

Zeitschrift: Jahrbuch der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft
Herausgeber: St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft
Band: 43 (1901-1902)

Artikel: Untersuchungen über die Bodenfauna in den Alpen
Autor: Diem, Konrad
Kapitel: VI.: Zusammenstellung der statistischen Resultate
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-834976>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

VI. a) Zusammenstellung der statistischen Resultate.

A. Alpstein-Calfeusental.¹⁾

Standort			N	E	L	M ₁	M ₂	Bw	G	C	A
Höhe	Formation	Nr.									
1300—1800 m	Wiese	1	10	66	4	—	1	16	5	—	—
	Weide	2	9	40	5	2	—	98	?+ ²⁾	1	20
		3	51	179	2	6	1	51	7	11	30
		4	30	115	15	10	5	87	4	3	47
		5	41	655	32	7	3	31	—+	1	17
	Wald	6	67	344	41	—	2	77	6	12	54
		7	2	45	3	2	1	16	—	—	17
		8	6	53	8	33	27	208	74	—	12
		9	—	2	—	—	2	70	1	2	2
	Planggen	10	2	1	1	2	2	8	54	1	1
1800—2300 m	Weide	11	28	461	4	—	—	67	—	15	25
		12	12	376	16	—	4	120	8	—	20
	Wald	13	—	22	—	—	—	44	—	2(18?)	15
	Planggen	14	3	2	—	—	2	24	37	—	4
		15	3	5	1	16	10	31	23	—	3
		16	—	—	—	7	—	7	8	1	5
2300 bis 2700 m	Planggen	17	—	10	—	—	—	2	—	1	1
		18	3	4	—	—	—	—	—	—	—

¹⁾ Pro $\frac{1}{16}$ m².²⁾ + jedoch „Eier“?

B. Avers.

Standort			N	E	L	M ₁	M ₂	Bw	G	C	A
Höhe	For- mation	Nr.									
1800—2300 m	Wiese	19	35	165	2	—	—	169	—+	2	17
		20	120	740	7	—	1	20	—+	—	—
		21	260	127	10	—	—	64	—+	—	12
		22	90	100	1	—	—	6	—+	1	3
	Weide	23	15	38	—	—	—	11	—	1	12
		24	1	3	—	—	—	12	—	—	8
2300—2700 m	Weide	25	70	280	—	—	—	11	—	1	25
		26	6	14	—	—	—	8	1	—	6
		27	2	47	—	—	—	26	—	2	12
		28	—	100	—	—	—	9	—+	9	14
	Planggen	29	15	15	—	—	—	16	?	3	8
		30	74	68	—	—	—	42	—	6	22

C. Fextal.

Standort			N	E	L	M ₁	M ₂	Bw	G	C	A
Höhe	For- mation	Nr.									
1800—2300 m	Wiese	31	30	18	—	—	1	10	1	—	2
		32	33	36	1	—	—	2	—	—	2
		33	60	1220	11	—	—	127	—+	20	50
		34	70	900	3	—	—	197	—	9	52
		35	90	290	13	—	—	33	—+	2	20
		36	5	58	—	2	—	28	—	—	6
		37	30	27	—	—	—	5	—+	—	11
	Weide	38	50	630	18	—	—	177	—	—	—
		39	36	135	—	—	1	13	—	—	8
		40	4	—	2	—	—	15	—+	—	4
		41	3	4	1	—	—	182	—	—	7
		42	4	1	—	—	—	13	—	—	2
		43	15	48	—	—	—	9	—	—	2
	Wald	44	30	46	—	—	—	7	—+	1	16
		45	15	20	—	—	—	2	—	—	3
		46	13	32	—	—	—	7	—	—	13
2300 bis 2700 m	Weide	47	24	50	3	—	—	4	—	1	3
		48	3	1	—	—	—	2	—	—	1
		49	15	176	—	—	—	8	—	1	2

