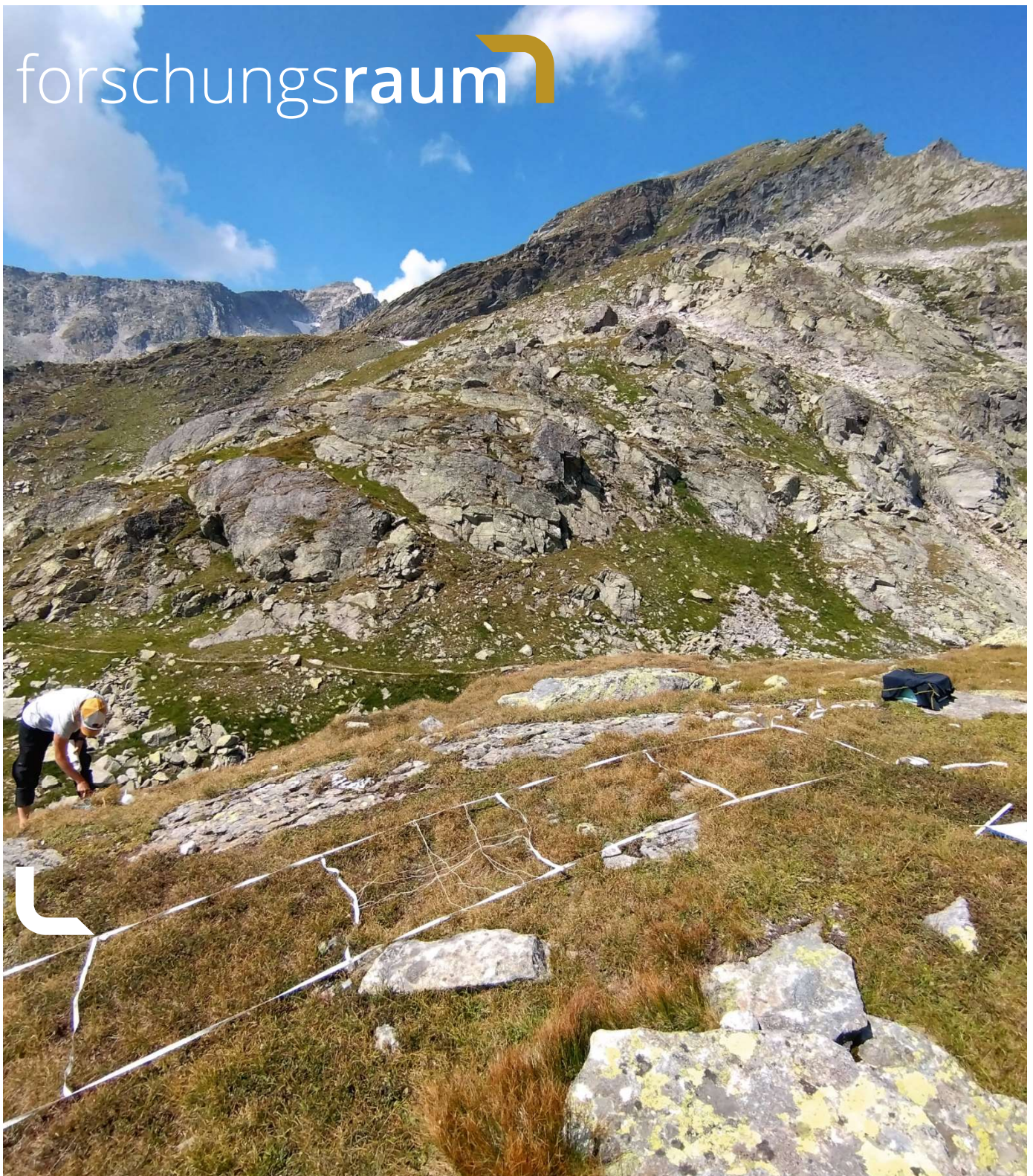




Langzeitmonitoring von Ökosystemprozessen

Modul 03 – Bodenmesofauna

Technischer Endbericht 2025

Mit Unterstützung von



IMPRESSUM

Forschungsraum

Langzeitmonitoring von Ökosystemprozessen
Modul 03: Bodenmesofauna

Projektleitung und Koordination:

Julia Seeber, Eurac Research (BZ)

Für den Inhalt verantwortlich:

Jacopo Breschi, Julia Seeber, Eurac Research

Titelbild: Michael Steinwandter ©

Trotz gebotener Sorgfalt können Satz- und Druckfehler nicht ausgeschlossen werden.

Zitiervorschlag: Breschi Jacopo, Seeber Julia (2025): Langzeitmonitoring von Ökosystemprozessen im Nationalpark Hohe Tauern, Modul 03 – Bodenmesofauna – Technischer Endbericht 2025

Bozen, am 30. April 2025)



Inhalt

1	Einleitung	1
2	Methodik	2
	Beprobungsgebiet	2
	Beprobungskonzept	3
	Feldarbeit	4
	Standortcodes	4
	Laborarbeit	5
3	Ergebnisse und Diskussion	6
	3.1 Anzahl und Dichte	6
	3.1.1 Dichte zwischen Sektoren	7
	Seebachtal	8
	Innergslöss	9
	Untersulzbachtal	10
	Oberettes	11
	3.1.2 Hauptunterschiede zwischen den Beprobungen 2017, 2022 und 2024	13
	Seebachtal	13
	Innergslöss	14
	Untersulzbachtal	15
	Oberettes	16
	Vergleich Collembola	17
	Vergleich Oribatida	17
	3.2 Artenspektrum	18
	3.2.1 Collembolengemeinschaft	18
	3.2.1.1 Artenspektrum pro Standort entlang der Sektoren	21
	Seebachtal	21
	Innergslöss	23
	Untersulzbachtal	24
	Oberettes	26
	3.2.1.2 Zusammenfassung	28
	3.2.2 Oribatidengemeinschaft	29
	3.2.2.1 Artenspektrum pro Standort entlang der Sektoren	33
	Seebachtal	33
	Innergslöss	35
	Untersulzbachtal	37
	Oberettes	39
	3.2.2.2 Zusammenfassung	41
	3.3 Allgemeine Schlussfolgerungen	41
	Literatur	44





1 Einleitung

Im Rahmen des Langzeitmonitorings von Ökosystemprozessen im Nationalpark Hohe Tauern wurde im Jahr 2024 die dritte Beprobung des Moduls 03 Bodenmesofauna durchgeführt. Die ersten Beprobungen wurden 2017 und 2022 durchgeführt.

Das Teilprojekt Bodenmesofauna (Modul 03) erfolgt auf Permanentflächen (Transekte) entlang einer Skala von wenigen Metern. Ziel ist es, markante Umweltgradienten und deren Einfluss auf die Bodenmesofauna auf kleinem Raum zu erfassen. Entlang der Gradienten zwischen Schneeböden (Schneetälchen) und voll entwickeltem alpinen Rasen kommen Pflanzen- und Tierarten sowie ihre assoziierten Mikroben vor (Meyer et al., 2019). An den fünf Beprobungsstandorten wurden Schneeböden ausgewählt, die spezifisch angepasste Pflanzengemeinschaften beherbergen. Die Transektgradienten wurden hinsichtlich der Biomasseproduktivität definiert und in drei Sektoren unterteilt: Kopf (höchste Produktivität, zuerst schneefrei), Mitte und Tal (geringste Produktivität, zuletzt schneefrei). Aus bodenzoologischer Perspektive sind die arten- und individuenreichen Gruppen der Bodenmesofauna, insbesondere Collembolen und Milben, geeignet, ökologische Veränderungen in diesen speziellen Kleinlebensräumen anzuzeigen (Meyer et al., 2019). Der Arbeitsansatz ist sowohl quantitativ (Bestimmung der Besiedlungsdichten) als auch qualitativ (Bestimmung bis zu Artniveau).

In diesem Endbericht werden die erzielten Ergebnisse der Beprobung von 2024 präsentiert und diskutiert und mit den Ergebnissen der bisherigen Beprobungsjahre verglichen. Für weiterführende Informationen zum Konzept und der Methodik des Projekts und zu den detaillierten Ergebnissen der ersten beiden Beprobungsjahre wird auf Meyer et al. (2019), Blasbichler und Seeber (2023), Seeber et al. (2021) sowie auf den Nationalparkrat Hohe Tauern & das Nationale Komitee für Globalen Wandel an der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (2020) verwiesen.

In den bisherigen Beprobungsjahren konnten keine besonderen Muster im Vorkommen von Collembolen und Oribatiden entlang der drei Sektoren der Transekte festgestellt werden.

2 Methodik

Die detaillierte Vorgangsweise wurde bereits von A. Univ. Prof. Dr. Erwin Meyer im Methoden-Handbuch (Meyer, 2019) beschrieben, daher wird in diesem Endbericht die angewandte Methodik nur umrissen bzw. Abweichungen vom Handbuch aufgezeigt und begründet.

Beprobungsgebiet

Innerhalb des Nationalparks Hohe Tauern werden drei Standorte untersucht;

- In Kärnten das Seebachtal (Abkürzung SE) beim Grünecker See (2303m, 47°02' 21,3" N, 13°10' 57,3" E).



Abbildung 1: Standort Seebachtal (Foto Steinwandter).

- In Osttirol das Innerschlöss (IN) mit dem Flurnamen Karle (2350m, 47°06' 40,1"N, 12°25' 35,5"E).



Abbildung 2: Standort Innerschlöss (Foto Steinwandter).

- In Salzburg das Untersulzbachtal (UN) nahe dem Langeck (2380m, 47°09' 58,2"N, 12°19' 51,1"E).



Abbildung 3: Standort Untersulzbachtal (Foto Steinwandter).



Zusätzlich wurden, wie im Beprobungsjahr 2017 und 2022, auch wieder zwei weitere Gebiete am Alpenhauptkamm untersucht; Oberettes im Matschertal, Italien (2700m) und Furkapass in der Schweiz (2430m).



Abbildung 4: Standort Oberettes (Foto Steinwandter).



Abbildung 5: Standort Furka (Foto Seeber).

Beprobungskonzept

An jedem Standort wurden bereits 2016 durch die Arbeitsgruppe „Boden u. Biomasse“ (Körner, Tappeiner, Newesely) 3 bis 6 Transekte definiert, welche einen Übergang von Schneeböden hin zu alpinem Rasen umfassen. Ein Transekt misst etwa 10 m Länge und 3 m Breite und setzt sich aus drei Streifen von je 1 m Breite zusammen. Die beiden äußeren Streifen (A und C) werden zur destruktiven Beprobung für die ober- und unterirdische Phytomasse, Bodenphysik u. -chemie (Modul 01) und die Bodenmesofauna (Modul 03) genutzt. Der Mittelstreifen (B) eines Transekts soll ungestört bleiben, jedoch darf der K und T Bereich des B-Streifens beprobt werden. In einigen Fällen musste im Beprobungsjahr 2024 aus logistischen Gründen auf diesen K und T Bereich des B-Streifens ausgewichen werden.

Der Beprobungsplan der permanenten Plots wurde unter den MitarbeiterInnen der Module 01 (Standortklima, Bodenphysik, Bodenchemie, Produktivität) und 03 (Bodenmesofauna) abgesprochen, um zeitgleich arbeiten zu können und somit die Störung des Standortes möglichst gering zu halten.

Pro Standort waren in Summe 30 Probenpunkte, auf je 3 bis 5 Transekte aufgeteilt, geplant.



Feldarbeit

Die Beprobungen fanden im Jahr 2024 zeitgleich mit dem Modul 01 (Standortklima, Bodenphysik, Bodenchemie, Produktivität) vom 12. bis 14. August statt; am ersten Tag wurde das Untersulzbachtal beprobt, am zweiten das Innergschlöss und am letzten Tag das Seebachtal.

Vor Beginn der Probenentnahme wurde das Maßbandnetz an den Transekten ausgelegt und gemeinsam die zu beprobenden Quadrate (1x1 m) festgelegt und markiert. Im Jahr 2024 wurden die meisten Proben des Moduls 03 leicht außerhalb des Maßbandnetzes entnommen, um die negativen Auswirkungen auf den Transekten zu reduzieren. Außerdem wies im Seebachtal einer der Transekten keinen T-Bereich mehr auf; dies wurde jedoch, wie schon 2022, durch die Entnahme zusätzlicher Proben innerhalb der anderen Transekten kompensiert.

Als erstes wurde nun die epigäisch lebende Bodenmesofauna innerhalb eines 10x10 cm großen Metallrahmens entnommen. Hierfür wurde ein eigens adaptierter kleiner Akku-Handstaubsaugers (Xiaomi Mi Vacuum Cleaner Mini) benutzt (Abb.6). Die Tiere wurden in einem Behältnis aufgefangen und zur Konservierung sogleich in Alkohol (75%) überführt.



Abbildung 6: Absaugen der Bodenmesofauna mit kleinem Handstaubsauger (Foto Steinwandter).

Im Anschluss daran folgte die Entnahme der Bodenprobe. Bei der ersten Beprobung 2017 wurde ein Bohrkern von 15cm Tiefe entnommen und in 3 Abschnitte (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm) unterteilt. Bereits für die Feldarbeit im Jahr 2022, in Absprache mit Prof. Körner, wurde beschlossen, die Tiefe des Bohrkerns auf 5 cm zu reduzieren. Einerseits, da die Daten von 2017 aufzeigen, dass 96-99% der Hornmilben (Oribatida) und Springschwänze (Collembola) in der Streu und in 0 bis 5 cm Bodentiefe aufgefunden wurden. Andererseits, da die Profiltiefe des Bodens nur stellenweise ausreichte, um alle 3 Tiefenabschnitte entnehmen zu können (Meyer, 2018).

Der Bohrkern wurde innerhalb der abgesaugten Fläche mittels eines selbstgefertigten Bodenstechers (Durchmesser 5 cm) aus Metall entnommen. Die Probenröhren wurden mit dem jeweiligen Standortcode versehen, mit Kappen verschlossen und für den Transport ins Bodenlabor nach Innsbruck in einer Kühlbox zwischengelagert.

Anschließend wurde das Maßbandnetz abgebaut und die Bohrlöcher durch umliegendes Bodenmaterial mit möglichst ähnlicher Vegetationsdecke wieder aufgefüllt.

Standortcodes

Die Standortcodes wurden ebenfalls nach den Vorgaben des Methoden-Handbuchs (Meyer, 2019) konzipiert. Ein Code ist wie folgt zusammengesetzt:

- Standortkürzel: **FU** (Furkapass), **OB** (Oberettes), **IN** (Innergschlöss), **SE** (Seebachtal), **UN** (Untersulzbachtal)
- Transektnummer: **1** bis **5**
- Transektstreifen: **A** (linker Streifen), **C** (rechter Streifen)
- Quadratnummer: **T** (tiefste Stelle), **1** (oberhalb T) bis **8** (unterhalb K), **K** (Kopfbereich des Transekts)
- Untereinheit Quadrat: **a** (oben links), **b** (oben rechts), **c** (unten links), **d** (unten rechts),

In diesem Jahr, da die Proben normalerweise außerhalb der Streifen A und C entnommen wurden, war es auch schwieriger, die Unterquadrate zu bestimmen. Daher wurde in den meisten Fällen eine allgemeine "x" eingesetzt.



Aufgrund der kleinen methodischen Abweichungen im Vergleich zur Erstbeprobung im Jahr 2017, wurden zusätzliche Bezeichnungen eingeführt;

- Transektstreifen: **B** (Mittelstreifen), **A+1 oder A+2** (links außerhalb von A), **C+1 oder C+2** (rechts außerhalb von C)
- Untereinheit Quadrat: **x** (unklar)

Laborarbeit

Die entnommenen Saugproben wurden bereits im Feld in Alkohol fixiert. Im Labor wurden sie unter einem Stereomikroskop sortiert; Milben und Springschwänze wurden gezählt und separat in kleine Glasröhrchen überführt. Die Hornmilben (Oribatida) wurden zur Bestimmung auf Artniveau an Dr. Heinrich Schatz weitergegeben. Die Bestimmung der Springschwänze (Collembola) wurde von Dr. Jörg-Alfred Salamon übernommen.

Die Bodenproben wurden möglichst zeitnah ins Bodenlabor der Universität Innsbruck transportiert. Zur Extraktion der Bodenmesofauna wurden die Bohrkern für ca. 10 Tage in einem Macfadyen Hitzeextraktor gegeben, wobei die Tiere von einer Hitzequelle oben (Glühbirnen), in eine kühle Auffangflüssigkeit unten getrieben werden. Als Auffangflüssigkeit diente gesättigte Kochsalzlösung. Anschließend wurden die Proben über einem Sieb mit Wasser ausgewaschen und in 75%igen Alkohol überführt. Die Probebecher wurden dann an die Eurac Research nach Bozen gebracht, wo sie ebenfalls unter einem Stereomikroskop gezählt und sortiert wurden und zur Bestimmung auf Artniveau an Experten (Dr. Heinrich Schatz und Dr. Jörg-Alfred Salamon) übergeben. Versehentlich wurden beim Überführen der Proben in Alkohol eine Probe aus Innergschlöss und eine Probe aus Untersulzbachtal in einem einzigen Behälter zusammengeführt.

Die Anzahl der erhaltenen Proben ist in Tabelle 1 gezeigt.

Standort	Saugproben	Bodenproben
Furkapass (CH)	30	30
Oberettes (IT)	30	30
Innergschlöss (A)	30	29
Seebachtal (A)	30	30
Untersulzbachtal (A)	30	29
Gesamt	150	148

Tabelle 1: Anzahl der erhaltenen Proben 2024.



3 Ergebnisse und Diskussion

Die entnommenen Proben, die in Tabelle 1 aufgeführt sind, wurden alle sortiert und identifiziert, mit Ausnahme der Proben aus Furka. Dies liegt daran, dass die Anzahl der gefundenen Collembolen und Milben sehr hoch war, was den gesamten Prozess, vom Sortieren bis zur Identifikation auf Artniveau, verzögert hat. Daher werden nur die Ergebnisse aus Seebachtal, Innergsschlöss, Untersulzbachtal und Oberettes berichtet. Abschließend ist hervorzuheben – wie in Tabelle 1 beschrieben –, dass zwei Bodenproben fehlen: je eine aus Innergsschlöss und aus Untersulzbachtal (siehe „Laborarbeit“ im Kapitel „Methodik“). Aus diesem Grund wurden die entsprechenden Saugproben in verschiedenen Analysen nicht berücksichtigt.

3.1 Anzahl und Dichte

Im Rahmen der Beprobungen im Jahr 2024 wurden insgesamt 9956 Collembolen gefunden. Davon wurden 9712 bearbeitet und identifiziert: 8152 adulte und 1560 juvenile Tiere (Tab. 2). Was die Milben betrifft, so wurden insgesamt 14909 Milben gefunden, von denen 13617 bearbeitet und identifiziert wurden. Von diesen 13617 Milben gehören 10452 zur Gruppe der Oribatida und 3217 Individuen repräsentieren andere, weniger relevante Milbengruppen. Von den 10452 Oribatida sind 6240 adulte und 4212 juvenile Tiere (Tab. 2). Es lässt sich feststellen, dass die Gesamtzahl der Milben (14909) höher ist als die der Collembolen (9956). Betrachtet man jedoch nur die Oribatida, so sind die beiden Zahlen vergleichbar.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen Oribatida und Collembolen besteht in der Prozentzahl der Individuen, die in den Saugproben und den Bodenproben gefunden wurden. Tabelle 2 zeigt, dass der Großteil der Collembolen in der Streuschicht (74%) gefunden wurde, während die Oribatida etwa gleichmäßig in der Streu und im Boden verteilt sind.

Die höchste Anzahl an Collembolen wurde im Standort Innergsschlöss (3383 Individuen) gefunden, während die höchste Anzahl an Oribatida im Standort Oberettes (3153 Individuen) verzeichnet wurde. An diesem Standort zeigt sich ein weiterer auffälliger Unterschied in der Zahl der Collembolen (822) und der Oribatida (3153).

Allerdings ist die bloße Zahl der Individuen eine wenig vergleichbare und oftmals wenig aufschlussreiche Kennzahl. Aus diesem Grund wurde die Abundanz verwendet, definiert als die Anzahl der Individuen pro Quadratmeter (Ind./m^2), um Unterschiede zwischen den verschiedenen Standorten, Sektoren und den verschiedenen Beprobungsjahren zu erfassen. Wie in Meyer (2019) beschrieben: *„Die Individuenzahlen aus den Saug- und Bodenproben wurden auf die vergleichbare Maßeinheit Ind./m^2 umgerechnet. Die Probenfläche einer Saugprobe beträgt 100 cm^2 , der Umrechnungsfaktor beträgt daher $(10.000:100) 100$. Eine Bodenprobe hat eine Grundfläche von $18,1 \text{ cm}^2$. Der Umrechnungsfaktor $(10.000:18,1)$ beträgt $552,5$ “.*

Wenn man die Abundanz als Maß für die Dichte betrachtet, lässt sich in Tabelle 3 erkennen, dass die Abundanzen der Collembolen und Oribatida im Boden in jedem Standort höher sind als in der Streu. Dieser Unterschied in der mittleren Dichte zwischen Boden und Streu wurde statistisch getestet und ist sowohl im Fall der Collembolen als auch im Fall der Oribatida statistisch signifikant.

Betrachtet man die mittlere Dichte der Collembolen pro Standort, so hat Seebachtal eine mittlere Dichte von 20615 Ind./m^2 ($\pm 13014 \text{ Ind./m}^2$), Innergsschlöss von 26770 Ind./m^2 ($\pm 15748 \text{ Ind./m}^2$), Untersulzbachtal von 25218 Ind./m^2 ($\pm 17596 \text{ Ind./m}^2$) und Oberettes von 6028 Ind./m^2 ($\pm 6078 \text{ Ind./m}^2$). Diese Daten sind in Abbildung 7 grafisch dargestellt. Es lässt sich erkennen, dass Innergsschlöss die höchste mittlere Dichte an Collembolen aufweist, während Oberettes die niedrigste mittlere Dichte hat. Der Unterschied in der mittleren Dichte von Oberettes im Vergleich zu allen anderen Standorten ist statistisch signifikant. Zwischen den anderen drei Standorten wurde hingegen kein signifikanter Unterschied festgestellt (siehe Abbildung 7).

Betrachtet man die mittlere Dichte der Oribatida pro Standort, so hat Seebachtal eine mittlere Dichte von 20667 Ind./m^2 ($\pm 12595 \text{ Ind./m}^2$), Innergsschlöss von 25879 Ind./m^2 ($\pm 29998 \text{ Ind./m}^2$), Untersulzbachtal von 31213 Ind./m^2 ($\pm 38989 \text{ Ind./m}^2$) und Oberettes von 40360 Ind./m^2 ($\pm 34746 \text{ Ind./m}^2$). Diese Daten sind ebenfalls in Abbildung 7 grafisch dargestellt. Es lässt sich erkennen, dass Oberettes die höchste mittlere Dichte an Oribatida aufweist, während Seebachtal die niedrigste mittlere Dichte hat. Der Unterschied in der mittleren Dichte von Oberettes im Vergleich zu Seebachtal ist statistisch signifikant. Zwischen den anderen Standorten wurde jedoch kein signifikanter Unterschied festgestellt (siehe Abbildung 7).



	Collembola			Oribatida		
	Saugproben	Bodenproben	gesamt	Saugproben	Bodenproben	gesamt
Seebachtal	1759	801	2560	1620	829	2449
Innerschlöss	2558	968	3383	1387	1112	2499
Untersulzbachtal	2476	911	3191	866	1485	2351
Oberettes	604	218	822	1174	1979	3153
total	7397	2898	9956	5047	5405	10452

Tabelle 2: Individuenzahlen der Collembola und Oribatida nach Standorten, getrennt nach Saug- und Bodenproben.

	Collembola			Oribatida		
	Saugproben	Bodenproben	gesamt	Saugproben	Bodenproben	gesamt
Seebachtal	175900	442552	618452	162000	458022	620022
Innerschlöss	255800	534820	776320	138700	614380	753080
Untersulzbachtal	247600	503327	731327	86600	820462	907062
Oberettes	60400	120445	180845	117400	1093397	1210797
total	739700	1601144	2306944	504700	2986262	3490962

Tabelle 3: Abundanz der Collembola und Oribatida nach Standorten, nach zwischen Saug- und Bodenproben.

