

MARTA KOWNACKA und GERHARD MARGREITER

Die Zoobenthos-Gesellschaften des
Piburger Baches (Ötztal, Tirol)

The Zoobenthos Assemblages of Piburger Bach (Oetztal, Tyrol)

Abstract

Piburger Bach is a short, spring-fed lake affluent. The macrozoobenthos of this stream has been studied both qualitatively and quantitatively. More than 15,000 specimens of invertebrates, including all developmental stages of insects, were collected; a high proportion of these was identified to the genus or species level. The spatial and temporal distribution of various taxa as well as their quantitative contribution to the total macrobenthos are discussed. Confidence limits of the data are considered.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	213
2. Der Piburger Bach als Lebensraum	214
3. Methodik der Probenentnahme und -auswertung	216
4. Zusammensetzung und Häufigkeit des Mesobenthos	216
4.1 Verteilung der Tiergruppen im Bachverlauf	216
4.2 Das Artenspektrum	217
4.3 Häufigkeit und Vergesellschaftung der Arten	218
4.4 Absolute und prozentuelle Veränderungen im Jahresgang	222
4.5 Statistische Analyse	228
5. Zusammenfassung, Summary	230
6. Literatur	231

1. Einleitung

Am Piburger See ist 1973 eine Ökosystemstudie angelaufen, welche einerseits dem See und seiner Veränderung, andererseits aber auch der Art und dem Zustandekommen seiner Beeinflussung aus dem Einzugsgebiet gilt (PECHLANER 1976). Eine gründliche Untersuchung des Piburger Baches – des einzigen oberflächlichen Zuflusses des Piburger Sees – bildet einen wichtigen Teil dieses langfristigen Arbeitsprogrammes. Neben der Relevanz unserer Bearbeitung für die erwähnte Ökosystemstudie dürften die bisher erzielten Ergebnisse aber auch als Beitrag zur Fließgewässerkunde interessieren, zumal die quantitative Erfassung und die taxonomische Durcharbeitung des Mesobenthos von Fließgewässern besondere Schwierigkeiten bereiten, und die Literatur auf diesem Gebiet relativ spärlich ist.

Der erstgenannte Autor zeichnet für die Freilandarbeit sowie die Auswertung des Materials, der zweite Autor für die statistische Analyse (Kapitel 4.5).

2. Der Piburger Bach als Lebensraum

Der Piburger Bach entspringt in 1012 m Höhe in einem sumpfigen Hang und mündet nach relativ kurzem Lauf in 915 m Meereshöhe in den Piburger See (Abb. 1). Die Gesamtlänge dieses Baches beträgt 698 m. 180 m, 205 m und 214 m vom Ursprung entfernt münden auf der orographisch rechten Seite Zuflüsse, die in teilweise bewaldetem, überwiegend felsigem Gebiet entspringen, streckenweise unterirdisch verlaufen und mit ihrer Wasserführung die Schüttung des Quellbaches etwa verdoppeln.

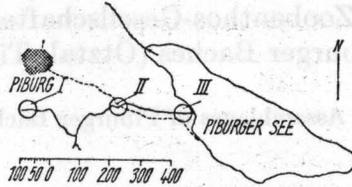


Abb. 1. Lage des Piburger Baches und der Probenentnahmestellen I (Quellbereich), II (Mittellauf) und III (Mündung).

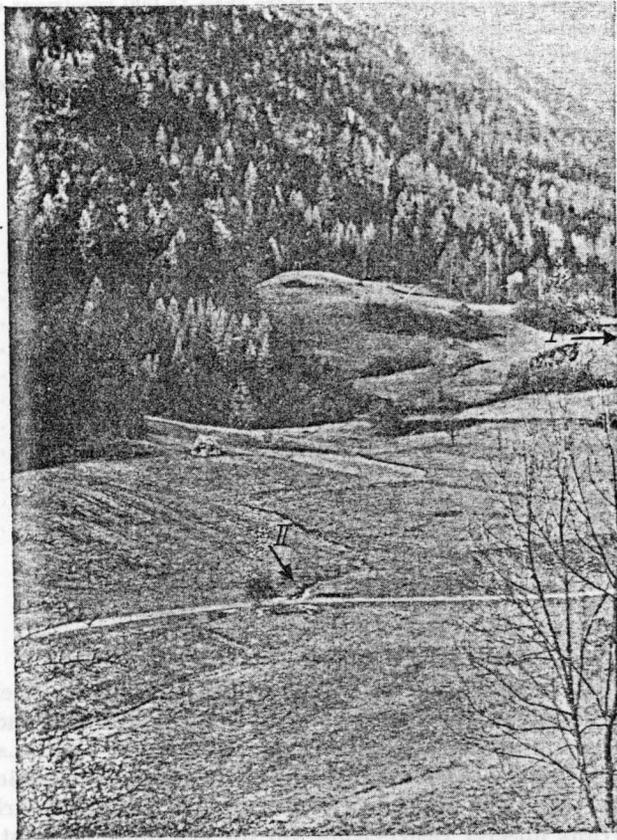


Abb. 2. Blick auf den Mittel- und Oberlauf des Piburger Baches von Nordosten. Im Vordergrund Entnahmestelle II; Quellbereich nur teilweise zu sehen.



Abb. 3. Piburger Bach, Entnahmestelle II.

Der Bach verläuft vorwiegend durch Wiesen (Abb. 2), mit einem durchschnittlichen Gefälle von 7‰. Seine Breite ist zwischen 15 und 160 cm, meistens etwa 30 cm. Die Schüttung schwankt an der Mündung zwischen 5 und 26 l/sec. (GATTERMAYR 1976). Die Beschaffenheit des Bachbettes ist ziemlich homogen; nur im Mittellauf liegen größere Steine (\varnothing größer als 20 cm; Abb. 3); meist ist das Bachbett von Mittel- und Feinkies sowie Sanden ausgekleidet.

Das Einzugsgebiet besteht fast ausschließlich aus Granodiorit- und Biotitgranitgneis. Das elektrolytische Leitvermögen des Wassers ist dementsprechend niedrig (49,0 bis 57,6 μS bei 25 °C). Die Alkalinität schwankt zwischen 0,23 und 0,30 mval/l, Sulfat zwischen 0,18 und 0,22 mval/l. Calcium wurde in Konzentrationen von 0,25 bis 0,29 mval/l nachgewiesen, Magnesium mit 0,12 bis 0,15, Natrium mit 0,07 bis 0,09 und Kalium mit 0,02 bis 0,03 mval/l (MAYRHOFER 1976 und mündl. Mitteilung).

Die Wassertemperatur schwankte im Beobachtungszeitraum zwischen 1,2 und 11,3 °C, die Tagesamplituden blieben unter 3 °C (MAYRHOFER, 1976).

Zur Abschätzung der Strömungsgeschwindigkeit im Unterlauf des Piburger Baches wurden am 4. 6. 1976 zwei Salzungsversuche durchgeführt. 260 m oberhalb der Mündung ausgebrachte NaCl-Lösungen erbrachten an der Mündung 9 und 9,5 Minuten später (Meßabstand 15 Sek.) den Gipfel der Leitfähigkeitserhöhung, was einer Strömungsgeschwindigkeit von 47 bzw. 48 cm/sec. entspricht. Das schnellste Wasserpaket hatte sich auf der Meßstrecke im Durchschnitt mit 55 cm/sec fortbewegt, das langsamste mit weniger als 7 cm/sec.

Eine nennenswerte organische Belastung durch häusliche oder landwirtschaftliche Abwässer besteht am Piburger Bach nicht.

3. Methodik der Probenentnahme und -auswertung

Die quantitative Probenentnahme erfolgte mit einem Handnetz nach MACAN (Maschenweite 47 μm , Kantenlänge des quadratischen Rahmens 22,5 cm), das sich an Fließgewässern mit steinigem Untergrund am besten bewährt hat (MACAN 1958, STARMACH 1956, KOWNACKA 1971, SOWA 1975). Die Probenentnahme erfaßte das Sediment des Bachbettes bis zu einer Tiefe von maximal 10 cm. Das Gesamtvolumen des entnommenen Sedimentes wurde durch Wasserverdrängung bestimmt; größere Steine wurden hinsichtlich Länge und Breite vermessen, gewissenhaft abgebürstet und abgespült, das freikörnigere Sediment wurde – nach Formolfixierung – unter dem Stereomikroskop genau nach Evertibraten abgesucht. Die Konservierung der sortierten Tiere erfolgte in einem Alkohol-Glyzerin-Gemisch.