D. Bergell.

Standort			N	E	L	M ₁	M ₂	Bw	G	C	A
Höhe	For- mation	Nr.									
1800—2300 m	Wiese	50	—	—	—	1	—	4	—	—	—
		51	—	24	—	—	8	23	—+	1	3
		52	35	700	15	?	5	126	1	2	15
		53	3	2	1	43	10	55	4	15	—
		54	3	14	1	—	1	4	—	1	6
		55	6	43	7	13	8	38	—	—	5
		56	10	44	6	15	11	34	—+	—	2
		57	5	13	1	4	12	26	2	—	4
		58	—	26	4	—	—	70	2	3	8
		59	45	415	5	18	—	56	—+	10	17
	Weide	60	—	—	2	—	—	4	—	—	—
		61	15	155	17	—	—	39	—+	4	—
		62	15	86	3	2	—	18	—	1	14
	Wald	63	3	4	—	—	—	10	—	4	—
		64	42	66	2	—	30	24	—	—	22
		65	3	12	—	—	5	24	—	6	6
		66	6	90	7	60	20	57	—+	—	11
		67	5	22	—	1	11	133	—	—	9
		68	—	18	5	3	1	10	—	—	1
		69	8	290	7	2	13	42	4	1	12

D. Bergell.

Standort			N	E	L	M ₁	M ₂	Bw	G	C	A
Höhe	For- mation	Nr.									
1800—2300 m	Weide	70	103	1108	11	1	4	129	4	3	30
		71	—	56	8	2	2	15	1	—	5
		72	20	12	—	5	13	8	—+	—	9
		73	20	276	—	—	—	16	—	—	8
		74	—	8	—	—	—	8	—	8	4
		75	18	70	5	3	—	20	9	—	17
	Wald	76	6	36	2	9	4	25	—	—	5
		77	36	308	1	2	1	17	—+	—	29
		78	30	58	1	—	3	49	—+	2	6
		79	—	51	—	—	—	2	—+	—	10
	Planggen	80	18	91	1	—	—	18	4	—	22
		81	1	2	—	—	—	1	—	—	—
2300—2700 m	Weide	82	6	140	—	—	—	8	—	—	16
		83	—	—	1	—	—	1	—+	—	5
		84	44	23	—	—	—	9	—	2	6
		85	24	158	—	—	—	4	—	—	3
		86	1	3	1	—	—	1	—	—	2

b) Ergebnisse nach den statistischen Resultaten, nach Beobachtungen und Versuchen.

In den folgenden Betrachtungen über die Beziehungen der Bodenfauna zum Standort untersuchen wir, gestützt auf unsere statistischen Erhebungen und auf anderweitige Beobachtungen, zunächst die Ergebnisse für jede einzelne Tiergruppe, beziehungsweise für die Arten innerhalb derselben. Durch Vergleichen werden wir dann das Verhalten der Bodenfauna insgesamt und die gegenseitigen Beziehungen der verschiedenen Tierformen festzustellen suchen.

Nematoden.

Frühere Erhebungen über ihr quantitatives Vorkommen im Boden sind uns keine bekannt.

Die absoluten Zahlen unserer Untersuchungsergebnisse dürfen am allerwenigsten für diese Gruppe der Bodenfauna schablonenhaft aufgefasst werden; wenn auch nur die von Auge oder mit der Lupe erkennbaren Individuen in Betracht gezogen werden, ist es doch fast unmöglich, bei der durchschnittlich sehr geringen Grösse alle zu sammeln und zu beobachten.

Die Schwierigkeiten, die einer erschöpfenden Durchsichtung entgegentreten, machen sich aber überall in fast gleichem Masse geltend, so dass eine Vergleichung der Ergebnisse doch ein zutreffendes Bild der tatsächlichen Verhältnisse geben wird. Aktive Veränderungen ihres Standortes finden gerade der kleinen Grösse der Individuen und ihrer geringen Wanderungsfähigkeit wegen in ganz geringem Masse statt.

Die Nematoden bilden einen, zwar nach Quantum und Zahl verhältnismässig kleinen, aber fast überall ver-

tretenen Bestandteil der Bodenfauna der untersuchten Gebiete. Nur in 14 von im ganzen 86 Proben fehlten sie ganz; in 38 Proben finden sie sich aber nur in kleiner Anzahl, 1 bis 15 Stück; in 31 Proben finden sich 16 bis 90, in 3 Proben über 100 bis 260 Individuen.

Die weitaus am zahlreichsten vorkommenden kleinen und mittelgrossen, bis 20 mm langen Bodennematoden fanden wir meistens in der obersten, „humosen“ Schicht, in der Wurzelregion, von 2 bis ca. 10 cm Tiefe, bei vorhandener dünner Humusschicht oft unmittelbar unter dieser; die grossen Formen — Individuen oder Arten? — von 2—14 cm und mehr Länge waren fast ausschliesslich in grösseren Tiefen, bis 30—40 cm unter der Oberfläche und dann vornehmlich in feuchten oder nasskalten Schichten. Ein charakteristisches Beispiel ist Nr. 25.

