

ABHANDLUNGEN UND BERICHTE  
DES NATURKUNDEMUSEUMS GÖRLITZ

Band 50

Leipzig 1976

Nr. 6

Erschienen am 15. April 1977

Strukturelle Untersuchungen an Collembolengemeinschaften  
des Hrubý Jeseník-Gebirges (Altwatergebirge, CSSR)

von WOLFRAM D U N G E R

Mit 7 Abbildungen

Abstract

Structural investigations of Collembolan communities at the Hrubý Jeseník - Mountains (Czechoslovakia)

A programme for investigating the structure of Collembolan communities of central European mountains is based on a general catalogue of "habitat-groups". Within the Hrubý Jeseník Mountains there are discerned the communities of 22 habitat-groups. For description the analysis of species affinity, population density, species diversity, dominance structure and structural balance are used. Special attention is paid to the zoogeographical structure of the Collembolan communities investigated (see also the summary).

Im Rahmen eines langfristigen Untersuchungsprogrammes an der Collembolen-Fauna des zentraleuropäischen Gebirgsraumes berichtet die vorliegende Arbeit über strukturelle Untersuchungen an den Collembolen-Gemeinschaften des Hrubý Jeseník-Gebirges (Altwatergebirge, ČSSR), dem östlichen Abschnitt des Gebirgszuges der Sudeten. Über die Apterygotenfauna dieses Gebietes liegen bereits einige Arbeiten von (SCHUBERT, 1933, 1937; DUNGER, 1970 a, 1977 a), auf die hinsichtlich der Einzelheiten zur Artenliste (vgl. Anhang) und der geographischen Schilderung des Untersuchungsgebietes verwiesen werden kann. Der fortgeschrittene faunistische Erforschungsstand einerseits und die übersichtliche und naturnahe Gliederung dieses Gebirges in ökogeographische Regionen andererseits machen die Jeseníky zu einem besonders geeigneten Objekt für strukturelle Untersuchungen an den Gemeinschaften der Collembolen.

Die hier mitgeteilten Ergebnisse wurden ermöglicht durch die freundschaftliche Zusammenarbeit zwischen dem Museum für Naturkunde Görlitz - Forschungsstelle - und dem Slezské Muzeum Opava/CSSR. Der Autor dankt insbesondere den Herren Dr. Zdeněk Tesář, Opava, und Dr. Josef Rusek, Prag, für vielfältige Hilfe, Unterstützung und fachlichen Austausch.

## 1. Zönotopgliederung

Basale zönotische Einheiten (Synusien), speziell von Mikroarthropoden des Bodens, können nur dann erfaßt werden, wenn man das Prinzip der maximalen räumlichen und zeitlichen Homogenität der Probeneinheiten – unter Beachtung des Minimalareals – befolgt (DUNGER, 1975 a). Diese Voraussetzungen lassen sich bei intensiven, engräumig ausgeführten soziologischen Untersuchungen relativ gut einhalten (z. B. DUNGER, 1968; LEBRUN, 1971). Bei der Erarbeitung eines Überblickes über die Boden-Zoozönosen eines weiteren Gebietes (z. B. CASSAGNAU, 1961; NOSEK, 1967) wird es dagegen wesentlich schwieriger, die notwendige Homogenität (und damit Gleichwertigkeit) der Probeneinheiten zu sichern. Wenn aber die Wahl der Probeneinheiten nicht der tatsächlichen Gliederung der Zönotope des Gebietes entspricht, kann keine Form der nachfolgenden Bearbeitung das Ziel einer realen Darstellung der Zönosen des Gebietes erreichen. Das Problem der Zönotopgliederung als Basis für strukturelle Untersuchungen an Bodentiergemeinschaften soll daher den Ausgangspunkt der hier vorgelegten Betrachtungen bilden.

Das erste Ziel dieser Arbeit muß also darin bestehen, für die Entnahme und nachfolgende Bearbeitung der Proben in sich möglichst homogene Zönotope der Collembolen-Gemeinschaften abzugrenzen. Hierfür sind solche Faktoren auszuwerten, von denen die Struktur und Dynamik der Tiergemeinschaften in hohem Maße abhängen. Als solche bezeichnet SCHWERDTFEGER (1975) die „determinative Situation der Lebensstätte“ und die „formativen Prozesse“ der Lebensgemeinschaft. Während die formativen Prozesse (Mobilität, Konkurrenz, Interferenz, Opponenten) nur in besonders günstigen Fällen als heuristisches Hilfsmittel in Betracht kommen, bietet sich die Untersuchung der determinativen Situation in hohem Maße hierfür an.

Die Gesamtheit der Gegebenheiten, welche die Ansprüche der Mikroarthropoden eines Zönotops erfüllen, d. h. die determinative Situation als Ganzes, kann wiederum nur in glücklichen Ausnahmefällen analysiert werden. Der jeweils mögliche Arbeitsaufwand zwingt in der Regel zu einer Begrenzung auf solche Faktoren, die gut analysierbar sind und denen eine hohe determinative Bedeutung zugebilligt werden kann. Eine auf diese Weise vorgenommene Zönotopgliederung hat folglich den Charakter einer Arbeitshypothese zur Aufklärung der Verteilung einer Tiergruppe und der sie vorrangig bedingenden Faktoren. Der Wahrheitsgehalt dieser Grundhypothese, besonders die Richtigkeit der Auswahl der „determinativen Faktoren“, wird am Ergebnis der Gliederung der Tiergemeinschaften zu prüfen sein.

Die Auswahl der Faktoren, nach denen die Zönotopgliederung vorgenommen werden soll, ist in erster Linie von den bekannten Ansprüchen der untersuchten Tiergruppe, daneben aber auch von den regionalen Gegebenheiten und dem Ziel der Untersuchungen abhängig. Von den so abgegrenzten Zönotopen ist nicht zu erwarten, daß sie jeweils Habitate konkreter Synusien sind. Sie sollen daher als „Habitat-Gruppe“ bezeichnet werden, um ihren vorläufigen und erwartungsgemäß nicht homogenen Status zu betonen. Dementsprechend kann den sie bewohnenden Tiergemeinschaften auch kein definierter, einheitlicher soziologischer Rang zugesprochen werden. Eine solche Aussage wird auch nicht als Ziel der vorliegenden Arbeit angestrebt. Es werden die Erfahrungen aus einer größeren Anzahl ähnlicher Untersuchungen nötig sein, um

eine stichhaltige Gliederung der Collembolen-Gemeinschaften der zentraleuropäischen Gebirge aufstellen zu können.

Nach dem oben Gesagten besteht die Aufgabe der Zönotopgliederung des Untersuchungsgebietes der Jeseniky zum Studium der Collembolengemeinschaften darin, einen Katalog der wesentlichen in Betracht kommenden Habitat-Gruppen aufzustellen. Methodische Ansatzpunkte hierfür finden sich u. a. bei FRIESE, MÜLLER, DUNGER, HEMPEL & KLAUSNITZER, 1973; sie bedürfen jedoch der spezifischen Ergänzung und Auswahl. Um die erwünschte Übersichtlichkeit und Handhabbarkeit zu erreichen, wird der hier zugrundegelegte Katalog der Habitatgruppen auf lediglich drei determinative Hauptfaktoren gegründet: die Höhenstufen, die Vegetation und die Substrate.

1.1. **H ö h e n s t u f e n.** Das Untersuchungsgebiet umfaßt Höhenstufen zwischen etwa 600 und 1500 m über NN. Es ist zu erwarten, daß diese Unterschiede insbesondere über die Wirkung klimatischer Faktoren einen wesentlichen Einfluß auf die Lebensfähigkeit, die Dauer der aktiven Perioden im Jahresablauf und das Konkurrenzverhalten der Collembolen ausüben. Unterschieden werden:

- subalpine Region: 1300 bis 1500 m über NN.
- obere montane Region: 1000 bis 1300 m über NN.
- untere montane Region: 600 bis 1000 m über NN.

Mögliche Untergliederungen könnten Geländeform, Neigung und Exposition betreffen. Sie werden hier nicht berücksichtigt, da sie sich in der Regel in bestimmten Konstellationen der Vegetation oder/und des Substrates ausdrücken.

1.2. **V e g e t a t i o n.** Die Vegetation beeinflusst die Collembolen-Gemeinschaft vor allem durch die Qualität und Quantität der produzierten organischen Substanz (Nahrung), durch die von lebenden und toten Pflanzenteilen gebildete Raumstruktur und durch die Beeinflussung der klimatischen Faktoren des Habitates. Dies bedeutet, daß für die hier wesentliche Kennzeichnung die phänomenologische Ausprägung der Vegetation den Vorrang vor der phytosoziologischen Einordnung haben kann. Es wird also nicht eine Inventarisierung der Collembolen-Gemeinschaften in vom Vegetationskundler vorgegebenen Einheiten angestrebt, wenngleich sich aus der Summe der Faktoren zwanglos eine weitgehende Übereinstimmung ergeben wird. Aus der Sicht ihrer edaphischen Wirkung können grundsätzlich getrennt werden:

- offene Habitate: Matten, Fluren, Wiesen
- Waldhabitate: Latschen-Bestände, Wälder, Forsten einschließlich der Säume

Eine weitere Grundgliederung der Vegetation ergibt sich im wesentlichen aus der Höhenstufung:

- subalpine Vegetation: subalpine Matten und Felsfluren sowie Latschen-Bestände; entspricht der subalpinen Region
- Hochstaudenfluren; vorwiegend im Grenzbereich zwischen subalpiner und oberer montaner Region entwickelt
- Bergfichtenwälder in der oberen montanen Region und offene Habitate dieser Stufe

- Buchen-Tannenwälder in der unteren montanen Region und offene Habitate dieser Stufe

Die vielfältigen weitergehenden Untergliederungsmöglichkeiten decken sich in wesentlichen Teilen mit der Substratform.

1.3. Substrat. Das Substrat bezeichnet das Material, aus dem der Boden oder Untergrund des Habitates besteht. Dieser Begriff wird hier also weiter als in der Bodenkunde üblich gefaßt, in dem Sinn, daß auch totes oder lebendes Holz als Substrat dienen kann. In erster Linie gestaltet das Substrat durch seine Körnungsart die Struktur der „Porosphäre“ des Bodens und seiner Anhangsgebilde. Der aktuelle Wassergehalt des Substrates oder dessen Dynamik bestimmen den Hydromorphiegrad. Die geochemische Beschaffenheit des Muttergesteins hat für Bodenarthropoden in der Regel nur insoweit Einfluß, als Eigenschaften der Struktur des Mikroklimas und der Vegetation hiervon abhängen. Schließlich sind Anteil und Qualität der organischen Substanz im Substrat von unmittelbarem Einfluß auf die Entwicklung von Bodenarthropoden, speziell der Collembolen. Die besonderen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes ermöglichen es, einige der genannten Substratfaktoren unberücksichtigt zu lassen oder auf wenige bzw. alternative Qualitätsmerkmale einzuschränken.

Nach der mineralischen Zusammensetzung der Gesteine der Jeseniky verdient lediglich der mitteldevonische Kalk bzw. Marmor, der streifenartig im nordwestlichen Randgebiet zutage tritt, eine besondere Behandlung. Im übrigen wird zwischen den vorwiegenden Gneisen und den zusätzlich auftretenden Quarziten, Phylliten und Schiefen nicht unterschieden.

Der Katalog berücksichtigt daher:

- kalkfreie bzw. kalkarme Gesteine (= „Gneise“)
- Kalkgesteine

Der Gehalt an organischer Substanz und die Humusform gehören zu den wesentlichsten Qualifikatoren für Habitate der Mikroarthropoden des Bodens. Bei näherer Prüfung zeigt es sich jedoch, daß die hier zu treffenden generalisierenden Kombinationen mit den bereits ausgeschiedenen Höhenstufen und Vegetationsgliederungen zusammenfallen. Da reine Mineralböden im Untersuchungsgebiet keine Rolle spielen und die Proben nicht tiefer als 5 (bis 10) cm unter der Oberfläche entnommen wurden, bleibt hier auch die Gliederung des Humusprofils ohne ausdrückliche Erwähnung (als inhärente Merkmalskombination). Lediglich für subalpine *Pinus mugo*-Bestände wird die Bodenauflage (Mooschicht) gesondert ausgewertet, um einen möglichst aussagefähigen Anhaltspunkt zur Rolle der horizontalen Schichtung (Stratifikation) zu gewinnen. Als wichtiger Qualifikator bleibt somit der Wasserhaushalt der Böden. In Kombination mit dem Gehalt an organischer Substanz werden unterschieden:

#### Bodeneigene Habitate

- a. Böden mit normalem Wasserhaushalt (anhydromorphe Böden); Mineralböden mit Humusauflage
- b. Feuchthabitate; ständig feuchte Böden bzw. Bodenauflagen in unmittelbarer Gewässernähe, auf Rieselfluren, an Quellenhängen
- c. Moore; Habitate in aktiven Hochmooren aller Höhenstufen

## Bodenferne Habitats

- d. Felsen; geringmächtige Mineral- und Humusansammlungen auf freistehendem Felsen, d. h. ohne zusammenhängende Rohbodenbildung
- e. Moosauflage auf Böden mit normalem Wasserhaushalt
- f. Holz; Besiedlung von Flechten-, Rinden- und Holzsubstanz an lebenden und abgestorbenen Bäumen sowie Stubben mindestens 20 cm über dem Boden

Die vorstehenden Überlegungen führen, wie in Abb. 1 übersichtlich zusammengestellt, zu insgesamt 22 Habitat-Gruppen, die für die Collembolen-Gemeinschaften der Jeseníky gesondert zu betrachten sind. Hierzu sei noch angemerkt, daß alle Habitats, die einen intensiven Eingriff des Menschen erkennen lassen, aus der Betrachtung ausgeschlossen wurden.

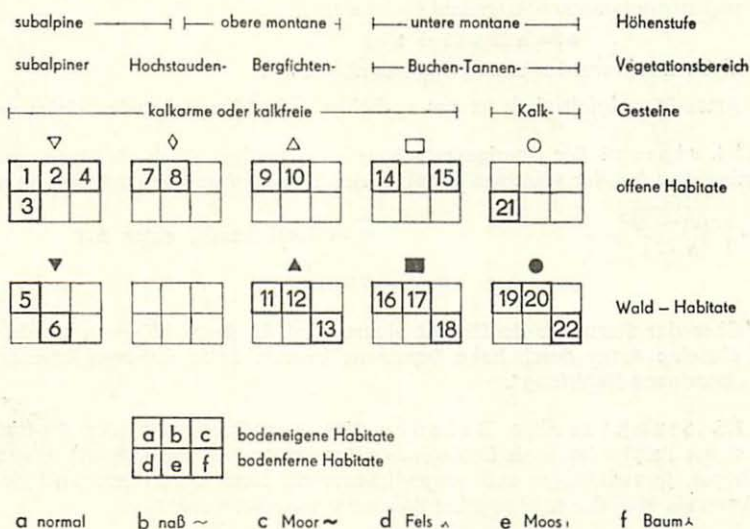


Abb. 1. Gliederung der Zönotope der Collembolen-Gemeinschaften des Hrubý Jeseník-Gebirges. Die Zahlen 1-22 in den stark umrandeten Feldern kennzeichnen die untersuchten Habitats-Gruppen.

Die oben und rechts angegebenen Merkmale gelten für die Sechserfelder der jeweiligen Reihe. Aus dem Viereck a-f ist die Untergliederung jedes Sechserfeldes zu ersehen. Zur Erleichterung der Orientierung werden in den Abb. 3-7 die Grundsymbole (über jedem Sechserfeld), ergänzt durch Zusatzsymbole (s. unter a-f), verwendet.

## 2. Strukturmerkmale der Collembolen-Gemeinschaften

Die strukturellen Merkmale der nach den beschriebenen Habitats-Gruppen gegliederten Collembolen-Gemeinschaften lassen sich in Gemeinschafts-Parameter und spezifische Parameter trennen (die Abkürzungen beziehen sich auf die Angaben im folgenden Kapitel).

## 2.1. Gemeinschafts-Parameter

2.1.1. **Dichte**: Siedlungsdichte, angegeben in Individuen pro Liter Substrat. Dieser Parameter ist nicht für alle Habitat-Gruppen voll vergleichbar (und wird deshalb für Baumflechtenhabitate nicht angegeben), bietet jedoch in den meisten Fällen quantitative Anhaltspunkte. Mineralböden werden nach der Siedlungsdichte in den oberen 5 Profilmillimetern berechnet. Die Werte beziehen sich auf Ausleseergebnisse mit transportablen Tullgren-Trichtern und stellen Durchschnittsgrößen aus allen Proben dar (1966—1975; in den Monaten Juni bis Oktober entnommen; s. DUNGER, 1970 a; 1977 a).

2.1.2. **Arten**: Die Artenzahl wird nach der taxonomischen Gliederung angegeben, die aus der Faunenliste (s. Anhang) zu entnehmen ist.