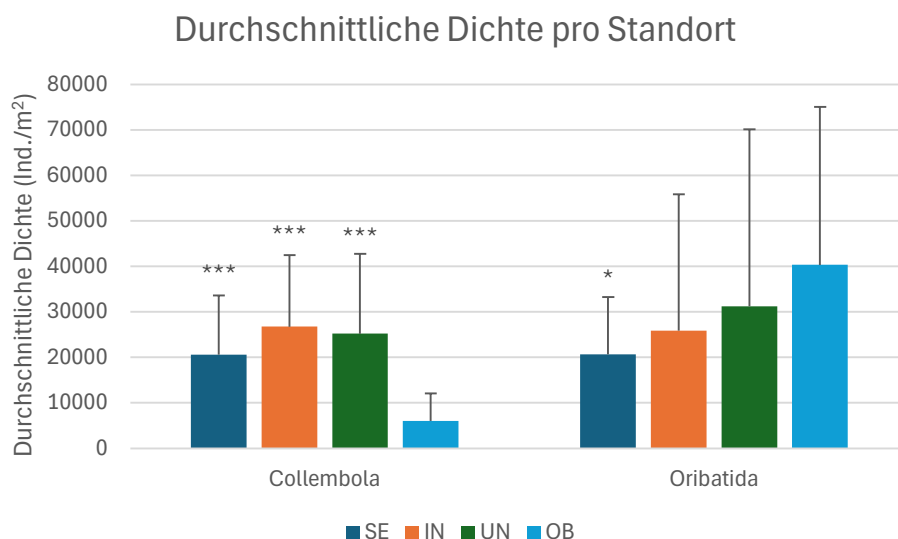


Abbildung 7: Durchschnittliche Abundanz der Collembola und Oribatida nach Standorten. Die Sternchen über jeder Spalte repräsentieren die statistische Signifikanz des beobachteten Unterschieds im Abundanzwert an jedem Standort im Vergleich zum Abundanzwert von Oberettes (OB). *** bedeutet einen p-value zwischen 0 und 0,001, * bedeutet einen p-value zwischen 0,01 und 0,05. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

3.1.1 Dichte zwischen Sektoren

Das Hauptziel der Beprobung war es, festzustellen, ob eine signifikante Differenz zwischen den verschiedenen Sektoren (Kopf, Mitte, Tal) der ausgewählten Transekten festgestellt werden kann, sowohl auf der Ebene einzelner Standorte als auch unter Berücksichtigung aller Standorte zusammen. Dies basiert auf der Annahme, dass es einen Gradienten in der Schneeschmelze zwischen den verschiedenen Sektoren gibt, der sich in unterschiedlichen Vegetationsgemeinschaften pro Sektor widerspiegelt und dass dies einen Einfluss auf die Gemeinschaft und die Populationsdichte der Collembolen und Oribatiden haben kann.

Aus Tabelle 4 geht hervor, dass bei den Collembolen die durchschnittliche Dichte in jedem Sektor nahezu gleich ist. Betrachtet man die Daten der einzelnen Standorte, so fällt auf, dass in zwei von vier Fällen (SE und UN) der Sektor mit der höchsten mittleren Dichte an Collembolen der Mitte-Sektor ist, während in zwei von vier Fällen (SE und OB) der Sektor mit der niedrigsten mittleren Dichte an Collembolen der Tal-Sektor ist. Darüber hinaus ist OB



der einzige Standort, an dem eine durchschnittliche Collembolendichte festgestellt wurde, die wie erwartet von Kopf bis Tal abnimmt.

Bei den Oribatiden folgt die durchschnittliche Dichte hingegen einem generellen abnehmenden Gradienten vom Kopf- zum Tal-Sektor. Besonders auffällig ist ein starker Rückgang der Dichte vom Mitte- zum Tal-Sektor. Betrachtet man die Daten der einzelnen Standorte, so gibt es in allen Standorten, mit Ausnahme von Oberettes, einen abnehmenden Gradienten der Dichte vom Kopf- zum Tal-Sektor. In Oberettes jedoch war auch der Sektor mit der niedrigsten Dichte der Sektor am unteren Ende des Transekte.

Daher wurde für die Oribatiden ein Gradient vom höchsten zum niedrigsten Sektor der Transekte bestätigt. Die beobachteten Unterschiede zwischen den Sektoren Kopf und Mitte im Vergleich zum Tal-Sektor, wenn alle Standorte zusammen betrachtet werden, waren statistisch signifikant. Dies ist das erste Jahr, in dem ein solch statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Sektoren beobachtet wurde.

Standort	Sektor	Collembola		Oribatida	
		MW		MW	
SE	KOPF	19737 Ind./m ²	20565	38425 Ind./m ²	24936
IN			30276		45748
UN			21797		43943
OB			6312		39072
SE	MITTE	19773 Ind./m ²	24498	35225 Ind./m ²	23121
IN			18369		25137
UN			30210		33562
OB			6017		59078
SE	TAL	19555 Ind./m ²	16783	13990 Ind./m ²	13946
IN			32208		4626
UN			23474		14457
OB			5756		22930

Tabelle 3: Mittelwerte (MW) der Abundanzen (Ind./m²) der Collembola und Oribatida an den einzelnen Standorten entlang der Bereiche Kopf, Mitte und Tal sowie Mittelwerte für den jeweiligen Transektbereich aller Standorte zusammen.

Seebachtal

Am Standort Seebachtal beträgt die durchschnittliche Gesamtzahl der Collembolen 20.615 Ind./m². Die höchste durchschnittliche Dichte wurde im Mitte-Sektor (24498 Ind./m²) gemessen, während die niedrigste durchschnittliche Dichte im Tal-Sektor (16783 Ind./m²) registriert wurde (siehe Tabelle 5). Der Kopf-Sektor liegt hingegen auf einem mittleren Niveau zwischen dem Mitte- und dem Tal-Sektor (20565 Ind./m²). Statistisch gesehen war keine dieser beobachteten Differenzen signifikant. Daher gibt es auf der Grundlage dieser Ergebnisse keinen Gradienten von Kopf bis Tal hinsichtlich der durchschnittlichen Dichte der Collembolen.

Die durchschnittliche Gesamtzahl der Oribatiden beträgt hingegen 20667 Ind./m². Die höchste durchschnittliche Dichte wurde im Kopf-Sektor (24936 Ind./m²) gemessen, während die niedrigste im Tal-Sektor (13946 Ind./m²) lag (siehe Tabelle 5). Der Mitte-Sektor liegt auf einem mittleren Niveau zwischen Kopf und Tal (23121 Ind./m²). Es fällt sofort ein abnehmender Gradient zwischen dem Kopf- und dem Tal-Sektor auf. Statistisch gesehen war jedoch keine dieser beobachteten Differenzen signifikant.

Code	Bereich	Collembola		Oribatida	
SE1 C_kx	KOPF	20565 Ind./m ²	28052	24936 Ind./m ²	15017
SE1 C+1_7x			15207		55650
SE1 A+2_6x			37392		26310
SE1 A_k + 1x			11815		5557
SE2 C+2_1x			27752		26290



SE2 A+1_k+1x			24547		51800
SE2 C+2_6x			20202		9130
SE3 A_k + 1x			27840		16240
SE3 C+2_6x			2105		15582
SE3 C+2_5x			10730		27780
SE1 A+2_5x	MITTE	24498 Ind./m ²	19470	23121 Ind./m ²	21822
SE1 A+2_4x			36590		26295
SE1 C+2_4x			5367		10835
SE1 C+1_5x			18470		30015
SE2 A+1_2x			19617		14097
SE2 A+2_4x			26365		41987
SE2 C+1_3x			64312		23427
SE2 C+2_3x			12667		39655
SE3 C+2_4x			9892		10435
SE3 C+1_3x			32230		12640
SE1 A+1_1x	TAL	16783 Ind./m ²	34110	13946 Ind./m ²	18517
SE1 C_Tx			24147		15702
SE1 C+1_2x			9530		7552
SE1 A+1_kx			19472		16372
SE3 A+1_k+2x			9182		12035
SE3 A+2_kx			2505		15740
SE3 A+1_k+1x			4115		6972
SE3 A+1_kx			18127		12230
SE3 B_k+1x			16682		16645
SE3 B_k+2x			29952		17687

Tabelle 5: Mittelwert der Abundanzen (Ind./m²) am Standort Seebachtal an den Transektbereichen Kopf, Mitte und Tal, sowie an den einzelnen Probenpunkten.

Innerschlöss

Am Standort Innerschlöss beträgt die durchschnittliche Gesamtzahl der Collembolen 26770 Ind./m². Die höchste durchschnittliche Dichte wurde im Tal-Sektor (32208 Ind./m²) gemessen, während die niedrigste durchschnittliche Dichte im Mitte-Sektor (18369 Ind./m²) registriert wurde (siehe Tabelle 6). Der Kopf-Sektor liegt hingegen mit einem mittleren Wert (30276 Ind./m²) sehr nahe am Tal-Sektor. Statistisch gesehen war keine der beobachteten Differenzen zwischen den drei Gruppen signifikant. Dennoch zeigen die statistischen Analysen, dass Unterschiede zwischen dem Kopf- und Mitte-Sektor möglicherweise real sind. Aufgrund von etwa zehn Proben pro Sektor und der hohen Variabilität innerhalb der Sektoren ist es jedoch schwierig, statistisch signifikante Unterschiede zu erfassen.

Daher gibt es auf der Grundlage dieser Ergebnisse keinen Gradienten von Kopf bis Tal hinsichtlich der Collembolendichte, der mit dem untersuchten Umweltgradienten übereinstimmt.

Die durchschnittliche Gesamtzahl der Oribatiden beträgt hingegen 25879 Ind./m². Die höchste durchschnittliche Dichte wurde im Kopf-Sektor (45748 Ind./m²) gemessen, während die niedrigste im Tal-Sektor (4626 Ind./m²) lag (siehe Tabelle 6). Der Mitte-Sektor liegt auf einem mittleren Niveau zwischen Kopf und Tal (25137 Ind./m²). Infolgedessen gibt es einen Gradienten in der durchschnittlichen Dichte der Oribatiden, der dem Schneeschmelzgradienten in den Transekten folgt. Allerdings deuten die statistischen Tests darauf hin, dass es echte Unterschiede zwischen dem Kopf- und Tal-Sektor gibt, während die Unterschiede zwischen dem Mitte- und Tal-Sektor möglicherweise nicht real sind. Da diese Tests die Verteilungen in Bezug auf Ränge vergleichen und nicht direkt die Mittelwerte bewerten, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, dass die Mittelwerte signifikant unterschiedlich sind. Die beobachteten Durchschnittswerte legen jedoch nahe, dass es auch auf Mittelwertniveau Unterschiede zwischen dem Kopf- und Tal-Sektor geben könnte.



Code	Bereich	Collembola		Oribatida	
IN1 C+1_kx	KOPF	30276 Ind./m ²	22612	45748 Ind./m ²	12745
IN1 A+1_kx			13892		114000
IN2 A+1_k+1			41262		13782
IN2 C+1_k+1			22707		9077
IN3 A-kc			46772		15597
IN3 C+1_Td			36930		54200
IN4 C+1_1x			37207		77467
IN4 A+1_kx			36182		51842
IN5 A+1_kx			31735		49847
IN5 C+1_k+1			13457		58915
IN1 A+1_2x	MITTE	18369 Ind./m ²	4915	25137 Ind./m ²	60612
IN1 C+1_3x			32310		10887
IN2 C+1_3x			21417		1605
IN2 A+1_3x			31205		17645
IN3 A+1_3x			27810		8735
IN3 A+1_4x			25845		3810
IN4 A+1_4x			9825		2710
IN4 C+1_4x			10792		13355
IN5 A+1_4x			11792		67195
IN5 C+1_4x			7777		64817
IN1 A+1_Tx	TAL	32208 Ind./m ²	32110	4626 Ind./m ²	10325
IN1 C+1_Tx			13997		5952
IN2 A+1_1x			44052		5957
IN2 C+1_1x			37240		6625
IN3 C+1_kx			79720		1000
IN3 C+1_k+1			35797		1552
IN4 A+1_k+1			8100		2457
IN4 C+1_1x			17935		4757
IN5 A+2_1x			20917		3005

Tabelle 6: Mittelwert der Abundanzen (Ind./m²) am Standort Innergschlöss an den Transektbereichen Kopf, Mitte und Tal, sowie an den einzelnen Probenpunkten.

Untersulzbachtal

Am Standort Untersulzbachtal beträgt die durchschnittliche Gesamtzahl der Collembolen 25218 Ind./m². Die höchste durchschnittliche Dichte wurde im Mitte-Sektor (30210 Ind./m²) gemessen, während die niedrigste durchschnittliche Dichte im Kopf-Sektor (21797 Ind./m²) registriert wurde (siehe Tabelle 7). Der Tal-Sektor liegt mit einem mittleren Wert (23474 Ind./m²) sehr nahe am Kopf-Sektor. Statistisch gesehen war keine der beobachteten Differenzen signifikant.

Daher gibt es auf der Grundlage dieser Ergebnisse keinen Gradienten von Kopf bis Tal hinsichtlich der Collembolendichte, der mit dem untersuchten Umweltgradienten übereinstimmt.

Die durchschnittliche Gesamtzahl der Oribatiden beträgt 31212 Ind./m². Die höchste durchschnittliche Dichte wurde im Kopf-Sektor (43943 Ind./m²) gemessen, während die niedrigste im Tal-Sektor (14457 Ind./m²) lag (siehe Tabelle 6). Der Mitte-Sektor liegt mit einem mittleren Wert zwischen Kopf und Tal (33562 Ind./m²). Infolgedessen gibt es einen Gradienten in der durchschnittlichen Dichte der Oribatiden, der dem Umweltgradienten entspricht.



Allerdings deuten die statistischen Tests darauf hin, dass mit den verfügbaren Daten der einzige echte Unterschied zwischen dem Mitte- und Tal-Sektor bestehen könnte. Da diese Tests die Verteilungen in Bezug auf Ränge vergleichen (Welch-Anova) und nicht direkt die Mittelwerte bewerten, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, dass die Mittelwerte signifikant unterschiedlich sind. Die beobachteten Durchschnittswerte legen jedoch nahe, dass es auch auf Mittelwertniveau Unterschiede zwischen dem Mitte- und dem Tal-Sektor geben könnte.

Code	Bereich	Collembola		Oribatida	
UN1 A+1_kx	KOPF	21797 Ind./m ²	11520	43943 Ind./m ²	209220
UN1 C+1_kx			3057		41332
UN2 A+1_7x			19850		16470
UN2 C+1_6x			24975		70105
UN3 A+1_kx			21022		37560
UN3 C+1_kx			35952		20117
UN4 A+1_kx			9215		10345
UN4 C+1_kx			28237		11287
UN5 C+1_kx			26275		5267
UN5 A+1_kx			37865		17727
UN1 A+1_5x	MITTE	30210 Ind./m ²	6662	33562 Ind./m ²	54930
UN1 C+1_3x			10235		80797
UN2 C+1_3x			20570		18880
UN2 A+1_4x			18102		35002
UN3 A+1_3x			81640		16670
UN3 C+1_3x			26105		48462
UN4 C+1_3x			23515		22890
UN4 A+1_3x			37395		8030
UN5 C+1_3x			22907		18870
UN5 A+1_3x			54962		31082
UN1 A+1_Tx	TAL	23474 Ind./m ²	5462	14457 Ind./m ²	7977
UN1 B+1_Tx			6272		16040
UN2 A+1_Tx			35335		6225
UN2 C+1_Tx			20215		18512
UN3 A+1_Tx			2705		20937
UN4 A+1_Tx			22917		16945
UN4 C+1_Tx			53660		18865
UN5 C+1_kx			21465		13982
UN5 A+1_kx			43230		10630

Tabelle 7: Mittelwert der Abundanzen (Ind./m²) am Standort Untersulzbachtal an den Transektbereichen Kopf, Mitte und Tal, sowie an den einzelnen Probenpunkten.

Oberettes

Am Standort Oberettes beträgt die durchschnittliche Gesamtzahl der Collembolen 6028 Ind./m². Die höchste durchschnittliche Dichte folgt einem abnehmenden Gradienten vom Kopf-Sektor (6312 Ind./m²) zum Tal-Sektor (5756 Ind./m²), wobei der Mitte-Sektor (6017 Ind./m²) dazwischen liegt. Statistisch gesehen war keine der beobachteten Differenzen signifikant. Daher kann auf der Grundlage dieser Ergebnisse nicht mit Sicherheit gesagt werden, dass ein echter Gradienten von Kopf bis Tal hinsichtlich der Collembolendichte besteht.



Die durchschnittliche Gesamtzahl der Oribatiden beträgt 40.360 Ind./m². Die höchste durchschnittliche Dichte wurde im Mitte-Sektor (59078 Ind./m²) gemessen, während die niedrigste im Tal-Sektor (22930 Ind./m²) lag (siehe Tabelle 6). Der Kopf-Sektor liegt auf einem mittleren Niveau zwischen Mitte und Tal (39072 Ind./m²). Infolgedessen ist Oberettes der einzige Standort, an dem kein Gradienten in der durchschnittlichen Dichte der Oribatiden zu beobachten ist, der dem Schneeschmelzgradienten in den Transekten folgt. Die statistischen Tests deuten darauf hin, dass mit den verfügbaren Daten der einzige echte Unterschied zwischen dem Mitte- und dem Tal-Sektor bestehen könnte. Da diese Tests, wie bereits erwähnt, die Verteilungen in Bezug auf Ränge vergleichen und nicht direkt die Mittelwerte bewerten, kann wiederum nicht mit Sicherheit gesagt werden, dass die Mittelwerte signifikant unterschiedlich sind. Die beobachteten Durchschnittswerte legen jedoch nahe, dass es auch auf Mittelwertniveau Unterschiede zwischen dem Mitte- und Tal-Sektor geben könnte.

Abschließend kann man feststellen, dass der Unterschied in der durchschnittlichen Dichte von Oribatiden und Collembolen in Oberettes im Vergleich zu den anderen Standorten sehr ausgeprägt ist.

Code	Bereich	Collembola		Oribatida	
OB1 C+1_6c	KOPF	6312 Ind./m ²	2305	39072 Ind./m ²	4215
OB1 C+1_Kx			0		4315
OB1 A+1_Kx			4552		25747
OB2 C+1_Ka			652		73952
OB2 C+1_Kc			1957		37945
OB2 A+1_Kc			25157		53982
OB3 C+1_7a			1400		8377
OB3 A+1_Kb			6977		129782
OB3 C+1_Kc			19212		45700
OB3 A+1_7a			900		6705
OB1 A+1_4b	MITTE	6017 Ind./m ²	3315	59078 Ind./m ²	50967
OB1 C+1_3a			2210		25305
OB1 A+1_3c			3762		61150
OB2 A+1_2d			2005		75820
OB2 C+1_4b			3915		124440
OB2 A+1_3a			6425		38160
OB2 A+1_3b			14955		16207
OB3 C+1_4c			13810		51062
OB3 C+1_3d			4957		70552
OB3 A+1_4b			4815		77115
OB1 A+1_Td	TAL	5756 Ind./m ²	1100	22930 Ind./m ²	30420
OB1 C+1_1b			2210		23290
OB1 C+1-Ta			9240		22190
OB1 A+1_Tb			6625		88675
OB2 C+1_1c			4115		19822
OB2 A+1_Td			16977		4305
OB2 C+1-Ta			2710		13492
OB3 C+1_1a			6757		3162
OB3 A+1_Tb			3310		3762
OB3 C+1_Tb			4515		20175

Tabelle 8: Mittelwert der Abundanzen (Ind./m²) am Standort Oberettes an den Transektbereichen Kopf, Mitte und Tal, sowie an den einzelnen Probenpunkten.



3.1.2 Hauptunterschiede zwischen den Beprobungen 2017, 2022 und 2024

Die Collembolen wurden im Labor aus dem Gesamtmaterial aussortiert und zur Artdetermination an Dr. Jörg Salamon versendet. Im Jahr 2024 wurden insgesamt 9956 Collembolen gefunden. Davon waren 9712 identifizierbar: 8152 adulte und 1560 juvenile Tiere. Im Jahr 2022 wurden hingegen 6664 Collembolen gefunden, von denen 6457 identifizierbar waren; darunter wurden 49 Jungtiere identifiziert. Im Jahr 2017 wurden schließlich 9116 Individuen gefunden, von denen 8922 identifizierbar waren: Unter diesen waren 112 Jungtiere. 2024 ist bereits jetzt das Jahr mit den meisten Collembolen der drei Jahre der Probenahme (insbesondere im Vergleich zu 2022), und mit den zusätzlichen Daten vom Furka-Standort wird die Zahl noch höher sein.

Ein sehr interessantes Ergebnis betrifft die Anzahl der Jungtiere (1560 Ind.), die deutlich höher ist als die in den Probenahmen von 2017 (112 Ind.) und 2022 (49 Ind.), in denen bereits die Furka-Standort mitberücksichtigt wurden. Der Großteil (80,8%) der 1560 Jungtiere gehört zu Arten der Familie Isotomidae, die auch die Familie mit den meisten adulten Individuen unter den Collembolen war (siehe Tabelle 13). Es ist schwer zu sagen, welcher Faktor einen Einfluss auf diesen bemerkenswerten Anstieg der Zahl der Jungtiere hatte, aber besonders günstige Wetterbedingungen, wie niedrigere Temperaturen und mehr Niederschläge im Vergleich zu 2022, könnten zumindest teilweise den Anstieg der Jungtiere erklären. Auch der in Relation zur Schneeschmelze frühe Beprobungszeitpunkt im Jahr 2024 könnte die Fundzahl der juvenilen Tiere begünstigt haben, wie vom Experten Herrn Salamon bestätigt wurde.

Bezüglich der Milben wurden insgesamt 14909 Milben gefunden, von denen 13617 bearbeitet und identifiziert wurden. Davon sind 10452 Oribatida und 3217 Individuen aus anderen, weniger relevanten Milbengruppen. Von diesen 10452 Oribatida sind 6240 adulte und 4212 juvenile Tiere. Im Jahr 2022 wurden hingegen 4.067 identifizierbare Oribatida gefunden, davon 3980 adulte und 87 juvenile Tiere. Schließlich wurden im Jahr 2017 7732 identifizierbare Oribatida gefunden, davon 5220 adulte und 2512 juvenile Tiere.

Auch in Bezug auf die Oribatida ist die Anzahl der gefundenen Jungtiere im Jahr 2024 (4212 Ind.) deutlich höher als in den Proben von 2017 (2512 Ind.) und 2022 (87 Ind.), in denen bereits die Furka-Standort mitberücksichtigt wurden. Da die Daten der Proben vom Furka-Standort aus dem Jahr 2024 noch fehlen, wird ein noch höherer Wert an Jungtieren erwartet.

Der Großteil der gefundenen Oribatida-Jungtiere gehört zu den Familien Tectocepheidae (41,2%) und Oribatulidae (18,9 %), die beide zu den Familien mit den meisten adulten Oribatida gehören (Tectocepheidae ist die am häufigsten nachgewiesene Familie). Auch im Jahr 2017 war die Familie Tectocepheidae mit dem höchsten Anteil an Jungtieren vertreten (34,6 %), während an zweiter Stelle die Familie Ceratozetidae (17,4 %) lag. Es ist auch hier schwer zu sagen, welche Faktoren einen Einfluss auf diesen bemerkenswerten Anstieg der Jungtiere hatten, insbesondere im Vergleich zu 2022. Wie bei den Collembolen, kann auch hier vermutet werden, dass die Rückkehr zu besonders günstigen meteorologischen Bedingungen im Vergleich zu 2022 zumindest teilweise den Anstieg der Jungtiere erklären könnte. Auch hier wurde dies vom Experten Heinz Schatz so vermutet.

Schließlich ist hervorzuheben, dass im Jahr 2024 im Vergleich zu 2017 und 2022 ein statistisch signifikanter Unterschied in der Häufigkeit der Oribatida zwischen den Sektoren festgestellt werden konnte (siehe Tabelle 4). Der Sektor Tal weist eine geringere durchschnittliche Dichte auf als die Sektoren Kopf und Mitte, zwischen denen jedoch ein kleiner, nicht statistisch signifikanter Unterschied besteht.

Seebachtal

Im Seebachtal lagen die mittleren Populationsdichten der Collembolen in den Jahren 2017, 2022 und 2024 bei jeweils 18522 Ind./m², 30569 Ind./m² und 20615 Ind./m². Dementsprechend wurde im Jahr 2022 im Durchschnitt die höchste mittlere Dichte verzeichnet. Allerdings sind die beobachteten Unterschiede zwischen den drei Probenahmejahren statistisch nicht signifikant. Aus statistischer Sicht kann daher nicht behauptet werden, dass sich die mittlere Dichte der Collembolen im Seebachtal zwischen den Jahren 2017, 2022 und 2024 verändert hat. Wenn man betrachtet, wie sich die Populationsdichte in den drei Jahren innerhalb jedes Sektors verändert hat (siehe Tabelle 9), zeigen sich auch hier keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Interessant ist jedoch, dass, wenn man den Mittelwert der drei Jahre für jeden Sektor betrachtet, ein insgesamt zunehmender Gradient der Abundanz zwischen 2017 und 2024 erkennbar ist. Dies deutet darauf hin, dass historisch gesehen im Durchschnitt der Tal-Sektor die höchste Collembolen-Abundanz aufweist.