Aus dem Verhalten an unsern Probestandorten scheint hervorzugehen, dass den Bodennematoden vor allem trockene oder im Feuchtigkeitsgehalte stark schwankende Böden schlecht behagen, also die staubigen, filzigen Humusböden und Humusschichten, dann auch die sand-, grus- und steinreichen Bodenarten. Diese, wie auch feuchte, schwere, nasskalte Tonböden und im allgemeinen auch den feuchten Waldhumus meiden sie entweder ganz oder sie finden sich an solchen Standorten nur in kleiner Zahl vor.

Am besten zusagend sind frische und feuchte, humose, wurzelreiche Lehm- und Mergelböden, auch mergelige Humusböden, die verhältnismässig geringe Feuchtigkeitschwankungen zeigen. Ausnahmen hievon — geringe Anzahl bei günstigen Bodenverhältnissen, wie bei Nr. 40, 41, 43, 86 — scheinen durch besonders rauhe, kalte Lage bedingt zu sein.

Der Pflanzenbestand hat, ausgenommen durch Ent-

wicklung eines reichen Wurzelwerkes, keinen merklichen Einfluss auf die Nematodenfauna, als Ganzes betrachtet, ebensowenig die Gesamtmächtigkeit des Bodens. Nach der Höhenlage, nach Exposition und Neigung, nach der chemisch-mineralogischen Zusammensetzung des Bodens machen sich ebenfalls keine auffälligen Unterschiede geltend. Die geringen Verschiedenheiten der Proben aus verschiedenen Exkursionsgebieten und etwelche Unterschiede nach Bestandesformation (Wiese — Wald) sind wohl durch Bodenverhältnisse hervorgerufen. Wir haben z. B. im Fextal bei den meisten Proben zusagende Böden und dabei auch grössere Häufigkeit der Nematoden als wie im Bergell mit den vielen sandigen, steinigen und Humusböden. Wo aber in letzterm Gebiete die oben festgestellten günstigen Bodenbedingungen sich finden, treten die Nematoden sofort auch in grösserer Anzahl auf. — Ebenso verhält es sich bei den verschiedenen Pflanzenformationen.

Leider war es uns der häufigen Veränderung unseres Standquartieres wegen nur selten möglich, Versuche zu machen. Folgende Resultate mögen hier erwähnt werden:

2 Nematoden aus Nr. 61, 30 mm lang, 0,6 bzw. 1 mm Durchmesser; träge, schwache Reaktion auf Tabakrauch.

Sie zeigen, aus der Erde in reines Brunnenwasser gebracht, nach 2—3 Stunden sehr lebhafte Bewegungen und grössere Reizbarkeit. Einige Stunden später ermatten sie; nach zwei Tagen erfolgt eine Reaktion nur noch auf Berührung mit der Pincette; nach im ganzen 5 Tagen macht ein Versuchstier bei Berührung noch lebhafte schlängelnde Bewegungen; das andere, mit 1 mm Durchmesser, bewegt nur langsam das Kopfende, wenn ich demselben den brennenden Teil der Cigarre nähere.

Nach $6\frac{1}{2}$ bzw. 6 Tagen zeigen beide kaum erkennbare Bewegung und wenige Stunden später keine Lebensäusserungen mehr. — Das Wasser wurde jeden Tag zweimal erneuert und die Tiere zur Untersuchung auf eine feuchte Uherschale gebracht.

Einige Nematoden aus der gleichen Probe, im schattigen Zimmer auf eine trockene Uherschale gelegt, gaben nach weniger als einer halben Stunde auch in feuchter Erde und im Brunnenwasser kein Lebenszeichen mehr.

Diese wenigen Beobachtungen deuten auf grosse Anpassung der entwickelten Individuen der Bodennematoden an Feuchtigkeit — Transporte durch Wasser wären demnach leicht möglich — und auf grosse Empfindlichkeit gegen Trockenheit.

Das Fehlen der mittleren und kleineren Nematodenformen in schweren, feuchten bis nasskalten Standorten und Schichten muss demnach wahrscheinlich auf die Strukturverhältnisse zurückgeführt werden.