An den Probenstellen I, II und III (Abb. 1) wurden von September 1974 bis Dezember 1975 in monatlichen Abständen mindestens drei Proben (einzige Ausnahme: im Dezember 1975 nur je eine Probe), alle drei Monate 5 Proben und an Stelle II zweimal im Jahr 10 Proben entnommen. Eine häufigere Entnahme von 10 Proben, wie sie zur besseren statistischen Absicherung wünschenswert gewesen wäre, mußte wegen der geringen Größe des Baches unterbleiben, weil sonst die Gefahr bestanden hätte, daß die Fauna durch die Besammlung verändert worden wäre. Doch wurde nachträglich – u. a. im Hinblick auf geplante Produktionsstudien am Piburger Bach – untersucht, welche Zahl von Proben erforderlich gewesen wäre, um für Häufigkeitsangaben annehmbare Vertrauensgrenzen (40% relative Breite des 95%-Vertrauensintervall) zu sichern (vgl. Kap. 4.5).

4. Zusammensetzung und Häufigkeit des Mesobenthos

4.1. Verteilung der Tiergruppen im Bachverlauf

Die Bodenfauna des Baches besteht vorwiegend aus Insektenlarven, die 90,5% der Gesamtzahl der mit unserer Methode erfaßten Evertibraten ausmachen. Die verbleibenden 9,5% verteilen sich auf Turbellarien (*Crenobia alpina* DANA, 6,1%), Nematoden (0,3%), Oligochaeten (2,4%) und Arthropoden (Ostracoden, Copepoden, Hydracarinae: 0,7%; Gammariden fehlen).

Unter den Insekten treten vor allem die Ephemeropteren hervor, die mit 29,2% einen relativ hohen Anteil an der Bodenfauna stellen. Fast gleich stark sind die Plecopteren vertreten (26,3%). Die Chironomiden machen 16,4% aus, gefolgt von Simuliiden (11,2%), Coleopteren (4,6%), übrige Dipteren (1,7%) und Trichopteren

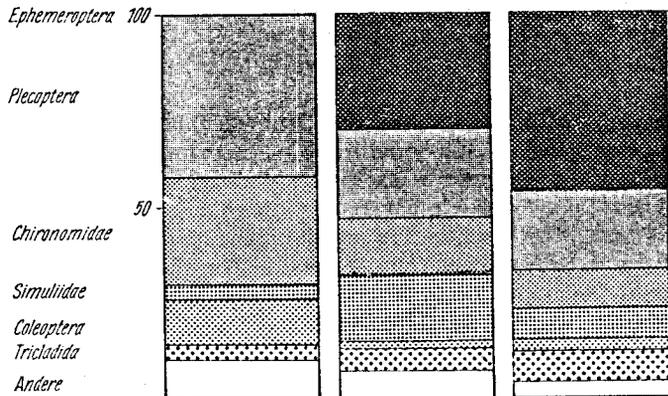


Abb. 4. Anteil der wichtigsten Tiergruppen an den Zoozönosen des Piburger Baches im Jahresmittel. Links: Stelle I; Mitte: Stelle II; Rechts: Stelle III.

(1,1%). Diese Übersicht gilt für den gesamten Bachverlauf, über die ganze Beobachtungszeit gerechnet. Betrachtet man den Jahresdurchschnitt an den einzelnen Probenstellen, so ergeben sich deutliche Unterschiede (Abb. 4):

Sehr charakteristisch ist bei Stelle I das fast vollständige Fehlen von Ephemeropteren und das Überwiegen der Plecopteren. Dies scheint typisch für den Quellbereich von Gebirgsbächen zu sein (MINSHALL und KUEHNE 1969, SOWA 1975 und WEICHSELBAUMER 1976). Auch Chironomiden und Coleopteren stellen einen relativ hohen Anteil, während die Simuliiden eher wenig vertreten sind (hoher Moosanteil). Die relativ große Anzahl von Oligochaeten ist durch das Vorhandensein vieler Totwasserräume mit Feinsedimenten zu erklären, die einen günstigen Lebensraum für diese Tiergruppe bieten.

An Stelle II stellen die Ephemeropteren die stärkste Gruppe, während Plecopteren wesentlich schwächer vertreten sind. Auch MINSHALL und KUEHNE (1969) und FAHY (1975) haben gefunden, daß Plecopteren in „upper reaches“ und Ephemeropteren „further down“ dominieren. Ebenso verringern sich Chironomiden und Coleopteren, während die Simuliiden ihren Anteil erhöhen. Die Oligochaeten treten stark zurück (weniger Stillwasserbereiche mit Feinsediment).

An Stelle III beobachtet man ein ähnliches Bild wie an Stelle II, wobei die Unterschiede zu Stelle I noch stärker hervortreten: Doppelt soviel Ephemeropteren wie Plecopteren; bei Chironomiden und Coleopteren wiederum kleinerer Anteil. Aber auch der Simuliiden-Anteil geht wieder zurück.

4.2. Das Artenspektrum

Eine Artenliste der im Piburger Bach nachgewiesenen Insekten ist in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Schwierigkeiten bei der Artenbestimmung treten vor allem bei jungen Larvenstadien auf. Deshalb konnte bei der quantitativen Auswertung die Zuordnung zu den Arten bzw. Artengruppen nur in den Fällen, wo die Determination eindeutig möglich war, durchgeführt werden. Die übrigen Individuen konnten nur der Gattung, oft sogar nur der Familie zugeordnet werden.

Die Ephemeropteren, Plecopteren, Trichopteren und Chironomiden wurden genauer durchgearbeitet, wobei Adulti, aber auch Puppen und Puppenhäute als Determinationshilfe verwendet wurden.

Insgesamt konnten bei Ephemeropteren 6 Arten bzw. Artengruppen nachgewiesen werden, bei den Plecopteren 16, bei den Trichoptera 14 und bei den Chironomidae 19.

Dabei fiel auf, daß die Diamesinae im Piburger Bach nur mit 2 Artengruppen vertreten sind, während sie in praktisch sämtlichen Bächen des Inneren Ötztales sehr stark in Erscheinung treten (KOWNACKA und KOWNACKI 1975).

Aus dem Trichopteren-Material (Artengruppe *Drusus discolor*) kann erstmals die Larve einer bisher nur von Adulten her bekannten Form (*Drusus chrysotus*) beschrieben werden (SZCZESNY, in Vorbereitung).

Tabelle 1. Liste der im Piburger Bach festgestellten Insektenarten

Ephemeroptera:

Baëtis alpinus PICT.
Baëtis muticus L.
Baëtis rhodani PICT.
Epeorus alpicola ETN.
Ecdyonurus sp.
Rhithrogena ferruginea? NAVAS
Rhithrogena gr. *semicolorata*

Plecoptera:

Nemoura mortoni RIS.
Nemoura gr. *sinuata*
Nemoura sp.
Protonemura auberti? ILLS.
Protonemura lateralis PICT.
Protonemura montana? KIMM.
Protonemura nimborum RIS.
Protonemura sp.

Fortsetzung Tab. 1

Plecoptera: (Forts.):

- Leuctra armata* KMP.
Leuctra braueri KMP.
Leuctra inermis KMP.
Leuctra pseudosignifera AUB.
Leuctra rosinae KMP.
Leuctra sp.
Dictyogenus fontinum RIS.
Isoperla rivulorum PICT.
Chloroperla tripunctata SCOP.

Coleoptera:

- Hydraena belgica* d'ORCH.
Helmis latreillei BED.
Limnius (Lathelmis) perrisi DUF.

Megaloptera:

- Sialis* sp.

Trichoptera:

- Rhyacophila fasciata* HAG.
Rhyacophila vulgaris PICT.
Glossosoma conformis NEOBOISS
Ptilocolepus granulatus PICT.
Philopotamus ludificatus MCL.
Wormaldia sp.
Plectrocnemia conspersa CURT.
Drusus annulatus STEPH.
Drusus gr. *discolor*
Drusus chrysotus RAMB.
Allogamus uncatatus BRAU.
Limnephilus sp.
Lithax niger AAG.
Crunoecia irrorata CURT.

Blepharoceridae:

- Liponeura* sp.

Tipulidae:

- Tipula* sp.

Limoniidae:

- Dicranota* sp.
 Limoniidae indet.

Psychodidae:

- Psychoda* sp.
Pericoma sp.

Dixidae:

- Dixa* sp.

Simuliidae:

- Eusimulium latipes* (MG.)
Eusimulium sp.
Simulium sp.

Chironomidae:

- Tanypodinae indet.
Brillia modesta (MG.)
Chaetocladius (Parachaetocladius) abnobaeus
 WÜLK.
Corynoneura gr. *scutellata*
Diamesa gr. *latitarsis*
Diamesa gr. *cinerella*
Eukiefferiella bavarica G.
Eukiefferiella brevicar (K.)
Eukiefferiella calvescens EDW.
Eukiefferiella devonica (EDW.)
Eukiefferiella minor (VERR.)
Eukiefferiella tirolensis G.
Eukiefferiella sp.
Heptagyia sp.
Limnophyes gr. *pusillus*
Orthocladius frigidus (K.)
Orthocladius rivicola (K.)
Orthocladius sp.
Parametriconemus gr. *stylatus*
Thienemaniella sp.
Micropsestra sp.

Ceratopogonidae:

- Bezzia* sp.

Empididae:

- Hemerodromia* sp.
Wiedemannia sp.