2.1.3. **alpha**: Als Diversitäts-Maß wird hier der Index alpha nach FISHER/WILLIAMS verwendet, der die Anzahl der geprüften Individuen (= n) in Beziehung zur gefundenen Artenzahl (= a) setzt:

$$a = \alpha \log_e (1 + n/\alpha)$$

Die alpha-Werte wurden nomographisch abgelesen.

Die Arten-Mannigfaltigkeit ist um so höher, je größer der Index alpha wird.

2.1.4. **sigma**: Die Dominanzstruktur kann mathematisch als Streuung der Dominanzen (= der relativen prozentualen Abundanzen) beschrieben werden.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{a - 1}} \quad \begin{array}{l} x_i = \text{Dominanz-}\% \text{ einer Art} \\ \bar{x} = \frac{100}{a} \end{array}$$

Je höher der Streuungs-Koeffizient sigma wird, in desto höherem Grade treten einzelne Arten durch hohe Dominanz hervor, desto unausgeglichener ist die „Dominanz-Staffelung“.

2.1.5. **Strukturelle Balance (SB)**: Der Quotient beider Koeffizienten sigma : alpha (auch als ökologischer Konvergenzwert bezeichnet) ist um so niedriger, je vielfältiger und ausgeglichener die untersuchte Gemeinschaft ist. Er kann als Maß der strukturellen Balance verwendet werden.

2.1.6. **Faunen-Elemente**: Als zusätzlicher Gemeinschafts-Parameter dienen Aussagen über die zoogeographische Struktur. Die Angaben werden auf drei Faunenelemente beschränkt, die auf Grund ihrer Spezifik einerseits besonderes Interesse beanspruchen, andererseits relativ eindeutig abgrenzbar sind. Die Gliederung bezieht sich auf die bereits früher (DUNGER, 1970 b; 1975 b) begründete Einteilung der folgenden Faunen-Elemente:

am = arкто-montane Arten; hier als Zusammenfassung der Gruppe 1 (arkto-alpine Arten mit disjunkter Verbreitung) und 2 (subarkto-subalpine/montane Arten mit disjunkter Verbreitung) bei DUNGER, 1970 b verwendet.

zm = zentraluropäisch-montane Arten; umfaßt die Gruppen 4 (zentraleuropäisch-montane/alpine Arten mit weiterer Verbreitung) und 5 (sudeto-karpatische Arten) bei DUNGER, 1970 b.

sc = südeuropäische Arten; entspricht der Gruppe 5 bei DUNGER, 1975 b ohne Aufgliederung in südwesteuropäische, südosteuropäische und südeuropäisch-mediterrane Arten. Es sind Arten, deren Verbreitungsschwerpunkt südlich der zentraleuropäischen Gebirge liegt.

Die Vertretung der genannten Faunen-Elemente in den Gemeinschaften wird nach den folgenden Parametern und in der angegebenen Reihenfolge charakterisiert (zur Begründung s. S. 32):

erste Zahl: Dominanz-Summe; Summe der Dominanzen der zum Faunen-Element gehörigen Arten

zweite Zahl: mittlere Frequenz; Mittelwert der Frequenzen der zum Faunen-Element gehörigen Arten

dritte Zahl: Artenanteil; prozentualer Anteil der Arten des Faunen-Elementes an der Gesamtartenzahl der Gemeinschaft

vierte Zahl: Artenzahl; absolute Zahl der Arten des Faunen-Elementes in der Gemeinschaft.

Die Angabe „60/46//13/3“ ist demnach wie folgt zu lesen: „Dominanz 60 %; mittlere Frequenz 46 %; prozentualer Artenanteil 13 %; absolute Artenzahl 3“.

## 2.2. Dominante Arten

Als dominante Arten werden diejenigen Arten der Gemeinschaft gewertet, deren relative Individuen-Abundanzen (Dominanzen) mehr als 4 Prozent betragen. Der Berechnung liegt jeweils das aus der betreffenden Habitat-Gruppe gewonnene Gesamt-Material zugrunde, soweit es aus Bodenproben (Tullgren-Trichter) oder aus Aufsammlungen mit dem Exhaustor (epedaphische Habitate) stammt. Fallenmaterial wurde nicht in die Dominanzberechnung einbezogen.

Für die Bildung von Dominanz-Klassen gibt es keinen objektiven Maßstab. Im Rahmen der hier angestrebten Übersicht bietet eine Klasseneinteilung lediglich für die graphische Darstellung (Abb. 2 a-q) (s. Abschnitt 4, Verbreitungstypen) einen praktischen Vorteil. Hierfür werden folgende Dominanzklassen verwendet:

| Dominanzklasse | Dominanzprozent |
|----------------|-----------------|
| 1              | < 1             |
| 2              | 1- 2            |
| 3              | 2- 4            |
| 4              | 4-16            |
| 5              | >16             |

Von diesem Abschnitt abgesehen, werden alle Dominanzwerte zur Vermeidung von Informationsverlusten nach der originalen Prozentrechnung angegeben. Die Zahl der je Habitat-Gruppe untersuchten Individuen variiert zwischen minimal 336 und maximal 5360.

Neben der Dominanz wurde als weiterer spezifischer Parameter die Frequenz bestimmt. Sie gibt an, in wieviel Prozent der Einzelproben die Art vorhanden war. In die Frequenzberechnung sind die (wenigen) Fallen-Proben mit einbezogen.

Der Wert dieser Angabe wird dadurch beeinträchtigt, daß sehr unterschiedliche Zahlen von Einzelproben je Habitat-Gruppe entnommen wurden (minimal 5, maximal 27, durchschnittlich 15-20). Auf hierdurch bedingte Minderungen der Aussagekraft wird im Laufe der Besprechung der Ergebnisse noch hinzuweisen sein. Im folgenden werden Frequenzklassen nach dem folgenden Berechnungs-Schema angegeben:

| Frequenzklasse | Frequenzprozent |
|----------------|-----------------|
| 1              | <5              |
| 2              | 5-25            |
| 3              | 25-50           |
| 4              | 50-75           |
| 5              | >75             |

### 2.3. Charakteristische Arten

Als „charakteristisch“ für die dargestellte Habitat-Gruppe sollen solche Arten gewertet werden, die im Untersuchungsgebiet der Jeseníky ausschließlich oder eindeutig bevorzugt in der genannten Habitat-Gruppe auftreten. Als spezifische Parameter werden wiederum Dominanz und Frequenzklasse angegeben.

Für die Auswahl der charakteristischen Arten ist allein das Verbreitungsbild dieser Arten im Untersuchungsgebiet entscheidend, unabhängig von ihrer Dominanz oder Frequenz. Deshalb können bereits als dominant aufgeführte Arten nochmals hier auftreten. Arten, von denen nur wenige Individuen (zufällig) gefunden wurden, sind allerdings nicht in die Liste der charakteristischen Arten aufgenommen worden.

### 3. Übersicht über die Collembolen-Gemeinschaften

#### 1. Habitat-Gruppe: Subalpine Rasen

Habitate: Baumfreie Bodenhabitate in subalpiner Lage zwischen 1400 und 1490 m über NN ohne ständigen Nässeeinfluß. Kennzeichnende Pflanzenarten: *Luzula sylvatica*, *Juncus tritidus*, *Poa chaixii*, *Calamagrostis villosa*. Material: Oberboden, Auflagehumus, Flechten- und Moosschicht; Gipfelbereich des Pradéd und des Keprník.

Collembolen-Gemeinschaft:

#### 1. Gemeinschafts-Parameter:

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am          | zm         | se |
|--------|-------|-------|-------|-----|-------------|------------|----|
| 303    | 24    | 3,5   | 15,7  | 4,5 | 60/46//13/3 | 6/27//17/4 | —  |

#### 2. Dominante Arten:

|                               | Frequenz-<br>klasse | Dominanz- <sup>0/0</sup> |
|-------------------------------|---------------------|--------------------------|
| <i>Tetracanthella arctica</i> | 4                   | 58,7                     |
| <i>Onychiurus armatus</i>     | 4                   | 7,6                      |
| <i>Folsomia quadrioculata</i> | 4                   | 6,8                      |

#### 3. Charakteristische Arten:

|                                    |   |     |
|------------------------------------|---|-----|
| <i>Mesaphorura tenuisensillata</i> | 4 | 2,3 |
| <i>Folsomia sensibilis</i>         | 3 | 1,2 |
| <i>Onychiurus aurantiacus</i>      | 3 | 0,8 |
| <i>Isotoma violacea</i>            | 3 | 0,6 |

#### 2. Habitat-Gruppe: Subalpine Quellfluren

Habitate: Baumfreie Bodenhabitate in subalpiner Lage zwischen 1300 und 1350 m über NN, dauerfeuchte Quellzonen. Kennzeichnende Pflanzenarten: *Allium sibiricum*, *Viola biflora*, *Epilobium alsinifolium*, *Trichophorum alpinum*; *Cratoneurum commutatum*, *Philonotis fontana*, *Dicranella squarrosa*. Material: Dauerfeuchte Moose; M. Pradéd, Velke Kotel.

Collembolen-Gemeinschaft:

#### 1. Gemeinschafts-Parameter:

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB   | am | zm         | se |
|--------|-------|-------|-------|------|----|------------|----|
| 107    | 10    | 1,7   | 25,9  | 15,2 | —  | 1/37//14/2 | —  |



| 2. Dominante Arten:           | Frequenz-<br>klasse | Dominanz-% |
|-------------------------------|---------------------|------------|
| <i>Isotoma olivacea</i>       | 5                   | 78,0       |
| <i>Sminthurides malmgreni</i> | 5                   | 17,2       |

### 3. Charakteristische Arten:

|                               |   |      |
|-------------------------------|---|------|
| <i>Sminthurides malmgreni</i> | 5 | 17,2 |
| ( <i>isotoma viridis</i> )    | 3 | 0,6  |
| ( <i>Xenylla boernerii</i> )  | 1 | 0,1  |

### 3. Habitat-Gruppe: Subalpine Felsfluren

Habitats: Bodenansammlungen und Vegetationspolster auf freistehenden Felsen im subalpinen Bereich zwischen 1320 und 1420 m über NN. Kennzeichnende Pflanzenarten: *Hieracium alpinum*, *Juncus trifidus*, *Hupertia selago*.

Material: Mineralisches und humoses Material sowie Moos- und Flechtenpolster von Felsen des Gipfelbereiches des Keprník und Červená hora.

Collembolen-Gemeinschaft:

#### 1. Gemeinschafts-Parameter:

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am         | zm         | sc |
|--------|-------|-------|-------|-----|------------|------------|----|
| 373    | 23    | 3,6   | 15,7  | 4,4 | 57/62//4/1 | 6/31//22/5 | —  |

| 2. Dominante Arten: | Frequenz-<br>klasse | Dominanz-% |
|---------------------|---------------------|------------|
|---------------------|---------------------|------------|

|                                |   |      |
|--------------------------------|---|------|
| <i>Tetracanthella arctica</i>  | 3 | 56,7 |
| <i>Pseudisotoma sensibilis</i> | 3 | 13,6 |
| <i>Friesea mirabilis</i>       | 3 | 13,3 |

### 3. Charakteristische Arten:

|                                |   |      |
|--------------------------------|---|------|
| <i>Pseudisotoma sensibilis</i> | 3 | 13,6 |
| <i>Willemia aspinata</i>       | 1 | 0,1  |

### 4. Habitat-Gruppe: Hochmoore in subalpiner Lage

Habitats: Zentren aktiver Hochmoorbildungen in subalpiner Lage zwischen 1300 und 1350 m über NN. Kennzeichnende Pflanzenarten: *Carex pauciflora*, *Eriophorum vaginatum*, *Vaccinium oxycoccus*, *V. uliginosum*, *Empetrum nigrum*.

Material: Velke Jezerník am Praděd, Hochmoorstellen am Keprník; *Sphagnum*- und *Polytrichum*-Bulte.

Collembolen-Gemeinschaft:

#### 1. Gemeinschafts-Parameter:

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am          | zm          | sc |
|--------|-------|-------|-------|-----|-------------|-------------|----|
| 175    | 30    | 5,0   | 10,1  | 2,0 | 25/34//13/4 | 18/55//10/3 | —  |

| 2. Dominante Arten:               | Frequenz-<br>klasse | Dominanz- <sup>0</sup> / <sub>10</sub> |
|-----------------------------------|---------------------|--|
| <i>Folsomia quadrioculata</i>     | 4                   | 18,3                                   |
| <i>Isotoma fennica</i> -Gruppe    | 3                   | 18,1                                   |
| <i>Tetradontophora bielensis</i>  | 4                   | 13,4                                   |
| <i>Isotoma pseudomaritima</i>     | 3                   | 10,5                                   |
| <i>Onychiurus granulosis</i>      | 3                   | 6,4                                    |
| <i>Tetracanthella arctica</i>     | 3                   | 5,7                                    |
| <i>Ceratophysella denticulata</i> | 3                   | 5,4                                    |

### 3. Charakteristische Arten:

|                                  |   |     |
|----------------------------------|---|-----|
| <i>Isotoma violacea</i>          | 2 | 1,7 |
| <i>Micranurida anophthalmica</i> | 2 | 0,6 |
| <i>Pseudisotoma sensibilis</i>   | 2 | 0,5 |

### 5. Habitat-Gruppe: Böden der *Pinus mugo*-Bestände

Habitat: Mineralischer Oberboden und (Moder-Rohhumus-) Auflage unter Latschen (*Pinus mugo*) in subalpiner Lage zwischen 1350 und 1450 m über NN. Kennzeichnende Pflanzenarten: *Calamagrostis villosa*, *Luzula sylvatica*, *Nardus stricta*.

Material: Rohhumus und humoser Mineralboden; Praděd. M. Děd, Keprník unter Latschen.

### Collembolen-Gemeinschaft:

#### 1. Gemeinschafts-Parameter:

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am          | zm         | se |
|--------|-------|-------|-------|-----|-------------|------------|----|
| 330    | 30    | 4,2   | 15,4  | 3,7 | 21/41//17/5 | 10/42/17/5 | —  |

| 2. Dominante Arten:              | Frequenz-<br>klasse | Dominanz- <sup>0</sup> / <sub>10</sub> |
|----------------------------------|---------------------|--|
| <i>Folsomia quadrioculata</i>    | 5                   | 31,7                                   |
| <i>Tetracanthella arctica</i>    | 5                   | 18,4                                   |
| <i>Friesea mirabilis</i>         | 5                   | 8,7                                    |
| <i>Tetradontophora bielensis</i> | 5                   | 6,2                                    |
| <i>Isotomiella minor</i>         | 5                   | 5,4                                    |
| <i>Isotoma pseudomaritima</i>    | 5                   | 5,5                                    |
| <i>Onychiurus armatus</i>        | 4                   | 6,2                                    |
| <i>Onychiurus granulosis</i>     | 4                   | 5,1                                    |

### 3. Charakteristische Arten:

|  |   |     |
|--|---|-----|
| <i>Mesaphorura tenuisensillata</i>                   | 4 | 2,9 |
| <i>Folsomia sensibilis</i>                           | 4 | 1,6 |
| <i>Micranurida anophthalmica</i>                     | 3 | 0,4 |
| <i>Onychiurus absoloni</i>                           | 3 | 0,4 |
| <i>Onychiurus granulosis</i>                         | 2 | 5,1 |
| <i>Isotoma violacea</i>                              | 2 | 0,6 |
| <i>Ipidocyrtus</i> sp. K. ( <i>lignorum</i> -Gruppe) | 2 | 0,1 |
| <i>Hypogastrura parva</i>                            | 1 | 0,8 |
| <i>Arrhopalites pseudappendices</i>                  | 1 | 0,1 |
| <i>Agrenia bidenticulata</i>                         | 1 | 0,1 |

6. Habitat-Gruppe: Bodenauflage der *Pinus mugo*-Bestände

Habitat: Moospolster unter Latschen (*Pinus mugo*) in subalpiner Lage zwischen 1350 und 1450 m über NN. Wie Gruppe 5.

Material: *Sphagnum*- und *Polytrichum*-Polster unter Latsche; Praděd, M. Děd, Keprník.

