

## 6 Permafrost und Gewässerökologie

**Im Rahmen des Arbeitspaketes 4 wurden die Auswirkungen von abschmelzendem Permafrost, insbesondere von Blockgletschern, auf die Ökologie von Fließgewässern und Seen untersucht.**

### 6.1 Quellen und Bäche mit Blockgletschereinfluss

Birgit Lösch, Monica Tolotti, Renate Alber

#### Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Studie wurden Fließgewässer mit und ohne Blockgletschereinfluss untersucht. Analysiert wurden chemisch physikalische Parameter des Wassers sowie die Benthosfauna und die Diatomeenflora. Die blockgletscherbeeinflussten Fließgewässer sind durch niedrige Temperatur, hohe Leitfähigkeit, hohe Sulfat-, Magnesium- und Kalziumwerte sowie teilweise auffällig hohe Metallwerte charakterisiert. Biodiversität und Abundanz von Gewässerorganismen (Makro- und Meiozoobenthos sowie Diatomeen) sind in den blockgletscherbeeinflussten Gewässern deutlich niedriger als in unbeeinflussten Gewässern.

Die Makrozoobenthosfauna ist in blockgletscherbeeinflussten Gewässern grundsätzlich ähnlich zusammengesetzt wie in Gletscherbächen. Bei den vorkommenden Arten handelt es sich vorwiegend um Chironomidae-Larven der Unterfamilien Diamesinae und Orthocladinae. Hohe Metallgehalte haben sich als stark limitierender Faktor für das Makrozoobenthos herausgestellt. In den meisten der untersuchten Gewässer herrschen oligotraphente Diatomeenarten vor. Trotz der vorkommenden Schwermetalle konnten keine teratogenen Formen festgestellt werden. Von den chemischen Faktoren abgesehen trägt auch die geographische Lage der Probenpunkte zu Unterschieden in der Artenzusammensetzung bei.

#### Abstract

For this project running waters with and without influence of rockglaciers were studied. Various chemical and physical parameters, benthic fauna and diatoms were analysed. Running waters influenced by rockglaciers present low water temperature, high conductivity levels, high concentrations of sulphate, magnesium and calcium and often also high levels of metals. Diversity and abundance of aquatic organisms (macro and meiobenthic fauna and diatoms) in the stretches of water affected by rockglaciers are clearly lower than in reference stretches of water unaffected by them. The macrobenthical fauna in running waters influenced by rockglaciers is very similar to the fauna of running waters fed by glaciers. The most common taxa are larvae of chironomids of the subfamilies of Diamesinae and Orthocladinae. The high levels of metals represent a clear limiting factor for the macrozoobenthos. In most of the running waters analysed oligotraphentic diatoms dominate.

Despite the high concentration of heavy metals no teratological forms were found. Apart from the chemical factors also the geographical position of the sampling points influences the differences in the diatom species composition.

### 6.1.1 Einleitung

Im Hochgebirge werden drei Arten von Fließgewässerökosystemen unterschieden: Gewässer mit glazialen, mit krenalen und mit pluvionivalem Ursprung. Jeder der drei Typen weist besondere hydrologische Bedingungen sowie unterschiedliche chemische und physikalische Eigenschaften auf. Die unterschiedlichen Umweltbedingungen beeinflussen wiederum die Zusammensetzung der Gewässerorganismen (Ward, 1994). Ändern sich Umweltbedingungen, so sind auch Änderungen in der Organismenzusammensetzung zu erwarten (Hannah et al., 2007). Daher können Organismen wie Kieselalgen und Makrozoobenthos als Bioindikatoren für chemische und physikalische Veränderungen im Wasser verwendet werden (Füreder, 2007).

Während es bereits einige Arbeiten zu Flora und Fauna in hochalpinen Fließgewässern im Allgemeinen gibt (z.B. Rott et al., 2006; Gesierich

& Rott, 2012; Füreder et al., 1998; Füreder et al., 2001; Schütz et al., 2001; Lencioni et al., 2012), befassen sich nur einzelne Arbeiten mit Lebewesen von blockgletscherbeeinflussten Gewässern (Thies et al., 2013). Die vorliegende Arbeit liefert interessante Erkenntnisse über Flora und Fauna dieser sehr speziellen Gewässer.

2012 und 2013 wurden in Südtiroler und Nordtiroler Permafrostgebieten chemisch-physikalische und biologische Untersuchungen von Quellen und Bächen durchgeführt.

Ziel der Untersuchung war es festzustellen, ob sich die chemischen Verhältnisse und die Zusammensetzung der Lebewesen in Bächen, die von Blockgletschern beeinflusst sind, von Bächen ohne diesen Einfluss (so genannten Referenzbächen) unterscheiden.

Außerdem sollte untersucht werden, ob und welchen Einfluss verschiedene chemische Parameter bzw. das Vorkommen von Metallen auf die Gewässerlebewesen haben.

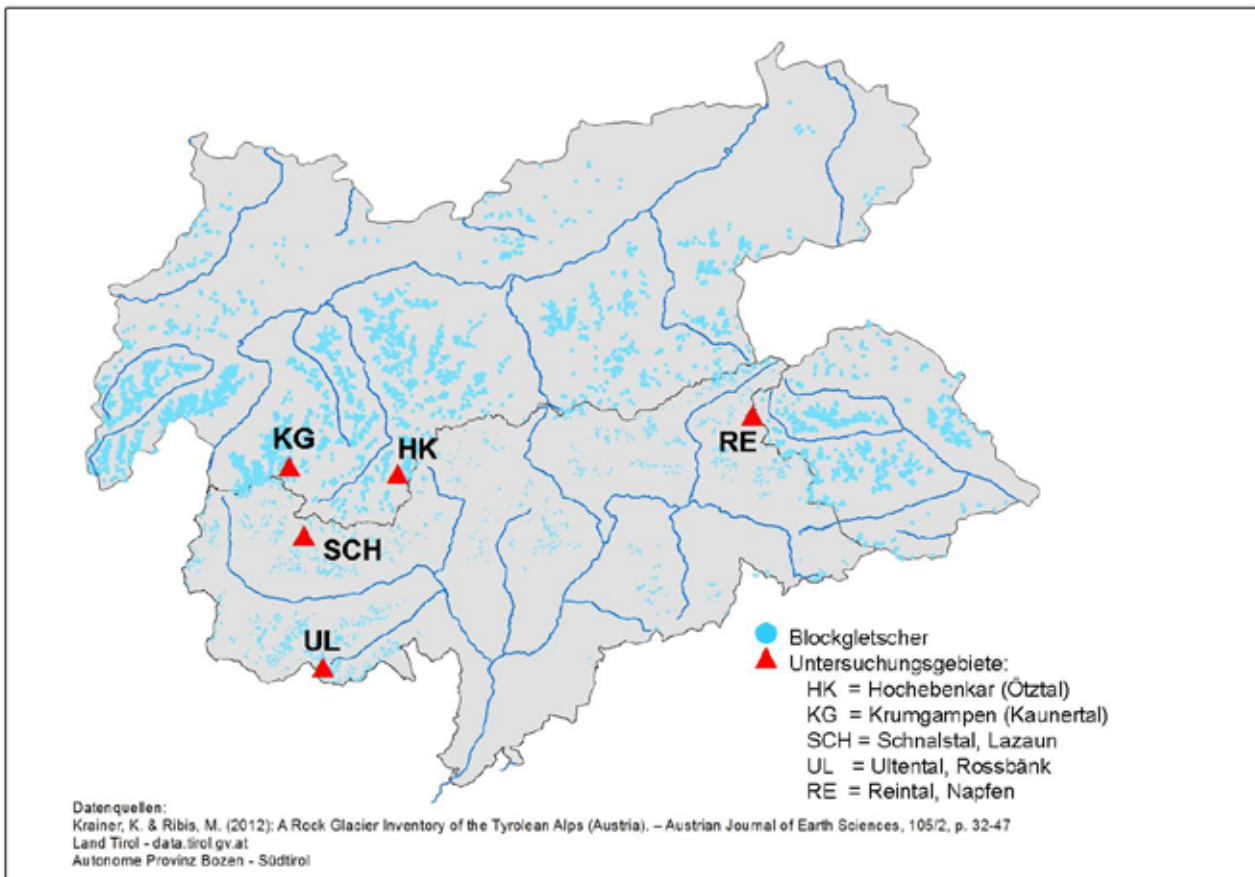


Abb 1: Untersuchungsgebiete in Süd- und Nordtirol

### 6.1.2 Untersuchungsgebiet und Methoden

Für das Projekt wurden Gewässer in 5 Gebieten Süd- und Nordtirols untersucht. Die Untersuchungsgebiete (Abb 1) befinden sich in Ulten (Rossbänk), in Schnals (Lazaun), im Reintal (Napfen), im Ötztal (Hochebenkar) und im Kaunertal (Krumgampen). Alle Gebiete liegen am Alpenhauptkamm bzw. in der Ortlergruppe und weisen silikatisches Gestein auf.

In jedem der Gebiete wurden drei Probenstellen definiert, die folgende Kriterien aufweisen sollten:

1. Blockgletscherquelle (BGQ): Wasseraustritt unmittelbar an der Blockgletscherstirn,
2. Blockgletscherbach (BGB): Wasseraustritt des Blockgletschers, etwa 50-100 m unterhalb der BGQ (Abb 2),
3. Referenzbach (REF): ein bezüglich Meereshöhe, Struktur, Größe und Distanz zur Quelle dem BGB möglichst ähnliches Gewässer, aber pluvio-nivalen Ursprungs (also ohne Blockgletschereinfluss).

In manchen Untersuchungsgebieten (z. B. Lazaun, Abb 3) entsprechen alle Probenstellen den Kriterien, in einigen Untersuchungsgebieten konnten



Abb 2: Blockgletscherbach, im Hintergrund der Blockgletscher Rossbänk (Ulten)

hingegen nicht alle Kriterien erfüllt werden. So ist der Referenzbach in Ulten vermutlich nicht ohne Blockgletschereinfluss, der Referenzbach im Reintal weist eine viel geringere Wasserführung als der Blockgletscherbach auf, der Blockgletscherbach im Kaunertal ist nur 10 m von der Blockgletscherquelle entfernt und der Referenzbach im Ötztal wird vom Blockgletscherbach beeinflusst. Generell war es relativ schwierig, vergleichbare Probenstellen in den unterschiedlichen Untersuchungsgebieten zu finden.