4.3. Häufigkeit und Vergesellschaftung der Arten

In den Tabellen 2a bis 2c sind die mittleren Häufigkeiten von Arten bzw. höheren systematischen Kategorien im Jahresgang angegeben, bezogen auf einheitlich 1 dm³ Sediment. Aus den relativen Häufigkeitsverteilungen wurden Frequenzindizes berechnet (KOWNACKA 1971), nach denen die betreffenden Taxa als dominant, subdominant bzw. adominant gekennzeichnet wurden.

Typisch für Stelle I ist das Vorherrschen der Plecopteren. Unter ihnen treten vor allem sehr junge und daher nicht näher bestimmbar Stadien (dominant von September bis Dezember), junge Stadien von *Protonemura* (dominant von Januar bis Juni) und *Leuctra* (subdominant fast das ganze Jahr über), sowie die Arten *Dictyogenus*

Tabelle 2a. Jahrgang der Individuenhäufigkeit pro 1 dm³ im Quellbereich (Stelle I)

	MITTLERE INDIVIDUENZAHL/DM ³											
	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC
BAETIS SP.						1						
EPHEMEROPTERA				1								
NEMOURA MORTONI											3	2
NEMOURA GR SINUATA											1	
NEMOURA SP											1	2
PROTONEMURA NIMBORUM					4	2						
PROTONEMURA LATERALIS												
PROTONEMURA ALBERTI					5	1			1			
PROTONEMURA MONTANA					2							
PROTONEMURA SP 1.												
PROTONEMURA SP												
LEUCTRA BRAUERI					2							
LEUCTRA ROSINAE												
LEUCTRA PSEUDOSIGNIFERA												
LEUCTRA SP												
DICTYGENUS FONTIUM												
PLECOPTERA												
PTILOCOLEPUS GRANULATUS												
DRUSUS GR DISCOLOR												
LIMNIPHILIDAE												
LITHAX NIGER												
TRICHOPTERA												
DIAMESA GR CINERELLA												
DIAMESA GR LATITARSIS												
DIAMESA SP												
EUKIEFFERIELLA BAVARICA												
EUKIEFFERIELLA MONTANA												
EUKIEFFERIELLA BREVICALCAR												
EUKIEFFERIELLA DEVONICA												
EUKIEFFERIELLA SP												
ORTHOCLADIUS FRI GIDUS												
LIMNOPHYES GR PUSILLUS												
CORYNONEURA SP												
THIENEMANNIELLA SP												
ORTHOCLADIINAE												
TANYTARSINI												
BRILLIA MODESTA												
EUSIMULIUM LATIPES												
SIMULIIDAE												
PERICOMA												
PSYCHODIDAE												
DIXA SP												
DICRANOTA SP												
EMPIDIDAE												
CERATOPOGONIDAE												
DIPTERA SP												
ESOLUS SP												
HELMIS SP												
COLEOPTERA												
CRENOBIA ALPINA												
NEMATODA												
OLIGOCHAETA												

■ DOMINANT ▣ ADOMINANT ▤ SUBDOMINANT ▥ VORHANDEN

fontium (subdominant im Sommer), *Leuctra rosinae* (subdominant im Herbst und Winter) und *Nemoura mortoni* (subdominant im Winter) hervor. Unter den Chronomiden spielen junge Stadien von Orthocladiinae eine sehr wichtige Rolle (subdominant fast das ganze Jahr, dominant im Frühling), sowie *Eukiefferiella bavarica* und *E. minor* (subdominant im Herbst und Frühling). Erwähnenswert sind noch Coleopteren, besonders *Helmis latreillei* (dominant im Sommer), *Crenobia alpina* (dominant im Frühling, während des übrigen Jahres fast immer subdominant), Simuliiden, vor allem *Eusimulium latipes* (dominant im Sommer, während der übrigen Jahreszeiten subdominant).

An Stelle II erkennt man ein deutliches Dominieren der Ephemeropteren *Baëtis alpinus* (ganzjährig dominant) und *Rhithrogena gr. semicolorata* (sehr wahrscheinlich *Rh. ferruginea*), subdominant im Winter und Frühling. — Unter den Plecopteren dominieren hier ähnlich wie an Stelle I junge Stadien von *Protonemura* und *Leuctra* sowie sehr kleine, nicht näher bestimmbare Plecopteren. Eine wichtige Rolle spielen *Leuctra rosinae*, *Nemoura mortoni* (subdominant im Herbst und Winter) und *Dictyogenus fontium*. — Bei den Chironomiden kommen sehr oft junge Stadien von Orthocladiinae (ganzjährig subdominant), *Eukiefferiella bavarica* (subdominant im Frühling

Tabelle 2b. Jahrgang der Individuenhäufigkeit pro 1 dm³ im Mittellauf (Stelle II).

MITTLERE INDIVIDUENZAHL/DM³

	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC
BAETIS ALPINUS	12	11	38	43	8	14	38	138	108	53	69	22
BAETIS MUTICUS	2										1	
BAETIS SP	2	1	4	4	1	1	1	1			1	1
RHITHROGENA GR SEMICOLORATA			4	2	1	1	1	1	1	1	3	
RHITHROGENA SP			2	2	1	1	2					
EPEORUS ALPICOLA	1	1	2	1		1	2		3	3	1	
EPHEMEROPTERA			1	1								
NEMOURA MORTONI	1	1	1	1								2
NEMOURA GR SINUATA	1	1	1	2		1	1					
NEMOURA SP						1				1		1
PROTONEMURA NIMBORUM				1			1					
PROTONEMURA LATERALIS	1	1				1	1	1		4		
PROTONEMURA MONTANA	7	13	21	20	1	5	3	2	1	42	10	9
PROTONEMURA SP		2								1		
LEUCTRA BRAUERI	2	1	2	2		1		1	10	2	2	2
LEUCTRA ROSINAE			1	1								
LEUCTRA INERMIS			1							1		2
LEUCTRA PSEUDOSIONIFERA	2	6	13	5	1	4	4	3	4	5	3	
LEUCTRA ARMATA			1								2	
LEUCTRA SP			1								1	
ISOPERLA RIVULORUM	1	9	8	10	2	3	2	1	9	62	49	21
DICTYOGENUS FONTIUM			1									
PLECOPTERA												
RHYACOPHILA VULGARIS		1									1	
WORMALDIA SP			1								1	
PHILOPOTAMUS LUDIFICATUS				1							1	
PTILOCOLEPUS GRANULATUS									1			
DRUSUS GR DISCOLOR			2									
LITHAX NIGER				1								
DIAMESA GR CINERELLA			2									
DIAMESA GR LATITARSIS										1	1	
DIAMESA SP	2	1	3	2		1	4	5				
HEPTAGYIA SP	3	3	16	21	9	6	11	5	2		3	21
EUKIEFFERIELLA BAVARICA				1						3		
EUKIEFFERIELLA MONTANA		3										
EUKIEFFERIELLA BREVICALCAR		3										
EUKIEFFERIELLA TIROLENSIS	11	5		4	1		6	1		2	1	
EUKIEFFERIELLA DEVONICA						1	1					
EUKIEFFERIELLA SP		1										
ORTHOCLADIUS FRIGIDUS								1				
ORTHOCLADIUS SP				1								
PARAMETRIOCNEMUS GR STYLAT			5	2	1	1		1	3			
LIMNOPHYES GR PUSILLUS		1										
CORYNONEURA SP	2	10	17	19	9	4	8	5	7	3	5	8
THIENEMANNIELLA SP				1								
ORTHOCLADIINAE										1		
TANYTARSINI											1	
BRILLIA MODESTA											1	
EUSIMULIUM SP						1				1		
EUSIMULIUM LATIPES						1				1		
SIMULIUM SP	2	3	25	54	13	33	12	22	23	9	19	2
SIMULIIDAE	1	1				3		2	3	4	2	1
PERICOPA				1						1		
PSYCHODIDAE				1						1	1	
DICRANOTA SP			1	1								
EMPIDIDAE							1					
CERATOPOGONIDAE		1				1	2			1	1	
ESOLUS SP	1	2	3	5	1	1	2	3	4	8	3	2
HELMIS SP												
COLEOPTERA	1	8	18	23	4	3	12	7	2	8	13	4
CRENOBIA ALPINA				8			1			1		
NEMATODA	4	2		1	1	1	2	3	1	8	8	
OLIGOCHAETA												

■ DOMINANT ▲ SUBDOMINANT
 □ ADOMINANT ■ VORHANDEN

und Sommer) und *Eukiefferiella minor* (dominant im Winter und Frühling) vor. — Simuliiden sind im Frühling, Sommer und Herbst dominant, *Helmis latreillei* und *Crenobia alpina* bleiben fast das ganze Jahr subdominant.

Die Zoobenthos-Gesellschaft von Stelle III ist der der Stelle II ähnlich; nur *Baëtis alpinus* kommt deutlich zahlreicher vor, auch kleine Stadien von *Protonemura* (dominant im Frühling) und *Leuctra* (dominant im Sommer) treten noch zahlreicher auf. Eine wichtige Rolle spielt an dieser Stelle auch *Crenobia alpina* (dominant im Frühling und Sommer). Simuliiden sind hier nur drei Monate dominant (Mai, Juni, Juli) und nicht so häufig wie an Stelle II.