Collembolen-Gemeinschaft:

1. Gemeinschafts-Parameter:

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am          | zm         | se |
|--------|-------|-------|-------|-----|-------------|------------|----|
| 668    | 30    | 4,3   | 16,8  | 3,9 | 55/34//13/4 | 3/36//17/5 | —  |

2. Dominante Arten:

|                                    | Frequenz-<br>klasse | Dominanz- <sup>0</sup> / <sub>0</sub> |
|------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|
| <i>Tetracanthella arctica</i>      | 5                   | 54,5                                  |
| <i>Pseudisotoma sensibilis</i>     | 3                   | 16,0                                  |
| <i>Folsomia quadrioculata</i>      | 4                   | 10,6                                  |
| <i>Friesea mirabilis</i>           | 5                   | 6,1                                   |
| <i>Tetrodontophora bielanensis</i> | 3                   | 5,6                                   |

3. Charakteristische Arten:

| <i>Pseudisotoma sensibilis</i>                      | 3 | 16,0 |
|---|---|------|
| <i>Mesaphorura tenuisensillata</i>                  | 4 | 1,1  |
| <i>Folsomia sensibilis</i>                          | 2 | 0,6  |
| <i>Neanura parva</i>                                | 2 | 0,1  |
| <i>Arrhopalites pseudappendices</i>                 | 2 | 0,1  |
| <i>Lepidocyrtus</i> sp. K ( <i>Ignorum</i> -Gruppe) | 2 | 0,1  |

7. Habitat-Gruppe: Hochstaudenfluren

Habitat: Hangfeuchte Hochstaudenflur in etwa 1300 m Höhe über NN. Kennzeichnende Pflanzenarten: *Adenostyles alliariae*, *Geranium sylvaticum*, *Trollius europaeus*, *Doronicum austriacum*.

Material: Boden, Bodenauflage und Moose; Velke Kotel.

Collembolen-Gemeinschaft:

1. Gemeinschafts-Parameter:

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am          | zm         | se |
|--------|-------|-------|-------|-----|-------------|------------|----|
| 265    | 24    | 4,2   | 14,3  | 3,4 | 55/38//13/3 | 7/33//17/4 | —  |

2. Dominante Arten:

|                                | Frequenz-<br>klasse | Dominanz- <sup>0</sup> / <sub>0</sub> |
|--------------------------------|---------------------|---------------------------------------|
| <i>Isotoma fennica</i> -Gruppe | 2                   | 54,2                                  |
| <i>Isotomiella minor</i>       | 3                   | 13,2                                  |
| <i>Hypogastrura parva</i>      | 3                   | 5,6                                   |
| <i>Isotoma notabilis</i>       | 2                   | 5,3                                   |

3. Charakteristische Arten:

| <i>Hypogastrura parva</i>     | 3 | 5,6 |
|-------------------------------|---|-----|
| <i>Isotoma viridis</i>        | 3 | 3,2 |
| <i>Onychiurus aurantiacus</i> | 2 | 1,9 |

### 8. Habitat-Gruppe: Hochstaudenreiche Quellfluren

Habitat: Quell- und Rieselzonen auf Grundgestein im Bereich der Hochstaudenfluren in subalpiner Lage zwischen 1300 und 1400 m über NN. Kennzeichnende Pflanzenarten: *Pinguicula europaea*, *Bartsia alpina*, *Allium sibiricum*. Material: Feuchtboden im Wurzelbereich und dauerfeuchte Moose; Velke Kotel, Petrovy Kameny.

Collembolen-Gemeinschaft:

#### 1. Gemeinschafts-Parameter:

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am          | zm          | se |
|--------|-------|-------|-------|-----|-------------|-------------|----|
| 150    | 24    | 4,7   | 10,7  | 2,3 | 40/42//13/3 | 14/35//21/5 | —  |

#### 2. Dominante Arten:

|                                | Frequenz-<br>klasse | Dominanz- <sup>0</sup> / <sub>0</sub> |
|--------------------------------|---------------------|---------------------------------------|
| <i>Isotoma fennica</i> -Gruppe | 2                   | 37,0                                  |
| <i>Isotoma olivacea</i>        | 4                   | 27,5                                  |
| <i>Isotoma pseudomaritima</i>  | 4                   | 7,6                                   |
| <i>Hypogastrura parva</i>      | 1                   | 5,8                                   |

#### 3. Charakteristische Arten:

|                                     |   |     |
|-------------------------------------|---|-----|
| <i>Sminthurides malmgreni</i>       | 5 | 4,1 |
| <i>Hypogastrura parva</i>           | 2 | 5,8 |
| <i>Isotoma viridis</i>              | 2 | 2,1 |
| <i>Eieterosminthurus bilineatus</i> | 1 | 0,1 |

### 9. Habitat-Gruppe: Wiesenflächen der Bergfichtenstufe

Habitat: Wiesen und Lichtungen im Bereich der Bergfichtenwälder zwischen 1200 und 1250 m über NN. Kennzeichnende Pflanzenart: *Luzula sylvatica*.

Material: Oberboden und Gras-Rohhumus; Tal der Bilá Opava; M. Kotel.

Collembolen-Gemeinschaft:

#### 1. Gemeinschafts-Parameter:

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am          | zm         | se |
|--------|-------|-------|-------|-----|-------------|------------|----|
| 122    | 19    | 4,4   | 10,5  | 2,4 | 55/25//21/4 | 3/37//10/2 | —  |

#### 2. Dominante Arten:

|                                     | Frequenz-<br>klasse | Dominanz- <sup>0</sup> / <sub>0</sub> |
|-------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|
| <i>Pseudanurophorus binoculatus</i> | 2                   | 45,1                                  |
| <i>Folsomia quadrioculata</i>       | 2                   | 14,7                                  |
| <i>Isotomiella minor</i>            | 2                   | 12,3                                  |
| <i>Isotoma notabilis</i>            | 2                   | 6,6                                   |

#### 3. Charakteristische Arten:

|                               |   |     |
|-------------------------------|---|-----|
| <i>Onychiurus cancellatus</i> | 2 | 4,1 |
|-------------------------------|---|-----|

### 10. Habitat-Gruppe: Bachränder in Wiesen der Bergfichtenstufe

Habitat: Bachränder auf freien Wiesenflächen im oberen Grenzbereich der Bergfichtenwälder um 1250 m über NN. Material: Naßmoose aus dem Sprühbereich der Quellrinnsale der Volárka an der Grenze des M. Kotel.

## Collembolen-Gemeinschaft:

## 1. Gemeinschafts-Parameter:

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am          | zm          | se |
|--------|-------|-------|-------|-----|-------------|-------------|----|
| 468    | 19    | 2,9   | 10,9  | 3,8 | 31/41//16/3 | 30/42//16/3 | —  |

## 2. Dominante Arten:

|                                | Frequenz-<br>klasse | Dominanz-%/0 |
|--------------------------------|---------------------|--------------|
| <i>Isotoma fennica</i> -Gruppe | 4                   | 29,8         |
| <i>Isotoma olivacea</i>        | 4                   | 29,6         |
| <i>Isotoma pseudomaritima</i>  | 4                   | 29,6         |
| <i>Folsomia quadrioculata</i>  | 2                   | 5,4          |

## 3. Charakteristische Arten:

|                              |   |     |
|------------------------------|---|-----|
| <i>Agrenia bidenticulata</i> | 2 | 0,7 |
| <i>Sminthurides parvulus</i> | 2 | 0,4 |
| ( <i>Isotoma viridis</i> )   | 4 | 0,5 |
| ( <i>Xenylla boernerii</i> ) | 2 | 0,2 |

## 11. Habitat-Gruppe: Bergfichtenwälder

Habitat: Typisches Piceetum montanum im oberen montanen Bereich zwischen 1100 und 1350 m über NN. Oberboden mit Nadelstreu-Rohhumus und Moosrasen, besonders *Polytrichum* sp. Material: Malý Kotel; Bereich des Praděd und Šerák.

## Collembolen-Gemeinschaft:

## 1. Gemeinschafts-Parameter:

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am          | zm          | se |
|--------|-------|-------|-------|-----|-------------|-------------|----|
| 583    | 24    | 3,7   | 14,1  | 3,8 | 40/63//21/5 | 30/46//13/3 | —  |

## 2. Dominante Arten:

|                               | Frequenz-<br>klasse | Dominanz-%/0 |
|-------------------------------|---------------------|--------------|
| <i>Tetracanthella arctica</i> | 3                   | 34,9         |
| <i>Isotoma pseudomaritima</i> | 3                   | 27,9         |
| <i>Folsomia quadrioculata</i> | 2                   | 10,0         |
| <i>Friesea mirabilis</i>      | 3                   | 7,2          |

## 3. Charakteristische Arten:

|                                 |   |     |
|---------------------------------|---|-----|
| ( <i>Willemia anophthalma</i> ) | 3 | 3,3 |
|---------------------------------|---|-----|

## 12. Habitat-Gruppe: Bachränder in Bergfichtenwäldern

Habitat: Genist und Moospolster an Bachufern in typischen Bergfichtenwäldern in 1100 bis 1300 m Höhe über NN. Material: Obere Stufe der Bílá Opava und der Volárka.

## Collembolen-Gemeinschaft:

## 1. Gemeinschafts-Parameter:

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am          | zm          | se |
|--------|-------|-------|-------|-----|-------------|-------------|----|
| 385    | 26    | 4,5   | 9,1   | 2,0 | 43/42//16/4 | 33/19//12/3 | —  |

|                                   |                     |                         |
|-----------------------------------|---------------------|-------------------------|
| 2. Dominante Arten:               | Frequenz-<br>klasse | Dominanz-% <sub>0</sub> |
| <i>Tetracanthella arctica</i>     | 3                   | 37,9                    |
| <i>Isotoma pseudomaritima</i>     | 1                   | 27,0                    |
| <i>Isotoma olivacea</i>           | 1                   | 16,2                    |
| <i>Onychiurus granulosis</i>      | 1                   | 5,7                     |
| 3. Charakteristische Arten:       |                     |                         |
| ( <i>Isotoma fennica</i> -Gruppe) | 4                   | 2,8                     |
| ( <i>Sminthurides parvulus</i> )  | 1                   | 0,1                     |

13. Habitat-Gruppe: Stämme und Stubben in Bergfichtenwäldern

Habitat: Stubben und Stämme lebender Bergfichten (*Picea abies*) in geschlossenen Wäldern der oberen Montanstufe zwischen 1100 und 1300 m über NN. Material: Morsches Holz, Mulm, Rinde; Moose und Flechten von Rinde minimal 20 cm über dem Boden; Bilá Opava, Výrovka, Vidly kříž, Wälder oberhalb Karlov.

Collembolen-Gemeinschaft:

1. Gemeinschafts-Parameter:

|        |       |       |       |     |             |             |    |
|--------|-------|-------|-------|-----|-------------|-------------|----|
| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am          | zm          | se |
| 267    | 34    | 5,5   | 8,1   | 1,5 | 38/27//15/5 | 33/23//18/6 | —  |

|                                   |                     |                         |
|-----------------------------------|---------------------|-------------------------|
| 2. Dominante Arten:               | Frequenz-<br>klasse | Dominanz-% <sub>0</sub> |
| <i>Tetracanthella arctica</i>     | 3                   | 36,8                    |
| <i>Isotoma pseudomaritima</i>     | 3                   | 31,8                    |
| <i>Folsomia quadrioculata</i>     | 3                   | 6,9                     |
| 3. Charakteristische Arten:       |                     |                         |
| <i>Onychiurus absoloni</i>        | 3                   | 4,6                     |
| <i>Isotoma violacea</i>           | 3                   | 1,1                     |
| <i>Folsomia sensibilis</i>        | 2                   | 0,9                     |
| <i>Vertagopus cincereus</i>       | 2                   | 0,8                     |
| <i>Folsomia inoculata</i>         | 1                   | 0,1                     |
| ( <i>Odontella lamelliifera</i> ) | 1                   | 0,1                     |

14. Habitat-Gruppe: Wiesenflächen der Buchen-Tannenstufe

Habitat: Wiesen und Lichtungen im Bereich des Buchen-Tannenwaldes (Abieto-Fagetum) zwischen 800 und 1000 m über NN.

Material: Oberboden im Wurzelbereich; Umgebung Karlova Studánka, Bělá.

Collembolen-Gemeinschaft:

1. Gemeinschafts-Parameter:

|        |       |       |       |     |           |           |           |
|--------|-------|-------|-------|-----|-----------|-----------|-----------|
| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am        | zm        | se        |
| 120    | 35    | 9,0   | 4,1   | 0,5 | 3/25//9/3 | 2/19//9/3 | 1/19//3/1 |

| 2. Dominante Arten:                                  | Frequenz-<br>klasse | Dominanz-% |
|--|---------------------|------------|
| <i>Folsomia quadrioculato</i>                        | 3                   | 19,1       |
| <i>Lepidocyrtus</i> sp. N ( <i>lignorum</i> -Gruppe) | 2                   | 12,7       |
| <i>Cryptopygus bipunctatus</i>                       | 1                   | 10,2       |
| <i>Tomocerus flavescens</i>                          | 2                   | 6,9        |
| <i>Onychiurus subuliginatus</i>                      | 3                   | 6,6        |

### 3. Charakteristische Arten:

|                                 |   |      |
|---------------------------------|---|------|
| <i>Cryptopygus bipunctatus</i>  | 1 | 10,2 |
| <i>Isotomurus plumosus</i>      | 1 | 4,7  |
| <i>Deuterosminthurus flavus</i> | 1 | 1,6  |
| <i>Metaphorura</i> sp.          | 1 | 1,1  |

## 15. Habitat-Gruppe: Hochmoore in der Buchen-Tannen-Stufe

Habitat: Aktives Hochmoor in montaner Lage um 770 m über NN. Mit artenreicherer Vegetation als die subalpinen Hochmoore.

Material: Velké mechově jezero bei Rejviz; vorwiegend frische bis nasse Polster von *Sphagnum* sp. und *Polytrichum* sp.

### Collembolen-Gemeinschaft:

#### 1. Gemeinschafts-Parameter:

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am          | zm          | se |
|--------|-------|-------|-------|-----|-------------|-------------|----|
| 112    | 28    | 5,5   | 4,7   | 0,8 | 14/44//15/4 | 23/53//11/3 | —  |

| 2. Dominante Arten:             | Frequenz-<br>klasse | Dominanz-% |
|---------------------------------|---------------------|------------|
| <i>Tomocerus flavescens</i>     | 4                   | 17,7       |
| <i>Onychiurus subuliginatus</i> | 3                   | 14,3       |
| <i>Onychiurus granulatus</i>    | 3                   | 11,7       |
| <i>Isotoma fennica</i> -Gruppe  | 5                   | 10,9       |
| <i>Isotoma pseudomaritima</i>   | 3                   | 8,5        |
| <i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> | 4                   | 5,6        |

### 3. Charakteristische Arten:

|                                  |   |      |
|----------------------------------|---|------|
| <i>Tomocerus flavescens</i>      | 4 | 17,7 |
| <i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>  | 4 | 5,6  |
| <i>Heterosminthurus insignis</i> | 1 | 0,5  |
| <i>Ceratophysella scotica</i>    | 1 | 0,3  |
| <i>Dicyrtoma setosa</i>          | 1 | 0,3  |

## 16. Habitat-Gruppe: Böden der Tannen-Buchen-Wälder

Habitat: Montane Tannen-Buchen-Wälder (*Abieto-Fagetum*) auf Gneis in 800 bis 1000 m über NN, zum Teil in Fichten-Mischforste umgewandelt. Kennzeichnende Pflanzenarten: *Aruncus vulgaris*, *Polygonatum verticillatum*.

Material: Humoser Oberboden, Auflage-Humus und Moose im geschlossenen Hochwald bei Karlov, Karlova Studánka, Bělá, Filipovice und Červenohorské Sedlo.

Collembolen-Gemeinschaft:

1. Gemeinschafts-Parameter:

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am         | zm          | se        |
|--------|-------|-------|-------|-----|------------|-------------|-----------|
| 423    | 64    | 10,3  | 4,0   | 0,4 | 4/29//10/6 | 15/39//14/9 | 1/18//2/1 |

2. Dominante Arten:

|                                  | Frequenz-<br>klasse | Dominanz-% |
|----------------------------------|---------------------|------------|
| <i>Folsomia quadrioculata</i>    | 4                   | 28,7       |
| <i>Isotomiella minor</i>         | 4                   | 9,0        |
| <i>Onychiurus granulosis</i>     | 4                   | 7,9        |
| <i>Willemia anophthalma</i>      | 3                   | 7,4        |
| <i>Mesaphorura sylvatica</i>     | 4                   | 5,8        |
| <i>Ceratophysella armata</i>     | 4                   | 5,7        |
| <i>Tetrodontophora bielensis</i> | 4                   | 5,1        |

3. Charakteristische Arten:

|                                    |   |     |
|------------------------------------|---|-----|
| <i>Mesaphorura sylvatica</i>       | 4 | 5,8 |
| <i>Ceratophysella armata</i>       | 4 | 5,7 |
| <i>Allacma fusca</i>               | 4 | 0,4 |
| <i>Onychiurus denisi</i>           | 3 | 0,8 |
| <i>Pseudochorutes corticicolus</i> | 2 | 0,3 |
| <i>Thaumanura carolii</i>          | 2 | 0,2 |
| <i>Pseudosinella wahlgreni</i>     | 2 | 0,2 |
| <i>Dicyrtoma fusca</i>             | 2 | 0,2 |
| <i>Pseudochorutes parvulus</i>     | 1 | 0,2 |
| <i>Sminthurinus gisini</i>         | 1 | 0,1 |

17. Habitat-Gruppe: Bachränder in Tannen-Buchen-Wäldern

Habitat: Bachränder und schmale Bachauen in geschlossenen Hochwäldern der Tannen-Buchen-Stufe zwischen 800 und 1000 m über NN. Kennzeichnende Pflanzarten: *Petasites alba*, *Alnus incana*, *Lonicera nigra*.