An allen Probenstellen (Tab 1) wurden chemisch-physikalische sowie biologische Parameter erhoben. Die Beprobung erfolgte nach Möglichkeit zwei Mal, und zwar im Frühsommer und im Herbst. Temperatur, Leitfähigkeit und Sauerstoffgehalt wurden vor Ort gemessen. PH-Wert und chemische Zusammensetzung (Hauptionen und Nährstoffe) wurden im Biologischen Labor der Landesagentur für Umwelt bestimmt. Die Analyse der Metalle erfolgte durch die Universität Innsbruck. Für die biologische Charakterisierung der Quellen und Bäche wurden Zoobenthos-Proben sowie Kieselalgen-Proben (letztere nur im Herbst) entnommen.

Als Zoobenthos werden kleine wirbellose Tiere, die am Gewässergrund leben, bezeichnet. Nach der Größe unterscheidet man Makrozoobenthos (> 1 mm), Meiozoobenthos (0,063 - 1 mm) und Mikrozoobenthos (< 0,063 mm). Zum Makrozoobenthos (Abb 4) zählen u. a. Ringelwürmer, Strudelwürmer und Insektenlarven (z.B. Steinfliegen, Eintagsfliegen, Köcherfliegen, Zweiflügler, Käfer). Wichtige Vertreter des Meiozoobenthos sind Fadenwürmer, Kleinkrebse und Rädertiere.

Für das Projekt wurde an allen Probenstellen das Makro- und das Meiozoobenthos erfasst. Die Beprobung erfolgte im Frühsommer und wurde im Herbst nach Möglichkeit wiederholt (im Ötztal wurde keine Herbstbeprobung durchgeführt, die Blockgletscherquelle im Kaunertal war im Herbst trocken und somit nicht beprobbar, Blockgletscherquelle und -bach in Ulten waren im Herbst trocken und wurden durch die Beprobung einer weiteren Blockgletscherquelle und eines weiteren Blockgletscherbaches in der Nähe ersetzt, siehe Tab 1).

Für die semi-quantitative Beprobung wurde der Gewässergrund aufgewühlt und die Tiere wurden samt Sediment und Detritus mit einem Netz

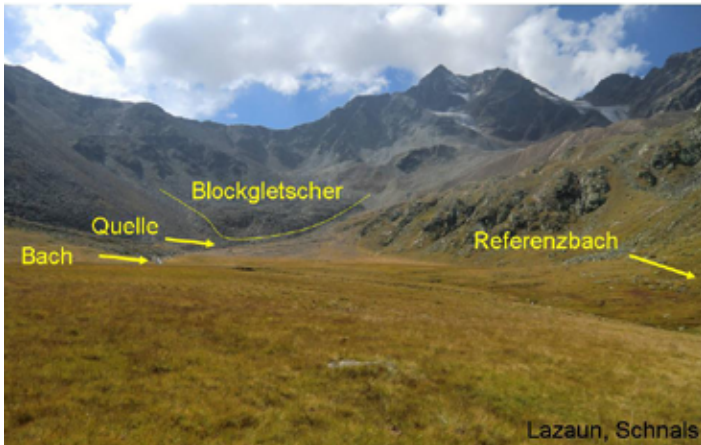


Abb 3: Lage der Probenstellen in Lazaun (Schnals)



Abb 4: Makrozoobenthos



Abb 5: Beprobung des Makro- und Meiozoobenthos



Abb 6: Kieselalgen unter dem Mikroskop



Abb 7: Beprobung von Kieselalgen mit Hilfe einer Zahnbürste

Untersuchungsgebiet	Kodex	Meereshöhe [m]	Beprobung		Leitfähigkeit µS/cm	Temperatur °C	pH	NH4 µg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	SO4 mg/l	NO3 mg/l	Cl mg/l
	Probenstelle		Sommer	Herbst											
Ulten / Rossbänk	UL_BGQ	2460 bzw. 2290*	x	x	83	1,2	5,0	2,6	9,4	4,7	1,17	0,69	45,5	1,36	0,09
	UL_BGB	2445 bzw. 2290*	x	x	73	2,9	5,3	2,6	8,1	4,0	1,04	0,63	38,5	1,38	0,09
	UL_REF	2275	x	x	97	6,9	7,0	5,8	13,8	3,7	0,96	0,81	39,6	1,24	0,10
Schnals / Lazaun	SCH_BGQ	2485	x	x	129	2,3	6,5	9,0	23,3	4,4	0,92	1,37	76,2	1,01	0,10
	SCH_BGB	2465	x	x	127	1,9	6,8	12,2	24,7	3,9	0,73	1,10	75,7	1,13	0,12
	SCH_REF	2455	x	x	11	10,4	6,0	11,6	1,5	0,2	0,26	0,10	2,6	0,54	0,07
Rein / Napfen	RE_BGQ	2600	x	x	84	1	7,2	4,5	16,3	2,6	0,83	1,40	36,3	1,57	0,10
	RE_BGB	2590	x	x	93	3,6	7,5	7,1	15,1	2,5	0,87	1,31	31,4	1,50	0,11
	RE_REF	2620	x	x	32	4,9	6,6	3,2	4,7	0,8	0,69	0,38	8,2	2,17	0,13
Ötztal / Hochebenkar	HK_BGQ	2550	x		360	0,8	6,7	19,3	35,4	18,5	1,59	1,54	147,7	0,59	0,34
	HK_BGB	2550	x		304	3,4	5,4	10,3	27,3	14,2	1,29	1,30	115,3	0,50	0,63
	HK_REF	2550	x		47	7,9	4,8	6,4	3,5	1,9	0,35	0,48	15,4	0,39	0,55
Kaunertal / Krumgampen	KG_BGQ	2460	x		362	0,6	4,5	0,0	32,3	22,8	2,67	1,96	199,1	1,10	0,28
	KG_BGB	2460	x	x	430	1,4	4,6	0,0	38,4	30,4	3,06	2,17	248,7	1,28	0,35
	KG_REF	2460	x	x	37	11,5	7,5	0,0	7,6	0,3	0,39	0,23	3,7	0,36	0,07

Tab 1: Übersicht der Probenstellen in den 5 Untersuchungsgebieten. Bei der Sommerbeprobung wurden chemisch-physikalische Parameter, Metalle und Zoobenthos erhoben. Bei der Herbstbeprobung wurden zusätzlich die Kieselalgen erhoben. Die chemisch-physikalischen Parameter sind Mittelwerte der Sommer- und Herbstbeprobung.

(\*Da die im Sommer beprobte Stelle im Herbst trocken war, wurde im Herbst eine etwas niedriger gelegene vergleichbare Probenstelle in der Nähe beprobt.)

(Maschenweite 100 µm) eingefangen (Abb 5). Die Beprobung erfolgte für 5 Minuten auf mineralischem Substrat und – sofern vorhanden – für 2 Minuten auf Moosen, wobei die beiden Proben getrennt gehalten wurden. Die Sortierung der Tiere aus den Proben erfolgte unter einem Auflichtmikroskop. Die Bestimmung der Arten wurde vom Technischen Büro für Ökologie ARGE Limnologie, Innsbruck, durchgeführt.

Kieselalgen sind einzellige Algen, die in Gewässern auf Steinen, Pflanzen und dem Sediment vorkommen (Abb 6). Aus der Artenzusammensetzung kann man Rückschlüsse auf den ökologischen Zustand eines Gewässers ziehen. Für das Projekt wurden Kieselalgen einmalig im Rahmen der Herbstbeprobung entnommen, indem mit Hilfe einer Zahnbürste der Biofilm von Steinen gebürstet wurde (Abb 7). Nach der Präparation im Labor wurden sie bei 1000-facher Vergrößerung unter dem Mikroskop bestimmt. In jeder Probe wurden – sofern vorhanden – mindestens 400 Schalen gezählt. Die Bestimmung erfolgte anhand Hofmann et al. (2013), Krammer &

Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a, 1991b, 2000) und Lange-Bertalot (2000, 2001, 2002, 2003).

Für die statistische Auswertung wurde die Euklidische Distanz-Matrix der Häufigkeit der Makrozoobenthostaxa und die prozentuelle Verteilung der Diatomeenarten einer nicht-metrischen Multidimensionalen Skalierung (NMDS, Taguchi & Oono, 2005) unterzogen. Das NMDS wurde mit Hilfe der Software PAST (Hammer 2013) berechnet und in einem zweidimensionalen Koordinatensystem dargestellt. Die abiotischen Faktoren der einzelnen Probenstellen wurden in die statistische Analyse mit einbezogen und als Vektoren im Diagramm dargestellt.

### 6.1.3 Ergebnisse und Diskussion

#### 6.1.3.1 Chemisch-physikalische Parameter

Die Wassertemperatur ist in den Blockgletscherquellen und –bächen viel niedriger als in den unbeeinflussten Referenzgewässern, während

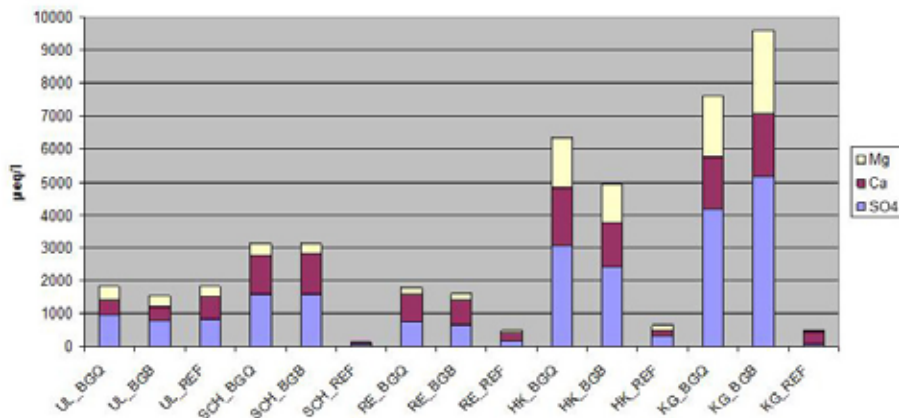


Abb 8: Einige chemische Parameter an den verschiedenen Probenstellen. Magnesium (Mg), Kalzium (Ca), und Sulfat (SO<sub>4</sub>) sind an der blockgletscherbeeinflussten Probenstellen viel höher als in den unbeeinflussten Referenzbächen (Ausnahme Standort Ulten). BGQ=Blockgletscherquelle, BGB=Blockgletscherbach, REF=Referenzbach, UL=Ulten, SCH=Schnals, RE=Reintal, HK=Ötztal, KG=Kaunertal

es sich bei der elektrischen Leitfähigkeit genau umgekehrt verhält. Mithilfe dieser beiden Parameter können blockgletscherbeeinflusste Gewässer meist einfach von unbeeinflussten Gewässern unterschieden werden (Krainer & Mostler, 2002; Krainer et al., 2007).