Tabelle 2c. Jahrgang der Individuenhäufigkeit pro 1 dm³ im Unterlauf (Stelle III).

MITTLERE INDIVIDUENZAHL/DM³

	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC
BAETIS ALPINUS	34	38	51	75	9	9	28	323	138	48	11	21
BAETIS RHODANI			1									
BAETIS MUTICUS												
RHITHROGENA GR SEMICOLORATA	3	2	1	2	2		1	1	1		2	1
RHITHROGENA SP												
EPEORUS ALPICOLA		1	2	2	1		1	1	1	1		
EPHEMEROPTERA		1						1				
NEMOURA MORTONI												
NEMOURA GR SINUATA	1	1	1	2					1	1	3	1
NEMOURA SP				2								
PROTONEMURA NIMBORUM		4	1	4						1		1
PROTONEMURA MONTANA				5		1		1				
PROTONEMURA SP 1	1											
PROTONEMURA SP 1	12	20	19	38		1			4	2	12	3
LEUCTRA BRAUERI	1									9		
LEUCTRA ROSINAE	5	2	7	4						1		
LEUCTRA INERMIS	1	1		1				2	1	5		1
LEUCTRA PSEUDOSIGNIFERA			1									1
LEUCTRA ARMATA			1	1					1	1		
LEUCTRA SP 1	1	1										1
LEUCTRA SP 1	2	9	5	6	2	1	1	2	5	4	4	5
ISOPTERA RIVULORUM				1		1						
DICTYGENUS FONTIUM												
CHLOROPERLA TRIPUNCTATA		1						1	1	1		1
PLECOPTERA	1	9	14	10	2				10	23	55	10
RHYACOPHILA VULGARIS		1								1		
RHYACOPHILA SP	1											
GLOSSOMA CONFORMIS		1				1						
WORMALDIA SP									1			
PTILOCOLEPUS GRANULATUS				1						3	2	
DRUSUS GR DISCOLOR											2	
TRICHOPTERA			1	5						1		
DIAMESA GR CINERELLA				1								
DIAMESA GR LATITARSIS				1								
DIAMESA SP				1								
HEPTAGYIA SP	1	1	1	4			1	4	3	3		
EUKIEFFERIELLA BAVARICA			5	18	4		9	4		2		45
EUKIEFFERIELLA MONTANA				1								
EUKIEFFERIELLA BREVICALCAR		3										
EUKIEFFERIELLA DEVONICA	1	4	3	2		3	1	7	5	1		
EUKIEFFERIELLA SP				2							1	
ORTHOCLADIUS FRIGIDUS				2								
ORTHOCLADIUS SP			1	4								
CORYNONEURA SP	1	7	16	10	1	3	3	10	5	10	5	5
ORTHOCLADIINAE												
EUSIMULIUM SP												
SIMULIUM SP	3	6	9	25	9	15	18	52	21	1		2
SIMULIIDAE		1				1			1	13	5	2
PERICOMA												
DIXA SP								1				
DICRANOTA SP		1										
LIMONIIDAE									1	1	2	
EMPIDIDAE			1									
LIPONEURA SP							1					
DIPTERA SP	2	4	2	5	2	8	1	2	2	4	1	4
ESOLUS SP	1	1	3	2				1	4	1		4
HELMIS SP	8	14	22	53	4	1	12	7	2	7	15	3
CRENOBIA ALPINA												
NEMATODA							1			1		
OLIGOCHAETA	1	3	2	1					1	3	4	2

■ DOMINANT ▲ SUBDOMINANT
 □ ADOMINANT ■ VORHANDEN

4.4. Absolute und prozentuelle Veränderungen im Jahresgang

Die Gesamtindividuenzahlen des Quellbereiches sind in Tabelle 3 (zum Teil) enthalten und in der Abb. 5 graphisch mit den jeweiligen 95% Vertrauensbereichen für den Beobachtungszeitraum dargestellt. Abb. 6 stellt die Abundanzwerte der zwei

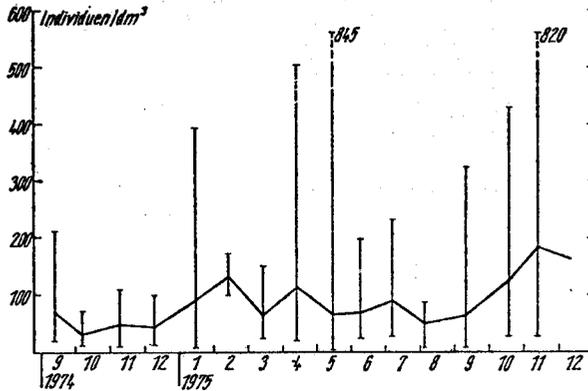


Abb. 5. Mittelwerte und 95%-Vertrauensbereiche der Gesamtindividuenzahlen von September 1974 bis Dezember 1975 an Stelle I.

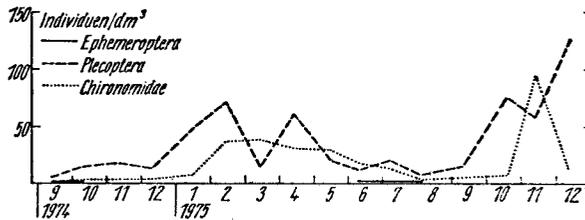


Abb. 6. Abundanz der Ephemeroptera, Plecoptera und Chironomidae an Stelle I.

dominierenden Insektengruppen (Plecopteren und Chironomiden) sowie der Ephemeropteren in ihrer zeitlichen Veränderung dar.

Von Dezember an kann ein deutlicher Anstieg beobachtet werden. Ein erster Gipfel (186 Ind./dm³) tritt im Februar auf. Im Dezember findet man hauptsächlich juvenile Plecopteren, Chironomiden, Trichopteren, doch auch große Larven von *Dictyogenus fontium*, *Brillia modesta* und Simuliiden; nur *Helmis latreillei* tritt adult auf. Die Abundanzspitze im Februar wird hauptsächlich von Plecopteren verursacht (juvenile *Protonemura*, Anfangsstadien von Plecopteren), aber auch von Chironomiden (juvenile *Eukiefferiella* und *Orthocladien*). Bei den Chironomiden kommt das Larvenstadium IV von *Brillia modesta* und *Parorthocladius nudipennis* vor, sowie das Puppenstadium von *Eukiefferiella tyrolensis*. — Im März sinken die Abundanzen etwas. Man findet bereits Adulte von *Nemoura mortoni* sowie *Lithax niger*. Im April steigen die Individuenzahlen wieder an. Auch in dieser Zeit zeigen sich noch schlüpfreife Exemplare von *Nemoura mortoni*. *Dictyogenus fontium*, verschiedene *Protonemura*, *Eukiefferiella minor*, *Leuctra rosinae* sowie *L. armata* weisen ein Entwicklungsstadium auf, während *Eukiefferiella brevicar* und *Orthocladius frigidus* sich verpuppt haben. *Helmis latreillei* und *Hydraena belgica* treten als Adulti auf. Von Mai bis August

Tabelle 3. Individuenhäufigkeiten ausgewählter Taxa und des Gesamt-Makrozoobenthos sämtlicher Einzelproben, sowie k -Werte (p. 229) und Zahl der für ein Vertrauensintervall von 40% erforderlichen Parallelproben ($n_{0.4}$; p. 229) für jede der Entnahmestellen an 4 ausgewählten Terminen.

	Stelle I			Stelle II			Stelle III				
	Gesamt Protone- mura	Chirono- midae	Simuli- idae	Gesamt <i>Baetis alpinus</i>	Protone- mura	Chiro- nomi- dae	Simuli- idae	Ge- samt <i>Baetis alpinus</i>	Protone- mura	Chirono- midae	Simuli- idae
11. 2. 1975	104	26	20	57	7	15	0	87	25	13	4
Individuen- zahlen je Probe	133	35	32	65	10	20	1	94	25	13	5
	151	37	51	81	11	20	3	137	28	21	6
	152	45	66	122	12	15	4	167	29	27	6
k	69	>100	6.0	134	13	34	6	182	34	28	7
$n_{0.4}$	3	4	8	6	4	5	20	6	3	5	4
14. 5. 1975	12	4	3	24	2	5	3	37	2	0	9
Individuen- zahlen je Probe	64	11	10	35	3	9	5	61	9	0	9
	123	18	85	43	4	10	5	82	16	0	10
				43	5	12	10				
				52	5	14	11				
				52	6	15	11				
				54	6	19	12				
				56	6	20	12				
				60	10	22	16				
k	1.5	4.6	0.7	96	12	23	44	11.9	2.4	-	>100
$n_{0.4}$	19	10	37	4	9	7	15	5	15	-	3
4. 8. 1975	19	0	1	169	103	10	19	347	250	0	11
Individuen- zahlen je Probe	29	0	4	220	143	2	20	385	289	0	30
	48	1	5	255	168	4	28	475	395	1	93
k	9.2	>100	>100	42.8	30.9	3.1	>100	66.9	29.4	>100	6.8
$n_{0.4}$	6	75	12	4	4	6	4	3	4	75	8
11. 11. 1975	96	4	3	147	38	5	8	125	11	2	6
Individuen- zahlen je Probe	124	5	5	158	75	9	12	156	39	10	6
	337	15	278	279	93	15	41	224	82	13	12
k	3.4	4.2	0.36	12.4	8.8	12.3	4.1	19.1	1.9	3.1	>100
$n_{0.4}$	10	12	68	5	6	7	11	4	16	14	8