Material: Feuchtböden im Überschwemmungsbereich und Naßmoose in der Bach-Sprühzone bei Karlova Studánka, Filipovice und Bělá.

Collembolen-Gemeinschaft:

1. Gemeinschafts-Parameter:

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am        | zm          | se |
|--------|-------|-------|-------|-----|-----------|-------------|----|
| 96     | 32    | 8,1   | 5,0   | 0,6 | 1/28//6/2 | 14/19//16/5 | —  |

2. Dominante Arten:

|                               | Frequenz-<br>klasse | Dominanz-% |
|-------------------------------|---------------------|------------|
| <i>Tomocerus flavescens</i>   | 4                   | 16,1       |
| <i>Isotomiella minor</i>      | 1                   | 17,2       |
| <i>Folsomia quadrioculata</i> | 1                   | 14,4       |
| <i>Isotoma notabilis</i>      | 1                   | 11,5       |
| <i>Onychiurus granulosis</i>  | 1                   | 10,1       |
| <i>Friesea mirabilis</i>      | 1                   | 7,2        |



### 3. Charakteristische Arten

|                                 |   |      |
|---------------------------------|---|------|
| <i>Tomocerus flavescens</i>     | 4 | 16,1 |
| <i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> | 3 | 2,6  |
| ( <i>Dicyrtoma fusca</i> )      | 1 | 4,5  |
| ( <i>Karlstejnina annae</i> )   | 1 | 2,8  |

#### 18. Habitat-Gruppe: Stämme und Stubben in Tannen-Buchen-Wäldern

Habitat: Stubben und Stämme von Buchen, Fichten- und Tannen in geschlossenen Wäldern der Tannen-Buchen-Stufe zwischen 800 und 1000 m über NN.

Material: Nur Exhaustorproben von Holz minimal 20 cm über Boden; bei Ramzová, Červená hora, Lysý vrch, Vidly — u kříže, Bělá.

#### Collembolen-Gemeinschaft:

##### 1. Gemeinschafts-Parameter:

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am | zm         | se        |
|--------|-------|-------|-------|-----|----|------------|-----------|
| ?      | 28    | 5,9   | 8,6   | 1,5 | —  | 5/19//21/6 | 1/17//4/1 |

##### 2. Dominante Arten:

|                              | Frequenz-<br>klasse | Dominanz-% |
|------------------------------|---------------------|------------|
| <i>Ceratophysella armata</i> | 3                   | 41,7       |
| <i>Allacma fusca</i>         | 5                   | 20,3       |
| <i>Onychiurus sibiricus</i>  | 2                   | 11,5       |
| <i>Tomocerus flavescens</i>  | 5                   | 7,3        |

##### 3. Charakteristische Arten:

|                                |   |      |
|--------------------------------|---|------|
| <i>Allacma fusca</i>           | 5 | 20,3 |
| <i>Vertagopus cinereus</i>     | 3 | 1,3  |
| <i>Thaumanura carolii</i>      | 2 | 0,6  |
| <i>Pseudosinella wahlgreni</i> | 1 | 1,1  |

#### 19. Habitat-Gruppe: Böden der Kalk-Buchenwälder

Habitat: (Sub)montane Kalk-Buchenwälder auf mitteldevonischem Kalk in 600 m über NN, zum Teil aufgeforstet mit Fichte (*Picea abies*) oder Grauerle (*Alnus incana*). Kennzeichnende Pflanzenarten: *Sanicula europaea*, *Mercurealis perennis*, *Actaea spicata*.

Material: Oberboden, Auflagehumus und Moose; Na Pomezí.

#### Collembolen-Gemeinschaft:

##### 1. Gemeinschafts-Parameter:

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am        | zm          | se         |
|--------|-------|-------|-------|-----|-----------|-------------|------------|
| 374    | 47    | 9,5   | 4,8   | 0,5 | 1/19//7/3 | 12/47//13/6 | 18/28//9/4 |

##### 2. Dominante Arten:

|                               | Frequenz-<br>klasse | Dominanz-% |
|-------------------------------|---------------------|------------|
| <i>Folsomia quadrioculata</i> | 4                   | 23,8       |
| <i>Folsomides pusillus</i>    | 1                   | 16,9       |
| <i>Isotoma notabilis</i>      | 4                   | 14,7       |
| <i>Onychiurus granulosus</i>  | 4                   | 9,1        |
| <i>Isotomiella minor</i>      | 4                   | 7,4        |

### 3. Charakteristische Arten :

|   |   |      |
|---|---|------|
| <i>Folsomides pusillus</i>                    | 1 | 16,9 |
| <i>Pseudosinella wahlgreni</i>                | 3 | 1,2  |
| <i>Folsomia penicula</i>                      | 3 | 1,1  |
| <i>Onychiurus denisi</i>                      | 3 | 0,9  |
| <i>Onychiurus silesiacus</i>                  | 2 | 1,4  |
| <i>Folsomia quadrioculata ab. anophthalma</i> | 2 | 0,7  |
| <i>Karlstejnina annae</i>                     | 2 | 0,5  |
| <i>Pseudachorutes corticicolus</i>            | 2 | 0,1  |
| <i>Onychiurus serratotuberculatus</i>         | 1 | 0,4  |
| <i>Lepidocyrtus ruber</i>                     | 1 | 0,2  |
| <i>Mesaphorura italica</i>                    | 1 | 0,1  |
| <i>Caprainea marginata</i>                    | 1 | 0,1  |

### 20. Habitat-Gruppe: Bachufer im Kalk-Buchenwald

Habitat: Bachufer und schmale Schwemm- Auenbildung im Bereich des Kalk-Buchenwaldes.

Material: Auen-Boden und Moose im Bachbett der Vidnavka bei Na Pomezi, 600 m über NN.

Collembolen-Gemeinschaft:

#### 1. Gemeinschafts-Parameter :

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am         | zm         | se |
|--------|-------|-------|-------|-----|------------|------------|----|
| 278    | 14    | 2,5   | 13,2  | 5,3 | 13/75//7/1 | 2/28//14/2 | —  |

#### 2. Dominante Arten :

|                                | Frequenz-<br>klasse | Dominanz- <sup>0/0</sup> |
|--------------------------------|---------------------|--------------------------|
| <i>Isotomurus palustris</i>    | 4                   | 49,8                     |
| <i>Isotoma notabilis</i>       | 4                   | 15,3                     |
| <i>Isotoma fennica</i> -Gruppe | 4                   | 13,1                     |
| <i>Isotoma viridis</i>         | 3                   | 7,2                      |
| <i>Folsomia quadrioculata</i>  | 3                   | 7,2                      |

### 3. Charakteristische Arten :

|                                |   |      |
|--------------------------------|---|------|
| <i>Isotomurus palustris</i>    | 4 | 49,8 |
| <i>Sminthurides parvulus</i>   | 2 | 0,8  |
| <i>Hydroisotoma schaefferi</i> | 2 | 0,4  |

### 21. Habitat-Gruppe: Freistehende Kalkfelsen

Habitat: Freistehende Kalkfelsen im (sub)montanen Bereich um 600 m über NN. Kennzeichnende Pflanzenarten: *Acinos arvensis*, *Asplenium trichomanes*, *Asplenium ruta muraria*.

Material: Humusansammlungen auf Kalkfelsen bei Na Pomezi und Na Špičáku.

Collembolen-Gemeinschaft:

#### 1. Gemeinschafts-Parameter :

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am        | zm         | se        |
|--------|-------|-------|-------|-----|-----------|------------|-----------|
| 367    | 29    | 5,2   | 6,0   | 1,2 | 1/19//3/1 | 8/38//10/3 | 5/28//7/2 |

| 2. Dominante Arten :          | Frequenz-<br>klasse | Dominanz-% <sub>0</sub> |
|-------------------------------|---------------------|-------------------------|
| <i>Isotoma notabilis</i>      | 4                   | 26,5                    |
| <i>Folsomia quadrioculata</i> | 4                   | 15,1                    |
| <i>Mesaphorura sylvatica</i>  | 4                   | 14,0                    |
| <i>Onychiurus granulosis</i>  | 4                   | 7,8                     |
| <i>Friezea mirabilis</i>      | 4                   | 7,6                     |
| <i>Isotomiella minor</i>      | 4                   | 6,8                     |
| <i>Onychiurus armatus</i>     | 4                   | 5,5                     |
| <i>Folsomides pusillus</i>    | 4                   | 5,1                     |

| 3. Charakteristische Arten :        |   |      |
|-------------------------------------|---|------|
| <i>Mesaphorura sylvatica</i>        | 4 | 14,0 |
| <i>Folsomides pusillus</i>          | 4 | 5,1  |
| <i>Entomobryoides myrmecophilus</i> | 3 | 1,1  |
| <i>Lepidocyrtus lignorum</i>        | 2 | 0,9  |
| <i>Tomocerus vulgaris</i>           | 3 | 0,3  |
| <i>Orchesella bifasciata</i>        | 1 | 0,1  |
| <i>Ceratophysella luteospina</i>    | 1 | 0,1  |

22. Habitat-Gruppe: Stämme und Stubben in Kalk-Buchen-Wäldern

Habitat: Stämme und Stubben von Buchen und Fichten in geschlossenen Buchenwäldern und Fichtenforsten auf devonischem Kalk um 600 m über NN.

Material: Morsches Holz, Mulm, Rinde und Moose und Flechten auf Holz minimal 20 cm über Boden: Na Pomezí.

Collembolen-Gemeinschaft:

1. Gemeinschafts-Parameter :

| Dichte | Arten | alpha | sigma | SB  | am        | zm          | se        |
|--------|-------|-------|-------|-----|-----------|-------------|-----------|
| 451    | 37    | 7,8   | 5,4   | 0,7 | 2/37//5/2 | 12/45//14/5 | 1/25//3/1 |

| 2. Dominante Arten :          | Frequenz-<br>klasse | Dominanz-% <sub>0</sub> |
|-------------------------------|---------------------|-------------------------|
| <i>Isotoma olivacea</i>       | 4                   | 21,9                    |
| <i>Onychiurus absoloni</i>    | 4                   | 19,9                    |
| <i>Xenylla corticalis</i>     | 2                   | 14,1                    |
| <i>Isotoma pseudomaritima</i> | 4                   | 10,8                    |
| <i>Folsomia timetaria</i>     | 3                   | 7,7                     |
| <i>Folsomia quadrioculata</i> | 3                   | 5,5                     |

3. Charakteristische Arten :

|  |   |      |
|--|---|------|
| <i>Onychiurus absoloni</i>               | 4 | 19,9 |
| <i>Xenylla corticalis</i>                | 2 | 14,1 |
| <i>Xenylla boernerii</i>                 | 3 | 2,4  |
| <i>Onychiurus denisi</i>                 | 3 | 0,5  |
| <i>Neanura muscorum</i>                  | 3 | 0,2  |
| <i>Vertagopus cinereus</i>               | 2 | 0,8  |
| <i>Folsomia inoculata</i>                | 2 | 0,4  |
| ( <i>Friezea claviseti</i> )             | 1 | 0,1  |
| ( <i>Microgastrura duodecimoculata</i> ) | 1 | 0,1  |

#### 4. Verbreitungstypen der Collembolenarten

Nur in sehr wenigen Fällen wurden Collembolenarten ausschließlich in einer einzigen Habitat-Gruppe des Untersuchungsgebietes angetroffen. Die Frage, welche realen Verbreitungsbilder die einzelnen Arten innerhalb der Jeseniky zeigen, erfordert daher eine gesonderte Betrachtung.

Es ist zu erwarten, daß nicht nur die Anwesenheit, sondern vielmehr die Regelmäßigkeit (Frequenz) und relative Häufigkeit (Dominanz) des Auftretens einer Art das Bild ihres Verbreitungstypes bestimmen. In den graphischen Darstellungen (Abb. 2 a—q) werden diese spezifischen Parameter vereinfachend als Frequenz- und Dominanz-Klassen (S. 7) veranschaulicht.

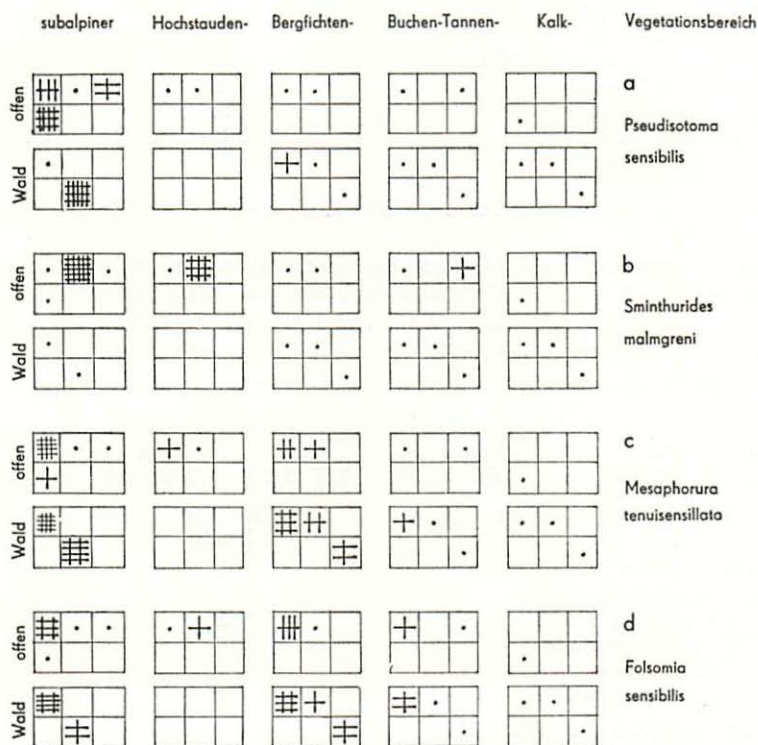


Abb. 2 a—q. Verbreitungstypen von Collembolenarten in den Habitat-Gruppen (vgl. Abb. 1) des Hrubý Jeseník-Gebirges. Zeichenerklärung: Punkt = nicht vorhanden. Horizontale Striche = Frequenzklasse 1—5 (vgl. S. 7); vertikale Striche = Dominanzklassen 1—5 (vgl. S. 7). Beispiel: 2 horizontale und 4 vertikale Striche bedeuten: Art tritt in Frequenzklasse 2 und Dominanzklasse 4 auf.

Die Gliederung der möglichen Verbreitungstypen im Bereich der Jeseniky soll der eingangs begründeten Zönotopgliederung folgen (s. S. 2—5). Da sich keine der Collembolenarten in ihrer Verbreitung auf die Hochstaudenflur beschränkt, kann die Betrachtung nach Höhenstufen und Vegetationsbereichen gemeinsam erfolgen.

|       | subalpiner | Hochstauden- | Bergfichten- | Buchen-Tannen- | Kalk- | Vegetationsbereich      |
|-------|------------|--------------|--------------|----------------|-------|-------------------------|
| offen |            |              |              |                |       | e                       |
| Wald  |            |              |              |                |       | Isotoma<br>viridis      |
| offen |            |              |              |                |       | f                       |
| Wald  |            |              |              |                |       | Onychiurus<br>denisi    |
| offen |            |              |              |                |       | g                       |
| Wald  |            |              |              |                |       | Thaumanuro<br>carolii   |
| offen |            |              |              |                |       | h                       |
| Wald  |            |              |              |                |       | Isotoma<br>fennica      |
| offen |            |              |              |                |       | i                       |
| Wald  |            |              |              |                |       | Anurida<br>granulata    |
| offen |            |              |              |                |       | k                       |
| Wald  |            |              |              |                |       | Onychiurus<br>sibiricus |

|       | subalpiner | Hochstauden- | Bergfichten- | Buchen-Tannen- | Kalk- | Vegetationsbereich             |
|-------|------------|--------------|--------------|----------------|-------|--------------------------------|
| offen |            |              |              |                |       | l<br>Willemia<br>anophthalma   |
| Wald  |            |              |              |                |       |                                |
| offen |            |              |              |                |       | m<br>Tetracanthella<br>arctica |
| Wald  |            |              |              |                |       |                                |
| offen |            |              |              |                |       | n<br>Onychiurus<br>absoloni    |
| Wald  |            |              |              |                |       |                                |
| offen |            |              |              |                |       | o<br>Tomocerus<br>minor        |
| Wald  |            |              |              |                |       |                                |
| offen |            |              |              |                |       | p<br>Isotoma<br>pseudomaritima |
| Wald  |            |              |              |                |       |                                |
| offen |            |              |              |                |       | q<br>Onychiurus<br>granulosus  |
| Wald  |            |              |              |                |       |                                |

## 4.1. Verbreitung nach Meereshöhe und Vegetation

### 4.1.1. Arten der subalpinen Stufe

Ausschließlich auf die subalpine Stufe beschränkte Arten treten nicht auf. Nur wenige Arten bevorzugen diese Stufe.