Die chemische Zusammensetzung des Wassers von blockgletscherbeeinflussten Gewässern und Referenzgewässern ist ebenfalls sehr unterschiedlich: in den beeinflussten Gewässern sind Magnesium, Kalzium, Sulfat, Kalium und Natrium um ein Vielfaches höher als in unbeeinflussten Gewässern (Tab 1). Besonders Magnesium, Kalzium und Sulfat sind für die Unterscheidung von beeinflussten und unbeeinflussten Gewässern ausschlaggebend (Williams et al., 2006; Nickus et al., 2015) (Abb 8).

Eine Ausnahme bildet der Referenzbach am Standort Ulten: er weist ähnlich hohe Werte wie die beeinflussten Gewässer auf, was darauf schließen lässt, dass er in Verbindung mit dem Blockgletscher steht und somit nur bedingt als Referenzpunkt geeignet ist.

Was den pH-Wert betrifft, liegen alle Probenstellen im sauren bis circumneutralen Bereich. Als besonders sauer erwiesen sich Blockgletscherquelle

und Blockgletscherbach in Ulten und im Kaunertal sowie der Referenzbach im Ötztal (Tab 1).

### 6.1.3.2 Metalle

Die Analyse des Metallgehalts im Wasser ergab in den blockgletscherbeeinflussten Gewässern teilweise auffällige Werte. So weisen die beeinflussten Gewässer in Ulten hohe Aluminium- und Manganwerte auf, die beeinflussten Gewässer in Schnals erhöhte Nickelwerte. Im Kaunertal sind in den beeinflussten Gewässern Aluminium, Kobalt, Mangan, Nickel und Zink auffallend hoch. Im Reintal und im Ötztal gibt es hingegen kaum Auffälligkeiten. In den Referenzgewässern sind die Metallkonzentrationen sehr niedrig bzw. liegen unter der Nachweisgrenze (Tab 2).

Die Probenstellen mit stark erhöhten Metallgehalten (UL\_BGQ, UL\_BGB, KG\_BGQ und KG\_BGB) weisen alle einen relativ niedrigen pH-Wert auf, wie auch von Nickus et al. (2015) festgestellt.

### 6.1.3.3 Makrozoobenthos

In den 26 Proben der 15 Probenstellen wurden rund 43.500 Individuen gefunden, von denen

	Al	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Zn
UL_BGQ	802	< 5	4	< 5	5	3	259	15	29	8
UL_BGB	636	< 5	4	< 5	5	3	193	12	28	8
UL_REF	< 5	< 5	< 5	< 5	3	< 5	< 5	< 5	57	4
SCH_BGQ	< 5	2	6	< 5	3	< 5	3	59	65	30
SCH_BGB	< 5	2	4	< 5	3	< 5	9	33	71	15
SCH_REF	7	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	10	4
RE_BGQ	< 1	5	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1	62	< 1
RE_BGB	< 1	2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	62	< 1
RE_REF	4	< 5	< 5	< 5	3	3	< 5	< 5	23	4
HK_BGQ	<1	5,1	<1	<2	<1	<1	<1	7,3	141,7	2,7
HK_BGB										
HK_REF										
KG_BGQ	4736	13	50	<2	13	<1	438	246	63	181
KG_BGB	4668	17	56	<2	13	1	491	333	71	189
KG_REF	93	2	<1	<2	<1	78	3	1	4	2

Tab 2: Metallgehalte im Wasser der verschiedenen Blockgletscherquellen, Blockgletscherbäche und Referenzbäche. Erhöhte Werte sind orange hervorgehoben, die Referenzstellen sind grün unterlegt (BGQ=Blockgletscherquelle, BGB=Blockgletscherbach, REF=Referenzbach, UL=Ulten, SCH=Schnals, RE=Reintal, HK=Ötztal, KG=Kaunertal)

knapp 35.000 bestimmt wurden. Die Individuenzahl pro Probe war sehr unterschiedlich und reichte von 14 bis zu 5558 (Abb 9). In den Proben befanden sich Turbellaria, Oligochaeta, Hydrachnidia, Ephemeroptera, Plecoptera, Coleoptera, Trichoptera, Diptera (Makrozoobenthos) sowie Nematoda und Crustacea (Meiozoobenthos). Es dominierten oligosaprobe Arten des Eukrenals, Hypokrenals und Epirhithrals, die vorwiegend den Ernährungstypen Weidegänger und Detritusfresser zuzuordnen sind (Moog, 1995, 2002, 2004).

In den Proben befanden sich auch Taxa, die als neu für Südtirol verzeichnet werden können: *Zschokkea oblonga*, *Rivobates norvegicus*, *Pseudofeltria scutigera*, *Sperchon clupeifer* (alles Milbenarten), die Käferart *Helophorus cf. flavipes*, sowie die Zuckmückenarten *Diamesa cf. goetghebueri* und *Thienemanniella cf. clavicornis*.

Die Anzahl der Individuen waren an fast allen Probenpunkten im Herbst etwas höher als im Sommer. Es konnten hingegen keine Unterschiede zwischen den Proben des mineralischen Substrats und den Proben des Moosbewuchses festgestellt werden, weshalb sie jeweils zu einer Probe summiert wurden.

Generell war die Abundanz vom Zoobenthos in den blockgletscherbeeinflussten Gewässern sehr niedrig.

Sehr auffällig ist die Referenzstelle im Kaunertal, die die meisten Individuen aufwies und deren Zusammensetzung sich stark von den anderen Probenstellen unterschied (es dominierte das Meiozoobenthos mit Nematoda und Crustacea). Die Anzahl der Taxa pro Probenstelle variierte von 3 bis 66. In den Referenzgewässern war die Anzahl der Taxa meist deutlich höher als in den beeinflussten Gewässern (Abb 10). Ähnliche Unterschiede konnte Füreder (1998, 2001) zwischen Gletscherbächen und Quellbächen feststellen. Larven verschiedener Zuckmücken (Chironomidae, Abb 11) dominieren die Makrozoobenthosgemeinschaft, was in Hochgebirgsgewässern typisch ist (Lods-Crozet et al., 2010). In den untersuchten blockgletscherbeeinflussten Gewässern machen sie rund 90 % aller Individuen aus. In den Referenzgewässern treten hingegen auch andere Tiergruppen stärker auf. Dies entspricht den Ergebnissen anderer Arbeiten (Hieber et al., 2005; Füreder, 2007; Niedrist & Füreder, 2013), die zeigten, dass Gewässer ohne Gletscher-Einfluss eine höhere Diversität aufweisen.

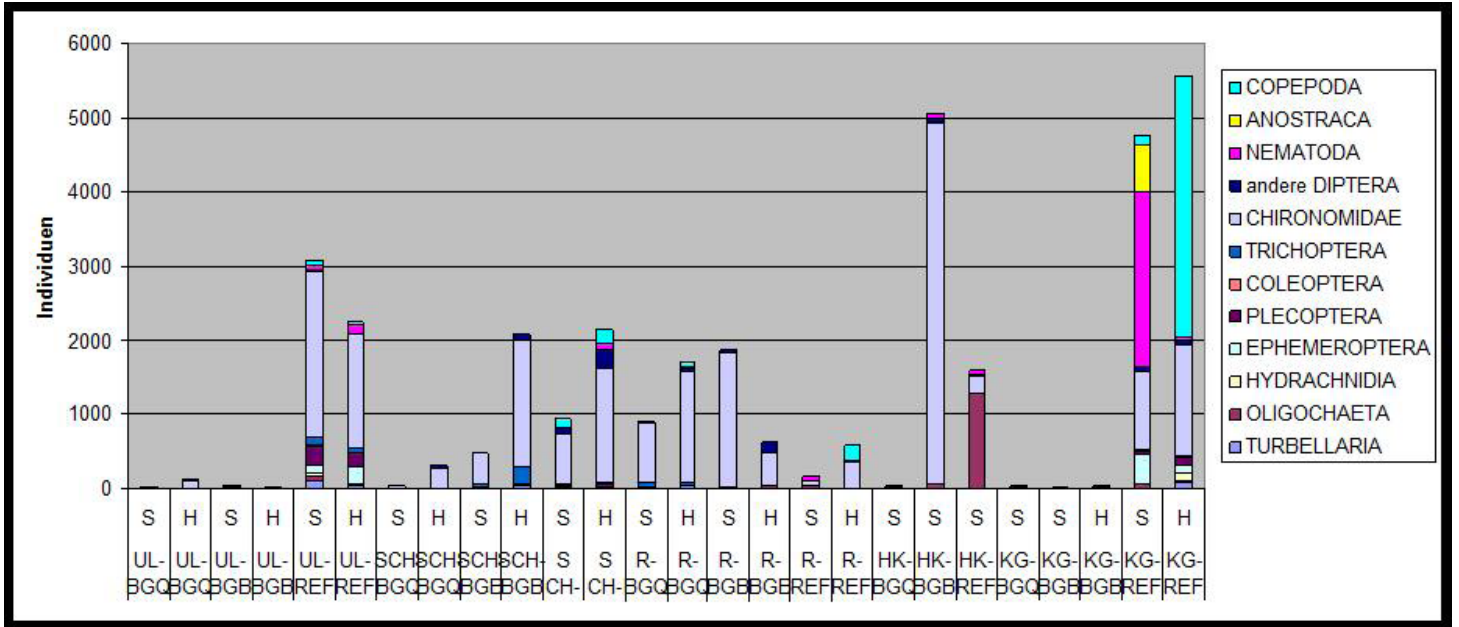


Abb 9: Anzahl und Zusammensetzung der Zoobenthos-Individuen an den verschiedenen Probenstellen. S=Sommer, H=Herbst, BGQ=Blockgletscherquelle, BGB=Blockgletscherbach, REF=Referenzbach, UL=Ulten, SCH=Schnals, RE=Reintal, HK=Ötztal, KG=Kauental

