterarten zugeordnet worden. Deren taxonomischer Status und Beziehung zu *B. austriaca* s.str. sind jedoch klärungsbedürftig (BOETERS 1998). Nach STURM (2005) bis in 1366 m Höhe nachgewiesen. Letzterer Wert kommt dem höchstgelegenen Nachweis im Nationalpark nahe (Priesberg-Alm: 1400 m). SCHACHINGER & PATZNER (2004) geben für das österreichische Bundesland Salzburg Vorkommen bis in 1500 m Höhe an.

#### Familie Lymnaeidae

*Galba truncatula* (O.F. MÜLLER, 1774) (Abb. 6-5-1 c)

Vorkommen im Nationalpark: Weit verbreitet: im Uferbereich von Königssee und Obersee, in Tümpeln und Lachen und in vielen Quellen; bis in 1690 m nachgewiesen (Gotzenalm).

Habitat: Amphibisch, oft außerhalb des Wassers anzutreffen. Permanente und periodische Kleingewässer wie Gräben, Tümpel, Pfützen, Quellen, Riesel-fluren, Sümpfe, Wässerwiesen, überrieselte Felsen. In größeren Gewässern nur am Wasserrand und im Überschwemmungsbereich.

Biologie: Lebensdauer etwa ein Jahr. Klimaabhängig bis zu drei Generationen pro Jahr. Die zwittrigen Tiere setzen gallertige Laichballen mit wenigen, gelegentlich aber mehr als 30 Eiern im Wasser ab. Sie sind im Alter von ca. 4 Monaten geschlechtsreif und mit etwa 8 Monaten ausgewachsen. Die Nahrung besteht aus verrottenden Pflanzenteilen, Grün- und Kieselalgen und Schlamm. Zwischenwirt des Großen Leberegels, *Fasciola hepatica*, der auch in Bayern weit verbreitet ist. (BEDNARZ 1960, FRÖMMING 1956, GLÖER 2002, MOENS 1986, PFISTER & KOCH 2004, RUSSEL HUNTER 1961).

Verbreitung: Holarktisch: von Island über ganz Europa und Nordafrika, West- und Nordasien ostwärts bis

Kamtschatka und ins Amurgebiet; Nordamerika: in Alaska und den kanadischen Provinzen Yukon Territory und British Columbia (CLARKE 1981, EHRMANN 1933, JAECKEL 1962, ZHADIN 1965). Aus diesem natürlichen Verbreitungsgebiet in viele andere Weltgegenden verschleppt (GLÖER 2002). In den Alpen bis in 2800 m Höhe nachgewiesen (Schweiz; TURNER & al. 1998).

#### Familie Planorbidae

*Anisus septemgyratus* (ROSSMÄSSLER, 1835)<sup>1</sup>  
(Abb. 6-5-1 d)

Vorkommen im Nationalpark: *Anisus septemgyratus* wurde in einer einzigen Quelle nahe dem Königsee, am linken Ufer des Zuflusses vom Obersee (604 m), gefunden. Die Art ist außerdem im Nationalparkgebiet nur noch aus dem Obersee-Genist bekannt (GERBER 2001). Sie dürfte somit vom Obersee in die Quelle eingewandert sein.

Habitat: Gewöhnlich in stehenden, oft periodischen Kleingewässern wie Gräben, Tümpeln, Sümpfen; außerdem im Überschwemmungsbereich am Rande fließender und größerer stehender Gewässer.

Biologie: Die Nahrung besteht aus verrottenden Pflanzenteilen. Die zwitterigen Tiere legen vom Frühjahr bis in den Herbst gallertige Laichballen mit bis zu 8 Eiern ab. Geschlechtsreif mit 6 Monaten. Toleriert längeres Trockenfallen der Gewässer und verschließt dann das Gehäuse mit einem temporären, kalkigen Mündungsdeckel (Epiphragma). (FRÖMMING 1956, GLÖER 2002, HEITKAMP & ZEMELLA 1988)

Verbreitung: Paläarktisch; von Island über West- und Nordeuropa nach Sibirien bis ins Baikalseegebiet (EHRMANN 1933, ZHADIN 1965).

#### 6.5.2 Muscheln (Bivalvia)

Die Muscheln des Süßwassers gehören mehreren verschiedenen Verwandtschaftsgruppen an, welche unabhängig voneinander den Weg aus marinen Habitaten ins Süßwasser gefunden haben. Wie die Schnecken, so haben auch die Muscheln verschiedenste Süßwasser-Lebensräume von der planaren bis in die alpine Stufe zu besiedeln vermocht. Die Vertreter der Familie Sphaeriidae (Kugel- und Erbsenmuscheln) sind kleine bis winzige Süßwassermuscheln. Sie sind Zwitter und ovovivipar, d. h. sie halten die befruchteten Eier im Körper zurück, brüten sie in den von den vorderen (inneren) Kiemen gebildeten Bruttaschen (Marsupien) aus und entlassen schließlich voll entwickelte Jungmuscheln. Sphaeriiden-Arten sind zum Teil stark an bestimmte Ge-

wässertypen angepasst, andere sind euryök und besiedeln ein weites Spektrum an Gewässern. Einige Arten werden häufig in Quellen gefunden und machen mitunter einen erheblichen Anteil der Biomasse aus. Eine strikte Bindung bestimmter Arten an Quellen liegt aber nicht vor, lediglich eine Art (*Pisidium personatum*) kann als krenophil bezeichnet werden.

#### Familie Sphaeriidae

*Pisidium casertanum* (POLI, 1791) (Abb. 6-5-1 e)

Vorkommen im Nationalpark: In Seen, Bächen und Quellen. Von den Tallagen bis in die alpine Stufe; Nachweise im Park bis in 1990 m (Funtensee), im grenznahen Österreich bis 2030 m (Schwarze Lacke).

Habitat: Verschiedenste Gewässertypen von Seen und Flüssen bis zu Bergbächen und Quellen; Verbreitungsschwerpunkt jedoch eher in Kleingewässern. Erträgt extreme Bedingungen hinsichtlich Nahrungsangebot, Kalkgehalt des Wassers, Austrocknung und Temperaturschwankungen. Kommt mit einem Minimum an Schlamm aus (MEIER-BROOK 1963, 1975).

Biologie: Die Tiere liegen mit der Ventralseite nach oben in der obersten Sedimentschicht in einem gegrabenen, ± horizontalen Gang, dessen distales Ende an der Substratoberfläche mündet. Wasser wird durch das Substrat über der Muschel eingestrudelt und nach Passage der Kiemen in den Gang entlassen. Die Tiere sind Filtrierer, die dem eingestrudelten Wasser neben Sauerstoff die Nahrung, hauptsächlich in Form von Bakterien, entziehen (LOPEZ & HOLOPAINEN 1987).

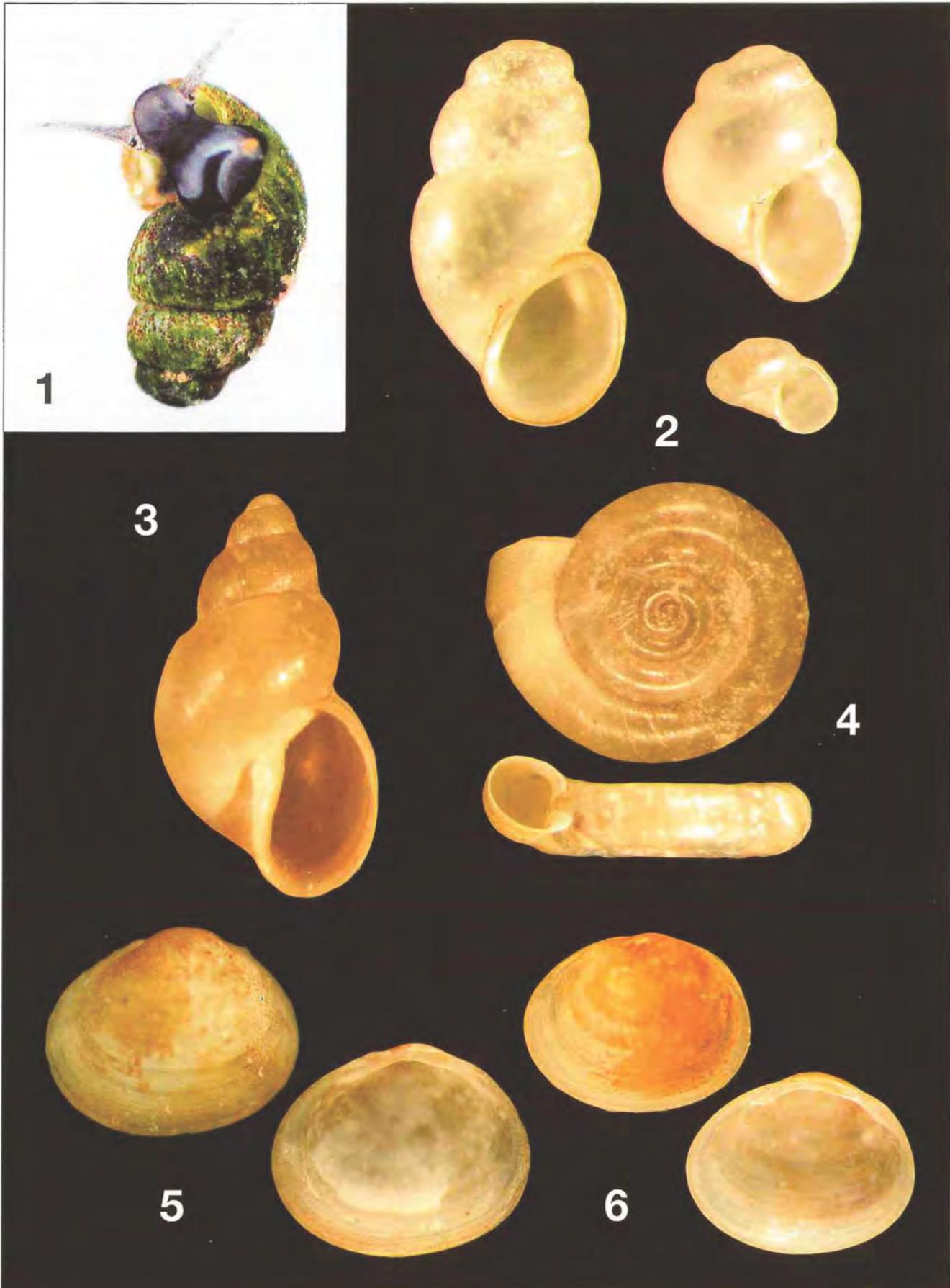
Verbreitung: Vermutlich die am weitesten verbreitete Süßwassermolluskenart, nahezu kosmopolitisch: Eurasien, Nord- und Südamerika, Afrika, Australien (JAECKEL 1962, BURCH 1975, CLARKE 1981). Bis in 2750 m Höhe nachgewiesen (Schweiz; TURNER & al. 1998).

*Pisidium personatum* (MALM, 1855) (Abb. 6-5-1 f)

Vorkommen im Nationalpark: In Quellen der montanen Stufe bis in 1820 m (Quelle Wasserhöhe) nachgewiesen. Gelegentlich mit *P. casertanum* in der gleichen Quelle.

Habitat: In einem weiten Spektrum von Gewässern vorkommend, jedoch besonders häufig und abundant in Quellen und im Profundal von Seen. Gilt als krenophile Art, stellt jedoch in nährstoffreicheren Seen eine der charakteristischen Profundalarten dar. In anderen Gewässertypen häufig an Stellen mit Grundwassereinfluss. Nach MEIER-BROOK (1963, 1975) ist Kalt-Stenothermie demnach der verbreitungsbestimmende Umweltanspruch. TURNER & al. (1998) hingegen deuten *P. personatum* als anspruchslose und konkurrenzschwache Art, die ihren Verbreitungsschwerpunkt im Seenprofundal

<sup>1</sup> Wir folgen hier FALKNER et al. (2001, 2002), wonach der korrekte Name für diese enger gewundene der beiden west- und mitteleuropäischen Arten der Gattung *Anisus* (Untergattung *Anisus* s. str.) *Anisus septemgyratus* (ROSSMÄSSLER, 1835) ist. Der bisher für diese Art gebräuchliche Name *A. leucostoma* (MILLET, 1813) ist nach FALKNER et al. (2002: 98 ff.) ein jüngeres Synonym von *Anisus spirorbis* (LINNAEUS, 1758). Es sei aber darauf hingewiesen, dass manche Bearbeiter an dem Namen *A. leucostoma* für die hier als *A. septemgyratus* bezeichnete Art festhalten (z. B. GLÖER 2002) und dass die Art in den zitierten Arbeiten zur Biologie und Chorologie als *A. leucostoma* (bzw. "*leucostomus*") bezeichnet wird.



**Abb. 6-5-1:** (1) *Bythinella austriaca*, lebendes Tier, Schwarzbachquelle NW Ramsau, Photo: Robert Patzner, Herbst 2004; (2) Ramsau, Koppenwand, Quelle 2, größtes der drei Exemplare H = 2,2 mm, (3) *Galba truncatula*, Sommerbichel, Quelle N Herrenroint, 1150 m, H = 4,7 mm; (4) *Anisus septemgyratus*, Obersee, 580 m, größtes Exemplar D = 4,7 mm; (5) *Pisidium casertanum*, Sommerbichel, Quelle N Herrenroint, 1250 m, L = 3,3 mm; (6) *Pisidium personatum*, Sommerbichel, Quelle N Herrenroint, 1250 m, L = 2,7 mm.

und anderen Extrembiotopen hat, in welchen andere Pisidienarten nicht oder nur in geringer Dichte vorzukommen vermögen.

**Biologie:** Ernährungsweise vermutlich wie bei *P. casertanum* (speziell zu *P. personatum* liegen jedoch keine veröffentlichten Beobachtungen vor).

**Verbreitung:** Europäisch: weit verbreitet von Skandinavien bis in die europäischen Mittelmeerländer und Nordafrika, vom Atlantik bis nach Vorderasien (EHRMANN 1933, JAECKEL 1962, TURNER et al. 1998). Bis in 2800 m Höhe nachgewiesen (Schweiz; TURNER & al. 1998).

## Literatur

- BEDNARZ, S. (1960): On the biology and ecology of *Galba truncatula* MÜLL. and cercariae of *Fasciola hepatica* L. in basin of the river Barycz. *Acta parasitologica polonica* 8 (16): 280-288.
- BOETERS, H.D. (1993): Westeuropäische Hydrobiidae, 8. Zum Laichverhalten mitteleuropäischer Hydrobiidae. *Arch. Moll.* 122: 149-153 pp.
- BOETERS, H.D. (1998): Mollusca: Gastropoda: Superfamilie Risssooidea. In: SCHWOERBEL, J. & ZWICK, P. (Hrsg.): Süßwasserfauna von Mitteleuropa 5(1/2). Stuttgart (G. FISCHER).
- BURCH, J.B. (1975): Freshwater Sphaeriacean Clams (Mollusca: Pelecypoda) of North America. Rev. Ed. Hamburg, Mich. (Malacological Publications).
- CANON, H. (1937): Der Rassenkreis der *Bythinella austriaca* Frauenfeld im Iglauer Bergland. *Arch. Moll.* 69(5/6): 231-243.
- CLARKE, A.H. (1981): The freshwater molluscs of Canada. Ottawa (National Museums of Canada).
- EHRMANN, P. (1933): Kreis: Weichtiere, Mollusca. In: BROHMER, P.; EHRMANN, P. & ULMER, G.: Die Tierwelt Mitteleuropas, 2(1) Leipzig (Quelle & Meyer).
- FALKNER, G.; BANK, R.A. & PRORSCHWITZ, T. von (2001): Checklist of the non-marine molluscan species-group taxa of the states of Northern, Atlantic and Central Europe (CLECOM I). *Heldia* 4(1/2): 1-76.
- FALKNER, G.; RIPKEN, Th.E.J. & FALKNER, M. (2002): Mollusques continentaux de France: Liste de Référence annotée et Bibliographie. *Patrimoines Naturels*, 52: (Muséum National d'Histoire Naturelle).
- FRÖMMING, E. (1956): Biologie der mitteleuropäischen Süßwasserschnecken. Berlin (Duncker & Humblot).
- GERBER, J. (2001): *Orcula gularis* (ROSSMÄSSLER 1837) am Obersee bei Berchtesgaden wiedergefunden. *Heldia* 3(2/3): 67-68, Taf. 10a.
- GLÖER, P. (2002): Süßwassergastropoden Nord- und Mitteleuropas. In: Die Tierwelt Deutschlands 73. Hackenheim (ConchBooks).
- HEITKAMP, U. & ZEMELLA, B. (1988): Untersuchungen zur Phänologie und Autökologie von *Anisus leucostomus* (Millet, 1813). *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 79: 227-266.
- JAECKEL, S.G.A. (1962): Ergänzungen und Berichtigungen zum rezenten und quartären Vorkommen der mitteleuropäischen Mollusken. In: BROHMER, P.; EHRMANN, P. & ULMER, G.: Die Tierwelt Mitteleuropas 2(1) Ergänz.: 25-294. Leipzig (Quelle & Meyer).
- LOPEZ, G.R. & HOLOPAINEN, I.J. (1987): Interstitial suspension-feeding by *Pisidium* spp. (Pisidiidae: Bivalvia): a new guild in the lentic benthos? *American malacological Bulletin* 5(1): 21-30.
- MEIER-BROOK, C. (1963): Über die Mollusken der Hochschwarzwald- und Hochvogesengewässer. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 28: 1-46.
- MEIER-BROOK, C. (1975): Der ökologische Indikatorwert mitteleuropäischer *Pisidium*-Arten (Mollusca, Eulamellibranchiata). *Eiszeitalter u. Gegenwart* 26: 190-195.
- MOENS, R. (1986): Observations sur le cycle évolutif de *Lymnaea truncatula* (MÜLLER) sur des terrains propices à la fasciolose. *Proc. 8th int. malac. Congr. (Budapest 1983)* (ed. L. Pintér): 169-174.
- OSWALD, D.; KURECK, A. & NEUMANN, D. (1991): Populationsdynamik, Temperaturtoleranz und Ernährung der Quellschnecke *Bythinella dunkeri* (FRAUENFELD 1856). *Zool. Jb. Syst.* 118 (1): 65-78.
- PFISTER, K. & KOCH, S. (2004): Vorläufige Ergebnisse von Tankmilch-Untersuchungen zum *Fasciola-hepatica*-Befall in bayerischen Milchviehherden. *Tierärztliche Praxis Großtiere* 32: 316-319
- RUSSELL HUNTER, W. (1961): Life cycles of four freshwater snails in limited populations in Loch Lomond, with a discussion of infraspecific variation. *Proc. zool. Soc. Lond.* 137(1): 135-171.
- SCHACHINGER, D. & PATZNER, R.A. (2004): Kartierung von Wassermollusken im Bundesland Salzburg, Österreich – Stand 2003. *Malak. Abh.* 22: 37-47.
- STURM, R. (2005): Modelling optimum ranges of selected environmental variables colonized by the spring snail *Bythinella austriaca* (V. FRAUENFELD, 1857) (Gastropoda, Prosobranchia). *Malak. Abh.* 23: 67-76.
- TURNER, H.; KUIPER, J.G.J.; THEW, N.; BERNASCONI, R.; RÜETSCHI, J.; WÜTHRICH, M. & GOSTELI, M. (1998): Atlas der Mollusken der Schweiz und Liechtensteins. *Fauna helvetica*, 2. Neuchâtel.
- ZHADIN, V.I. (1965): Mollusks of fresh and brackish waters of the U.S.S.R. Jerusalem (Israel Program for Scientific Translation). [Englische Übersetzung der russischen Originalausgabe von 1952]

## 6.6 Wenigborster Oligochaeta

BEATRICE SAMBURGAR & ENRIQUE MARTINEZ-ANSEMIL

Die Wenigborster, zu denen die Regenwürmer (Lumbricidae) und die Schlammröhrenwürmer (Tubificidae), aber auch zahllose Gruppen kleiner, oft unscheinbarer Würmer zählen, sind durch einen regelmäßig gegliederten und dadurch äußerlich geringelten Körper gekennzeichnet. Jeder der zahlreichen weitgehend gleichmäßig geformten Abschnitte trägt Borsten, die bei der schlängelnden Fortbewegung behilflich sind (Abb. 6-6-1). Einige besonders zart gebaute Arten besitzen verlängerte Borsten und sind zu freiem Schwimmen befähigt. Lediglich der vorderste Abschnitt ("Peristom", Abb. 6-6-



**Abb. 6-6-1:** Röhrenwurm *Tubifex tubifex*. Im Gegenlicht erkennbar die regelmäßig angeordneten Borsten, mit deren Hilfe sich das Tier in seiner Wohnröhre im Sediment verankert und bewegt.



**Abb. 6-6-2:** Vorderende des Borstenwurms *Nais* sp.; erkennbar der leicht nach unten gerichtete Mund und der in Schlingen liegende Vorderdarm.



**Abb. 6-6-3:** Borstenwurm *Cernosvitoviella* sp.: Der verdickte Gürtel des Clitellum ist in der vorderen Körperhälfte erkennbar. Beim abgebildeten Tier ist der Darm von hier an bis zum Hinterende mit Nahrungspartikeln gefüllt.

2), auf dem sich die Mundöffnung befindet, ist borstenfrei. Er ist abgerundet oder konisch zugespitzt (Abb. 6-6-3), gelegentlich auch länglich in eine Art Rüssel ("Proboscis") ausgezogen. Die hintersten Körperglieder können Kiemenanhänge ausbilden, der letzte Körperabschnitt ("Pygidium") ist abgerundet und trägt die Analöffnung. Alle übrigen Körperglieder sind sehr gleichmäßig gestaltet, auch in ihrer inneren Ausstattung: Sie enthalten einen immer identischen Satz von Muskeln sowie gleichartige Bestandteile des Kreislauf-, Verdauungs- und Nervensystems.

Die Wenigborster gehören zum Stamm der Ringelwürmer (Annelida). Sie sind also näher verwandt mit den Egel (Hirudinea), die artenreich das Süßwasser besiedeln, aber Quellen offensichtlich meiden und in unseren Proben nicht auftraten, und den Vielborstern (Polychaeta), die vorwiegend marin verbreitet sind und im Binnenland nur im stromnahen Grundwasser der Flüsse mit wenigen, stark abgewandelten Arten vertreten sind. Von diesen unterscheiden sie sich vor allem durch Besonderheiten ihres Fortpflanzungssystems: Zwittertum ("Hermaphroditismus") ist bei allen Arten die Regel, die inneren Geschlechtsorgane sind auf zwei, drei oder höchstens vier Körpersegmente im Bereich der Abschnitte 5-13 beschränkt. Ein hinter diesem Körperabschnitt vorhandenes gürtelartiges drüsiges Organ ("Clitellum", Abb. 6-6-3) schwillt zur Zeit der Geschlechtsreife an und kann bei der Fortpflanzung einen Eikokon bilden. Dieser Kokon wird nach der Paarung im Lückensystem des Sediments abgelegt.

Die aquatischen Wenigborster sind typische Besiedler der Sedimente des Süßwassers und des Meeres und unterscheiden sich von ihren terrestrischen Verwandten, deren Vertreter in tropischen Böden bis zu einer Länge von drei Metern heranwachsen können, durch eher kleine Dimensionen (Körperlänge normalerweise 0,5 - 4 cm). Die geringen Dimensionen des Körpers, verbunden mit einem insgesamt unspektakulären Aussehen und dem Fehlen auf den ersten Blick wahrnehmbarer morphologischer Besonderheiten, hat dazu geführt, dass die Tiere in der Hydrobiologie trotz ihrer wichtigen Stellung im Ökosystem nie die verdiente Aufmerksamkeit gefunden haben. Hinzu kommen offensichtliche taxonomische Schwierigkeiten: Viele Arten lassen sich nicht ohne aufwendige und komplizierte Präparations-techniken erkennen, sodass sie oft bei ökologischen Routineuntersuchungen unbeachtet blieben.

Dabei sind Wenigborster in der Lage, praktisch alle Typen von aquatischen Lebensräumen zu besiedeln, von den Tiefen des Grundwassers, über Quellen, Fließ- und Stillgewässer bis hin zu künstlichen Wasserkörpern wie Kläranlagen und Bewässerungskanälen, in denen Vertreter vieler anderer Gruppen der Wirbellosen nicht zu existieren vermögen. Als Detritusfresser ernähren sich die meisten Arten von organischen Überresten sowie Bakterien und anderen Mikroorganismen, die die Sedimente überwachsen. Nur wenige algenfressende oder räuberische Arten sind bekannt. In verschmutzten Ge-

wässern kann die Anhäufung organischen Materials bei gleichzeitig sinkender Konkurrenzkraft von Vertretern anderer Tiergruppen und dem Rückgang von Fressfeinden zu Massenentwicklungen einiger Arten führen, die dann eine Besiedlungsdichte von vielen tausend Individuen pro Quadratmeter erreichen können.

Aus dem Süßwasser Europas sind ungefähr 200 Arten bekannt. Unter ihnen sind vor allem die Vertreter von drei Familien regelmäßig auch in Quellen zu finden: Die Tubificidae (zu denen neuerdings auch die Vertreter der früher eigenständigen Familie der Naididae gerechnet werden), die Lumbriculidae und die Haplotaxidae (mit der grundwasserbewohnenden Art *Haplotaxis gordioides* (HARTMANN, 1821)). Außerdem finden sich Arten der Lumbricidae, z.B. *Eiseniella tetraedra* (SAVIGNY, 1826), und Enchytraeidae, einer Familie, die terrestrische und aquatische Arten umfasst, von denen einige auch im Grundwasser allgemein verbreitet sind (GANI et al. 2001). Andere hingegen besiedeln typischerweise Lebensräume an der Grenze Land/Wasser und finden in Quellen besonders günstige Lebensbedingungen.

SAMBUGAR et al. (2005) konnten auf der Grundlage einer Untersuchung zahlreicher Quellen in Südeuropa nachweisen, welche Bedeutung den Wenigborstern gerade auch in diesen Lebensräumen zukommt. Sie gehören hier zu den häufigsten und artenreichsten Tiergruppen und werden in dieser Hinsicht vielleicht nur noch von den Zweiflüglern (Diptera) übertroffen. Unter den nachgewiesenen mehr als 70 Arten finden sich neben einer großen Anzahl von Ubiquisten auch seltene an Quellen oder das Grundwasser gebundene (krenobionte oder stygobionte) Arten. Die Familien Enchytraeidae und Tubificidae sind hinsichtlich Individuendichte und Artenreichtum am stärksten vertreten. Die Bedeutung der Quellen als Grenz-Lebensräume ("Ökotone") kommt besonders zum Ausdruck im Auftreten von Lebensgemeinschaften, in denen Arten des Grundwassers und der Höhlen auftreten (z. B. aus den Gattungen *Pristina*, *Rhyacodrilus*, *Buchholzia*, *Trichodrilus*), aber auch solche, die gemeinhin in Oberflächengewässern und in terrestrischen Böden vorkommen (z.B. *Cognettia*). Zu den wesentlichsten Faktoren, die die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften bestimmen, gehört die Beschaffenheit des Substrates und der "geologische Hintergrund" einer Quelle.

Nach gegenwärtigem Kenntnisstand finden sich, wie bei verschiedenen anderen Tiergruppen auch, die reichhaltigsten Lebensgemeinschaften in Sumpfquellen (Helokrenen). Ein Vergleich zwischen natürlich erhaltenen und gefassten Quellen zeigt, wie diese besonderen Arten in den letzteren seltener werden.

Aus den Quellen des Nationalparks liegt ein sehr reiches Material an Wenigborstern vor, das sicher von höchstem wissenschaftlichem Interesse ist, sich aufgrund des hohen methodischen Aufwands aber nur im Rahmen eines eigenständigen Projektes aufarbeiten ließe. Wir können hier nur vorläufige Ergebnisse darstellen, die

auf frühen Probenahmen 1993 (Quellen 615-616, 823, 825, 842, 943-944) sowie auf eigenen Aufsammlungen im Vorfeld beruhen, die im Rahmen der Quellwoche 1996 durchgeführt wurden (Frechenbach-Quellbach, Kotberggraben-Quellbach).

#### **Familie Lumbricidae**

Bemerkung: Es handelt sich um terrestrische Arten, die gelegentlich im tiefen Sediment der Quellbäche auftreten, vor allem im Abfluss von Helokrenen.

Lumbricidae gen. sp.

Funde im Nationalpark: Quellen 825, 842, Vorfeld: Frechenbach; je ein Exemplar.

#### **Familie Tubificidae**

*Nais communis* (PIGUET, 1906)

Funde im Nationalpark: 615, 4 Exemplare.

Biologie: Ubiquist.

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Tubifex tubifex* (MÜLLER, 1774)

Funde im Nationalpark: 842, ein Exemplar.

Biologie: Ubiquist. Typischerweise in Quellen mit erhöhtem Anteil an organischem Substrat, z.B. auf Viehweiden wie im Falle von 842.

Verbreitung: Kosmopolitisch.

#### **Familie Enchytraeidae**

Mit insgesamt 73 Exemplaren die am stärksten vertretene Gruppe. Eine Reihe von Taxa ließ sich nicht auf Artniveau bestimmen, da nur juvenile bzw. beschädigte Exemplare vorlagen.

*Achaeta* sp.

Funde im Nationalpark: Vorfeld (coll. SAMBUGAR & FERRARESE): Kotberggraben, ein Exemplar.

Bemerkung: Arten der Gattung sind sowohl aus dem Grundwasser, als auch aus Oberflächengewässern bekannt.

*Cernosvitoviella* sp.

Funde im Nationalpark: 615, ein Exemplar; Vorfeld (coll. SAMBUGAR & FERRARESE): Kotberggraben, ein Exemplar

Bemerkung: Arten der Gattung sind sowohl aus dem Grundwasser, als auch aus Oberflächengewässern bekannt. Sie treten besonders regelmäßig in Quellen auf und belegen hier den Charakter eines Übergangsbiotops zwischen unterirdischen und oberirdischen Lebensräumen.

*Cognettia sphagnetorum* (VEJDOVSKY 1887)

Funde im Nationalpark: Vorfeld, Kotberggraben, ein Exemplar.

Biologie: Semiterrestrisch; bislang aus Quellen in Frankreich und Italien bekannt (SAMBUGAR et al. 2005).

Verbreitung: Holarktis.

*Enchytraeus* sp.

Funde im Nationalpark: 615, ein Exemplar; 823, ein Exemplar.

Bemerkung: Arten der Gattung sind sowohl aus dem Grundwasser, als auch aus Oberflächengewässern bekannt.

*Fridericia* cf. *pretoriana* (STEPHENSON, 1930)

Funde im Nationalpark: Vorfeld (coll. SAMBUGAR & FERRARESE): Frechenbach, ein Exemplar.

Biologie: Bislang vorwiegend terrestrisch nachgewiesen, erster Fund in einer Quelle.

Verbreitung: Südeuropa, Südafrika, Uruguay.

*Fridericia perrieri* (VEJDOVSKY, 1878)

Funde im Nationalpark: Vorfeld (coll. SAMBUGAR & FERRARESE): Frechenbach, 2 Exemplare.

Biologie: semiterrestrisch, auch aus dem Grundwasser und aus zwei Quellen in Italien bekannt (SAMBUGAR et al. 2005).

Verbreitung: Holarktis.

*Fridericia* sp.

Funde im Nationalpark: 615, 11 Exemplare; 616, ein Exemplar; 943, ein Exemplar; Vorfeld (coll. SAMBUGAR & FERRARESE): Frechenbach, 2 Exemplare; Kotberggraben, 6 Exemplare.

*Herlea* sp.

Funde im Nationalpark: Vorfeld, Kotberggraben, 2 Exemplare.

Bemerkung: Arten der Gattung sind sowohl aus dem Grundwasser, als auch aus Oberflächengewässern bekannt.

*Mesenchytraeus armatus* (LEVINSEN, 1884)

Funde im Nationalpark: 823, 7 Exemplare; 943, ein Exemplar; Vorfeld (coll. SAMBUGAR & FERRARESE): Frechenbach, ein Exemplar; Kotberggraben, 5 Exemplare.

Biologie: Semiterrestrisch; in Italien in zahlreichen Quellen nachgewiesen (SAMBUGAR et al. 2005).

Verbreitung: Holarktis.

Enchytraeidae gen. sp.

Funde im Nationalpark: 615, 616, je ein Exemplar; 823, 6 Exemplare, 842, ein Exemplar; 943, 4 Exemplare; 944, ein Exemplar; Vorfeld (coll. SAMBUGAR & FERRARESE): Kotberggraben, 11 Exemplare.

## Literatur

GIANI, N.; SAMBUGAR, B.; RODRÍGUEZ, P. & MARTÍNEZ-ANSEMIL, E. (2001): Oligochaetes in southern European groundwater: New records and an overview. *Hydrobiologia*, 463 : 65-74.

SAMBUGAR, B.; MARTÍNEZ-ANSEMIL, E.; GIANI, N. (2005). Oligochaeta from springs in southern Europe. *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, Botanica, Zoologia*, 29: 93-106.

## 6.7 Spinnentiere: Milben (Chelicerata: Acari)

REINHARD GERECKE & PETER MARTIN

Milben besitzen einen charakteristischen, von allen anderen Gruppen der Gliedertiere vollkommen verschiedenen Körperbau: Ein kleiner vorderer Abschnitt ("Gnathosoma"), der die Mundöffnung und die Segmente der Mundwerkzeuge trägt, ist gegen den übrigen Körper ("Idiosoma") beweglich abgesetzt.

Ein Grundmerkmal der Milben ist ihr Lebenszyklus, der über vier unreife Entwicklungsstadien zum Adultus führt. Im ursprünglichen Falle sind alle diese Stadien frei beweglich und unterscheiden sich vorwiegend in den Abmessungen, abgeleitete Gruppen zeichnen sich aber dadurch aus, dass einzelne Stadien reduziert oder zu puppenartigen Ruheformen modifiziert sein können.

Sieht man vom Sonderfall der Wasserspinne *Argyroneta aquatica* (CLERCK, 1757) ab, die sich mit ihrer Luftglocke sozusagen ein terrestrisches Umfeld unter Wasser schafft, sind die Milben die einzige Gruppe der Spinnentiere, deren Vertreter erfolgreich den Schritt vom Land zum Wasserleben getan haben (DI SABATINO et al. 2002). Eine wichtige Voraussetzung hierfür war offensichtlich die Verzweigung, mit der Reduktionen wichtiger Organsysteme (z.B. des Atmungs- und Kreislaufapparates) einhergingen. Dabei verloren sich auch Anpassungen an das Landleben, die für Spinnentiere generell typisch sind, und es entstanden neue Möglichkeiten der Anpassung an andersartige Lebensbedingungen. Die Eroberung des aquatischen Lebensraumes durch Milben ist im Laufe der Evolution offensichtlich mehrfach parallel, an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeitpunkten gelungen: Aus verschiedenen Gruppen landlebender Milben sind einzelne Taxa bekannt, die in der einen oder anderen Weise an ihr Dasein unter Wasser angepasst sind, z. B. einige Hornmilben (Oribatida). Aber nur die Großgruppen der Halacaridae und Hydrachnidia haben mit einer echten Radiation eine Vielfalt unterschiedlichster Familien, Gattungen und Arten im aquatischen Milieu hervorgebracht.

Bei limnologischen Untersuchungen fallen die Milben aufgrund ihrer geringen Dimensionen (meist werden sie nicht größer als 2 mm) oft buchstäblich 'durch die Netzmaschen' und sind deshalb in ihrer Verbreitung und Lebensweise weniger bekannt als viele Süßwasser bewohnende Krebs- und Insektengruppen. Nicht zuletzt deshalb haben die Untersuchungen in Berchtesgaden für diese Tiergruppe wichtige Erkenntnisse erbracht: Wiederfunde verschollener Arten, Erstnachweise für die Alpen oder für die Fauna Deutschlands und eine Fülle neuer Daten über die Morphologie und Verhaltensweise ihrer Larven.

### 6.7.1 „Terrestrische“ Milben

Neben den "echten Wassermilben" finden sich in Substratproben aus Süßgewässern immer wieder in großer

Anzahl Vertreter von Gruppen, die eigentlich den Landmilben zugerechnet werden. Neben Bewohnern des Bodens, der Krautschicht und der Bäume, die durch Zufall in die Gewässer geraten sind oder sich in deren Uferbereich aufhalten, gehören hierzu einige Arten, die speziell an aquatische Verhältnisse angepasst sind und ausge dehnte Zeiten der Überspülung zu ertragen vermögen

(viele Vertreter der Trombidiformes - WOHLTMANN et al. 1999) oder sogar ein spezielles "Plastron"-System entwickelt haben, das der Atmung unter Wasser dient (WALGRAM 1975, NORTON et al. 1987). Während die nächsten Verwandten der echten Wassermilben, die Trombidiformes, sowie einige Vertreter anderer Milbengruppen (Mesostigmata, Astigmata, Ixodida) in unseren Proben

**Tabelle 6-7-1:** Hommilben aus Quellen des Nationalparks Berchtesgaden (SCHATZ & GERECKE 1996).

Taxon	Fundorte ( <u>unterstrichen</u> : hohe Abundanz, > 10 Individuen)
<b>Familie Phthiracaridae</b>	
<i>Phthiracarus globosus</i> (KOCH, 1841)	312, 350, 441, 696, 698, 808
<i>Phthiracarus longulus</i> (KOCH, 1841)	300, 308, 585, 696, 865
<i>Phthiracarus nitens</i> (NICOLET, 1855)	300, 318, 394, 441, 615, 822
<b>Familie Steganacaridae</b>	
<i>Steganacarus applicatus</i> (SELLNICK, 1922)	312, 314, 318, 394, 441, 585
<i>Steganacarus magnus</i> (NICOLET, 1855)	<u>300</u> , <u>312</u> , 380, 615, 696, 826
<b>Familie Euphthiracaridae</b>	
<i>Euphthiracarus cribrarius</i> (BERLESE, 1904)	360, 394
<i>Euphthiracarus monodactylus</i> (WILMANN, 1919)	412
<b>Familie Camisliidae</b>	
<i>Platynothrus peltifer</i> (KOCH, 1839)	<u>300</u> , 304, 308, <u>312</u> , 314, <u>318</u> , 350, 384, 390, <u>412</u> , <u>437</u> , 441, 458, <u>497</u> , <u>585</u> , 615, <u>656</u> , <u>696</u> , <u>698</u> , 822, <u>826</u> , 863, 865
<b>Familie Trhypochthoniidae</b>	
<i>Mucronothrus nasalis</i> (WILMANN, 1919)	<u>300</u> , 308, <u>312</u> , <u>350</u> , 380, 384, 390, <u>497</u> , <u>615</u> , <u>696</u> , <u>698</u> , <u>808</u> , 826
<b>Familie Malaconothridae</b>	
<i>Trimalaconothrus novus</i> (SELLNICK, 1921)	497
<b>Familie Nanhermanniidae</b>	
<i>Nanhermannia coronata</i> BERLESE, 1913	390
<b>Familie Hermanniidae</b>	
<i>Hermannia gibba</i> (KOCH, 1840)	300, 318, 441, 696, 808, 822
<b>Familie Damaeidae</b>	
Nicht näher klassifizierbar	318, 696, 808
<b>Familie Cephelidae</b>	
<i>Cepheus dentatus</i> (MICHAEL, 1888)	441, 698
<i>Cepheus tuberculatus</i> STRENZKE, 1951	300
<i>Tritegeus tuberculatus</i> GRANDJEAN, 1953	822
<b>Familie Liacaridae</b>	
<i>Adoristes poppei</i> (OUDEMANS, 1906)	437
<i>Liacarus coracinus</i> (KOCH, 1840)	308, 318
<b>Familie Ceratoppiidae</b>	
<i>Ceratoppia bipilis</i> (HERMANN, 1804)	350, 380, 696, 822
<b>Familie Carabodidae</b>	
<i>Carabodes areolatus</i> BERLESE, 1916	615
<i>Carabodes labyrinthicus</i> (MICHAEL, 1879)	312, 441, 412, 615, 652
<b>Familie Hydrozetidae</b>	
<i>Hydrozetes confervae</i> (SCHRANK, 1781)	698
<b>Familie Cymbaeremaeidae</b>	
<i>Cymbaeremaeus cymba</i> (NICOLET, 1855)	350, 380, 826
<b>Familie Oribatulidae</b>	
<i>Phauloppia lucorum</i> (KOCH, 1840)	698
<b>Familie Scheloribatidae</b>	
<i>Hemileius initialis</i> (BERLESE, 1908)	308, 318, 395, 615, 698
<i>Liebstadia similis</i> (MICHAEL, 1888)	437
<i>Schelorbates laevigatus</i> (KOCH, 1836)	394
<b>Familie Ceratozetidae</b>	
<i>Diapterobates humeralis</i> (HERMANN, 1804)	864
<i>Edwardzetes edwardsi</i> (NICOLET, 1855)	437
<i>Melanozetes mollicomus</i> (KOCH, 1840)	308
<i>Sphaerozetes piriformis</i> (NICOLET, 1855)	497, 808
<b>Familie Mycobatidae</b>	
<i>Jugatala angulata</i> (KOCH, 1840)	497, 696, 698
<i>Mycobates parmeliae</i> (MICHAEL, 1884)	395
<b>Familie Pelopidae</b>	
<i>Eupelops plicatus</i> (KOCH, 1836)	497, 500
<i>Eupelops subuliger</i> (BERLESE, 1916)	412, 943
<b>Familie Achipteriidae</b>	
<i>Achipteria coleoptrata</i> (LINNAEUS, 1758)	441, 308
<b>Familie Parakalumnidae</b>	
<i>Protokalumna aurantiaca</i> (OUDEMANS, 1913)	698

nur mit Einzeltieren vertreten sind, spielen die Hornmilben (Oribatida) in quantitativer Hinsicht eine große Rolle, vor allem aufgrund einer hohen Abundanz ihrer Jugendstadien. Die Auswertung repräsentativer Proben, die vor allem unseren Langzeituntersuchungsstellen entstammten (SCHATZ & GERECKE 1996, s. Tabelle 6.7.1) erbrachte eine vorläufige Liste von immerhin 37 Arten, von denen etliche mit hoher Regelmäßigkeit in vielen unterschiedlichen Quellen zu finden waren. Unter diesen sind *Hydrozetes confervae*, *Mucronothrus nasalis* und *Trimalaconothrus novus* als aquatisch bekannt. Offensichtlich findet vor allem der kaltstenotherme *M. nasalis* in den Quellen des Nationalparks günstige Lebensbedingungen - in Helokrenen wie Herrenröint 312 tritt er in großen Individuendichten auf. *Trimalaconothrus novus* gilt als kälteliebend und wurde nur in einer hochgelegenen Quelle (Sittersbach, 1800 m) nachgewiesen. Umgekehrt sind die Vertreter der wasserlebenden Familie Hydrozetidae eher an sommerwarme, pflanzenreiche Gewässer gebunden und treten in den Nationalparkquellen nur als Zufallsgäste auf. Die übrigen Arten der Liste sind mehr oder weniger feuchtigkeitsliebende Landarten, deren Anwesenheit in unseren Proben aber die Bedeutung von Quellhabitaten auch für die Artenvielfalt in den umliegenden terrestrischen Lebensräumen unterstreicht - ähnlich, wie dies bei den Landschnecken (Kapitel 6.5) und vielen Gruppen der Fliegen und Mücken (Kapitel 6.13) belegt werden kann. Eine besondere Erwähnung verdient unter diesen Arten *Platynothrus peltifer*, die mit 45 % der Individuen noch vor *Mucronothrus nasalis* (34 %) häufigste Art der Hornmilben im Nationalpark. Sie ist als Bewohnerin von Waldböden bekannt, zeigt aber eine Bevorzugung für Bereiche hoher Boden- und Luftfeuchtigkeit (SCHATZ & GERECKE 1996). Diese vorläufigen Ergebnisse zeigen, wie interessant eine eingehendere Analyse der (semi)terrestrischen Milbenfauna in und an Quellen sein kann. Ein umfangreiches Material aus den letzten Jahren der langfristigen Untersuchung konnte noch nicht aufgearbeitet werden.

### 6.7.2 Meeressmilben (Halacaroidea)

#### Familie Halacaridae

Im Gegensatz zu den Hydrachnidia (s.u.) verläuft die Entwicklung der Halacaroidea "direkt", d.h. ohne parasitische oder puppenartige Stadien. Der Verbreitungsschwerpunkt dieser Tiergruppe liegt in den Ozeanen der Welt, die sie bis in die Tiefsee hinab besiedelt haben. Eine eher kleine Anzahl von Gattungen und Arten, die offensichtlich untereinander keineswegs näher verwandt sind, haben aber unterschiedlichste Lebensräume des Süßwassers besiedelt. Sie unterscheiden sich von den echten Süßwassermilben nicht nur durch generell noch geringere Körperabmessungen, sondern auch durch relativ einförmige Körperform und -farbe, die Befähigung, Trockenzeiten in der Feuchtigkeit kleinster Ritzen und Spalten oder auch in subterranean Lebensräumen zu verbringen und eine offensichtlich relativ geringe Nahrungsspezialisierung (BARTSCH 1996). In unseren Proben

trat nur eine Art auf, die aber hinsichtlich Häufigkeit und Stetigkeit auch die populationsstärksten Vertreter der Hydrachnidia übertrifft.

*Soldanellonyx chappuisi* WALTER, 1917

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet, 600 bis über 2000 m; 1555 Exemplare, 41 Fundorte.

Habitat & Biologie: Quellen (der detritusreiche Quelltyp 5b wird im Nationalpark bevorzugt, 88 % der Individuen), temporäre Kleingewässer, Moore, Grundwasser. Offensichtlich auch zur Besiedelung alpiner Extremlebensräume befähigt, in denen Vertreter der Hydrachnidia nicht zu überleben vermögen: temporäre Quellen und Lacken des Steinernen Meeres (750, 751) und im grenznahen Österreich (A 210). Der Grund könnte darin liegen, dass sie im Gegensatz zu diesen in ihrem Lebenszyklus nicht auf einen Wirt angewiesen sind. *Soldanellonyx chappuisi* findet besonders geeignete Lebensbedingungen in Substraten mit hoher Dichte von Fadenwürmern, die für sie eine wichtige Nahrungsgrundlage darstellen.

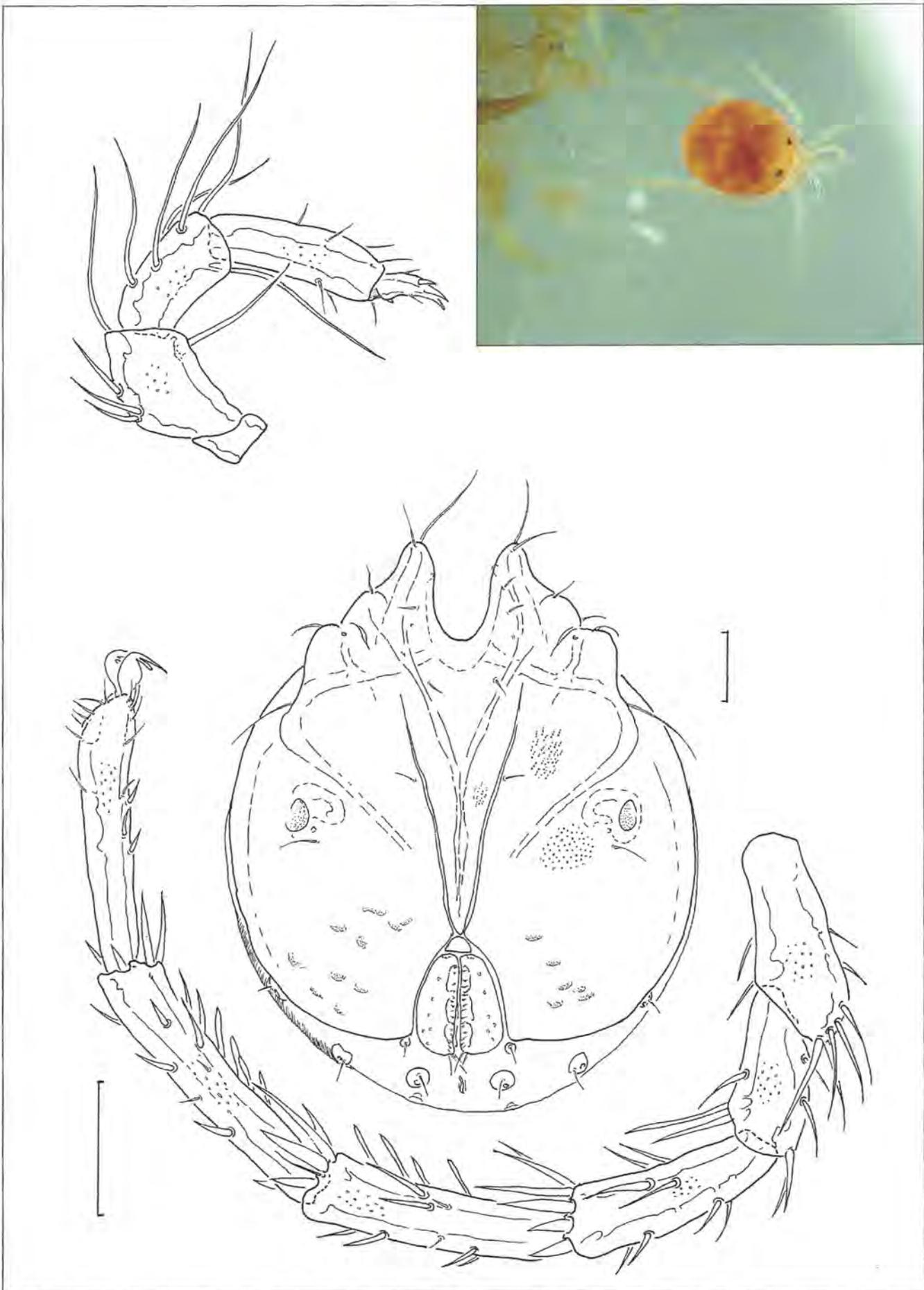
Verbreitung: Paläarktis.

### 6.7.3 Echte Süßwassermilben (Hydrachnidia)

Die echten Süßwassermilben sind mit über 5000 beschriebenen Arten weltweit (SMITH et al. 2001) eine der artenreichsten Tiergruppen des Süßwassers. Sie gehören zur Verwandtschaftsgruppe der Parasitengona, die auch an Land artenreich vertreten sind. Hierzu zählen z.B. die prächtig roten Samtmilben feuchter Waldböden, aber auch die Herbst- oder Erntemilben, deren Larven dem Menschen zeitweilig lästig werden. Wie ihre terrestrischen Verwandten durchlaufen sie eine komplizierte Entwicklung: Die aus dem Ei schlüpfende Larve ist in aller Regel parasitisch, vorwiegend an Insekten aus vielen verschiedenen Ordnungen (Abb. 6-7-4).



**Abb. 6-7-1:** Süßwassermilbe *Protzia squamosa*, Lebendaufnahme. Die Art wurde im Nationalpark Berchtesgaden nur in einer Quelle auf sehr niedriger Meereshöhe nachgewiesen - rechts unterhalb ein Ruderfußkrebs. (Foto: Quellkurs Uni Tübingen)



**Abb. 6-7-2:** *Lebertia elsteri*. Rechts oben Lebendaufnahme eines Männchens, links oben Palpus, Mitte Bauchansicht, unten Hinterbein. Diese seltene Süßwassermilbe wurde in Berchtesgadener Quellen erstmals seit ihrer Erstbeschreibung aus dem Hochschwarzwald wiedergefunden. (Foto: Allgaier & Gerecke)

Über die Morphologie und Lebensweise der Larven europäischer Wassermilben ist noch sehr wenig bekannt. Im Rahmen der Berchtesgadener Untersuchungen konnten für 13 Arten die zuvor unbekanntes Larven gezüchtet und beschrieben werden: *Atractides adnatus*, *A. macrolaminatus*, *A. panniculatus*, *A. walteri*, *Bandakia concreta*, *Lebertia cuneifera*, *L. lativentris*, *L. sefvei*, *Protzia distincta*, *Sperchon mutilus*, *S. resupinus*, *S. violaceus* und *Tartarothyas romanica*. Für weitere sieben Arten konnten unvollständige alte Beschreibungen ergänzt werden: *Hygrobatas norvegicus*, *Lebertia maculosa* (= *zschokkei*), *Panisus michaeli*, *Panisopsis curvifrons*, *Partnunia steinmanni*, *Sperchon thienemanni* und *Thyas palustris* (MARTIN 2003), für viele Arten ergaben sich wichtige neue Erkenntnisse über deren Wirtspräferenz (MARTIN et al. in Vorb.). Soweit nicht anders angegeben, beziehen sich alle Angaben zum Parasitismus der Arten aus dem Nationalpark auf diese Arbeit.

Nach der parasitischen Phase häutet sich die Larve und beginnt eine Ruhephase als puppenartige "Protonymphen", die weder Extremitäten noch Mundorgane besitzt. Aus dieser entstehen, jeweils nach weiteren Häutungen, zunächst eine aktive wasserlebende "Deutonymphen", dann als zweites Ruhestadium die wiederum puppenartige "Tritonymphen" und schließlich der Adultus. Soweit bekannt sind alle Wassermilben als Deutonymphen und Adulti räuberisch oder Aasfresser und ernähren sich von Kleinlebewesen, deren Gelehen oder frisch toten Tieren (MARTIN 2005). Die Adulten sind stets zweigeschlechtlich. Je nach Habitattyp, an den die verschiedenen Arten angepasst sind, produzieren sie Gelege mit wenigen, relativ großen oder zahlreichen ziemlich kleinen Eiern. Der letztgenannte Typus überwiegt in temporären Kleingewässern, während sich in unseren Quellen eher kleine, eierarme Gelege finden.

Aus Mitteleuropa sind ca. 600 Arten der Hydrachnidia bekannt, von denen 400 auch aus dem Alpenraum gemeldet wurden (GERECKE & LEHMANN 2005, Daten im Internet unter [www.watermite.org](http://www.watermite.org)). Sofern die Gewässerstrukturen intakt sind und die Gewässerqualität nicht beeinträchtigt ist, treten sie in verschiedensten Gewässertypen in hoher Arten- und Individuendichte auf. Im Vergleich mit allen anderen Wirbellosen-Gruppen mit wasserbewohnenden Stadien zeichnen sie sich durch eine besondere Tendenz aus, Arten hervorzubringen, die an Quellen gebunden sind (DI SABATINO et al. 2002). Die Gründe für diese Quellbindung ("Krenobiosis") sind bei den einzelnen Arten zwar noch kaum erforscht, aber die besondere Bedeutung der Hydrachnidia als Charakter- und Indikatorarten bei Quelluntersuchungen steht außer Zweifel (CANTONATI & ORTLER 1998). Soweit bekannt, sind sämtliche quellgebundenen Arten auf permanenten Wasserfluss angewiesen: Vorhandensein oder Fehlen von Süßwassermilben kann ein Schlüssel sein, um ad hoc langfristig fließende von nur zeitweilig Wasser führenden Quellen zu unterscheiden. Die Wassermilben der Nordalpen sind bislang nur sehr unzulänglich dokumentiert. Angaben über einige Seen im Salzburger Raum finden sich bei MICOLETZKY (1911,

1912, 1913), Funde aus Quellen und Fließgewässern im Raum Innsbruck resp. Garmisch-Partenkirchen wurden von K. VIETS (1925, 1939) und TOTSCHNIG et al. (1999) veröffentlicht. Zusammen mit den Angaben bei CREMA et al. (1996) und GERECKE et al. (1998), die hier mit eingearbeitet wurden, handelt es sich bei den hier vorgelegten Daten um die ersten Informationen über die Diversität der Hydrachnidia in den Berchtesgadener Alpen überhaupt. Im Nationalpark Berchtesgaden konnten mittlerweile 62 Arten nachgewiesen werden. Unter diesen sind 47 typischerweise an Quellen gebunden ("krenobiont") oder an andere Lebensräume gebunden, aber häufig auch in Quellen zu finden ("krenophil"). Zehn Arten sind typische Fließwasserarten, die nur in den abfließenden Bächen oder als Zufallsgäste in Quellen gefunden wurden: *Atractides gibberipalpis*, *A. robustus*, *Feltria oedipoda*, *Hygrobatas fluviatilis*, *Lebertia rufipes*, *Pseudotorrenticola rhynchota*, *Sperchon brevirostris*, *S. glandulosus*, *Stygothrombium chappuisi* und *Torrenticola elliptica*. Weitere fünf Arten, *Arrenurus* sp., *Neumania spinipes*, *Teutonia cometes*, *Tiphys latipes* und *T. torris*, sind Stillwasserbewohner. Diese Gelegenheitsfunde quellfremder Arten deuten darauf hin, dass die tatsächliche Artenzahl (unter weiterer Einbeziehung von Seen, kleinen Stillgewässern und Bachläufen) wesentlich höher ist.

Nach unserem gegenwärtigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass die meisten alpinen Arten weit verbreitet und die zoogeografischen Unterschiede zu anderen europäischen Gebirgen eher gering sind. Das bedeutet, dass sich die in Berchtesgaden ermittelten ökologischen Ergebnisse über die Habitatanforderungen der einzelnen Arten wahrscheinlich gut auf ähnliche Lebensräume anderer europäischer Gebirgszüge übertragen lassen.



**Abb. 6-7-3:** *Stygothrombium chappuisi*, eine seltene, an das Leben im Untergrund angepasste, wurmförmig verlängerte Wassermilbe, die in Berchtesgaden erstmals in alpinen Fließgewässern nachgewiesen wurde. Lebendaufnahme. (Foto: Algaier & Gerecke)

## Familie Stygothrombiidae

*Stygothrombium chappuisi* (WALTER, 1947) (Abb. 6-7-2)  
Vorkommen im Nationalpark: Abfluss des Baches von Herrenroint, 1000 m, Interstitialgrabungen Juni 2000, Juni 2002 (3 Weibchen); im selben Gebiet parasitische Larven auf Larven von Perlodidae (*Isoperla*) (Plecoptera): Juni 2000 (Kescherfang); Koppenwand, Hypokrenal Juli 2003, eine Deutonymphe.

Bemerkung: Arten der Gattung *Stygothrombium* sind zwar in vielen Teilen Europas gefunden worden, jedoch stets nur in lokalisierten Populationen oder Einzelexemplaren.

Aus Deutschland sind bislang nur wenige Funde bekannt, die sich wahrscheinlich alle auf *S. chappuisi* beziehen (GERECKE et al. 2005: Harz, Schwarzwald, Thüringer Wald), ebenso wie ein Nachweis aus den Voralpen bei Tegernsee (POPP 1991, sub nom. *S. nov. sp.*). Weitere Fundorte liegen in Österreich (SCHWOERBEL 1962 sowie unpubliziertes Material aus den Kalkalpen), Italien (BENFATTI unpubl.), Luxemburg (GERECKE et al. 2005) und Rumänien (locus typicus in Siebenbürgen: WALTER 1947).

Habitat & Biologie: *Stygothrombium chappuisi* ist offenbar die einzige streng hyporheobionte Milbenart aus unseren Proben im Nationalpark. Sie ist bislang nur aus Quellbachabschnitten bekannt geworden, die sich durch einigermaßen stabile Sohlstruktur auszeichnen (Kiesbänke zwischen großen, schützenden Felsblöcken in schluchtartig eingeschnittenen Bereichen). In den oberhalb liegenden Quellbereichen konnte sie nie gefunden werden. Der Parasitismus der *Stygothrombium*-Larven an Steinfliegenlarven ist aus der Literatur bekannt, für *S. chappuisi* gab es bisher keine Angaben.

Verbreitung: Gebirge und Mittelgebirgszüge Mittel- und Südosteuropas, Italien (BENFATTI unpubl.).

## Familie Hydrovolziidae

*Hydrovolzia placophora* (MONTI, 1905)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet, bis 1800 m; 590 Exemplare aus 26 Fundorten.

Habitat & Biologie: Vor allem in den Quelltypen 1 und 5: moosreiche Rheokrenen auf Hartsubstrat oder detritusreiche (Rheo)helokrenen. In aller Regel strikt an das Eukrenal gebunden, aber auf Herrenroint gelegentlich einzelne Exemplare auch im Interstitial des unteren Quellbaches.

Das Larvenstadium besitzt ein sehr weites Wirtsspektrum. Neben Zweiflüglern der Familie Empididae sind inzwischen auch Käfer mit wasserlebenden oder hygrophilen Larven (*Elodes* sp., Scirtidae; *Lesteva* sp., Staphylinidae), hygrophile Wanzen (*Hebrus ruficeps*) und sogar terrestrische Milben als Wirte bekannt geworden (TUZOVSKIJ et al. 2001). Die erwachsenen Tiere konnten im Labor beim Eifraß an Wassermilbengelegen beobachtet werden (MARTIN 2005).

Verbreitung: In Europa weit verbreitet, aber auf Regionen mit intakten Quellbereichen beschränkt. Hauptsächlich in waldreichen Gebirgen und Mittelgebirgen.

## Familie Hydryphantidae, Unterfamilie Thyadinae

*Panisellus thienemanni* (K. VIETS, 1920)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee-Einzugsbereich (Herrenroint), 1200 m. Nur ein Exemplar von Langzeitprobestelle 312 - offensichtlich sehr selten. Ein weiterer Nachweis aus dem Vorfeld (Tratten bei Ramsau, GERECKE unpubl.), möglicherweise im Nationalpark die obere Höhengrenze seiner Verbreitung erreichend.

Habitat & Biologie: Krenophil; im Nationalpark in einer Quelle des Quelltyps 5b (Helokrene mit schwachem Abfluss); auch in der Schweiz fast ausschließlich in Helokrenen (BADER 1994). Larven parasitisch an Collembola (BOEHLE 1996). Die Seltenheit der Art in unseren Aufsammlungen könnte zumindest teilweise durch ihr begrenztes Auftreten hauptsächlich im Frühjahr erklärbar sein.

Verbreitung: West-, Mittel- und Südosteuropa. Weitere Nachweise aus dem Alpenraum nur aus der Schweiz (BADER 1994).

*Panisopsis curvifrons* (WALTER, 1907)

Vorkommen im Nationalpark: Hauptsächlich Einzugsgebiet Klausbachtal, ein Fundort (633) im Obersee-Bereich, bis 2000 m; 25 Exemplare aus 6 Fundorten.

Habitat & Biologie: Krenophil; im Nationalpark in den Quelltypen 1 und 3 (Rheokrenen mit ausgedehnten hygropetrischen Bereichen auf Hartsubstrat), in Kaskaden und kleinen Wasserfällen, an Totholz, oft in exponiertem Gelände außerhalb der Waldgrenze. Im Nationalpark nur in Eukrenalbereichen gefunden, ein Vorkommen in kaskadenartigen Rhithralbereichen aber nicht auszuschließen. Larve: MARTIN (2003), Wirtsspektrum unklar - WALTER (1915) nennt Dipteren als Wirte, aber ohne genauere taxonomische Angaben; im Nationalpark Berchtesgaden wurde die Larve an einer Chironomide parasitierend festgestellt.

Verbreitung: Die bislang bekannten Nachweise belegen eine weite Verbreitung in der Westpaläarktis, jedoch mit nur wenigen, offensichtlich isolierten Fundpunkten, vorwiegend im Gebirge.

*Paninus michaeli* (KOENIKE, 1896)

Vorkommen im Nationalpark: Außer im Obersee-Einzugsgebiet überall nachgewiesen, 600-1800 m, aber die meisten Nachweise unter 1400 m N.N.; Verbreitungsschwerpunkt: Almen des östlichen Königssee-Einzugsgebiets; 94 Exemplare aus 16 Fundorten.

Habitat & Biologie: Krenobiont; Charakterart für Quelltyp 5: detritusreiche Helo- und Rheohelokrenen in Wald- und Offenland, auf Almen auch in Gewässern, die durch Viehexkremente belastet sind. Ausschließlich im Eukrenal. Larve: MARTIN (2003); Wirtsspektrum unklar - eine zweifelhafte Angabe bei LUNDBLAD (1927), wonach die Larve an Hymenopteren parasitiert (Braconidae: *Gyrocampa*).

Verbreitung: In Europa weit verbreitet.

*Thyas palustris* (KOENIKE, 1912)

Vorkommen im Nationalpark: Nur in Quellen im Königssee-Einzugsbereich nachgewiesen, hier aber durchaus

häufig; bis 1600 m; 103 Exemplare aus 10 Fundorten.  
**Habitat & Biologie:** Krenobiont; Charakterart für Quelltyp 5: detritusreiche Helokrenen und Rheohelokrenen in Wald- und Offenland. Ausschließlich im Eukrenal. Larven parasitisch an Zuckmücken.

**Verbreitung:** In Europa weit verbreitet. Im Süden beschränkt auf Quellgebiete der Gebirgsregionen, nach Norden hin zunehmend euryök, in Tieflandquellen; in Skandinavien auch in quellfernen Fließwasserabschnitten.

*Thyasella mandibularis* (LUNDBLAD, 1924)

**Vorkommen im Nationalpark:** Königssee-Einzugsbereich (Herrenröint, Priesberg-Alm), 1200-1400 m. Nur drei Exemplare von zwei Fundstellen (eine davon die Langzeitprobestelle 304, an der in acht Untersuchungsjahren nur ein ♀ und eine Deutonymphe nachgewiesen werden konnten - offensichtlich sehr selten).

**Habitat & Biologie:** Krenophil; Quelltyp 5: Rheohelokrenen, Bereiche mit schwachem Abfluss. Wenig bekannt; im Schwarzwald offensichtlich hyporheobiont und nur gelegentlich in Quellen auftretend (SCHWOERBEL 1959), in der Umgebung der Berchtesgadener Fundorte aber keine geeigneten interstitiellen Habitate. Bei mehrfachen Grabungen im Herrenröint-Abfluss keine Nachweise.

**Verbreitung:** Bislang aus Skandinavien, Norddeutschland und aus dem Schwarzwald bekannt (hier neben der Nominatart auch *T. m. torrenticola* SCHWOERBEL, 1958). Erstnachweis für den Alpenraum.

*Zschokkea oblonga* (KOENIKE, 1892)

**Vorkommen im Nationalpark:** Nur ein Fundort auf der Priesbergalm (Helokrene mit schwachem Abfluss, aus Moorfläche austretend), 1400 m, 11 Exemplare.

**Habitat & Biologie:** Krenophil; in Quellmooren (entspr. Quelltyp 5 b, Kap. 4); im Norden des Verbreitungsgebietes auch temporäre Kleingewässer. Lebenszyklus unbekannt.

**Verbreitung:** Nord- und Mitteleuropa, im Süden des Gebietes sehr selten. Deutscher Erstnachweis.

#### **Familie Hydryphantidae, Unterfamilie Protziinae**

*Partnunia steinmanni* (WALTER, 1906)

**Vorkommen im Nationalpark:** Ganzes Gebiet, aber vorwiegend in den Bereichen Klausbachtal, Wimbach und Watzmann-Nord, bis 2000 m, aber vorwiegend < 1400 m; 531 Exemplare, 31 Fundorte.

**Habitat & Biologie:** Krenobiont; Bevorzugt (80 % der Individuen) Quelltypen 4a und 5a (moos- und kiesreiche Rheo- und Rheohelokrenen), vor allem im Wald oder in beschatteten Zonen (s. a. GERECKE et al. 2005). Nur im Eukrenal. Larve: MARTIN (2003); Wirtsspektrum sehr weit: Plecoptera, Trichoptera, Diptera Limoniidae und Chironomidae.

**Verbreitung:** Alpen und mitteleuropäische Mittelgebirge.

*Protzia distincta* (WALTER, 1922)

**Vorkommen im Nationalpark:** Verbreitungsschwerpunkte Wimbach-Einzugsgebiet und Watzmann-Nord, Einzelfunde im Klausbachtal (3 Exemplare) und Königssee-

Ost (2 Exemplare). Keine Nachweise aus den Gebieten Königssee-West /Steinernes Meer und vom Obersee-Einzugsgebiet; nicht oberhalb 1200 m; 518 Exemplare, 13 Fundorte.

**Bemerkung:** Die Art war bis vor kurzem wenig bekannt und in ihrem Status umstritten (GERECKE 1999). Sie lässt sich nur nach einem Komplex von Messwerten von der im europäischen Tiefland vorkommenden *P. eximia* (PROTZ, 1996) abtrennen, unterscheidet sich von dieser offenbar auch in einer stärkeren Präferenz für Quellhabitate.

**Habitat & Biologie:** Krenophil; Charakterart von Rheokrenen auf Harts substrat (98 % der Individuen), Quelltypen 1 und 3a, vor allem in Waldquellen (Eu- und Hypokrenal) sowie deren Quellbächen. Larve: MARTIN (2003); parasitisch an Zuckmücken und Köcherfliegen. Erwachsene Tiere ernähren sich von Eiern anderer Wassermilben (MARTIN 2005).

**Verbreitung:** Alpenraum, möglicherweise aber weiter verbreitet in europäischen Gebirgen. Deutscher Erstnachweis.

*Protzia squamosa squamosa* WALTER, 908 (Abb. 6-7-1)

**Vorkommen im Nationalpark:** Nur ein Fundort im Klausbachtal (519), 800 m; 2 Exemplare.

**Habitat & Biologie:** Krenobiont; Rheo- und Helokrenen im Wald (Fundort im Nationalpark Quelltyp 5b). Nur Eukrenal. Lebenszyklus unbekannt.

**Verbreitung:** Mittel- und Osteuropa. In Südeuropa durch die vikariierende Unterart *P. s. paucipora* (K. VIETS, 1955) vertreten; eine wenig bekannte Schwesterart *P. multipora* (WALTER, 1922) aus den schweizerischen und österreichischen Alpen beschrieben.

#### **Familie Hydryphantidae, Unterfamilie Wandesiinae**

*Wandesia thori* (SCHECHTEL, 1912)

**Vorkommen im Nationalpark:** Obersee-Einzugsgebiet, angrenzendes Österreich; ein Exemplar in der Drift des Klausbach auf 800 m (coll. ORENDT); bis > 2000 m; 4 Fundorte, 12 Exemplare.

**Habitat & Biologie:** Krenophil; Quelltyp 3b, 4a: steinige und kiesige Rheokrenen. Die Art galt bisher als hyporheobiont (SCHWOERBEL 1961). Die Funde in den Berchtesgadener Bergen und im angrenzenden Österreich, noch dazu in hochmontanen Lagen, sind überraschend und weiten unsere Vorstellungen von den Lebensansprüchen der Art beträchtlich aus. Im Untersuchungsgebiet in moosreichen Quellen außerhalb der Baumgrenze. Der Nachweis in der Klausbach-Drift deutet darauf hin, dass die Art im Nationalpark auch in Fließgewässer-Sedimenten existieren dürfte. Lebenszyklus unbekannt. Durch die wurmförmige Verlängerung des Körpers augenscheinlich an die Existenz in interstitiellen Kleinhöhlen angepasst. Larven, die vermutlich dieser Art zugeordnet werden können, wurden im Nationalpark an Mücken der Familie Empididae parasitierend beobachtet.

**Verbreitung:** Alpen, Tatra, Schwarzwald, ein fraglicher Nachweis aus Spanien (GERECKE 1999), Nordapennin (BENFATTI unpubl.).

## **Familie Hydryphantidae, Unterfamilie Tartarothyadinae**

*Tartarothyas romanica* (HUSIATINSCHI, 1937)

Vorkommen im Nationalpark: Hauptsächlich Watzmann-Nord; zwei Einzelfunde im Wimbach- und östlichen Königssee-Einzugsbereich (394, 798); bis 1800 m; 32 Exemplare, 6 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenobiont; Charakterart für Quelltyp 5: detritusreiche Helokrenen und Rheohelokrenen; vorwiegend in offenem Gelände, aber nicht in Habitaten mit organischer Belastung. Seltene, in geringen Populationsgrößen auftretende Art. Larve: MARTIN (2003); parasitisch an Zuckmücken.

Verbreitung: Mittel-, Südost- und Südeuropa; erst in jüngerer Zeit in den Alpen, im Alpenvorland und in den Niederlanden entdeckt (BADER 1989, SCHWOERBEL 1991, SMIT & VAN DER HAMMEN 1992).

## **Familie Spermontidae**

*Spermopsis verrucosa* (PROTZ, 1896)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbach, Wimbach, Watzmann-Nord und Königssee-Ost, nur unter 1400 m, 35 Exemplare, 13 Fundorte.

Habitat & Biologie: Rhithrobiont, in Quellen fast ausschließlich im Hypokrenal von Rheokrenen, oft bei erhöhtem Feinsedimentanteil. Die niedrige Individuenzahl bei gleichzeitig relativ hoher Anzahl von Fundorten entspricht der Vorstellung, dass es sich um eine krenoxene Art handelt, deren Populationen sich nur gelegentlich bachaufwärts bis in den Quellbereich ausdehnen. Auf Herrenroint regelmäßig einzelne Exemplare in den Hypokrenal-Bereichen 304, 314 und 318. Zuckmücken (Chironomidae) sind als Wirte bekannt (MARTIN 2000), im Nationalpark konnte aber bisher keine parasitierende Larve nachgewiesen werden. Wie bei allen daraufhin untersuchten Vertretern der Spermontidae ernähren sich Adulti und Nymphen von Larven der Chironomidae (MARTIN 2005).

Verbreitung: Westpaläarktis.

*Spermopsis brevis* (KOENIKE, 1895)

Vorkommen im Nationalpark: Nur zwei Fundorte, im Schapbach (Watzmann-Nord) und Königsbach (Königssee-Ost); 5 Exemplare.

Habitat & Biologie: Rhithrobiont. Offensichtlich Quellen vollkommen meidend, bei der Untersuchung der Longitudinalzonierung unterhalb der Quellbereiche als Gelegenheitsfund nachgewiesen. Lebenszyklus unbekannt.

Verbreitung: Westpaläarktis ohne Mittelmeerraum. Bestandsbildend in den Rithralbereichen aller Mittelgebirge des Verbreitungsgebiets.

*Spermopsis glandulosus* (KOENIKE, 1886)

Vorkommen im Nationalpark: Nur ein Fundort im Königsseebach unterhalb der Königsalm; ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Rhithrobiont. Offensichtlich Quellen vollkommen meidend, bei der Untersuchung der Longitudinalzonierung unterhalb eines Quellbereichs als Ge-

legenheitsfund nachgewiesen. Die Larve parasitiert an Zuckmücken (ULLRICH 1976, 1978).

Verbreitung: Westpaläarktis ohne Mittelmeerraum. Bestandsbildend in den Rithralbereichen aller Mittelgebirge des Verbreitungsgebiets. Oft mit *S. brevis* vergesellschaftet.

*Spermopsis mutilus* (KOENIKE, 1895)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet, bis 2000 m, Verbreitungsschwerpunkt > 1000 m, nur ein Einzelfund < 800 m; 311 Exemplare, 34 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenobiont; Quellen unterschiedlichen Typs, aber bevorzugt (75 % der Individuen) in Rheo- und Rheohelokrenen mit sandig-kiesigem Substrat, starkem Moosbewuchs und/oder erhöhtem Detritusanteil (Quellentypen 4-5). Nur Eukrenal. Offensichtlich kaltstenotherm. Larve: MARTIN (2003); parasitisch an Zuckmücken.

Verbreitung: Gebirge Mittel- und Südeuropas. Im südlichen Teil des Verbreitungsgebietes auf die hochmontanen Lagen des Buchenwaldgürtels beschränkt.

*Spermopsis resupinus* (K. VIETS, 1922)

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann-Nord (Herrenroint) und Königssee-Ost (zwei Einzelfunde, 835, 842), um 1200 m; 19 Exemplare, 3 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenobiont; Charakterart für Quelltyp 5: detritusreiche Helokrenen und Rheohelokrenen, auch in Bereichen, die sich sommerlich stark aufwärmen oder in organisch belasteten Habitaten, aber stets in individuenarmen Populationen und selten. Nur Eukrenal. Larve: MARTIN (2003); parasitisch an Zuckmücken.

Verbreitung: Süd- und Mitteleuropa, Südsandinavien, nur verstreute Fundorte.

*Spermopsis squamosus* (KRAMER, 1879)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee-Ost, Einzelfunde Klausbach und Watzmann-Nord; 7 Exemplare, 3 Fundorte, bis 1400 m.

Habitat & Biologie: Krenophil; im Nationalpark nur in Quelltyp 5a (Rheohelokrenen), aber andernorts auch in Rheokrenen und Quellbächen (Eu- und Hypokrenal) und im Norden des Verbreitungsgebietes auch in Seeuferbereichen (LUNDBLAD 1968), bevorzugt in Bereichen mit schwachem Abfluss und hohem Anteil an organischem Substrat. Eher im Tiefland, im Nationalpark offensichtlich versprengte Populationen an ihrer oberen Höhengrenze. Larve parasitisch an Zuckmücken (ULLRICH 1976, 1978), Wirte aus dem Nationalpark sind aber nicht bekannt.

Verbreitung: Westpaläarktis.

*Spermopsis thienemanni* (KOENIKE, 1907)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet, bis 2000 m; 359 Exemplare, 40 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenobiont; Quellen unterschiedlichen Typs, aber bevorzugt (68 % der Individuen) in Quelltyp 5 (detritusreiche Rheohelokrenen), im Wald und Offenland. Eher euryök; die meisten Exemplare aus dem Eukrenal; gelegentlich (aber nicht im Untersuchungsgebiet) auch im Rhithral. Die Larve ist ein Parasit

von Zuckmücken (Chironomidae) (ULLRICH 1976, 1978, MARTIN 2000), im Nationalpark konnten allerdings noch keine Wirte nachgewiesen werden. Adulttiere können mindestens zwei Jahre lang leben und die Weibchen in aufeinander folgenden Jahren Eier legen (MARTIN 1998).  
Verbreitung: Westpaläarktis. Verbreitungsgrenzen im Norden und Osten des Arealis noch unklar, da die Art lange mit *S. glandulosus* verwechselt wurde (BADER 1974).

*Sperchon violaceus* (WALTER, 1944)

Vorkommen im Nationalpark: Nicht nachgewiesen in den Bereichen Königssee-West und -Obersee; regelmäßig und verbreitet in tieferen Lagen, nur ein Einzel Fund (822, 2 Exemplare) > 1200 m; 272 Exemplare, 9 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenophil; Charakterart von Rheokrenen auf Harts substrat, Quelltypen 1 und 3a (95 % der Individuen) mit hohem Moosanteil, Eukrenal und Hypokrenal, in kleineren Populationen gelegentlich auch im Rhithral. Larve: MARTIN (2003); Wirtsspektrum unklar, vielleicht ist bei dieser Art der Parasitismus reduziert.

Verbreitung: Gebirge Mittel- und Südosteuropas.

#### Familie Teutoniidae

*Teutonia cometes* (KOCH, 1837)

Vorkommen im Nationalpark: Nur ein Fundort im Bereich Königssee West (741, Schwarzensee, 1570 m); 2 Exemplare.

Habitat & Biologie: Seen, Limnokrenen und Stillwasserbereiche kalter Fließgewässer (kaltstenotherm). Der Schwarzensee wird von starken sublacustrischen Quellen gespeist, deren Wasser an anderer Stelle von einem Ponor wieder verschluckt wird. Die Milben wurden jedoch nicht im Bereich der Quellmünder, sondern am gegenüberliegenden Ufer erbeutet. Ältere Larvalbeschreibungen liegen vor (z.B. PIERSIG 1897-1900), über ihr Wirtsspektrum ist aber noch nichts bekannt. In Nordamerika parasitieren Arten der Gattung an erwachsenen Zuckmücken (SMITH 1982).

Verbreitung: Paläarktis.

#### Familie Anisitsiellidae

*Bandakia concreta* (THOR, 1913)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbach, Watzmann-Nord, Königssee-Ost, bis 1600 m; 25 Exemplare, 9 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenobiont; Charakterart für Quelltyp 5: detritusreiche Helokrenen und Rheohelokrenen; in offenem Gelände, auch bei organischer Belastung. Stets nur in kleinen Populationen oder als Einzelexemplare nachgewiesen. Auf Herrenroint vorwiegend im Bereich der Helokrene 312, aber immer nur in Einzelexemplaren. Larve: MARTIN (2003); parasitisch an Chironomiden.

Verbreitung: Westpaläarktis.

#### Familie Lebertiidae

Die Arten dieser Gattung lassen sich momentan nur unter Schwierigkeiten identifizieren. Eine Revision der umfangreichen Literatur, die sich auch auf Variabilitätsuntersuchungen an Populationen aus Berchtesgaden stützt, ist im Gange. Die Benennung der Arten ist in mehreren Fällen vorläufig.

*Lebertia bracteata* (K. VIETS, 1920)

Vorkommen im Nationalpark: Nur zwei Fundorte: Klausbachtal (476, 870 m, 2 Exemplare), Watzmann-Nord (696, 1300 m, 1 Exemplar)

Habitat & Biologie: Krenobiont; Rheokrenen, Populationen im Nationalpark offensichtlich an der Obergrenze ihrer Höhenverbreitung, ansonsten eher im Voralpen- und Flachland. Lebenszyklus unbekannt.

Verbreitung: Alpen, Deutsche Mittelgebirge und Tiefebene, Karpaten.

*Lebertia cuneifera* (WALTER, 1922)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet, vorwiegend < 1400 m (5 Exemplare, 744, 1600 m, 807, 1480 m); 280 Exemplare, 14 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenobiont; Bevorzugt in Quellen mit hohem Detritusanteil, Typ 5 (88 % der Individuen); Rheohelo- und Helokrenen; nur Eukrenal. Larve: MARTIN (2003), parasitisch an Zuckmücken (Chironomidae). Die Nymphen und erwachsenen Tiere fressen – wie die meisten der bisher daraufhin untersuchten Arten der Gattung – Larven von Zuckmücken (MARTIN 2005).

Verbreitung: Alpen, Mittelgebirge Zentraleuropas, Karpaten.

*Lebertia cuneifera aberrata* (WALTER, 1922)

Vorkommen im Nationalpark: Nur eine Fundstelle, Königssee-Ost (804, 1100 m), 2 Exemplare.

Bemerkung: Die deutlich abweichende Morphologie in beiden Geschlechtern spricht dafür, dass es sich bei diesem Taxon um eine eigenständige Art handelt. Revision erforderlich.

Habitat & Biologie: Krenobiont? Im Nationalpark in teilweise gefasster Rheokrene. Habitatpräferenz kaum bekannt. Lebenszyklus unbekannt.

Verbreitung: Alpen, Areal schlecht definiert, da vielfach mit *L. cuneifera* s.str. verwechselt.

*Lebertia elsteri* (SCHWOERBEL, 1957) (Abb. 6-7-3)

Vorkommen im Nationalpark: Nur zwei Fundorte: Klausbach (519, 800 m, 1 Exemplar) und Watzmann-Nord (Herrenroint, 304, 1200 m, 4 Exemplare). Ein weiterer Nachweis im Nationalpark-Vorfeld (Tratten bei Ramsau, 1100 m, 1 Exemplar).

Habitat & Biologie: Krenobiont; Rheohelokrenen (Quelltyp 5) und detritusreiche Sedimente im obersten Quellbach (hyporheisch). Lebenszyklus unbekannt.

Verbreitung: Mitteleuropa; erster Fund seit der Originalbeschreibung aus Quellen im Schwarzwald, Erstnachweis in den Alpen.

*Lebertia fontana* (WALTER, 1912)

Vorkommen im Nationalpark: Nur zwei Fundorte: Obersee (680, Landtalgraben, 1450 m), 5 Exemplare, Königssee-West (756, Rennergraben, 1650 m), 4 Exemplare.

Bemerkung: Krenobiont; die Art ist seit ihrer Erstbeschreibung nur selten gemeldet worden. Sie gehört dem Verwandtschaftskreis von *L. giardinai* MAGLIO, 1908 an, der ausschließlich Quellspezialisten aus den Hochalpen umfasst.

Habitat & Biologie: Nur Quelltyp 3b: steinige Rheokrene mit gering ausgebildeter Moosvegetation; außerhalb der Waldgrenze, bei starker Sonneneinstrahlung. Lebenszyklus unbekannt.

Verbreitung: Alpen, wenig bekannt; Deutscher Erstnachweis.

*Lebertia lativentris* (K. VIETS, 1922)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet außer Steinernes Meer, 800-1750 m, 79 Exemplare, 11 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenobiont; Charakterart für Quelltyp 5 (100 % der Individuen): Rheohelo- und Helokrenen, nur Eukrenal. Larve: MARTIN (2003), parasitisch an Zuckmücken (Chironomidae).

Verbreitung: Alpen, zentraleuropäische Mittelgebirge und norddeutsches Tiefland.

*Lebertia rufipes* (KOENIKE, 1902)

Vorkommen im Nationalpark: Einzelfund Königssee-Uferquelle bei Salet (862, 610 m), ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Krenophil; nach WALTER (1922a) Charakterart der Limnokrenen sowie klarer alpiner Seen, aus denen sie in Uferquellen aufsteigt. Larven (Beschreibung bei WALTER 1922a) parasitisch an Chironomidae (BERTUZZI et al. 2004).

Verbreitung: Ganz Europa.

*Lebertia sefvei* (WALTER, 1911)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet, 600-2000 m; 76 Exemplare, 14 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenobiont; Quellen unterschiedlichen Typs, aber Helokrenen mit sehr schwachem Abfluss (Quelltyp 5b) meidend; auf Herrenröint stetig, aber nur in kleinen Populationen. Nur im Eukrenal. Larve: MARTIN (2003), parasitisch an Zuckmücken (Chironomidae).

Verbreitung: Mittel-, Nord- und Osteuropa.

*Lebertia stigmatifera* (THOR, 1900)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal (zwei Fundorte, 478, 1280 m; 519, 800 m), Königssee-Uferquelle bei Salet (862, 610 m), 14 Exemplare.

Habitat & Biologie: Krenobiont; Quelltyp 5a (Rheohelokrenen), nur Eukrenal. Verbreitungsschwerpunkt offensichtlich in tieferen Lagen, Populationen im Nationalpark an der oberen Höhengrenze ihrer Verbreitung. An skandinavischen Populationen von *L. stigmatifera* wurde beobachtet, dass aus den Eiern nicht-parasitierende Larven schlüpfen, die sich ohne Nahrungsaufnahme in das anschließende Nymphenstadium umwandeln (LUNDBLAD 1924). In einer norddeutschen Population lebt

die Larve hingegen parasitisch (MARTIN 2000). Über ihren Lebenszyklus in den Alpen ist noch nichts bekannt.

Verbreitung: Mittel- und Nordeuropa.

*Lebertia tuberosa* (THOR, 1914)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet; bis 2000 m, 562 Exemplare, 33 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenobiont; In Quellen unterschiedlichsten Typs (Quelltyp 1-5) ohne eindeutige Präferenz für bestimmte Substratverhältnisse, oft auch außerhalb der Waldgrenze. Nur Eukrenal. Es gibt nur eine knappe Beschreibung der Larve (WALTER 1922). Trotz intensiver Bemühungen gelang es aber nicht, aus Berchtesgadener Populationen Larven zu züchten, die vermutlich an Zuckmücken (Chironomidae) parasitieren. Die relative Größe der Eier, die in fixierten Weibchen nachgewiesen wurden, weist möglicherweise auf eine fakultative Reduktion des parasitischen Larvenstadiums hin.

Verbreitung: Gebirge Mittel- und Südeuropas, Kaukasus.

*Lebertia maculosa* (KOENIKE, 1908)

(unter dem Namen *Lebertia* cf. *glabra* THOR, 1897; CREMA et al. 1996)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet, 600-2000 m, 165 Exemplare, 17 Fundorte.

Bemerkung: Die Art unterscheidet sich von *L. glabra*, die in Quellen und Quellbächen des zentraleuropäischen Tieflandes und der Mittelgebirge vorkommt, in folgenden Merkmalen: Sklerite lebender und fixierter Exemplare sind deutlich dunkler als bei *L. glabra*. In beiden Geschlechtern sind die Endglieder der Beine III und IV bei *L. maculosa* etwas verdickt und um etwa 10 µm länger: ♂♂: *L. maculosa* (n=6) IIIB5: 93 µm, IIIB6: 89 µm, IVB5: 100 µm, IVB6: 96 µm, *L. glabra* (n=5) IIIB5: 83 µm, IIIB6: 78 µm, IVB5: 90 µm, IVB6: 84 µm; ♀♀: *L. maculosa* (n=6) IIIB5: 101 µm, IIIB6: 100 µm, IVB5: 113 µm, IVB6: 108 µm, *L. glabra* (n=5) IIIB5: 91 µm, IIIB6: 85 µm, IVB5: 103 µm, IVB6: 98 µm.

Habitat & Biologie: Krenophil; Quellen unterschiedlichen Typs, aber bevorzugt in steinigem Rheokrenen (77 % der Individuen), Quelltyp 3. Eu- und Hypokrenal, gelegentlich auch im Epirhithral. Die Larve, von der bislang nur eine knappe ältere Beschreibung vorlag (WALTER 1922), konnte im Rahmen dieses Projektes erstmalig ausführlich beschrieben werden (als *L. zschokkei*; MARTIN 2003), parasitisch an Zuckmücken (Chironomidae).

Verbreitung: Mittel- und Südwesteuropa.

## Familie Torrenticolidae

*Pseudotorrenticola rhynchota* (WALTER, 1906)

Vorkommen im Nationalpark: Nur Watzmann-Nord (Herrenröint-Quellbach, 318, 320); 1100-1150 m, 6 Exemplare.

Habitat & Biologie: Rhithrobiont, Krenalbereiche meidend. Stromsohle und Interstitial von Bächen niederer und mittlerer Ordnung; Larve unbekannt; parasitisch an Zuckmücken (MARTIN, unpubl.). Adulte *P. rhynchota* ernähren sich von Zuckmückenlarven (MARTIN 2005).

Verbreitung: Mittel- und Südeuropa.

*Torrenticola elliptica* (MAGLIO, 1909)

Vorkommen im Nationalpark: Nur Königssee-Ost (Königsbach und sein Nebenbach bei Königstalalm, ein Einzelfund in Quelle 826); 1200 m, 117 Exemplare, drei Fundorte.

Habitat & Biologie: Rhithrobiont, Krenalbereiche meidend (In 826 Zufallsfund eines Einzelexemplars im Hypokrenal, das nach wenigen Metern in den Königsbach mündet). Stromsohle und Interstitial von Bächen niedriger und mittlerer Ordnung; Wirtsspektrum der Larven unbekannt, Proto- und Tritonymphen im Interstitial (GERECKE et al. 2005).

Verbreitung: Süd-, Mittel- und Osteuropa inkl. Großbritannien und Irland.

### Familie Hygrobatidae

*Atractides adnatus* (LUNDBLAD, 1956)

Vorkommen im Nationalpark: Hauptsächlich Wimbach und Watzmann-Nord, ein Fundort Klausbachtal (458, 13 Exemplare), 4 Fundorte mit 5 Exemplaren im Gebiet Königssee-Ost; hauptsächlich < 1200 m, Einzelfunde bis 1800 m; 474 Exemplare, 16 Fundorte.

Bemerkung: Ursprünglich als Unterart von *A. vaginalis* beschrieben, mit der sie aber nicht näher verwandt ist (GERECKE 2003). Verbreitung noch weitgehend unklar.

Habitat & Biologie: Krenobiont; bevorzugt in Quellen auf Steinsubstrat (97 % der Individuen), Quelltypen 1-3: Rheokrenen im Wald und außerhalb der Waldgrenze; in großen Populationen in den Koppenwand- und Schapbach-Quellen, aber nur vereinzelt und selten auf Herrenroint. Larve: MARTIN (2003); parasitisch an Zuckmücken. Adulti und Nymphen ernähren sich offensichtlich, wie alle bisher in dieser Hinsicht bekannten Vertreter der Gattung, von Chironomiden (MARTIN 2005).

Verbreitung: Alpen. Deutscher Erstnachweis.

*Atractides brendle* (GERECKE, 2003)

Vorkommen im Nationalpark: Eine Population Königssee-West (865, starke Rheokrene mit temporärem Abfluss am Ufer des Königssees); zwei Einzelexemplare Watzmann-Ost (318, Herrenroint) und Königssee-West (826); bis 1200 m, 14 Exemplare, 4 Fundorte.

Bemerkung: Populationen von *A. brendle* wurden in der Literatur über Jahrzehnte hin unter dem Namen *A. loriscatus* PIERSIG, 1898 geführt. Er unterscheidet sich von dieser Art durch das Vorhandensein eines sklerifizierten Exkretionsporus. Für eine bessere Kenntnis der Verbreitung beider Arten sind umfangreiche faunistische Erhebungen erforderlich.

Habitat & Biologie: Krenophil; Rheokrenen, Quellbäche, Quelltypen 1-4 (meidet Quellen mit hohem Feinsubstratanteil); Eukrenal bis Rhithral. Lebenszyklus unbekannt.

Verbreitung: Alpen, Tatra, Kroatien; (locus typicus im Nationalpark Berchtesgaden).

*Atractides fissus* (WALTER, 1927)

Vorkommen im Nationalpark: Einziger Fundort Königssee West, Königsbach unterhalb Königsbach-Alm, 1200 m; zwei Exemplare.

Bemerkung: Die Art war bislang wenig bekannt und ist offensichtlich mehrfach verwechselt worden. Es handelt sich wahrscheinlich um eine Schwesterart von *A. panniculatus*. Die beiden Arten vikariieren im Übergangsbereich Quelle - Bach (GERECKE 2003).

Habitat & Biologie: Rhithrobiont, Krenalbereiche meidend. Lebenszyklus unbekannt.

Verbreitung: Alpen, Balkan, vielleicht auch Polen. Deutscher Erstnachweis.

*Atractides gibberipalpis* (PIERSIG, 1898)

Vorkommen im Nationalpark: Einziger Fundort Königssee-Ost (Königsbach bei Königsbach-Alm), 1200 m, ein Exemplar.

Habitat & Biologie: Rhithrobiont, Bäche niedriger Ordnung, Krenalbereiche meidend. Lebenszyklus unbekannt.

Verbreitung: Westpaläarktis.

*Atractides macrolaminatus* (LÁSKA, 1956)

Vorkommen im Nationalpark: Ganzes Gebiet; 600-1600 m, Einzelexemplare bis 2000 m; 130 Exemplare, 19 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenobiont; Quellen unterschiedlichsten Typs (Quelltyp 1-5), im Wald und offenen Gelände; vorwiegend Eukrenal. Larve: MARTIN (2003); parasitisch an Zuckmücken.

Verbreitung: Alpen, Tatra, vermutlich weiter verbreitet (GERECKE 2003); Deutscher Erstnachweis.

*Atractides panniculatus* (K. VIETS, 1925)

Vorkommen im Nationalpark: Ganzes Gebiet, aber nur selten in den Beeichen Königssee-West und Obersee, 600-1400 m, Einzelexemplare bis 1800 m; 284 Exemplare, 30 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenobiont; Quellen unterschiedlichsten Typs, aber bevorzugt (61 % der Individuen) in Quelltyp 5; vorwiegend im Wald; nur Eukrenal. Larve: MARTIN (2003); parasitisch an Zuckmücken.

Verbreitung: Iberische Halbinsel, Zentraleuropa, Karpaten.

*Atractides protendens* (K.O. VIETS, 1955)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbach, Königssee-Ost, 600-1600 m; 9 Exemplare, 5 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenobiont; Rheokrenen im Wald und Offenland; nur Eukrenal. Nach den vorliegenden Funddaten eher eine Tieflandart, die im unteren Nationalpark die Höhengrenze ihrer Verbreitung erreicht. Einzelfunde auf größeren Höhen in stark besonnten Almquellen. Lebenszyklus unbekannt.

Verbreitung: Mitteleuropa, Alpen, Apennin.

*Atractides robustus* (SOKOLOW, 1940)

Vorkommen im Nationalpark: Nur im Königsbach unterhalb der Königstalalm und seinem Zufluss, 1200 m; 8 Exemplare, 2 Fundorte.

Habitat & Biologie: Rhithrobiont; Krenalbereiche meidend; Bäche mittlerer und höherer Ordnung, Lebenszyklus unbekannt.

Verbreitung: Mittel-, Süd- und Osteuropa.

*Atractides separatus* (K. VIETS, 1931)

[Synonym: *Atractides franciscanus* BADER & GERECKE, 1996; GERECKE 2003]

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann-Ost (Herrenroint, Schapbach), 1000-1400 m; 22 Exemplare, 3 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenobiont; Vorwiegend Rheohelokrenen (Quellentyp 5a), aber auch Blockquellen (Quellentyp 1); nur Eukrenal, sehr selten und sporadisch auftretend. Lebenszyklus unbekannt.

Verbreitung: Alpen, Erzgebirge (GERECKE, JÄNTSCH & SCHREIBER 2005); in den Alpen, von den Fundorten im Nationalpark abgesehen, nur aus einer mittlerweile zerstörten Quelle bei Innsbruck bekannt (TOTSCHNIG et al. 1999).

*Atractides vaginalis* (KOENIKE, 1905)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet außer Königssee West, 800-2000 m; 111 Exemplare, 13 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenobiont; Quellen unterschiedlichen Typs (Quellentyp 1-5); vorwiegend im Offenland, auch oberhalb der Baumgrenze; nur Eukrenal. Larven, die *A. vaginalis* zugeordnet wurden, traten parasitisch an Zuckmücken auf (MARTIN unpubl.).

Verbreitung: Alpen, Tatra.

*Atractides walteri* (K. VIETS, 1925)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet, aber nur je ein Fundort in Königssee West und Obersee; 600-1800 m, 351 Exemplare, 26 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenobiont; Quellen unterschiedlichen Typs (Quellentyp 1-5); im Wald und Offenland. Vorwiegend Eukrenal. Larve: MARTIN (2003); parasitisch an Zuckmücken.

Verbreitung: Alpen, Karpaten.

*Hygrobatas fluviatilis* (STRÖM, 1768)

Vorkommen im Nationalpark: Nur ein Fundort (862, Königssee-Uferquelle bei Salet, 610 m) 41 Exemplare.

Habitat & Biologie: Rhithrobiont; Fließgewässer und stark fließende Rheokrenen des Tieflandes und der Mittelgebirge, tolerant gegen organische Belastung (GERECKE & SCHWOERBEL 1992). Larve beschrieben von ULLRICH (1976) und WAINSTEIN (1980), aber Wirtsspektrum unbekannt. Vermutlich an Zuckmücken parasitierend (GERECKE unpubl.).

Verbreitung: Paläarktisch.

*Hygrobatas norvegicus* (THOR, 1897)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet, 600-1800 m, aber vorwiegend < 1400 m; die häufigste Quellmilbe des Untersuchungsgebietes: 739 Exemplare, 24 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenobiont; Quellen unterschiedlichen Typs, aber bevorzugt (77 % der Individuen) in Quelltyp 5; mit Präferenz für detritusreiche Mikrohabitate, vorwiegend Eukrenal. Larve von WALTER (1922) und ULLRICH (1976), aber jeweils nur knapp beschrieben; eine ausführliche Darstellung war nach unserem Material möglich (MARTIN 2003). Larven parasitisch auf einem

weiten Artenspektrum der Zuckmücken.

Verbreitung: Nord-, Mittel- und Osteuropa.

## Familie Unionicolidae

*Neumania spinipes* (MÜLLER, 1776)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee Ost, Priesbergmoos, 1350 m, 28 Exemplare, 1 Fundort.

Habitat & Biologie: Stillwasserart, Gelegenheitsfund bei Probenahme in nicht quellbeeinflusstem Moortümpel.

Verbreitung: Paläarktisch.

## Familie Feltriidae

*Feltria menzeli* WALTER, 1922

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtalgebiet, Quelle bei Ofental-Diensthütte (509), 1350 m, 1 ♀; ein weiterer Fund aus dem grenznahen Österreich: Kühleitenschneid, 1880 m, 1 ♂.

Bemerkung: Das ♂ aus Österreich besitzt im Vergleich zur Originalbeschreibung kleinere Dorsalplatten. Die stark wellige Kontur der Posteriorodorsalplatte legt nahe, dass es sich um ein juveniles Exemplar handelt und die Platte sich mit zunehmendem Alter ausdehnen kann, um dann die bei WALTER (1922) abgebildete mehr einheitliche Umrisslinie auszubilden. Die Messwerte (in µm, L=Länge, B=Breite, H=Höhe) stimmen mit den Angaben der Originalbeschreibung gut überein:

♂: Idiosoma L 430, B 350, Coxalschild L 330, Anteriodorsalschild L 112, B 148; Posteriorodorsalschild L 220, B 202; Genitalplatte mediale L 80, B 260, mit ca. 120 Acetabula; Chelicere Grundglied L 92, Klaue L 35; Palpus L/H P-1 21/29, P-2 70/52, P-3 37/38, P-4 105/40, P-5 40/19.

♀: Idiosoma L 630, B 470, Coxalschild L 340, Anteriodorsalschild L 225, B 202; Posteriorodorsalschild (paarig) L 120, B 90; Gonoporus L 202, Genitalfeld B 410; Chelicere Grundglied L 94, Klaue L 36; Palpus L/H P-1 26/32, P-2 70/55, P-3 39/40, P-4 103/32, P-5 40/19.

Habitat & Biologie: Krenophil; Quelltyp 1; schwach fließende, sonnenexponierte Rheokrenen mit ausgedehnten hydropetrischen Bereichen, in bemoosten Kaskaden; außerhalb der Waldgrenze. Nur im Eukrenal. Lebenszyklus unbekannt.

Verbreitung: Wenige verstreute Funde aus den schweizerischen Alpen, von Korsika und aus Nordafrika; neuerdings von den Kanarischen Inseln gemeldet (VALDECSAS 2002). Deutscher und österreichischer Erstfund.

*Feltria minuta* (KOENIKE, 1892)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet, 600-2000 m; 409 Exemplare, 25 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenophil; Quellen unterschiedlichsten Typs, lediglich schwach fließende Helokrenen (Quellentyp 5b) werden gemieden; im Wald und Offenland, vorwiegend Eukrenal, aber gelegentlich bis ins Rhithral. Die Zucht der Larven aller Feltriiden erwies sich als schwierig. Vermutlich parasitieren die Larven sowohl an adulten Zuckmücken, als auch an Larven von Köcher-

fliegen (junger und daher nicht zu determinierender Vertreter der Limnephilidae).

Verbreitung: Mittel-, Nord- und Osteuropa.

*Feltria oedipoda* (KOENIKE, 1892)

Vorkommen im Nationalpark: Nur im Königsbach unterhalb der Königstalalm, 1200 m, 1 Exemplar, 1 Fundort.

Habitat & Biologie: Rhithrobiont; im Nationalpark nur bei einer gelegentlichen Vergleichsuntersuchung nachgewiesen.

Verbreitung: Alpen, Gebirge Mitteleuropas (revisionsbedürftige Art).

*Feltria setigera* (KOENIKE, 1896)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet, 600-2000 m; 105 Exemplare, 16 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenophil; Quellen unterschiedlichsten Typs, lediglich schwach fließende Helokrenen (Quellentyp 5b) werden gemieden; im Wald und Offenland, vorwiegend Eukrenal, aber gelegentlich bis ins Rhithral. Vermutlich parasitieren die Larven an adulten Zuckmücken.

Verbreitung: Alpen und Mitteleuropa.

*Feltria zschokkei* (KOENIKE, 1896)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet außer Königssee-West, 600-1800 m; 87 Exemplare, 11 Fundorte.

Habitat & Biologie: Krenophil; Bevorzugt in Rheokrenen mit Hartsubstrat (88 % der Individuen), Quelltyp 1; Rheokrenen im Wald- und Offenland, vorwiegend Eukrenal, gelegentlich bis in das Epirhithral. Vermutlich parasitieren die Larven an adulten Zuckmücken.

Verbreitung: Mittel- und Südosteuropa, Kaukasus.

## Familie Pionidae

*Pseudofeltria scourfieldi* (SOAR, 1904)

Vorkommen im Nationalpark: Vorwiegend Watzmann-Nord (95 % der Exemplare), Einzelfunde Wimbach, Königssee-Ost und Königssee-West; 800-1800 m, vorwiegend < 1400 m; 120 Exemplare, 7 Fundorte.

Habitat: Krenobiont; Charakterart für Quelltyp 5 (100 % der Individuen): Rheohelo- und Helokrenen, nur Eukrenal. Im Herrenroint-Gebiet regelmäßig in größeren Populationen, auf detritusreiche, stark sonnenexponierte Abschnitte beschränkt.

Biologie: Die Larve der Art parasitiert nach MARTIN (2000) an Zuckmücken, über ihr Wirtsspektrum im Nationalpark ist aber noch nichts bekannt.

Verbreitung: Mittel- und Nordeuropa.

*Tiphys latipes* (MÜLLER, 1776)

Vorkommen im Nationalpark: Nur Königssee-Ost (809, Priesberg-Alm, 1400 m, 798, Gotzenalm, 1690 m); 21 Exemplare.

Habitat & Biologie: Krenophil; Quellen des Typs 5 (Rheohelo- und Helokrenen), Tümpel, temporäre Kleingewässer. Die Larve wurde von WAINSTEIN (1980) be-

schrieben; für andere Arten der Gattung *Tiphys* werden Zuckmücken als Wirte angegeben (SMITH & OLIVER 1986).

Verbreitung: Europa.

*Tiphys torris* (MÜLLER, 1776)

Vorkommen im Nationalpark: Nur Königssee-West (738, Sagereck-Alm, 741, Schwarzensee, 862, Salet-Alm) und Königssee-Ost (Priesbergalm, Moor); 600-1600 m; 24 Exemplare.

Habitat & Biologie: Krenophil; Quellen des Typs 5 (Rheohelo- und Helokrenen), Tümpel, temporäre Kleingewässer. Larve unbekannt; Wirte vermutlich Zuckmücken (s.o.).

Verbreitung: Europa.

## Familie Aturidae, Unterfamilie Axonopsinae

*Ljanja bipapillata* (THOR, 1898)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbach, Wimbach, Watzmann-Nord, Königssee-Ost; 600-1400 m, 24 Exemplare, 11 Fundorte.

Habitat & Biologie: Bäche mittlerer und höherer Ordnung; Rhithrobiont. Im Tiefland krenophil, aber in den Quellen des Parks nur als seltener Gelegenheitsgast in Quellen des Typs 5 (100 % der Individuen), stets nur im Hypokrenal. Die Morphologie der Larve und ihre Wirtspräferenz für Zuckmücken ist bekannt (MARTIN 2000). Im Nationalpark konnte sie noch nicht als Parasit nachgewiesen werden.

Verbreitung: Westpaläarktis.

## Familie Aturidae, Unterfamilie Aturinae

*Aturus fontinalis* (LUNDBLAD, 1920)

Vorkommen im Nationalpark: Kein Nachweis aus dem Park selbst, aber ein Fund im Vorfeld unmittelbar nördlich der Nationalparkgrenze: Klingerbach-Quellbach, 1 ♀.

Habitat & Biologie: Krenophil; Rheokrenen, vorwiegend Eukrenal, im Tiefland auch in sommerwarmen Bächen. Die Larve ist bekannt und lebt parasitisch an Zuckmücken (MARTIN 2000).

Verbreitung: Alpen, Mitteleuropa, Karpaten; Erstnachweis aus den Alpen.

## Familie Arrenuridae

*Arrenurus fontinalis* (K. VIETS, 1920)

Vorkommen im Nationalpark: Nur ein Fundort im Klausbachtal, 519, 800 m, 4 Exemplare.

Habitat & Biologie: Krenobiont; In einer Quelle des Typs 5b (Helokrene); typisch für schwach fließende, detritusreiche Quellstandorte, Tieflandsart, die im Nationalpark ihre Höhengrenze erreicht. Larve parasitisch an Dixidae - ungewöhnlicherweise können diese offensichtlich sowohl auf dem Larvalstadium als auch als Imago parasitiert werden (MARTIN 2000). Über die Wirte im National-

park ist nichts bekannt. Adulti und Nymphen ernähren sich von Muschelkrebse (MARTIN 2005).

**Verbreitung:** Mittel- und Südeuropa.

*Arrenurus sp.*

Unbestimmbare Weibchen mindestens einer weiteren Art, möglicherweise *A. Knauthei* KOENIKE, 1895, im Schwarzen See und in der Königssee-Uferquelle Sallet.



**Abb. 6-7-4:** Von Wassermilbenlarven stark parasitiertes Männchen einer Kohlschnake. Ein Teil der Milben hat den Wirt verlassen. (Foto: Bertuzzi)

#### 6.7.4 Larven der Wassermilben aus Quellen und Bachoberläufen des Nationalparks Berchtesgaden

Die schon seit langer Zeit bekannte und in vielen Teilen der Erde beobachtete besondere Bindung vieler Wassermilbenarten an Quellen wurde von früheren Autoren oft einer Reduktion ihres Larvenstadiums zugeschrieben, die eine verringerte Ausbreitungsfähigkeit nach sich ziehen sollte. Diese Annahme war rein hypothetisch und durch keine verlässlichen Freiland- oder Laborbeobachtungen gestützt (GERECKE 2002). Quellen wurden hier gerne als eine Art "Fallenbiotop" betrachtet, an welchen ihre speziellen Bewohner "auf Gedeih und Verderb" gebunden sind. Dazu passte die damalige Sichtweise, dass viele der Quellbewohner kaltstenotherme Eiszeitrelikte darstellen würden, die in Quellen letzte Refugien gefunden hätten. Die sich in letzter Zeit häufenden Beobachtungen eines parasitischen Larvenstadiums auch bei Quellmilben wirft aber im Gegenteil sogar die Frage auf, ob Quellen möglicherweise besonders geeignete Bedingungen für einen Lebenszyklus mit parasitischer Phase bieten (GERECKE & DI SABATINO 1996). Um dieser Frage nachzugehen, wurde 1999-2001 von der Stiftung "Pro Acarologia Basiliensis" (Basel) ein Projekt finanziert, das zum Ziel hatte, die Larvalmorphologie repräsentativer in Alpenquellen vorkommender Arten aufzuklären und zugleich Grundlagen zur Untersuchung ihres Lebenszyklus zu schaffen. Durch das seinerzeit bereits laufende Quellprojekt im Nationalpark Berchtesgaden herrschten hier für ein solches Vorhaben besonders günstige Rahmenbedingungen: Neben hervorragender Infrastruktur und Logistik bot besonders die Ver-

fügbare detaillierte Information über die Diversität sowohl der vorkommenden Milbenarten wie auch der meisten ihrer potenziellen Wirtsinsektengruppen eine einzigartige Gelegenheit für ein solches Forschungsprojekt. Besonders hervorzuheben ist die Bedeutung der zugleich vom Nationalpark selbst finanzierten Detailstudie über die artenreiche Familie der Zuckmücken (Kapitel 6.13.2): Die gleichzeitige Bearbeitung der Larven der Süßwassermilben und ihrer wichtigsten Wirtsfamilie hat unsere Kenntnisse über die Wechselbeziehungen zwischen Vertretern dieser beiden Tiergruppen einen großen Schritt vorangebracht.