sinkt die Anzahl der Plecopteren und Chironomiden deutlich. In dieser Zeit beobachtet man schlüpfreife Stadien von *Leuctra armata* und *Protonemura auberti*; *Corynoneura* sp. sowie *Eukiefferiella bavarica* stehen vor der Verpuppung. *Orthocladius frigidus* und *Lithax niger* sind weiterhin zu finden. — Ab August erhöht sich die Gesamtabundanz wieder, und zwar steigt die Zahl der Plecopteren und Chironomiden (meist juvenile *Protonemura*, Anfangsstadien von Plecopteren sowie juvenile Orthocladiinen). Große Larven treten auf bei *Leuctra rosinae*, *Dictyogenus fontium*, *Nemoura mortoni*, *Eukiefferiella bavarica*. *Orthocladius frigidus*, *Lithax niger*, *Wormaldia* sp., *Ptilocolepus granulatus*, *Drusus chrysotus*, *Glossosoma conformis* sowie verschiedenen Simuliiden. Zu dieser Zeit schlüpfen: *Eukiefferiella devonica*. *Limnophyes* gr. *pusillus*, *Eusimulium latipes* sowie *Simulium* sp. Die nächste Abundanzspitze wird im November mit 186 Individuen/dm³ erreicht.

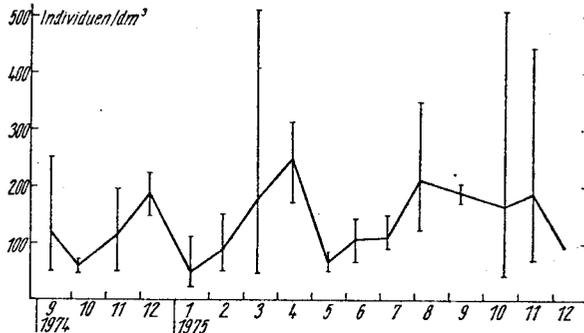


Abb. 7. Mittelwerte und 95⁰/₀-Vertrauensbereiche der Gesamtindividuenzahlen an Stelle II.

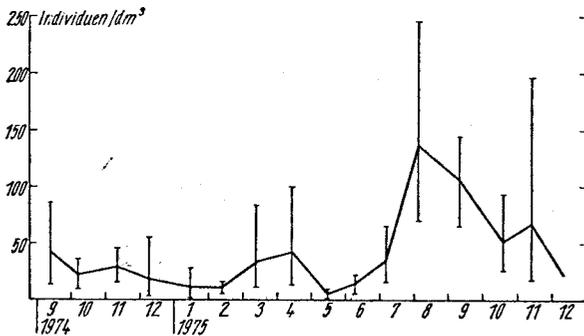


Abb. 8. Mittelwerte und Vertrauensbereiche der Individuenhäufigkeit von *Baëtis alpinus* an Stelle II.

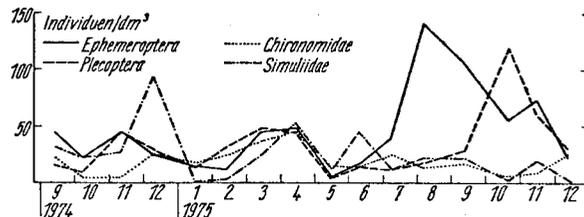


Abb. 9. Mittelwerte der Individuenzahlen dominierender Insektengruppen an Stelle II.

Die an Stelle II ermittelten Gesamtindividuenzahlen sind in Abb. 7 dargestellt (vgl. auch Tab. 3). Abb. 8 enthält Abundanzen und zugehörige Vertrauensbereiche für die dominierende Art *Baëtis alpinus*. Abb. 9 bietet eine Gegenüberstellung der vier dominierenden Gruppen Ephemeroptera, Plecoptera, Chironomidae und Simuliidae. Bei der Betrachtung der Gesamtindividuenzahlen fällt hier ein großer Anstieg von Januar bis April auf. Das Maximum in April (248 Ind./dm³) wird durch die Ephemeropteren (vor allem *Baëtis alpinus* (138 Ind./dm³) aber auch *Rhithrogena* gr. *semicolorata* und *Epeorus alpicola*) sowie durch die Plecopteren (*Protonemura* sp., *Leuctra* sp.), Chironomiden (*Eukiefferiella minor*, juvenile Orthocladiinen) und Simuliiden verursacht. Im Larvalstadium IV sind *Orthocladius frigidus* und *Limnophyes* gr. *pusillus*. Außerdem findet man schlüpfreife Individuen von *Nemoura sinuata*, sowie Puppen von *Diamesa* gr. *latitarsis*, *Eukiefferiella minor*, *E. breviculcar* und *Simulium* sp. — Im Mai findet ein Rückgang der Gesamtabundanz statt, welcher sehr wahrscheinlich durch den höheren Wasserstand zu erklären ist. Von *Baëtis alpinus*, *Epeorus alpicola*, *Isoperla rivulorum* und *Lithax niger* treten große Larven auf, von *Dictyogenus fontium* schlüpfreife Individuen. — Ab Juni steigt die Abundanz wieder und erreicht im August einen zweiten Gipfelwert (240 Ind./dm³), verursacht vor allem durch *Baëtis alpinus* (140 Ind./dm³; Abb. 8) in allen Stadien einschließlich schlüpfreifer Nymphen. Zu finden sind auch schlüpfreife Individuen von *Epeorus alpicola* und Puppen von *Eukiefferiella tirolensis*, *E. bavarica*, *Heleniella thienemanni*, *Corynoneura* gr. *minuta*, *Limnophyes* gr. *pusillus*, *Parametriocnemus stylatus*, *Bezzia* sp., *Eusimulium latipes* und *Eukiefferiella minor*. — Infolge des Schlüpfens der Ephemeropteren, eines Teiles der Plecopteren, Chironomiden und Simuliiden läßt sich im September und Oktober ein deutlicher Abfall der Gesamtabundanz feststellen. Man findet schlüpfende Individuen von *Isoperla rivulorum* und *Rhyacophila vulgaris*, sowie Puppen von *Eukiefferiella tyrolensis* und *Limnophyes* gr. *pusillus*. Im November und Dezember läßt sich wieder ein Anstieg der jüngsten Stadien von *Baëtis alpinus*, *Protonemura*, von unbestimmbaren Plecopteren sowie Simuliiden beobachten.

Auf Stelle III beziehen sich die Tabelle 3 und die Abbildungen 10, 11, 12. Ähnlich wie an Stelle II findet auch hier ein deutlicher Abundanzanstieg in den Monaten Januar bis April statt. Der Abundanzgipfel im April (288 Individuen/dm³) wird hauptsächlich von Ephemeropteren (vor allem *Baëtis alpinus*) sowie Plecopteren, Chironomiden und Simuliiden verursacht. Schlüpfende Individuen finden sich von *Nemoura sinuata*, *Protonemura nimborum*, *Orthocladius frigidus* und *Diamesa* gr. *cinerella*. — Einen deutlichen Rückgang verzeichnet die Gesamtabundanz im Mai und Juni. Die Ursache ist ebenso wie in Stelle II wahrscheinlich im höheren Wasser-

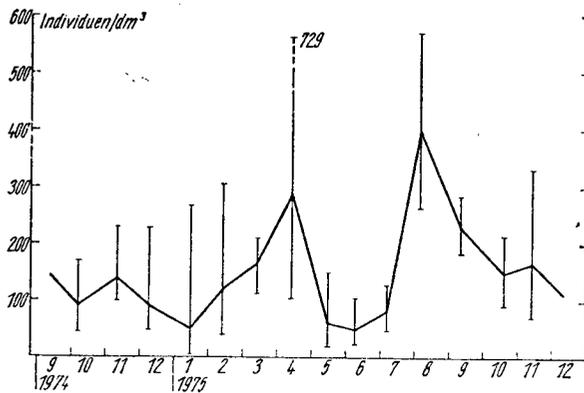


Abb. 10. Mittelwerte und 95%o-Vertrauensbereiche der Gesamtindividuenzahlen an Stelle III.