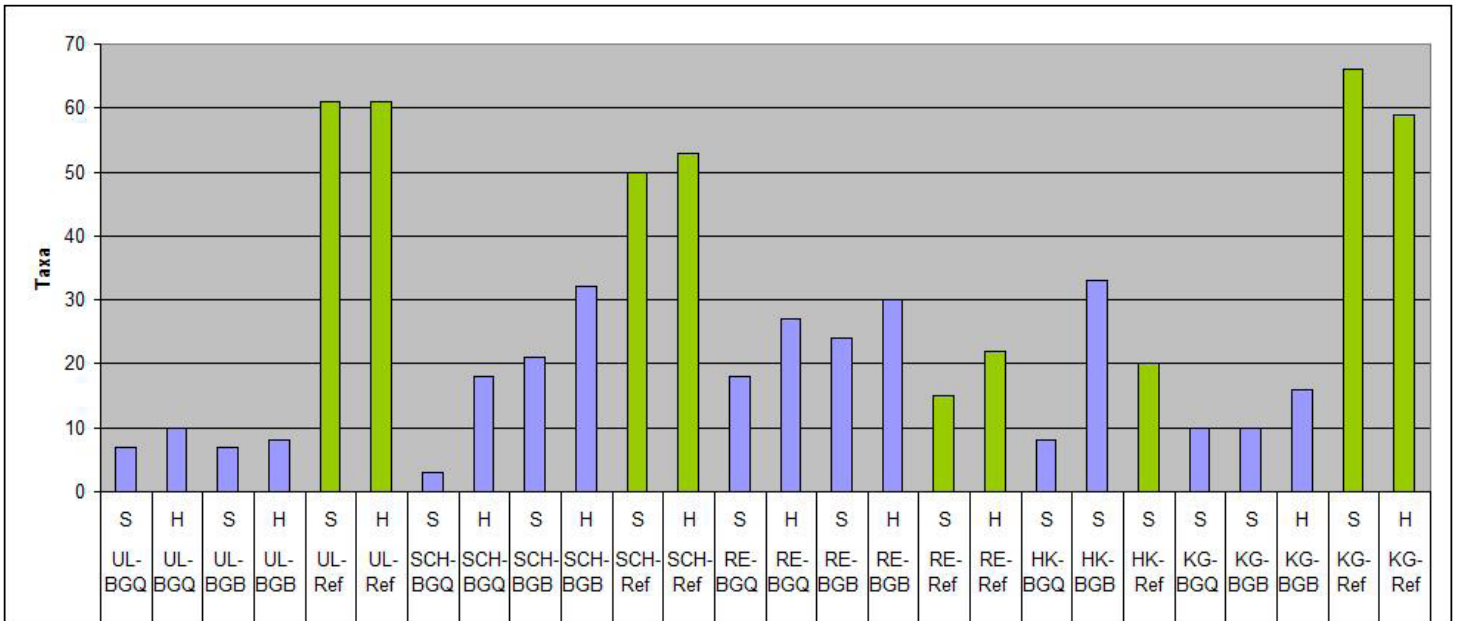


Abb 10: Anzahl der Zoobenthos-Taxa an den verschiedenen Probenstellen. S=Sommer, H=Herbst, BGQ=Blockgletscherquelle, BGB=Blockgletscherbach, REF=Referenzbach, UL=Ulten, SCH=Schnals, RE=Reintal, HK=Ötztal, KG=Kauental



Abb 11: Zuckmückenlarve (Chironomidae)



Fast alle der angetroffenen Chironomidae-Arten gehörten zu den beiden Unterfamilien Orthocla-diinae (30 Taxa) und Diamesinae (10 Taxa). Weiters wurden drei Taxa der Unterfamilie Tanypodinae und ein Taxon der Unterfamilie Chironominae identifiziert, welche jedoch nur in den Referenz-bächen vorkamen.

Die Dominanz von Orthocla-diinae und Diame-sinae ist typisch für (Hoch)gebirgsbäche (Lods-Crozet et al., 2001; Lencioni & Rossaro, 2005).

Nach Lencioni & Rossaro (2005) kommen *Pseudodiamesa branickii*, *Corynoneura* spp., *Eukiefferiella* spp., *Parorthocladus nudipennis*, *Tvetenia calvescens/bavarica* und *Thienemanniella* spp. vor allem in Gewässern ohne Gletschereinfluss vor. Die vorliegende Arbeit bestätigt dies für die meisten der genannten Arten – sie wurden fast ausschließlich in den gletscherfreien Referenzgewässern gefunden. Nur *Eukiefferiella* spp. und *Parorthocladus nudipennis* kamen auch in den blockgletscherbeeinflussten Gewässern vor, allerdings ausschließlich in jenen mit geringen Metallgehalten.

Weiters geben Lencioni & Rossaro (2005) an, dass *Diamesa steinboeckii*, *Diamesa latitarsis*, *Pseudokiefferiella parva*, *Diamesa bertrami*, *Diamesa zernyi* Gr. und *Dimesa cinerella* Gr. vor allem in

gletscherbeeinflussten Gewässern vorkommen. Snook & Milner (2001) fanden dieselben Arten in Gletscherbächen der Pyrenäen. Die vorliegende Arbeit ergibt, dass diese Arten auch in blockgletscherbeeinflussten Gewässern vorkommen. Allerdings kommen fast alle dieser Arten nur in den Gewässern mit geringen Metallgehalten vor. Nur sehr wenige Arten – und zwar *Pseudokiefferiella parva* und *Diamesa steinboeckii* sowie in etwas geringerem Maße *Bryophaenocladus* sp., *Chaetocladus piger*-Gr. und *Smittia* sp. – können auch in Gewässern mit hohen Metallgehalten überleben. Besonders *Pseudokiefferiella parva* scheint eine Art mit breiter ökologischer Valenz zu sein, sie war in 25 von 26 Proben enthalten.

Die nicht-metrische Multidimensionale Skalierung aller Parameter (chemisch-physikalische Parameter, Metallgehalte, Zoobenthosarten) zeigt, dass sich die einzelnen Probenstellen stark voneinander unterscheiden. Es lässt sich eine leichte Ähnlichkeit aller Referenzstellen ablesen, die vor allem durch die höhere Wassertemperatur und den höheren pH-Wert sowie durch die geringe Leitfähigkeit zustande kommt (Abb 12a). Skaliert man die Probenstellen nur anhand der jeweiligen vorkommenden Arten, zeigt sich, dass die Artenzusammensetzung an den

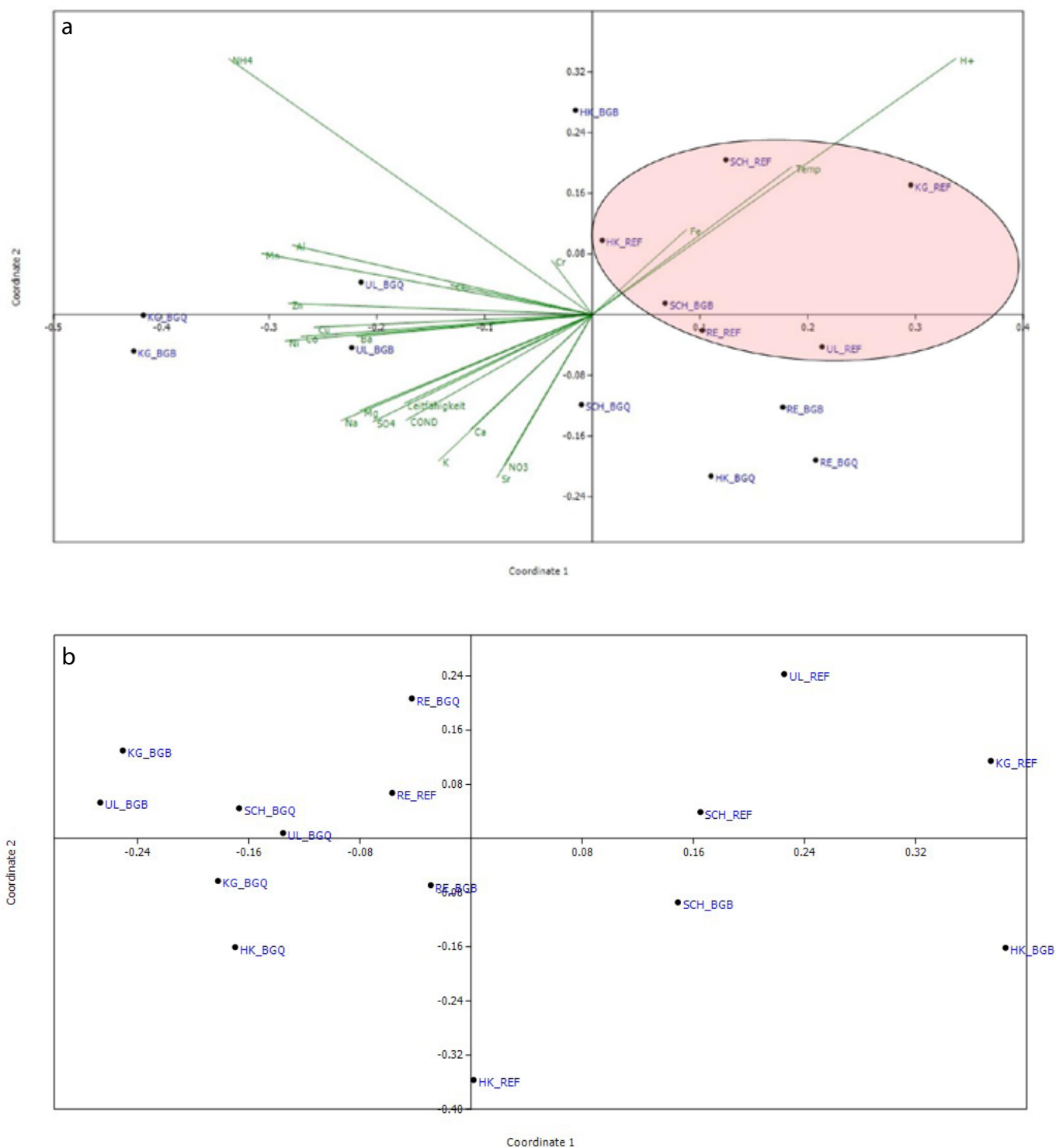


Abb 12: Nicht-metrische Multidimensionale Skalierung:  
a) Logarithmische Werte der Zoobenthosarten und der abiotischen Parameter (chemisch-physikalische Faktoren sowie Metallgehalte) der verschiedenen Probenstellen  
b) Logarithmische Werte der relativen Häufigkeit der Zoobenthosarten der verschiedenen Probenstellen

verschiedenen Probenstellen sehr individuell ist (Abb 12b). Auch Probenstellen, die sehr ähnliche Umweltparameter aufweisen wie z.B. SCH\_BGQ und SCH\_BGB sind bezüglich ihrer Artenzusammensetzung sehr unterschiedlich. Für die Artenzusammensetzung spielen sicherlich auch nicht erhobene Parameter, wie Struktur des Bachbetts, Umland u.s.w., eine Rolle.