Als wichtigstes Resultat ist nun mit großer Sicherheit festzustellen, dass auch, vielleicht sogar gerade, die quellbewohnenden Milbenarten in großem Maße Insektenparasiten sind. Das bedeutet nicht nur, dass sie sich in dieser Phase von den Körpersäften des Wirtes ernähren (eigentlicher "Parasitismus"), sondern auch, dass sie von der Ausbreitungsfähigkeit des Wirtes profitieren können ("Phoresie"). Er kann sie nicht nur von einer Quelle zur anderen, sondern auch von einem Bergstock zum nächsten transportieren; die Milbe profitiert also vom Orientierungsvermögen des Wirtes und kann mit ihm zusammen auf veränderte Lebensbedingungen reagieren. Entsprechend wichtig ist es für die Milbe, ihren Wirt nicht zu sehr zu schädigen: Fortbewegungs- und Fortpflanzungsfähigkeit werden zwar eingeschränkt, bleiben aber in der Regel erhalten.

Die meisten Vertreter eher ursprünglicher Familien der Süßwassermilben besitzen so genannte "terrestrische" Larven, die nach dem Schlupf aus dem (stets unter Wasser abgelegten) Gelege das Ufer oder die Wasseroberfläche zu erreichen suchen und dort ihren potenziellen Wirten (meist ebenfalls aus dem Wasser schlüpfenden Insekten) nachstellen. Im Gebiet des Nationalparks trifft dies für die Hydrovolziidae und Hydryphantidae zu, während die Stygothrombiidae - ebenfalls eine Familie mit sehr ursprünglicher Merkmalskombination - "aquatische" Larven aufweisen, die unter Wasser Steinfliegenlarven befallen. Eine solche subaquatische Anfangsphase des Parasitismus ist ausnahmslos bei den Vertretern aller übrigen Familien verwirklicht. Alle Wassermilbenlarven sind so genannte "Ektoparasiten", d.h. sie sitzen mit ihren Mundwerkzeugen mehr oder weniger stabil verankert in der Wirtskutikula, wo sie von Körpersäften der Wirte saugen. Da sie oftmals in Vielzahl an einem Wirt angeheftet und meist deutlich rot gefärbt sind, lassen sie sich hier oft mit bloßem Auge erkennen. In erster Linie werden Zuckmücken befallen, weiterhin gehören zum Wirtsspektrum im Untersuchungsgebiet Vertreter mehrerer anderer Mücken- und Fliegengruppen, der Köcherfliegen, Steinfliegen, aber nur ganz ausnahmsweise der Käfer oder Wanzen und niemals der Eintagsfliegen. Dies entspricht weitgehend den Befunden auch aus anderen Untersuchungsgebieten (SMITH & OLIVER 1986). Lediglich in tieferen Lagen, insbesondere in größeren Stillgewässern, ist ein häufigerer Befall von Käfern und von Libellen beobachtet worden. Meist sind dort zudem Arten aus solchen Gattungen betroffen, deren Vertreter unter den extremen Lebensbedingungen

des Gebirges nicht zu existieren vermögen. Bisher existiert für die Bestimmung der Larven der Wassermilben lediglich ein Schlüssel in russischer Sprache, der nur in einigen wenigen Gruppen eine Bestimmung auf Artniveau ermöglicht (WAINSTEIN 1980). Weiterhin verfügen wir über ein Bestimmungswerk auf Gattungsniveau für die nordamerikanische Fauna (SMITH et al. 2001), aber für Mitteleuropa steht eine Zusammenfassung der verstreut publizierten Befunde zur Larvalmorphologie in Form eines Schlüssels noch aus.

Trotz ihrer Allgegenwärtigkeit finden die parasitischen Larven der Wassermilben bei Bearbeitern limnischer Insektengruppen bislang kaum Beachtung, und bei den wenigen gründlicheren Untersuchungen zur parasitischen Ökologie der Wassermilben handelt es sich meistens um monografische Studien einzelner, exemplarisch ausgesuchter Arten (z.B. DAVIDS & KOUWETS 1987, MEYER 1985) oder um die Analyse der Fauna eines einzelnen gründlicher untersuchten Gewässers (ULLRICH 1976, 1978, MARTIN 1998). Letzteres Vorgehen wurde auch im vorliegenden Falle verfolgt: Der hier vorgelegte Bestimmungsschlüssel beruht im Kern auf Daten aus den durch das Langzeitmonitoring intensiv untersuchten Quellen auf Herrenroint und Schapbach. Die hier vorkommenden Wassermilbenlarven wurden gründlich morphologisch untersucht und beschrieben (MARTIN 2003) und, wo nötig, ihre Artzugehörigkeit durch Zuchten abgesichert.

Im Rahmen dieser Untersuchung konnte für die allermeisten der Arten das bisher unbekanntes Wirtsspektrum ermittelt werden. Die detaillierten Ergebnisse dieser Betrachtung werden an anderer Stelle veröffentlicht (MARTIN et al. in Vorb.), lediglich Teilaspekte wurden bereits publiziert (MARTIN et al. 2002).

Der Schlüssel für die Milbenlarven wurde zunächst für die Fauna der beiden Quellkomplexe ausgearbeitet und dann um eigene Befunde von anderen Untersuchungsstellen sowie durch Beschreibungen der Larven aus der Literatur ergänzt.

Ein wichtiges Ziel, das mit der Publikation dieses Schlüssels verbunden ist, gilt einer Erweiterung und Vertiefung unserer Kenntnis des Lebenszyklus quellbewohnender Milben. Der Schlüssel soll eine Grundlage schaffen, von der aus in Zukunft die bislang noch unbekanntes Larven weiterer Milbenarten beschrieben und untersucht werden können, aber auch ein besseres Verständnis der Lebensansprüche für die bereits bekannten Arten gewonnen werden kann.

Die Süßwassermilben haben sich als eine für Langzeituntersuchungen an Quellen unentbehrliche Tiergruppe erwiesen (vgl. auch Kap. 8). Gerade deshalb sollten Fragen zu ihrer Quellbindung weiter intensive Aufmerksamkeit erfahren. Zweifellos wäre es sinnvoll, ihre parasitierenden Larven zumindest in größeren Intervallen in die Langzeitstudien mit einzubeziehen. Wichtige Fragen betreffen beispielsweise die mögliche Veränderung des

Wirtsspektrums in Raum und Zeit oder die Ab- und Zuwanderung bestimmter Milbentaxa und ihr Zusammenhang mit einem Wechsel in der Insektenfauna, aber auch mit groß- und kleinklimatischen Veränderungen.

#### Dank

Den Verlagen bzw. ihren Verantwortlichen (Dr. Régis Céréghino, Int. J. Limn., Dr. E. Nägele, E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Arch. Hydrobiol.) danken wir für die Erlaubnis, publizierte Abbildungen für diesen Schlüssel zu verwenden.

#### Allgemeine Merkmale der Hydrachnidia-Larven

Die Terminologie der hier beschriebenen Merkmale richtet sich in der Nomenklatur v.a. nach PRASAD & COOK (1972), PRASAD (1991) sowie SMITH et al. (2001) - für weitere Details s.a. PRASAD (1982a, b) und GERECKE & TUZOVSKIJ (2001). Einige der wichtigen, in der Literatur alternativ gebräuchlichen Bezeichnungen sind im Folgenden in Klammern angegeben.

Die folgenden Abkürzungen werden verwendet:

C1-C4	Coxalborste 1-4
CxI-CxIII	Coxalplatte I-III
Dp	Dorsalplatte
E1-E2	Borsten der Exkretionsporen-Platte
Hu	Humeralborste
IB1-IB6	1. Glied des I. Beines - 6. Glied des I. Beines
IIB1-IIB6	1. Glied des II. Beines - 6. Glied des II. Beines
IIIB1-IIIB6	1. Glied des III. Beines - 6. Glied des III. Beines
Lh1-Lh3	Laterohysterosomale Borste 1-3
Lp1-Lp2	Lateropropodosomale Borste 1-2
Mh1-Mh4	Mediohysterosomale Borste 1-4
Mmcp	Medialrand der Coxalplatte
Mp1-Mp2	Mediopropodosomale Borste 1-2
P1-P5	Palpenglied 1-5
Pmcp	Hinterer Rand der Coxalplatte
V1-V4	Ventralborste 1-4

Der Körper der Wassermilben-Larve besteht - ebenso wie bei den Nymphen und Adulti - aus dem Gnathosoma, das die Mundwerkzeuge und zugehörige Anhänge trägt, und dem restlichen Körper, dem Idiosoma. Das meist kurze Gnathosoma trägt die beiden Palpen ("Pedipalpen"), die in der Regel aus fünf freien Segmenten bestehen (vgl. Abb. 6-7-5 d): P1 ("Trochanter"), P2 ("Femur"), P3 ("Genu"), P4 ("Tibia") und P5 ("Tarsus"). Am P5 befindet sich eine Klaue. Die Palpenglieder sind bis auf das Distalglied P5 meist in konstanter Weise beborstet: P1 trägt keine Borste, P2 eine (Fe1), P3 proximal eine starke, sehr lange (Ge1) und distal eine sehr dünne (Ge2), P4 drei dünne und P5 zwischen fünf und acht Borsten. Die paarigen Cheliceren (Abb. 6-7-5 e) bestehen jeweils aus einem zylindrischen Basalsegment und einer beweglichen Terminalklaue ("Chela") und liegen zwischen den Palpen. Ventral am Gnathosoma befinden sich in der Regel zwei Paare von Borsten (posterior: Hy1, anterior: Hy2). Die Mundöffnung wird oftmals von

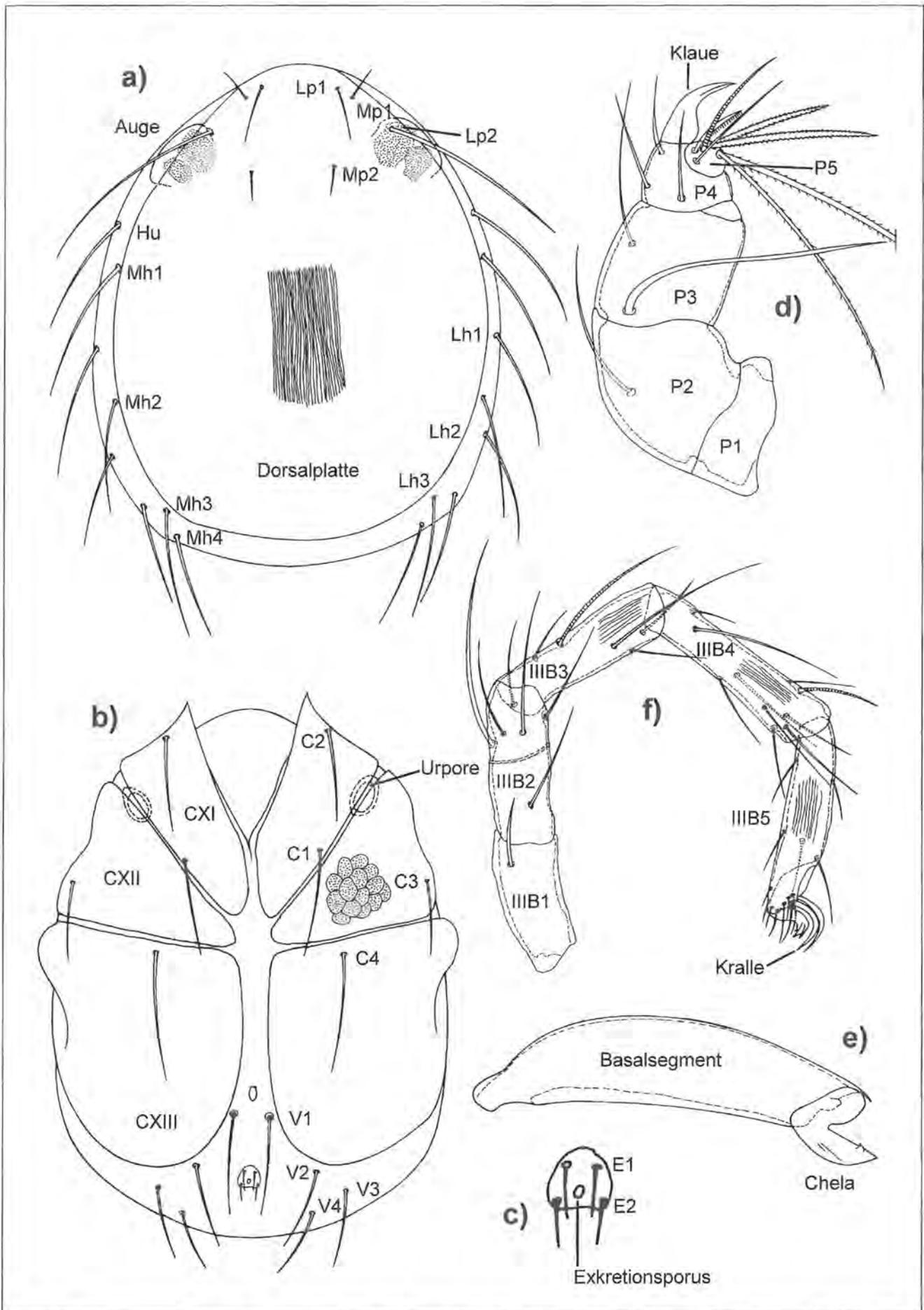


Abb. 6-7-5: Larvalmorphologie der Wassermilbenlarven am Beispiel der Art *Sperchon mutilus* (aus MARTIN 2003, verändert). a) Idiosoma, Dorsalansicht, b) Idiosoma, Ventralansicht, c) Exkretionsporenpalte, d) Palpus, Lateralansicht, f) Hinterbein (III B).

einem "Velum" umgeben, das verlängerte papillenähnliche Strukturen aufweisen kann.

Das Idiosoma (vgl. Abb. 6-7-5 a, b) ist gewöhnlich lang gestreckt, dorsoventral abgeflacht und von ovalem bis rundlichem Umriss. Dorsal trägt es bei den höheren Wassermilben 12 Borstenpaare und ist von einer großen, schildförmigen Dorsalplatte bedeckt (Abb. 6-7-5 a), die vier Borstenpaare trägt (Mp1, Mp2, Lp1, Lp2). In der weichen Haut neben der Dorsalplatte befinden sich acht weitere Paare von Borsten (Mh1-Mh4, Hu, Lh1-Lh3). Die Borsten Mh und Lh werden gelegentlich als "hysterosomale Borsten" zusammengefasst.

Es gibt zwei Paare von einfachen Lateralaugen, wobei die anterioren in der Regel größer sind als die posterioren. Die beiden Augen einer Seite liegen entweder getrennt in der weichen Haut oder zusammen auf einer kleinen Augenplatte (vgl. Abb. 6-7-5 a) oder es liegt das vordere Auge auf einer vorderen Augenplatte und das hintere im weichen Integument. Bei den Larven der ursprünglichen Wassermilben findet sich zudem oft auf der Dorsalplatte noch ein unpaariges Medianauge.

Ventral befinden sich am Idiosoma drei Paare von Coxalplatten (CxI-CxIII), die in unterschiedlicher Weise miteinander fusioniert sein können (Abb. 6-7-5 b). Eine in einem solchen Fall vorhandene Verschmelzungslinie ("Sutur") kann unterschiedlich deutlich sichtbar sein. Gewöhnlich finden sich an den Coxalplatten Muskelansatzstellen ("Apodeme"): ein Paar am hinteren Ende der CxI, zwei Paare an den Innenrändern der CxII-III und, bei den meisten höheren Wassermilben, ein weiteres, schwach ausgebildetes Paar vor den Basen der Coxalborsten C4. Die Coxalplatten bilden oft mit ihren dorsalen und ventralen Anteilen Ausbuchtungen für die Basalglieder der Beine. Meist treten auf den Coxalplatten vier Paare von Borsten auf: zwei Paare (C1 und C2) auf CxI, ein Paar (C3) auf CxII und eines (C4) auf CxIII. Bei fast allen Wassermilbenlarven liegen zwischen den Coxalplatten I und II kleine becherförmige Strukturen, die so genannten "Urstigmata" ("Urporen"). Sie sind meist mit den Coxalplatten II verbunden und liegen im Spalt zwischen diesen und den CxI. Die vier Paare von Ventralborsten werden von anterior nach posterior als V1, V2, V3 und V4 nummeriert. Die Exkretionsporenplatte (vgl. Abb. 6-7-5 b, c) ist ein einzelnes medianes Sklerit, das posterior der Coxalplatten liegt und dessen Form von Art zu Art sehr unterschiedlich sein kann. Der Exkretionsporus liegt meist im hinteren Teil oder in der Mitte der Platte. Die Exkretionsporenplatte trägt außerdem zwei Paare von Borsten (zur Mitte hin und vorne gelegen: "E1", oft dem Seitenrand genähert und hinten "E2").

Die Larven der Wassermilben haben drei Beinpaare, die sich jeweils aus fünf oder sechs frei beweglichen Gliedern zusammensetzen (vgl. Abb. 6-7-5 f). Die ursprünglichen sechs Segmente werden im angelsächsischen Sprachgebrauch von der Basis zur Spitze als Trochanter, Basifemur, Telofemur, Genu, Tibia und Tarsus bezeichnet. Basifemur und Telofemur sind bei den höhe-

ren Wassermilben zu einem Segment verschmolzen, eine Verschmelzungslinie ist jedoch oft noch deutlich zu erkennen (vgl. auch Abb. 6-7-5 f). Da die Homologie zwischen den Beingliedern der Milben und denen der übrigen Arthropoda unklar ist, werden sie im Folgenden einfach von der Basis zur Spitze durchnummeriert, die Nummer des Beins ist durch eine vorangestellte römische Zahl angegeben (IB1, IB2, IB3 ...; IIB1, ..., IIIB6). Typischerweise befinden sich am Distalende der 5. bzw. 6. Beinglieder drei Krallen (die mittlere wird als "Empodialklaue" bezeichnet). Diese Krallen können bei manchen Arten in so genannte "Krallengruben" eingeklappt werden.

Für einzelne Bestimmungsschritte müssen bestimmte Messwerte ermittelt werden:

Borstenlängen: von der Basis bis zur Spitze; müssen bei leicht gebogenen Borsten extrapoliert werden; Beinlängen: der additive Wert der mittleren dorsalen Längen der Einzelsegmente (ohne die Krallen); Abstand zwischen Borsten: die Strecke zwischen den Austrittsstellen ("Alveoli") der Borsten; sowie Länge der Basis des Gnathosomas, Länge des Cheliceren-Basalsegmentes, Durchmesser der Acetabula, Länge und Breite der Exkretionsporenplatte, Abstand zwischen der Borstenbasis der Borste C4 und dem Hinterrand der Coxalplatte (C4-Pmcp), Länge und Breite der Dorsalplatte. Gelegentlich spielen auch relative Verhältnisse zwischen einzelnen dieser Messwerte eine Rolle.

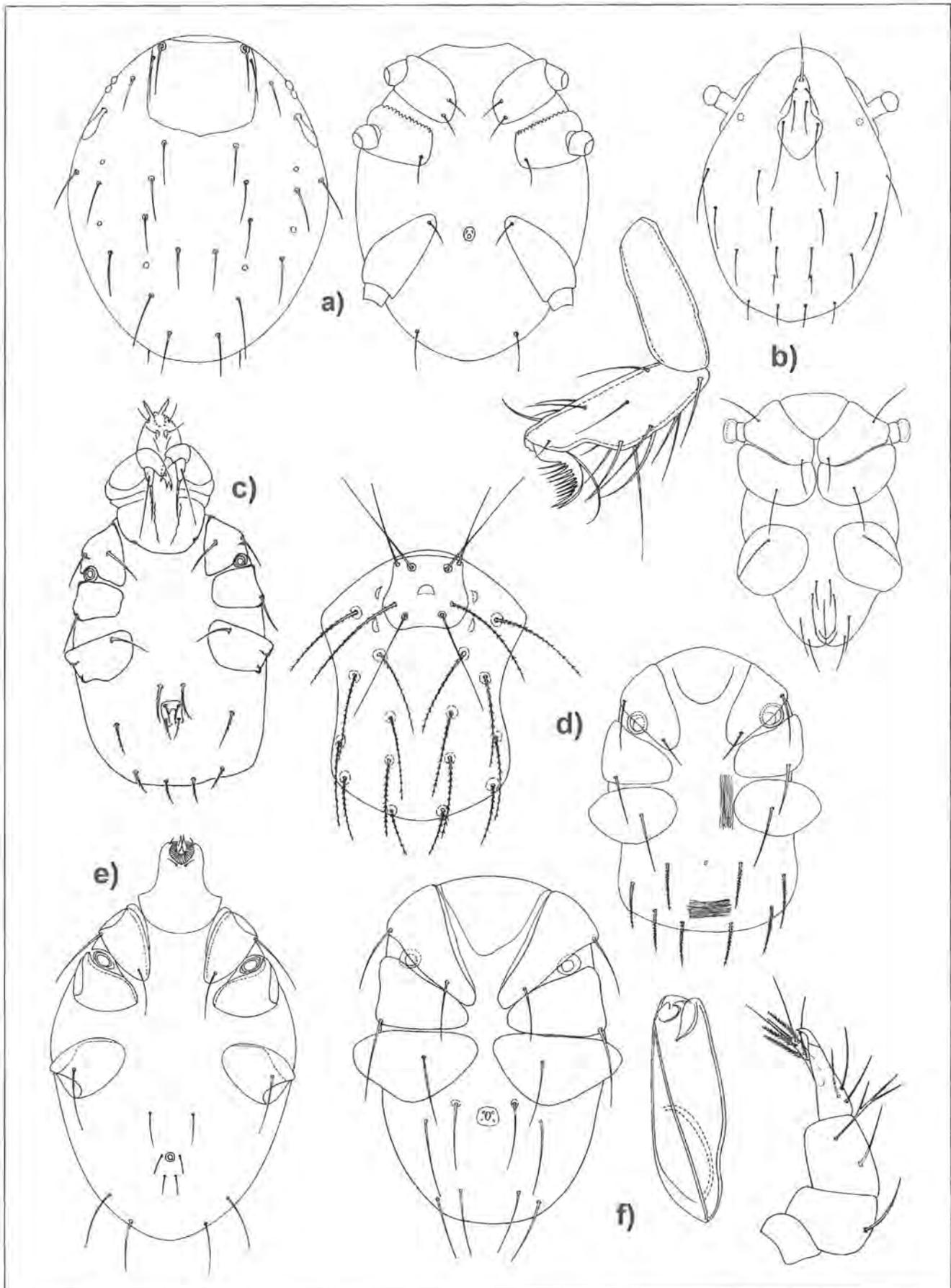
Manche der Borsten können ganz oder teilweise abgebrochen sein. Sind Maßangaben solcher Borsten erforderlich, ist bei den paarig vorkommenden Borsten zu kontrollieren, ob beide nicht mehr messbar sind. Immer erkennbar sind die Alveoli, in denen die Borsten inserieren, sodass Abstände zwischen Borstenansatzstellen immer messbar sind.

#### Methodik

Die durch Wassermilben parasitierten Insekten fallen gelegentlich schon als Larven oder Puppen bei Probenahmen im Benthos der Quellen an, sehr viel häufiger aber beim Fang der Imagines im unmittelbaren Quellbereich durch Emergenz- oder Luftkäscherfänge.

Von den in der Regel in 70 % Ethanol fixierten Wirten lassen sich die Milbenlarven leicht mit einer feinen Nadel und/oder einer Pinzette entfernen, wobei es sich als günstig erwiesen hat, vor dem weiteren Vorgehen die genaue Anheftungsstelle zu notieren. Die abgelöste Wassermilbe kann dann unmittelbar aus der Fixierflüssigkeit oder nach zwischenzeitlicher Überführung in KOENIKE-Gemisch (Glycerin, Eisessig und Wasser, Volumenverhältnis 10:3:6) zur weiteren Untersuchung eingebettet werden. Neben Glyceringelatine und Euparal ist dazu aufgrund der besseren optischen Eigenschaften besonders HOYERS Gemisch geeignet (KRAUS 1984).

Bei der Einbettung ist darauf zu achten, dass man möglichst vorher das Gnathosoma und die Beine vorsichtig vom Körper trennt und neben das Idiosoma legt. Wenn dies aufgrund der Winzigkeit der Larven nicht möglich



**Abb. 6-7-6:** Larvalmorphologie alpiner Süßwassermilben. a) *Hydrovolzia*, Idiosoma dorsal und ventral (nach SMITH et al. 2001, verändert), b) *Stygothrombium*, Idiosoma dorsal (nach SMITH et al. 2001, verändert), *S. chappuisi* ventral (Original), distaler Bereich des Vorderbeins (nach SMITH et al. 2001, verändert), c) *Panisellus thienemanni*, Idiosoma ventral (BOEHLE 1996), d) *Protzia distincta*, Idiosoma dorsal, ventral (MARTIN 2003), e) *Wandesia*, Idiosoma ventral (nach SMITH et al. 2001, verändert), f) *Panisopsis curvifrons*, Idiosoma ventral, Chelicere, Palpus (MARTIN 2003).

erscheint, ist es wichtig, dass man die Larve mit der Bauchseite nach oben einbettet und leicht dorsoventral quetscht, sodass die Beine radial um das Idiosoma abstehen und so den Blick auf das ventrale Idiosoma frei ist. Selbstverständlich ist für die Präparation der meist weniger als einen halben Millimeter großen Larven eine Binokular-Lupe und zur Bestimmung ein Mikroskop notwendig. Das Mikroskop sollte mit einem Messokular ausgerüstet sein.

### Auswahl der berücksichtigten Arten

Der folgende Schlüssel beruht auf dem bisher im Nationalpark Berchtesgaden nachgewiesenen Arteninventar der Wassermilben.

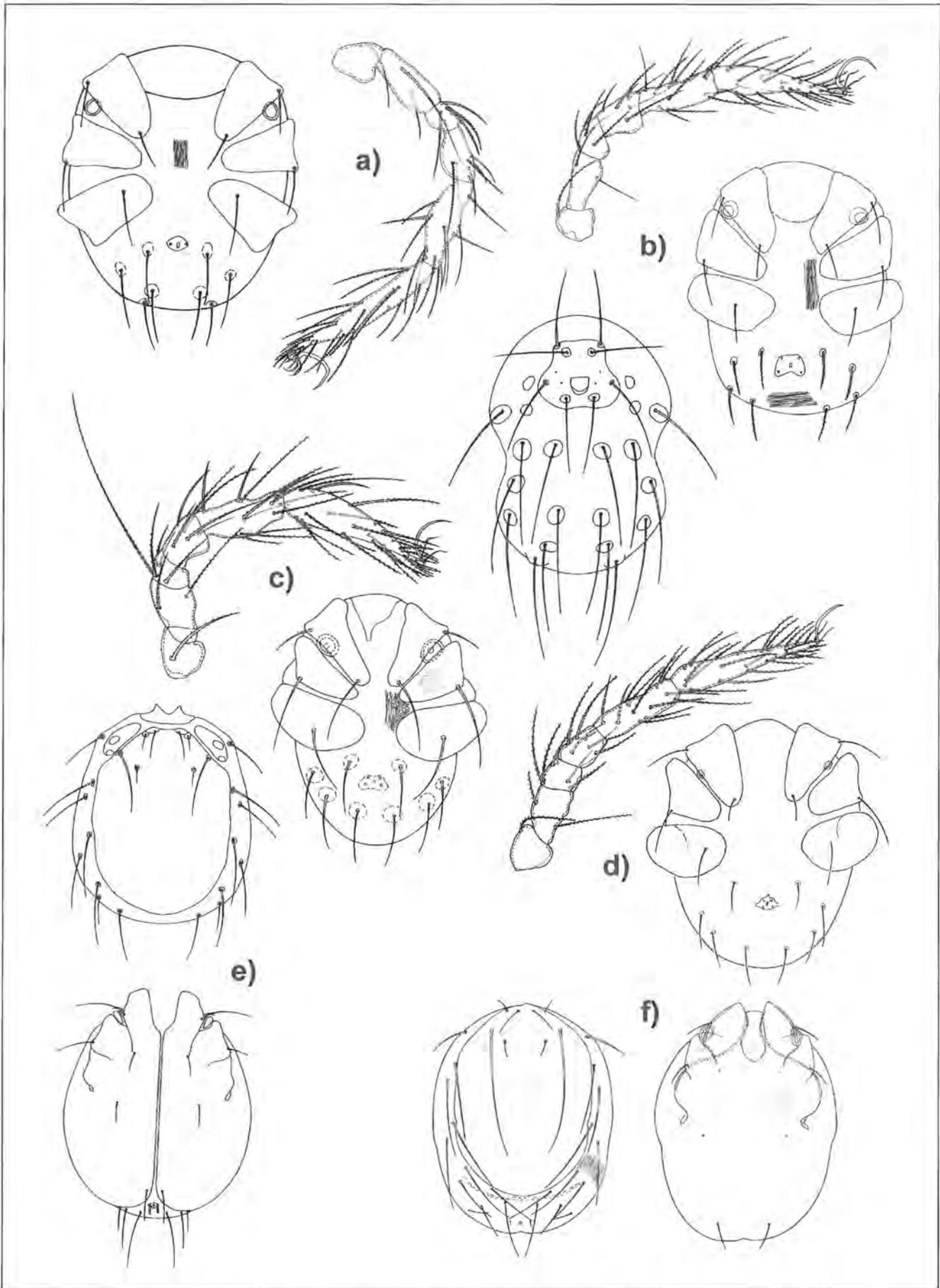
Um einen möglichst umfassenden Schlüssel erstellen zu können, wurden für Taxa, die im Rahmen dieser Untersuchung nicht gezüchtet werden konnten, die eigenen Ergebnisse durch Larvalbeschreibungen aus der Literatur ergänzt. In einzelnen Fällen war dies auf Artniveau möglich, in anderen Fällen, wenn aus bestimmten Gattungen im Nationalpark lediglich eine Art bekannt ist, konnten Merkmale auf Gattungsniveau verwandt werden. Wenn aus bestimmten systematischen Gruppen einzelne Arten nicht unterschieden werden können, in der Regel, weil Larven bestimmter Arten noch nicht bekannt sind, so ist dies an entsprechender Stelle des Schlüssels vermerkt. Von den 62 jetzt aus dem Nationalpark bekannten Arten sind nun immerhin 37 auch in ihrer Larvalmorphologie bekannt, davon 20 dank ihrer Erst- und Neubeschreibung im Rahmen dieses Projekts (MARTIN 2003). Weitere 4 Arten sind zwar noch nicht als Larven beschrieben, doch lassen sie sich auf diesem Stadium nach Beschreibungen verwandter Arten aus anderen Gebieten erkennen, da sie die einzigen Vertreter ihrer Gattung im Untersuchungsgebiet sind. Ebenfalls kann durch Literaturlauswertung die Gattung *Tiphys* angesprochen werden.

### Bestimmungsschlüssel

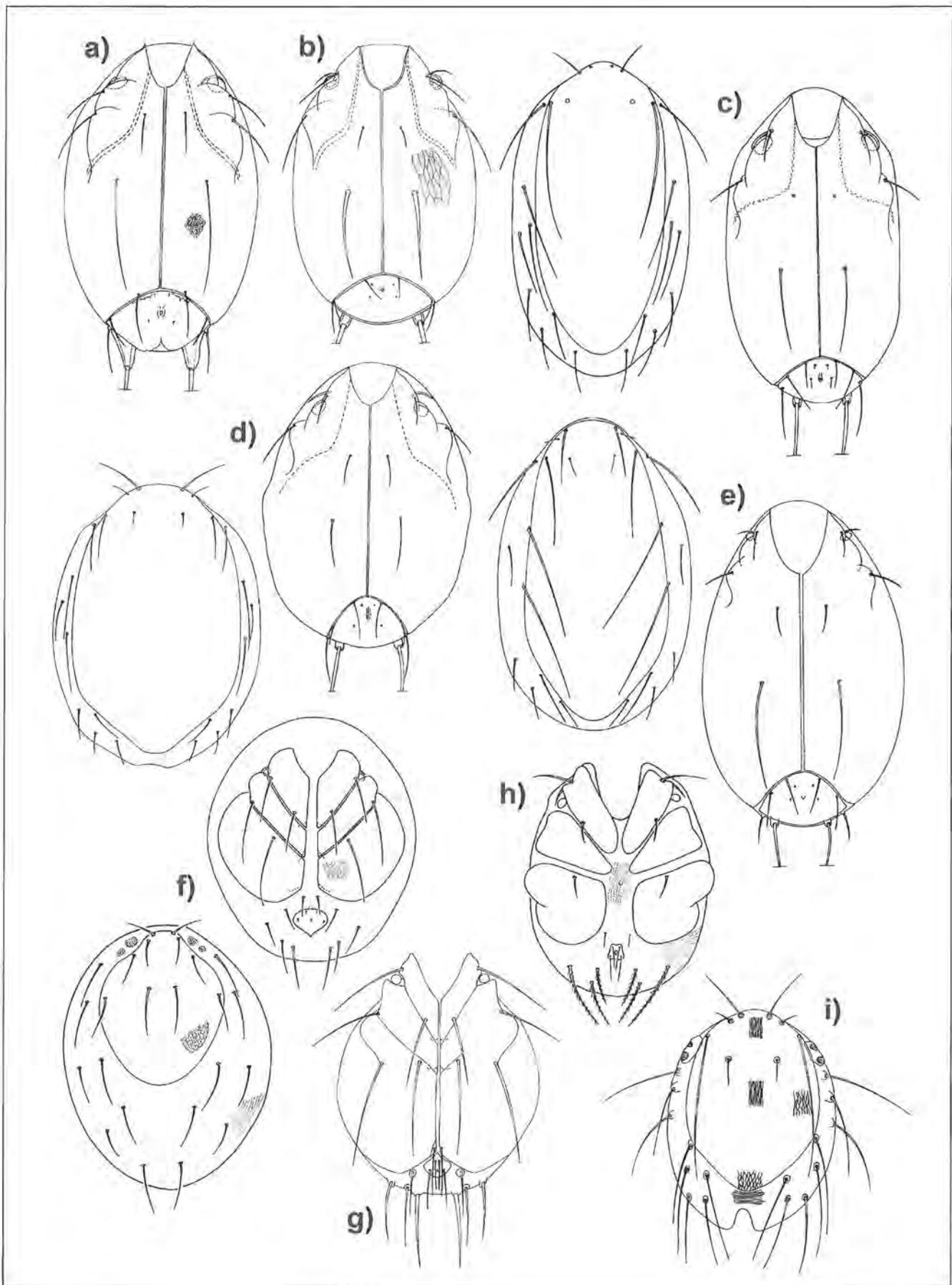
- |       |   |       |  |
|-------|---|-------|--|
| 1     | Beine mit 6 Gliedern ..... 2  |       |  |
| -     | Beine mit 5 Gliedern, manchmal ist auf dem IIIB2 noch eine Verschmelzungslinie erkennbar (Abb. 6-7-5 f)..... 11   |       |  |
| 2 (1) | Dorsalplatte mit lediglich 2 Borstenpaaren am Vorderrand, Hu blattartig, am Vorderrand der CxII ungleichmäßige Reihen von kleinen Urstigmata (Abb. 6-7-6 a) ..... <i>Hydrovolzia placophora</i> |       |  |
| -     | Dorsalplatte mit 7 oder 8 Borsten, Hu normal ausgebildet, nur ein paar Urstigmata am Vorderrand der CxII ..... 3  |       |  |
| 3 (2) | Dorsalplatte mit 3 paarigen Borsten sowie vorne mit einer unpaaren Borste, auffällig gestielte Urstigmata, Beinklauen gekämmt (Abb. 6-7-6 b) ..... <i>Stygothrombium chappuisi</i>              |       |  |
| -     | Dorsalplatte mit 4 Borstenpaaren, mit einem   |       |  |
|       |   | 4 (3) | Paar großer und nicht auffällig gestielter Urstigmata zwischen CxI und CxII, Beinklauen normal und ungekämmt. .... <i>Hydryphantidae</i> , 4 (bisher nicht determinierbar; <i>Thyasella mandibularis</i> , <i>Protzia squamosa</i> , <i>Zschokkea oblonga</i> )      |
|       |   | -     | Beine kurz; Summe aller Einzelglieder < 220 µm, Glieder IB5, IIB5, IIIB5 jeweils < 50 µm (Abb. 6-7-6 c)..... <i>Panisellus thienemanni</i>   |
|       |   | -     | Beine länger (Summe aller Einzelglieder > 250 µm), Glieder IB5, IIB5, IIIB5 jeweils > 55 µm..... 5   |
|       |   | 5 (4) | Exkretionsporenplatte nicht sichtbar, Abstand C1-C2 gering (< 45 µm). ..... 6  |
|       |   | -     | Exkretionsporenplatte sichtbar; z.T. Begrenzung der Platte nicht deutlich ausgeprägt, mindestens Insertionsstellen eines Borstenpaares zu erkennen, Abstand C1-C2 größer (> 45 µm). ..... 7  |
|       |   | 6 (5) | Borsten E1 und E2 und ihre Alveoli fehlen, Exkretionsporus schlecht sichtbar, CxII mit Borste C3 (Abb. 6-7-6 d)..... <i>Protzia distincta</i>  |
|       |   | -     | Borsten E1 und E2 sichtbar, Exkretionsporus deutlich sichtbar, CxII ohne Borste C3 (Abb. 6-7-6 e). ..... <i>Wandesia thori</i>   |
|       |   | 7 (5) | Gnathosomabasis und Chelicerengrundglied auffällig groß (> 120 µm), P3 mit dreigebelter Borste, Exkretionsporenplatte rundlich und Alveoli der E2 undeutlich (Abb. 6-7-6 f). ..... <i>Panisopsis curvifrons</i>  |
|       |   | -     | Gnathosomabasis und Chelicerengrundglied kleiner (< 110 µm), P3 mit normalen Borsten, Exkretionsporenplatte von anderer Gestalt; Zahl der sichtbaren Alveoli bzw. Borsten unterschiedlich. .... 8  |
|       |   | 8 (7) | Exkretionsporenplatte mit 1 Paar Alveoli (lateral des Exkretionsporenplatte), Alveoli eines 2. Borstenpaares nicht sichtbar, IB3 und IIB3 mit 6 deutlich sichtbaren Borsten (Abb. 6-7-7 a). ..... <i>Panirus michaeli</i>  |
|       |   | -     | Exkretionsporenplatte mit 2 Paar Alveoli (hinteres z.T. nur schlecht sichtbar), IB3 und IIB3 mit 5 deutlich sichtbaren Borsten..... 9  |
|       |   | 9 (8) | Borsten Mp1/2 und Lp1/2 annähernd gleich lang, Exkretionsporenplatte deutlich sichtbar, meist deutlich abgegrenzt und relativ groß; distal deutlich eingebuchtet. Länge Mp2 < 100 µm, Krallen „eckig“-sichelförmig (Abb. 6-7-7 b). ..... <i>Partnunia steinmanni</i> |
|       |   | -     | Borsten Mp1/2 deutlich länger als Borsten Lp1/2, Exkretionsporenplatte mit diffusem  |

- Rand, Form variabel. Länge Mp2 > 110 µm, Krallen rund sichelförmig..... 10
- 10 (9) IIB3 und IIIB3 mit je 1 auffällig langen Borste am proximalen Rand (> 100 µm), Acetabula groß (minimaler innerer Durchmesser 12 µm), P5 kurz (< 25 µm) (Abb. 6-7-7 c).  
.....*Tartarothyas romanica*
- IIB3 und IIIB3 ohne auffällig lange Borsten (alle < 90 µm), Acetabula klein (maximaler innerer Durchmesser 10 µm), P5 lang (> 30 µm). (Abb. 6-7-7 d).  
.....*Thyas palustris*
- 11 (1) Coxalplatten I, II und III jeder Seite komplett miteinander verschmolzen; median keine Trennungsnähte erkennbar..... 12
- Coxalplatten I, II und III unvollständig oder gar nicht miteinander verschmolzen..... 18
- 12 (11) Exkretionsporenplatte klein (Breite < 30 µm) oder ohne klare Umrisse.....*Torrenticolidae*, 13
- Exkretionsporenplatte relativ groß (Breite > 40 µm) und von charakteristischer Form (Abb. 6-7-8 a, 6-7-8 b)  
.....*Hygrobatidae*, 14
- 13 (12) Exkretionsporenplatte rundlich und klein, auf der Ventralseite liegend (Abb. 6-7-7 e)  
.....*Torrenticola elliptica*
- Exkretionsporenplatte ohne klare Gestalt und auf die Dorsalseite verlagert (Abb. 6-7-7 f).  
.....*Pseudotorrenticola rhynchota*
- 14 (12) Borsten V1 auf dem Hinterrand der CxIII, Exkretionsporenplatte distal meist auffallend eingebuchtet, C4-Pmcp > 20 µm (Abb. 6-7-8 a)  
.....*Hygrobates norvegicus*  
Laut ULLRICH (1976) ist die im Nationalpark seltene Art *Hygrobates fluviatilis* von *H. norvegicus* dadurch zu unterscheiden, dass sie auf dem distalen Rand der Coxalplatten nahe dem anterioren Rand der Exkretionsporenplatte Apodeme aufweist, welche *H. norvegicus* fehlen.
- Borsten V1 auf dem Vorderrand der Exkretionsporenplatte, diese distal gerundet, C4-Pmcp < 120 µm (z.B. Abb. 6-7-8 b)  
.....*Atractides*, 15  
(Bisher nicht determinierbar: *Atractides brendle*, *A. fissus*, *A. gibberpalpis*, *A. protendens*, *A. robustus*, *A. separatus*, *A. vaginalis*)
- 15 (14) Exkretionsporenplatte breit (> 80 µm, Breite/Länge > 1,9), Länge der Dorsalplatte > 250 µm, C4-Pmcp > 95 µm, V2-V2 > 75 µm (Abb. 6-7-8 b).  
.....*Atractides panniculatus*
- Exkretionsporenplatte schmal (< 80 µm, Breite/Länge < 1,9), Länge der Dorsalplatte < 250 µm, C4-Pmcp < 95 µm, V2-V2 < 75 µm. .... 16
- 16 (15) Dorsalplatte kurz (< 215 µm) und schmal (< 95 µm), Dp Länge/Breite > 2,15, C4-Pmcp < 75 µm, Länge CxI-III (Gnathosomalbucht bis Distalecke) < 165 µm, Borsten C4 kurz (< 60 µm) (Abb. 6-7-8 c).  
.....*Atractides macrolaminatus*
- Dorsalplatte lang (> 215 µm) und breit (> 95 µm), Dp Länge/Breite < 2,15, C4-Pmcp > 80 µm, Länge CxI-III (Gnathosomalbucht bis Distalecke) > 165 µm, Borsten C4 lang (> 60 µm)  
..... 17
- 17 (16) Dorsalplatte Länge/Breite < 1,8, V1-V2 > 19 µm, Länge Exkretionsporenplatte > 40 µm, V2-V2 > 50 µm, E1-E2 > 11 µm, Breite Exkretionsporenplatte > 60 µm, Hu > 70 µm, Mh1 < 80 µm (Abb. 6-7-8 d).  
.....*Atractides walteri*
- Dorsalplatte Länge/Breite > 1,8, V1-V2 < 19 µm, Länge Exkretionsporenplatte < 40 µm, V2-V2 < 50 µm, E1-E2 < 11 µm, Breite Exkretionsporenplatte < 60 µm, Hu < 60 µm, Mh1 > 90 µm (Abb. 6-7-8 e).  
.....*Atractides adnatus*
- 18 (11) CxI, CxII und CxIII alle deutlich voneinander getrennt..... 19
- CxI, CxII und CxIII in unterschiedlicher Weise miteinander verschmolzen. .... 26
- 19 (18) Dorsalplatte rundlich, mit 5 Borstenpaaren, Coxalplatten in charakteristischer Weise angeordnet (Abb. 6-7-8 f)  
.....*Arrenuridae*, *Arrenurus fontinalis*
- Dorsalplatte meist länglich, mit 4 Borstenpaaren, Coxalplatten anders angeordnet..... 20
- 20 (19) CxIII mit zwei Borsten (Abb. 6-7-8 g)  
.....*Teutonia cometes*
- CxIII mit einer Borste (z.B. 6-7-5 a)  
.....*Sperchontidae*, 21  
(Nicht determinierbar: *Sperchon brevirostris*)
- 21 (20) CxII ohne Borste (Borste C3 fehlt) (Abb. 6-7-8 h)  
.....*Sperchonopsis verrucosa*
- CxII mit Borste (Borste C3 vorhanden). .... 22
- 22 (21) Dorsalplatte mit charakteristischer Musterung (medial und cranial liniert, lateral und caudal schuppenartig gemustert) (Abb. 6-7-8 i)  
.....*Sperchon squamosus*
- Dorsalplatte ohne eine solche Musterung; Dp liniert..... 23

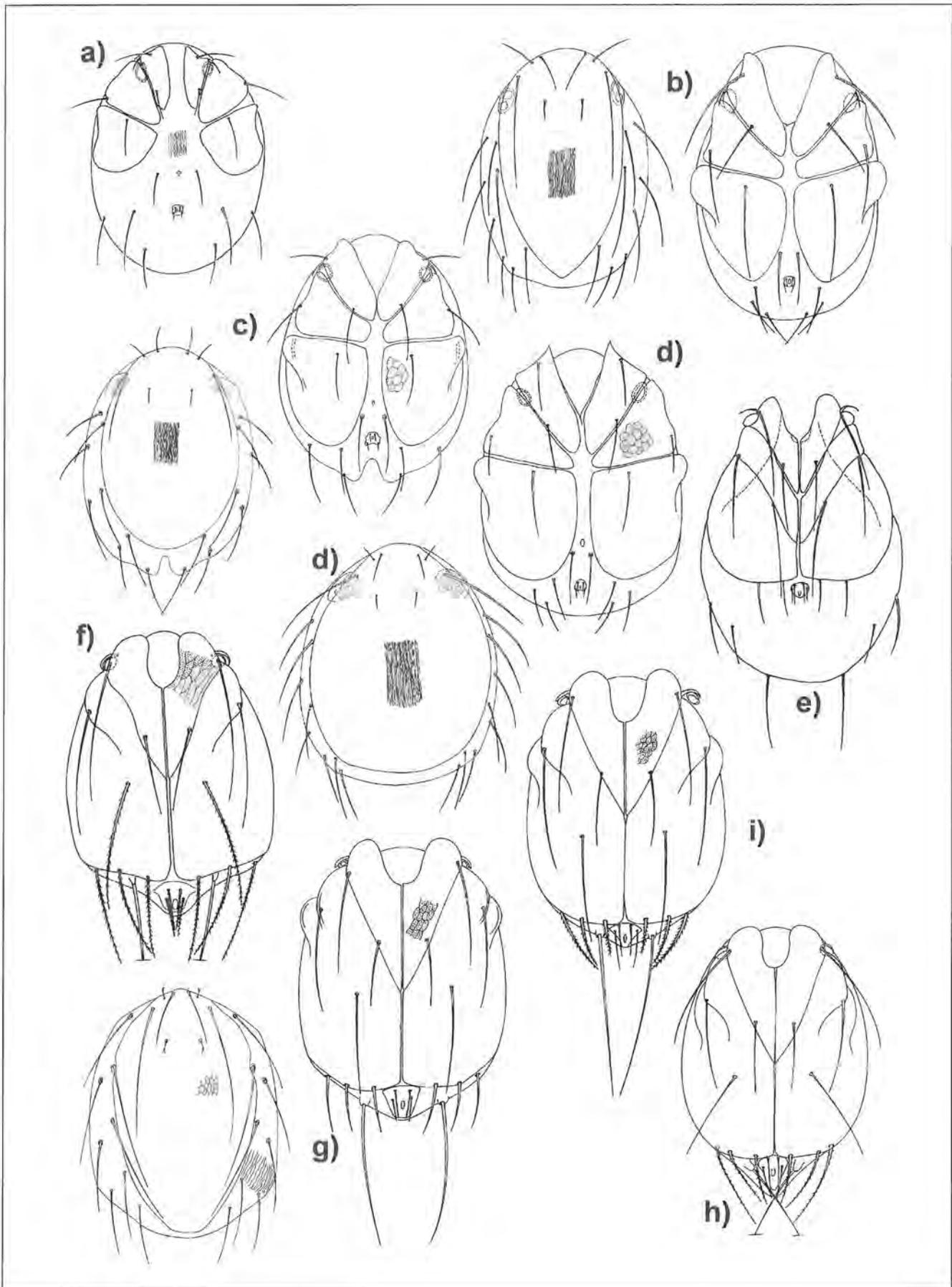
- 23 (22) Dorsalplatte schmal (< 120 µm), Länge CxIII < 100 µm.....24
- Dorsalplatte breit (> 120 µm), Länge CxIII > 100 µm.....25
- 24 (23) Mp1-Mp1 < 50 µm, Lp2-Lp2 < 65 µm, C1 < 50 µm, keine Borste V1-4 < 50 µm (Abb. 6-7-9 a) .....*Sperchon violaceus*
- Mp1-Mp1 > 50 µm, Lp2-Lp2 > 65 µm, C1 > 50 µm, alle Borsten V1-4 < 50 µm (Abb. 6-7-9 b) .....*Sperchon thienemanni*  
(Die dieser Art sehr ähnliche Larve von *Sperchon glandulosus* (im Nationalpark ebenfalls nachgewiesen) unterscheidet sich nach ULLRICH (1976) von derjenigen von *S. thienemanni* durch eine kurze Borste C3 (ca. 20 µm, *S. thienemanni*: ca. 50 µm) und eine im Gegensatz zu *S. thienemanni* kaum sichtbare Linierung der Beine)
- 25 (22) Dorsalplatte schmal eiförmig (Dp Länge/Breite > 1,4, Breite < 165 µm), Lp2 < 100 µm, C3 > 60 µm, C4 < 50 µm, Idiosoma bei nicht voll gesaugten Tieren caudal eingebuchtet (Abb. 6-7-9 c). .....*Sperchon resupinus*
- Dorsalplatte distal verbreitert (Dp Länge/Breite < 1,4, Breite > 165 µm), Lp2 > 110 µm, C3 < 50 µm, C4 > 60 µm, Idiosoma bei nicht voll gesaugten Tieren caudal nicht eingebuchtet (Abb. 6-7-9 d).....*Sperchon mutilus*
- 26 (18) V1 und V2 nebeneinander auf dem Hinterrand der CxIII, CxI von CxII+III deutlich getrennt (z.B. Abb. 6-7-9 f).....*Lebertiidae*, 27 (Bisher nicht determinierbar: *Lebertia bracteata*, *L. fontana*, nicht in den Schlüssel integriert *L. stigmatifera* (vgl. MARTIN 2000)).
- V1 und V2 nicht nebeneinander auf dem Hinterrand der CxIII, CxI von CxII+III manchmal nicht deutlich getrennt.....31
- 27 (26) Trennungsnah zwischen CxII und CxIII erstreckt sich bis über den Ansatz der Borste C4 hinaus; Exkretionsporenplatte gerundet, breiter als hoch (Abb. 6-7-9 e).....*Lebertia tuberosa*
- Trennungsnah zwischen CxII und CxIII nur lateral angedeutet, endet deutlich vor dem Ansatz der Borste C4; Exkretionsporenplatte drachenförmig oder jedenfalls mit deutlich eckigen Bereichen.....28
- 28 (27) Borsten C4, V1-V3 sowie (oft schlecht sichtbar) E1 und E2 gefiedert; Länge der Mediannaht CxII+III relativ kurz (< 100 µm); Exkretionsporus vorne liegend; Ansatzstellen der Borsten E1 und E2 vom Rande der Exkretionsporenplatte abgesetzt (Abb. 6-7-9 f).....*Lebertia maculosa*
- Nur Borsten V1-V3 gefiedert, übrige Borsten glatt; Länge der Mediannaht CxII+III relativ lang (> 100 µm); Exkretionsporus nicht deutlich vorne liegend, Alveoli der Borsten E1 und E2 teilweise dicht am Rande der Exkretionsporenplatte. ....29
- 29 (28) Beinglieder I-III B4 relativ kurz (IB4 < 60 µm, IIB4 < 65 µm, IIIB4 < 85 µm); Borste C1 relativ kurz (< 75 µm); Exkretionsporenplatte vorne nicht deutlich zugespitzt, sondern flach oder gerundet (Abb. 6-7-9 g).....*Lebertia cuneifera* (Die Unterart *L. cuneifera aberrata* möglicherweise eine eigenständige Art; die Larve dieses Taxons bisher unbekannt)
- Beinglieder I-III B4 relativ lang (IB4 > 60 µm, IIB4 > 65 µm, IIIB4 > 85 µm); Borste C1 relativ lang (> 75 µm); Exkretionsporenplatte vorne mehr oder weniger deutlich spitz zulaufend. ....30
- 30 (29) Habitus der Tiere vor erster Nahrungsaufnahme länglich; Borsten E1 und E2 etwa gleich lang; Dorsalplatte relativ schmal (< 170 µm; Länge/Breite > 1,6) (Abb. 6-7-9 h). .....*Lebertia sefvei*
- Habitus der Tiere vor erster Nahrungsaufnahme rundlich; Borsten E2 deutlich länger als E1, Dorsalplatte relativ breit (> 170 µm; Länge/Breite < 1,6) (Abb. 6-7-9 i). .....*Lebertia lativentris*
- 31 (26) Dorsalplatte (und die Beinglieder) deutlich längs liniert (Abb. 6-7-10 a).....*Feltria* spp. (Die Larven der im Nationalpark nachgewiesenen Arten *Feltria menzeli*, *F. minuta*, *F. setigera* und *F. zschokkei* können noch nicht unterschieden werden.)
- Dorsalplatte anders. ....32
- 32 (31) Exkretionsporenplatte annähernd fünfeckig, distal mit deutlicher Einkerbung (Abb. 6-7-10 b). .....*Bandakia concreta*
- Exkretionsporenplatte von anderer Gestalt. ....33
- 33 (32) Exkretionsporenplatte groß (breiter als 50 µm) und von charakteristischer, am Hinterrand eingebuchteter Gestalt (Abb. 6-7-10 c). .....*Ljanja bipapillata*
- Exkretionsporenplatte kleiner (Breite geringer als 45 µm) und von anderer Gestalt. ....34
- 34 (33) Gnathosomalbucht nach hinten verschoben und daher das Gnathosoma von dorsal nicht sichtbar, Borsten V1+2 an den mittleren Hinterrand der Coxalplatte herangerückt (Abb. 6-7-10 d).....*Pseudofeltria scourfieldi*



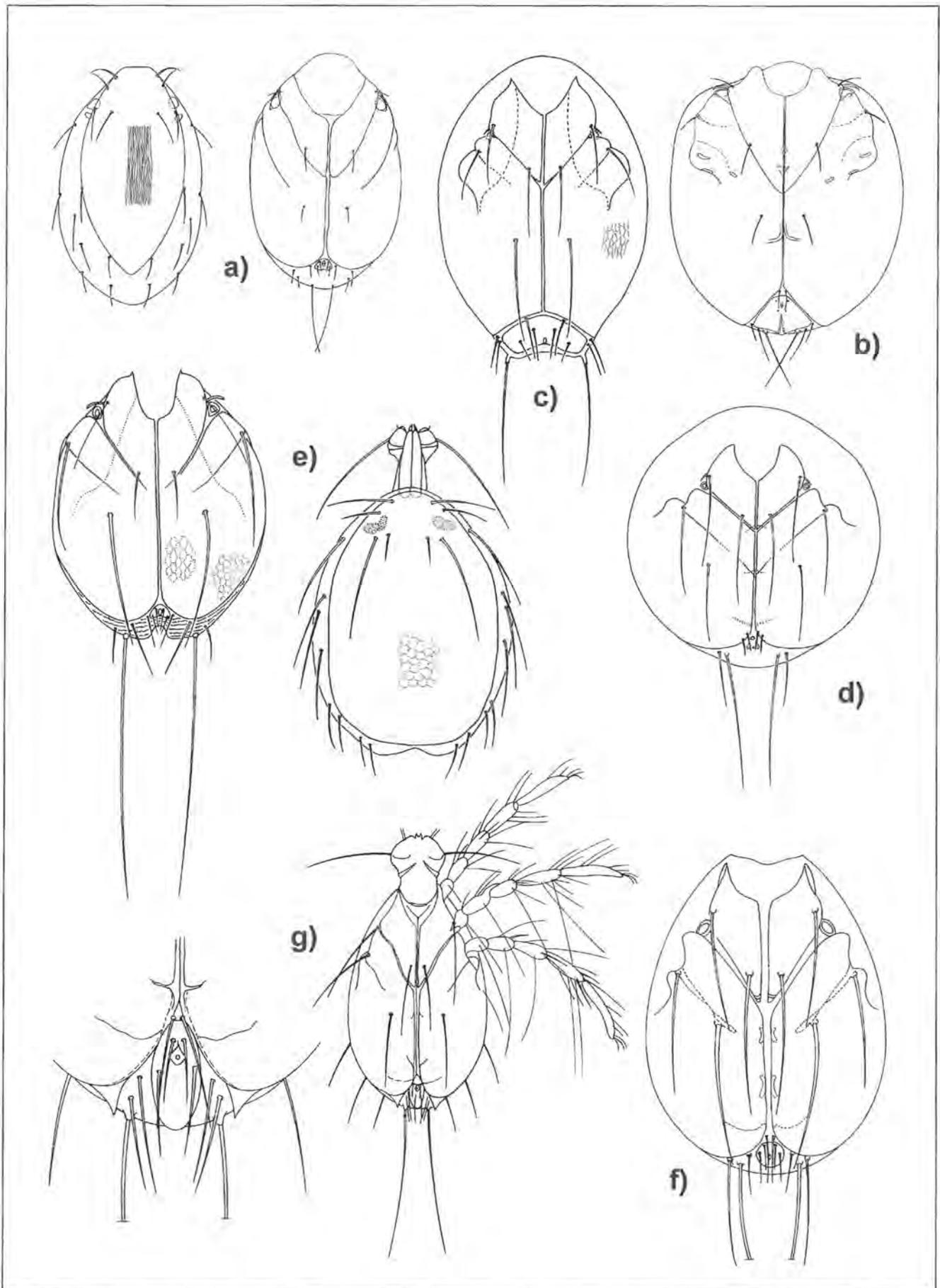
**Abb. 6-7-7:** Larvalmorphologie alpiner Süßwassermilben. a) *Panisus michaeli*, Idiosoma ventral, Vorderbein (MARTIN 2003), b) *Partnunia steinmanni*, Idiosoma dorsal, ventral, Vorderbein (MARTIN 2003), c) *Tartarothyas romanica*, Idiosoma ventral, Mittelbein (MARTIN 2003), d) *Thyas palustris*, Idiosoma ventral, Mittelbein (MARTIN 2003), e) *Torrenticola*, Idiosoma dorsal, ventral (nach SMITH et al. 2001, verändert), f) *Pseudotorrenticola rhynchota*, Idiosoma dorsal, ventral (Original).



**Abb. 6-7-8:** Larvalmorphologie alpiner Süßwassermilben. a) *Hygrobatas norvegicus*, Idiosoma ventral (MARTIN 2003), b) *Atractides panniculatus*, Idiosoma ventral (MARTIN 2003), c) *Atractides macrolaminatus*, Idiosoma dorsal, ventral (MARTIN 2003), d) *Atractides walteri*, Idiosoma dorsal, ventral (MARTIN 2003), e) *Atractides adnatus*, Idiosoma dorsal, ventral (MARTIN 2003), f) *Arrenurus fontinalis*, Idiosoma dorsal, ventral (MARTIN 2000), g) *Teutonia*, Idiosoma ventral (nach SMITH 1982, verändert), h) *Sperchonopsis verrucosa*, Idiosoma ventral (MARTIN 2000), i) *Sperchon squamosus*, Idiosoma dorsal (Original).



**Abb. 6-7-9:** Larvalmorphologie alpiner Süßwassermilben. a) *Sperchon violaceus*, Idiosoma ventral (MARTIN 2003), b) *Sperchon thienemanni*, Idiosoma dorsal, ventral (MARTIN 2003), c) *Sperchon resupinus*, Idiosoma dorsal, ventral (MARTIN 2003), d) *Sperchon mutilus*, Idiosoma dorsal, ventral (MARTIN 2003), e) *Lebertia tuberosa*, Idiosoma ventral (nach WALTER 1922, verändert), f) *Lebertia maculosa*, Idiosoma ventral (MARTIN 2003), g) *Lebertia cuneifera*, Idiosoma dorsal, ventral (MARTIN 2003), h) *Lebertia sefvei*, Idiosoma ventral (MARTIN 2003), i) *Lebertia lativentris*, Idiosoma, ventral (MARTIN 2003).



**Abb. 6-7-10:** Larvalmorphologie alpiner Süßwassermilben. a) *Feltria cf. setigera*, Idiosoma dorsal, ventral (Original), b) *Bandakia concreta*, Idiosoma ventral (MARTIN 2003), c) *Ljania bipapillata*, Idiosoma ventral (MARTIN 2000), d) *Pseudofeltria scourfieldi*, Idiosoma ventral (MARTIN 2000), e) *Tiphys*, Idiosoma ventral (nach SMITH et al. 2001, verändert), f) *Aturus fontinalis*, Idiosoma dorsal, ventral (MARTIN 2000).

- Gnathosomalbucht nicht nach hinten verschoben und daher das Gnathosoma von dorsal deutlich sichtbar, Borsten V1+2 nicht an den mittleren Hinterrand der Coxalplatte heran-  
gerückt. ....35
- 35 (34) CxI immer deutlich von CxII+III getrennt, deutliche Apodeme im Bereich der Coxalplatten (Abb. 6-7-10 e).....*Tiphys* spp.  
(Die Larven der im Nationalpark vorkommenden Arten *Tiphys latipes* und *T. torris* können bisher nicht unterschieden werden.)
- CxI nicht klar von CxII+III getrennt, keine Apodeme am Innenrand der Coxalplatten (Abb. 6-7-10-f).....*Aturus fontinalis*

## Literatur

- BADER, C. (1974): Die Sperchoniden der glandulosus-Gruppe (Acari, Prostigmata). Arch. Hydrobiol., 73 (4): 470-491.
- BADER, C. (1989): Panisus-Studien: 7. Die Gattung *Tartarothyas* VIETS, 1934 (Acari, Actinedida, Hydrachnellae). Entomologica Basiliensia, 13: 5-17.
- BADER, C. (1994): Die Wassermilben des Schweizerischen Nationalparks, 4. Zweiter Nachtrag zum systematisch-faunistischen Teil. Ergebn. wiss. Unters. Schweizer Nationalpark, 16 (83): 223-287.
- BARTSCH, I. (1996): Halacarids (Halacaroidea, Acari) in freshwater. Multiple invasions from the Paleozoic onwards? Journal Nat. Hist., 30: 67-99.
- BENFATTI, D. (unpubl. Manuskript): *Stygothrombium chappuisi* Walter, 1947 (Acari: Hydracarina: Stygothrombioidea) nell'Appennino settentrionale.
- BERTUZZI, E.; LAZZARA, M. & GERECKE, R. (2004): Prime osservazioni sugli idracari del Lago di Tovel (Trentino). Tagung "Zoologische und botanische Forschung in Südtirol (III)", Poster abstract.
- BOEHLE, W.R. (1996): Contribution to the morphology and biology of larval *Panisellus thienemanni* (VIETS, 1920) (Acari: Parasitengonae: Hydrachnidia). Acarologia, 37 (2): 121-125.
- CANTONATI, M. & ORTLER, K. (1998): Using spring biota of pristine mountain areas for long-term monitoring - Hydrology. Water Resources and Ecology in Headwaters. IAHS Publ. 248: 379-385.
- CREMA, S.; FERRARESE, U.; GOLO, D.; MODENA, P.; SAMBUGAR, B. & GERECKE, R. (1996): Ricerche sulla fauna bentonica ed interstiziale di ambienti sorgentizi in area alpina e prealpina. Centro di Ecologia Alpina, Report 8: 1-104.
- DAVIDS, C. & KOUWETS, F.A.C. (1987): The characteristics of some water mite species of the genus *Piona* (Acari, Hydrachnellae) with three new larval descriptions. Arch. Hydrobiol. 110: 1-18.
- DI SABATINO, A.; MARTIN, P.; GERECKE, R. & CICOLANI, B. (2002): Water mites (Acari: Actinedida: Hydrachnidia). pp. 105-133 in: RUNDLE, S.D.; ROBERTSON, A.L. & SCHMID-ARAYA, J.M. (Hrsg.): Freshwater Meiofauna: Biology and Ecology, 1-370. Backhuys (Leiden).
- GERECKE, R. (1999): Further studies on hydryphantoid water mites (Acari: Hydrachnidia) in the W palaeartic region. Arch. Hydrobiol. Suppl., 121/2: 119-158.
- GERECKE, R. (2002): The water mites (Acari, Hydrachnidia) of a little disturbed forest stream in southwest Germany - a study on seasonality and habitat preference, with remarks on diversity patterns in different geographical areas. pp. 69-89 in: BERNINI, F.; NANNELLI, R.; NUZZACI, G. & DE LILLO, E. (Hrsg.): Acarid Phylogeny and Evolution: Adaptations in Mites and Ticks. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, Boston, London.
- GERECKE, R. (2003): Water mites of the genus *Atractides* KOCH, 1837 (Acari: Parasitengona: Hygrobatidae) in the western Palaeartic region: a revision. Zool. J. Linn. Soc. 138: 141-378.
- GERECKE, R. & DI SABATINO, A. (1996): Water mites (Acari, Hydrachnellae) and spring typology in Sicily. Crunoecia 5: 35-41.
- GERECKE, R.; JÄNTSCH, W. & SCHREIBER, U. (2005): Neue Beiträge zur Kenntnis der Wassermilbenfauna (Acari: Hydrachnidia et Halacaridae) Sachsens. Lauterbornia, 55: 65-77.
- GERECKE, R. & LEHMANN, E.O. (2005): Towards a long term monitoring of Central European water mite faunas (Acari: Hydrachnidia and Halacaridae) - considerations on the background of data from 1900 to 2000. Limnologica, 35: 45-51.
- GERECKE, R.; MEISCH, C.; STOCH, F.; ACRI, F. & FRANZ, H. (1998): Eucrenon/Hypokrenon ecotone and spring typology in the Alps of Berchtesgaden (Upper Bavaria, Germany). A study of microcrustacea (Crustacea: Copepoda, Ostracoda) and water mites (Acari: Halacaridae, Hydrachnellae). pp. 167 in: BOTOSANEANU, L.: Studies in Crenobiology. The biology of springs and springbrooks. Backhuys, Leiden: 167-182.
- GERECKE, R. & SCHWOERBEL, J. (1992): Water Quality and Water-Mites in the Upper Danube Region, 1959-1984. pp. 483-491 in: DUSBABEK, F. & BUKVA, V. (Hrsg.): Modern Acarology, 1. Academia (Prag) & SPB Academic (The Hague) Hrsg.
- GERECKE, R.; STOCH, F.; MEISCH, C. & SCHRANKEL, I. (2005): Die Meiofauna der Quellen und des hyporheischen Interstitials in Luxemburg. Ferrantia. 41: 1-140.
- GERECKE, R. & TUZOVSKIJ, P. (2001): The water mite *Rutripalpus limicola* SOKOLOV, 1934: new data on morphology and biology, and considerations on the systematic position of the monotypic family Rutripalpidae (Acari, Hydrachnidia). Journal of Natural History 35: 931-944.
- KRAUS, O. (1984): Hoyers Gemisch statt Polyvinyl-Lactophenol. Mikrokosmos 73: 54-55.
- LUNDBLAD, O. (1924): Ein unerwartetes, interessantes Verhältnis in der Epimorphose einer schwedischen Hexalebertia. Ent. Tidskr., 45 (2): 72-79.
- LUNDBLAD, O. (1927): Die Hydracarina Schwedens. I. Beitrag zur Systematik, Embryologie, Ökologie und Verbreitungsgeschichte der schwedischen Arten. Zool. Bidrag, 11: 181-540.

- LUNDBLAD, O. (1968): Die Hydracarina Schwedens. III. Ark. Zool., (2) 21 (1): 1-633.
- MARTIN, P. (1998): Zur Autökologie der Wassermilben (Hydrachnidia, Acari) zweier norddeutscher Tieflandbäche. Univ. Kiel, Dissertation: 1-269.
- MARTIN, P. (2000): Larval morphology and host-parasite associations of some stream living water mites (Hydrachnidia, Acari). Arch. Hydrobiol./Suppl. 121/3-4: 269-320.
- MARTIN, P. (2003): Larval morphology of spring-living water mites (Hydrachnidia, Acari) from the Alps. Ann. Limnol., Int. J. Lim., 39 (4): 363-393.
- MARTIN, P. (2005): Water mites (Hydrachnidia, Acari) as predators in lotic environments. Phytophaga, 14 (2004): 307-321.
- MARTIN, P.; STUR, E. & WIEDENBRUG, S. (in Vorb.): Parasite-host-associations of spring-dwelling water mites from the Alps.
- MARTIN, P.; WIEDENBRUG, S.; STUR, E. & SCHRANKEL, I. (2002): Wassermilben (Hydrachnidia, Acari) als Parasiten an quellbewohnenden Zuckmücken (Chironomidae, Diptera) - erste Befunde aus dem Nationalpark Berchtesgaden. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL), Tagungsbericht 2001 (Kiel), Tutzing 2002: 691-696.
- MEYER, E. (1985): Der Entwicklungszyklus von *Hydrodroma despiciens* (O.F. MÜLLER 1776) (Acari: Hydrodromidae). Arch. Hydrobiol./Suppl. 66, 13: 321-453.
- MICOLETZKY, H. (1911): Zur Kenntnis des Faistenauer Hintersees bei Salzburg, mit besonderer Berücksichtigung faunistischer und fischereilicher Verhältnisse. Int. Revue ges. Hydrobiol. Hydrogr., 3: 506-542.
- MICOLETZKY, H. (1912): Beiträge zur Kenntnis der Ufer- und Grundfauna einiger Seen Salzburgs sowie des Attersees. Zool. Jbch. Syst., 33 (5): 421-444.
- MICOLETZKY, H. (1913): Zur Kenntnis des Faistenauer Hintersees bei Salzburg, mit besonderer Berücksichtigung faunistischer und fischereilicher Verhältnisse. Nachtrag zur Litoralfauna. Int. Revue ges. Hydrobiol. Hydrogr., 6, Biol. Suppl. 1: 1-11.
- NORTON, R.A.; WILLIAMS, D.D.; HOGG, I.D. & PALMER, S.C. (1987): Biology of the oribatid mite *Mucronothrus nasalis* (Acari: Oribatida: Trypochthoniidae) from a small coldwater springbrook in eastern Canada. Can. J. Zool., 66: 622-629.
- PIERSIG, R. (1897-1900): Deutschlands Hydrachniden. Zoologica 19. Stuttgart.
- POPP, E. (1991): Belichtungsversuche an einer stygobionten Milbe (*Stygothrombium* VIETS, 1932). Spixiana, 14 (2): 159-168.
- PRASAD, V. & COOK, D.R. (1972): The taxonomy of water mite larvae. Mem. Amer. Ent. Inst. 18: 1-326.
- PRASAD, V. (1982a): Some evidences of morphological characteristics in the water mite larvae (Acarina: Hydracarina). Part I. Dorsal idiosoma and gnathosoma. Internat. J. Acarol. 8: 181-187.
- PRASAD, V. (1982b): Some evidences of morphological characteristics in the water mite larvae (Acarina: Hydracarina). Part II. Ventral idiosoma. Internat. J. Acarol. 8: 197-203.
- PRASAD, V. (1991): The taxonomy of water mite larvae in last two decades (Acarina: Hydracarina). pp. 459-464 in DUSBÁBEK, F. & BUKVA, V. (Hrsg.): Modern Acarology. Section 2. Water mites as the indicators of environmental pollution, Vol. 1. Academia (Prag) & SPB Academic (The Hague).
- SCHATZ, H. & GERECKE, R. (1996): Hornmilben aus Quellen und Quellbächen im Nationalpark Berchtesgaden (Oberbayern) und in den Südlichen Alpen (Trentino-Alto Adige) (Acari: Oribatida). Ber. nat.-med. Verein Innsbruck 83: 121-134.
- SCHWOERBEL, J. (1959): Zur Kenntnis der Wassermilbenfauna des südlichen Schwarzwaldes (Hydrachnellae, Acari). 5. Beitrag: Wassermilben aus dem Grundwasser (Hydrachnellae, Porohalacaridae, Stygothrombiidae). Mitt. Bad. Landesver. Naturkde. Naturschutz, (N. F.) 7 (5): 323-330.
- SCHWOERBEL, J. (1961): Wo lebt die Wassermilbe *Wandesia thori* SCHECHTEL 1912? Arch. Hydrobiol./Suppl. 25, 4 (2-3): 341-347.
- SCHWOERBEL, J. (1962): Subterrane Wassermilben (Hydrachnellae und Thrombiidae) aus den Alpen. Zool. Anz., 168 (7-10): 292-300.
- SCHWOERBEL, J. (1991): Eine interessante Wassermilbenfauna in Quellen am Mindelsee. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ., 66: 409-413.
- SMIT, H. & VAN DER HAMMEN, H. (1992): New and rare water mites from the Netherlands (Acari: Hydrachnellae). Ent. Ber. Amsterdam, 52 (10): 144-146.
- SMITH, I.M. (1982): Larvae of water mites of the genera of the superfamily Lebertioidea (Prostigmata: Parasitengona) in North America with comments on phylogeny and higher classification of the superfamily. Can. Ent. 114: 901-990.
- SMITH, I.M.; COOK, D.R. & SMITH, B.P. (2001): Water mites (Hydrachnidia) and other arachnids. pp. 551-659 in THORP, J.H. & COVICH, A.P. (Hrsg.): Chapter 16: Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. Academic Press, San Diego.
- SMITH, I.M. & OLIVER, D.R. (1986): Review of parasitic associations of larval water mites (Acari: Parasitengona: Hydrachnidia) with insect hosts. Can. Ent. 118: 407-472.
- TOTSCHNIG, U.; PIRCHEGGER, H.; LESS, S. & GERECKE, R. (1999): Die winterliche Quellmilbenfauna im Wattental (Innsbruck, Tirol). Ber. nat.-med. Verein Innsbruck, 86: 131-138.
- TUZOVSKIJ, P.; BENFATTI, D. & GERECKE, R. (2001): About the taxonomical status of the water mite subfamily Acherontacarinae and diagnosis of the superfamily Hydrovolzioidea Thor, 1905 (Acari, Hydrachnidia). Acarologia 41: 451-473.
- ULLRICH, F. (1976): Biologisch-ökologische Studien an rheophilen Wassermilben (Hydrachnellae, Acari), unter besonderer Berücksichtigung von *Sperchon setiger* (THOR, 1898). Univ. Kiel, Dissertation: 1-241.
- ULLRICH, F. (1978): Biologisch-ökologische Studien an den Larven rheophiler Wassermilben (Hydrachnellae, Acari). Arch. Hydrobiol./Suppl. 54: 189-255.
- VALDECASAS, A.G. (2002): Some water mites (Acari, Hydrachnidia) from Caldera de Taburiente National Park (La Palma, Canary islands). Graellsia, 58 (2): 69-74.

VIETS, K. (1925): Beiträge zur Kenntnis der Hydracarinae aus Quellen Mitteleuropas. Zool. Jbch. Syst. 50 (4-6): 451-596.

VIETS, K. (1939): Wassermilben (Hydrachnellae, Acari) aus den Bayrischen Alpen bei Garmisch-Partenkirchen. Arch. Hydrobiol. 36: 72-93.

WAINSTEIN, B.A. (1980): Opredelitel lycinok vodjanych klescej [Die Bestimmung der Wassermilbenlarven, in russ.]. Inst. Biol. Vnutrenn. Vod; Nauka.

WALGRAM, M. (1975): Zur Morphologie und Ökologie der limnischen Hornmilbengattung Hydrozetes. Universität Graz, Dissertation: 1-134.

WALTER, C. (1915): Notizen über die Entwicklung torrentikoler Hydracarinae. Zool. Anz., 45 (10): 442-456.

WALTER, C. (1922): Hydracarinae aus der Alpen. Rev. Suisse Zool., 29 (7): 227-411.

WALTER, C. (1922a): Die Hydracarinae der Alpengewässer. Denkschr. schweizer. naturf. Ges., 58 (2): 11 + 60-251.

WALTER, C. (1947): Neue Acari (Hydrachnellae, Porohalacariidae, Trombididae) aus subterranean Gewässern der Schweiz und Rumäniens. Verh. naturf. Ges. Basel 58: 146-238.

WOHLTMANN, A.; WENDT, F.-E.; WITTE, H. & EGGERS, A. (1999): The evolutionary change in the life history patterns in hygrobiotic Parasitengonae (Acari: Prostigmata). pp. 165-174 in: NEEDHAM, G.R.; MITCHELL, R.; HORN, D.J. & WELBOURN, W.C. (Hrsg.): Acarology IX vol 2 (symposia). Ohio Biological Survey, Columbus. 165-174.



Abb. 6-8-1: Muschelkrebse der Gattung *Psychrodromus* (Foto: Quellkurs Uni Tübingen).

## 6.8 Krebse (Crustacea)

### 6.8.1 Muschelkrebse (Ostracoda)

CLAUDE MEISCH

Muschelkrebse sind meist nur 0,4-2,5 mm große Krebse, deren Körper vollständig von einem zweiklappigen Gehäuse ("Carapax") umhüllt ist (Abb. 6-8-2, 6-8-3). Die beiden Klappen sind dorsal mit einem elastischen Band und einem Schloss vereint. Nur die Spitzen der Gliedmaßen ragen ventral aus dem Gehäuse heraus, wenn die Tiere aktiv sind. Ein kräftiges transversales Muskelbündel verbindet beide Klappen und bewirkt das Schließen des Gehäuses, in das bei Gefahr der ganze Körper zurückgezogen wird.

Mit etwa 7000 beschriebenen Arten bilden die Muschelkrebse die größte rezente Krebsgruppe. Die relativ hohe Artenzahl steht mit der weltweiten Verbreitung und ihrem Vorkommen in nahezu allen Gewässertypen in Verbindung. Die überwiegende Mehrheit der Arten kommt im Meer vor. Im Süßwasser besiedeln sie nahezu alle Lebensräume, nur in rasch fließenden Gewässern fehlen sie fast ganz. In Seen kommen sie vom flachen Uferbereich bis in die großen Tiefen vor. Flache Frühjahrsgewässer sind bevorzugte Lebensräume.

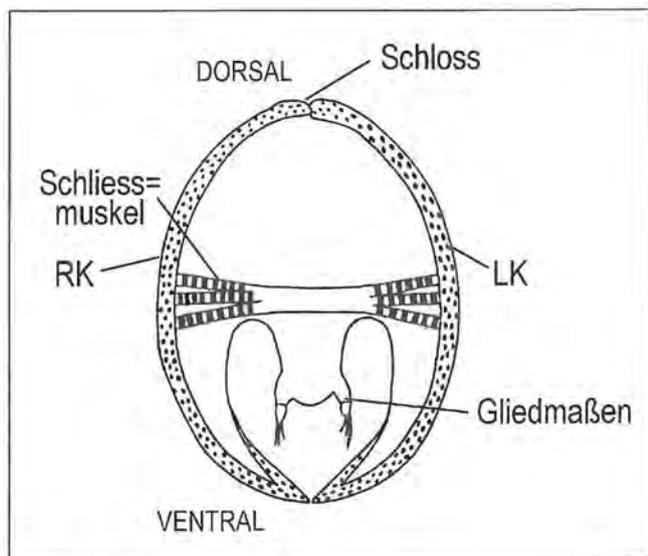


Abb. 6-8-2: Schematischer Schnitt durch einen Muschelkreb, von vorne gesehen, RK = rechte Klappe; LK = linke Klappe (nach MEISCH 2000).

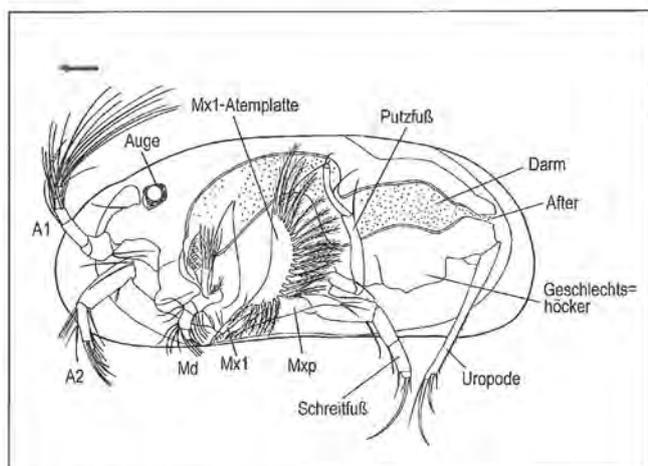


Abb. 6-8-3: Körperbau eines Muschelkreb, linke Klappe entfernt. A1, erste Antenne; A2, 2. Antenne; Md, Mandibula; Mx1, erste Maxille; Mxp, Maxilliped. (*Herpetocypris brevicaudata*; nach MEISCH 2000, leicht verändert).

wässer, die später im Jahr austrocknen, besitzen eine ihnen eigene Ostracodenfauna. Das Gleiche gilt für Quellen, die Quellbäche und das mit diesen Gewässern in Verbindung stehende Interstitial (GERECKE et al. 1998).

Ein Teil der Arten unterscheidet sich deutlich in der Größe, der Form und oft auch der Farbe des Gehäuses. Dem geübten Beobachter ist es so möglich, diese Arten bei 20 bis 40facher Vergrößerung zu bestimmen. Bei einigen Arten allerdings, die sich ausschließlich in den Merkmalen des Weichkörpers unterscheiden, müssen jeweils ein oder mehrere Exemplare zum Zweck der Bestimmung präpariert werden. Die Bestimmung erfolgt dann unter dem Mikroskop. Muschelkrebse ernähren sich von lebenden Pflanzenteilen, vor allem aber von organischem Detritus.

Die Süßwasserarten vermehren sich entweder geschlechtlich oder aber parthenogenetisch. Im letzteren Fall bestehen die Populationen ausschließlich aus Weibchen, aus deren unbefruchteten Eiern wiederum nur Weibchen schlüpfen. Von vielen parthenogenetisch sich fortpflanzenden Arten hat man bisher nie Männchen gefunden. Bei anderen Arten jedoch kommen, geographisch getrennt, sowohl zweigeschlechtliche – meist nur im südlichen Teil des Verbreitungsgebietes – als auch parthenogenetische Populationen vor. Bei den im Nationalpark gefundenen Arten pflanzen sich 12 Arten (57 %) parthenogenetisch fort, von den restlichen Arten werden zugleich Männchen und Weibchen gefunden. Aus Deutschland wurden bisher 126 Süßwasserarten gemeldet, von denen 21 Arten im Nationalpark nachgewiesen wurden. Wenn nicht anders angegeben, beziehen sich die ökologischen Angaben auf MEISCH (2000) und GERECKE et al. (2005).

#### **Familie Candonidae, Unterfamilie Candoninae**

*Candona candida* (MÜLLER, 1776)

Vorkommen im Nationalpark: Alle Höhenstufen; in allen Teilen des Parks außer südlich und östlich des Königssees (5-7); 38 Exemplare (nur Weibchen), 9 Fundorte. Habitat & Biologie: Still- und Fließgewässer aller Art. Bei Vorkommen in Quellen bevorzugt in Bereichen mit organischem Feindetritus und niedriger Leitfähigkeit; oligothermophil, in Quellen und im Interstitial ganzjährig zur Fortpflanzung befähigt, in Stillgewässern hingegen nur eine Generation im Jahr.

Verbreitung: Holarktis, nach Süden hin seltener.

*Candona lindneri* (PETKOVSKI, 1969)

Bemerkung: Nach dem heutigen Kenntnisstand unterscheidet sich diese Art von der nachfolgenden nur in der Form des M-Fortsatzes im Penis des Männchens.

Vorkommen im Nationalpark: Nur Königssee-West-Steinernes Meer (Gotzenalm und Sagereckalm, 1400-1800 m); 3 Fundorte, 180 Exemplare (beide Geschlechter).

Habitat & Biologie: Quellen - im Nationalpark nur Quelltyp 5, detritusreiche (Rheo)helokrenen - und Profundal von Seen; wahrscheinlich semivoltin.

Verbreitung: Mittel- und Südosteuropa, Portugal.

*Candona neglecta* (SARS, 1887)

Vorkommen im Nationalpark: Hauptsächlich Watzmann Nord und Königssee Ost, Einzelfunde in den Koppwandquellen; 600-1600 m, hauptsächlich oberhalb 1000 m; 15 Fundorte, 634 Exemplare (beide Geschlechter).

Habitat & Biologie: Oligothermophil, bevorzugt in schwach fließendem oder stehendem Wasser. In Luxemburg bevorzugt in Quellen mit erhöhter Leitfähigkeit; semivoltin.

Verbreitung: Holarktis.

*Cryptocandona vavrai* (KAUFMANN, 1900)

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann Nord, Königssee Ost und West, 1200-1600 m; 8 Fundorte, 33 Individuen (nur Weibchen).

Habitat & Biologie: Oligothermophil, in stehendem und fließendem Wasser, stygophil. In Quellen bevorzugt auf organischem Feindetritus - im Nationalpark fast ausschließlich in Quelltyp 5, detritusreiche (Rheo)helokrenen; in Luxemburg vor allem bei niedriger Leitfähigkeit, häufig im Interstitial. Kommt auch in Seen und Flüssen vor; wahrscheinlich zwei Generationen im Jahr. Männchen nur von wenigen Fundorten bekannt.

Verbreitung: Europa.

*Fabaeformiscandona breuili* (PARIS, 1920)

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann Nord, Königssee Ost, 600-1400 m; drei Fundorte, fünf Individuen (nur Weibchen).

Habitat: Nur Quelltyp 5, (Rheo)helokrenen; stygobiont, nur gelegentlich in Oberflächengewässern mit Kontakt zum Grundwasser.

Biologie: Wenig bekannt, Fortpflanzung wahrscheinlich permanent. Männchen bisher nur von fossilen Funden bekannt.

Verbreitung: Bisher nur aus Mittel- und Südeuropa bekannt.

*Fabaeformiscandona* cf. *brisiaca* (KLIE, 1928)

Bemerkung: Eine seltene Art, deren gesichertes Vorkommen im Nationalpark einer Nachuntersuchung an weiteren Exemplaren bedarf.

Vorkommen im Nationalpark: Nur ein Fundort, Königssee Nord, Herrenröint (300), 1200 m, 2 weibliche Exemplare.

Habitat & Biologie: Rheohelokrenen; stygobiont, in Grundwasser und interstitiellen Lebensräumen; Lebensweise unbekannt.

Verbreitung: Bislang nur vom Oberrheingraben und (als aff. *brisiaca*) aus der Umgebung von Lunz am See (Österreich) bekannt.

*Pseudocandona albicans* (BRADY, 1864)

Vorkommen im Nationalpark: Wimbach, Watzmann Nord, 800-1800 m; 7 Fundorte, 100 Exemplare (nur Weibchen).

Habitat & Biologie: Rheohelokrenen, in Quellen vorwiegend an sandigen und lehmigen Stellen, erträgt starke Temperaturschwankungen; mesothermophil, bevorzugt bei schwacher Strömung; Oberflächengewässer und Interstitial, in ausdauernden und sommertrockenen Ge-

wässern. Männchen sehr selten, bisher nur von zwei Fundorten in Deutschland bekannt.

Verbreitung: Holarktis.

*Pseudocandona pratensis* (HARTWIG, 1901)

Vorkommen im Nationalpark: Nur ein Fund (Sallet-Alm, Königsseeufer, starke Rheokrene), 8 Exemplare (beide Geschlechter).

Habitat & Biologie: Rheokrene mit ausgedehnten Stillwasserbereichen am Königssee-Ufer; andernorts in temporären Kleingewässern; wahrscheinlich univoltin.

Verbreitung: Europa, bislang verstreute Nachweise, aber aus fast allen Ländern.

*Pseudocandona rostrata* (BRADY & NORMAN, 1889)

Vorkommen im Nationalpark: Nur ein Fundort; Königssee West-Steinernes Meer (Schwarzensee-Uferquellen, 741), 1570 m; 28 Exemplare (beide Geschlechter).

Habitat & Biologie: Permanente und temporäre Kleingewässer; wahrscheinlich bivoltin.

Verbreitung: Europa und Asien.

#### **Familie Candonidae, Unterfamilie Cyclocypridinae**

*Cyclocypris helocrenica* (FUHRMANN & PIETRZENIUK, 1990)

Vorkommen im Nationalpark: Alle Einzugsgebiete, 600-2000 m; 23 Fundorte, 169 Exemplare (beide Geschlechter).

Habitat & Biologie: Fast ausschließlich (95 % der Individuen) in detritusreichen Quellen des Quelltyps 5; auch andernorts vor allem aus Quellen und Quellbächen nachgewiesen; Lebensweise unbekannt.

Verbreitung: Mitteleuropa (Alpen, Mittelgebirge).

*Cyclocypris ovum* (JURINE, 1820)

Vorkommen im Nationalpark: Keine Funde; nur im angrenzenden Österreich nachgewiesen (Steinernes Meer, Schwarze Lacke, 2030 m und Wunderquelle, 2000 m); zwei Fundorte, 157 Exemplare (beide Geschlechter).

Habitat & Biologie: Quellgespeister Alpensee und temporäre Quelle; andernorts in Gewässern sehr unterschiedlicher Beschaffenheit; in Luxemburg bevorzugt in Quellen mit höherer Leitfähigkeit und mineralischen Sedimenten; nur eine Generation mit langsamer Entwicklung im Jahr.

Verbreitung: Holarktis.

*Cypria ophtalmica* forma *ophtalmica* (JURINE, 1820)

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann Nord, Königssee West-Steinernes Meer, angrenzendes Österreich; 1000-1600 m; 5 Fundorte, 350 Individuen (beide Geschlechter).

Habitat & Biologie: Temporäre und permanente Stillgewässer; in Luxemburg bevorzugt in Quellen mit organischem Feindetritus und niedriger Leitfähigkeit; sehr anpassungsfähig, in fast allen Gewässerarten vorkommend. Dauerform mit zwei Generationen im Jahr

Verbreitung: Weltweit außer Australien.

*Cypria ophtalmica* forma *lacustris* (SARS, 1891)

Bemerkung: Diese Form unterscheidet sich von der vorhergehenden nur im Bau des Geschlechtshöckers des Weibchens (ein fingerartiger Fortsatz, zwei solche in der Nominatform). Beide Formen werden manchmal als getrennte Arten geführt.

Vorkommen im Nationalpark: Königssee West-Steinernes Meer und Königssee Ost; 1200- über 2000 m; 472 Exemplare (beide Geschlechter), 7 Fundorte.

Habitat & Biologie: Ausschließlich in Quellen des Quelltyps 5a (Rheohelokrenen); auch in Luxemburg bevorzugt in Quellen mit organischem Feindetritus, dort bei niedriger Leitfähigkeit; andernorts auch in der Tiefe von Seen; Lebensweise wenig bekannt.

Verbreitung: Europa.

#### **Familie Cyprididae, Unterfamilie Eucypridinae**

*Eucypris pigra* (FISCHER, 1851)

Vorkommen im Nationalpark: Überall außer Königssee West-Steinernes Meer und Obersee-Landtalgraben; 700-1800 m; 26 Fundorte, 2953 Exemplare (nur Weibchen). Zweithäufigste Muschelkrebs-Art im Nationalpark.

Habitat & Biologie: Fast ausschließlich (97 % der Individuen) in Quellen mit hohem Detritusanteil; im Nationalpark Charakterart des Quelltyps 5, (Rheo)helokrenen; oligothermophil, ohne besondere Ansprüche an die Fließgeschwindigkeit. Häufig in fließenden, sehr seichten Frühjahrsgewässern; auch in Luxemburg bevorzugt in Quellen mit Makrophytenwuchs und Feindetritus; Lebensweise wenig bekannt. Männchen bisher nur von einem Fundort gemeldet.

Verbreitung: Paläarktis.

#### **Familie Cyprididae, Unterfamilie Cypridopsinae**

*Cavernocypris subterranea* (WOLF, 1920)

Vorkommen im Nationalpark: Alle Einzugsgebiete, aber am häufigsten (fast 90 % der Individuen) in Obersee-Landtalgraben; 600-1800 m; 19 Fundorte, 1699 Exemplare (nur Weibchen).

Habitat & Biologie: Hauptsächlich in Stein- und Kiesquellen (Quellentypen 3-4 a), bevorzugt stärkere Vegetationsbedeckung; kaltstenotherm, strömungsliebend; auch in Luxemburg bevorzugt in Rheokrenen mit mineralischen Sedimenten, auch verbauten Gewässern; Fortpflanzung ganzjährig, nicht saisonal. Männchen nur aus Nordamerika bekannt.

Verbreitung: Holarktis.

*Potamocypris fallax* (FOX, 1967)

Vorkommen im Nationalpark: Alle Einzugsgebiete, aber am häufigsten (60 % der Individuen) in Obersee-Landtalgraben; 600-1800 m; 22 Fundorte, 2023 Exemplare (nur Weibchen).

Habitat & Biologie: Hauptsächlich in Stein- und Kiesquellen (Quellentypen 3, 3-4); krenophil, auch in Höhlengewässern und im Interstitial; Lebensweise wenig bekannt. Männchen unbekannt.

Verbreitung: Europa.

*Potamocypris fulva* (BRADY, 1868)

Vorkommen im Nationalpark: Nur Einzelfunde aus allen Einzugsgebieten außer Wimbach und Obersee-Landtalgraben; 1200-1800 m; 5 Fundorte, 12 Exemplare (nur Weibchen).

Habitat & Biologie: Vor allem in Steinquellen (Quellentyp 2); auch in Luxemburg bevorzugt in Quellen mit mineralischem Substrat, dort bei erhöhter Leitfähigkeit; Lebensweise wenig bekannt; Männchen unbekannt.

Verbreitung: Europa.

*Potamocypris pallida* (ALM, 1914)

Vorkommen im Nationalpark: Nur Wimbach und Watzmann Nord, 600-1200 m; 5 Fundorte, 196 Exemplare (nur Weibchen).

Habitat & Biologie: Fels- und Steinquellen (Quellentypen 1-3) andernorts auch in Quellbächen und im Interstitial; Lebensweise wenig bekannt; Männchen unbekannt.

Verbreitung: Europa.

*Potamocypris zschokkei* (KAUFMANN, 1900)

Vorkommen im Nationalpark: Alle Einzugsgebiete außer Königssee West-Steinernes Meer und Obersee-Landtalgraben, 600-1800 m; 14 Fundorte, 338 Exemplare (nur Weibchen).

Habitat & Biologie: Sowohl in Steinquellen (Quellentyp 3), als auch in Detritusquellen (Quellentyp 5) häufig; krenophil, kaltstenotherm, rheophil; Dauerform, Lebensweise wenig bekannt. Männchen bisher nur aus Spanien bekannt.

Verbreitung: Europa.

*Psychrodromus fontinalis* (WOLF, 1920) (Abb. 6-8-1)

Vorkommen im Nationalpark: Alle Einzugsgebiete außer Königssee West-Steinernes Meer, 600-1800 (bevorzugt unter 1400) m; 27 Fundorte, 7903 Individuen (nur Weibchen). Häufigste Muschelkrebs-Art im Nationalpark. Es wurden zwei Formen gefunden: die erste mit etwas längerem und langgestrecktem, die zweite mit etwas kürzerem und kompakterem Gehäuse (siehe Abb. 142 und 144 in MEISCH 2000).

Habitat & Biologie: In allen Quelltypen regelmäßig anzutreffen; in Luxemburg bevorzugt in Quellen mit mineralischem Substrat und erhöhter Leitfähigkeit, auch in verbauten Gewässern. Männchen bislang nur aus Mazedonien bekannt.

Verbreitung: Europa.

*Psychrodromus olivaceus* (BRADY & NORMAN, 1889)

Vorkommen im Nationalpark: Nur Wimbach und Königssee Ost; 600-1400 m; 4 Fundorte, 61 Exemplare (nur Weibchen).

Habitat & Biologie: Ausschließlich in detritusreichen Helokrenen (Quellentyp 5b); in Luxemburger Quellen vorwiegend an sandig-lehmigen Stellen und bei höheren Leitfähigkeiten; Dauerform mit zwei Generationen im Jahr. Männchen nur aus Südosteuropa bekannt.

Verbreitung: Europa und Kleinasien.

## Familie Cyprididae, Unterfamilie Scottiinae

*Scottia pseudobrowniana* (KEMPF, 1971)

Vorkommen im Nationalpark: Nur zwei Fundorte: Königssee Ost (835, 842: Helokrenen am Jenner, 1280-1350 m); 10 Exemplare (beide Geschlechter).

Habitat & Biologie: Helokrenen (Quellentyp 5b); andernorts oft in Kleingewässern, vor allem in sumpfigen Bereichen, die von Quellen gespeist werden; krenophil. Die Tiere verlassen manchmal den eigentlichen aquatischen Bereich um sich in wasserdurchnässten Moospolstern oder durchnässtem Laub aufzuhalten; die Art tendiert also zu einer semi-terrestrischen Lebensweise.

Verbreitung: Holarktis.

## Literatur

GERECKE, R.; MEISCH, C.; STOCH, F.; ACRI, F. & FRANZ, H. (1998): Eucrenon-hypocrenon ecotone and spring typology in the Alps of Berchtesgaden (Upper Bavaria, Germany). A study of microcrustacea (Crustacea: Copepoda, Ostracoda) and water mites (Acari: Halacaridae, Hydrachnellae). pp. 167-182 in: L. BOTOSANEANU (Hrsg.): Studies in crenobiology. The biology of springs and springbrooks. Backhuys Publishers Leiden.

GERECKE, R.; STOCH, F.; MEISCH, C. & SCHRANKEL, I. (2005): Die Fauna der Quellen und des hyporheischen Interstitials in Luxemburg unter besonderer Berücksichtigung der Milben (Acari), Muschelkrebse (Ostracoda) und Ruderfußkrebse (Copepoda). *Ferrantia*, 41:1-140.

MEISCH, C. (2000): Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe. In: SCHWOERBEL, J. & ZWICK, P. (Hrsg.): Süßwasserfauna von Mitteleuropa 8/3. Spektrum Akademischer Verlag.

## 6.8.2. Ruderfußkrebse (Copepoda)

FABIO STOCH

Die Ruderfußkrebse (Copepoda) haben mit einer großen Artenfülle nicht nur alle marinen und limnischen, sondern auch viele temporär durchfeuchtete terrestrische Lebensräume erobert. Wichtige Merkmale in ihrem Körperbau stehen in Zusammenhang mit der Tendenz zur "Verzweigung" bei allen Mitgliedern dieser Unterklasse: Während im Grundbauplan der Vorderkörper ("Cephalothorax") sechs abgeflachte Beinpaare trägt, die an jedem Segment eine funktionelle "Ruderfuß"-Einheit bilden, ist das Abdomen frei von Extremitäten und mehr oder weniger gut beweglich vom Vorderkörper abgesetzt. Es trägt an seinem Ende ein Paar verlängerter Fortsätze, die stark beborstet sein können und vor allem bei den Cyclopoida beim Auf- und Abschlagen des Abdomens einen starken Vorschub bewirken. Andere Vertreter der Gruppe, die Harpacticoida, zeigen eine weniger deutliche Körpergliederung, sind schlanker und mehr zu einer schlängelnden Fortbewegung in feinsten Lückenräumen des Sediments befähigt. Die oft stark

verlängerten und mit zahlreichen Sinnesorganen besetzten Antennen spielen in verschiedenen Gruppen auch bei der Fortbewegung oder beim Anklammern während der Paarung eine Rolle. Hingegen sind die Augen meist nur schwach entwickelt: Da die seitlichen Komplexaugen vollkommen reduziert sind, wird die Lichtwahrnehmung ausschließlich von einem kleinen median liegenden "Naupliusauge" übernommen, auf das der Name einer wichtigen Teilgruppe, der Cyclopoida, anspielt.

Die Verkleinerung des Körpervolumens und die Verlagerung des Schwerpunktes der Sinneswahrnehmungen in den taktilen Bereich war eine wichtige Voraussetzung für die Eroberung unterirdischer Lebensräume, die bei den Ruderfußkrebse besonders erfolgreich vonstatten ging. Sie tragen ganz wesentlich zu der in manchen Teilen der Erde erheblichen Artenvielfalt in subterranean Biotopen bei (Stoch 1995).

Als wichtige Anpassung an temporär sich verändernde Lebensbedingungen vermögen viele der Arten Dauereier zu produzieren, die gegen Austrocknung, Kälte und Hitze resistent sind und auch durch den Wind, besonders aber im Fell oder Gefieder von Wirbeltieren transportiert werden können. Manche Arten können ungünstige Perioden auch encystriert als adulte Individuen überstehen. Das Nahrungsspektrum der meisten Arten ist ausgesprochen weit: Während Vertreter der Harpacticoida ihre Nahrung (Bakterien, Pilze, tierische und pflanzliche Einzeller, kleine Mehrzeller) in erster Linie von Hartsubstraten absammeln, erbeuten Cyclopoida auch größere Objekte im freien Schwimmen oder können beim Verzehr tierischer Kadaver beobachtet werden.

In Quellen können oft große Populationen bestimmter Arten von Ruderfußkrebse beobachtet werden, die vor allem in Moospolstern, aber auch in den Übergangsbereichen zwischen Grund- und Oberflächenwasser und am Ufersaum günstige Lebensbedingungen finden. Unter ihnen finden sich aber nur wenige wirkliche Spezialisten (GERECKE et al. 1998). Vielmehr beherbergen Quellen ein buntes Spektrum aus Arten, die z.B. an semiterrestrische Lebensräume im Moos, Lückenräume in Grundwasserkörpern oder kurzfristig feuchte Kleinstgewässer angepasst sind. Bislang konnten in den Quellen des Nationalparks 19 Arten nachgewiesen werden. Aufgrund des erheblichen Zeitaufwandes, der bei dieser Tiergruppe mit der Präparation für die Bestimmung verbunden ist, konnte bislang nur ein Teil des Materials aufgearbeitet werden. Nach Abschluss der Gesamtbearbeitung ist mit einem erheblichen Zugewinn an Erkenntnissen zu rechnen, nicht nur mit dem Nachweis weiterer Arten, sondern mit Ergänzungen zur horizontalen und vertikalen Verbreitung der im Folgenden besprochenen Taxa im Nationalpark. Über die Hälfte der mehr als 10.000 gesammelten Exemplare ist noch unbearbeitet, sowohl von mehreren Jahresaufsammlungen an den Langzeituntersuchungsstellen als auch von zahlreichen weiteren Quellstandorten.



**Abb. 6-8-4:** Eine Gruppe Ruderfußkrebse der Art *Attheyella wierzejskii*. Einige der Weibchen tragen einen unpaaren Eisack im hinteren Körperdrittel. (Foto: Stoch)



**Abb. 6-8-5:** Ein Pärchen der Ruderfußkrebse-Art *Paracampus schmeili*. Das Männchen hält sich mit seinen zu Greiforganen umgebildeten Antennen am Hinterende des Weibchens fest. (Foto: Stoch)

#### Ordnung Cyclopoida, Familie Cyclopidae

*Macrocyclops fuscus* (JURINE, 1820)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee West - Steinerne Meer, ein Fundort (741, Uferquellen Schwarzensee), 1570 m, 23 Exemplare.

Habitat & Biologie: Bevorzugt perennierende Stillgewässer; stygoxen; Maxima im Sommer und Herbst.

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Eucyclops (Eucyclops) serrulatus* (FISCHER, 1851)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee West-Steinerne Meer (Uferquellen Königssee und Schwarzensee) 600-1600 m, 4 Fundorte, 105 Exemplare.

Habitat & Biologie: Euryvalent und eurytop; regelmäßig auch in unterirdischen Gewässern; stygoxen; vor allem im Frühjahr und Frühsommer.

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Paracyclops fimbriatus* (FISCHER, 1853)

Vorkommen im Nationalpark: Wimbach, Watzmann Nord, Königssee Ost, 800-1600 m, 11 Fundorte, 287 Exemplare.

Habitat & Biologie: Quellen, Fließgewässer sowie Teiche und Sümpfe mit starkem Wasserdurchsatz, gelegentlich im Grundwasser; stygoxen. Auf Herrenröint regelmäßig in den Quellmündern 308 und 312 und vereinzelt in den Quellbach-Bereichen, jedoch nicht im obersten Quellmund 300.

Verbreitung: Gegenwärtig schwierig zu definieren, wahrscheinlich in ganz Europa.

*Paracyclops imminutus* (KIEFER, 1929)

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann Nord, Einzelfund (Herrenröint 312), 1000 m.

Habitat & Biologie: Quellen, Bäche, Grundwasser; stygophil und krenophil.

Verbreitung: Gegenwärtig schwierig zu definieren, wahrscheinlich in ganz Europa.

*Acanthocyclops sensitivus* (GRAETER & CHAPPUIS, 1914)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee-West, Einzelfund (865, Uferquelle Königssee), 604 m.

Habitat & Biologie: Grundwasser u. Grundwasseraustritte.

Verbreitung: Mitteleuropa und Balkan.

*Acanthocyclops vernalis* (FISCHER, 1853)

Vorkommen im Nationalpark: Klaustal-Hintersee, Watzmann Nord, Königssee West - Steinernes Meer, Königssee Ost, 1200 -1600 m, 7 Fundorte, 187 Exemplare.

Habitat & Biologie: Temporäre und ganzjährige Wasseransammlungen, im Hochgebirge in Quellen Bächen und im Seenlitoral; vorzugsweise im Frühjahr. Im Nationalpark bevorzugt in detritusreichen Quellmündern (300, 312).

Verbreitung: Europa, Asien.

*Cryptocyclops bicolor* (SARS, 1927)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee West, Einzelfund (741, Uferquellen Schwarzensee), 1570 m, 3 Exemplare.

Habitat & Biologie: Kleine und große Stillgewässer, in Seen im Litoral; thermophile Sommerart.

Verbreitung: Kosmopolitisch.

#### **Ordnung Harpacticoida, Familie Canthocamptidae**

*Attheyella (Attheyella) crassa* (SARS, 1863)

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann Nord, Königssee Ost, 1200-1600 m; 3 Fundorte, 25 Exemplare.

Habitat & Biologie: Euryvalent und eurytop; von der Ebene bis über 2500 m Meereshöhe; in Oberflächengewässern vorzugsweise in Quellnähe, sonst in unterirdischen Gewässern (Interstitial, Karst); stygophil.

Verbreitung: Europa, Asien, Nordafrika.

*Attheyella (Attheyella) wierzejskii* (MRÁZEK, 1893)

(Abb. 6-8-4)

Vorkommen im Nationalpark: Alle Gebiete außer Klaustal-Hintersee und Obersee-Landtalgraben, mas-

senhaft in den Quellmundbereichen auf Herrenröint, aber nur ein Einzelfund auf Schapbach; insgesamt 14 Fundorte, 4536 Exemplare.

Habitat & Biologie: In Quellen und im Profundal von Seen; kaltstenotherm.

Verbreitung: Mitteleuropa.

*Attheyella (Mrazekiella) dentata* (POGGENPOL, 1874)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee West-Steinernes Meer; Einzelfund (741, Uferquellen Schwarzensee), 1570 m, 6 Exemplare.

Habitat & Biologie: Eurytop, oberirdisch und subterran; Fortpflanzung in allen Jahreszeiten.

Verbreitung: Mitteleuropa.

*Bryocamptus (Bryocamptus) pygmaeus* (SARS, 1863)

Vorkommen im Nationalpark: Wimbach, Watzmann Nord, Obersee-Landtalgraben, 600-1600 m, 4 Fundorte, 19 Exemplare.

Habitat & Biologie: Euryvalent; vorwiegend in Moosen und semiterrestrischen Habitaten, auf hygropetrischen Oberflächen, in temporären und permanenten Quellen, im Interstitial; stygophil.

Verbreitung: Holarktisch.

*Bryocamptus (Rheocamptus) tatrensis*

(MINKIEWICZ, 1916)

Vorkommen im Nationalpark: Alle Gebiete, 600-1600 m, 16 Fundorte, 174 Exemplare.

Habitat & Biologie: Quellen, Quellbäche und unterirdische Gewässer; stygophil.

Verbreitung: Mittel-, Süd- und Osteuropa.

*Bryocamptus (Limocamptus) echinatus* (MRÁZEK, 1893)

Vorkommen im Nationalpark: Alle Gebiete außer Klaustal-Hintersee, 600-1600 m, 247 Exemplare. 14 Fundorte.

Habitat & Biologie: In Quellen und im Seenlitoral, häufig im Interstitial und in Höhlengewässern; stygophil; kaltstenotherm. Auf Herrenröint in allen Quellmündern häufig, in den Quellbachabschnitten nur selten.

Verbreitung: Ganz Europa, vor allem in Mittel- und Nordeuropa.

*Bryocamptus (Arcticocamptus) cuspidatus*

(SCHMEIL, 1893)

Vorkommen im Nationalpark: Alle Gebiete außer Obersee-Landtalgraben, 600-1600 m, 10 Fundorte, 73 Exemplare.

Habitat & Biologie: In Quellen, im Moos, seltener im Litoral alpiner Stillgewässer; bis in die Hochlagen; krenophil; kaltstenotherm.

Verbreitung: Holarktisch: Nordeuropa, alpine Zonen, Grönland, Kanada.

*Bryocamptus (Arcticocamptus) vandouwei*

(KESSLER, 1914)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee Ost, Einzelfund (943, Mitterkaser, 1600 m), 6 Exemplare.

Habitat & Biologie: Kleingewässer und feuchtes Moos.

Verbreitung: Gebirge Mitteleuropas.

*Elaphoidella phreatica* (CHAPPUIS, 1925)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee-West, Einzelfund (865, Uferquelle Königssee), 604 m.

Habitat & Biologie: Stygobiont, krenophil.

Verbreitung: Alpen, Rumänien.

*Moraria (Moraria) mrazeki* (SCOTT, 1893)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee West-Steinerne Meer; Einzelfund (741, Uferquellen Schwarzensee), 1570 m, 3 Exemplare.