Über die Ernährung speziell der Bodennematoden ist nichts Sicheres bekannt. Da sie in reichen Humusböden auch bei genügend Feuchtigkeit nur spärlich vertreten sind, ist kaum anzunehmen, dass zersetzender Humus ihre Nahrung bildet. Wir fanden sie bei zusagenden Bodenverhältnissen am häufigsten in unmittelbarer Nähe der Wurzeln; oft haften sie an diesen; vielleicht ernähren sich die Bodennematoden im allgemeinen von frischen oder lebenden pflanzlichen Stoffen, wie manche Kulturschädlinge ihrer Familie. Unsere Versuche zeigen, dass sie lange ohne solche Nahrung zu leben vermögen.

Enchytræiden.

„Terrestrische Repräsentanten“ dieser Familie finden sich nach Michaelsen und anderen sowohl an mit Wasser

förmlich durchtränkten Orten, im Schlamm, an Wurzeln von Süss- und Salzwasserpflanzen, in Torfmooren, wie auch in modernder Pflanzensubstanz (Baumstrünke, faulendes Laub), in feuchter Erde, in Blumentöpfen und auch in trockenem, festerem Erdreich (*Fridericia-Achæta*- [*Anachæta*] Arten) — vorzugsweise aber leben *Enchytræiden* in feuchter Erde an Pflanzenwurzeln und an von verwesenden Pflanzenresten stark durchsetzten Orten.

Besondere Vorliebe für gewisse Pflanzen zeigt z. B. *Achæta* (*Anachæta*) *bohémica* Vejd., nach Michaelsen (Lit. 39) in wenig feuchter Erde an Wurzeln von Veilchen. Vejdowski hat nach Bretscher Schädigungen der Zuckerrüben — Friend solche der Aster- und Selleriekulturen durch *Enchytræiden* nachgewiesen.

Bretschers Zählungen von *Enchytræiden* ergaben (Lit. 6, 7, 9):

Avers-Cresta, Magermatte, 1950 m pro $\frac{1}{47} \text{ m}^2 = 1620^*$

Stück, berechnet auf $\frac{1}{16} \text{ m}^2 = 4860$ Stück.

Talin b. Trimmis, Fettwiese, 1000 m ? = 40* Stück,

berechnet auf $\frac{1}{16} \text{ m}^2 = 32$ Stück.

Ungedüngter Boden 1000 m enthielt keine.

bei Zürich? Tannenwald ohne Humusschicht pro $\frac{1}{4} \text{ m}^2 = 2000$
Stück; pro $\frac{1}{16} \text{ m}^2 = 500$ Stück.

Baumgarten, steinig, aber tiefe Humusschicht pro
 $\frac{1}{4} \text{ m}^2 = 415$ Stück; pro $\frac{1}{16} \text{ m}^2 = 104$ Stück.

In *Avers-Cresta* waren ausschliesslich *Fridericia*-Arten vorhanden. Auf der Göscheneralp und Kehlenalp (2300 bis 2500 m) fand Bretscher keine, auf der Fürstenalp — 1700 bis 2000 m, Bündnerschiefer, sandiger, kalkhaltiger Lehm — überall nur wenige Exemplare (Lit. 7). Er führt diese Tat-

* Bretscher bezeichnet diese Zahlen wegen geringer Tiefe der Erdproben als „nicht massgebend“.

sachen auf den Umstand zurück, dass auf der Göscheneralp die oberste Erdschicht sehr dünn, der Wurzelfilz der Pflanzen ausserordentlich dicht und fest ist. Auf der Fürstenalp misst er den Feuchtigkeitsverhältnissen — geringe Durchfeuchtung durch fliessende Wasser — die wichtigste Rolle bei (Lit. 7, pag. 191 und 192).

Nach unsern Ergebnissen kommen die Enchytræiden mit noch viel grösserer Regelmässigkeit als die Nematoden im Boden vor, aber mit weit grösseren Schwankungen in der Zahl der Individuen.

Sie fehlten in 5 von 86 untersuchten Proben.

In 25 Proben waren 1—20 Stück, in 32 Proben 21—100, in 16 Proben 101—400 und in 8 Proben über 400 Stück. In der von Bretscher festgestellten grössten Anzahl fanden wir sie nirgends. Die grösste Menge weisen auf: Nr. 34 (1965 m) mit 900, Nr. 70 (1815 m) mit 1108 und Nr. 33 (1950 m) mit 1220 Enchytræiden.