Allein aufgrund der Artenzusammensetzung können demnach keine Rückschlüsse auf eine mögliche Blockgletscherbeeinflussung gezogen werden, sondern lediglich auf einen grundsätzlichen Gletschereinfluss (sei es aus einem Gletscher oder aus einem Blockgletscher). Sehr wohl sind aber geringe Individuen- und Taxazahlen ein Indiz für eine mögliche Belastung durch Metalle.

#### 6.1.3.4 Diatomeen

Wie eingangs in den Untersuchungsmethoden erwähnt, wurden wenn möglich bis zu 400 Diatomeen-Schalen pro Probe gezählt. Allerdings wurde diese Zahl bei mehreren Probenstellen, und zwar an allen blockgletscherbeeinflussten Quellen und Bächen in Ulten, Schnals und Krumgampen nicht erreicht (Abb 13). Die Individuenzahl ist demnach genau in jenen Gewässern niedrig, in denen die Metallgehalte hoch sind.

Insgesamt konnten 130 verschiedene Taxa bestimmt werden. Die Anzahl der Taxa war an den unbeeinflussten Stellen meist höher als an den beeinflussten Gewässern, der höchste Wert wurde am Referenzgewässer in Krumgampen erreicht (Abb 14).

Aus Tabelle 3 ist zu entnehmen, dass *Diatoma mesodon* am häufigsten vorkommt. In neun von 11 Probenstellen konnte diese Art, die vor allem Zeiger für oligotrophe Gewässer ist (Hofmann et al., 2013), festgestellt werden. Vor allem in den Referenzgewässern dominiert dieses Taxon. Auch *Achnantheidium minutissimum* wurde in mehr als der Hälfte der Probenstellen verzeichnet. Auffallend ist bei dieser ubiquitären Art, dass sie an einzelnen Probenstellen stark dominiert und teilweise über 90% der Diatomeenpopulation ausmacht. Dieses Taxon ist circumneutral und oligomesotroph und kann sich leicht an physischen Stress anpassen (Gesierich & Rott, 2012; Thies et al., 2013; Nickus et al., 2015). Im Gegensatz dazu steht

*Nitzschia alpina*, die zwar in relativ vielen Stellen gefunden wurde, aber immer eine geringe Häufigkeit aufwies. Typisch für Hochgebirgsbäche, wenn auch nur subdominant, sind *Psammothidium marginulatum*, *P. helveticum* und *P. daonense*, wie auch in Rott et al. (2006) bestätigt wird.

Laut nicht-metrischer Multidimensionaler Skalierung (NMDS) mit chemisch-physikalischen Faktoren gruppieren sich alle Referenzstellen, unabhängig von ihrer geographischen Lage (Abb 15). Ausschlaggebend dafür sind vor allem die höhere Wassertemperatur an diesen Stellen und die geringere Leitfähigkeit. Die Metalle weisen zumeist an den blockgletscherbeeinflussten Stellen höhere Konzentrationen auf. Nimmt man eine NMDS der prozentuellen Verteilung allein der Arten vor (Abb 16), fällt auf, dass sich die Referenzstellen stark von den beeinflussten Stellen abheben, jedoch an unterschiedlichen Koordinatenpunkten liegen. Das bedeutet, dass außer den chemisch-physikalischen Faktoren auch andere Einflüsse, wie z.B. die geographische Lage Unterschiede in der Artenzusammensetzung bewirken. Die blockgletscherbeeinflussten Punkte im Reintal heben sich von den beeinflussten Probenpunkten der anderen Untersuchungsgebiete etwas ab, da sie geringere Metallkonzentrationen aufweisen.

Laut Falasco (2009) verursachen Schwermetalle in Gewässern oft Verformungen der Schalen von Kieselalgen. Diese missgebildeten Schalen nennt man teratogene Formen. Daher wurde bei den mikroskopischen Untersuchungen der Kieselalgen besonders auf solche Missbildungen geachtet. Trotz der Schwermetallkonzentrationen an einigen Gewässern konnte man jedoch keine teratogenen Formen von Kieselalgen feststellen.

#### 6.1.4 Schlussfolgerungen

Blockgletscherbeeinflusste Fließgewässer sind durch niedrige Temperatur, hohe Leitfähigkeit sowie hohe Sulfat-, Magnesium- und Kalziumwerte charakterisiert. Biodiversität und Abundanz von Gewässerorganismen (Makro- und Meiozoobenthos sowie Diatomeen) sind in den blockgletscherbeeinflussten Gewässern deutlich niedriger als in unbeeinflussten Gewässern.

Einige der blockgletscherbeeinflussten Gewässer sind von auffällig hohen Metallwerten