4.1.1.1. Die meisten Habitate der subalpinen Stufe besiedelt *Pseudisotoma sensibilis* (Abb. 2a); im oberen montanen Bereich wurde sie noch im Bergfichtenwald nachgewiesen.

4.1.1.2. Offene Habitate der subalpinen Stufe werden in der feuchten Habitat-Variante von *Sminthurides malmgreni* bevorzugt. Diese Art tritt auch im montanen Hochmoor auf (Abb. 2b).

4.1.1.3. Wald- (Latschen-) Habitate der subalpinen Stufe bilden für keine Collembolenart den Verbreitungsschwerpunkt. (*Pinus mugo* wurde erst nach 1900 in den Jeseniky angepflanzt!)

### 4.1.2. Arten der subalpinen – oberen montanen Stufe

Auf den Bereich oberhalb 1000 m exakt begrenzte Arten finden sich ebenfalls nicht. Abgesehen von einzelnen und taxonomisch noch wenig gesicherten (*Lepidocyrtus lignorum*-Gruppe) Funden können nur 2 Arten als charakteristisch für diese Stufe gelten.

4.1.2.1. Die meisten Habitate der subalpinen – oberen montanen Stufe werden von *Mesaphorura tenuisensillata* und *Folsomia sensibilis* besiedelt (Abb. 2c, d). Für beide Arten erscheinen Habitate mit erhöhter Feuchtigkeit wenig günstig. — Speziell an offene oder Wald-Habitate gebundene Arten wurden in dieser Stufe nicht ermittelt.

### 4.1.3. Arten der gesamten Montan-Stufe

Collembolenarten, die im gesamten Höhenbereich bis 1300 m vertreten sind, in der subalpinen Stufe dagegen fehlen, scheint es in den Jeseniky ebenfalls nicht zu geben. Hierzu könnte allenfalls *Isotoma viridis* (Abb. 2e) zu stellen sein, die aber die Hochstaudenfluren noch stark besiedelt und nur die subalpinen Matten meidet.

### 4.1.4. Arten der unteren montanen Stufe

Die weitaus häufigste Form der Spezialisierung in der Verbreitung nach der Höhen- bzw. Vegetationsstufe zeigen die Bewohner der Buchen-Tannen-Stufen bis 1000 m. Hierbei bleibt unberücksichtigt, ob diese Arten außerhalb des Untersuchungsgebietes auch im Hügel- und Flachland auftreten oder nicht.

4.1.4.1. Fast alle Habitate der unteren montanen Stufe werden von *Mesaphorura krausbaueri* eingenommen. Die übrigen Arten zeigen eine mehr oder weniger deutliche Abhängigkeit vom Vegetationstyp.

4.1.4.2. Offene Habitate der unteren montanen Stufe bilden das ausschließliche regionale Lebensgebiet für die Arten *Cryptopygus bipunctatus*, *Stenaphorura quadrispina* und *Deuterostminathurus flavus*.

4.1.4.3. Waldhabitate der unteren montanen Stufe werden – häufig mit schwach ausgebildeten „Vorposten“ in der Bergfichtenstufe – besiedelt von *Ceratophysella armata*, *Mesaphorura sylvatica*, *Onychiurus denisi* (Abb. 2f), *Thaumanura carolii* (Abb. 2g), *Neanura muscorum*, *Vertagopus cinereus*, *Pseu-*

*dosinella wahlgreni*, *Allacma fusca* und *Dicyrtoma fusca*. Weitere Arten haben hier ihren deutlichen Verbreitungsschwerpunkt, wie *Tomocerus flavescens* und *Orchesella flavescens*.

#### 4.1.5. Arten der offenen Vegetationsbereiche

Außer den unter 4.1.1.2., 4.1.3 und 4.1.4.2 genannten sind einige Arten an offene Vegetationsbereiche gebunden, ohne jedoch eine Beschränkung auf eine Höhenstufe zu zeigen. Hier sind vor allem *Isotoma fennica* (-Gruppe) (Abb. 2 h) und *Sminthurides parvulus* zu nennen. Beide Arten dringen zwar auch in das Waldgebiet ein, aber fast ausschließlich dort, wo Bachläufe den Walbestand auflockern. Sie sind bevorzugt Bewohner feuchter Habitate.

##### 4.1.5.1. Arten der Wald-Vegetationsbereiche

Über die unter 4.1.1.3 und 4.1.4.3 genannten Arten hinaus sind einige Bewohner der gesamten Höhenbereiche an Habitate mit waldartiger Vegetation gebunden. Charakteristisch hierfür ist das Verbreitungsbild von *Anurida granulata* (Abb. 2 i).

Weitaus häufiger ist jedoch die Kombination von Waldhabitaten aller Höhenstufen mit offenen Habitaten im subalpinen Bereich anzutreffen: *Onychiurus sibiricus* (Abb. 2 k), *Micranurida anophthalmica*, *Isotoma violacea* und *Arrhopalites pseudopendices*. *Willemia anophthalma* besiedelt zusätzlich mit hoher Frequenz die Hochmoore im subalpinen und montanen Bereich (Abb. 2 l).

#### 4.2. Verbreitung in Abhängigkeit vom Kalkgehalt des Gesteins

##### 4.2.1. Arten der kalkarmen und kalkfreien Gesteine

Hierunter können nur solche Arten genannt werden, deren regelmäßige Verbreitung wenigstens im unteren montanen Bereich gesichert ist, deren Fehlen im Kalkgebiet daher mit hinreichend großer Wahrscheinlichkeit auf die Einwirkung des mit dem Kalziumkarbonat verbundenen Faktorenkomplex bezogen werden kann. Solche Arten sind offensichtlich selten; ein überzeugendes Beispiel liefert lediglich die Verbreitung von *Tetracanthella arctica* (Abb. 2 m).

##### 4.2.2 Arten der Kalkgesteine

Im Untersuchungsgebiet wurden 15 Arten ausschließlich im Kalkgebiet gefunden. Als hierfür charakteristisch werden jedoch nur die folgenden Arten angesehen: *Ceratophysella luteospina*, *Xenylla corticalis*, *Odontella lamellifera*, *Microgastrura duodecimoculata*, *Onychiurus serratotuberculatus*, *Onychiurus silesiacus*, *Mesaphorura italica*, *Folsomia pusillus*, *Hydroisotoma schaefferi*, *Entomobryoides myrmecophila*, *Lepidocyrtus ruber* und *Caprainea marginata*. Die aus Kalkhöhlen bekannten Arten werden aus dieser Betrachtung ausgeklammert.

#### 4.3. Verbreitung in Abhängigkeit von der Substratqualität

##### 4.3.1. Arten in Humusböden mit ausgeglichenem Wasserhaushalt

Diese Habitate werden zwar von der Mehrzahl der Collembolenarten  $\pm$  bevorzugt, es gibt aber nur wenige Arten, die im Untersuchungsgebiet ausschließlich oder fast ausschließlich hierzu zu stellen sind. Zu nennen sind: *Neanura parva*, *Lathriopyga conjuncta*, *Pseudanurophorus binoculatus*.



#### 4.3.2. Arten der Feuchthabitate

Die hierfür charakteristischen Arten wurden bereits unter 4.1.1. und 4.1.5. erwähnt: *Sminthurides malmgreni* für den subalpinen Bereich und *Isotoma lennica* (-Gruppe) und *Sminthurides parvulus* für alle Höhenstufen. Die Bindung der letztgenannten Arten an ausgesprochene Feuchthabitate (Abb. 2 b, h) scheint weniger streng zu sein.

#### 4.3.3. Arten der Hochmoore

Es überrascht, daß die Hochmoore der subalpinen Stufen lediglich in dieser Höhenstufe  $\pm$  allgemein verbreitete Arten beherbergen. Im Hochmoor des montanen Bereiches wurden dagegen *Ceratophysella scotica*, *Sminthurides aquaticus* und *Heterosminthurus insignis* als spezialisierte Arten festgestellt.

#### 4.3.4. Arten freistehender Felsen

Hier liegen nur vergleichsweise wenig intensive Untersuchungen vor (Habitat-Gruppen 3 und 21). Die Ergebnisse scheinen jedoch darauf hinzuweisen, daß keine Collembolenart des Untersuchungsgebietes auf diese Habitatgruppe beschränkt bzw. konzentriert ist.

#### 4.3.5. Arten in der Moosschicht über Humusböden

Diese Substratschicht wurde nur im Falle der Habitatgruppe 6 getrennt geprüft; hierin befanden sich keine spezialisierte Arten. Zweifellos ist jedoch eine intensivere Prüfung notwendig, um zu verlässlichen Aussagen zu gelangen.

#### 4.3.6. Arten an Bäumen und Stubben

Flechten-, Rinden- und Holzsubstrate oberhalb des Bodens bevorzugen im Untersuchungsgebiet *Vertagopus cinereus* und *Folsomia inoculata*. Es gibt jedoch weiterhin eine Gruppe von Arten, deren Verbreitungsbild hier zu nennen ist, besonders *Onychiurus absoloni*, *Onychiurus sibiricus* (Abb. 2 k, n) und *Pseudachorutes corticicolus*. Diese leben im montanen Bereich bevorzugt an Stubben und Bäumen, treten aber in subalpinen Boden-Habitaten verbreitet und zum Teil mit hohen Frequenzen und Dominanzen auf.

### 4.4. Diskussion der Verbreitungstypen

Die Analyse des regionalen Verbreitungsbildes verfolgt letztlich das Ziel, die Umweltansprüche der untersuchten Art besser kennenzulernen. Sie soll damit zur ökologischen Charakteristik der Arten beitragen, das heißt exakte Grundlagen zur Lösung angewandt-ökologischer Fragen (zum Beispiel bei Indikatorarten) schaffen helfen.

Die Erfahrungen haben gezeigt, daß die Verbreitungsbilder der gleichen Art aus unterschiedlichen ökogeographischen Regionen auf unterschiedliche verbreitungsbestimmende Faktorengruppen (Schlüsselfaktoren) hinweisen können. Es erscheint daher von geringem Nutzen, die autökologische Analyse einer Art nach einem einzelnen regionalen Verbreitungsbild isoliert vorzunehmen. Um so notwendiger ist es aber, vergleichsbereites Material zu erarbeiten, was diese Mitteilung beabsichtigt. Das Herausfinden verbreitungsbestimmender Reaktionsnormen soll Aufgabe weiterer Untersuchungen sein, die noch nicht analysierte Gebiete zentraleuropäischer Gebirge einbeziehen.

Die Diskussion beschränkt sich aus den genannten Gründen auf einige allgemeine Züge der Verbreitung der Collembolen in den Jeseniky. Eingangs wur-

de bereits erwähnt, daß sich die Verbreitung nur sehr weniger Arten mit einer der gewählten Habitat-Gruppen deckt. Nunmehr zeigt sich, daß sie sich auch selten mit nur einem der gewählten Grundmerkmale (Höhe, Vegetation, Gestein, Substratqualität) bereits hinreichend charakterisieren läßt. Dieses Ergebnis ist nicht überraschend. Es kann, muß aber nicht zwingend, unter anderem in der Wahl der Habitat-Merkmale begründet sein.

Ein hoher Anteil der Collembolenarten zeigt sich im Untersuchungsgebiet als „Ubiquisten“, das heißt als Arten, deren Verbreitungsbild relativ schwer zu analysieren ist (echte Ubiquisten dürfte es unter den Collembolen nicht geben). Viele dieser Verbreitungsbilder lassen sich dennoch überblicken. So ist zum Beispiel *Tomocerus minor* (Abb. 2 o) offensichtlich ein Bewohner der Wälder aller Höhenstufen, der auch in Hochmooren und relativ walddah gelegenen offenen Habitaten auftritt. *Isotoma pseudomaritima* (Abb. 2 p), eine sehr charakteristische Art der Jeseniky, unterscheidet sich offensichtlich von *Tomocerus minor* durch stärkere Bevorzugung feuchter Habitats. Diesem ebenfalls sehr ähnlich, wenn auch im subalpinen Bereich mit höherer Dominanz vertreten, ist das Verbreitungsbild des für die Jeseniky gleichfalls typischen *Onychiurus granulatus* (Abb. 2 q)

Interessant erscheint zunächst das Verbreitungsspektrum in Abhängigkeit von der Höhenstufe. Nur etwa 3 % der gefundenen Arten können als „subalpin“ (nur oberhalb 1000 m bis zum Gipfelbereich zu finden) bezeichnet werden. Dagegen sind 75 % der Arten „Gebirgsarten“ in dem Sinne, daß sie in allen Höhenlagen der Jeseniky gefunden werden. Aber nur 10 % hiervon werden als Bewohner zentraleuropäischer Gebirge und nur 7 % als (sub)arkto-(sub)alpine Arten angegeben (DUNGER, 1970 b), das heißt 58 % der „Gebirgsarten“ sind ebenso im europäischen Hügel- und Flachland verbreitet. Die echten Hügellandarten, die in den Jeseniky 1000 m nicht überschreiten, machen 22 % der Artenzahl aus, wovon die Hälfte (11 %) auf Bewohner des Kalkgebietes entfällt. Da Kalk in den Jeseniky in größerer Höhe nicht ansteht, ist für diese Arten keine echte Aussage über eine Höhenstufenbindung möglich.

An offene Habitats gebundene Arten sind in den Jeseniky gering vertreten (etwa 5 %). Eine an Wald-Habitats gebundene Verbreitung zeigen etwa 20 % der Arten. Überraschend ist der Befund, daß die Hochmoore in der subalpinen Stufe keine spezialisierten Arten beherbergen, im Gegensatz zu den montan gelegenen Hochmooren (4.3.3.).

Flechten- und Rinden-Collembolen der montanen Stufe sind häufig in der subalpinen Region verbreitete Bodenbewohner.

## 5. Struktureigenschaften der Collembolen-Gemeinschaften

Für die Betrachtung der Struktureigenschaften der zuvor beschriebenen Collembolen-Gemeinschaften stehen deren Artenstruktur (Artenaffinität), Individuendichte, Artenmannigfaltigkeit, Dominanzstruktur und strukturelle Balance zur Verfügung. Der Anteil der geographischen Faunenelemente an diesen Gemeinschaften soll in Kapitel 6 gesondert untersucht werden.

## 5.1. Artenstruktur

Die Artenstruktur zweier Gemeinschaften kann auf der Basis der Präsenz/Absenz-Entscheidung statistisch verglichen werden. Hinsichtlich der Grundlagen hierfür und ihrer kritischen Diskussion sei auf CANCELA DA FONSECA (1966) und DUNGER (1968) verwiesen. Da in der vorliegenden Untersuchung die Grundgesamtheit der regional vorkommenden Arten als bekannt gelten kann, gewährleistet die  $\chi^2$ -Methode auf der Grundlage der  $2 \times 2$ -Tafel den informativsten Vergleich. Der Koeffizient der Affinität zweier Gemeinschaften wird berechnet nach:

$$\varphi_c = \pm \sqrt{\frac{|ad - bc| - \frac{N}{2}}{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}}$$

wobei a = beiden Gemeinschaften gemeinsame Arten  
 b = nur in Gemeinschaft I vorkommende Arten  
 c = nur in Gemeinschaft II vorkommende Arten  
 d = beiden Gemeinschaften fehlende Arten des Gebietes  
 sind.

Hinsichtlich der Einzelheiten wird auf DUNGER (1968) verwiesen. Negative Affinitätswerte traten lediglich zwischen der Habitatgruppe 2 im Vergleich mit den Habitatgruppen 3 und 11 auf, die übrigen 229 errechneten Koeffizienten zeigen also Abstufungen im Bereich positiver Korrelation. Der Vergleich dieser Koeffizienten soll nach der von MOUNTFORD (1962) vorgeschlagenen Affinitätsklassifikation erfolgen (Abb. 3).

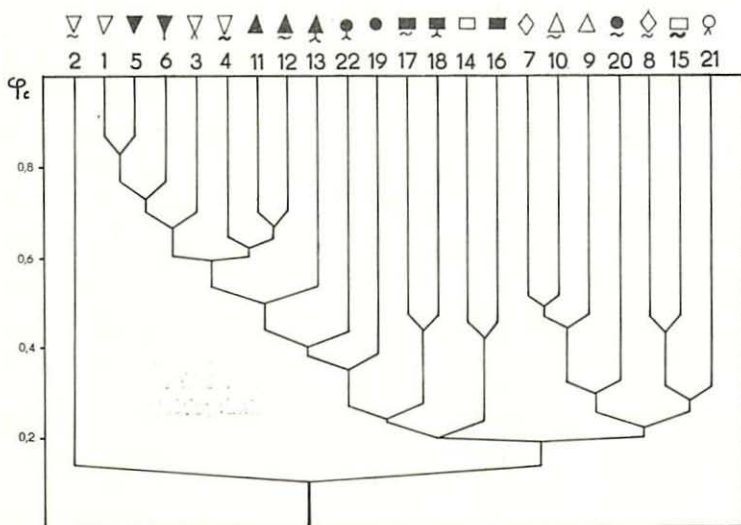


Abb. 3. Artenaffinität der Collembolen-Gemeinschaften in 22 Habitatgruppen des Hrubý Jeseník-Gebirges nach den  $\varphi_c$ -Koeffizienten (Erläuterung s. Text). Zur Bezeichnung der Habitat-Gruppen vgl. Abb. 1.