Bezüglich der Oribatida lagen die mittleren Populationsdichten in den Jahren 2017, 2022 und 2024 bei jeweils 12329 Ind./m², 15179 Ind./m² und 20667 Ind./m². Im Jahr 2024 wurde somit der höchste durchschnittliche Dichtewert für Oribatida verzeichnet. Statistisch gesehen ist der Unterschied zwischen 2017 und 2024 signifikant. Wenn man betrachtet, wie sich die Populationsdichte in den drei Jahren innerhalb der einzelnen Sektoren verändert hat (siehe Tabelle 9), ist der einzige statistisch signifikante Unterschied im Mitte-Sektor zwischen 2017 und 2024 festzustellen. Die deutlichsten Unterschiede zwischen diesen beiden Jahren wurden demnach im Mitte-Sektor beobachtet, dieses Ergebnis ist jedoch wieder mit Vorsicht zu genießen, da, wie schon öfter erwähnt, Ränge und nicht Mittelwerte im statistischen Test verglichen werden.

Jahr	Sektor	Collembola		Oribatida	
		MW		MW	
2017	KOPF	17726 Ind./m ²	14018	17130 Ind./m ²	12471
2022			18594		13984
2024			20565		24936
2017	MITTE	22561 Ind./m ²	12524	17463 Ind./m ²	9368
2022			30662		19899
2024			24498		23121
2017	TAL	28738 Ind./m ²	26979	13317 Ind./m ²	14352
2022			42452		11653
2024			16783		13946

Tabelle 9. In der Tabelle sind die mittleren Dichten von Collembolen und Oribatida für jedes Jahr im Standort Seebachtal aufgeführt, aufgeschlüsselt nach Sektoren.

Innerschlöss

Im Standort Innerschlöss lagen die mittleren Populationsdichten der Collembolen in den Beprobungsjahren 2017, 2022 und 2024 bei jeweils 15455 Ind./m², 11573 Ind./m² und 26770 Ind./m². Im Jahr 2024 wurde somit im Durchschnitt die höchste mittlere Dichte verzeichnet. Der höhere Wert im Jahr 2024 im Vergleich zu 2022 und 2017 wurde getestet und ist statistisch signifikant.

Wenn man betrachtet, wie sich die Populationsdichte in den drei Beprobungsjahren innerhalb der einzelnen Sektoren verändert hat (siehe Tabelle 10), zeigen die verfügbaren Daten, dass die Unterschiede im Kopf-Sektor zwischen 2024–2017 und 2024–2022 statistisch signifikant sind. Auch im Tal-Sektor wurden signifikante Unterschiede zwischen 2024 und 2017 festgestellt.

Da die Tests zwischen den Jahren innerhalb eines Sektors die Verteilungen hinsichtlich der Rangplätze vergleichen und nicht direkt die Mittelwerte bewerten, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, dass sich die Mittelwerte signifikant unterscheiden. Dennoch deuten die beobachteten Durchschnittswerte darauf hin, dass es auch auf der Ebene der Mittelwerte reale Unterschiede im Kopf-Sektor zwischen 2024–2022 und 2024–2017 sowie im Tal-Sektor zwischen 2024 und 2017 geben könnte.

Aus statistischer Sicht zeigen die Daten somit, dass im Jahr 2024 die höchste Collembolen-Dichte unter den drei Beprobungsjahren festgestellt wurde. Diese scheint vor allem auf die Unterschiede im Kopf-Sektor gegenüber 2022 und 2017 sowie im Tal-Sektor gegenüber 2017 zurückzuführen zu sein. Interessant ist zudem, dass sich bei einer Mittelung der drei Jahre pro Sektor ein insgesamt (wenn auch geringer) ansteigender Abundanz-Gradient zwischen 2017 und 2024 zeigt.

Bezüglich der Oribatida lagen die mittleren Populationsdichten in den Beprobungsjahren 2017, 2022 und 2024 bei jeweils 10115 Ind./m², 14739 Ind./m² und 25879 Ind./m². Im Jahr 2024 wurde somit der höchste durchschnittliche Dichtewert für Oribatida verzeichnet. Die Daten und die Ergebnisse der statistischen Tests deuten darauf hin, dass der Unterschied zwischen 2017 und 2024 real sein könnte.

Wenn man betrachtet, wie sich die Populationsdichte in den drei Jahren innerhalb der einzelnen Sektoren verändert hat (siehe Tabelle 10), zeigt sich im Sektor Kopf und im Sektor Mitte ein Anstieg der mittleren Dichte von Oribatida zwischen 2017 und 2024. Statistisch gesehen sind die Unterschiede zwischen den Gruppen jedoch nicht signifikant. Dennoch ist es sehr wahrscheinlich, dass der beobachtete Unterschied zwischen 2024 und 2017 im Sektor Kopf real ist – es wären allerdings mehr Proben notwendig gewesen, um dies eindeutig zu bestätigen.



Dasselbe gilt für den Unterschied zwischen 2024 und 2022 im Sektor Kopf sowie zwischen 2024 und 2017 im Sektor Mitte.

Wenn man die Mittelwerte der drei Jahre pro Sektor betrachtet, ergibt sich ein insgesamt abnehmender Abundanz-Gradient zwischen 2017 und 2024. Dies weist darauf hin, dass Oribatida historisch gesehen im unteren Bereich der Transekte weniger zahlreich vertreten sind.

Jahr	Sektor	Collembola		Oribatida	
		MW		MW	
2017	KOPF	17327 Ind./m ²	14630	27625 Ind./m ²	16931
2022			7075		20197
2024			30276		45748
2017	MITTE	18156 Ind./m ²	22383	14786 Ind./m ²	5616
2022			13715		13605
2024			18369		25137
2017	TAL	18883 Ind./m ²	9628	6315 Ind./m ²	5527
2022			14814		8793
2024			32208		4626

Tabelle 10. In der Tabelle sind die mittleren Dichten von Collembolen und Oribatida für jedes Jahr im Standort Innergschlöss aufgeführt, aufgeschlüsselt nach Sektoren.

Untersulzbachtal

Im Standort Untersulzbachtal lagen die mittleren Populationsdichten der Collembolen in den Beprobungsjahren 2017, 2022 und 2024 bei jeweils 16851 Ind./m², 14458 Ind./m² und 25218 Ind./m². Im Jahr 2024 wurde somit im Durchschnitt die höchste mittlere Dichte verzeichnet. Der Anstieg der Dichte im Jahr 2024 im Vergleich zu 2022 ist statistisch signifikant, im Vergleich zu 2017 hingegen nicht.

Wenn man betrachtet, wie sich die Populationsdichte in den drei Jahren innerhalb der einzelnen Sektoren verändert hat (siehe Tabelle 11), zeigen die verfügbaren Daten, dass die beobachteten Unterschiede statistisch nicht signifikant sind.

Aus statistischer Sicht zeigen die Daten also, dass im Jahr 2024 eine höhere Collembolen-Dichte im Vergleich zu 2022 festgestellt wurde, obwohl innerhalb der einzelnen Sektoren keine signifikanten Unterschiede beobachtet wurden. Dies könnte auf die geringe Teststärke der statistischen Analysen innerhalb der Sektoren zurückzuführen sein. Insbesondere wurden im Jahr 2022 aufgrund von Probenahme Problemen statt 10 nur 8 Proben pro Sektor in die Analysen einbezogen.

Abschließend lässt sich sagen, dass – im Gegensatz zu den Standorten Seebachtal und Innergschlöss – bei Betrachtung der Mittelwerte pro Sektor über die drei Jahre hinweg im Untersulzbachtal kein konsistenter Gradient zwischen den Sektoren Kopf und Tal erkennbar ist.

Bezüglich der Oribatida lagen die mittleren Populationsdichten in den Beprobungsjahren 2017, 2022 und 2024 bei jeweils 34739 Ind./m², 12072 Ind./m² und 31213 Ind./m². Im Jahr 2017 wurde somit der höchste durchschnittliche Dichtewert für Oribatida verzeichnet. Die Daten und die Ergebnisse der statistischen Tests deuten darauf hin, dass der Unterschied zwischen 2017 und 2022 möglicherweise real ist (schwach signifikant).

Wenn man betrachtet, wie sich die Populationsdichte in den drei Jahren innerhalb der einzelnen Sektoren verändert hat (siehe Tabelle 11), wurden im Sektor Mitte statistisch signifikante Unterschiede zwischen 2024 und 2022 festgestellt. Die Unterschiede im Sektor Tal zwischen 2024–2022 und 2017–2022 könnten ebenfalls real sein, jedoch wären dafür mehr Daten erforderlich gewesen.

Die beobachteten Durchschnittswerte deuten wiederum darauf hin, dass es auch auf der Ebene der Mittelwerte im Sektor Mitte Unterschiede zwischen 2024 und 2022 geben könnte.

Auffällig ist, dass die hohe mittlere Dichte von Oribatida im Jahr 2017 im Sektor Tal die Gesamtdurchschnittswerte der drei Jahre stark beeinflusst.

Wenn man die Mittelwerte der drei Jahre pro Sektor betrachtet, zeigt sich, dass historisch gesehen der oberste Bereich der Transekte – also der Sektor Kopf – eine höhere Oribatiden-Abundanz aufweist.



Jahr	Sektor	Collembola		Oribatida	
		MW		MW	
2017	KOPF	17822 Ind./m ²	20302	34694 Ind./m ²	39283
2022			11367		20857
2024			21797		43943
2017	MITTE	23969 Ind./m ²	18553	20085 Ind./m ²	18276
2022			23144		8418
2024			30210		33562
2017	TAL	14620 Ind./m ²	11524	21985 Ind./m ²	44556
2022			8862		6941
2024			23474		14457

Tabelle 11. In der Tabelle sind die mittleren Dichten von Collembolen und Oribatida für jedes Jahr im Standort Untersulzbachtal aufgeführt, aufgeschlüsselt nach Sektoren.

Oberettes

Im Standort Oberettes lagen die mittleren Populationsdichten der Collembolen in den Beprobungsjahren 2017, 2022 und 2024 bei jeweils 4445 Ind./m², 3063 Ind./m² und 6028 Ind./m². Man erkennt sofort, dass der Standort Oberettes im Vergleich zu den anderen Standorten insgesamt durch eine relativ niedrige mittlere Dichte gekennzeichnet ist. Im Durchschnitt wurde im Jahr 2024 die höchste Dichte verzeichnet – mit Ausnahme von Seebachtal ist dies ein Ergebnis, das alle beprobten Standorte gemeinsam haben und das einen generellen Anstieg der Collembolen-Zahl im Jahr 2024 im Vergleich zu den anderen Jahren, insbesondere zu 2022, widerspiegelt. Der höhere Dichtewert im Jahr 2024 gegenüber 2022 ist statistisch schwach signifikant, was darauf hindeutet, dass es sich um einen tatsächlich realen Unterschied handeln könnte.

Wenn man betrachtet, wie sich die Populationsdichte in den drei Jahren innerhalb der einzelnen Sektoren verändert hat (siehe Tabelle 12), zeigen die verfügbaren Daten, dass im Sektor Mitte statistisch signifikante Unterschiede zwischen 2024 und 2022 festgestellt wurden. Auch im Sektor Tal deuten die statistischen Tests darauf hin, dass zwischen 2024 und 2022 sowie zwischen 2017 und 2022 signifikante Unterschiede bestehen könnten.

Auch hier deuten die beobachteten Durchschnittswerte darauf hin, dass es auf der Ebene der Mittelwerte im Sektor Mitte zwischen 2024 und 2022 sowie im Sektor Tal zwischen 2024–2017 und 2022–2017 reale Unterschiede geben könnte. Aus statistischer Sicht legen die Daten somit nahe, dass im Jahr 2024 wahrscheinlich eine höhere Collembolen-Dichte festgestellt wurde als im Jahr 2022 – was hauptsächlich auf Unterschiede in den Sektoren Mitte und Tal zurückzuführen sein könnte.

Abschließend lässt sich sagen, dass – bei Betrachtung der Mittelwerte pro Sektor über die drei Jahre hinweg – im Standort Oberettes kein konsistenter Gradient zwischen den Sektoren Kopf und Tal erkennbar ist.

Bezüglich der Oribatida lagen die mittleren Populationsdichten in den Beprobungsjahren 2017, 2022 und 2024 bei jeweils 20781 Ind./m², 4003 Ind./m² und 40360 Ind./m². Im Jahr 2024 wurde somit der höchste durchschnittliche Dichtewert für Oribatida verzeichnet. Die Daten und die Ergebnisse der statistischen Tests deuten darauf hin, dass zwischen allen Beprobungsjahren reale Unterschiede bestehen.

Wenn man betrachtet, wie sich die Populationsdichte in den drei Jahren innerhalb der einzelnen Sektoren verändert hat (siehe Tabelle 12), waren die Unterschiede im Sektor Kopf zwischen 2024–2017 und 2022–2017 statistisch signifikant. Die Unterschiede im Sektor Mitte zwischen den verschiedenen Jahren waren alle statistisch signifikant. Schließlich waren auch die Unterschiede im Sektor Tal zwischen 2024–2022 und 2017–2022 statistisch signifikant. Aus statistischer Sicht lässt sich also feststellen, dass das Jahr 2022 insgesamt eine deutlich geringere Dichte von Oribatida hatte als sowohl 2017 als auch 2024, während der Unterschied zwischen 2024 und 2017 vor allem im Sektor Mitte zu finden sein könnte.

Wenn man die Mittelwerte der drei Jahre pro Sektor betrachtet, zeigt sich historisch, dass der zentrale Bereich der Transekte eine höhere Oribatiden-Abundanz aufweist.



Jahr	Sektor	Collembola		Oribatida	
		MW		MW	
2017	KOPF	5837 Ind./m ²	5626	24192 Ind./m ²	27387
2022			5573		6118
2024			6312		39072
2017	MITTE	3764 Ind./m ²	3650	27087 Ind./m ²	19555
2022			1624		2627
2024			6017		59078
2017	TAL	4155 Ind./m ²	4324	14117 Ind./m ²	15809
2022			2386		3612
2024			5756		22930

Tabelle 12. In der Tabelle sind die mittleren Dichten von Collembolen und Oribatida für jedes Jahr im Standort Oberettes aufgeführt, aufgeschlüsselt nach Sektoren.

Vergleich Collembola

Was die Anzahl und Häufigkeit der Collembolen in den drei Beprobungsjahren betrifft, kann festgestellt werden, dass 2024 den Höchstwert in Bezug auf die gesamte Anzahl erreicht hat (obwohl die Daten von Furka noch fehlen) und, wenn man die statistische Signifikanz mit Vorsicht genießt, auch die höchste mittlere Dichte an den vier Standorten verzeichnet wurde, mit Ausnahme von Seebachtal, wo die höchste mittlere Dichte im Jahr 2022 registriert wurde.

Die Unterschiede in der mittleren Dichte zwischen 2024 und 2022 an den verschiedenen Standorten waren immer statistisch signifikant, mit Ausnahme von Seebachtal, während zwischen 2024 und 2017 nur in Innergschlöss ein signifikanter Unterschied festgestellt wurde. Daher lässt sich sagen, dass größere Unterschiede zwischen 2024 und 2022 im Vergleich zu den Unterschieden zwischen 2024 und 2017 bestehen. Diese Ergebnisse lassen sich nicht leicht erklären, aber sie könnten durch die besonders anomalen und ungünstigen klimatischen Bedingungen für die Collembolen im Jahr 2022, insbesondere in Untersulzbachtal, Innergschlöss und Oberettes, erklärt werden. In diesem Jahr waren die mittleren Lufttemperaturen höher und die Niederschläge weniger ergiebig als in den anderen Jahren, vor allem das Frühjahr war schneearm und trocken.

Was die Sektoren betrifft, scheint es kein deutlich erkennbares Muster in der Dichte der Collembolen auf allgemeiner Ebene zu geben. Auch auf der Ebene einzelner Jahre, wenn man die mittlere Dichte für jeden Standort in den verschiedenen Sektoren betrachtet, weist jedes Jahr seine eigene Tendenz auf. Insgesamt ist es nicht sofort möglich, allgemeingültige Schlussfolgerungen über die Vergleichbarkeit der Dichte der Collembolen zwischen den Sektoren zu ziehen, sei es innerhalb eines Beprobungsjahres oder zwischen den Jahren, was darauf hinweist, dass lokale Dynamiken und standortspezifische Merkmale die Collembolen in Bezug auf ihre Dichte stark beeinflussen.

Vergleich Oribatida

Auch bei den Oribatiden hat das Jahr 2024 den Höchstwert an gefundenen Individuen erreicht (obwohl die Daten von Furka noch fehlen) und, wenn man die statistische Signifikanz außen vor lässt, auch die höchste mittlere Dichte an allen vier Standorten, mit Ausnahme von Untersulzbachtal, wo die höchste mittlere Dichte im Jahr 2017 registriert wurde. Wenn jedoch die Unterschiede aus der Sicht der statistischen Signifikanz betrachtet werden, war in Seebachtal und Innergschlöss nur der Unterschied zwischen 2024 und 2017 statistisch nachweisbar, während in Untersulzbachtal der signifikante Unterschied zwischen 2017 und 2022 lag. In Oberettes waren hingegen alle beobachteten Unterschiede statistisch nachweisbar.

Wie bei den Collembolen, gab es bei den Oribatiden 2024 einen hohen relativen Anteil an Juvenilen (40,3% des Gesamtanteils der Oribatiden), was deutlich mehr ist als 2022 (2,1% des Gesamtanteils der Oribatiden) und leicht mehr als 2017 (32,5% des Gesamtanteils der Oribatiden). Dies deutet erneut darauf hin, dass das Jahr 2022 insbesondere für die Fortpflanzung der Oribatiden und Collembolen ein ungünstiges Jahr gewesen sein könnte, wahrscheinlich aufgrund der besonders ungünstigen Wetterbedingungen.

Was die Sektoren betrifft, so scheint es im Allgemeinen keinen klaren Trend in der mittleren Dichte der Oribatiden zu geben, der für alle Standorte gilt, wenn man alle drei Beprobungsjahre berücksichtigt. Abgesehen von Untersulzbachtal ist der Sektor, der historisch die geringste Dichte aufweist, immer der tiefste Sektor (statistische



Tests wurden nicht durchgeführt), was darauf hindeutet, dass dieser Sektor wahrscheinlich der am wenigsten dichte in Bezug auf die Anzahl der Oribatiden ist.

Es zeigt sich, dass innerhalb der einzelnen Standorte das Jahr 2024 konstant einen abnehmenden Gradienten von oben nach unten in jedem Sektor zeigt, mit Ausnahme von Oberettes.

Schließlich zeigt Innergschlöss sowohl in jedem Jahr als auch unter Berücksichtigung aller drei Jahre den gleichen abnehmenden Gradienten von oben nach unten in den Sektoren (ohne statistische Signifikanz zu berücksichtigen), was darauf hindeutet, dass dieser Standort möglicherweise besonders gut geeignet ist, um Unterschiede in der Dichte der Oribatiden zwischen den Sektoren der Transekten zu erkennen.

Im Allgemeinen ist zu beachten, dass in jedem Jahr der Beprobung pro Sektor und pro Standort maximal zehn Proben entnommen wurden. Das bedeutet, dass die geschätzten Mittelwerte möglicherweise ungenau sind und insbesondere aufgrund der häufig großen Variabilität zwischen diesen Werten kleine Unterschiede zwischen den verschiedenen Sektoren aus statistischer Sicht schwer erkennbar sind. Eine größere Anzahl von Proben (zum Beispiel 15) zur Verbesserung der Schätzung der Mittelwerte und zur Erhöhung der statistischen Power wäre ideal.

3.2 Artenspektrum

Beim Nachweis, ob Oribatida und Collembola entlang der Sektoren variieren, ist es wichtig, nicht nur ihre Dichte zu berücksichtigen, sondern auch ihre Struktur auf Art-Ebene.

3.2.1 Collembolengemeinschaft

Die Collembolen wurden im Labor vom Gesamtmaterial aussortiert und zur Artdetermination an Dr. Jörg Salamon versendet. In der Beprobung von 2024 wurden insgesamt 9956 Collembolen gefunden. Davon wurden 9712 identifiziert: 8152 adulte und 1560 juvenile Individuen.

In Tabelle 13 sind die bestimmten Arten systematisch geordnet (siehe Greenslade 1991, 1994) und mit dem Namen des Erstbeschreibers sowie der Jahreszahl der Erstbeschreibung angeführt.

In den Proben der vier untersuchten alpinen Standorte konnten im Jahr 2024 insgesamt 32 Collembolenarten nachgewiesen werden, was die Gesamtartenzahlen aus den Jahren 2017 (25) und 2022 (24) deutlich übersteigt. Dieses Ergebnis ist umso bemerkenswerter, da die Artenzahlen des Standortes Furkapass für 2024 noch nicht integriert sind.

Insgesamt lagen die Artenzahlen der vier untersuchten Standorte zwischen 21 (OB) und 24 (SE), womit die Artenzahlen der Standorte im Jahr 2024 insgesamt höher lagen als im Untersuchungsjahre 2022 (Minimum: 15 (OB), Maximum: 19 (SE und IN)) und 2017 (Minimum: 10 (OB), Maximum: 17 (SE)). Diese Unterschiede zwischen den Untersuchungsjahren sind wie schon bei den Abundanzen nicht einfach zu erklären, als Ursachen denkbar sind Unterschiede in der Temperaturentwicklung und in den Niederschlagsmengen während der Frühjahres- und Sommermonate, was prinzipiell Auswirkungen auf die Diversität der Collembolengemeinschaften haben kann (Josse 1981). Außerdem war der Beprobungszeitpunkt in 2024 näher am Ende der Schneeschmelze als in den Vorjahren, wodurch ein anderes Artenspektrum aufgetreten sein könnte.

Im Jahr 2024 konnten im Vergleich zu 2017 und 2022 folgende sechs Arten auf den vier Standorten neu nachgewiesen werden (blau gefärbt, siehe Tabelle 13): *Hypogastrura parvula*, *Choreutinula inermis*, *Frisea mirabilis*, *Pseudanurophorus quadriocelatus*, *Anurophorus konseli* und *Pogonognathellus flavescens* - dabei sind die Arten *Hypogastrura parvula*, *Pseudanurophorus quadriocelatus* und *Anurophorus konseli* als (hoch)alpine Arten der Österreichischen Alpen anzusehen (Popatov 2001, Thibaud et al. 2004).

Im Jahr 2024 wurden die folgenden 7 Arten nicht gefunden: *Protaphorura quadriocellata* (paläarktisch, hygrophil, acidotolerant), *Pachytoma recta* (paläarktisch-Gebirgsregionen, hygrophil), *Orchesella bifasciata* (holarktisch, auch italienische Alpen), *Isotoma anglicana* (paläarktisch, eurytop), *Tetracanthella pilosa* (paläarktisch, Moosauflagen), *Sminthurides schoetti* (paläarktisch, auch Gebirgsregionen, hygrophil), *Arrhopalites cochlearifer* (paläarktisch-Gebirgsregionen, hygrophil). Es ist zu beobachten, dass die meisten dieser Arten hygrophil sind oder mit Moosen assoziiert werden, und ihre Abwesenheit könnte zufällig sein oder auf eine allgemeine Tendenz zu weniger feuchtem Boden hinweisen. Auch weil unter den "neuen" Arten, die 2024 gefunden wurden, nur *Pogonognathellus flavescens* und *Pseudanurophorus quadriocelatus* tendenziell mit feuchten Umgebungen in Verbindung stehen. Ein weiterer Punkt, der im Auge behalten werden sollte, ist, dass die Häufigkeit von *Tetracanthella afurcata* am Standort SE im Jahr 2022 noch bei 666 Individuen lag und dort 2024 auf 34 Individuen sank. Da *Tetracanthella afurcata* eine



typische Art der alpinen, nivalen Zone ist und nasse Moos- und Flechtenaufgaben besiedelt (Popatov 2001), sollten solche Veränderungen in Zukunft genauer beobachtet werden.

Es ist bemerkenswert, dass es insgesamt einen sichtbaren Artenwechsel von 2017 bis 2024 gegeben hat, obwohl verschiedene "neue" Arten und Arten, die nicht mehr gefunden wurden, in sehr niedriger Dichte vorkamen.