Habitat & Biologie: Moose, oligotrophe Seen.

Verbreitung: Mitteleuropa.

*Moraria (Moraria) poppei* (MRÁZEK, 1893)

Vorkommen im Nationalpark: Obersee-Landtalgraben, Einzelfund (656, Teufelshorn), 1500 m.

Habitat & Biologie: Moosbewohnend; in Quellen und regelmäßig im Interstitial; Grundwasser, stygophil.

Verbreitung: Europa, Nordafrika.

*Paracamptus schmeili* (MRÁZEK, 1893) (Abb. 6-8-6)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee West-Steinerne Meer (Uferquellen Königssee und Schwarzensee) 600-1600 m, 2 Fundorte, 3 Exemplare.

Habitat & Biologie: Quellen, Seenlitoral, gelegentlich in unterirdischen Gewässern; stygophil.

Verbreitung: Europa.



**Abb. 6-8-6:** Weiblicher Wasserfloh mit Eiern. Im schlauchförmigen Darm ist an der wechselnden Farbe des Inhalts der Verdauungsprozess erkennbar. (Foto: Grabow)

## Literatur

GERECKE, R.; MEISCH, C.; STOCH, F.; ACRI, F. & FRANZ, H. (1998): Eucrenon/Hypokrenon ecotone and spring typology in the Alps of Berchtesgaden (Upper Bavaria, Germany). A study of microcrustacea (Crustacea: Copepoda, Ostracoda) and water mites (Acari: Halacaridae, Hydrachnellae). pp. 167-182 in: BOTOSANEANU, L. (Hrsg.): Studies in Crenobiology. The biology of springs and springbrooks. Backhuys, Leiden.

STOCH, F. (1995): The ecological and historical determinants of Crustacean diversity in groundwaters, or: why are there so many species? *Mémoires de Biospéologie*, 22: 139-160.

### 6.8.3 Wasserflöhe (Cladocera)

HANS GÜNZL, Tübingen

Wasserflöhe sind typische Bewohner stehender und langsam fließender Süßgewässer. Die selten über 3 mm langen Tiere sind durch einen Kopf mit kräftig entwickelten Ruderantennen und einen kurzen Rumpf gekennzeichnet, der meist vollständig von zwei am Hinterrand des Kopfes entspringenden Schalenplatten ("Carapax") umhüllt wird. Die meisten Arten leben im Uferbereich auf dem Boden oder auf Tauchblattpflanzen und ernähren sich von organischen Schlammeilchen, Bakterien und Algen. Sie kriechen mithilfe der vorderen Rumpfbeine umher und kratzen gleichzeitig die Nahrung von der Unterlage ab. Die hinteren Rumpfbeine bilden einen mehr oder weniger komplizierten Filterapparat, mit dem die Partikel ausgesiebt und dem Mund zugeführt werden.

Geringer ist die Zahl der Arten, die ständig im Wasser schweben, die also zu den Planktonorganismen gehören. Sie verwenden die Brustbeine ausschließlich zum Aussieben ihrer Nahrung aus dem Wasser. Während die Bodenbewohner nur über kurze Strecken unter Verwendung der Ruderantennen schwimmen, dienen diese bei den Bewohnern des freien Wassers allein zur Fortbewegung. Dabei kommt es in diesem Lebensraum hauptsächlich darauf an, das Absinken in tieferes, nahrungsrärmeres Wasser zu kompensieren. Diese Planktoncladoceren sind es also, die wegen ihrer ständigen hüpfenden Bewegung der ganzen Gruppe ihren deutschen Namen gegeben haben.

Wasserflöhe sind typische "Opportunisten", die sich immer dann stark vermehren, wenn optimale Lebensbedingungen herrschen. Dabei verzichten sie zeitweise auf die zweigeschlechtliche Fortpflanzung und bringen in einer Brutkammer auf dem Rücken unbefruchtete Eizellen zur Entwicklung ("Parthenogenese" = Jungferzeugung). Die Überbrückung ungünstiger Bedingungen geschieht durch befruchtete Dauereier, die meistens im Herbst ("monozyklische" Arten), oft aber auch zweier oder mehrmals im Jahr ("di-" oder "polyzyklische" Arten) entstehen. Sie werden während einer Häutung zusammen mit der Exuvie des Rumpfpanzers abgelegt, die dann dem Ei noch als Schutzhülle dient, und dienen auch der Verbreitung von Gewässern zu Gewässern. Aus ihnen schlüpfen wieder Jungferweibchen. Männchen kommen bei den Wasserflöhen also immer nur kurzzeitig vor.

Wasserflöhe wurden in verschiedenen Seen des Nationalparks in hoher Frequenz beobachtet (SIEBECK 1982, TRAUNSPURGER 1991), sind aber keine typischen Bewohner von Quellen. Nur wenn sich Grundwasseraustritte tümpelartig erweitern (vor allem in Limnokrenen) können sich einige wenige, sehr anpassungsfähige Arten ansiedeln. Zu diesen gehören auch die im Folgenden genannten Arten, die vorwiegend einer Probe vom 17.07.1998 aus dem "Steinernen Meer" im angrenzenden öster-

reichischen Gebiet entstammen: A 210, E Rotwandl, Schwarze Lacke, 2030 m, 12°55'50E, 47°28'20N. Exemplare von *Chydorus sphaericus* wurden auch in einer Limnokrene im Nationalpark gefunden: 719, Limnokrene zwischen Rauhen Köpfen und Graskopf, 1860 m; 12°54'40E, 47°31'20N, 18.07.1998.

*Acroperus harpae* (BAIRD, 1835)

**Habitat & Biologie:** In sehr verschiedenen Gewässern vom Brackwasser der Ostsee bis zum Hochgebirge (eurytop); mono- oder dizyklisch.

**Verbreitung:** Kosmopolitisch.

*Ceriodaphnia* sp.

**Habitat & Biologie:** Die Arten dieser Gattung leben vorwiegend planktonisch in der Ufervegetation.

*Chydorus sphaericus* (MÜLLER, 1785)

**Habitat & Biologie:** Eine der anpassungsfähigsten Cladoceren-Arten, die vom Brackwasser bis in hochalpine Quelltümpel nachgewiesen wurde (eurytop); Fortpflanzungszyklus lokal sehr unterschiedlich.

**Verbreitung:** Kosmopolitisch.

*Pleuroxus trigonellus* (MÜLLER, 1785)

**Habitat & Biologie:** Hauptsächlich auf schlammigem Boden; Fortpflanzungszyklus lokal unterschiedlich.

**Verbreitung:** Holarktis, Orientalis.

## Literatur

FLÖSSNER, D. (1972): Krebstiere, Crustacea. Kiemen- und Blattfüßer, Branchiopoda; Fischläuse, Branchiura. In: DAHL, F. (Hrsg.): Die Tierwelt Deutschlands, 60. Fischer, Jena.

SIEBECK, O. (1982): Der Königssee. Eine limnologische Projektstudie. Nationalpark Berchtesgaden, Forschungsbericht 5: 1-131.

TRAUNSPURGER, W. (1991): Das Meiobenthos des Funtensees, Grünsees und Schwarzensees. Quantitative Erfassung unter besonderer Berücksichtigung der Nematoda. Nationalpark Berchtesgaden, Forschungsbericht 22: 130-152.

### 6.8.4 Asseln und Flohkrebse

(Peracarida: Isopoda, Amphipoda)

FABIO STOCH

Die im Deutschen oft als "höhere Krebstiere" bezeichneten Vertreter der Malacostraca, zu denen mit den Flusskrebse, Garnelen und Krabben die am besten bekannten Vertreter der Gruppe gehören, sind in den Gewässern des Nationalparks auffallend gering repräsentiert. Lediglich Vertreter der "Ranzenkrebse" (Peracarida), die ihren Namen nach einem im weiblichen Geschlecht von den Beinen gebildeten Brutbeutel tragen, konnten bislang nachgewiesen werden, aber auch diese nur in wenigen Arten. Arten beider im Nationalpark vertretenen Gruppen der Peracarida, der Flohkrebse (Amphipoda) und der Asseln (Isopoda) haben in den vergangenen



**Abb. 6-8-7:** Grundwasser-Flohkrebs *Niphargus foreli*. Im Gegensatz zu den in Oberflächenwasser lebenden Verwandten der Gattung *Gammarus* ist der Körper schlanker und biegsamer, die Extremitäten sind verlängert. (Foto: Stoch)

Jahren als Immigranten in der mitteleuropäischen Fauna von sich reden gemacht: Entlang der großen Flusssysteme und Kanäle, örtlich begünstigt durch die Verbesserung der Wasserqualität in den vergangenen 15 Jahren, vermochten sich zahlreiche Arten teils transatlantischer, teils ponto-kaspischer Herkunft auszubreiten. Da es sich naturgemäß in erster Linie um Arten handelt, die an die Lebensbedingungen großer Ströme angepasst sind, sind alpine Gewässer (noch) nicht von diesen faunistischen Veränderungen betroffen. Nicht nur dies: wohlbegründete Hypothesen sehen in der Artenzusammensetzung der alpinen Gewässer die Spuren der letzten Eiszeit: Während die Vertreter der flugfähigen Insekten rasch in die nach dem Abschmelzen der Gletscher frei werdenden Lebensräume zurückkehren konnten, dürfte dieser Prozess für die weniger ausbreitungsfähigen Krebstiere, insbesondere für Bewohner des Grundwassers, noch nicht abgeschlossen sein (STOCH 2000).

Unter diesem zoogeografischen Gesichtspunkt sind die Flohkrebse der Gattung *Gammarus* besonders bemerkenswert. Deren Arten stellen in den meisten Fließgewässern Mitteleuropas mit die wichtigsten Zerkleinerer pflanzlicher Substanzen, bauen große Biomassen auf und bilden ein wichtiges Glied der Nahrungskette, fehlen im Berchtesgadener Raum aber vollkommen. Umso interessanter ist eine Reihe von Nachweisen, die Arten der Gattung *Niphargus* betreffen. Die blinden, unpigmentierten *Niphargus*-Arten bewohnen bevorzugt Grundwasserkörper mit schwachem, aber stetigem Eintrag organischer Nährstoffe, einige von ihnen treten gelegentlich in Quellen zutage, vor allem wenn auch der Quellmundbereich durch größere Steine, dicke Falllaublagen oder dichte umgebende Vegetation beschattet ist. Bei einer Bestandsaufnahme der luxemburgischen Fauna waren sie vor allem in Wald-Rheokrenen regelmäßig nachzuweisen (GERECKE et al. 2005). Sie gelten als besonders ausbreitungsschwach und wurden in den Alpen auf höheren Lagen bislang nur sehr selten beobachtet (STOCH 2004). Eine Beantwortung der Frage, ob die Populationen der Berchtesgadener Hochlagen in diesen Zonen die Eiszeiten zu überdauern vermochten oder in

den vergangenen Jahrtausenden hier wieder eingewandert sind, wäre unter Anwendung molekularbiologischer Methoden denkbar. Die alternativen Szenarien enthalten beide überraschende Aspekte, die weitere Untersuchungen nahe legen.

Asseln (Isopoda) sind in europäischen Süßgewässern in erster Linie durch die Art *Asellus aquaticus* vertreten, die in unterschiedlichsten Typen von Stillgewässern in großen Populationen beheimatet ist. In Quellen ist sie nur Ausnahmsweise zu finden, und dann vorwiegend im Pflanzensaum größerer Limnokrenen. Sie tritt in Stillgewässern des Nationalparks auf (z.B. GERSTMEIER 1990), wurde aber im Rahmen dieses Projektes nicht nachgewiesen. Neben dieser "Allerweltsart" sowie einigen rezent eingewanderten Neozoen existiert in der Limnofauna Europas noch eine Reihe extremer Spezialisten, blinder Bewohner des hyporheischen Interstitials oder besonders geeigneter Grundwasserkörper, die gelegentlich auch in Quellmündern auftreten.

*Proasellus* sp.

**Vorkommen im Nationalpark:** Nur ein Fund im untersten Klausbachtal (519; unbestimmbares juveniles Exemplar); möglicherweise einer Art des Tieflands und der Mittelgebirge zugehörig, die im untersten Bereich des Nationalparks die oberste Höhenstufe ihrer Verbreitung erreicht.

**Habitat & Biologie:** Hyporheisches Interstitial und quellnahes Grundwasser.

*Niphargus strouhali* (SCHELLENBERG, 1877)

**Vorkommen im Nationalpark:** Sittersbachquelle (497), (CREMA et al. 1996); Quellbereich Schapbach (350), 1300-1900 m.

**Habitat & Biologie:** Grundwasserkörper der Hochalpen; krenophil.

**Verbreitung:** Alle bisherigen Nachweise (Ost- und Südalpen, STOCH, 2004) aus Quellbereichen auf Meereshöhen über 2000 m N.N.; Erstnachweis in Deutschland.

*Niphargus foreli* (HUMBERT, 1877)

**Vorkommen im Nationalpark:** Herrenröint Quellbach (320), ca. 1100 m, Interstitialgrabung; Zuordnung unsicher, da nur juvenile Tiere vorliegen.

**Habitat & Biologie:** Stygobiont, auch in Quellen und der Tiefe von Seen.

**Verbreitung:** Alpen (zwei Unterarten, die aus den Pyrenäen und Rumänien beschrieben wurden, wahrscheinlich auf andere Arten zu beziehen).

## Literatur

CREMA, S.; FERRARESE, U.; GOLO, D.; MODENA, P.; SAMBUGAR, B. & GERECKE, R. (1996): Ricerche sulla fauna bentonica ed interstiziale di ambienti sorgentizi in area alpina e prealpina. Centro di Ecologia Alpina, Report 8: 104 S.

GERECKE, R.; MEISCH, C.; STOCH, F.; ACRI, F. & FRANZ, H. (1998): Eucrenon/Hypokrenon ecotone and spring typology in the Alps of Berchtesgaden (Upper Bavaria, Germany). A study of microcrustacea (Crustacea: Copepoda, Ostracoda) and water mites (Acari: Halacaridae, Hydrachnellae). pp. 167-

182 in: BOTOSANEANU, L. (Hrsg.): Studies in Crenobiology. The biology of springs and springbrooks. Backhuys, Leiden: 167-182.

GERSTMEIER, R. (1990): Nahrungsökologische Untersuchungen an Fischen im Nationalpark Berchtesgaden. Nationalpark Berchtesgaden, Forschungsbericht 23: 30-67.

STOCH, F. (2000): Indagini sulla fauna acquatica delle grotte del Trentino (Italia settentrionale). Studi Trent. Sci. Nat., Trento, 74: 117-132.

STOCH, F. (2004): Prime osservazioni sulla fauna delle acque carsiche sotterranee delle Alpi Carniche. Mem. Ist. It. Speleol., 15: 87-95.

## 6.9 Eintagsfliegen (Ephemeroptera)

ARNE HAYBACH, ANTONIE DORN & REINHARD GERECKE

Die Imagines sind sprichwörtlich kurzlebig und wegen ihrer stets vollständig reduzierten Mundwerkzeuge nicht zur Nahrungsaufnahme befähigt. Sie besitzen oft, die Flugaktivität unterstützend, luftgefüllte innere Organe. Die Paarung findet in der Luft in Schwärmen statt, die aus mehreren tausend Exemplaren bestehen können. Die befruchteten Weibchen legen sodann ihre Eier im Gewässer frei ab oder befestigen sie in Gelegen an und unter Steinen. Aus dem Ei entwickelt sich zumeist direkt, seltener unter Einlegung einer Entwicklungspause, die noch kiemenlose Erstlarve. Die älteren Larvenstadien sind hingegen charakterisiert durch segmental angeordnete Kiemen an den Abdominalsegmenten. Weitere typische Merkmale finden sich an den Beinen, die nur eine Klaue tragen und am Abdomenhinterende, das in der Regel drei Anhänge trägt.



**Abb. 6-9-1:** Larve von *Baetis alpinus*, der häufigsten Eintagsfliegenart in den Quellen Berchtesgadens. Charakteristisch für diese Art ist der verkürzte mittlere Schwanzanhang des Hinterkörpers. (Foto: Eiseler)

Der mittlere Paracercus ist unter den geflügelten Insekten nur noch bei den Eintagsfliegen erhalten und weist auf das hohe Alter der Gruppe hin. Die Cercii unterstützen die schwimmende Fortbewegung, die zumeist durch eine auf- und abschlagende Bewegung des Abdomens bewirkt wird, aber sie dienen auch wie große Fühler der Erschütterungswahrnehmung. Wie bei einigen anderen strömungsliebenden Arten ist auch bei der häufigsten Art in unseren Aufsammlungen, *Baetis alpinus*, der mittlere dieser drei Anhänge verkürzt. Die überwiegende Anzahl der Arten, darunter alle aus unseren Aufsammlungen, sind auf dem Larvenstadium Weidegänger oder Detritusfresser. Räuberische Arten sind in dieser Ordnung ohnehin selten und in Europa nur aus großen Strömen bekannt.

Aus der Larve entwickelt sich direkt, ohne Einschaltung eines Puppenstadiums, ein voll flugfähiges Vorimaginalstadium, die "Subimago". Diese ist in der Regel noch nicht geschlechtsreif und muss noch eine weitere Häutung zur Imago durchlaufen. Sie zeichnet sich durch milchig blasse Flügel und eine starke Behaarung aus. Sie ist zu fliegender Ortsveränderung befähigt und kann sich fern von Gewässern zur Imago häuten. Bei anderen Arten, vor allem Bewohnern größerer, ruhigerer Gewässer, findet dieser Vorgang direkt an der Wasseroberfläche statt. Aus Deutschland sind derzeit 113 Arten sicher bekannt, davon 100 auch aus Bayern (HAYBACH & MALZACHER, 2003). Die Entdeckung einiger weiterer Arten ist gerade im eher schlecht erforschten Alpenraum noch zu erwarten.

Wie bereits bei Untersuchungen in anderen geographischen Räumen beobachtet, meiden Eintagsfliegen in vielen Fällen den unmittelbaren Quellbereich und bilden erst vom Quellbach an bachabwärts größere Populationen aus (z.B. MINCKLEY 1963, KOWNACKA & KOWNACKI 1972, ERMAN 1998). Krenobionte Arten sind aus Mitteleuropa nicht bekannt, lediglich der in den Mittelgebirgen vorkommende *Ecdyonurus subalpinus* KLÁPALEK kann als stenöke Quellbachart bezeichnet werden. Auch in unseren Ergebnissen kommt die vergleichsweise geringe Bindung der Eintagsfliegen an Quellen zum Ausdruck, schon in der Gesamtanzahl, die mit ca. 3000 Individuen um eine Größenordnung geringer ist, als diejenige der Steinfliegen (s.u.).

Andererseits sind im Zuge dieser Untersuchung, häufig eher zufällig auf Exkursionen zu den Quellstandorten, mit *Rhithrogena austriaca*, *R. loyolaea*, *R. taurisca* und *Ecdyonurus zelleri* gleich vier Arten erstmalig aus Deutschland nachgewiesen worden.

Die folgende Liste der nachgewiesenen Taxa stützt sich auf die Auswertung von etwa 3000 Tieren, die ganz überwiegend dem Larvenstadium zuzurechnen sind. Die genaue Bestimmung unserer Ausbeute wurde erheblich erschwert durch die Hinfälligkeit der Tiere, die mehr als andere Insektenlarven unter Transportschäden litten. Beschädigungen traten sowohl beim Lebendtransport der Proben auf, wobei Vertreter dieser Ord-

nung früher abstarben als die meisten anderen Wirbellosen, als auch beim Transport alkoholfixierten Materials, der bei den meisten Individuen mit dem Verlust der Extremitäten verbunden war.

Da sich zudem ein hoher Anteil der Larven aus den Benthosproben auf einem frühen Entwicklungsstadium befand, ließen sich mehr als zwei Drittel der Tiere nur auf Familien- oder Gattungsniveau bestimmen.

### Familie Siphonuridae

*Siphonurus lacustris* (EATON, 1870)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee West, Funtensee Westufer (757), 1600 m, 2 Larven.

Habitat & Biologie: Metarhithral bis Epipotamal, Seenlitoral, vorwiegend montan, Detritusfresser, Flugzeit Juni bis August, univoltin.

Verbreitung: Westpaläarktis.

### Familie Baetidae

*Baetis alpinus* (PICTET, 1843)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet, 600-2000 m, aber hauptsächlich < 1400 m; 86 Larven, 11 Fundorte, weitere 521 Larven unsicherer Zuordnung aus der *alpinus*-Gruppe, zu der auch die nachfolgende Art gehört, vor allem aus den Langzeituntersuchungsstellen.

Habitat & Biologie: Stark fließende Rheokrenen und deren Abflüsse, vor allem vom Hypokrenal abwärts; montan; Weidegänger; Flugzeit Mai bis September; bivoltin, in Höhen > 1500 m univoltin.

Verbreitung: Europa ohne Britische Inseln und Fennoskandien.

*Baetis melanonyx* (PICTET, 1843)

Vorkommen im Nationalpark: Nur im Quellbach auf Herrenröint (Watzmann Nord), 1100 m, 43 Larven.

Habitat & Biologie: Hypokrenal bis Metarhithral (in Berchtesgaden in einem schmalen Quellbach mit kiesig-sandigem Substrat); Weidegänger; Flugzeit Mai bis September; univoltin.

Verbreitung: Europa ohne Britische Inseln und Fennoskandien.

*Baetis muticus* (LINNAEUS, 1761)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbach, Wimbach, Watzmann Nord; 600-1200 m, 41 Larven, 5 Fundorte. Aus dem Gebiet bereits durch SATORI (1942 sub. *pumilus*) belegt.

Habitat & Biologie: Rhithrobiont, gelegentlich im Hypokrenal von Rheokrenen, Epirhithral bis Epipotamal; Weidegänger; Flugzeit Mai bis August; bivoltin.

Verbreitung: Westpaläarktis bis Zentralasien.

*Baetis rhodani* (PICTET, 1843)

Vorkommen im Nationalpark: Wimbach, Watzmann Nord, Obersee-Landtalgraben, 17 Larven, 6 Fundorte -

die meisten Funde im Schapbach-Quellbach. Während *B. rhodani* überall im Rhithral zentraleuropäischer Mittelgebirge und zumeist in hohen Individuendichten zu finden ist, ist er im Gebirge den Arten der *alpinus*-Gruppe klar unterlegen und kann im Gebiet nur sporadisch nachgewiesen werden.

**Habitat & Biologie:** Hypokrenal bis Epipotamal, Weidegänger; Flugzeit annähernd ganzjährig; je nach Höhenlage und Temperatur 1-3 Generationen pro Jahr.

**Verbreitung:** Westpaläarktis.

*Baetis* sp.

**Vorkommen im Nationalpark:** Unbestimmbare Larven und Larvulae aus Arten der Gattung wurden in vielen Quellen im ganzen Untersuchungsgebiet gesammelt, insgesamt 919 Exemplare aus 29 Fundorten, vorwiegend in Hypokrenalbereichen zwischen 800 und 1400 m, aber auch bis 1875 m (Österreich, Steinernes Meer A258)

## Familie Heptageniidae

*Epeorus alpicola* (EATON, 1871)

**Vorkommen im Nationalpark:** Schapbach im Quellbachbereich unterhalb Almhütte bei 1050 m, 1 Larve.

**Habitat & Biologie:** Strömungsliebende Art steiniger Hochgebirgsbäche über 1000 m; Flugzeit: Juni bis August, univoltin.

**Verbreitung:** Hauptsächlich alpin, aber es sind auch Funde in südeuropäischen Hochgebirgen bekannt.

*Rhithrogena alpestris* (EATON, 1885)

**Vorkommen im Nationalpark:** Vom Almbach liegen 25 ♂♂ aus dem Gebiet vor (coll. Helmut Franz), aus dem angrenzenden Österreich (Steinernes Meer: A 274, 2020 m), 5 Larven.

**Habitat & Biologie:** Hypokrenal bis Epirhithral (im Bereich Steinernes Meer in einer Rheokrene und ihrem Quellbach bei starkem Gefälle oberhalb der Waldgrenze), alpin; Weidegänger, Flugzeit Juni bis September, univoltin.

**Verbreitung:** Alpen und Alpenvorland, Apennin, Pyrenäen.



**Abb. 6-9-2:** Männchen von *Epeorus alpicola*. Aus unserer Untersuchung liegt nur ein Einzelfund einer Larve dieser Art vor, die wie die meisten Eintagsfliegen offensichtlich Quellbereiche meidet. (Foto: Eiseler)

*Rhithrogena loyolaea* (NAVÁS, 1922)

**Vorkommen im Nationalpark:** Wimbach, Obersee-Landtalgraben, Steinernes Meer (Österreich). Da bislang keine punktgenauen Funde aus Deutschland publiziert wurden (vgl. DORN 1999) nennen wir hier die Fundorte explizit (leg. et det. DORN): Nationalpark, Klaus-bachtal (478), Sulzensteinbach S Sulzenstein-Diensthütte, 1260 m: 27.06.2000 1 ♂; Nationalpark, Rheokrene Wimbachklamm S-Eingang (592), 830 m, 12°55'20E, 47°35'50N, 26.06.1997 1 Larve.; Österreich, Seehornbach, Quelle, 2020 m, 10.09.1999, 12:30: 1 Larve, 1 ♂; dazu 7 Larven aus 4 Fundorten (Klausbach, Steinernes Meer (Österreich), 1200 ->2000 m), die seinerzeit als *Rhithrogena loyolaea* - Gr. bestimmt wurden. Wahrscheinlich ist jedoch *R. zelinkai*, der zweite Vertreter dieser hochmontanen kleinen Artengruppe ohnehin synonym zu *R. loyolaea*, sodass sich auch diese Larven mit "intermediären" Merkmalen auf *R. loyolaea* beziehen ließen.

**Habitat & Biologie:** Eukrenal bis Epirhithral, hochmontan bis alpin, Weidegänger; Flugzeit Juli bis September, univoltin.

**Verbreitung:** Alpen, südeuropäische Hochgebirge.

*Rhithrogena cf. puytoraci* (SOWA & DEGRANGE, 1987)

**Vorkommen im Nationalpark:** Nur ein Fundort (Wimbach, Koppenwand (380), 800 m, 4 Larven.

**Habitat & Biologie:** Epirhithral bis Metarhithral, kollin bis montan; Weidegänger, Flugzeit Juni bis August, univoltin.

**Verbreitung:** Alpen, zentraleuropäische Mittelgebirge.

*Rhithrogena taurisca* (BAUERNFEIND, 1992)

**Vorkommen im Nationalpark:** Nur zwei Fundorte: Wimbach, Koppenwand, 380, 800 m, 3 Larven; Schapbach bei 830 m, 1 ♂ (FISCHER & HAYBACH 1996), letzteres durch Herrn Dr. BAUERNFEIND (Wien) dankenswerterweise verifiziert.

**Habitat & Biologie:** Eine ökologisch nur sehr schlecht bekannte Art. Im Gebiet Eukrenal bis Hypokrenal, montan, Weidegänger; Flugzeit Juli/August, Zyklus unbekannt, wahrscheinlich univoltin.

**Verbreitung:** (Ost-) Alpen.

*Rhithrogena* sp. *semicolorata*-Gruppe

**Vorkommen im Nationalpark:** Wimbach, Watzmann Nord, Königssee Ost, 95 Larven, 9 Fundorte, vorwiegend Langzeituntersuchungsstellen Koppenwand, auch Schapbach und Herrenrönt.

*Rhithrogena* sp. *hybrida*-Gruppe

**Vorkommen im Nationalpark:** Wimbach, Watzmann Nord, Königssee Ost; 600-1600 m, 14 Larven., 4 Fundorte. Aus dieser großen montanen bis alpinen Artengruppe sind gleich mehrere Vertreter zu erwarten. Nachgewiesen aus dem Nationalpark ist bislang lediglich *R. austriaca* SOWA & WEICHSELBAUMER, 1988 aus der Ramsauer Ache im Zauberwald (HAYBACH 1998).

*Ecdyonurus helveticus* (EATON, 1883)

**Vorkommen im Nationalpark:** Wimbach, Obersee-Landtalgraben, Königssee Ost, 800-1600 m, 25 Larven, 3



**Abb. 6-9-3:** Subimago von *Ecdyonurus* sp.. Larven dieser Gattung, die oft schwer bestimmbar sind, wurden mehrfach in Quellen oberhalb der Baumgrenze angetroffen. (Foto: Graf)

Fundorte. Imaginal vom Frechenbach im Vorland des Nationalparks sicher belegt (11 ♂).

**Habitat & Biologie:** Hypokrenal bis Metarhithral, montan; Weidegänger, Flugzeit Juni bis September, univoltin.

**Verbreitung:** Alpen, Apennin, Balkan.

*Ecdyonurus zelleri* (EATON, 1885)

**Vorkommen im Nationalpark:** Klausbach, Obersee-Landtalgraben, Königssee Ost, 1000-1400 m, 17 Larven, 5 Fundorte. Vom Oberlauf des Königsbach unterhalb der Königsbachalm bei etwa 1200 m stammen aus dem Gebiet die ersten Imaginalnachweise (3 ♂) aus Deutschland, sodass die Art im Gebiet sicher belegt ist (FISCHER & HAYBACH 1996).

**Habitat & Biologie:** Hypokrenal bis Metarhithral, montan bis alpin; Weidegänger, Flugzeit Juni bis September, univoltin.

**Verbreitung:** Alpen, Balkan.

*Ecdyonurus* gr. *helveticus*

**Vorkommen im Nationalpark:** Königssee West, Obersee-Landtalgraben, Königssee Ost, 1000-1600 m; 54 Larven, 11 Fundorte.

Die Funde nicht sicher bestimmbarer Larven aus der *helveticus*-Gruppe dürften sich auf eine der beiden oben genannten Arten beziehen. Aus dem Gebiet ist mit *Ecdyonurus picteti* (MEYER-DÜR, 1864) jedoch noch ein weiterer Vertreter der Gattung bekannt (2 ♂, FISCHER & HAYBACH 1996) und das Vorkommen weiterer Arten kann nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden.

Sonstige Heptageniidae

Neben den genannten Arten sind aus der Familie Heptageniidae noch *Ecdyonurus* cf. *venosus* (FABRICIUS, 1775) (2 kl. Larven, Ramsauer Ache im Zauberwald) und *Kageonia fuscogrisea* (RETIUS, 1783, Königssee) aus dem Gebiet des Nationalparks gemeldet (ENGELHARDT unpubl., zit. nach BURMEISTER & REISS 1983).

## Familie Leptophlebiidae

*Habroleptoides confusa* (SARTORI & JACOB, 1986)

**Vorkommen im Nationalpark:** Einzelfund, Watzmann Nord, Herrenröint Quellbach (320), 1150 m - ein weiteres nicht bestimmbares Exemplar der Gattung Klausbach (437), 1310 m. Als weiterer Gattungsvertreter ist im alpinen Raum aus Bayern noch *Habroleptoides auberti* (BIANCHERI, 1954) bekannt (DORN & WITTLING 1999).

**Habitat & Biologie:** Larven im Kieslückensystem; Epirhithral bis Epipotamal, Detritusfresser; Flugzeit Mai/Juni, univoltin.

**Verbreitung:** Holomediterran, expansiv bis zum Nordrand der Mittelgebirge, in Bächen bis über 1000 m NN.

*Habrophlebia* sp.

**Vorkommen im Nationalpark:** Nur ein Fundort, Klausbach (519), 600 m, 2 Exemplare; am wahrscheinlichsten handelt es sich um *Habrophlebia lauta* EATON, 1884 mit ähnlicher Biologie wie *Habrophlebia confusa*, jedoch mit deutlich späterer Flugzeit.

## Familie Ephemerellidae

*Ephemerella mucronata* (BENGTSSON, 1909)

**Vorkommen im Nationalpark:** Schapbach im Quellbachbereich unterhalb Almhütte bei 1050 m, 1 Larve.

**Habitat & Biologie:** Mäßig kaltstenotherm; Larven detritivor, bevorzugen im Gebirge Bäche mit größeren Moospolstern, so auch am Fundort. Flugzeit: Mai-Juni, univoltin.

**Verbreitung:** Holarktisch, circumboreal, östlich bis ins westliche Kanada. Europäische Hauptverbreitung in den südöstlichen und zentralen Mittelgebirgen und Fennoskandien.

Sonstige Nachweise:

Neben den genannten Arten konnten anlässlich einer Exkursion in der Nähe des Taubensees noch einige ♀♀ von *Ephemerella danica* MÜLLER, 1764 bei der Eiablage auf einem Wanderweg erbeutet werden. Diese Art wurde bereits durch SARTORI (1942) vom Königssee belegt.

## Literatur

- BURMEISTER, E.-G. & REISS, F. (1983): Die faunistische Erfassung ausgewählter Wasserinsektengruppen in Bayern. Teil 1: Die faunistische Erfassung der Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera und Trichoptera (Insecta) in Bayern. Veröff. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft 7/83, 10-141.
- DORN, A. (1999): Einige bemerkenswerte Heptageniidae aus Bayern (Insecta: Ephemeroptera). *Lauterbornia* 37: 11-18.
- DORN, A. & WITTLING, T. (1999): *Habroleptoides auberti* (Insecta: Ephemeroptera), neu für Deutschland. *Lauterbornia* 37: 9-10.
- ERMAN, N.A. (1998): Invertebrate richness and Trichoptera phenology in Sierra Nevada (California, U.S.A.) cold springs: sources of variation. pp. 95-108 in: BOTOSANEANU, L. (Hrsg.): *Studies in Crenobiology. The biology of springs and springbrooks*. Backhuys, Leiden.

FISCHER, J. & HAYBACH, A. (1996): *Rhithrogena taurisca* Bauernfeind, 1992 und *Ecdyonurus zelleri* (Eaton, 1885) - zwei für Deutschland neue Eintagsfliegen aus den Berchtesgadener Alpen (Insecta, Ephemeroptera). *Lauterbornia* 25: 53-56.

HAYBACH, A. (1998): Die Eintagsfliegen (Insecta: Ephemeroptera) von Rheinland-Pfalz - Zoogeographie, Faunistik, Ökologie, Taxonomie und Nomenklatur - Unter besonderer Berücksichtigung der Familie Heptageniidae und unter Einbeziehung der übrigen aus Deutschland bekannten Arten. Johannes-Gutenberg-Universität Mainz, Fachbereich Biologie, Dissertation; 1-417, + Anhg.

HAYBACH, A. & MALZACHER, P. (2003): Verzeichnis der Eintagsfliegen (Ephemeroptera) Deutschlands (2. aktualisierte Fassung: Stand November 2003). *Entomofauna Germanica* 6: 33-46.

KOWNACKA, M. & KOWNACKI, A. (1972): Vertical distribution of zoocenoses in the streams of the Tatra, Caucasus and Balkans Mts. *Verh. int. Ver. theor. angew. Limnol.*, 18: 742-750.

MINCKLEY, W.L. (1963): The ecology of a spring stream, Doe Run, Meade County, Kentucky. *Wildl. Monogr.*, 11: 1-124.

SATORI, J. (1942): Neuropteriden aus den Alpen und den Dolomiten. *Annales Hist.-Nat. Musei Nationalis Hungarici* 35: 101-105.

## 6.10 Steinfliegen (Plecoptera)

ARMIN WEINZIERL & WOLFRAM GRAF

Die überwiegende Mehrheit der Steinfliegenarten bewohnt im Larvenstadium sauerstoffreiche und kühle Rhithralgewässer, von denen der Nationalpark Berchtesgaden eine Vielzahl aufweist. Mit den Veränderungen der Lebensverhältnisse im Gewässerlängsverlauf (Verringerung des Gefälles und der Stömungsgeschwindigkeit bei gleichzeitiger Erhöhung der maximalen Wassertemperatur und des Feinsedimentanteiles) geht der Anteil der Steinfliegen an der Lebensgemeinschaft naturgemäß deutlich zurück. In Stillgewässern kommen nur wenige Arten vor. Gerade die stenöken Arten von Fließgewässern der Talböden sind mittlerweile mitteleuropaweit bedroht bzw. schon verschollen, da ihre Lebensräume von den unterschiedlichsten anthropogen bedingten Veränderungen (Regulierungen, Längs- und Querbauwerke, Reduktion bzw. Veränderung der Ufervegetation, Gewässerverschmutzung unterschiedlichster Art) durch den intensiven menschlichen Nutzungsdruck am stärksten betroffen sind. Enge Strukturbindung und hohe Sensibilität der aquatischen Larven gegenüber physikalisch-chemischen Parametern machen diese Insektenordnung zu einer bioindikatorisch essenziellen Gruppe, die gerade bei Fließgewässeruntersuchungen eine zentrale Rolle spielt.

Die wasserlebenden Larven der einheimischen Steinfliegen sind charakterisiert durch ein Abdomen ohne seitliche Kiemenanhänge (solche können jedoch an den Beinbasen oder im Halsbereich vorkommen), einen nach vorne gerichteten ("prognathen") Kopf, Beine mit zwei Klauen und zwei fadenförmige abdominale Anhän-



**Abb. 6-10-1:** Die Larven aller Arten der Steinfliegengattung *Protonemura* sind leicht an den drei paarigen Kiemenschläuchen im Halsbereich erkennbar. Die Bestimmung auf Artniveau ist hingegen sehr schwierig. (Foto: Graf & Schmidt-Kloiber)



**Abb. 6-10-2:** Adulte Steinfliege der Gattung *Protonemura*. Parasitische Wassermilbenlarven sind als kleine rote Punkte am Flügelgeäder und am rechten Hinterbein sichtbar. (Foto: Graf & Schmidt-Kloiber)

ge. Die schwimmende Fortbewegung ist wenig effektiv und spielt nur eine geringe Rolle, sie erfolgt durch eine laterale Bewegung des Abdomens. Schlupffreie Tiere des letzten Larvenstadiums begeben sich zur Adulthäutung in Ufernähe oder auf Substrate am Wasserrand. Die Größe der adulten Tiere schwankt je nach Art von 0,5 bis etwa 4 cm. Die Adulttiere vieler Arten sind nur eingeschränkt flugfähig und halten sich die meiste Zeit ihres Lebens in der Vegetation und an Steinen in Ufernähe auf. Einige Arten sind in diesem Stadium aber durchaus zur Nahrungsaufnahme befähigt und können ausgedehnte, meist bachaufwärts gerichtete Wanderungen unternehmen (Zwick 1990). Wie die hohe Anzahl

frühester Larvenstadien in unseren Aufsammlungen belegt, sind Quellen offensichtlich bevorzugte Eiablageorte vieler Arten, die aber bei eingehenden faunistischen Aufnahmen durchaus auch in quellfernen Abschnitten häufig sind. Exakte autökologische Daten von Steinfliegen sind nur in Einzelfällen bekannt. Ihre Entwicklung ist meist univoltin, kann aber in Gebirgslagen semivoltin werden. Von wenigen Arten ist ein Polyvoltinismus bekannt (z.B. *Nemurella pictetii*). Angaben zur Ernährungsbiologie stehen ebenfalls nur punktuell zur Verfügung: So werden die Systelognatha (Familien Perlidae, Perlodidae und Chloroperlidae) generell als Räuber angesehen, während die Euholognatha (Familien Leuctridae, Capniidae, Nemouridae und Taeniopterygidae) als phytophag (Zerkleinerer, Detritusfresser und im Fall der Taeniopterygidae auch Weidegänger) gelten.

Aus Bayern sind bislang 110 Steinfliegenarten bekannt. Von den aus dem Nationalpark Berchtesgaden nachgewiesenen Arten sind *Nemoura undulata* und *Leuctra pseudorosinae* stark gefährdet, *Capnia vidua*, *Dictyogenus alpinum*, *Dictyogenus fontium*, *Protonemura brevistyla*, *Protonemura nimborella*, *Protonemura nimborum* und *Siphonoperla montana* werden als gefährdet eingestuft (WEINZIERL 2003). Mit insgesamt über 35.000 Individuen sind die Steinfliegen die am stärksten in unseren Proben repräsentierte Insektenordnung. Da die Benthosproben vorwiegend frühe Larvenstadien enthalten, ließ sich unter Berücksichtigung eines vernünftigen Verhältnisses von Aufwand und Nutzen die Hälfte der Ausbeute überhaupt nicht, weitere 43 % der Individuen lediglich auf Familien- oder Gattungsniveau klassifizieren. Die verbleibenden knapp 2600 Tiere repräsentieren 35 Arten, von denen 15 in den Emergenzfallen auftraten. Drei der letzteren Arten, *Amphinemura standfussi*, *Leuctra alpina* und *L. autumnalis*, waren ausschließlich in diesen Fallen nachzuweisen. Die meisten der vorgefundenen Arten sind stenöke Bewohner von Quellbereichen und Bachoberläufen.

### Familie Perlodidae

Insgesamt 157 Individuen von 14 Fundorten ließen sich nur auf Familienniveau klassifizieren. Die meisten von ihnen wurden unterhalb 1400 erbeutet, Einzelfunde liegen aber im angrenzenden Österreich auch aus einer Höhe von 1870 m vor.

*Perlodes intricatus* (Pictet, 1841)

Vorkommen im Nationalpark: Nur ein Fundort, Obersee-Landtalgraben, 1450 m (678/680), 3 Exemplare.

Habitat & Biologie: Quellbäche und Bäche höherer Lagen, auch Gletscherbäche, räuberisch.

Verbreitung: Pyrenäen, Alpen, Apennin, Karpaten.

*Dictyogenus alpinum* (Pictet, 1841)

Vorkommen im Nationalpark: Nur ein Fundort, Klausbachtal, Rheokrene Klauswandl, 1100 m, 18 Exemplare (CREMA et al. 1996).

Habitat & Biologie: Vom Hypokrenal bis ins Rhithral verbreitet. Im Nationalpark in einer sehr starken, von Glet-

scherswasser gespeisten Rheokrene; räuberisch.

Verbreitung: Alpen.

*Dictyogenus fontium* (Ris, 1896)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet, vorwiegend < 1600 m, ein Einzelfund im angrenzenden Österreich auf 1850 m; 93 Exemplare, 18 Fundorte. Weitere 94 Exemplare nur auf Gattungsniveau klassifizierbar, in den meisten Fällen gemeinsam mit *D. fontium* erbeutet.

Habitat & Biologie: Quellnahe Bereiche in höheren Lagen, räuberisch.

Verbreitung: Alpen.

*Isoperla grammatica* (Poda, 1761)

Vorkommen im Nationalpark: Nur ein Fundort, Königssee Ost, Gotzenalm (788), 1300 m, 2 Exemplare.

Habitat & Biologie: Metarhithral bis Epipotamal, räuberisch.

Verbreitung: Weit verbreitet in ganz Europa.

*Isoperla rivulorum* (Pictet, 1841)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Wimbach, Watzmann Nord, Königssee Ost, nur < 1400 m, 49 Exemplare, 9 Fundorte.

Habitat & Biologie: Gebirgsbäche, dringt auch in Quellbereiche ein, räuberisch.

Verbreitung: Alpen, Karpaten; zentraleuropäische Mittelgebirge.

*Isoperla* sp.

139 Exemplare aus dem gesamten Gebiet sind nur auf Gattungsniveau klassifizierbar, in vielen Fällen gemeinsam mit Exemplaren von *I. rivulorum*; vorwiegend < 1600 m, aber in einem Fall auf 1840 m. (Sittersbachquelle, 497).

### Familie Chloroperlidae

*Chloroperla tripunctata* (Scopoli, 1763)

Vorkommen im Nationalpark: Nur ein Fundort, Königssee Ost, Gotzenalm (788), 1300 m, 1 Exemplar.

Habitat & Biologie: Vom Epirhithral bis zum Hyporhithral.



**Abb. 6-10-3:** Adulte Steinfliege der Art *Siphonoperla montana* beim Verlassen der Larvenhaut. Die Flügel sind noch teilweise eingefaltet. (Foto: Graf)

Verbreitung: Weit verbreitet in Europa: Pyrenäen, Alpen, zentraleuropäische Mittelgebirge, Apennin, Dinariden, Großbritannien.

*Siphonoperla montana* (Pictet, 1841)

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann Nord (Schapbach-Herrenröint, CREMA et al. 1996) 1100-1300 m, 3 Exemplare, 2 Fundorte. Weitere, wohl auf diese Art zu beziehende Nachweise der Gattung: Klausbachtal, Watzmann Nord, 1000-1400 m, 8 Exemplare, 3 Fundorte.

Habitat & Biologie: Quellbäche und Epirhithral, räuberisch.

Verbreitung: Alpen, Dinariden, Böhmerwald.

### Familie Nemouridae

Über 10000 Individuen aus dieser Familie, darunter 5237 aus der Gattung *Protonemura*, 3086 aus der Gattung *Nemoura* und 279 aus der Gattung *Amphinemura*, wurden nicht auf Artniveau klassifiziert.

*Amphinemura standfussi* (Ris, 1902)

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann Nord, Herrenröint, 1100 m, nur in der Emergenz, 2 Fundorte, 6 Individuen.

Habitat & Biologie: Eukrenal bis Hyporhithral.

Verbreitung: Europa bis Sibirien.

*Amphinemura sulcicollis* (Stephens, 1836)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbach, Wimbach, Königssee Ost, 800-1600 m; 17 Exemplare, 3 Fundorte.

Habitat & Biologie: Eukrenal bis Metarhithral.

Verbreitung: Europa.

*Amphinemura triangularis* (Ris, 1902)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee Ost, Königsbach, 1200 m; 1 Exemplar.

Habitat & Biologie: Eukrenal bis Metarhithral.

Verbreitung: Mittel- und Südeuropa.

*Amphinemura* sp.

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Watzmann Nord, Königssee West, Königssee Ost, 800-1800 m; 279 Exemplare, 10 Fundorte; über 90 % der Individuen aus Helokrenen im Einzugsbereich Königssee Ost.

*Nemoura cinerea* (Retzius, 1783)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Königssee West, 600-1600 m; 232 Exemplare, 4 Fundorte. Die Mehrzahl der Individuen wurde aus zwei Quellen im Klausbachtal (437) und am Königssee-Ufer (863) publiziert (CREMA et al. 1996).

Habitat & Biologie: Ein Ubiquist, der von Sumpfwässern über Stillgewässer (z. B. Moore, Seelitoral) bis zu Ruhigwasserbereichen von Bächen und Flüssen vorkommt, Zerkleinerer und Detritusfresser.

Verbreitung: Weit verbreitet in Europa bis Zentralasien.

*Nemoura flexuosa* (Aubert, 1949)

Vorkommen im Nationalpark: Nur Klausbachtal (Sittersbachquelle, 497), 1900 m, 30 Exemplare (CREMA et al. 1996)

Habitat & Biologie: Hypokrenal bis Epirhithral, Zerkleinerer und Detritusfresser.

Verbreitung: Weit verbreitet in Europa.

*Nemoura marginata* (Pictet, 1835)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Königssee West, Obersee-Landtalgraben, Königssee Ost, 600-1600 m, 129 Exemplare, 5 Fundorte.

Habitat & Biologie: Quellnahe Bereiche, Zerkleinerer und Detritusfresser.

Verbreitung: Weit verbreitet in Europa.

*Nemoura minima* (Aubert, 1946)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Wimbach, Watzmann Nord, Einzelfund Obersee-Landtalgraben; 600-1600 m, 65 Exemplare, 5 Fundorte.

Habitat & Biologie: Hypokrenal und Epirhithral höherer Lagen, Zerkleinerer und Detritusfresser.

Verbreitung: Alpen, Bayerischer Wald.

*Nemoura mortoni* (Ris, 1902)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Wimbach, Watzmann Nord, Einzelfund Königssee Ost; 600-1400 m, 373 Exemplare, 14 Fundorte.

Habitat & Biologie: Hypokrenal und Epirhithral höherer Lagen, Zerkleinerer und Detritusfresser.

Verbreitung: Alpen und zentraleuropäische Mittelgebirge.

*Nemoura obtusa* (Ris, 1902)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee Ost, Königstal Alm, 1550 m, 1 Exemplar.

Habitat & Biologie: Hypokrenal und Epirhithral höherer Lagen, Zerkleinerer.

Verbreitung: Alpen, Apennin, Karpaten.

*Nemoura sinuata* (Ris, 1902)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Mittereis-Alm, 1300 m, 1 Exemplar.

Habitat & Biologie: Hypokrenal und Epirhithral, Zerkleinerer.

Verbreitung: Alpen, Beskiden.

*Nemoura undulata* (Ris, 1902)

Vorkommen im Nationalpark: Landtalgraben (784), 1750 m, 2 Exemplare.

Habitat & Biologie: Hypokrenal und Epirhithral, Zerkleinerer.

Verbreitung: Alpen; eine trotz ihrer Größe selten gefundene Art, die für höhere Lagen kennzeichnend ist (ILLIES 1955), jedoch auch unter 1000 m Seehöhe vorkommt.

*Nemoura* sp.

Insgesamt über 3000 nicht auf Artniveau bestimmte Individuen der Gattung *Nemoura* liegen aus dem gesamten Gebiet und aus allen Höhenlagen vor.

*Nemurella pictetii* (KLAPALEK, 1900)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet außer Wimbach, 600-2000 m, 772 Exemplare, 23 Fundorte.

Habitat & Biologie: Häufig in Sumpfsquellen, Mooren und Gewässern mit Grundwasserzutritten, Zerkleinerer.

Verbreitung: Europa, Sibirien.

*Protonemura auberti* (ILLIES, 1954)

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann Nord, Königssee Ost, 1000-1600 m, 6 Exemplare, 5 Fundorte.

Habitat & Biologie: Quellen und deren Abflüsse, Zerkleinerer.

Verbreitung: Mittel- und Südeuropa.

*Protonemura brevistyla* (RIS, 1902)

Vorkommen im Nationalpark: Nur angrenzendes Österreich (A258, A270, 1850-1875 m) 2 Exemplare.

Habitat & Biologie: Hypokrenal und Epirhithral höherer Lagen, Zerkleinerer.

Verbreitung: Pyrenäen, Alpen, Karpaten, Böhmerwald.

*Protonemura lateralis* (PICTET, 1835)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet außer Obersee-Landtalgraben, 800-2000 m; 21 Exemplare, 6 Fundorte.

Habitat & Biologie: Hypokrenal und Epirhithral höherer Lagen, Zerkleinerer.

Verbreitung: Alpen; die Verbreitung der Art ist ungenau bekannt aufgrund von Verwechslungen mit der Schwesterart *P. austriaca* THEISCHINGER, 1976.

*Protonemura nimborella* (MOSLEY, 1930)

Vorkommen im Nationalpark: Nur angrenzendes Österreich (A258, 1850 m), 1 Exemplar.

Habitat & Biologie: Hypokrenal und Epirhithral höherer Lagen, Zerkleinerer.

Verbreitung: Alpen.

*Protonemura nimborum* (RIS, 1902)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal (Rheokrene Klauswandl 459), Königssee Ost (Königsbach), 1100-1200 m; 16 Exemplare, 2 Fundorte.

Habitat & Biologie: Hypokrenal und Epirhithral höherer Lagen, Zerkleinerer.

Verbreitung: Alpen und Mittelgebirge.

*Protonemura* sp.

Insgesamt über 5000 nicht auf Artniveau bestimmte Individuen der Gattung *Protonemura* liegen aus dem gesamten Gebiet und aus allen Höhenlagen vor.

## Familie Capniidae

*Capnia vidua* (KLAPALEK, 1904)

Vorkommen im Nationalpark: Obersee-Landtalgraben, nur ein Fundort (680/678), 1450 m, 3 Exemplare, nur Weibchen. Aus den Alpen sind zwei Unterarten bekannt, die nur als Männchen zu unterscheiden sind: die häufige *C. vidua vidua* und *C. vidua rilensis* RAUŠER, 1962 die bisher nur punktuell gefunden wurde.



**Abb. 6-10-4:** Kopulierendes Pärchen der Steinfliegenart *Capnia vidua*, die im Nationalpark bisher nur im Landtalgraben nachgewiesen wurde. (Foto: Graf & Schmidt-Kloiber)

Habitat & Biologie: Gebirgsbäche, Rhithral, Zerkleinerer und Detritusfresser.

Verbreitung: Europa bis Nordasien, fehlt in den Tiefländern.

## Familie Leuctridae

*Leuctra alpina* (KÜHTREIBER, 1934)

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann Nord, nur Schapbachquelle (1140 m), Emergenz, 13 Exemplare.

Habitat & Biologie: Eukrenal bis Epirhithral, Zerkleinerer.

Verbreitung: Alpen, Nord-Appennin, Karpaten, zentraleuropäische Mittelgebirge.

*Leuctra armata* (KEMPNY, 1899)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet, 600 - 2000 m; 64 Exemplare, 18 Fundorte.

Habitat & Biologie: Eukrenal bis Epirhithral, Zerkleinerer.

Verbreitung: Alpen, Karpaten.

*Leuctra autumnalis* (AUBERT, 1948)

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann Nord, Herrenröint (1100 m), 54 Exemplare, Schapbach (1140 m) 3 Exemplare, nur Emergenz.

Habitat & Biologie: Eukrenal bis Epirhithral, Zerkleinerer.

Verbreitung: Alpen, Karpaten, zentraleuropäische Mittelgebirge.

*Leuctra braueri* (KEMPNY, 1898)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet, 600 - 2000 m, aber vorwiegend < 1400 m; 641 Exemplare, 31 Fundorte.

Habitat & Biologie: Eukrenal bis Epirhithral, Zerkleinerer.

Verbreitung: Alpen, Karpaten, Nordappennin, zentraleuropäische Mittelgebirge.

*Leuctra inermis* (KEMPNY, 1899)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Obersee-Landtalgraben, Königssee Ost, 600-1600 m; 24 Exemplare, 4 Fundorte.

**Habitat & Biologie:** In Fließgewässern vom Quellbach bis in größere Flüsse, Zerkleinerer.

**Verbreitung:** Europa.

*Leuctra nigra* (OLIVIER, 1811)

**Vorkommen im Nationalpark:** Watzmann Nord (Herrenroint-Quellen) und Königssee Ost (Königsbach), 1000-1400 m, 10 Exemplare, 3 Fundorte.

**Habitat & Biologie:** Quellen verschiedenster Typologie und deren Abläufe, Zerkleinerer.

**Verbreitung:** Europa.

*Leuctra pseudorosinae* (AUBERT, 1954)

**Vorkommen im Nationalpark:** Königssee Ost, Kaunersteig u. Gotzenalm (788), 1300 m, 1 Exemplar.

**Habitat & Biologie:** Höhergelegene Bäche und Quellbereiche, Zerkleinerer.

**Verbreitung:** Alpen, Jura.

*Leuctra rauscheri* (AUBERT, 1957)

**Vorkommen im Nationalpark:** Königssee Ost (Königsbach), 1200 m, 2 Exemplare

**Habitat & Biologie:** Höhergelegene Bäche und Quellbereiche, Zerkleinerer.

**Verbreitung:** Alpen, Karpaten, zentraleuropäische Mittelgebirge.

*Leuctra rosinae* (KEMPNY, 1900)

**Vorkommen im Nationalpark:** Königssee West, angrenzendes Österreich, 1800-2050 m, 13 Exemplare, 3 Fundorte.

**Habitat & Biologie:** Höhergelegene Bäche und Quellbereiche, Zerkleinerer.

**Verbreitung:** Alpen, Karpaten.

*Leuctra teriolensis* (KEMPNY, 1900)

**Vorkommen im Nationalpark:** Klausbachtal (441), 1250 m, 1 Exemplar (CREMA et al. 1996).

**Habitat & Biologie:** Höhergelegene Bäche und Quellbereiche, Zerkleinerer.

**Verbreitung:** Alpen, Karpaten.

*Leuctra* sp.

Insgesamt annähernd 5000 nicht auf Artniveau bestimmte Individuen der Gattung *Leuctra* liegen aus dem gesamten Gebiet und aus allen Höhenlagen vor.

## Literatur

CREMA, S.; FERRARESE, U.; GOLO, D.; MODENA, P.; SAMBUGAR, B. & GERECKE, R. (1996): Ricerche sulla fauna bentonica ed interstiziale di ambienti sorgentizi in area alpina e prealpina. Centro di Ecologia Alpina, Report 8: 1-104.

GRAF, W.; GRASSER, U. & WEINZIERL, A. (2002): Plecoptera. In: MOOG, O. (Hrsg.): Fauna Aquatica Austriaca, Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.

ILLIES, J. (1955): Steinfliegen oder Plecoptera. In: DAHL, Die Tierwelt Deutschlands, Jena 43.

WEINZIERL, A. (2003): Rote Liste der Steinfliegen (Plecoptera) Bayerns. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Schriftenreihe Heft 166: 62-65, Augsburg.

ZWICK, P. (1990): Emergence, maturation and upstream oviposition flights of Plecoptera from the Breitenbach, with notes on the adult phase as a possible control of stream insect populations. Hydrobiologia, 194: 207-223.

## 6.11 Köcherfliegen (Trichoptera)

WOLFRAM GRAF, ARMIN WEINZIERL &

RENATO DE PIETRO

Die Larven und Puppen der Köcherfliegen entwickeln sich mit Ausnahme weniger terrestrischer Arten in Gewässern, die Besiedlung aquatischer Biotope reicht dabei von Quellen und Hochgebirgsbächen bis zu großen Flüssen der Niederungen; semiterrestrische und hygropetrische Lebensräume werden ebenso wie unterschiedliche Auegewässertypen in charakteristischer Artzusammensetzung kolonisiert. Der deutsche Name "Köcherfliegen" bezieht sich auf die Fähigkeit vieler Larven, mit Hilfe von Seidenfäden Schutzbauten (sog. Köcher) herzustellen (Abb. 6-11-1). Freilebende Arten wiederum fertigen Stellnetze an, die reusenartig organische Partikel bzw. Organismen aus der freien Welle herausfiltern. Die endgültige Häutung der Puppe zum Vollinsekt erfolgt an Land (Abb. 6-11-2). Die in der Regel unscheinbar und düster gefärbten Adulttiere (Abb. 6-11-3) leben meist in unmittelbarer Nähe ihrer Brutgewässer und nehmen nur noch wenig Nahrung in Form von Pflanzensäften zu sich. Sie erreichen je nach Art eine Größe von 2 mm bis etwa 3 cm.

Aufgrund der z.T. engen ökologischen Einnischung der Arten bezüglich Ernährungsweise, Habitat- bzw. Substratpräferenz sowie ihrer Sensibilität gegenüber dem Sauerstoffgehalt und der Azidität ihrer Wohngewässer weisen die Köcherfliegenarten bzw. -zönosen ein hohes



**Abb. 6-11-1:** Larve einer Köcherfliege der Gattung *Crunoecia*. Larven dieser Gattung bevorzugen Quellhabitats und sind an ihrem regelmäßig gebauten viereckigen Köcher erkennbar. (Foto: Quellkurs Uni Tübingen)

Indikatorpotenzial hinsichtlich biotischer und abiotischer Umweltfaktoren auf (GRAF et al. 2002; WARINGER & GRAF 2002; WEINZIERL 2003). Bestandesgefährdende Faktoren liegen vor allem in Beeinträchtigungen der aquatischen Lebensräume wie Veränderungen der hydrologischen Situation (Trockenlegung, Ausleitung - Restwasser, Gewässeraufstau, Gewässerbegradigung), Zufuhr von Gift- oder Nährstoffen (industrielle, landwirtschaftliche und kommunale Abwasser) oder Degradation des Umlandes (u.a. Veränderung bzw. Vernichtung der Ufervegetation), wobei oftmals Überlagerungen der besprochenen Problemkreise vorliegen. Während die Auswirkungen von Immissionen durch gesetzliche Maßnahmen in den letzten Jahrzehnten bundesweit rückläufig sind, ist der Habitatverlust durch Gewässerregulierung vor allem im Fall großer Flüsse und ihrer Auen in landwirtschaftlich intensiv genutzten Regionen der Talböden meist unumkehrbar.

Von den 275 in Bayern nachgewiesenen Arten sind zwei der im Nationalpark Berchtesgaden dokumentierten Köcherfliegen stark gefährdet, *Rhyacophila bonaparti* und *Rhyacophila laevis*; als gefährdet gelten *Consorophylax consors*, *Crunoecia kempnyi*, *Ernodes vicinus*, *Drusus chrysotus*, *Limnephilus coenosus*, *Pseudopsilopteryx zimmeri*, *Rhyacophila hirticornis*, *Rhyacophila pubescens*, *Rhyacophila stigmatica*, *Synagapetus iridipennis* und *Rhadicoleptus alpestris* (WEINZIERL 2003). Insgesamt wurden 44 Arten in 2006 Individuen nachgewiesen, darunter 18 in den Emergenzfallen. *Chaetopteryx major* konnte ausschließlich in Fallen nachgewiesen werden. Mehr als 3000 Junglarven aus allen Teilen des Gebietes, vor allem aber aus den Langzeituntersuchungsstellen, konnten nicht weiter klassifiziert werden.

## Familie Rhyacophilidae

*Rhyacophila bonaparti* (SCHMID, 1947)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Wimbach, Watzmann Nord, 600-1400 m, 12 Exemplare, 4 Fundorte.

Habitat & Biologie: Quellspezialist, Räuber.

Verbreitung: Alpen.

*Rhyacophila glareosa* (MCLACHLAN, 1867)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Wimbach, Watzmann Nord, Obersee-Landtalgraben, 800-1600 m; 53 Exemplare, 8 Fundorte.

Habitat & Biologie: Quellen und Quellabflüsse, vereinzelt auch Epirhithral, Räuber.

Verbreitung: Alpen, Böhmerwald, Tatra, Sudeten.

*Rhyacophila hirticornis* (MCLACHLAN, 1879)

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann Nord, Einzelfund (Herrenröint Quellbach, 1100 m).

Habitat & Biologie: Quellen und deren Abflüsse, Räuber.

Verbreitung: Alpen, Mittelgebirge, Dinariden bis Bulgarien.

*Rhyacophila intermedia* (MCLACHLAN, 1868)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Watzmann

Nord, Königssee Ost; 1000-2000 m, 6 Exemplare, 4 Fundorte.

Habitat & Biologie: Epirhithral höherer Lagen; Räuber.

Verbreitung: Alpen und südwestliches Europa bis Portugal, ein Nachweis im südlichen Bayerischen Wald.

*Rhyacophila laevis* (PICTET, 1834)

Vorkommen im Nationalpark: Nur Watzmann Nord, Herrenröint Quellen und Quellbach, 1100-1300 m, 121 Exemplare, 2 Fundorte.

Habitat & Biologie: Spezialist für Quellen mit starker Moosbedeckung und deren Abflüsse; Biologie wenig bekannt, nach Literaturangaben die einzige phytophage Art der Gattung.

Verbreitung: Pyrenäen, Alpen, nördlicher Apennin, zentraleuropäische Mittelgebirge, Karpaten, Rhodopen, Dinariden.

*Rhyacophila producta* (MCLACHLAN, 1879)

Vorkommen im Nationalpark: Wimbach, Watzmann Nord, Obersee-Landtalgraben, Königssee Ost, 600-1600 m; 256 Exemplare, 10 Fundorte.

Habitat & Biologie: Quellen bis Epirhithral, Räuber.

Verbreitung: Ostalpen.

*Rhyacophila pubescens* (PICTET, 1834)

Vorkommen im Nationalpark: Nur Watzmann Nord; 1000-1400 m; 10 Exemplare, 4 Fundorte.

Habitat & Biologie: Quellspezialist, häufig in Kalksinterquellen.

Verbreitung: Alpen, Mittelgebirge, Sudeten, Tatra.

*Rhyacophila stigmatica* (KOLENATI, 1859)

Vorkommen im Nationalpark: Wimbach, Watzmann Nord, Obersee-Landtalgraben; 600-1400 m; 9 Exemplare, 5 Fundorte.

Habitat & Biologie: Eukrenal bis Epirhithral, Räuber.

Verbreitung: Alpen, Dinarischer Westbalkan.

*Rhyacophila tristis* (PICTET, 1834)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Wimbach, Watzmann Nord, Königssee Ost; 600-1400 m; 69 Exemplare, 6 Fundorte.

Habitat & Biologie: Von Quellen der Hochlagen bis ins Meta- und vereinzelt Hyporhithral größerer Bäche, Räuber.

Verbreitung: Weitverbreitet in Europa, fehlt aber in Skandinavien und in Großbritannien.

*Rhyacophila vulgaris* (PICTET, 1834)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee Ost, Einzelfund (Königstal-Alm, Bärenwand-Quelle, 1550 m).

Habitat & Biologie: Von Quellbächen höherer Lagen bis ins Metarhithral, Räuber.

Verbreitung: Alpen und zentraleuropäische Mittelgebirge.

*Rhyacophila* sp.

Aus 24 Quellen im gesamten Gebiet liegen insgesamt 166 unbestimmbare *Rhyacophila*-Larven vor. Sie wurden vorwiegend < 1400 m, in Einzelexemplaren bis 1800 m erbeutet.

## Familie Glossosomatidae

*Glossosoma conformis* (NEBOISS, 1963)

Vorkommen im Nationalpark: Einzelfund im Königsbach (Königssee Ost), 4 Exemplare sowie 2 unbestimmbare aus derselben Gattung. Ein weiteres nur auf Gattungsniveau bestimmtes Exemplar aus dem Wimbach-Gebiet (Koppenwand).

Habitat & Biologie: Bäche epirhithraler und metarhithraler Prägung, Weidegänger (Nahrung: epilithische Algen).  
Verbreitung: Alpen, Mittelgebirge, Karpaten, Slowakisches Erzgebirge.

*Synagapetus iridipennis* (MCLACHLAN, 1879)

Vorkommen im Nationalpark: Nur Wimbach (Koppenwand-Quellen), < 1000 m; 65 Exemplare, 6 Fundorte.

Habitat & Biologie: Quellspezialist, Weidegänger.

Verbreitung: Alpen, Mittelgebirge, Sudeten, Tatra, Slowakisches Erzgebirge, Karpaten im Südosten bis Bulgarien.

## Familie Ptilocolepidae

*Ptilocolepus granulatus* (PICTET, 1834)

Vorkommen im Nationalpark: Wimbach, Watzmann Nord, zwei Einzelfunde (Herrenrpoint, Koppenwand), 800-1400 m.

Habitat & Biologie: Montane bis subalpine Quellen mit Moosbedeckung (*Fontinalis*, *Scapania*), auch Moorgewässer, Zerkleinerer.

Verbreitung: Alpen, Mittelgebirge, Apennin, im Norden bis Dänemark, im Südwesten bis zu den Pyrenäen.

## Familie Hydroptilidae

*Stactobia* sp.

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann Nord, Einzelfund Herrenrpoint, 1100 m.

Habitat & Biologie: ausschließlich hygropetrische Habitate, diatomeenabweidende Art.

Bemerkung: Im Nationalpark Berchtesgaden sind die in den Alpen häufig syntop vorkommenden Arten *Stactobia eatoniella* MCLACHLAN, 1880 und *S. moselyi* KIMMINS, 1949 nachgewiesen (WEINZIERL & GRAF 1998).

## Familie Philopotamidae

*Philopotamus ludificatus* (MCLACHLAN, 1878)

Vorkommen im Nationalpark: Ganzes Gebiet außer Königssee West und Obersee-Landtalgraben; 600-1400 m; 83 Exemplare, 10 Fundorte.

181 nicht auf Artniveau bestimmbare Junglarven liegen aus den Langzeituntersuchungen im Herrenrpoint-Quellbach vor. Da in diesem Gebiet nur *P. ludificatus* nachweisbar ist, dürften auch diese Exemplare der Art angehören.

Habitat: Quellbäche und Epirhithral höherer Lagen, lange Zeit als Filtrierer von feinpartikulärem organi-

schen Material angesehen, besteht zur Zeit auch die Theorie der Kultivierung von Pilzzuchten (MALICKY 2001).  
Verbreitung: Alpen und Mittelgebirge, Apennin.

*Philopotamus variegatus* (SCOPOLI, 1763)

Vorkommen im Nationalpark: Wimbach, nur ein Fundort (585), 700 m; 11 Exemplare.

Habitat & Biologie: Wie *Philopotamus ludificatus*, jedoch auch in tieferen Lagen.

Verbreitung: Alpen und Mittelgebirge, weit verbreitet in Europa, im Südosten bis Bulgarien.

*Wormaldia* sp.

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Wimbach, Königssee Ost; 600-1400 m; 6 Exemplare, 3 Fundorte.

Habitat & Biologie: Alle Vertreter der Gattung spinnen feinste Netze unter Steinen und im Interstitial und sammeln damit feinpartikuläres organisches Material.

## Familie Psychomyiidae

*Tinodes dives* (PICTET, 1834)

Vorkommen im Nationalpark: Wimbach, Watzmann Nord, Königssee Ost, vorwiegend in den Dauerbeobachtungsstellen Koppenwand und Schapbach; 600-1400 m; 43 Exemplare, 8 Fundorte.

Habitat & Biologie: Eukrenal bis Metarhithral, Weidegänger (Nahrung: Algen).

Verbreitung: Alpen, Apennin, zentraleuropäische Mittelgebirge, auch Großbritannien.

## Familie Polycentropodidae

*Plectrocnemia cf. brevis* (MCLACHLAN, 1871)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee Ost, Gotzenalm (829, 1380 m), Einzelfund.

Habitat & Biologie: Eukrenal bis Epirhithral, Ruhigwasserbereiche von Bächen, räuberischer Filtrierer.

Verbreitung: Alpen und zentraleuropäische Mittelgebirge, von Großbritannien bis Bulgarien.

*Plectrocnemia cf. conspersa* (CURTIS, 1834)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee Ost, 1100 und 1690 m; 2 Exemplare, 2 Fundorte.

Habitat & Biologie: Hypokrenal und Rhithral (in Ruhigwasserbereichen); netzspinnender, räuberischer Filtrierer, bevorzugt – wie *P. geniculata* – geringe Strömungsgeschwindigkeiten bis etwa 20 cm/s.

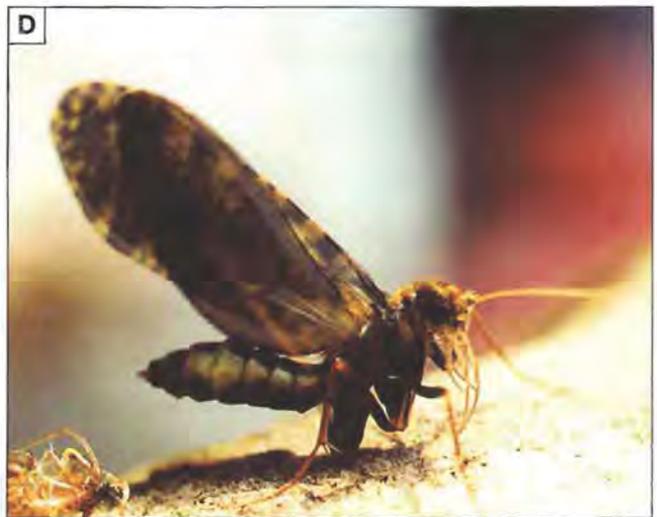
Verbreitung: Weit verbreitet in Europa, mit etlichen Unterarten.

*Plectrocnemia cf. geniculata* (MCLACHLAN, 1871)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Königssee Ost, 1200-1400 m; 3 Exemplare, 2 Fundorte.

Habitat & Biologie: Wie *P. conspersa*.

Verbreitung: Weit verbreitet in Europa.



**Abb. 6-11-2:** Vier Phasen des Schlüpfens eines Adulttiers von *Philopotamus variegatus*: **(A)** die bei allen Köcherfliegen sehr bewegliche Puppe hat das Wasser verlassen, der Hinterleib hat bereits die Puppenhaut gesprengt; **(B)** auch der Vorderkörper hat sich von der Puppenhaut befreit, das Tier beginnt, Beine und Antennen aus der Exuvie zu ziehen; **(C)** die Exuvie ist weitgehend abgestreift, die Flügel beginnen, sich zu entfalten; **(D)** das geschlüpfte Adulttier streckt sich und ist binnen kurzem flugbereit. (Fotos: Graf & Schmidt-Kloiber)

*Plectrocnemia* sp.

Die Bestimmung aller Arten der Gattung ist unsicher, da im Gebiet Arten vorkommen, deren Larven nicht bekannt sind. Nicht auf Artniveau bestimmbare Individuen liegen aus den Gebieten Klausbachtal, Wimbach, Watzmann Nord und Königssee Ost vor; 600-1800 m, 23 Exemplare, 10 Fundorte.

**Familie Phryganeidae**

*Oligotricha striata* (LINNAEUS, 1758)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee West-Steinernes Meer, Königssee Ost; 1200-2000 m; 15 Exemplare, 3 Fundorte.

Habitat & Biologie: Stehende und langsam fließende, oft dystrophe Gewässer; omnivorer Räuber, auch an Froschlaich.

Verbreitung: Weit verbreitet in Nord- und Zentraleuropa, im Süden bis Bulgarien.

**Familie Brachycentridae**

*Micrasema morosum* (McLACHLAN, 1868)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Wimbach, Watzmann Nord; 600-1200 m; 17 Exemplare, 8 Fundorte.

Habitat & Biologie: Eukrenal bis Epirhithral, charakteristisches Element der Moosfauna.

Verbreitung: Alpen und westliche Mittelgebirge.

**Familie Lepidostomatidae**

*Crunoecia kempnyi* (MORTON, 1901)

Vorkommen im Nationalpark: Wimbach, Watzmann Nord, hauptsächlich Daueruntersuchungsstellen Koppenwand und Herrenroint; 600-1400 m; 227 Exemplare, 8 Fundorte.

Habitat & Biologie: Semiterrestrische Feuchtbereiche von Quellen.

Verbreitung: Ostalpen und ihre Ausläufer (östliches Weichselgebiet/Rabnitz bis Ungarn), Böhmerwald, Dinariden.

#### **Familie Goeridae**

*Lithax niger* (HAGEN, 1859)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet außer Königssee West-Steineres Meer; 600-1600 m; 803 Exemplare, 26 Fundorte.

Habitat & Biologie: Steinige Bäche und Quellen, Weidegänger.

Verbreitung: Alpen, Mittelgebirge.

#### **Familie Limnephilidae**

Aus dieser Familie ließen sich zahlreiche Junglarven nur auf Unterfamilien-Niveau klassifizieren (Limnephilinae: 1116 Exemplare von 49 Fundorten; Drusinae: 146 Exemplare von 10 Fundorten).

*Chaetopteryx major* (MCLACHLAN, 1876)

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann Nord, Herrenroint, 1100 m, Einzelfund.

Habitat & Biologie: Quellbäche, Zerkleinerer.

Verbreitung: Europa, weit verbreitet.

*Drusus biguttatus* (PICTET, 1834)

Vorkommen im Nationalpark: Wimbach, Watzmann Nord; 600-1400 m; 22 Exemplare, 7 Fundorte.

Habitat & Biologie: Steinige Bäche höherer Lagen, Weidegänger.

Verbreitung: Alpen, Sudeten, Tatra, Dinariden, Rhodopen, nördliches Griechenland.

*Drusus chrysotus* (RAMBUR, 1842)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Wimbach, Watzmann Nord, Königssee Ost; 600-1600 m; 98 Exemplare, 16 Fundorte.

Habitat & Biologie: Quellbereiche und -abflüsse, filtrierender Räuber: Mithilfe der charakteristischen Kopfdornen werden Organismen aus der Strömung gefiltert.

Verbreitung: Alpen und zentraleuropäische Mittelgebirge.

*Drusus discolor* (RAMBUR, 1842)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Wimbach, Watzmann Nord, Königssee Ost; 600-1400 m; 313 Exemplare, 15 Fundorte.

Habitat & Biologie: Eukrenal bis Epirhithral; räuberischer Filtrierer; die typische und in Mitteleuropa einzigartige "Kopfbehaarung" soll dabei als Anlockssubstrat für andere Organismen dienen (BOHLE 1983).

Verbreitung: Pyrenäen, Alpen und zentraleuropäische Mittelgebirge, Karpaten, Bulgarien und Griechenland.

*Drusus monticola* (MCLACHLAN, 1876)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet außer Watzmann Nord; 600 bis über 2000 m; 69 Exemplare, 18 Fundorte.

Habitat & Biologie: Eukrenal bis Epirhithral; Ernährung wie *Drusus biguttatus*.

Verbreitung: Schwarzwald, Alpen, Karpaten.

*Metanoea rhaetica* (SCHMID, 1956)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Königssee Ost; 1000-1200 m; 6 Exemplare, 2 Fundorte.

Habitat & Biologie: Steinige Bäche höherer Lagen, Weidegänger.

Verbreitung: Ostalpen.

*Limnephilus coenosus* (CURTIS, 1834)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee West-Steineres Meer, Königssee Ost, angrenzendes Österreich; 1200-2000 m; 28 Exemplare, 8 Fundorte.

Habitat & Biologie: Temporäre und permanente Klein- und Kleinstgewässer; omnivorer Zerkleinerer.

Verbreitung: Pyrenäen, Alpen, zentraleuropäische Mittelgebirge, Karpaten, im Norden bis nach Skandinavien und Großbritannien.

*Rhadicleptus alpestris* (KOLENATI, 1848)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee West-Steineres Meer, Königssee Ost, angrenzendes Österreich; 1600-2000 m; 17 Exemplare, 5 Fundorte.

Habitat & Biologie: Stillgewässer wie Moore und Almtümpel, auch kleine Sümpfe, omnivorer Zerkleinerer.

Verbreitung: Weit verbreitet in Europa.

*Allogamus auricollis* (PICTET, 1834)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Watzmann Nord, angrenzendes Österreich, 1000-2000 m; 8 Exemplare, 4 Fundorte.

Habitat & Biologie: Von Quellbächen in 1600 m Seehöhe bis in das Tiefland (z.B. Donau); oftmals Massenvorkommen; einerseits omnivorer Zerkleinerer, andererseits Filtrierer (Filterapparat: Beinbeborstung).

Verbreitung: Europa.

*Allogamus uncatus* (BRAUER, 1857)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet, 600-1000 m; 339 Exemplare, 23 Fundorte.

Habitat & Biologie: Eukrenal bis Epirhithral, oft im Bereich der Baumgrenze; omnivorer Zerkleinerer.

Verbreitung: Alpen, zentraleuropäische Mittelgebirge, Balkan und Apennin.

*Allogamus* sp.

Vorkommen im Nationalpark: Wahrscheinlich zur vorigen Art zu zählende, nicht auf Artniveau bestimmbare Junglarven der Gattung liegen aus vielen Teilen des Gebietes vor (46 Exemplare, 6 Fundorte).

*Consorophylax consors* (MCLACHLAN, 1880)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal; 1200-1400 m; 5 Exemplare, zwei Fundorte. Weitere Funde von Exemplaren der Gattung, die nicht auf Artniveau zu klassifizieren waren: Klausbachtal, Königssee West, Königssee Ost, 800-2000 m; 25 Exemplare, 4 Fundorte.

Habitat & Biologie: Gebirgsbäche höherer Lagen.

Verbreitung: Alpen, Schwarzwald.

*Halesus rubricollis* (PICTET, 1834)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Wimbach, Watzmann Nord, angrenzendes Österreich; 800-2000 m; 19 Exemplare, 7 Fundorte.

Habitat & Biologie: Epi- bis Metarhithral von Gebirgsbächen, omnivorer Zerkleinerer.

Verbreitung: Alpen, Tatra, Sudeten, zentraleuropäische Mittelgebirge.

*Melampophylax melampus* (MCLACHLAN, 1876)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet außer Königssee Ost; 800-1400 m, ein Einzelfund > 1400 m; 60 Exemplare, 9 Fundorte.

Habitat & Biologie: Epi- bis Metarhithral von Waldbächen, omnivorer Zerkleinerer.

Verbreitung: Alpen, Schwarzwald, Apennin.

*Parachiona picicornis* (PICTET, 1834)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet außer Wimbach; 1200-1600 m; 147 Exemplare, 10 Fundorte.

Habitat & Biologie: Sumpfquellen, Zerkleinerer.

Verbreitung: Alpen, zentraleuropäische Mittelgebirge, im Norden bis Skandinavien, im Süden bis Bulgarien.



**Abb. 6-11-3:** Erwachsene Köcherfliege der Art *Potamophylax cingulatus*. (Foto: Graf & Schmidt-Kloiber)

*Potamophylax cingulatus* (STEPHENS, 1837)

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann Nord, Abfluss Herrenröint-Quellen, 1050 m; Einzelfund; es dürfte sich aller Wahrscheinlichkeit nach um die Unterart *P. cingulatus alpinus* TOBIAS, 1994 handeln.

Habitat & Biologie: Rhithral, omnivorer Zerkleinerer.

Verbreitung: In Europa weit verbreitet, die ssp. *alpinus* im Alpenraum und Böhmerwald.

*Pseudopsilopteryx zimmeri* (MCLACHLAN, 1876)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal, Wimbach, Watzmann Nord; 600-1400 m; 28 Exemplare, 5 Fundorte.

Habitat & Biologie: Eukrenal bis Epirhithral, Zerkleinerer.

Verbreitung: Alpen und Mittelgebirge.

### **Familie Beraeidae**

Nicht auf Gattungsniveau bestimmbare Junglarven liegen aus Wimbach, Watzmann Nord und Königssee Ost vor; 800-1600 m; 27 Exemplare, 4 Fundorte.

*Beraea pullata* (CURTIS, 1834)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee Ost; 1000-1600 m; 19 Exemplare, 3 Fundorte.

Habitat & Biologie: Semiterrestrische Feuchtflächen in Quellnähe, Sümpfe.

Verbreitung: Europa.

*Beraea* sp.

Vorkommen im Nationalpark: Nicht auf Artniveau klassifizierbare Exemplare liegen ebenfalls vor aus Königssee Ost, darüber hinaus aber auch von Wimbach, Watzmann Nord und Königssee West; 800-1800 m; 27 Exemplare, 5 Fundorte.

*Ernodes vicinus* (MCLACHLAN, 1879)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbachtal (519); 600 m N.N., 2 Exemplare, einziger Fundort. Nicht auf Artniveau klassifizierbare Exemplare dieser Gattung liegen ebenfalls aus diesem Gebiet, darüber hinaus auch aus Wimbach, Watzmann Nord und Königssee Ost vor; 600-1600 m.

Habitat & Biologie: Semiterrestrische Feuchtflächen in Quellnähe.

Verbreitung: Alpen und Mittelgebirge.

### **Familie Sericostomatidae**

*Sericostoma* cf. *personatum* (KIRBY & SPENCE, 1826)

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann Nord, Herrenröint und Schapbach, 1000-1200 m, 11 Exemplare, 2 Fundorte. Weitere nicht klassifizierbare Exemplare aus dieser Gattung liegen ebenfalls aus diesem Gebiet, darüber hinaus auch aus Klausbachtal, Wimbach, Watzmann Nord und Königssee Ost vor; 600-1400 m; 186 Exemplare, 13 Exemplare.

Habitat & Biologie: Eukrenal bis Epirhithral, in Feinsubstrat; omnivorer Zerkleinerer.

**Verbreitung:** Europa, weitverbreitet in den Alpen und zentraleuropäischen Mittelgebirgen bis ins Flachland, im Südosten bis Bulgarien.

#### Literatur

- BOHLE, H.W. (1983): Driftfang und Nahrungserwerb der Larven von *Drusus discolor* (Trichoptera, Limnephilidae). Arch. Hydrobiol. 97 (4): 455-470.
- CREMA, S.; FERRARESE, U.; GOLO, D.; MODENA, P.; SAMBUGAR, B. & GERECKE, R. (1996): Ricerche sulla fauna bentonica ed interstiziale di ambienti sorgentizi in area alpina e prealpina. Centro di Ecologia Alpina, Report 8: 1-104.
- GRAF, W.; GRASSER, U. & J. WARINGER (2002): Trichoptera. In: MOOG O. (Hrsg.): Fauna Aquatica Austriaca, Lieferung 2002, Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- MALICKY, H (2001): Are philopotamid larvae mushroom breeders? Braueria 28: 2.
- WARINGER, J. & GRAF, W. (2002): Trichoptera communities as a tool for assessing the ecological integrity of Danubian floodplains in Lower Austria. In: MEY, W. (Hrsg.): Proc. 10th Int. Symp. Trich., Nova Suppl. Ent.: 617-625.
- WEINZIERL, A. (2003): Rote Liste der Köcherfliegen (Trichoptera) Bayerns. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Schriftenreihe H. 166: 213-217, Augsburg.
- WEINZIERL, A. & GRAF, W. (1998): Ein Beitrag zur Kenntnis der Köcherfliegenfauna der Berchtesgadener Alpen. Lauterbornia, 34: 199-205.



Abb. 6-12-1: Der Schwimmkäfer *Hydroporus kraatzi* ist ein seltener Bewohner kalter Quellen. (Foto: Hebauer)



Abb. 6-12-2: *Hydroporus ferrugineus*. Am Hinterende tritt ein Teil der Luft, die das Tier unter den Flügeln trägt, als Blase hervor. (Foto: Hebauer)

## 6.12 Käfer (Coleoptera)

REINHARD GERECKE, Tübingen

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden jeweils eine Art der Familien Haliplidae und Psephenidae, zwei Arten der Scirtidae und der Elmidae, drei Arten der Hydraenidae, acht Arten der Hydrophilidae und elf Arten der Dytiscidae nachgewiesen, insgesamt also 28 Arten. Umfangreiches weiteres Material vorwiegend terrestrischer oder semiterrestrischer Käfer, das mit den Emergenzfallen auf Herrenröint und Schapbach gesammelt wurde, konnte noch nicht bearbeitet werden.

### Familie Dytiscidae

Die Weibchen der Dytiscidae (Schwimmkäfer) besitzen einen Legeapparat, der ihnen erlaubt, Eier gezielt abzusetzen, je nach Art im Gewebe von Pflanzen, in Totholzresten oder unter Steinen. Die Larven sind räuberisch und tragen charakteristische Saugmandibeln. Sie müssen in regelmäßigen Abständen zur Wasseroberfläche kommen oder sich überhaupt in deren Nähe aufhalten, da die Sauerstoffversorgung ihres Tracheensystems durch Kontakt der am Abdomenende befindlichen Stigmen mit atmosphärischer Luft gewährleistet wird; Tracheenkiemen kommen nicht vor. Zur Verpuppung su-

chen sie an Land Schlupfwinkel in der Nähe ihres Wohngewässers auf, wo sie sich eingraben.

Die Adulttiere (Abb. 6-12-1, 6-12-2) ernähren sich ebenfalls räuberisch oder von Aas. Sie verfügen über einen Luftvorrat, der auf den Raum unter den Deckflügeln beschränkt ist. In regelmäßigen Abständen kommen sie an die Wasseroberfläche, wo sie mit dem Hinterende Kontakt zur atmosphärischen Luft aufnehmen und ihren Sauerstoffvorrat ergänzen. Diese Notwendigkeit wirkt als Einschränkung bei der Besiedlung fließender Gewässer, wo stark turbulente Bereiche weitgehend gemieden werden. Aus dem Alpenraum sind ca. 145 Arten bekannt. Die Dytiscidae sind diejenige Wasserkäferfamilie, die in ihrer Evolution die größte adaptive Radiation erlebt hat. Sogar die Lebensräume des Grundwassers weisen eigene, blinde Arten auf und aus Quellen sind Spezialisten bekannt, die offensichtlich an diese Lebensräume gebunden sind.

*Agabus bipustulatus* (LINNAEUS, 1767)

Vorkommen im Nationalpark: Einzelfund Königssee West (862), 610 m; zwei Funde im angrenzenden Öster-

reich: A210, Steinernes Meer, Rotwandl, Schwarze Lacke, 2030 m; A 270, Hochwies, Quellfeld NW Dießbach-Ost, 1850 m.

Habitat & Biologie: Stillgewässer aller Art, auch in hochmontanen Kleingewässern und Quellen (hier, auch in A 210, A 270 morphologisch abweichende, früher als *Agabus solieri* AUBÉ, 1836 geführte Morphe: NILSSON & HOLMEN 1995).

Verbreitung: Paläarktis.

*Agabus guttatus* (PAYKULL, 1798)

Vorkommen im Nationalpark: Einzelfunde Klausbachtal, Watzmann Nord, Königssee West, 600-1400 m; 10 Exemplare, 5 Fundorte.

Habitat & Biologie: Stillwasserbereiche in Waldbächen niederer Ordnung, vor allem montan (FRANCISCOLO 1979). Im Untersuchungsgebiet regelmäßig im Hypokrenal auf Herrenröint. Krenophil. Große Käfer wie diese Art werden mit der angewandten Sammeltechnik nur sporadisch erbeutet. Vermutlich kommt die Art in höherer Frequenz und weiter Verbreitung im Nationalpark vor.

Verbreitung: Paläarktis.

*Agabus paludosus* (FABRICIUS, 1801)

Vorkommen im Nationalpark: Einzelfund Königssee West (862), 610 m.

Habitat & Biologie: Stillwasserbereiche von Quellen und verkrauteten Wiesenbächen, Tümpel. Aus höheren Regionen Bayerns liegen keine Fundmeldungen vor.

Verbreitung: Paläarktis.

*Agabus sturmii* (GYLLENHAL, 1808)

Vorkommen im Nationalpark: Zwei Fundorte: Königssee West (862), 610 m, Königssee Ost, Priesbergmoos, 1350 m.

Habitat & Biologie: Euryök, stehende und langsam fließende Gewässer mit schlammigem Untergrund, Moore.

Verbreitung: Paläarktis.

*Ilybius fuliginosus* (FABRICIUS, 1792)

Vorkommen im Nationalpark: Einzelfund Königssee West (862), 610 m; 1 Exemplar.

Habitat & Biologie: Stillgewässer und langsam fließende Bäche aller Art.

Verbreitung: Holarktis.

*Hydroporus ferrugineus* (STEPHENS, 1828) (Abb. 6-12-2)

Vorkommen im Nationalpark: Fast alle Funde Watzmann Nord (Herrenröint), außerdem nur einmal Königssee Ost (812, Priesbergalm); 1000-1400 m; 44 Exemplare, 4 Fundorte.

Habitat & Biologie: Helokrenen und Rheohelokrenen; vorwiegend Eukrenal. Der Vermutung verschiedener Autoren, die Art sei eigentlich subterran (zit. in FRANCISCOLO 1979) und an Quellen nur ausgespült, widersprechen die Berchtesgadener Funde: Alle Habitate sind reich an Feinsedimenten und ohne passable Kontaktstelle Grundwasser-Oberflächenwasser. Umgekehrt wurde *H. ferrugineus* im Nationalpark nie in stark fließenden Rheokrenen oder vergesellschaftet mit typi-

schen Grundwasserorganismen (z.B. Amphipoden der Gattung *Niphargus*) gefunden. HORION (1941) meldet *H. ferrugineus* allerdings auch aus Brunnenstuben und Bergwerken.

Verbreitung: Mittel- und Südosteuropa.

*Hydroporus foveolatus* (HEER, 1839)

Vorkommen im Nationalpark: In diesem Projekt nur ein Fundort, Königssee-West, 725, Wasserhöhe-Quelle, 1820 m, ein Exemplar. Weitere bekannte Vorkommen im Nationalpark: Tümpel bei Trischüblalm (SCHULTE 1993); Funtensee (GEISER 2001); Steinernes Meer Rosengrube, 1825 m, SO Gr. Hundstod, 2000 m (leg. und det. HOFMANN, HESS pers. comm.). Funde im angrenzenden Österreich: A 209, Rotwandl Lacke, 1990 m, 11 Exemplare (2 Larven), A 270 Hochwies, 1850 m, ein Exemplar, A 210 Rotwandl, Schwarze Lacke, 2030 m, 6 Exemplare (Larven).

Habitat & Biologie: Quellen und Stillgewässer oberhalb der Waldgrenze.

Verbreitung: Pyrenäen, Mittel- und Südosteuropäische Gebirge, hochmontan.

*Hydroporus kraatzii* (SCHAUM, 1868) (Abb. 6-12-1)

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann Nord (Herrenröint, 1250-1300 m); Königssee Ost, (Quelle NE Bärenwand, 1550 m); 3 Fundorte, 9 Exemplare.

Habitat & Biologie: Rheohelokrenen, im Untersuchungsgebiet nur Eukrenal, auf Herrenröint vergesellschaftet mit *H. nivalis* und *H. ferrugineus*. In der Roten Liste der Käfer Bayerns als gefährdet eingestuft (HEBAUER et al. 2003).

Verbreitung: Gebirge Mittel- und Südosteuropas. Erster gesicherter Nachweis aus den bayerischen Alpen.

*Hydroporus memnonius* (NICOLAI, 1822)

Vorkommen im Nationalpark: Nur zwei Fundorte: Königssee West: Uferquellen, 604 m; Limnokrene zwischen Rauhen Köpfen und Grasbach, 1860 m; 10 Exemplare.

Habitat & Biologie: Quellen und quellnahe Stillwasserbereiche, Moore, Bindung an den Quellbereich im engeren Sinne nimmt mit abnehmender Meereshöhe zu (kaltstenotherm: FRANCISCOLO 1979); im Nationalpark nur in zwei temporären Quellen, Eukrenal.

Verbreitung: Paläarktis.

*Hydroporus nivalis* (HEER, 1839)

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann Nord, Königssee West und Ost, angrenzendes Österreich, 600-2000 m; 23 Exemplare, 8 Fundorte; weiterer Nachweis aus dem Nationalpark: Kärlingerhaus, 1700 m (SCHULTE 1993).

Habitat & Biologie: Quellen und Schmelzwassertümpel, vorwiegend außerhalb der Waldgrenze; im Nationalpark in Helokrenen, Rheokrenen und einem Moorsee (739, Halsgrube); auf Herrenröint vergesellschaftet mit *H. kraatzii* und *H. ferrugineus*. Bemerkenswert der Fund auf tiefer Meereshöhe (Salet, Königssee-Uferquelle, 610 m: 7 juvenile Weibchen).

Verbreitung: Gebirge Mittel- und Osteuropas, Pyrenäen.

*Hydroporus palustris* (LINNAEUS 1761)

Vorkommen im Nationalpark: Drei Fundorte, Königssee West, Salet (862), 610 m; Funtensee Ostufer (757), 1600 m; Königssee Ost, Priesbergmoos, 1350 m; 8 Exemplare.  
Habitat & Biologie: Stillgewässer und schwach fließende Gräben; meidet Krenalbereiche.  
Verbreitung: Paläarktis.

### Familie Haliplidae

Die Eier der Haliplidae werden von den Weibchen in Pflanzenstängel oder beschädigte Pflanzenteile abgelegt. Die Dauer der Larvalphase kann sehr unterschiedlich sein. In diesem Lebensabschnitt ernähren sie sich von Algen (oft Characeen), der Atmung dienen von Art zu Art unterschiedlich lange abdominale Kiemenanhänge. Die Verpuppung findet an Land nahe des Wohngewässers statt.

Die Adulttiere (Abb. 6-12-3) sind Allesfresser, nur ungeschickte Schwimmer und weitgehend an Stillgewässer gebunden. Zur Erneuerung ihres Luftvorrates, der sich bei Käfern dieser Familie nicht nur unter den Flügeldecken, sondern auch unter zu diesem Zweck ausgedehnten Schenkelplatten befindet, müssen sie wie die Dytiscidae regelmäßig mit dem Körperhinterende an die Wasseroberfläche kommen. Aus dem Alpenraum sind ca. 20 Arten gemeldet, Arten mit einer besonderen Beziehung zu Quellen sind nicht bekannt.

*Haliplus lineatocollis* (MARSHAM, 1802)

Vorkommen im Nationalpark: Drei Fundorte: 862/863, Königssee-Uferquellen, ca. 600 m, Priesbergmoos, 1350 m. 18 Exemplare.  
Habitat & Biologie: Stillgewässer aller Art; typisch für Limnokrenen und langsam fließende Bereiche von Fließgewässern.  
Verbreitung: Westpaläarktis.



**Abb. 6-12-3:** Wasserkäfer der Familie Haliplidae. Arten dieser Familie sind generell wenig typisch für Quellen. Am ehesten treten sie in makrophytenreichen Limnokrenen auf. (Foto: Grabow)

### Familie Hydrophilidae

Weibliche Käfer der Hydrophilidae (Wasserfreunde) legen ihre Eier in von Seide umspinnenen Kokons meist im Uferbereich und nahe der Wasseroberfläche ab. Die Larven ernähren sich in aller Regel räuberisch und können je nach Art eine aquatische, semiaquatische oder vollkommen terrestrische Lebensweise führen. Oft bevorzugt aquatische Larven die flachen Randbereiche der Gewässer, wo sie ihre Beute nahe dem Oberflächenhäutchen finden. Da sie eine extraorale Verdauung besitzen, verlassen sie zum Verzehr sogar häufig den aquatischen Bereich, um einer Verdünnung oder Abschwemmung der ausgeschiedenen Verdauungsenzyme vorzubeugen. Außerdem erlaubt dieser bevorzugte Lebensraum einen fast kontinuierlichen Kontakt der Stigmen zur atmosphärischen Luft und damit eine relativ schwache Ausbildung von Kiemenanhängen. Die Larven von Arten der bei dieser Untersuchung vorwiegend angetroffenen Gattung *Helophorus* (Abb. 6-12-4 - Unterfamilie Helophorinae, verschiedentlich auch als eigene Familie betrachtet) sind vollkommen terrestrisch, soweit bekannt vorwiegend carnivor, aber in einigen Fällen auch phytophag und sogar als Pflanzenschädlinge bekannt (ANGUS 1992).

Die Verpuppung findet stets außerhalb des Wassers statt. Die Adulten sind phytophag und besitzen eine hydrophobe Bauchfläche, die zusammen mit dem Raum unter den Flügeldecken den Gasvorrat für die Atmung trägt. Dieser wird mithilfe eines komplizierten hydrophoben Ventilationssystems, das aus einer Rinne am Hinterkopf und der daran angelegten Antennenkeule besteht, regelmäßig ausgetauscht, wobei die Käfer schräg mit ihrem Kopf an der Wasseroberfläche hängen. Aus dem Alpenraum sind ca. 75 wasserbewohnende Arten dieser Familie bekannt, unter denen viele pflanzenreiche Stillgewässer bevorzugen - andere Arten können aber auch Fließgewässer oder feuchte, detritusreiche Böden besiedeln. Während im Tiefland größere Populationen solcher Arten auch in Quellen, namentlich in Helokrenen, auftreten, meiden die meisten von ihnen offensichtlich montane und alpine Quellen. Krenobionte Arten sind nicht bekannt (HEBAUER & KLAUSNITZER 1998).



**Abb. 6-12-4:** Wasserkäfer der Gattung *Helophorus*. Die Arten dieser Gattung sind schwer zu unterscheiden, allen gemeinsam sind charakteristische Längsrillen des Brustschildes. (Foto: Grabow)

*Anacaena globulus* (PAYKULL, 1798)

Vorkommen im Nationalpark: Nur ein Einzelfund: (863), 600 m, Uferquelle am Königssee.

Habitat & Biologie: Kleingewässer aller Art, auch temporäre Wasserkörper, oft an Totholz oder in Torfmoos; krenophil.

Verbreitung: Paläarktis.

*Anacaena lutescens* (STEPHENS, 1829)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee Ost; 600-1800 m, 31 Exemplare, 5 Fundorte.

Habitat & Biologie: Kleingewässer aller Art, ubiquistisch und euryök. Im Nationalpark im Priesbergmoos (Moor), drei Helokrenen und im Randbereich einer großen Rheokrene (862).

Verbreitung: Holarktis.

*Megasternum obscurum* (MARSHAM, 1802)

Vorkommen im Nationalpark: Einzelfund Obersee (656), 1500 m.

Habitat & Biologie: Terrestrisch, unter faulendem Holz und an Pilzen; im Untersuchungsgebiet Gelegenheitsfund in temporärer Rheokrene.

Verbreitung: Europa.

*Helophorus aquaticus* (LINNAEUS, 1758)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbach, Königssee West, Königssee Ost und angrenzendes Österreich; 600-2000 m, 37 Exemplare, 9 Fundorte.

Habitat & Biologie: Schlammige Kleingewässer aller Art. Im Untersuchungsgebiet vorwiegend oberhalb der Waldgrenze, in Stillwasserbereichen exponierter Rheohelokrenen und Helokrenen, im Österreichischen auch in einem temporären Stillgewässer (Rotwandl Lacke, A 209, 1990 m). Fortpflanzungszeit unmittelbar nach der Schneeschmelze.

Verbreitung: Westpaläarktis ohne Teile Westeuropas und Skandinaviens. Während pleistozäner Kaltzeiten offensichtlich auch auf den Britischen Inseln, wo die Art heute fehlt (ANGUS 1992).

*Helophorus brevipalpis* (BEDEL, 1881)

Vorkommen im Nationalpark: Nur Königssee-Einzugsbereich, 600-2000 m, 9 Exemplare, 8 Fundorte.

Habitat & Biologie: Euryök und ubiquistisch; temporäre und permanente Kleingewässer; in den Quellen des Nationalparks nur als Gelegenheitsfund, vor allem in pfützenartigen Randbereichen von Helokrenen. Bei 862/863 in Seeuferquellen des Königssees auf ca. 600 m, bei 719 in einer temporären Limnokrene auf 1860 m. Fortpflanzungszeit unmittelbar nach der Schneeschmelze; die Folgegeneration schwärmt intensiv im Sommer, dann auch häufig Besiedlung isolierter temporärer Kleingewässer (FERNANDO 1958).

Verbreitung: Westpaläarktis (häufigste Art der Gattung in Europa).

*Helophorus glacialis* (VILLA, 1883)

Vorkommen im Nationalpark: Bislang nicht nachgewiesen, aber ein Fund im angrenzenden Österreich: A 209, Steinernes Meer, Rotwandl Lacke, 1990 m. Auch in der

Literatur noch keine Nachweise aus dem Gebiet des Nationalparks, wohl aber aus den Allgäuer Alpen (HORION 1941).

Habitat & Biologie: Typischerweise an Feuchtstellen, die frisch von der sich zurückziehenden Schneedecke freigegeben worden sind. Im Untersuchungsgebiet in einem temporären Stillgewässer ohne Vegetation.

Verbreitung: Skandinavien und europäische Hochgebirge.

*Helophorus nivalis* (GIRAUD, 1851)

Vorkommen im Nationalpark: Vorwiegend im Königssee-Einzugsgebiet, zwei Einzelfunde im Klausbach-Gebiet (Sittersbachquellen); 1200 bis über 2000 m, meiste Funde oberhalb 1800 m; 144 Exemplare, 25 Fundorte. Weitere Nachweise aus dem Nationalpark-Gebiet bei HORION (1941) und SCHULTE (1993).

Habitat & Biologie: Montane Kleingewässer; im Nationalpark vorwiegend oberhalb der Waldgrenze in stark exponierten, auch temporären Quellhabitaten. Hieraus erklärt sich die Beschränkung auf das Königssee-Einzugsgebiet, in dem solche Gewässer vorzugsweise auftreten.

Verbreitung: Alpen und Gebirge des Balkan.

## Familie Hydraenidae

Die Arten der Hydraenidae sind meistens von kleinen Dimensionen. Sie stehen den Hydrophilidae nahe, mit denen sie in einer Familiengruppe Palpicornia zusammengefasst werden. Wichtiges gemeinsames Merkmal all dieser Käfer ist der oben beschriebene Respirationsmodus der Adulten. Larven der Hydraenidae sind, soweit bekannt, oft terrestrisch oder semiterrestrisch. Es handelt sich um eine sehr artenreiche Familie, deren Vertreter großteils an Fließgewässer gebunden sind. Aber nur in Ausnahmefällen besiedeln sie auch Quellbiotop, strikte Quellbewohner sind nicht bekannt. Aus den Alpen sind ca. 70 Arten dokumentiert.



**Abb. 6-12-5:** Wasserkäfer der Gattung *Anacaena*. In den Quellen des Nationalparks wurde vor allem *A. lutescens* gefunden, eine Art, die ruhige pflanzenreiche Kleingewässer bewohnt und unter den Quellen daher die Sumpfqellen bevorzugt. (Foto: Grabow)

*Hydraena alpicola* (PRETNER, 1931)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet, aber vorwiegend Klausbach und Watzmann Nord; 600-2000 m; 233 Exemplare, 15 Fundorte.

Habitat & Biologie: Im Nationalpark nach *Elmis latreillei* die häufigste und am regelmäßigsten auftretende Käferart in Hypokrenalbereichen von Quellen und Quellbächen. Krenophil; in der Längszonierung typischer Fließgewässer bachabwärts von *H. lapidicola* abgelöst.

Verbreitung: Alpen.

*Hydraena gracilis* (GERMAR, 1824)

Vorkommen im Nationalpark: Nur ein Fundort im Gebiet Watzmann Nord: 377, Schapbach, 875 m, 19 Exemplare.

Habitat & Biologie: Bäche mittlerer und höherer Ordnung; rhithrobiont, Quellen meidend. In dieser Untersuchung nur im Rahmen einer Zonierungsuntersuchung in großer Quellferne nachgewiesen.

Verbreitung: Westpaläarktis.

*Hydraena lapidicola* (KIESENWETTER, 1849)

Vorkommen im Nationalpark: Vorwiegend Klausbach; Einzelfunde Wimbach, Watzmann Nord, Königssee Ost, 600-1400 m, vorwiegend unter 1000 m; 23 Exemplare, 6 Fundorte.

Habitat & Biologie: Bäche mittlerer Ordnung; rhithrobiont. Im Untersuchungsgebiet gelegentlich in Rheokrenen, nur im Hypokrenal einer tief gelegenen Quelle (519) in einer größeren Population. Krenoxen.

Verbreitung: Alpen und mitteleuropäische Mittelgebirge (Frankreich bis Slowenien).

*Limnebius crinifer* (REY, 1884)

Vorkommen im Nationalpark: Nur zwei Fundorte im Gebiet Königssee Ost (797, 798, Helokrenen an der Gotzenalm, 1690 m); 8 Exemplare.

Habitat & Biologie: Stillgewässer aller Art. Der Nachweis dieser Art auf solcher Meereshöhe ist überraschend, war die Art doch in Bayern bislang nur aus tiefen Lagen (< 600 m bekannt). Das Vorkommen auf der Gotzenalm wird offensichtlich durch die besonderen thermischen Bedingungen begünstigt (starke sommerliche Erwärmung bei voller Sonnenexposition).

Verbreitung: Europa, Sibirien.

*Limnebius truncatellus* (FABRICIUS, 1827)

Vorkommen im Nationalpark: Ein Fundort im Gebiet Königssee Ost (798, Helokrene an der Gotzenalm, 1690 m); 2 Exemplare.

Habitat & Biologie: Stillgewässer aller Art, ruhige Bereiche von Fließgewässern. Krenophil mit Präferenz für Helokrenen.

Verbreitung: Nord- und Mitteleuropa, vereinzelt in Südeuropa.

## Familie Scirtidae

Adulte Käfer der Scirtidae (Schilfkäfer) leben terrestrisch, vorwiegend in der Ufervegetation von Gewäs-

sern, legen jedoch ihre Eier am Wasserrand oder sogar unter Wasser ab. Die Larven (Abb. 6-12-6) leben unter Wasser, vor allem in flachen, stehenden oder fließenden Kleingewässern, aber auch in Phytotelmen und im Interstitial. Ihre Mundwerkzeuge sind zu einem komplizierten Filterapparat umgestaltet, mit dem sie verdaubare Bestandteile aus zerkleinertem Pflanzenmaterial ausscheiden. Ähnlich den Larven der Elmidae (s.u.) besitzen sie für die Atmung vorstülpbare rektale Tracheenkiemen, sind also vom atmosphärischen Sauerstoff unabhängig. Die Verpuppung findet je nach Gattung am Land oder unter Wasser statt (HANNAPPEL & PAULUS 1994).

*Elodes hausmannii* (GREDLER, 1857)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet außer Königssee West; 600-1400 m; 682 Exemplare, 23 Fundorte (nur Larvenfunde).

Habitat & Biologie: Ruhige Randbereiche von Quellen aller Art, schlammige Kleingewässer; im Nationalpark meidet die Art offensichtlich die höhergelegenen Quellen im Gebiet Königssee West.

Verbreitung: Mittel- und Südeuropa, montan.



**Abb. 6-12-6:** Käferlarve der Gattung *Elodes* (Scirtidae). Die Larven dieser Familie unterscheiden sich von anderen assel-förmigen Käferlarven durch ihren breiten Kopf mit langen Antennen (Foto: Grabow).

*Elodes* sp. (*minuta* gr.)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet außer Königssee West und Ost, 600-1600 m, 28 Exemplare, 9 Fundorte (nur Larvenfunde).

Habitat & Biologie: Im Nationalpark in ruhigen Randbereichen von Quellen aller Art.

## Familie Elmidae

Weibliche Elmidae (Hakenkäfer) legen ihre Eier in geschützte Bereiche (Totholz, Gesteinsritzen, Köcherfliegen-Gehäuse) ab. Die Larven (Abb. 6-12-7) sind mikrophag oder phytophag (gelegentlich Moosfresser). Sie besitzen nur eine kleine respiratorische Oberfläche in Form rektaler Tracheenkiemen. Aus diesem Grund sind

sie (wie auch die Adulten) strikt an bewegtes Wasser gebunden und kommen vorwiegend in Bächen und Flüssen, selten auch in der Brandungszone von Seen vor. Die Verpuppung findet an Land statt. Die Adulten sind für Nahrungsaufnahme (ebenfalls mikrophag) und Fortpflanzung an submerse Lebensräume gebunden, aber zum Fliegen und damit zur terrestrischen Ausbreitung befähigt (OLMI 1976).

Unter Wasser sind große Teile ihres Körpers mit einer feinen Gaslamelle überzogen, über die Sauerstoff diffundieren und durch die Stigmen ins Tracheensystem gelangen kann. Dieses System kann nur in sauerstoffreichem Wasser funktionieren, erlaubt den Käfern hier aber ein vollständig submerses Leben ohne Notwendigkeit, die Luftvorräte zu erneuern oder zu ergänzen. Es erlaubt ein Leben auch in turbulentem Wasser, wo das Erreichen der Oberfläche schwierig wäre, ist aber wahrscheinlich zugleich dafür verantwortlich, dass die Elmiden unserer Breiten stets klein dimensioniert sind. Aus den Alpen sind ca. 20 Arten bekannt. Die Vertreter der meisten Gattungen sind rhithrobiont und auf Fließgewässer mit stabilem Abflussregime in den Wäldern der Tieflagen gebunden.