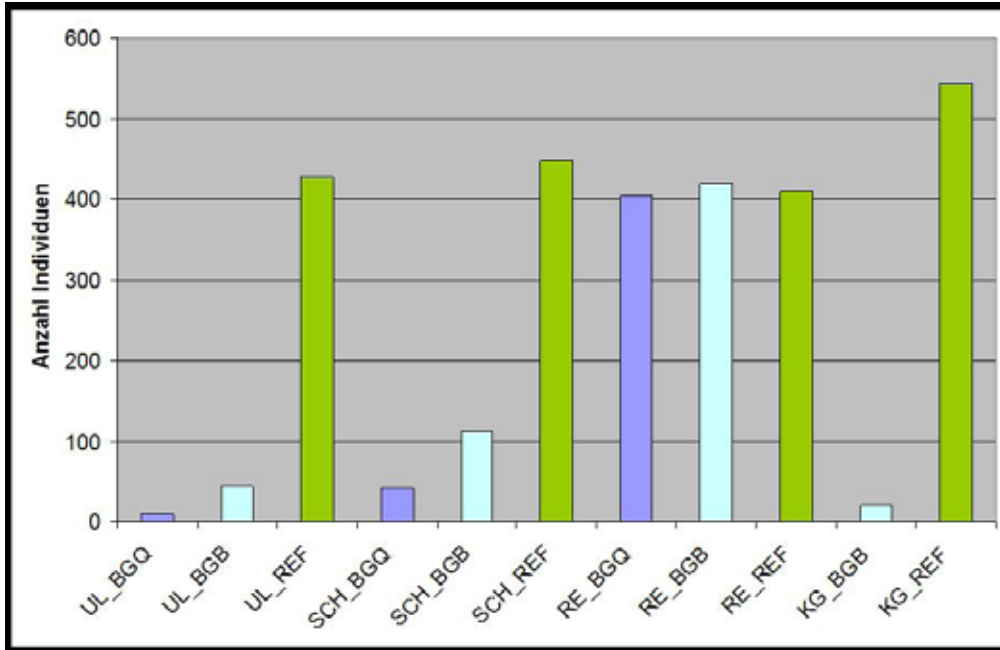


Abb 13: Anzahl der gezählten Diatomeenschalen pro Probenstelle

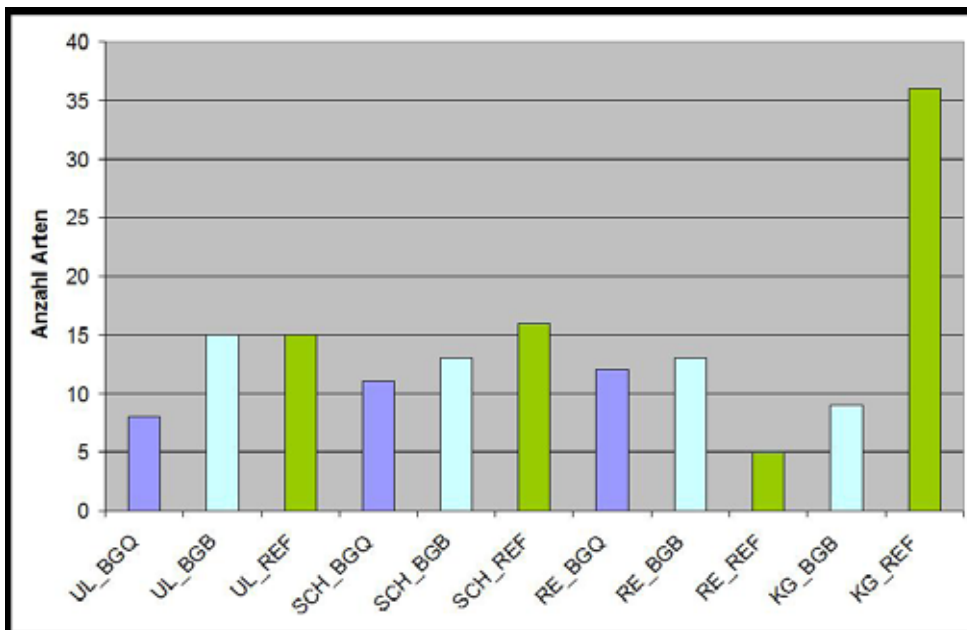


Abb 14: Anzahl der Taxa pro Probenstelle

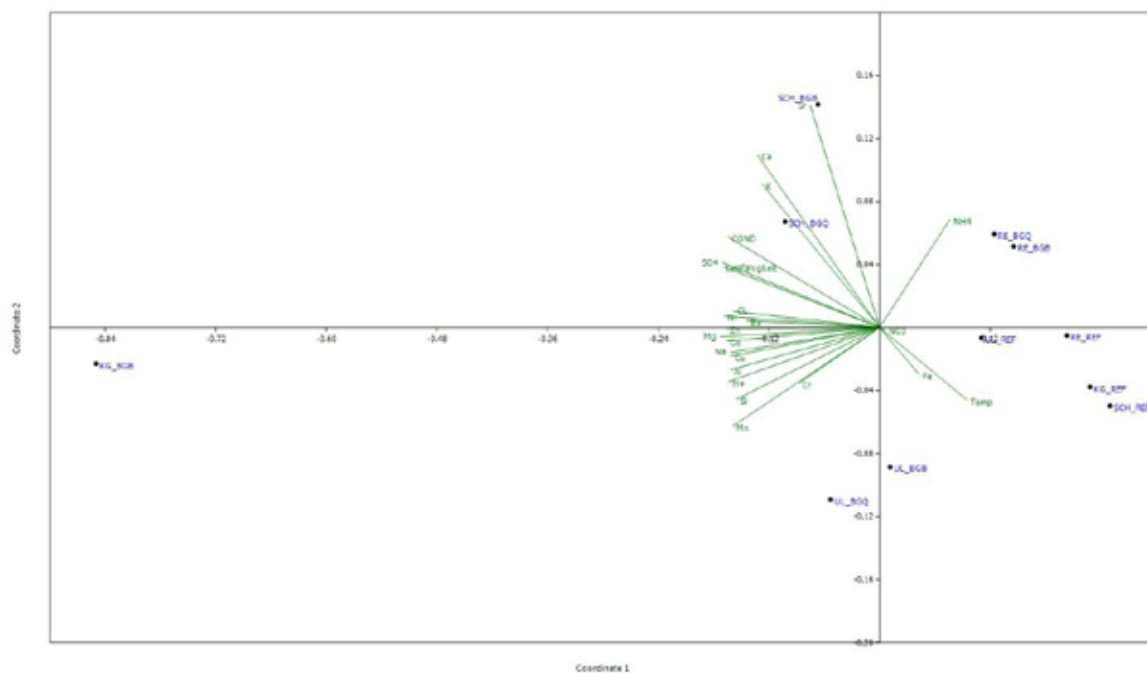


Abb 15: NMDS der Euklidischen Distanz der relativen Häufigkeit der Diatomeen und der abiotischen Faktoren der verschiedenen Probenstellen

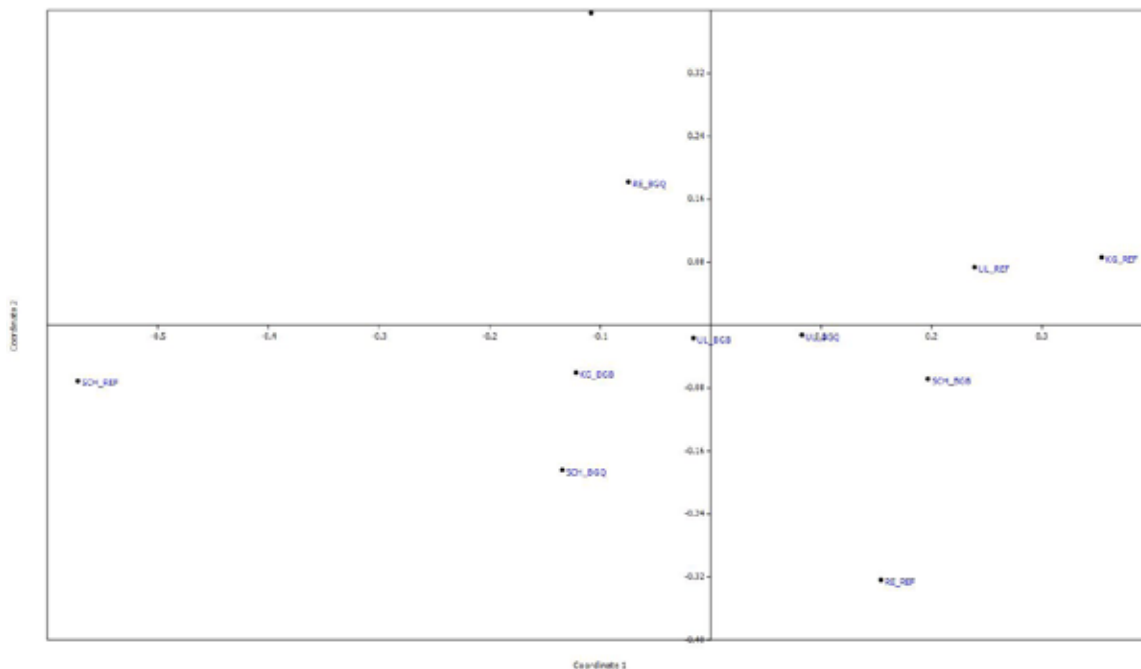


Abb 16: NMDS der Euklidischen Distanz der relativen Häufigkeit der Diatomeen der verschiedenen Probenstellen

Art	UL_BGQ	UL_BGB	UL_REF	SCH_BGQ	SCH_BGB	SCH_REF	RE_BGQ	RE_BGB	RE_REF	KG_BGB	KG_REF	Anzahl
<i>Diatoma mesodon</i>	1	4	89		57	3	34	20	130		16	9
<i>Achnanthydium minutissimum</i>	2	1	246	1	30			24			370	7
<i>Encyonema silesiacum</i>			5	1			2	7	212		4	6
<i>Nitzschia alpina</i>	1	4		1		2					1	5
<i>Psammothidium bioretii</i>	1		6			1			57		1	5
<i>Adlafia minuscula</i>			11				20	1	7			4
<i>Encyonema minutum</i>			40				167	294			22	4
<i>Psammothidium daonense</i>		7			2		34	4				4
<i>Psammothidium helveticum</i>		8			7	1	1					4
<i>Diademsis perpusilla</i>							4	1			4	3
<i>Eunotia exigua</i>		5		1		8						3
<i>Fragilaria arcus</i> var. <i>arcus</i>			1		1						12	3
<i>Gomphonema calcifugum</i>		1	6		2							3
<i>Gomphonema micropus</i> var. <i>micropus</i>							3	27			2	3
<i>Psammothidium marginulatum/acidoclinatum</i>				2		33				5		3
<i>Planothidium lanceolatum</i>			2				38	2				3

Tab 3: Anzahl und Vorkommen der häufigsten Diatomeenarten an den verschiedenen Probenstellen

gekennzeichnet. In diesen Gewässern sind die Arten- und Individuenzahlen noch geringer. Die Makrozoobenthosfauna ist in blockgletscherbeeinflussten Gewässern grundsätzlich ähnlich zusammengesetzt wie in Gletscherbächen. Bei den vorkommenden Arten handelt es sich vorwiegend um Chironomidae-Larven der Unterfamilien Diamesinae und Orthocladinae. In Gewässern mit hohen Metallgehalten überleben nur wenige Arten, wie *Pseudokiefferiella*

*parva* und *Diamesa steinboeckii*. Ein stark limitierender Faktor für das Makrozoobenthos ist also der Metallgehalt.

In den meisten Gewässern herrschen oligotraphente Diatomeenarten vor. Trotz der vorkommenden Schwermetalle konnten keine teratogenen Formen festgestellt werden. Von den chemischen Faktoren abgesehen trägt auch die geographische Lage der Probenpunkte zu Unterschieden in der Artenzusammensetzung bei.

Anhang 1: Makro- und Meiozoobenthostaxa an den verschiedenen Probenstellen (BGQ=Blockgletscherquelle, BGB=Blockgletscherbach, REF=Referenzbach, UL=Ulten, SCH=Schnals, RE=Reintal, HK=Ötztal, KG=Kaunertal)

		UL_	UL_	SCH_	SCH_	RE_	RE_	HK_	HK_	KG_	KG_	UL_	SCH_	RE_	HK_	KG_
		BGQ	BGB	BGQ	BGB	BGQ	BGB	BGQ	BGB	BGQ	BGB	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
TURBELLARIA																
[Kl:Turbellaria]	Turbellaria Gen. sp.						3									
PLANARIIDAE	<i>Crenobia alpina</i>	2	1		50	61	15				11	139	1	1		96
NEMATODA																
[Kl:Nematoda]	Nematoda Gen. sp.	11	2	4	4	25	6		67	18	8	174	76	61	66	2439
OLIGOCHAETA																
[Kl:Oligochaeta]	Oligochaeta Gen. sp.		7													
[Kl:Oligochaeta]	Oligochaeta Gen. sp. juv.											1				
HAPLOTAXIDAE	<i>Haplotaxis gordioides</i>					1										
NAIDIDAE	<i>Nais communis</i>										2	2	1			
ENCHYTRAEIDAE	<i>Cernosvitoviella atrata</i>					5	37		1			16	2			21
	<i>Cognettia</i> sp.	2	4			3	2		57	5	1	14	20	11	1276	23
	Enchytraeidae Gen. sp.											1		3		
	<i>Fridericia</i> sp.			2					1	4					8	
	<i>Henlea</i> sp.								3					40	4	
	<i>Lumbricillus</i> sp.															1
	<i>Marionina argentea</i>											1				3
	<i>Marionina riparia</i>											11				
	<i>Marionina</i> sp.											2				
	<i>Mesenchytraeus armatus</i>						3									17
LUMBRICULIDAE	Lumbriculidae Gen. sp.											4				
	<i>Stylodrilus heringianus</i>											34	9			9
ANOSTRACA																
[Kl:Crustacea]	Ostracoda Gen. sp.															634
COPEPODA																
[UOrd:Harpacticoida]	Harpacticoida Gen. sp.		9			52	2				6	114	300	219		3635
HYDRACHNIDIA																
[Ph:Hydrachnidia]	Hydrachnidia Gen. sp. juv.						1					4	8			15
HYGROBATIDAE	<i>Atractides</i> sp.											1	8			13
	<i>Rivobates norvegicus</i>												1			
EUTHYASINAE	<i>Zschokkea oblonga</i>												1			
FELTRIIDAE	<i>Feltria</i> sp.											1				53
LEBERTIIDAE	<i>Lebertia</i> sp.										3	1	2			17
FORELIINAE	<i>Pseudofeltria scutigera</i>												1			
SPERCHONIDAE	<i>Sperchon brevirostris</i>												1			
	<i>Sperchon clupeifer</i>															
	<i>Sperchon glandulosus</i>											34	7			7
	<i>Sperchon</i> sp.															
	<i>Sperchon</i> sp. juv.											9				
EPHEMEROPTERA																
BAETIDAE	<i>Baetis alpinus</i>				1							327	4			458
HEPTAGENIIDAE	<i>Rhithrogena loyolaea</i>											5				34
	<i>Rhithrogena</i> sp.															2
	<i>Rhithrogena</i> sp. juv.											2				9
PLECOPTERA																
[Ord:Plecoptera]	<i>Capnia/Leuctra</i> sp.											2				
[Ord:Plecoptera]	Plecoptera Gen. sp. juv.				3				1			1	7			
PERLODIDAE	<i>Dictyogenus alpinum</i>				1							1				5
	<i>Dictyogenus fontium</i>															1
	<i>Dictyogenus</i> sp. juv.				7							19				6
	<i>Isoperla</i> sp.												1			
	<i>Perlodes</i> sp.															3
TAENIOPTERYGIDAE	<i>Rhabdiopteryx alpina</i>					1							1			
	<i>Rhabdiopteryx alpina/neglecta</i>				8											
	Taeniopterygidae Gen. sp. juv.								4							12