Zu vernachlässigen ist auch nicht der Aspekt, dass das komplette Artenspektrum der Collembolen auf den untersuchten Standorten und den damit assoziierten Biotoptypen an den drei Probenahmeterminen (Sommer 2017, 2022, 2024) vermutlich noch nicht komplett erfasst wurde. Hier wäre eine Probenahme auf den Standorten zu einem Frühjahrs- oder Herbsttermin eine Option.

Wie im Untersuchungsjahre 2017 und 2022 stellten an den vier Standorten wenige Arten das Gros der Collembolen (Tabelle 14). *Orchesella capillata* hatte auf den Standort UN (1509), *Folsomia manolachei* auf dem Standort SE (487), *Pseudisotoma sensibilis* auf dem Standort IN (793) und *Orchesella alticola* auf dem Standort OB (342) die größten Häufigkeiten innerhalb der Collembolengemeinschaft (siehe Tabelle 9). Somit erreichten diese vier Arten zusammen einen Anteil von 70,4% an der Gesamtpopulation der Collembolen.

Ähnlich wie bei der vorangegangenen Beprobungen 2017 und 2022 (siehe Meyer et al., 2019 und Blasbichler und Seeber, 2023) bleibt festzuhalten, dass die Artengemeinschaften der vier untersuchten Standorte eine Mischung aus typischen alpinen/montanen Arten (*Ceratophysella engadinensis*, *Tetracanthella afurcata*, *Orchesella alticola*, *Orchesella capillata*, *Bourletiella pistillum*, *Hypogastrura parvula*, *Pseudanurophorus quadriocelatus* und *Anurophorus konseli*) und Arten mit einem größeren Verbreitungsareal darstellen (z. B. paläarktische/kosmopolitische Arten wie *Isotomiella minor* (siehe Abbildung 8), *Parisetoma notabilis*, *Folsomia manolachei* und *Frisea mirabilis* (siehe Abbildung 9)).



Abbildung 8: *Isotomiella minor*. Foto: Dr. Jörg Salamon.



Abbildung 9: *Frisea mirabilis*. Foto: Dr. Jörn Alpehi.

An allen vier Standorten betrug der Anteil der typischen alpinen/montanen Arten über 19% der jeweils nachgewiesenen Artenzahl der Collembolen, was darauf hindeutet, dass das Störungsregime in allen vier untersuchten alpinen Standorten vermutlich (noch) moderat war (2022 waren es je Standort über 22%, siehe Endbericht 2022). Allerdings war die Häufigkeit der störungsresistenten Art *Parisetoma notabilis* (siehe Tabelle 13) auf den Standorten IN (328 Individuen) und SE (159 Individuen) 2024 relativ hoch, was auf eine Zunahme des Störungsregimes (z. B. durch mechanische Störung) hinweisen könnte (siehe Salamon, 2001).

Familie/Art	UN	SE	IN	OB	Summe	%	Tiergeographie/Ökologie
Hypogastruridae							
<i>Schoettella unungiculata</i> (Tullberg, 1869)	0	14	19	2	35	0,4	euryök, hemiedaphisch
<i>Ceratophysella engadinensis</i> (Gisin, 1949)	0	1	8	0	9	0,1	Bündener- und österreichische Alpen
<i>Hypogastrura parvula</i> Haybach, 1972	5	0	34	0	39	0,5	Österreich, Glockner Region, Hohe Tauern
<i>Choreutinula inermis</i> (Tullberg, 1871)	1	0	1	1	3		Paläarktisch, hemiedaphisch
Neanuridae							
<i>Frisea mirabilis</i> (Tullberg, 1871)	1	4	2	0	7	0,1	kosmopolitisch, hemi-/euedaphisch, räpatorisch



Odontellidae							
<i>Odontella lamellifera</i> Axelson, 1903	0	0	0	3	3		Holarktisch, z.B. in Waldstreu
Onychiuridae							
<i>Micraptorura absoloni</i> (Börner, 1901)	1	3	0	0	4		holarktisch, euedaphisch
Isotomidae							
<i>Folsomia manolachei</i> Bagnall, 1939	284	487	597	29	1397	17,1	paläarktisch, eurytop
<i>Isotoma viridis</i> Bourlet, 1839	10	10	2	3	25	0,3	paläarktisch, eurytop
<i>Isotomiella minor</i> (Schäffer, 1896)	1	17	4	4	26	0,3	paläarktisch, eurytop
<i>Isotomurus balteatus</i> (Reuter, 1876) sensu Fjellberg 2007	3	81	0	8	92	1,1	paläarktisch, eurytop, hygrophil
<i>Parisotoma notabilis</i> (Schäffer, 1896)	54	159	328	4	545	6,7	kosmopolitisch, Ubiquist störungsresistent
<i>Pseudisotoma sensibilis</i> (Tullberg, 1876)	626	279	793	144	1842	22,6	paläarktisch, hemi- euedaphisch
<i>Tetracanthella afurcata</i> Handschin, 1919	2	34	3	0	39	0,5	paläarktisch, alpine, nivale Zone, nasse Moos- Flechtenuflagen
<i>Desoria violacea</i> (Tullberg, 1877)	3	52	2	2	59	0,7	holarktisch, auch im Gebirge
<i>Desoria olivacea</i> (Tullberg, 1871)	0	0	133	5	138	1,7	holarktisch, auch im Gebirge
<i>Pseudanurophorus quadricelatus</i> Törne, 1955	51	0	20	0	71	0,9	„oligochaetotic species“, Algenbewuchs des Bodens, Innsbruck
<i>Anurophorus konseli</i> Kseneman, 1936	0	0	0	8	8	0,1	hochalpine Art, nur in den Ostalpen, z.T auch auf 1800- 2000 m ü. M.
Entomobryidae							
<i>Entomobrya lanuginosa</i> (Nicolet, 1842)	4	4	0	0	8	0,1	paläarktisch, epedaphisch, Offenland
<i>Entomobrya marginata</i> (Tullberg, 1871)	7	8	0	0	15	0,2	kosmopolitisch, häufig z. B. unter Rinde und Moos
<i>Orchesella alticola</i> Uzel, 1891	58	71	52	342	523	6,4	Gebirge Österreichs u. der Schweiz
<i>Orchesella flavescens</i> (Bourlet, 1839)	0	5	0	0	5	0,1	Holarktis, euryök, epedaphisch
<i>Orchesella capillata</i> Kos, 1936	1509	333	132	5	1979	24,3	Österreichische und Schweizer Alpen
<i>Lepidocyrtus lignorum</i> (Fabricius, 1775)	22	257	251	2	532	6,5	holarktisch, euryök, epedaphisch
Tomoceridae							
<i>Tomocerus minor</i> (Lubbock, 1862)	0	28	0	0	28	0,3	kosmopolitisch, epedaphisch
<i>Pogonognathellus flavescens</i> (Tullberg, 1871)	0	0	0	1	1		holarktisch, in Moosen und Laub- und Nadelstreu
Sminthurididae							
<i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	88	75	125	8	296	3,6	holarktisch, hygrophil
Sminthuridae							
<i>Sminthurus nigromaculatus</i> Tullberg, 1871	0	0	4	1	5	0,1	holarktisch, xerobiont
Bourletiellidae							
<i>Bourletiella pistillum</i> Gisin, 1946	7	1	6	3	17	0,2	Paläarktisch, auch im Gebirge, epedaphisch, xerobiont
<i>Heterosminthurus claviger</i> (Gisin, 1958)	182	1	170	13	366	4,5	häufig in trockenen Wiesen, auch in den Bergen, epedaphisch
<i>Heterosminthurus bilineatus</i> (Bourlet, 1842)	4	7	20	3	34	0,4	paläarktisch, euryök, epedaphisch
Katiannidae							



<i>Sminthurinus aureus</i> (Lubbock, 1862)	0	1	0	0	1		paläarktisch, sowohl in Wiesen auch in Laubstreu
Individuen Summe	2923	1932	2706	591	8152	100	
Arten Summe	22	24	22	21			

Tabelle 13: Individuenzahlen der adulten Collembolen an den einzelnen Standorten sowie prozentueller Anteil der einzelnen Arten des Gesamtartenspektrums. Eine blaue Schriftfarbe haben Arten, die 2024 im Vergleich zu den Beprobungen 2017 und 2022 zusätzlich nachgewiesen wurden.

3.2.1.1 Artenspektrum pro Standort entlang der Sektoren

Um die Verteilung der Arten entlang des Schneeschmelz-Gradienten zu bewerten, werden anschauliche Tabellen erstellt, die die Situation für jeden Standort grafisch darstellen (Tab. 14-17).

Seebachtal

Im Seebachtal konnten 1932 adulte Collembolen determiniert werden, welche 24 Arten aus 9 Familien repräsentieren. Im Jahr 2022 wurden 1986 adulte Individuen identifiziert, die in 19 Arten aus 6 Familien gruppiert wurden, während im Jahr 2017 2030 adulte Individuen aus 17 Arten und 8 Familien ermittelt wurden.

Im Seebachtal dominieren die Isotomidae mit 58% der Individuen und 8 Arten, wie bereits 2022 (78% der Individuen, 9 Arten) und 2017 (82% der Individuen, 6 Arten).

Dieser Familie zugehörig ist auch die am stärksten vertretene Art *Folsomia manolachei* (25,2% der Individuen), die keine rein alpine Art ist, sondern ein sehr weites Verbreitungsgebiet hat.

Bemerkenswert ist auch die hohe Vertretung von Individuen der Familie der Entomobryidae (35% der Individuen, 6 Arten). Zu den Entomobryidae gehört die Art *Orchesella capillata*, die die zweithäufigste Art im Seebachtal darstellt (17% der Individuen). Im Gegensatz zu *Folsomia manolachei* ist *Orchesella capillata* eine typische Art der österreichischen und schweizerischen Alpen.

Im Jahr 2017 und 2022 waren die am häufigsten vertretenen Arten jedoch *Tetracanthella afurcata* (eine an die Alpen angepasste Art, die bevorzugt feuchte Moos- und Flechtenuflagen bewohnt) und *Pseudisotoma sensibilis* (eine paläarktische, hemi-euedaphische Art).

Es ist auch zu vermerken, dass im Seebachtal eine neue Art (*Frisea mirabilis*) gefunden wurde, die in den anderen Jahren der Probenahme nicht identifiziert wurde.

Im Seebachtal weisen die Sektoren Tal (T), Mitte (M) und Kopf (K) eine unterschiedliche Anzahl von Arten auf (Tab. 14). Im Sektor T wurden 18 Arten gefunden, im Sektor M 21 und im Sektor K 20. Unter diesen gibt es Arten, die nur im Sektor T (z. B. *Ceratophysella engadinensis*), nur im Sektor M (z. B. *Micrphorura absoloni*, *Orchesella flavescens*, *Bourletiella pistillum*) und nur im Sektor K (z. B. *Heterosminthurus claviger*, *Sminthurinus aureus*) vorkommen, jedoch in geringer Anzahl (von 1 bis 5 Individuen).

Wenn man die Zellen mit verschiedenen Orangetönen betrachtet, die je nach Intensität die drei am häufigsten vertretenen Arten in jedem Sektor darstellen (siehe Beschreibung in Tabelle 14), fällt sofort auf, dass *Folsomia manolachei*, *Pseudisotoma sensibilis*, *Lepidocyrtus lignorum* und *Orchesella capillata* zu den drei häufigsten Arten in 2 von 3 Sektoren zählen. Schließlich taucht *Parisotoma notabilis* in 1 von 3 Sektoren unter den drei am häufigsten vertretenen Arten auf.

Folsomia manolachei ist eine eurytope Art, und diese Ergebnisse stimmen mit ihren Eigenschaften überein.

Dasselbe gilt für *Pseudisotoma sensibilis*, die eine weit verbreitete euryökische hemi- bis euedaphische Art ist.

Parisotoma notabilis ist eine kosmopolitische Ubiquisten- und störungsresistente Art. *Lepidocyrtus lignorum* ist eine weitere Art mit ökologischer Toleranz und großer Verbreitung (holoarktisch). *Orchesella capillata* hingegen ist eine alpine/montane Art mit einem engeren Verbreitungsgebiet, das sich auf die Schweizer und Österreichischen Alpen beschränkt.

Isotomurus balteatus ist eine weit verbreitete (paläarktische) hygrophile Art und war in dem Sektor, in dem der Schnee später schmilzt und tendenziell feuchter ist, am zahlreichsten. Das gleiche gilt für *Tetracanthella afurcata*, die jedoch eine alpine und nivale Art ist und in der alpinen bis hochalpinen Stufe Rohböden sowie feuchte Moos-



und Flechtenulagen bewohnt. *Sphaeridia pumilis* ist ebenfalls eine hygrophile Art, aber im Gegensatz zu *Tetracanthella afurcata* und *Isotomurus balteatus* ist sie im Sektor T nicht häufiger.

Insgesamt sind die vorherrschenden Arten in jedem Sektor tendenziell solche mit einem großen Verbreitungsgebiet und einer eurytope oder euryökischen Anpassung, mit Ausnahme von *Orchesella capillata*, die besonders zahlreich in den Sektoren M und H vorkommt, also in Sektoren, die theoretisch trockener sind und von alpinen Wiesen geprägt sind.

Im Jahr 2017 war *Pseudisotoma sensibilis* fast 50% aller Collembolen in den Sektoren M und K und auch zahlreich im Sektor T, wo jedoch *Tetracanthella afurcata* dominierte (siehe Tab. 13 Meyer et al., 2019). Im Jahr 2024 gab es im Vergleich zu 2017 und 2022 einen starken Rückgang der Präsenz von *T. afurcata*.

Seebachtal (3 Transekte)						
Arten/Transektabschnitte	L (Tiefster Bereich)	M (mittlerer Bereich)	H (oberer Bereich)			
Anzahl Probenpunkte	n=10	n=10	n=10		n=30	
	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Bereich mit den meisten Individuen	Tot Ind	% Tot
<i>Schoettella ununguiculata</i>	0	0,1	1,3	K	14	0,72
<i>Ceratophysella engadinensis</i>	0,1	0	0	T	1	0,05
<i>Frisea mirabilis</i>	0	0,2	0,2	K/M	4	0,21
<i>Micraptorura absoloni</i>	0	0,3	0	M	3	0,15
<i>Folsomia manolachei</i>	14,3 (27,8%)	22,9 (35,4%)	11,5	M	487	25,21
<i>Isotoma viridis</i>	0,6	0,3	0,1	T	10	0,52
<i>Isotomiella minor</i>	0,6	0,2	0,9	K	17	0,88
<i>Isotomurus balteatus</i>	5,3	1	1,8	T	81	4,19
<i>Parisotoma notabilis</i>	7,6 (14,8%)	4,9	3,4	T	159	8,23
<i>Pseudisotoma sensibilis</i>	5,3	9,1 (14,1%)	13,5 (17,5%)	K	279	14,44
<i>Tetracanthella afurcata</i>	2,8	0,4	0,2	T	34	1,76
<i>Desoria violacea</i>	1,6	0,3	3,3	K	52	2,69
<i>Entomobrya lanuginosa</i>	0,1	0,2	0,1	M	4	0,21
<i>Entomobrya marginata</i>	0,1	0,2	0,5	K	8	0,42
<i>Orchesella alticola</i>	2,5	4,4	0,2	M	71	3,67
<i>Orchesella flavesens</i>	0	0,5	0	M	5	0,26
<i>Orchesella capillata</i>	1,5	12,8 (19,8%)	19 (24,6%)	K	333	17,24
<i>Lepidocyrtus lignorum</i>	5,4 (10,5%)	4,4	15,9 (20,6%)	K	257	13,30
<i>Tomocerus minor</i>	1,1	1	0,7	T	28	1,45
<i>Sphaeridia pumilis</i>	2,4	1,2	3,9	K	75	3,88
<i>Bourletiella pistillum</i>	0	0,1	0	M	1	0,05
<i>Heterosminthurus claviger</i>	0	0	0,1	K	1	0,05
<i>Heterosminthurus bilineatus</i>	0,2	0,1	0,4	K	7	0,36
<i>Sminthurinus aureus</i>	0	0	0,1	K	1	0,05
Summe	51,5	64,6	77,1	K	1932	100,00
Summe Arten	18	21	20		24	

Tabelle 14. Die Tabelle zeigt die durchschnittliche Anzahl der Collembolen pro Art basierend auf dem jeweiligen Sektor im Seebachtal. Die farbigen Zellen kennzeichnen die 3 häufigsten Arten in jedem Sektor: Das intensivste Orange markiert die am häufigsten vorkommende Art, das mittlere Orange zeigt die zweithäufigste Art und das verblasste Orange steht für die dritthäufigste Art. In Klammern sind die Häufigkeiten in Prozent angegeben. Eine blaue Schriftfarbe haben Arten, die 2024 im Vergleich zu den Beprobungen 2017 und 2022 zusätzlich nachgewiesen wurden.



Innerschlöss

Im Innerschlöss konnten 2706 adulte Collembolen determiniert werden, welche 22 Arten aus 7 Familien repräsentieren. Im Jahr 2022 wurden 1569 adulte Individuen identifiziert, die in 19 Arten aus 7 Familien gruppiert wurden, während im Jahr 2017 1652 adulte Individuen aus 15 Arten und 7 Familien ermittelt wurden.

Im Innerschlöss dominieren die Isotomidae mit 69,5% der Individuen und 9 Arten, wie bereits 2022 (56,9% der Individuen, 8 Arten) und 2017 (68% der Individuen, 5 Arten).

Dieser Familie zugehörig sind auch die am stärksten vertretenen Arten *Pseudisotoma sensibilis* (29,3% der Individuen), eine paläarktische, hemi-euedaphische Art, und *Folsomia manolachei* (22,1% der Individuen).

Bereits 2022 und 2017 war *Pseudisotoma sensibilis* die am häufigsten vertretene Art im Innerschlöss. Im Jahr 2022 waren die zweit- und dritthäufigsten Arten *Orchesella capillata* (24,1%) und *Folsomia manolachei* (11,5%), während im Jahr 2017 *Folsomia manolachei* (8,6%) die zweit häufigste Art war.

Es ist auch bemerkenswert, dass im Innerschlöss 4 neue Arten (*Hypogastrura parvula*, *Choreutinula inermis*, *Frisea mirabilis*, *Pseudanurophorus quadriocelatus*) gefunden wurden, die in den anderen Jahren der Probenahme nicht identifiziert wurden.

Im Innerschlöss weisen die Sektoren Tal (T), Mitte (M) und Kopf (K) eine unterschiedliche Anzahl von Arten auf (Tab. 15). Im Sektor T wurden 14 Arten gefunden, im Sektor M 15 und im Sektor K 18. Unter diesen gibt es Arten, die nur im Sektor T vorkommen (*Tetracanthella afurcata*), nur im Sektor M (*Isotoma viridis*) und nur im Sektor K (*Choreutinula inermis*, *Isotomiella minor*, *Desoria violacea*, *Pseudanurophorus quadriocelatus*), obwohl ihre Anzahl minimal ist (von 1 bis 4 Individuen), mit Ausnahme von *Pseudanurophorus quadriocelatus*, dessen 20 Individuen jedoch alle im Boden eines einzigen Sammelpunktes (IN4 C+1_1x) gefunden wurden.

Wenn man die Zellen mit verschiedenen Orangetönen betrachtet, die je nach Intensität die drei am häufigsten vertretenen Arten für jeden Sektor darstellen (siehe Beschreibung in Tabelle 15), fällt sofort auf, dass *Folsomia manolachei* und *Pseudisotoma sensibilis* in allen drei Sektoren zu den drei am häufigsten vertretenen Arten gehören. *Parisotoma notabilis* erscheint hingegen in 2 von 3 Sektoren (M und K) unter den drei am häufigsten vertretenen Arten. *Lepidocyrtus lignorum* ist nur im Sektor T unter den drei häufigsten Arten vertreten.

Folsomia manolachei ist eine eurytope Art, und diese Ergebnisse stimmen mit ihren Eigenschaften überein. Dasselbe gilt für *Pseudisotoma sensibilis*, eine weit verbreitete euryökische hemi- bis euedaphische Art. *Parisotoma notabilis* ist eine kosmopolitische Ubiquisten- und störungsresistente Art. *Lepidocyrtus lignorum* ist eine weitere Art mit einer großen ökologischen Toleranz und weitreichenden Verbreitung (holoarktisch).

Überraschend ist, dass *Sphaeridia pumilis*, eine hygrophile Art, im Sektor K häufiger vorkommt als im Sektor T. Diese Tendenz wurde jedoch bereits 2017 beobachtet (Meyer et al., 2019). Besonders bemerkenswert ist auch das Vorkommen von *Sminthurus nigromaculatus* (xerobiont mit holarktischer Verbreitung), der trotz geringer Individuenzahl nur in den Sektoren M und K vorkommt, was mit seinen Vorlieben hinsichtlich der Feuchtigkeit des Bodens übereinstimmt. Es ist auch auffällig, dass *Orchesella capillata* – wie bereits im Seebachtal – einen ansteigenden Gradienten vom unteren zum höheren Sektor aufweist.

Insgesamt sind die vorherrschenden Arten in jedem Sektor tendenziell solche mit einem großen Verbreitungsgebiet und einer eurytopen oder euryökischen Anpassung, was zu einer Homogenität der dominierenden Arten in den verschiedenen Sektoren führt.

Dies stimmt mit den Ergebnissen von 2017 überein, als *Pseudisotoma sensibilis* mit Abstand die vorherrschendste Art war, mit Anteilen von 45% bis 60% aller Collembolen in allen Sektoren (siehe Tab. 15 Meyer et al., 2019). Im Jahr 2017 wurde auch eine gute Präsenz von *Folsomia manolachei* im Sektor Kopf (15,3%) und von *Sphaeridia schoetti* in den Sektoren Mitte (7,6%) und Tal (6,8%) verzeichnet. Letztere ist eine Art, die in der alpinen Stufe feuchte Moos- und Flechtenuflaggen bewohnt und 2024 im Innerschlöss nicht nachgewiesen wurde.

Es ist ebenfalls bemerkenswert, dass im Vergleich zu 2017 und 2022 die Präsenz von *Tetracanthella afurcata* im Jahr 2024 stark zurückging (3 Individuen im Jahr 2024; 33 Individuen im Jahr 2022; 35 Individuen im Jahr 2017).



Innergsslöss (5 Transekte)						
Arten/Transektabschnitte	L (Tiefster Bereich)	M (mittlerer Bereich)	H (oberer Bereich)			% Tot
Anzahl Probenpunkte	n=10	n=10	n=10		n=30	
	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Bereich mit den meisten Individuen per Art	Tot Ind	
<i>Schoettella ununguiculata</i>	0,1	0,3	1,6	K	19	0,70
<i>Ceratophysella engadinensis</i>	0,7	0	0,1	T	8	0,30
<i>Hypogastrura parvula</i>	2,3	1,1	0	T	34	1,26
<i>Choreutinula inermis</i>	0	0	0,1	K	1	0,04
<i>Frisea mirabilis</i>	0,1	0	0,1	K/T	2	0,07
<i>Folsomia manolachei</i>	21,9 (25,7%)	20,5 (32,6%)	17,3 (14,1%)	T	597	22,06
<i>Isotoma viridis</i>	0	0,2	0	M	2	0,07
<i>Isotomiella minor</i>	0	0	0,4	K	4	0,15
<i>Parisotoma notabilis</i>	5,1	7,7 (12,3%)	20 (16,3%)	K	328	12,12
<i>Pseudisotoma sensibilis</i>	31,1 (36,5%)	17,2 (27,4%)	31 (25,3%)	T	793	29,31
<i>Tetracanthella afurcata</i>	0,3	0	0	T	3	0,11
<i>Desoria violacea</i>	0	0	0,2	K	2	0,07
<i>Desoria olivacea</i>	5,6	4,3	3,4	T	133	4,92
<i>Pseudanurophorus quadriocelatus</i>	0	0	2	K	20	0,74
<i>Orchesella alticola</i>	2,7	0,4	2,1	T	52	1,92
<i>Orchesella capillata</i>	0	0,6	12,6	K	132	4,88
<i>Lepidocyrtus lignorum</i>	9,8 (11,5%)	4,3	11	K	251	9,28
<i>Sphaeridia pumilis</i>	2,0	0,9	9,6	K	125	4,62
<i>Sminthurus nigromaculatus</i>	0	0,1	0,3	K	4	0,15
<i>Bourletiella pistillum</i>	0,2	0,4	0	M	6	0,22
<i>Heterosminthurus claviger</i>	3,2	4,6	9,2	K	170	6,28
<i>Heterosminthurus bilineatus</i>	0,1	0,2	1,7	K	20	0,74
Summe	85,1	62,8	122,7	K	2706	100,00
Summe Arten	14	15	18		22	

Tabelle 15. Die Tabelle zeigt die durchschnittliche Anzahl der Collembolen pro Art basierend auf dem jeweiligen Sektor im Innergsslöss. Die farbigen Zellen kennzeichnen die 3 häufigsten Arten in jedem Sektor: Das intensivste Orange markiert die am häufigsten vorkommende Art, das mittlere Orange zeigt die zweithäufigste Art und das verblasste Orange steht für die dritthäufigste Art. In Klammern sind die Häufigkeiten in Prozent angegeben. Eine blaue Schriftfarbe haben Arten, die 2024 im Vergleich zu den Beprobungen 2017 und 2022 zusätzlich nachgewiesen wurden.