**Abb. 6-12-7:** *Elmis rietscheli*, Larve. Am Hinterende sind die verzweigten Analkiemien ausgestülpt (Foto: Allgaier & Gerecke)



**Abb. 6-12-8:** *Eubria lacustris*, Larve. Es handelt sich um die einzige mitteleuropäische Art der Familie Psephenidae, die in den Tropen artenreich vertreten ist. (Foto: Allgaier & Gerecke)

*Elmis latreillei* (BEDEL, 1878)

Vorkommen im Nationalpark: Gesamtes Gebiet, 600-1800 m, aber oberhalb 1400 m nur Einzelfunde; 6889 Exemplare (2146 Adulte, 4743 Larven), 26 Fundorte.

Habitat & Biologie: Bäche niederster Ordnung und Hypokrenal von Quellen; krenophil. In den meisten Quellen des Untersuchungsgebietes das Eukrenal strikt meidend, aber direkt unterhalb in großen Populationen (die hohen Individuenzahlen entstammen vorwiegend den Langzeituntersuchungsstellen). In den italienischen Alpen bis 2400 m. (OLMI 1976)

Verbreitung: Mittel- und Westeuropa bis Nordspanien.

*Elmis rietscheli* (STEFFAN, 1958) (Abb. 6-12-7)

Vorkommen im Nationalpark: Wimbach, Watzmann Nord, Königssee Ost; 600-1200 m; 197 Exemplare, 6 Fundorte.

Habitat & Biologie: Bäche niederer Ordnung, im Nationalpark nur gelegentlich in Quellen (Eu- und Hypokrenal). Auf Herrenroint vikariierend mit *E. latreillei*: Bei 314 (oberes Epirhithral) gemeinsames Vorkommen beider Arten mit deutlicher Dominanz von *E. latreillei*, bei 320 (Epirhithral) beide Arten in ungefähr gleicher Dichte, bei 330 (unteres Epirhithral) nur *E. rietscheli*. Die beiden einzigen echten Quelfundorte im Park sind anthropogen verändert (585: Wegebau, 804: teilweise Fassung).

Verbreitung: Mitteleuropa bis Südostfrankreich.

### Familie Psephenidae

Ähnlich den Scirtidae sind die Adulten der Psephenidae terrestrisch, nur die Larven (Abb. 6-12-8) leben als Zerkleinerer in schlammigen Kleingewässern und besitzen ein rektales Tracheenkiemen-System. Im Gegensatz zu den Scirtidae sind die Mundwerkzeuge der Larven einfacher gebaut, dafür ist ein Kau- und Filtermagen vorhanden. Arten dieser Familie kommen vorwiegend in den Tropen vor, in Europa ist nur eine einzige Art bekannt.

*Eubria palustris* (LATREILLE, 1829) (Abb. 6-12-8)

Vorkommen im Nationalpark: Nur Königssee Ost, 1200-1800 m; 26 Exemplare, 5 Fundorte.

Habitat & Biologie: Helo- und Rheohelokrenen; im Untersuchungsgebiet nur Eukrenal besonnter Standorte. In der Roten Liste der Käfer Bayerns als gefährdet eingestuft (HEBAUER et al. 2003).

Verbreitung: Europa.

### Dank

Bei der Vorbereitung dieses Kapitels standen Ursula Hannappel, Franz Hebauer (Deggendorf) und Monika Hess (München) hilfreich zur Seite. Die Klassifizierung zahlreicher Exemplare von Arten der Gattung *Helophorus* war nur möglich durch die freundliche Hilfsbereitschaft von Robert Angus, London.

### Literatur

- ANGUS, R.B. (1992): Insecta Coleoptera Hydrophilidae Helophorinae. In: SCHWOERBEL, J. & ZWICK, P. (Hrsg.): Süßwasserfauna von Mitteleuropa, 20, 10 (2). Gustav Fischer, Stuttgart, Jena, New York.
- FERNANDO, C.H. (1958): The colonisation of small freshwater habitats by insects. Ceylon J. Sci. (Biol. Sci.), 1: 117-154.
- FRANCISCOLO, M.E. (1979): Coleoptera Haliplidae, Hygrobiidae, Gyrinidae, Dytiscidae. Fauna d'Italia, 14. Calderini, Bologna.
- GEISER, E. (2001): Die Käfer des Landes Salzburg. Faunistische Bestandserfassung und tiergeographische Interpretation. Monographs on Coleoptera, Wien, 2.

HEBAUER, F.; BUSSLER, H.; HECKES, U.; HESS, M.; HOFMANN, G.; SCHMIDL, J. & SKALE, A. (2003): Rote Liste gefährdeter Wasserkäfer (Coleoptera aquatica) Bayerns. Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz, Augsburg, 156: 112-116.

HEBAUER, F. & KLAUSNITZER, B. (1998): Insecta Coleoptera Hydrophiloidea (excl. Helophorus). In: SCHWOERBEL, J. & ZWICK, P. (Hrsg.): Süßwasserfauna von Mitteleuropa, 20, 7-9, 10 (1). Gustav Fischer, Stuttgart, Jena, New York.

HANNAPPEL, U. & PAULUS, H.F. (1994): 29. Familie: Scirtidae. In: KLAUSNITZER, B. (Hrsg.): Die Larven der Käfer Mitteleuropas, 2/1: 74-87. Goecke & Evers, Krefeld.

HORION, A. (1941): Faunistik der deutschen Käfer, 1: Adephaga: Caraboidea. Düsseldorf.

OLMI, M. (1976): Coleoptera Dryopidae, Elminthidae. Fauna d'Italia, 12. Calderini, Bologna.

NILSSON, A.N. & HOLMEN, M. (1995): The aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. II. Dytiscidae. Fauna Entomologica Scandinavica, 32, 1-192.

SCHULTE, H. (1993): Notizen zur Faunistik der Wasserkäfer im südöstlichen und südlichen Bayern (Insecta, Coleoptera: Hydradephaga, Hydrophiloidea, Dryopoidea). Lauterbornia, 13: 1-19.



Abb. 6-13-1: Tipulidenpuppe bei der Verwandlung. Das Vorderende ist aufgebrochen, der helle, noch nicht verhärtete Kopfbereich des Adultus sichtbar. Die Verwandlung aller Arten, landlebender, wie wasserlebender, findet auf dem Trockenen statt. (Foto: Brinkmann)

## 6.13. Zweiflügler (Diptera)

### 6.13.1 Schnakenartige (Tipulomorpha)

HERBERT REUSCH & ISABEL SCHRANKEL

#### Familie Trichoceridae, Wintermücken

Die Familie umfasst weltweit etwa 120 Arten. Von den 18 aus Deutschland bekannten Arten gehören 17 der Gattung *Trichocera* an (DAHL 1999).

Da die Imagines der Trichoceridae gewöhnlich in den Wintermonaten fliegen, wurden bei unseren Emergenzuntersuchungen nur die frühesten Individuen der Wintersaison 1996/1997 erfasst.

*Trichocera spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312); sieben Weibchen in der Emergenz Mitte November 1996.

Habitat & Biologie: Larven in faulender organischer Substanz.

#### Familie Tipulidae, Kohlschnaken oder Schneider

Weltweit umfasst die Familie ca. 4000 Arten, aus Deutschland sind 123 Arten bekannt (HESS 1999). Die Larven der meisten Arten sind terrestrisch oder semiaquatisch, wenige sind aquatisch. Sie ernähren sich von Detritus. Die Imagines leben vorzugsweise in feuchten Biotopen. Manche Arten können durch Massenvermehrung im Gartenbau und in der Landwirtschaft zu Schädlingen werden.



Abb. 6-13-2: Tipulide der Gattung *Epiphragma*. (Foto: Brinkmann)

*Tipula (Savtshenkia) cheethami* (EDWARDS, 1924)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312); vereinzelt in der Emergenz, 1996.

Habitat & Biologie: Larven phytosaprophag.

Verbreitung: Alpen, Gebirge in Großbritannien sowie Ost- und Südeuropa (OOSTERBROEK & THEOWALD 1992, OOSTERBROEK & STARÝ 1995); deutscher Erstnachweis (SCHACHT et al. 2001).

#### Familien Limoniidae und Pediciidae, Stelzmücken

Die erst seit Kurzem in die zwei Familien Limoniidae und Pediciidae getrennten „Stelzmücken“ (STARÝ 1992) umfassen weltweit etwa 11.000 Arten.



**Abb. 6-13-3:** Weibchen der Limoniidenart *Nephrotoma analis*. (Foto: Brinkmann)



**Abb. 6-13-4:** Männchen der Limoniidenart *Nephrotoma quadrifaria*. (Foto: Brinkmann)

Aus Deutschland sind inzwischen 286 Arten der Limoniidae und 38 Arten der Pediciidae bekannt (REUSCH & OOSTERBROEK 2000, STARÝ 2003, 2004a, b, REUSCH et al. 2004), wobei die jüngsten STARÝ-Publikationen mit elf neuen Arten insbesondere auch für Bayern eine erhebliche Zunahme bedeuten.

Die Artenzusammensetzung in Europa ist im Wesentlichen dokumentiert bei SAVCHENKO et al. (1992). Später publizierte ergänzende Übersichten regionaler Funddaten betreffen Großbritannien (STUBBS 1998), Italien

(OOSTERBROEK & STARÝ 1995), die Niederlande (DE JONG & OOSTERBROEK 2002a, b), Nordeuropa (PODENAS 1995, REUSCH & OOSTERBROEK 1997, PETERSEN & DE JONG 2001A, b), die Schweiz (STARÝ & GEIGER 1998) und einige Staaten in Südosteuropa mit Bulgarien (STARÝ & KRZEMISKI 1993), den Staaten auf dem Gebiet des ehemaligen Jugoslawien (OOSTERBROEK & SIMOVA-TOSIC 2003), Rumänien (UJVAROSI & STARÝ 2003) und Ungarn (STARÝ 2001, STARÝ & PAPP 2001).

Die meisten Arten sind an feuchte Umgebung gebunden. Alle in dieser Hinsicht bekannten Arten der Limoniidae und Pediciidae durchlaufen vor der Verpuppung vier Larvenstadien. Die Larven vieler Arten leben in aquatischen oder durchfeuchteten terrestrischen Habitaten und wechseln erst zur Verpuppung an trockenere Stellen. Larven mancher Arten sind aber auch in trockenen Böden, morschem Holz, Moosen, Pilzen, Spritz- und Brackwasserbereichen anzutreffen. Die meisten Larven ernähren sich saprophag von totem Pflanzenmaterial oder von Algen, während andere überwiegend zoophag sind (MENDL 1978, BRINKMANN 1992, SAVCHENKO et al. 1992, FISCHER et al. 1995, STERNBERG 1998). Imagines vieler Arten finden sich an schattigen Stellen in der Nähe fließender und stehender Gewässer, andere Arten fliegen aber auch an trockenen Standorten im Wald oder im offenen Gelände. Der Lebenszyklus kann je nach Art, Breitengrad und Höhenlage zwischen sechs Wochen und vier Jahren dauern, in gemäßigten Breiten und Höhenlagen werden aber in der Regel eine bis zwei Generationen pro Jahr hervorgebracht. Die Kenntnis der Limoniidae- und Pediciidae-Arten basiert in erster Linie auf der Morphologie der männlichen Imagines. Viele Arten sind als Larven und vor allem als Puppen bisher unbekannt. Im Rahmen der Quelluntersuchungen im Nationalpark wurde vor allem die Artenzusammensetzung an vier Standorten der Quellkomplexe Herrenröint (308, 312, 318) und Schapbach (360) untersucht (Emergenzfälle Mitte Mai - Mitte November 1996), ergänzt durch einzelne Kescherfänge. Larven aus Benthosproben wurden, soweit möglich, auf Gattungsniveau bestimmt und werden im folgenden nur dann aufgeführt, wenn Vertreter einer Gattung ausschließlich larval nachgewiesen werden konnten. Wenn Larvenfunde oder Kescherfänge von Imagines nicht explizit erwähnt sind, beziehen sich die folgenden Angaben auf Emergenzfänge. In den Quellkomplexen wurden bei den Limoniidae 19 Arten unterschieden, zusätzlich drei Taxa nur auf Gattungsniveau sowie eines auf dem Niveau einer Artengruppe (Weibchen oder Larven). Hinzu kamen zehn Arten der Pediciidae.

## Familie Limoniidae

### Unterfamilie Limophilinae

*Eloeophila maculata* (MEIGEN, 1804)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312); vereinzelt Mitte Juli bis Anfang August 1996.

Habitat & Biologie: Larven aquatisch, in Fließgewässern und Quellen; Larven zoophag.  
Verbreitung: Europa.

*Eloeophila maculata*-Gruppe

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt (312); zwei Weibchen Mitte Juli 1996.

*Neolimnomyia (Brachylimnophila) nemoralis*

(MEIGEN, 1818)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt (308, 312, 318); vereinzelt.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, in Quellbereichen und in feinkörnigem Ufersediment verschieden großer Fließgewässer; Larven zoophag.

Verbreitung: Europa.

*Neolimnomyia (Neolimnomyia) filata*-Gruppe

Vorkommen im Nationalpark: Königssee Ost (842), 1280 m; eine Larve.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, in Quellbereichen, an feuchten Gewässerufeln; zoophag.

Verbreitung: Aus Deutschland zwei Arten bekannt.

*Paradelphomyia (Oxyrhiza) senilis* (HALIDAY, 1833)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt (312); drei Männchen Mitte August bis Anfang September.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, in hygropetrischen Zonen, Quellbereichen, Sümpfen und feuchter Erde; Larven zoophag.

Verbreitung: Europa.

*Paradelphomyia* spec.

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt (308, 318), Schapbach (360); vier Weibchen.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, zoophag; allgemeine Angaben noch nicht möglich, da mehrere Arten der Gattung im Larvenstadium nicht bekannt sind.

Verbreitung: Aus Deutschland 5 Arten der Gattung bekannt.

## Unterfamilie Chioneinae

*Cheilotrichia (Empeda) staryi* (MENDL, 1973)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt (318); zwei Männchen Anfang September 1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, in feinkörnigem Ufersediment; phytosaprophag.

Verbreitung: Mittel- und Südeuropa, in Deutschland nur aus Bayern bekannt.

*Cheilotrichia* spec.

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt (318); sechs Weibchen Anfang September bis Anfang Oktober 1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, in feinkörnigem Ufersediment; phytosaprophag.

Verbreitung: Aus Deutschland 7 Arten der Gattung bekannt.

*Crypteria limnophiloides* (BERGROTH, 1913)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (370); ein Weibchen gekeschert am 27.09.1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, in Bächen, kleinen Flüssen, Sümpfen und feuchter Erde; phytosaprophag.

Verbreitung: Europa.

*Erioptera* spec.

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt (312); ein Weibchen Anfang Juni 1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, in Bächen, kleinen Flüssen, Sümpfen und feuchter Erde; phytosaprophag.

Verbreitung: Aus Deutschland 15 Arten der Gattung bekannt.

*Gonomyia* spec.

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt (312, 318); zwei Weibchen.

Habitat & Biologie: Larven in Bächen und kleinen Flüssen, in Sumpf und feuchter Erde; semiaquatisch, phytosaprophag.

Verbreitung: Aus Deutschland 10 Arten der Gattung bekannt.

*Molophilus (Molophilus) curvatus* (TONNOIR, 1920)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360); vier Männchen Anfang Juni bis Mitte Juli 1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, in der hygropetrischen Zone, in Quellbereichen, an feuchten Bach- und Flussufeln; phytosaprophag.

Verbreitung: Europa.

*Molophilus (Molophilus) flavus* (GOETGHEBUER, 1920)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt (308, 312, 318), Schapbach (360); elf Männchen Anfang Juni bis Anfang Juli 1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, an feuchten Bach- und Flussufeln; phytosaprophag.

Verbreitung: Europa.

*Molophilus (Molophilus) undulatus*

(TONNOIR in GOETGHEBUER & TONNOIR, 1920)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt (308), Schapbach (360); sechs Männchen Mitte August bis Anfang September 1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, in Quellbereichen, an feuchten Bach- und Flussufeln; phytosaprophag.

Verbreitung: Mittel- und Südosteuropa.

*Molophilus (Molophilus) variispinus* (STARÝ, 1971)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt (318); ein Männchen Ende Juni 1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, an feuchten Bach- und Flussufeln; phytosaprophag.

Verbreitung: Mitteleuropa; in Deutschland nur aus Bayern, Nordrhein-Westfalen und Thüringen bekannt.

*Molophilus spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312, 318), Schapbach (360, 370); 61 Weibchen regelmäßig zwischen Anfang Juni und Anfang September 1996, bei Schapbach (370) gekeschert.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, an feuchten Gewässerufnern; phytosaprophag.

Verbreitung: Aus Deutschland 34 Arten der Gattung bekannt.

*Ormosia (Ormosia) bifida* (LACKSCHEWITZ, 1940)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (318); ein Männchen Ende Juli 1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, an feuchten Bach- und Flussufnern; phytosaprophag.

Verbreitung: Mittel- und Südeuropa; in Deutschland nur aus Bayern, Thüringen und Niedersachsen bekannt.

*Ormosia spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 318); fünf Weibchen Anfang Juni bzw. Anfang September 1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, an feuchten Gewässerufnern; phytosaprophag.

Verbreitung: Aus Deutschland 16 Arten der Gattung bekannt.

*Rhabdomastix (Sacandaga) subparva* (STARÝ, 1971)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (300); ein Männchen gekeschert am 12.06.1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, an feuchten Gewässerufnern; phytosaprophag.

Verbreitung: Mittel- und Südeuropa.

*Rhypholophus spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (312); zwei Weibchen Ende Mai 1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, an feuchten Gewässerufnern; phytosaprophag.

Verbreitung: Aus Deutschland vier Arten der Gattung bekannt, davon zwei auch aus Quellbereichen, und zwar *haemorrhoidalis* (ZETTERSTEDT, 1838) und *varius* (MEIGEN, 1818).

*Scleroprocta sororcula* (ZETTERSTEDT, 1851)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312); dreizehn Männchen und fünf Weibchen zwischen Mitte Juni und Anfang August 1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, in Quellbereichen, an feuchten Gewässerufnern; phytosaprophag.

Verbreitung: Europa.

*Scleroprocta spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308); ein Weibchen Ende August 1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, an feuchten Bach- und Flussufnern; phytosaprophag.

Verbreitung: Aus Deutschland zwei Arten der Gattung bekannt.

*Tasiocera (Dasymolophilus) exigua* (SAVCHENKO, 1973)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (312); ein

Männchen Mitte Juni 1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, in Sümpfen und feuchter Erde; phytosaprophag.

Verbreitung: Mittel- und Südeuropa.

*Tasiocera (Dasymolophilus) fuscescens*

(LACKSCHEWITZ, 1940)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308), Schapbach (370); drei Männchen Anfang Juli 1996, bei Schapbach gekeschert.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, an feuchten Bach- und Flussufnern, in Sümpfen und feuchter Erde; phytosaprophag.

Verbreitung: Mitteleuropa, Schweden, Italien, Albanien, Rumänien.

*Tasiocera spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (318); ein Weibchen Ende Juli 1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, phytosaprophag.

Verbreitung: Aus Deutschland fünf Arten der Gattung bekannt.

#### Unterfamilie Limoniinae

*Antocha spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (350, 360); die Gattung wurde nur larval nachgewiesen.

Habitat & Biologie: Larven aquatisch, in stark strömenden Bächen; phytosaprophag.

Verbreitung: Aus Deutschland zwei Arten der Gattung bekannt.

*Dicranomyia (Idiopyga) stigmatica* (MEIGEN, 1830)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360); sechs Männchen und drei Weibchen Mitte September bis Anfang Oktober 1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, in hygropetrischen Zonen, an feuchten Bach- und Flussufnern; phytosaprophag.

Verbreitung: Europa.

*Dicranomyia (Melanolimonia) caledonica*

(EDWARDS, 1926)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312); drei Männchen gekeschert am 12.06.1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, in Quellsümpfen und feuchter Erde; phytosaprophag.

Verbreitung: Europa.

*Dicranomyia spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308); ein Weibchen gekeschert am 12.06.1996.

Habitat & Biologie: Habitatpräferenz vieler Arten der Gattung unbekannt; phytosaprophag.

Verbreitung: Aus Deutschland 36 Arten der Gattung bekannt.

*Elliptera omīssa* (SCHINER, 1863)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (318); ein Männchen Anfang August 1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, in der hygropetrischen Zone und am Ufer von Bächen; phytosaprophag.

Verbreitung: Mittel- und Südeuropa; in Deutschland nur aus Bayern bekannt.

*Limonia macrostigma* (SCHUMMEL, 1829)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308); ein Männchen Anfang Juli 1996.

Habitat & Biologie: Larven terrestrisch und semiaquatisch, meistens in feuchtem Boden, auch im Randbereich von Quellen und Fließgewässern morschem Holz, feuchtem Laub; phytosaprophag.

Verbreitung: Europa.

*Orimarga attenuata* (WALKER, 1848)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360); zwei Männchen und drei Weibchen Anfang Juni bis Anfang Juli 1996.

Habitat & Biologie: Larven semiaquatisch, in der hygropetrischen Zone; phytosaprophag.

Verbreitung: Europa; in Deutschland nur aus Bayern bekannt.

## Familie Pediciidae

*Dicranota (Paradicranota) subtilis* (LOEW, 1871)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360, 370); ein Männchen in der Emergenz Mitte September 1996, ein Männchen gekeschert am 27.09.1996.

Habitat & Biologie: Larven aquatisch, in Quellbereichen, Bächen und kleinen Flüssen; zoophag.

Verbreitung: Europa.

*Dicranota (Ludicia) lucidipennis* (EDWARDS, 1921)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (318), Schapbach (360); vereinzelt, aber regelmäßig vor allem am Schapbach zwischen Mitte Juni und Anfang August 1996.

Habitat & Biologie: Larven aquatisch, in der hygropetrischen Zone und Quellbereichen; zoophag.

Verbreitung: Mittel- und Südeuropa.

*Pedicia (Amalopsis) occulta* (MEIGEN, 1830)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (300, 308, 312, 314, 318), Schapbach (370); vereinzelt bei Herrenroint (300, 314) und Schapbach 1996 gekeschert, sonst in der Emergenz.

Habitat & Biologie: Larven aquatisch, in hygropetrischen Zonen, Quellbereichen, Bächen und kleinen Flüssen; zoophag.

Verbreitung: Mittel- und Südeuropa.

*Pedicia (Crunobia) straminea* (MEIGEN, 1838)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312, 318); Schapbach (360, 370), in geringen Individuenzahlen (insgesamt 29 Exemplare), aber regelmäßig zwischen Mitte Juni und Anfang September 1996, bei

Schapbach (370) gekeschert.

Habitat & Biologie: Larven aquatisch, in Quellbereichen und kleinen Bächen; zoophag.

Verbreitung: Europa.

*Pedicia (Pedicia) rivosarivosa* (LINNAEUS, 1758)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312), Schapbach (360); jeweils ein Weibchen, bei Herrenroint gekeschert, bei Schapbach in der Emergenz.

Habitat & Biologie: Larven aquatisch, in Quellbereichen und an feuchten Seeufern; zoophag.

Verbreitung: Europa.

*Tricyphona (Tricyphona) alpigena* (STROBL, 1909)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312, 318); jeweils ein Exemplar (insgesamt zwei Männchen und ein Weibchen), bei 308 und 312 gekeschert, bei 318 in der Emergenz Anfang Juni 1996.

Habitat & Biologie: Larven aquatisch, Habitatpräferenz unbekannt; zoophag.

Verbreitung: Österreich, Slowakei, Tschechien; Erstfund für Deutschland (siehe auch REUSCH & OOSTERBROEK 2000).

*Tricyphona (Tricyphona) contraria* (BERGROTH, 1888)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (300, 312); zwei Männchen und ein Weibchen gekeschert am 12.06.1996, Schapbach (360); drei Männchen und drei Weibchen in der Emergenz Ende Mai bis Mitte Juni 1996, Schönau, Klingerbachquelle; elf Männchen und sechs Weibchen gekeschert am 11.06.1996.

Habitat & Biologie: Larven aquatisch, Habitatpräferenz unbekannt; Larven zoophag.

Verbreitung: Italien, Österreich, Polen, Slowakei, Tschechien; Erstfund für Deutschland (siehe auch REUSCH & OOSTERBROEK 2000).

*Tricyphona (Tricyphona) immaculata* (MEIGEN, 1804)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (300, 308, 312), Schapbach (360); vereinzelt (insgesamt 21 Exemplare) gekeschert oder in der Emergenz zwischen Ende Mai und Mitte Juni 1996.

Habitat & Biologie: Larven aquatisch, in Quellbereichen, Bächen und kleinen Flüssen; zoophag.

Verbreitung: Europa.

*Tricyphona (Tricyphona) livida* (MADARASSY, 1881)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (318), Schapbach (360); ein Männchen und zwei Weibchen.

Habitat & Biologie: Larven aquatisch, in Quellbereichen, Bächen und kleinen Flüssen; zoophag.

Verbreitung: Mitteleuropa, Italien, Rumänien.

*Tricyphona spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312), Schapbach (360); jeweils ein Einzelexemplar.

Habitat & Biologie: Larven aquatisch, in Quellen und Fließgewässern; zoophag.

Verbreitung: Aus Deutschland sieben Arten der Gattung bekannt.

*Ula bolitophila* (LOEW, 1869)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308); ein Weibchen gekeschert am 12.06.1996.

Habitat & Biologie: Larven terrestrisch, myzetophag (an Basidiomyzeten).

Verbreitung: Europa.

## Literatur

- BRINKMANN, R. (1992): Zur Habitatpräferenz und Phänologie der Limoniidae, Tipulidae und Cylindrotomidae (Diptera) im Bereich eines norddeutschen Tieflandbaches. Faunistisch-Ökologische Mitteilungen, Supplement 11 (1991). Kiel: 1-155.
- DAHL, C. (1992): Family Trichoceridae (Petauristidae). In: SOÓS, Á.; PAPP, L. & OOSTERBROEK, P. (Hrsg.): Catalogue of the Palaearctic Diptera 1. Budapest: 31-37.
- DAHL, C. (1999): Trichoceridae. In: SCHUMANN, H.; BÄHRMANN, R. & STARK, A. (Hrsg.): Entomofauna Germanica 2. Checkliste der Dipteren Deutschlands. Studia dipterologica. Supplement 2. Halle (Saale): 86.
- DE JONG, H. & OOSTERBROEK, P. (2002a): Family Limoniidae. In: BEUK, P.L.T. (Hrsg.): Checklist of the Diptera of the Netherlands. Utrecht: 27-35.
- DE JONG, H. & OOSTERBROEK, P. (2002b): Family Pediciidae. In: BEUK, P.L.T. (Hrsg.): Checklist of the Diptera of the Netherlands. Utrecht: 36-37.
- FISCHER, J., SCHNABEL, S. & WAGNER, R. (1995): Die Dipterenemergenz naturnaher Waldquellen im Gladenbacher Bergland (Hessen) (Insecta, Diptera). Studia dipterologica 2 (1): 27-50.
- HEISS, R. (1999): Tipulidae. In: SCHUHMAN, H.; BÄHRMANN, R. & STARK, A. (Hrsg.): Entomofauna Germanica 2. Checkliste der Dipteren Deutschlands. Studia dipterologica. Supplement 2: 83-85.
- MENDL, H. (1978): Limoniidae. In: ILLIES, J. (Hrsg.): Limnofauna Europaea, 2. Auflage. Stuttgart: 367-377.
- OOSTERBROEK, P. & SIMOVA-TOSIC, D. (2003): An annotated list of the species of Pediciidae, Limoniidae and Cylindrotomidae of Slovenia, Croatia, Bosnia-Herzegovina, Serbia, Montenegro and Macedonia, with additions for the Tipulidae (Insecta, Diptera). Studia dipterologica 10 (2): 441-452.
- OOSTERBROEK, P. & THEOWALD, B. (1992): Family Tipulidae. In: SOÓS, Á.; PAPP, L. & OOSTERBROEK, P. (Hrsg.): Catalogue of the Palaearctic Diptera 1. Budapest: 56-178.
- OOSTERBROEK, P. & STARÝ (1995): 63. Diptera Tipulomorpha. In: MINELLI, A.; RUFFO, S. & LA POSTA, S. (Hrsg.): Checklist delle Specie della Fauna Italiana. Bologna: 1-16.
- PETERSEN, F.T. & DE JONG, H. (2001a): Limoniidae. In: PETERSEN, F.T. & MEIER, R. (Hrsg.): A preliminary list of the Diptera of Denmark. Steenstrupia 26: 148-151.
- PETERSEN, F.T. & DE JONG, H. (2001b): Pediciidae. In: PETERSEN, F.T. & MEIER, R. (Hrsg.): A preliminary list of the Diptera of Denmark. Steenstrupia 26: 157.
- PODENAS, S. (1995): The families Tipulidae, Limoniidae, Cylindrotomidae, Trichoceridae and Ptychopteridae in Lithuania: an eco-faunistic approach. Dissertation, Universität Neuchâtel: 1-116.
- REUSCH, H. & OOSTERBROEK, P. (2000): Übersicht der aus den einzelnen deutschen Bundesländern bekannten Stelmücken (Diptera: Limoniidae et Pediciidae). Braunschweiger Naturkundliche Schriften 6 (1): 149-164.
- REUSCH, H.; BELLSTEDT, R.; BRINKMANN, R. & HEISS, R. (2004): Regionale Ergänzungen zur Stelmücken-Fauna Deutschlands in verschiedenen Bundesländern. Braunschweiger Naturkundliche Schriften 7 (1): 109-121.
- SAVCHENKO, E.N.; OOSTERBROEK, P. & STARÝ, J. (1992): Family Limoniidae. In: SOÓS, Á.; PAPP, L. & OOSTERBROEK, P. (Hrsg.): Catalogue of the Palaearctic Diptera 1. Budapest: 183-374.
- SCHACHT, W.; VOGTENHUBER, P. & DUNK, K.V.D. (2001): Zweiflügler aus Bayern XX (Diptera, Tipulidae). Entomo-fauna 22: 421-432.
- STARÝ, J. (1992): Phylogeny and classification of Tipulomorpha, with special emphasis on the family Limoniidae. Acta zoologica cracoviensia 35 (1): 11-36.
- STARÝ, J. (1994): Revision of European species related to *Tricyphona livida* (Diptera: Pediciidae). European Journal of Entomology 91: 437-450.
- STARÝ, J. (2001): Faunistic records of Limoniidae, Pediciidae and Cylindrotomidae (Diptera) from Hungary. Folia Entomologica Hungarica 62: 199-204.
- STARÝ, J. (2003): Revision of European species of the genus *Rhabdomastix* (Diptera: Limoniidae). Part 1: Introduction and subgenus *Lurdia* subgen. n. European Journal of Entomology 100: 587-608.
- STARÝ, J. (2004a): Revision of European species of the genus *Rhabdomastix* (Diptera: Limoniidae). Part 2: Subgenus *Rhabdomastix* s. str. European Journal of Entomology 101: 657-687.
- STARÝ, J. (2004b): *Dicranota* (Paradicranota) *cinerascens* LACKSCHEWITZ, 1940, a Valid Species (Diptera: Pediciidae). Aquatic Insects 26 (3/4): 273-279.
- STARÝ, J. & GEIGER, W. (1998): 5. Limoniidae und 6. Pediciidae. In: MERZ, B.; HAENNI, J.-P. & GONSETH, Y. (Hrsg.): Diptera - Checklist. Fauna Helvetica 1. Neuchâtel: 70-82.
- STARÝ, J. & KRZEMIJSKI, W. (1993): Additions to the list of Bulgarian Limoniidae and Pediciidae (Diptera). - Acta zoologica cracoviensia 35 (3): 569-572.
- STARÝ, J. & PAPP (2001): Limoniidae, Pediciidae. In: PAPP, L. (Hrsg.): Checklist of the Diptera of Hungary. Budapest, S. 21-33.
- STERNBERG, A. (1998): Die Stelmücken (Limoniidae und Pediciidae, Diptera) zweier Waldquellbiotope in der Rhön (Hessen) und ihre Phänologie. Lauterbornia 32: 101-111.
- STUBBS, A. 1998. Pediciidae and Limoniidae. In: CHANDLER, P. (Hrsg.): Checklists of Insects the British Isles. Handbooks for the Identification of British Insects 12 (1). London: 3-9.
- UJVÁROSI, L. & STARÝ, J. (2003): A new *Pedicia* (*Crunobia*) from Romania and other four species new to the country's fauna (Diptera: Pediciidae). Entomologica Romanica 7 (2002): 45-50, Bucuresti.

### 6.13.2 Familie Zuckmücken (Chironomidae)

ELISABETH STUR & SOFIA WIEDENBRUG

Die Zuckmücken sind mit etwa 1200 europäisch verbreiteten Arten die artenreichste limnische Insektenfamilie in Europa. Weltweit wird die Artenzahl dieser Mückenfamilie sogar auf das Zehnfache geschätzt. Larven (Abb. 6-13-5) und Puppen (Abb. 6-13-6) der Zuckmücken leben vorwiegend in limnischen Habitaten, nicht nur in Quellen, Bächen, Flüssen und Seen, sondern auch in temporären Gewässern wie Pfützen auf Felsen, Regentonnen und Wasseransammlungen in Pflanzen; die präimaginalen Stadien einiger Arten sind aber auch in terrestrischen und sogar marinen Habitaten vertreten.

Der Lebenszyklus besteht aus vier Larvenstadien, einem Puppenstadium und der fortpflanzungsfähigen Imago, die mit der Eiablage den Zyklus vollendet. In der reifen Puppe hat sich die Imago vor dem Schlüpfen schon vollständig entwickelt. In diesem Fall spricht man von einem "pharaten" Männchen bzw. Weibchen, die Merkmale der Puppe und des darin enthaltenen er-



**Abb. 6-13-5:** Larve einer Zuckmücke. Das erste Körpersegment hinter dem dunklen Kopf trägt ein charakteristisches Paar von Scheinfüßchen. (Foto: Stur)



**Abb. 6-13-6:** Puppe einer Zuckmücke der Gattung *Microsectra*. Die Puppen dieser Mückenfamilie sind beweglich, das Schlüpfen des Adultus findet an der Wasseroberfläche statt. (Foto: Stur)

wachsenen Tieres vereint. Die Paarung findet in der Regel in Schwärmen statt, die häufig in der Nähe von Gewässern beobachtet werden können. Dem Menschen fallen die Zuckmücken kaum auf, weil sie nicht stechen. Gelegentlich kann allerdings das Auftreten von Massenschwärmen unangenehm werden, hin und wieder werden Fälle von Allergien beim Menschen berichtet.

Große Bedeutung haben die Zuckmücken in der Nahrungskette aquatischer Ökosysteme. Auch sind sie wegen ihrer Häufigkeit, ihres Artenreichtums und der spezifischen Lebensansprüche vieler Arten als Bioindikatoren für den Lebensraum ihrer Larven geeignet. Die Kenntnis der Arten basiert allerdings in erster Linie auf der Morphologie der männlichen Imagines. Viele Arten sind inzwischen auch in ihren Puppenstadien bekannt, aber nur von einem Teil der Arten sind die Larven und nur selten die weiblichen Imagines beschrieben worden.

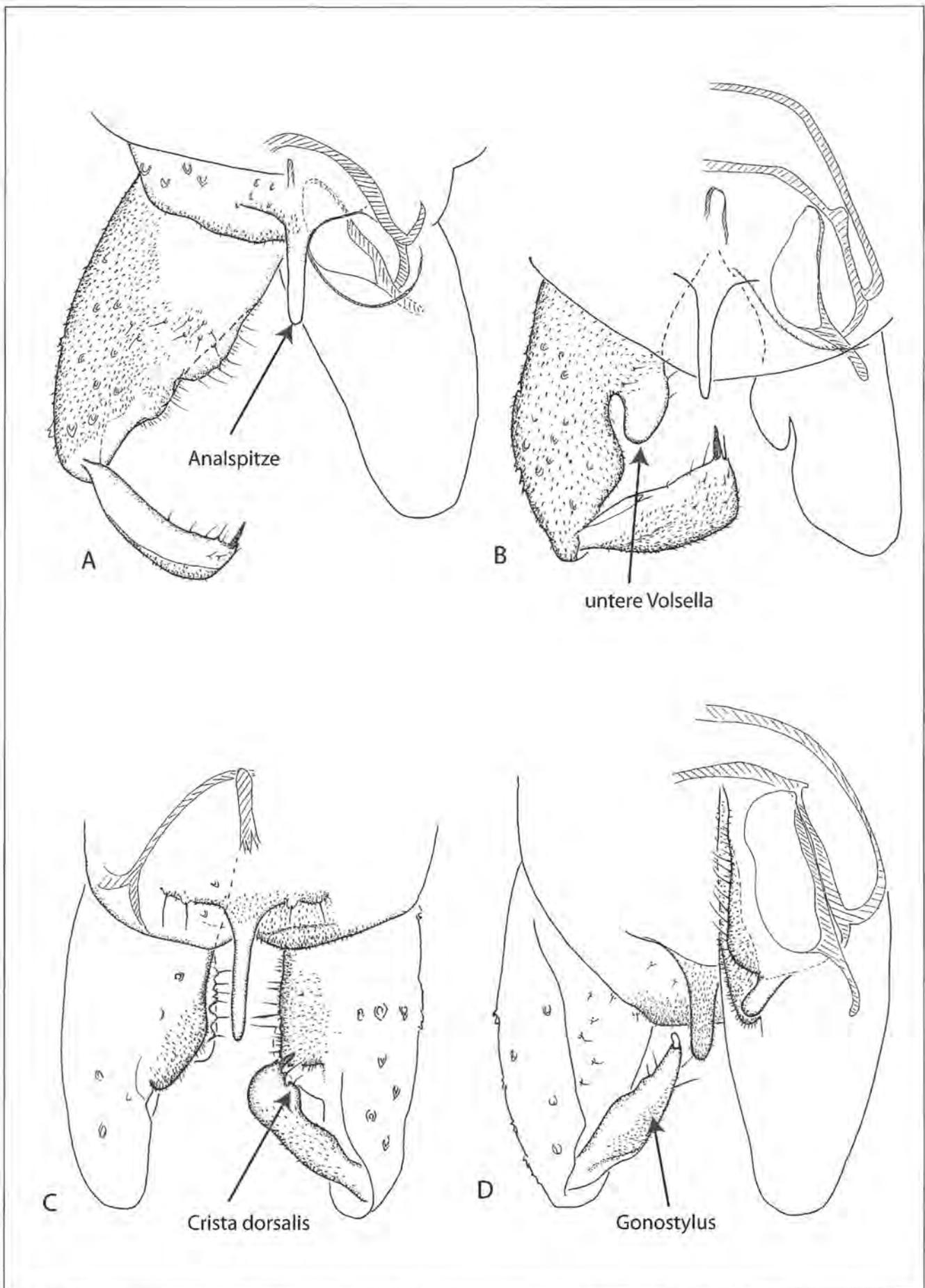
Im Rahmen der Untersuchungen der Quellkomplexe von Herrenroint und Schapbach (Kapitel 8) wurde vor allem die Artzusammensetzung der aus den Quellen schlüpfenden Männchen untersucht. Die Ergebnisse der Emergenzuntersuchung von Schrankel (Mai bis Oktober 1996) waren nach ihrer Auswertung Grundlage für eine weitere Emergenzuntersuchung im Jahr 2001 für die Monate Juni und September. In kleinerem Rahmen wurden auch Driftproben aus Quellen untersucht und Larven gezüchtet.

Aus den beiden Quellkomplexen wurden insgesamt etwa 6300 Männchen bearbeitet, jeweils ungefähr zur Hälfte aus dem Schapbach- bzw. Herrenroint-Bereich. Es konnten 1996 und von 1999 bis 2001 68 Arten unterschieden werden; zwei weitere Arten traten nur im Quellbach auf.

Von diesen Arten waren vier neu für die Wissenschaft (STUR & EKREM 2006, STUR & WIEDENBRUG 2005), weitere vier konnten nur auf Gattungsniveau bestimmt werden. Die restlichen 60 Arten lassen sich in ökologischer



**Abb. 6-13-7:** Kopf und Thorax der im Rahmen dieser Untersuchung neu entdeckten Zuckmückenart *Heterotrissocladius zierli* in Aufsicht. Die stark gefiederten Fühler sind ein charakteristisches Merkmal der Familie. (Foto: Stur)



**Abb 6-13-8:** Wichtige Erkennungsmerkmale erwachsener Zuckmücken finden sich am Kopulationsapparat des männlichen Körperhinterendes (*Hypopygium*). **A.** *Bryophaenocladius* sp. 1; **B.** *Bryophaenocladius* sp. 2; **C.** *Chaetocladus* cf. *minutissimus*; **D.** *Chaetocladus* *stercorarius*.

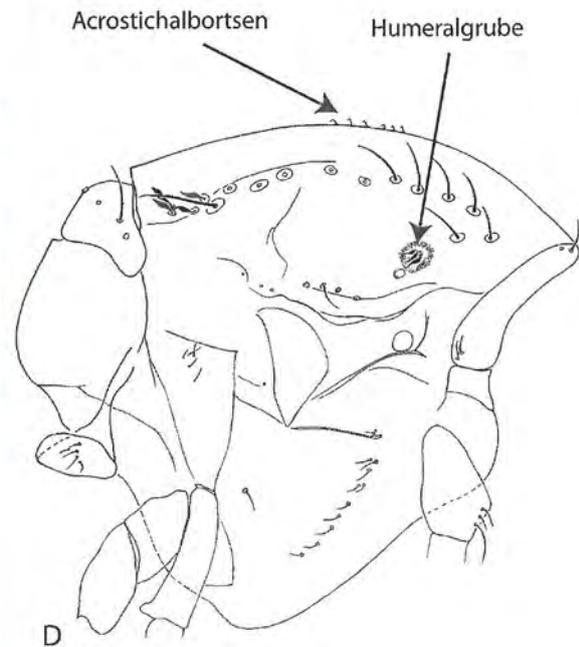
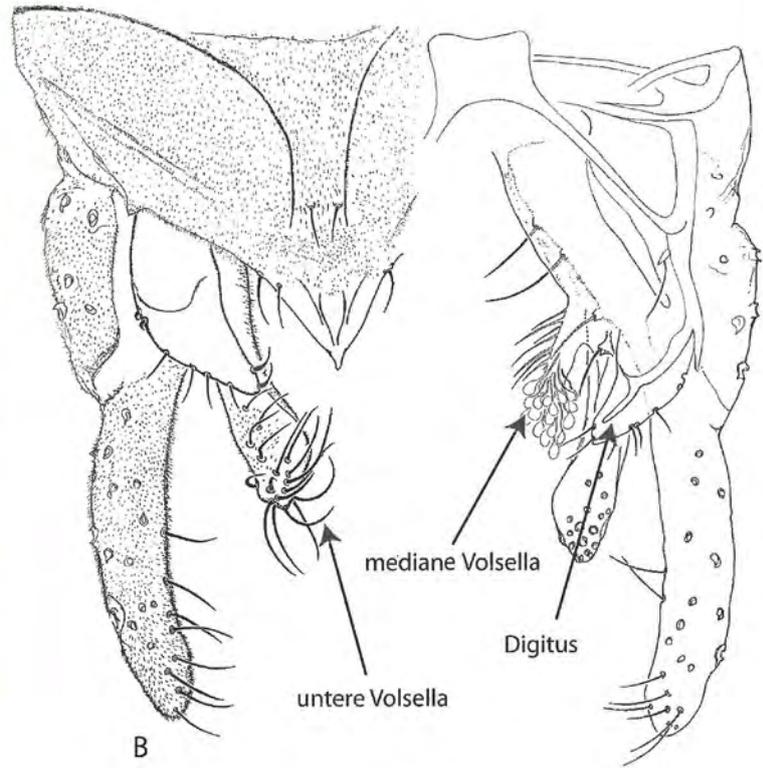


Abb. 6-13-9: A - B. Zuckmücke *Parapsectra mendli*, Gegenüberstellung von Fotografischer (A) und zeichnerischer (B) Abbildung des männlichen Kopulationsapparates (*Hypopygium*); C - D. Zuckmücke *Limnophyes difficilis*, Brustabschnitt (Thorax) in Seitenansicht, mit wichtigen Bestimmungsmerkmalen in Fotografischer (C) und zeichnerischer (D) Darstellung. (Fotos: Stur)

Hinsicht wie folgt charakterisieren: 25 Arten sind krenobiont; fünf weitere kommen neben Quellen auch in Fließgewässern vor; fünf sind terrestrisch oder semiterrestrisch; 14 werden als ubiquitär bezeichnet (aus stehenden und fließenden Gewässern bekannt); für 11 fanden sich keine ökologischen Angaben.

Von den von THIENEMANN (1936, 1954) in Quellen und speziell in alpinen Quellen nachgewiesenen Arten konnten 21 ebenfalls gefunden werden: *Metriocnemus eurynotus*, *Metriocnemus fuscipes*, *Parametriocnemus stylatus*, *Paraphaenocladus impensus* und *Krenosmittia boreoalpina* werden von THIENEMANN (1954) zum "Grundstock der gesamteuropäischen Quellfauna" gerechnet, *Krenopelopia binotata*, *Macropelopia fittkai*, *Brillia bifida*, *Orthocladus (Eudactylocladius) fuscimanus* und *Limnophyes pentaplastus* zum "Grundstock der mitteleuropäischen Quellfauna", die Arten *Thienemannia gracilis*, *Cricotopus annulator*, *Chaetocladus minutissimus*, "*Eukiefferiella subalpina*" (wahrscheinlich identisch mit *Thienemannia libanica*) und *Paraboreochlus minutissimus* bezeichnet er als typisch alpine Quellarten. Als Arten, die neben alpinen Quellen auch aus anderen Biotopen bekannt sind, nennt er u.a. *Pseudorthocladus curtistylus*, *Rheocricotopus effusus*, *Tvetenia bavarica*, *Tvetenia calvescens* und *Prodiamesa olivacea*. Von den 68 Arten, die wir bisher in Schapbach und Herrenröint nachweisen konnten, sind 45 bei LINDEGAARD (1995) als europäische Quellarten aufgelistet. Über diese Ergebnisse der Standarduntersuchungen hinaus enthält die folgende Darstellung 13 weitere Arten, die an anderen Stellen in Quellnähe bei gelegentlichen Probenahmen gefunden wurden. Zur Diversität und Phänologie ausgewählter Arten finden sich Details in Kap. 8.

Angaben über weitere, aus quelfremden Habitaten im Nationalpark nachgewiesene Chironomidenarten finden sich bei ORENDT (2000, 2001). Informationen über die Verbreitung der Zuckmücken wurden den jeweiligen Artbeschreibungen, SAMIETZ (1999) und der elektronischen Veröffentlichung von SÆTHER & SPIES (2004) entnommen. Angaben zu Biologie und Habitat entstammen neben eigenen Beobachtungen und den im Text zitierten Arbeiten auch den Arbeiten von ARMITAGE et al. (1995), BRUNDIN (1947, 1949, 1966), EDWARDS (1929), LEHMANN (1972), LINDEGAARD (1995), STRENZKE (1950) und THIENEMANN (1936, 1941, 1944). Die Untersuchung dieser besonders wichtigen Insektengruppe wurde aus Mitteln des Nationalparks gefördert; dabei entstandene Vergleichssammlungen sind in der Zoologischen Staatssammlung München und in der Nationalparkverwaltung hinterlegt.

#### Unterfamilie Podonominae

*Paraboreochlus minutissimus* (STROBL, 1894)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312); vereinzelt.

Habitat & Biologie: Quellen und Bäche; Flugzeit Frühsommer (Juni).

Verbreitung: Süd- und Mitteleuropa; vor allem in montanen Regionen; einzige Art dieser Gattung in Europa.

*Parochlus kiefferi* (GARRET, 1925)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312); vereinzelt.

Habitat & Biologie: Quellen; Flugzeit September.

Verbreitung: Nord- und Mitteleuropa.

#### Unterfamilie Tanypodinae

*Krenopelopia* spp.

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312), Schapbach (360); regelmäßig in der Emergenz.

Habitat & Biologie: Schwerpunkt der Schlüpfzeit: Juli - August.

Bemerkung: Die Arten der Gattung *Krenopelopia* lassen sich am besten im Puppenstadium unterscheiden. Im Herrenröint-Quellkomplex wurden Puppen von drei verschiedenen Arten dieser Gattung gesammelt; die Adulttiere aus der Emergenz ließen sich nur auf Gattungsniveau bestimmen.

*Krenopelopia nigropunctata* (STAEGER, 1839)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308); ein Männchen aus Larve aufgezogen (Juli 1999).

Habitat & Biologie: Quellen; Larven auch unter dünnen Wasserhäuten an Steinen und Pflanzen (FITTKAU 1962); Schwerpunkt der Schlüpfzeit: Juli - August.

Verbreitung: Europa.

*Krenopelopia* sp. 1

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (Nr. 308); ein Männchen aus einer Puppe gezüchtet, die Anfang August 1999 gesammelt wurde (syntop mit *Krenopelopia nigropunctata*).

Habitat & Biologie: Quellen (FITTKAU 1962).

Verbreitung: Nördlicher Alpenraum.

Bemerkung: FITTKAU (1962) beschrieb diese Art anhand von Puppenexuvien als "*Krenopelopia* spec. Alpen". Dieser Morphotyp lässt sich von den anderen bekannten *Krenopelopia*-Arten durch je eine große Schlauchborste auf den Abdominalsegmenten V und VI unterscheiden. Nach der Zucht des Männchen steht der Neubeschreibung nichts mehr im Wege.

*Krenopelopia* sp. 2

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308); zwei Puppen im Juli 1999 aus Larven gezüchtet.

Verbreitung: Nur aus dem Nationalpark Berchtesgaden bekannt. Neuentdeckung im Rahmen des Projektes.

Bemerkung: Puppenexuvien dieses Morphotypus lassen sich von den bisher bekannten Arten durch das Vorhandensein je zweier großer Schlauchborsten auf den Abdominalsegmenten V und VI unterscheiden.

*Macropelopia fittkai* (FERRARESE & CERETTI, 1987)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360); Emergenz; ein Männchen, Ende Juni 2001.

Habitat & Biologie: Quellen.

Verbreitung: Deutsche, österreichische und italienische Alpen (FERRARESE & CERETTI 1987).

*Pentaneurella katterjokki* (FITTKAU & MURRAY, 1983)  
Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt (300), ein Weibchen und eine Puppe aus Larven gezüchtet, August 2000.

Habitat & Biologie: Quellen, Quellrinnsale und kleine Bergbäche (FITTKAU & MURRAY 1983).

Verbreitung: Schwedisch-Lappland, Nord-Norwegen, Schweiz, Frankreich; Erstnachweis für Deutschland.

*Trissopelopia longimana* (STAEGER, 1939)

Vorkommen im Nationalpark: Sommerbichl-Weide, Rheokrene (335), Drift, vier Puppenexuvien (ORENDT 2000).

Habitat & Biologie: Quellen und Fließgewässer, in Nordskandinavien auch im Seenlitoral (FITTKAU 1962).

Verbreitung: Paläarktis.

#### Unterfamilie Prodiamesinae

*Prodiamesa olivacea* (MEIGEN, 1818)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360); Emergenz; ein Männchen, Juli 1996.

Habitat & Biologie: Alle Gewässertypen.

Verbreitung: Holarktis.

#### Unterfamilie Diamesinae

*Diamesa bertrami* (EDWARDS, 1935)

Vorkommen im Nationalpark: Wegrand des Weges von Schapbach nach Herrenrönt, beim Aussichtspunkt, schwärmte im April 1999.

Habitat & Biologie: Fließgewässer.

Verbreitung: Holarktis.

*Diamesa cinerella* (MEIGEN in GISTL, 1885)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360); Emergenz, ein Männchen, April 1996.

Habitat & Biologie: Quellen und Fließgewässer.

Verbreitung: Europa.

*Diamesa permacra* (WALKER, 1856)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (351); ein pharates Männchen aus Larve gezüchtet, Ende Juli 1999.

Habitat & Biologie: Quellen und quellnahe Standorte; auch unter dünnen Wasserhäuten an Pflanzen und Steinen.

Verbreitung: Europa.

*Diamesa cf. wuelkeri* (SERRA TOSIO, 1964)

Vorkommen im Nationalpark: Abwärtsgraben Quellbach, Drift, eine Puppenexuvie. (ORENDT 2000).

Habitat & Biologie: Quellen.

Verbreitung: Norwegen, Alpen.

Bemerkung: Da die Puppenexuvien der Gattung *Diamesa* sehr schwer zu trennen sind (LANGTON 1991) wird diese Art hier als *Diamesa cf. wuelkeri* aufgeführt.

*Pseudodiamesa branickii* (NOWICKI, 1873)

Vorkommen im Nationalpark: Feldalm (Rheokrene) (750), Priesbergalm (Quelle) (808), Landtal (Quelle und Quell-

bach) (680, 681), Wasseralm (Quellbach) (645); Drift, Larven und Puppenexuvien (ORENDT 2000).

Habitat & Biologie: Quellen, Fließgewässer.

Verbreitung: Holarktis.

*Pseudokiefferiella parva* (EDWARDS, 1932)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (351); Puppe aus Drift, Ende Juni 1999.

Habitat & Biologie: Quellen und Quellbäche.

Verbreitung: Holarktis.

#### Unterfamilie Orthoclaadiinae

*Brillia bifida* (KIEFFER, 1909)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt (308, 360), Schapbach (351, 360, 370); vereinzelt in der Emergenz; Larven und Puppen aus Benthos und Drift, zum Teil aufzuchten.

Habitat & Biologie: Quellen und Fließgewässer; Flugzeit Mai - Oktober.

Verbreitung: Paläarktis.

*Bryophaenocladus* sp.1

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360); Emergenz, fünf Männchen, April 1996.

Bemerkung: *Bryophaenocladus* sp.1 konnte keiner uns bekannten Art zugeordnet werden, die Gattung ist revisionsbedürftig. Eine parallele Analspitze, eine flache untere Volsella und ein relativ dünner Gonostylus (Abb. 6-13-8) sind typisch für diese Art.

*Bryophaenocladus* sp. 2

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt (312), Schapbach (360); Emergenz, zwei Männchen, Juni und Oktober.

Bemerkung: *Bryophaenocladus* sp.2 konnte keiner uns bekannten Art zugeordnet werden. Eine sackförmige untere Volsella (Abb. 6-13-8) und das Fehlen von Borsten an der Squama (= proximales "Flügeläppchen") sind charakteristisch für diese Art.

*Camptocladus stercorarius* (DEGEER, 1776)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360), Emergenz, ein Männchen, Juli 1996.

Habitat & Biologie: Larven leben u. a. in Kuhdung und anderem verrottendem Material.

Verbreitung: Paläarktis.

*Chaetocladus laminatus* (BRUNDIN, 1947)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt (312), Emergenz, relativ häufig im September 1996. Herrenrönt (308) und Schapbach (360), Emergenz, vereinzelt.

Habitat & Biologie: Quellen und Quellbäche; auch zwischen Moosen und auf Oberflächen mit dünner Wasserhaut; Flugzeit September, Oktober.

Verbreitung: Europa.

*Chaetocladus cf. minutissimus*

(GOETGHEBUER in GOETGHEBUER & LENZ, 1942)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt (308, 312),

Emergenz, relativ häufig. Schapbach (360), Emergenz, vereinzelt.

Habitat & Biologie: Quellen; Flugzeit Juni - August.

Verbreitung: Deutschland.

*Corynoneura lobata* (EDWARDS, 1924)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312, 318) und Schapbach (360), Emergenz, regelmäßig.

Habitat & Biologie: Fließgewässer; Flugzeit Mai - Oktober, mit zwei Maxima im Mai/Juni und September/Oktober.

Verbreitung: Holarktis.

*Corynoneura* sp.1

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312, 318) und Schapbach (360), Emergenz, vereinzelt.

Habitat & Biologie: Quellen; Flugzeit Juni - September.

Bemerkung: Diese Art konnte keiner uns bekannten Art zugeordnet werden. Eine umfassende Revision der Gattung steht noch aus, die Entdeckung neuer Arten ist wahrscheinlich.

*Cricotopus (Cricotopus) sp. curtus/annulator*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312, 318) und Schapbach (360), Emergenz, vereinzelt.

Habitat & Biologie: Quellen, Fließgewässer und stehende Gewässer; Flugzeit Juni - August.

Verbreitung: Nordafrika und Holarktis.

Bemerkung: Es ist nicht möglich, das vorliegende Material einer der beiden Arten, *Cricotopus (Cricotopus) curtus* HIRVENOJA, 1973 und *Cricotopus (Cricotopus) annulator* GOETGHEBUER, 1927 zuzuordnen. Beide Arten unterscheiden sich nur durch die Färbung der Abdominaltergite und die Verteilung der Sinneszapfen auf den Tarsi des zweiten und dritten Beinpaars. HIRVENOJA 1973.

*Eukiefferiella brevicealcar* (KIEFFER, 1911)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (351), Drift, drei Puppenexuvien, Juni.

Habitat & Biologie: Fließgewässer.

Verbreitung: Paläarktis.

*Eukiefferiella coeruleascens* (KIEFFER in ZAVŘEL, 1926)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308) Emergenz, vereinzelt, Schapbach (360), Emergenz, relativ häufig.

Habitat & Biologie: Quellen und Fließgewässer; oft zwischen Moosen; Flugzeit September.

Verbreitung: Holarktis.

*Eukiefferiella fittkau* (LEHMANN, 1972)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (318), Quellbach, ein Männchen sowie Puppenexuvien von *Eukiefferiella fittkau* LEHMANN, 1972 und/oder *Eukiefferiella minor* EDWARDS, 1929, Drift.

Habitat & Biologie: Fließgewässer; Flugzeit Mai - Juni.

Verbreitung: Beide Arten in Europa, Nordafrika und im Nahen Osten.

Bemerkung: Es wurden bis auf ein eindeutig bestimmtes Männchen von *Eukiefferiella fittkau* ausschließlich Puppenexuvien gesammelt. Die Arten *Eukiefferiella fittkau*

und *Eukiefferiella minor* lassen sich anhand der Puppenmorphologie nicht unterscheiden (LEHMANN 1972).

*Eukiefferiella fuldensis* (LEHMANN, 1972)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (318), Schapbach (360), Quellbach, Drift, Puppenexuvien.

Habitat & Biologie: Fließgewässer. Flugzeit Mai, Juni.

Verbreitung: Süd- und Mitteleuropa.

*Eukiefferiella tirolensis* (GOETGHEBUER, 1938)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360), Herrenröint (318), Emergenz, regelmäßig.

Habitat & Biologie: Alle Gewässertypen; Flugzeit April - Oktober, häufiger im Sommer.

Verbreitung: Süd- und Mitteleuropa.

*Gymnometriocnemus subnudus* (EDWARDS, 1929)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (312), Emergenz, ein Männchen, Juni; Herrenröint (308), Emergenz, sieben Männchen im Mai und Juni.

Habitat & Biologie: Terrestrisch.

Verbreitung: Nord- und Mitteleuropa.

*Heleniella oraticollis* (EDWARDS, 1929)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312, 318), Schapbach (360), Emergenz, häufig.

Habitat & Biologie: Quellen und Quellbäche; Flugzeit Mai - Oktober.

Verbreitung: Paläarktis, in Europa weit verbreitet.

*Heleniella cf. serratosioi* (RINGE, 1976)

Vorkommen im Nationalpark: Stuhlgraben (Quellbach) (765), Abwärtsgraben (Quellbach), Drift, fünf Puppenexuvien (ORENDT 2000).

Habitat & Biologie: Quellen, Quellbäche.

Verbreitung: Europa, Naher Osten.

Bemerkung: Es könnte sich bei diesem Nachweis auch um *Heleniella oraticollis* (EDWARDS, 1929) handeln, deren adulte Männchen und Puppen von *Heleniella serratosioi* nicht zu unterscheiden sind (LANGTON, pers. comm.).

*Heterotrissocladus cf. grimshawi* (EDWARDS, 1929)

Vorkommen im Nationalpark: obere Graskopf-Quelle (718) Drift, zwei Puppenexuvien (ORENDT 2000).

Habitat & Biologie: Seen.

Verbreitung: Nordeuropa.

Bemerkung: Die von ORENDT (2000) zu *Heterotrissocladus grimshawi* gestellten Puppenexuvien stimmen nicht in allen Merkmalen mit der Puppenbeschreibung von *Heterotrissocladus grimshawi* überein (siehe SÆTHER 1975). Es ist möglich, dass sie das Puppenstadium von *H. zierli* repräsentieren.

*Heterotrissocladus zierli* (STUR & WIEDENBRUG 2005)

(Abb. 6-13-7)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360), Emergenz, acht Männchen.

Habitat & Biologie: Flugzeit Mai-Juni.

Verbreitung: Nur aus dem Nationalpark Berchtesgaden bekannt. Neuentdeckung im Rahmen des Projektes.

Bemerkung: Nach SÆTHER et al. (2000) sind in Europa aus der Gattung *Heterotrissocladius* sechs Arten bekannt. Die Gattung wurde von SÆTHER 1975 revidiert und eine weitere Art wurde 1988 von SÆTHER & SCHNELL beschrieben. Die neue Art aus dem Nationalpark ist die erste Art dieser Gattung mit Borsten auf dem Präepisternum. Diagnostische Merkmale sind außerdem eine Antennen-Ratio (Längenverhältnis des letzten Antennengliedes zu den übrigen Antennensegmenten) von etwa 0,5, die Stellung der Acrostichialborsten nahe dem Antepnotum und eine flache Crista dorsalis.

*Krenosmittia boreoalpina* (GOETGHEBUER, 1944)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312, 318), Schapbach (360), Emergenz, zahlreich.

Habitat & Biologie: In Quellen weit verbreitet, auch semiaquatatisch in feuchten Moosen; Flugzeit Mai - Oktober, vermehrt im Sommer.

Verbreitung: Europa.

*Limnophyes asquamatus* (ANDERSEN, 1937)

Vorkommen im Nationalpark: Landtal Quelle (680) Drift, ein Männchen (ORENDT 2000).

Habitat & Biologie: Scheint im Gegensatz zu den meisten anderen Vertretern dieser Gattung aquatisch zu sein (SÆTHER 1990).

Verbreitung: Holarktis.

*Limnophyes bidumus* (SÆTHER, 1990)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312), Schapbach (360), Emergenz, regelmäßig.

Habitat & Biologie: Fließende und stehende Gewässer; Flugzeit Mai, August - Oktober, vermehrt im September.

Verbreitung: Europa.

*Limnophyes difficilis* (BRUNDIN, 1947)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312), Schapbach (360), Emergenz, vereinzelt.

Habitat & Biologie: Semiterrestrisch und auf Substraten mit dünner Wasserhaut; Flugzeit Ende Mai - September.

Verbreitung: Nord- und Mitteleuropa.

*Limnophyes minimus* (MEIGEN, 1818)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312, 318), Schapbach (360). Emergenz. Nicht sehr zahlreich.

Habitat & Biologie: Zwischen Moosen und in Habitaten, die von einer dünnen Wasserhaut überzogen sind; Flugzeit Mai - September.

Verbreitung: Weltweit außer Australis.

*Limnophyes natalensis* (KIEFFER, 1914)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312, 318), Schapbach (360), Emergenz, nicht sehr zahlreich.

Habitat & Biologie: Alle Gewässertypen; Flugzeit Mai - September, vermehrt im Juni.

Verbreitung: Weltweit außer Australis und Neotropis.

*Limnophyes pentaplastus* (KIEFFER, 1921)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308), Schap-

bach (360), Emergenz, nicht sehr zahlreich, aber regelmäßig.

Habitat & Biologie: Zwischen Moosen und in Habitaten, die von einer dünnen Wasserhaut überzogen sind; Flugzeit Ende April - Anfang November.

Verbreitung: Holarktis.

*Limnophyes pumilio* (HOLMGREN, 1869)

Vorkommen im Nationalpark: Priesbergalm (Rheokrene) (808), Drift, ein Männchen (ORENDT 2000).

Habitat & Biologie: Seenlitoral (SÆTHER 1990).

Verbreitung: Holarktis.

*Limnophyes cf. recisus* (SÆTHER, 1975)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360), Emergenz, ein Männchen, Juni 1996.

Verbreitung: Nearktis, Europa (?).

Bemerkung: Die Bestimmung als „ähnlich zu *Limnophyes recisus*“ wurde durch SÆTHER (pers. comm.) bestätigt. Dieser Ersthachweis der Art in Europa erfolgt aber unter Vorbehalt, bis das Vorkommen der Art durch weiteres Material abgesichert ist.

*Metriocnemus eurynotus* (HOLMGREN, 1883)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312), Schapbach (360), Emergenz, nicht sehr zahlreich, aber regelmäßig.

Habitat & Biologie: Fließgewässer, auch auf Substraten, die von einer dünnen Wasserhaut überzogen sind; Flugzeit Juni - Oktober, v. a. August.

Verbreitung: Holarktis.

*Metriocnemus fuscipes* (MEIGEN, 1818)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312), Emergenz vereinzelt; Schapbach (360), Emergenz, nicht sehr zahlreich, aber regelmäßig.

Habitat & Biologie: Terrestrisch und semiterrestrisch; Flugzeit Mai - Juli.

Verbreitung: Holarktis.

*Metriocnemus picipes* (MEIGEN, 1818)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (351) zwei Männchen, Sommer 1996.

Habitat & Biologie: Alle Gewässertypen.

Verbreitung: Holarktis.

*Orthocladus (Eudactylocladius) fuscimanus*

(KIEFFER in KIEFFER & THIENEMANN, 1908)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308), Emergenz, ein Männchen und Drift, eine Puppenexuvie; Schapbach (360), Emergenz, ein Männchen; September - Oktober.

Habitat & Biologie: In Moos oder auf Substrat, das von dünnen Wasserhäuten überzogen ist.

Verbreitung: Europa, weit verbreitet.

*Orthocladus (Eudactylocladius) priomixtus* (SÆTHER, '04)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360), Emergenz, ein Männchen, Juli 1996.

Habitat & Biologie: Fließgewässer.

Verbreitung: Norwegen, Ersthachweis für Deutschland.

*Orthocladus (Orthocladus) rubicundus* (MEIGEN, 1818)  
Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (318), Schapbach (360), Drift, Puppenexuvien sowie Benthos, Larven, zum Teil bis zum pharaten Weibchen gezüchtet, Flugzeit Juni/Juli.

Habitat & Biologie: Fließgewässer.

Verbreitung: Holarktis.

*Orthocladus (Symposiocladus) lignicola*  
(KIEFFER in POTTHAST, 1915)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (300), Benthos, ein pharates Männchen, Flugzeit Juli.

Habitat & Biologie: In unterschiedlichen Gewässertypen.

Verbreitung: Holarktis.

*Parakiefferiella cf. fennica* (TUISKUNEN, 1986)

Vorkommen im Nationalpark: Stuhlgraben (Quellbach) (765), Drift, drei Puppenexuvien (ORENDT 2000).

Verbreitung: *Parakiefferiella fennica* ist aus Europa bekannt, u.a. aus dem Litoral von Seen in Finnland und Schweden.

Bemerkung: Mit dem Puppenschlüssel von Tuiskunen (1986) und LANGTON (1991) wird man diese Puppenexuvien auf Grund des fehlenden Thorakalhorns und des Vorhandenseins der Pedes Spurii B als *Parakiefferiella fennica* bestimmen. Allerdings stimmt die Chagrinierung der Abdominalsegmente II-V nicht mit der Art diagnose von TUISKUNEN (1986) überein. Aus diesem Grund haben wir hier die Art aus dem Nationalpark als "cf. fennica" bezeichnet.

*Parakiefferiella gracillima* (KIEFFER, 1924)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308), Emergenz, zwei Männchen und Herrenröint (312), Emergenz, sehr häufig. ca. 70% von insgesamt 1340 Männchen.

Habitat & Biologie: Quellen (Helokrenen?); Flugzeit: Sehr zahlreich im Juni.

Verbreitung: Mitteleuropa, Alaska.

*Parametricnemus stylatus* (KIEFFER, 1924)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312, 318), Schapbach (360), Emergenz; Drift, Schapbach (360), drei Puppenexuvien.

Habitat & Biologie: Weit verbreitet in Fließgewässern; Flugzeit Mai - September; Hauptflugzeit bei Herrenröint im Frühsommer; bei Schapbach im Spätsommer.

Verbreitung: Paläarktis.

*Paraphaenocladus exagitans monticola*  
(STRENZKE, 1950)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312), Schapbach (360), Emergenz, nicht sehr zahlreich.

Habitat & Biologie: Quellen und feuchte Bodenüberzüge von Seeufem; Flugzeit Juni.

Verbreitung: Paläarktis.

*Paraphaenocladus impensus contractus*  
(SÆTHER & WANG, 1995)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308), Schapbach (360), Emergenz, nicht sehr zahlreich.

Habitat & Biologie: In Quellen zwischen Moosen

(SÆTHER & WANG 1995); Flugzeit Ende Juli - Anfang August.

Verbreitung: Paläarktis.

*Paraphaenocladus pseudirritus* (STRENZKE, 1950)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308), Emergenz, relativ häufig im Juni 2001, im September 2001 vereinzelt.

Habitat & Biologie: Quellen, Quellbäche, stehende Gewässer, Moose.

Verbreitung: Nord- und Mitteleuropa.

*Paratrithocladus skirwithensis* (EDWARDS, 1929)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 318), Emergenz, vereinzelt; Herrenröint (312), Emergenz, häufig im Juni 1996.

Habitat & Biologie: Quellen und quellnahe Regionen; Flugzeit Mai - Juni.

Verbreitung: Holarktis.

*Parorthocladus nudipennis*

(KIEFFER in KIEFFER & THIENEMANN, 1908)

Vorkommen im Nationalpark: Grünseealm (Rheokrene) (744), Drift, 17 Puppenexuvien (ORENDT 2000).

Habitat & Biologie: Fließgewässer.

Verbreitung: Europa, Nordafrika.

*Pseudorthocladus curtistylus* (GOETGHEBUER, 1921)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312, 318), Emergenz, vereinzelt.

Habitat & Biologie: Terrestrisch, semiterrestrisch und limnisch; Flugzeit Mai - Juni.

Verbreitung: Holarktis.

*Rheocricotopus effusus* (WALKER, 1856)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312, 318), Schapbach (360), Emergenz, regelmäßig.

Habitat & Biologie: Quellen, Fließgewässer; Flugzeit Mai-Oktober.

Verbreitung: Holarktis, weit verbreitet.

*Rheocricotopus sp. godavarius* Gruppe

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312), Schapbach (360), Emergenz, regelmäßig.

Habitat & Biologie: Flugzeit Juni - Oktober, vermehrt Mitte Juli bis Mitte August.

Bemerkung: Die *godavarius*-Gruppe war bisher von drei Arten aus Nepal, Japan und aus der Nearktis bekannt. Von allen Arten liegen nur wenige Einzelfunde vor (SÆTHER 1985). Die Art aus dem Nationalpark wird durch folgende Merkmale charakterisiert: Antennen-Ratio 0,3 - 0,4 (siehe *Heterotrissocladus zierli*); Humeralgruben klein, rundlich, schwer zu erkennen; Squama mit ein bis zwei Borsten; Analspitze mit sechs lateralen Borsten.

*Smittia nudipennis* (GOETGHEBUER, 1913)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308), Emergenz, ein Männchen, Juni 1996.

Habitat & Biologie: Terrestrisch.

Verbreitung: Paläarktis.

*Smittia reissi* (ROSSARO & ORENDT, 2001)

Vorkommen im Nationalpark: Grünsee Alm (Rheokrene) (744), Stuhlgraben (Quellbach) (765), je ein Männchen (ROSSARO & ORENDT 2001).

Habitat & Biologie: Krenobiont?

Verbreitung: Bisher nur aus dem Nationalpark Berchtesgaden bekannt.

*Tavastia alticrista* (STUR & WIEDENBRUG 2005)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312). Emergenz, vereinzelt.

Habitat & Biologie: Flugzeit Mai - Juni.

Verbreitung: Nur aus dem Nationalpark Berchtesgaden bekannt. Neuentdeckung im Rahmen des Projektes.

Bemerkung: Vertreter der anderen beiden bisher bekannten Arten dieser Gattung, *Tavastia australis* TUISKUNEN, 1985 (Finnland und Niederlande) und *Tavastia cristacauda* SÆTHER, 1992 (Nordamerika und Japan), wurden in sumpfigen Gegenden gesammelt (SÆTHER 1992, TUISKUNEN 1985). Es ist anzunehmen, dass die neue Art aus dem Nationalpark ebenfalls semiterrestisch oder ein Quellbewohner ist. *Tavastia alticrista* wird durch folgende Merkmale charakterisiert: Antennen-Ratio 0,4; kurze Analspitze mit Mikrotrichien; Crista dorsalis (Abb. 6-13-8) breit und abgerundet.

*Thienemannia fulvofasciata* (KIEFFER, 1921)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312), Schapbach (360), Emergenz, nicht sehr häufig.

Habitat & Biologie: Quellen, Fließgewässer (?); Flugzeit Juni, August - September.

Verbreitung: Europa.

*Thienemannia gracilis* (KIEFFER, 1909)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (351, 360), Emergenz, Drift, Benthos, Männchen und Weibchen zum Teil aus Larven gezüchtet, Puppenexuvien und Männchen. Relativ selten in der Emergenz.

Habitat & Biologie: Quellen, Fließgewässer; Flugzeit Juli - August.

Verbreitung: Europa, weit verbreitet.

*Thienemanniella libanica* (LAVILLE & MOUBAYED, 1985)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312), Schapbach (360) Emergenz, sehr häufig.

Habitat & Biologie: Quellen, zwischen Moosen (LAVILLE & MOUBAYED, 1985); Flugzeit Mai - Oktober, häufig: Mai - Juli.

Verbreitung: Libanon, Spanien, Portugal, Frankreich und Dänemark.

*Thienemanniella caspersi* (SÆTHER, 2003)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312), Schapbach (360), Emergenz, teilweise zahlreich.

Habitat & Biologie: Fließgewässer; Flugzeit Mai - Oktober.

Verbreitung: Deutschland, Frankreich, Italien, Österreich.

*Tvetenia bavarica* (GOETGHEBUER, 1934)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312, 318), Schapbach (360), Emergenz, vereinzelt-regelmäßig.

Habitat & Biologie: Quellen, Fließgewässer, zwischen Moosen; Flugzeit Mai - Oktober, vermehrt September - Oktober.

Verbreitung: Holarktis.

*Tvetenia calvescens* (EDWARDS, 1929)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (312), Schapbach (360), Emergenz, vereinzelt bis regelmäßig. Herrenroint (308, 318), Schapbach (351), Benthos, zum Teil gezüchtet.

Habitat & Biologie: Quellen, Fließgewässer; Flugzeit Juni - Oktober, im Schapbach regelmäßig Ende August - Oktober.

Verbreitung: Holarktis.

## Unterfamilie Chironominae

*Micropsectra attenuata* (REISS, 1969)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312), Emergenz, nicht sehr zahlreich.

Habitat & Biologie: Quellen, Quellbäche; Flugzeit Ende Juli - September.

Verbreitung: Europa, Nearktis.

*Micropsectra fusca* (MEIGEN, 1804) sensu LANGTON, 1991

Vorkommen im Nationalpark: Graskopf (Rheokrene) (718), Drift, eine Puppenexuvie (ORENDT 2000).

Habitat & Biologie: Weit verbreitet in Fließgewässern.

Verbreitung: Europa.

*Micropsectra pharetrophora* (FITTKAU & REISS, 1998)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312), Schapbach (360), Emergenz, kann relativ zahlreich auftreten.

Habitat & Biologie: Quellen (FITTKAU & REISS, 1998); Flugzeit Mai - Oktober, vermehrt August - September.

Verbreitung: Mitteleuropa.

*Micropsectra schrankelae* (STUR & EKREM, 2006)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (312), Schapbach (360), Emergenz, nicht sehr zahlreich.

Habitat & Biologie: Krenobiont, Flugzeit Juni.

Verbreitung: Aus dem Nationalpark Berchtesgaden und aus Quellen Luxemburgs und der Wasserkuppe (Rhön) bekannt, sowie Gewässern Norwegens, der Schweiz und Italiens. Neuentdeckung im Rahmen des Projektes.

*Micropsectra seguyi* (CASAS & LAVILLE, 1990)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360), Emergenz, kann relativ zahlreich vorkommen.

Habitat & Biologie: Flugzeit Mai - August, vermehrt Mitte Juli - August.

Verbreitung: Zuvor nur aus einer Quelle in der Sierra Nevada in Spanien bekannt (CASAS & LAVILLE 1980); Erstnachweis für Deutschland. ORENDT (2000) erwähnt das Vorkommen einer *Micropsectra*-Puppenexuvie "near seguyi" im Nationalpark Berchtesgaden. Mit Hilfe der

mit den Imagines assoziierten Puppenexuvien und im Vergleich mit dem Typenmaterial war es möglich, die Art mit Sicherheit zu bestimmen.

*Micropsectra sofiae* (STUR & EKREM, 2006)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312), Schapbach (360), Emergenz.

Habitat & Biologie: Krenobiont, Flugzeit Ende August - Oktober.

Verbreitung: Nur aus dem Nationalpark Berchtesgaden und aus Quellen in Luxemburg bekannt. Neuentdeckung im Rahmen des Projektes.

*Neostempellina thienemanni* (REISS, 1984)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360), Benthos, Larve und Puppe, gezüchtet, Juni 2000.

Habitat & Biologie: Quellen, zwischen Moosen (REISS 1984).

Verbreitung: Mitteleuropa.

*Neozavrelia improvisa* (FITTKAU, 1954)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360), Emergenz, vereinzelt.

Habitat & Biologie: Habitate, die von einer dünnen Wasserhaut überzogen sind; Flugzeit Juli.

Verbreitung: Mitteleuropa.

*Parapsectra mendli* (REISS, 1983)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312), Emergenz, vereinzelt. Häufig in 312, Juni 1996.

Habitat & Biologie: Quellen; Flugzeit Juni.

Verbreitung: Belgien, Deutschland.

*Paratanytarsus laccophilus* (EDWARDS, 1929)

Vorkommen im Nationalpark: Stuhlgraben (Quellbach) (765), Drift, eine Puppenexuvie (ORENDT 2000).

Habitat & Biologie: Bäche, Teiche und Tümpel (KRÜGER & THIENEMANN 1951).

Verbreitung: Holarktis.

*Phaenopsectra punctipes* (WIEDEMANN, 1817)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312), Emergenz, sieben Männchen.

Habitat & Biologie: Stehende und fließende Gewässer; Flugzeit Juni, August - September.

Verbreitung: Holarktis.

Bemerkung: Die beiden aus Europa bekannten Arten der Gattung *Phaenopsectra* lassen sich vor allem aufgrund der Färbung voneinander trennen. Da das Material durch die Konservierung in Alkohol die Färbung teilweise verliert, ist die Bestimmung nicht ganz sicher.

*Stempellinella flavidula* (EDWARDS, 1929)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312, 318), Emergenz.

Habitat & Biologie: Vorkommen in Kalkquellen, Quellbächen und kleinen Fließgewässern. Die Larven der Gattung *Stempellinella* bauen kleine transportable Gehäuse aus Sand und Detritus. Flugzeit Juni, September, Oktober.

Verbreitung: Mitteleuropa.

*Stempellinella ciliaris* (GOETGHEBUER, 1944)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 318), Emergenz.

Habitat & Biologie: Quellen; Flugzeit September, Oktober.

Verbreitung: *Stempellinella ciliaris* ist bekannt aus Österreich, Deutschland und Luxemburg. Es ist anzunehmen, dass diese Art weiter in Mitteleuropa verbreitet ist, da durch ihre Ähnlichkeit mit *Stempellinella flavidula* und durch ihren geringen Bekanntheitsgrad Fehlbestimmungen wahrscheinlich sind.

Bemerkung: Im Rahmen einer Revision der Gattungen *Stempellinella* und *Zavrelia* (EKREM in prep.) wurden die Tiere von Berchtesgaden mit dem Typenmaterial von *Stempellinella ciliaris* verglichen und konnten dieser Art zugeordnet werden. *Stempellinella ciliaris* unterscheidet sich von der ihr ähnlichen *Stempellinella flavidula* (s.o.) durch die Form der unteren Volsella, die stärkere Bedornung der Analspitze und die Länge ihrer Medianvolsella. Diese Art besitzt im Gegensatz zu *Stempellinella flavidula* einen dunkelbraunen Thorax.

*Tanytarsus heusdensis* (GOETGHEBUER, 1923)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312, 318), Emergenz, vereinzelt.

Habitat & Biologie: Quellen, Bäche; Flugzeit August-Oktober.

Verbreitung: Europa, Nordafrika, Naher Osten.

## Literatur

ARMITAGE P.; CRANSTON, P.S. & PINDER, L.C.V. (Hrsg.) (1995): The Chironomidae. The biology and ecology of non-biting midges. Chapman & Hall.

BRUNDIN, L. (1947): Zur Kenntnis der schwedischen Chironomiden. Ark. Zool. 39 (3): 1-95.

BRUNDIN, L. (1949): Chironomiden und andere Bodentiere der südschwedischen Urgebirgsseen. Ein Beitrag zur Kenntnis der bodenfaunistischen Charakterzüge schwedischer oligotropher Seen. Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm. 30: 1-914.

BRUNDIN, L. (1966): Transantarctic relationships and their significance, as evidenced by chironomid midges with a monograph of the subfamilies Podonominae and Aphroteniinae and the austral Heptagytiae. Kungl. Svenska Vetenskapsakad. Handl. 11 (1): 1-472.

CASAS, J.J. & LAVILLE, H. (1990): *Micropsectra seguyi*, n. sp. du groupe *attenuata* Reiss (Diptera: Chironomidae) de la Sierra Nevada (Espagne). Anns Soc. ent. Fr. 26: 421-425.

EDWARDS, F.W. (1929): British non-biting midges (Diptera, Chironomidae). Trans. Ent. Soc. London 77: 279-430.

FERRARESE, U. & GERETTI, G. (1987): *Macropelopia fittkaui* n. sp., a new species of Tanytopodinae (Diptera: Chironomidae) from the Alpine zone. Ent. scand. Suppl. 29: 167-172.

FITTKAU, E.J. (1954): Die Gattung *Neozavrelia* Goetgh. (Chironomidenstudien II). Dt. ent. Z. 1: 163-179.

- FITTKAU, E.J. (1962): Die Tanypodinae (Diptera: Chironomidae) (die Tribus Anatopyiini, Macropelopiini und Pentaneurini). Abh. Larvalsyst. Insekten (Akademie-Verlag Berlin) 6: 1-453.
- FITTKAU, E.J. & MURRAY (1983): *Pentaneurella katterjokki*, eine neue Gattung und Art der Tanypodinae (Dipt. Chironomidae). Nachr.bl. Bayer. Ent. 32: 57-63.
- FITTKAU, E.J. & REISS, F. (1998): *Micropsectra pharetophora*, a New Species of Tanytarsini (Diptera, Chironomidae) Constructing Portable Larval Cases. J. Kansas Ent. Soc. 71: 226-233.
- HIRVENOJA, M. (1973): Revision der Gattung *Cricotopus* van der Wulp und ihrer Verwandten (Diptera, Chironomidae). Ann. Zool. Fennici 10: 1-363.
- KRÜGER, W.C. & THIENEMANN, A. (1951): Tanytarsus-Studien II. Die Subsectio Paratanytarsus. Arch. Hydrobiol. Suppl. 18: 595-632.
- LANGTON, P.H. (1991): A key to pupal exuviae of West Palaearctic Chironomidae. Huntingdon, England.
- LAVILLE, P.H. & MOUBAYED, J. (1985): Les Chironomidés (Diptera) du Liban. II. Description de l'imago [?] et de la nymphe de *Thienemannia libanica* n. sp.. Annls Limnol. 21(1): 77-82.
- LEHMANN, J. (1972): Revision der europäischen Arten (Puppen und Imagines Männchen) der Gattung *Eukiefferiella* Thienemann (Diptera, Chironomidae). Beitr. Ent. 22 (7/8): 347-405.
- LINDEGAARD, C. (1995): Chironomidae (Diptera) of European cold springs and factors influencing their distribution. J. Kansas Ent. Soc. 68. (2): 108-131.
- NOLTE, U. (1991): Seasonal dynamics of moss-dwelling chironomid communities. Hydrobiologia 222: 197-211.
- ORENDT, C. (2000): Chironomids of small Alpine water bodies (springs, spring brooks, pools, small lakes) of the northern calcareous Alps (Insecta, Diptera, Chironomidae). Spixiana 23 (2): 97-224.
- ORENDT, C. (2001): Chironomiden in Kleingewässern der nördlichen Kalkalpen (Quellen, Bäche, Tümpel, Kleinsseen). Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) Tagungsbericht 2000 (Magdeburg): 434-436.
- REISS, F. (1993): *Parapsectra mendli* n. sp. (Diptera, Chironomidae) aus dem Allgäu, Bayern. Spixiana 6: 79-81.
- REISS, F. (1984): *Neostempellina thienemanni* n. gen., n. sp., eine europäische Chironomide mit gehäusetragenden Larven (Diptera, Insecta). Spixiana 7: 203-210.
- ROSSARO, B. & ORENDT, C. (2001): A new *Smittia* species from the Bavarian Alps (Diptera Chironomidae). Boll. Soc. entomol. ital. 133: 55-60.
- SÆTHER, O.A. (1975): Nearctic and Palaearctic *Heterotrissocladus* (Diptera, Chironomidae). Bull. Fish. Res. Bd. Can. 193: 1-67.
- SÆTHER, O.A. (1975): Twelve new species of Limnophyes EATON, with keys to the Nearctic males of the genus (Diptera: Chironomidae). Can. Ent. 107: 1029-1056.
- SÆTHER, O.A. (1985): A review of the genus *Rheocricotopus* THIENEMANN & HARNISCH, 1932, with the description of three new species. Spixiana Suppl. 11: 59-108.
- SÆTHER, O.A. (1990): A review of genus *Limnophyes* EATON from the Holarctic and Afrotropical regions. Ent. scand. Suppl. 35: 1-135.
- SÆTHER, O.A. (1992): First Nearctic record of the orthoclad genus *Tavastia* TUISKUNEN (Diptera: Chironomidae). Ent. scand. 22: 385-388.
- SÆTHER, O.A.; ASHE, P. & MURRAY, D.A. (2000): Family Chironomidae. In: PAPP, L. & DARVAS, B. (Hrsg.) Contributions to a Manual of Palaearctic Diptera (with special reference to flies of economic importance) Appendix. Science Herald, Budapest: 113-334.
- SÆTHER, O.A. & SCHNELL, O.A. (1988): *Heterotrissocladus brundini* spec. nov. from Norway (Diptera, Chironomidae). Spixiana Suppl. 14: 57-64.
- SÆTHER, O.A. & SPIES, M. (2004-Gegenwart): Chironomidae data. In: Fauna Europaea Service (Hrsg.) Fauna Europaea. Internet database unter: www.faunaeur.org
- SÆTHER, O.A. & WANG, X. (1995): Revision of the genus *Paraphaenocladus* THIENEMANN, 1924 of the world (Diptera: Chironomidae, Orthocladinae). Ent. scand. Suppl. 48: 1-69.
- SAMIETZ, R. (1999): Chironomidae. In: SCHUMANN, H.; BÄHRMANN, R. & STARK, A. (Hrsg.): Checkliste der Dipteren Deutschlands. Studia Dipterologica Suppl. 2: 39-50.
- STRENZKE, K. (1950): Systematik, Morphologie und Ökologie der terrestrischen Chironomiden. Arch. Hydrobiol. Suppl. 18: 207-414.
- STUR, E. & EKREM, T. (2006): A revision of West Palaearctic species of the *Micropsectra atrofasciata* species group (Diptera: Chironomidae). Zoological Journal of the Linnean Society, 146: 165-225.
- STUR, E. & WIEDENBRUG, S. (2005): Two New Orthoclad Species (Diptera: Chironomidae) from Cold Water Springs of the Nationalpark Berchtesgaden, Germany. Aquatic Insects 27: 125-131.
- THIENEMANN, A. (1936): Alpine Chironomiden (Ergebnisse von Untersuchungen in der Gegend von Garmisch-Partenkirchen, Oberbayern). Arch. Hydrobiol. 30: 167-262.
- THIENEMANN, A. (1941): Lappländische Chironomiden und ihre Wohngewässer. Arch. Hydrobiol. Suppl. 17: 1-253.
- THIENEMANN, A. (1944): Bestimmungstabellen für die bisher bekannten Larven und Puppen der Orthocladinae. Arch. Hydrobiol. 39: 551-664.
- THIENEMANN, A. (1954): Chironomus. Leben, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung der Chironomiden. Die Binnengewässer 20. Stuttgart.
- TUISKUNEN, J. (1985): *Tavastia australis*, a new genus and species (Diptera, Chironomidae, Orthocladinae) from Finland. Ann. Ent. Fenn. 51: 30-32.
- TUISKUNEN, J. (1986): The fennoscandian species of *Parakiefferiella* THIENEMANN (Diptera, Chironomidae, Orthocladinae). Ann. Zool. Fennici 23: 175-196.

**Tabelle 6-13-1:** Übersicht über die Zuckmücken der Quellkomplexe von Herrenroint (300, 308, 312 und 318) und Schapbach (360).

	Habitat	Fundorte				
		300	308	312	318	360
<i>Paraboreochlus minutissimus</i>	u		■	■		
<i>Parochlus kiefferi</i>	k		■	■		
<i>Krenopelopia</i> spp.	k, b		■	■		■
<i>Macropelopia fittkaui</i>	k					■
<i>Pentaneurella katterjokki</i>	k	■				
<i>Prodiamesa olivacea</i>	u					■
<i>Diamesa bertrami</i>	l				■	
<i>Diamesa cinerella</i>	u					■
<i>Diamesa permacra</i>	k, m					■
<i>Pseudokiefferiella parva</i>	k	■				
<i>Brillia bifida</i>	l		■		■	■
<i>Bryophaenocladus</i> sp.1	-					■
<i>Bryophaenocladus</i> sp.2	-			■		■
<i>Camptocladus stercorarius</i>	t					■
<i>Chaetocladus laminatus</i>	k, b		■	■		■
<i>Chaetocladus</i> cf. <i>minutissimus</i>	k		■	■		■
<i>Corynoneura lobata</i>	u		■	■	■	■
<i>Corynoneura</i> sp.1	-		■	■	■	■
<i>Cricotopus curtus/annulatus</i>	u		■	■	■	■
<i>Eukiefferiella breviculcar</i>	u					■
<i>Eukiefferiella coeruleascens</i>	k, b		■			■
<i>Eukiefferiella fittkaui /minor</i>	l				■	
<i>Eukiefferiella fuldensis</i>	?				■	■
<i>Eukiefferiella tirolensis</i>	?				■	■
<i>Gymnometriocnemus subnudus</i>	?		■	■		
<i>Helaniella ornaticollis</i>	k		■	■	■	■
<i>Heterotrissocladus zierli</i>	-					■
<i>Krenosmittia boreoalpina</i>	k, t		■	■	■	■
<i>Limnophyes bidumus</i>	?		■	■		■
<i>Limnophyes difficilis</i>	m		■	■		■
<i>Limnophyes minimus</i>	u, b		■	■	■	■
<i>Limnophyes natalensis</i>	?		■	■	■	■
<i>Limnophyes pentaplastus</i>	u, m		■			■
<i>Limnophyes</i> cf. <i>recisus</i>	-					■
<i>Metriocnemus eurynotus</i>	l, m		■	■		■

	Habitat	Fundorte				
		300	308	312	318	360
<i>Metriocnemus fuscipes</i>	t, m		■	■		■
<i>Metriocnemus picipes</i>	u					■
<i>O. (Eudactylocladius) fuscimanus</i>	m, b		■		■	■
<i>O. (Eudactylocladius) priomixtus</i>	?					■
<i>O. (Orthocladus) cf. rubicundus</i>	l				■	■
<i>O. (Symposiocladius) lignicola</i>	?	■				
<i>Parakiefferiella gracillima</i>	k		■	■		
<i>Parametriocnemus stylatus</i>	u		■	■	■	■
<i>Paraphaenocladus exaglitans</i>	k?		■	■		■
<i>Paraphaenocladus monticola</i>	b?					■
<i>Paraphaenocladus impensus contractus</i>	t, m		■			■
<i>Paraphaenocladus pseudirritus</i>	?		■			
<i>Paratrithocladus skirwithensis</i>	k		■	■	■	
<i>Pseudorthocladus curtistylus</i>	u		■	■	■	
<i>Rheocricotopus effusus</i>	u		■	■	■	■
<i>Rheocricotopus</i> sp. <i>godavarius</i> Gr.	-		■	■		■
<i>Smittia nudipennis</i>	?		■			
<i>Tavastia alticrista</i>	-		■	■		
<i>Thienemannia fulvofasciata</i>	?		■	■		■
<i>Thienemannia gracilis</i>	k, b					■
<i>Thienemannia libanica</i>	k, b		■	■		■
<i>Thienemanniella caspersi</i>	u, b		■	■		■
<i>Tvetenia bavarica</i>	u, b		■	■	■	■
<i>Tvetenia calvescens</i>	u		■	■	■	■
<i>Phaenopsectra flavipes</i>	?		■	■		
<i>Micropsectra attenuata</i>	k		■	■		
<i>Micropsectra pharetrophora</i>	k		■	■		■
<i>Micropsectra schrankelae</i>	-		■	■		■
<i>Micropsectra seguyi</i>	k					■
<i>Micropsectra sofiae</i>		■	■	■		■
<i>Parapsectra mendli</i>	k		■	■		
<i>Neostempellina thienemanni</i>	k					■
<i>Neozavrella improvisa</i>	m					■
<i>Stempellinella ciliaris</i>	k		■	■	■	
<i>Stempellinella flavidula</i>			■	■	■	
<i>Tanytarsus heusdensis</i>	k		■	■	■	

Erklärung der Abkürzungen: k = krenophil, krenobiont, l = lotisch (in Fließgewässern, gelegentlich auch in der litoralen Zone subarktischer und kalter Bergseen), u = ubiquitär, b = bryocol (moosbewohnend), m = madicol (hygropetratisch), t = terrestrisch. (Nach LINDEGAARD 1995, sowie CASAS & LAVILLE 1990, FERRARESE & CERETTI 1987, FITTKAU 1954, FITTKAU & MURRAY 1983, FITTKAU & REISS 1998, LAVILLE & MOUBAYED 1985, NOLTE 1991, REISS 1983).

### 6.13.3 Familie Tastermücken (Dixidae)

RÜDIGER WAGNER & ISABEL SCHRANKEL

Die Tastermücken zählen mit weltweit ca. 400 Arten, davon 17 in Deutschland, zu den kleinen Dipteren-Familien. Die Imagines sind zerbrechliche, gelbliche bis bräunliche Nematoceren, die den Stechmücken ähneln. Sie sind schlechte Flieger und halten sich in Gewässernähe auf. Die Larven (Abb. 6-13-10) sind eucephal (d.h., sie besitzen einen wohl entwickelten Kopf); der Kopf ist dunkel, kräftig sklerotisiert, mit langen Antennen und großen Mundwerkzeugen. Auf der Ventralseite der Abdominalsegmente befinden sich ‚Kämme‘ (Borsten in Reihen) in unterschiedlicher Anzahl.

In der Gattung *Dixa* weisen die Abdominalsegmente dorsal 5-7 Borsten-, ‚Kronen‘ auf. Die Larven sind bemerkenswert, weil sie an den Wassermeniskus gebunden sind (englischer Name: "meniscus midges"). Man findet sie oft in charakteristisch U-förmiger Ruheposition, besonders in Ufernähe oder an aufgetauchten Strukturen knapp über der Wasseroberfläche. Arten der Gattung *Dixa* besiedeln Fließgewässer, vorzugsweise saubere Quellen und Bäche, Arten der Gattung *Dixella* bevorzugen Stillgewässer. Quellen sind für *Dixa*-Arten besonders attraktive Lebensräume, da ihre meist unregelmäßige Uferlinie eine Vielzahl geeigneter Mikrohabitate im Wasser-Land-Übergangsbereich bietet. Die Larven sind Filtrierer und ernähren sich von Detritus und Algen. Die Imagines scheinen keine Nahrung aufzunehmen.

Der Lebenszyklus der Tastermücken umfasst Ei, vier Larvenstadien, Puppe und die fortpflanzungsfähige Imago. Über Lebenszyklus und artliche Einnischung ist wenig bekannt, aber Emergenzaufsammlungen legen die Entwicklung von 1-3 Generationen pro Jahr bei den häufigen Arten nahe. Die Unterscheidung der Arten basiert in erster Linie auf der Genitalmorphologie der männlichen Imagines. Weibchen, Larven und Puppen sind zumindest bis zur Gattung bestimmbar. In den Emergenzfängen an den Quellkomplexen Herrenrönt und Schapbach in den Jahren 1996 und 2001 konnten drei Arten nachgewiesen werden, eine davon erstmals in Deutschland.

*Dixa nubilipennis* (CURTIS, 1832)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360); ein Männchen zweite Hälfte September 2001.

Habitat & Biologie: Wie *D. submaculata*; über die spezifische Einnischung ist nichts bekannt.

Verbreitung: Ganz Europa.

*Dixa obsoleta* (PEUS, 1934)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt (308, 312, 318), Schapbach (360); 38 Männchen und 30 Weibchen regelmäßig von Anfang Juni bis Mitte November 1996 und 2001, die meisten Individuen in Schapbach.

Habitat & Biologie: Wie *D. submaculata*; über die spezifische Einnischung ist nichts bekannt.

Verbreitung: Alpen; Erstnachweis für Deutschland.



**Abb. 6-13-10:** Eingekrümmte (unten) und ausgestreckte (oben) Larven von Tastermücken (*Dixidae*). Im Uferbereich hängen die Larven, meist U-förmig eingekrümmt, mithilfe unbenetzbarer Haare am Oberflächenhäutchen des Gewässers, wo sie sich von Feinpartikeln ernähren, die auf der Wasseroberfläche akkumulieren. (Foto: oben Quellkurs Uni Tübingen), unten Grabow.

*Dixa submaculata* (EDWARDS, 1920)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt (308, 312); ein Männchen und zwei Weibchen in der Emergenz Anfang August bzw. gekeschert am 12.06.1996.

Habitat & Biologie: Larven in Quellen bis hin zu größeren Bächen; bewohnen die Uferzone, wo sie sich zwischen Pflanzen und in Moospolstern festhalten können (Fauna hygropetrica im weitesten Sinn); Feinpartikelfresser; Entwicklung uni- bis bivoltin, in vielen Quellen mit je einem Frühlings- und Herbstschlupf.

Verbreitung: In Europa weit verbreitet, bis in ca. 1000 m Seehöhe, danach oft durch *Dixa maculata* ersetzt.

*Dixa spec.* (MEIGEN, 1818)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenrönt (308), Schapbach (360); fünf Individuen (Geschlecht z.T. nicht mehr bestimmbar) 1996 und 2001.

#### Literatur:

DISNEY, R.H.L. (1999): British Dixidae (Meniscus Midges) and Thaumaleidae (Trickle Midges) – Keys with ecological notes. Freshwater Biological Association, Scientific Publication No. 56.

WAGNER, R. (1978): Chaoboridae, Dixidae. In: ILLIES, J.: Limnofauna Europaea, 2. Aufl. 387-389. Fischer, Stuttgart.

### 6.13.4 Familie Schmetterlingsmücken (Psychodidae)

RÜDIGER WAGNER & ISABEL SCHRANKEL

Schmetterlingsmücken sind bis zu 5 mm große Nematoceren, deren Larven sich fast überall in permanent feuchten Lebensräumen mit sich zersetzendem organischem Material entwickeln. Die Adulttiere (Abb. 6-13-12) sind oft dunkel gefärbt und fallen durch ihre verbreiterten und stark behaarten, eben schmetterlingsähnlichen Flügel auf. Die Larven sind leicht zu erkennen: Sie besitzen 26-27 Körperringe ("Pseudosegmentierung": Durch überzählige Skleritringe wird eine erhöhte Segmentzahl vorgetäuscht, Abb. 6-13-11 A). Sie sind stark sklerotisiert und mit Borsten und Haaren versehen, die so typisch zueinander angeordnet sind, dass man Larven oftmals bis zur Art bestimmen kann. In jedem Fall lohnt sich eine Larvenzucht bis zum Schlupf der Imago. Die Artunterscheidung basiert in erster Linie auf der Genitalmorphologie der männlichen Imagines, Weibchen lassen sich meist nur in Gattungen einteilen.

Die Schmetterlingsmücken umfassen weltweit ca. 3000 Arten; 145 davon sind in Deutschland nachgewiesen. In Berchtesgaden wurden Vertreter von zwei der sechs anerkannten Unterfamilien gefunden: Sycoracinae und Psychodinae.

Vertreter der Sycoracinae sind sehr klein und wenig behaart. Die Larven sind ausgewachsen bis 2 mm lang und asselförmig (Abb. 6-13-11 C-D). Adulte Weibchen saugen Blut an Amphibien und Reptilien; durch ihren Biss können sie Krankheitserreger (Filarien) übertragen.

Die Larven aller Arten der Psychodinae sind grundsätzlich aquatisch. Voraussetzungen für ihre Existenz sind das Vorhandensein von Festsubstraten, aus denen sie oft auch ihre Nahrung entnehmen, ausreichende Feuchtigkeit bis Nässe und ein permanenter Zugang zu atmosphärischem Sauerstoff. Da Arten verschiedener Gattungen sehr an spezifische Lebensbedingungen gebunden sind, lassen sich Habitate mithilfe ihrer Psychodidenfauna recht gut charakterisieren (s.a. die detaillierte Diskussion unserer Befunde in Kapitel 8):

*Mormia*-Arten gehören zu den absoluten Seltenheiten. Ihre Larvenhabitate scheinen sehr genau auf Böden mit bestimmtem Feuchtigkeitsangebot zugeschnitten. Die beiden hier nachgewiesenen Arten werden typischerweise in Gebirgen gefunden.

*Telmatoscopus*-Arten sind typisch für Quellen und Bachabschnitte mit Laubeintrag (Erlenbrüche, Hangquellen).

*Philosepedon*-Arten sind weit verbreitet, aber selten. Ihre Larven wachsen in toten Gehäuseschnecken heran. Die Weibchen sind larvipar. Wahrscheinlich kommen zahlreiche Arten in Europa vor, die aber nur im männlichen Geschlecht und oft mit Schwierigkeit zu bestimmen sind. Larven von *P. soljani* sind nicht bekannt, diese

Art scheint eine Sonderstellung in der Gattung einzunehmen.

*Threticus*-Arten findet man besonders in sumpfigen Abschnitten (Seitenquellen, Bruchwäldern) entlang von Bächen.

*Berdeniella*-Arten sind in der Paläarktis die typischen Fließwasserpsychodiden überhaupt. In den Moosüberzügen von Steinen in sauberen Bächen findet man überall, z.T. massenhaft, ihre Larven mit einem charakteristischen Hinterende, das vier lange Fortsätze mit langen Haaren trägt, die beim Untertauchen eine Luftblase umschließen können (physikalische Kieme). Larven von *Pericoma*-Arten (Abb 6-13-11 B) bevorzugen langsamer fließendes Wasser, *P. trifasciata* scheint kalkreicheres Wasser zu bevorzugen. *Satchelliella cubitospinosa*, *S. mutua* und *S. palustris* sind typische Bewohner von Quellen und Bruchwäldern. *Satchelliella mutua* ist die typische Quell-Schmetterlingsmücke in Mitteleuropa schlechthin.

Ebenso sind *Ulomyia*- und *Saraiella*-Arten typische Quellpsychodiden. *Ulomyia*-Larven bevorzugen die Böden aus zerfallendem organischen Material, während *Saraiella*-Larven eher auf hygropetrischen Flächen zu finden sind. Vertreter der Gattung *Clytocerus* vervollständigen eine typische mitteleuropäische Schmetterlingsmücken - Quellfauna.

Lebensräume mit faulendem organischen Material bevorzugen auch die Larven der polyvoltinen *Psychoda*-Arten (JUNG 1956, VAILLANT 1971). Man findet sie an Ufern leicht bis stark verschmutzter stehender und langsam fließender Gewässer, in Suhlen von Wild und in Exkrementen von Pflanzenfressern. Die meisten Arten sind Kulturfolger. Die Larven mancher Arten siedeln in den Tropfkörpern von Kläranlagen, sind aber auch in ländlichen Toiletten häufig anzutreffen. Larven einiger Arten wurden in menschlichen Urogenitaltrakten gefunden (Myiasis). Zur Artzusammensetzung ist zu bemerken, dass die Funde aus dem Nationalpark Berchtesgaden mit dazu beitragen, sich nochmals näher mit der Taxonomie verschiedener Gattungen zu beschäftigen. Unter den Arten der Gattung *Ulomyia*, typischen Quellorganismen, finden sich möglicherweise noch mehrere unerkannte Lokalarten. In Populationen aus verschiedenen Gegenden der Alpen und anderer Gebirge Europas finden sich Unterschiede in der relativen Stellung von Vorderstigma, Pheromon produzierendem Organ und Schmuckhaare tragendem Organ. Das Gleiche gilt für die Arten weiterer Gattungen. In den Quellkomplexen von Herrenröint und Schapbach konnten 31 Psychodiden-Arten nachgewiesen werden. Zwei weitere Arten konnten nur auf Gattungsniveau bestimmt werden. Alle Nachweise stammen aus Emergenzfängen von 1996 (Herrenröint 308, 312, 318 und Schapbach 360) und 2001 (Herrenröint 308, 312 und Schapbach 360). Exemplare, die als Larven oder Imagines gekeschert wurden, z.T. an anderen als den Emergenzstandorten, werden explizit aufgeführt. Zur Diversität und Phänologie ausgewählter Arten finden sich Details in Kap. 8.



**Abb. 6-13-11:** Larven der Schmetterlingsmücken (Psychodidae). **A.** Larve von *Tonnoiriella* sp., einer im Untersuchungsgebiet nicht nachgewiesenen Gattung - gut sichtbar die "überzähligen" dunklen Rückenplatten; **B** Larven von *Pericoma* spec. (*trifasciata*-Gruppe) sind in versinternten Quellen durch Kalkausfällungen, die den ganzen Körper bedecken, hervorragend getarnt; **C - D** zwei Bewegungsphasen der eigenartigen, asselförmigen Larve von *Sycorax* spec. (Fotos: Quellkurs Uni Tübingen)

*Sycorax tonnoiri* (JUNG, 1954)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (300, 312); bei Herrenröint 312 drei Männchen erste Hälfte Juli und August 1996, bei Herrenröint 300 eine Larve.

Habitat & Biologie: Entlang von Quellbächen, gerne in Erlenbrüchen; Entwicklung wahrscheinlich univoltin.

Verbreitung: Kaum bekannt, von Süddeutschland bis Serbien nachgewiesen.

*Sycorax feuerborni* (JUNG, 1954)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (312); ein Männchen und ein Weibchen zweite Hälfte Juni 2001.

Habitat & Biologie: Entlang von Quellbächen, gerne in Erlenbrüchen; wahrscheinlich univoltin;

Verbreitung: Wenig bekannt; Dänemark, Deutschland, Frankreich, Italien.

*Sycorax* spec. (HALIDAY, 1839)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360); ein Weibchen zweite Hälfte Juni 2001.

*Mormia (Mormia) nigripennis* (KREK, 1971)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (312, 318); fünf Männchen und ein Weibchen Juni 1996.

Habitat & Biologie: Ufer von Quellen und Quellbächen; Lebensweise weitgehend unbekannt.

Verbreitung: Österreich, Bosnien-Herzegovina; zweiter Nachweis in Deutschland; sehr selten.

*Mormia (Mormia) eatoni* (TONNOIR, 1940)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (312); ein Männchen Mitte Juni 2001.



**Abb. 6-13-12:** Adulte Schmetterlingsmücken (Psychodidae) haben ihren Namen von den verbreiterten, mit schuppenartigen Haaren bedeckten Flügeln. (Foto: Marten)

Habitat & Biologie: Ufer von Quellen und Quellbächen; Lebensweise weitgehend unbekannt.

Verbreitung: Großbritannien, Mitteleuropa bis Bosnien-Herzegovina; sehr selten.

*Mormia* spec. (ENDERLEIN, 1935)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312), Schapbach (360); sieben Weibchen Juni 1996 und 2001.

*Jungiella longicornis* (TONNOIR, 1919)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (300, 308, 312); vier Männchen und zwei Weibchen gekeschert am 12.06.1996.

Habitat & Biologie: Larven im Schlamm der Ufer von Flüssen und Seen; wahrscheinlich univoltin.

Verbreitung: Großbritannien, Mitteleuropa bis Ungarn.

*Telmatoscopus morulus* (EATON, 1893)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308); ein Männchen Anfang Juni 2001.

Habitat & Biologie: Larven zwischen sich zersetzenden Blättern am Rande von Quellen und langsam fließenden Bächen; wahrscheinlich univoltin.

Verbreitung: Großbritannien, Mitteleuropa bis Ungarn.

*Telmatoscopus* spec.

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308); ein Weibchen zweite Hälfte Juni 2001.

*Philosepedon soljani* (KREK, 1971)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (312); ein Männchen Mitte Juni 2001.

Habitat & Biologie: Habitatpräferenz unbekannt; die Art unterscheidet sich in so vielen morphologischen Merkmalen von Vertretern der *Philosepedon humeralis*-Gruppe, dass nicht mit ähnlichen ökologischen Ansprüchen gerechnet werden kann. Alle Exemplare wurden in der Umgebung von Quellen gesammelt.

Verbreitung: Bosnien, Alpen, deutsche Mittelgebirge.

*Philosepedon* spec.

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308); ein Weibchen Ende Juli 1996.

Habitat & Biologie: Larven von Arten dieser Gattung entwickeln sich ausschließlich in Gehäusen toter Schnecken; Weibchen larvipar; Junglarven werden direkt auf toten Mollusken abgesetzt; Generationszeit unbekannt, wahrscheinlich polyvoltin.

Verbreitung: Ein ganzer Schwarm nahe verwandter Arten ist über Europa verbreitet (*Philosepedon humeralis*-Gruppe). In den Alpen ist mit mindestens drei Arten zu rechnen.

*Threticus balkanealpinus* (KREK, 1971)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (312); drei Männchen und fünf Weibchen zweite Hälfte Juni und Juli 1996.

Habitat & Biologie: Larven wurden in einer kalten Quelle unter aufgeweichten Blättern gesammelt (VAILLANT 1971-1983, p. 104); univoltin.

Verbreitung: Großbritannien, Norddeutschland, Alpen, Bosnien; selten.