Die Ergebnisse erbringen eine Reihe von interessanten Hinweisen zum Verteilungsmuster der Collembolen-Gemeinschaften des Untersuchungsgebietes. Sie werden im folgenden mit weiteren Parametern zu vergleichen sein.

Eine Sonderstellung in der Artenstruktur zeigt die extrem artenarme Gemeinschaft der subalpinen Quellfluren (2). Sie zeigt keinerlei Verwandtschaft mit irgendeiner Gemeinschaft anderer Habitate.

Hiervon abgesehen zeigt das Dendrogramm eine (allerdings relativ flache) Hauptteilung in Gemeinschaften der subalpinen und Wald-Habitate einerseits und der offenen montanen Habitate andererseits. Zu dieser Hauptgliederung sind jedoch drei Bemerkungen notwendig: Erstens reihen sich die Gemeinschaften der Hochstaudenfluren (7, 8) in diejenigen der offenen montanen Habitate ein; zweitens verhalten sich die Gemeinschaften der in die Buchen-Tannen-Wälder eingesprengten Wiesenflächen (14) sehr ähnlich denen der benachbarten Waldhabitate, und drittens erweist sich die Gemeinschaft der Bachufer im Kalk-Buchenwald (20) als zur Gruppe der offenen Habitate gehörig.

Innerhalb der ersten Hauptgruppe zeigen die subalpinen Gemeinschaften die höchsten Affinitäten. Unabhängig von der (nicht natürlichen) Latschenbedeckung ähneln sich die Artstrukturen in subalpinen Böden (mit normalem Wasserhaushalt) untereinander mehr (5, 1) als denen in der aufliegenden Mooschicht (6). Die Bedeutung der horizontalen Habitat-Trennung für Collembolen wird hierdurch erneut bestätigt. Sie kann zweifellos auch in den übrigen Vegetationsbereichen zu einer weiteren Feingliederung führen.

Einen weiteren, allerdings weniger einheitlichen Affinitätsbereich bilden die Gemeinschaften der Bergfichtenwälder (11, 12, 13). Hier fällt auf, daß sich einerseits die Gemeinschaft der subalpinen Hochmoore (4), andererseits – mit größerem Abstand – die der montanen Kalkbuchenwälder (22, 19) angliedern lassen. Es fällt schwer, die letztgenannte Erscheinung zu interpretieren; vielmehr wäre zu erwarten gewesen, daß sich die Gemeinschaften der Buchen-Tannen-Wälder auf Gneisen und Schiefen (16, 17, 18) und auf Kalk (19, 22) untereinander mehr ähneln.

Bemerkenswert ist schließlich der große Affinitäts-Abstand, der zwischen den Gemeinschaften der Feucht- und Baum-Habitate der Buchen-Tannen-Wälder (17, 18) und denen der Bodenhabitate dieses Bereiches (14, 16) besteht.

Die zweite Hauptgruppe ist in sich uneinheitlicher als die erste. Höchste Affinitäten zeigen hier die Gemeinschaften der Hochstaudenfluren mit denen offener Habitate (normal und feucht) der Bergfichtenstufe (7, 9, 10). Ebenfalls korreliert erscheinen interessanterweise Gemeinschaften vernähter Bereiche der Hochstaudenflur und der montanen Hochmoore (8, 15). Die Eingliederung der Bachufer- und Fels-Gemeinschaften des montanen Kalkgebietes ist schließlich wiederum sehr lose.

Nach der Affinität der Artenstruktur gibt es im Untersuchungsgebiet keine erhöhte Übereinstimmung zwischen Collembolen-Gemeinschaften der Feuchthabitate (2, 8, 10, 12, 17, 20), der freistehenden Felsen (3, 21) oder auch (hier ist die Annäherung am größten) der Bäume und Stubben (13, 18, 22).

## 5.2. Individuendichte

Angaben zur Siedlungsdichte sind methodisch (s. Kapitel 2) und sachlich (infolge der Populationsdynamik) mit relativ hohen Fehlern behaftet. Die Auswertung dieser Befunde soll sich deshalb darauf beschränken, erkennbare Tendenzen aufzuzeigen. Die mittleren Siedlungsdichten sind für jede Habitatgruppe (zur Gruppe 18 s. S. 6) in Abb. 4 dargestellt.

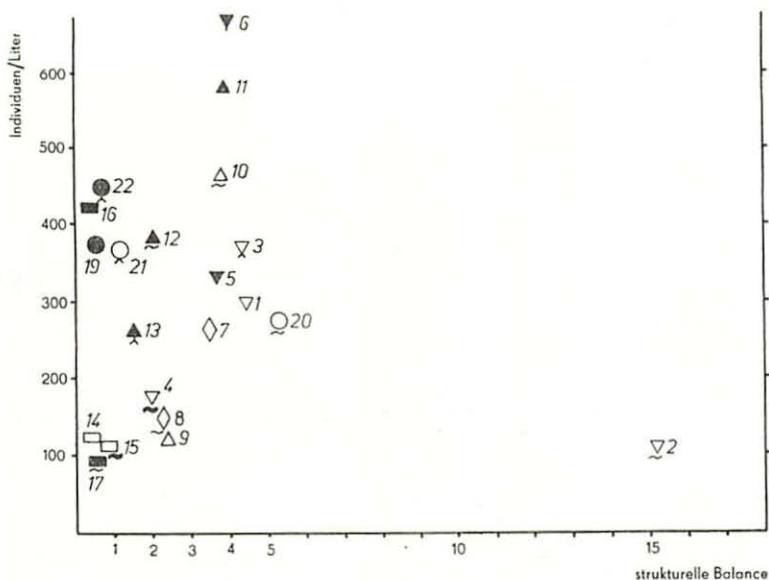


Abb. 4. Beziehungen zwischen Siedlungsdichte und struktureller Balance der Collembolen-Gemeinschaften in 21 Habitaten des Hrubý Jeseník-Gebirges. Zur Bezeichnung der Habitatgruppen vgl. Abb. 1.

Als durchschnittliche Individuendichte der Collembolen im Untersuchungsgebiet kann etwa 200 Individuen/Liter mit einer Schwankung zwischen 200 und 400 Individuen/Liter angenommen werden. Die Extremwerte variieren zwischen 96 (17) und 668 (6) Individuen/Liter.

Durchschnittlich liegen die Besiedlungsdichten in Habitaten mit Wasserüberschuß tiefer als bei ausgeglichenem Wasserhaushalt. Habitats in offenen Vegetationsbereichen werden meist weniger dicht besiedelt als solche in Wäldern. Eine Abhängigkeit der Siedlungsdichte von der Meereshöhe läßt sich nicht erkennen.

Die niedrigsten Siedlungsdichten wurden in Hochmooren (4,15), an vernähten subalpinen (2, 8), aber auch montanen (17) Habitaten und auf Waldwiesen der oberen und unteren montanen Stufe (9, 14) festgestellt. Besonders hohe Individuenzahlen ergaben sich in subalpinen und hochmontanen Böden mit reichgegliederter Moos- und Humus-Auflage (6, 11).

### 5.3. Artenmannigfaltigkeit

Die Artenmannigfaltigkeit wird hier nach dem FISHER-WILLIAMS-Index  $\alpha$  als einfachem Diversitätsmaß angegeben. Wie vergleichende Untersuchungen gezeigt haben (DUNGER & ENGELMANN, 1975), ist zu erwarten, daß hiermit (wie auch mit den Maßen der Dominanzstruktur und der strukturellen Balance) gleiche Tendenzen wie mit den SHANNON-WIENERSchen Informationsmaßen nachgewiesen werden. Die erhaltenen Werte für die Artenmannigfaltigkeit und die Dominanzstruktur sind in Abb. 5 vergleichend dargestellt.

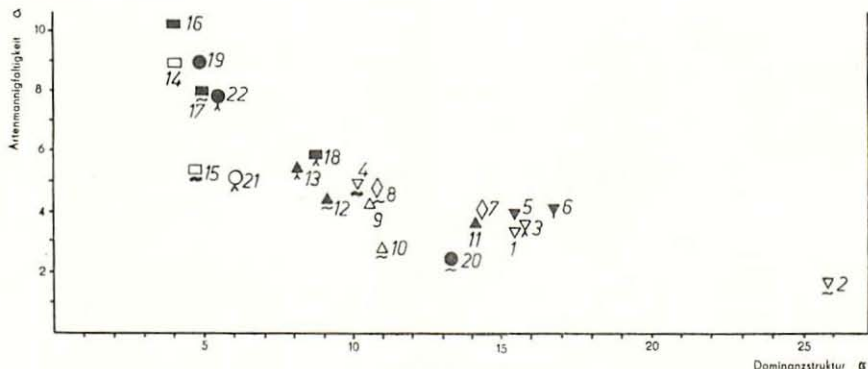


Abb. 5. Artenmannigfaltigkeit  $\alpha$  und Dominanzstruktur  $\sigma$  der Collembolen-Gemeinschaften in 22 Habitatgruppen des Hrubý Jeseník-Gebirges. Zur Bezeichnung der Habitatgruppen vgl. Abb. 1.

Es zeigt sich, daß die Artenmannigfaltigkeit in Habitaten der unteren montanen Stufe durchschnittlich deutlich höher liegt als in Habitaten der oberen montanen und subalpinen Stufe. Hierbei verdient das Verhältnis zwischen den jeweiligen „Stamm“-Habitaten (Böden mit normalem Wasserhaushalt) einer Region und den zugehörigen „abgeleiteten“ Habitaten (vernäpfte Substrate, Moore, Felsen, Stubben und Bäume) besondere Aufmerksamkeit. In der unteren montanen Stufe zeigen die Gemeinschaften der „abgeleiteten“ Habitate eine verminderte Diversität (vgl. in Abb. 5 die Habitat-Gruppe 16 gegen 17, 18; 14 gegen 15; 19 gegen 20, 21, 22). Im Gegensatz hierzu tendieren Gemeinschaften abgeleiteter Habitate in der oberen montanen und subalpinen Stufe eher zu höheren Diversitätsmaßen (vgl. in Abb. 5 die Habitat-Gruppen 1 gegen 3, 4; 5 gegen 6; 7 gegen 8; 11 gegen 12, 13). Hiermit nicht übereinstimmende, niedrige  $\alpha$ -Werte ergaben sich lediglich bei den Habitat-Gruppen der subalpinen Quellfluren (2) und der hochmontanen Bach-Wiesen-Ränder (10).

Die gekennzeichnete gegenläufige Tendenz der Diversitätsstrukturen bewirkt, daß sich – von einigen Ausnahmen abgesehen – ein auffälliges Allgemeinbild der Verteilung der Artenmannigfaltigkeit abzeichnet: Die Collembolengemeinschaften „normaler“ Böden zeigen in der unteren montanen Stufe eine hohe, in der oberen montanen und subalpinen Stufe eine niedrige Mannigfaltigkeit. Intermediär verhalten sich die Gemeinschaften abgeleiteter Habitate beider Höhenbereiche.

Eine extrem hohe Diversität herrscht in Böden der Tannen-Buchen-Stufe mit Moderhumus-Auflage. Extrem niedrige Werte weist die Gemeinschaft subalpiner Quellfluren auf.

#### 5.4. Dominanzstruktur

Die Dominanzstruktur mißt die Streuung der relativen Abundanzen aller an der Gemeinschaft beteiligten Arten (S. 6). Sie beruht also auf einer sachlich vollkommen anderen Basis als die Artenmannigfaltigkeit.

Es überrascht daher, daß die in Abb. 5 dargestellten Werte der Dominanzstruktur in großen Zügen, oft auch im Detail die gleiche Interpretation zulassen, wie sie für die Artenmannigfaltigkeit gegeben wurde. Abweichend ist besonders die klarere Trennung der Werte-Gruppen, vor allem die deutliche Abtrennung der subalpinen Habitats im Bereich der höheren  $\sigma$ -Werte. Eine ausführlichere Diskussion erübrigt sich hier.

### 5.5. Strukturelle Balance

Das Verhältnis der Dominanzstruktur zur Artenmannigfaltigkeit ( $\sigma:a$ ) wird hier als Maß der Ausgeglichenheit oder strukturellen Balance einer Gemeinschaft gewertet (S. 6). Zum Überblick über die Verhältnisse im Untersuchungsgebiet der Jeseniky können die Abb. 4 und 5 herangezogen werden.

In Abb. 5 zeigt sich zunächst im linken oberen Bereich eine Gruppe von Gemeinschaften, die sich in guter struktureller Balance befinden. Sie umfaßt die Habitat-Gruppen 16, 19, 14, 17 und 22 sowie – in Übergangsposition – 15 und 21. Diese Gruppierung läßt sich nach der Individuendichte (Abb. 4) in stark und schwach besiedelte Habitatgruppen teilen. Hiernach sind im Untersuchungsgebiet gut ausgeglichene und individuenreiche Collembolen-Gemeinschaften vor allem in Habitats des Buchen-Tannenwaldes auf Kalk (19, 22, 21) wie auch auf Gneis (Waldböden mit Moderhumus; 16) zu finden. Ebenfalls ausgeglichene, aber individuenarme Gemeinschaften besiedeln feuchte (17), Moor-(15) und Wiesen (14)-Habitats der montanen Buchen-Tannen-Stufe.

Eine weitere Punktgruppierung im Zentrum der Darstellung 5 faßt die bereits als intermediär bezeichneten Habitatgruppen 4, 8, 9, 13 und 18 zusammen. Hiervon zeigen die Gemeinschaften der subalpinen Hochmoore (4), der Naßhabitats der Hochstaudenflur (8) und der oberen montanen Wiesenböden (9) geringe Siedlungsdichten, die Gemeinschaften an Bachrändern (12) und auf Bäumen und Stubben der Bergfichtenwälder (13; hierzu auch 18?) mittlere Individuenzahlen.

Als strukturell wenig balanciert erweist sich schließlich eine dritte Gruppierung, die neben den subalpinen Habitatgruppen zwei Habitats des Bergfichtenwaldes (10, 11) und die Bachrandgemeinschaft des Kalkbuchenwaldes (20) umfaßt.

Die deplaziert erscheinende Zuordnung des letztgenannten Habitats (20) hat möglicherweise methodische Ursachen, denn die hierfür zugrundeliegenden Aufnahmen beziehen sich – im Gegensatz zu allen übrigen Habitatgruppen – lediglich auf einen einzelnen Fundort und nur einen Sammeltermin (Oktober 1975); auch wurden nur etwa 500 Exemplare aufgesammelt.

Alle Gemeinschaften dieser dritten Gruppierung weisen wenigstens mittlere, zum Teil auch maximale Siedlungsdichten auf. Die geringe Ausgeglichenheit ist demnach offenbar ein Ausdruck der hohen Individuendichte einzelner Arten. Als absolut extrem und zusätzlich durch geringe Siedlungsdichte auffallend ist schließlich die Gemeinschaft der subalpinen Quellfluren (2) zu nennen.

Aus Abb. 4 ist schließlich abzuleiten, daß offensichtlich eine gewisse, lose Beziehung zwischen Individuendichte und struktureller Balance der Gemeinschaften insoweit besteht, als Gemeinschaften mit hoher Ausgeglichenheit keine maximalen Siedlungsdichten erreichen und solche mit sehr hohen Siedlungsdichten eine geringe Ausgeglichenheit aufweisen.

## 6. Zoogeographische Struktur der Gemeinschaften

Auf die Möglichkeit und Bedeutung der zoogeographischen Analyse der Bodenfauna, besonders auch der Collembolenfauna, ist bereits mehrfach unter Bezugnahme auf die sudetisch-karpatischen Verbreitungsverhältnisse hingewiesen worden (SZEPTYCKI, 1967; DUNGER, 1969, 1970 b, 1975 b; BLACKITH & BLACKITH, 1975). Die zugrundeliegende Problematik wird in den angegebenen Arbeiten diskutiert. Hier soll versucht werden, den Anteil der wesentlichen zoogeographischen Elemente in die Charakteristik der Collembolen-Gemeinschaften der Jeseniky einzuführen.