Untersulzbachtal

Im Untersulzbachtal konnten 2923 adulte Collembolen determiniert werden, welche 22 Arten aus 7 Familien repräsentieren. Im Jahr 2022 wurden 1614 adulte Individuen identifiziert, die in 18 Arten aus 6 Familien gruppiert wurden, während im Jahr 2017 1678 adulte Individuen aus 14 Arten und 6 Familien ermittelt wurden.

Im Jahr 2024 war die am stärksten vertretene Familie im Untersulzbachtal die der Entomobryidae, die 54,7% aller Individuen ausmacht. An zweiter Stelle standen die Isotomidae mit 35,4% der Individuen. Die Isotomidae waren auch die Familie mit der größten Anzahl an vertretenen Arten (9 Arten).

Dieses Ergebnis weicht von den Ergebnissen der Jahre 2022 und 2017 ab, in denen die Isotomidae dominierten (2022: 58%, 2017: 65%). Die Verschiebung der Verhältnisse wurde durch die Art *Orchesella capillata* verursacht, die 51,6% aller Individuen im Untersulzbachtal ausmacht. Im Jahr 2017 war diese Art noch völlig abwesend,



während sie 2022 bereits 32,7% (die zweithäufigste Art nach *Pseudisotoma sensibilis*) der in Untersulzbachtal gefundenen Individuen stellte. *Orchesella capillata* hat ihren Verbreitungsschwerpunkt in den Schweizer und Österreichischen Alpen.

Die zweitstärkste Art im Jahr 2024 war *Pseudisotoma sensibilis* (21,4%), die 2017 und 2022 die häufigste Art im Untersulzbachtal war. Während 2017 *Entomobrya lanuginosa* die zweit häufigste Art war, war ihre Präsenz im Jahr 2024 minimal (0,14%).

Es ist auch bemerkenswert, dass im Untersulzbachtal vier neue Arten (*Hypogastrura parvula*, *Choreutinula inermis*, *Frisea mirabilis*, *Pseudanurophorus quadriocelatus*) im Vergleich zu den anderen Jahren der Probenahme gefunden wurden.

Im Untersulzbachtal weisen die Sektoren Tal (T), Mitte (M) und Kopf (K) eine unterschiedliche Anzahl von Arten auf (Tab. 16). Im Sektor T wurden 18 Arten gefunden, im Sektor M 14 und im Sektor K 17. Unter diesen gibt es Arten, die nur im Sektor T vorkommen (*Choreutinula inermis*, *Micraphorura absoloni*, *Isotomurus balteatus*, *Desoria violacea*), nur im Sektor M (*Frisea mirabilis*) und nur im Sektor H (*Isotomiella minor*, *Tetracanthella afurcata*, *Heterosminthurus bilineatus*), obwohl ihre Anzahl minimal ist (von 1 bis 4 Individuen).

Aus Tabelle 17 geht hervor, dass die Sektoren L und K eine größere Anzahl exklusiver Arten aufweisen, was sinnvoll erscheint. Wenn man jedoch *Isotomurus balteatus* betrachtet, könnte seine ausschließliche Präsenz im Sektor T als hygrophile Art durch seine Habitatpräferenzen gerechtfertigt werden. Im Gegensatz dazu sollte die einzige Präsenz von *Tetracanthella afurcata* im Sektor K nicht mit seiner Vorliebe für feuchte Moos- und Flechtenuflagen übereinstimmen.

Wenn man die Zellen mit verschiedenen Orangetönen betrachtet, die je nach Intensität die drei am häufigsten vertretenen Arten in jedem Sektor darstellen (siehe Beschreibung in Tabelle 16), fällt sofort auf, dass *Folsomia manolachei*, *Pseudisotoma sensibilis* und *Orchesella capillata* in allen drei Sektoren zu den drei am häufigsten vertretenen Arten gehören. Tatsächlich ist *Orchesella capillata* in jedem Sektor die häufigste Art, *Pseudisotoma sensibilis* die zweit häufigste und *Folsomia manolachei* die dritt häufigste.

Überraschend ist, dass *Sphaeridia pumilis*, eine hygrophile Art, im Sektor K häufiger vorkommt als im Sektor T. Diese Tendenz wurde jedoch bereits 2017 beobachtet (Meyer et al., 2019). *Pseudanurophorus quadriocelatus*, eine Art, die oft mit Oligocheten und Algen im Boden assoziiert wird, zeigt einen abnehmenden Gradienten von Sektor T bis Sektor K.

Es ist bemerkenswert, dass im Gegensatz zu den Beobachtungen in Seebachtal und Innergschlöss *O. capillata* nicht den Sektor Kopf bevorzugt, wie es in anderen Bereichen der Fall ist.

Insgesamt wurde eine große Homogenität zwischen allen Sektoren festgestellt, wobei die dominante Präsenz von *O. capillata*, einer alpinen/montanen Art mit einem begrenzten Verbreitungsgebiet in den Schweizer und Österreichischen Alpen, von der häufigen Präsenz von zwei generalistischen Arten begleitet wird, die ein sehr weites Verbreitungsgebiet haben.

Im Jahr 2017 waren die am häufigsten vertretenen Arten in jedem Sektor *P. sensibilis* und *E. lanuginosa*; *F. manolachei* war im Sektor Tal und Mitte eine der häufigsten Arten, während *P. notabilis* im Sektor Kopf unter den häufigsten Arten war (siehe Tab. 16 Meyer et al., 2019).

Untersulzbachtal (5 Transekte)						
Arten/Transektabschnitte	L (Tiefster Bereich)	M (mittlerer Bereich)	H (oberer Bereich)			% Tot
Anzahl Probenpunkte	n=10	n=10	n=10		n=30	
	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Bereich mit den meisten Individuen	Tot Ind	
<i>Hypogastrura parvula</i>	0,4	0	0,1	T	5	0,17
<i>Choreutinula inermis</i>	0,1	0	0	T	1	0,03
<i>Frisea mirabilis</i>	0	0,1	0	M	1	0,03
<i>Micraphorura absoloni</i>	0,1	0	0	T	1	0,03
<i>Folsomia manolachei</i>	6,3 (6,2%)	12,5 (11,7%)	9,6 (11,5%)	M	284	9,72
<i>Isotoma viridis</i>	0,7	0,1	0,2	T	10	0,34
<i>Isotomiella minor</i>	0	0	0,1	K	1	0,03
<i>Isotomurus balteatus</i>	0,3	0	0	T	3	0,10



<i>Parisotoma notabilis</i>	0,9	3,0	1,5	M	54	1,85
<i>Pseudisotoma sensibilis</i>	34,3 (33,6%)	16,6 (15,6%)	11,7 (14%)	T	626	21,42
<i>Tetracanthella afurcata</i>	0	0	0,2	K	2	0,07
<i>Desoria violacea</i>	0,3	0	0	T	3	0,10
<i>Pseudanurophorus quadriocelatus</i>	3,0	1,7	0,4	T	51	1,74
<i>Entomobrya lanuginosa</i>	0,1	0,2	0,1	M	4	0,14
<i>Entomobrya marginata</i>	0,2	0,2	0,3	K	7	0,24
<i>Orchesella alticola</i>	1,0	1,0	3,8	K	58	1,98
<i>Orchesella capillata</i>	48,9 (47,8%)	58,0 (54,5%)	44,0 (52,6%)	M	1509	51,63
<i>Lepidocyrtus lignorum</i>	1,3	0,7	0,2	T	22	0,75
<i>Sphaeridia pumilis</i>	0,2	3,4	5,2	K	88	3,01
<i>Bourletiella pistillum</i>	0,1	0,5	0,1	M	7	0,24
<i>Heterosminthurus claviger</i>	4,0	8,4	5,8	M	182	6,23
<i>Heterosminthurus bilineatus</i>	0	0	0,4	K	4	0,14
Summe	102,2	106,4	83,7	T	2923	100,00
Summe Arten	18	14	17		22	

Tabelle 16. Die Tabelle zeigt die durchschnittliche Anzahl der Collembolen pro Art basierend auf dem jeweiligen Sektor im Untersulzbachtal. Die farbigen Zellen kennzeichnen die 3 häufigsten Arten in jedem Sektor: Das intensivste Orange markiert die am häufigsten vorkommende Art, das mittlere Orange zeigt die zweithäufigste Art und das verblasste Orange steht für die dritthäufigste Art. In Klammern sind die Häufigkeiten in Prozent angegeben. Eine blaue Schriftfarbe haben Arten, die 2024 im Vergleich zu den Beprobungen 2017 und 2022 zusätzlich nachgewiesen wurden.

Oberettes

In Oberettes wurden 591 adulte Collembolen auf Artniveau bestimmt, die sich auf 21 Arten und 8 Familien verteilen. Im Jahr 2022 wurden 392 adulte Individuen gefunden, die in 5 Familien und 15 Arten gruppiert waren, während im Jahr 2017 517 adulte Individuen in 6 Familien und 10 Arten identifiziert wurden.

Wie im Untersulzbachtal ist auch hier die Familie der Entomobryidae die am meisten vertretene in Bezug auf die Anzahl der Individuen (59 %), gefolgt von den Isotomidae (35 %). Die Familie mit der größten Anzahl an vertretenen Arten ist jedoch die der Isotomidae (9 Arten).

Im Jahr 2022 war die Familie der Isotomidae die zahlenmäßig stärkste (52 %), gefolgt von den Entomobryidae (42,3 %). Im Jahr 2017 war die Familie der Entomobryidae die dominierende (52,2 %), gefolgt von den Isotomidae (38,1 %).

Die häufigste Art in Oberettes ist *Orchesella alticola* (57,9 %), eine montane und alpine Art, deren Vorkommen auf die Schweizer und Österreichischen Alpen beschränkt ist. Diese Art war sowohl im Jahr 2017 als auch im Jahr 2022 die häufigste im Oberettes-Gebiet.

Interessanterweise wurden in Oberettes vier neue Arten gefunden (*Choreutinula inermis*, *Frisea mirabilis*, *Pseudanurophorus quadriocelatus*), die in den anderen Jahren der Beprobung nicht identifiziert wurden. Besonders hervorzuheben ist, dass zwei Arten ausschließlich im Oberettes-Gebiet gefunden wurden: *Pogonognathellus flavescens* und *Anurophorus konseli*. *Pogonognathellus flavescens* ist eine holoarktische Art, die in Moosen sowie Laub- und Nadelstreu lebt, während *Anurophorus konseli* eine hochalpine Art ist, die nur in den Ostalpen vorkommt und z. T. auch auf 1800–2000 m ü. M. anzutreffen ist.

Im Oberettes weisen die Sektoren Tal (T), Mitte (M) und Kopf (K) eine sehr unterschiedliche Artenanzahl auf (Tab. 17). Im Sektor T wurden 18 Arten gefunden, im Sektor M 11 und im Sektor K 9. Unter diesen gibt es Arten, die ausschließlich im Sektor T vorkommen (*Choreutinula inermis*, *Odontella lamellifera*, *Anurophorus konseli*, *Lepidocyrtus lignorum*, *Sphaeridia pumilis*, *Sminthurus nigromaculatus*), nur im Sektor M (*Schoettella ununguiculata*, *Pogonognathellus flavescens*) und nur im Sektor K (*Desoria olivacea*).

Diese große Diskrepanz in der Artenverteilung zwischen dem Sektor T und den anderen Sektoren könnte in einigen Fällen mit einem Vegetations- und Umweltgradienten übereinstimmen, in anderen Fällen jedoch völlig zufällig sein: So ist *Sphaeridia pumilis* eine hygrophile Art, bei der man erwarten würde, dass sie im unteren Bereich der Transekten häufiger vorkommt (es wurden nur 8 Individuen gefunden, alle im Sektor T), während



Sminthurus nigromaculatus eine xerobionte Art ist, die man eher in höheren Lagen erwarten würde (nur ein Individuum wurde im Sektor T gefunden).

Es muss jedoch stets bedacht werden, dass – wie auch in den anderen Untersuchungsgebieten – sektorexklusive Arten in sehr geringer Individuenzahl vorkommen (in diesem Fall zwischen 1 und 8), sodass eine echte Zuordnung einer dieser Arten zu einem bestimmten Sektor schwierig ist.

Ein Blick auf die Zellen mit verschiedenen Orangetönen in Tabelle 17, die je nach Intensität die drei häufigsten Arten pro Sektor darstellen (siehe Tabellenbeschreibung), zeigt deutlich, dass *Orchesella alticola* und *Pseudisotoma sensibilis* in allen drei Sektoren zu den drei am häufigsten vertretenen Arten gehören. In jedem Sektor ist *Orchesella alticola* mit Abstand die häufigste Art (zwischen 46,5 % und 72,8 % der Individuen), während *Pseudisotoma sensibilis* die zweithäufigste ist.

Oberettes (3 Transekte)						
Arten/Transektabschnitte	L (Tiefster Bereich)	M (mittlerer Bereich)	H (oberer Bereich)			% Tot
Anzahl Probenpunkte	n=10	n=10	n=10		n=30	
	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Bereich mit den meisten Individuen	Tot Ind	
<i>Schoettella ununguiculata</i>	0	0,2	0	M	2	0,34
<i>Choreutinula inermis</i>	0,1	0	0	T	1	0,17
<i>Odontella lamellifera</i>	0,3	0	0	T	3	0,51
<i>Folsomia manolachei</i>	0,1	0,1	2,7 (11,9%)	K	29	4,91
<i>Isotoma viridis</i>	0,1	0	0,2	K	3	0,51
<i>Isotomiella minor</i>	0,1	0,3	0	M	4	0,68
<i>Isotomurus balteatus</i>	0,3	0,4 (1,9%)	0,1	M	8	1,35
<i>Parisotoma notabilis</i>	0,2	0,2	0	T/M	4	0,68
<i>Pseudisotoma sensibilis</i>	4,3 (27%)	4,0 (19,4%)	6,1 (27%)	K	144	24,37
<i>Desoria violacea</i>	0,1	0,1	0	T/M	2	0,34
<i>Desoria olivacea</i>	0	0	0,5	K	5	0,85
<i>Anurophorus konseli</i>	0,8 (5%)	0	0	T	8	1,35
<i>Orchesella alticola</i>	7,4 (46,5%)	15,0 (72,8%)	11,8 (52,2%)	M	342	57,87
<i>Orchesella capillata</i>	0,3	0	0,2	T	5	0,85
<i>Lepidocyrtus lignorum</i>	0,2	0	0	T	2	0,34
<i>Pogonognathellus flavescens</i>	0	0,1	0	M	1	0,17
<i>Sphaeridia pumilis</i>	0,8 (5%)	0	0	T	8	1,35
<i>Sminthurus nigromaculatus</i>	0,1	0	0	T	1	0,17
<i>Bourletiella pistillum</i>	0,2	0	0,1	T	3	0,51
<i>Heterosminthurus claviger</i>	0,3	0,1	0,9	K	13	2,20
<i>Heterosminthurus bilineatus</i>	0,2	0,1	0	T	3	0,51
Summe	15,9	20,6	22,6	T	591	100,00
Summe Arten	18	11	9		21	

Tabelle 17. Die Tabelle zeigt die durchschnittliche Anzahl der Collembolen pro Art basierend auf dem jeweiligen Sektor im Oberettes. Die farbigen Zellen kennzeichnen die 3 häufigsten Arten in jedem Sektor: Das intensivste Orange markiert die am häufigsten vorkommende Art, das mittlere Orange zeigt die zweite häufigste Art und das verblasste Orange steht für die dritthäufigste Art. In Klammern sind die Häufigkeiten in Prozent angegeben. Eine blaue Schriftfarbe haben Arten, die 2024 im Vergleich zu den Beprobungen 2017 und 2022 zusätzlich nachgewiesen wurden.

Es sei jedoch daran erinnert, dass im Vergleich zu den anderen Standorten die Gesamtzahl der Collembolen in Oberettes deutlich geringer ist. Die dritthäufigste Art variiert je nach Sektor: *Anurophorus konseli* und *Sphaeridia*



pumilis machen im Sektor T jeweils 5 % der gefundenen Individuen aus, im Sektor M ist *Isotomurus balteatus* mit 1,9 % die dritthäufigste Art, und im Sektor K ist es *Folsomia manolachei* mit 11,9 %.

In Bezug auf dominante Arten wurde also eine gewisse Homogenität zwischen den Sektoren festgestellt, wobei *Orchesella alticola*, eine montane bis hochalpine Offenlandart, die von den österreichischen bis zu den schweizerischen Alpen vorkommt, eindeutig dominiert. Ihr folgt *Pseudisotoma sensibilis*, eine weitverbreitete, euryökee hemi- bis euedaphische Art.

Diese Ergebnisse hinsichtlich der Dominanzverhältnisse stimmen mit den Beobachtungen der vorhergehenden Beprobungen überein.

3.2.1.2 Zusammenfassung

Im Allgemeinen dominieren in den vier Untersuchungsgebieten weit verbreitete und eher generalistische Arten die Collembolen-Gemeinschaften. In einigen Gebieten treten diesen Arten jedoch montane/alpine Arten entgegen, die oft ein auf die österreichischen und schweizerischen Alpen beschränktes Verbreitungsgebiet haben und gelegentlich sogar dominieren können (siehe *O. alticola* in Oberettes und *O. capillata* im Untersulzbachtal).

Außerdem ist das Seebachtal der Standort, der die größten Unterschiede hinsichtlich der dominanten Arten zwischen den Sektoren und auch auf Gemeinschaftsebene allgemein gezeigt hat. Die fünf am häufigsten vertretenen Arten machen 78,42 % aller gefundenen Collembolen aus, mit Anteilen zwischen 25,21 % und 8,23 %. Auch Innerschlöss ist hinsichtlich der Häufigkeit der verschiedenen Arten recht vielfältig; dort machen die fünf häufigsten Arten 79,05 % aller gefundenen Collembolen aus, mit Anteilen zwischen 29,31 % und 6,28 %. Im Gegensatz dazu sind die Collembolen im Untersulzbachtal weniger gleichmäßig auf die Arten verteilt: Die fünf am häufigsten vertretenen Arten machen 92,01 % aller gefundenen Collembolen aus, wobei alleine *O. capillata*, *P. sensibilis* und *F. manolachei* 82,77 % aller Individuen ausmachen. Dasselbe gilt für Oberettes, wo die fünf häufigsten Arten 90,7 % aller gefundenen Collembolen darstellen und allein *O. alticola* und *P. sensibilis* 82,24 % davon ausmachen.

Bezüglich der Unterschiede zwischen den Sektoren lässt sich sagen, dass unter den dominanten Arten eine große Homogenität zwischen den verschiedenen Sektoren in allen Untersuchungsgebieten beobachtet wurde, mit Ausnahme des Seebachtals, wo zwischen dem Sektor T und dem Sektor K ein allmählicher Anstieg von *Orchesella capillata* zu verzeichnen ist, bis sie im Sektor K die am häufigsten vorkommende Art wird, zulasten von Arten mit weiterem Verbreitungsgebiet, die tendenziell nicht spezialisiert sind.

Was die weniger vertretenen Arten betrifft, so weisen diese häufig eine sehr niedrige Häufigkeit auf, die Vergleiche zwischen den Sektoren erschwert. In anderen Fällen ist die Häufigkeit so hoch, dass man Tendenzen entlang der Transekten beobachten kann, die manchmal anscheinend durch spezifische Habitatpräferenzen erklärt werden können (siehe *P. quadriocellatus* im Untersulzbachtal), in anderen Fällen jedoch scheinbar nicht durch spezifische Habitatpräferenzen gerechtfertigt sind (siehe *S. pumilis* in allen Sektoren außer Oberettes). Schließlich ist zu betonen, dass sich dominierende Arten mit einem weiten Verbreitungsgebiet und relativ generalistischen Eigenschaften oft Arten mit einem alpinen/montanen Charakter gegenübersehen, die häufig auf die österreichischen und schweizerischen Alpen beschränkt sind und in einem bestimmten Sektor manchmal dominieren können (siehe *Orchesella alticola* und *Orchesella capillata*).

Wenn man die durchschnittliche Anzahl an Individuen pro Sektor betrachtet, zeigt sich, dass in jedem Untersuchungsgebiet, mit Ausnahme des Untersulzbachtals, der Sektor K die höchste durchschnittliche Anzahl aufweist (die statistische Signifikanz sollte noch überprüft werden). Dies steht nicht ganz im Einklang mit den durchschnittlichen Dichten der Collembolen (Tab. 5-8); dies könnte darauf hinweisen, dass die Juvenilen einen großen Einfluss auf die durchschnittliche Dichte hatten oder dass in einigen Sektoren ein höherer Anteil an Individuen im Boden gefunden wurde als in anderen.

Im Jahr 2017, 2022 und 2024 waren die dominanten Arten in jedem Untersuchungsgebiet ähnlich, manchmal nahezu identisch (siehe Innerschlöss), in anderen Fällen jedoch mit einigen wesentlichen Unterschieden (siehe *T. afurcata* im Seebachtal) oder (*E. lanuginosa* und *O. capillata* im Untersulzbachtal).

Wenn man die Sektoren innerhalb des gleichen Gebiets betrachtet, fällt auf, dass es sowohl Ähnlichkeiten als auch Unterschiede zwischen 2017 und 2024 gibt. Zum Beispiel ist das Muster der dominanten Arten in Oberettes im Jahr 2024 mit den Ergebnissen von 2017 übereinstimmend, während im Untersulzbachtal 2017 und 2024 die Zahl der Arten wie *F. manolachei* im Sektor L und M sowie *P. sensibilis* in allen Sektoren hoch ist, es jedoch auch starke Unterschiede bei den Arten *O. capillata* und *E. lanuginosa* gibt. Ein weiteres Beispiel ist *F.*



manolachei in Innergsschlöss, wo die Art 2017 nur im Sektor K reichlich und dominant war, während sie 2024 in allen Sektoren vorkam.

Allerdings sind nicht alle Veränderungen auf Artenebene zwischen den Sektoren in 2017 und 2024 besonders signifikant. Zum Beispiel war im Seebachtal 2017 *O. flavescens*, eine euryökische Art, mit 15,35 % der Collembolen im Sektor Mitte vertreten, während sie 2024 im gleichen Sektor nur eine sehr geringe Prozentzahl ausmacht.

Allerdings gibt es 2024 einen Anstieg der Art *F. manolachei* (35,4 %), die ebenfalls eine generalistische Art ist.

Andererseits waren im Jahr 2017 im Gebiet Innergsschlöss hygrophile Arten wie *T. afurcata* und *S. schoetti* zusammen in den Sektoren T und M gut vertreten, während 2024 ein erheblicher Rückgang von *T. afurcata* zu verzeichnen ist, *S. schoetti* nicht gefunden wurde und andere hygrophile Arten außer *S. pumilis* (die jedoch überraschenderweise einen Gipfel im Sektor K aufwies) nicht in den Sektoren T und M vertreten sind.

In den kommenden Jahren wird es daher interessant sein, zu beobachten, wie sich die Collembolen-Gemeinschaft entlang des untersuchten Gradienten entwickeln wird.

3.2.2 Oribatidengemeinschaft

Die Oribatida wurden im Labor aus dem Gesamtmaterial aussortiert und zur Artdetermination an Dr. Heinz Schatz gesendet. Bei der Beprobung im Jahr 2024 wurden insgesamt 14909 Milben gefunden, von denen 13617 bearbeitet und identifiziert wurden. Davon sind 13617 Milben, 10452 Oribatida und 3217 Individuen, die anderen Milbengruppen von geringerer Bedeutung repräsentieren. Von diesen 10452 Oribatida sind 6240 adulte und 4212 juvenilen Individuen. In Tabelle 18 sind die bestimmten Arten alphabetisch geordnet und mit dem Namen des Erstbeschreibers sowie der Jahreszahl der Erstbeschreibung aufgeführt. In den Proben der vier untersuchten alpinen Standorte konnten im Jahr 2024 insgesamt 51 Oribatida-Arten nachgewiesen werden, was die Gesamtartenzahlen der Jahre 2017 (49) und 2022 (29) übersteigt. Auch hier ist dieses Ergebnis umso bemerkenswerter, da die Artenzahl des Standorts Furkapass für 2024 noch nicht integriert wurde. Es lässt sich erkennen, dass im Vergleich zu den Collembolen der Rückgang der gefundenen Arten im Jahr 2022 deutlich größer war als der im Jahr 2017.