*Threticus lucifugus* (WALKER, 1856)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (312); zwei Männchen erste Hälfte August und September 1996.

Habitat & Biologie: Ähnlich *T. balkanealpinus*.

Verbreitung: Mitteleuropa bis Dänemark, Großbritannien.

*Threticus* spec.

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (312), Schapbach (360); ein Männchen und acht Weibchen zwischen Anfang Juni und Anfang August 1996 bei Herrenroint, ein Weibchen bei Schapbach Ende September 1996.

*Berdeniella alpina* (WAGNER, 1975)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312, 318), Schapbach (360); 69 Männchen und 58 Weibchen zweite Hälfte Juni bis Anfang September 1996 und 2001, die meisten Individuen (68) bei Schapbach, bei Herrenroint 312 nur ein Einzelfund.

Habitat & Biologie: Larven in durchströmten Moospolstern; möglicherweise bevorzugt in kalten Quellen (Rheokrenen) und Bächen; univoltin.

Verbreitung: Bisher nur von wenigen Fundorten in den östlichen Alpen bekannt.

*Berdeniella elkeae* (WAGNER, 1975)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (300, 308, 318), Schapbach (360); acht Männchen und neun Weibchen Ende Mai bis Anfang Juni 1996.

Habitat & Biologie: Larven in durchströmten Moospolstern in größeren Bächen, univoltin.

Verbreitung: Österreich (Kärnten, Vorarlberg), Königsseegebiet.

*Berdeniella matthesi* (JUNG, 1956)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (312); ein Männchen Mitte Juni 1996.

Habitat & Biologie: Larven in durchströmten Moospolstern in größeren, auch wärmeren Bächen (Meta- bis Hyporhithral); univoltin?

Verbreitung: Mitteleuropa (Deutschland, Österreich).

*Berdeniella unispinosa* (TONNOIR, 1919)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (370); ein Männchen gekeschert am 04.07.1996.

Habitat & Biologie: Larven in durchströmten Moospolstern vieler Bäche; univoltin, möglicherweise in günstigen Gebieten 2 Generationen pro Jahr.

Verbreitung: Mittel- und Hochgebirge von Mitteleuropa bis nach Rumänien, auf unterschiedlichsten Höhenstufen.

*Berdeniella nivalis* (VAILLANT, 1976)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312); drei Männchen und ein Weibchen im Juni 2001.

Habitat & Biologie: Larven in durchströmten Moospolstern; univoltin.

Verbreitung: Alpen, bevorzugt höhere und höchste Lagen.

*Berdeniella spec.* (VAILLANT, 1976)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308), Schapbach (360); 12 Weibchen Anfang Juni und Anfang August 1996.

*Pericoma spec. nov.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312), Schapbach (360, 370); 359 Männchen und 294 Weibchen Anfang Juni bis zweite Hälfte August 1996 und 2001, die häufigste Psychodiden-Art in der Emergenz 1996 (unter der Annahme, dass sich unter den unbestimmten *Pericoma*-Weibchen noch Individuen dieser Art befinden).

Habitat & Biologie: Habitatpräferenz unbekannt; wahrscheinlich univoltin.

Verbreitung: Nur aus dem Nationalpark Berchtesgaden bekannt; eine nahe verwandte Art auf dem Balkan.

*Pericoma trifasciata* (MEIGEN, 1818)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312), Schapbach (360); 166 Männchen und 24 Weibchen Mitte Juni bis Anfang Oktober 1996; Charakterart für Herrenröint 308 (jeweils nur ein Männchen bei Herrenröint 312 und Schapbach).

Habitat & Biologie: Hygropetrische Zonen in Quellen und entlang von Bächen, bevorzugt auf kalkreichem Untergrund; univoltin. Bei Herrenröint 308 1996 zeitliche klar gegenüber *Pericoma spec. nov.* eingenischt: *Pericoma spec. nov.* dominiert von der zweiten Junihälfte bis Ende Juli, *Pericoma trifasciata* von Mitte Juli bis Ende August. Beide Arten erreichen jedoch zeitgleich in der zweiten Hälfte Juli die höchsten Individuenzahlen.

Verbreitung: Britische Inseln, Mitteleuropa, Italien, Ungarn.

*Pericoma spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312), Schapbach (360); 286 Weibchen 1996 und 2001.

*Satchelliella cubitospinosa* (JUNG, 1953)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312, 318), Schapbach (360); zehn Männchen und zehn Weibchen Juni und erste Hälfte Juli 1996 und 2001, die meisten Individuen bei Herrenröint 308.

Habitat & Biologie: Zwischen sich zersetzenden Blättern am Rande von Rheokrenen; univoltin, in Hochlagen evtl. zweijährig.

Verbreitung: Schweiz, Frankreich, Deutschland, Dänemark, Italien; bis in über 2000 m N.N..

*Satchelliella delphiniensis* (GEORGES, 1964)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312, 318), Schapbach (360); 90 Männchen und 59 Weibchen Anfang September bis erste Hälfte Oktober 1996 und 2001, 88% der Individuen bei Herrenröint 312.

Habitat & Biologie: Charakteristische Art der Helokrenen, seltener in Rheokrenen; häufig auf kristallinem Gestein, manchmal auch auf Kalk; univoltin, typische ‚Herbstart‘.

Verbreitung: Alpen; verwandte Arten im Atlas-Gebirge, den Pyrenäen und den Karpaten; zweiter Nachweis in Deutschland.

*Satchelliella mutua* (EATON, 1893)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (300, 308, 312), Schapbach (360); 32 Männchen und 33 Weibchen Juni 1996 und 2001, die meisten Individuen bei Herrenröint 312.

Habitat & Biologie: Zwischen sich zersetzenden Blättern am Rande von Quellen; univoltin.

Verbreitung: Ganz Europa; weite Höhenverbreitung.

*Satchelliella palustris* (MEIGEN, 1818)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint 312; ein Männchen Anfang Juni 1996.

Habitat & Biologie: Zwischen sich zersetzenden Blättern am Rande kleiner Rheokrenen und Sickerquellen; Lebenszyklus ähnlich *S. mutua*. Die Art scheint niedrigere Regionen zu bevorzugen.

Verbreitung: Verbreitungsschwerpunkt auf der Balkanhalbinsel; Kleinasien, Mitteleuropa, Britische Inseln.

*Satchelliella spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312, 318), Schapbach (360); 25 Weibchen 1996 und 2001.

*Saraiella clastrieri* (VAILLANT, 1962)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (312), Schapbach (360); elf Männchen und fünf Weibchen zweite Hälfte Juni bis Anfang August 1996 und 2001.

Habitat & Biologie: Auf Erde und in Moos von Rheo- und Helokrenen; nach VAILLANT (1981) an kristallines und basaltisches Substrat gebunden; univoltin.

Verbreitung: Alpen und französisches Zentralmassiv; mit Schwerpunkt zwischen 1500 und 2500 m; Erstnachweis für Deutschland.

*Saraiella spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (312), Schapbach (360); acht Männchen und 23 Weibchen Ende Mai bis Anfang August 1996, die meisten Individuen bei Schapbach im Juli.

*Ulomyia cognata* (EATON, 1893)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (300, 308, 312), Schapbach (360); 78 Männchen und 64 Weibchen Ende Mai bis Mitte Juli 1996 und 2001, die meisten Individuen bei Herrenröint 312.

Habitat & Biologie: Rheohelokrenen aller Größen; zwischen verrottendem Laub; univoltin.

Verbreitung: Mitteleuropa, Großbritannien, Balkan.

*Ulomyia fuliginosa* (MEIGEN, 1818)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (698), 1300 m, Juni 1994, Einzelfund.

Habitat & Biologie: Siehe *Ulomyia szabo*; häufig auch in Erlenbruchwäldern.

Verbreitung: In niederen Lagen West- und Mitteleuropas weit verbreitet, dort ist sie die typischste Quellpsychodide.

*Ulomyia szabo* (VAILLANT, 1983)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312), Schapbach (360, 370); 104 Männchen und 130 Weib-

chen zweite Hälfte Mai bis zweite Hälfte Juni (nur bei Schapbach) und zweite Hälfte Juli bis zweite Hälfte August (vorwiegend bei Herrenröint) 1996 und 2001, die meisten Individuen bei Herrenröint (312).

Habitat & Biologie: Larven im dunklen Schlamm am Rande von Quellen (Detritus); univoltin.

Verbreitung: Östliche Alpen; Verwechslungen mit anderen, nahe verwandten Arten möglich; die Arten der *sza-boi*-Gruppe sollten revidiert werden.

*Ulomyia spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312, 318), Schapbach (360); 33 Weibchen 1996 und 2001.

*Clytocerus spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (300, 312), Schapbach (370); nur als Larven Ende August bzw. Ende Oktober 1996 nachgewiesen.

Habitat & Biologie: Ähnlich den Arten der Gattung *Ulomyia*, aber *Clytocerus*-Larven besitzen lange ‚Hilfsborsten‘, mit deren Hilfe ‚Schlammartikel‘ festgehalten werden können. Damit können sie sich recht weit vom ‚Feuchten‘ in die Wasser-Land-Übergangszone entfernen; bekannte Arten univoltin.

Verbreitung: Arten der Gattung bekannt aus der Westpaläarktis.

*Psychoda albipennis* (ZETTERSTEDT, 1850)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312, 318); drei Männchen und elf Weibchen erste Hälfte Juli und zweite Hälfte September 1996.

Habitat & Biologie: Faulendes organisches Material, Exkremete von Pflanzenfressern; polyvoltin.

Verbreitung: Europa, evtl. Kosmopolit.

*Psychoda alticola* (VAILLANT, 1973)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (312); drei Männchen und ein Weibchen Anfang Oktober 1996.

Habitat & Biologie: Faulendes organisches Material; Entwicklungszyklus unbekannt.

Verbreitung: Alpen (Frankreich und Österreich); Erstnachweis für Deutschland.

*Psychoda cinerea* (BANKS, 1894)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (312); zwei Weibchen Ende Mai und Anfang September 1996.

Habitat & Biologie: Faulendes organisches Material, Exkremete von Pflanzenfressern; polyvoltin.

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Psychoda gemina* (EATON, 1904)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (312, 318), Schapbach (360); sieben Männchen und zwölf Weibchen hauptsächlich Anfang Juni bis Anfang August 1996, die meisten Individuen bei Herrenröint 312.

Habitat & Biologie: Faulendes organisches Material entlang von Quellen und Bächen; polyvoltin.

Verbreitung: Europa.

*Psychoda lobata* (TONNOIR, 1940)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (312); 38 Männchen und 115 Weibchen erste Hälfte August bis erste Hälfte September 1996.

Habitat & Biologie: Faulendes organisches Material, Pilze; polyvoltin.

Verbreitung: Europa.

*Psychoda parthenogenetica* (TONNOIR, 1940)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312, 318), Schapbach (360); 599 Weibchen Anfang Juni bis Mitte November (die meisten Individuen von der zweiten Hälfte September bis Mitte Oktober) 1996 und 2001, davon 590 Weibchen bei Herrenröint 312; neben *Pericoma spec. nov.* die häufigste Psychodiden-Art in der Emergenz 1996

Habitat & Biologie: Faulendes organisches Material; polyvoltin; oft die erste im Frühjahr fliegende Art der Familie.

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Psychoda phalaenoides* (LINNAEUS, 1758)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (312, 318); drei Männchen und sechs Weibchen erste Hälfte Juni bis Anfang September 1996.

Habitat & Biologie: Faulendes organisches Material, Exkremete von Pflanzenfressern; polyvoltin.

Verbreitung: Kosmopolitisch.

*Psychoda spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (300, 308, 312), Schapbach (360); zwei Männchen und fünfzehn Weibchen 1996 und 2001.

## Literatur

JUNG, H.F. (1956): Beiträge zur Biologie, Morphologie und Systematik der europäischen Psychodiden (Diptera). Deutsche Entomologische Zeitschrift (N.F.) 3 (2-3): 97-257.

VAILLANT, F. (1971): Psychodidae Psychodinae. In: E. LINDNER: Die Fliegen der paläarktischen Region 9d, Lieferung 287.

VAILLANT, F. (1981): Psychodidae Psychodinae. In: E. LINDNER: Die Fliegen der paläarktischen Region 9d, Lieferung 326.

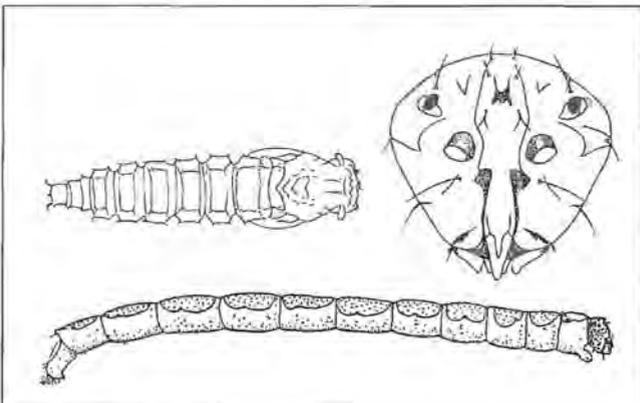
### 6.13.5 Familie Dunkelmücken (Thaumaleidae)

RÜDIGER WAGNER & ISABEL SCHRANKEL

Dunkelmücken sind seltene Mücken, die bis in über 3000 m Höhe vorkommen. Weltweit sind ca. 300 Arten beschrieben, von denen 15 in Deutschland nachgewiesen sind. Die länglichen Larven (Abb. 6-13-13) leben auf dünnsten Wasserschichten in hygropetrischen Zonen und ernähren sich von Aufwuchs. Der Wasserfilm muss so dünn sein, dass die nach oben gerichteten Stigmen nicht benetzt werden, während die Larven sich mit den Stummelfüßen ihres Vorder- und Hinterendes an der jeweiligen Unterlage festklammern. Ob die Imagines Nahrung aufnehmen, ist nicht bekannt.

Der Lebenszyklus ist wenig untersucht. Die Anzahl der Larvalstadien ist wahrscheinlich nicht festgelegt, aber größer als zehn (nach MANDARON 1963 bis zu 17). Durch Emergenzaufsammlungen an Mittelgebirgsquellen konnte nachgewiesen werden, dass der Lebenszyklus von *Thaumalea testacea* (RUTHE 1831) desynchronisiert ist, während *T. cebennica* (VAILLANT, 1977) ein einziges Schlupfmaximum im Frühsommer hat (WAGNER 2002). Aus Laborbeobachtungen von MANDARON (1963) geht hervor, dass die Kopula sehr schnell nach dem Zusammensetzen von Männchen und Weibchen beginnt. Die Tiere streichen sich mehrmals mit den Tarsen der Hinterbeine über das Abdomen und schlagen mit den Flügeln. Die Kopula kann zu allen Tageszeiten stattfinden. Ein Weibchen legt zwischen 250 und 300 Eier ab. Diese werden einzeln oder in Gruppen zu 3 bis 4 auf dem Substrat deponiert. Sie sind an einem Schleimpunkt mit der flachen Seite am Substrat festgeheftet.

Der spezielle Lebensraum der Larven und die geringe Flugfähigkeit der Imagines lassen vermuten, dass die meisten Arten nur kleine Verbreitungsareale besitzen. Eine Vielzahl von Endemiten, die im Extrem auf einzelne Gebirgsstöcke beschränkt sind, ist aus Europa bekannt. Die Artunterscheidung basiert in erster Linie auf der Morphologie der männlichen Genitalien, aber auch Weibchen sind z.T. bis zur Art bestimmbar (WAGNER



**Abb. 6-13-13:** Larve (unten, Frontalansicht des Kopfes oben rechts) und Puppe der Dunkelmücken (Thaumaleidae). Arten dieser Familie sind vorwiegend im Spritzwasserbereich kleiner montaner Quellen und Bäche anzutreffen. (aus RIVISECCHI 1984 und SMITH 1989)

2002). In den Quellkomplexen von Herrenröint und Schapbach konnten zwei Arten nachgewiesen werden.

*Androprosopa larvata* (Mik, 1888)

**Vorkommen im Nationalpark:** Herrenröint (318), Schapbach (360); ein Männchen und drei Weibchen in der Emergenz im Juni 1996 und 2001.

**Habitat & Biologie:** Larven in dünnen Wasserfilmen hygropetrischer Zonen, auch auf organischem Untergrund; wahrscheinlich univoltin.

**Verbreitung:** Zwei Formen sind nach der Größe der basalen Palpenglieder der Männchen zu unterscheiden: mit großen Palpengliedern: wahrscheinlich ausschließlich in den Alpen, mit kleinen Palpengliedern: nicht in den Alpen, in Gebirgen und Mittelgebirgen in Bulgarien, im Balkan, in Polen, Tschechien, der Slowakei, Deutschland, Frankreich (Massif Central).

*Thaumalea caudata* (BEZZI, 1913)

**Vorkommen im Nationalpark:** Herrenröint (318); ein Männchen in der Emergenz Ende Juli 1996.

**Habitat & Biologie:** Wie für *Androsopa larvata* beschrieben.

**Verbreitung:** Alpen, Karpaten, Norwegen.

#### Literatur

MANDARON, P. (1963): Accouplement, ponte et premier stade larvaire de *Thaumalea testacea* Ruthe (Diptères Nématocères). Trav. Lab. Hydrobiol. Piscic. Univ. Grenoble 54/55: 97-107.

RIVISECCHI, L. (1984): Ditteri. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, 28 CNR AQ/1/206.

SMITH, K.G.V. (1989): An introduction to the immature stages of British flies. Handbook for the Identification of British Insects 10 (14).

WAGNER, R. (2002): Insecta: Diptera: Thaumaleidae. In: SCHWOERBEL, J. & ZWICK, P. (Hrsg.): Süßwasserfauna von Mitteleuropa, 21 (11): 39-112.

### 6.13.6 Familie Kriebelmücken (Simuliidae)

GUNTHER SEITZ

Die Kriebelmücken (Simuliidae) sind mit über 1500 Arten weltweit verbreitet. Die Präimaginalstadien besiedeln nahezu alle Fließgewässertypen, wobei Individuendichten von mehr als 1 Million Exemplaren pro Quadratmeter erreicht werden können. Den Larven (Abb. 6-13-15) kommt als passiven Filtrierern eine wesentliche ökologische Funktion bei der Umwandlung des Sestons zu. Nach einer wenigstens zwei Tage dauernden Puppenruhe (Abb. 6-13-16) schlüpfen die Imagines. Die Weibchen vieler ("anautogen" genannter) Arten benötigen für die Eireifung eine Blutmahlzeit (Abb. 6-13-14). Bei bestimmten Wetterkonstellationen im Frühjahr führen deren Massenflüge beim Weidevieh zu Schäden, weil die Speicheltoxine der stechenden Weibchen anaphylak-



**Abb. 6-13-14:** Adulte Kriebelmücke, Blut saugend.  
(Foto: Holopainen)



**Abb. 6-13-15:** Kopf einer Kriebelmückenlarve mit ausgeklappten Filterfächern. (Foto: Holopainen)

tisch wirken. In den Tropen kommt den Weibchen als Krankheitsüberträger der Onchoserkose (Flussblindheit), einer beim Menschen zu Dermatitis, Hautknoten und völliger Erblindung führenden Krankheit, eine große Bedeutung zu. Aus den angeführten medizinischen und wirtschaftlichen Gründen gehören die Kriebelmücken mit zu den weltweit am besten untersuchten Insektenfamilien. Aufgrund ihrer Fähigkeit, alle Fließgewässertypen von den Quellen im alpinen Bereich bis zum großen Tieflandstrom zu besiedeln, sind die Präimaginalstadien als Bioindikatoren geradezu prädestiniert. So kann aus der Zusammensetzung der Assoziationen auf die biologische Gewässergüte, den Versauerungsgrad oder die Gewässerstruktur rückgeschlossen werden.

In Mitteleuropa dürften rund 60 Arten vorkommen, die sich nach morphologischen Kriterien unterscheiden lassen; aus Deutschland sind derzeit 50 Arten bekannt. Einige Arten, z.B. aus der *ornatum*- oder *vernum*-Gruppe, sind Komplexarten, die nur nach cytologischen Kriterien getrennt werden können. Lässt man die typischen Arten der großen Flüsse sowie die Arten, die ihren Verbreitungsschwerpunkt in niedrigen Höhenstufen haben, außer acht, dann kann im Alpenraum mit über 30 Arten gerechnet werden. Unser Kenntnisstand ist allerdings sehr lückenhaft, da weite Teile des Gebirges unerforscht sind.

Im Rahmen dieser Untersuchung konnten im Nationalpark Berchtesgaden 15 Arten sowie 2 Taxa höherer Ordnung mit zusammen mehr als 4500 Individuen nachgewiesen werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass sich die Untersuchungen nicht nur auf die unmittelbaren Quellabläufe, sondern auch auf einige Bäche erstreckten. Von den 85 Untersuchungsstellen, an denen Simuliidae gefunden wurden, gehören 14 dem Rhithral an.

#### Prosimuliini

*Prosimulium latimucro* (ENDERLEIN, 1925)

Vorkommen im Nationalpark: Mit Ausnahme des ver-

hältnismäßig schlecht untersuchten Teileinzugsgebietes Wimbach im gesamten Areal, 1100 - 2000 m; 118 Exemplare aus 20 Fundorten.

Habitat & Biologie: In Rheokrenen und im Hypokrenal (75 % der Nachweise) bis zum beginnenden Epirhithral (25 % der Nachweise). Dominant in den Quellabläufen über 1500 m Seehöhe.

Verbreitung: In Europa in Bächen mit montanem und alpinem Charakter.

*Prosimulium rufipes* (MEIGEN, 1830)

Vorkommen im Nationalpark: Im gesamten Nationalpark, 700 - 1850 m; 286 Exemplare aus 16 Fundorten.

Habitat & Biologie: Schwerpunkt im ausgehenden Hypokrenal (44 % der Nachweise) und Epirhithral der Bäche unter 1500 m (56 % der Nachweise).

Verbreitung: In den Mittelgebirgen und den Alpen Mittel- und Südeuropas.

*Prosimulium sp.*

Weitere 212 Junglarven konnten nicht näher bestimmt werden.

*Twinnia hydroides* (NOVAK, 1956)

Vorkommen im Nationalpark: Nur Klausbach-Hintersee, im Quellablauf auf der Mittereisalm, 1310 - 1320 m; 2 Exemplare aus 2 Fundorten.

Habitat & Biologie: Phytal des Hypokrenals.

Verbreitung: Seltene Art der Gipfelregion der höheren Mittelgebirge sowie der Alpen und der Hohen Tatra.

#### Simuliini

*Simulium (Eusimulium) cf. aureum* (FRIES, 1824)

Vorkommen im Nationalpark: Nur Königssee-Ost, auf der Gotzenalm, 1690 m; 2 Exemplare aus einem Fundort.

Habitat & Biologie: Quellablauf der Quelle am Bärenkopf.

Verbreitung: Als Komplexart in der Vergangenheit oft mit den Geschwisterarten verwechselt, daher unklare An-

gaben zur Verbreitung und Ökologie. Im Norden verbreitet in Bächen, in Bayern selten im Hypokrenal oder in kalten Seeausläufen der Mittelgebirge.

*Simulium (Nevermannia) bertrandi*

(GRENIER & DORIER, 1959)

Vorkommen im Nationalpark: Gesicherte Nachweise: Wimbach, Watzmann Nord, Obersee-Landtalgraben und Königssee Ost, 700 - 1350 m; 55 Exemplare aus 11 Fundorten.

Habitat & Biologie: Hypokrenal (55 % der Nachweise) und Epirhithral (45 % der Nachweise).

Verbreitung: Alpine Bäche Zentral-, Süd- und Osteuropas.

*Simulium (Nevermannia) brevidens* (RUBZOV, 1956)

Vorkommen im Nationalpark: Bis auf das Teileinzugsgebiet Wimbach im ganzen Nationalpark, 1200 - 1700 m; 31 Exemplare aus 10 Fundorten. Da wegen der schwierigen Bestimmbarkeit der Larven nur Puppenmaterial berücksichtigt wurde, ist davon auszugehen, dass diese Art noch verbreiteter ist.

Habitat & Biologie: Hypokrenal (70 % der Nachweise) und Epirhithral (30 %).

Verbreitung: Mittelgebirge und Alpen Mittel-, Süd- und Osteuropas.

*Simulium (Nevermannia) carpathicum* (KNOZ, 1961)

Vorkommen im Nationalpark: Im gesamten Nationalpark, 850 - 1863 m; 401 Exemplare aus 30 Fundorten.

Habitat & Biologie: Phytalabschnitte im Hypokrenal (87 % der Nachweise) und Epirhithral (13 % der Nachweise).

Verbreitung: Mittelgebirge und alpine Bereiche Mittel-, Süd- und Osteuropas.

*Simulium (Nevermannia) carthusiense*

(GRENIER & DORIER, 1959)

Vorkommen im Nationalpark: Königssee West-Steinernes Meer, Königssee Ost, 870 - 1200 m; 14 Exemplare aus 2 Fundorten.

Habitat & Biologie: Epirhithral der Bäche.

Verbreitung: Alpine Bereiche Mittel-, Süd- und Osteuropas.

*Simulium (Nevermannia) crenobium* (KNOZ, 1961)

Vorkommen im Nationalpark: Im gesamten Nationalpark, 1070 - 1750 m; 476 Exemplare aus 17 Fundorten.

Habitat & Biologie: Quellabläufe aller Quelltypen (100 % der Nachweise).

Vorkommen: Mittelgebirge und Alpen Mittel- und Süd- europas.

*Simulium (Nevermannia) cf. dolomitense*

(RIVOSECCHI, 1971)

Bemerkung: Angaben unter Vorbehalt; bisher wurden nur Larven gefunden, die jedoch sehr gut mit der Beschreibung in RIVOSECCHI (1971) übereinstimmen.

Vorkommen im Nationalpark: Klausbach-Hintersee, Königssee West-Steinernes Meer, Obersee-Landtalgraben und Königssee Ost, 1350 - 2000 m; 139 Exemplare aus 12 Fundorten.

Habitat & Biologie: Hauptsächlich in den über 1500 m üNN gelegenen Quellabläufen (100 % der Nachweise).

Verbreitung: Bisher nur aus Italien (Dolomiten) gemeldet.

*Simulium (Nevermannia) naturale* DAVIES, 1966

Vorkommen im Nationalpark: Nur Königssee Ost (Gotzenalm), 1685 m; 1 Exemplar aus 1 Fundort.

Habitat & Biologie: Quellablauf.

Verbreitung: England, Dänemark, Mittelgebirge (Bayerischer Wald).

*Simulium (Nevermannia) oligotuberculatum* (KNOZ, 1965)

Vorkommen im Nationalpark: Watzmann Nord und Königssee Ost, 1100 - 1540 m; 4 Exemplare aus 2 Fundorten.

Habitat & Biologie: Jeweils im ausgehenden Hypokrenal.

Verbreitung: Vereinzelt aus der Hohen Tatra, dem Gesenke, dem Chiemgau und aus den Westalpen bekannt.

*Simulium (Nevermannia) vernum* (MACQUART, 1826)

Vorkommen im Nationalpark: Nur Königssee Ost, 1200 - 1690 m; 63 Exemplare aus 4 Fundorten.

Habitat & Biologie: Quellabläufe im Almbereich.

Verbreitung: Paläarktisch.

*Simulium (Nevermannia) sp.* (ENDERLEIN, 1921)

Wegen der schwierigen Bestimmbarkeit der Larven konnten rund 2500 Individuen nur bis zur Untergattung bestimmt werden.

*Simulium trifasciatum* (CURTIS, 1839)

Vorkommen im Nationalpark: Nur Königssee Ost, 1400 m; 1 Exemplar aus 1 Fundort.

Habitat & Biologie: Quellablauf im Almbereich.

Verbreitung: Mittelgebirge und Alpen in Europa.



**Abb. 6-13-16:** Vorderteil einer Kriebelmückenpuppe (*Simulium (Nevermannia) vernum*). Die Puppen befinden sich in tütenförmigen Kokons, deren Spitze gegen die Strömung gerichtet ist. Die langen Fortsätze auf der Leeseite dienen als Atemfäden der Sauerstoffversorgung. (Foto: Eiseler).

*Simulium argyreatum* (MEIGEN, 1838)

Vorkommen im Nationalpark: Klausbach-Hintersee und Königssee West-Steinernes Meer, 870 - 1050 m; 239 Exemplare aus 2 Fundorten.

Habitat & Biologie: Epirhithral.

Verbreitung: Mittelgebirge und Alpen in Europa.

## Literatur

RIVOSECCHI, L. (1971): Contributo alla conoscenza dei Simulidi Italiani. XIX: Raccolte di Simulidi nelle Alpi centro-orientali. Riv. Parass. 32: 51-80, Roma.

SEITZ, G. (2004): Contribution to the blackfly fauna (Diptera: Simuliidae) of the Berchtesgaden National Park and its surroundings. Acta Zoologica Universitatis Comenianae 46 (1): 23-30, Bratislava.

### 6.13.7 Familie Trauermücken (Sciaridae)

FRANK MENZEL, Müncheberg

Die Trauermücken sind auf allen Kontinenten der Erde beheimatet. Selbst extreme, klimatisch raue Lebensräume - wie etwa Grönland, Spitzbergen oder die kleineren Inseln nördlich und südlich der Polarkreise - werden besiedelt. Aber nicht nur aus Gebieten mit Dauerfrostböden sind ständig neue Arten beschrieben worden, auch die alpinen Hochgebirgszonen besitzen eine hohe Artenvielfalt. In den Wüsten und Halbwüsten gibt es sogar einige Spezialisten, die sich während der extrem hohen Tagestemperaturen und der kühlen Nächte im Sand vergraben können. In den gemäßigten Zonen treten die Trauermücken nahezu überall in Erscheinung. Endemiten sind - was die paläarktische Region angeht - bisher nur sehr wenige bekannt. Die Ursachen dafür liegen einerseits in der aktiven Migration der zumeist flugaktiven Arten und andererseits in der Möglichkeit einer passiven Verdriftung von Imagines über Luftströmungen. Von mehreren Arten weiß man, dass sie kosmopolitisch verbreitet sind. Dazu gehören vor allem Arten, deren präimaginale Stadien durch den Handel mit landwirtschaftlich-gärtnerischen Produkten oder durch den Eintrag von Humusböden verfrachtet werden.

MENZEL & MOHRIG (2000) geben für die Weltfauna 1848 Sciaridenarten an. Durch ergänzende Neubeschreibungen sind allein in den letzten 3 Jahren über 300 rezente Spezies hinzugefügt worden, sodass das Gesamtinventar zurzeit etwa 2150 Arten umfasst. Schätzungen gehen aber davon aus, dass die tatsächliche Formenvielfalt (vor allem in den tropischen und subtropischen Regionen) weitaus höher - etwa bei 8000 Arten - liegen dürfte. Die paläarktische Sciaridenfauna schließt gegenwärtig 889 Spezies ein, wovon 360 auch in Deutschland vorkommen (MENZEL et al. 2003).

Die 1 bis 7 mm großen Imagines (Abb. 6-13-18, 6-13-19) gelten als „flinke Läufer“ und als relativ „schlechte Flieger“. Die befruchteten Eier werden vom Weibchen meist in kleineren Ballen abgelegt. Andere Arten bilden kranz- oder stabförmige Eischnüre. Vorzugsweise wird das Gelege in oder unter das organische Substrat - z. B. Laubstreu oder Holzmulm - platziert, welches eine ausreichende Feuchtigkeit besitzt und gute mikroklimatische Verhältnisse bietet. Die Larven sind so gefräßig, dass unter günstigen Bedingungen schon innerhalb von 2 bis 3 Wochen 4 Larvenstadien und die Puppenphase durchlaufen werden. Zuchtversuche haben erbracht, dass die Entwicklungszeit (von der Eiablage bis zum Imago) in Abhängigkeit von der Mückenart und den vorherrschenden Bedingungen zwischen 15 und 136 Tagen betragen kann. Auf 1 m<sup>2</sup> Bodenfläche wurden im Freiland schon bis zu 2600, in Pilzkulturen sogar bis zu 200.000 Larven einer Art gezählt. Sie leben meist im feuchten Boden und in abgestorbener, sich zersetzender Pflanzensubstanz. In einigen Sciaridengruppen wird Totholz bevorzugt. Nicht selten besteht die Nahrung aus Pilzmyzel oder aus dem pilzlichen Fruchtkörper. Larven anderer Arten fressen an gesunden Pflanzenmaterialien - wie jungen Wurzel- oder Stängeltrieben. Gallen werden nicht gebildet. Phänologisch tritt unter unseren Klimaverhältnissen im Frühling und im Herbst ein Dichtemaximum der Imagines auf - und deren Aktivität beginnt bei ca. 15 °C Lufttemperatur. Sommertrockenheit und Winterkälte werden mit einer Diapause überbrückt. Unter günstigen Entwicklungsbedingungen erreichen einige Arten bis zu 9 Generationen im Jahr. Detaillierte Informationen zur Biologie liegen für die meisten Sciaridenarten nicht vor. In der Literatur lassen sich lediglich präzise Angaben über einige Pflanzen- und Pilzschädlinge finden, die jedoch im untersuchten Material aus dem Nationalpark Berchtesgaden nicht vertreten sind.

Sehr arten- und individuenreich sind die Sciariden in feucht-schattigen Wäldern, auf Feuchtwiesen, in vernässten Bruchwäldern und Mooren. Aber auch anthropogen beeinflusste Lebensräume - wie etwa Agrarflächen mit verschiedenen Anbaukulturen, Gärten, Brachen und Ruderalflächen, diverse Randsaumstrukturen oder bewirtschaftete Mahd- und Weidewiesen - werden besiedelt. In Wohnungen und Kellern können bestimmte Arten zu regelrechten Plagegeistern werden, weil sich ihre Individualentwicklung in Blumentöpfen und Vorratsmieten vollzieht. Nicht wenige Sciaridenspezies lassen sich regelmäßig in Naturhöhlen oder Bergwerksstollen nachweisen, wobei einige von ihnen sogar troglobiont sind. Eine enge Lebensraumbindung an Fließgewässer existiert nicht. Von mehreren Arten ist aber bekannt, dass sie Biotope mit anstehender Staunässe bevorzugen (u. a. *Corynoptera fera* MOHRIG & HELLER, 1992; *Phytosciara saetosa* (LENGERSDORF, 1929); *Sciara humeralis* ZETTERSTEDT, 1851).

Im Zuge der Freilandarbeiten wurden im Nationalpark Berchtesgaden 268 Sciaridae-Exemplare (176 Männchen und 92 Weibchen) gefangen. Die Mehrzahl der ausgewerteten Imagines geht auf Emergenzuntersu-

chungen von SCHRANKEL (1998) zurück. Einige weitere Tiere stammen von Gelegenheitsaufsammlungen an anderen Orten und zu späteren Fangzeiten. Von den meisten Exemplaren wurden - soweit es deren Erhaltungszustand erlaubte - Dauerpräparate hergestellt (Einschlussmedium Kanadabalsam). Alle Präparate sind in der Dipterenammlung des Deutschen Entomologischen Institutes (DEI) in München deponiert.

Für das Untersuchungsgebiet konnten 26 Arten verifiziert werden, die sich auf nachstehende Gattungen wie folgt verteilen: *Bradysia* (8 Spezies); *Claustropyga*, (1); *Corynoptera* (5); *Ctenosciara* (1); *Epidapus* (3); *Leptosciarella* (4); *Lycoriella* (1); *Phytosciara* (1); *Zygoneura* (2). Die Larven der nachgewiesenen Arten ernähren sich phytophag (*Leptosciarella*, *Phytosciara*), phytosaprophag (*Bradysia*, *Corynoptera*, *Ctenosciara*, *Epidapus*, *Lycoriella* [Subgenus *Hemineurina*]) oder karp- bzw. xylophag (*Claustropyga*, *Zygoneura*). Auf eine Diskussion von 12 weiteren Sciaridae-Weibchen wird an dieser Stelle verzichtet, weil ohne Männchen nur die Gattungszugehörigkeit ermittelt werden konnte. Diese gehören zu den Genera *Corynoptera* (6 Exemplare), *Leptosciarella* (1), *Lycoriella* (1) und *Scatopsciara* (4). Die festgestellten Trauermücken wurden lediglich an drei Lokalitäten gefangen. Die mit Abstand meisten Exemplare (91,8%) liegen vom Quellkomplex Herrenröint (300-318) vor. Andere Imagines (7,5%) stammen vom Schapbach (350-370) [Beschreibung der Fundorte im Kapitel 8]. Die Aufsammlungen werden ergänzt durch 2 Einzelfunde (0,7%) an der Klingerbachquelle bei Schönau. Auf den untersuchten Flächen stellen die dominanten Arten

*Epidapus microthorax*, *Bradysia leucopeza* und *B. nitidicollis* fast 63% der Gesamtausbeute. In Europa häufig und weit verbreitet sind *Epidapus atomarius* und *Ctenosciara hyalipennis* (beide v. a. in Nadelwäldern), *Bradysia nitidicollis*, *Corynoptera irmgardis*, *C. membranigera*, *C. trepida*, *Epidapus gracilis* und *E. microthorax* (alle mit hohen Abundanz in Laubwäldern) sowie *Bradysia vagans* (vorzugsweise auf Äckern und Ruderalflächen). *Bradysia angustostylata* ist neu für die Wissenschaft und von *Bradysia leucopeza* waren die Weibchen bisher unbekannt. Außerdem konnten auf der Basis des vorliegenden Materials 4 Arten in die Checkliste der Dipteren Deutschlands neu aufgenommen werden: *Bradysia angustostylata*, *B. hilaris*, *B. rubrascuta* und *Phytosciara orcina*. Somit erhöht sich die Zahl der aus Deutschland bekannten Arten auf 364. Nach einer aktualisierten Zusammenstellung von HELLER & MENZEL (unveröffentlicht) waren aus Bayern 170 Spezies gemeldet. An dieser Stelle können 9 weitere hinzugefügt werden, so dass die bayerische Faunenliste auf 179 Sciaridenarten anwächst.

Abschließend sei erwähnt, dass bei den meisten Sciaridenarten aus dem Nationalpark Berchtesgaden von einer sehr weiten, meist gesamtpaläarktischen oder sogar holarktischen Verbreitung ausgegangen wird. Von einigen Spezies liegen zur Zeit aber nur Funde aus Europa und dem Fernen Osten Rußlands vor, was auf einen mangelhaften Durchforschungsstand hinweist. Aus diesem Grund wurde bei den Verbreitungsangaben (Abb. 6-13-17) der Focus auf Europa gelegt und die Nachweis-Situation in Deutschland näher betrachtet.

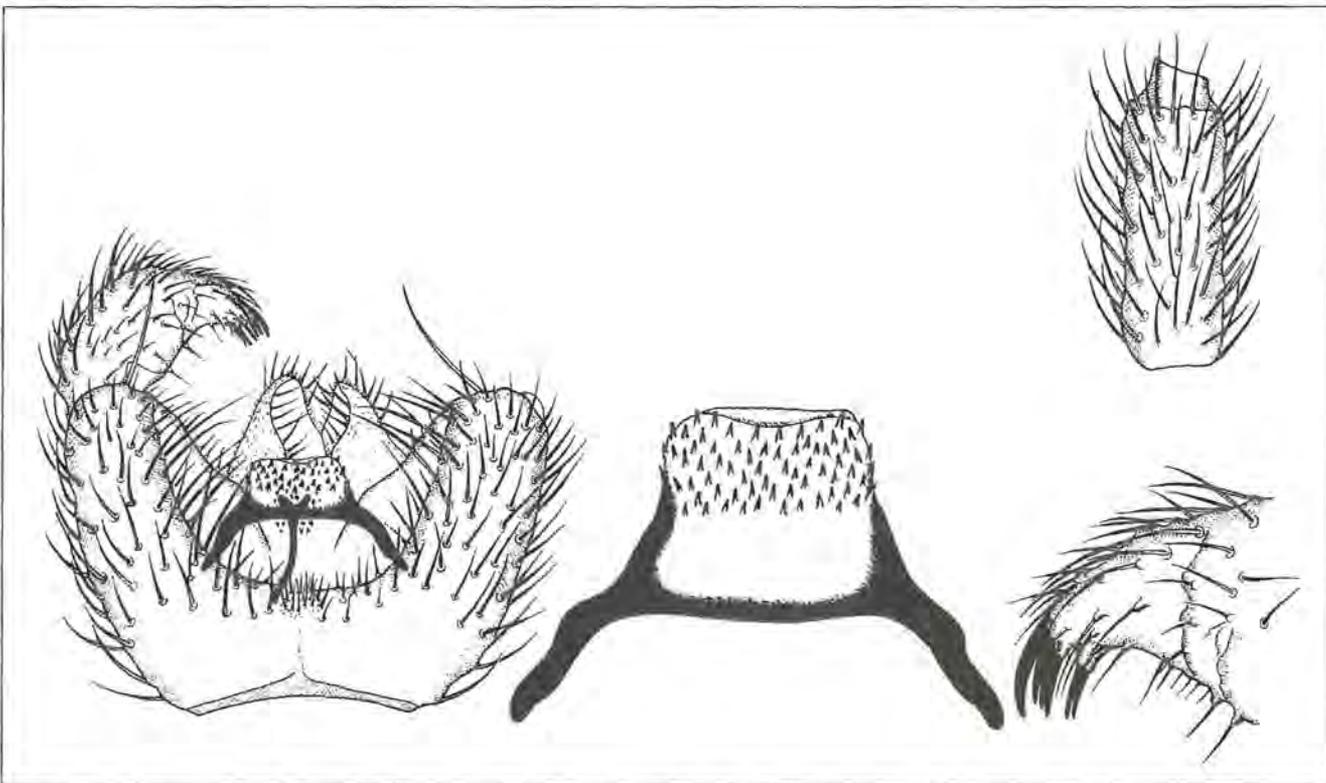


Abb. 6-13-17: Morphologische Details des Männchens von *Bradysia angustostylata*, einer im Rahmen des Quellprojekts Berchtesgaden neu entdeckten Art. Von links nach rechts: Hypopygium ventral; Genitalplatte ventral; Stylusspitze ventral, darüber: Viertes Fühlergeißelglied.

*Bradysia angustostylata* (MENZEL, 2005)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312), 8 Männchen und ein Weibchen [Holotypus und Paratypen].

Habitat & Biologie: Rheohelokrene (1 Exemplar) und Helokrene (8 Ex.); Flugzeit Ende Mai bis Ende Juni.

Verbreitung: Neu für die Wissenschaft (MENZEL & HELLER 2005; bei SCHRANKEL 1998 als „*Bradysia spec. nov. 1*“). Bisher ist nur das Typenmaterial aus Deutschland sowie ein Männchen aus Tschechien bekannt (Sumava [= Böhmerwald], Spálenec, Kescherfang auf einer Feuchtwiese in 800 m Höhe).

*Bradysia aprica* (WINNERTZ, 1867)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312), Schapbach (360), Klingerbachquelle bei Schönau (343), 11 Männchen und 9 Weibchen.

Habitat & Biologie: Quellbach (2 Exemplare), Rheokrene (2 Ex.), Rheohelokrene (7 Ex.) und Helokrene (9 Exemplare); Flugzeit Anfang Juni bis Ende Juli.

Verbreitung: Finnland, Großbritannien, Österreich, Slowakei, Tschechien und Deutschland (8 Bundesländer). Erstfund für Bayern.

*Bradysia fungicola* (WINNERTZ, 1867)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (300, 308), 2 Männchen.

Habitat & Biologie: Rheohelokrene (1 Exemplar) und Helokrene (1 Exemplar); Flugzeit Ende September bis Mitte Oktober.

Verbreitung: In 13 europäischen Ländern nachgewiesen, aber nie in hohen Individuenzahlen gefangen. Auch in Deutschland weit verbreitet, aber Erstfund für Bayern.

*Bradysia hilaris* (WINNERTZ, 1867)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360), ein Männchen.

Habitat & Biologie: Rheokrene; Flugzeit Mitte Juli.

Verbreitung: Finnland, Österreich, Rumänien und Tschechien; Erstfund für Deutschland. Sehr seltene Art, von der es in musealen Sammlungen nur wenige Exemplare (meist Einzeltiere) gibt.

*Bradysia leucopeza* (MOHRIG & MAMAEV, 1989)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (300, 308, 312, 318), Schapbach (360), 40 Männchen und 14 Weibchen.

Habitat & Biologie: Quellbach (4 Ex.), Rheokrene (5 Exemplare), Rheohelokrene (28 Ex.) und Helokrene (17 Exemplare); Flugzeit Mitte Juni bis Ende August.

Verbreitung: Deutschland (Schleswig-Holstein, Thüringen), Großbritannien, Russland und Ukraine; Erstfund für Bayern. Eine recht seltene Art, von der die Weibchen bisher unbekannt waren.

*Bradysia nitidicollis* (MEIGEN, 1818)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (300, 308, 312, 318), Schapbach (360), 3 Männchen und 44 Weibchen.

Habitat & Biologie: Quellbach (3 Ex.), Rheokrene (1 Exemplar), Rheohelokrene (17 Ex.) und Helokrene

(26 Exemplare); Flugzeit Mitte Juni bis Anfang Juli.

Verbreitung: Europa, sehr häufig und weit verbreitet.

*Bradysia rubrascuta* (MOHRIG & MAMAEV, 1982)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312, 318), 15 Männchen.

Habitat & Biologie: Quellbach (8 Exemplare), Rheohelokrene (1 Ex.) und Helokrene (6 Exemplare); Flugzeit Anfang Juni bis Ende Juli.

Verbreitung: Diese extrem seltene Art wurde aus dem Fernen Osten Russlands (Primorski Krai, NSG Ussurijsk) beschrieben. Erstfund in Europa.

*Bradysia vagans* (WINNERTZ, 1868)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (312, 318), ein Männchen und 6 Weibchen.

Habitat & Biologie: Quellbach (5 Exemplare) und Helokrene (2 Exemplare); Flugzeit Ende Mai bis Mitte Juli.

Verbreitung: Europa, sehr häufig und weit verbreitet.

Bemerkung: Bei SCHRANKEL (1998) als *Bradysia rufescens* (ZETTERSTEDT, 1852) erwähnt [Fehldetermination].

*Claustropyga heteroclausa* (RUDZINSKI, 1991)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (318), 2 Männchen.

Habitat & Biologie: Quellbach; Flugzeit Mitte Juli.

Verbreitung: Deutschland, Finnland und Schweden (HIPPA et al. 2003). Weitere Nachweise existieren aus Großbritannien, den Niederlanden, der Schweiz und Tschechien. Der locus typicus liegt im Fichtelgebirge bei Wülfersreuth, 20 km östlich von Bayreuth.

Bemerkung: Bei SCHRANKEL (1998) unter dem Namen „*Corynoptera heteroclausa* RUDZINSKI“ aufgelistet. In einer Revision der *Corynoptera clausa*-Gruppe stellten HIPPA et al. (2003) für diesen Artenkomplex das Genus *Claustropyga* auf.

*Corynoptera forcipata* (WINNERTZ, 1867)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308), ein Männchen.

Habitat & Biologie: Rheohelokrene; Flugzeit Anfang August.

Verbreitung: Aus 13 europäischen Ländern bekannt; in Deutschland lediglich für die Bundesländer Bremen, Hamburg, Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland noch kein Artnachweis.

*Corynoptera irmgardis* (LENGERSDORF, 1930)

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360), ein Männchen.

Habitat & Biologie: Rheokrene; Flugzeit Anfang Juni.

Verbreitung: Weit verbreitet in Europa, aber seltener als die anderen diskutierten *Corynoptera*-Arten. Aus Deutschland zahlreiche Fundmeldungen (incl. Bayern), aber es fehlen noch Nachweise für 8 Bundesländer.

*Corynoptera membranigera* (KIEFFER, 1903)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (312), 3 Männchen.

Habitat & Biologie: Helokrene; Flugzeit Mitte Juni bis Mitte Juli.

Verbreitung: Bisher in 10 europäischen Ländern nachgewiesen; in Deutschland häufig und nur aus den Bundesländern Bremen, Hamburg, Sachsen-Anhalt und dem Saarland noch nicht gemeldet.

*Corynoptera perpusilla* (WINNERTZ, 1867)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308), ein Männchen.

Habitat & Biologie: Rheohelokrene; Flugzeit Mitte August.

Verbreitung: In Nord-, Mittel- und Westeuropa (einschließlich Deutschland) weit verbreitet und häufig; Erstnachweis für Bayern.

*Corynoptera trepida* (WINNERTZ, 1867)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308), ein Männchen.

Habitat & Biologie: Rheohelokrene; Flugzeit Mitte Juli.

Verbreitung: In Europa weit verbreitet und eine der häufigsten Arten aus der *C. subtilis*-Gruppe; in geeigneten Habitaten oft massenhaft.

*Ctenosciara hyalipennis* (MEIGEN, 1804)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (318), ein Männchen.

Habitat & Biologie: Quellbach; Flugzeit Ende August.

Verbreitung: Europa, sehr häufig und weit verbreitet; in Deutschland fehlen nur Nachweise aus den Bundesländern Bremen, Sachsen-Anhalt und dem Saarland.

*Epidapus (Epidapus) atomarius* (DE GEER, 1778)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (318), 3 Männchen.

Habitat & Biologie: Quellbach; Flugzeit Ende Mai bis Mitte Juni.

Verbreitung: Europa; sehr häufig und weit verbreitet; in Deutschland nur noch nicht aus Bremen, Hamburg und dem Saarland gemeldet.

*Epidapus (Epidapus) gracilis* (WALKER, 1848)

(Abb 6-13-18)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (312), ein Männchen.

Habitat & Biologie: Helokrene; Flugzeit Ende September.

Verbreitung: Europa; sehr häufig und weit verbreitet; in Deutschland fehlen zur Zeit noch Fundmeldungen aus 3 Bundesländern (Hamburg, Hessen, Saarland).

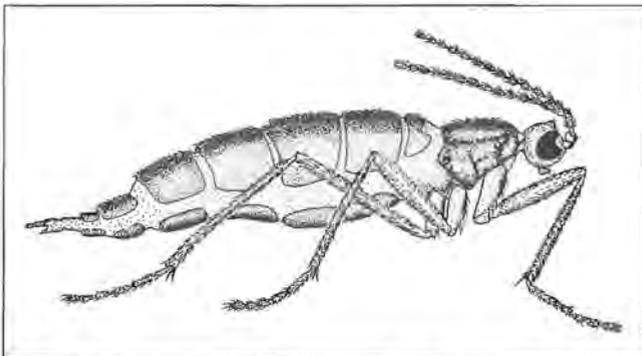


Abb. 6-13-18: Flügelloses Weibchen von *Epidapus gracilis* (WALKER).

*Epidapus (Epidapus) microthorax* (BÖRNER, 1903)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312, 318), Schapbach (360), 63 Männchen.

Habitat & Biologie: Quellbach (38 Exemplare), Rheokrene (9 Exemplare), Rheohelokrene (8 Exemplare) und Helokrene (8 Exemplare); Flugzeit Ende Mai bis Ende August.

Verbreitung: Europa; sehr häufig und weit verbreitet, aber in Deutschland seltener als die vorstehenden *Epidapus*-Arten.

*Leptosciarella (Leptosciarella) melanoma*

(MOHRIG & MENZEL, 1990)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308), 2 Männchen.

Habitat & Biologie: Rheohelokrene; Flugzeit Anfang Juli.

Verbreitung: Großbritannien, Schweiz, Tschechien, Ungarn, Deutschland (Bayern, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein, Sachsen); recht selten.

*Leptosciarella (Leptosciarella) pilosa* (STAEGER, 1840)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308), Schapbach (360), 4 Männchen.

Habitat & Biologie: Rheokrene (1 Exemplar) und Rheohelokrene (3 Exemplare); Flugzeit Mitte Juni bis Anfang August.

Verbreitung: Europa, sehr häufig und weit verbreitet.

*Leptosciarella (Leptosciarella) rejecta* (WINNERTZ, 1867)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312), 2 Männchen.

Habitat & Biologie: Rheohelokrene (1 Exemplar) und Helokrene (1 Exemplar). Flugzeit Mitte Juni.

Verbreitung: Europa (einschließlich Deutschland) weit verbreitet; eine der häufigsten *Leptosciarella*-Arten.

*Leptosciarella (Leptosciarella) trochanterata*

(ZETTERSTEDT, 1851)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (300, 312, 318), 3 Männchen und 1 Weibchen.

Habitat & Biologie: Quellbach (1 Exemplar) und Helokrene (3 Ex.); Flugzeit Mitte bis Ende Juni.

Verbreitung: Europa, sehr häufig und weit verbreitet.

*Lycoriella (Hemineurina) thuringiensis*

(MENZEL & MOHRIG 1991)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (312, 318), 2 Männchen und ein Weibchen.

Habitat & Biologie: Quellbach (2 Exemplare) und Helokrene (1 Exemplar); Flugzeit Ende Mai.

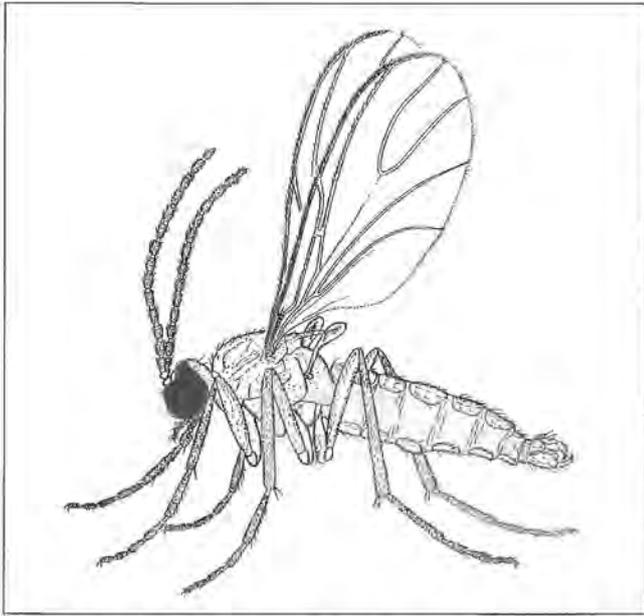
Verbreitung: Nur aus Deutschland (Brandenburg und Thüringen) bekannt; Erstnachweis für Bayern.

*Phytosciara (Dolichosciara) orcina* (TUOMIKOSKI 1960)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (312), ein Männchen.

Habitat & Biologie: Helokrene; Flugzeit Ende August.

Verbreitung: Finnland (sehr selten); Erstnachweis für Deutschland.



**Abb. 6-13-19:** Habitus eines Männchens der Trauermücken-gattung *Lycoriella*. Trauermücken sind an ihrem einfachen, aber charakteristischen Flügelgeäder zu erkennen.

*Zygoneura (Allozygoneura) calthae* (TUOMIKOSKI, 1960)  
Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (312), 3 Männchen und 4 Weibchen.

Habitat & Biologie: Helokrene; Flugzeit Ende Juli bis Mitte September.

Verbreitung: Deutschland, Finnland und Großbritannien, überall sehr selten; in Deutschland nur Funde aus Bayern und Schleswig-Holstein.

*Zygoneura (Zygoneura) sciarina* (MEIGEN, 1830)  
Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (312), ein Männchen.

Habitat & Biologie: Helokrene; Flugzeit Anfang September.

Verbreitung: Nord- und Mitteleuropa; in Deutschland fehlen noch Nachweise aus den Bundesländern Brandenburg, Berlin, Bremen, Baden-Württemberg, Hessen und dem Saarland; wesentlich häufiger anzutreffen als die vorstehende Art.

#### Literatur

- HIPPA, H.; VILKAMAA, P. & MOHRIG, W. (2003): Phylogeny of Corynoptera WINNERTZ and related genera, with the description of *Claustropyga* gen. nov. (Diptera, Sciaridae). *Studia dipterologica* 9(2) (2002): 469-511.
- MENZEL, F. (1999): Sciaridae. In: SCHUHMAN, H.; BÄHRMANN, R. & STARK, A. (Hrsg.): *Entomofauna Germanica* 2. - Checkliste der Dipteren Deutschlands. - *Studia dipterologica* Supplement 2: 75-80.
- MENZEL, F. (2000): Die Trauermücken-Fauna der Bundesrepublik Deutschland (Diptera: Sciaridae). *Beiträge zur Entomologie* 50 (2): 317-355.
- MENZEL, F. & HELLER, K. (2005): Sechs neue Arten aus den Gattungen *Bradysia*, *Camptochaeta* und *Corynoptera*

(Diptera: Sciaridae) nebst einigen Bemerkungen zur Nomenklatur europäischer Trauermücken. *Studia dipterologica* 11(2) (2004): 335-357.

MENZEL, F. & MOHRIG, W. (2000): Revision der paläarktischen Trauermücken (Diptera: Sciaridae). *Studia dipterologica* Supplement 6 (1999): 1-761.

MENZEL, F.; SCHULZ, U. & TAEGER, T. (2003): Neue Trauermücken-Funde aus dem nordostdeutschen Tiefland, mit einer ökologischen Betrachtung von Wurzelteller-Fängen und einer Checkliste der aus Berlin/Brandenburg bekannten Arten (Diptera: Sciaridae). *Beiträge zur Entomologie* 53 (1): 71-105, Kelttern.

SCHRANKEL, I. (1998): Faunistisch-ökologische Charakterisierung ausgewählter Quellen im Nationalpark Berchtesgaden. Universität des Saarlandes, Fachrichtung Biogeographie, Diplomarbeit: 1-79 [+ 26 S. Anhang], Saarbrücken.

#### 6.13.8 Familie Tanzfliegen (Empididae und Hybotidae)

RÜDIGER WAGNER & ISABEL SCHRANKEL

Die Empididae ‚im alten Sinn‘ hat CHVÁLA (1983) einer eingehenden, auch phylogenetischen Analyse unterworfen. Einige Unterfamilien wurden in der Folge als eigene Familien geführt, darunter auch die Hybotidae, eine durch mehrere abgeleitete Merkmale gut abgegrenzte Gruppe. Über die Biologie der meisten Arten ist nur wenig bekannt. Larven und Imagines sind wahrscheinlich räuberisch.

Die Empididen (Tanzfliegen) umfassen nach SINCLAIR (1995) vier Unterfamilien. Drei von diesen haben Arten mit aquatischer Entwicklung. Aus den Emergenzfängen wurden ausschließlich die aquatischen Arten bearbeitet. Larven und Imagines sind räuberisch; die Larven ernähren sich von Zuckmücken- und Kriebelmückenlarven (von letzteren besonders Arten der Gattung *Dolichocephala*), die Imagines fressen alles, was sie überwältigen können. Viele adulte Clinocerinae ‚fischen‘ Larven und Puppen aus den dicken Schichten organischen Materials hygropetrischer Wände, oder knapp unter der Wasseroberfläche an Steinen, oder sie fangen in Gruppen schlüpfende aquatische Insekten. Arten der Hemerodromiinae (mit charakteristischen Fangbeinen, wie sie von Gottesanbeterinnen bekannt sind - Abb. 6-13-20 oben) sind Lauerräuber, die einzeln in der Vegetation sitzen. Die Männchen benutzen ihre kräftigen Vorderbeine auch, um Revierkämpfe auszutragen.

Alle Empididenlarven (Abb. 6-13-20 unten) sind acephal (ohne abgesetzten Kopf) und weißlich bis blass-gelb; ihre Atmung geht über die gesamte Oberfläche (apneustisch), nur ausnahmsweise sind paarige Hinterstigmata vorhanden. Man findet die Larven in Moospolstern, aber auch in den dicken Schichten zerfallenden organischen Materials, in denen ihre Beute lebt. Puppen von Arten der Hemerodromiinae fallen durch lange seitliche ‚Fä-



**Abb. 6-13-20:** Adultus (oben, Gattung *Chelifera*) und Larve (unten) einer Tanzfliege (Empididae). Die Larven dieser artenreichen Familie sind madenähnlich und ernähren sich räuberisch. (Fotos: Wagner, oben, Quellkurs Uni Tübingen, unten).

den' auf, die von den Stigmen ausgehen. Diese dienen der Vergrößerung der atmungsaktiven Plastron-Fläche, verleihen den Tieren aber auch zusätzlichen Halt am Substrat. Die meisten Arten haben einen einjährigen Entwicklungszyklus und manche Arten scheinen sogar ausschließlich im Winter zu fliegen. In Quellen und Quellnähe ist der Lebenszyklus offensichtlich desynchronisiert. Die Alpen sind für aquatische Empididen ein Biodiversitätszentrum. Neben einer Reihe für die gesamten Alpen endemischer Arten gibt es auch solche, die auf bestimmte Gebirgsstöcke beschränkt sind. In Richtung der nördlichen, westlichen und östlichen Mittelgebirge nimmt die Artenzahl schnell ab. Die Empididae umfassen weltweit ca. 2500 Arten, von denen 384 in Deutschland vorkommen; 82 davon haben eine aquatische Entwicklung. In den Quellkomplexen von Herrenroint und Schapbach konnten sieben Arten nachgewiesen werden, drei weitere konnten nur auf Gattungsniveau bestimmt werden. Außerdem wurde eine Art der Hybotidae nachgewiesen (*Oedalea stigmatella*). Alle Exemplare stammen aus den Emergenzfängen der Jahre 1996 und 2001 mit Ausnahme einer gekescherten Larve der Gattung *Wiedemannia*.

*Oedalea stigmatella* (ZETTERSTEDT, 1842)

(MINELLI et al. 1995)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308); zwei Weibchen Anfang Juni 1996.

Habitat & Biologie: Larven in faulendem Holz; Lebenszyklus unbekannt.

Verbreitung: Europa.

*Hemerodromia spec.*

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308); ein Weibchen zweite Hälfte August 1996.

Habitat & Biologie: Arten der Gattung sind aus Quellen und Bächen niederer Ordnung bekannt; Räuber.

Verbreitung: Paläarktis; alle Arten der Gattung selten.

*Chelifera astigma* (COLLIN, 1927)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312); 19 Männchen und 30 Weibchen Ende Juni bis Anfang August 1996 und 2001, die meisten Individuen (42) bei Herrenroint (312).

Habitat & Biologie: Kleine Bäche und Quellen; Räuber.

Verbreitung: Großbritannien, Mitteleuropa, Alpen.

*Chelifera sp. flavella*-Gruppe

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312); sieben Weibchen erste Hälfte August bis erste Hälfte September 1996.

Habitat & Biologie: Vertreter der Artengruppe aus Bächen und Quellen bekannt; Räuber.

Verbreitung: Europa.

*Chelifera precabunda* (COLLIN, 1961)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (312); ein Weibchen Anfang August 1996.

Habitat & Biologie: Bäche und Quellen; Räuber.

Verbreitung: Europa bis zum Kaukasus (in Skandinavien bisher nicht nachgewiesen); häufig.

*Chelifera trapezina* (ZETTERSTEDT, 1838)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308, 312, 318), Schapbach (360); zwei Männchen und elf Weibchen Ende Juli bis Ende August 1996.

Habitat & Biologie: Bäche aller Größen und Quellen; Räuber.

Verbreitung: Europa.

*Chelifera spec.* (MACQUART, 1823)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308); zwei Weibchen Mitte August 1996.

*Dolichocephala oblongoguttata* (DALE, 1878)

[= *D. engeli* VAILLANT, 1978]

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (308), Schapbach (360); 2 Männchen und ein Weibchen 1996 u. 2001.

Habitat & Biologie: Kiesige bis steinige Fließgewässer; Räuber (fressen u.a. Simuliidenlarven).

Verbreitung: Großbritannien, Mitteleuropa.

*Wiedemannia spec.* (ZETTERSTEDT, 1838)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenroint (314); eine Larve 1996.

Habitat & Biologie: Arten der Gattung bevorzugen saubere oder wenig belastete Fließgewässer; Räuber.

Verbreitung: Holarktis.

*Clinocera appendiculata* (ZETTERSTEDT, 1838)

[= *C. schremmeri* (VAILLANT, 1964)]

Vorkommen im Nationalpark: Schapbach (360); ein Männchen zweite Hälfte Juni 1996.

Habitat & Biologie: Hygropetrische Zonen an Quellen und Bächen in hohen und höchsten Gebirgslagen; Räuber.

Verbreitung: Alpen, Pyrenäen.

*Phaeobalia inermis* (LOEW, 1861)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (318); ein Männchen und ein Weibchen zweite Hälfte Juni 1996.

Habitat & Biologie: Hygropetrische Zonen an Quellen und Bächen in hohen und höchsten Gebirgslagen; Räuber.

Verbreitung: Deutschland, Österreich, Italien, Ungarn, Frankreich, Balkan (Slovenien, Kroatien?).

*Kowarzia barbatula* (Mik, 1880)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (318); zwei Männchen und drei Weibchen zweite Hälfte August bis Anfang September 1996.

Habitat & Biologie: Kleine bis mittlere Bäche und Quellen; Räuber.

Verbreitung: Europa.

## Literatur

CHVÁLA, M. (1983): The Empidoidea (Diptera) of Fennoscandia and Denmark II. Fauna Entomologica Scandinavica Vol 12, Scandinavian Science Press, Klampenborg, Dänemark.

SINCLAIR, B.J. (1995): Generic revision of the Clinocerinae (Empididae), and description and phylogenetic relationships of the Trichopezinae, new status (Diptera, Empidoidea). The Canadian Entomologist 127: 665-752.

### 6.13.9 Familie Schnepfenfliegen (Rhagionidae)

RÜDIGER WAGNER & ISABEL SCHRANKEL

Schnepfenfliegen sind schlanke Brachyceren mit langen Beinen und braunem oder schwarzem Körper; in Arten der Gattung *Chrysopilus* findet sich eine goldene oder silbrige Behaarung auf Thorax und Abdomen. Die Larven sind hemicephal (d.h. mit einer nicht deutlich entwickelten, halb in das vorderste Brustsegment eingezogenen Kopfkapsel), blass und zylindrisch. Sie ernähren sich räuberisch. Über die Ernährung adulter Tiere ist wenig bekannt. Die Larven der meisten Schnepfenfliegen sind terrestrisch und besiedeln den Boden, die Laubstreu oder verrottendes Holz. Lediglich die Larven der Gattung *Chrysopilus* sind aquatisch. Das letzte Larvenstadium verlässt das Wasser, um sich in Moosüberzügen von Steinen und in kiesigen Sedimenten, die sowohl

vor Austrocknung als auch vor Hochwasser sicher sind, zu verpuppen. Die Schnepfenfliegen umfassen weltweit ca. 560 Arten, von denen 35 in Deutschland vorkommen. Die Artunterscheidung basiert in erster Linie auf der Morphologie der männlichen Imagines. In den Quellkomplexen von Herrenröint und Schapbach konnten drei Arten in der Emergenz nachgewiesen werden.

*Chrysopilus aureus* (MEIGEN, 1804)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (312); ein Männchen und ein Weibchen in der Emergenz zweite Hälfte Juli 1996.

Habitat & Biologie: Larven aquatisch, genaue Habitatpräferenz und Lebenszyklus unbekannt.

Verbreitung: Europa.

*Rhagio notatus* (MEIGEN, 1820)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (318); zwei Männchen im August 1996.

Habitat & Biologie: Larven terrestrisch, genaue Habitatpräferenz und Lebenszyklus unbekannt.

Verbreitung: Mittel- und Nordeuropa.

*Rhagio strigosus* (MEIGEN, 1804)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (318); ein Männchen und zwei Weibchen Ende Juni 1996.

Habitat & Biologie: Larven terrestrisch, genaue Habitatpräferenz und Lebenszyklus unbekannt.

Verbreitung: Mitteleuropa.

## Literatur

ROZKOŠNÝ, R. (2000): Insecta: Diptera: Rhagionidae. In: SCHWOERBEL, J. & ZWICK, P. (Hrsg.): Süßwasserfauna von Mitteleuropa, 21 (18): 3-107.

### 6.13.10 Familie Waffnenfliegen (Stratiomyidae)

RÜDIGER WAGNER & ISABEL SCHRANKEL

Waffnenfliegen sind mittelgroße, robuste, matt-braun bis metallisch grün gefärbte Brachyceren. Sie sind u.a. durch eine fünfeckige Diskalzelle im Flügel und durch ein meist mit einem bis mehreren Paaren Dornen bewehrtes Schildchen zu erkennen. Die Larven sind länglich, flach und besitzen elf Körpersegmente.

Soweit bekannt, sind alle Larven der Unterfamilie Stratiomyinae aquatisch, während Larven der Beridinae vorwiegend terrestrisch sind und in verrottendem Laub leben. Eine Ausnahme machen die Larven von *Beris clavipes* (LINNAEUS, 1767) und *B. vallata* (FORSTER, 1771), die regelmäßig in feuchtem Moos entlang von Quellen und Bächen angetroffen werden und als semi-aquatisch eingestuft sind.

In der Unterfamilie Clitellariinae sind die Larven der Gattung *Oxycera* durchweg hygropetratisch; man findet sie häufig in Moosüberzügen, auf Steinen und Felsen in sauberen Quellen und Bächen. Soweit bekannt, ist die



**Abb. 6-13-21:** Larve einer Waffenfliege (Stratiomyidae). Am Hinterende umfasst ein Borstenkranz eine Luftblase, die als physikalische Kieme funktioniert. (Foto: Grabow)

Larvalentwicklung mehrjährig (2-3 Jahre). Mit Ausnahme der *Oxycera*-Arten, die Weidegänger sind, rechnen alle bisher bekannten Larven zu den Zerkleinerern. Einer der Verbreitungsschwerpunkte der Waffenfliegen scheinen die Hochgebirge zu sein, in deren Hochlagen sich Endemiten mit beschränktem Verbreitungsgebiet ausgebildet haben. Weltweit umfassen sie ca. 2600 Arten, von denen 66 in Deutschland vorkommen. Im Nationalpark konnten fünf Arten nachgewiesen werden, drei davon in den Emergenzfängen bei Herrenröint und Schapbach in den Jahren 1996 und 2001.

*Beris morrisii* (DALE, 1841)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (318); ein Männchen Ende Juni 1996.

Habitat & Biologie: Larven terrestrisch, in sich zersetzendem organischem Material; ROZKOŠNÝ, (1973) beobachtete sie in Ansammlungen von Larven der Schwebfliege *Cheilosia canicularis* Panz. zwischen Pestwurz (*Petasites*) - Wurzeln; Imagines oft auf Pestwurz-Blättern.

Verbreitung: Europa.

*Beris chalybeata* (FORSTER, 1771)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312), Schapbach (360); 3 Männchen und 8 Weibchen im Juni 1996 und 3 Männchen und 6 Weibchen im Jahr 2001.

Habitat & Biologie: Larven in Moosen; Imagines oft entlang von Gewässern.

Verbreitung: Europa.

*Beris spec.* (LATREILLE, 1802)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (312); ein Weibchen Anfang August 1996.

*Oxycera fallenii* (STAEGER, 1844)

Vorkommen im Nationalpark: Koppenwand (390); vier Exemplare.

Habitat & Biologie: Larven in Moosüberzügen in klaren, kühlen Bächen und Quellen.

Verbreitung: Mittel- und Osteuropa; selten.

*Oxycera pardalina* (MEIGEN, 1822)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308, 312), Schapbach (360); 11 Männchen und 20 Weibchen erste Hälfte Juni bis Ende Juli 1996, davon die meisten Individuen bei Schapbach, nur ein Weibchen bei Herrenröint 312.

Habitat & Biologie: Larven wahrscheinlich ausschließlich in Moosüberzügen an Steinen und Felsen in Bächen und Quellen.

Verbreitung: Paläarktis.

*Oxycera pygmaea* (FALLÉN, 1817)

Vorkommen im Nationalpark: Koppenwand (390, 394); zwei Exemplare.

Habitat & Biologie: Larven in Moosüberzügen in klaren, kühlen Bächen und Quellen.

Verbreitung: Europa.

#### Dank

Max Kühbandner (Zoologische Staatssammlung München) hat die Determinationen überprüft.

#### Literatur

ROZKOŠNÝ, R. (1973): The Stratiomyioidea (Diptera) of Fennoscandia and Denmark. Fauna Entomologica Scandinavica Vol 1, 1-140, Scandinavian Science Press, Gadstrup, Dänemark.

ROZKOŠNÝ, R. (2000): Stratiomyidae. In: SCHWOERBEL, J. & ZWICK, P. (Hrsg.): Süßwasserfauna von Mitteleuropa, Diptera 18. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.

#### 6.13.11 Lanzenfliegen (Lonchopteridae)

RÜDIGER WAGNER & ISABEL SCHRANKEL

Lanzenfliegen sind eine kleine Familie der Cyclorhaphen. Die Imagines sind an den deutlich lanzettförmigen Flügeln zu erkennen. Das Flügelgeäder ist geschlechtsspezifisch, die Analader läuft beim Weibchen in die Cubitalader zurück, während sie beim Männchen in den Flügelrand mündet.

Die Larven sind asselförmig mit zahlreichen langen Fortsätzen. Meist werden die saprophagen Larven als terrestrisch angesehen, aber man findet Imagines z.T. massenhaft in Emergenzfängen an Quellen und kleinen Bächen. Eine hohe Toleranz gegenüber Feuchtigkeit kann vermutet werden. Für mindestens zwei Arten ist inzwischen eine Entwicklung in aquatischen Habitaten nachgewiesen (VAILLANT 2002). Die Lonchopteriden umfassen weltweit 45 Arten, von denen 9 in Deutschland vorkommen. In den Quellkomplexen von Herrenröint und Schapbach konnten drei Arten nachgewiesen werden.

*Lonchoptera furcata* (FALLÉN, 1823)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (312), Schapbach (370); fünf Weibchen in der Emergenz zweite Hälfte Juli bzw. gekeschert am 04.07.1996.

Habitat & Biologie: Larven terrestrisch (?); typische Art von Frischwiesen.

Verbreitung: Kosmopolitisch (Nordafrika, Europa, Asien, Neuseeland, Hawaii).

*Lonchoptera lutea* (PANZER, 1809)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (308); ein Männchen in der Emergenz Anfang Juni 1996.

Habitat & Biologie: Larven terrestrisch in den Nordalpen, aber aquatisch in den Südalpen und Nordafrika (VAILLANT 2002); Imagines in offenen Gebieten und an Gewässerrändern.

Verbreitung: Europa, Asien, Nordafrika, Kanaren.

*Lonchoptera tristis* (MEIGEN, 1824)

Vorkommen im Nationalpark: Herrenröint (318); ein Männchen in der Emergenz Anfang August 1996.

Habitat & Biologie: Larven in feuchten bis nassen Böden, auch am Gewässerrand; typische Art von Wäldern.

Verbreitung: Europa.

#### Literatur

VAILLANT, F. (2002): Insecta: Diptera: Lonchopteridae. In: SCHWOERBEL, J. & ZWICK, P. (Hrsg.): Süßwasserfauna von Mitteleuropa, 21 (22), Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.

#### 6.13.12 Weitere Vertreter der Zweiflügler aus den Emergenzuntersuchungen 1996 und 2001

ISABEL SCHRANKEL

In den Emergenzfallen an den Quellkomplexen von Herrenröint und Schapbach wurden zahlreiche weitere Dipteren-Familien nachgewiesen. Hiervon wurde noch eine Unterfamilie der Gallmücken, die Schwebfliegen und die Langbeinfliegen bearbeitet, die wir nachfolgend in einer unkommentierten Liste vorstellen, soweit sie auf Artniveau bestimmt werden konnten.

Taxa, die nur auf Gattungsniveau klassifiziert werden konnten, sind nur dann aufgeführt, wenn von der entsprechenden Gattung kein weiteres, auf Artniveau bestimmtes Material vorliegt. Alle drei Familien haben Vertreter, die in bestimmten Stadien an feuchte oder nasse Mikrohabitate gebunden sind, wie sie die Quellen in besonderer Vielfalt bieten.

Weitere Dipteren aus den Emergenzfallen, die nicht bearbeitet wurden, gehören zu folgenden Familien:

Anisopodidae, Mycetophilidae, Tabanidae, Phoridae, Pipunculidae, Sepsidae, Sciomyzidae, Sphaeroceridae, Tephritidae, Drosophilidae, Chloropidae, Agromyzidae, Heleomyzidae, Anthomyiidae, Muscidae, Fannidae, Calliphoridae, Sarcophagidae, Tachinidae.

#### Gallmücken (Cecidomyiidae) -

(det. MATHIAS JASCHHOF, Stockholm)

Alle Arten stammen aus Emergenzfängen von 1996. Bearbeitet wurde lediglich eine Unterfamilie, die Lestremiinae. Das Material erwies sich als außerordentlich interessant und birgt mit großer Wahrscheinlichkeit mehrere neue Arten, die jedoch aufgrund zu geringer Individuenzahlen nicht beschrieben werden konnten (MATHIAS JASCHHOF, schriftl. Mitt.).

*Anaretella defecta* (WINNERTZ, 1870)

*Aprionus* spec. nov. ? 1

*Aprionus* spec. nov. ? 2 (*longitegminis*-Gruppe)

*Bryomyia bergrothi* (KIEFFER, 1895)

*Campylomyza tridentata* (JASCHHOF, 1997)

*Heterogenella cambrica* (EDWARDS, 1938)

*Heterogenella transgressoris* (JASCHHOF, 1998)

*Lestremia cinerea* (MACQUART, 1826)

*Peromyia angellifera* (JASCHHOF, 1997)

*Peromyia caricis* (KIEFFER, 1901)

*Peromyia diadema* (MAMAEV, 1963)

*Peromyia fagiphila* (JASCHHOF, 1997)

*Peromyia nemorum* (EDWARDS, 1938)

*Peromyia photophila* (FELT, 1907)

*Peromyia* spec. nov. ? 1

*Peromyia* spec. nov. ? 2

*Peromyia tundrae* (JASCHHOF, 1996)

*Strobiella* spec. nov. ?

#### Schwebfliegen (Syrphidae) -

(det.: PAUL-WALTER LÖHR, Mücke)

Die meisten Arten stammen aus den Emergenzfängen von 1996 und 2001. *Baccha elongata* und *Platycheirus (Platycheirus) tarsalis* wurden 1996 bei Herrenröint (300) gekeschert.

*Baccha elongata* (FABRICIUS, 1775)

*Cheilosia rynchops* (EGGER, 1860)

*Cheilosia vicina* (ZETTERSTEDT, 1849)

*Episyrphus balteatus* (DE GEER, 1776)

*Eristalis (Eristalis) tenax* (LINNAEUS, 1758)

*Eupeodes (Lapposyrphus) lapponicus*

(ZETTERSTEDT, 1838)

*Leucozona lucorum* (LINNAEUS, 1758)

*Melanostoma mellinum* (LINNAEUS, 1758)

*Melanostoma scalare* (FABRICIUS, 1794)

*Neoascia (Neoascia) annexa* (O.F. MÜLLER, 1776)

*Platycheirus (Platycheirus) albimanus*

(FABRICIUS, 1781)

*Platycheirus (Platycheirus) nielsenii* (VOCKEROTH, 1990)

*Platycheirus (Platycheirus) parmatus* (RONDANI, 1857)

*Platycheirus (Platycheirus) tarsalis* (SCHUMMEL, 1837)  
*Sericomyia lappona* (LINNAEUS, 1758)  
*Sphegina (Sphegina) clunipes* (FALLÉN, 1816)  
*Sphegina (Sphegina) cornifera* (BECKER, 1921)  
*Sphegina (Sphegina) latifrons* (EGGER, 1865)  
*Sphegina (Sphegina) montana* (BECKER, 1921)  
*Sphegina (Sphegina) platychira* (SZILÁDY, 1937)  
*Syrphus torvus* (OSTEN-SACKEN, 1875)

#### **Langbeinfliegen (Dolichopodidae) -**

(det.: RONALD BELLSTEDT, Gotha,  
RÜDIGER WAGNER, Schlitz)

Die meisten Arten stammen aus Emergenzfängen von 1996 und 2001, nur *Hercostomus nigrilamellatus* wurde 1996 bei Schapbach (370) und *Campsicnemus spec.* bei Herrenröint (312) gesammelt.

*Achalcus flavicollis* (MEIGEN, 1824)  
*Argyra atriceps* (LOEW, 1857)  
*Campsicnemus spec.*  
*Dolichopus genicupallidus* (BECKER, 1889)  
*Dolichopus immaculatus* (BECKER, 1909)  
*Dolichopus nigricornis* (MEIGEN, 1824)  
*Dolichopus phaeopus* (HALIDAY in WALKER, 1851)  
*Dolichopus picipes* (MEIGEN, 1824)  
*Dolichopus vitripennis* (MEIGEN, 1824)  
*Hercostomus celer* (MEIGEN, 1824)  
*Hercostomus nigrilamellatus* (MACQUART, 1827)  
*Nematoproctus distendens* (MEIGEN, 1824)  
*Rhaphium commune* (MEIGEN, 1824)  
*Rhaphium crassipes* (MEIGEN, 1824)  
*Rhaphium ensicorne* (MEIGEN, 1824)  
*Rhaphium fissum* (LOEW, 1850)  
*Rhaphium monotrichum* (LOEW, 1850)  
*Sympycnus cirripes* (HALIDAY in WALKER, 1851)

## 7 Quelltypen und Quellfauna

HENNING SCHRÖDER, HEIKE HOWEIN &  
REINHARD GERECKE

Die Tatsache, dass sich bestimmte Quelltypen nicht nur nach ihren morphologischen Besonderheiten, sondern auch nach der Zusammensetzung von Fauna und Flora gut gegeneinander abgrenzen lassen, wurde bereits in der frühen quellbiologischen Literatur beschrieben und seither unter verschiedensten Gegebenheiten und für unterschiedliche Tiergruppen wiederholt dokumentiert (z.B. GERECKE et al. 2005 und dort zitierte Literatur). Im Rahmen der Quelluntersuchungen in Berchtesgaden wurden Quellen sowohl hinsichtlich ihrer morphologischen Struktur (Kap. 4) als auch hinsichtlich ihrer Faunistik (Kap. 6) untersucht. Die gemeinsame Verfügbarkeit detaillierter Daten ermöglicht eine Analyse der Zusammenhänge zwischen der morphologischen Struktur und der Zusammensetzung der Fauna in den Quellen des Nationalparks. In diesem Kapitel steht die Frage im Vordergrund, inwiefern sich die aus der morphologischen Struktur hergeleitete Typologie in entsprechenden Mustern der Besiedlung der Quellen widerspiegelt.

### 7.1 Methodik

#### 7.1.1 Auswahl der Quellen

Für 46 der 99 Quellen, die im Nationalpark strukturell untersucht wurden, liegen auch faunistische Daten vor, die nach einem einheitlichen Schema erhoben wurden. Die Zugehörigkeit zu den in Kapitel 4 eingeführten Typen (Übersichtskarte s. Abb. 4-4) stellt sich folgendermaßen dar:

Quell- typ	Bezeichnung	Anzahl unter- suchter Quellen	Quellnummer
1	Felsquelle	5	350, 497, 509, 511, 633
2	Blockquelle	3	412, 788, (862)
3	Steinquelle	9	390, 592, 380, 461, 502, 865, 680, 459, 708
4	Kiesquelle	12	744, 394, 441, 615, 676, 698, 765, 696, 572, 585, 826, 750
5	Detritusquelle	16	503, 756, 312, 519, 798, 816, 478, 808, 822, 835, 308, 738, 812, 724, 300, 437
6	Limnokrene	1	(863)

Die ungleiche Anzahl von Quellen der unterschiedlichen Typen resultiert daraus, dass sowohl bei der strukturellen Klassifizierung, als auch bei der Erhebung der faunistischen Daten eine repräsentative, flächendeckende Dokumentation im Vordergrund stand. Die Tabelle spiegelt also ungefähr die jeweilige Häufigkeit der Quelltypen im Nationalpark wider. Die Idee, beide Datensätze zusammenzuführen und Zusammenhänge zu untersuchen, wurde später entwickelt. Daher wurden spezielle

Erfordernisse der Statistik, für die beispielsweise eine gleiche Anzahl von Quellen je Quelltyp vorteilhaft wäre, bei der Datenerhebung nicht berücksichtigt. Die Quellen 862 und 863 wurden in die Auswertung nicht einbezogen, da sie durch ihre Lage direkt am Königssee-Ufer eine besondere, aus dem Rahmen fallende Besiedlung aufweisen, die durch zahlreiche Immigranten aus dem See gekennzeichnet ist.

Wir entschieden uns außerdem dafür, für die multivariate Analyse neben Quelle 862 auch die beiden anderen Blockquellen (Typ 2) auszuschließen, da die Anzahl von Quellen diesen Typs zu gering war: Statistik untersucht das Verhalten von Gruppen (SACHS 2002), Einzelbeobachtungen sind nicht statistisch fassbar.

Somit wurden in die univariate Analyse insgesamt 44, in die multivariaten Analysen 42 Quellen einbezogen. Die relativ geringe Anzahl von Quellen, für die vergleichbare Daten verfügbar sind, ist auch der Grund dafür, dass nur nach den Haupt-Quelltypen, nicht aber nach Untertypen (feine Unterteilung: siehe Kapitel 4) gruppiert wurde. Hohe Korrelationen zwischen dem jeweiligen Quelltyp und den dort gefundenen Arten würden bei noch kleineren Gruppen mit hoher Wahrscheinlichkeit rein zufällig auftreten. Tatsächlich erbrachte eine Auswertung mit den 11 echten Quell(unter)typen kein besseres Ergebnis als eine Analyse mit 11 zufällig auf die Quellen verteilten Typen. Beschränkte man denselben Vergleich hingegen auf die fünf Haupttypen, so ließ sich mit den im Gelände festgelegten Typen ein deutlich besseres Ergebnis erzielen als mit zufällig verteilten Typen.

#### 7.1.2 Auswahl der Taxa

Nach einer Reihe von Probeläufen mit Kombinationen verschiedener taxonomischer Gruppen wählten wir für die statistische Analyse jeweils eine Gruppe der Insekten (Köcherfliegen, Trichoptera), der Krebstiere (Muschelkrebse, Ostracoda) und der Spinnentiere (Milben, Acari) aus. Die Kombination folgender Kriterien war für diese Auswahl ausschlaggebend:

- (1) Hohe Artenvielfalt.
- (2) Stetiges Auftreten von Vertretern der Gruppe in möglichst vielen der untersuchten Quellen.
- (3) Zuverlässige Bestimmbarkeit eines hohen Anteils der Populationen auf Artniveau.

Viele Tiergruppen, deren Auftreten oder Fehlen Quellen ebenfalls markant kennzeichnen kann (z.B. Käfer, Flohkrebse, Schnecken und Muscheln), treten nur in geringen Artenzahlen auf, sind im Gebiet sehr unregelmäßig verteilt, oder besiedeln Quellbereiche nur unter besonderen Bedingungen. Andere, die in den meisten untersuchten Quellen quantitativ und qualitativ offensichtlich eine herausragende Rolle spielen (vor allem Steinfliegen und Zweiflügler), lassen sich nach Individuen aus Benthosproben nur in Ausnahmefällen auf Artniveau bestimmen. Schließlich ist eine Reihe von Taxa unter den oben

genannten Kriterien sicher für diese Analyse geeignet (Wenigborster, Ruderfußkrebse), konnte aber im Rahmen der bisherigen Untersuchungen noch nicht vollständig auf Artniveau bestimmt werden.

### 7.1.3 Auswertung

Die statistische Auswertung basiert auf semiquantitativen faunistischen Proben, deren Entnahmeweise den Deckungsgrad der unterschiedlichen Substrate widerspiegelt (Kapitel 9). Obwohl der Datensatz für alle untersuchten Gruppen auch Häufigkeiten enthält, beschränkt sich die Analyse aufgrund des relativ kleinen Datenumfanges auf die An- bzw. Abwesenheit von Arten.

Die Zusammenhänge zwischen Quelltyp und Arteninventar wurden auf verschiedenen Ebenen untersucht. Eine einfache Analyse der Frequenz der Arten in den jeweiligen Quelltypen dient der Beantwortung der Frage, ob einzelne Arten in ihrem Vorkommen an bestimmte Quelltypen gebunden sind. Zu diesem Zweck wurde ausgezählt, welche Arten nur in einem, nur in zwei, drei oder vier Quelltypen vorkommen, und wie viele Arten in allen Typen zu finden sind. Diese univariate Auswertung, in der jede Art unabhängig von den anderen Arten betrachtet wird, unterstellt eine Unabhängigkeit der Arten untereinander, die so mit Sicherheit nicht gegeben ist. Zusätzlich werden die Quelltypen als scharf abgrenzbare Einheiten angenommen. Sind die Übergänge zwischen den einzelnen Typen hingegen fließend, so kann es schwierig sein, bestimmte Arten jeweils nur einem oder zwei Quelltypen zuzuordnen. Dieses Problem wäre von deutlich geringerer Bedeutung, wenn mit quantitativen Daten, d.h. mit Individuenzahlen, gearbeitet werden könnte. Aufgrund der noch zu geringen Anzahl untersuchter Quellen, ist hier aber ein solches Vorgehen nicht sinnvoll.

Der Struktur der vorliegenden Daten werden multivariate Methoden besser gerecht, mit deren Hilfe viele Variable (deswegen „multivariat“) gemeinsam in einer einzigen Analyse ausgewertet werden (JONGMAN et al. 1995). Gradientenstrukturen, mehr oder weniger fließende gerichtete Wechsel in der Artenzusammensetzung, werden mittels direkter oder indirekter Gradientenanalyse untersucht (OKLAND 1996). Bei einer indirekten Gradientenanalyse wird zunächst der Wechsel in der Artenzusammensetzung untersucht. In einem zweiten Schritt werden die gefundenen Gradienten im Arteninventar mit Gradienten in den analysierten Umweltfaktoren verglichen. Falls man die richtigen Faktoren erfaßt hat, sollte sich eine Korrelation der wesentlichen Gradienten im Arteninventar mit den untersuchten Umweltfaktoren zeigen. Mit der indirekten Gradientenanalyse kann man also untersuchen, ob man wirklich relevante Faktoren untersucht hat.

Bei der direkten Gradientenanalyse hingegen legt man schon vor der Auswertung fest, dass man den Einfluss ausgewählter Umweltfaktoren untersucht, unabhängig

davon, ob diese Faktoren auch mit den deutlichsten Gradienten im Arteninventar korreliert sind. Das bedeutet, dass man nur denjenigen Anteil des Gradienten im Arteninventar betrachtet, der mit den gemessenen Umweltvariablen korreliert.

Für unsere Untersuchung wurden beide Verfahren angewandt. Zunächst wurde mit einer Hauptkomponentenanalyse (indirekte Gradientenanalyse) untersucht, inwiefern sich die ausgeprägtesten Gradienten im Arteninventar mit den Quelltypen korrelieren lassen. In einem zweiten Schritt wurde eine Redundanzanalyse (direkte Gradientenanalyse) durchgeführt, um zu überprüfen, ob eventuell untergeordnete faunistische Gradienten einen engeren Zusammenhang mit den Quelltypen aufweisen.

Sowohl die Hauptkomponentenanalyse, als auch die Redundanzanalyse sind lineare Verfahren. Dies bedeutet in unserem Fall, dass man davon ausgeht, dass die Häufigkeit von Arten entlang eines Gradienten entweder zu- oder abnimmt. In der Natur sind die meisten Beziehungen jedoch nicht linear sondern eher unimodal, d.h., dass eine Art entlang eines Gradienten zunächst zunimmt, dann einen Optimalbereich erreicht und anschließend wieder abnimmt. Betrachtet man allerdings nur kurze Abschnitte eines unimodalen Verlaufs, so ist die Beziehung wieder annähernd linear. Da die hier untersuchten Gradienten eher kurz sind, wurden die linearen Verfahren gewählt.

Beide Verfahren suchen in dem multivariaten Datensatz nach wesentlichen Strukturen, die in einem z.B. zweidimensionalen Ordinationsdiagramm dargestellt werden können. Ein Charakteristikum dieser Darstellung ist, dass unimodale Beziehungen zu Gradienten sich als hufeisenförmig gebogene Strukturen im Diagramm zeigen. Dies wird für die Interpretation unserer Ergebnisse noch von Bedeutung sein. Arten, die nur in einer Quelle nachgewiesen wurden, mussten von der multivariaten Analyse ausgeschlossen werden, da sich von Einzelbeobachtungen keine Regelmäßigkeiten ableiten lassen.

Im Gebirge sollte zudem die Höhenlage als wichtiger Faktor nicht ausgeklammert werden, da sich viele Standortbedingungen in Abhängigkeit von der Meereshöhe ändern. Im faunistischen Teil dieser Untersuchung (Kapitel 6) ist detailliert dargestellt, wie die Verbreitung von Tierarten in bestimmten Höhen ihre Grenze finden kann. Ein charakteristisches Beispiel ist die Quellschnecke *Bythinella austriaca*, deren Populationen in den meisten Teilen des Nationalparks die 1000 m - Höhenlinie nicht überschreiten. Eine Ausnahme machen lediglich einige südexponierte Quellen im Gotzenalm-Gebiet (1400 m). Generell können wir in der Quellfauna des Nationalparks eine Verringerung der Diversität mit zunehmender Meereshöhe beobachten. Dieses Phänomen dürfte in erster Linie Konsequenz der lokalen Gegebenheiten sein; Im verkarsteten Gebirge nimmt die Anzahl stabiler aquatischer Lebensräume mit zunehmender Meereshöhe rasch ab. Weiterhin ist mit einem graduellen Unter-

schied auch innerhalb der Gruppe eines bestimmten Quelltyps zu rechnen: Höhenbedingt verändern sich nicht nur die Temperatur, sondern auch Parameter wie die Dauer der Vegetationszeit, die Varianz der Schüttung oder der Eintrag organischer Substanz. Aus diesem Grunde wurde in den multivariaten Auswertungen der Quellen, die sich auf einem Höhengradienten zwischen etwa 600 und 1900 m N.N befinden, die Höhe als Faktor berücksichtigt.

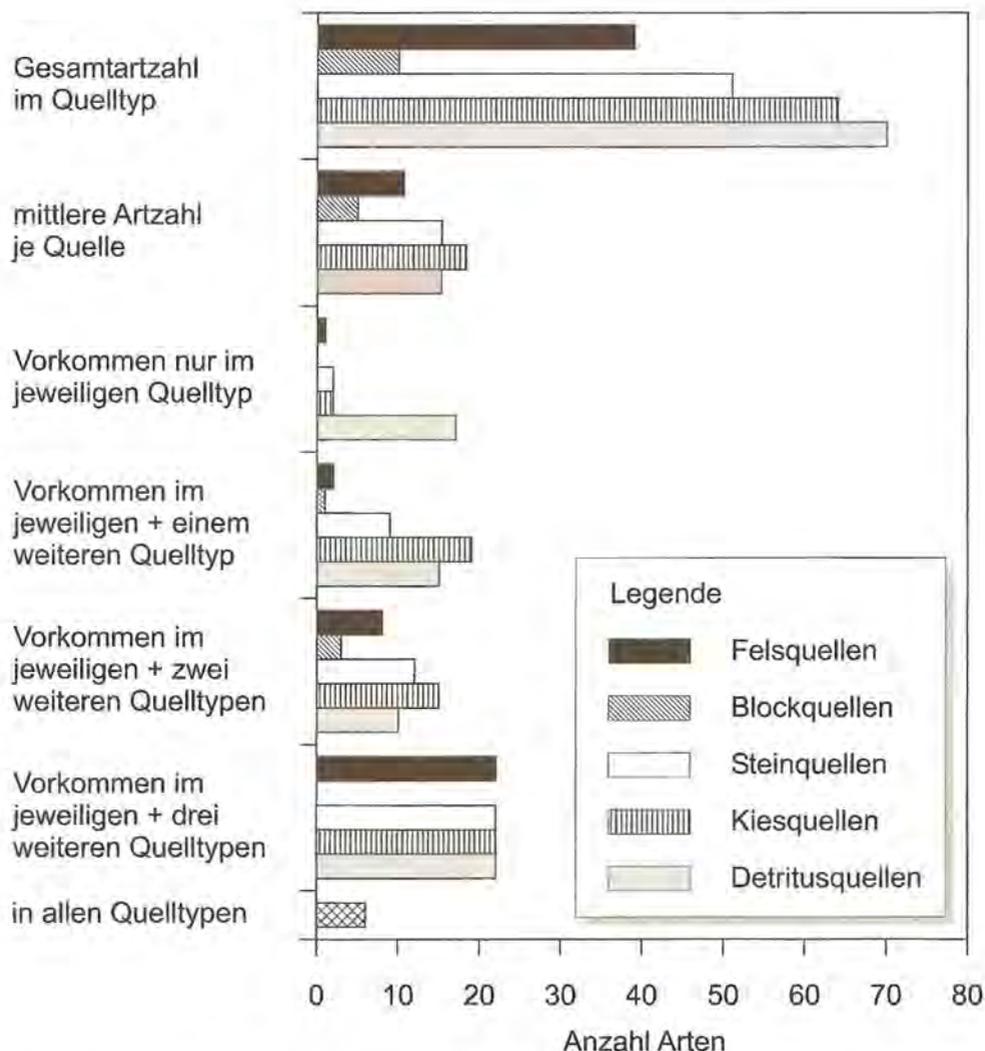
## 7.2 Ergebnisse und Diskussionen

### 7.2.1 Die Bindung von Arten an Quelltypen – univariate Betrachtung

Die Auswertung der Häufigkeiten der Arten in den einzelnen Quelltypen zeigt, dass ein hoher Anteil der Arten mindestens in zwei, viele von ihnen auch in drei oder vier Typen vorkommen (Abb. 7-1). Arten, die in allen fünf Quelltypen vorkommen, sind allerdings fast ebenso selten wie Arten, die nur in einem einzigen Quelltyp gefunden wurden. Bei Letzteren handelt es sich zudem meist

um Arten, die insgesamt nur einmal gefunden wurden, also auch nur in einem Typ vorhanden sein können. Lediglich von den Arten der feinmaterialreichen Quellen des Typs 5 (Detritusquelle) wurden etwa 20% (16 Arten) ausschließlich hier gefunden. Allerdings trat keine dieser Arten häufiger als zweimal auf. Da der Typ 5 zudem die Gruppe mit den meisten Quellen ist, besteht die Möglichkeit, dass es sich um ein Artefakt des Datensatzes handelt. Angesichts des relativ geringen Umfangs unseres Datensatzes ist es also nicht möglich, Präferenzen bestimmter Arten für bestimmte Quelltypen eindeutig zu belegen. Die Stetigkeit von maximal 0,20 rechtfertigt keine statistisch abgesicherte Interpretation unserer Daten. Allerdings lassen sie sich durch Ergebnisse aus Untersuchungen in anderen Teilen Europas oder auch durch Beobachtungen im Rahmen unserer Langzeit-Untersuchungsstellen (Kapitel 8) ergänzen. Die Habitatpräferenz ausgewählter Arten verdient daher eine genauere Betrachtung.

Ein besonders hoher Anteil exklusiver Arten in detritusreichen Quellen des Typs 5 wurde auch bei Untersuchungen auf Sizilien (GERECKE & DI SABATINO 1996) und in



**Abb. 7-1:** Univariate Analyse der Quellbindung von Arten der Köcherfliegen (Trichoptera), Muschelkrebse (Ostracoda) und Wassermilben (Halacaridae & Hydrachnidia) in 44 ausgewählten Quellen des Nationalparks Berchtesgaden. Erklärung im Text.

Luxemburg (GERECKE et al. 2005) festgestellt. Meist handelt es sich allerdings um seltene Arten, die in geringen Individuenzahlen auftreten und daher statistisch schlecht fassbar sind, in ihrer Gesamtheit aber doch deutlich die Quellen dieses Typs charakterisieren. Zu den häufigeren Arten dieser Kategorie, die wir als Charakterarten detritusreicher Quellen mit schwacher Strömung bezeichnen können, gehören die Wassermilben *Bandakia concreta*, *Paniscus michaeli*, *Sperchon resupinus*, *Pseudofeltria scourfieldi* und *Thyas palustris* sowie die Köcherfliege *Beraea pullata* und der Muschelkreb *Cyclocypris helocrenica*. Diese Beobachtung wird auch bestätigt durch das stabile, höchst charakteristische zeitliche und kleinräumige Verbreitungsmuster dieser Arten im Quellkomplex Herrenrpoint, wo sie weitgehend auf die Helokrenen-artigen Quellmünder 300 und 312 beschränkt auftreten (s.a. Abb. 8-14 (*P. scourfieldi*) und 8-15 (*T. palustris*)). Eine Bevorzugung für Habitate mit größerem mineralischem Substrat (Quellentypen 3/4) findet sich unter den Berchtesgadener Wassermilben seltener, bemerkenswerterweise eher bei Arten, die als krenophile Immigranten aus dem Quellbach anzusehen sind (*Sperchon violaceus*, *Protzia distincta*, *Lebertia maculosa*, *Sperchonopsis verrucosa*, *Atractides brendle*, *Wandesia thori*). Diese treten im unmittelbaren Quellbereich oft in geringen Individuenzahlen auf und haben in einer statistischen Betrachtung dann nur ein geringes Gewicht. Eine deutliche Bevorzugung von Quellen mit hohem Anteil größeren mineralischen Hartsubstrates zeigen einige Köcherfliegenarten (*Drusus biguttatus*, *D. monticola*, *Rhyacophila glareosa*, *Synagapetus iridipennis*), bei den Muschelkrebsen bestätigt sich eine unterschiedliche Präferenz der beiden Unterarten *Cypria ophthalmica ophthalmica* (Quellentyp 4) und *C.o.lacustris* (Quellentyp 5).

### 7.2.2 Die Beziehung zwischen Arteninventar und Quelltyp – multivariate Betrachtung

Die durch die Hauptkomponentenanalyse (Abb. 7-2) und Redundanzanalyse (Abb. 7-3) extrahierten Achsen stellen abstrakte theoretische Gradienten dar, denen die Artenverteilung in den Quelltypen folgt. Die erste Achse steht dabei für den am stärksten ausgeprägten Gradienten, die zweite Achse für den nächstausgeprägten Gradienten, weitere Achsen für schwächer ausgeprägte Gradienten in nachlassender Ausprägung.

In unserer Hauptkomponentenanalyse (Abb. 7-2) erklären die ersten beiden Achsen zusammen etwas mehr als ein Drittel (35,4 %) der Varianz des Vorkommens der Arten in den 42 analysierten Quellen (Tab. 7-1). Die erste und die zweite Achse sind dabei signifikant ( $p < 0.05$ , FG = 40) mit den Quelltypen sowie der Meereshöhe korreliert.

Ein ähnliches Bild ergibt sich bei der Betrachtung der Ergebnisse der Redundanzanalyse (Abb. 7-3). Allerdings wird unter den Restriktionen, dass die Achsen Linearkombinationen der gemessenen Standortfaktoren sein müssen, durch die ersten beiden Achsen nur ein geringerer Teil (14,7 %) der Varianz der Arten erklärt (Tab. 7-

2). Die Korrelation zwischen dem Auftreten der Arten und den Werten der Standortfaktoren ist jedoch erwartungsgemäß höher als in der indirekten Gradientenanalyse.

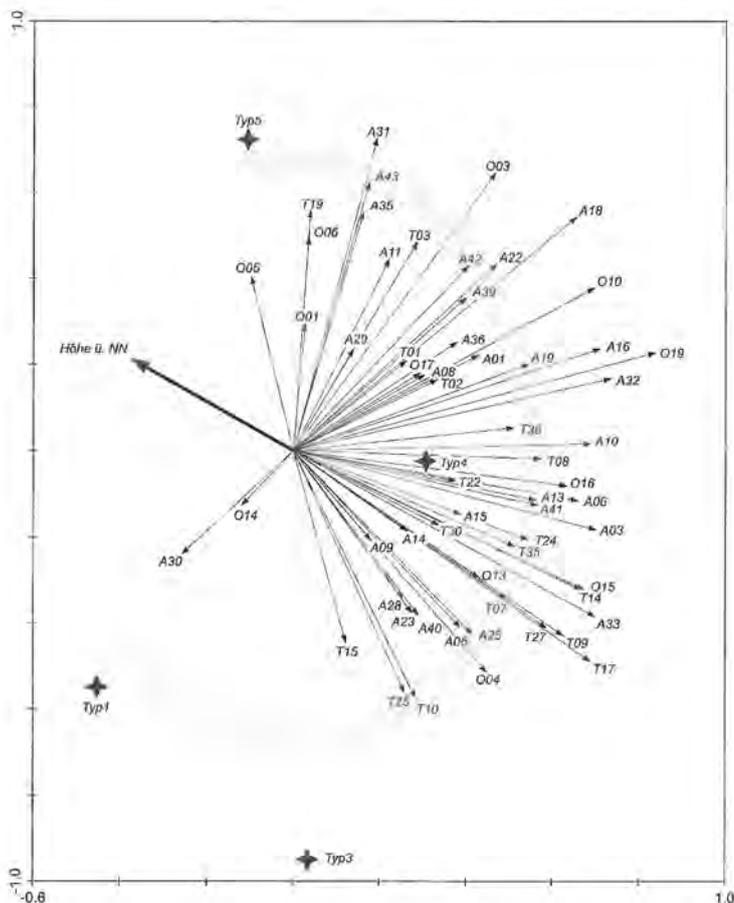
Direkte und indirekte Gradientenanalyse liefern im Ordinationsdiagramm ähnliche Ergebnisse. Dies ist ein Indiz dafür, dass die Quelltypen und die Höhenlage geeignet sind, wesentliche Unterschiede im Arteninventar mit zu erklären. Allerdings zeigt der deutlich niedrigere Anteil erklärter Varianz in der Redundanzanalyse auch, dass für eine möglichst vollständige Erklärung der Hauptgradienten im Arteninventar weitere Faktoren berücksichtigt werden müssten. Ein solcher für die Zusammensetzung der Fauna wichtiger, aber mit punktuellen Untersuchungen kaum zu ermittelnder Faktor könnten beispielsweise die mittel- und langfristige Stabilität der Schüttung einer Quelle sein.

Gradienten zeigen sich in beiden Analysen häufig hüfenförmig gebogen. Im untersuchten Datensatz (Abb. 7-2, 7-3) folgt die Artenzusammensetzung einem Trend von Typ 1 (Felsquellen) über Typ 3 (Steinquellen) und Typ 4 (Kies & Grus-Quellen) zu dem an Feinsediment reichsten Quellen des Typs 5. Auf der ersten Achse zeigt sich zudem ein Höhengradient, dessen Einfluss sich aber nicht von den Quelltypen trennen ließ, da die Quellen der Typen 1 und 5 im Mittel höher liegen als diejenigen der Typen 3 und 4. Die Artenzusammensetzung in den Quelltypen ändert sich kontinuierlich entlang des beschriebenen Gradienten. Zwischen den Typen 1 und 5 zeigt eine Lücke im Pfeilschwarm an, dass es, mit Ausnahme der Ubiquisten, keine Arten gibt, die sowohl in Typ 1, als auch in Typ 5 vorkommen. Die Artengemeinschaften dieser beiden Quelltypen stellen somit die jeweils markanten Enden des untersuchten faunistischen Gradienten dar.

Einige Arten, die in den Ordinationsdiagrammen durch besonders lange Pfeile auffallen, haben in den jeweiligen Quelltypen bzw. deren Übergangsformen ihren Verbreitungsschwerpunkt. Je länger ein Pfeil ist, desto stärker ist die Häufung der entsprechenden Art im jeweiligen Quelltyp. Die Anordnung der kürzeren Pfeile in den Diagrammen kann rein zufallsbedingt sein, sodass für die zugeordneten Arten keine Interpretation möglich ist.

### 7.3 Schlussfolgerungen

Der Datensatz weist nach Ausschluss von Quelltyp 2 (Blockquellen) und 6 (Tümpelquellen) lediglich 42 Stichprobenelemente (Quellen) und insgesamt 94 Arten auf – eine für die statistische Auswertung eher kleine Stichprobe. Zudem ist auch das Verhältnis zwischen Stichprobenumfang (Anzahl von Quellen) und Variablen (Anzahl von Taxa) klein. Diese Einschränkungen müssen bei der Bewertung der Ergebnisse berücksichtigt werden. Gleichwohl erschien es uns gerechtfertigt, den Versuch einer statistischen Analyse zu wagen, da es sich hier – bezogen auf den Stand der Quellforschung – um ungewöhnlich detailliertes Datenmaterial handelt.



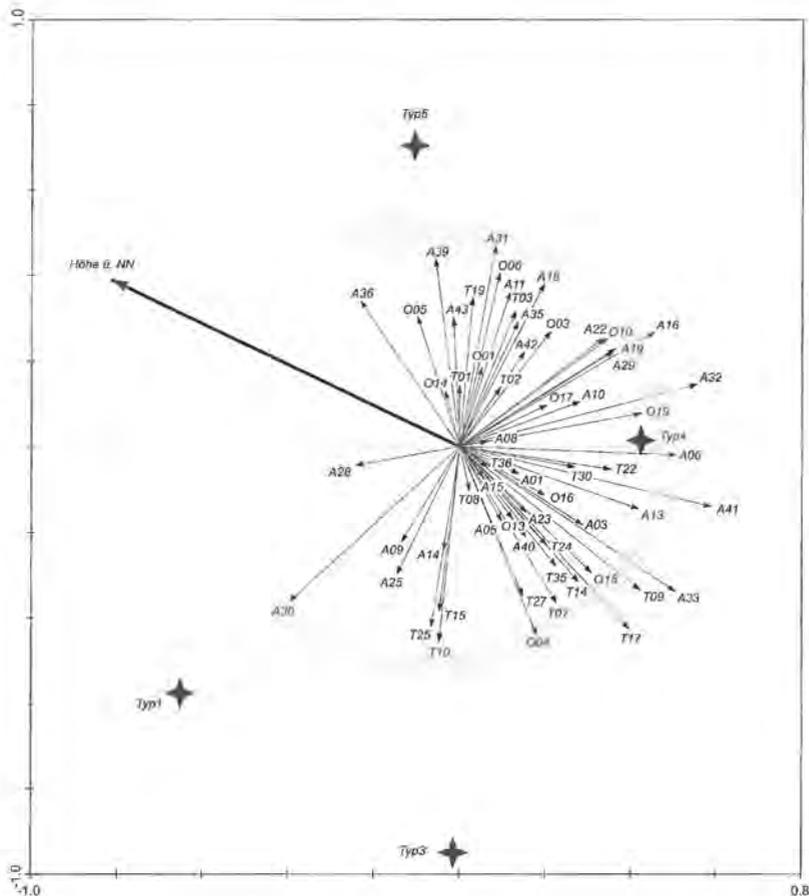
**Abb. 7-2:** Die ersten zwei Achsen der Hauptkomponentenanalyse (siehe auch Tab. 7-1 und 7-3). Die Arten sind als Pfeile dargestellt, deren Richtung den Bereich des Koordinatensystems anzeigt, in dem ihre Populationen besonders häufig anzutreffen sind. Pfeile, die in dieselbe Richtung weisen, zeigen, dass die entsprechenden Arten oftmals gemeinsam vorkommen, entgegengesetzte Pfeile deuten an, dass die jeweiligen Arten kaum zusammen vorkommen. Die Quelltypen sind als Punkte (Sternsymbol) repräsentiert. Arten, deren Pfeil in Richtung eines Quelltyps weist, sind in diesem Quelltyp häufiger vertreten als in Quelltypen, die auf der dem Pfeil entgegengesetzten Seite des Koordinatensystems liegen. Die Höhenlage ist als Pfeil dargestellt, mit zunehmender Meereshöhe in Pfeilrichtung. Alle Pfeile müssen gedanklich über den Nullpunkt des Koordinatensystems hinaus verlängert werden; es ist aus Gründen der Übersichtlichkeit also nur die „überdurchschnittliche“ Hälfte des Pfeils dargestellt.