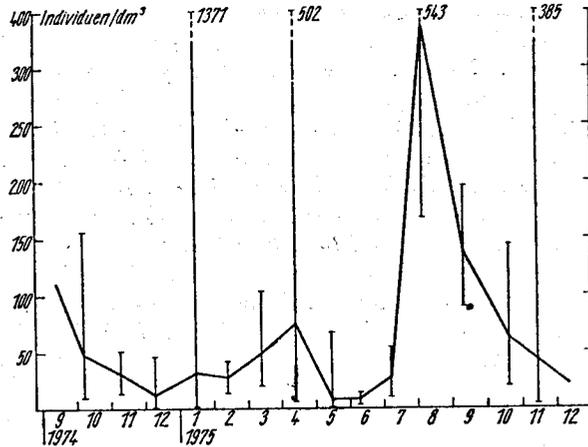


Abb. 11. Mittelwerte und Vertrauensbereiche der Individuenhäufigkeit von *Baëtis alpinus* an Stelle III.

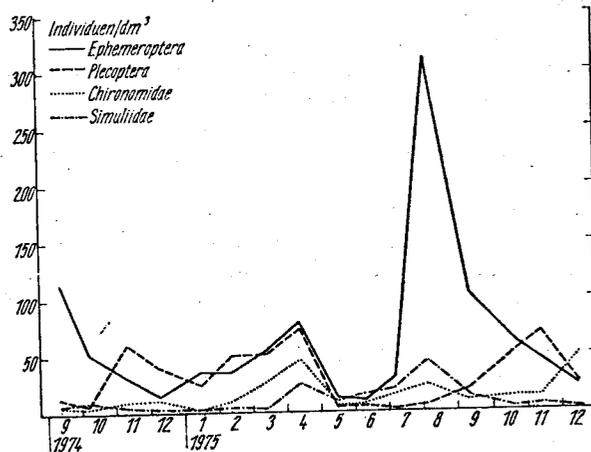


Abb. 12. Mittelwerte der Individuenzahlen dominierender Insektengruppen an Stelle III.

stand zu suchen. Große Larven treten auf bei *Baëtis alpinus* (Stadium VII), *Epeorus alpicola*, *Leuctra inermis* und Simuliiden. Schlüpfreife Individuen sind bei *Glossosoma conformis* zu finden. — Ab Juli erhöht sich die Gesamtabundanz wieder und erreicht im August ihr Maximum mit 402 Ind./dm³. Für dieses Maximum ist allein *Baëtis alpinus* (311 Individuen/dm³) ausschlaggebend (Abb. 11), und zwar kommen alle Entwicklungsstadien vor. Schlüpfreife Individuen treten bei *Baëtis alpinus*, *Epeorus alpicola* und *Rhythrogena* gr. *semicolorata* auf, Puppen bei *Eukiefferiella devonica*, *E. bavarica*, *E. calvescens*, *Corynoneura* gr. *scutellata*, *Eusimulium latipes* und *Liponeura* sp. — Im Oktober ist in Stelle III ebenso wie in Stelle II wieder ein Abundanzrückgang zu beachten. Schlüpfende Individuen zeigen sich bei *Rhyacophila vulgaris* und *Simulium* sp. Im November erhöht sich die Gesamtabundanz etwas (hauptsächlich Anfangsstadien von *Protonemura* und nicht näher bestimmbar Plecopteren), sie sinkt aber im Dezember wieder ab.

Der Jahresgang des Auftretens der einzelnen Entwicklungsstadien von *Baëtis*

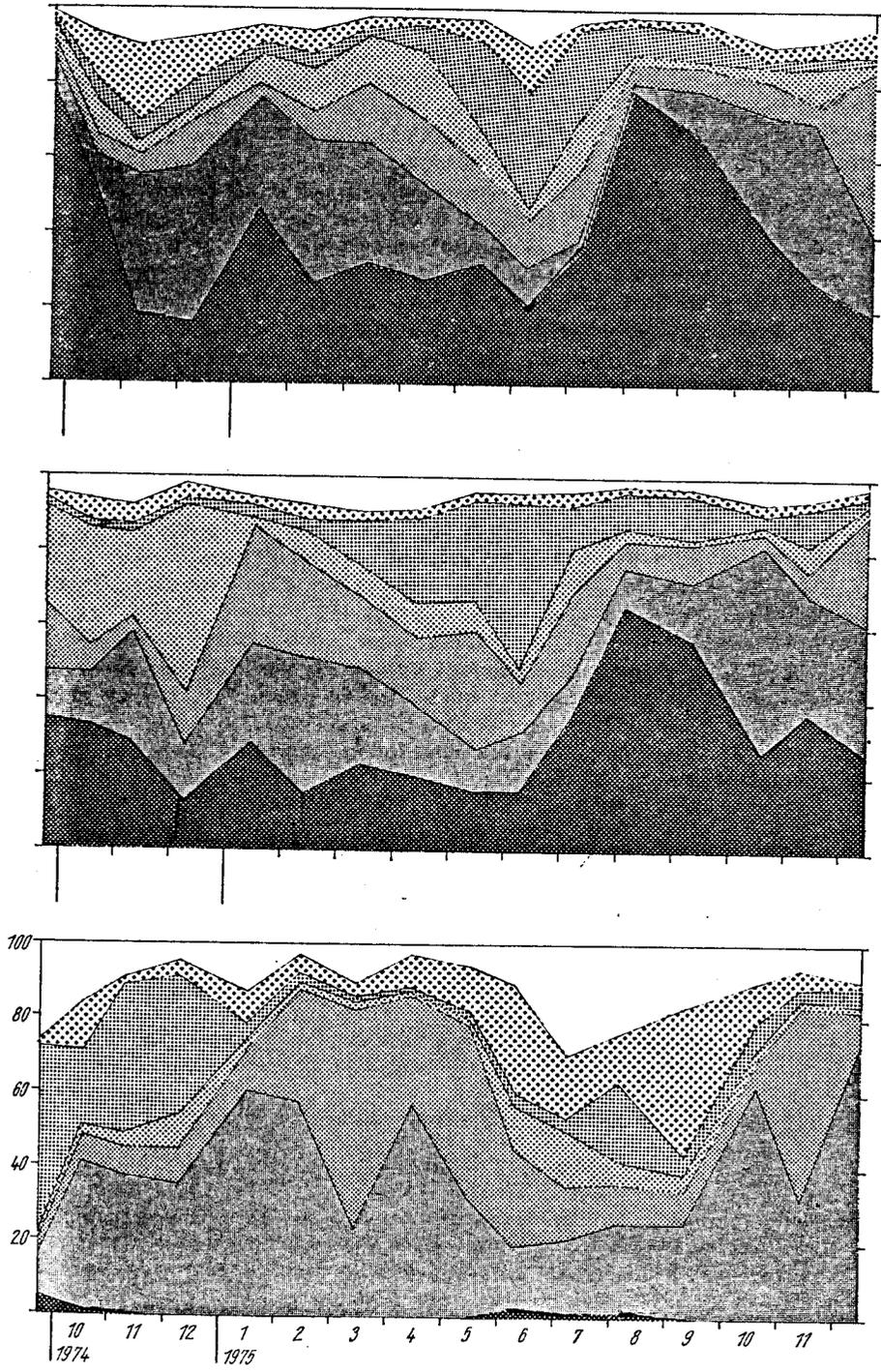


Abb. 13. Prozentanteile der wichtigsten Tiergruppen im Jahresgang an Stelle I (unten) II (Mitte) und III (oben). Signaturen wie in Abb. 4.

alpinus wird — einschließlich der Unterscheidungsmerkmale der Larvenstadien — getrennt publiziert (KOWNACKA in Vorbereitung).

Die Prozentanteile der Tiergruppen sind für die drei Probenstellen in den Abbildungen 13a—c dargestellt:

An Stelle I zeigen die Plecopteren einen hohen prozentuellen Anteil im Januar und Februar (61 bzw. 57⁰/₀); die Chironomiden haben in diesem Zeitraum 11 bzw. 30⁰/₀, die Oligochaeten 10 bzw. 1,2⁰/₀ und die Coleopteren 9 bzw. 6⁰/₀. Im März steigt der Chironomiden-Anteil auf 59⁰/₀. Der Plecopteren-Anteil liegt in diesem Monat bei 34⁰/₀ erhöht sich jedoch im April noch einmal (57⁰/₀) und sinkt später wieder etwas (32⁰/₀ im Mai, 19⁰/₀ im Juni). Dagegen liegt der Anteil der Chironomiden bei 46⁰/₀ im Mai bzw. 26⁰/₀ im Juni und derjenige der Coleopteren bei 12⁰/₀ im Mai bzw. 29⁰/₀ im Juni. Von Juli bis September weisen die Plecopteren 19—25⁰/₀ auf, die Chironomiden 26—9⁰/₀ und die Coleopteren 29—41⁰/₀. Im Oktober wächst der Plecopteren-Anteil auf 62⁰/₀, an und erreicht im Dezember mit 74⁰/₀ die Spitze. Für die Chironomiden erhöht sich der Prozentanteil im November auf 51⁰/₀. Die Ephemeropteren erscheinen nur von Mai bis August und erreichen ungefähr 1⁰/₀.