		UL_	UL_	SCH_	SCH_	RE_	RE_	HK_	HK_	KG_	KG_	UL_	SCH_	RE_	HK_	KG_
		BGQ	BGB	BGQ	BGB	BGQ	BGB	BGQ	BGB	BGQ	BGB	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
NEMOURIDAE	<i>Nemoura mortoni</i>										1	177				33
	<i>Nemoura</i> sp.															2
	<i>Nemouridae</i> Gen. sp.											41				
	<i>Nemouridae</i> Gen. sp. juv.											154	11			23
	<i>Nemurella pictetii</i>												13			
	<i>Protonemura</i> sp.				2						2	39	12			24
LEUCTRIDAE	<i>Leuctra</i> sp.				4						1	11				36
COLEOPTERA																
HELOPHORIDAE	<i>Helophorus</i> cf. <i>flavipes</i>		2			2						1	28	1		
	<i>Helophorus</i> ( <i>Atracthelophorus</i> ) sp.															6
STAPHYLINIDAE	Staphylinidae Gen. sp.														1	
TRICHOPTERA																
PHILOPOTAMIDAE	<i>Philopotamus ludificatus</i>											1				
LIMNEPHILIDAE	<i>Drusinae</i> Gen. sp. juv.				43	37						44				3
	<i>Drusus biguttatus</i>				221	1						95				
	<i>Drusus discolor</i>											7				3
	<i>Drusus monticola</i>					3										
	<i>Drusus</i> cf. <i>monticola</i>					2										1
	Limnephilidae Gen. sp. juv.				2	53				5			2			
	Limnephilinae Gen. sp.					4							1			4
	Limnephilinae Gen. sp. juv.				5	3					4	22	6			7
GOERIDAE	Goeridae Gen. sp. juv.											1				
	<i>Lithax niger</i>											2				1
DIPTERA																
PEDICIIDAE	<i>Dicranota</i> sp.	2								1		9	3		1	26
	<i>Pedicia</i> sp.											3				4
CHIRONOMIDAE	<i>Brillia bifida</i>											1				
	<i>Bryophaenocladus</i> sp.	3								7						
	<i>Chaetocladus piger</i> -Gr.			17	6	1	9		7	1	2	1	2	2	6	2
	<i>Chaetocladus</i> sp.								5		1		6			1
	<i>Chaetocladus</i> sp. juv.						3					1	22			
	Chironomidae Gen. sp. (Ad. Weibl.)				1											
	Chironomidae Gen. sp. juv.	1					95					136				
	<i>Corynoneura</i> sp.					1						1	185			13
	<i>Corynoneura</i> sp. juv.												462	1		11
	<i>Diamesa</i> cf. <i>aberrata</i>						1									
	<i>Diamesa bertrami</i>				2	1	26									
	<i>Diamesa cinerella</i> -Gr.			21	49		94				1	7		5		23
	<i>Diamesa cinerella/zernyi</i> -Gr.			2	89	35	94		1			32		67		9
	<i>Diamesa dampfi</i> -Gr.											2				1
	<i>Diamesa</i> cf. <i>goetghebueri</i>			1	4				29					2		
	<i>Diamesa latitarsis</i> -Gr.			9	32		18	2	344			2		20	1	1
	<i>Diamesa</i> sp.						1									
	<i>Diamesa</i> sp. (Ad. Weibl.)				1											
	<i>Diamesa</i> sp. juv.		2	21	1584	4	115	21	3883		2	75	67	45	179	32
	<i>Diamesa steinboeckii</i>	3					1		11					18		
	<i>Diamesa</i> cf. <i>steinboeckii</i>	11	2		1		41	2							1	
	<i>Diamesa zernyi</i>			2		1										
	<i>Diamesa zernyi</i> -Gr.	1		35	5	15	8							14		
	<i>Diamesa zerni/bohemani</i>													2		
	Diamesinae Gen. sp. juv.					1830	1289		5			1259	3			2
	<i>Eukiefferiella devonica/ilkeyensis</i>															2
	<i>Eukiefferiella fittkaui</i>				1				13			1	7			1
	<i>Eukiefferiella fittkaui/minor</i>			8	11		19		63			17	8			24
	<i>Eukiefferiella fuldensis</i>				5											28
	<i>Eukiefferiella minor</i>			3	3		48		5			27	7			65
	<i>Eukiefferiella</i> sp. juv.												1			
	<i>Eukiefferiella tirolensis</i>			74	5				1			8	105			20



	UL_	UL_	SCH_	SCH_	RE_	RE_	HK_	HK_	KG_	KG_	UL_	SCH_	RE_	HK_	KG_
	BGQ	BGB	BGQ	BGB	BGQ	BGB	BGQ	BGB	BGQ	BGB	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
						3		1				2	2		1
												2			
											1	2			
										1		2			36
		1							1		1	3		17	1
												33			
											1	21			
									1					3	
				3					3		4		46		
											85	6			6
	7	2	4	162	175	4	1	314	1	5	1451	657	27	2	714
									1			42	2		17
											1	9			
						1	6		18		184	6			66
							1		15						
							1		6		1	1			
							17				14	1			56
											1				
												14			4
							18		2		13	1			129
				1	11	2					87	1	1		1
											1	189			4
							5				16		1		19
	88	35	105	160	186	320	2	141		8	75	42	153	15	155
											1				
											11	4			1
	2	1	1			1		2					1	2	
											3	1			6
											108	12			1
											2	101			200
											10	29			478
				5							12	187			381
											4				1
				5				2			94	4			40
SIMULIIDAE							4					2		2	22
							4					13	1		5
							5					43			7
												179			
											1				
												6			
												2			
[Ord:Diptera]				1				1						5	
CERATOPOGONIDAE												77			3
DIXIDAE															4
EMPIDIDAE	2		9	7	27	9	1	31			11	11			17
				7		4						1			
LIMONIIDAE		1		4	6	17							1		
														1	
			23	59	35	156	8	28		1			7		
MUSCIDAE												1	1		
PSYCHODIDAE											3				
THAUMALEIDAE											2				28
TIPULIDAE													2		
									1					5	
	2											1	2	2	2

Anhang 2: Diatomeenarten an den verschiedenen Probenstellen (BGQ=Blockgletscherquelle, BGB=Blockgletscherbach, REF=Referenzbach, UL=Ulten, SCH=Schnals, RE=Reintal, KG=Kaunertal)

	UL_ BGQ	UL_ BGB	UL_ REF	SCH_ BGQ	SCH_ BGB	SCH_ REF	RE_ BGQ	RE_ BGB	RE_ REF	KG_ BGB	KG_ REF
<i>Achnanthes petersenii</i> Hustedt			1					1			
<i>Achnanthydium biasoletianum</i> (Grunow in Cl. & Grun.) Lange-Bertalot							1				1
<i>Achnanthydium catenatum</i> (Bily & Marvan) Lange-Bertalot		5			3						
<i>Achnanthydium lineare</i> W.Smith								2			
<i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	2	1	246	1	30			24			370
<i>Achnanthydium minutissimum</i> var. <i>jackii</i> (Rabenhorst) Lange-Bertalot										1	6
<i>Achnanthydium neomicrocephalum</i> Lange-Bertalot & F. Staab											9
<i>Achnanthydium subatomoides</i> (Hustedt) Monnier, Lange-Bertalot et Ector										1	
<i>Adlafia minuscula</i> (Grunow) Lange-Bertalot			11				20	1	7		
<i>Amphora inariensis</i> Krammer											8
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehr.) Simonsen var. <i>nivalis</i> (Wm.Sm.) Haworth										2	
<i>Aulacoseira</i> sp. Thwaites		1									
<i>Brachysira procera</i> Lange-Bertalot & Moser						27					
<i>Caloneis lancettula</i> (Schulz) Lange-Bertalot & Witkowski	1	2									
<i>Caloneis vasileyevae</i> Lange-Bertalot Genkal & Vekhov				3							
<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg						2					
<i>Cyclotella</i> sp. (Kützing) Brébisson					1						
<i>Cymbella parva</i> (W.Sm.) Kirchner in Cohn											3
<i>Cymboplectra subaequalis</i> (Grunow) Krammer var. <i>subaequalis</i>											2
<i>Denticula tenuis</i> Kützing											10
<i>Diademsis contenta</i> (Grunow ex V. Heurck) Mann	1										
<i>Diademsis perpusilla</i> (Grunow) D.G. Mann in Round & al.							4	1			4
<i>Diatoma hyemalis</i> (Roth) Heiberg var. <i>hyemalis</i>			3								
<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	1	4	89		57	3	34	20	130		16
<i>Diploneis peterseni</i> Hustedt											1
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G. Mann in Round Crawford & Mann			40				167	294			22
<i>Encyonema perpusillum</i> (A. Cleve) D.G. Mann						3					2
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D.G. Mann			5	1			2	7	212		4
<i>Encyonopsis falaisensis</i> (Grunow) Krammer											2
<i>Eucocconeis flexella</i> (Kützing) Meister											3
<i>Eucocconeis laevis</i> (Oestrup) Lange-Bertalot			1								10
<i>Eunotia exigua</i> (Brebisson ex Kützing) Rabenhorst		5		1		8					
<i>Eunotia exigua</i> (Brebisson ex Kützing) Rabenhorst										2	
<i>Eunotia fallax</i> A.Cleve var. <i>fallax</i>						2					
<i>Eunotia intermedia</i> (Krasske ex Hustedt) Nörpel & Lange-Bertalot						30					
<i>Eunotia mucophila</i> (Lange-Bert.&Nörpel Schempp) Lange-Bertalot						3					
<i>Eunotia</i> sp. Ehrenberg		2			1						
<i>Fragilaria arcus</i> (Ehrenberg) Cleve var. <i>arcus</i>			1		1						12
<i>Fragilaria austriaca</i> (Grunow) Lange-Bertalot											4
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazieres var. <i>capucina</i>					1						
<i>Fragilaria gracilis</i> Oestrup											8
<i>Fragilaria rumpens</i> (Kütz.) G.W.F.Carlson	1		14								