**Tabelle 7-1:** Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse als indirekte Gradientenanalyse, basierend auf der Verteilung der Köcherfliegen (Trichoptera), Muschelkrebse (Ostracoda) und Wassermilben (Hydrachnidia & Halacaridae) in 42 Quellen des Nationalparks Berchtesgaden. Die Tabelle zeigt die Korrelation zwischen den Hauptgradienten im Arteninventar und den Quelltypen sowie den Anteil der durch die Achsen erklärten Varianz im Arteninventar. Weitere Erklärung im Text.

Achse	1	2	3	4
Arten-Umweltfaktoren-Korrelation	0.497	0.715	0.288	0.263
Kumulative Varianz der Arten	22.4	35.4	43.1	48.9
der Arten-Umwelt-Beziehung	27.9	61.3	64.6	66.6

**Tabelle 7-3:** Zuordnung vollständiger Artnamen zu den in den Ordinationsdiagrammen (Abb. 7-2 und 7-3) verwendeten Abkürzungen; Ostracoda und Trichoptera (Fortsetzung folgende Seite).

Ostracoda			
001	<i>Candona candida</i>	012	<i>Fabaeformiscandona cf. brisiaca</i>
002	<i>Candona lindneri</i>	013	<i>Potamocypris fallax</i>
003	<i>Candona neglecta</i>	014	<i>Potamocypris fulva</i>
004	<i>Cavernocypris subterranea</i>	015	<i>Potamocypris pallida</i>
005	<i>Cryptocandona vavrai</i>	016	<i>Potamocypris zschokkei</i>
006	<i>Cyclocypris helocrenica</i>	017	<i>Pseudocandona albicans</i>
007	<i>Cyclocypris ovum</i>	018	<i>Pseudocandona pratensis</i>
008	<i>Cypria ophthalmica</i>	019	<i>Psychrodromus fontinalis</i>
009	<i>Cypria ophthalmica lacustris</i>	020	<i>Psychrodromus olivaceus</i>
010	<i>Eucypris pigra</i>	021	<i>Scottia pseudobrowniana</i>
011	<i>Fabaeformiscandona breuili</i>		
Trichoptera			
T 01	<i>Allogamus auricollis</i>	T 22	<i>Pseudopsilopteryx zimmeri</i>
T 02	<i>Allogamus uncatius</i>	T 23	<i>Prilocolepus granulatus</i>
T 03	<i>Beraea pullata</i>	T 24	<i>Rhyacophila bonaparti</i>
T 05	<i>Consorophylax consors</i>	T 25	<i>Rhyacophila glareosa</i>
T 07	<i>Drusus biguttatus</i>	T 26	<i>Rhyacophila laevis</i>
T 08	<i>Drusus chrysotus</i>	T 27	<i>Rhyacophila producta</i>
T 09	<i>Drusus discolor</i>	T 28	<i>Rhyacophila pubescens</i>
T 10	<i>Drusus monticola</i>	T 29	<i>Rhyacophila stigmatica</i>
T 14	<i>Lithax niger</i>	T 30	<i>Rhyacophila tristis</i>
T 15	<i>Melampophylax melampus</i>	T 31	<i>Rhyacophila vulgaris</i>
T 16	<i>Metanoea rhaetica</i>	T 35	<i>Synagapetus iridipennis</i>
T 17	<i>Micrasema morosum</i>	T 36	<i>Tinodes dives</i>
T 19	<i>Parachiona picicornis</i>		



**Abb. 7-3:** Die ersten zwei Achsen der Redundanzanalyse (siehe auch Tab. 7-2 und 7.3). Nähere Erläuterungen siehe Legende zu Abb. 7-2.

**Tabelle 7-2:** Ergebnisse der Redundanzanalyse als indirekte Gradientenanalyse, basierend auf der Verteilung der Köcherfliegen (Trichoptera), Muschelkrebse (Ostracoda) und Wassermilben (Hydrachnidia & Halacaridae) in 42 Quellen des Nationalparks Berchtesgaden. Die Tabelle zeigt die Korrelation zwischen den Gradienten in Arteninventar, die am besten mit den Quelltypen korreliert sind, und den Quelltypen sowie den Anteil der durch die Achsen erklärten Varianz im Arteninventar.

Achse	1	2	3	4
Arten-Umweltfaktoren-Korrelation	0.646	0.778	0.720	0.751
Kumulative Varianz der Arten	7.5	14.7	16.9	18.5
der Arten-Umwelt-Beziehung	40.4	79.2	91.4	100.0

**Tabelle 7-3:** Zuordnung vollständiger Artnamen zu den in den Ordinationsdiagrammen (Abb. 7-2 und 7-3) verwendeten Abkürzungen; Acari (Fortsetzung von vorhergehender Seite).

Kürzel	Artname	Kürzel	Artname
<b>Acari</b>			
A 0	<i>Soldanellonyx chappuisi</i>	A 25	<i>Lebertia sefvei</i>
A 02	<i>Arrenurus fontinalis</i>	A 26	<i>Lebertia stigmatifera</i>
A 03	<i>Atractides adnatus</i>	A 27	<i>Lebertia tenuicollis</i>
A 04	<i>Atractides brendle</i>	A 28	<i>Lebertia tuberosa</i>
A 05	<i>Atractides macrolaminatus</i>	A 29	<i>Ljania bipapillata</i>
A 06	<i>Atractides panniculatus</i>	A 30	<i>Panisopsis curvifrons</i>
A 07	<i>Atractides protendens</i>	A 31	<i>Panisia michaeli</i>
A 08	<i>Atractides separatus</i>	A 32	<i>Partmunia steinmanni</i>
A 09	<i>Atractides vaginalis</i>	A 33	<i>Protzia distincta</i>
A 10	<i>Atractides walteri</i>	A 34	<i>Protzia squamosa</i>
A 11	<i>Bandakia concreta</i>	A 35	<i>Pseudofeltria scourfieldi</i>
A 12	<i>Feltria menzeli</i>	A 36	<i>Sperchon mutilus</i>
A 13	<i>Feltria minuta</i>	A 37	<i>Sperchon resupinus</i>
A 14	<i>Feltria setigera</i>	A 38	<i>Sperchon squamosus</i>
A 15	<i>Feltria zschokkei</i>	A 39	<i>Sperchon thienemanni</i>
A 16	<i>Hydrovolzia placophora</i>	A 40	<i>Sperchon violaceus</i>
A 17	<i>Hygrobates fluviatilis</i>	A 41	<i>Sperchonopsis verrucosa</i>
A 18	<i>Hygrobates norvegicus</i>	A 42	<i>Tartarothyas romanica</i>
A 19	<i>Lebertia cuneifera</i>	A 43	<i>Thyas palustris</i>
A 20	<i>Lebertia elsteri</i>	A 44	<i>Thyasella mandibularis</i>
A 21	<i>Lebertia extendens</i>	A 45	<i>Tiphys latipes</i>
A 22	<i>Lebertia lativentris</i>	A 46	<i>Tiphys torris</i>
A 23	<i>Lebertia maculosa</i>	A 47	<i>Torrenticola elliptica</i>
A 24	<i>Lebertia rufipes</i>	A 48	<i>Wandesia thori</i>

Die eingangs gestellte Frage, ob sich anhand unserer Daten Zusammenhänge zwischen der morphologischen Struktur der Quellen und ihrer Fauna nachweisen lassen, kann bejaht werden.

Es lassen sich zwar weder scharfe Abgrenzungen zwischen Artengemeinschaften bestimmter Quelltypen ziehen noch reichen unsere Daten aus, um Indikatorarten solcher Quelltypen eindeutig festzulegen. Betrachtet man hingegen die Verteilungsschwerpunkte, so zeigt sich, dass eine Reihe von Arten Präferenzen für bestimmte Strömungsverhältnisse und Substratarten aufweisen. Andere Arten zeigen keinen ausgeprägten Schwerpunkt, sondern finden offensichtlich in nahezu allen Quellen geeignete Lebensräume.

Die Zusammensetzung des Arteninventars insgesamt zeigt eine kontinuierliche Veränderung von den Grobmaterial-geprägten Quellen mit eher schnellem Abfluss (Rheokrenen) bis hin zu den Feinmaterial-geprägten mit ruhigerem Abflussverhalten (Helokrenen). Zwischen den entgegengesetzten Polen der Typen 1 und 5 gibt es kaum Überschneidungen.

Dieses Bild eines zwischen stark fließenden Rheokrenen und schwach sickernden Helokrenen aufgespannten "faunistischen Fächers" spiegelt durchaus die Situation der morphologischen Quelltypen wider, wie sie in Kapitel 4 dargestellt wurde (Abb. 4-7): Auch die morphologische Kartierung im Nationalpark belegt letztlich das Vorhandensein eines Kontinuums fein abgestufter Quelltypen zwischen Rheokrene und Helokrene, ohne dass sich zwischen Ihnen eindeutige Grenzen festlegen ließen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass sich auch innerhalb einer Quelle einzelne Bereiche hinsichtlich ihrer Substratbeschaffenheit stark unterscheiden können. Der Deckungsgrad Fein- oder Grobmaterial bestimmter Zonen bestimmt dann letztlich, welcher Platz im typologischen Kontinuum ihr zuzuweisen ist. Es wäre sehr wünschenswert, die Ergebnisse unserer Analyse mit größeren, speziell auf die Möglichkeiten statistischer Auswertung hin erhobenen Datensätzen zu überprüfen, sowohl innerhalb des Nationalparks Berchtesgaden als auch in weiteren Gebieten der Alpen oder anderer europäischer Gebirge. Eine Ausweitung der erhobenen Datensätze muss dabei die Erfassung einer größeren Anzahl von Untersuchungsstellen beinhalten. Darüber hinaus wäre auch eine Erweiterung des taxonomischen Spektrums sinnvoll, um die Quellfauna detaillierter in den Analysen erfassen zu können. Vor allem durch den Einsatz von Emergenzfallen können Vertreter weiterer Tiergruppen, beispielsweise der Zweiflügler (Diptera) oder Steinfliegen (Plecoptera) angemessen mitberücksichtigt werden. Darüber hinaus verspricht eine vergleichende Berücksichtigung der Mikroflora besonders wichtige zusätzliche Einsichten (CANTONATI & ORTLER 1998). Bei solchen Datenerhebungen sollten insbesondere die folgenden Punkte beachtet werden:

- Die Quelltypen sollten in jeweils gleicher Anzahl und in der vertikalen Komponente gleichmäßig verteilt erfasst werden.

- Der bei der morphologischen und faunistischen Untersuchung erfasste Quellbereich sollte in gleicher Weise begrenzt werden.
- Zwischen der morphologischen und faunistischen Datenerhebung sollten keine zu großen zeitlichen Abstände liegen. Möglichst sollten alle Daten im gleichen Jahr, am besten zur selben Jahreszeit, erhoben werden.

## Literatur

- CANTONATI, M. & ORTLER, K. (1998): Using spring biota of pristine mountain areas for long-term monitoring - Hydrology. *Water Resources and Ecology in Headwaters*. IAHS Publ. 248: 379-385.
- GERECKE, R. & DI SABATINO, A. (1996): Water mites and spring typology in Sicily. *Crustaceology* 5: 35-41.
- GERECKE, R.; MEISCH, C.; STOCH, F.; ACRI, F. & FRANZ, H. (1998): Eucrenon/Hypokrenon ecotone and spring typology in the Alps of Berchtesgaden (Upper Bavaria, Germany). A study of microcrustacea (Crustacea: Copepoda, Ostracoda) and water mites (Acar: Halacaridae, Hydrachnellae). In: BOTOSANEANU, L. (Hrsg.): *Studies in Crenobiology. The biology of springs and springbrooks*. Backhuys, Leiden: 167-182.
- GERECKE, R.; STOCH, F.; MEISCH, C. & SCHRANKEL, I. (2005): Die Fauna der Quellen und des hyporheischen Interstitials in Luxemburg unter besonderer Berücksichtigung der Milben (Acar), Muschelkrebse (Ostracoda) und Ruderfußkrebse (Copepoda). *Ferrantia*. 41: 1-134.
- JONGMAN, R.H.G.; TER BRAAK, C.J.F. & VAN TONGEREN, O.F.R. (1995): *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- OKLAND, R.H. (1996): Are ordination and constrained ordination alternative or complementary strategies in general ecological studies? *Journal of Vegetation Science* 7: 289-292.
- SACHS, L. (2002): *Angewandte Statistik*. Springer, Berlin u.a.

## 8 Die Langzeituntersuchungsstellen: Feinverteilung der Fauna und erste Beobachtungen zu Veränderungen in der Zeit

REINHARD GERECKE, ISABEL SCHRANKEL, ELISABETH  
STUR, RÜDIGER WAGNER & SOFIA WIEDENBRUG

### 8.1 Allgemeine Beschreibung des Gebietes

Sämtliche Quellkomplexe, die im Rahmen dieser Untersuchung langfristig beobachtet wurden, liegen im Bereich des unteren Nordostabfalls des Watzmanns, auf Meereshöhen zwischen 900 und 1200 m zwischen der Wimbachklamm im Westen und dem Königssee im Osten. Große Teile des Watzmann-Massivs sind von relativ einheitlicher geologischer Konstitution, mit triassischen Dachsteinkalken als bestimmender Einheit, aus der alle markanten Felsmassive aufgebaut sind. Hingegen findet sich im Bereich der Daueruntersuchungsstellen ein Mosaik unterschiedlicher anstehender Gesteine. Als markante geomorphologische Struktur erstreckt sich in SSE-NNW-Richtung, zwischen Archenkopf und Schapbachriedel ein Seitenmoränenwall des würmzeitlichen Königssee-Gletschers, der überwiegend aus jurassischem Gestein aufgebaut ist. Dieser trennt die Einzugsgebiete des Klinger- und des Herrenrönt-Baches im Osten von demjenigen des Schapbaches im Westen. An der Nordostflanke des Höhenzuges, bereits außerhalb des Nationalparks, finden sich im Klingerbach-Quellgebiet Haselgebirge-Schichten als anstehendes Gestein. Diese geologische Formation ist die älteste im Gebiet der Berchtesgadener Berge (Permoskyth) und aufgrund ihres Salzgehalts zugleich von besonderer kulturhistorischer Bedeutung. Tiefliegende Haselgebirgsschichten bildeten die Grundlage des über Jahrhunderte florierenden Salzabbaus im Raum Bad Reichenhall-Salzburg, der wiederum weitreichende anthropogene Veränderungen in Vegetation und Gewässernetz zur Folge hatte. In oberflächennaher Ausprägung sind die Haselgebirge-Schichten allerdings durch Auswaschung der Elektrolyte ausgelaugt und lehmig-mergelig. In diesem Zustand sind sie wasserundurchlässig und daher als Stauhorizont von besonderer Bedeutung für den Quellreichtum am unteren Watzmann-Nordabfall.

Eine weitere Ursache für den Quellreichtum des Gebietes ist in der Wirksamkeit der Glazialerosion zu sehen (FISCHER 1984). Im Zuge der Vergletscherung wurden in den Bacheinzugsgebieten karsthydrographisch wirksame Anteile der Kalkschichten bevorzugt abgetragen und der noch unverkarstete Sockel freigelegt. Dies ist insbesondere im Schapbach-Einzugsgebiet zu beobachten: Dessen Oberflächengerinne können den besonders kräftig eingetieften Bewegungsbahnen der quartären Eismassen folgen, weshalb sie zu den wenigen in Raum und Zeit kontinuierlichen Fließgewässern des Nationalparks gehören.

Über Lage und Ausdehnung der Grundwasserreservoirs, die die Quellen dieses Gebietes speisen, liegen keine Untersuchungen vor. Ergebnisse von Forschungen in anderen Teilen der stark verkarsteten Berchtesgadener Berge erweisen, dass die Grundwasserströme oft einen gänzlich anderen Verlauf nehmen als nach der Gestalt des Oberflächenreliefs vermutet werden könnte. Dennoch nimmt ENDERS (1978) aufgrund der extremen Steilheit der Geländeformen im oberen Watzmann-Massiv an, dass in diesem speziellen Fall ober- und unterirdische Einzugsgebiete der Quellen weitgehend übereinstimmen.

### 8.2 Herrenrönt

#### 8.2.1 Lage und Einzugsbereich

Der Herrenrönt-Quellkomplex (Abb. 8-1; geographische Koordinaten: 12°58'20 E, 47°34'40 N, Exposition Nordost) befindet sich am Nordhang des Sommerbichel im hier sanft gewellten Gelände zwischen 1250 und 1100 m N.N., bei einer mittleren Hangneigung von 15 %. Der Bergvorsprung erstreckt sich von dem beschriebenen Moränenwall aus nordöstlich wie eine Kanzel, durch steil abfallende Flanken in Richtung Königssee und Klingerbachtal begrenzt.

Unmittelbar südlich des Quellgebietes liegt die Jagdhütte Herrenrönt, die anstelle einer zuvor vorhandenen Almhütte errichtet wurde. Es lässt sich belegen, dass die Almwirtschaft in diesem Gebiet mindestens bis ins fünfzehnte Jahrhundert zurückgeht. Die zugehörige Fläche einschließlich des Quellkomplexes dürfte in dieser Periode der Weidewirtschaft gedient haben und weitgehend baumfrei gewesen sein. Reste von Mauern im Quellgebiet sowie die offensichtliche kanalartige Umleitung eines Quellbachabschnittes (318) sind Reste einer derartigen Nutzung. Vor ca. 150 Jahren, zu einer Zeit, da viele Almen wegen einer ungünstigen, feucht-kühlen Klimaphase aufgelassen wurden, wurde auch Herrenrönt dem Königreich Bayern zum Zwecke der Hofjagd verkauft. Abgesehen von einer Weidefläche südöstlich der Hütte wurde das Gebiet im Gefolge mit Fichten aufgeforstet (FREYER, pers. Mitt.).

Die Stelle des Wasseraustritts auf Herrenrönt fällt mit der Grenze zwischen den "Allgäuschichten" und den im Hangenden anschließenden "Kieselkalk"-Schichten zusammen. Beide Schichten gehören zum Dogger und zeichnen sich durch eine geringe Tendenz zur Verkarstung aus. Der Grundwasserspeicher der Herrenröntquelle dürfte zu einem erheblichen Teil in den Gesteinskörpern des Sommerbichel (evtl. auch der Archenkanzeln) liegen, möglicherweise in Kieselkalkschichten, die von Haselgebirge unterlegt sind. Der Quellbachbereich (314) erstreckt sich über eine ausgedehnte Fläche anstehender "Allgäuschichten". Weiter bachabwärts (330 - auf Abb. 8-1 nicht mehr sichtbar), wo das Bachwasser in den Untergrund versickert, treten wiederum "Kieselkalk" an die Oberfläche. Der Herrenrönt-Quellbereich

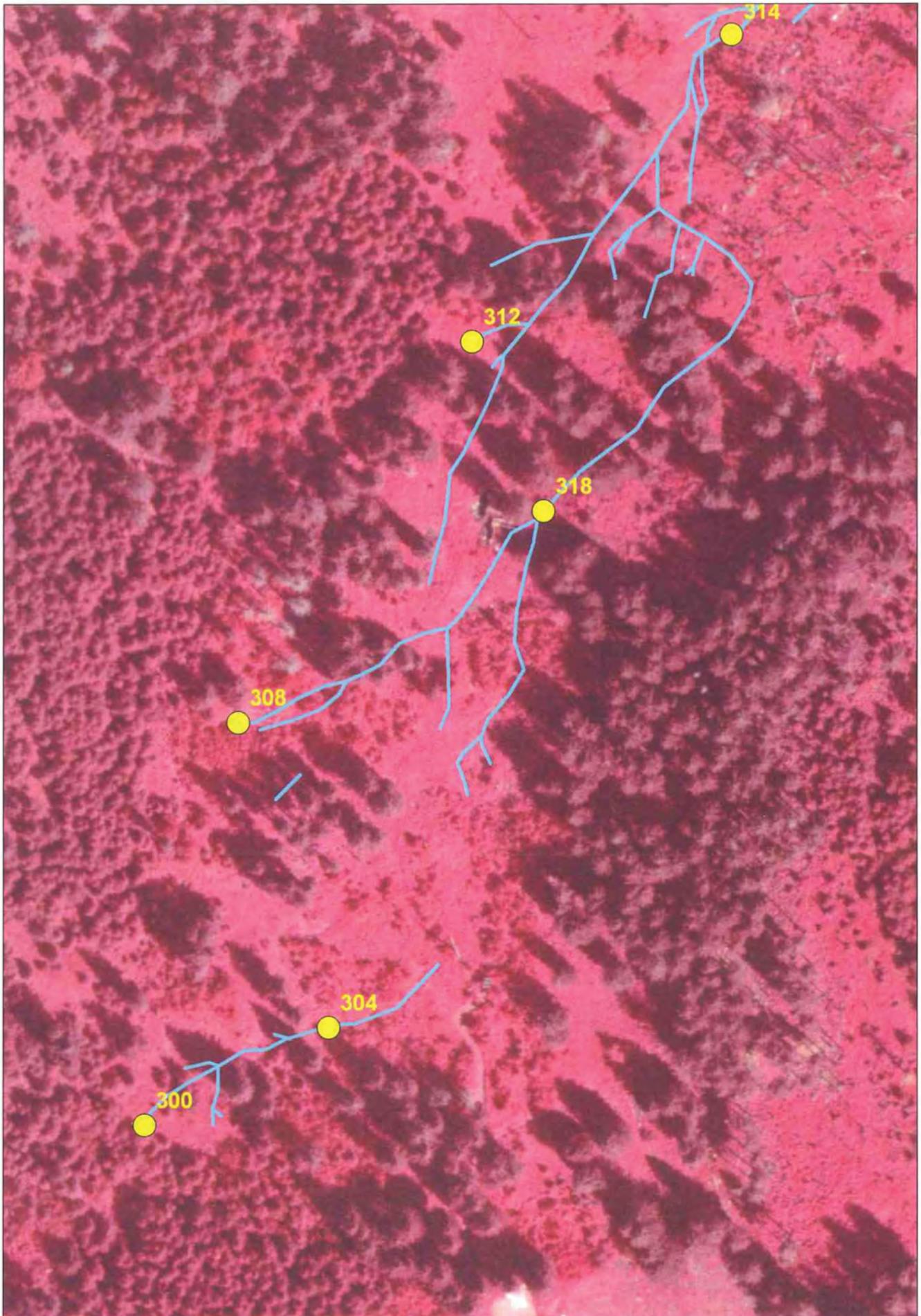


Abb. 8-1: Übersichtskarte des Quellkomplexes Herrenroint. Am unteren Bildrand der Bereich der Herrenroint-Diensthütte.

weist ganzjährig vernässte Böden auf, die als eutrophe Hanggleye oder - in verebneten Bereichen - als Nassgleie ausgebildet sind. Die dort vorhandenen "Allgäuschichten" entwickeln unter rascher Verwitterung tiefgründige Braunerden und Rendzina-Braunerden, die sich durch Nährstoffreichtum und große Stabilität auszeichnen. Auch bei starker Hangneigung können sich mächtige Verwitterungsdecken ausbilden, die sich gut durchwurzeln lassen und entsprechend erosionsstabil sind (KONNERT 2004).

Der Bereich um den Quellkomplex wurde vor 150 Jahren mit Fichten-Reinbeständen (*Picea abies*) aufgeforstet. Diese anthropogene Waldgesellschaft wurde durch die starken Stürme des Jahres 1990 und den nachfolgenden Borkenkäferbefall drastisch dezimiert. Hiervon waren auch fast alle Bäume betroffen, die im vernässten Quellbereich standen, außerdem ausgedehnte Bestände rechts und links des Quellbaches abwärts bis zum Holzabfuhrweg. Das Totholz im Quellbereich wurde größtenteils an Ort und Stelle belassen. Dieses Ereignis war einer der wesentlichen Gründe für die Aufnahme einer langfristigen Umweltbeobachtung in diesem Quellkomplex.

Als natürliche Waldgesellschaft im Herrenröint-Quellbereich ist nach STORCH (1983) ein *Aceri-Faxinetum* zu erwarten. Über zehn Jahre nach den Stürmen besteht der Jungwuchs im Quellbereich hauptsächlich aus Eberesche (*Sorbus aucuparia*) und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), eine einzelstehende Grünerle kennzeichnet die Lage des obersten Quellmundes (300). Eine Verjüngung der Fichte findet derzeit kaum statt. Trockener Bereiche der Quellflur tragen Hochstaudenfluren aus Brennessel (*Urtica dioica*) und Himbeere (*Rubus idaeus*) oder Krautfluren, die vom grauen Alpendost (*Adenostyles alliariae*) dominiert sind. Staunasse Abschnitte sind vollkommen frei von Baum-Jungwuchs und gekennzeichnet durch Reinbestände von Rossminze (*Mentha longifolia*). Ergebnisse von Vegetationsaufnahmen im Gebiet werden in Kapitel 5 vorgestellt.

Zahlreiche kleine und kleinste Wasseraustritte bilden in der breiten Quellsenke ein Netz unterschiedlich großer, teils temporärer Rinnsale. Für die langfristige Beobachtung wurden unter den zahlreichen Quellmündern, die jeweils eine mehr oder weniger eigenständige Typologie repräsentieren, drei deutlich unterschiedliche Vertreter ausgesucht: Der oberste Quellmund (300) bildet eine ausgedehnte, tiefgründig durchnässte Fläche bei schwachem Gefälle. Die Krautschicht des Uferbereiches ist dominiert durch die Rossminze (*Mentha longifolia*) und den Kälberkropf (*Chaerophyllum hirsutum*), am Wasserrand und unter Wasser ist das Moos *Cratoneuron commutatum* bestandsbildend. Die submersen Substrate bestehen hauptsächlich aus organischem Detritus (Feinschlamm, Holzreste, sich zersetzende Reste krautiger Ufervegetation). Der Bereich ist beschattet durch einige entfernt stehende Bäume, vor allem aber durch die überhängende Krautvegetation der unmittelbaren Umgebung. Aus dieser Helokrenen-Fläche her-

aus sammelt sich ein ca. 10 cm tiefer Graben mit rasch zunehmendem Gefälle. Hundert Meter unterhalb (304) ist die Zusammensetzung des Substrats vollkommen verändert: In Kaskaden finden sich neben Totholz auch faustgroße Steine und Kies, stellenweise mit Moosbewuchs, an ruhigen Stellen kommt es zu Ansammlungen von Sand und Feindetritus. Weiter abwärts, bei einem Stichweg, der von der Jagdhütte aus in das Quellgebiet führt, versinkt der Abfluss zumindest während der Sommermonate in den Untergrund. Mit Sicherheit tritt er weiter talwärts in einem der zahlreichen dort befindlichen Quellmünder wieder zutage.

Ein zweiter untersuchter Quellmund (308) befindet sich ca. 100 m weiter nördlich und nur geringfügig tiefer als 300. Es handelt sich um eine Rheohelokrene mit von Anfang an eindeutig definiertem Gerinne und nur geringfügig durchnässter Umgebung. Aufgrund des geringen Gefälles bilden sich gleichwohl randliche Stillwasserzonen mit organischen Sedimenten, die mit feinem Sintersediment durchsetzt sind und in denen zur Sommerzeit Fadenalgenwachstum eintritt. Die (quantitativ überwiegenden) überströmten Abschnitte weisen Substrate aus feinem Kies mit Totholz und üppigen Moosbewuchs (vorwiegend *Cratoneuron commutatum*) auf. Die Stelle ist nur geringfügig beschattet. Hier wurde in den Jahren 1996 (Mai-Oktober) und 2001 (Juni, September) eine Emergenzfalle betrieben, parallel fanden Messungen der Außen- und Wassertemperatur mit einem Datalogger statt. Die Jahres-Temperaturkurve (Abb. 8-2) zeigt einen ausgeglichenen Verlauf. Ein durch die Schneeschmelze bewirktes verzögertes Minimum von 3°C wird im Mai erreicht, Maximaltemperaturen knapp über 6°C zur Zeit des geringsten Abflusses im Herbst.

Quellmund 312 bildet eine tiefgründig durchnässte Helokrenenfläche, die offenbar aufgrund einer starken pflanzlichen Produktion der Polsterpflanzen im Gegensatz zu Stelle 300 charakteristisch hochgewölbt ist. Darüber hinaus unterscheidet sie sich von dieser durch das völlige Fehlen der Rossminze (*Mentha longifolia*), einen größeren Anteil der Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*) und des Berg-Reitgrases (*Calamagrostis varia*), und in der Mooschicht durch einen erheblichen Anteil des Mooses *Bryum pseudotriquetrum*. Obwohl diese Helokrene von einigen hohen Fichten umstanden ist, sind ihre feuchten Bereiche stark lichtexponiert, da die ufernahe Krautvegetation weniger deckend ausgebildet ist als an Stelle 300. Hier wurde, wie an Stelle 308, in den Jahren 1996 (Mai-Oktober) und 2001 (Juni, September) eine Emergenzfalle betrieben, parallel fanden Messungen der Außen- und Wassertemperatur mit einem Datalogger statt. Die Jahres-Temperaturkurve (Abb. 8-2) zeigt den direkt wirkenden Einfluss von Aussenfaktoren auf die Lebensbedingungen in dieser Quelle, mit Minima unter 1°C zur Zeit der stärksten Schneebedeckung im Februar und Maximaltemperaturen bei 7,5°C im Hochsommer. Aus der Quellfläche gelangt das Wasser über mehrere schwache Rinnsale (Substrate: Wurzelwerk, organischer Detritus und etwas Sand) in einen Graben, der Wasser von einigen höher liegenden Quellmündern

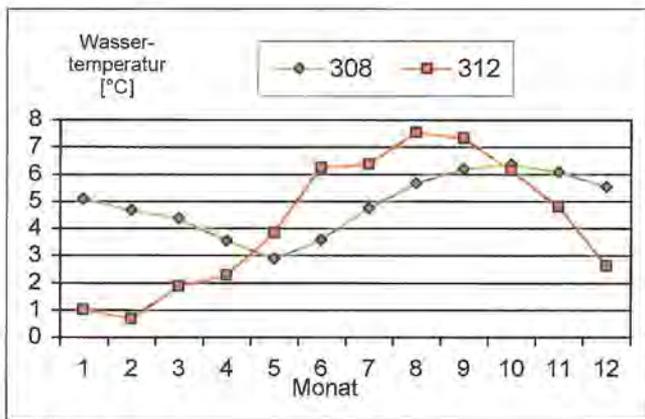


Abb. 8-2: Quellkomplex Herrenrpoint: Temperaturentwicklung im Jahreslauf in den Quellmündern 308 und 312.

heranführt. Erst ca. 300 m unterhalb der obersten Quellen bildet sich beim Zusammenfluss der Abläufe der Stellen 300 und 308 ein definierter Hauptbach aus, der in seinem weiteren Verlauf zusätzlich von Uferquellen gespeist wird. Dieser ist ca. 10-20 cm tief, auf steinig-kiesigem Grund mit Totholz und organischem Detritus und praktisch frei von submersen Pflanzenwuchs. Flussabwärts nimmt der Anteil sinterartiger Sedimente zu. Am oberen Abschnitt dieses Bereiches (318) wurde im Jahre 1996 eine Emergenzfallne betrieben. Der Quellbach ist auf einer kleinen Strecke kanalartig umgeleitet, knickt bei einer Geländekante scharf nach links ab, erhält hier den Zufluss weiterer Quellen (u.a. 312) und nimmt dann den Charakter eines Sturzbaches an (314). Dieser fließt zwischen großen Steinen mäandrierend über eine Freifläche, deren Baumbestand dem Sturm von 1990 vollständig zum Opfer gefallen ist. Vor Erreichen eines Holzabfuhrweges (320 - ausserhalb der in Abb. 8-1 dargestellten Fläche) ist der Quellbach zwischen größeren Felsblöcken eingetieft. Auch unterhalb dieses Weges behält er ein solches Profil bei, aber nach dem Eintritt in den Fichtenwald nimmt der Anteil feiner Sedimente zu. Entlang dieser untersten Fließstrecke (330) lässt die Wasserführung kontinuierlich nach. Die endgültige Versickerungsstelle wandert jahreszeitenabhängig auf und ab, ein kontinuierlicher Fluss bis hinab zur Talsohle dürfte aber nur ephemere stattfinden, möglicherweise bei extremen Niederschlagsereignissen.

Für die langfristige Umweltbeobachtung wurden in diesem Gebiet somit drei Quellmünd-Stellen (300, 308 und 312) und drei Quellbach-Stellen (304, 318, 314) ausgewählt. Die Letzteren entfernen sich in dieser Reihenfolge vom Quellmünd, bei der im Sinne der Fließrichtung numerischen Umkehrung der beiden unteren Stellen handelt es sich um ein zufallsbedingtes Relikt aus der Voruntersuchung.

### 8.2.2 Fauna

Tabelle 8.1 ( am Ende des Kapitels) gibt eine Übersicht über unseren gegenwärtigen Kenntnisstand der Fauna der Langzeituntersuchungsstellen Herrenrpoint, Schap-

bach und Koppenwand. Daten für einige Gruppen liegen noch nicht vor (Mücken der Familie Gnizten, Wenigborster) oder wurden nicht mit unseren Standardmethoden erhoben (Einzeller, Strudelwürmer, Fadenwürmer). Letztere in die Artenliste mit aufgenommen, werden aber im Folgenden nicht weiter diskutiert. Egel, einige Gruppen der Krebse (Wasserflöhe, Flohkrebse der Familie Gammaridae, aquatische Asseln, zehnfüßige Krebse) und Insekten (Libellen, Megaloptera) sowie aquatische Wirbeltiere (Amphibien, Fische) sind im Quellbereich offensichtlich überhaupt nicht vertreten, andere Insektengruppen (Käfer der Familien Hydrophilidae und Helophoridae; Wanzen) sind so gut wie abwesend, treten aber gelegentlich in Pfützen auf, die sich nach Niederschlägen bilden. Insgesamt konnten an diesen Untersuchungsstellen mit Standardmethoden (Protozoen und Nematoda nicht eingerechnet) bislang 369 Taxa wirbelloser Tiere nachgewiesen werden. Darunter befinden sich 21 Krebstiere (Crustacea) (zwei Arten der Flohkrebse, neun Ruderfußkrebse und zehn Muschelkrebse); 36 Milbenarten (eine Halacaride und 35 Hydrachnidia, weitere 16 hygrophile Vertreter terrestrischer Milbengruppen wurden hier nicht eingerechnet) und 307 Taxa der Insekten.

Die Ruderfußkrebse treten regelmäßig in großen Individuenzahlen (150-600 pro Probe) in den Benthosproben der quellnahen Bereiche auf. Mit Abstand die häufigste Art ist *Attheyella wierzejskii*, die fast 90 % der Individuen stellt. Das Hypokrenal ist fast gar nicht von Copepoda besiedelt. Die Muschelkrebse treten in etwas geringeren Individuendichten (Durchschnittswerte 50-100 pro Probe) und gleichmäßiger über alle Fundstellen verteilt auf. Die häufigste Art, die ungefähr die Hälfte der Gesamtindividuenzahl stellt, ist *Eucypris pigra*, die die Helokrenbereiche bei 312 eindeutig bevorzugt. An zweiter Stelle folgt mit ungefähr einem Viertel der Gesamtindividuenzahl *Psychrodromus fontinalis*, der offensichtlich das Hypokrenal bei 318 bevorzugt.

Die höchsten Individuenzahlen unter den Milben erreichen Vertreter der Hornmilben (*Mucronothrus nasalis*) und der "Meeresmilben" (*Soldanellonyx chappuisi*), unter den "echten Süßwassermilben" sind *Hygrobatas norvegicus* (11 % der Hydrachnidia) und *Partnunia steinmanni* (9 % der Hydrachnidia) die häufigsten Arten. Mit wenigen Ausnahmen bevorzugten alle Milbenarten die Eukrenalbereiche.

Das Auftreten der sechs nachgewiesenen Arten der Eintagsfliegen beschränkt sich weitgehend auf den untersten Hypokrenalbereich (318) und den Übergang zum Epirhithral (314), am häufigsten wurde *Baetis alpinus* gefunden; in den Emergenzfallen fanden sich nur wenige Exemplare der Gattung *Baetis* bei 318.

Unter den nachgewiesenen 14 Arten der Steinfliegen konnten fünf nur in den Emergenzfallen nachgewiesen werden, darunter *Leuctra autumnalis* in hoher Individuenzahl bei 318. Steinfliegenlarven sind in den Benthosproben fast allgegenwärtig in hohen Individuenzahlen

von 150 bis über 600 pro Probe - lediglich im Helokrenenbereich 312 liegen die Individuendichten tiefer. Sie sind vor allem repräsentiert durch Arten der Gattungen *Leuctra*, *Protonemura* und *Nemoura*. Die häufigste Art in der Emergenz war *Leuctra armata* (Jahresemergenz bei Stelle 308: 270 Individuen/m<sup>2</sup>), gefolgt von *Leuctra braueri* und *Protonemura auberti* (letztere allerdings offensichtlich auf das Hypokrenal beschränkt).

Die Köcherfliegen treten überall in eher geringen Individuendichten (durchschnittlich 18-70 Individuen/m<sup>2</sup>) auf, jedoch in beträchtlicher Artenvielfalt. Von den 26 Arten konnte nur eine, *Plectrocnemia conspersa*, ausschließlich in der Emergenz nachgewiesen werden. Auch in quantitativer Hinsicht besteht weitgehende Übereinstimmung zwischen den Benthos- und Emergenzdaten: die häufigsten Arten sind in den Eukrenalbereichen *Cru-noecia kempnyi* (Jahresemergenz 36-44 Individuen/m<sup>2</sup>) und *Parachiona picicornis* (Jahresemergenz 16 Individuen/m<sup>2</sup>), im Hypokrenal (nur durch Benthosproben belegt) *Drusus discolor* und *Philopotamus ludificatus*, in beiden Bereichen *Allogamus uncatus* und *Rhyacophila laevis*.

Von den neun Käfer-Arten im Gebiet ist der Hakenkäfer *Elmis latreillei* mit Abstand am häufigsten. Die unterschiedliche Verteilung dieser Art, die die Eukrenalbereiche eher meidet, führt zu einem Muster mit geringeren Individuendichten (3-65 Individuen/m<sup>2</sup> in den eigentlichen Quellprobestellen und deutlich höheren Dichten (117-325 Individuen/m<sup>2</sup>) in den Quellbachabschnitten. Während *Hydraena alpicola* diesem Verteilungsmuster folgt und eine weitere Hakenkäferart, *Elmis rietscheli*, auf noch quellfernere Bereiche spezialisiert erscheint, finden sich krenobionte Dytisciden der Gattung *Hydroporus* sowie Scirtidenlarven der Gattung *Elodes* bevorzugt in den eigentlichen Quellaustritten. In erster Linie fällt bei den die Insektenordnung der Zweiflügler betreffenden Daten eine ungeheure Artenvielfalt auf: Insgesamt konnten 209 Taxa nachgewiesen werden, darunter 55 Arten alleine der Zuckmücken und jeweils 25 der Schmetterlings- und Trauermücken. Sehr viele Nachweise betreffen Einzelfunde, und es ist gut vorstellbar, dass sich diese Artenzahlen bei einer Fortsetzung der Untersuchung mit Emergenzfallen noch wesentlich erhöhen lassen. Für andere Arten allerdings ließen sich in der Emergenz Massenentwicklungen mit einer Jahresdichte von bis zu 900 Individuen/m<sup>2</sup> beobachten (*Psychoda parthenogenetica*) und sogar eine als neu für die Wissenschaft nachgewiesene Schmetterlingsmücke der Gattung *Pericoma* trat mit 370 Individuen/m<sup>2</sup> als eine der häufigsten Arten auf.

### 8.2.3 Phänologie des Zoobenthos

Im Jahre 1996 wurden im Quellkomplex Herrenrönt Sedimentproben zu drei verschiedenen Terminen der Vegetationsperiode genommen, wobei wichtige Substrate getrennt abgesammelt wurden (SCHRANKEL 1998). Die jeweilige Zusammenfassung der am 10. Juni, 30. August

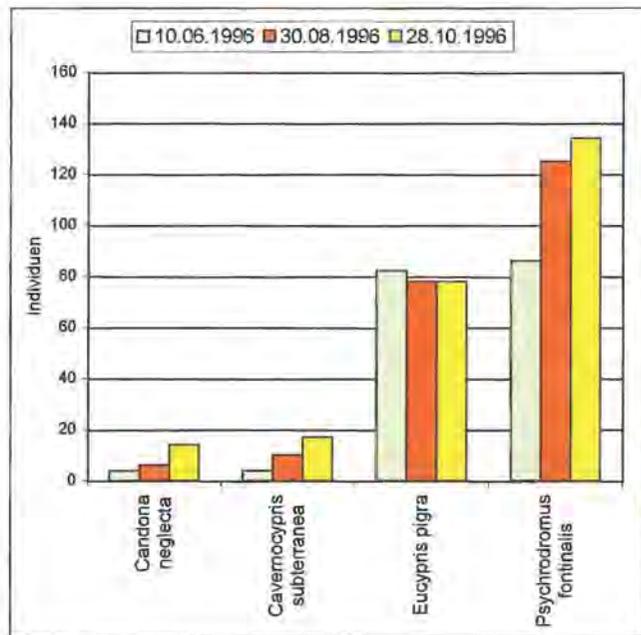


Abb. 8-3: Quellkomplex Herrenrönt: Saisonales Auftreten der vier häufigsten Muschelkrebs-Arten, Mai-Oktober 1996.

und 28. Oktober gesammelten Substratproben zu einer Fröhsommer-, einer Hochsommer- und einer Herbstprobe erlaubt einen Einblick in saisonale Veränderungen in der Populationsdichte der häufigeren Arten. Die Ergebnisse bestätigen die Erwartungen (CANTONATI et al. im Druck) und Beobachtungen (TOTSCHNIG et al. 1999), dass die Zusammensetzung des Benthos von Quellen sich in geringerem Maße saisonal verändert als diejenige von Stillgewässern, Bächen und Flüssen. In den Abbildungen 8-3 und 8-4 zeigen wir Beispiele für die häufigeren (mit 10 oder mehr Exemplaren vertretenen) Arten der Muschelkrebsse und Milben. Diese beiden Tiergruppen sind für eine solche Betrachtung besonders geeignet, da bestimmbare Lebensstadien unter Wasser leben und ihre Vertreter in den Sedimentproben sich daher zu jeder Jahreszeit gut klassifizieren lassen. 15 von 16 Milbenarten und alle vier Muschelkrebsarten wurden zu allen drei Probenahmeterminen angetroffen, oft sogar in ähnlichen Anteilen. Eine Sommerdepression zeigt sich bei den meisten Milbenarten, aber nicht bei den Ostracoda. Besonders bemerkenswert ist die Stetigkeit im Auftreten auch der sehr seltenen Arten im linken Teil der Grafiken. Die Terminierung der Probenahmen für das Langzeitmonitoring Ende Juni ist offensichtlich geeignet, einen repräsentativen Überblick über die Faunenzusammensetzung während der gesamten Vegetationsperiode zu geben.

### 8.2.4 Zeitrhythmen der Emergenz, ausgesuchte Beispiele

Das von SCHRANKEL (1998) während der Vegetationsperiode 1996 (17.05.1996-27.10.1996) mit Hilfe von Emergenzfallen erhobene Insektenmaterial bietet eine Fülle von Informationen, die unter ganz verschiedenen Gesichtspunkten interessant sind: Relative Häufigkeit vor

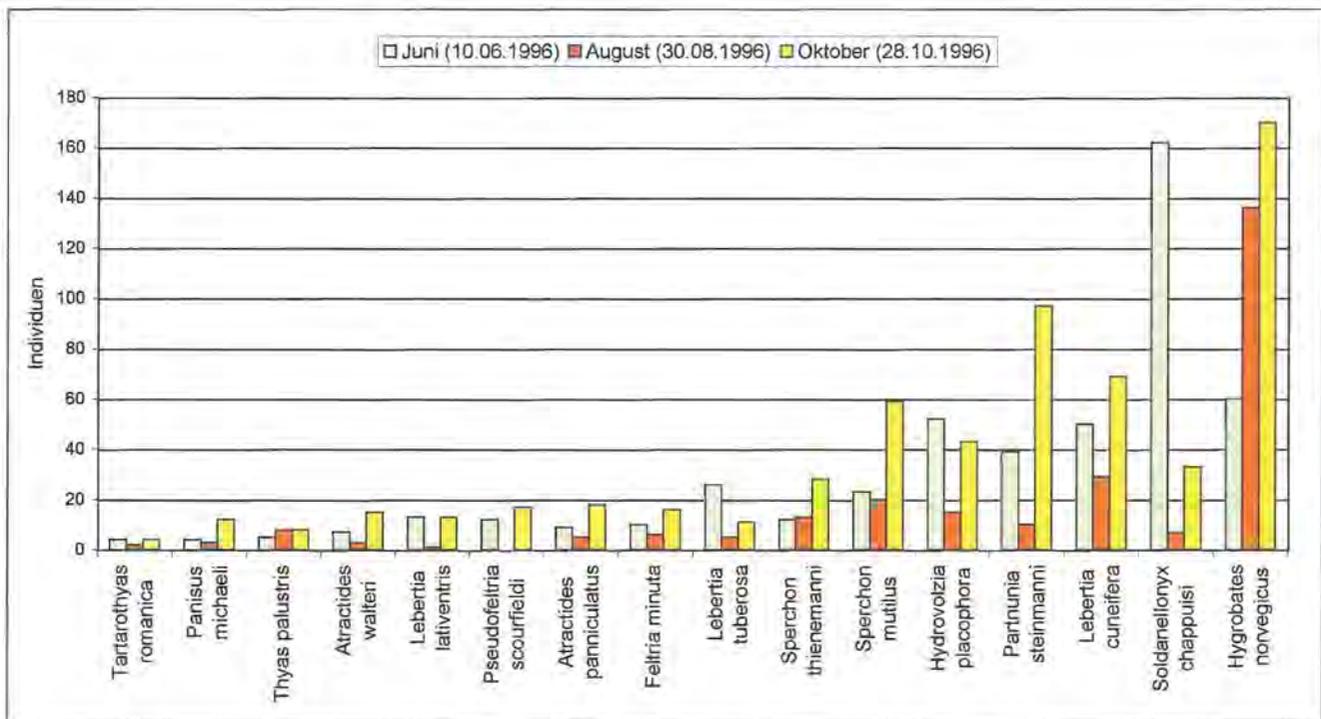


Abb. 8-4: Quellkomplex Herrenrönt: Saisonales Auftreten der 16 häufigsten Milben-Arten, Mai-Oktober 1996.

allem der dominanten Arten; Beobachtung der Phänologie und Sukzession der häufigen Arten vom Frühjahr bis in den Herbst; Nachweis seltener, mit anderen Methoden kaum aufspürbarer Arten. Im Folgenden greifen wir beispielhaft Ergebnisse für zwei Dipterenfamilien heraus, deren Vertreter besonders häufig auftraten. Sie beweisen, dass auch Quellhabitats eine starke faunistische Dynamik aufweisen, deren Jahresrhythmus mit Sicherheit auch Auswirkungen auf nicht-emergierende Bewohner hat: Zyklisch verändern sich Faktoren wie die Verfügbarkeit von Beutetieren für räuberische Organismen, der Anteil von durch Zerkleinerer aufgeschlossener Nahrung und von Exkrementen für Detritusfresser, die Anwesenheit von Konkurrenten um begrenzte Nahrungsressourcen. Von besonderer Bedeutung wird die Phänologie der Quellinsekten aber für die Wassermilben sein, die sich, wie wir jetzt wissen (MARTIN 2005), nicht nur als phoretisch-parasitische Larven, sondern oft auch als Eiräuber an die Lebensrhythmen ihrer Wirte anpassen müssen.

#### Zuckmücken (Chironomidae)

Die Bearbeitung dieser Gruppe konzentrierte sich auf Männchen, da sich nur diese auf Artniveau bestimmen lassen. Insgesamt konnten in den Jahren 1996 und 2001 55 Arten aus dem Quellkomplex nachgewiesen werden. Am Quellstandort 308, der im Folgenden genauer betrachtet wird, wurden 1996 in der Emergenzphase insgesamt 41 Arten in 3028 Individuen gesammelt. Die Individuenzahl entspricht 46% der Gesamtemergenz; im Frühling (bis Mitte Juni) und im Herbst (ab Anfang September) lag der Anteil sogar bei 68 %, im Sommer dagegen nur bei 34 % (Abb. 8-5). Vier deutlich gegeneinander zeitlich eingemischte Taxa bestimmten mit 557 emergierten Männchen 48 % der Zuckmücken-Jahre-

semernenz (Abb. 8-6): *Thienemannia libanica* (27,1%), *Parametrioctenemus stylatus* (8,6%), *Krenopelopia* spp. (6,4%) sowie *Micropsectra pharetrophora* (6,1%).

Das Maximum der Jahresemernenz in den ersten beiden Juniwochen 1996 (641 Ind./ 0,64 m<sup>2</sup>) erklärt sich aus der Hauptschlupfzeit der beiden häufigsten Arten: *Thienemannia libanica* und *Parametrioctenemus stylatus* traten in diesem Zeitraum beide mit maximalen Individuenzahlen auf. Hinter dem Namen *Krenopelopia* spp. verbergen sich drei Arten, die im Puppenstadium erkannt wurden, aber als Imagines keine Unterscheidungsmerkmale zeigen. Sie weisen alle ein Maximum der Schlupfaktivität Anfang August auf. *Micropsectra pharetrophora* schließlich schlüpft vorwiegend im Herbst.

Auch von den sechs folgenden, ebenfalls relativ häufigen Arten (insgesamt jeweils über 50 Männchen, für jede Art die Emergenzperiode in Klammern) waren 1996 drei deutlich zeitlich eingemischt: *Corynoneura lobata* (Anfang Juni bis Ende August), *Rheocricotopus* cf. *godavariensis*-Gruppe (Ende Juni bis Ende August,

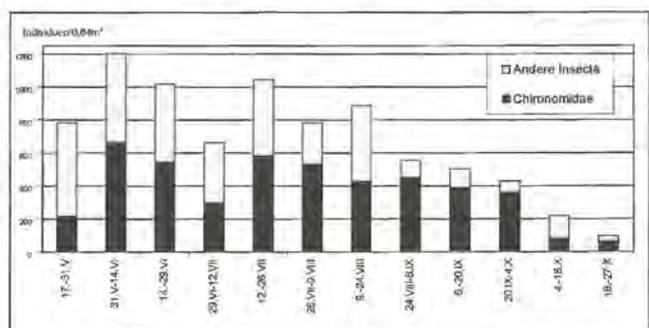


Abb. 8-5: Herrenröntquelle 308: Anteil der Zuckmücken an der Emergenz, Mai-Oktober 1996.

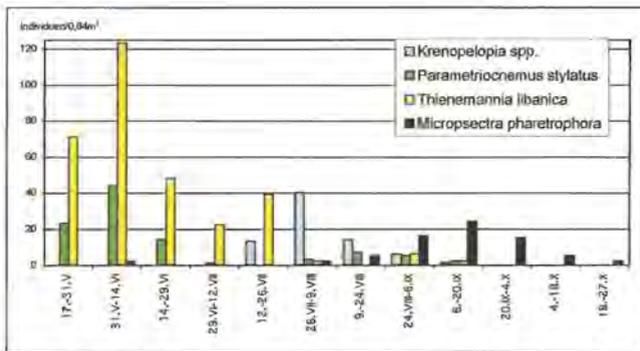


Abb. 8-6: Herrenröntquelle 308: Auftreten der vier häufigsten Zuckmücken-Arten in der Emergenz, Mai-Oktober 1996.

hauptsächlich Ende Juli) und *Chaetocladius* cf. *minutissimus* (Ende August bis Mitte Oktober). *Rheocricotopus effusus*, *Heleniella ornaticollis* und *Krenosmittia borealpina* hingegen schlüpfen von Juni bis Oktober.

#### Schmetterlingsmücken (Psychodidae)

Wie im faunistischen Teil (Kapitel 6.13.4) erwähnt, unterscheiden sich die Vertreter der Unterfamilien dieser Mückenfamilie teils sehr deutlich in ihren Lebensansprüchen. Aus diesem Grunde werden sie im Folgenden getrennt behandelt. In dieser Tiergruppe lassen sich vielfach beide Geschlechter auf Artniveau klassifizieren (s.u.). Im Rahmen der Emergenzuntersuchungen 1996 wurden auf Herrenrönt insgesamt 2140 Individuen dieser Familie gefangen. Die größte Individuenzahl (1324, 16 % der Gesamtemergenz) wurde bei Stelle 312 ermittelt, bei Stelle 308 lag sie nur etwa halb so hoch (772, 11 % der Gesamtemergenz), während die Lebensräume bei Stelle 318 im Quellbach offensichtlich für Vertreter der Familie weniger geeignet sind (44 Individuen, 1 %

der Gesamtemergenz). Die Jahresemergenz der Psychodiden (Abb. 8-7) verläuft an den Stellen 308 und 312 im Früh- und Hochsommer ähnlich: Auf einen ersten Höhepunkt der Schlüpfaktivität Mitte Juni folgt ein ausgeprägtes Maximum Ende Juli/Anfang August. Ein weiterer, herbstlicher Höhepunkt ist hingegen nur an Stelle 312, nicht aber an Standort 308 zu beobachten.

Hinsichtlich der taxonomischen Zusammensetzung finden sich zwischen allen drei Standorten auf Herrenrönt große Unterschiede, die bereits auf hohem taxonomischem Niveau deutlich werden: Während an den Stellen mit geringerem Feinsubstratanteil Arten des Tribus Pericomini dominieren (308: 99 %, 312: 71 %), stellen diese in der Helokrene 312 nur 39 % der Individuen, hier dominieren die Psychodini (59 %). Vertreter anderer Tribus sind nur vereinzelt in geringen Individuenzahlen nachweisbar: Telmatoscopini an allen Standorten, Sycoracinae nur an Standort 312. Zunächst nicht auf Artniveau bestimmbare Weibchen einiger Arten konnten nach einer Gesamtschau bestimmten Arten zugeordnet und in die Häufigkeitsberechnungen mit einbezogen werden. Dies betrifft bei Standort 308 *Berdeniella alpina*, bei Standort 312 *Pericoma* sp. nov., *Satchelliella delphinensis*, *Ulomyia cognata* und *Ulomyia szaboi*. Bei Standort 308 werden alle Weibchen der Gattung *Pericoma* (in Frage kommen *P. trifasciata* und *P. sp. nov.*) als *P. sp.* geführt.

An Stelle 308 (Abb. 8-8) sind die drei häufigsten Arten *Pericoma* sp. nov., *Pericoma trifasciata* und *Berdeniella alpina*. Die beiden *Pericoma*-Arten stellen zusammen 82 %, *Berdeniella alpina* 7 % der Psychodiden-Emergenz, letztere mit einem fast ausgeglichenen Verhältnis Männchen/Weibchen (47 : 53 %). Weitere 13 Arten stel-

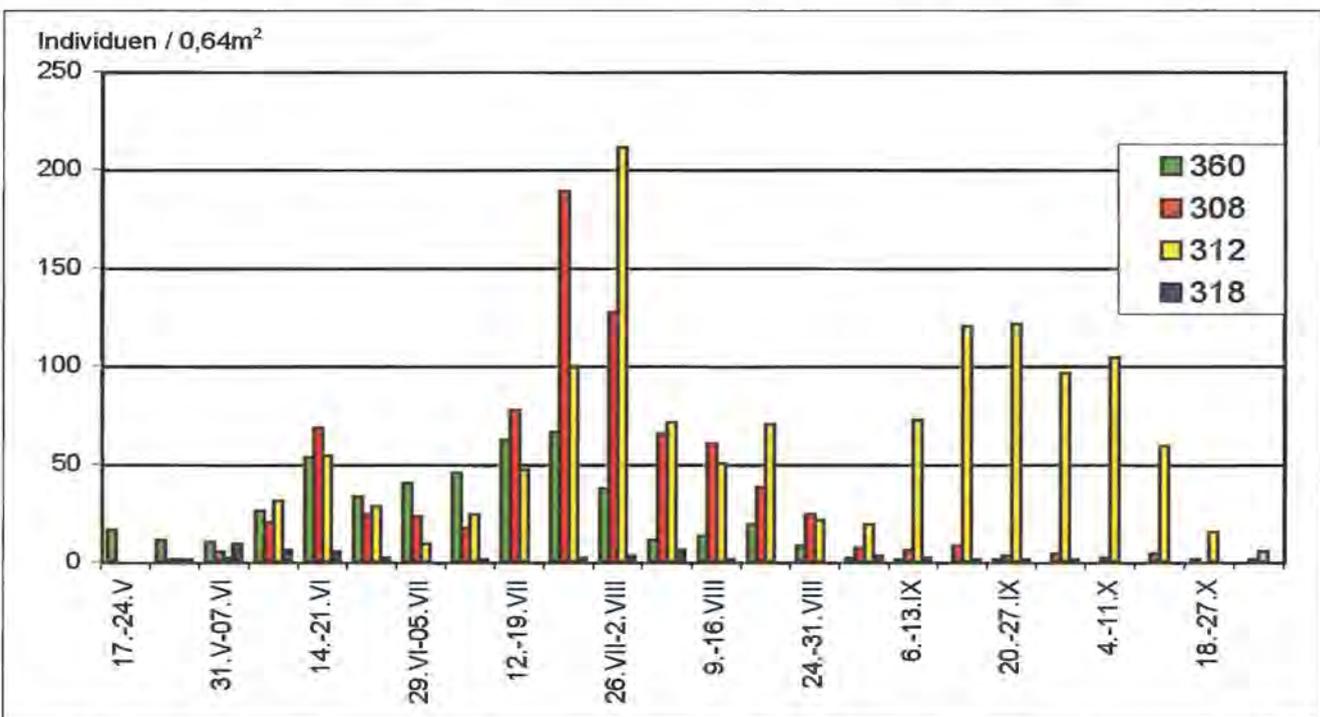


Abb. 8-7: Fallenstandorte auf Herrenrönt (308, 312, 318) und Schapbach (360). Gesamtemergenz der Schmetterlingsmücken, Mai-Oktober 1996.

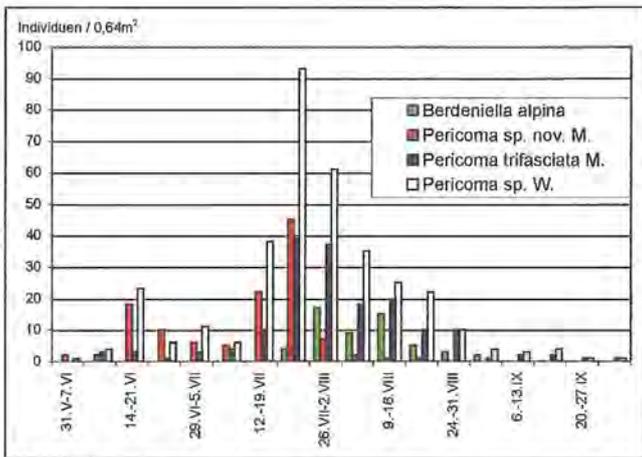


Abb. 8-8: Herrenrointquelle 308: Emergenz der drei häufigsten Arten der Schmetterlingsmücken (Psychodidae), Mai-Oktober 1996.

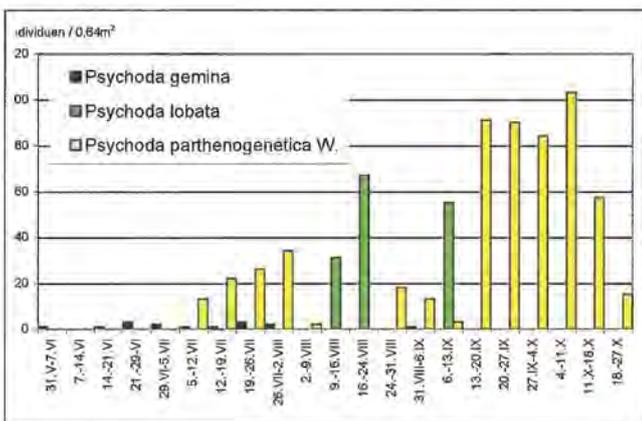


Abb. 8-9: Herrenrointquelle 312: Emergenz der drei häufigsten Arten der Psychodini (Schmetterlingsmücken), Mai-Oktober 1996.

len die restlichen 11 % der Gesamtemergenz. Die Artenzusammensetzung ist charakteristisch für Quellstandorte mit durch Moospolster fließendem, kalkhaltigem Wasser.

Die beiden *Pericoma*-Arten schlüpfen vorwiegend zwischen Mitte Juni und Ende August. Ihre Männchen treten zwar zeitlich gegeneinander verschoben auf (*Pericoma* sp. nov.: Mitte Juni bis Ende Juli, *Pericoma trifasciata*: Mitte Juli bis Ende August), doch liegt das Emergenz-Maximum beider Arten in der gleichen Woche (19.-26.07.96). *Berdeniella alpina* schlüpft zwischen Ende Juli und Anfang September. Alle drei Arten sind wahrscheinlich univoltin, obwohl die Emergenz von *Pericoma* sp. nov. vor dem Maximum Ende Juli bereits einen kleineren Höhepunkt Mitte Juni aufweist.

An Stelle 312 (Abb. 8-9, 8-10) ist *Psychoda parthenogenetica* (43 %) die häufigste Art, gefolgt von *Pericoma* sp. nov. (13 %), *Ulomyia szaboi* (13 %), *Psychoda lobata* (12 %), *Ulomyia cognata* (13 %) und *Satchelliella delphiniensis* (5%). Bei allen häufigen Arten dieser Stelle sind die Geschlechterverhältnisse unausgeglichene: *P. parthenogenetica* bringt überhaupt keine Männchen hervor, bei *Psychoda lobata* sind sie deutlich unterrepräsentiert

(25 %), die entsprechenden Werte bei den häufigeren Vertretern der Pericomini sind 33 % bei *Pericoma* sp. nov., 39 % bei *Ulomyia szaboi*, 30 % bei *Ulomyia cognata* und 61 % bei *Satchelliella delphiniensis*. Weitere 17 Arten stellen die restlichen 7% der Gesamtemergenz. Die hohe Individuendichte von *P. parthenogenetica* deutet auf das Vorhandensein großer Mengen von Detritus hin. In der Tat ist die Untersuchungsstelle durch hohe Auflagen rottenden pflanzlichen Materials gekennzeichnet. Als zusätzliche Quelle organischer Substanz könnten auch Exkremente von Wild in Frage kommen, das diesen tiefliegenden Quellbereich möglicherweise zu Beginn der Schneeschmelze verstärkt aufsucht.

*Psychoda parthenogenetica* schlüpft von Anfang Juli bis Mitte November, mit einem Schwerpunkt zwischen Mitte September und Mitte Oktober (Abb. 8-9), sie ist offensichtlich polyvoltin. *Psychoda lobata* ist am Standort hingegen möglicherweise bivoltin: Sie war nur in zwei jeweils eng begrenzten Perioden nachweisbar (09.-24.08.1996 und 06.-13.09.1996). *Psychoda parthenogenetica* und *P. lobata* schließen sich hier offensichtlich hinsichtlich ihrer Schlupfphasen weitgehend aus: zu Zeiten der Emergenz von *P. lobata* traten lediglich drei Weibchen von *P. parthenogenetica* auf.

Die häufigeren Pericomini-Arten sind alle univoltin und phänologisch deutlich gegeneinander eingemischt (Abb. 8-10): *Ulomyia cognata* ist eine Frühjahrsart (Anfang Juni bis Mitte Juli, Maximum Mitte Juni), *Pericoma* sp. nov. und *Ulomyia szaboi* sind Sommerarten (Anfang Juli bis Mitte August, Maximum Ende Juli - aber bei *P. sp. nov.* mit einem Schwerpunkt in der ersten, bei *U. szaboi* in der zweiten Hälfte der Schlupfzeit), *Satchelliella delphiniensis* schließlich ist eine Herbstart (Mitte September bis Mitte Oktober, Maximum Mitte September). Die Pericomini (mit Ausnahme von *S. delphiniensis*) dominieren bis Anfang/Mitte August und werden dann von den allgegenwärtigen Psychodini abgelöst. In der Psychodiden-Gesamtemergenz (Abb. 8-7) wird somit der erste Höhepunkt durch *Ulomyia cognata*, das Jahresmaximum durch *Pericoma* sp. nov. und *U. szaboi*, der dritte Höhepunkt schließlich durch *Psychoda parthenogenetica* bestimmt. Die Psychodiden-Emergenz an Standort

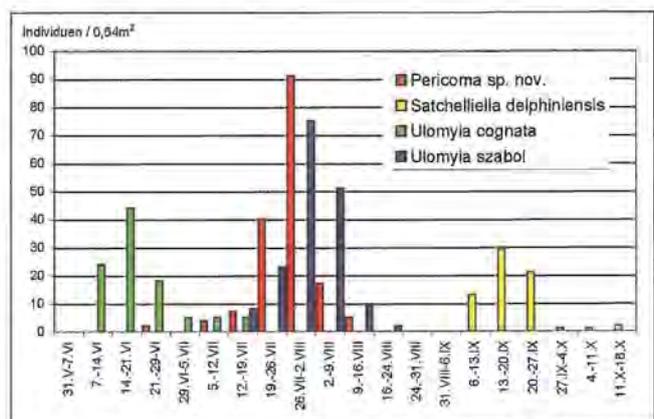


Abb. 8-10: Herrenrointquelle 312: Emergenz der drei häufigsten Arten der Pericomini (Schmetterlingsmücken), Mai-Oktober 1996.

318 umfasst nur 44 Individuen aus 9 Arten. Hauptanteil bilden die Pericomini (Arten der Gattungen *Berdeniella* und *Satchelliella*).

Eine vergleichende Betrachtung der Verteilung der Larvenstadien der Schmetterlingsmücken in den Benthosproben von 1996 liefert eine Reihe interessanter Zusatzbeobachtungen. Die Fauna der Quellbachabschnitte ist offensichtlich weniger vielfältig als diejenige der eigentlichen Quellhabitate: Bei 304 ließen sich nur die Gattungen *Berdeniella* und *Pericoma*, weiter bachabwärts, bei 318 und 314 nur noch die Gattung *Berdeniella* nachweisen (314: nur drei Larven). Eine solche Psychodiden-Zönose kann als typisch gelten für Quellbach-Abschnitte, denen es an detritusreichen Kleinstlebensräumen fehlt.

Während sich bei 308 die Ergebnisse der Benthosproben und der Emergenzfänge hinsichtlich der Abundanzen auf Gattungsniveau entsprechen, liefern sie bei 312 ein sehr unterschiedliches Bild: In den Benthosproben wurden ausschließlich Pericomini nachgewiesen (mit *Satchelliella* und *Berdeniella* als am stärksten vertretenen Gattungen), hingegen fehlen die Psychodini, die den Hauptanteil der Emergenz ausmachen, völlig. Dieses Bild der Benthosbesiedlung kann sich allerdings sehr schnell ändern, da Vertreter der Psychodini mit ihren kurzen Generationszeiten (1-4 Wochen) in sehr kurzer Zeit große Populationen aufzubauen vermögen. Auch die Dominanzverhältnisse der Pericomini-Gattungen weichen von denjenigen in der Emergenz ab; Vertreter der Gattung *Clytocerus* wurden nur im Benthos, nicht aber in der Emergenz nachgewiesen.

Bei einer Untersuchung der Fauna unterschiedlicher Choriotope erwies sich, dass Larven der Gattung *Berdeniella* sowohl in Moosen mit und ohne Feindetritus-einlagerung ("bryofluicole" bzw. "bryomadicole" Habitate sensu VAILLANT 1955), als auch in mineralischen Substraten unterschiedlicher Fraktionen (Feinkies bis Steine, stets mit viel Feindetritus in den Lückenräumen) regelmäßig vorkommen. Larven der Gattung *Pericoma* wurden nur in Moosen ("bryofluicole" und "bryomadicole" Habitate) nachgewiesen, Larven der Gattungen *Satchelliella*, *Saraiella* und *Ulomyia* in Choriotopen, die sich durch Feindetritusreichtum und geringe Strömung auszeichnen (Moospolster, Totholz, Kies).

### 8.2.5 Zonierung

Betrachtet man die Großgruppen, so fällt auf, dass besonders Ruderfußkrebse und Wassermilben (über 95 % aller Individuen), aber auch die Dipterenfamilien der Gnitzen und Kriebelmücken sowie Wenigborster, Muschelkrebse und Muscheln (70-90 % der Individuen) besonders zahlreich im Eukrenal anzutreffen sind; Steinfliegen und Köcherfliegen sind in Eu- und Hypokrenal in ähnlicher Individuendichte zu finden, während Käfer (über 70 % der Individuen) und besonders Eintagsfliegen (über 95 % der Individuen) bevorzugt im Hypokrenal auftreten. Insgesamt 44 Arten aller Gruppen waren (fast)

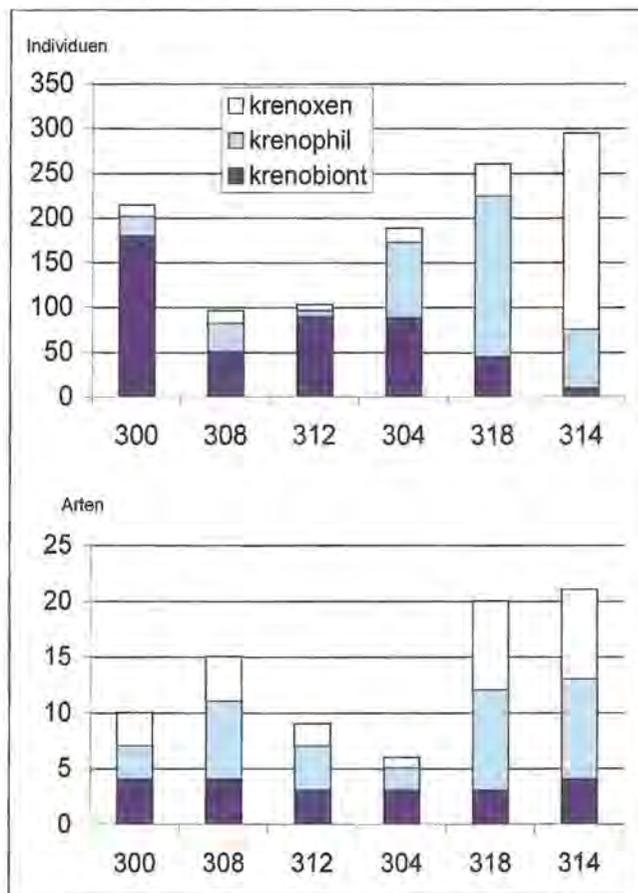


Abb. 8-11: Quellkomplex Herrenrpoint: Einordnung der Köcherfliegenfauna nach ihrer Habitatpräferenz.

ausschließlich im Eukrenal anzutreffen (über 95 % aller Individuen). Zu den häufigeren dieser Kategorie (Individuenzahl in Klammern) zählen besonders viele Milben: *Lebertia lativentris* (52), *Thyas palustris* (69), *Pseudofeltria scourfieldi* (78), *Lebertia tuberosa* (87), *Sperchon mutilus* (160), *Hydrovolzia placophora* (210), *Lebertia cuneifera* (213), *Partnunia steinmanni* (336) und *Soldanellonyx chappuisi* (964), außerdem die Ruderfußkrebse *Bryocamptus tatrensis* (63), *B. echinatus* (141), *Acanthocyclops vernalis* (108) und *Attheyella wierzejskii* (3566), der Muschelkrebse *Candona neglecta* (246), die Steinfliege *Nemurella pictetii* (483), die Köcherfliegen *Parachiona picicornis* (118) und *Crunoecia kemprnyi* (194), der Käfer *Hydroporus ferrugineus* (37) und die Kriebelmücke *Simulium crenobium* (370). Taxa, die gleichmäßig auf Eu- und Hypokrenal verteilt beobachtet wurden, sind der Muschelkrebse *Psychrodromus fontinalis* (1097) sowie nicht auf Artniveau klassifizierbare Larven der Steinfliegengattung *Leuctra*. Fast ausschließlich auf das Hypokrenal beschränkt sind 19 Arten, darunter als besonders häufig auftretende Charakterarten die Eintagsfliegen *Baetis melanonyx* (43) und *B. cf. alpinus* (131), sowie die Köcherfliegen *Rhyacophila tristis* (54), *Drusus discolor* (142) und *Philopotamus ludificatus* (158). Auch die Käfer *Elmis latreillei* (5729) und *Hydraena saga alpicola* (161) sind Charaktertiere des Hypokrenals. Sie finden sich bis in den obersten Bereich dieses Sektors hinauf, meiden aber weitgehend die Quellmundbereiche.

Für die in dieser Hinsicht besonders gut dokumentierten Köcherfliegen lässt sich die Längszonierung hinsichtlich ihrer Habitat- und Nahrungspräferenz aufschlüsseln. Es zeigt sich, dass die von GRAF et al. (2002) vorgeschlagene Einteilung der Arten nach Habitatpräferenzen sich im Verteilungsbild der Arten auf Herrenröint gut widerspiegelt (Abb. 8-11): In den drei Eukrenalbereichen 300, 308 und 312 sind die krenobionten Arten die dominante Gruppe, wobei die oberste Quelle (300) den höchsten, die schwach rinnende benachbarte Quelle (308) den niedrigsten Individuenanteil von Arten dieser Kategorie aufweist. Im quellnahen Hypokrenalabschnitt 304 finden sich ebenfalls hohe Anteile krenobionter Arten, jedoch vergesellschaftet mit größeren Populationen krenophiler Arten. Weiter bachabwärts (318) haben diese deutlich zu-, die Krenobionten deutlich abgenommen, während im untersten Abschnitt (314) krenoxene Bacharten die Fauna bestimmen.

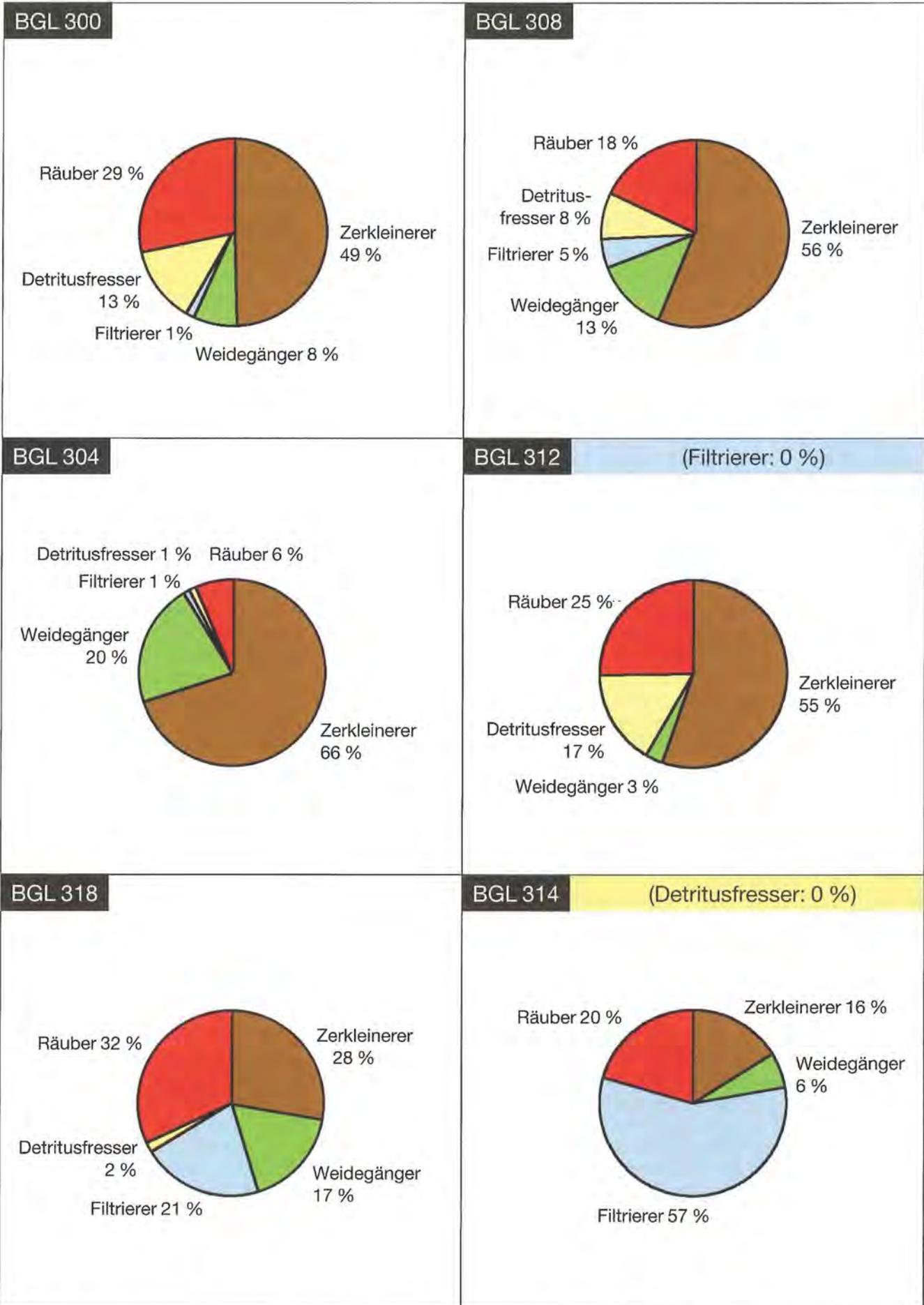
Hinsichtlich der Nahrungspräferenz ihrer Köcherfliegenbesiedler (Abb. 8-12) ähneln sich die drei Quellmundbereiche ebenfalls besonders: An den Stellen 300, 308 und 312 sind Zerkleinerer die bestimmenden Bestandteile der Trichopterenfauna, an zweiter Stelle gefolgt von räuberischen Arten. Entsprechend ihrem höheren Hartsedimentanteil unterscheidet sich Quelle 308 von den beiden anderen durch einen erhöhten Anteil von Weidegängern und Filtrierern, während 300 und 312 mehr Detritusfresser beherbergen. Während der oberste Quellbachabschnitt 304 deutlich durch Zerkleinerer und Weidegänger dominiert ist, sind die beiden folgenden Abschnitte durch einen schrittweisen Rückgang des Anteils dieser beiden Gruppen und eine gleichzeitige Zunahme der Filtrierer gekennzeichnet. Der Anteil der Räuber ist in all diesen Abschnitten stabil hoch, Detritusfresser spielen im Quellbach offensichtlich kaum eine Rolle.

Interessanterweise zeigen die ebenfalls filtrierenden Larven der Kriebelmücken ein anderes Verbreitungsmuster: Die meisten Arten bevorzugen die Eukrenalbereiche, *Simulium crenobium* ist sogar ausschließlich im Quellmundbereich zu finden, lediglich individuenarme Populationen von *S. brevidens*, *S. carthusiense* und *Prosimulium rufipes* zeigen eine Präferenz für das Hypokrenal. Eine Erklärung für dieses Phänomen dürfte darin zu suchen sein, dass das Hypokrenal mit seiner oft turbulenten Strömung und vermutlich häufigen Sedimentumlagerung eher große, "räuberische" Filtrierer begünstigt, während die Feinpartikel-filtrierenden Simuliden in den schwach fließenden, aber detritusreichen Zonen der Helokrenen geeignete Habitate finden.

Vor dem Hintergrund dieser Zonierung nach Ernährungstypen ist die Verteilung der räuberischen Wassermilben von besonderem Interesse. Die sieben häufigsten Arten, die zusammen drei Viertel der Milbenbiozönose ausmachen, weisen alle eine starke Präferenz für das Eukrenal auf (mindestens 90 % der Individuen in diesem Sektor): *Soldanellonyx chappuisi*, *Hygrobatas norvegicus*, *Partnunia steinmanni*, *Lebertia cuneifera*, *Hydrovolzia placophora*, *Sperchon mutilus* und *Sp. thienemanni*.

Fasst man, anders betrachtet, alle Arten zusammen, deren Individuen zu mindestens 90 % im Eukrenal auftreten, so stellen diese hinsichtlich ihrer Individuenzahl 95 % der gesamten Milbenfauna. Es handelt sich um 23 Arten, von denen sich die meisten auch bei Untersuchungen in anderen geographischen Räumen als auf Quellen beschränkt erwiesen haben. Umgekehrt wurden die wenigen Arten, die im Rahmen dieser Untersuchung im Eu- und Hypokrenal oder nur im Hypokrenal gefunden wurden, stets nur in ganz geringen Individuenzahlen angetroffen. Es handelt sich offensichtlich um versprengte Vertreter von Arten, die ihren Verbreitungsschwerpunkt in anderen Gewässerabschnitten oder -typen haben: Die Arten *Atractides adnatus*, *A. cf. brendle*, *Feltria zschokkei*, *Sperchonopsis verrucosa*, *Ljanja bipapillata*, *Sperchon violaceus* und *Pseudotorrenticola rhynchota* stellen zusammen nur 34 Individuen. Nachdem im Rahmen dieser Untersuchung sichergestellt werden konnte, dass ein Großteil der krenobionten Milbenarten wie diejenigen der Bäche und Stillgewässer über ein parasitisches Larvenstadium verfügt (MARTIN 2003), liegt es nahe, die besondere Diversität dieser Tiergruppe in Quellen mit den Besonderheiten ihres Nahrungserwerbs in Verbindung zu bringen. Wahrscheinlich macht das Zusammenkommen zweier für die Entwicklungsstadien der Milben wichtiger Faktoren die Quellen zu einem idealen Lebensraum: (1) Vertreter der Diptera, d.h. derjenigen Insektenordnung, die die für Milbenlarven wichtigsten Wirtsarten stellt, besiedeln Quellen mit einer einzigartigen Artenvielfalt; (2) Nymphen und Adulte haben die Möglichkeit, sich rund um das Jahr räuberisch zu ernähren und/oder in quieszenten Hungerphasen bei gleichbleibenden Temperaturen ein ausgeglichenes Energiebudget zu bewahren. Da sich abzeichnet, dass Eier anderer Wirbelloser als nur saisonal verfügbare Energiequelle, ein wichtiger Nahrungsbestandteil vieler Arten ist, kommt dem letztgenannten Aspekt der Energiespeicherung "im Thermokonstantraum Quelle" eine vielleicht bislang unterschätzte Bedeutung zu.

Aufgrund offensichtlich hochspezifischer Ansprüche an die Substrate ihres Lebensraumes eignen sich Arten der Schmetterlingsmücken in besonderem Maße zum vergleichenden Studium kleinräumiger Habitat-Muster innerhalb von Quellkomplexen. Die Larven dieser Mückenfamilie sind charakteristische Vertreter der Fauna feuchter Gewässerränder („Fauna liminaria“ sensu FEUERBORN 1923). Als Sedimentfresser, Weidegänger und Zerkleinerer ernähren sie sich von Algen und sich zersetzender organischer Materie jeglicher Art (WAGNER 1997). Ihre Puppen finden sich in den gleichen Biotopen wie die Larven, suchen aber etwas weniger feuchte Nischen auf (VAILLANT 1971). Voraussetzungen für das Vorkommen von Psychodiden-Larven sind, neben einer ausreichenden Feuchtigkeit und Luftsauerstoff zur Atmung, eine mehr oder weniger feste Unterlage mit zerfallenden vegetabilen Stoffen als Nahrung (JUNG 1956). Ein detailliertes Schema der Habitatansprüche für die Vertreter vieler Gattungen der Psychodidae (VAILLANT 1971) basiert letztlich auf Gedanken von FEUERBORN (1923). Dieser hatte eine Aufteilung der Vertreter der Un-



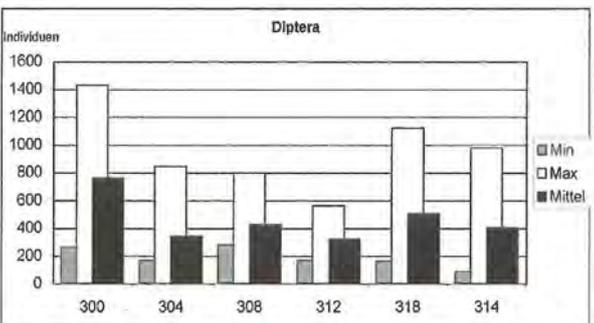
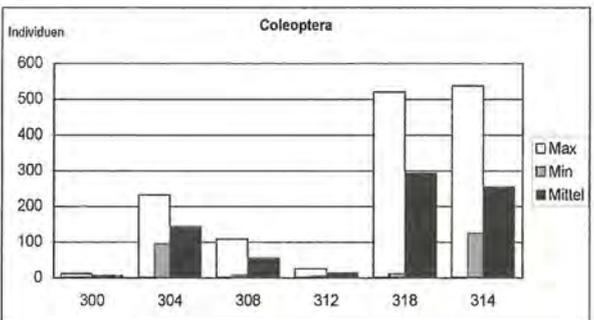
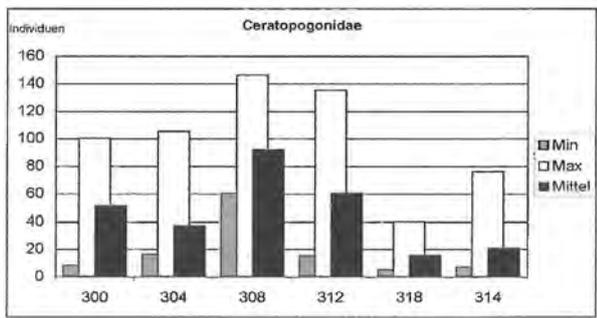
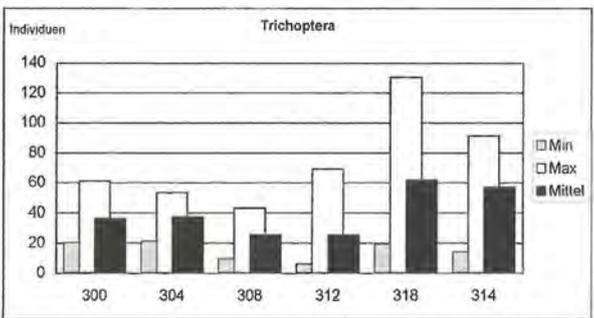
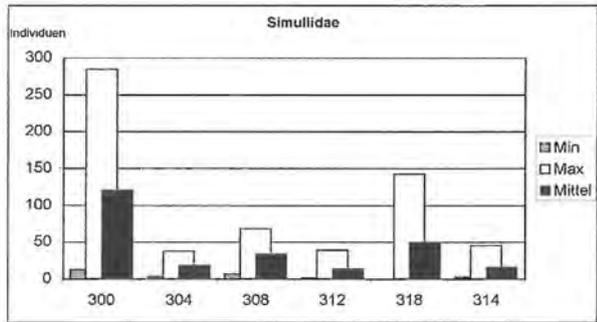
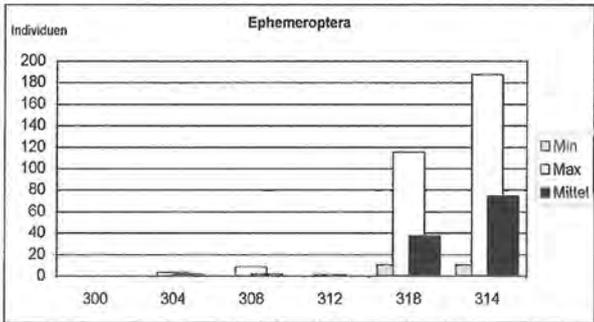
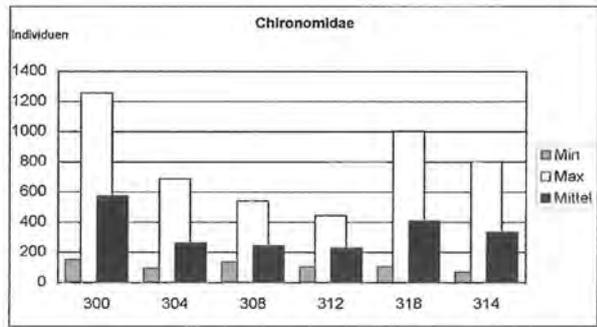
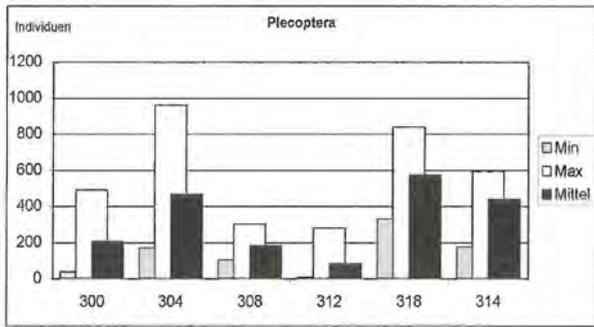
**Abb. 8-12:** Quellkomplex Herrenrönt: Einordnung der Köcherfliegenfauna nach ihrer Nahrungspräferenz (Fundorte angeordnet entsprechend einer Längszonierung - 300, 308, 312 Eukrenal; 304, 318 Hypokrenal; 314 Übergang Hypokrenal-Epirhithral).

terfamilie Psychodinae in zwei ökologische Großgruppen vorgeschlagen:

- (1) Arten mit "mycobionten" Larven, die Quellen oder unbelastete kalte Fließgewässer besiedeln, deren Substrat aus Pflanzenresten in aerober Zersetzung besteht. Sie gehören hauptsächlich den Tribus Telmatoscopini und Pericomini an und sind in der Regel univoltin (FISCHER et al. 1998).
- (2) Arten mit "saprobionten" Larven, die Pflanzenreste besiedeln, welche sich unter anaeroben Bedingungen zersetzen. Viele Arten dieser Gruppe finden sich auch in koprischen und urinösen Habitaten wie Kuhfladen und Jauchegruben, andere besiedeln Gewässer mit hohem Gehalt an organischem Detritus, in denen es zumindest stellenweise zu Fäulnisprozessen kommt. Hierher gehören sämtliche *Psychoda*-Arten (Tribus Psychodini). Sie haben meist kurze Entwicklungszeiten und sind polyvoltin (CASPERS & WAGNER 1980).

Die Puppen der Psychodinae finden sich in den gleichen Biotopen wie die Larven, suchen aber etwas weniger feuchte Nischen auf (VAILLANT 1971). Die Untersuchungsstellen auf Herrenröint lassen sich aufgrund ihrer Besiedlung durch Psychodidae-Arten gut gegeneinander abgrenzen und miteinander vergleichen: Am Standort 308 dominieren in der Emergenz und in den Benthosproben Arten der Gattungen *Pericoma* und *Berdeniella*, die bekanntermaßen moosbedeckte Substrate bevorzugen, wie sie große Teile des Untergrundes und der Uferzonen dieser Quelle bedecken. Auffällig ist die hohe Abundanz von *Pericoma trifasciata*, einer krenobionten Art (THIENEMANN 1926), die zwar auch an Stelle 312 nachweisbar war, aber nur bei 308 hohe Individuenzahlen erreicht. Ihre Larven leben in modernem Falllaub, in Moospolstern kalkreicher Quellen und Quellbäche und auf Moostuffrasen (WAGNER 1979). Sie scheiden an speziellen Borsten der Dorsalseite eine Kalksinterkruste aus, die sie u.a. vor Austrocknung schützt. Die Psychodidenfauna an Standort 312 ist vollkommen verschieden von derjenigen bei 308: Der Artenreichtum der Gattung *Psychoda* und besonders die hohe Individuenzahl von *Psychoda parthenogenetica* im Herbst steht offensichtlich damit in Zusammenhang, dass das Substrat dieser Quelle mächtige Detritusaufgaben enthält, in denen nach Aufwärmung in den Sommermonaten anaerobe Fäulnisprozesse stattfinden können. Derart hohe Individuenzahlen von *P. parthenogenetica* sind in Quellen ungewöhnlich und wurden bisher nur von einer durch Weidevieh beeinträchtigten Quelle gemeldet (THOMES 1993). Da ein Eintrag von Fäkalien durch Weidevieh in Quelle 312 auszuschließen ist und eine entsprechende Beeinflussung durch Wild nur geringe Ausmaße annehmen dürfte, ist die Art hier wohl durch einen hohen Anteil rottenden pflanzlichen Materials bei geringer Strömung begünstigt. Als mycobionte, an Pilze gebundene Art nimmt *Psychoda lobata* innerhalb ihrer Gattung eine Sonderstellung ein (VAILLANT 1971). Ihr Auftreten bei 312 könnte - indirekt - ebenfalls auf anaerobe Bereiche im

Quellufersubstrat hinweisen. Die vier häufigsten Pericomini-Arten der Gattungen *Satchelliella*, *Pericoma* und *Ulomyia* bewohnen, soweit bekannt, mineralische und organische Feinsubstrate, die teilweise vom Wasser durchsickert werden, wo das Wasser aber auch kleinflächig stagniert, sodass sowohl aerobe als auch anaerobe Zersetzungsprozesse stattfinden können (VAILLANT 1981). Die im Larvenstadium an Habitate desselben Typs gebundenen *Ulomyia*- und *Satchelliella*-Larven weisen an diesem Standort eine deutliche zeitliche Einmischung auf. Die Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Emergenzfänge und der Benthosproben sind darauf zurückzuführen, dass die Benthosproben im Quellrinnsal genommen wurden, wo eine deutlich höhere Strömung herrscht als in den durchfeuchteten Uferbereichen, die von der Emergenzfall großflächig mit abgedeckt wurden. Im Quellrinnsal dominieren moosreiche Substrate mit höherem mineralischem Anteil, Lebensräume also, die von Larven der *Berdeniella*-Arten bevorzugt, von *Psychoda*-Larven aber gemieden werden. An Standort 318 traten sowohl in der Emergenz, als auch in den Benthosproben Arten der rheophilen Gattung *Berdeniella* am häufigsten auf. Nach VAILLANT (1976) bewohnen diese fast ausschließlich Moospolster, am Standort 318 wurden die Larven aber in mineralischen Choriotopten mit Feindetritus im Lückenraum und in den Totwasserzonen gefunden. Auffällig ist, dass hier die meisten Individuen von *Mormia nigripennis* gefangen wurden. Die Larven dieser Art leben auf feuchter Erde oder schwach angefeuchtetem Schlamm am Rande von Quellen oder langsam fließenden Wasserläufen, im ufernahen Wasserfilm auf Steinen sowie in der Spritzzone reißender Gebirgsbäche (VAILLANT 1974, CASPERS & WAGNER 1980). Viel häufiger treten sie jedoch weit entfernt von irgendeiner bedeutenden Wasseransammlung in dichtem Wald auf feuchtem Boden auf (VAILLANT 1974). Die Larven haben, wie auch diejenigen von *Clytocerus*- und *Saraiella*-Arten, zahlreiche Nebenborsten, auf denen sich feuchter Lehm als Verdunstungsschutz ansammelt. Sie führen fortwährend Ortsveränderungen durch, um immer optimale Feuchtigkeitsbedingungen zu haben, sind aber auch unter allen Psychodiden diejenigen mit der größten Resistenz gegen Trockenheit (VAILLANT 1974). An Standort 318 leben somit rein aquatische, rheophile mit hygrophilen terrestrischen Arten zusammen. Die typischen Bewohner ufernaher Wasserfilme, z.B. Arten der Gattung *Pericoma*, fehlen völlig oder treten zahlenmäßig deutlich in den Hintergrund. Ein Quellbach mit starker Strömung, klar definiertem Bachbett und einem scharfen Übergang zwischen terrestrischen und limnischen Habitaten an der Uferlinie ist offensichtlich als Lebensraum für die Vertreter der „Fauna liminaria“ ungeeignet. Dies spiegelt sich in der insgesamt sehr niedrigen Individuenzahl der Psychodidae in der Emergenz an diesem Standort, aber auch in ihrem charakteristischen Artenspektrum. Wie ein Vergleich mit anderen Untersuchungen belegt sind allerdings die meisten der auf Herrenröint nur im Quellbereich auftretenden Arten dieser Familie nicht eigentlich krenobiont, sondern krenophil. Durch ihren Individuenreichtum in Quellen, der auf das reiche Angebot und die Konstanz



**Abb. 8-13:** Quellkomplex Herrenröint: Verteilung wichtiger Insektengruppen in Zeit und Raum, 1995-2003 (Individuenzahlen nach Probestellen, jeweils Mittelwert, Maximum und Minimum).

hygropetrischer Habitate zurückzuführen ist, weisen Vertreter dieser Familie aber besonders gute Indikator-eigenschaften für die Typisierung dieser Lebensräume auf (FISCHER & SCHNABEL 1995, FISCHER et al. 1998).

### 8.2.6 Erste Langzeitergebnisse (Stabilität, Trends)

In der aktuellen Debatte über die Veränderlichkeit der Fauna der Erde, sei es nun unter natürlichen Bedingungen oder unter dem Einfluss anthropogener Veränderungen, sind Botaniker und (mehr noch) Zoologen in aller Regel nur zu groben Schätzungen oder Hochrechnungen auf geringer Datenbasis imstande. Auch für die wenigen besser untersuchten Naturräume der Erde - die meisten von ihnen sind in den eher artenarmen gemäßigten und kalten Breiten lokalisiert - verfügen wir keineswegs über einen hinreichenden Überblick über die Artenzusammensetzung der wichtigen Tiergruppen (MAY et al. 1997). Der Beitrag der Quellfauna zur Artenvielfalt ausgesuchter Regionen kann bedeutend sein (DI SABATINO et al. 2003), gerade aber über die Veränderlichkeit und/oder Stabilität dieser Habitate ist bislang kaum konkrete Information verfügbar (CANTONATI et al. im Druck). Eines der wesentlichen Ziele der Quellforschung in den kommenden Jahren sollte daher die Ermittlung konkreter Daten über mögliche Änderungen in der Zusammensetzung der Quellfauna unter stabilen und instabilen Bedingungen sein.

Das Quellgebiet Herrenrpoint gehört zu denjenigen Quellkomplexen im Nationalpark, in deren unmittelbarem Umfeld derzeit deutliche Veränderungen stattfinden, die zumindest sekundär auf menschliche Beeinflussung zurückgehen: Ein Fichten-Reinbestand, der hier von Menschenhand kultiviert wurde, ist bei Beginn der Untersuchungen durch Schneebruch, Sturm und Borkenkäferbefall so schwer geschädigt worden, dass die zuvor weitgehend beschatteten Quellen freigelegt und teils starker Besonnung ausgesetzt wurden. Im Laufe der ersten Phase unserer Umweltbeobachtung begann eine Pioniervegetation mit hohem Laubholzanteil, die Lücken langsam wieder zu schließen, nachdem in den ersten Jahren nach dem Schneebruch eine sehr üppige Krautvegetation die meisten Quellmünder bedeckt hatte. Vermutlich in Zusammenhang mit verstärkter Wasseraufnahme in dieser Krautschicht stand der in diesem Zeitraum sich verringemde Abfluss, vor allem bei Stelle 308.

In den ersten acht Jahren unserer Untersuchung treten die Vertreter der großen Insektengruppen in Zeit und Raum in recht konstanten Zahlenverhältnissen auf (Abb. 8-13). Die gelegentlich zu verzeichnenden relativ starken Schwankungen in zwei aufeinanderfolgenden Jahren überraschen nicht, kann doch sowohl das Auftreten von Scharen junger Larvulae, als auch das Ausschlüpfen später Larvenstadien witterungsbedingt zeitlich verschoben sein. Sowohl die Regelmäßigkeit, als auch die Ausnahmen verdienen eine genauere Betrachtung.

In aller Regel stellen die Zweiflügler und Steinfliegen die höchsten Individuenzahlen, wobei die beiden Gruppen in den Hypokrenalbereichen ungefähr gleich liegen, während im Eukrenal stets mehr Zweiflügler als Steinfliegenlarven anzutreffen sind. An dritter Stelle folgen die Käfer, die vorwiegend auf das Hypokrenal beschränkt sind, an vierter Stelle die Köcherfliegen, die an allen Untersuchungsstellen in geringen aber vergleichbaren Individuenzahlen auftreten. Am geringsten repräsentiert sind die Eintagsfliegen, die im Eukrenal fast gänzlich fehlen.

Für keine dieser Großgruppen ist auf Herrenrpoint während des Untersuchungszeitraums ein eindeutiger Trend der Zunahme oder Abnahme zu verzeichnen. Lediglich zeichnen sich an einzelnen Stellen Entwicklungen ab, die mit den Veränderungen im Gebiet zusammenhängen könnten und weitere Beobachtung verdienen: In der Helokrene 312 ist eine Abnahme der Plecoptera zu verzeichnen, die mit dem Rückgang lotischer Mikrohabitate in Zusammenhang stehen könnte; in allen Hypokrenalbereichen (304, 314, 318) nimmt die Individuendichte der Diptera zu, vor allem bedingt durch einen wachsenden Anteil der Zuckmückenlarven. Ähnliches gilt auch für alle hier genauer untersuchten Gruppen der Meiofauna: Deutlich zu beobachten sind Schwankungen von Jahr zu Jahr, aber ohne feststellbare Trends über den Untersuchungszeitraum hin. Die Milbenzönose als Ganze (Abb. 8-15, oben links) erweist sich, ebenso wie diejenige der Ruderfußkrebse, in hohem Maße an das Eukrenal gebunden, während Vertreter der Strudelwürmer (Turbellaria), Wenigborster (Oligochaeta) und Muschelkrebse (Ostracoda, Abb. 8-15, oben rechts) eher gleichmäßig über das ganze Untersuchungsgebiet verteilt sind.

Für die besonders wichtige Betrachtung von Veränderungen in der Zusammensetzung der Fauna auf Artniveau eignen sich die Vertreter der Meiofauna in besonderem Maße, da sich die meisten Gruppen aus unseren Proben auf Artniveau bestimmen lassen. Hingegen sind die meisten Insektengruppen aufgrund des hohen Anteils unreifer Individuen nur auf größerem taxonomischem Niveau zu klassifizieren.

Unter den 13 häufigsten Arten der Milben (Abb. 8-14, 8-15) zeigen die meisten eine deutliche Bevorzugung der Eukrenalbereiche 300, 308 und 312. Der Abschnitt 304 liegt zwar im oberen Teil des Quellkomplexes, hat aber bereits Hypokrenalcharakter und wird von den krenobionten Arten nur gelegentlich besiedelt (*Lebertia cuneifera*, *Thyas palustris*) oder vollkommen gemieden (*Hydrovolzia placophora*, *Pseudofeltria scourfieldi*, *Lebertia tuberosa*). Im noch weiter quellfernen Abschnitt 318 treten die meisten Milbenarten nur als Gelegenheitsgäste auf, vermutlich als Immigranten aus einer dort befindlichen kleinen Uferquelle. Lediglich *Atractides panniculatus*, *Hygrobatas norvegicus* und *Partnunia steinmanni* sind regelmäßig anzutreffen, wenn auch in geringen Individuenzahlen. Der unterste Abschnitt, im Übergang vom Hypokrenal zum Epirhithral (314), weist

überhaupt keine autochthone Quellmilbenfauna auf. Stattdessen treffen wir auf individuenarme Populationen der Bacharten *Torrenticola elliptica* und *Pseudotorrenticola rhynchota*, die hier ihre Obergrenze in der Längszonierung des Gewässers erreichen.

Vergleicht man die Verteilungsmuster der häufigen Quellarten, so fällt auf, dass viele von ihnen eine ausgeprägte Präferenz für einen oder zwei der drei untersuchten Quellmünder haben: *Soldanellonyx chappuisi* bildet die größten Populationen an den Stellen 300 und 312; auch *Pseudofeltria scourfieldi* ist offensichtlich an diese beiden Stellen gebunden, aber mit einer deutlichen Präferenz für 312; *Hydrovolzia placophora* ist in 308 und 312 deutlich häufiger als in 300, *Sperchon mutilus* umgekehrt in 300 am häufigsten, *Sperchon thienemanni* bevorzugt 300-308, aber meidet weitgehend 312 (ähnlich wie *Lebertia tuberosa*), *Feltria minuta* und *Atractides walteri* sind am individuenreichsten an Stelle 308, *Thyas palustris* an Stelle 312.

Bemerkenswert ist an unseren Daten, mit welcher Stabilität diese Verteilungsmuster, auch bei den weniger häufigen Arten, über die Jahre hin erhalten bleiben. Die einzige auf ein Jahr beschränkte Massenentwicklung konnte 1999 bei *Soldanellonyx chappuisi* beobachtet werden. Bezeichnenderweise betrifft sie also einen Vertreter der Halacaridae, die in ihrem Lebenszyklus nicht in parasitische Beziehungen zu Insekten treten und daher eher auf günstige Lebensbedingungen reagieren können. Tendenzen, die sich aus den Kurven für die häufigsten Arten ablesen lassen, betreffen *Sperchon mutilus* (Zunahme, vor allem bei 300), *Thyas palustris* (Zunahme bei 312) und *Atractides walteri* (Abnahme bei 308).

Auch die vier häufigsten Arten der Muschelkrebse (Abb. 8-15 rechts) zeigen spezifische Präferenzen für bestimmte Bereiche des Untersuchungsgebietes, die über den Untersuchungszeitraum weitgehend stabil bleiben, sieht man von den spontanen Massenentwicklungen 1995 bei *Psychrodromus fontinalis* (318) und 1999 bei *Cavernocypris subterranea* (318) ab. Die letztere Art bevorzugt offensichtlich das Hypokrenal, während *Candona neglecta* fast ausschließlich an Eukrenalstellen vorkommt. Die Verbreitung von *P. fontinalis* und *Eucypris pigra* läßt sich offensichtlich nicht allein mit der Entfernung zum Quellmund erklären. *Psychrodromus fontinalis* meidet auffallend und konsequent die Stellen 304 und 312, *E. pigra* ist weit verbreitet, aber mit eindeutiger Präferenz für die Helokrene 312. Angesichts der gelegentlich beträchtlichen Unterschiede zwischen aufeinanderfolgenden Jahren ist es angebracht, für eine Beurteilung der möglichen Dynamik in der Zusammensetzung der von uns untersuchten Fauna die Daten in zwei Gruppen zusammenzufassen. Zu diesem Zweck wurden die Individuenzahlen der ersten Untersuchungsperiode 1995-1998 addiert und denjenigen der zweiten Periode 1999-2002 gegenübergestellt. Vor dem Hintergrund dieser Analyse läßt sich für die einzelnen Tiergruppen ein Überblick geben, der die beiden Fragenkomplexe beantwortet:

- (1) Gibt es Arten, die neu auftreten bzw. verschwinden?
- (2) Die Bestände welcher Arten nehmen zu bzw. ab?

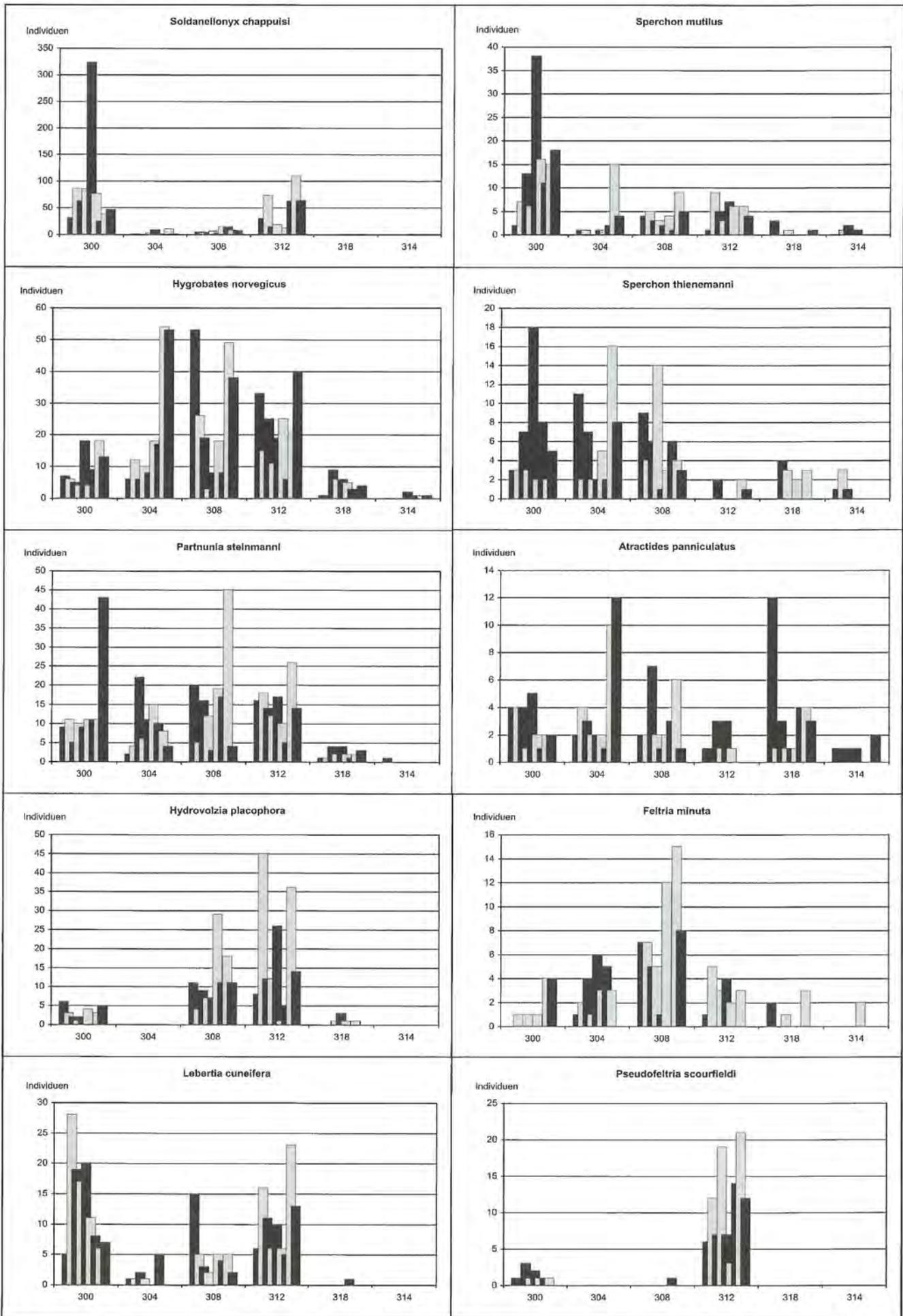
Veränderungen in der Zusammensetzung der Ruderfußkrebse-Fauna lassen sich nicht diskutieren, da die Vertreter dieser Gruppe aus der zweiten Untersuchungsphase noch nicht bearbeitet wurden. Fünf Arten der Muschelkrebse - *Fabaeformiscandona breuili*, *F. brisiaca*, *Cyclocypris helocrenica*, *Potamocypris fulva* und *Pseudocandona albicans* - wurden ausschließlich nach 1999 gefunden. Von diesen trat *C. helocrenica* in 13 Exemplaren auf, die anderen vier lediglich in Einzelindividuen. Der Hauptteil der bislang nachgewiesenen 116 Exemplare von *Cavernocypris subterranea* entstammt der zweiten Untersuchungsphase - 1995-1999 wurden lediglich 11 Individuen der Art gefunden.