Insgesamt lagen die Artenzahlen der vier untersuchten Standorte zwischen 26 (UN) und 29 (SE), womit die Artenzahlen der Standorte im Jahr 2024 insgesamt höher lagen als im Untersuchungsjahre 2022 (Minimum: 10 (OB), Maximum: 18 (SE)) und 2017 (Minimum: 17 (IN, OB), Maximum: 24 (SE)). Wie bei den Collembolen sind diese Unterschiede zwischen den Untersuchungsjahren nicht einfach zu erklären, aber auch bei den Oribatiden ist eine Auswirkung der Temperatur- und Niederschlagsentwicklung und der Beprobungstermin sicher ausschlaggebend.

Im Jahr 2024 konnten im Vergleich zu 2017 und 2022 die folgende 19 Arten auf den 4 Standorten neu nachgewiesen werden (blau gefärbt, siehe Tabelle 19): *Jugatala angulata*, *Melanozetes interruptus*, *Camisia solhoeyi*, *Cymbaeremaeus cymba*, *Kunstdamaeus sp.*, *Eueremaeus oblongus*, *Micreremus brevipes*, *Micreremus gracilior*, *Mycobates parmelliae*, *Nothrus borussicus* (nur als Juvenile), *Nothrus palustris*, *Microppia minus*, *Oppiella splendens*, *Phauloppia lucorum*, *Phauloppia rauschenensis*, *Passalozetes intermedius*, *Passalozetes perforatus*, *Suctobelba altvateri*, *Pantelozetes alpestris*. Von den 2024 zusätzlich gefundenen Arten sind als alpin bekannt: *Camisia solhoeyi*, *Jugatala angulata*, *Melanozetes interruptus*, *Mycobates parmelliae*, *Pantelozetes alpestris*, *Trhypochthonius tectorum*.

Im Jahr 2024 wurden dagegen die folgenden 18 Arten nicht gefunden: *Berniniella bicarinata*, *Camisia biurus*, *Camisia horrida*, *Ceratoppia bipilis*, *Conoppia palmicincta*, *Damaeus clavipes*, *Eueremaeus valkanovi*, *Eupelops curtippilus*, *Jugatala cribelliger*, *Liacarus coracinus*, *Mycobates alpinus*, *Niphocephus nivalis*, *Oppiella subpectinata*, *Oribatella quadricornuta*, *Oribatula amblyptera*, *Peloptulus phaeonotus*, *Trichoribates incisellus*, *Unduloribates undulatus*.

Insbesondere wurden die meisten der Arten, die 2024 nicht gefunden wurden, auch 2022 nicht nachgewiesen. Es ist bemerkenswert, dass es einen deutlichen Artenwechsel insgesamt zwischen 2017 und 2024 gegeben hat. Allerdings sind die meisten der "neuen" Arten sowie die Arten, die seit 2017 oder 2022 nicht mehr gefunden wurden, Arten mit sehr niedriger Dichte. Diese sind tendenziell schwieriger in jedem Jahr zu beproben, und ihre Präsenz/Abwesenheit lässt sich daher möglicherweise nicht durch spezifische Umweltfaktoren erklären, sondern eher mit dem Zeitpunkt der Beprobung.

Der Fund der Art *Micreremus gracilior* (1 Ind. in OB) ist bemerkenswert. Diese seltene Art ist vorwiegend als arboricol bekannt und in ihrer Verbreitung in eher trockenen Lebensräumen in Mittel- und Südeuropa gefunden worden (in Italien bisher nur in Süditalien), in Nordtirol in Trockenrasen. Von manchen Autoren wird diese Art als Synonym von der häufigeren *Micreremus brevipes* angesehen, die im Matschertal auch gefunden wurde.

Eine weitere Entdeckung, die zu erwähnen ist, ist der erste dokumentierte Nachweis von *Camisia solhoeyi* für Salzburg (gefunden im Standort Untersulzbachtal).



Wie im Fall der Collembolen ist auch nicht zu vernachlässigen, dass das komplette Artenspektrum der Oribatida auf den untersuchten Standorten und den damit assoziierten Biotoptypen an den drei Probenahmetermine (Sommer 2017, 2022, 2024) vermutlich noch nicht komplett erfasst wurde. Hier wäre eine Probenahme auf den Standorten zu einem Frühjahrs- oder Herbsttermin eine Option.

Wie in den Untersuchungsjahren 2017 und 2022 stellten auch auf den vier Standorten relativ wenige Arten das Gros der Oribatida (Tabelle 18). *Carabodes marginatus* hatte am Standort IN (512), *Tectocephus sarekensis* am Standort SE (318), *Tectocephus velatus* am Standort UN (384) und *Trichoribates scillierensis* am Standort OB (426) die größten Häufigkeiten innerhalb der Oribatidengemeinschaft (siehe Tabelle 19). Diese vier Arten erreichten somit zusammen einen Anteil von 49,3% an der Gesamtpopulation der Oribatida, und da insgesamt 51 Arten gefunden wurden, ist dies ein erheblicher Anteil.

Zudem überschreiten 35 der 51 gefundenen Arten nicht die 1%-Marke aller gefundenen Oribatiden, und 45 der 51 Arten überschreiten nicht die 5%-Marke aller gefundenen Oribatida.

Im Gesamten machen Individuen, die zu alpinen Arten gehören, 50,14% aller gefundenen Oribatida aus, und der Anteil alpiner Arten beträgt 33,3% aller gefundenen Arten. Die oben genannten Prozentsätze spiegeln wider, dass die dominierenden Oribatida-Gemeinschaften an den vier Standorten immer alpine Arten umfassen. Mehrere Arten der Familie Ceratozetidae sind als überwiegend alpinen oder montanen Ursprung bekannt. Vertreter dieser Familie kommen in allen Untersuchungsflächen dominant vor. Dies gilt auch für die Mycobatidae und einige Arten der Oribatulidae und Achipteriidae. Daneben kommen in allen Gebieten auch eurypotente Arten vor, teilweise mit relativ hohen Abundanzen, wie zum Beispiel die ubiquitären Arten der Tectocephidae.

Bezüglich der Tabelle 18 gibt es zwei Klarstellungen. Die erste ist, dass *Kunstitidamaeus* sp. möglicherweise *K. tecticola* ist, aber es besteht keine Sicherheit darüber; dennoch macht es Sinn, sie als eine zusätzliche Art im Vergleich zu den gefundenen zu zählen. Die zweite ist, dass die Familie der Mycobatidae jetzt Punctoribatidae heißt; jedoch wurde aus Gründen der Konsistenz mit der Nomenklatur der anderen Endberichte (Meyer et al., 2019 und Blasbichler und Seeber, 2023) der Name Mycobatidae beibehalten.

Familie / Art	IN	SE	UN	OB	SUM	%	Verbreitung	Habitat- bindung
Achipteriidae								
<i>Anachipteria shtanchaevae</i> (Subías, 2009)	274	2	8	1	285	4,57	mseur	alpin li mu xe
Brachychthoniidae								
<i>Brachychthonius berlesei</i> (Willmann, 1928)	12	30	96		138	2,21	hol	mu si
<i>Liochthonius sellnicki</i> (Thor, 1930)		3	5	29	37	0,59	hol	mh pr
<i>Liochthonius strenzkei</i> (Forsslund, 1963)	31	15		23	69	1,11	hol	pr si
Caleremaeidae								
<i>Caleremaeus monilipes</i> (Michael, 1882)	1	71			72	1,15	eur	ar si
Carabodidae								
<i>Carabodes labyrinthicus</i> (Michael, 1879)	1	11	3		15	0,24	hol	eu ar mu si
<i>Carabodes marginatus</i> (Michael, 1884)	512	8	184	1	705	11,30	pal	eu mu si
<i>Carabodes schatzi</i> (Bernini, 1976)	135	2	10		147	2,36	eur	alpin (li)
Ceratozetidae								
<i>Fuscozetes intermedius</i> (Caroli & Maffia, 1934)	10	19	35	111	175	2,80	mseur	alpin
<i>Jugatala angulata</i> (C.L. Koch, 1839)		1			1	0,02	meu	alpin ar

<i>Melanozetes interruptus</i> (Willmann, 1953)		1			1	0,02	pal	alpin mu
<i>Melanozetes meridianus</i> (Sellnick, 1928)	22	153	107	3	285	4,57	boreoalpin	alpin mu si
<i>Oromurcia sudetica</i> (Willmann, 1939)	29	36	40		105	1,68	mseur	alpin hy pr ty
<i>Trichoribates berlesei</i> (Jacot, 1929)	18	8	2		28	0,45	hol	eu ar mu pr xe
<i>Trichoribates scilierensis</i> (Bayartogtokh & Schatz 2008)		214	1	426	641	10,27	alp end	ar mu si alpin
Crotoniidae								
<i>Platynothrus peltifer</i> (C.L. Koch, 1939)	1	33			34	0,54	hol-cos	eu
<i>Camisia solhoei</i> (Colloff, 1993)			5		5	0,08	pal	alpin ty
Cymbaeremaeidae								
<i>Cymbaeremaeus cymba</i> (Nicolet, 1855)	1				1	0,02	hol	eu ar li mu xe
Damaeidae								
<i>Kunstidamaeus diversipilis</i> (Willmann, 1921)	1		9		10	0,16	alp end	alpin li mu pr
<i>Kunstidamaeus sp.</i>				2	2	0,03		
Eremaeidae								
<i>Eueremaeus oblongus</i> (C.L. Koch, 1835)			1	2	3	0,05	hol	mu si xe ar
Malaconothridae								
<i>Malaconothrus monodactylus</i> (Michael, 1888)	5	51	77		133	2,13	hol-cos	hy pr si ty
Micreremidae								
<i>Micreremus brevipes</i> (Michael, 1888)	1				1	0,02	pal	ar si li mu xe
<i>Micreremus gracilior</i> (Willmann, 1932)				1	1	0,02	pal	ar hy
Mycobatidae								
<i>Mycobates carli</i> (Schweizer, 1922)	183	96	69	227	575	9,21	mseur	alpin li mu
<i>Mycobates parmeliae</i> (Michael, 1884)				8	8	0,13	hol	ar li mu alpin
Nothridae								
<i>Nothrus palustris</i> (C.L. Koch, 1839)				1	1	0,02	hol	hy pr si
Oppiidae								
<i>Dissorhina ornata</i> (Oudemans, 1900)	3	2	7		12	0,19	hol	eu si
<i>Micropopia minus</i> (Paoli, 1908)	1		1		2	0,03	hol-cos	eu xe
<i>Oppiella nova</i> (Oudemans, 1902) (<i>Oppiella</i>)	1			1	2	0,03	hol-cos	eu
<i>Oppiella splendens</i> (C.L. Koch, 1841) (<i>Oppiella</i>)				1	1	0,02	hol	si
<i>Oppiella unicarinata</i> (Paoli, 1908) (<i>Moritzoppia</i>)		10		4	14	0,22	hol	alpin mh mu si
Oribatulidae								

<i>Oribatula interrupta</i> (Willmann, 1939)	109	150	177	192	628	10,06	pal	alpin li mu
<i>Oribatula longelamellata</i> (Schweizer, 1956)				191	191	3,06	mseur	alpin
<i>Phauloppia lucorum</i> (C.L. Koch, 1841)			1		1	0,02	hol	ar li xe
<i>Phauloppia rauschenensis</i> (Sellnick, 1908)				2	2	0,03	pal	ar si
Parakalummidae								
<i>Neoribates aurantiacus</i> (Oudemans, 1914)		30	1		31	0,50	hol	pr si mh
Passalozetidae								
<i>Passalozetes intermedius</i> (Mihelčič, 1954)				1	1	0,02	pal	pr xe
<i>Passalozetes perforatus</i> (Berlese, 1910)				2	2	0,03	pal	pr xe
Phenopelopidae								
<i>Eupelops plicatus</i> (C.L. Koch, 1835)	12	17	16		45	0,72	hol	eu ar si
Phthiracaridae								
<i>Phthiracarus globosus</i> (C.L. Koch, 1841)		1			1	0,02	hol	eu si ty hy
Scheloribatidae								
<i>Liebstadia similis</i> (Michael, 1888)	1		15		16	0,26	hol-cos	eu hy si pr
Scutoverticidae								
<i>Provertex kuehnelti</i> (Mihelčič, 1959)		9		2	11	0,18	boreoalpin	li mu xe
Suctobelbidae								
<i>Suctobelba altvateri</i> (Moritz, 1970)	1				1	0,02	mseur	hy mu si
<i>Suctobelba trigona</i> (Michael, 1888)		3			3	0,05	pal	eu mu si
Tectocephidae								
<i>Tectocephus minor</i> (Berlese, 1903)				4	4	0,06	hol-cos	si xe
<i>Tectocephus sarekensis</i> (Trägårdh, 1910)	54	363	158	78	653	10,46	hol-cos	eu
<i>Tectocephus velatus</i> (Michael, 1880)	318	184	384	194	1080	17,30	hol-cos	eu
Thyrisomidae								
<i>Pantelozetes alpestris</i> (Willmann, 1929)				11	11	0,18	hol	mu si alpin
<i>Pantelozetes paolii</i> (Oudemans, 1913)	1		2		3	0,05	hol	eu pr si
Trhypochthoniidae								
<i>Trhypochthonius tectorum</i> (Berlese, 1896)		1		46	47	0,75	hol-cos	mu pr xe alpin
Summe Individuen	1738	1524	1414	1564	6240	100,00		
Summe Arten	27	29	26	27	51			

Tabelle 18: Individuenzahlen der adulten Oribatida an den einzelnen Standorten. Erläuterung Verbreitung: cos kosmopolitisch; hol Holarktis; pal Paläarktis; eu Europa; meu Mitteleuropa; mseur Mittel- Süd- Südosteuropa; boreoalpin; alp end alpin endemisch. Erläuterung Habitatbindung: alpin; ar arboricol; eu euryök; ty tyrphophil; hy hygrophil; mh mesohygrophil; pr



praticol; li lichenicol; mu muscicol; si silvicol; xe xerophil/xerobiont. Eine blaue Schriftfarbe haben Arten, die 2024 im Vergleich zu den Beprobungen 2017 und 2022 zusätzlich nachgewiesen wurden.

3.2.2.1 Artenspektrum pro Standort entlang der Sektoren

Um die Verteilung der Arten entlang des Schneeschmelzgradienten zu bewerten, wurden Tabellen erstellt, die die Situation für jeden Standort grafisch darstellen (Tab. 19-22)

Seebachtal

Im Seebachtal konnten 1524 adulte Oribatida bestimmt werden, die 29 Arten aus 17 Familien repräsentieren. Im Jahr 2022 wurden 993 adulte Exemplare identifiziert, die in 18 Arten aus 11 Familien gruppiert sind, während im Jahr 2017 1022 adulte Exemplare aus 24 Arten und 17 Familien identifiziert wurden.

Es ist zudem bemerkenswert, dass im Seebachtal 2024 2 neue Arten gefunden wurden (*Jugatala angulata*, *Melanozetes interruptus*), die im Vergleich zu den Arten, die in den anderen Jahren der Sammlung gefunden wurden, neu sind (Tab. 19).

Im Seebachtal dominieren die Tectocepheidae mit 35,9% der Individuen und 2 Arten. Die Familie mit den meisten Arten sind jedoch die Ceratozetidae (7 Arten), die aber nur die zweitmeist vertretene Familie in Bezug auf Individuen (28,4%) darstellt. Im Jahr 2017 (49,3%, 5 Arten) und im Jahr 2022 (39,8%, 5 Arten) war die Familie Ceratozetidae die am häufigsten vertretene Familie in Bezug auf die Anzahl der Individuen und Arten.

Aus Tabelle 20 geht hervor, dass die häufigsten Arten *Tectocepheus sarekensis* (23,8%), *Trichoribates scilierensis* (14%), *Tectocepheus velatus* (12%), *Melanozetes meridianus* (10%) und *Oribatula interrupta* (9,8%) sind. *Tectocepheus sarekensis* ist eine kosmopolitische, holoartische, euryökische Art; *Trichoribates scilierensis* ist eine endemische Art der Alpen, die in Baum- und alpinen, moosigen und waldigen Habitaten vorkommt; *Tectocepheus velatus* ist eine kosmopolitische, holoartische, euryökische Art; *Melanozetes meridianus* ist eine boreo-alpine Art, die an kalte Klimazonen angepasst ist und typischerweise alpine Habitats, Wälder und Moose bevorzugt; *Oribatula interrupta* ist eine Art mit weiträumiger Verbreitung (palaarktisch), die alpine Habitats mit Moosen und Flechten bevorzugt.

Es lässt sich also feststellen, dass die am häufigsten vertretenen Arten tendenziell eine weite weltweite Verbreitung haben, mit Ausnahme von *T. scilierensis*, das endemisch in den Alpen ist. *T. sarekensis* und *T. velatus* sind tendenziell generalistische Arten, während die anderen moosliebend sind und in einigen Fällen auch alpine, baum- oder waldbewohnende Arten sind. Ihre Präsenz zeigt jedoch, dass sie sich gut auch oberhalb der Waldgrenze anpassen können (die Standorte liegen alle auf über 2300 Metern über dem Meeresspiegel). Es muss jedoch daran erinnert werden, dass ein Transect im Seebachtal den niedrigsten Teil des Sektors mit Zwergsträuchern bedeckt hat.

Im Jahr 2022 waren die häufigsten Arten sehr ähnlich (Blasbichler und Seeber, 2023): *Tectocepheus sarekensis* (19,2%), *T. velatus* (18,8%), *Trichoribates scilierensis* (18%), *Melanozetes meridianus* (16,7%). Im Jahr 2017 waren die häufigsten Arten fast die gleichen (Meyer et al., 2019): *Melanozetes meridianus* (21%), *Trichoribates scilierensis* (20%), *Mycobates carli* (10%), *Oribatula interrupta* (9%) und *Tectocepheus sarekensis* (8%).

Im Seebachtal weisen die Sektoren Tal (T), Mitte (M) und Kopf (K) eine unterschiedliche Anzahl an Arten auf (Tab. 19). Im T-Sektor wurden 17 Arten gefunden, im M-Sektor 26 und im K-Sektor 20. Unter diesen gibt es Arten, die nur im T-Sektor vorkommen (*Carabodes schatzi*, *Oromurcia sudetica*), nur im M-Sektor (*Anachipteria shtanchaevae*, *Liochthonius sellnicki*, *Carabodes labyrinthicus*, *Melanozetes interruptus*, *Phthiracarus globosus*, *Trhypochthonius tectorum*) und nur im K-Sektor (*Jugatala angulata*), obwohl die meisten nur in sehr geringer Anzahl vorkommen (1 bis 3 Individuen), mit Ausnahme von *Oromurcia sudetica* (36 Individuen).

Aus Tabelle 19 lässt sich entnehmen, dass der Tal-Sektor eine insgesamt geringe Individuenzahl aufweist (467), im Vergleich zum Mitte-Sektor (517) und Kopf-Sektor (540).

Wenn man die Zellen mit verschiedenen Orangetönen betrachtet, die je nach Intensität die drei häufigsten Arten in jedem Sektor darstellen (siehe Beschreibung in Tabelle 19), fällt sofort auf, dass *Tectocepheus sarekensis* in jedem Sektor unter den 3 häufigsten Arten vorkommt, mit einem Höhepunkt im Sektor K. *Tectocepheus velatus* gehört in 2 von 3 Sektoren (M und K) zu den 3 häufigsten Arten. Schließlich gehören *Oribatula interrupta*, *Trichoribates scilierensis*, *Melanozetes meridianus* und *Caleremaeus monilipes* in nur einem Sektor zu den drei häufigsten Arten. Besonders hervorzuheben ist die hohe Präsenz von *T. scilierensis* im Tal-Sektor, was mit seiner Assoziation zu moosreichen Umgebungen übereinstimmt. Die Tatsache, dass die beiden Arten von *Tectocepheus* in allen drei Sektoren häufig sind, ist mit ihrer ökologischen Toleranz vereinbar. *Melanozetes meridianus* ist eine boreo-alpine Art, die in moosreichen Gebieten lebt, weshalb ihre hohe Präsenz im Tal-Sektor mit ihren Eigenschaften



übereinstimmt. *Caleremaeus monilipes* ist eine europäische, waldbewohnende Art, was zeigt, dass sie, obwohl sie bevorzugt in Waldgebieten vorkommt, auch oberhalb der Waldgrenze zu finden ist.

Oromurcia sudetica, eine alpine hygrophile Art, kommt nur im tiefsten Sektor vor. *Oppiella unicarinata* ist ebenfalls eine alpine hygrophile Art, kommt aber nur in den Sektoren Mitte und Kopf vor. *Neoribates aurantiacus* ist eine hygrophile, waldbewohnende Art und ebenfalls nur in den Sektoren Mitte und Kopf zu finden. *Provertex kuehnelti* ist eine lichenicolous, moos- und xerophile Art, deren Präsenz in den Sektoren Mitte und Kopf, insbesondere im Kopf-Sektor, mit ihren Umweltpräferenzen übereinstimmt.

Im Vergleich zu 2017 gibt es sowohl Ähnlichkeiten als auch Unterschiede. Im Jahr 2017 war *T. scilierensis* in allen drei Sektoren relativ häufig, mit einem Höhepunkt im Kopf-Sektor. *M. meridianus* war die häufigste Art in den Tal- und Mitte-Sektoren (Tab. 8 Meyer et al., 2019). Andererseits gehörten euryökische Arten wie *T. velatus* und *T. sarekensis* nie zu den drei häufigsten Arten in allen drei Sektoren, und insbesondere die Zahl von *T. velatus* war sehr gering. Allerdings war die euryökische Art *Platynothrus peltifer* in einem Sektor (H) häufig. Auch 2017 zeigte sich, wie auch 2024, ein Gradientenmuster der Häufigkeit von *O. interrupta* vom Tal-Sektor zum Kopf-Sektor, mit einem relativ hohen Höhepunkt auch im Jahr 2017.

Seebachtal (3 Transekte)						
Arten/Transektabschnitte	L (Tiefster Bereich)	M (mittlerer Bereich)	H (oberer Bereich)			
Anzahl Probenpunkte	n=10	n=10	n=10		n=30	
	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Bereich mit den meisten Individuen	Tot Ind	% Tot
<i>Anachipteria shtanchaevae</i>	0	0,2	0	M	2	0,13
<i>Brachychthonius berlesei</i>	0,4	2,1	0,5	M	30	1,97
<i>Liochthonius sellnicki</i>	0	0,3	0	M	3	0,20
<i>Liochthonius strenzkei</i>	0,1	0,1	1,3	K	15	0,98
<i>Caleremaeus monilipes</i>	0	6,9 (13,4%)	0,2	M	71	4,66
<i>Carabodes labyrinthicus</i>	0	1,1	0	M	11	0,72
<i>Carabodes marginatus</i>	0,2	0,5	0,1	M	8	0,52
<i>Carabodes schatzi</i>	0,2	0	0	T	2	0,13
<i>Fuscozetes intermedius</i>	0,6	0,8	0,5	M	19	1,25
<i>Jugatala angulata</i>	0	0	0,1	K	1	0,07
<i>Melanozetes interruptus</i>	0	0,1	0	M	1	0,07
<i>Melanozetes meridianus</i>	9,2 (19,7%)	4,5	1,6	T	153	10,04
<i>Oromurcia sudetica</i>	3,6	0	0	T	36	2,36
<i>Trichoribates berlesei</i>	0	0,6	0,2	M	8	0,52
<i>Trichoribates scilierensis</i>	13,2 (28,3%)	4,4	3,8	T	214	14,04
<i>Platynothrus peltifer</i>	1	1,3	1	M	33	2,17
<i>Malaconothrus monodactylus</i>	3	1,9	0,2	T	51	3,35
<i>Mycobates carli</i>	2,5	3,1	4	K	96	6,30
<i>Dissorhina ornata</i>	0,1	0,1	0	T/M	2	0,13
<i>Oppiella unicarinata</i>	0	0,5	0,5	M/K	10	0,66
<i>Oribatula interrupta</i>	1	2,4	11,6 (21,5%)	K	150	9,84
<i>Neoribates aurantiacus</i>	0	1,7	1,3	M	30	1,97
<i>Eupelops plicatus</i>	0,4	0,3	1	K	17	1,12
<i>Phthiracarus globosus</i>	0	0,1	0	M	1	0,07
<i>Provertex kuehnelti</i>	0	0,2	0,7	K	9	0,59
<i>Suctobelba trigona</i>	0,1	0,1	0,1	/	3	0,20
<i>Tectocepheus sarekensis</i>	6,7 (14,3%)	12 (23,2%)	17,6 (32,6%)	K	363	23,82

<i>Tectocephus velatus</i>	4,4	6,3 (12,2%)	7,7 (14,3%)	K	184	12,07
<i>Trhypochthonius tectorum</i>	0	0,1	0	M	1	0,07
Summe	46,7	51,7	54,0	M	1524	100,00
Summe Arten	17	26	20		29	

Tabelle 19. Die Tabelle zeigt die durchschnittliche Anzahl von Oribatida pro Art basierend auf dem entsprechenden Sektor vom Seebachtal. Die farbigen Zellen kennzeichnen die 3 häufigsten Arten innerhalb jedes Sektors: das intensivste Orange kennzeichnet die am häufigsten vorkommende Art, das Orange mittlerer Intensität zeigt die zweithäufigste Art an, und das blassere Orange kennzeichnet die dritthäufigste Art. In Klammern sind die Häufigkeiten in Prozent angegeben. Eine blaue Schriftfarbe haben Arten, die 2024 im Vergleich zu den Beprobungen 2017 und 2022 zusätzlich nachgewiesen wurden.