Die grösste Zahl der Enchytræiden befindet sich nach unsern Beobachtungen in der obern humosen oder in der Humusschicht, geht aber auch in dieser bei grosser Mächtigkeit nur so tief, als die Hauptmasse der Wurzeln reicht — im allgemeinen 2—8 cm —; in kleinerer Zahl sind Enchytræiden häufig auch in den tiefern Schichten zu treffen. Bei wenig erdiger, reicher Humusdecke und darauffolgender humusreicher, lehmiger oder mergeliger Schicht ist die Hauptmenge der Enchytræiden in dieser letztern, unmittelbar unter der Humusschicht. Bei sehr günstigen Bodenverhältnissen ist die Verteilung bis zur Tiefe von ca. 15—20 cm ziemlich gleichmässig.

Wo unter der obersten Schicht sofort trockene oder nasskalte Schichten folgen, sammeln sich die Enchytræiden noch auffälliger als gewöhnlich in der humosen, obern Schicht.

Es ist geradezu auffällig, wie die quantitative Verbreitung der Enchytræiden beeinträchtigt wird durch trockene Böden und namentlich solche mit grossen Schwankungen des Feuchtigkeitsgrades und durch schwere, kalte oder nasskalte Böden. An solchen Standorten fehlen sie ganz oder sie kommen nur in vereinzelten Exemplaren vor. Sobald ihnen aber konstant ein gewisser Feuchtigkeitsgrad zur Verfügung steht, siedeln sie sich in grösserer Zahl an, selbst wenn sie diese Feuchtigkeit nur in verhältnismässig dünner, oberflächlich oder tiefer gelegener Schicht finden.

Enchytræiden kommen, sofern der Wassergehalt ein günstiger ist, sowohl im molligen Wald- und Haidehumus, im feuchtnassen Humus von Sumpf- und natürlichen Rieseln, wie auch in humosen oder lehmigen Sandschichten vor. Ob ihr seltenes Vorkommen in feuchtnassen Lehm- und Tonböden dadurch verursacht wird, dass die dichte Struktur das Durchdringen durch den Boden ihnen erschwert oder durch den fast vollständigen Luftabschluss und die damit bedingte langsame, unvollständige Zersetzung der Bodenbestandteile, vermögen wir nicht zu entscheiden.

Am besten scheinen die gleichmässig frischen bis feuchten, humusreichen und humosen Bodenarten den Enchytræiden zuzusagen, also mergelige und lehmige, Mergel- und Lehmböden.

Die Gesamtmächtigkeit des Bodens kommt wahrscheinlich gar nicht in Betracht. — Trotz der sehr verschiedenen chemisch-mineralogischen Zusammensetzung der untersuchten Proben zeigen diese keine Differenzen im Enchytræidengehalt, die auf direkten Einfluss zurückzuführen wären.

Der Humusgehalt der meisten Böden ist für Enchytræiden genügend; Standorte mit Gras- und Kräuterhumus, besonders mit vielen frischen Pflanzenresten, wie Wiesen und Weiden, begünstigen ihr Vorkommen sehr wahrscheinlich ganz besonders, da sie bei sonst gleichen Verhältnissen sich hier viel zahlreicher finden als im Walde oder in Planggen, wo Gräser und Krautpflanzen nach vollendeter Entwicklung sehr langsam verfaulen. — Exposition und Neigung üben nur indirekt — durch Unterschiede im Feuchtigkeitsgehalt des Bodens — einen Einfluss aus.

Die Verschiedenheit in der Häufigkeit der Enchytræiden nach der Höhenlage — etwas kleinere Anzahl in grosser Höhe — scheint nur durch im allgemeinen ungünstigere Feuchtigkeitsverhältnisse und durch das Zurücktreten der Wiesen und Weiden, der Standorte mit frischen Pflanzenresten bedingt zu sein; denn wenn auch die höheren Lagen grössere Luftfeuchtigkeit und grössere Niederschlagsmengen aufweisen, sind doch die Schwankungen der Bodenfeuchtigkeit nach Art der humosen Decke und wegen geringerer Mächtigkeit gewöhnlich grösser.

Wir haben aber in sehr grossen Höhen (bei Berücksichtigung des Kulminationspunktes des Exkursionsgebietes) noch verhältnismässig zahlreiches Vorkommen unter günstigen Bodenbedingungen:

Alpstein Nr. 12, 2150 m = 376 Stück; Avers Nr. 25, 2390 m = 280 Stück; Bergell Nr. 85, 2400 m = 158 Stück; Fextal Nr. 49, 2694 m = 176 Stück.