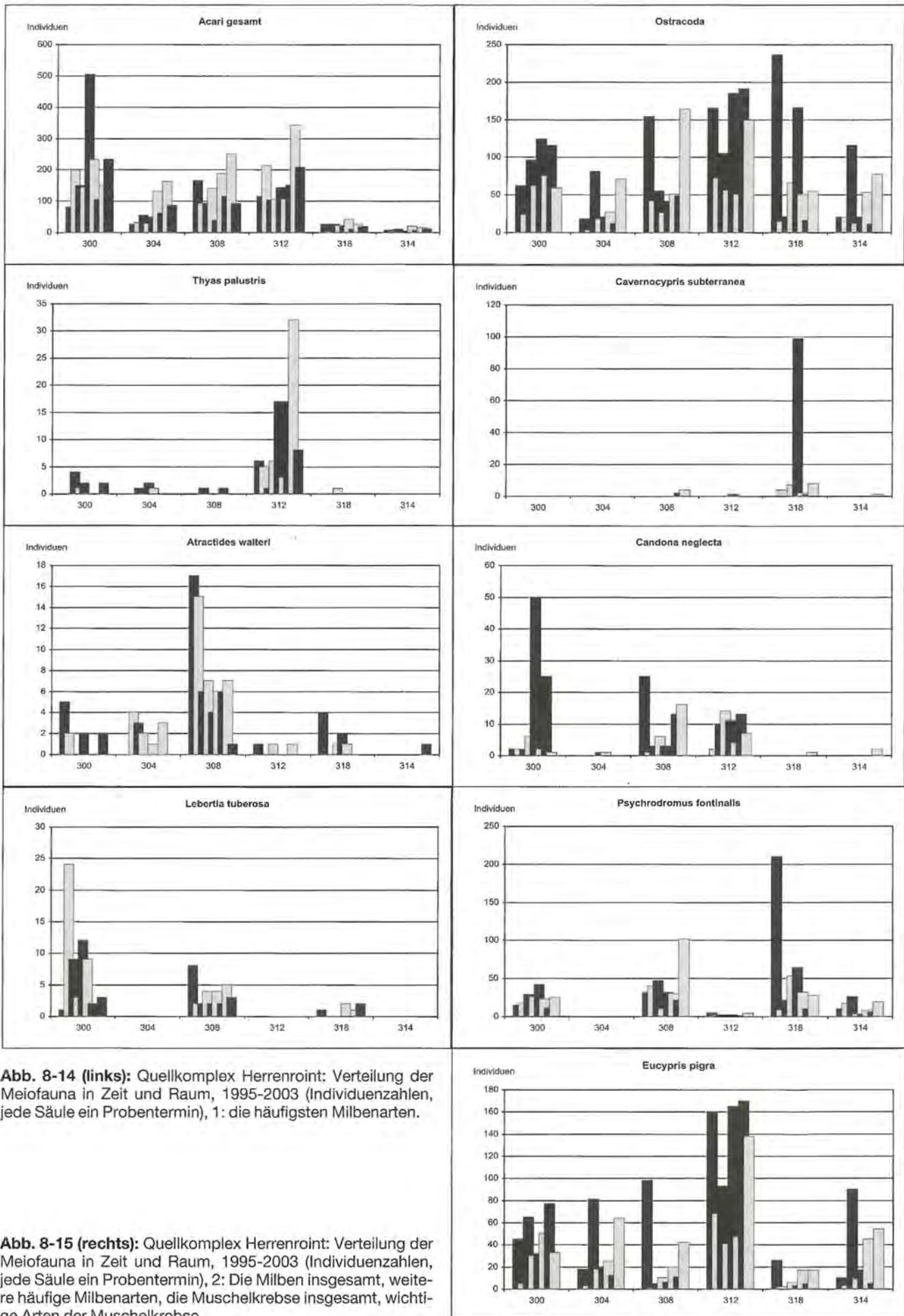
Zwei Milbenarten konnten nur in der ersten Phase nachgewiesen werden: *Atractides adnatus* (7 Exemplare) und *A. cf. macrolaminatus* (Einzelfund). Nur in der zweiten Phase nachweisbar waren drei Arten: *A. vaginalis* (Einzelfund), *Lebertia elsteri* (4 Exemplare) und *Pseudotorrenticola rhynchota* (8 Exemplare). Die letztere ist eine rhithrobionte Bewohnerin steinig-kiesiger Sedimente, die im Epirhithral des Herrenröint-Bachs als Charakterart anzutreffen ist und von hier aus offensichtlich gelegentlich in das Hypokrenal vordringen kann.

Eine Abnahme der Individuenzahlen ist bei *Atractides walteri* zu beobachten, deren Population vor allem an Quelle 308 offensichtlich zurückgeht (Abb. 8-15). Umgekehrt wurde eine Reihe von Arten in der zweiten Untersuchungsperiode deutlich häufiger angetroffen: Eine Zunahme der Individuenzahlen um das Doppelte oder mehr ist bei *Tartarothyas romanica*, *Paniscus michaeli*, *Lebertia sefvei*, *Lebertia lativentris*, *Thyas palustris* und *Sperchon mutilus* zu verzeichnen. Die beiden letztgenannten Arten (Abb. 8-14, 8-15) liegen in 101 bzw. 220 Exemplaren vor.

Angesichts der nur sehr eingeschränkt möglichen Klassifizierung des Larvenmaterials aus unseren Benthosproben sind für Eintags- und Steinfliegen keine Aussagen über Veränderungen des Artenspektrums möglich. Für eine langfristige Beobachtung der Arten der letzteren Ordnung sind, ähnlich wie für die Zweiflügler, Wiederholungsuntersuchungen mit Emergenzfallen unabdingbar.

Sechs Trichopterenarten, die seit 1999 nicht mehr nachgewiesen wurden, traten auch in der ersten Untersuchungsphase nur als Einzeltiere oder in geringen Individuenzahlen auf: *Rhyacophila hirticornis*, *R. intermedia*, *R. stigmatica*, *R. glareosa*, *Stactobia* sp. und *Halesus rubricollis*. Bemerkenswerter ist der Rückgang zweier häufigerer Arten: *Melampophylax melampus*, an allen Untersuchungsstellen außer 312 mit insgesamt 31 Individuen nachgewiesen, wurde nach 1999 nur noch in einem Einzelexemplar gefunden; *Parachiona picicornis*, mit insgesamt 118 Individuen in den drei Quellmundbereichen nachgewiesen, ist seit 1999 nicht wiedergefunden worden.





**Abb. 8-14 (links):** Quellkomplex Herrenröint; Verteilung der Meiofauna in Zeit und Raum, 1995-2003 (Individuenzahlen, jede Säule ein Probesternin), 1: die häufigsten Milbenarten.

**Abb. 8-15 (rechts):** Quellkomplex Herrenröint; Verteilung der Meiofauna in Zeit und Raum, 1995-2003 (Individuenzahlen, jede Säule ein Probesternin), 2: Die Milben insgesamt, weitere häufige Milbenarten, die Muschelkrebse insgesamt, wichtige Arten der Muschelkrebse.

Eine Art, die nur in der zweiten Untersuchungsphase, aber in wenigen Individuen nachgewiesen wurde, ist *Rhyacophila pubescens*; *Drusus discolor* und *D. chryso-* *tratus* traten nach 1999 in deutlich größeren Individuenzahlen auf. Bemerkenswert stabil über den gesamten Untersuchungszeitraum hin sind die Käferpopulationen. *Agabus guttatus*, der stets nur in geringer Individuendichte auftritt, war zwar nach 1999 nicht mehr in Benthosproben enthalten, wurde aber regelmäßig gesichtet; der seltene *Elmis rietscheli* wurde erst nach 1999 entdeckt, einzelne Exemplare dürften aber in der Anfangsphase des Projekts zwischen Unmengen von *E. la-* *treillei* übersehen worden sein. Auch eine zweite erst nach 1999 entdeckte Art, *Hydroporus nivalis*, ist ausgesprochen selten und wurde seither nur in 4 Exemplaren ausschließlich an Stelle 312 nachgewiesen. Das geringere Aufkommen von *Elodes hausmanni*-Larven nach 1999 ist vermutlich zufallsbedingt: Die Art tritt nach unseren Beobachtungen oft "geklumpt" an besonders geeigneten Uferbereichen auf.

Veränderungen der Zweiflügerpopulationen lassen sich anhand unserer Benthosproben kaum verfolgen, da

präadulte Stadien dieser Arten in aller Regel nicht oder nur mit extremem präparativem Aufwand klassifizierbar sind. Eine Wiederholungsuntersuchung mit Emergenzfallen an den Stellen 308 und 312 erlaubt aber im Vergleich der Jahre 1996 und 2001 einen Einblick in die Veränderlichkeit der Zusammensetzung der Zweiflügerfauna am Beispiel der Familien Zuckmücken und Schmetterlingsmücken. Für die Wiederholungsuntersuchungen wurden zwei Monate des Jahres 2001 ausgewählt, die sich bei der ersten Untersuchung als besonders ergiebig erwiesen hatten, Juni und September. Während für Stelle 308 die gesamte Emergenz des Jahres 1996 ausgewertet wurde, konzentrierte sich die Untersuchung der Stelle 312 bezüglich der Zuckmücken auch für das Jahr 1996 auf Juni und September.

Die Artenzahlen der Zuckmücken waren an Stelle 308 im zweiten Untersuchungsjahr geringer (1996: 34, 2001: 26 Arten). Bemerkenswert ist jedoch vor allem die drastische Verschiebung im Artenspektrum. Zwölf Arten, darunter vier krenobionte, wurden 2001 nicht wiedergefunden (*Smittia nudipennis*, *Micropsectra pharetrophora*, *Stempellinella ciliaris*, *Tanytarsus heusdensis*, *Cricoto-*

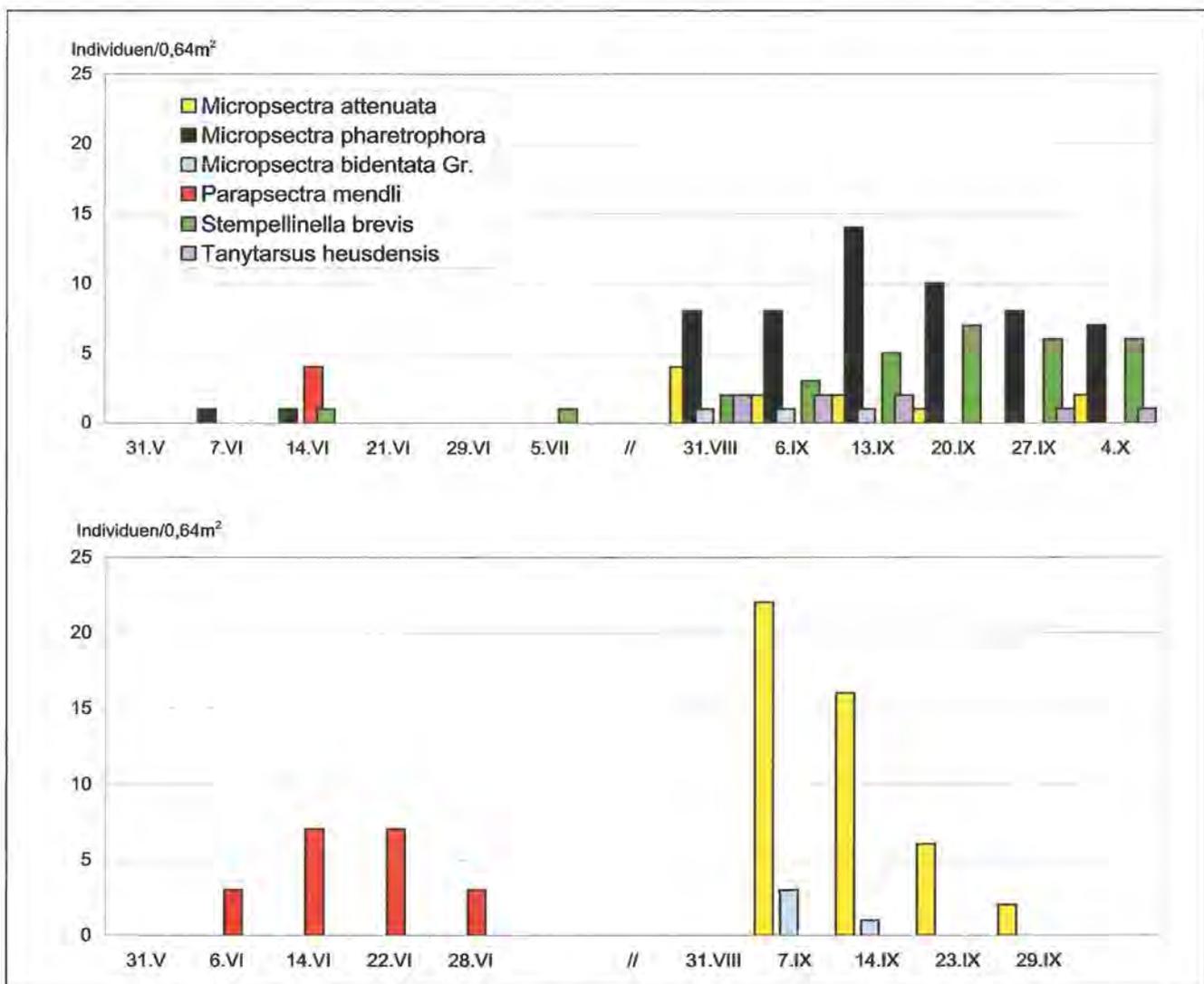


Abb. 8-16: Herrenrointquelle 308: Vergleich der Emergenz der Tanytarsini (Zuckmücken) in den Monaten Juni und September im Abstand von fünf Jahren. Oben: 1996; unten: 2001.

*pus curtus/annulator*, *Limnophyes pentaplastus*, *Metriocnemus eurynotus*, *Paratrichocladus skirwithensis*, *Chaetocladus laminatus*, *Limnophyes bidumus*, *Orthocladus fuscimanus* und *Phaenopsectra flavipes*); sechs Arten, darunter zwei krenobionte, traten erstmals auf (*Tavastia alticrista*, *Parakiefferiella gracillima*, *Paraphaenocladus pseudirritus*, *Corynoneura* sp. 1, *Limnophyes difficilis* und *Parochlus kiefferi*). Diese Befunde sind für drei Arten besonders bemerkenswert, da sie im jeweiligen Jahr ihres Auftretens in großen Populationen angetroffen wurden (Individuenzahlen in Klammern): *Micropsectra pharetrophora* (71); *Stempellinella ciliaris* (39); *Paraphaenocladus pseudirritus* (47). Weitere Arten waren zwar in beiden Untersuchungsjahren präsent, jedoch mit einer deutlichen Verschiebung im Häufigkeitsspektrum (in Klammern: Emergenz 1996/2001):

Eine besondere Zunahme war zu beobachten bei *Heleniella ornatocollis* (27/163) und *Micropsectra attenuata* (5/46), eine starke Abnahme bei *Thienemanniella libanica* (175/20) (Abb. 8-16).

Auch für die Vertreter der Schmetterlingsmücken war an Stelle 308 ein Rückgang der Arten- und Individuenzahlen festzustellen. Die Individuenzahlen lagen im Jahr 2001 um 22 % niedriger als im Jahre 1996. In beiden Untersuchungsjahren dominieren die Pericomini die Psychodiden-Emergenz. In 2001 macht sich hier aber besonders das Fehlen der *Berdeniella*-, *Pericoma*- und *Ulomyia*-Arten bemerkbar. Deren bevorzugte Lebensräume, die offensichtlich durch äußere Faktoren betroffen wurden, besitzen sehr unterschiedliche Eigenschaften: Moospolster am Gewässerrand und auf Steinen, die Lebensräume von *Berdeniella*-Larven bleiben z.B. bei Abflussveränderungen stabil, aber das Austrocknen größerer Bereiche schadet ihren Bewohnern. Detritusablagerungen am Ufer, bevorzugter Lebensraum von *Ulomyia*-Larven, können jederzeit bei Abflussveränderungen weggeschwemmt werden, aber auch ein sinkender Wasserstand kann dort durch Austrocknen die Überlebenschancen verringern. Vieles spricht also für einen insgesamt gesunkenen oder veränderten Abfluss im Verlauf des Entwicklungszyklus der Pericomini. Da dieser bei den entsprechenden Arten ein Jahr beträgt, könnten bereits im Jahr vor den Aufsammlungen die Larvenlebensräume beeinträchtigt gewesen sein.

Auch an Stelle 312 war die Artenzahl der Zuckmücken im Juni und September des zweiten Untersuchungs-jahrs geringer als im ersten (1996: 35; 2001: 27). Zwölf Arten, darunter drei krenobionte, wurden 2001 nicht wiedergefunden (*Parochlus kiefferi*, *Bryophaenocladus* sp. 2, *Chaetocladus laminatus*, *Cricotopus* (*Cricotopus*) *curtus/annulator*, *Gymnometriocnemus subnudus*, *Limnophyes minimus*, *Metriocnemus fuscipes*, *Parametriocnemus stylatus*, *Paratrichocladus skirwithensis*, *Pseudorthocladus* cf. *curtistylus*, *Tvetenia bavarica*, *Tavastia alticrista*; drei Arten, darunter zwei krenobionte, traten erstmals auf (*Tanytarsus heusdensis*, *Limnophyes difficilis*, *Krenopelopia* sp.). Drei der verschwundenen Arten waren 1996 ausgesprochen abundant (Individuenzahlen in Klammern): *Chaetocladus laminatus* (23), *Paratrichocladus skirwithensis* (20) und *Tvetenia bavarica*

(33), während die drei erstmals aufgetretenen Arten nur in geringen Individuenzahlen präsent waren. Arten, die zwar in beiden Untersuchungsjahren präsent waren, jedoch mit einer deutlichen Verschiebung im Häufigkeitsspektrum (in Klammern: Emergenz 1996/2001) sind *Thienemanniella caspersi* (114/2) und *Parapsectra mendli* (77/4).

Vergleicht man die Ergebnisse für die Zuckmücken der beiden Quellen, so fällt auf, dass zwar manche der Entwicklungen parallel laufen, etwa der Rückgang von *Micropsectra pharetrophora*, bei anderen Arten aber auch Tendenzen gegensinnig verlaufen können (z.B. Zunahme von *Thienemanniella libanica*, Abnahme von *Heleniella ornatocollis* bei 312).

Die Individuenzahlen der Schmetterlingsmücken lagen bei 312 im Jahr 2001 um 30% (312) niedriger als im Jahre 1996. Im Jahre 1996 hatten offensichtlich besondere Verhältnisse die massenhafte Entwicklung von *Psychoda lobata* und *P. parthenogenetica* begünstigt. Berücksichtigt man diese beiden Arten nicht, so sind im Übrigen die relativen Häufigkeitsverhältnisse der Tribus untereinander denen des Jahres 2001 sehr ähnlich. Alle *Psychoda*-Arten können unter ihnen zusagenden Bedingungen in kurzer Zeit große Populationen entwickeln (r-Strategen mit mehreren Generationen im Jahr), die ebenso schnell bei veränderten Bedingungen wieder zusammenbrechen. In 2001 ist der Anteil von *P. parthenogenetica* auf rund 14% abgesunken. Obwohl hier im Jahr 2001 der Anteil der Pericomini an der Psychodidenemergenzt deutlich zunimmt, fehlen, ähnlich wie an Stelle 308, doch weitgehend Vertreter der Gattungen *Berdeniella*, *Pericoma* und *Ulomyia*. Dies spricht für gleichsinnige Veränderungen der äußeren Einflüsse wie an Standort 308. Bemerkenswert ist, dass die Herbstart *Satcheliella delphiniensis* nicht von diesem Rückgang betroffen ist: sie erreicht in beiden Jahren etwa gleiche Häufigkeiten, *S. mutua* verzeichnet als einzige Art der Standorte 308 und 312 steigende Individuenzahlen.

Im Gesamtüberblick bieten die Ergebnisse der ersten acht Jahre der Langzeitbeobachtung ein heterogenes Bild: Die Zusammensetzung des Zoobenthos erweist sich als beeindruckend stabil. Die relativen Abundanzen, in denen die mit unserer Methodik erfassbaren Arten auftreten, ändern sich über die Jahre hin nur in einigen wenigen Fällen. Zu den wenigen erwähnenswerten Veränderungen in unseren Sedimentproben gehört das Verschwinden der Köcherfliege *Parachiona picicornis* sowie der Rückgang der Wassermilbe *Atractides walteri* und der Köcherfliege *Melampophylax melampus*, dreier Arten, die Habitate mit mittlerer und stärkerer Strömung bevorzugen. Bemerkenswert ist weiterhin eine Gruppe von Arten, die im Laufe der Untersuchungszeit zunehmen. Es handelt sich um den Muschelkrebs *Cyclocypris helocrenica* sowie sechs Wassermilbenarten, von denen die meisten allerdings nur in geringen Individuenzahlen vorliegen. Da all diesen Arten eine Präferenz für detritusreiche Helokrenen gemeinsam ist, könnten die beobachteten Veränderungen als eine beginnende Re-

aktion der Fauna auf verstärkte Sonneneinstrahlung, einen erhöhten Eintrag organischen Materials und verringerte Wasserführung seit dem Zusammenbruch der umgebenden Waldvegetation betrachtet werden.

Eine andere Sprache sprechen die Ergebnisse der Emergenzuntersuchung. Die bislang einzig mögliche stichprobenhafte Untersuchung im Abstand von fünf Jahren hat einerseits einen Rückgang von Individuen- und Artenzahlen bei den Schmetterlingsmücken aufgezeigt, der sich in ähnlicher Weise erklären lässt wie die Veränderungen der Meiofauna. Überraschend drastische Veränderungen sind jedoch in der Zusammensetzung der emergierenden Zuckmückenfauna zu beobachten. Für eine genauere Einschätzung der Bedeutung dieses Befundes benötigen wir weitere Vergleichsdaten, aber die Gegenüberstellung mit Ergebnissen von Schapbach (Kapitel 8.3.5) legt nahe, dass die Vertreter dieser Familie stark auf Veränderungen der quellnahen Vegetation reagieren. Auf Schapbach gab es, im Gegensatz zu Herrenroint, weder in der Vegetation, noch in der Emergenz der Zuckmücken bemerkenswerte Veränderungen. In dem von uns untersuchten Szenario reagieren diejenigen Quellbewohner möglicherweise rasch auch auf kurzfristige Veränderungen im Umfeld, die sich als Adulttiere weiter von ihrem Larvalhabitat entfernen und in dieser Phase von Faktoren wie Licht und Schatten oder Vegetationsdichte und -höhe beeinflusst werden. Offensichtlich erst deutlich später, wenn die Veränderungen die Produktionsverhältnisse im Gewässer und die Struktur des Sediments sich verändert haben, spiegeln sich solche Veränderungen auch im Artenspektrum anderer Tiergruppen des Zoobenthos. Eine besonders interessante Frage betrifft in diesem Zusammenhang das Zusammenspiel zwischen den parasitischen Larven der Wassermilben und ihren Wirten. Vermutlich erlaubt ein relativ breites Wirtsspektrum den Milben, stabile Populationen aufrechtzuerhalten, die im Laufe der Jahre verschiedenste Wirtsarten befallen.

### 8.3 Schapbach

#### 8.3.1 Lage und Einzugsbereich

Das Schapbach-Quellgebiet (geographische Koordinaten: 12°57'32 E, 47°34'58 N, Exposition West) liegt zwischen 1170 und 1100 m N.N., an der steilen Westflanke der Seitenmoräne (Hangneigung 30 %, im obersten Bereich 38 %), die von der Archenkanzel zum Schapbachriedel zieht (Abb. 8-17).

Während der Quellbereich von Wald umsäumt ist, schließt sich direkt unterhalb ausgedehntes Weideland an, das auch heute in den Sommermonaten bewirtschaftet wird. Der Quellbereich ist durch einen Zaun für das Vieh unzugänglich, der nördliche der beiden Quellmünder ist jedoch für die Wasserversorgung der Schapbach-Almhütte gefasst.

Oberflächlich dominieren im Schapbachtal quartäre Moränen- und Schuttdecken, die sich auf der Ostflanke hauptsächlich aus jurassischen Gesteinen, auf der

Westflanke aus dem Dachsteinkalk des Watzmann-Massivs zusammensetzen. Im Bereich unmittelbar um den Quellaustritt, ebenso an verschiedenen anderen Stellen des Tals, findet sich jedoch eine Hangschuttbreccie aus vorwürmzeitlichem Moränenmaterial, das durch kalkiges Bindemittel zu einer hohlraumreichen Struktur verbacken ist. Solche Breccien konnten von den würmzeitlichen Gletschern nicht völlig ausgeräumt werden. Als Grundwasserspeicher fungieren offensichtlich die eiszeitlichen Moränengesteine, die Wasser aus dem gesamten ehemaligen Watzmann-Gletschertrog aufnehmen, in geringem Ausmaß außerdem Dogger-Kieselkalkschichten, die nördlich und südlich des Quellgebietes anstehen.

Die komplexe Struktur des Untergrundes im Schapbach-Quellbereich erschwert eine Ansprache der Bodentypen. Die Hohlräume zwischen den Blöcken sind mit kolluvialem Material, Verwitterungsprodukten aus dem Doggergestein der Umgebung und humosem Material aus der oberflächlichen organischen Produktion verfüllt. In der weiteren Umgebung der Quelle finden sich sowohl flachgründige Humuskarbonatböden auf Lockergesteinsuntergrund, als auch Kolluvien und podsolige Braunerden auf dem Riegel des "Dogger-Kieselkalk" (Nationalparkverwaltung Berchtesgaden 1988, LANGENSCHIEDT & SEIDENSCHWARZ 1995).

Die Umgebung des ca. 150 m langen und 15-20 m breiten Quellbereiches ist mit Fichten-Reinbeständen bewachsen. Diese Pflanzengesellschaft ist anthropogen entstanden, in dieser Lage wäre ein montaner, von Buchen (*Fagus sylvatica*) dominierter Bergmischwald zu erwarten, mit einem Anteil der Fichte unter 30 % (FREYER, pers. Mitt.). Der eigentliche Quellbereich gehört zum Cratoneuretum filicino-commutati (Kap. 5), sämtliche Uferbereiche, vielfach auch die überspülten Steine, sind mit dicken Polstern aus Moosen (dominant *Cratoneuron commutatum*) bedeckt. In der Krautschicht dominieren das bittere Schaumkraut (*Cardamine amara*) und der behaarte Kälberkropf (*Chaerophyllum hirsutum*), Baumbewuchs findet sich nur vereinzelt auf größeren exponierten Felsblöcken (*Picea abies*). Ergebnisse von Vegetationsaufnahmen im Gebiet werden in Kapitel 5 diskutiert.

Das Quellwasser verteilt sich unter vielfacher Verzweigung im oberflächennahen porösen Körper der Breccie und tritt an zahlreichen Stellen entlang des Quellbereichs (350-370) wie aus einem Sieb zutage. Auf der gesamten Strecke oberhalb des Weidelandes bildet sich daher kein eindeutiges Quellbachgerinne aus. Erst im Bereich des Zaunes, wo das Wasser den Wald verlässt, sammelt es sich in einem künstlich umgeleiteten Bett, das entlang der Waldkante der Schapbach-Alm zufließt. Der nur geringfügig verkarstete Untergrund im Schapbachtal (s.o.) erlaubt die Ausbildung eines durchgehend fließenden Baches, zunächst mäandrierend mit geringem Gefälle unterhalb der Alm (Stelle 375), dann nach einem steilen, tief eingeschnittenen und versinternten Abschnitt (Stelle 377) wenig östlich der Wimbachklamm in die Ramsauer Ache mündend.

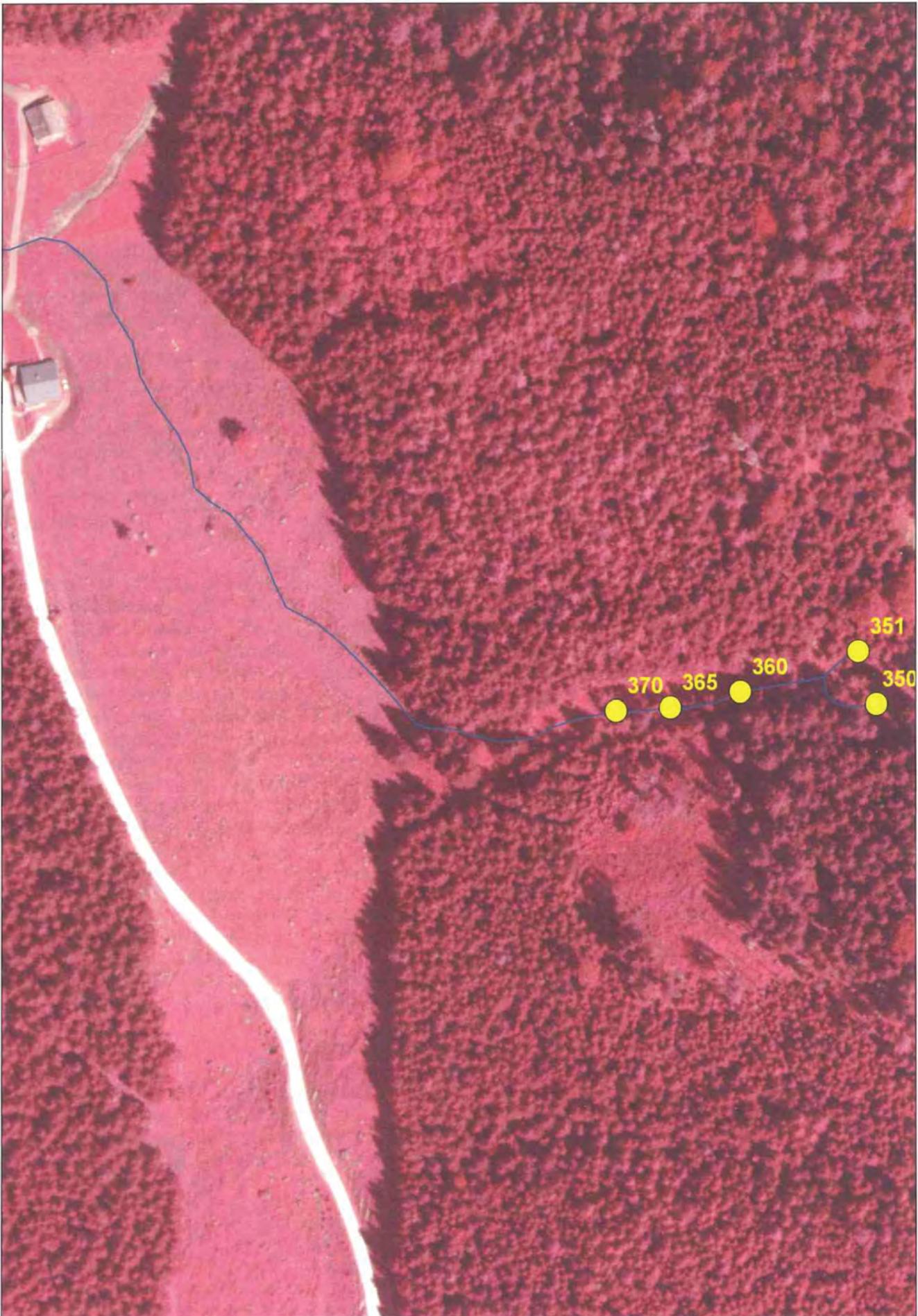


Abb. 8-17: Übersichtskarte des Quellkomplexes Schapbach. Am linken oberen Bildrand die Schapbach-Alm.

Im Rahmen der Voruntersuchung wurden an drei Stellen des Quellbereiches Proben entnommen: am obersten Quellmund (350), auf halber Höhe (360) und kurz oberhalb des Quellbachaustritts ins Weideland (370). Die Emergenzfalle, die in den Jahren 1996 (Mai-Oktober) und 2001 (Juni, September) zum Einsatz kam, wurde an der zentralen Stelle 360 montiert, Benthosproben für die langfristige Beobachtung in zweijährigem Rhythmus wurden aber im Quellmund 350 und Quellbach 370 entnommen.

Der oberste Quellmund (350) entspringt zwischen mächtigen Felsblöcken. Sein Wasser stürzt zunächst über eine bemooste Kaskade und passiert im weiteren Lauf ein Mosaik unterschiedlichster Lebensräume: ausgedehnte hygropetrische Bereiche mit Moosen und Spritzwasserbereichen, zum Teil unterirdische Gänge zwischen Blockgestein, Ansammlungen von Totholz und Genisten, Kies und Wurzelwerk der Krautvegetation am Ufer. Einzelne Bäume, die an den Wasserlauf herangerückt sind, werfen ihren Schatten auf diesen Abschnitt.

Im Bereich der Emergenzfalle (Stelle 360) ist die Situation kaum verändert. Es finden sich lediglich aufgrund des etwas geringeren Gefälles auch kleinere Ruhigwasserzonen und es gibt keine Beschattung durch am Ufer wachsende Bäume. Aufgrund dieser Ähnlichkeit zu Stelle 350, die auch hinsichtlich ihrer tierischen Besiedlung besteht (CREMA et al. 1996) wurde diese Stelle bei der langfristigen Beobachtung nicht weiter berücksichtigt.

Der oberste Quellbach (Stelle 370) ist durch ein Vorwiegen lotischer Habitats mit deutlicher Versinterung gekennzeichnet. Es dominieren überströmte moosbewachsene Steine und Kies, hygropetrische Stillwasserbereiche fehlen weitgehend.

Der Bach unterhalb der Alm (Stelle 375) hat einen deutlich ruhigeren Abfluss, ausgedehnte ruhige Stellen mit feinsandigem, detritusreichem Sediment und nur noch wenige Moospolster. Im unteren, erneut steilen Ab-

schnitt des Baches (Stelle 377) findet sich überhaupt keine aquatische Vegetation mehr und durch den umgebenden Wald erfolgt eine fast vollständige Beschattung. Das Sediment besteht an den wenigen ruhigen Stellen aus Falllaub und organischem Feinmaterial, in stärkerer Strömung aus anstehendem Gestein, Totholz und Steinen, die mit einer Sinterschicht überzogen sind.

### 8.3.2 Fauna

Insgesamt 191 Taxa wirbelloser Tiere wurden bislang im Rahmen dieser Untersuchung im Quellgebiet Schapbach nachgewiesen (ohne Berücksichtigung der Nematoda und Protozoa), 60 % rechnen zur Insektenordnung der Zweiflügler.

Neun Arten gehören zu den Krebsen: Nur am obersten Quellmund, dort aber regelmäßig, tritt der Grundwasserflohkrebs *Niphargus strouhali* auf; die Ruderfußkrebse sind mit zwei Arten vertreten (es liegen allerdings nur stichprobenartige Ergebnisse vor - der Hauptteil des Materials aus dieser Gruppe ist noch unbearbeitet), die Muschelkrebse mit sechs Arten, von welchen *Psychrodromus fontinalis* mit 85 % aller Individuen die Häufigste ist.

Die Anzahl der nachgewiesenen Milbenarten beträgt 21. Unter den vier häufigsten Arten, (in absteigender Reihenfolge) *Protzia distincta*, *Atractides adnatus*, *Hydrovolzia placophora* und *Sperchon violaceus*, ist offensichtlich lediglich *H. placophora* an den Quellbereich gebunden. Ihre Häufigkeit nimmt bereits im Hypokrenal (Stellen 360/370) deutlich ab und sie konnte im anschließenden Quellbach (Stellen 375/377) nur einmal als Einzelfund entdeckt werden, während die anderen drei Arten offensichtlich krenophile Bachbewohner sind, deren Populationen auch nach mehreren Kilometern Fließstrecke noch zu finden sind. Hier tritt als weitere typische Bachart *Sperchon brevirostris* hinzu.

Eintagsfliegen ließen sich nur in zwei Arten nachweisen, neben *Baetis alpinus* ein Vertreter der *Rhithrogena semicolorata*-Gruppe. Sie treten im oberen Quellbereich (Stelle 350) nur vereinzelt auf (7-10 Individuen pro Probe), ihre Populationsstärke wächst kontinuierlich mit zunehmendem Abstand zum Quellmund (75 bis über 500 Individuen pro Probe im unteren Hypokrenal, 370).

Die Anzahl nachgewiesener Taxa der Steinfliegen beträgt insgesamt 13, von denen sich vier nur in der Emergenzfalle nachweisen ließen. Die bei weitem häufigste Art in der Emergenzfalle war *Leuctra armata*, für die sich eine saisonale Dichte von 650 Exemplaren/m<sup>2</sup> errechnen lässt. Weitere regelmäßig gefundene Arten sind *Leuctra alpina*, *Protonemura auberti* und *P. lateralis*. Im Benthos fanden sich 165 bis über 500 Individuen pro Probe, wobei *Protonemura*-Larven bedeutend häufiger anzutreffen waren als adulte Tiere der Gattung in den Emergenzfängen.

Die Köcherfliegen sind mit durchschnittlich nur 16-54 Individuen pro Sedimentprobe vertreten. Insgesamt 19

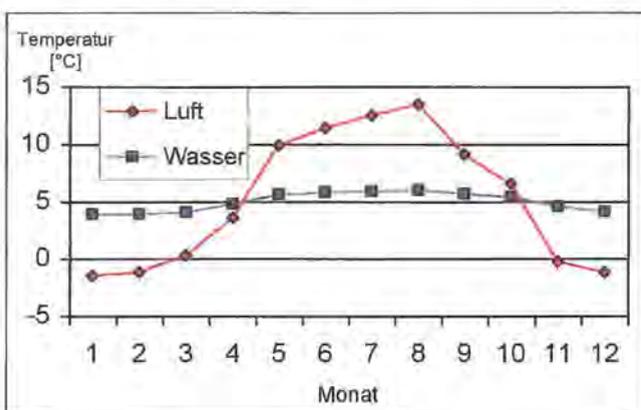


Abb. 8-18: Schapbachquelle 360, Temperaturentwicklung im Jahreslauf. Der ausgeglichene Verlauf der Kurve der Wassertemperatur weist auf den Ursprung aus einem großen, tiefliegenden Grundwasserspeicher.

Taxa konnten nachgewiesen werden, drei davon nur in der Emergenz. Keine der Arten sticht durch besonders hohe Populationsstärken hervor, auch nicht die am häufigsten nachgewiesenen Arten (*Lithax niger* und *Rhyacophila producta* im Sediment, mit unter 10 Individuen pro Probe, *Micrasema morosum* in der Emergenz mit einer saisonalen Dichte von 17 Individuen/m<sup>2</sup>).

Die Käferfauna ist artenarm, Vertreter der Hydradephaga konnten überhaupt nicht nachgewiesen werden. Im Eu- und Hypokrenal finden sich regelmäßig, aber in geringen Individuenzahlen, die Larven zweier Arten der Gattung *Elodes* (*Scirtidae*). Mit zunehmendem Abstand vom Quellmund nimmt außerdem die Populationsdichte des Hakenkäfers *Elmis latreillei* rasch zu, der den allerersten Abschnitt des Quellbereiches meidet. Im Hypokrenal findet sich in geringer Populationsdichte der Hydraenide *Hydraena alpicola*.

Insgesamt 110 Vertreter der Zweiflügler konnten bislang in der Schapbachquelle nachgewiesen werden, darunter allein 54 Arten der Zuckmücken, 12 der Psychodidae, 8 der Pediciidae und 7 der Limoniidae. Die meisten dieser Nachweise waren nur durch die Emergenzuntersuchung möglich, die allerdings sicher auch verschiedene Taxa erbracht hat, die eine gering ausgebildete Bindung an Wasser- oder gar Quellhabitate aufweisen. Dies gilt vor allem für die 17 Arten aus den Familien Cecidomyiidae, Dolichopodidae, Sciaridae und Syrphidae.

### 8.3.3 Phänologie des Zoobenthos

Wie oben (Kap. 8.2.3) für die Fauna auf Herrenroint beschrieben, aber zu etwas näher beieinanderliegenden Terminen, wurden auch auf Schapbach 1996 drei Vergleichsproben im Frühsommer (4. Juli), Hochsommer (26. August) und Herbst (23. Oktober) genommen (SCHRANKEL 1998). Auch auf Schapbach fanden sich 16 Arten der Milben und 4 der Muschelkrebse in 10 oder mehr Exemplaren. Wir verzichten auf eine grafische Darstellung der Ergebnisse für die letztere Gruppe, da sie fast ausschließlich durch den massenhaft auftretenden *Psychodromus fontinalis* repräsentiert ist. Diese Art wurde im Sommer deutlich seltener gefunden als im Frühsommer und Herbst, *Eucypris pigra* fehlte im Frühsommer, *Potamocypris fallax* und *P. pallida* traten zu allen Terminen, aber in geringen Individuenzahlen auf. Die Ergebnisse für die 16 häufigeren Milbenarten sind in Abb. 8-19 dargestellt. Nur die beiden seltensten von ihnen wurden nicht zu allen Probestermen gefunden. Die meisten übrigen Arten erwiesen auch in ihrem quantitativen Auftreten eine hohe Konstanz auf, in vielen Fällen mit einem gewissen Rückgang der Individuenzahlen im Hochsommer. Zusammen mit den Ergebnissen von Herrenroint machen diese Beobachtungen wahrscheinlich, dass die von uns angewandte Probenahmetechnik "robuste" Ergebnisse zu liefern vermag, deren maßgebliche Details weder von Unterschieden des Probenahmeterrains im Lauf der Vegetationsperiode, noch von Unterschieden im Klimaverlauf aufeinanderfolgender Jahre beeinflussbar sind.

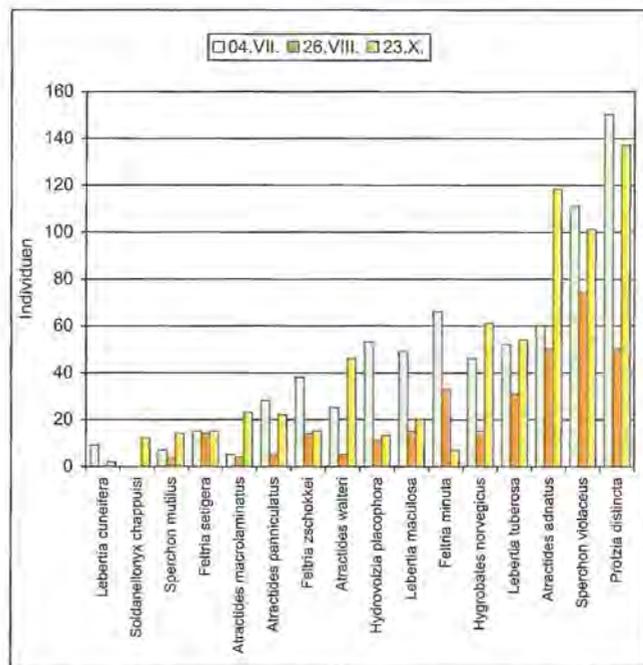


Abb. 8-19: Quellkomplex Schapbach: Saisonales Auftreten der 16 häufigsten Milben-Arten, Juni bis Oktober 1996.

### 8.3.4 Zeitrhythmen der Emergenz, ausgesuchte Beispiele

Wie oben ausgeführt (Kap. 8.2.4), liegt auch von Schapbach umfangreiches Material adulter Insekten aus der 1996 von SCHRANKEL (1998) durchgeführten Emergenzuntersuchung vor, das für die Vertreter vieler Familien der Insekten erst die Identifizierung auf Artniveau erlaubt.

#### Zuckmücken (*Chironomidae*)

Taxonomisch bearbeitet wurden nur die männlichen Tiere. Insgesamt konnten aus der Schapbach-Quelle in den Jahren 1996 und 2001 45 Arten nachgewiesen werden. Davon wurden 42 im Laufe des Jahres 1996 in der Emergenz an Stelle 360 in 4561 Individuen gesammelt. Diese Individuenzahl entspricht 56 % der Gesamt-emergenz. Wie auf Herrenroint zeigt die Emergenz auch auf Schapbach ein Maximum Anfang Juni 1996 (1030 Individuen pro m<sup>2</sup>, Abb. 8-20). Im Gegensatz zu Herrenroint schlüpfen aber in der zweiten Junihälfte, Mitte Juli bis Mitte August und Anfang September jeweils noch einmal fast so viele Zuckmücken wie Anfang Juni. Da ab Ende August weniger Imagines anderer Taxa schlüpfen, betrug der Anteil der Zuckmücken an der gesamten Emergenz zwischen Ende August und Anfang Oktober zeitweise bis zu 90 %.

Die fünf häufigsten Arten, die mit 1118 Individuen zusammen 60% der männlichen Zuckmücken stellten (Abb. 8-21, Anteil an der Jahresemergenz der Chironomidenmännchen in Klammern), sind *Thienemannia libanica* (20,5%), *Micropsectra seguyi* (14,4%), *Corynoneura lobata* (8,7%), *Heleniella ornaticollis* (8,3%) und *Krenosmittia boreoalpina* (8,1%). Weitere relativ häufige Ar-

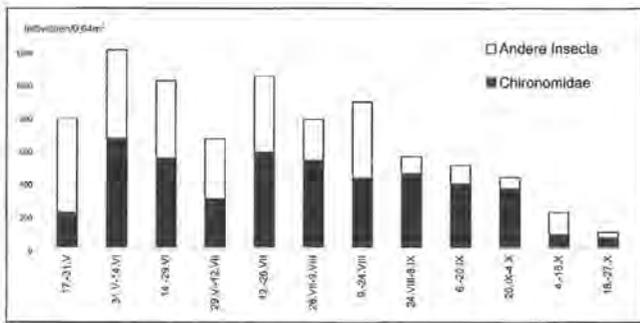


Abb. 8-20: Schapbachquelle 360: Anteil der Zuckmücken an der Gesamtemergenz, Mai-Oktober 1996.

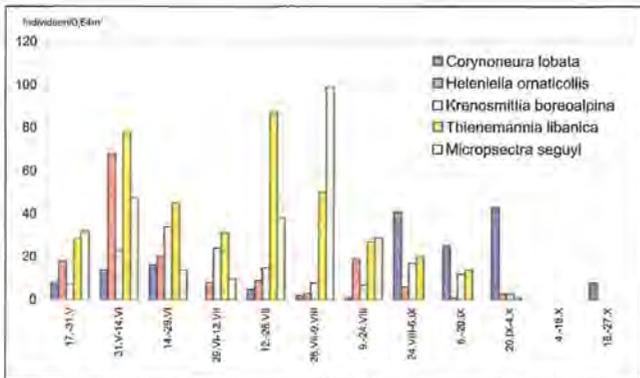


Abb. 8-21: Schapbachquelle 360: Emergenz der fünf häufigsten Zuckmücken-Arten, Mai-Oktober 1996.

ten waren *Thienemanniella caspersi* (7,9 %) und *Parametriocnemus stylatus* (5,1 %). Die häufigste Art, *Thienemanniella libanica*, weist auf Schapbach zwei Maxima ihrer Schlupfaktivität auf, in der ersten Junihälfte und Ende Juli. Offensichtlich ist die Art hier bivoltin, während auf Herrenroint ein univoltiner Zyklus mit nur einem Maximum Anfang Juni beobachtet wurde. Auch der Schlupfrhythmus von *Krenosmittia boreoalpina*, *Heleniella ornaticollis* und *Micropsectra seguyi* zeigt in der Schapbachquelle zwei Maxima - bei Letzterer ist das zweite Maximum deutlich stärker, bei den beiden anderen Arten das Erste. *Corynoneura lobata* schlüpft bevorzugt von Ende August bis Anfang Oktober 1996.

#### Schmetterlingsmücken

In der Emergenzfall auf Schapbach 360 stellten die Psychodidae während der Vegetationsperiode 1996 mit 455 Individuen 6 % der Gesamtemergenz und waren damit die zweithäufigste Dipterenfamilie. Die Emergenz der Psychodidae verläuft hier ähnlich wie an Stelle 308 auf Herrenroint: Nach einem ersten Höhepunkt Mitte Juni folgt das Schlupfmaximum Ende Juli/Anfang August. Ein weiterer Höhepunkt, wie er auf Herrenroint 312 im Herbst auftritt, kann auf Schapbach nicht beobachtet werden (Abb. 8-22). 99% der Individuen gehören dem Tribus Pericomini an.

Weibchen der Arten *Berdeniella alpina*, *Pericoma* sp. nov., *Saraiella clastrieri* und *Ulomyia szabo*i konnten im Nachgang den jeweiligen Männchen zugeordnet werden. Der beobachtete Verlauf der Emergenz wird größtenteils durch die Art *Pericoma* sp. nov. (61,5% der Indi-

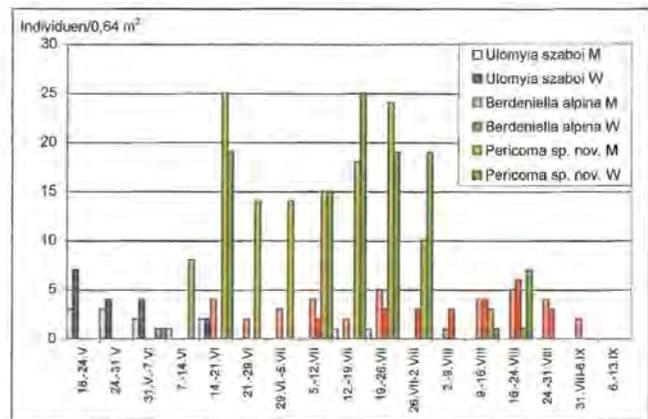


Abb. 8-22: Schapbachquelle 360: Emergenz der vier häufigsten Arten der Schmetterlingsmücken (Psychodidae), Mai-Oktober 1996.

viduen) bestimmt, die von Anfang Juni bis Mitte August schlüpft (Abb. 8-22). Die zweithäufigste Art ist *Berdeniella alpina* (15 %), Schlupfzeit Mitte Juni bis Anfang September, mit einem Maximum Mitte August - also nach der Hauptschlupfzeit von *Pericoma* sp. nov. An dritter und vierter Stelle folgen *Ulomyia szabo*i (12 %) und *Saraiella clastrieri* (6 %), die beide von Mitte Mai bis Ende Juli schlüpfen - mit einem Maximum von *U. szabo*i Mitte Mai (vor der Hauptschlupfzeit von *Pericoma* sp. nov.) und von *S. clastrieri* Mitte Juli (zur Hauptschlupfzeit von *Pericoma* sp. nov.). Während das Verhältnis Männchen/Weibchen bei *Pericoma* sp. nov. und *Berdeniella alpina* sehr ausgeglichen ist (47 % bzw. 52 %), sind bei *U. szabo*i und *S. clastrieri* die Männchen unterrepräsentiert (24 % bzw. 33 %). Alle Arten sind offensichtlich univoltin. Die übrigen acht an dieser Stelle nachgewiesenen Arten traten lediglich als Einzelindividuen auf und stellen zusammen nur 5% der Psychodiden-Emergenz.

Das Gattungsspektrum des Benthos entspricht dem der Emergenz: Den vier Gattungen, die in den Benthosproben nachgewiesen wurden, gehören auch die vier häufigsten Arten der Emergenz an. Während aber in der Emergenz *Pericoma* sp. nov. die häufigste Art ist, dominieren in den Benthosproben Larven der Gattungen *Berdeniella* und *Ulomyia*. Oberhalb und unterhalb des Emergenzfallen-Standortes (350, 370) wurden deutlich weniger Psychodiden-Larven gefangen, aber auch hier sind die beiden am stärksten vertretenen Gattungen *Berdeniella* und *Ulomyia*. Nach unserer Kenntnis anderer Arten der Gattung (VAILLANT 1978) ist anzunehmen, dass auch die Larven von *Pericoma* sp. nov. in Moosen und an flach überrieselten Steinen leben, während *Ulomyia*-Arten eher euryök sind und sowohl in mineralischen Substraten und Moosen, als auch in verwesendem Detritus leben können. Auch im Rahmen dieser Untersuchung wurden Larven von Arten dieser Gattung in Habitaten unterschiedlicher Ausprägung gefunden, denen lediglich ein lenitischer Charakter und Detritusreichtum gemeinsam ist. Die *Berdeniella*-Larven sind hingegen ziemlich eindeutig an Moosvegetation und das darin sich verfangende Feinsubstrat gebunden (VAILLANT 1976); sie sind rheophil und kaltstenotherm und

ernähren sich von Diatomeen und Detritus (WAGNER 1979, 1980a). *Saraiella clastrii* schließlich ist hauptsächlich auf feuchter Erde, seltener in den mit feinem Schlamm gefüllten Moospolstern in Helokrenen oder am Rand von Rheokrenen in madicolen Habitaten zu finden. Sie bevorzugt trockenere Habitate als die anderen Arten der Gattung (VAILLANT 1981).

Die hier beschriebene Psychodiden-Zönose entspricht in ihren Substratansprüchen sehr genau den Gegebenheiten am Standort. Die Übereinstimmung zwischen allen Benthosproben und den Emergenzfängen bei 360 belegt außerdem, dass die Substratverhältnisse unter der Emergenzfalle diejenigen in weiten Teilen des Quellkomplexes gut repräsentieren.

### 8.3.5 Zonierung

Betrachtet man die Großgruppen, so erweisen sich Steinfliegen und Köcherfliegen als ziemlich gleichmäßig verteilt, während Milben, Ruderfußkrebse und Muschelkrebse im Eukrenal, Käfer, Kriebelmücken und Eintagsfliegen im Hypokrenal deutlich häufiger sind. Insgesamt 31 Arten konnten nur oder hauptsächlich (> 95 % der Individuen, Angaben in Klammern) im Eukrenal nachgewiesen werden.

Darunter können die folgenden häufigeren Arten als Charakterarten des Eukrenal bezeichnet werden: die Wassermilben *Atractides walteri* (55), *A. macrolaminatus* (38), *Lebertia tuberosa* (95), *Hygrobatas norvegicus* (81), *Feltria minuta* (93) und *Hydrovolzia placophora* (106), die Muschelkrebse *Potamocypris fallax* (35), *P. zschokkei* (46) und *P. pallida* (88) sowie die Köcherfliege *Lithax niger* (46). Nur selten zu finden, aber doch regelmäßig und als Grundwassertier sicher ein besonderes charakteristisches Element des Quellmundbereichs, ist der Flohkrebse *Niphargus strouhali*. Nicht auf Artniveau bestimmbare Vertreter der Steinfliegengattungen *Nemoura* (262) und *Protonemura* (988) sind gleichmäßig über die ganze Untersuchungsstrecke hin verteilt zu finden.

Unter den neun Arten, die auf Schapbach nur im Hypokrenal gefunden wurden, sind häufiger auftretende Charakterarten der Käfer *Elmis latreillei* (190) und die Steinfliege *Nemurella pictetii* (34).

Es ergibt sich insgesamt das Bild einer eher gleichmäßig verteilten Fauna, die sich entlang des langgezogenen Quellbereichs in ihrer Zusammensetzung allmählich verändert. Dem entsprechen auch unsere Beobachtungen über die Zusammensetzung der Psychodiden-Fauna im Quellgebiet, die allerdings auf Schapbach keine so differenzierte Analyse wie auf Herrenrönt erlauben, da hier nur eine Emergenzfalle betrieben wurde. Vergleicht man die Köcherfliegenfaunen im Quellmund- und Quellbachbereich, so zeigt sich auch auf Schapbach mit wachsender Distanz von der Quelle eine deutliche Zunahme filtrierender Arten bei gleichzeitiger Abnahme der Weidegänger und Detritusfresser (Abb. 8-23).

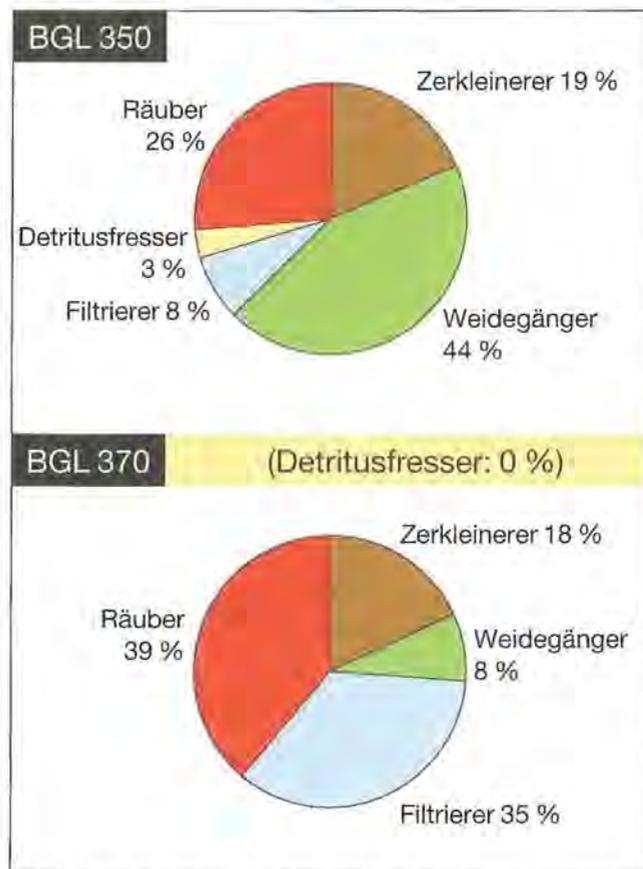


Abb. 8-23: Quellkomplex Schapbach: Einordnung der Köcherfliegenfauna nach ihrer Nahrungspräferenz (350 Eukrenal; 370 Hypokrenal)

### 8.3.6 Erste Langzeitergebnisse (Stabilität, Trends)

Wie am Vergleichsstandort Herrenrönt zeigen sich auch auf Schapbach keine nennenswerten Veränderungen hinsichtlich der Abundanz der Vertreter der wichtigsten Großgruppen. Stellt man die zusammengefassten Daten von 1994-1998 denen der zweiten Periode 2000-2002 gegenüber, so ist lediglich eine Zunahme der Individuenzahlen der Diptera-Larven, vorwiegend der Chironomidae, festzustellen, während die entsprechenden Zahlen für die Coleoptera rückläufig sind. Auch das Dominanzgefüge aller häufigen Arten bleibt, soweit dokumentiert, im Untersuchungszeitraum weitgehend unverändert (für die Ruderfußkrebse liegen die Daten aus der zweiten Periode noch nicht vor).

Am auffälligsten sind die Verschiebungen bei den Muschelkrebsen: Während die allseits dominante Art *Psychrodromus fontinalis* in der zweiten Periode in annähernd verdoppelten Individuenzahlen nachweisbar war, wurden drei Arten nicht wiedergefunden, die in der ersten Periode durchaus häufig waren (*Eucypris pigra* n = 17, *Potamocypris fallax* n = 20, *P. zschokkei* n = 46).

Die Milbenfauna blieb in Zusammensetzung und Proportionen sehr konstant. In wenigen Individuen oder als Einzelexemplare vorliegende Arten, die nur in einer der Vergleichsperioden auftraten, sind *Lebertia cuneifera*

und *Partnunia steinmanni* (verschwunden) und *Lebertia sefvei* (neu aufgetaucht). Arten, die seltener gefunden wurden (Gesamtindividuenzahlen über 20, Rückgang um 50 % oder mehr), sind *Feltria zschokkei*, *Atractides macrolaminatus*, *Lebertia tuberosa* und *Hydrovolzia placophora*; eine Zunahme ist bei *Feltria setigera* und *Soldanellonyx chappuisi* zu verzeichnen.

Wie bereits bei der Besprechung der Fauna auf Herrenröint vermerkt sind entsprechende Aussagen für Insektengruppen, die auf Larvenniveau schwierig zu klassifizieren sind (Eintagsfliegen, Steinfliegen, viele Zweiflügler), nur mit Hilfe von Emergenzuntersuchungen zu treffen. Unter den Köcherfliegen, die auf Schapbach in relativ geringen Individuendichten auftreten, wurden sechs Arten nur in der ersten Periode nachgewiesen: *Halesus rubricollis*, *Rhyacophila bonaparti*, *R. pubescens*, *Sericostoma personatum*, *Melampophylax melampus* und *Micrasema morosum*. In den meisten Fällen handelt es sich um Einzelexemplare, nur von *M. morosum* liegen

acht Exemplare vor. Häufigere Arten (Individuenzahlen > 20), bei denen ein Rückgang zu verzeichnen ist, sind die beiden *Drusus*-Arten *D. chrysotus* (96 %) und *D. discolor* (88%).

In der Käferfauna ist lediglich eine Veränderung bei den Scirtidae, wohl hauptsächlich *Elodes hausmanni* (Abnahme um 77 %, n = 93) zu vermerken, innerhalb der Zweiflügler eine Zunahme der Vertreter der Simuliidae (Verfünffachung der Individuenzahl, n = 196). Insgesamt sind die beobachteten Veränderungen in der Fauna als sehr geringfügig zu bewerten. Die wichtigeren Veränderungen betreffen Arten mit eher individuenarmen Populationen, haben allerdings eine gemeinsame Tendenz: Zunahme rheophiler Arten auf Kosten solcher, die Stillwasserbereiche bevorzugen. Es könnte sich um einen Effekt der Probenahmetechnik handeln, der sich bei einer Analyse über weitere Zeiträume hin nivelliert, die entsprechenden Taxa verdienen aber besonderes Interesse beim zukünftigen Monitoring.

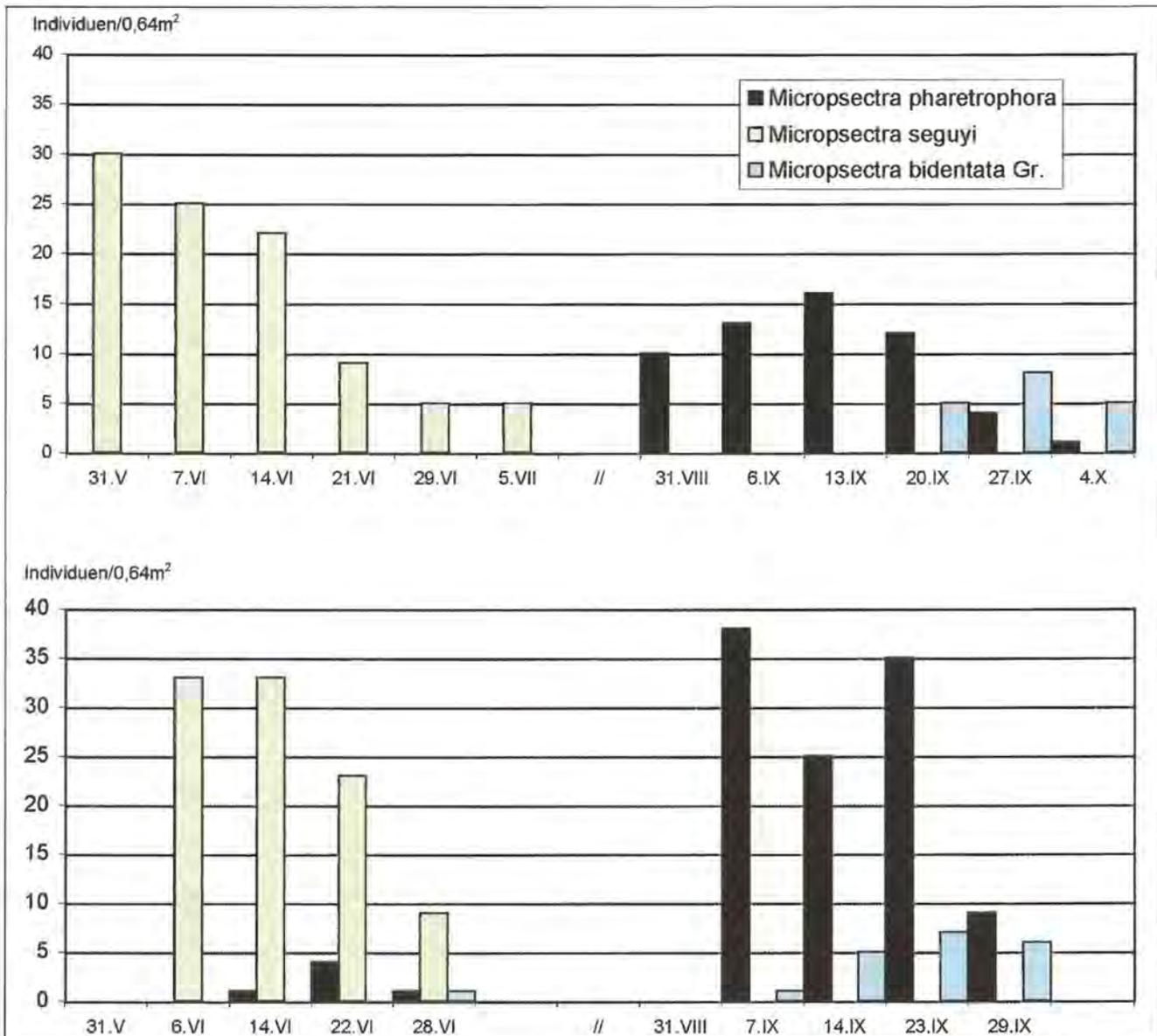


Abb. 8-24: Schapbachquelle 360: Vergleich der Emergenz der Tanytarsini (Zuckmücken) in den Monaten Juni und September im Abstand von fünf Jahren. Oben: 1996; unten: 2001.

Eine Wiederholungsuntersuchung mit Emergenzfallen an Stelle 360 gibt einen Einblick in die Veränderlichkeit im Dominanzspektrum ausgewählter Mückengruppen im Vergleich der Jahre 1996 und 2001.

### Zuckmücken

Von den zehn Arten, die im Juni oder September nur in einem der beiden Untersuchungsjahre gefunden wurden, traten die meisten nur als Einzelfunde oder in Individuenzahlen unter 10 Exemplaren auf: Nur 2001 nachweisbar waren *Macropelopia fittkau*, *Micropsectra schrankelae* und *Chaetocladius laminatus*, nur 1996 (in der Reihenfolge steigender Individuenzahlen) *Prodiamesa olivacea*, *Orthocladius fuscimanus*, *Limnophyes* cf. *recisus*, *L. natalensis*, *Metriocnemus picipes*, *Heterotrissocladius zierli* und *Limnophyes minimus*. Nur die beiden letztgenannten Arten wurden im Jahr ihres Auftretens in höheren Individuenzahlen gefunden (*Heterotrissocladius zierli* 11, *L. minimus* 39 Exemplare). Eine weitere seltene Art, *Thienemannia fulvofasciata*, wurde 2001 im September, 1996 aber nur im August und Oktober nachgewiesen. Von diesen geringfügigen Unterschieden in der Abundanz der selteneren Arten abgesehen findet sich eine hohe Ähnlichkeit zwischen den Vergleichsjahren (Abb. 8-24). Die 16 häufigsten Arten in der Gesamtemergenz beider Jahre konnten sowohl 1996 als auch 2001 nachgewiesen werden, meist sogar in ähnlichen Individuenzahlen. Berücksichtigt man durch Verdoppelung der Werte von 1996, dass die Ausbeute 2001 fast doppelt so hoch lag, so ergeben sich deutlichere Veränderungen in der relativen Abundanz (um mehr als 100 %; Individuenzahlen 1996/2001 in Klammern) lediglich für *Metriocnemus fuscipes* (Abnahme, 40/5), *Tvetenia bavarica* (Abnahme, 40/13) und *Helenielia ornaticollis* (Abnahme, 190/98).

### Schmetterlingsmücken

Die Individuenzahl lag im Jahr 2001 um 58% niedriger als im Jahre 1996. In beiden Untersuchungsjahren waren die Pericomini dominant. Die Individuenzahlen der drei Gattungen *Berdeniella*, *Pericoma* und *Ulomyia* gingen zwar wie auf Herrenröint zurück, ein völliges Verschwinden einzelner Arten oder Gattungen war aber nicht zu beobachten - die 1996 häufigen Arten *Pericoma* sp.n. und *Berdeniella alpina* waren auch 2001 noch individuenreich vorhanden. Wie auf Herrenröint 312 tauchte auch hier 2001 *Satcheliella mutua* in der Emergenz auf, und die Häufigkeiten von *Ulomyia cognata* und *U. szaboi* waren vertauscht.

Die beeindruckende Stabilität der Häufigkeitsmuster vor allem in der Zuckmücken-Emergenz steht in scharfem Kontrast zu den Ergebnissen von Herrenröint. Da tatsächlich auf Schapbach auch von einer langfristigen Stabilität der Umweltbedingungen auszugehen ist, bestätigt dieses Resultat zugleich, dass wir die Hypothese wagen können, dass die auf Herrenröint beschriebenen Veränderungen von den sich ändernden Verhältnissen in der umgebenden Vegetation beeinflusst sind. Die Berechtigung dieser Hypothese muss durch weitere Unter-

suchungen hinterfragt werden: Angesichts der größeren Einheitlichkeit der Substratverhältnisse innerhalb des Quellkomplexes Schapbach ist denkbar, dass hier die Ergebnisse einer Vergleichsuntersuchung weniger von der genauen Position einer Falle beeinflusst sind, während sich auf Herrenröint das feinere Mosaik unterschiedlicher Substrate in einer stärkeren räumlichen Differenzierung der Fauna niederschlagen dürfte. Weiterhin lässt sich bei den Psychodidae im Vergleich der Jahre 1996 und 2001, ganz im Gegensatz zu den Chironomidae, ein einheitlicher Trend auf Schapbach und Herrenröint beobachten: Arten- und Individuenzahlen nehmen nicht nur ab, an allen Standorten betrifft die Abnahme die gleichen Gattungen und Arten. All dies spricht eher für Veränderungen im gesamten Untersuchungsgebiet als für regionale oder gar lokale Einflüsse. Da man über die Präsenz einzelner Taxa das Vorhandensein bzw. die Qualität einzelner Kleinlebensräume beurteilen kann und da die Kleinlebensräume und ihre Ausdehnung mit dem ‚Wasserstand‘ (Abfluss) der Quellen zusammenhängen, ist ein möglicher Einfluss dieses Faktors naheliegend. Denkbar ist allerdings auch hier, dass sich geringfügig erscheinende Unterschiede in der Aufstellung der Fallen drastisch auf die Zusammensetzung der erfassten Insektenfauna auswirken. Diesen Fragen wird derzeit in einer Vergleichsuntersuchung mit mehreren Fallen an einzelnen Standorten nachgegangen. Sollte sich die These bestätigen, dass die Emergenz von Umweltveränderungen im Einzugsgebiet der Quelle beeinflusst wird, so wären Emergenzuntersuchungen als ein besonders wichtiges Hilfsmittel in der langfristigen Umweltbeobachtung an diesen Biotopen anzusehen.

### 8.4 Vergleich Schapbach-Herrenröint

Die beiden ca. 1000 m Luftlinie entfernten Quellkomplexe wurden mit unterschiedlicher Intensität bearbeitet: Auf Herrenröint fand die Langzeit-Probenahme jährlich, auf Schapbach in zweijährigem Turnus statt, auf Herrenröint wurden im Rahmen der langfristigen Beobachtung sechs, auf Schapbach nur zwei Probestellen untersucht; auf Herrenröint waren 1996 drei Emergenzfallen installiert, auf Schapbach nur eine. Die Nematoda wurden überhaupt nur auf Herrenröint untersucht, die Protozoa an beiden Stellen mit unterschiedlicher Methodik. Auch wenn die beiden letztgenannten Tiergruppen unberücksichtigt bleiben, verwundert es vor dem Hintergrund dieser methodischen Unterschiede nicht, dass auf Herrenröint (n = 323) eine im Vergleich zu Schapbach (n = 191) deutlich höhere Anzahl von Taxa nachgewiesen wurde. Dieser Unterschied ist in allen hier untersuchten Großgruppen gleichermaßen zu beobachten, in besonderem Maße aber bei den Diptera aus den Emergenzfallen. Angesichts der starken Unterschiede im Probenumfang konzentriert sich die folgende Diskussion der Unterschiede zwischen den beiden Quellkomplexen auf Arten, die in großen Individuenzahlen registriert wurden. Muscheln (*Pisidium casertanum*) sind nur auf Herrenröint nachweisbar, beide Quellkomplexe weisen keine Be-

siedlung durch wasserbewohnende Schnecken auf. Eine Besonderheit der Schapbach-Quelle ist das Auftreten von Flohkrebse der Art *Niphargus strouhali* im Quellmundbereich. Juvenile Individuen einer anderen Art der Gattung konnten jüngst auch auf Herrenröint nachgewiesen werden, hier allerdings nur im quellfernen Epirhithral (320). Die Ruderfußkrebse (Copepoda) lassen sich nicht vergleichen, da die meisten Daten für Schapbach noch nicht ausgewertet wurden. Unter den Muschelkrebse fällt auf, dass auf Herrenröint große Populationen der Arten *Candona neglecta* und *Eucypris pigra* auftreten, die auf Schapbach nicht oder nur in Einzelexemplaren nachzuweisen waren, wie auch der seltenere *Cyclocypris helocrenica*. Hier finden sich hingegen drei Arten der Gattung *Potamocypris*, die auf Herrenröint offenbar fehlen (*P. fallax*, *P. pallida* und *P. zschokkei*). Beiden Quellkomplexen gemeinsam sind große Populationen von *Psychrodromus fontinalis*.

Insgesamt 14 Arten der Wassermilben wurden nur auf Herrenröint nachgewiesen, drei nur auf Schapbach. Bei der Mehrzahl der exklusiven Herrenröint-Arten handelt es sich um typische detritophile Helokrenen-Bewohner. Als Charakterarten können die drei häufigsten unter ihnen bezeichnet werden, *Lebertia lativentris*, *Pseudofeltaria scourfieldi* und *Thyas palustris*. Weiterhin wurde eine Reihe von Arten nur auf Herrenröint nachgewiesen, die hier im Quellbach typisch sind und von dort gelegentlich in die Quelle eindringen, im Schapbach-Quellbach aber fehlen. Unter den exklusiven Arten auf Schapbach hingegen ist vor allem *Protzia distincta* zu nennen, die hier zugleich die häufigste Milbenart überhaupt ist. Weiterhin geben einige Arten der Fauna der verglichenen Quellkomplexe ein besonderes Gepräge, die zwar an beiden Stellen vorkommen, aber in sehr unterschiedlicher Häufigkeit (Individuenzahlen für Herrenröint/Schapbach in Klammern): *Atractides adnatus* (7 / 179), *Lebertia cuneifera* (213 / 9), *Partnunia steinmanni* (336 / 2), *Sperchon violaceus* (2 / 262). Greift man als Leitarten zwei Vertreter der Familie Hydryphantidae heraus, so könnte man den Herrenröint-Quellkomplex als "*Partnunia steinmanni*-Quelle", die Schapbach-Quelle als "*Protzia distincta*-Quelle" bezeichnen. In der letzteren Bezeichnung kommt zum Ausdruck, dass der Schapbach-Quellbezirk stärker bachähnliche Charakteristika zeigt, mit einem eher graduellen Übergang Quell-Quellbach, der der krenophilen Bachbewohnerin *Protzia distincta* die Einwanderung ermöglicht. Hingegen sind auf Herrenröint deutlicher abgegrenzte Quellmundbereiche mit einer stärkeren faunistischen Eigenständigkeit vorhanden, für die *Partnunia steinmanni* als streng krenobionte Art repräsentativ ist.

In unseren Daten zur Fauna der Eintagsfliegen und Steinfliegen zeigen sich nur wenige bemerkenswerte Unterschiede. Alle häufigeren Arten der Emergenz waren in beiden Gebieten nachweisbar, das Auftreten einiger Arten in geringen Individuenzahlen ausschließlich auf Herrenröint dürfte am ehesten mit der intensiveren Untersuchung dieses Gebietes erklärbar sein. Eine häufigere Art, die nur auch Schapbach nachweisbar war, ist *Leuctra alpina*. Auffallend ist weiterhin, dass *Nemurella pictetii* auf

Herrenröint die quellnahen Bereiche bevorzugt, während sie auf Schapbach nur im Hypokrenal zu finden war. Insgesamt zehn Arten der Köcherfliegen wurden in unserer Untersuchung ausschließlich auf Herrenröint gefunden, darunter in größeren Populationen die Arten *Ernodes vicinus*, *Parachiona picicornis*, *Rhyacophila laevis* und *R. tristis*. Eine weitere Charakterart für diesen Quellkomplex ist außerdem offensichtlich *Crunoecia kempnyi*, die aber auch in einem Einzelexemplar von Schapbach vorliegt. Umgekehrt waren vier Arten nur auf Schapbach nachweisbar, darunter in größeren Individuenzahlen *Micrasema morosum*, *Rhyacophila producta* und *Tinodes dives*.

Die Käferfauna der beiden Gebiete ähnelt sich hinsichtlich der häufigen Arten, doch treten auf Herrenröint mehrere Arten hinzu, die, ähnlich wie bei den Milben, entweder eine Präferenz für Helokrenen-Habitate aufweisen (*Hydroporus ferrugineus*, *H. nivalis*, *H. kraatzi*) oder ihren Verbreitungsschwerpunkt im Epirhithral haben (*Agabus guttatus*, *Elmis rietscheli*). Entsprechend der regelmäßigen Ausbildung größerer Pflützen während des Sommers auf Herrenröint finden sich hier gelegentlich auch krenoxene Käfer der Gattung *Helophorus* oder Wasserwanzen der Gattung *Gerris*, die auf Schapbach fehlen. In der Zusammensetzung der Zweiflügerfauna fällt zunächst auf, dass auf Herrenröint ein hoher Anteil hygrophiler terrestrischer Taxa auftritt, die auf Schapbach deutlich geringer repräsentiert sind. Dies betrifft in erster Linie die im Folgenden nicht weiter diskutierten Familien Cecidomyzidae, Dolichopodidae, Lonchopteridae, Muscidae, Sciaridae, Sciomyzidae, Syrphidae und Trichoceridae: auf Herrenröint (Standort 308 40, Standort 312 47) insgesamt 60 Taxa, auf Schapbach (nur Standort 360) 17 Taxa. Vertreter dieser Gruppen besitzen überwiegend terrestrische Larven, die auch im feuchten, ufernahen Substrat leben können, und sind wohl zumeist als krenoxen anzusehen.

Die Zuckmücken als artenreichste Familie unserer Untersuchung geben in ihrer Artenzusammensetzung den beiden verglichenen Standorten jeweils ein ganz eigenes Gepräge: 17 Arten wurden nur auf Herrenröint nachgewiesen, darunter *Micropsectra attenuata*, *Parakiefferiella gracillima*, *Paraphaenocladus pseudirridus*, *Parapsectra mendli* und *Stempellinella* cf. *flavidula* und *S. ciliaris* in großen Individuenzahlen. Umgekehrt waren 13 Arten auf Schapbach beschränkt, darunter *Eukiefferiella tirolensis* und *Micropsectra seguyi* als besonders häufige Leitarten. Auffallend ist das im Vergleich zu Schapbach wesentlich stärkere Auftreten der Kriebelmücken auf Herrenröint. Unter den drei (fast) ausschließlich hier auftretenden Arten weisen *Simulium carpathicum* und *S. crenobium* eine besonders hohe Individuendichte auf. Wie bereits erwähnt und diskutiert (Kapitel 8.2.5), ist außerdem das zahlreiche Auftreten der Larven im Quellbereich von Herrenröint auffallend, während auf Schapbach, eher erwartungsgemäß, größere Populationen erst im Hypokrenal ausgebildet werden. Von den Vertretern der übrigen im Gebiet auftretenden Dipterenfamilien mit wasserlebenden Stadien (Dixidae, Empididae, Limoniidae, Pediciidae, Psychodidae, Stratiomyidae und

Thaumaleidae) waren viele der häufigeren Arten in beiden Quellkomplexen nachweisbar. Hingegen traten die meisten Arten, die nur in einem der beiden Gebiete aufgefunden wurden, in der Regel nur in kleinen Individuenzahlen auf. Insgesamt 46 Arten aus diesen Familien wurden nur auf Herrenröint gefunden, lediglich acht waren auf Schapbach beschränkt. Als für Herrenröint typische Charakterarten lassen sich die häufigeren *Chellifera astigma* (Empididae), *Pericoma trifasciata*, *Psychoda lobata*, *P. parthenogenetica* und *Satchelliella delphinensis* (Psychodidae) bezeichnen. Die an anderer Stelle diskutierten Besonderheiten mancher Mikrohabitate, aus denen sich das Massenaufreten von *P. parthenogenetica* erklären lässt (8.2.5), tragen sicher in allgemeinerem Sinne zur hohen Artenvielfalt vieler Dipterenfamilien in diesem Quellkomplex bei. Einziger Vertreter dieser Familien mit einem besonderen Schwerpunkt auf Schapbach sind die Waffnenfliegen der Gattung *Ormosia*, deren Larven dort in großen Populationen auftreten, auf Herrenröint aber nur vereinzelt anzutreffen sind. Die Ursachen für die stark individuellen Charakterzüge der beiden Quellkomplexe, die sich im Rahmen dieser Untersuchung herausarbeiten ließen, sind sicher in ihrer unterschiedlichen Typologie zu suchen (Abflusscharakter, Substratzusammensetzung, umgebende Vegetation). Neben den Unterschieden in der Landschaftsform dürfte diese erheblich von der Beschaffenheit des Grundwasserkörpers geprägt sein, der sie speist.

## 8.5 Koppenwand

### 8.5.1 Lage und Einzugsbereich

Die Koppenwand-Quellen (Geographische Koordinaten 12°55'40E, 47°35'40N) gehören zu einem Komplex horizontal aufgereihter Quellen, (engl. "spring line"), der sich mit Exposition Nordwest zwischen 800 und 900 m N.N. im quartären Hangschutt an der untersten Nordflanke des Watzmann-Massivs befindet (Abb. 8-25). Offensichtlich wird hier talwärts strömendes Grundwasser durch eine liegende Schicht wasserstauender Sedimente zum Austritt an die Oberfläche gezwungen. Alle Quellen weisen einen schwachen, aber saisonal stabilen Abfluss auf und bilden kleine parallele Bäche, die teils versiegen, teils direkt oder über den untersten Wimbach die Ramsauer Ache erreichen. Das gesamte Gebiet ist seit Langem mit Wald bestanden, der bewirtschaftet wurde und daher von der Fichte (*Picea abies*) dominiert ist. Weiterhin steht das Gebiet insofern unter anthropogenem Einfluss, als sich unterhalb, etwa 100 Höhenmeter tiefer, eine große Fütterung befindet. Hier wird dem Wild, das aufgrund der Zersiedelung der Talsohle seine saisonalen Wanderungen in das Vorfeld der Berchtesgadener Alpen nicht mehr durchführen kann, während des Winters Nahrung geboten. Da Quellen im Frühjahr zu den ersten Stellen im Gelände gehören, an denen schneefreie Flecken das Kelmen krautiger Vegetation erlauben, ist anzunehmen, dass Quellbereiche im Umfeld der Fütterung auch in besonderem Maße durch die hier in großen Populationen vereinten Herbivoren aufge-

sucht werden. Aus diesem Grunde hat sich die Nationalparkverwaltung 1994 entschlossen, versuchsweise zwei dieser Quellen zu zäunen und ein Teilprojekt unserer Quelluntersuchungen befasst sich seither mit der Überwachung eventueller faunistischer Veränderungen in gezäunten und ungezäunten Quellen des Koppenwandgebietes. Alle Quellen sind durch Fichtenwald beschattet, der allerdings im unmittelbaren Quellbereich oft aufgelichtet ist. In der engeren Umgebung der Quellaustritte finden sich Fluren mit Schaumkraut (*Cardamine amara*) und Minze (*Mentha*), submers sind ausgedehnte *Cratoneuron*-Rasen ausgebildet. Das Substrat ist kiesig bis steinig, aber von Quelle zu Quelle mit deutlichen Unterschieden im Detritusgehalt. Für die Untersuchung wurden drei Quellen ausgesucht, die ungefähr in der Fluchtlinie oberhalb der Wildfütterung liegen. Die am weitesten nordöstlich liegende Quelle besteht aus mehreren Quellmündern, die zusammen von einem hohen Zaun umgeben sind. Die regelmäßigen Eukrenalproben (380) werden im Bereich des höchstgelegenen Quellmundes in der Nordecke der Zäunung entnommen. Unmittelbar nach Austritt aus dem Zaun überquert das Quellwasser einen schmalen Pfad und vereinigt sich dann zu einem steilen, steinigem Quellbach. Die Hypokrenalprobe (384) wird im Bereich eines großen Felsblockes in dieser Abflusssrinne entnommen.

Die zweite, ebenfalls gezäunte Quelle liegt von Stelle 384 in südwestlicher Richtung ungefähr 200 m entfernt. Auch hier befinden sich mehrere Quellmünder innerhalb der Umzäunung, der am weitesten südwestlich liegende ist Gegenstand der Langzeituntersuchung (390). Kurz unterhalb des Quellaustritts bildet sich ein steinig-kiesiger Quellbach; oberhalb der Stelle, wo er den Pfad kreuzt, befindet sich der Hypokrenal-Untersuchungsbereich (395). Als Referenzquelle wurde ein dritter Quellaustritt (394) in die Untersuchung mit einbezogen, der sich unmittelbar südöstlich der Zäunung 390 befindet. Diese Stelle ist etwas stärker beschattet als die beiden gezäunten Stellen und besitzt einen ausgedehnteren Bereich mit diffusem Abfluss über detritusreiches Sediment.

### 8.5.2 Fauna

Da an den Koppenwand-Quellen keine Emergenzfallen betrieben wurden, ist die Anzahl nachgewiesener Arten deutlich geringer als auf Herrenröint und Schapbach. Insgesamt 133 Taxa wurden bislang nachgewiesen, darunter 14 Kleinkrebse, 25 Wassermilben, zehn Steinfliegen, drei Eintagsfliegen, 24 Köcherfliegen, vier Käfer und 18 Zweiflügler. Gegenüber den anderen Langzeituntersuchungsstellen fällt die Anwesenheit von Schnecken der Art *Bythinella austriaca* auf, die sich hier an der Höhengrenze ihrer Verbreitung in diesem Teil des Nationalparks befinden, aber in großen Populationen auftreten. Die häufigsten Arten der Nicht-Insekten sind außerdem der Muschelkrebs *Psychrodromus fontinalis*, der Ruderfußkrebs *Attheyella wierzejskii* und die Milben *Atractides adnatus*, *Hydrovolzia placophora* und *Atractides walteri*. Unter den Insekten fällt die Anwesenheit

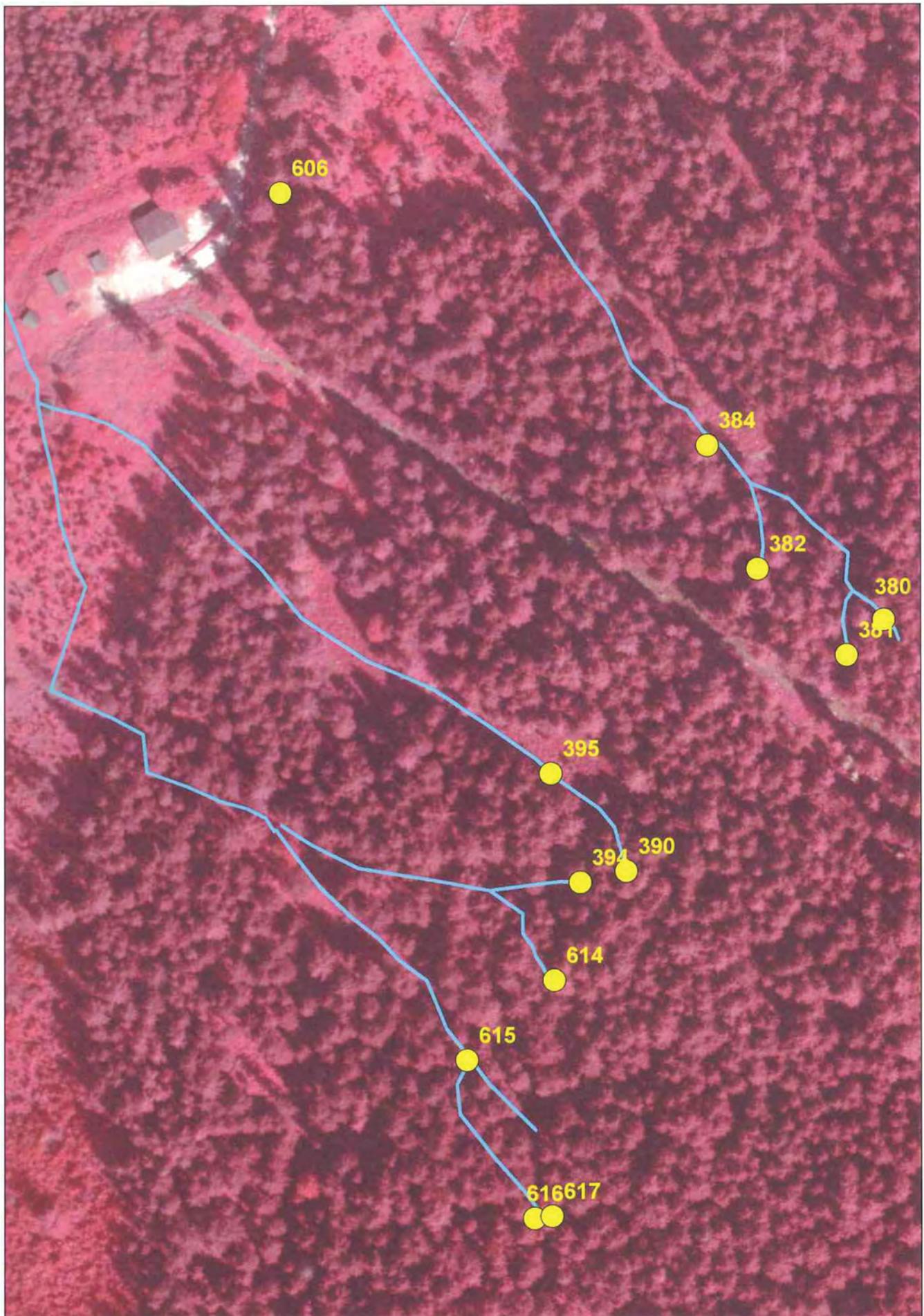


Abb. 8-25: Übersichtskarte des Quellkomplexes Koppenwand. Am linken oberen Bildrand die Wildfütterung.

von Eintagsfliegen auch in den Eukrenalbereichen auf, in denen Vertreter dieser Gruppe generell nur selten auftreten: Die durchschnittlichen Individuenzahlen pro Probe liegen sowohl im Eukrenal, als auch im Hypokrenal bei 40. Neben der häufigsten Art *Baetis alpinus* ist auch *Rhithrogena semicolorata* regelmäßig anzutreffen. Die Steinfliegen sind mit konstant hohen Individuenzahlen von 200-600 pro Probe vertreten, darunter auch Arten der Familie Perlodidae, die im Nationalpark eher Quellbäche besiedeln, in den Koppenwand-Quellen aber in die Eukrenalbereiche vordringen. Die Individuenzahlen pro Probe bei den Köcherfliegen liegen zwischen 25 und 125. An allen Stellen im Eu- und Hypokrenal ist *Lithax niger* die häufigste Art, gefolgt von *Rhyacophila producta*. *Philopotamus ludificatus* und *Drusus discolor* sind mit größeren Individuenzahlen nur im Hypokrenal vertreten, viele der weiteren nachgewiesenen Arten wurden nur in Einzelexemplaren angetroffen.

Zwei Arten bestimmen die Käferfauna: Larven der Art *Elodes hausmanni* dominieren im Eukrenal, Adulte und Larven des Hakenkäfers *Elmis latreillei* im Hypokrenal. Die Scheidung zwischen diesen beiden Bereichen ist sehr eindeutig, vor allem ist *E. latreillei* im Eukrenal nur ganz sporadisch und nur in einzelnen Individuen anzutreffen. Die Zweiflügler sind an allen untersuchten Stellen in ähnlichen Individuenzahlen präsent (ca. 200-600 pro Probe), stets mit den Zuckmücken als dominierender Familie. Daneben treten vor allem Larven der Dixidae und Stratiomyidae regelmäßig und in größeren Individuenzahlen auf (4-17 pro Probe). Neben den erwähnten Gemeinsamkeiten, die bei nahe beieinanderliegenden Quellen einer "spring line" nicht überraschen, finden sich Besonderheiten, die die Individualität der einzelnen Untersuchungsstellen unterstreichen: Häufigere (Individuenzahlen > 40), aber (fast) ganz auf die südwestlichen Quellen (390, 394) beschränkte Arten sind der Muschelkrebs *Potamocypris pallida*, die Wassermilben *Soldanellonyx chappuisi*, *Hygrobatas norvegicus*, *Hydrovolzia placophora* und *Feltria minuta*. Hingegen weist die nordöstliche Quelle (380) keine solchen quelltypischen Charakterarten auf, sondern einen höheren Anteil der Eintagsfliegen sowie der Köcherfliegen der Gattung *Philopotamus*, d.h. fließgewässertypischer Taxa. Sogar die nur wenige Meter voneinander entfernten Quellen 390 und 394 unterscheiden sich deutlich: Die Muschelkrebse *Eucypris pigra* und *Potamocypris fallax* sowie die Wassermilbe *Sperchon thienemanni* wurden ausschließlich an Stelle 394 gefunden, die Wassermilben *Feltria minuta*, *Hydrovolzia placophora* und *Soldanellonyx chappuisi* traten hier in deutlich größeren Populationen auf.

### 8.5.3 Zonierung

Die Vertreter der meisten Großgruppen finden sich gleichmäßig verteilt im Eu- und Hypokrenal oder mit einem etwas höheren Individuenanteil im Eukrenal, lediglich die Coleoptera treten im Hypokrenal häufiger auf. 38 Arten wurden ausschließlich oder vorwiegend im Eukrenal gefunden (mit über 95 % der Individuen, Angaben

der Individuenzahlen in Klammern). Besondere Charakterarten dieses Sektors (Individuenzahlen über 30) sind die Milben *Soldanellonyx chappuisi* (32) und *Hydrovolzia placophora* (37), die Ruderfußkrebse *Bryocamptus echinatus* (33) und *Attheyella wierzejskii* (418), der Muschelkrebs *Potamocypris pallida* (104) und die Schnecke *Bythinella austriaca* (226). Häufigere Taxa, die gleichmäßig verteilt in Eu- und Hypokrenalabschnitten auftreten, sind die Kriebelmückenlarven der Art *Simulium vernum* (55, während *S. cryophilum* nur im Eukrenal, *S. carpathicum* nur im Hypokrenal gefunden wurde), die Muschelkrebse *Potamocypris fallax* (31) und *P. zschokkei* (37), Steinfliegenlarven der Gattung *Leuctra* (520) und der Art *Dictyogenus fontium* (52). Insgesamt 10 Arten haben ihren Verbreitungsschwerpunkt im Hypokrenal. Als Charakterarten dieses Abschnittes können *Drusus discolor* (105, während *D. monticola* nur im Eukrenal gefunden wurde) und *Elmis latreillei* (545) gelten.

### 8.5.4 Erste Langzeitergebnisse

Eine Gegenüberstellung der Daten der ersten und zweiten Untersuchungsperiode (1995-1998/ 1999-2001) ergibt keine erkennbaren Trends; Sowohl hinsichtlich des prozentualen Anteils der Großgruppen an den Gesamtproben als auch in der Abundanz der häufigeren Arten erweist sich die Fauna während der sieben in Betracht gezogenen Jahre als ausgesprochen stabil. Wie nicht anders zu erwarten steht einer Gruppe seltener Arten, die nur in der ersten Untersuchungsperiode nachzuweisen war, eine ungefähr gleichgroßen Gruppe neu auftauchter Arten gegenüber. Die deutlichste Veränderung betrifft den Muschelkrebs *Potamocypris zschokkei*, der bis 1998 mit 25 Exemplaren nachweisbar war, danach aber nicht wieder auftauchte. Besonders zu erwähnen ist, dass auch die deutlichen Faunenschnitte, die Eukrenal und Hypokrenal voneinander unterscheiden, in ihrem Charakter über die ganze Untersuchungszeit hin stabil erhalten blieben. Sowohl in gezäunten als auch in ungezäunten Quellen ist keine Dynamik erkennbar - es gibt also offensichtlich keine drastische Beeinträchtigung der ungezäunten Stellen durch Trittschäden oder Exkremente weidender Wildtiere.

Dieses Ergebnis kann hinsichtlich der Vegetationsverhältnisse allerdings nur mit Vorsicht interpretiert werden. In den gezäunten Koppenwandquellen setzt erst in den letzten Jahren der Untersuchung zögerlich ein stärkerer Bewuchs durch junge Bäume und Hochstauden ein, der sich wiederum langsam auf den Nährstoffhaushalt der Untersuchungsstellen auswirken dürfte. Die Beobachtungen in Herrenröint machen wahrscheinlich, dass die Zusammensetzung des Meiozoobenthos nur langsam auf die Veränderung von Lebensbedingungen im Umfeld von Quellen reagiert, möglicherweise erst in einer zweiten Phase, nachdem sich die Zusammensetzung der emergierenden Insektenfauna gewandelt hat. Unsere Beobachtungen legen nahe, die Zeiträume zwischen den einzelnen Routine-Probenahmen auf einen Fünfjahresabstand zu vergrößern, das Experiment aber auf keinen Fall abzubrechen (s. Kapitel 9).

Tabelle 8-1: Übersicht über die Fauna der Langzeituntersuchungsstellen Herrenroint, Schapbach und Koppenwand.

	Herrenroint	Schapbach	Koppenwand		Herrenroint	Schapbach	Koppenwand
<b>TURBELLARIA</b>	1	1	1	Chaetopteryx meyor	+		+
Crenobia alpina	+	+	+	Crunoecia kernnyi	+	+	+
<b>OLIGOCHAETA</b>	1	1	1	Drusus biguttatus	+		+
<b>NEMATODA</b>	1	1	1	Drusus chrysotus	+	+	+
<b>BIVALVIA</b>	1			Drusus discolor	+	+	+
Pisidium casertanum	+			Drusus monticola	+		+
<b>GASTROPODA</b>			1	Ernodes vicinus	+		+
Bythinella austriaca			+	Halesus rubricollis	+	+	+
<b>AMPHIPODA</b>	1	1		Lithax niger	+	+	+
Niphargus foreli	+			Melampophylax melampus	+	+	+
Niphargus strouhali		+		Micrasema morosum		+	+
<b>COPEPODA</b>	9	2	5	Parachiona picicornis	+		
Altheyella crassa	+			Philopotamus ludificatus	+	+	+
Altheyella wierzejskii	+	+	+	Plectrocnemia ?consersa	+		+
Bryocamplus cuspidatus	+	+	+	Pseudopsilopteryx zimmeri	+	+	+
Bryocamplus echinatus	+		+	Ptilocolepus granulatus	+	+	+
Bryocamplus pygmaeus	+			Rhyacophila bonaparti		+	+
Bryocamplus tatrensis	+		+	Rhyacophila glareosa	+		+
Acanthocyclops vernalis	+			Rhyacophila hirticornis	+		
Paracyclops 'imminutus'	+			Rhyacophila intermedia	+		
Paracyclops fimbriatus	+		+	Rhyacophila laevis			
<b>OSTRACODA</b>	11	6	9	Rhyacophila producta		+	+
Cardona neglecta	+			Rhyacophila pubescens	+	+	
Cavernocypris subterranea	+	+	+	Rhyacophila stigmatica	+	+	+
Cryptocandona vavrai	+			Rhyacophila tristis	+		+
Cyclocypris helocrenica	+		+	Sericostoma cf. personatum	+	+	+
Eucypris pigra	+	+	+	Stactobia	+		
Fabaeformiscandona breuili	+			Synagapetus lridipennis			+
Fabaeformiscandona cf. brisiaca	+			Tinodes dives		+	+
Fabaeformiscandona	+			Tinodes	+		
Potamocypris fallax		+	+	<b>COLEOPTERA</b>	9	4	3
Potamocypris fulva	+			Elodes hausmanni	+	+	+
Potamocypris pallida		+	+	Elodes gr. minuta	+	+	+
Potamocypris zschokkei		+	+	Elmis latreillei	+	+	
Pseudocandona albicans	+		+	Elmis rietscheli	+		
Psychrodromus fontinalis	+	+	+	Hydraena gracilis		+	
<b>ACARI</b>	32	21	25	Hydraena alpicola	+	+	
Soldanellonyx chappuisi	+	+	+	Agabus guttatus	+		+
Atractides adnatus	+	+	+	Hydroporus ferrugineus	+		
Atractides brendle	+			Hydroporus kraatzi	+		
Atractides macrolaminatus		+	+	Hydroporus nivalis	+		
Atractides panniculatus	+	+	+	<b>HETEROPTERA</b>	+		
Atractides separatus	+	+	+	Gerridae	+		
Atractides vaginalis	+	+		<b>DIPTERA</b>	209	110	14
Atractides walleri	+	+	+	<b>Cecidomyiidae</b>			
Bandakia concreta	+			Anaretella defecta	+		
Feltria minuta	+	+	+	Bryomyia bergrothi	+	+	
Feltria setigera	+	+	+	Campylomyza tridentata	+		
Feltria zschokkei	+	+	+	Heterogenella cambrica	+		
Hydrovolzia placophora	+	+	+	Heterogenella transgressoris	+		
Hygrobatas norvegicus	+	+	+	Peromyia angellifera	+		
Lebertia cuneifera	+	+	+	Peromyia caricis	+		
Lebertia lalventris	+	+		Peromyia diadema	+		
Lebertia elsteri	+	+	+	Peromyia fagiphila	+		
Lebertia maculosa	+	+	+	Peromyia photophila	+		
Lebertia sofvei	+	+	+	Peromyia nemorum	+		
Lebertia tuberosa	+	+	+	Peromyia tundrae	+		
Ljania bipapillata	+			Peromyia spec. 1		+	
Paniseilus thienemanni	+			Peromyia spec. 2	+		
Panirus michaeli	+		+	Aprionus spec. 1		+	
Partunia steinmanni	+	+	+	Aprionus spec. 2	+		
Protzia distincta		+	+	Lestremia cinerea	+		
Pseudofeltria scourfieldi	+			Strobliella spec.	+		
Pseudotorrenticola rhyrachota	+			<b>Cecidomyiidae non det.</b>			
Sperchon brevisstris		+		<b>Ceratopogonidae</b>	+	+	+
Sperchon mutilus	+	+	+	<b>Chironomidae</b>			
Sperchon resupinus	+	+	+	Brillia bifida	+	+	+
Sperchon thienemanni	+	+	+	Bryophaenocladus sp. 1		+	+
Sperchon violaceus	+	+	+	Bryophaenocladus sp. 2	+	+	+
Sperchonopsis verrucosa	+	+	+	Campocladus stercorarius	+	+	+
Stygothrombium chappuisi	+	+	+	Chaetocladus laminatus	+	+	+
Tartarothyas romanica	+			Chaetocladus cf. minutissimus	+	+	+
Thyas palustris	+			Corynoneura lobata	+	+	+
Thyasella mandibularis	+			Corynoneura sp. 1	+	+	+
<b>EPHEMEROPTERA</b>	5	3	4	Cricotopus (Cricotopus) curtus/annulatus	+	+	+
Baetis cf. alpinus	+	+	+	Diamesa bertrami	+		
Baetis melanonyx	+			Diamesa cinerella		+	
Baetis mulicus	+			Diamesa permacra		+	
Baetis rhodani?	+	+		Eukiefferiella brevicar		+	
Habroleptoides confusus		+		Eukiefferiella coeruleascens	+	+	
Rhithrogena puytoraci		+	+	Eukiefferiella fittkaui / minor	+		
Rhithrogena taurisca			+	Eukiefferiella fuldensis	+	+	
Rhithrogena semicolorata gr.	+	+	+	Eukiefferiella tirolensis	+	+	
<b>PLECOPTERA</b>	17	13	8	Gymnometriocnemus subnudus	+		
Amphinemura standfussi	+			Heleniella ornaticollis	+	+	+
Amphinemura sulcicollis			+	Heterotrissocladius zierli	+	+	+
Chloroperlidae	+			Krenopelopia spp.	+	+	+
Dictyogenus fontium	+	+	+	Krenosmittia boreoalpina	+	+	+
Isoperla rivulorum	+	+	+	Limnophyes bidumus	+	+	+
Leuctra alpina		+		Limnophyes difficilis	+	+	+
Leuctra armata	+	+	+	Limnophyes minimus	+	+	+
Leuctra autumnalis	+	+	+	Limnophyes natalensis	+	+	+
Leuctra braueri	+	+	+	Limnophyes pentaplastus	+	+	+
Leuctra nigra	+			Limnophyes cf. recisus	+	+	+
Leuctra pseudorosinae	+			Macropelopia fittkaui		+	+
Nemoura marginata	+	+	+	Metriocnemus eurynotus	+	+	+
Nemoura minima	+		+	Metriocnemus fuscipes	+	+	+
Nemoura mortoni	+	+	+	Metriocnemus picipes	+	+	+
Nemoura obtusa	+			Micropsectra attenuata	+	+	+
Nemoura sinuata	+	+	+	Micropsectra pharetophora	+	+	+
Nemurella picteti	+		+	Micropsectra seguyi		+	+
Protonemura auberti	+	+	+	Micropsectra schrankelae	+	+	+
Protonemura lateralis	+	+	+	Micropsectra sofiae	+	+	+
Siphonoperla montana		+		Neostempellina thienemanni		+	+
<b>TRICHOPTERA</b>	27	18	22	Neozavrella improvisa		+	+
Allogamus auricollis	+			Orthocladus fuscimanus	+	+	+
Allogamus uncatius	+	+	+	Orthocladus priomixtus		+	+

Tabelle 8-1: (Forts.) Übersicht über die Fauna der Langzeituntersuchungsstellen Herrenroint, Schapbach und Koppenwand.