	UL_ BGQ	UL_ BGB	UL_ REF	SCH_ BGQ	SCH_ BGB	SCH_ REF	RE_ BGQ	RE_ BGB	RE_ REF	KG_ BGB	KG_ REF
<i>Fragilaria tenera</i> (W.Smith) Lange-Bertalot											3
<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst						4					
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst											2
<i>Gomphonema auritum</i> A.Braun ex Kützing		1									
<i>Gomphonema calcifugum</i> Lange-Bertalot & Reichardt		1	6		2						
<i>Gomphonema capitatum</i> Ehrenberg		1									
<i>Gomphonema exilissimum</i> (Grun.) Lange-Bertalot & Reichardt				1							
<i>Gomphonema micropus</i> Kützing var. <i>micropus</i>							3	27			2
<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D.G. Mann in Round Crawford & Mann		1									
<i>Meridion circulare</i> (Greville) C.A.Agardh var. <i>circulare</i>							94	30			
<i>Navicula angusta</i> Grunow						1					
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing											1
<i>Navicula radiosa</i> Kützing											2
<i>Navicula schmassmannii</i> Hustedt in Schmidt & al.										1	
<i>Neidium longiceps</i> (Gregory) Ross									3		
<i>Nitzschia alpina</i> Hustedt	1	4		1		2					1
<i>Nitzschia cf. bryophila</i> Hustedt											1
<i>Nitzschia debilis</i> (Arnott) Grunow in Cl.&Grunow			1								
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow ssp. <i>dissipata</i>			1								
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg											1
<i>Pinnularia intermedia</i> (Lagerstedt) Cleve				10							
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehr.) Cleve var. <i>rostrata</i> Krammer				17		3					
<i>Pinnularia obscura</i> Krasske	1				4						
<i>Pinnularia perirrorata</i> Krammer		1									
<i>Pinnularia sinistra</i> Krammer				2	3						
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brebisson ex Kützing) Lange-Bertalot			2				38	2			
<i>Psammothidium bioretii</i> (Germain) Bukhtiyarova et Round	1		6			1			57		1
<i>Psammothidium daonense</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot		7			2		34	4			
<i>Psammothidium helveticum</i> (Hustedt) Bukhtiyarova et Round		8			7	1	1				
<i>Psammothidium helveticum</i> var. <i>minor</i> (Flower & Jones) Bukhtiyarova & Round											1
<i>Psammothidium marginulatum</i> (Grunow) L.Bukhtiyarova & Round											6
<i>Psammothidium marginulatum/acidoclinatum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot				2		33				5	
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer					1						
<i>Reimeria uniseriata</i> Sala Guerrero & Ferrario							6	6			
<i>Rossethidium petersenii</i> (Hustedt) Round & Bukhtiyarova											8
<i>Rossethidium pusillum</i> (Grunow) F.E.Round & Bukhtiyarova											1
<i>Stausira lapponica</i> (Grunow) Lange-Bertalot											2
<i>Stausira leptostauron</i> (Ehrenberg) Kulikovskiy & Genkal											2
<i>Stausira venter</i> (Ehrenberg) Cleve & Moeller											14
<i>Stausirella pinnata</i> (Ehrenberg) D.M.Williams & Round										1	4
<i>Surirella bohémica</i> Maly				2							
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing						324					
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P.Compère											2

## Literaturverzeichnis

- Falasco E., Bona F., Badino G., Hoffmann L., Ector L. (2009): Diatom teratological forms and environmental alterations: a review. – *Hydrobiologia*, 623: 1-35.
- Füreder L., Schütz C., Wallinger M., Burger R. (1998): High Alpine streams as models for ecological gradients. – *Hydrology, Water Resources and Ecology in Headwaters (Proceedings of the HeadWater'98 Conference held at Meran/Merano, Italy, April 1998)*. IAHS Publ. no. 248.
- Füreder L., Schütz C., Wallinger M., Burger R. (2001): Physico-chemistry and aquatic insects of a glacier-fed and a spring-fed alpine stream. – *Fresh. Biol.* 46: 1673-1690.
- Füreder L. (2007): Life at the Edge: Habitat Condition and Bottom Fauna of Alpine Running Waters. – *Internat. Rev. Hydrobiol.* 92: 491-513.
- Gesierich D. & Rott E. (2012): Is diatom richness responding to catchment glaciation? A case study from Canadian headwater streams. – *J. Limnology* 71 (1): 72-83.
- Hammer Ø. (2013): PAST, Paleontological Statistics Version 3.0, Natural History Museum, University of Oslo.
- Hannah D. M., Brown L. E., Milner A. M., Gurnell A. M., McGregor G. R., Petts G. E., Smith B. P. G. & Snook D. L. (2007): Integrating climate-hydrology-ecology for alpine river systems. – *Aquat. Conserv. Mar. Fresh. Ecosyst.* 17: 636-656.
- Hieber M., Robinson C. T., Uehlinger U. & Ward J. V. (2005): A comparison of benthic macroinvertebrate assemblages among different types of alpine streams. – *Fresh. Biol.* 50: 2087-2100.
- Hofmann G., Werum M., Lange-Bertalot H. (2013): Diatomeen im Süßwasser – Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflores Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie. – Gantner Verlag.
- Krainer K. & Mostler W. (2007): Hydrology of Active Rock Glaciers: Examples from the Austrian Alps. – *Arct. Antarct. Alp. Res.*, Vol. 34 No. 2: 142-149.
- Krainer K., Mostler W. & Spötl C. (2007): Discharge from active rock glaciers, Austrian Alps: a stable isotope approach. – *Austrian J. Earth Sci.*, Vol. 100: 102-112.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. (1986, 1988, 1991a, 1991b, 2000): Bacillariophyceae. Teil: Naviculaceae; Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae; Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae; Achnanthaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula und Gomphonema; Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2/1-5, – Fischer, Stuttgart.
- Lange-Bertalot H. (2000, 2001, 2002, 2003): Diatoms of Europe: Volume 1,2,3,4, – Ruggell: Gantner Verlag.
- Lencioni V. & Rossaro B. (2005): Microdistribution of chironomids (Diptera: Chironomidae) in Alpine streams: an autoecological perspective. – *Hydrobiologia* 533: 61-76.
- Lencioni V., Marziali L. & Rossaro B. (2012): Chironomids as bioindicators of environmental quality in mountain springs. – *Fresh. Sci.* 31(2): 525-541.
- Lods-Crozet B., Lencioni V., Ólafsson J.S., Snook D.L., Velle G., Brittain J.E., Castella E. & Rossaro B. (2001): Chironomid (Diptera: Chironomidae) communities in six European glacier-fed streams. – *Fresh. Biol.* 46: 1791-1809.
- Lods-Crozet B., Oertli B., Robinson C.T. (2010): Long-term patterns of chironomid assemblages in a high elevation stream/lake network (Switzerland) – Implications to global change. – *Fauna Norvegica* 31: 71-85.
- Moog O. (Ed.) (1995, 2002, 2004): Fauna Aquatica Austriaca, – Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Nickus U., Krainer K., Thies H. & Tolotti M. (2015): Blockgletscherabflüsse im Äußeren Hohebenkar – Hydrologie, Wasserchemie und Kieselalgen. In: Schallhart N. & Erschbamer B. (eds.): Forschung am Blockgletscher – Methoden und Ergebnisse, AFO Band 4: 117-134.
- Niedrist G. & Füreder L. (2013): Spatial and temporal variations in chironomid assemblages in glaciated catchments of the Hohe Tauern NP. – Conference Volume, „5th Symposium for Research in Protected Areas“: 537-540.
- Rott E., Cantonati M., Füreder L. & Pfister P. (2006): Benthic algae in high altitude streams of the Alps – a neglected component of the aquatic biota, – *Hydrobiologia* 562: 195-216.
- Schütz et al. (2001): Effects of snow cover on the benthic fauna in a glacier-fed stream, – *Fresh. Biol.* 46: 1691-1704.
- Snook D. L. & Milner A. M. (2001): The influence of glacial runoff on stream macroinvertebrate communities in the Taillon catchment, French Pyrénées, – *Fresh. Biol.* 46: 1609-1623.
- Taguchi YH. & Oono Y. (2005): Relational patterns of gene expression via non-metric multidimensional scaling analysis, – *Bioinformatics* 21: 730-40.
- Thies H., Nickus U., Tolotti M., Tessadri R., Krainer K. (2013): Evidence of rock glacier melt impacts on water chemistry and diatoms in high mountain streams, – *Cold. Reg. Sci. Technol.* 96: 77-85.
- Ward J.V. (1994): The Ecology of Alpine streams, – *Fresh. Biol.* 32: 277-294.
- Williams M. W., Knauf M., Caine N., Liu F. & Verplanck P.L. (2006): Geochemistry and Source Waters of Rock Glacier Outflow, Colorado Front Range, – *Perm. Periglac. Proc.* 17: 13-33.