Innerschlöss

Im Innerschlöss konnten 1738 adulte Oribatida bestimmt werden, die 27 Arten aus 18 Familien repräsentieren. Im Jahr 2022 wurden 1352 adulte Exemplare identifiziert, die in 15 Arten aus 11 Familien gruppiert sind, während im Jahr 2017 790 adulte Exemplare aus 17 Arten und 11 Familien identifiziert wurden.

Es ist zudem bemerkenswert, dass im Innerschlöss 2024 vier Arten gefunden wurden (*Cymbaeremaeus cymba*, *Micreremus brevipes*, *Microppia minus*, *Suctobelba altvateri*), die im Vergleich zu den Arten, die in den anderen Jahren der Sammlung gefunden wurden, neu sind (Tab. 20).

Im Innerschlöss dominieren die Carabodidae mit 37,3% der Individuen und 3 Arten. Die Familie mit den meisten Arten ist jedoch die Ceratozetidae (4 Arten). Auch im Jahr 2017 (64,3%) und im Jahr 2022 (30,3%) war die Familie Carabodidae die am häufigsten vertretene Familie in Bezug auf die Anzahl der Individuen.

Die häufigsten Arten sind *Carabodes marginatus* (29,5%), *Tectocephus velatus* (18,3%), *Anachipteria shtanchaevae* (15,8%), *Mycobates carli* (10,5%) und *Carabodes schatzi* (7,8%). *Carabodes marginatus* ist eine paläarktische, moos- und waldbewohnende Art, die jedoch als euryök bezeichnet werden kann; *Tectocephus velatus* ist eine kosmopolitische, holoartische euryökische Art; *Anachipteria shtanchaevae* ist typisch für Mittel-, Süd- und Südosteuropa und kommt in alpinen Habitaten vor, meist mit Moosen und Flechten, gedeiht jedoch auch bei Wasserknappheit (xerobiont); *Mycobates carli* ist eine Art, die in Mittel-, Süd- und Südosteuropa lebt und alpinen, moos- und flechtenbewohnenden Charakter hat; *Carabodes schatzi* ist eine europäische, alpine und flechtenbewohnende Art.

Es lässt sich also feststellen, dass sowohl europäische Arten als auch Arten mit globalerer Verbreitung vertreten sind. Diese Arten sind moos- und/oder flechtenbewohnend, einige sind mehr waldbewohnend und weisen eine breite ökologische Toleranz auf, während andere typisch alpine Arten sind.

Im Jahr 2022 waren die häufigsten Arten die gleichen (Blasbichler und Seeber, 2023): *Anachipteria shtanchaevae* (29,5%), *Carabodes marginatus* (28,3%), *Tectocephus velatus* (12,4%) und *Mycobates carli* (11,5%). Auch im Jahr 2017 waren die häufigsten Arten praktisch die gleichen (Meyer et al., 2019): *Carabodes marginatus* (48%), *Carabodes schatzi* (16%), *Mycobates carli* (9%), *Tectocephus sarekensis* (6%) und *Oromurcia sudetica* (6%).

Im Innerschlöss haben die Sektoren Tal (T), Mitte (M) und Kopf (K) eine unterschiedliche Anzahl von Arten (Tabelle 20). Im T-Sektor wurden 21 Arten gefunden, im M-Sektor 15 und im K-Sektor 20. Unter diesen gibt es Arten, die nur im T-Sektor vorkommen (*Carabodes labyrinthicus*, *Kunstdamiaeus diversipilis*, *Oppiella nova*, *Suctobelba altvateri*, *Pantelozetes paolii*), nur im M-Sektor (*Microppia minus*, *Liebstadia similis*) und nur im K-Sektor (*Caleremaeus monilipes*, *Platynothrus peltifer*, *Cymbaeremaeus cymba*, *Micreremus brevipes*) mit einer minimalen Präsenz (1 Individuum).

Aus Tabelle 20 lässt sich entnehmen, dass der Tal-Sektor eine insgesamt sehr niedrige Individuenzahl aufweist (193) im Vergleich zum Mitte-Sektor (407) und Kopf-Sektor (1138).

Wenn man die Zellen mit verschiedenen Orangetönen betrachtet, die je nach Intensität die 3 häufigsten Arten in jedem Sektor darstellen (siehe Beschreibung in Tabelle 20), fällt sofort auf, dass *Tectocephus velatus*, *Mycobates carli* und *Carabodes marginatus* in zwei Sektoren unter den drei häufigsten Arten vorkommen. *Anachipteria shtanchaevae*, *Carabodes schatzi* und *Oromurcia sudetica* sind in nur einem Sektor unter den drei häufigsten Arten. *Oromurcia sudetica* ist eine hygrophile, alpine Art aus Mittel-, Süd- und Südosteuropa und kommt nur im niedrigsten Sektor vor, was mit dem Sektor übereinstimmt, der zum Zeitpunkt der Sammlung theoretisch den feuchtesten Boden aufwies. *Anachipteria shtanchaevae* ist eine alpine, lichenicolous, moos- und xerophile Art, deren Häufigkeit im Kopf-Sektor im Vergleich zu den anderen beiden Sektoren mit ihren allgemeinen Eigenschaften übereinstimmt.

Oribatula interrupta, wie auch im Seebachtal, zeigt eine zunehmende Häufigkeit vom Tal-Sektor zum Kopf-Sektor.



Von daher zeigt sich vom Tal- zum Mitte-Sektor eine Übergangsphase der drei häufigsten Arten, wobei *M. carli* und *T. velatus* im Tal-Sektor dominieren, und zunehmend *C. marginatus* im Kopf-Sektor die häufigste Art wird, zusammen mit *A. shtanchaevae* und *C. schatzi*, die in den anderen Sektoren nie unter den häufigsten Arten vorkamen, obwohl *T. velatus* auch im Kopf-Sektor eine hohe Häufigkeit beibehält (ähnliche Prozentsätze wie *C. schatzi*). Darüber hinaus werden im Verlauf vom Tal- zum Kopf-Sektor hygrophile Arten wie *Oromurcia sudetica* in Bezug auf die relative Häufigkeit von xerophilen Arten wie *A. shtanchaevae* ersetzt.

Im Jahr 2017 war die Situation ähnlich. Tatsächlich berichteten Meyer et al. (2019): „Die hygrophile *O. sudetica* hat bemerkenswerterweise ihren Verbreitungsschwerpunkt im tiefsten Bereich. Die eudominanten *C. marginatus* und *C. schatzi* bevorzugen deutlich den obersten Bereich. Dazu zählt auch *Anachipteria shtanchaevae*, eine alpine xerobionte Art.“ Eine so häufige Art wie *T. velatus* war jedoch 2017, wie auch im Seebachtal, nur schwach vertreten.

Innergsschlöss (5 Transekte)						
Arten/Transektabschnitte	L (Tiefster Bereich)	M (mittlerer Bereich)	H (oberer Bereich)			
Anzahl Probenpunkte	n=10	n=10	n=10		n=30	
	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Bereich mit den meisten Individuen	Tot Ind	% Tot
<i>Anachipteria shtanchaevae</i>	0,4	3,3	23,7 (20,8%)	K	274	15,77
<i>Brachychthonius berlesei</i>	0,3	0	0,9	K	12	0,69
<i>Liochthonius strenzkei</i>	0,9	1,1	1,1	M	31	1,78
<i>Caleremaeus monilipes</i>	0	0	0,1	K	1	0,06
<i>Carabodes labyrinthicus</i>	0,1	0	0	T	1	0,06
<i>Carabodes marginatus</i>	0,4	6,1 (15%)	44,7 (39,3%)	K	512	29,46
<i>Carabodes schatzi</i>	0,1	0,9	12,5 (11%)	K	135	7,77
<i>Fuscozetes intermedius</i>	0,7	0	0,3	T	10	0,58
<i>Melanozetes meridianus</i>	1,4	0,5	0,3	T	22	1,27
<i>Oromurcia sudetica</i>	2,7 (14%)	0,1	0,1	T	29	1,67
<i>Trichoribates berlesei</i>	1,4	0,1	0,3	T	18	1,04
<i>Platynothrus peltifer</i>	0	0	0,1	K	1	0,06
<i>Cymbaeremaeus cymba</i>	0	0	0,1	K	1	0,06
<i>Kunstidamaeus diversipilis</i>	0,1	0	0	T	1	0,06
<i>Malaconothrus monodactylus</i>	0,1	0	0,4	K	5	0,29
<i>Micreremus brevipes</i>	0	0	0,1	K	1	0,06
<i>Mycobates carli</i>	2,9 (15%)	8,9 (21,9%)	6,5	M	183	10,53
<i>Dissorhina ornata</i>	0,1	0,1	0,1	/	3	0,17
<i>Microppia minus</i>	0	0,1	0	M	1	0,06
<i>Oppiella nova</i>	0,1	0	0	T	1	0,06
<i>Oribatula interrupta</i>	1,2	2,4	7,3	K	109	6,27
<i>Eupelops plicatus</i>	0,1	0,3	0,8	K	12	0,69
<i>Liebstadia similis</i>	0	0,1	0	M	1	0,06
<i>Suctobelba altvateri</i>	0,1	0	0	T	1	0,06
<i>Tectocephus sarekensis</i>	1,1	2	2,3	K	54	3,11
<i>Tectocephus velatus</i>	5 (25,9%)	14,7 (36,1%)	12,1	M	318	18,30
<i>Pantelozetes paolii</i>	0,1	0	0	T	1	0,06
Summe	19,3	40,7	113,8	K	1738	100,00
Summe Arten	21	15	20		27	



Tabelle 20. Die Tabelle zeigt die durchschnittliche Anzahl von Oribatida pro Art basierend auf dem entsprechenden Sektor vom Innergschlöss. Die farbigen Zellen kennzeichnen die 3 häufigsten Arten innerhalb jedes Sektors: das intensivste Orange kennzeichnet die am häufigsten vorkommende Art, das Orange mittlerer Intensität zeigt die zweithäufigste Art an, und das blassere Orange kennzeichnet die dritthäufigste Art. In Klammern sind die Häufigkeiten in Prozent angegeben. Eine blaue Schriftfarbe haben Arten, die 2024 im Vergleich zu den Beprobungen 2017 und 2022 zusätzlich nachgewiesen wurden.

Untersulzbachtal

Im Untersulzbachtal wurden 1414 adulte Oribatida bestimmt, die 26 Arten aus 16 Familien repräsentieren. Im Jahr 2022 wurden 790 adulte Exemplare identifiziert, die 17 Arten aus 11 Familien umfassen, während im Jahr 2017 1712 adulte Exemplare aus 16 Arten und 12 Familien bestimmt wurden.

Es ist zu beachten, dass im Untersulzbachtal vier neue Arten (*Camisia solhoeyi*, *Eueremaeus oblongus*, *Microppia minus*, *Phauloppia lucorum*) im Jahr 2024 im Vergleich zu den anderen Jahren der Sammlung gefunden wurden. Im Untersulzbachtal dominieren die Tectocephidae mit 38,3% der Individuen und 2 Arten. Die Familie mit den meisten Arten ist jedoch die der Ceratozetidae (5 Arten). Auch im Jahr 2017 (34,8%) und im Jahr 2022 (36,9%) war die Familie Tectocephidae in Bezug auf die Individuenzahl die am stärksten vertretene Familie.

Wie aus Tabelle 21 ersichtlich, sind die häufigsten Arten *Tectocephus velatus* (27,1%), *Carabodes marginatus* (13%), *Oribatula interrupta* (12,5%), *Tectocephus sarekensis* (11,2%) und *Melanozetes meridianus* (7,6%).

Tectocephus velatus ist eine kosmopolitische, holoarktische euryökologische Art; *Carabodes marginatus* ist eine palaarktische, moos- und waldbewohnende Art, die ebenfalls als euryök bezeichnet werden kann; *Oribatula interrupta* ist eine Art mit weiter Verbreitung (palaarktisch), die in alpinen, moos- und flechtenreichen Lebensräumen vorkommt; *Tectocephus sarekensis* ist eine kosmopolitische, holoarktische euryökologische Art; *Melanozetes meridianus* ist eine boreoalpine Art, die an kalte Klimazonen angepasst ist und typische alpine Lebensräume sowie Wälder und moosreiche Umgebungen bevorzugt.

Es lässt sich feststellen, dass die am häufigsten vertretenen Arten eine sehr weite geographische Verbreitung haben. Diese Arten bevorzugen moosreiche Lebensräume, aber viele von ihnen sind ökologisch sehr tolerant, während andere spezifischere alpine Lebensräume bevorzugen.

Im Jahr 2022 waren die häufigsten Arten praktisch die gleichen (Blasbichler und Seeber, 2023): *Carabodes marginatus* (26,2%), *T. sarekensis* (20,1%), *T. velatus* (16,8%) und *M. carli* (13,2%). Im Jahr 2017 waren die häufigsten Arten praktisch die gleichen, mit der Ausnahme von *M. monodactylus*, einer kosmopolitischen, hygrophilen und waldbewohnenden Art (Meyer et al., 2019): *Tectocephus sarekensis* (19%) und *Malaconothrus monodactylus* (19%), *Tectocephus velatus* (16%), *Carabodes marginatus* (12%), *Melanozetes meridianus* (8%).

Im Untersulzbachtal haben die Sektoren Tal (T), Mitte (M) und Kopf (K) unterschiedliche Anzahl an Arten (Tab. 21). In T wurden 15 Arten gefunden, in M 17 und in K 20. Unter diesen gibt es Arten, die nur im Sektor T vorkommen (*Trichoribates scilierensis*, *Camisia solhoeyi*), nur im Sektor M (*Carabodes schatzi*, *Trichoribates berlesei*, *Phauloppia lucorum*) und nur im Sektor K (*Liochthonius sellnicki*, *Carabodes labyrinthicus*, *Kunstidamaeus diversipilis*, *Eueremaeus oblongus*, *Microppia minus*, *Neoribates aurantiacus*) mit niedriger Individuenzahl (von 1 bis 10 Individuen). Aus der Tabelle 21 kann man entnehmen, dass der Sektor Tal eine insgesamt niedrige Individuenzahl aufweist (377), im Vergleich zu den Sektoren Mitte (471) und Kopf (556).

Wenn man die Zellen mit verschiedenen Orangetönen betrachtet, die je nach Intensität die 3 am häufigsten vertretenen Arten in jedem Sektor darstellen (siehe Beschreibung in Tabelle 21), fällt sofort auf, dass *Tectocephus velatus* und *Carabodes marginatus* in zwei Sektoren zu den drei häufigsten Arten gehören. *Brachychthonius berlesei*, *Melanozetes meridianus*, *Malaconothrus monodactylus*, *Oribatula interrupta* und *Tectocephus sarekensis* gehören jeweils nur in einem Sektor zu den drei häufigsten Arten.

Brachychthonius berlesei ist eine muscicole und silvicole Art mit weiter geografischer Verbreitung (holarktisch) und hat ihren Höchststand im Sektor Kopf; *Malaconothrus monodactylus* ist eine holarktische/kosmopolitische, hygrophile, prakticolische, silvicole Art, die manchmal mit Mooren assoziiert wird, und ihre maximale Präsenz im Sektor Tal könnte durch ihre Eigenschaften erklärt werden. *Oribatula interrupta* ist eine palaarktische, alpine, lichenicole und muscicole Art, die, wie auch in Seebachtal und Innergschlöss, eine zunehmende Individuenzahl vom Sektor Tal zum Sektor Kopf zeigt. *Oromurcia sudetica*, wie auch in Seebachtal und Innergschlöss, zeigt einen Höchststand der Individuenzahl im Sektor Tal. *Kunstidamaeus diversipilis* ist eine endemische Art der Alpen, die in alpinen Lebensräumen lebt, prakticolisch, muscicolisch und lichenicolisch ist und nur im Sektor Kopf gefunden wurde.

Insgesamt gibt es also Arten, die in fast allen Sektoren gut vertreten sind und die die euryöken Arten sind (*C. marginatus*, *T. velatus*, *T. sarekensis*), und Arten, die Spitzen in einem bestimmten Sektor aufweisen (*M. meridianus*,



O. sudetica, *M. monodactylus*, *B. berlesei*), die manchmal mit dem zu erwartenden Vegetationsgradienten übereinstimmen (*M. monodactylus*, *O. sudetica*) und manchmal nicht vollständig durch ihre Eigenschaften gerechtfertigt sind (*B. berlesei*).

Im Jahr 2017 war die Situation ähnlich (Meyer et al., 2019): *M. monodactylus* und *M. meridianus* hatten bemerkenswerterweise ihren Verbreitungsschwerpunkt im tiefsten Bereich. *C. marginatus*, *T. velatus* und *T. sarekensis* hatten tendenziell Höchststände im mittelhohen Bereich. Dazu gehört auch *Anachipteria shtanchaevae*, eine alpine xerobionte Art. Allerdings war eine so häufige Art wie *B. berlesei* im Jahr 2017 nur wenig vertreten. Auch 2017 war die Anzahl der Arten pro Sektor im Tal am geringsten und im Kopf am höchsten.

Untersulzbachtal (5 Transekte)						
Arten/Transektabschnitte	L (Tiefster Bereich)	M (mittlerer Bereich)	H (oberer Bereich)			
Anzahl Probenpunkte	n=10	n=10	n=10		n=30	
	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Bereich mit den meisten Individuen	Tot Ind	% Tot
<i>Anachipteria shtanchaevae</i>	0	0,7	0,1	M	8	0,57
<i>Brachychthonius berlesei</i>	0,6	1,3	7,7 (13,6%)	K	96	6,79
<i>Liochthonius sellnicki</i>	0	0	0,5	K	5	0,35
<i>Carabodes labyrinthicus</i>	0	0	0,3	K	3	0,21
<i>Carabodes marginatus</i>	1,7	7 (14,9%)	9,7 (17,1%)	K	184	13,01
<i>Carabodes schatzi</i>	0	1	0	M	10	0,71
<i>Fuscozetes intermedius</i>	1,1	1	1,4	K	35	2,48
<i>Melanozetes meridianus</i>	8,4 (22,3%)	1,4	0,9	T	107	7,57
<i>Oromurcia sudetica</i>	3,9	0,1	0	K	40	2,83
<i>Trichoribates berlesei</i>	0	0,2	0	M	2	0,14
<i>Trichoribates scilierensis</i>	0,1	0	0	T	1	0,07
<i>Camisia solhoeyi</i>	0,5	0	0	T	5	0,35
<i>Kunstdamaeus diversipilis</i>	0	0	0,9	K	9	0,64
<i>Eueremaeus oblongus</i>	0	0	0,1	K	1	0,07
<i>Malaconothrus monodactylus</i>	4,7 (12,5%)	0,8	2,2	T	77	5,45
<i>Mycobates carli</i>	3,7	1,1	2,1	T	69	4,88
<i>Dissorhina ornata</i>	0	0,1	0,6	K	7	0,50
<i>Microppia minus</i>	0	0	0,1	K	1	0,07
<i>Oribatula interrupta</i>	5,2 (13,8%)	5,3	7,2	K	177	12,52
<i>Phauloppia lucorum</i>	0	0,1	0	M	1	0,07
<i>Neoribates aurantiacus</i>	0	0	0,1	K	1	0,07
<i>Eupelops plicatus</i>	0,3	0,3	1	K	16	1,13
<i>Liebstadia similis</i>	0,1	1	0,4	M	15	1,06
<i>Tectocepheus sarekensis</i>	3,1	6,9 (14,6%)	5,8	M	158	11,17
<i>Tectocepheus velatus</i>	4,2	18,8 (39,9%)	15,4 (27,2%)	M	384	27,16
<i>Pantelozetes poolii</i>	0,1	0	0,1	T/K	2	0,14
Summe	37,7	47,1	56,6	K	1414	100,00
Summe Arten	15	17	20		26	

Tabelle 21. Die Tabelle zeigt die durchschnittliche Anzahl von Oribatida pro Art basierend auf dem entsprechenden Sektor vom Untersulzbachtal. Die farbigen Zellen kennzeichnen die 3 häufigsten Arten innerhalb jedes Sektors: das intensivste Orange kennzeichnet die am häufigsten vorkommende Art, das Orange mittlerer Intensität zeigt die zweithäufigste Art an, und das



blässere Orange kennzeichnet die dritthäufigste Art. In Klammern sind die Häufigkeiten in Prozent angegeben. Eine blaue Schriftfarbe haben Arten, die 2024 im Vergleich zu den Beprobungen 2017 und 2022 zusätzlich nachgewiesen wurden.

Oberettes

Im Oberettes konnten 1564 adulte Oribatida determiniert werden, welche 27 Arten aus 16 Familien repräsentieren. Im Jahr 2022 wurden 451 adulte Tiere identifiziert, die in 11 Arten aus 6 Familien gruppiert werden konnten, während im Jahr 2017 1001 adulte Tiere aus 18 Arten, die 8 Familien angehören, identifiziert wurden. Es ist auch bemerkenswert, dass im Oberettes zehn neue Arten für das Jahr 2024 insgesamt gefunden wurden (siehe Arten in Blau in Tabelle 22) im Vergleich zu den Arten, die in den anderen Jahren der Probennahme gefunden wurden.

Im Oberettes dominieren die Ceratozetidae mit 34,5% der Individuen und 3 Arten. Was die Familie mit den meisten Arten betrifft, so kann man aus Tabelle 22 entnehmen, dass es mehrere Familien mit 3 Arten gibt. Auch im Jahr 2017 (50%) und im Jahr 2022 (66,7%) war die Familie Ceratozetidae die am meisten vertretene Familie in Bezug auf die Individuenzahl.

Aus Tabelle 22 kann man erkennen, dass die am häufigsten vorkommenden Arten *Trichoribates scillierensis* (27,2%), *Mycobates carli* (14,5%), *Tectocepheus velatus* (12,4%), *Oribatula interrupta* (12,3%) und *Oribatula longelamellata* (12,2%) sind. Die Präsenz von *Oribatula longelamellata* wurde nur im Oberettes registriert, während sie in den anderen Jahren der Probennahme in Furka und/oder Oberettes vorkam.

Trichoribates scillierensis ist eine endemische Art der Alpen, arborikol, alpin, muscicol und silvicol; *Mycobates carli* ist eine Art, die im Mittel-, Süd- und Südosteuropa vorkommt und alpin, muscicol und lichenicol ist; *Tectocepheus velatus* ist eine kosmopolitische holarktische euryöke Art; *Oribatula interrupta* ist eine Art mit weit verbreiteter Verbreitung (paläarktisch), alpin, lichenicol und muscicol; *Oribatula longelamellata* ist eine Art, die im Mittel-, Süd- und Südosteuropa in alpinen Lebensräumen lebt. Es fällt auf, dass die häufigsten Arten im Oberettes entweder ein sehr großes Verbreitungsgebiet haben oder, wie *T. scillierensis*, endemisch in den Alpen sind. Diese Arten bevorzugen mosige Lebensräume, einige bevorzugen alpine Lebensräume, während andere auch in Wäldern vorkommen. Im Jahr 2022 waren die häufigsten Arten (Blasbichler und Seeber, 2023) die folgenden: *Fuscozetes intermedius* (33%), *Trichoribates scillierensis* (31,9%), *Tectocepheus velatus* (14,2%). Bemerkenswert ist das Vorkommen von *Fuscozetes intermedius*, einer Art, die im Mittel-, Süd- und Südosteuropa verbreitet ist und alpin lebt. Im Jahr 2017 waren die häufigsten Arten ähnlich (Meyer et al., 2019): *Trichoribates scillierensis* (37%), *Oribatula longelamellata* (17%), *Fuscozetes intermedius* (10%) und *Tectocepheus velatus* (9%).