Die Anwesenheit oder Abwesenheit eines Faunenelementes in einem bestimmten Territorium wird im wesentlichen von zwei Faktorengruppen bestimmt. Die eine entscheidet darüber, ob die Art im Rahmen ihres Verbreitungsareals das Untersuchungsgebiet überhaupt erreichen kann, die andere darüber, ob sie imstande ist, im Gebiet eine beständige Population aufrecht zu erhalten. BLACKITH & BLACKITH (1975) haben dies die zoogeographische und ökologische Determinante der Verbreitung der Collembolen genannt. Das Untersuchungsgebiet der Jeseniky darf, was die Erreichbarkeit anlangt, als in sich zoogeographisch einheitlich angesehen werden. Somit beziehen sich die folgenden Betrachtungen auf die ökologische Determinante. Es steht zu erwarten, daß die unterschiedlichen Habitatgruppen den im Gebiet auftretenden Faunenelementen differenzierte Entwicklungsmöglichkeiten bieten.

Wie bereits ausgeführt (S. 6-7) wird bei dieser Betrachtung die Aufmerksamkeit auf die drei Faunenelemente der arktomontanen, zentraleuropäisch-montanen und südosteuropäischen Arten konzentriert, die der Mehrheit der Arten mit weiterer geographischer Verbreitung gegenüberstehen. Collembolen mit südeuropäischer Verbreitung sind fast ausschließlich in den Jeseniky im Kalkgebiet der unteren montanen Stufe vertreten. Weit weniger übersichtlich erscheint die Verteilung von Arten der beiden erstgenannten Faunenelemente. Mit diesen sollen sich die folgenden Überlegungen vorrangig befassen.

Die Vertretung der Faunenelemente innerhalb einer Gemeinschaft kann auf der Grundlage von drei Parametern gewertet werden. In faunistischen Arbeiten wird meist die Zahl der auf ein Faunenelement entfallenden Arten festgestellt. Um der unterschiedlichen Diversität der Gemeinschaft Rechnung zu tragen, ist es notwendig, diese Artenzahl als Prozentwert der Gesamtartenzahl anzugeben. Diese Werte sind in den Beschreibungen der Gemeinschaften ausgewiesen und in Abb. 6 a und b für die arktomontanen und zentraleuropäisch-montanen Elemente vergleichend dargestellt.

Die Artenzahlen geben jedoch noch keinen Hinweis auf die Rolle des Faunenelementes in der Gemeinschaft. Als Maß hierfür werden die Dominanzsummen der Faunen-Elemente benützt (Abb. 7).

Die Treue eines Faunenelementes, das heißt hier seine Bindung an die untersuchten Habitat-Gruppen, drückt sich in den Frequenzwerten aus. Hierunter wäre primär der Anteil derjenigen Proben, in denen das Faunenelement durch eine beliebige Art vertreten ist, an der Gesamtprobenzahl der Habitat-Gruppe zu verstehen (= absolute Frequenz des Faunenelementes). Die Untersuchung nach diesem Parameter läßt jedoch nur einen minimalen Spielraum zur Differenzierung, da infolge der Vielzahl der Arten jedes Elementes die absolute Frequenz vorwiegend (80 . . .) 100 % beträgt. Eine wesentlich größere Variation zeigt der Durchschnitt der Frequenzen der einzelnen Arten (mittlere Frequenz des Faunenelementes). Um die zu erwartende Beziehung zur Artendichte des Elementes einschätzen zu können, ist dieser Wert in den Abb. 6 a und b in Abhängigkeit vom Artenanteil dargestellt.



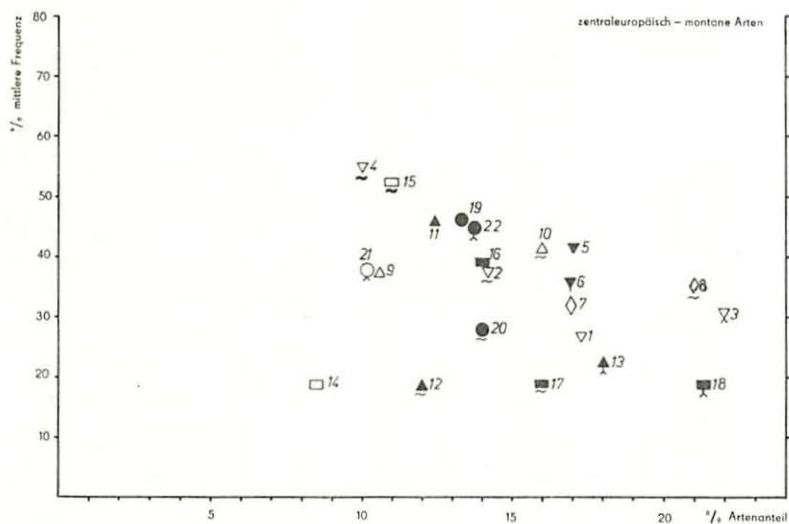
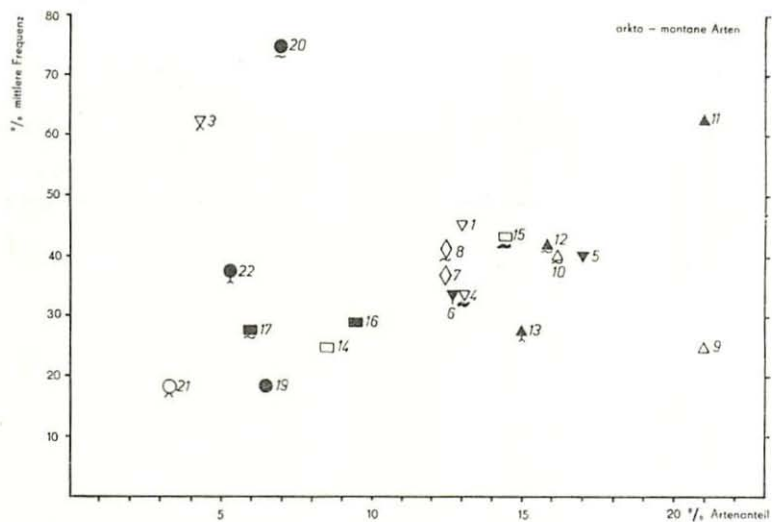


Abb. 6. Mittlere Frequenz und Artenanteil arktisch-montaner (6 a) und zentral-europäisch-montaner (6 b) an den Collembolen-Gemeinschaften des Hrubý Jeseník-Gebirges. Bezeichnungen s. Abb. 1.

Die Analyse der zoogeographischen Struktur der Gemeinschaften kann sich zunächst auf die arktomontanen und zentraleuropäisch-montanen Faunenelemente beschränken. Nach den Dominanzsummen (Abb. 7) ergibt sich eine überraschend scharfe Gliederung: Im subalpinen und oberen montanen Bereich sind die Dominanzsummen der arktomontanen Arten höher als die der zentraleuropäisch-montanen, im unteren montanen Bereich dominiert umgekehrt das letztere Element. Eine Ausnahme bildet, von den Habitatgruppen 2 und 14 mit jeweils minimalen Dominanzwerten abgesehen, das subdominante Auftreten von *Isotoma fennica* an Bachrändern im unteren montanen Kalk-Buchenwald (20).

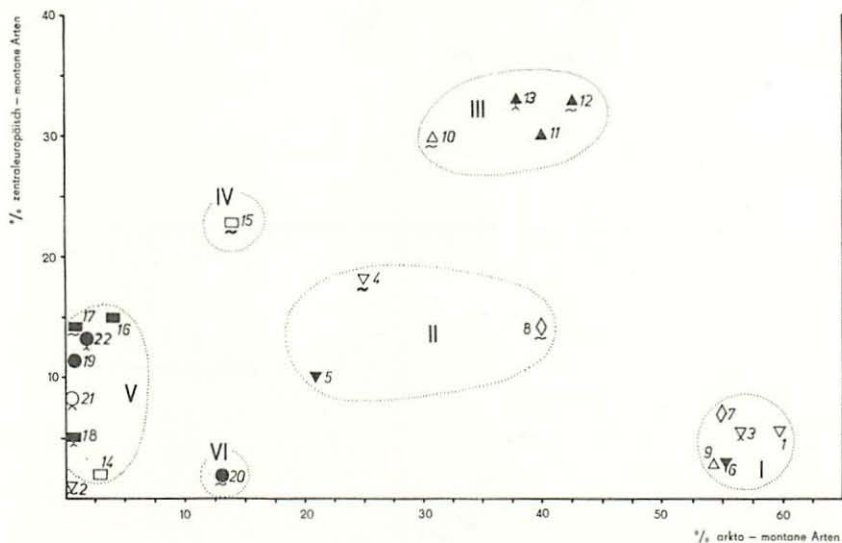


Abb. 7. Dominanzsummen arktomontaner und zentraleuropäisch-montaner Arten in Collembolen-Gemeinschaften des Hrubý Jeseník-Gebirges. Bezeichnungen der Habitatgruppen s. Abb. 1.

Betrachtet man für die Dominanzsumme der Elemente 16% als Grenzwert zwischen subdominanter und dominanter Stufe, so läßt sich eine weitere allgemeine Aussage treffen: Das arktomontane Element tritt in subalpinen und hochmontanen Habitaten dominant, in Hochmooren und an Bachrändern der unteren montanen Stufe teilweise subdominant, im übrigen unteren Montanbereich lediglich rezedent auf. Das zentraleuropäisch-montane Element dagegen erreicht hochdominante Werte ausschließlich in waldbedeckten oder feuchten Habitaten der hochmontanen Bergfichtenstufe. Es tritt noch dominant in Hochmooren (subalpin und montan), dagegen vorwiegend subdominant in Habitaten der unteren montanen und der subalpinen Stufe auf. Eine Ausnahme hiervon bilden lediglich die subalpinen Quellfluren (2), wobei sich die Frage auf die Einordnung (und die Taxonomie?) von *Isotoma olivacea* und in geringerem Maß von *Sminthurides malmgreni* konzentriert.

Das so gewonnene Bild muß jedoch noch unter Einbeziehung der mittleren Frequenzen und Artenanteile geprüft und differenziert werden. Bei Betrachtung der Abb. 6 a und b fällt sofort eine gegenläufige Tendenz der beiden Faunenelemente ins Auge. Das zentraleuropäisch-montane Element zeigt eine deutliche, wenn auch lockere Korrelation zwischen Zunahme des Artenanteils und Abnahme der mittleren Frequenz. Dies war unter der Voraussetzung zu erwarten, daß hinzutretende akzidentelle Arten geringe Frequenzen aufweisen. Entgegen dieser Annahme zeigt aber das arкто-montane Element eine klare Erhöhung der mittleren Frequenz mit zunehmendem Artenanteil. Diese Tendenz läßt sich (mit Ausnahme der nur je einmal belegten Extremwerte) auch für das Verhältnis der mittleren Frequenz zur absoluten Artenzahl bestätigen. Sie kann als Hinweis auf eine höhere Habitat-Treue der arкто-montanen Arten gewertet werden. Im unteren montanen Bereich weist das arкто-montane Faunenelement eine wesentlich geringere Habitatbindung auf, wovon lediglich das Hochmoor (15) eine Ausnahme bildet.

Die zoogeographische Struktur der Collembolengemeinschaften in den Habitat-Gruppen der Jeseniky kann nunmehr nach den besprochenen Parametern wie folgt dargestellt werden. Die Gemeinschaften offener, nicht dauerfeuchter Habitate der subalpinen und oberen montanen Bereiche sowie der Mooschicht unter subalpinen *Pinus mugo*-Beständen (1, 3, 6, 7, 9) bilden die zoogeographische Gruppe I. Hier dominieren arкто-montane Arten absolut (55 . . . 60 %), wogegen zentraleuropäisch-montane Arten wenig Bedeutung erlangen (3 . . . 7 %). (Südeuropäische Arten fehlen im gesamten subalpinen und oberen montanen Bereich.) Hinsichtlich der mittleren Frequenz differenziert sich diese Gruppe aber in Gemeinschaften mit hoher (3) oder mittlerer Treue der arкто-alpinen Arten (1, 7, 6, 9), wobei der Artenanteil niedrig (3), durchschnittlich (1, 6, 7) oder hoch (9) sein kann. Höchste Dominanz ist also nur ausnahmsweise mit hoher Frequenz oder hohem Artenanteil verbunden.

Die Gemeinschaften der übrigen subalpinen Habitate (4, 5, 8) bilden die zoogeographische Gruppe II, die durch reduzierte Dominanz und mittlere Treuegrade der arкто-alpinen Arten zu den Gemeinschaften der Bergfichtenwälder vermittelt. Sie weist bereits auf einen erhöhten Einfluß des zentraleuropäisch-montanen Elementes hin, was sich besonders in dessen hohem Frequenzwert im subalpinen Hochmoor (4) ausdrückt. Die Gemeinschaft der subalpinen Quellflur (2) kann vorläufig nicht eingeordnet werden (s. o.).

Die zoogeographische Gruppe III vereinigt Gemeinschaften der hochmontanen Stufe der Bergfichtenwälder (mit Ausnahme der offenen, trockenen Habitate dieser Stufe). Zentraleuropäisch-montane Arten erlangen hier die höchste Dominanz (30 . . . 33 %) und erreichen damit fast den Dominanzanteil der arкто-alpinen Arten (31 . . . 43 %). Mittlere Frequenz und Artenanteil zeigen wiederum eine Trennung dieser Gruppe in Gemeinschaften mit optimaler (11) bzw. relativ geringer Regelmäßigkeit des arкто-montanen Elementes an. Zentraleuropäische Arten sind dagegen in den Habitatgruppen 11 und 10 regelmäßig, in den Habitatgruppen 12 und 13 aber unregelmäßig verbreitet, wobei deren Artenanteil in Stubben und Bäumen der Bergfichtenwälder (13) relativ am höchsten ist.

Eine eigene zoogeographische Gruppe (IV) bilden die Hochmoor-Gemeinschaften des unteren Montanbereiches (15). Ihre Parameter ähneln weitgehend

denen der Gruppe II, hier besonders denen der subalpinen Hochmoor-Gemeinschaften (4) in Frequenz und Artenanteil. Sie unterscheidet sich jedoch durch eine höhere Dominanz der zentraleuropäisch-montanen Arten (23 %) gegenüber derjenigen der arкто-montanen Arten (14 %). Damit vermitteln die Gemeinschaften der unteren montanen Hochmoore zwischen denen der Gebirgs-fichtenwälder und denen der Buchen-Tannenwald-Stufe. Das südeuropäische Element fehlt auch dieser Gruppe noch vollkommen.

Durch Subdominanz bis Rezedenz des zentraleuropäisch-montanen Elementes und durch Rezedenz bis Fehlen des arкто-montanen Elementes zeichnet sich die zoogeographische Gruppe V aus, die im übrigen besonders im Arten-Frequenz-Diagramm der arкто-alpinen Arten (Abb. 6 a) sehr geschlossen hervortritt. Sie umfaßt die Habitate der Buchen-Tannen-Stufe mit der erwähnten Ausnahme der Hochmoore (15) und der noch zu besprechenden Bachränder im Kalkbuchenwald (20). Bei näherer Betrachtung erscheint diese Gruppe in drei Untergruppen teilbar. Eine erste (V a) zeichnet sich durch die Vertretung der zentraleuropäisch-montanen Arten nahe der Dominanzgrenze (um 15 %) sowie durch das Fehlen südeuropäischer Arten aus (16, 17). Die zweite Untergruppe (V b) faßt die Gemeinschaften des montanen Kalkgebietes mit südeuropäischen Elementen (Dominanz zwischen 3 und 18 %) zusammen, in denen zentraleuropäisch-montane Arten subdominant (8...14 %) auftreten (19, 21, 22). Die dritte Untergruppe (V c) ist dagegen sehr heterogen (14, 18). Kennzeichnend mag sein, daß keines der geographischen Elemente die Rezedenzgrenze wesentlich überschreitet. Im Frequenz-Diagramm offenbaren sich jedoch tiefgreifende Unterschiede, die den Gemeinschaften der Stubben und Bäume (18) eine zentraleuropäisch-montane, denen der unteren Bergwiesen (14) eine mehr arкто-montane Tönung zuweisen.

In keine der vorstehenden Gruppen einzugliedern und damit vorläufig als eine gesonderte zoogeographische Gruppe (VI) zu führen, ist die Gemeinschaft der Bachränder im Kalkbuchenwald (20). Sie verhält sich im Dominanzdiagramm spiegelbildlich zur Gruppe V, und zwar dank der subdominanten Vertretung von *Isotoma fennica* (-Gruppe). Diese Gemeinschaft ähnelt daher in der extremen Platzierung im Frequenz-Arten-Diagramm der arкто-montanen Arten derjenigen der subalpinen Felsfluren (3). Wenn allgemein arкто-montane Arten längs der Bäche gehäuft im unteren montanen Bereich auftreten, dann wäre ein ähnliches Ergebnis auch an den Bachrändern im Gneis-Gebiet (17) zu erwarten. Dies war nicht nachzuweisen. Da jedoch gerade die Habitat-Gruppe 20 am wenigsten gründlich untersucht werden konnte (S. 31), muß die Klärung dieser Frage weiteren Untersuchungen überlassen bleiben.