Die Entwicklung der Enchytræiden wird also kaum wesentlich gehindert durch lang dauernde niedrige Bodentemperaturen, durch erhebliche Verkürzung der „Vegetationszeit“. (Nach Michaelsen ist ihnen das polare Klima sogar sehr günstig.)

Eine Bevorzugung gewisser Pflanzen lässt sich mit Bestimmtheit nicht erkennen; namentlich häufig waren Enchytræiden an Wurzelstöcken von *Alchemilla*.

Wir können nicht feststellen, inwieweit diese Erhebungen auch für das Verhalten der Arten zutreffen, ob der Artenreichtum grösser ist bei grosser Individuenzahl oder ob vielleicht selbst unter kleiner Anzahl von Individuen verhältnismässig viele Arten vorkommen.

Eine grössere Zahl von Versuchen mit Enchytræiden aus Nr. 52, 67 ergab:

Ein Individuum, 2,3 cm lang und 1,5 mm dick, 102 Stunden in frischem, reinem Brunnenwasser gehalten, auf trockene Erde gebracht, reagiert noch mit matter Bewegung auf Tabakrauch.

Von 20 kleineren Enchytræiden in Brunnenwasser starb die Hälfte nach 20 Stunden; nach 43 Stunden lebten noch 6. Ein Enchytræid lebte 4 Tage.

In alkalischem verdünntem Mistwasser (von Kuhmist) lebten die Enchytræiden nur 14 Stunden. In lufttrockener Erde im schattigen Zimmer starben sämtliche Enchytræiden nach ca. $\frac{3}{4}$ Stunden, auf trockener Uherschale schon nach 7—10 Minuten.

700 bzw. 1000 Enchytræiden, einige Zeit in mehrmals gewechseltem Wasser durch selbsttätige Bewegung und durch Schütteln gereinigt und nachher in reines Wasser gebracht, schieden einige Gramm von hauptsächlich aus Mineraltrümmern bestehendem Bodensatz aus.

Die Enchytræiden ernähren sich wohl — nach unsern Untersuchungen und nach ihrem Darminhalt — hauptsächlich mit frischem bis stark zersetztem Pflanzendetritus (siehe auch Anmerkungen von Nr. 2, 20, 24, 34, 38, 39, 45, 61).

Bei der Nahrungsaufnahme nehmen sie auch erhebliche Mengen mineralischer Bodenbestandteile auf und treiben sie durch ihren Verdauungstraktus.

Lumbriciden.

Auch über die zahlenmässige Verbreitung der Lumbriciden liegen nur wenige Angaben vor. Darwin, Hensen und andere begnügen sich meist mit Schätzungen nach der Zahl der Wurmröhren oder nach der Menge der durch Berieselung mit schädlichen Stoffen auf die Oberfläche getriebenen und getöteten Tiere. Hensen zählt (Lit. 30, pag. 673) im Garten 1 Individuum der „grossen Art“ (*L. terrestris* L.) auf 600 cm²; er berechnet (Lit. 30, pag. 675) nach Angaben von Lengerke für eine Wiese 6 Stück pro Quadratfuss.

P. E. Müller sammelte (Lit. 30, pag. 677) in mildem Buchenhumus Tausende von *Lumbricus purpureus* (*L. castaneus* Sav.) pro Quadratfuss.

Nach Darwin fehlen Lumbriciden in trockener Haide, trockenen, sandigen, kiesigen Orten und in braunem, faserigem Torf, nach P. E. Müller (Lit. 30, pag. 678) in saurem Buchenhumus, nach Bretscher in Moorböden und sauren Humusböden; „sehr wenige sind in der freien Weide zu finden“ (Bretscher Lit. 9, pag. 707). Bretscher glaubt dies auf Feuchtigkeits- und auf tägliche Temperaturschwankungen, grössere Anzahl an flachen Stellen, Terrassen, in den Alpen auf Schutz vor Kälte durch die Schneedecke zurückführen zu müssen (Lit. 9, pag. 708).

Die Verhältnisse über die Wanderungen der Lumbriciden sind noch nicht abgeklärt. Nach Hensen sollen Lumbriciden nur bei starkem Regen oder in abnormalem Gesundheitszustande wandern; nach Bretscher haben sie

unter gewissen Verhältnissen einen förmlichen Wandertrieb, der durch das Bedürfnis, den Wohnort oder Futterplatz zu wechseln (namentlich in den Alpen), mehr sogar aber durch die Fortpflanzungsverhältnisse bedingt ist (Lit. 10, pag. 540—542).