Im Gegensatz zu Stelle I sind die Ephemeropteren an Stelle II, wie bereits erwähnt, wesentlich stärker vertreten: sie erzielen im Januar 29⁰/₀, ihr Anteil ist von Februar (15⁰/₀) bis Mai (16⁰/₀) relativ niedrig, er steigt ab Juni (17⁰/₀) wieder an und erreicht im August mit 66⁰/₀ die Spitze. Der Plecopteren-Anteil erhöht sich im Januar (27⁰/₀) und Februar (36⁰/₀), sinkt folgend und bleibt bis August niedrig. Dann steigt er wieder an und erreicht im Oktober mit 56⁰/₀ seinen maximalen Wert. Der Anteil der Chironomiden steigt im Dezember und Januar auf 30⁰/₀ bzw. 33⁰/₀. Das Simuliiden-Maximum liegt im Juni (43⁰/₀).

In Stelle III treten die Ephemeropteren noch stärker in Erscheinung als in Stelle II; der Jahresgang unterscheidet sich kaum von dem der Stelle II. Auch im Jahresgang der Plecopteren zeigen beide Stellen große Ähnlichkeit; das Maximum (42⁰/₀) wird an Stelle III erst im November erreicht. Der Anteil der Chironomiden (Maximum 44⁰/₀, Dezember) und der Simuliiden (Maximum 33⁰/₀, Juni) ist das ganze Jahr über niedriger als in Stelle II.

4.5. Statistische Analyse

Methode

Die statistische Analyse hatte das Ziel, die vorhandenen Stichproben in Hinblick auf Klumpungen der gefundenen Gesamtzahl von Tieren, aber auch auf Klumpungen der Anzahlen einzelner Tierarten zu untersuchen. Hierzu wurde jeweils die Annahme getroffen, daß die Stichproben aus negativ binomial verteilten Ausgangsverteilungen stammen.

Eine Untersuchung, ob andere ebenfalls bei Klumpung zu beobachtende Häufigkeitsverteilungen — wie die THOMAS-NEYMANN Typ A — oder eine POLYA-AEPPLI-Verteilung (siehe ELLIOT, 1973 Kap. 5.3) als Ausgangsverteilungen in Frage kämen, schien wegen der meist recht geringen Stichprobenumfänge (3) nicht sinnvoll.

Zur Schätzung des in der negativen Binomialverteilung

$$P(x) = \left(1 + \frac{\mu}{k}\right)^{-k} \binom{k+x-1}{x} \left(\frac{\mu}{\mu+k}\right)^x$$

bezüglich der Klumpung entscheidenden Parameters k aus den Stichproben wurde die in den ELLIOT (1973, Abschnitt 3.2.3) angeführte exakte Maximum-likelihood-Schätzungsmethode verwendet. Dabei ist die zu berechnende Schätzgröße \hat{k} aus der implizierten Gleichung

$$n \cdot \ln \left(1 - \frac{\bar{x}}{k}\right) = \sum_{x=0}^{x \text{ max} - 1} \frac{A(x)}{k+x}$$

zu bestimmen. $A(x)$ bedeutet darin die Häufigkeit von Individuenzahlen größer als x in der Gesamtstichprobe (Summe aller zur selben Zeit an derselben Stelle entnommenen Proben).

Die Berechnung erfolgte iterativ mit Hilfe des Newtonschen Näherungsverfahrens, wobei sich als Anfangswertschätzung die im gleichen Abschnitt angeführte Formel

$$k_0 = \frac{\bar{x}^2}{s^2 - \bar{x}}$$

bewährt hat. Liefert diese Formel einen negativen Wert, der auf keine Klumpungseigenschaft hindeutet, so wurde ein Anfangswert von 1,5 vorgegeben, und erst bei mehrfachem Umschlagen der Iteration in den negativen Bereich wurde eine nicht geklumpete Häufigkeitsverteilung (Normalverteilung) angenommen.

Keine Klumpungseigenschaft und damit wiederum Normalverteilung wurde auch bei Schätzwerten für k von über 100 angenommen, da die Klumpungseigenschaft (Schiefe der Häufigkeitsverteilung) mit wachsenden k -Werten rasch abnimmt und dann eine sehr große Ähnlichkeit einer solchen negativ-Binomialverteilung zur Normalverteilung besteht. Die geschätzten k -Werte reichen von 0,7 (sehr starke Klumpung) bis 93,3 (nahezu normalverteilt).

Nach der Berechnung des Schätzwertes für k werden die Testwerte U bzw. T zum Übereinstimmungstest für negative Binomialverteilung ermittelt.

$$U = s^2 - \left(\bar{x} - \frac{\bar{x}^2}{k} \right)$$

$$T = \frac{\sum x_i^3 - 3\bar{x}\sum x_i^2 + 2\bar{x}^2\sum x_i}{n} - s^2 \left(\frac{2s^2}{\bar{x}} - 1 \right)$$

(siehe ELLIOT 1973, Abschnitt 5.2.2)

Jeweils einer der beiden Werte kann mit den aus dem Nomogramm (ELLIOT l. c., p. 61) ablesbaren kritischen Werten (multipliziert mit $\frac{10}{\sqrt{n}}$: 5,77 für $n=3$, 4,47 für $n=5$, 3, 16 für $n=10$) verglichen werden, um zu entscheiden, ob eine negative Binomialverteilung tatsächlich angenommen werden darf.

Der zuvor berechnete Wert von k wurde, soweit er zwischen 0 und 100 lag, nur benutzt, um über die Transformation ($y = \log \left(x + \frac{k}{2} \right)$) zu einer annähernd normal verteilten Größe zu kommen (ELLIOT l. c., 6.2.4). Für diese wurde der Konfidenzintervall des Mittelwertes nach der üblichen Methode (t -Verteilung) bestimmt und die Intervallgrenzen zurücktransformiert. In den anderen Fällen wurde das übliche Verfahren direkt auf die Werte x_i angewandt.

Der berechnete Wert k wurde weiter benutzt, um eine Schätzung des für eine Genauigkeit von 40% Konfidenzintervallbreite (95% Wahrscheinlichkeit) notwendigen Stichprobenumfangs (Probenzahl) vorzunehmen, was nach der Formel

$$n_D = \frac{t^2}{D^2} \cdot \left(\frac{1}{\bar{x}} + \frac{1}{k} \right)$$

für negativ binomialverteilte Stichproben und nach der Formel

$$n_D = \frac{t^2}{D^2} \cdot \frac{s^2}{\bar{x}^2}$$

für Stichproben $k > 100$ oder $k \leq 0$ geschah.

Dabei wurde $D=0,4$ gesetzt und für t der kritische Wert der t -Verteilung (zweiseitiges Konfidenzintervall) für jenen Freiheitsgrad ν genommen, der dem gesuchten Stichprobenumfang n_D entspricht. Da dadurch die rechte Seite der Gleichung auch von n_D abhängt, war auch hier eine iterative Berechnung von höheren zu niedrigeren n_D -Werten nötig; dies besonders deshalb, weil die kritischen t -Werte bei kleinem Freiheitsgrad (Stichprobenumfang) stark anwachsen und solche kleine Werte (5 und darunter) häufig vorkamen. Die Berechnung dieser für die 40%-Genauigkeit nötigen Probenzahl soll einen Überblick über den für weiteres quantitatives Arbeiten nötigen Probenaufwand geben.

Aus der statistischen Analyse ist zu sehen (Tab. 3 und KOWNACKA 1977), daß bei den Gesamtzahlen von Tieren an Stelle I die k -Werte relativ niedrig sind (stärkere Klumpungseffekte). Die für eine relative Genauigkeit von 40% notwendige Probenzahl

$n_{0,4}$ ist dementsprechend hoch (5–19 Proben). Es ist zwar zu erwarten, daß bei geringer Probenzahl die berechneten k -Werte recht stark auf die Zufälligkeit bei den Stichprobenentnahme ansprechen, sie können andererseits aber auch auf größere Besiedlungsunterschiede hinweisen, welche wiederum durch die große Zahl der zugänglichen Mikrobiotope bzw. durch verschiedene physikalische und chemische Faktoren zu erklären sind.

Die k -Werte an den Stellen II und III sind höher (geringere Klumpungen), die Zahl der notwendigen Proben $n_{0,4}$ ist entsprechend geringer (2–8 für Stelle II und 3–10 für Stelle III).

Zusätzlich muß jedoch auch die Möglichkeit beachtet werden, daß der Biotop an Stelle I, wo der Bach sehr schmal ist, bereits als Effekt unserer mehrmaligen Probenentnahmen verändert worden sein könnte.

Wir bedanken uns herzlich bei Doz. Dr. R. SOWA, Doz. Dr. B. SZCZESNY und Dr. IRENE DE ZORDO für ihre Hilfe bei der Lösung taxonomischer Probleme bei Ephemeropteren Trichopteren und Coleopteren, bei Prof. Dr. W. WÜLKER für die Determination von *Chaetocladius* (*Parachaetocladius*) *abnobaenus* WÜLK., sowie bei Prof. Dr. R. PECHLANER für Kritik und Hilfe bei der Vorbereitung dieser Publikation.