	Herrenroint	Schapbach	Koppenwand		Herrenroint	Schapbach	Koppenwand
Orthocladus lignicola	+			Pericoma trifasciata	+	+	
Orthocladus cf. rubicundus		+		Pericoma spec. nov.	+	+	
Paraboreochlus minutissimus	+			Philoopedon	+		
Parakiefferiella gracillima	+			Psychoda albipennis	+		
Parametrioctonus stylatus	+	+		Psychoda allicola	+		
Paraphaenocladus exagittans monticola	+	+		Psychoda cinerea	+		
Paraphaenocladus impensus contractus	+	+		Psychoda gemina	+	+	
Paraphaenocladus pseudirridus	+			Psychoda lobata	+		
Parapsectra mendli	+			Psychoda parthenogenetica	+	+	
Paratrachocladus skirwithensis	+			Psychoda phalaencides	+		
Parochlus kiefferi	+			Saraiella clastrieri	+	+	
Pentaneurella katterjokki	+			Satchelliella cubitospinosa	+	+	
Phaenopsectra flavipes	+			Satchelliella delphiniensis	+	+	
Prodiamesa olivacea		+		Satchelliella mutua	+		
Pseudokiefferiella parva	+			Satchelliella palustris	+		
Pseudorthocladus curtistylus	+			Sycorax tonnoiri	+		
Rheocricotopus effusus	+	+		Threiticus balkanealpinus	+		
Rheocricotopus sp. godavarius Gruppe	+	+		Threiticus lucifugus	+		
Smittia nudipennis	+			Threiticus		+	
Stempellinella flavidula	+			Ulomyia cognata	+	+	
Stempellinella ciliaris	+			Ulomyia fuliginosa	+		
Tanytarsus heusdensis	+			Ulomyia szaboi	+	+	
Tavastia allricrista	+			<u>Rhagioinidae</u>			
Thienemannia fulvofasciata	+	+		Chrysopilus aureus	+		
Thienemannia gracilis		+		Rhagio notalus	+		
Thienemannia libanica	+	+		Rhagio strigosus	+		
Thienemannella caspersi	+	+		<u>Sciaridae</u>			
Tvetenia bavarica	+	+		Leptosciarella melanoma	+		
Tvetenia calvescens	+	+		Leptosciarella pilosa	+	+	
<u>Dixidae</u>				Leptosciarella rejecta	+		
Dixa obsoleta	+	+		Leptosciarella trochanterata	+		
Dixa submaculata	+			Corynoptera forcipata	+		
Dixidae gen. sp. indet.				Corynoptera heteroclausa	+		
<u>Dolichopodidae</u>				Corynoptera imgardis		+	
Achalcus flavicollis	+			Corynoptera membranigera	+		
Argyra atriceps	+			Corynoptera perpussilla	+		
Argyra		+		Corynoptera trepida	+		
Dolichopus genicupallidus	+			Lycoriella thuringiensis	+		
Dolichopus immaculatus	+			Epidapus atomarius	+		
Dolichopus nigricornis	+			Epidapus gracilis	+		
Dolichopus phaeopus	+			Epidapus microthorax	+	+	
Dolichopus picipes	+			Phytosciara orcina	+		
Dolichopus vitripennis	+			Ctenosciara hyalipennis	+		
Dolichopus		+		Bradysia aprica	+	+	
Nematoproctus distedens	+			Bradysia fungicola	+		
Rhaphium albomaculatum	+			Bradysia hilaris		+	
Rhaphium commune	+	+		Bradysia leucopeza	+	+	
Rhaphium crassipes	+			Bradysia nitidicollis	+		
Rhaphium fissum	+	+		Bradysia rubrascuta	+		
Rhaphium monotrichum	+			Bradysia vagans	+		
Sympicnus cirripes	+			Bradysia spec. nov.	+		
<u>Empididae</u>			+	Scatopsiara spec.	+		
Chelifera astigma	+			Zygoneura calthae	+		
Chelifera flavella-Gruppe	+			Zygoneura sciarina	+		
Chelifera precabunda	+			<u>Sciomyzidae</u>	+		
Chelifera trapezina	+	+		<u>Simuliidae</u>			
Clinocera barbata	+			Prosimulium rutipes	+	+	
Clinocera inermis	+			Simulium brandi	+	+	+
Clinocera schremmeri	+	+		Simulium brevidens	+	+	
Dolichocephala engelii	+			Simulium carpathicum	+	+	+
Hemerodromia	+			Simulium (cf.) carthusiense	+		
<u>Hybolidae</u>				Simulium crenobium	+	+	
Oedalea stigmatella		+		Simulium oligotuberculatum	+	+	
<u>Limoniidae</u>			+	Simulium vernum-Gr.	+	+	+
Antocha		+		<u>Stratiomyidae</u>			
Chelotrichia staryi	+			Beris morrisii	+		
Dicranomyia stigmatica		+		Beris chalybeata	+	+	
Elliptera omissa	+			Oxycera	+	+	+
Eloeophila maculata	+			<u>Syrphidae</u>			
Erioptera	+			Cheilosia rhyngops	+		
Gonomyia	+			Cheilosia vicina	+		
Limonia macrostigma	+			Episyrphus balteatus	+		
Molophilus curvatus		+		Eristalis tenax	+		
Molophilus flavus	+	+		Eupeodes lapponicus		+	
Molophilus undulatus	+	+		Melanostoma mellinum	+		
Molophilus varispinus	+			Melanostoma scalare	+	+	
Neolimnomyia nemoralis	+			Neoscia annexa	+		
Orimarga attenuata	+	+		Platycheirus albianus	+	+	
Ormosia bifida	+			Platycheirus parvulus	+		
Paradelphomyia senilis	+			Sericomyia lappona	+		
Paradelphomyia		+		Sphegina clunipes	+	+	
Rhypholophus	+			Sphegina latifrons	+		
Scleroprocta sororcula	+			Sphegina montana	+		
Tasiocera exigua	+			Sphegina platychira	+		
Tasiocera fuscescens	+			Syrphus torvus	+		
<u>Lonchopleridae</u>				<u>Thaumaleidae</u>			+
Lonchoptera lutea	+			Androprosopa larvata	+	+	
Lonchoptera tristis	+			Thaumalea caudata	+		
<u>Muscidae</u>			+	Thaumalea		+	
<u>Pediciidae</u>			+	<u>Tipulidae</u> Tipula			+
Dicranota subtilis		+		<u>Trichoceridae</u> Trichocera	+		
Dicranota lucidipennis	+	+		Artenzahl pro Quellkomplex	323	192	133
Pedicia occulta	+	+		ohne semiterrestrische Taxa	240	170	133
Pedicia straminea	+	+		Nur in diesem Quellkomplex	168	40	5
Pedicia rivosa rivosa		+		Emergenzfunde		256	
Tricyphona alpigena	+			Nur in der Emergenz nachgewiesen		225	
Tricyphona confertaria		+		Gesamtartenzahl		369	
Tricyphona immaculata	+	+					
Tricyphona livida	+	+					
Tricyphona livida-Gruppe	+						
<u>Psychodidae</u>							
Berdeniella alpina	+	+					
Berdeniella elkeae	+	+					
Berdeniella gr. helvetica		+	+				
Berdeniella matthesi	+						
Jungia longicornis	+						
Mormia nigripennis	+						

## Literatur

- CANTONATI, M.; GERECKE, R. & BERTUZZI, E. (im Druck): Springs of the Alps - sensitive ecosystems to environmental change: From biodiversity assessments to long-term studies. In: LAMI, A. & BOGGERO, A. (Hrsg.): Ecology of high altitude aquatic systems in the Alps; Developments of Hydrobiology.
- CASPERS, N. & WAGNER, R. (1980): Emergenz-Untersuchungen an einem Mittelgebirgsbach bei Bonn VII. Empididen- und Dolichopodiden-Emergenz 1976 (Insecta, Diptera, Brachycera). Arch. Hydrobiol., 93 (2): 209-237.
- CREMA, S.; FERRARESE, U.; GOLO, D.; MODENA, P.; SAMBUGAR, B. & GERECKE, R. (1996): Ricerche sulla fauna bentonica ed interstiziale di ambienti sorgentizi in area alpina e prealpina. Centro di Ecologia Alpina, Report 8: 1-104.
- DI SABATINO, A.; CICOLANI, B. & GERECKE, R. (2003): Biodiversity and distribution of water mites (Acari, Hydrachnidia) in spring habitats. Freshwat. Biol. 48: 2163-2173.
- ENDERS, G. (1978): Topoklimatologie „Alpenpark Königssee“. Modell einer theoretischen Standortsuntersuchung. Ludwig-Maximilians-Universität zu München, Dissertation.
- FEUERBORN, H.J. (1923): Die Larven der Psychodiden oder Schmetterlingsmücken. Ein Beitrag zur Ökologie des Feuchten. Verh. int. Ver. theor. angew. Limnol. 1: 181-213.
- FISCHER, J. & SCHNABEL, S. (1995): Die Besiedlungsstruktur naturnaher Waldquellen am Beispiel der Diptera. Crunocia 4: 55-60.
- FISCHER, J.; SCHNABEL, S. & WAGNER, R. (1995): Die Dipterenemergenz naturnaher Waldquellen im Gladenbacher Bergland (Hessen) (Insecta, Diptera). Studia dipterologica 2 (1): 27-50.
- FISCHER, J.; FISCHER, F.; SCHNABEL, S.; WAGNER, R. & BOHLE, H.W. (1998): Die Quellfauna der hessischen Mittelgebirgsregion. Besiedlungsstruktur, Anpassungsmechanismen und Habitatbindung der Makroinvertebraten am Beispiel von Quellen aus dem rheinischen Schiefergebirge. In: BOTOSANEANU, L. (Hrsg.): Studies in Crenobiology. The biology of springs and spring brooks: 183-200.
- FISCHER, K. (1984): Erläuterungen zur Geomorphologischen Karte 1 : 25 000 der Bundesrepublik Deutschland, GMK 25 Blatt 16, 8443 Königssee.
- GRAF, W.; GRASSER, U. & WARNINGER, J. (2002): Trichoptera In: MOOG, O. (Hrsg.): Fauna Aquatica Austriaca, Lieferung 2002, Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- JUNG, H.F. (1956): Beiträge zur Biologie, Morphologie und Systematik der europäischen Psychodiden (Diptera). Deutsche Entomologische Zeitschrift (N.F.) 3 (2-3): 97-257.
- KÖNNERT, V. (2004): Standortkarte Nationalpark Berchtesgaden. Forschungsbericht 49.
- LANGENSCHIEDT, E. & SEIDENSCHWARZ, J. (1995): Erläuterungen zur „Bodenkarte“. Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, unveröffentlicht.
- MARTIN, P. (2003): Larval morphology of spring-living water mites (Hydrachnidia, Acari) from the Alps. Annl. Limnol. - Int. J. Lim. 39: 363-393.
- MAY, R.M.; LAWTON, J.H. & STORK, N.E. (1995): Assessing extinction rates. pp. 1-24 in: LAWTON, J.H. & MAY, R.M. (Hrsg.): Extinction rates. Oxford University press.
- SCHRANKEL, I. (1998): Faunistisch-ökologische Charakterisierung ausgewählter Quellen im Nationalpark Berchtesgaden. Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Diplomarbeit: 1-79 + Anhang
- STORCH, M. (1983): Zur floristischen Struktur der Pflanzengesellschaften in der Waldstufe des NP Berchtesgaden und ihrer Abhängigkeit vom Stand und der Einwirkung der Menschen. Ludwig Maximilian Universität München, Dissertation: 1-407.
- THIENEMANN, A. (1926): Hydrobiologische Untersuchungen an Quellen. VII. Insekten aus norddeutschen Quellen mit besonderer Berücksichtigung der Dipteren. Deutsche Entomologische Zeitschrift, 1:1-50.
- THOMES, A. (1993): Faunistisch-ökologische Untersuchungen an Quellen. Landesamt für Naturschutz und Landschaftspflege Schleswig-Holstein, unveröffentlichte Studie.
- TOTSCHNIG U.; PIRCHEGGER, H.; LESS, S. & GERECKE, R. (1999): Die winterliche Quellmilbenfauna im Wattental (Innsbruck, Tirol). Ber. nat.-med. Verein Innsbruck, 86: 131-138.
- VAILLANT, F. (1955): Recherches sur la faune madicole (hygroptérique s.l.) de France, de Corse et d'Afrique du Nord. Mem. Mus. Nation. Hist. Nat. Zool. (A) 11: 1-258.
- VAILLANT, F. (1974): Psychodidae Psychodinae. In: LINDNER, E.: Die Fliegen der paläarktischen Region 9d, Lieferung 305.
- VAILLANT, F. (1976): Psychodidae Psychodinae. In: LINDNER, E.: Die Fliegen der paläarktischen Region 9d, Lieferung 313.
- VAILLANT, F. (1981): Psychodidae Psychodinae. In: LINDNER, E.: Die Fliegen der paläarktischen Region 9d, Lieferung 326.
- WAGNER, R. (1979): Studies on Psychodids in Schlitzlerland, West Germany: studies on productivity 26. Arch. Hydrobiol. Suppl., 57: 38-98.
- WAGNER, R. (1980): Die Dipterenemergenz am Breitenbach (1969-1973) (Schlitzer produktionsbiologische Studien Nr. 41). Spixiana, 3 (2): 167-177.
- WAGNER, R. (1997): Diptera Psychodidae, Moth Flies. In: ANDERS, N. (Hrsg.): The Aquatic Insects of North Europe, 2: 133-144.

## 9 Vorschläge für die langfristige Umweltbeobachtung, Ausblick

HELMUT FRANZ; REINHARD GERECKE; ELISABETH STUR;  
RÜDIGER WAGNER & SOFIA WIEDENBRUG

### 9.1 Auswahl der Untersuchungsstellen

Oft ist die faunistische Auswertung von Sedimentproben aus Quellen besonders zeitaufwendig, bedingt durch hohe Individuendichten und die Präsenz von Taxa, die nicht einfach zu identifizieren sind. Aus diesem Grund muss die langfristige Umweltbeobachtung von Quellen auf eine relativ geringe Anzahl von Untersuchungsstellen beschränkt werden. Empfehlenswert ist, eine 'Schar' von Quellen in Dauerbeobachtung zu nehmen, mit regelmäßig untersuchten Hauptprobstellen, jede begleitet von zwei typologisch ähnlichen Stellen, die zur Kontrolle in größeren Abständen untersucht werden.

Wichtige Kriterien für die Auswahl sind:

- Langfristige Stabilität (Vorgeschichte belegt aus alten Karten u.a. Dokumenten, Zukunft abgesichert durch keinerlei laufende oder geplante menschliche Aktivität im Einzugsgebiet);
- Charakteristika repräsentativ für eine möglichst große Anzahl ähnlicher Quellen (z.B. aus einer quellreichen geologischen Formation);
- Wichtigste geologische Einheiten des Untersuchungsgebietes sind repräsentiert.

Für die endgültige Auswahl der Untersuchungsstellen sollte eine Studie an einer größeren Anzahl geeigneter Standorte durchgeführt werden. Als rasch erfassbares Eignungskriterium für langfristige faunistische Studien kann die Diversität der Milben- und Trichopterenfauna herangezogen werden, gekoppelt mit der Feststellung der An-/Abwesenheit grundwassertypischer Taxa. Als solche können Vertreter der Amphipoda-Gattung *Niphargus*, bestimmte Microcrustaceen-Arten oder beispielsweise Schnecken der Gattung *Bythinella* angesehen werden.

### 9.2 Zeitpunkt der Untersuchungen

Die bislang vorliegenden Informationen deuten darauf hin, dass die Populationen der Meiofauna alpiner Quellen keiner ausgeprägten Saisonalität unterliegen – einer der Gründe, die dafür sprechen, diesem Teil der Fauna besondere Beachtung zu schenken (Kap. 8.2.3, 8.3.3; s.u.). Hingegen weisen viele emergierende Insekten kurze Flugperioden auf, durch deren unterschiedliche zeitliche Lage sich auch nah verwandte Arten gegeneinander abgrenzen können (z.B. Abb. 8-10).

Im Interesse der Erfassung möglichst vieler fliegender Adultinsekten oder schlupfreier Larven ist für die Langzeituntersuchung ein regelmäßiger Probenahmetermin wenige Wochen nach der Schneeschmelze besonders geeignet. Zumindest an den Hauptprobstellen sollten im ersten Jahr aber durch drei Probenahmen (nach der Schneeschmelze – im Hochsommer – vor den ersten herbstlichen Schneefällen) eventuelle saisonale Unterschiede der faunistischen Zusammensetzung untersucht werden.

Da es bei diesen Untersuchungen um langfristige Entwicklungen geht, reichen für die Hauptuntersuchungsstellen zweijährige, für die Begleitstellen vierjährige Zeitabstände aus. Dieser Rhythmus kann in Abhängigkeit von beobachteten Phänomenen modifiziert werden (Verdichtung bei auffälligen Veränderungen, Ausdehnung bei langfristiger Stabilität).

### 9.3 Nichtbiologische Dokumentation

Die ausgesuchten Quellen sollten morphologisch eingehend charakterisiert werden. Die Hauptkriterien sind in Kap. 4 ausgiebig beschrieben und diskutiert. Die Erfassung wichtiger chemisch-physikalischer Parameter sollte an den Hauptuntersuchungsstellen am besten mit Hilfe von Data-Loggern, jedenfalls aber regelmäßig und über einen ausgedehnten Zeitraum hin erfolgen. Punktuale Messungen sind wenig informativ, da nur die Dynamik der Werte die wichtigsten Charakteristika eines Grundwasserausflusses zusammenfasst.

### 9.4 Benthos

#### 9.4.1 Anzahl und Differenzierung der Proben

Quellen sind meist Lebensräume mit geringer bis sehr geringer Flächenausdehnung und einer starken kleinräumigen Differenzierung von Mikrohabitaten. Die Benthosprobe sollte einen repräsentativen Querschnitt des Faunenspektrums enthalten, ohne bleibende Schäden in der Substratstruktur des untersuchten Habitats zu hinterlassen. Sowohl die geringe räumliche Ausdehnung als auch die starke Substratdifferenzierung führen dazu, dass der in der Fließgewässerlimnologie übliche 'surber-sampler' zur quantitativen Probenahme in Quellen wenig geeignet ist. Ein Kompromiss kann in der Verwendung eines verkleinerten Modells bestehen, mit dem zahlreiche Unterproben aus allen Mikrohabitaten entnommen werden, um sie nachfolgend getrennt oder zusammen weiterzuverarbeiten. Werden die Unterproben regelmäßig getrennt verarbeitet, lässt sich ein interessanter, statistisch interpretierbarer Datenbestand gewinnen, der Aussagen über die Mikrohabitatwahl der Komponenten der Quellfauna erlaubt (ZOLLHÖFER 1997, ZOLLHÖFER et al. 2000). Die Methode erfordert aber einen hohen Einsatz an Arbeitskraft und Zeit und ist daher meist nicht praktikabel. Um befriedigende Ergebnisse für Vergleichsuntersuchungen in Raum und Zeit zu gewinnen, reicht in der Regel bereits eine mit dem Hand-

netz entnommene Pauschalprobe pro Quelle. Nur in Quellen, in denen extrem unterschiedliche Lebensbedingungen mosaikartig vorliegen, ist die Entnahme zweier Teilproben aus stark durchströmten und eher stagnierenden Mikrohabitaten empfehlenswert. In solchen Proben sind dann entsprechend den Strömungsverhältnissen auch unterschiedliche Substratbedingungen repräsentiert.

In Berchtesgaden wurden an vielen untersuchten Quellen getrennte Proben im eigentlichen Quellbereich (Eukrenal) und im Quellbach (Hypokrenal) entnommen. Eine solche Auftrennung erlaubt eine Gegenüberstellung dieser beiden Quellzonen und eine statistische Analyse der Habitatpräferenz quellbewohnender Organismen. Ohne Kenntnis der saisonalen Temperaturschwankungen, die als ein strenges Maß für die Unterscheidung von Eukrenal und Hypokrenal vorgeschlagen wurden (ILLIES & BOTOSANEANU 1963), sind zwei Kriterien für die Trennung der beiden Abschnitte im Gelände geeignet: Das Hypokrenal zeichnet sich aus durch ein eindeutig definiertes Bett (im Eukrenal diffuser Abfluss in zahlreichen Rinnsalen), aber auch durch geringen oder gänzlich fehlenden Pflanzenwuchs im und am Wasser (im Eukrenal üppiger Bewuchs mit Moosen und Makrophyten). Wenn das Aufspüren des eigentlichen Quellmundes in unübersichtlichem Gelände, etwa im Blockschutt, schwierig ist, können (unter Vorbehalt) manche Organismen als Indikatoren hilfreich sein: Hakenkäfer und Eintagsfliegen treten in der Regel erst im Quellbach in größeren Populationen auf (s. Kap. 8.2.5, 8.3.5) und weisen entsprechend darauf hin, dass der eigentliche Grundwasseraustritt weiter bergwärts zu suchen ist. Umgekehrt lässt sich aus dem Auftreten größerer Anzahlen von ziegelroten Milben (Hydryphantidae) oder weißen Flohkrebse ohne sichtbares Augenpigment (*Niphargus*) oft darauf schließen, dass man sich im Eukrenal befindet.

In Berchtesgaden erweist sich das Hypokrenal in den meisten Fällen als eine verarmte Zone des Übergangs zum Epirhithral. Zusätzliche Untersuchungen in noch weiter talwärts liegenden Bachabschnitten legen nahe, dass die alpinen Quellbäche generell artenarm sind, sowohl im Vergleich zu den Quellen, als auch im Vergleich zu tiefer in der Talsohle liegenden Fließgewässern. Ein Grund hierfür dürfte in der starken Erosion in steil abfließenden Gewässerabschnitten zu sehen sein.

#### 9.4.2 Entnahmetechnik

Die wesentlichen im Rahmen der langfristigen Umweltbeobachtung vorgesehenen Schritte der Entnahme und Vorbehandlung von Proben sind in Abb. 9-1 schematisch dargestellt. Material aller charakteristischen Substrattypen wird in ein Handnetz (Maschenweite 100 µm) ausgewaschen (1). Hierbei sollte die relative Intensität der Probenahme in den unterschiedlichen Substraten ungefähr deren relativer Ausdehnung an der Untersuchungsstelle entsprechen. Die Entnahme erfolgt mosaikhaft aus dem gesamten Eukrenal, und zwar so, dass

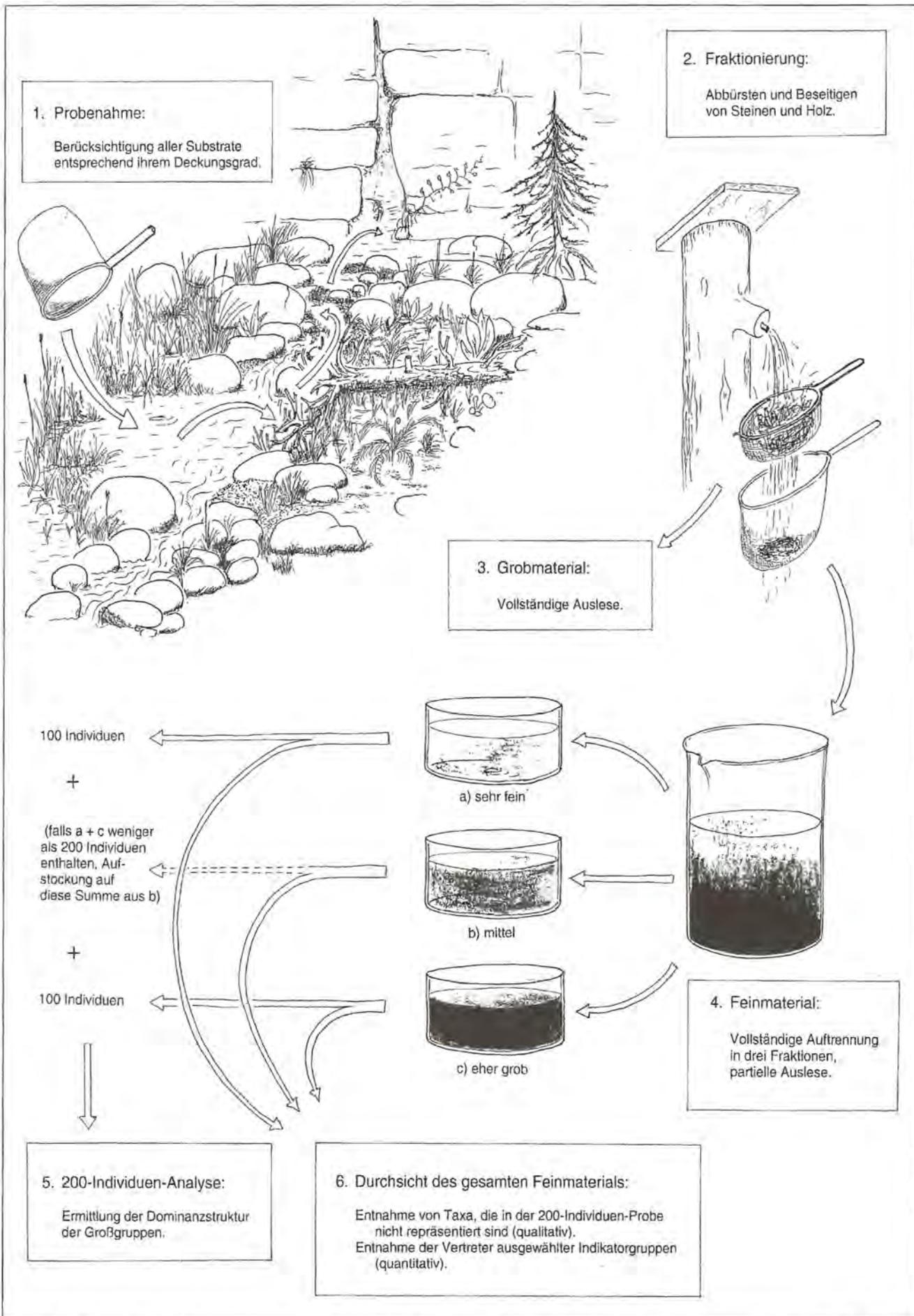
insgesamt nur ein kleiner Anteil des Biotops betroffen wird. Hierdurch werden Schäden, die die Quelle (und damit auch die Probenahmen der folgenden Jahre) beeinträchtigen könnten, so gering wie möglich gehalten. Der Netzinhalt wird im anschließenden Quellbach oder einem anderen, nicht zu untersuchenden Gewässer der Umgebung vorsichtig gespült und homogenisiert (2). Grobmaterial wie Holz oder Steine wird abgerieben oder abgebürstet und dann entfernt. Das Probenvolumen wird auf ca. 1 Liter reduziert und mit einem Sieb (Maschenweite 1000 µm) in eine grobe und eine feine Fraktion aufgetrennt.

Eine wichtige Frage ist die Art und Weise des Transports der Probe. Im Idealfall (bei kurzen Entfernungen und der Möglichkeit eines ruhigen Transports) sollten beide Fraktionen lebend transportiert und die grobe Fraktion auch lebend aussortiert werden. Beim Transport im lebenden Zustand haben Organismen offensichtlich in begrenztem Rahmen die Möglichkeit, mechanischem Stress auszuweichen und ruhige Bereiche im Behälter aufzusuchen. Beginnen wesentliche Teile der Fauna jedoch während des Transportes abzusterben, so sind die frisch toten, noch unverhärteten oder sogar bereits in Verwesung begriffenen Organismen besonders empfindlich für mechanische Belastung und werden schnell zur Unkenntlichkeit zerstört.

Der zweitbeste Weg (der in Berchtesgaden neuerdings meist gewählt wird) ist, die feine Fraktion mit Ethanol zu versetzen, die grobe, im allgemeinen resistere Fraktion hingegen lebend zu transportieren, möglichst mit relativ wenig Wasser und einem großen Luftraum im Behälter, bei warmem Wetter gekühlt.

Da die Feinfraktion im Allgemeinen reich an wasserhaltigen Bestandteilen ist, ist die Verwendung von 80-90-prozentigem Ethanol ratsam. Als Gewicht sparende, aber beim folgenden Aussortieren sehr unangenehme Alternative kommt die Verwendung von Formalin für die Fixierung in Frage. Wir haben in Berchtesgaden mit Formalin keine Erfahrungen gesammelt, da bei Verwendung dieses Fixiermittels Milben und Käfer stark verhärteten und dann schwierig zu präparieren sind. Im Vergleich zu Wirbellosen, die in einer unfixierten Probe gestorben sind, verhärteten die toten Tiere in der fixierten Probe rasch und sind damit letztendlich auch gegen mechanische Belastung beim Transport resistenter.

Falls die Feinfraktion Sand enthält, sollte dieser vor der Fixierung und dem Transport möglichst entfernt werden. Hierzu wird die Probe in einem flachen Behälter in Bewegung gebracht und das aufgewirbelte Material durch das Netz abgessogen. Nach mehrfacher Wiederholung dieser Prozedur wird das zurückbleibende gröbere Material verworfen (oder getrennt transportiert). Unsere Beobachtungen im Labor zeigen, dass bei solchem Vorgehen auch spezifisch schwerere Organismen wie Muschelkrebse, Muscheln, Schnecken und manche Köcherfliegen nicht im Sand zurückbleiben, sondern mit dem organischen Material ausgespült werden. Die Pro-



**Abb. 9-1:** Schematische Darstellung der wichtigsten Arbeitsschritte bei der Entnahme und Weiterbehandlung von Proben im Rahmen der langfristigen Umweltbeobachtung in Berchtesgaden.

be ist dann von Sandkörnern befreit, deren Reiben und Mahlen nicht nur zu schweren Beschädigungen während des Transports führen kann, sondern auch die Sortierarbeit erschwert.

#### 9.4.3 Aussortierung der Benthosproben

Grobfraktion: Tiere werden möglichst am Tage der Aufsammlung lebend ausgelesen, da sie dann aufgrund ihrer Aktivität noch leicht entdeckt werden können (3) - Nummern in Klammern beziehen sich im Folgenden auf Abb. 9-1). Dieses Verfahren erlaubt zugleich, verschiedene Organismengruppen in den jeweils angemessenen Lösungen zu fixieren. Wenn es die Zeit erlaubt, sollte diese Fraktion an der Probestelle durch zusätzliche Aufsammlung weiterer großer Wirbelloser (adulte Amphipoda und Coleoptera, schlupffreie Larven anderer Insecta) angereichert werden. Da Probenahmen dieser Art semiquantitativen Charakter haben, verfälscht eine solche Vorgehensweise das Endergebnis nicht nennenswert. Sie trägt zur Bereicherung der faunistischen Kenntnis bei, da einerseits von vielen Arten nur große Individuen klassifiziert werden können, andererseits aber gerade Käfer oft in individuenarmen Populationen anwesend sind und auch durch ihre Schnelligkeit bei der quantitativen Probenahme leicht entweichen.

Feinfraktion: Da diese Fraktion unter der Stereolupe ausgelesen werden muss, sollte das Sedimentvolumen aus Zeitgründen 100 cm<sup>3</sup> nicht überschreiten. Durch die Anwesenheit oft sehr großer Mengen von frischgeschlüpften Insektenlarvalen sowie beträchtlicher Anzahlen ungewöhnlicher Mikroinvertebraten (Oligochaeta, Microcrustacea, semiterrestrische Milben) ist das Auslesen von Quellproben generell zeitaufwendiger als in der Still- oder Fließgewässerlimnologie. Das 'Dilemma der Quellfauna' ist, dass Taxa, deren Auftreten in diesen Habitaten aussagekräftig für die Typisierung ist, z.B. stygobionte Krebse oder krenobionte Milben, manchmal in geringer Individuendichte auftreten, sodass starkes Reduzieren des Probenvolumens ('subsampling') nicht ratsam ist.

An das Quantifizieren im Sinne von Biomassen ist bei unserer Probenahmetechnik nicht zu denken. Aber auch das Zählen von Individuen ergibt nur ein eingeschränkt interpretierbares Zahlenwerk: Es hängt von vielen Unwägbarkeiten ab, ob man riesige Anzahlen frischgeschlüpfter Plecoptera-Larvalen antrifft, bei anderer Gelegenheit (z.B. zu anderem Zeitpunkt oder auf anderer Höhenlage) aber nur einige wenige reife Larven der Elterngeneration derselben Art.

Unsere Ergebnisse bestätigen die Erwartung, dass starke Schwankungen der Individuendichte in allererster Linie die Insekten mit terrestrischem Adultstadium ('emergers' der angelsächsischen Literatur) betreffen, während die Abundanz und Frequenz der Meiofauna-Gruppen (Oligochaeta, Mollusca, Acari, Microcrustacea), sowie der größeren Krebse (im Nationalpark nur

die Amphipoden-Gattung *Niphargus*) und Käfer eher stabil sind. Diese Erfahrung ist für die Auswahl der intensiver zu bearbeitenden Gruppen wichtig (s.u.) und hat zu dem im Folgenden beschriebenen Vorschlag für ein zeitsparendes Auslesen der Proben geführt. Im Prinzip geht es darum, aus dem Dilemma zu entkommen, indem der quantitative Aspekt an einem kleinen, konstant gewählten Sektor, der qualitative Aspekt hingegen an der Gesamtprobe betrachtet wird.

Die Feinfraktion (4) wird vorsichtig homogenisiert und in drei Teile aufgeteilt, die sich durch einen geringen (a), mittleren (b) und hohen (c) Anteil von Objekten mit relativ großer Masse auszeichnen. Aus Teil a und Teil c werden jeweils 100 Individuen aller Invertebratengruppen ausgelesen, sortiert und abgezählt (5). Falls Teil a und c insgesamt weniger als 200 Individuen enthalten, werden zusätzlich auch aus Teil b Tiere ausgelesen, bis diese Anzahl erreicht, bzw. die Probe insgesamt ausgewertet ist. Hierbei werden Crustacea und Insecta nach Ordnungen, innerhalb der Insecta die Diptera nach Familien aufgetrennt. Weiterhin werden bei Insektenlarven zwei Größenklassen getrennt gezählt (Larvalen/große Larven). Der Rest der Probe wird durchgesehen, aber es werden nur noch selektiv Individuen entnommen (6):

Zuvor in dieser Probe noch nicht gefundene Taxa (hauptsächlich Vertreter charakteristischer Insektengattungen, auffallende Lebensformtypen der Meiofauna): Entnahme repräsentativer Individuen (möglichst mindestens zwei Exemplare pro Taxon). Bei diesem Arbeitsschritt sollte großzügig vorgegangen werden. Das heißt, der Sortierer sollte in Fällen, in denen er unsicher ist, ob er einem Taxon schon einmal begegnet ist, eher mehr als weniger Material entnehmen.

Vertreter von Taxa, die als Indikatorgruppen für eine genauere Untersuchung ausgewählt wurden (im Nationalpark Berchtesgaden beispielsweise Acari, Ostracoda, Trichoptera): Entnahme aller Individuen.

Das auf diese Weise gewonnene Material wird mehreren Anforderungen gerecht:

Man kann sicher annehmen, dass unter den 200 repräsentativ entnommenen Individuen alle Taxa, die zusammen den Löwenanteil der Fauna ausmachen, mit einer größeren Anzahl von Individuen vertreten sind. Aus diesem Segment der Fauna können also die quantitativ dominanten Taxa ermittelt werden. Für diese wichtigen Tiergruppen lässt sich anhand des proportionalen Anteils juveniler/reifer Individuen auch aussagen, ob deren Abundanz wesentlich auf frischgeschlüpfte Jugendstadien, oder eher auf Adulte oder nahezu adulte Exemplare zurückzuführen ist. Für ausgewählte Indikatorgruppen lässt sich ein differenziertes Bild der Dominanzstruktur auf Artniveau gewinnen. Trotz eingeschränkter Sortieraufwands muss auf das Ziel einer möglichst detaillierten Dokumentation des Artbestandes nicht verzichtet werden. Auch seltenere, aber als ökologische Zeigerarten wichtige Taxa werden mit hoher Wahrscheinlichkeit erfasst.

**Tabelle 9-1:** Protokoll der Ergebnisse einer Benthosentnahme nach dem in Berchtesgaden vorgesehenen Verfahren.

Fundort: 300		Datum: 15.08.1995			
Erfassungsweise:		semiquantitativ		qualitativ	
HÄUFIGSTE TAXA (5)		INDIKATORTAXA (6)		TAXALISTE (3 + 4)	
Plecoptera	58 (29 %)	OSTRACODA	62	TURBELLARIA	
Diptera	56 (28 %)	Candona neglecta	2	OLIGOCHAETA	
Copepoda	42 (21 %)	Eucypris pigra	45	COPEPODA	Attheyella wierzejskii
Acari	24 (12 %)	Psychrodromus fontinalis	15		Bryocamptus echinatus
Rest	20 (10 %)	WASSERMILBEN	80		Bryocamptus pygmaeus
		Soldanellonyx chappuisi	31		Bryocamptus tatrensis
		Atractides adnatus	3	OSTRACODA	Acanthocyclops vernalis
		Atractides panniculatus	4		Candona neglecta
		Atractides walteri	5		Cavemocypris subterranea
		Hydrovolzia placophora	6		Eucypris pigra
		Hygrobates norvegicus	7		Psychrodromus fontinalis
		Lebertia cuneifera	5	ACARI Landmilben	Phthiracarus longulus
		Lebertia tuberosa	1		Phthiracarus nitens
		Partnunia steinmanni	9		Steganacarus magnus
		Pseudofeltria scourfieldi	1		Platynothrus peltifer
		Sperchon mutilus	2		Mucronothrus nasalis
		Sperchon resupinus	1		Hermannia gibba
		Sperchon thienemanni	3		Cepheus tuberculosus
		Tartarothyas romanica	1	ACARI Wassermilben	Soldanellonyx chappuisi
		indet.	1		Atractides adnatus
		TRICHOPTERA	61		Atractides panniculatus
		Allogamus uncatus	1		Atractides walteri
		Crunoecia kempnyi	30		Hydrovolzia placophora
		Lithax niger	10		Hygrobates norvegicus
		Parachiona picicornis	9		Lebertia cuneifera
		Ptilocolepus granulatus	1		Lebertia tuberosa
		Tinodes sp.	1		Partnunia steinmanni
		indet.	9		Pseudofeltria scourfieldi
					Sperchon mutilus
					Sperchon resupinus
					Sperchon thienemanni
					Tartarothyas romanica
				PLECOPTERA	Leuctra braueri
					Nemoura sp.
					Nemurella pictetii
					Protonemura sp.
				TRICHOPTERA	Allogamus uncatus
					Crunoecia kempnyi
					Lithax niger
					Parachiona picicornis
					Ptilocolepus granulatus
					Tinodes sp.
				COLEOPTERA	Elmis latreillei
					Elodes hausmanni
					Elodes gr. minuta
					Hydraena saga alpicola
					Hydroporus ferrugineus
				DIPTERA	Ceratopogonidae
					Chironomidae
					Dixidae
					Pedicia
					Satchelliella mutua
					Simulium bertrandi
					Simulium carpathicum
					Simulium venum-Gr.
					Stratiomyidae

Wenn die Dominanz- und Größenklassenstruktur der 200-Individuenprobe ermittelt ist, können die daraus sortierten Tiere taxawise mit dem übrigen aussortierten Material (den Exemplaren aus der Grobfraction, den zusätzlichen Individuen aus der 'Morphospezies-Auslese' der Feinfraction) vereint und an Spezialisten zur Bearbeitung weitergeleitet werden.

## 9.5 Emergenzfallen

Für eine gründliche Erfassung der Insektenfauna einer Quelle ist der Betrieb mindestens einer Emergenzfall (Beschreibung der auf Herrenroint verwendeten Fallen: SCHRANKEL 1998) über eine ganze Vegetationsperiode hin unerlässlich. Wie jede Sammelmethode arbeitet auch diese selektiv. Zum einen dokumentiert sie nur ein eng umgrenztes Areal, zum anderen streben bestimmte Arten nach dem Schlüpfen offensichtlich nicht dem Licht zu, oder sie suchen zur Verpuppung kriechend vom Ufer entfernte Bereiche auf. Außerdem ist die Methode zeitaufwendig: Sie erfordert wöchentliches Leeren, Vorsortierung, taxonomische Aufarbeitung von vielen tausend Insekten.

Der Betrieb einer Emergenzfall erlaubt aber das Aufspüren von Arten, die auf andere Weise höchstens durch Zufall entdeckt werden können. Weiterhin lässt sich nur auf diese Weise die Abhängigkeit der Lebenszyklen von saisonalen und langjährigen meteorologischen Veränderungen untersuchen. Ein langjähriges kontinuierliches Monitoring mit dieser Methode erscheint allerdings, vom erheblichen personellen und zeitlichen Aufwand abgesehen, aus mehreren Gründen unrealistisch:

- Die Anwesenheit der Emergenzfall führt, unter anderem durch veränderte Lichtverhältnisse, zu Veränderungen in der Beschaffenheit des Substrates, auf dem sie aufgestellt ist. Dieser Effekt dürfte in Quellhabitaten, deren Sedimente stärker als diejenigen von Bächen und Seen durch allochthonen Eintrag aus den umgebenden terrestrischen Habitaten geprägt sind, besonders stark zur Auswirkung kommen. Die langfristige Untersuchung würde somit lediglich die Veränderung der Situation unter künstlichen Bedingungen dokumentieren.
- Angesichts der geringen Flächenausdehnung von Quellen und der mosaikhaften Verteilung ihrer Fauna ist eine längerfristige Veränderung des Dominanzgefüges durch die kontinuierliche Extraktion bestimmter Arten nicht auszuschließen. Hinweise auf solche Effekte ergaben sich allerdings bei bisher analysierten mehrjährigen Untersuchungen nicht (WAGNER unpubl.)
- Indirekt aus unseren Beobachtungen des Benthos 1995-2002, aber auch direkt aus ersten vergleichenden Analysen der Emergenz 1996/2001 lässt sich schließen, dass Veränderungen in den Biozöosen relativ langsam vor sich gehen. Es ist anzunehmen, dass diese auch durch Emergenzuntersuchungen in mehrjährigem Abstand zufriedenstellend dokumen-

tiert werden können. Die Datenbasis, aus der dieser Schluss gezogen wird, ist allerdings gering. Eine repräsentative längerfristige Analyse an wenigstens einer Quelle wäre durchaus wünschenswert.

Unsere Ergebnisse legen folgendes Konzept nahe, das eine Minimierung des Arbeitsaufwandes mit dem Gewinn möglichst gründlicher Information verbindet:

- 1.) Einmalige Erfassung und möglichst vollständige Analyse der emergierenden Insektenfauna mit einer über die gesamte Vegetationsperiode betriebenen Falle.
- 2.) Bestimmung der Monate mit höchster und zweithöchster Insektendiversität und Wiederholungsuntersuchung in denselben Monaten nach fünf Jahren.
- 3.) Beibehaltung des Fünfjahresrhythmus oder Änderung der gewählten Zeitabstände in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der beobachteten Veränderungen in Diversität und Phänologie.
- 4.) Weitere Gesamt-Emergenzuntersuchung nach Ablauf von 10 Jahren.

Im Rahmen des Berchtesgaden-Projekts sind die ersten beiden Schritte mittlerweile abgeschlossen und für die Chironomidae auch ausgewertet.

## 9.6 Kescherfänge

Wie die Emergenz-Ergebnisse aus Herrenroint und Schapbach zeigen, haben in den Alpen auch und gerade quellbewohnende Insektenarten distinkte phänologische Rhythmen, sodass nur Langzeituntersuchungen einen guten Überblick über die Diversität verschaffen können. Da aber jede Methode selektiv ist, kann auch an Stellen, die mit Emergenzfallen untersucht wurden, durch Kescherfänge die faunistische Kenntnis zusätzlich bereichert werden. Abgesehen von der Vegetation unmittelbar um die Quelle sollten bei Kescherfängen auch auffallende Landmarken in der Umgebung abgesammelt werden: einzelstehende kleine Bäume, schattenwerfende Geländestufen oder der Fuß größerer Felsklötze.

## 9.7 Lichtfallen

Lichtfallen haben gegenüber Handnetzfängen den Vorteil, dass sie fast ohne Eingriffe in die Habitatstruktur betrieben werden können. Dem steht im terrestrischen Bereich der Nachteil gegenüber, dass phototaktische Arten mit sehr beschränkter Flugzeit gelegentlich in solchen Massen gefangen werden, dass Sorgen über den Erhalt ihrer Population gerechtfertigt sind.

Uferbereich: Zum Aufspüren fliegender Adulti auch seltener Arten und für semiquantitative Betrachtungen haben sich Lichtfallen auch in der Nähe von Quellen bewährt. Die Erfassung größerer Individuenzahlen

gelingt allerdings nur an Tagen mit günstigen Witterungsverhältnissen (milde Temperaturen, wenig Wind). Die Sammelergebnisse sind selektiv, nicht nur weil verschiedene Taxa unterschiedlich vom Licht angezogen werden, sondern auch, weil sich ein- und dieselbe Art in verschiedenen Abschnitten ihres Lebenszyklus positiv oder negativ phototaktisch verhalten kann. Ein weiterer entscheidender Nachteil ist, dass auch zahlreiche Insekten angelockt werden, deren Larven nicht aus der Quelle selbst stammen. Die eigentliche Herkunft der Tiere bleibt somit sogar bei quellassozierten Taxa immer zweifelhaft und kann nie unmittelbar mit der benachbarten Quelle in Zusammenhang gebracht werden.

Unter Wasser: Im Rahmen des Berchtesgadenprojekts wurde, wohl zum ersten Male überhaupt, die Fängigkeit submerser Lichtfallen in Quellen untersucht. Gängige Modelle sind im Allgemeinen bereits zu groß für eine Installation in solchen Habitaten, sodass mit ganz einfachen Konstruktionen experimentiert wurde. Als geeignetste Lösung erscheint das Einsenken eines flachen, von oben beleuchteten Trichters, dessen untere Öffnung durch Gaze verschlossen ist, in die Sedimentoberfläche und das Absammeln der auf der Gaze angesammelten Organismen am Ende der Exposition. Die ersten Ergebnisse (MARTIN, unpubl.) erweisen eine selektive Anziehungskraft des Lichts auf Vertreter verschiedener submerser Invertebratengruppen (Trichoptera, Acari). Die Methode erlaubt zumindest eine schonende Entnahme von Tieren für experimentelle Untersuchungen, vielleicht, nach längeren Erfahrungen über ihre Attraktivität auf verschiedene Arten, auch Quelluntersuchungen anhand positiv phototaktischer Indikatororganismen.

## 9.8 Driftnetze

Die Exposition von Driftnetzen am Quellmund ist eine bewährte Methode zur Erfassung der quellnahen Mikrofauna des Grundwassers, insbesondere der Microcrustacea. Das Netz sollte mindestens mehrere Stunden, eventuell auch mehrere Tage exponiert werden.

Versuche, mit Driftnetzen auch die ausdriftenden Dipteren-Exuvien am Übergang Eu-/Hypokrenal zu erfassen, haben bislang keine überzeugenden Ergebnisse erbracht. Die Methode würde eine besonders schonende Erfassung charakteristischer Arten erlauben, offensichtlich sorgt aber sowohl die enge Verzahnung von terrestrischen und aquatischen Habitaten, als auch die unregelmäßige Struktur der Substrate für eine weitgehende Rückhaltung der Exuvien im Quellbereich.

## 9.9 Interstitialuntersuchung

Untersuchungen des quellnahen Interstitials stoßen naturgemäß auf Schwierigkeiten, da die Sedimente hier undurchlässig sind und weder Grabungen, noch Pumpungen erlauben. Lediglich der Untergrund oberhalb des Quellmundes könnte mit einer Interstitialpumpe be-

arbeitet werden. Ergebnisse solcher Untersuchungen (CREMA et al. 1996) zeigen, dass die quellnahe Interstitialfauna einfacher mit Sedimentuntersuchungen und Driftnetzexposition am Quellmund erfasst werden kann.

## 9.10 Zuchten

Für die Zuordnung von Larvalstadien zu den als Adulttiere bekannten Arten sind in vielen Fällen Zuchten erforderlich. Für Vertreter aller Gruppen gilt, dass die Tiere für Zuchtansätze gekühlt ins Labor transportiert werden und dort unter konstant tiefen Temperaturen gehalten werden sollten. Zumindest Milben aus Quellen können aber auch über lange Zeit ohne Belüftung und Kühlung in flachen Schalen gezüchtet werden.

Während es bei den Milben meist darum geht, laichreife Weibchen zur Eiablage zu bringen und die dann schlüpfenden Larven mikroskopisch zu untersuchen und den im Freiland insektenparasitisch vorgefundenen Exemplaren zuzuordnen, stellt sich bei Insekten das umgekehrte Problem: Weit entwickelte Larven oder Puppen werden klassifiziert, indem man den Schlupf (und die nachfolgende Aushärtung!) der Adulttiere abwartet. Besonders interessant ist dieser Aspekt für viele Zuckmücken, die nach präadulten Stadien durchaus bestimmbar wären, wenn die Morphologie der Larven und Puppen bekannt wäre. Es hat sich bewährt, reife Larven oder Puppen nicht eigens ins Labor zu transportieren, sondern in kleinen verschlossenen Plastikbehältern (ca. 10-20 ml) in der Quelle zu exponieren, am besten zahlreiche Behälter zusammen in einem beschwerten Netz, und nach einiger Zeit zu kontrollieren. Nach dem Schlupf lassen sich Adultus, Puppenexuvie und Larvalsklerite auf artspezifische Merkmale untersuchen. Bei Milben brachten solche Zuchtversuche innerhalb der Quelle allerdings bisher keine Erfolge (MARTIN, pers. Mitt.)

## 9.11 Taxonomische Analyse

Grundsätzlich ist das gesamte Artenspektrum der Quellfauna wichtig für ein ernsthaftes Verständnis der Lebensbedingungen und der Typologie. In der Limnologie wird dieses taxonomische Spektrum der Invertebraten in einer etwas fragwürdigen Weise eingeteilt in „Mikrofauna“ (Gesamtheit der einzelligen Organismen), „Meiofauna“ („kleine“ Metazoa, nach allgemeinem Verständnis alle Gruppen außer Mollusca, Insecta und höheren Krebsen [Malacostraca]) und „Makrofauna“ („große“ Metazoa - eben Mollusca, Insecta und höhere Krebse, aber gelegentlich auch große Oligochaeta und Hirudinea). Schon allein aufgrund der Maschenweite der Fangnetze, aber auch angesichts der für Untersuchungen dieser Gruppen notwendigen Labortechniken können Untersuchungen über die Mikrofauna nur als unabhängige selbstständige Einheit durchgeführt werden. Sie sind mit unserer Methodologie nicht sinnvoll zu erfassen (s. Kap. 6-1).

Auch einige Gruppen wirbelloser Metazoa müssen bei der hier vorgestellten Probenahmetechnik ausgeschlossen bleiben oder können nur ausnahmsweise Beachtung finden: Protozoa, Nemathelminthes, Turbellaria. Die Gründe liegen in der raschen Zerstörung der Gewebe in Ethanol, der zu groben Maschenweite des Handnetzes und/oder der Unmöglichkeit, kleine Vertreter dieser Gruppen unter der Stereolupe auszulesen. Nematoda lassen sich zwar gelegentlich in größerer Anzahl aus der Feinfraktion auslesen, doch handelt es sich stets um eine Selektion größerer Individuen, die nach Alkoholfixierung nur schwer, manchmal gar nicht zu klassifizieren sind.

Wenigborster (Oligochaeta) sind in Proben aus Quellen oft in hoher Individuen- und Artenzahl vertreten. Sie sind offensichtlich besonders interessant für die Charakterisierung temporärer Habitats und von Quellen nahe der Schneegrenze, können aber z.T. nur anhand von lebend frisch gesammeltem Material klassifiziert werden (Enchytraeidae). Eine taxonomische Aufarbeitung des gesamten vorliegenden Materials und die Bewertung der Bedeutung von Oligochaeta für die Quelltypologie in Berchtesgaden konnte aufgrund des hohen Zeit- und Materialaufwandes und der damit verbundenen Kosten noch nicht in Gang gebracht werden, ist aber geplant.

Auftreten und Abundanz der Weichtiere (Mollusca) in Quellen kann unter verschiedenen Gesichtspunkten interessant sein. Die kleinen Quellschnecken der Gattung *Bythinella*, in Berchtesgaden vertreten durch die quellbewohnende Art *B. austriaca*, sind streng an das Eukrenal gebunden, vermögen hier aber auch Trockenphasen zu überdauern, indem sie sich in das quellnahe Grundwasser zurückziehen. In anderen Regionen kann die Kleinschneckenfauna der Quellen wesentlich vielfältiger sein. Muscheln der Gattung *Pisidium* sind charakteristisch für Helokrenen mit hohem Detritusanteil, in denen sie Massenentwicklungen ausbilden können, sind aber nicht eigentlich quelltypisch.

Die übrige Arthropoda-Meiofauna, entsprechend den Nicht-Insekten in der Feinfraktion, ist für die Charakterisierung von Quellhabitats besonders geeignet, da stets ein hoher Anteil bestimmbarer Adulti vorliegt, die saisonalen Populationsschwankungen gering sind und sie auch in relativ kleinen Sedimentproben studiert werden können.

Innerhalb der Meiofauna stellen in Quellen unterhalb der Waldgrenze die Wassermilben (Acari) die artenreichste Gruppe. Zugleich sind sie von allen Invertebratengruppen diejenige mit dem höchsten Anteil quelltypischer oder streng quellgebundener Arten. In Berchtesgaden sind zwei Drittel der 62 nachgewiesenen Arten krenobiont. Da sie aus der Feinfraktion quantitativ ausgelesen werden können, dort aber nie in extremen Individuenzahlen auftreten, können sie als die Indikatorgruppe schlechthin für die Quellbiologie bezeichnet werden. Neben den 'echten' Wassermilben treten die Halacariidae auf, im Nationalpark auch in temporären Quellen

und Habitats nahe der Schneegrenze, Stellen also, an denen Arten der Hydrachnidia nicht existieren können. Außerdem finden sich in Quellen oft in großer Anzahl Vertreter 'terrestrischer' Milbengruppen, vor allem der Hornmilben (Oribatida). Darunter befinden sich einige ans Wasserleben angepasste und vollkommen submers lebende Arten, die bei faunistischen Bestandsaufnahmen unbedingt Berücksichtigung finden sollten. Der Anteil der Hornmilben ist besonders hoch in Helokrenen, wo im Wasser-Land-Übergangsbereich viele semiterrestrische Arten leben.

Alle Gruppen der Krebse (Crustacea) enthalten Vertreter, die besonders interessant für den Übergangsbereich Grundwasser-Oberflächenwasser sind, da sie auch im quellnahen Grundwasser existieren und hier Phasen der Austrocknung des eigentlichen Quellmundes überdauern können. Außerdem finden sich in Abhängigkeit von der Mikrohabitatstruktur kleinere oder größere Populationen krenophiler Tümpel- und Teicharten. Unter ihnen sind die Vertreter der Meiofauna (Copepoda und Ostracoda) für langfristige Beobachtungen besonders geeignet, da sie bereits in kleinen Feinfraktions-Proben volumina oft in großen Individuenzahlen auftreten.

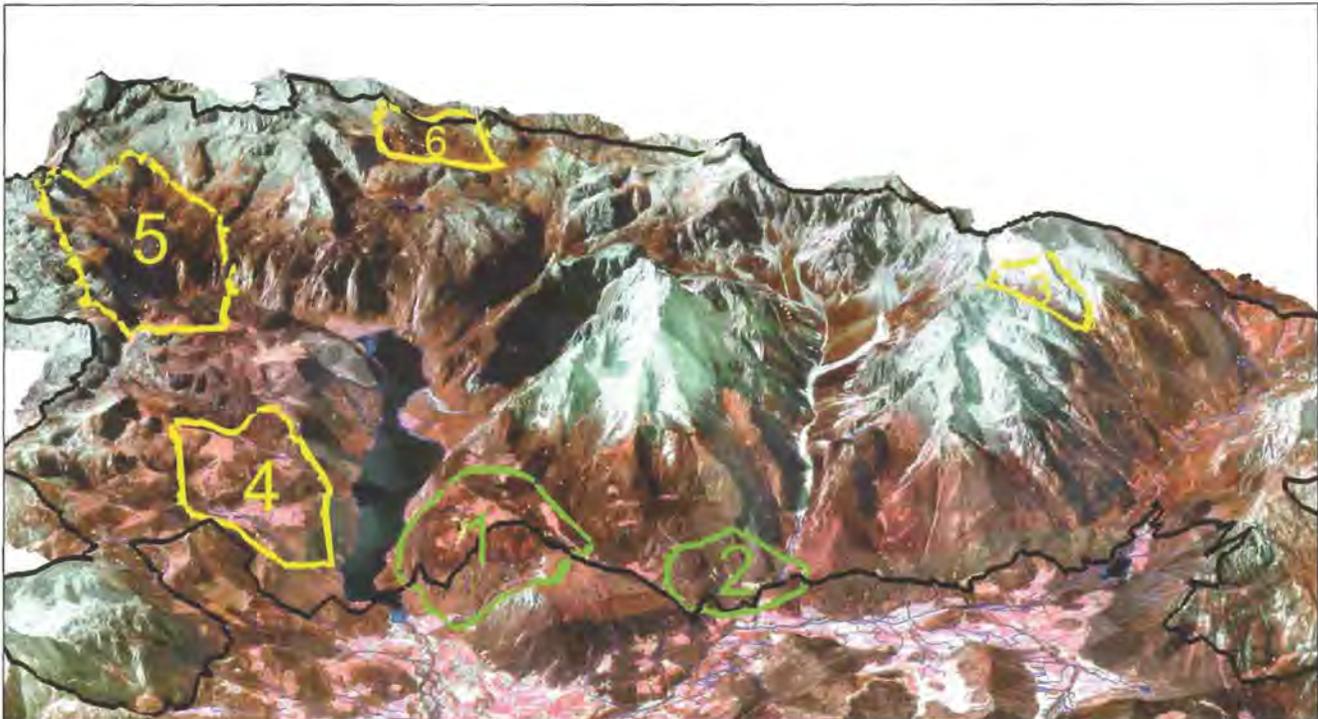
Nach den Ergebnissen aus Berchtesgaden und anderen Daten aus der Literatur meiden Eintagsfliegen (Ephemeroptera) im Allgemeinen den Quellbezirk im engeren Sinne und treten erst vom Hypokrenal an abwärts auf, quelltypische Arten sind nicht bekannt. Steinfliegen (Plecoptera) sind in Quellen zwar oft mit einer großen Anzahl von Larven, aber in unserem Untersuchungsgebiet nicht durch quelltypische Arten vertreten, sondern durch euryöke oder krenophile Fließwasserbewohner. Falls zeitliche und/oder finanzielle Einschränkungen das Ausschließen weiterer Tiergruppen von der taxonomischen Analyse erforderlich machen, ist innerhalb der Insecta nach gegenwärtigem Kenntnisstand eine Konzentration auf die Köcherfliegen (Trichoptera) ratsam, offensichtlich die Insektengruppe mit dem höchsten Anteil quelltypischer Arten, von denen die meisten bereits als Larven oder Puppen klassifiziert werden können. Die Käfer (Coleoptera) sind in ihrem Artbestand ebenfalls relativ einfach zu untersuchen, da sie (mit Ausnahme der Scirtidae) auch (oder nur) adult unter Wasser leben und somit in bestimmbareren Stadien in den Proben auftreten. Offensichtlich meiden aber Elmidae und Hydraenidae in der Regel den eigentlichen Quellbezirk und sind eher typisch für Hypokrenal- und Epirhithralbereiche. Die Helophoridae sind vor allem oberhalb der Waldgrenze gelegentlich mit krenophilen Stillwasserarten in Quellen vertreten. Lediglich die Dytiscidae stellen in der Gattung *Hydroporus* quelltypische Arten, allerdings meist in individuenarmen Populationen.

Die Fliegen und Mücken (Diptera) sind im Allgemeinen die quantitativ wichtigste und am stärksten diversifizierte Gruppe aquatischer Invertebraten, aber bislang aufgrund taxonomischer Schwierigkeiten und der noch geringen faunistischen Kenntnis schlecht interpretierbar.

In vielen Gruppen ist eine Analyse auf Artniveau nur mit Hilfe von Emergenzfallen möglich. Die arten- und individuenreichste Familie sind die Zuckmücken (Chironomidae). Nach LINDEGAARD (1995) enthält die Familie nur wenige quelltypische Arten. Diese Angabe ist angesichts unserer Ergebnisse in Frage zu stellen: In den Aufsammlungen aus Berchtesgaden finden sich mehr als 20 krenophile oder krenobionte Arten, die also mehr als ein Viertel der Gesamt-Zuckmückenfauna stellen. Die Tatsache, dass eine ganze Reihe von ihnen der Wissenschaft erstmals bekannt geworden sind, weist darauf hin, dass die quellbewohnenden Zuckmücken insgesamt ein noch unzureichend bekannter Bestandteil der europäischen Fauna sind. Darüber hinaus ist die Zusammensetzung der Chironomiden-Zönosen aus Arten mit unterschiedlichen Lebensansprüchen ein wichtiger Schlüssel für das ökologische Verständnis von Quellen: Es können über 50 Arten in einer Quelle gemeinsam auftreten.

#### Literatur

- LINDEGAARD, C. (1995): Chironomidae (Diptera) of European cold springs and factors influencing their distribution. *J. Kansas Ent. Soc.* 68. (2): 108-131.
- SCHRANKEL, I. (1998): Faunistisch-ökologische Charakterisierung ausgewählter Quellen im Nationalpark Berchtesgaden. Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Diplomarbeit: 1-79 + Anhang.



**Abb. 9-2:** Die Quellen im Nationalpark Berchtesgaden. Unterlegt sind Color-Infrarot-Luftbilder. Die Wälder sind dunkelrot, Wiesen und Zwergsträucher sind hellrot, Felsbereich und Siedlungen sind grau. Die Quellen sind als gelbe Punkte eingezeichnet, das Fließgewässernetz ist mit blauen Linien dargestellt. In den grün umrandeten Flächen werden die Quellkomplexe Herrenreint/Schapbach (1) und unteres Wimbach/Koppenwand (2) dauerbeobachtet. Die Erweiterung um die Quellkomplexe Sittersbach (3), Priesberg (4), Landtal/Röth (5) und Funtensee (6) ist geplant. Die Nationalparkgrenze entspricht der schwarzen Linie.

## Zusammenfassung

Seit 1993 fördert der Nationalpark Berchtesgaden die Erforschung der Quellen. Dieser Bericht präsentiert den status quo. Darauf aufbauend können Veränderungen im Laufe der kommenden Jahrzehnte dokumentiert werden. Quellen sind von kurzfristigen Einflüssen weitgehend unabhängig und spiegeln deshalb besonders deutlich langfristige Entwicklungen wider (Kap. 1 und 2). In diesen empfindlichen Lebensräumen begegnen sich Untergrund und Oberfläche, Wasser und Land auf engstem Raum. Sie sind deshalb für die langfristige Umweltbeobachtung besonders geeignet.

Eine Vielzahl physikalisch-chemischer und mikrobiologischer Parameter wurden regelmäßig in ausgewählten Quellen aus allen Gesteinsformationen untersucht und verglichen (Kap. 3).

Insgesamt 99 Quellen wurden nach einem einheitlichen Schema geomorphologisch typisiert (Kap. 4). Drei größere Quellkomplexe wurden für eine ökologische Langzeitbeobachtung ausgewählt, botanisch kartiert (Kap. 5) und genauer beschrieben (Kap. 8). Die Fauna von weiteren 64 Quellen wurde nach einem einheitlichen Schema erfasst. Nach gegenwärtigem Stand sind 735 Taxa nachgewiesen, darunter mindestens acht für die Wissenschaft neue und 22 weitere erstmals in Deutschland gefundene Arten. Alle untersuchten Tiergruppen werden hinsichtlich ihrer allgemeinen Charakteristika und ihrer möglichen Beziehung zu Quellen vorgestellt. Für die auftretenden Arten finden sich außerdem Angaben zur bekannten Verbreitung (im Gebiet und global) und zu ihren ökologischen Ansprüchen (Kap. 6). Ein Bestimmungsschlüssel für die aus dem Gebiet bekannten Wassermilbenlarven wurde ausgearbeitet.

Anhand einer statistischen Analyse von 44 Untersuchungsstellen wurde eine faunistische Typologie der Berchtesgadener Quellen ausgearbeitet (Kap. 7). Sie lassen sich überwiegend einem Kontinuum zwischen den Extremtypen Rheokrene (stark strömender Abfluss auf mineralischem Hartsubstrat) und Helokrene (schwach rinnender Abfluss auf organischem Weichsubstrat) zuordnen. Einzelne Zeigerarten können bestimmte Quelltypen charakterisieren.

Die Daten aus den Langzeituntersuchungsstellen werden für die Hauptkomponenten der Fauna analysiert, für ausgewählte Tiergruppen auch auf Artniveau (Kap. 8). Sie zeigen eine geringe Saisonalität in der Zusammensetzung des Meiobenthos, aber eine starke jahreszeitliche Einnischung emergierender Insekten. Das Zoobenthos ist sowohl hinsichtlich der Dominanzstruktur als auch hinsichtlich der charakteristischen Zonierung zwischen Quellmund und Quellbach stabil. Waldquellen sind nach Windbruch im Umfeld stärkerer Besonnung ausgesetzt. Trotzdem werden hier im Zoobenthos nur leichte Anzeichen einer "Helokrenisierung" beobachtet. Hingegen ändert sich die Insektenemergenz stark- ein Phänomen, das derzeit mit verfeinerten Methoden weiter untersucht wird.

Zufünftige methodische Aspekte werden auf dieser Grundlage diskutiert (Kap. 9). Bei einer Beschränkung der Probenahme auf wenige Tiergruppen sind Köcherfliegen und Wassermilben besonders für eine vorläufige ökologische Charakterisierung ihrer Lebensräume geeignet. Beide Gruppen treten regelmässig auf, schließen einen hohen Anteil quelltypischer Arten ein und erfordern einen vergleichsweise geringen Zeitaufwand bei der Bestimmungsarbeit. Die umfassende Dokumentation der Quellfauna ist aber als Basisarbeit für diese Vorgehensweise unabdingbar notwendig, auch unter Verwendung von Emergenzfallen. Unter den emergierenden Insekten sind die Zuckmücken in den Berchtesgadener Nationalparkquellen die hinsichtlich Artenvielfalt und ökologischer Differenzierung wichtigste Gruppe.

Bisher konnten keine Veränderungen dokumentiert werden, die auf den Klimawandel zurückgeführt werden können. Wir sind auf der Basis der letzten zwölf Jahre aber gerüstet, um zu erwartende Auswirkungen zu dokumentieren, wenn die vom International Panel on Climatic Change (IPCC) prognostizierten Temperaturänderungen (Abb. 2-6) eintreten.

## Summary

Since 1993, research on springs has been supported by the Nationalpark Berchtesgaden. This report presents the current status of knowledge obtained. Being more-or-less independent from short-term influences, these biotopes are particularly suitable for showing long-term developments (chapters 1, 2). Within their very restricted areas, springs are sensitive points of encounter between underground and surface, and terrestrial and aquatic environments. The results of this investigation provide a base for long-term environmental monitoring, observing changes in the course of the coming decades.

At regular intervals, numerous physico-chemical parameters were measured at selected springs from all the important geological formations (chapter 3).

A total number of 99 springs has been assessed from a geomorphologic point of view, following a standardized scheme (chapter 4). Three larger spring complexes have been selected for ecological long-term monitoring. Their vegetation was mapped (chapter 5) and they are described in detail (chapter 8). The fauna of these and a further 64 springs was documented using a standardized methodology. Currently, 735 taxa have been recorded, among them at least eight species new to science and a further 22 are first records for the fauna of Germany. Those groups of animals investigated are presented with regard to their general characteristics and potential relationships to spring habitats. Furthermore, for all recorded species information is given concerning their distribution (both in the study area and globally) and ecological requirements (chapter 6). A dichotomous key is presented allowing for the determination of the water mite larvae known from the area.

A faunistic typology of the springs of Berchtesgaden is produced based on the statistical analysis of 44 study sites (chapter 7). Most of them can be accommodated along a virtual continuum between the extremes of rheocrene (with a strong flow on mineral hard substrata) and helocrene (with a weakly seeping flow on organic soft substrata). Indicator species characteristic for particular spring types can be identified.

First data coming from the long term monitoring sites are analysed, both globally for the representatives of the most important insect orders, and at species level for selected taxonomic groups (chapter 8). A low seasonality is shown for the composition of the mezozoobenthos, but distinct temporal niches are formed by emerging insects. The zoobenthos is found to be stable with regard to the relative abundance of the dominant groups and the longitudinal zonation between spring mouth and spring brook. In forest springs which are exposed to stronger insulation following wind breakage in their surroundings, only weak signs of "helocrenization" could be observed. In contrast, insect emergence changes strongly. This phenomenon is being investigated using improved methods.

Future methodological aspects are discussed in chapter 9. If sampling restricted to a few groups of animals becomes necessary, trichoptera and water mites are particularly suitable for a preliminary ecological characterization of their habitats. Representatives of both groups are found frequently include a high percentage of typical spring-species, and determination to species level requires comparatively little effort. However, before concentrating on selected indicator groups, the basic work of large-scale documentation of the whole fauna is indispensable, including the application of emergence traps. With regard to species numbers and ecological diversification, of the insects emerging from Berchtesgaden springs, chironomids are the most important group.

So far, no developments related to climatic change were observed. However, based on results from 12 years of research, we are well prepared to document any consequences from the global temperature changes forecasted by IPCC for the near future (Abb. 2-6).

## Glossar

Wir waren in diesem Forschungsbericht bemüht, die Verwendung entbehrlicher Fremdworte einzuschränken. Andererseits mussten in einzelnen Kapiteln selbstverständlich Fachbegriffe Verwendung finden, die für die Lektüre entsprechender Literatur Voraussetzung sind. Im Folgenden geben wir - ohne Anspruch auf Vollständigkeit - Begriffserklärungen für solche Begriffe, die an mehreren Stellen des Berichtes auftreten und/oder deren Kenntnis für das Verständnis der allgemeinen Abschnitte hilfreich ist.

**Abundanz** - Häufigkeit einer Tier- oder Pflanzenart in einem bestimmten Raum, auf einer bestimmten Fläche  
**adult** - erwachsen, geschlechtsreif  
**allochthon** - an anderer Stelle entstanden, nicht am Fundort heimisch  
**alluvial** - angeschwemmt (Bodenmaterial)  
**anthropogen** - vom Menschen ausgehend  
**autochthon** - dem Standort zugehörig, von hier stammend (Organismenarten: über Generationen hin)  
**Benthos** - Gesamtheit der den Gewässergrund besiedelnden Organismen (Zoobenthos: Bodenfauna, Phytobenthos: Bodenvegetation eines Gewässers)  
**Biozönose** - Lebensgemeinschaft in einem definierten Lebensraum  
**bivoltin** - s. Voltinismus  
**Breccie** - Sedimentgestein aus kantigen, durch Bindemittel verkitteten Gesteinstrümmern  
**Data-Logger** - Gerät zur automatischen Aufzeichnung von Messwerten in regelmäßigen Zeitabständen  
**Detritus** - partikuläres organisches Material in einem Gewässer, im freien Wasser und am Gewässergrund; (- Detritusfresser)  
**Doline** - geschlossene, oft trichterförmige Hohlform an der Erdoberfläche, die durch lokale Auslaugung löslicher Gesteine und/oder Einbrechen unterirdischer Karsthohlräume entsteht  
**Drift** - im fließenden Wasser suspendierte organische und anorganische Partikel (lebend und tot); organismische Drift: driftende lebende Organismen  
**Einnischung** - Anpassung an ein Spektrum spezifischer Lebensbedingungen  
**Emergenz** - Schlüpfen erwachsener Fluginsekten; der Terminus wird oft verwendet, um die Gesamtheit der aus einem Lebensraumabschnitt schlüpfenden Fluginsekten anzusprechen  
**ephemer** - nur kurze Zeit bestehend  
**Epirhithral** - s. Rhithral  
**Eukrenal** - oberer (eigentlicher) Quellbereich  
**euryök** - ohne spezifische Lebensansprüche (z.B. **eurytherm** - einen weiten Temperaturbereich tolerierend)  
**Evaporation** - Verdunstung (Evapotranspiration - Summe aus Evaporation und (->) Transpiration)  
**Exuvie** - Körperhülle, die im Rahmen des Wachstumsprozesses abgestreift wird (z.B. Puppenexuvie: Chitinpanzer, der bei der letzten Häutung -> holometaboler Insekten zurückgelassen wird)  
**Filtrierer** - Tiere, die ihre Nahrung mittels speziell angepasster Organe oder selbst angefertigter Hilfsmittel aus der strömenden Welle seihen  
**fungivor** - sich von Pilzen ernährend  
**glazial** - die Eiszeiten betreffend (postglazial - nach der Eis-

zeit; Glazial - Eiszeit)  
**Helokrene** - Quelle mit sumpfigem Bereich schwach fließenden oder stagnierenden Wassers am Quellmund ("Sumpfquelle")  
**hemimetabol** - mit unvollständiger Verwandlung, Larvenstadium nähern sich schrittweise der Morphologie des Adultus an, kein zwischengeschaltetes Puppenstadium (ursprüngliche Insekten)  
**Holarktis** - Bioregion der Nordhemisphäre; (->) Paläarktis + (->) Nearktis  
**holometabol** - mit vollständiger Verwandlung, zwischen letztes Larvenstadium und Adulttier ein ruhendes Puppenstadium eingeschoben (höhere Insekten)  
**hygropetrische Zone** - Lebensraum eines regelmäßig befeuchteten, von einem dünnen Wasserfilm überzogenen festen Untergrundes (M = petrimadicol, s. Madicole Fauna)  
**hygrophil** - feuchtigkeitsliebend  
**Hypokrenal** - unterer Quellbereich, Übergang zum Quellbach (-> Epirhithral)  
**Hyporhithral** - s. Rhithral  
**Imago** (pl. Imagines) - geschlechtsreifes, geflügeltes Stadium der Fluginsekten (bei Eintagsfliegen existiert als Ausnahme ein noch unreifes, aber bereits geflügeltes Vorstadium, die Subimago)  
**kaltstenotherm** - s. stenök  
**Karst** - Erscheinungen und Oberflächenformen in Gebieten mit wasserlöslichen Gesteinen, vor allem zerklüfteten Kalkgesteinen mit vorwiegend unterirdischem Abfluss  
**Kescher** - Fangnetz  
**kollin** - das Hügelland betreffend  
**kolluvial** - zusammengeschwemmt (Bodenmaterial)  
**Konvektion** - Zufuhr von Luftmassen in senkrechter Richtung  
**Kopula** - in Paarung begriffenes Pärchen  
**Kosmopolit** - weltweit verbreitete Art (kann aber an sehr spezielle Lebensbedingungen angepasst sein (<-> Ubiquist)  
**Krenal** - Quellbereich, bestehend aus (->) Eukrenal und (->) Hypokrenal  
**krenobiont** - an Quellen gebunden, schwerpunktmäßig in Quellen vorkommend ("quellbewohnend")  
**krenophil** - regelmäßig oder häufig in Quellen vorkommend, aber schwerpunktmäßig in anderen Lebensräumen lebend ("quellliebend")  
**krenoxen** - ausnahmsweise in Quellen auftretend ("quellfremd")  
**lenitisch** - stagnierend oder mit sehr geringer Strömung  
**Limnokrene** - Quelle mit teichartig aufgestautem Bereich stagnierenden Wassers am Quellmund ("Teichquelle")  
**Limnologie** - Wissenschaft von den Binnengewässern und ihren Organismen  
**lotisch** - bewegt, mit deutlicher bis starker Strömung  
**madicole Fauna** - Tiere, die auf einem Substrat leben, das von einem feinen Film (Dicke < 2 mm) fließenden Wassers bedeckt ist (**petrimadicol**: auf Steinen, hygropetrisch; **bryomadicol**: auf Moos; **limimadicol**: auf mineralischem Feinsubstrat); die Begriffe werden oft auch für das entsprechende Habitat verwendet  
**Makrofauna** - s. Meiofauna  
**Mandibel** - Beißklaue ("Kiefer")  
**Meiofauna** - Gesamtheit der Tierarten mittlerer Größenordnung (ca. 10-1000 µm), i.a. mehrzellige Wirbellose geringer Dimension, eingeordnet zwischen **Mikrofauna** (Protozoen) und **Makrofauna** (Tiere größerer Dimensionen, in gewissen Grenzen mit bloßem Auge ansprechbar); die Grenzen zwischen diesen Kategorien sind unscharf und werden willkürlich gezogen

- Metarhithral** - s. Rhithral
- Mikrofauna** - s. Meiofauna
- Monitoring** - Beobachtung/Überwachung über einen definierten Zeitraum hin
- montan** - das Bergland betreffend
- Morphologie** - Gestalt und Aufbau der Lebewesen
- multivariat** - mehrere Variable betreffend
- Nearktis** - Bioregion Nordamerikas
- Nische** - (ökolog.): Summe der Anpassungen einer Tierart in Zeit und Raum; jede Tierart bildet eine eigene Nische, die sich von den Nischen aller anderen Arten unterscheidet
- nival** - den Schnee betreffend
- omnivor** - allesfressend
- orographisch** - das Relief einer Landschaft betreffend
- Paläarktis** - Bioregion, die Europa, Nordafrika und den nördlichen Teil Asiens einschließt
- Parasit** - Tier, das sich von einem anderen (tierischen oder pflanzlichen) Organismus ernährt, der in der Regel wesentlich größer ist als es selbst; im Gegensatz zum (->) Räuber vermag sich der Parasit über sein ganzes Leben oder zumindest eine ganze Phase seines Lebenszyklus von einem einzigen Beuteorganismus, seinem **Wirt**, zu ernähren
- perennierend** - ganzjährig
- periodisch** - nur zeitweilig bestehend, aber in regelmäßigen Zeitabständen auftretend
- Periphyton** - pflanzlicher Aufwuchs
- Phänologie** - jahreszeitlich bedingtes Auftreten bestimmter Lebensstadien bzw. Erscheinungsformen der Organismen
- Phytal** - Lebensraum, der durch Blätter und Stengel von Pflanzen gebildet wird
- Phytobenthos** - s. Benthos
- phytophag** - pflanzenfressend
- planar** - die Ebene betreffend
- Plankton** - Gesamtheit der im freien Wasser lebenden und hier im wesentlichen passiv durch Strömung transportierten Organismen
- pluvial** - den Regen betreffend
- Podsol** - "Bleicherde" (durch Verlust an Mineralsalzen verarmter Oberboden, vorw. unter Nadel- und Mischwäldern feuchter Klimate)
- polyvoltin** - s. Voltinismus
- Potamal** - sommerwarmer Unterlauf eines Fließgewässers
- Prädator** - s. Räuber
- Quellgebiet** - ähnl. (->) Quellkomplex, aber einen weiteren Raum betreffend; Quellen können zu verschiedenen Einzugsbereichen gehören
- Quellkomplex** - System aus mehreren nahe beieinanderliegenden und zum selben Abfluss hin entwässernden Quellen
- Radiation** - stammesgeschichtliche Aufspaltung eines (->) Taxon, verbunden mit differenzierter Anpassung der neu entstehenden Taxa an neue Lebensbedingungen
- Räuber** - Tier, das sich von anderen Tieren ernährt, die in der Regel kleiner als es selbst sind; im Gegensatz zum (->) Parasiten benötigt der Räuber im Laufe seines Lebens mehr als ein Beute-Individuum (= "Prädator")
- rheobiont** - an fließendes Wasser gebunden (hinsichtlich der kleinräumigen Lebensansprüche - nicht im Sinne der Längszonierung)
- Rheokrene** - Quelle mit fließendem Gerinne am Quellmund ("Fließquelle, Sturzquelle")
- Rhithral** - Ober- und Mittellauf eines Fließgewässers (**Epirhithral**: sommerkalter Oberlauf; **Metarhithral**: oberer Mittellauf, **Hyporhithral**: unterer Mittellauf)
- rhithrobiont** - an Fließgewässer-Ober- und Mittelläufe gebunden (Lebensschwerpunkt im Sinne der Längszonierung weder im Quellbereich noch im Unterlauf)
- saprophag** - detritusfressend
- Seston** - Gesamtheit der anorganischen und organischen Schwebstoffe im Wasser
- stenök** - mit spezifischen Lebensansprüchen (z.B. **stenotherm** - nur einen engen Temperaturbereich tolerierend, **kalt-/warmstenotherm** - an tiefe/hohe Temperaturen gebunden)
- Taxon** (pl.: Taxa) - als Verwandtschaftseinheit innerhalb der biologischen Systematik abgegrenzte Gruppe von Organismen. Die phylogenetische (stammesgeschichtliche) Systematik ist bemüht, nur jeweils nah verwandte, auf einen gemeinsamen Vorfahren zurückgehende Organismen in Taxa (Gattungen, Familien, Ordnungen) zusammenzufassen. Grundeinheit der Taxonomie ist die Art
- Taxonomie** - Einordnung von Lebewesen in ein ordnendes System (nach morphologischen und molekularbiologischen Gesichtspunkten)
- Transpiration** - gasförmige Ausscheidung von Wasser durch Pflanzen
- Ubiquist** - unter sehr verschiedenen Lebensbedingungen ("überall") vorkommende Art; kann aber in ihrer geographischen Verbreitung sehr begrenzt sein (-> Kosmopolit)
- Umfeld** - (bezügl. Quellen) der Bereich, in dem eine Beeinflussung durch das Vorhandensein eines Grundwasser-austritts wahrnehmbar ist (z.B. Vegetation, Geländeverformung, Spuren von zur Tränke kommenden Tieren)
- univariat** - eine Variable betreffend
- univoltin** - s. Voltinismus
- Uvala** - flache Senke, die durch die Vereinigung mehrerer (->) Dolinen entsteht ("Schüsseldoline")
- Voltinismus** - Anzahl Generationen pro Jahr (**univoltin** = mit einer Generation, **bivoltin** = mit zwei Generationen; **polyvoltin** = mit zahlreichen Generationen pro Jahr)
- Weidegänger** - Tiere, die sich durch Abweiden von vorwiegend pflanzlichem Aufwuchs ernähren
- Wirt** - s. Parasit
- Zerkleinerer** - Tiere, die organische Sedimentpartikel durch Zerkauen aufschließen; sie ernähren sich sowohl von dabei frei werdenden Substanzen als auch von sekundären bakteriellen Mikrofilmen
- Zoobenthos** - s. Benthos
- zoophag** - tierfressend (räuberisch oder parasitisch)

# Anhang: Untersuchte Quellen im Nationalpark

Strukturkartierung (vgl. Kap. 4), chemisch-physikalische Untersuchungen (vgl. Kap. 3), zoologische Untersuchungen (vgl. Kap. 6) und botanische Untersuchungen (vgl. Kap. 5)

STRUKTUR: CHEMIE ZOOLOGIE BOTANIK	1	Nummer	Einzugsgebiet	Gebiet	Höhe	Koordinaten		Typologie			Bemerkung	
						X-Wert	Y-Wert	Quelle	Quellbach	Bach		Stillgewässer
		300	3	Sommerbichel	Quellgebiet N Herrenröint, Quelle 1	1250 m	4573165	5271465	*			
		304	3	Sommerbichel	Quellgebiet N Herrenröint, oberster Quellbach	1250 m	4573216	5271490	*			Quellbach zu 300
		308	3	Sommerbichel	Quellgebiet N Herrenröint, Quelle 2	1250 m	4573193	5271569	*			
		312	3	Sommerbichel	Quellgebiet N Herrenröint, Quelle 3	1150 m	4573253	5271667	*			
		314	3	Sommerbichel	Quellgebiet N Herrenröint, unterer Quellbach	1100 m	4573241	5271593	*			Quellbach zu 300-308
		318	3	Sommerbichel	Quellgebiet N Herrenröint, mittlerer Quellbach	1150 m	4573272	5271623	*			Quellbach zu 300-312
		320	3	Sommerbichel	Quellgebiet N Herrenröint, unterster Quellbach bei Weinkreuzung	1100 m	4573276	5271612	*			Bach
		330	3	Sommerbichel	Quellgebiet N Herrenröint, abfließender Bach	1050 m			*			Bach
		340	3	Schönau, Klingeralm	Klingerbach	920 m	4572925	5272623	*			nicht im Park
		341	3	Schönau, Klingeralm	Klingerbach oberhalb der Alm	1000 m	4572866	5272556	*			nicht im Park
		342	3	Schönau, Klingeralm	Rheohelokrene am linken Zufluss zum Klingerbach	1000 m	4572730	5272361	*			nicht im Park
		343	3	Schönau, Klingeralm	Klingerbachquelle	1250 m	4572754	5272072	*			nicht im Park
		350	3	Schapbachboden	oberste Schapbach-Quelle; linker Quellmund	1200 m	4572131	5271922	*			
		351	3	Schapbachboden	oberste Schapbach-Quelle; rechter Quellmund	1200 m	4572124	5271941	*			
		360	3	Schapbachboden	Schapbach-Quelle, Zentrum	1170 m	4572081	5271927	*			
		370	3	Schapbachboden	Schapbach-Quellbach	1100 m	4572035	5271920	*			Quellbach zu 350-360
		375	3	Schapbachboden	Schapbach unterhalb Schapbach-alm	1050 m	4571292	5272840	*			Zoologie teilweise
		377	3	Schapbachtal	Schapbach bei Steg E Koppwand	875 m	4570751	5273312	*			Zoologie teilweise
		380	2	Ramsau	Kopperwand, Quelle 3	800 m	4570041	5273261	*			
		381	2	Ramsau	Kopperwand, Quelle 3	900 m	4570029	5273250	*			
		382	2	Ramsau	Kopperwand, Quelle 3	890 m	4570002	5273277	*			
		384	2	Ramsau	Kopperwand Quellbach von Quelle 3	800 m	4569987	5273314	*			Quellbach zu 380
		390	2	Ramsau	Kopperwand Quelle 1	900 m	4569963	5273185	*			
		394	2	Ramsau	Kopperwand Quelle 2	900 m	4569949	5273162	*			
		395	2	Ramsau	Kopperwand Quellbach von Quelle 1	850 m	4569930	5273209	*			Quellbach zu 390
		404	3	Kohlschlag	Quelle am Weg von der Köhrlint-alm zum Watzmannhaus	1520 m	4571347	5270381	*			
		408	3	Kohlschlag	Quelle am Weg vom Mitterkasar zum Watzmannhaus	1530 m	4570958	5271111	*			
		410	3	Kohlschlag	Quelle am Weg zum Mitterkasar	1330 m	4571304	5270989	*			
		412	3	Kohlschlag	Quelle am Weg zum Mitterkasar	1250 m	4571623	5270912	*			
		416	3	Kohlschlag	Quelle unterhalb Mitterkasar	1250 m	4571183	5271960	*			
		429		Hirschbichl	Quelle zwischen Bindalm und Mittereism	1370 m	4560864	5268830				
		435	1	Klaustal	Quelle SW Mittereism (Abfluß W Bind-alm)	1350 m			*			
		437	1	Hirschbichl	Quelle W Mittereism	1320 m	4560828	5269165	*			Temporär
		438	1	Hirschbichl	Quellbach W Mittereism	1310 m			*			Quellbach zu 437
		441	1	Hirschbichl	Quelle zwischen Mittereism und Hirschbichl	1270 m	4560547	5269120	*			
		442	1	Hirschbichl	Quellbach zwischen Mittereism und Hirschbichl	1250 m			*			Quellbach zu 441
		443	1	Hirschbichl	Quelle bei Bindalm	1120 m	4560288	5269203	*			
		444	1		Quelle unterhalb Bindalm				*			nur Simuliidae
		447	1	Engertalm	Quelle bei Klauswand	1070 m	4560524	5270377	*			

STRUKTUR	1	CHEMIE	ZOOLOGIE	BOTANIK	Nummer	Einzugsgebiet	Gebiet	Höhe	Koordinaten		Typologie			Bemerkung	
									X-Wert	Y - Wert	Quelle	Quellbach	Bach		Stülgewässer
					449	1	Engertalm	Quelle bei Klauswandl	1120 m	4580630	5270413	*			
					458	1	Engertalm	Klauswandl Quellbach 1	1000 m			*			Quellbach zu 459
					459	1	Engertalm	Klauswandl Quelle 1	1100 m	4580616	5270418	*			
					460	1	Engertalm	Quelle bei Klauswandl	1070 m	4580559	5270531	*			
					461	1	Klaustal	Klauswandl, nördlichste Quelle	1100 m	4580700	5270591	*			
					463	1	Engertalm	Quell zwischen Engert-alm und Engert-Haus	970 m	4580719	5270984	*			
					467	1	Klaustal	Grundübelau, Quelle NO Engert-Haus	955 m	4581060	5271318	*			
					468	1	Klaustal	Grundübelau, Quelle NO Engert-Haus	970 m	4581121	5271297	*			
					469	1	Klaustal	Grundübelau, Quelle SW Raupertalm	980 m	4581566	5271209	*			
					471	1	Klaustal	Grundübelau, Quellgebiet SW Raupertalm	970 m	4581851	5271233	*			
					475	1	Klaustal	Grundübelau, Quellgebiet SW Raupertalm	900 m	4581908	5271543	*			
					476	1	Klaustal	Ragertalm, westliche Wiesenquelle	870 m	4581939	5271650	*			
					477	1	Klaustal	Grundübelau, Quellgebiet SW Raupertalm	875 m	4582016	5271658	*			
					478	1	Klaustal	Sulzenstein-Diensthütte, Quelle	1260 m	4559722	5270324	*			
					480	1	Klaustal	Sulzensteinbach S Diensthütte	1260 m	4559641	5270504	*			
					490	1	Klaustal	Sittersbach bei Stieg	1340 m	4561310	5271871	*			nur Chironomidae
					493	1	Klaustal	Sittersbach	1850 m	4563436	5269354	*			
					494	1	Klaustal	Sittersbach	1875 m	4563391	5269191	*			
					495	1	Klaustal	Sittersbach unterhalb Mündung Quelle 496	1850 m	4563394	5269226	*			Drift
					496	1	Klaustal	Sittersbach, erste Austrittsstelle im Bachbett	1940 m	4563663	5269017	*			
					497	1	Klaustal	Hinterberghorn, Sittersbachquelle 2	1890 m	4563428	5269385	*			
					498	1	Klaustal	Hinterberghorn, oberste Sittersbachquelle	1800 m	4563834	5268953	*			
					499	1	Klaustal	Quelle unweit Ofental Diensthütte	1140 m	4562624	5270992	*			
					500	1	Klaustal	Hinterberghorn, Sittersbachquelle 1	1880 m	4563388	5269205	*			
					501	1	Grundübelau	Schwarzbrunnen zwischen Lahnwald Dienst-H. und Raupertalm	875 m	4582580	5272107	*			
					502	1	Klaustal	Lahnwald-Diensthütte, mittlere Schwarzbrunnen-Quelle	860 m	4582584	5272091	*			
					503	1	Klaustal	Lahnwald-Diensthütte, westliche Schwarzbrunnen-Quelle	860 m	4582589	5272083	*			
					506	1	Klaustal	Sittersbach	1900 m	0	0	*			temporär
					509	1	Klaustal	Ofental Diensthütte, Quelle F. Sakzopf	1350 m	4563304	5271607	*			
					511	1	Klaustal, Kalmerraben	Stierrogbrunnen b. Gruhermahd	1380 m	4563730	5271764	*			
					519	1	Klaustal	Klausbach oberhalb Hinterses, von rechts zutiefende Quelle	800 m	4564179	5273707	*			
					534	1	Ramsau	Quelle bei Fendlergraben	1060 m	4567126	5273560	*			
					536	1	Ramsau	Quelle von Erkaungraben	900 m	4567483	5273805	*			
					540	1	Ramsau	Quelle oberhalb Sommerau, am Weg zu Schürten-alm	850 m	4586646	5274133	*			
					560	2	Wimbachgries	hygropetrische Quelle am Mittergraben	1325 m	4585476	5268441	*			
					564	2	Wimbachgries	hygropetrische Quelle am Mittergraben	1300 m	4564852	5267533	*			
					570	2	Wimbachgries	Quelle oberhalb Hüterhütte	1220 m	4566931	5268448	*			
					572	2	Wimbachgries	Rheokrene E Hüterhütte W Hochmaiseck	1230 m	4566968	5268467	*			
					573	2	Wimbachgries	neu entstandener Bacharm N Quelle 217	1250 m	4586862	5268503	*			
					574	2	Wimbachgries	Östlich Austritt des Wimbaches aus dem Gries	790 m	4588331	5272006	*			

STRUKTUR	CHEMIE	ZOOLOGIE	BOTANIK	1	Nummer	Gebiet	Höhe	Koordinaten		Typologie			Bemerkung	
								X-Wert	Y-Wert	Quelle	Quellbach	Bach		Süßgewässer
						Einzugsgebiet								
					576	2 Wimbachgries	Austritt des Wimbaches aus dem Gries	780 m	4568275	5272044	*			
					578	2		780 m	4568231	5272140	*			
					580	2 Wimbachgries	Quelle östlich des Wimbaches	750 m	4568578	5272732	*			
					582	2 Wimbachgries	Quelle östlich des Wimbaches	750 m	4568578	5272722	*			
					584	2 Wimbachgries	Quelle östlich des Wimbaches	710 m	4568887	5273224	*			
					585	2 Wimbachgries	Quelle SW Wimbachklamm	730 m	4568924	5273420	*			
					587	2 Wimbachgries	Quellbach SW Wimbachklamm	740 m	4568962	5273472	*			Quellbach von 585
					588	2 Ramsau	Quellreihe östlich Wimbachklamm am Weg zur Eckaualm	760 m	4568917	5273512	*			
					592	2 Ramsau	Rheokrene Wimbachklamm-Südeingang	830 m	4569300	5273392	*			
					595	2 Ramsau	Quelle westlich Wimbachklamm	735 m	4569363	5273399	*			
					596	2 Ramsau	Quelle westlich Wimbachklamm	730 m	4569372	5273415	*			
					598	2 Ramsau	Quelle westlich Wimbachklamm	737 m	4569430	5273454	*			
					602	Ramsau	Quelle an Straße zu Bartler	720 m	4569779	5273727				
					615	2 Ramsau	Koppenwand, Quellbach Exp. NW	880 m	4569914	5273127	*			
					616	2 Ramsau	Koppenwand, erste Quelle Exp. NW	880 m	4569935	5273079	*			
					617	2 Ramsau	Koppenwand, zweite Quelle Exp. NW	900 m	4569940	5273080	*			
					633	5	N Mooscheibe Quelle SF Halsköpfl	1600 m	4573572	5263684	*			
					644	5 Wasseralm	Quelle am Röthbach	1430 m	4575958	5262296	*			
					645	5 Wasseralm	Quelle unterhalb der Diensthütte	1400 m			*			
					648	5 Wasseralm	Quelle des Baches zur Branntweinbrennhütt	1460 m	4576029	5262097	*			
					652	5 Teufelshorn	Quelle unterhalb der Schabaualm	1450 m	4576298	5261958	*			
					653	5 Teufelshorn	Quellbach unterhalb der Schabaualm	1450 m	4578322	5261993	*			Quellbach zu 652
					656	5 Teufelshorn	Quelle oberhalb der Schabaualm	1500 m	4578444	5261770	*			
					657	5 Teufelshorn	Quellbach oberhalb der Schabaualm	1480 m	4576409	5261806	*			Quellbach zu 656
					662	5 Wasseralm	Quelle bei Oberer Röth-Alm	1670 m	4578909	5261783	*			
					666	5		1340 m	4578182	5262733	*			
					670	5 Wasseralm	Quelle unterhalb Hansauerlauwand	1305 m	4578857	5263459	*			
					676	5 Landtalgraben	Quelle am linken Ufer W Hochsäl	1300 m	4578675	5264502	*			
					677	5 Landtalgraben	Quellbach am linken Ufer W Hochsäl	1300 m	4578640	5264353	*			Quellbach zu 676
					680	5 Landtalgraben	Quelle SW Kahlersberg	1450 m	4578790	5265129	*			
					681	5 Landtalgraben	Quellbach SW Kahlersberg	1450 m	4578853	5264973	*			Quellbach zu 680
					696	3 Sommerbichel	Quelle SW Herrenröint	1800 m	4573103	5271336	*			Großflächige Quelle mit zwei Mündern in der Nähe von Herrenröint (Heike Howein 6/2004)
					697	3 Sommerbichel	Quellbach SW Herrenröint	1290 m	4573109	5271327	*			Quellbach zu 696
					698	3 Sommerbichel	Rheokrene S Herrenröint	1300 m	4573172	5271095	*			Quelle direkt am Weg in der Nähe von Herrenröint (Heike Howein 6/2004)
					699	3 Sommerbichel	Quellbach S Herrenröint	1280 m			*			Quellbach zu 698
					700	3 Sommerbichel	Helokrene S Herrenröint	1270 m	4573227	5271089	*			flächige, sumpfige Quelle etwas unterhalb von 698 (Heike Howein 6/2004) (unterhalb Weg ?)
					706	4 Schrainbachtal	Quelle bei Hachelklause	940 m	4571404	5265574	*			
					708	4 Schrainbachtal	Quellen Hachelklause	940 m	4571392	5265519	*			
					710	4 Saugasse	Quelle bei Oberlahner	1335 m	4570001	5264248	*			
					712	4 Sigeretplatte	Quelle bei Sigeretplatte	1470 m	4569568	5265127	*			
					718	4 Hundstod	Linnokrene zwischen Rauhen Köpfen und Graskopf	1860 m	4568457	5265331	*			
					719	4 Hundstod	Quellbach zwischen Rauhen Köpfen und Graskopf	1860 m	4568524	5265407	*			Quellbach zu 718
					722	4 Hundstod	Hundstodgruben	1850 m	4568208	5265397	*			
					723	4 Hundstod	Hundstodgruben	1850 m	4569451	5262223	*			
					724	4 Hundstod	Quelle am Weg zwischen Ingolstädter Haus und Kärntner Haus	1830 m	4568815	5263187	*			Heike: 49
					725	4 Hundstod	Westliche Wasserhöhe-Quelle	1820 m			*			

STRUKTUR	↑	CHEMIE	ZOOLOGIE	BOTANIK	Nummer	Einzugsgebiet	Gebiet	Höhe	Koordinaten		Typologie			Bemerkung		
									X-Wert	Y-Wert	Quelle	Quellbach	Bach		Stilgewässer	
*					726	4	Hundstod	Quelle am Weg zwischen Ingolstädter Haus und Kärntner Haus	1820 m	4569055	5262699	*				
					729	4	Hundstod	Gjaischneid Seelein, Ponor	2098 m	4568141	5264409				*	
					730	4	Hundstod	Hundstodgruben Quelle West	1800 m	4568121	5265306	*				
					731	4	Hundstod	Hundstodquelle 1 NW Grenzköpfe	2030 m	4567523	5263681	*				
					732	4	Wasserhöhe	Tümpel	1830 m	4569113	5262563			*		
					734	4	Schönegg	Quelle	1860 m	4569461	5262126	*				
					735	4	Schönegg	Kleintümpel bei Quelle	1860 m	4569470	5262132			*	Tümpel	
					736	4				4570441	5262999	*			Zoologie teilweise	
					737	4	Schönegg	Quelle	1850 m	4569451	5262190	*				
					738	4	Sageregg Alm	Quelle 1	1360 m	4572420	5264178	*				
					739	4	Halsgrube	Moorsee Halsgrube	1500 m	4573040	5264143			*		
					740	4	Sageregg Alm	Quelle	1370 m	4572390	5264217	*				
					741	4	Schwarzensee	Quellen SE Ufer	1570 m	4573065	5263477	*				
					742	4	Grünseealm	Quellen Grünseebach	1600 m	4572608	5262699	*				Zoologie teilweise
					743	4	Schwarzensee	Ponor	1565 m	4573027	5263573			*		
					744	4	Grünseealm	Rheokrene	1600 m	4572624	5262663	*				
					750	4	Feld-Alm	Rheokrene S Almhütte (unterhalb Stuhlwald)	2000 m	4571780	5261726	*				
					751	4	Feld-Alm	hydropetrische Quelle am Südhorn	2000 m	4571896	5261689	*				
					754	4	Funtensee	Quellbach ca. 100 m E Diensthütte	1700 m	4571464	5261715	*				
					755	4	Funtensee	Quelle ca. 100 m E Diensthütte	1700 m	4571079	5261910	*				
					756	4	Rennergraben	Quelle Hütte am Stein	1650 m	4571290	5261786	*				
					757	4	Funtensee	E Ufer	1600 m	4570972	5262048			*		
					762	4	Schottmalhorn	untere Stuhlgabenquelle	1750 m	4571643	5261339	*				
					764		Schottmalhorn	obere Stuhlgabenquelle								
					765	4	Schottmalhorn	mittlere Stuhlgabenquelle	1820 m	4571749	5261112	*				
					766	4	Schottmalhorn	obere Stuhlgabenquelle	1910 m	4571845	5261013	*				
					767	4	Schottmalhorn	obere Stuhlgabenquelle, Quellbach	1900 m				*			
					776	6	Priesbergalm	Quelle des Abwärtsrabens	1780 m	4577019	5268351	*				
					780	6	Landtalgraben	Quelle am Seeleinsee	1835 m	4577703	5267280	*				temporär
					784	5	Landtalgraben	Quelle N Mitterhütten	1750 m				*			
					788	6	Gotzenalm	Kaunersteig b. Kaun-Holzstube, Quelle und Quellbach	1300 m	4574170	5265888	*				
					796	6	Gotzenalm	Bärenköpf, Pfützen bei großer Helokrene	1690 m	4575386	5267008			*		
					797	6	Gotzenalm	Bärenköpf, kleine Helokrene	1690 m	0	0	*				
					798	6	Gotzenalm	Bärenköpf, große Helokrene	1690 m	4575268	5267052	*				
					801	6	Priesbergalm	Am Pfad zum Abwärtsraban	1500 m	4576374	5262699	*				
					802	6				4575176	5267387				Zoologie teilweise	
					804	6	Gotzenalm	Holzstube, teilweise gefasste Quelle W der Fabstrasse	1100 m	4575314	5269067	*				
					805	6			970 m	4574934	5269380	*				
					807	6	Priesberg-Alm	Quellbach W Diensthütte	1400 m	4576437	5269183	*				
					808	6	Priesberg-Alm	Quelle W Diensthütte	1460 m	4576366	5269042	*				Einzelquelle (?) im großen quelligen Feuchtgebiet der Priesbergalm (Heike Howein 8/2004)
					809	6	Priesberger Moos	Helokrene S Weg zur Priesberg-Alm	1400 m				*			
					810		Priesberg-Alm	Oberste Quelle bei Alm-Gebäuden								
					812	6	Priesberger Moos	Rheokrene N Weg zur Priesberg-Alm	1400 m	4576468	5269403	*				
					814	6	Königstal-Alm	Quelle bei Alm-Gebäuden	1530 m	4577869	5270127	*				
					816	6	Königstal-Alm	Quelle NE Bärenwand	1550 m	4577692	5270429	*				
					818	6	Schnelsteinhaus	Quelle bei Schnelsteinhaus	1820 m	4578427	5270700	*				
					822	6	Watzmann	Zirbeneck, Quelle 1 Exp. NW	1400 m	4576708	5268845	*				
					823	6	Watzmann	Zirbeneck, Quelle 2 Exp. NW	1380 m				*			
					824	6	Watzmann	Zirbeneck, Quellbach Exp. NW	1350 m	4578513	5269914	*				Quellbach zu 822/823, oben

STRUKTUR	1	Nummer	Gebiet	Höhe	Koordinaten		Typologie			Bemerkung	
					X-Wert	Y-Wert	Quelle	Quellbach	Bach		Stilgewässer
CHEMIE	ZOOLOGIE	BOTANIK	Einzugsgebiet								
		825	6 Walzmann	Zirbeneck, Quellbach Fxn. NW	1300 m			*			Quellbach zu 822/823, unten
		826	6 Königsbach- Alm	Quelle SE Holzstube	1200 m	4576426	5270331	*			
		827	6 Königsbach- Alm	Quellbach SE Holzstube	1200 m	4576395	5270314	*			Quellbach zu 826
		828	6 Königsbach- Alm	Quelle NO Holzstube		4576104	5270588	*			Zoologie teilweise
		833	6 Jenner	Strub-Alm	1285 m	4576136	5270982	*			
		835	6 Jenner	Strub-Alm, südliche Hölkrene am Waldrand	1350 m	4576155	5271010	*			
		840	6 Jenner	Strub-Alm	1295 m	4576072	5271104	*			
		842	6 Jenner	Quelle SE Strubkopf	1280 m	4576180	5271011	*			
		846	6 Jenner	Strub-Alm	1290 m	4576114	5271540	*			
		847	6 Jenner	Nationalparkgrenze, an Strasse zu Königsbach-Alm	1155 m	4576281	5272246	*			
		850	6 Pfaffenkegel	Quelle SW Pfaffenkegel	1730 m	4578219	5271378	*			
		852	6 Jenner	Quelle bei Schneibsteinhaus	1695 m	4578438	5271081	*			
		862	4 Königssee	Quelle linkes Ufer Zufluß vom Obersee (S. Sallet-alm)	604 m	4573534	5265207	*			Quellfassung
		863	4 Königssee	Quelle 1 unter Sagereckwand	604 m	4572790	5265330	*			limnokrene
		864	4	Quelle 3 unter Sagereckwand	604 m	4572650	5265485	*			3 m unterhalb oberen Quellstritt, mit 865 vergleichen
		865	4 Königssee	Quelle 2 unter Sagereckwand	604 m	4572660	5265544	*			
		866	4 Königssee	Quellbach zu Quelle 2 unter	604 m	4578255	5274297	*			Quellbach zu 865
		943	6 Pfaffenkegel	Quellbach E Mitterkaser Alm	1600 m	4578115	5271751	*			Quellbach zu 944
		944	6 Pfaffenkegel	Quelle E Mitterkaser Alm	1650 m	4578157	5271751	*			
		946	6 Pfaffenkegel	Quelle E Mitterkaser Alm	1695 m	4577927	5271607	*			
		948	6 Pfaffenkegel	Quelle E Mitterkaser Alm	1600 m	4577964	5271764	*			
		953	6 Pfaffenkegel	Quelle E Mitterkaser Alm	1745 m	4577968	5271517	*			
		978	Schwarzbach- Alm	Schwarzbachloch	830 m	4563727	5277835	*			
		1200	Hundstod	Hundstodgatterl	2120 m	4568105	5264432	*			
		A 209 (Österreich)	7 Steinernes Meer E Rotwandl	Lacke	1990 m			*			
		A 210 (Österreich)	7 Steinernes Meer E Rotwandl	Schwarze Lacke	2030 m			*			
		A 210a (Österreich)	7 Steinernes Meer SE Rotwandl	Wunderquelle	2000 m			*			
		A 211 (Österreich)	7 Steinernes Meer Weißbachscharte	Wegscheidquelle	2150 m			*			
		A 258 (Österreich)	7 Steinernes Meer	untere Rotwasserquelle	1875 m			*			
		A 270 (Österreich)	7 Hochwies	Quellfeld NW Dießbacherck - Ost	1850 m			*			
		A 274 (Österreich)	7 Seehornbach	Quelle	2020 m			*			
		A 277 (Österreich)	7 Hochwies Kühleitenschneid	Moosquelle	1870 m			*			
		A 278 (Österreich)	7 Hochwies Kühleitenschneid	Dolomitquelle 2	1880 m			*			
		A 292 (Österreich)	7 Viehkogetal	Ponor bei Hütte	1887 m			*			
		A 293 (Österreich)	7 Viehkogetal	Hüttenquelle	1890 m			*			
		ohne Nr	1 Kleinsch-Drill bei Lahnwald Dienstbütte					*			Zoologie teilweise
		ohne Nr	6 Königsbach					*			Zoologie teilweise
		ohne Nr	6 Königsbach/Alm					*			Zoologie teilweise
		ohne Nr	5 Laxdalgraben					*			Zoologie teilweise
		ohne Nr	6 Priesberger Moos					*			Zoologie teilweise

In der Reihe der Forschungsberichte sind erschienen:

- Nr. 1 G. Enders  
**Theoretische Topoklimatologie**
- Nr. 2 R. Bochter, W. Neuerburg, W. Zech  
**Humus und Humusschwund im Gebirge**
- Nr. 3 Herausgeber Nationalparkverwaltung  
**Zur Situation der Greifvögel in den Alpen**
- Nr. 4 G. Enders  
**Kartenteil: Theoretische Topoklimatologie**
- Nr. 5 O. Siebeck  
**Der Königssee - Eine limnologische Projektstudie**
- Nr. 6 R. Bochter  
**Böden naturnaher Bergwaldstandorte auf carbonatreichen Substraten**
- Nr. 7 Herausgeber Nationalparkverwaltung  
**Der Funtensee**
- Nr. 8 H. Schmid-Heckel  
**Zur Kenntnis der Pilze in den Nördlichen Kalkalpen**
- Nr. 9 R. Boller  
**Diplopoden als Streuzersetzer in einem Lärchenwald**
- Nr. 10 E. Langenscheidt  
**Höhlen und ihre Sedimente in den Berchtesgadener Alpen**
- Nr. 11 Herausgeber Nationalparkverwaltung  
**Das Bärenseminar**
- Nr. 12 H. Knott  
**Geschichte der Salinenwälder von Berchtesgaden**
- Nr. 13 A. Manghabati  
**Einfluß des Tourismus auf die Hochgebirgslandschaft**
- Nr. 14 A. Spiegel-Schmidt  
**Alte Forschungs- und Reiseberichte aus dem Berchtesgadener Land**
- Nr. 15 H. Schmid-Heckel  
**Pilze in den Berchtesgadener Alpen**
- Nr. 16 L. Spandau  
**Angewandte Ökosystemforschung im Nationalpark Berchtesgaden**
- Nr. 17 W. Berberich  
**Das Raum-Zeit-System des Rotfuchses**
- Nr. 18 U. Mäck, R. Bögel  
**Untersuchungen zur Ethologie und Raumnutzung von Gänse- und Bartgeier**
- Nr. 19 B. Dittrich, U. Hermsdorf  
**Biomonitoring in Waldökosystemen**
- Nr. 20 F. Kral, H. Rall  
**Wälder - Geschichte, Zustand, Planung**
- Nr. 21 M. Klein, R.-D. Negele, E. Leuner, E. Bohl, R. Leyerer  
**Fischbiologie des Königssees: Fischereibiologie und Parasitologie**
- Nr. 22 W. Traunspurger  
**Fischbiologie des Königssees: Nahrungsangebot und Nahrungswahl, Bd. I**
- Nr. 23 R. Gerstmeier  
**Fischbiologie des Königssees: Nahrungsangebot und Nahrungswahl, Bd. II**
- Nr. 24 W. Hecht, M. Förster, F. Pirchner, R. Hoffmann, P. Scheinert, H. Rettenbeck  
**Fischbiologie des Königssees: Ökologisch-genetische Untersuchungen am Seesaibling und Gesundheitsstatus der Fische**
- Nr. 25 G. Hofmann  
**Klimatologie des Alpenparks**
- Nr. 26 K. Rösch  
**Einfluß der Beweidung auf die Vegetation des Bergwaldes**
- Nr. 27 H. Remmert, P. G. Rey, W. R. Siegfried, W. Scherzinger, S. Klaus  
**Kleinstmögliche Populationen bei Tieren**
- Nr. 28 B. Müller, W. Berberich, A. David  
**Schalenwild**
- Nr. 29 J. Köppel  
**Beitrag der Vegetation zum Wasserhaushalt**
- Nr. 30 H. Zierl et al.  
**Die Wallfahrt über das Steinerne Meer**
- Nr. 31 P. Pechacek  
**Spechte im Nationalpark Berchtesgaden**
- Nr. 32 Chr. Dommermuth  
**Beschleunigte Massenabtragung im Jennergebiet**
- Nr. 33 R. Bögel  
**Untersuchungen zur Flugbiologie und Habitatnutzung von Gänsegeiern**
- Nr. 34 A. Schuster  
**Singvögel im Biosphärenreservat Berchtesgaden**
- Nr. 35 M. Höper  
**Moose - Arten, Bioindikation, Ökologie**
- Nr. 36 T. Barthelmeß  
**Die saisonale Planktonszukzession im Königssee**
- Nr. 37 W. Lippert, S. Springer, H. Wunder  
**Die Farn- und Blütenpflanzen des Nationalparks**
- Nr. 38 G. Gödde  
**Die Holzbringung um den Königssee**
- Nr. 39 A. Stahr  
**Bodenkundliche Aspekte der Blaikenbildung auf Almen**
- Nr. 40 R. Braun  
**Die Geologie des Hohen Gölls**
- Nr. 41 F. Gloßner, R. Türk  
**Die Flechtengesellschaften im Nationalpark Berchtesgaden und dessen Vorfeld**
- Nr. 42 R. Türk, H. Wunder  
**Die Flechten des Nationalparks Berchtesgaden und angrenzender Gebiete**
- Nr. 43 V. Konnert, J. Siegrist  
**Waldentwicklung im Nationalpark Berchtesgaden von 1983 bis 1997**
- Nr. 44 S. Schmidlein  
**Aufnahme von Vegetationsmustern auf Landschaftsebene**
- Nr. 45 U. Brendel, R. Eberhardt, K. Wiesmann-Eberhardt, W. d'Oleire-Oltmanns  
**Der Leitfaden zum Schutz des Steinadlers in den Alpen**
- Nr. 46 Herausgeber Nationalparkverwaltung  
**Forschung im Nationalpark Berchtesgaden von 1978 bis 2001**
- Nr. 47 Th. Rettelbach  
**Die Antagonisten des Buchdruckers im Nationalpark Berchtesgaden**
- Nr. 48 P. Pechacek, W. d'Oleire-Oltmanns  
**International Woodpecker Symposium**
- Nr. 49 V. Konnert  
**Standortkarte Nationalpark Berchtesgaden**
- Nr. 50 K. Fischer  
**Geomorphologie der Berchtesgadener Alpen**

Zu beziehen über die  
Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, Doktorberg 6, D-83471 Berchtesgaden