Unter allen Umständen glauben wir, nach der Stärke der Vertretung Folgerungen über ein bestimmtes Abhängigkeitsverhältnis von den Standortsbedingungen ableiten zu dürfen, zumal die ziemlich regelmässige grössere Häufigkeit unter Steinen, Steinpflaster, Kuhfladen (Lit. 10) und das vollständige Fehlen an andern Standorten hiefür sprechen.

Die genaueren Zählungen Bretschers ergaben nach einzelnen Ausgrabungen:

Bei *Zürich* (Lit. 9, pag. 709) Wiese 70—230*) pro m², für unsere Probengrösse $\frac{1}{16}$ m² = 4—14; Acker 140—260 pro m², pro $\frac{1}{16}$ m² = 9—16; Wald 70 pro m², pro $\frac{1}{16}$ m² = 6.

Am *Zürichberg* (Lit. 10) Wiese — Humus 35 cm, Untergrund lehmig — 350 pro m², pro $\frac{1}{16}$ m² = 22. Wiese — Humus 22 cm, Untergrund zäher Gletscherschutt — 400 pro m², pro $\frac{1}{16}$ m² = 25.

Avers-Cresta (Lit. 9) Wiese — Humus 15 cm, Untergrund Fels — 1660—2000 pro m², pro $\frac{1}{16}$ m² = 104—125.

Hier mag auch eine von landwirtschaftlichen Praktikern (für Hühnerfütterung) angewandte Methode zur Sammlung grosser Mengen Regenwürmer an einem Standort erwähnt werden (Schweiz. landwirtschaftl. Zeitschrift 1901, pag. 1091):

In 60 cm tiefe Gruben an feuchten, schattigen Stellen stellt man Strohbündel, mit Erde untermengt, begiesst sie

*) Nach kleineren Proben berechnet.

öfters und deckt die Grube mit Stroh oder Brettern zu. Nach einigen Wochen hat sich eine Masse von Regenwürmern angesiedelt.

An den von uns untersuchten Orten befanden sich alle Regenwürmer, alle Species in den obersten Bodenschichten — in allen Bodenarten, auch bei mächtigerer Wurzelregion; bei jeder beliebigen Gesamtmächtigkeit, bei jeder Witterung und jeder Tageszeit vom Morgen bis Abend — meistens in 4 bis 8 cm Tiefe. Wo die oberen Schichten, besonders bei reichem Humus, sehr dichte Struktur zeigten, oder wo die humose oder Humusschicht und die Wurzelregion nur schwach entwickelt waren, hielten sie sich in einer Tiefe von 3—6 cm, in der humusreichsten Region auf. In feuchtem bis nasskaltem Boden, besonders wenn die Nässe schon bei geringerer Tiefe sich fühlbar machte, lagen die Regenwürmer unmittelbar unter der Oberfläche, oft beinahe an der Oberfläche (z. B. Nr. 38, 47).

Nur bei Nr. 5, zwei Tage nach starkem Schneefall, trafen wir die meisten ausnahmsweise tief, von 6—12 cm.

Wir vermögen noch nicht bestimmt zu sagen, ob diese Wahl des Aufenthaltsortes in geringen Tiefen ihren Grund in besonderem Luftbedürfnis hat — die oberflächliche Lage bei nassen Standorten scheint dies zu bestätigen — oder ob dies durch klimatische Faktoren — Bedürfnis nach Sonnenwärme während der kurzen Lebens- und Entwicklungszeit*) — bedingt ist, oder ob die Lumbriciden damit den Ort des grössten Reichtums an frischen und frisch zersetzenden vegetabilen Substanzen aufsuchen.

Fast immer hatten die Lumbriciden in den oberen Schichten eine mehr oder weniger wagrechte Lage. Wurm-

*) Oder vielleicht durch Fortpflanzungsverhältnisse.

röhren nach unten haben wir nur selten, sozusagen fast nie gefunden. Ein regelmässiges und häufiges Wechseln des Aufenthaltsortes nach der Tiefe der Bodenschichten scheint demnach bei der Lumbricidenfauna der Alpen nicht stattzufinden. — Wandernde Lumbriciden haben wir stets nur bei Regenwetter — auf Wegen, an Wegrändern, auf mit vielen Steinen bedecktem Terrain — beobachten können. Auf Wiesen und im Walde konnten wir während des Tages auch bei regnerischem Wetter trotz besonderer Aufmerksamkeit nur ganz ausnahmsweise einen Regenwurm auf der Wanderung finden.