Die Untersuchungen wurden vom österreichischen „Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung“ (Projekt 2951) und im Rahmen des MAB-5-Projektes „Belastung und Belastbarkeit des Piburger Sees“ finanziell unterstützt.

5. Zusammenfassung

Der Piburger Bach ist ein kleiner, rasch fließender Wiesenbach mit elektrolytarmen ($<60 \mu\text{S}_{250}$), kühlem (ganzjährig unter 12°C) und sauerstoffreichem Wasser. Sein Macrozoobenthos wurde von September 1974 bis Dezember 1975 bei monatlicher Probenentnahme qualitativ und quantitativ untersucht.

Aus den Proben (Entnahme mit MACAN-Handnetz) wurden mehr als 15000 Evertibraten sortiert, von denen $\frac{2}{3}$ bis zur Gattung bestimmt werden konnten, $\frac{1}{3}$ bis zur Art. Die bei weitem wichtigsten Tiergruppe bilden die Insekten (einschließlich Larven aller Stadien), wobei im Mittel aller Proben die Ephemeropteren 29,2% der Individuenzahl des gesamten Macrozoobenthos ausmachen, die Plecopteren 26,3%, die Chironomiden 16,4%, Simuliiden 11,2%, Coleopteren 4,6%, andere Dipteren 1,7% und Trichopteren 1,1%.

Trotz der Kürze des Baches (ca. 700 m: Abb. 1) zeigen seine Zoobenthos-Gesellschaften in der quellnahen Strecke deutliche Unterschiede gegenüber jenen im Mittel- und Unterlauf. Plecopteren dominieren im Quellbereich, während dort Ephemeropteren fast vollständig fehlen. Hingegen dominieren die Ephemeropteren (vor allem *Baetis alpinus*) im Mittelteil und im Mündungsbereich dieses Baches das ganze Jahr über. Der Jahresgang der Individuenhäufigkeiten wurde—bezogen auf einheitlich 1 dm^3 besammelten Substrates—sowohl hinsichtlich der Absolutzahlen als auch hinsichtlich der relativen Häufigkeiten dargelegt und diskutiert (Kap. 4.3 und 4.4, Tab. 2, Abb. 5 bis 13).

Für die häufig auftretenden Arten und Gattungen, für jede der Insektenfamilien und für die Gesamtzahl des Macrozoobenthos wurden die Vertrauensgrenzen der erhobenen Daten berechnet. Eine Auswahl aus diesem Zahlenmaterial findet sich in Tab. 3 (für *Baetis alpinus*, *Protonemura* spp., Plecopteren, Chironomiden, Simuliiden und die Summe aller Macrozoobenthos-Tiere). Die Zahl der Proben, welche erforderlich ist, um die betreffende systematische Kategorie mit einer relativen Genauigkeit von 40% (bei 95% Wahrscheinlichkeit) zu erfassen, variiert nach Entnahmestelle und

taxonomischer Zugehörigkeit erheblich. An der Entnahmestelle I (Quellbereich) zeigten sich starke Klumpungseffekte, welche möglicherweise mit einer höheren Diversität von Kleinbiotopen in diesem Bereich zusammenhängen. Die Forderung nach besonders zahlreichen Parallelproben (Tab. 3, Spalte $n_{0,4}$) ist an dieser Stelle wegen ihrer geringen räumlichen Erstreckung unerfüllbar. Im Mittel- und Unterlauf des Baches hingegen genügen maximal 6 Proben, um die Gesamtzahl des Macrozoobenthos an 12 bzw. 14 und 16 monatlichen Terminen der Untersuchungsperiode mit einer relativen Genauigkeit von 40% zu erfassen. Für die Ephemeroptere *Baëtis alpinus* wäre diese Forderung im Mittellauf an 12, im Unterlauf an 8 der 16 Entnahmetage erfüllt.

Summary

Piburger Bach is a small, fast flowing stream, its water being poor in electrolytes (less than 60 micromhos), cool (less than 12° centigrade) and rich in oxygen. Its zoobenthos was sampled monthly from September 1974 through December 1975 for both qualitative and quantitative evaluation.

More than 15.000 specimens of invertebrates including all larval stages of insects were collected with a MACAN-sampler. Two-thirds of the material was determined to the genus, one-third to the species. Insects are spectacularly dominant, mean frequencies decreasing from Ephemeroptera (29.2%) to Plecoptera (26.3%), Chironomidae (16.4%), Simuliidae (11.2%), Coleoptera (4.6%), other Diptera (1.7%) and Trichoptera (1.1% of total zoobenthos numbers).

Despite being merely 700 m long (Fig. 1) Piburger Bach shows clear differences between the zoobenthos assemblages of the first 100 m of its course and those of the lower reaches. Plecoptera are dominant near the source, while Ephemeroptera are almost completely absent. Ephemeroptera (especially *Baëtis alpinus*) are dominant in the middle reaches and at the mouth of the stream all year round.

Results are presented and discussed both in absolute densities per dm³ of sediment and as percent of the total numbers of zoobenthos (chapters 4.3 and 4.4; table 2, figures 5 through 13).

Confidence limits were calculated for all frequently occurring species and genera, for all families and for total numbers; the figures for *Baëtis alpinus*, *Protonemura*, Plecoptera, Chironomidae, Simuliidae and total zoobenthos are presented for selected sampling days (table 3). ' $n_{0,4}$ ' in table 3 indicates the number of samples necessary to obtain quantitative data with a confidence interval of 40% (at the 95% level). At sampling point I (source) strong clumping effects have been observed, caused perhaps by higher diversity of micro-biotopes at this site. The number of replicates theoretically required at this location in most cases exceeds the tolerance of this limited area to "sampling stress". In the main parts of the stream, however, six or less samples are sufficient for estimating e.g. total zoobenthos numbers with a confidence interval of 40% in 12 (point II) or 14 (point III) out of the 16 months of the sampling period covered. For the Ephemeropteran species, *Baëtis alpinus*, this confidence interval has been achieved in 12 (point II) and 8 (point III) of the 16 sampling dates.

6. Literatur

- ELLIOT, J. M., 1973: Some Methods for the Statistical Analysis of Samples of Benthic Invertebrates. — Freshw. Biol. Associat. Scient. Publ. 25.
- FAHY, E., 1975: Quantitative aspects of the distribution of invertebrates in the benthos of a small stream system in western Ireland. — Freshwat. Biol. 5: 167–182.

- GATTERMAYR, W., 1976: Ökosystemstudie Piburger See: Meteorologie und Wasserhaushalt. — Jber. Abt. Limnol. Innsbruck 2: 47–51.
- ILLIES, J., & L. BOTOSANEANU, 1963: Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. — Mitt. int. Ver. Limnol. Mitt. 12: 1–57.
- KOWNACKA, M., 1971: The bottom fauna of the stream Sucha Woda (High Tatra Mts) in the annual cycle. — Acta Hydrobiol. Krakow 13: 415–438.
- KOWNACKA, M., 1977: Quantitative Studien über das Zoobenthos des Piburger Baches. Jber. Abt. Limnol. Innsbruck 3: 154–159.
- KOWNACKA, M., & A. KOWNACKI, 1975: — Gletscherbach-Zuckmücken der Ötztaler Alpen in Tirol (Diptera: Chironomidae: Diamesinae). — Entomologica Germanica 2: 035–043.
- MACAN, T. T., 1958: Methods of sampling the bottom fauna in stony stream. — Intern. Verein. Theor. Angew. Limnol. 8: 1–21.
- MAYRHOFER, J., 1976: Ökosystemstudie Piburger See: Chemismus (ausgenommen N, P, und Fe-Verbindungen) und Thermik des Seewassers. — Jber. Abt. Limnol. Innsbruck 2: 13–27.
- MINSHALL, G. W., & R. A. KUEHNE, 1969: An ecological study of the Duddon, an English mountain stream. — Arch. Hydrobiol. 66: 169–191.
- PECHLANER, R., 1976: Lehre und Forschung an der Abteilung für Limnologie. — Jber. Abt. Limnol. Innsbruck 2: 5–10.
- SOWA, R., 1975: Ecology and biogeography of mayflies (Ephemeroptera) of running waters in the Polish part of the Carpathians.; 1. Distribution and quantitative analysis., 2. Life cycles. — Acta Hydrobiol. Krakow 17: 223–297, 319–353.
- STARMACH, K., 1956: Rybacka i biologiczna charakterystyka rzek (Characteristic of rivers from biological and fishery point of view.). — Pol. Arch. Hydrobiol. i Ryb. 3 (16): 307–332.

Dr. MARTA KOWNACKA
Abteilung für Limnologie
Institut für Zoologie
Universitätsstraße 4
A-6020 Innsbruck/Österreich

GERHARD MARGREITER
Schönbrunner Straße 195/4/12
A-1120 Wien/Österreich

Manuskript angenommen: 29. März 1977