## 7. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit entwickelt ein Programm der strukturellen Untersuchung an Collembolen-Gemeinschaften zentraleuropäischer Gebirge. Es geht von einer Zönotopgliederung in Habitat-Gruppen aus, die vorrangig nach Merkmalen der Höhenstufen, der Vegetationsausprägung und des Substrates gebildet werden. Die Collembolen-Gemeinschaften dieser Habitat-Gruppen werden vorläufig nicht soziologisch eingestuft. Sie lassen sich durch 6 Gemeinschafts-Parameter und 2 spezifische Parameter (dominante und charakteristische Arten) kennzeichnen.

Diese Betrachtungsweise wird auf die Collembolen-Gemeinschaften von 22 Habitat-Gruppen des Hrubý Jeseník-Gebirges angewendet. Hinsichtlich der Artenstruktur (Artenaffinität) ergibt sich eine Hauptgliederung in Gemeinschaften der subalpinen und Wald-Habitate einerseits und der offenen montanen Habitate andererseits. Die Besiedlungsdichten liegen durchschnittlich in Habitaten mit Wasserüberschuß tiefer als bei ausgeglichenem Wasserhaushalt. Unabhängig von der Meereshöhe zeigen waldbedeckte Habitate meist höhere Individuenzahlen als offene. Gemeinschaften nicht vernäßter Bodensubstrate weisen in der unteren montanen Stufe eine hohe, in der oberen montanen und subalpinen Stufe eine niedrige Artenmannigfaltigkeit und Ausgeglichenheit der Dominanzstruktur auf. Die Gemeinschaften bodenferner oder vernäßter Habitate aller Höhenbereiche verhalten sich hierin intermediär. Die strukturelle Balance der Gemeinschaften ist durchschnittlich in Habitaten der (unteren montanen) Buchen-Tannen-Stufe am besten, in subalpinen Habitaten am geringsten ausgebildet.

In offenen, nicht dauerfeuchten Habitaten der subalpinen und oberen montanen Bereiche dominieren Arten des arкто-montanen Faunenelementes. Gemeinschaften der hochmontanen Bergfichtenwälder enthalten einen fast gleich-hohen Anteil an zentraleuropäisch-montanen Arten. Habitate der Buchen-Tannen-Stufe dagegen zeigen nur eine geringe Vertretung arкто-montaner Arten und höchstens Subdominanz des zentraleuropäisch-montanen Elementes. Die Verbreitungstypen der einzelnen Arten weisen auf die kombinierte Wirkung von Zönotopmerkmalen hin. Von den 136 vorgefundenen Arten haben nur 3 % subalpine, 10 % zentraleuropäisch-montane, 7 % arкто-alpine und 22 % colline Verbreitung. Bindung an offene Habitate zeigen nur 5 % der Collembolenarten des Gebietes. Bindung an Waldhabitate dagegen 20 %.

## Summary

A programme for investigating the structure of Collembolan communities of central european mountains is based on a general catalogue of „habitat groups“. Especially factors of altitude, vegetation and substrat are taken into consideration. The Collembolan communities inhabiting defined habitat groups are characterized by 6 coenological and 2 specifical parameters. Its coenological position will be dicussed by later papers.

Within the Hrubý Jeseník Mountains there are discerned the communities of 22 habitat groups. The species affinity analysis (after a modified chi-square-test) leads to a basal distinction between communities of subalpine and wood

covered habitats and open habitats of the montane region (see fig. 3). Generally, the population density is high in wood soil and water drained habitats without dependence from the altitude. The species diversity, the evenness (dominance structure) and the structural balance of communities inhabiting drained habitats increase from subalpine to lower montane regions. In this regard communities of upsoil and wet habitats show intermediate figures.

The zoogeographical structure is characterized by predominance of arcto-montane species in the subalpine region and codominance of arcto-montane and central european montane species in the upper montane region. Up to date 136 Collembolan species are noted from the Hrubý Jeseník Mountains. The general distribution of the species is as follows: 3 0/0 subalpine, 10 0/0 european montane, 7 0/0 arcto-montane und 22 0/0 colline. From all the species, 20 0/0 are related to wood covered habitats and only 5 0/0 to open habitats.

## 8. Liste der Collembolenarten des Hrubý Jeseník-Gebirges

(nach DUNGER, 1970 b und 1977 a)

Die in dieser Arbeit erfolgte Zuordnung einiger Arten zu Faunen-Elementen ist durch vorgesetzte Buchstaben wie folgt vermerkt:

am = arкто-montane Arten

zm = zentraleuropäisch-montane Arten

se = südeuropäische Arten

Familie Poduridae (Lubb.) Börner 1906

*Podura aquatica* L.

Familie Hypogastruridae Börner 1913

zm *Hypogastrura parva* Gisin 1949

am *Ceratophysella scotica* (Carpenter & Evans) 1899

*Ceratophysella succinea* (Gisin) 1949

*Ceratophysella denticulata* (Bagnall) 1941

*Ceratophysella armata* (Nicolet) 1841

se *Ceratophysella luteospina* (Stach) 1920

*Schaefferia emucronata* Absolon 1900

*Typhlogastrura cavicola* (Börner) 1901

*Xenylla corticalis* Börner 1901, sensu Gama 1964

*Xenylla boernerii* Axelson 1905

*Willemia aspinata* Stach 1949

*Willemia anophthalma* Börner 1901

se *Microgastrura duodecimoculata* Stach 1922

Familie Neanuridae sensu Massoud 1967

*Odontella lamellifera* (Axelson) 1903

*Brachystomella parvula* (Schäffer) 1886

*Friesea mirabilis* (Tullberg) 1871

*Friesea claviseta* Axelson 1900

*Pseudachorutes corticicolus* (Schäffer) 1896

*Pseudachorutes parvulus* Börner 1901

*Pseudachorutes subcrassus* Tullberg 1871

am *Pseudachorutes dubius* Krausbauer 1898

*Pseudachorutella asigillata* (Börner) 1901

*Micranurida pygmaea* Börner 1901

*Micranurida hasai* Kseneman 1936

am *Micranurida anophthalmica* Stach 1949

am *Anurida granulata* (Agrell) 1943

zm *Neanura parva* (Stach) 1951

*Neanura muscorum* (Templeton) 1835

zm *Lathriopyga conjuncta* (Stach) 1926

zm *Thaumanura carolii* (Stach) 1920

Familie Onychiuridae (Lubb.) Börner 1913

zm *Tetrodontophora bielaniensis* (Waga) 1842

zm *Onychiurus (Oligaphorura) serratotuberculatus* Stach 1933

- Onychiurus (Oligaphorura) absoloni* (Börner) 1901  
*Onychiurus (Protaphorura) aurantiacus* (Ridley) 1880  
*Onychiurus (Protaphorura) cancellatus* Gisin 1956  
*Onychiurus (Protaphorura) tricampatus* Gisin 1956  
*Onychiurus (Protaphorura) armatus* (Tullberg) 1869  
*Onychiurus (Protaphorura) subuliginatus* Gisin 1956  
zm *Onychiurus (Hymenaphorura) sibiricus* (Tullberg) 1876  
zm *Onychiurus (Paronychiurus) denisi* Stach 1934  
*Onychiurus (Onychiurus) granulosus* Stach 1929  
*Onychiurus (Onychiurus) silesiacus* Dunger 1977  
*Mesaphorura krausbaueri* Börner 1901  
se *Mesaphorura italica* (Rusek) 1971  
*Mesaporura sylvatica* (Rusek) 1971  
*Mesaphorura tenuisensillata* Rusek 1974  
*Karlstejnina amae* Rusek 1974  
? *Scaphaphorura* sp.  
*Metaphorura* sp.  
*Stenaphorura quadrispina* Börner 1901

Familie Isotomidae Börner 1913

- Tetracanthella brevifurca* Stach 1930  
am *Tetracanthella arctica* Cassagnau 1959  
*Anurophorus laricis* Nicolet 1842  
am *Pseudanurophorus binoculatus* Kseneman 1934  
*Folsomia quadrioculata* (Tullberg) 1871  
*Folsomia quadrioculata* ab. *anophthalma* (Axelson) 1902  
*Folsomia penicula* Bagnall 1939  
zm *Folsomia inoculata* Stach 1947  
am *Folsomia sensibilis* Kseneman 1936  
*Folsomia fimetaria* Linné 1758  
*Cryptopygus bipunctatus* (Axelson) 1903  
*Isotomiella minor* (Schäffer) 1896  
se *Folsomides pusillus* (Schäffer) 1900  
*Proisotoma minima* (Absolon) 1901  
am *Agrenia bidenticulata* (Tullberg) 1876  
*Isotoma notabilis* Schäffer 1896  
*Isotoma viridis* Bourlet 1839  
*Isotoma anglicana* Lubbock 1873; Yosii 1963  
zm *Isotoma pseudomaritima* Stach 1947  
*Isotoma olivacea* Tullberg 1871  
*Isotoma violacea* Tullberg 1876  
*Isotoma hiemalis* Schött 1893  
am *Isotoma fennica* (-Gruppe) Reuter 1895  
*Pseudisotoma sensibilis* (Tullberg) 1876  
*Vertagopus cinereus* (Nicolet) 1841  
am *Vertagopus westerlundii* (Reuter) 1898  
*Isotomurus palustris* (Müller) 1776  
*Isotomurus plumosus* Bagnall 1940  
mz *Hydroisotoma schaefferi* (Krausbauer) 1898



Familie Entomobryidae Tömösváry 1882

- Entomobrya muscorum* (Nicolet) 1842  
*Entomobrya marginata* (Tullberg) 1871  
*Entomobrya corticalis* (Nicolet) 1841  
zm *Entomobrya bimaculata* Stach 1963  
*Entomobrya nivalis* (Linné) 1758  
*Entomobryoides myrmecophila* (Reuter) 1886  
*Orchesella flavescens* (Bourlet) 1839  
*Orchesella bifasciata* Nicolet 1842  
*Orchesella cincta* (Linné) 1758  
*Orchesella villosa* (Geoffroy) 1764  
*Orchesella alticola* Uzel 1890  
*Lepidocyrtus paradoxus* 1890  
*Lepidocyrtus lignorum* Fabricius 1781  
*Lepidocyrtus* sp. N (*lignorum*-Gruppe)  
*Lepidocyrtus* sp. K (*lignorum*-Gruppe)  
*Lepidocyrtus ruber* Schött 1902  
*Lepidocyrtus violaceus* Lubbock 1873  
*Lepidocyrtus cyaneus* Tullberg 1871  
*Lepidocyrtus lanuginosus* (Gmelin) 1788  
se *Pseudosinella wahlgreni* (Börner) 1907  
*Pseudosinella alba* (Packard) 1873  
*Willowsia buski* (Lubbock) 1869  
*Heteromurus nitivus* (Templeton) 1835

Familie Tomoceridae Schäffer 1896

- Tomocerus flavescens* (Tullberg) 1871  
*Tomocerus longicornis* (Müller) 1776  
*Tomocerus minor* (Lubbock) 1862  
*Tomocerus vulgaris* (Tullberg) 1871  
*Tomocerus minutus* Tullberg 1876

Familie Cyphoderidae Börner 1913

- Cyphoderus albinus* Nicolet 1841

Familie Neelidae Folsom 1896

- Neelus minutus* Folsom 1901  
*Megalothorax minimus* Willem 1900  
*Megalothorax incertus* Börner 1903

Familie Sminthuridae Lubbock 1862

- Sminthurides aquaticus* (Bourlet) 1843  
*Sminthurides malmgreni* (Tullberg) 1876  
*Sminthurides schoetti* (Axelson) 1903  
*Sminthurides parvulus* (Krausbauer) 1898  
*Sphaeridia pumilis* (Krausbauer) 1898  
zm *Arrhopalites pseudoappendices* Rusek 1967  
*Sminthurinus aureus* (Lubbock) 1862

- zm *Sminthurinus gisini* Gama 1965  
*Bourletiella hortensis* (Fitch) 1863  
*Heterosminthurus insignis* (Reuter) 1876  
*Heterosminthurus bilineatus* (Bourlet) 1842  
*Heterosminthurus linnaniemii* (Stach) 1919  
*Deuterosminthurus repandus* (Agren) 1903  
*Deuterosminthurus bicinctus* (Koch) 1860  
*Deuterosminthurus flavus* (Gisin) 1946  
*Sphyrotheca lubbocki* (Tullberg) 1872  
*Sminthurus viridis* (Linné) 1758  
*Allacma fusca* (Linné) 1758  
se *Caprainea marginata* (Schött) 1893

Familie Dicyrtomidae Börner 1901

- Dicyrtomina minuta* (Fabricius) 1783  
*Dicyrtomina ornata* (Nicolet) 1841  
*Dicyrtoma fusca* (Lucas) 1842  
*Ptenothrix setosa* (Krausbauer) 1898  
*Ptenothrix ciliata* Stach 1957

Anschrift des Verfassers:

Dr. habil. Wolfram Dunger

Staatl. Museum für Naturkunde – Forschungsstelle –

DDR – 89 G ö r l i t z ,

Am Museum 1

## Literatur

- BLACKITH, R. E., & R. M. BLACKITH (1975): Zoogeographical and ecological determinants of collembolan distribution. — Proc. Royal Irish Acad. 75, B 18: 345–368.
- CANCELA DA FONSECA, J.-P. (1966): L'outil statistique en biologie du sol. III. Indices s'intéressent écologique. — Rev. Ecol. Biol. Sol 3: 381–407.
- CASSAGNAU, P. (1961): Écologie du sol dans les Pyrénées central. — Paris 1961, 235 S.
- DUNGER, W. (1968): Die Entwicklung der Bodenfauna auf rekultivierten Kippen und Halden des Braunkohlenbergbaues. — Ein Beitrag zur pedozologischen Standortdiagnose. — Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz 43, 2: 1–256.
- (1969): Zur Eignung der Apterygoten für tiergeographische Untersuchungen. — Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz 44, 2: 59–64.
- (1970 a): Beitrag zur Collembolenfauna des Hrubý Jeseník-Gebirges (Altwatergebirge). — Časopis Slezs. Muz. A 19: 35–44. Opava.
- (1970 b): Zum Erforschungsstand und tiergeographischen Charakter der Apterygotenfauna der Sudeten. — Polskie Pismo Entomol. 40, 3: 491–506.
- (1975 a): On the delimitation of soil microarthropod coenoses in time and space. — In: VANEK, Progress in soil zoology, Academia Praha 1975: 42–49.
- (1975 b): Collembolen aus dem Börzsöny-Gebirge. — Fol. Hist.-nat. Mus. Matr. Gyöngyös 3: 11–33.
- (1977 a): Neue Beobachtungen an der Collembolenfauna des Hrubý Jeseník-Gebirges (Altwatergebirge). — Časopis Slezs. Muz. Opava (im Druck).
- (1977 b): Taxonomische Beiträge zur Unterfamilie Onychiurinae Bagnall, 1935 (Collembola). — Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz 50, 5: 1–16.
- DUNGER, W., & H.-D. ENGELMANN (1975): Aufklärung quantifizierbarer Zusammenhänge zwischen Standortfaktoren und Struktur in Ökosystemen sowie ausgewählte Probleme des Stoffhaushaltes zur Vorbereitung der Grundlagen für ein biologisches Kontrollsystem zur Erfassung von Veränderungen der Biosphäre und des Fremdstoffmetabolismus. — Teil Bodenfauna. — Forschungsbericht DAL Halle 1975, 55 S.
- FRANZ, H. (1975): Die Bodenfauna der Erde in biözonotischer Betrachtung. — Steiner-Verlag Wiesbaden 1975, 796 + 485 S.
- FRIESE, G., H. J. MÜLLER, W. DUNGER, W. HEMPEL & B. KLAUSNITZER (1973): Habitatkatalog für das Gebiet der DDR (Entwurf). — Entomol. Nachrichten Dresden 17, 4/5: 41–77.
- LEBRUN, P. (1971): Écologie et biocénétique de quelques peuplements d'arthropodes édaphiques. — Mém. Inst. Roy. Sci. Nat. Belgique, No. 165, Bruxelles: 203 S.
- MOUNTFORD, M. D. (1962): An index of similarity and its application to classificatory problems. — In: MURPHY, Progress in Soil Zoology, London 1962: 43–50.
- NOSEK, J. (1967): The investigation on the Apterygotan fauna of the Low Tatras. — Acta Univ. Carolinae, Biol., 5/6, 1967: 349–528.
- SCHUBERT, K. (1933): Ökologische Studien an schlesischen Apterygoten. — Deutsche Entomol. Z. 1933, 2/3: 177–272.
- (1937): Zur Kenntnis der Apterygoten des Altwatergebirges. — Z. wiss. Insektenbiol. 27: 124–131.
- SCHWERDTFEGER, F. (1975): Ökologie der Tiere. Synökologie. — Parey-Verlag Hamburg 1975: 451 S.
- SZEPTYCKI, A. (1967): Fauna of springtails (Collembola) of the Ojców National Park in Poland. — Acta Zool. Cracoviensia 12, 10: 219–280.