Im Oberettes haben die Sektoren Tal (T), Mitte (M) und Kopf (K) eine sehr ähnliche Anzahl an Arten (Tab. 22). In T und M wurden 19 Arten gefunden, während in K 18 Arten festgestellt wurden. Unter diesen gibt es Arten, die nur im Sektor T vorkommen (*Anachipteria shtanchaevae*, *Micreremus gracilior*, *Oppiella nova*, *Oppiella splendens*), nur im Sektor M (*Carabodes marginatus*, *Phauloppia rauschenensis*) und nur im Sektor K (*Nothrus palustris*, *Passalozetes intermedius*, *Provertex kuehnelti*) mit sehr niedriger Präsenz (maximal 2 Individuen). Aus Tabelle 22 ist ersichtlich, dass der Sektor Tal eine insgesamt niedrige Individuenzahl aufweist (456), im Vergleich zu den Sektoren Mitte (545) und Kopf (563).

Wenn man die Zellen mit verschiedenen Orangetönen betrachtet, die je nach Intensität die drei am häufigsten vertretenen Arten in jedem Sektor darstellen (siehe Beschreibung in Tabelle 22), fällt auf, dass *Trichoribates scillierensis* die häufigste Art in jedem Sektor ist; *Oribatula longelamellata* und *Tectocepheus velatus* gehören zu den drei häufigsten Arten in zwei Sektoren. Während *Mycobates carli* und *Oribatula interrupta* jeweils zu den drei häufigsten Arten in nur einem Sektor gehören.

Die hohe Präsenz von *T. scillierensis* in jedem Sektor deutet darauf hin, dass diese Art nicht sehr spezialisiert ist; *Oribatula longelamellata* wurde 2024 nur im Oberettes gefunden und ist eine Art aus dem Mittel-, Süd- und Südosteuropa, die in alpinen Lebensräumen vorkommt; *M. carli* erreicht seinen Höhepunkt im Sektor Kopf. *Oribatula interrupta* zeigt im Vergleich zu den anderen Standorten keine zunehmende Individuenzahl vom Sektor Tal zum Sektor Kopf.

Es fällt auch auf, dass die Gemeinschaft in allen Sektoren von alpinen Arten dominiert wird, mit Ausnahme von *T. velatus*. Alle fünf oben genannten Arten sind jedoch in jedem Sektor gut vertreten. *Trhypochthonius tectorum* ist eine alpine Art, die prakticolisch, muscicolisch und xerophil ist, und im Oberettes ist sie in den Sektoren Mitte und Kopf häufiger als im Sektor Tal. Insgesamt gibt es also keine großen Unterschiede zwischen den drei Sektoren in Bezug auf die am häufigsten vertretenen Arten.

Im Jahr 2017 war die Situation ähnlich (Meyer et al., 2019): Die dominierenden Arten *Trichoribates scillierensis*, *Oribatula longelamellata*, *Fuscozetes intermedius* und *Tectocepheus velatus* waren entlang der Transektenbereiche



nahezu gleich verteilt und sind, mit Ausnahme von *T. velatus* (euryök), alpine Arten. *Mycobates carli*, eine weitere dominierende alpine Art (14%), wurde hauptsächlich in den oberen Bereichen der Transekten gefunden. Im Gegensatz dazu ist *O. interrupta* 2024 häufiger vertreten als 2017.

Oberettes (3 Transekte)						
Arten/Transektabschnitte	L (Tiefster Bereich)	M (mittlerer Bereich)	H (oberer Bereich)			
Anzahl Probenpunkte	n=10	n=10	n=10		n=30	
	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Mittelwerte (Ind./Anzahl Probenpunkte)	Bereich mit den meisten Individuen	Tot Ind	% Tot
<i>Anachipteria shtanchaevae</i>	0,1	0	0	T	1	0,06
<i>Liochthonius sellnicki</i>	1,7	0,6	0,6	T	29	1,85
<i>Liochthonius strenzkei</i>	0,8	1	0,5	M	23	1,47
<i>Carabodes marginatus</i>	0	0,1	0	M	1	0,06
<i>Fuscozetes intermedius</i>	2,4	3,3	5,4	K	111	7,10
<i>Melanozetes meridianus</i>	0	0,2	0,1	M	3	0,19
<i>Trichoribates scilierensis</i>	15,4 (33,8%)	12,3 (22,6%)	14,9 (26,5%)	T	426	27,24
<i>Kunstidamaeus sp.</i>	0,1	0,1	0	T/M	2	0,13
<i>Eueremaeus oblongus</i>	0	0,1	0,1	M/K	2	0,13
<i>Micreremus gracilior</i>	0,1	0	0	T	1	0,06
<i>Mycobates carli</i>	3,5	6,6	12,6 (22,4%)	K	227	14,51
<i>Mycobates parmeliae</i>	0,5	0	0,3	K	8	0,51
<i>Nothrus palustris</i>	0	0	0,1	K	1	0,06
<i>Oppiella nova</i>	0,1	0	0	T	1	0,06
<i>Oppiella splendens</i>	0,1	0	0	T	1	0,06
<i>Oppiella unicarinata</i>	0,1	0,3	0	M	4	0,26
<i>Oribatula interrupta</i>	6,6 (14,5%)	6,2	6,4	T	192	12,28
<i>Oribatula longelamellata</i>	3,5	9 (16,5%)	6,6 (11,7%)	M	191	12,21
<i>Phauloppia rauschenensis</i>	0	0,2	0	M	2	0,13
<i>Passalozetes intermedius</i>	0	0	0,1	K	1	0,06
<i>Passalozetes perforatus</i>	0,1	0,1	0	T/M	2	0,13
<i>Provertex kuehnelti</i>	0	0	0,2	K	2	0,13
<i>Tectocepheus minor</i>	0	0,3	0,1	M	4	0,26
<i>Tectocepheus sarekensis</i>	4,3	2,8	0,7	T	78	4,99
<i>Tectocepheus velatus</i>	5,7 (12,5%)	8,1 (14,9%)	5,6	M	194	12,40
<i>Pantelozetes alpestris</i>	0,1	0,9	0,1	M	11	0,70
<i>Trhypochthonius tectorum</i>	0,4	2,3	1,9	M	46	2,94
Summe	45,6	54,5	56,3	M	1564	100,00
Summe Arten	19	19	18		27	

Tabelle 22. Die Tabelle zeigt die durchschnittliche Anzahl von Oribatida pro Art basierend auf dem entsprechenden Sektor vom Oberettes. Die farbigen Zellen kennzeichnen die 3 häufigsten Arten innerhalb jedes Sektors: das intensivste Orange kennzeichnet die am häufigsten vorkommende Art, das Orange mittlerer Intensität zeigt die zweithäufigste Art an, und das blassere Orange kennzeichnet die dritthäufigste Art. In Klammern sind die Häufigkeiten in Prozent angegeben. Eine blaue Schriftfarbe haben Arten, die 2024 im Vergleich zu den Beprobungen 2017 und 2022 zusätzlich nachgewiesen wurden.



3.2.2.2 Zusammenfassung

Was die Oribatida betrifft, ist es schwierig, eine allgemeingültige Schlussfolgerung für alle Standorte zu ziehen, besonders weil jeder Standort seinen eigenen Artenpool hat. Innerhalb jedes Standorts gibt es jedoch häufige Arten, die euryök sind, also generalistischer (wie *C. marginatus*, *T. velatus* zum Beispiel), gefolgt von alpinen und spezialisierteren Arten, möglicherweise muscicol und/oder lichenicol (wie *M. carli*, *O. interrupta*, *M. meridianus* zum Beispiel) und manchmal auch xerophilen Arten (wie *A. shtanchaevae* zum Beispiel). Im Oberettes wird die Gemeinschaft von alpinen Arten dominiert, während die anderen Standorte mehr oder weniger gleichwertige Vertretungen alpiner und euryöker Arten aufweisen.

Auch bei den Oribatida scheint Seebachtal der diverseste Standort hinsichtlich der Artendichte und der Gemeinschaftsstruktur zu sein: Tatsächlich macht die Summe der Anteile der fünf häufigsten Arten 69,8% aller Oribatida aus, die in Seebachtal gefunden wurden, mit Anteilen zwischen 23,82% und 9,84%. Das genaue Gegenteil ist Innerschlöss, wo die fünf häufigsten Arten 81,83% aller Oribatida ausmachen, die in Innerschlöss gefunden wurden, mit Anteilen zwischen 29,46% und 7,77%. Untersulzbachtal macht mit den fünf häufigsten Arten 71,43% der Oribatida aus, die in Untersulzbachtal gefunden wurden, mit Anteilen zwischen 27,16% und 7,57%, während Oberettes mit den fünf häufigsten Arten 78,64% der Oribatida ausmacht, mit Anteilen zwischen 27,24% und 12,21%.

Was die Unterschiede zwischen den Sektoren betrifft, gibt es euryöke Arten, die tendenziell in jedem Sektor relativ häufig sind, und dann gibt es spezialisierte Arten (zum Beispiel hygrophile oder muscicole Arten), die in den für sie günstigeren Sektoren Spitzenwerte erreichen (siehe zum Beispiel *O. sudetica* in Innerschlöss oder *A. shtanchaevae* in Innerschlöss), und schließlich gibt es alpine Arten, die tendenziell lichenicol und/oder muscicol sind (wie *M. carli*), aber nicht immer ein klares Präferenzmuster entlang des untersuchten Gradienten zeigen. Insbesondere treten die größten Schwankungen in den äußeren Sektoren der Transekten (Tal und Kopf) auf, während im Sektor Mitte tendenziell eine Dominanz von generalistischen oder nicht zu stark spezialisierten Arten besteht.

Im Jahr 2017, 2022 und 2024 waren die dominierenden Arten in jedem Standort nahezu immer gleich oder sehr ähnlich. Wenn man die Unterschiede zwischen 2017 und 2024 auf Sektorebene in jedem Standort betrachtet, findet man wiederum sehr starke Ähnlichkeiten, mit Ausnahme von Seebachtal, wo die dominierenden Arten und die Sektoren, in denen diese Arten dominant waren, ziemlich unterschiedlich sind.

3.3 Allgemeine Schlussfolgerungen

Mit den Ergebnissen aus 2024, die zu den Ergebnissen der vorherigen Beprobungsjahre hinzugefügt werden, ist es noch zu früh, um Trends entlang der Schneeschmelz- und Vegetationsgradienten zu identifizieren, da nur drei Jahre der Datenerhebung vorliegen. Weitere Probenahmen in den kommenden Jahren sind erforderlich, um einen statistisch haltbaren Trend (falls vorhanden) zu erkennen. Eine weitere Beprobung im Jahr 2026 wird deshalb unbedingt empfohlen.

Die Ergebnisse von 2024 deuten darauf hin, dass es für die mittlere Dichte von Collembola vorerst keinen eindeutigen Trend zu geben scheint, während für die Oribatida 2024 zum ersten Mal ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Sektoren (Kopf und Mitte im Vergleich zu Tal) festgestellt wurde. Im Allgemeinen gab es 2024 mehr statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Sektoren Kopf, Mitte und Tal bei den Oribatida im Vergleich zu den Collembola an den einzelnen Standorten. Wenn die mittlere Dichte pro Sektor der drei Erhebungsjahre für die einzelnen Standorte berücksichtigt wird, ist fast immer der tiefste Sektor in den Transekten derjenige, der die niedrigste mittlere Dichte an Oribatida zeigt (wenn auch noch nicht statistisch getestet). Bei den Collembola wurde bisher kein Hinweis auf ein ähnliches Muster festgestellt.

Dass kein klarer Gradient in den Abundanzen der Collembola und Oribatida zu sehen ist (besonders bei den Collembola), könnte darauf zurückzuführen sein, dass es eine hohe Variabilität in der Dichte von Oribatida und Collembola auf sehr kleinem Raum gibt. Diese Variabilität tritt oft horizontal (innerhalb des Sektors) statt vertikal (zwischen den Sektoren) auf, mit Aggregationen von Collembola und Oribatida an bestimmten Probenpunkten. Die Homogenität aus vertikaler Sicht (zwischen den Sektoren) könnte zusätzlich durch die geringe Teststärke der statistischen Tests erklärt werden, die statistisch signifikante Unterschiede aufgrund der hohen Variabilität



innerhalb der Sektoren noch nicht feststellen können (entsprechende multivariate Analysen werden nach der vierten Beprobungsnahme durchgeführt werden). Außerdem könnte es darauf hindeuten, dass es tatsächlich eine Homogenität zwischen den Sektoren gibt, zum Beispiel, weil die Transekte ein Mosaik von günstigen Mikrobedingungen (allgemein oder für bestimmte Arten) darstellen. Diese Mikrobedingungen können mehrfach entlang des Transekts vorkommen, was zu einer teilweisen Heterogenität innerhalb der Sektoren führen könnte. Dies wird durch die Tatsache unterstützt, dass sowohl bei den Oribatida als auch bei den Collembola die Verteilung einer spezialisierten Art entlang des untersuchten Gradienten nicht immer mit ihren Habitatpräferenzen übereinstimmt (z.B. siehe *Sphaeridia pumilis* in Innergschlöss oder *Oppiella unicarinata* in Seebachtal). Zusätzlich ist die Dichte dieser Arten im allgemeinen oft niedrig und daher nicht geeignet, um Vergleiche zwischen den Sektoren anzustellen.

Die Ergebnisse zeigen also, dass die beobachtete Variabilität in der Dichte der Collembola sehr wahrscheinlich nicht hauptsächlich durch den untersuchten Schneeschmelz- und Vegetationsgradienten erklärt werden kann, sondern vielmehr durch andere Faktoren wie das Artenpool und die relativen Abundanzen an den Erhebungsstandorten, meteorologische Bedingungen, lokale Mikrobedingungen und die Variabilität zwischen den Transekten innerhalb des gleichen Standorts. Außerdem könnte diese Homogenität dadurch verursacht wird, dass speziell die Collembola, die in der Streu leben und über eine Sprunggabel verfügen, sehr mobil sind, sodass sie sich leicht zwischen den Sektoren bewegen können und die Transekte daher möglicherweise zu klein sind, um Unterschiede zu beobachten (Seeber et al., 2021). Was die etwas weniger mobilen Oribatida betrifft, scheint die beobachtete Variabilität in der Dichte besser durch den untersuchten Gradienten erklärt werden zu können, obwohl, wie bei den Collembola, auch hier andere Faktoren eine Rolle bei der Beeinflussung der Verteilung der Oribatida spielen. Als allgemeiner Vorschlag für zukünftige Erhebungen wäre es ratsam, die Erhebungsperioden zu erweitern, um das gesamte Spektrum der Arten abzudecken. Aufgrund der hohen Variabilität der Oribatida und Collembola ist es oft schwierig, eine zuverlässige Schätzung der Mittelwerte zu erhalten und echte Unterschiede zu erkennen (besonders bei den Oribatida). Von statistischer Seite wird in solchen Fällen (geringer Unterschied bei hoher Variabilität) empfohlen, die Probenzahl zu erhöhen, jedoch in Abwägung der sensiblen Standorte und der destruktiven Beprobung.

Wenn man die Unterschiede zwischen den verschiedenen Beprobungsjahren betrachtet, fällt auf, dass 2024 ein besonders ergiebiges Jahr für Collembola und Oribatida in Bezug auf ihre Häufigkeit war, insbesondere wenn man die juvenilen Individuen berücksichtigt. Wie bereits in den entsprechenden Unterkapiteln erwähnt, sind diese Ergebnisse nicht leicht zu interpretieren, können jedoch zum Teil auf die Wetterbedingungen im Vergleich zu 2022 zurückgeführt werden, einem Jahr mit geringen Frühjahrs- und Sommerniederschlägen sowie hohen Temperaturen. Eine Ausnahme zu dieser Annahme stellt das Seebachtal dar, wo weniger Unterschiede in Bezug auf die mittlere Dichte der Oribatida zwischen den Jahren zu beobachten waren (Tab. 10), und sogar eine höhere mittlere Dichte von Collembola im Jahr 2022 im Vergleich zu den anderen Jahren nachgewiesen wurde.

Wenn man die Tabellen, die die Artenspektren darstellen (Tab. 13 und 18), betrachtet und mit denen der anderen Beprobungsjahre vergleicht, finden sich starke Ähnlichkeiten bei den dominierenden und am häufigsten vorkommenden Arten an den einzelnen Standorten, insbesondere bei den Oribatida; bei den Collembola gibt es etwas mehr Unterschiede zwischen den Jahren, besonders an den Standorten, an denen sehr häufige Arten in den letzten Jahren 2024 deutlich zurückgegangen sind und umgekehrt. Einige dieser Unterschiede sollten in den nächsten Beprobungsjahren weiterhin beobachtet werden, wie zum Beispiel der starke Rückgang von hygrophilen Arten wie *T. afurcata* und *S. schoetti* von 2017 bis 2024, insbesondere an den Standorten Innergschlöss und Seebachtal. Zudem ist ein großer Wandel bei den Arten mit sehr niedriger Dichte zu beobachten. Zum Beispiel wurden bei den adulten Oribatida insgesamt 18 „neue“ Arten registriert und 18 Arten, die in den anderen Beprobungsjahren gefunden wurden, aber nicht mehr im Jahr 2024 (insbesondere im Vergleich zu 2017). Darüber hinaus scheinen die Unterschiede in der Gesamtzahl der adulten Individuen an den einzelnen Standorten (siehe z. B. Tab. 14 und 19) auf eine Mischung aus allgemeinen Zunahmen und Abnahmen der am häufigsten vorkommenden Arten in den einzelnen Jahren und den Maxima oder Minima bestimmter Arten zurückzuführen zu sein. Ein markantes Beispiel dafür ist *T. afurcata* in Seebachtal, wo die Zahl von etwa 600 Individuen in 2017 und 2022 auf 34 Individuen im Jahr 2024 sank, und von *Orchesella capillata* in Untersulzbachtal, wo sie 2017 nicht nachweisbar war, 2022 jedoch 527 Individuen entdeckt wurden und 2024 sogar 1509 Individuen identifiziert wurden.

Die Artenspektren an den einzelnen Standorten (Tab. 14-17; Tab. 19-22) deuten darauf hin, dass die dominierenden Collembola-Arten in allen Sektoren im Allgemeinen Generalisten oder tolerant gegenüber den Umweltveränderungen entlang der Transekten sind, während spezialisierte Arten in der Regel eine geringe Dichte



aufweisen oder nicht immer klare Präferenzmuster zwischen den Sektoren zeigen. Im Jahr 2017 waren hygrophile Arten wie *T. afurcata* oder *S. schoetti* an einigen Standorten häufiger vertreten und dominierten in den mittel- bis unteren Sektoren der Transekten.

Die Oribatida-Gemeinschaft hingegen war im Allgemeinen vielfältiger und ausgewogener, mit einer Mischung aus dominanten Generalistenarten, die entlang des gesamten Transekts günstige Bedingungen finden könnten, und dominanten Spezialistenarten. Auch bei den dominierenden Generalistenarten wurden gelegentlich Präferenzen für die mittel-hohen Sektoren beobachtet, anstatt dass sie gleichmäßig über die verschiedenen Sektoren verteilt waren. Darüber hinaus zeigten die dominierenden spezialisierten Arten oft einen Anstieg der Abundanz in einem der beiden äußeren Sektoren.

Zusätzlich wurde die Gesamtzahl der gefundenen Oribatida-Arten auf 51 festgelegt, wobei an den einzelnen Standorten zwischen 26 und 29 Arten gefunden wurden. Die Gesamtzahl der gefundenen Collembola-Arten (Erwachsene) beträgt 32, wobei an den einzelnen Standorten zwischen 21 und 24 Arten gefunden wurden. Dies deutet darauf hin, dass die Standorte zunächst reicher an Oribatida-Arten sind als an Collembola und dass zweitens die Überschneidung der Arten zwischen den verschiedenen Standorten bei den Collembola größer ist als bei den Oribatida. Dies stimmt mit den Ergebnissen der anderen Beprobungsjahre überein.

Abschließend deuten die Gesamtergebnisse des dritten Beprobungsjahres darauf hin, dass Collembola möglicherweise keine guten Indikatoren für Unterschiede entlang des untersuchten Umweltgradienten sind, obwohl es an einigen Standorten interessant sein könnte, das Vorkommen hygrophiler Arten zu beobachten – insbesondere in den Mitte- und Tal-Sektoren. Die Oribatida hingegen scheinen vielversprechender zu sein, auch im Hinblick auf ein mögliches Monitoring zukünftiger Veränderungen entlang der Umweltgradienten.

Für eine aussagekräftigere Darstellung der Mesofauna wird jedoch eine umfassendere und vollständigere Beprobung empfohlen – allerdings unter der Voraussetzung, dass zusätzliche Schäden an den untersuchten Standorten vermieden werden.

Schließlich ist zu beachten, dass in diesem Bericht keine Daten aus Furka enthalten sind, die möglicherweise weitere Hinweise auf potenzielle Trends liefern könnten.



Literatur

Blasbichler Helene, Seeber Julia (2023): Langzeitmonitoring von Ökosystemprozessen im Nationalpark Hohe Tauern, Modul 03 – Bodenmesofauna – Endbericht 2023.

Greensdale, P. (1991): Collembola (springtails). In: The insects of Australia, Volume 1 (2nd ed.), 252-264. Carlton: Melbourne. University Press.

Greensdale, P. (1994): Collembola. In: Zoological catalogue of Australia, Volume 22. Protura, Collembola, Diplura (ed. W. W. K. Houston), 19-138. CSIRO, Melbourne.

Josse, E. N. G. (1981): Ecological strategies and population regulation of Collembola in heterogeneous environments. *Pedobiologia* 21: 346-314.

Meyer, Erwin (2018): Langzeitmonitoring von Ökosystemprozessen im Nationalpark Hohe Tauern. Zwischenbericht 2018 zum Modul 03: Bodenmesofauna.

Meyer, Erwin (2019): Langzeitmonitoring von Ökosystemprozessen im Nationalpark Hohe Tauern. Modul 03: Bodenmesofauna. Methoden-Handbuch. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien. ISBN-Online: 978-3-7001-8751-6, doi: 10.1553/GCP_LZM_NPHT_Modul03.

Meyer, E. , H. Schatz, HJ. Schulz, A. Rief, S. Meyer (2019): Interdisziplinäres, integratives Monitoring- und Forschungsprogramm zur langfristigen, systematischen Ökosystembeobachtung im Nationalpark Hohe Tauern 2016-2019. - Modul 03: Bodenmesofauna. Unveröffentlichter wissenschaftlicher Bericht im Auftrag des Nationalparks Hohe Tauern.

Nationalparkrat Hohe Tauern & National Committee for Global Change at the Austrian Academy of Sciences (Eds.). (2020). Synthese der Startphase 2016-2018. In Monitoring- und Forschungsprogramm zur langfristigen Ökosystembeobachtung im Nationalpark Hohe Tauern. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. https://doi.org/10.1553/GCP_LZM_NPHT_Synthese.

Seeber, J., Newesely, C., Steinwandter, M., Rief, A., Körner, C., Tappeiner, U., & Meyer, E. (2021). Soil invertebrate abundance, diversity, and community composition across steep high elevation snowmelt gradients in the European Alps. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 53(1), 288–299. <https://doi.org/10.1080/15230430.2021.1982665>.

Potapov, M. B. (2001): Synopses on Palearctic Collembola Part III: Isotomidae. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz* 73: 1-603.

Salamon, J.-A. (2001): Die Collembolengemeinschaften in Buchen- und Fichtenwäldern des Sollings: Der Einfluss von Baummischung, Nahrung und mechanischer Störung. - *Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme*, Göttingen, Reihe A, Band 176 (Dissertation).

Thibaud, J.-M., Schulz, H. J. & da Gama, M. M. (2004): Synopses on Palearctic Collembola Part IV: Hypogastruridae. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz* 75: 1-287.



eurac research



Herausgeber:

Nationalparkrat Hohe Tauern

Kirchplatz 2, 9971 Matri

Tel.: +43 (0) 4875 / 5112 | E-Mail: nationalparkrat@hohetauern.at

www.hohetauern.at