Unsere Zählungen der Lumbriciden zeigen, dass diese weit grössere Anforderungen an ihren Standort zu stellen scheinen — dass sie weniger häufig genügende Lebensbedingungen vorfinden — denn die Regenwürmer fehlen an einer grössern Anzahl von Orten, an denen Nematoden und Enchytræiden noch in grösserer Menge vorkommen. Überall aber, wo wir Lumbriciden fanden, war auch die Anwesenheit von Nematoden oder Enchytræiden zu konstatieren.

An 11 Standorten waren über 10 Regenwürmer; an 37 Orten befanden sich 1—10 Stück; ganz ohne Lumbriciden waren 38 Proben.

Indem wir Standorte mit nur als „Brs.“ — tot oder verletzt — aufgefundenen Individuen als „unsichere Aufenthaltsorte“ auffassen, gelangen wir zu folgenden Schlüssen:

Die Bodenverhältnisse haben auch auf die Menge der Lumbriciden den bedeutendsten Einfluss. Die Regenwürmer meiden fast immer Boden mit trockener oberster Schicht oder wenn diese grosse Feuchtigkeitsschwankungen aufweist, selbst wenn ihnen auch in tieferen Schichten dauernd viel Feuchtigkeit geboten wird.

Wenig zusagend sind ferner stark sandige, grusige oder Steinböden in der obern Schicht, auch wenn diese frisch bis feucht ist. Hiebei scheint also die Struktur direkt einen Einfluss auszuüben, wahrscheinlich in erster Linie durch die Körnigkeit. Aber sie finden sich auch sehr selten an Orten ein, die bis zur Oberfläche schwer bis nasskalt sind. Böden mit gleichmässig frischem bis feuchtem Humus oder solchen oberen humosen Schichten werden vor allem bevorzugt.

Die Mächtigkeit des Bodens ist insofern von Bedeutung, als bei besonders geringer Gesamttiefe, unter 10—15 cm, Lumbriciden seltener vorkommen; bei einer Bodenmächtigkeit von über 15 cm haben grössere oder kleinere Tiefen und die Eigenschaften dieser untern Schichten wenig oder keinen Einfluss, so dass also die Regenwürmer in Böden mit nasskalten und in solchen mit trockeneren sandigen untern Schichten bei ähnlichen obersten Schichten annähernd gleich stark vertreten sind. — Da tägliche Temperaturschwankungen bis 30 cm tief eindringen, ist nicht anzunehmen, dass die Bedeutung der Mächtigkeit auf diesen beruht.

Eine besondere chemisch-mineralogische Zusammensetzung des Erdreichs, wesentlicher Kalkgehalt, scheint — durch günstige Beeinflussung der Struktur und des Feuchtigkeitsgehaltes — etwelche Einwirkung auf die Menge der Regenwürmer auszuüben. Weder Exposition noch Neigung haben, sofern die andern Bodenverhältnisse zusagend sind, einen massgebenden Einfluss. Wegen meistens geringer Bodenmächtigkeit sind aber starke Neigungen im allgemeinen arm an Lumbriciden.

Eine Standortswahl nach der Art des Pflanzenbestandes ist nicht zu bemerken; doch sind Regenwürmer gewöhnlich

eher zu treffen unter dichter Pflanzendecke und im Walde, weil sie hier bessere Feuchtigkeitsbedingungen finden. — Wiese, Weide und Wald weisen keine charakteristischen Unterschiede auf bezüglich der Anzahl der sie bewohnenden Lumbriciden auf. Planggen haben nach unsern Untersuchungen überall nur vereinzelte Exemplare; doch ist dies, wie auch einzelne Unterschiede zwischen Wiese, Weide und Wald, wahrscheinlich auf die Bodenfaktoren zurückzuführen. Lumbriciden können nach unseren Ergebnissen selbst bis zu 2150 m (Alpstein, Nr. 12) und 2160 m (Avers, Nr. 21) sehr zahlreich vorkommen; meistens aber sind sie in grösseren Höhen, über 2000 m verhältnismässig seltener und wenig zahlreich, wohl der gewöhnlich geringen Tiefe des Bodens und der körnig-filzig-humosen Struktur wegen.

Die grössere Seltenheit der Regenwürmer im hintern Teile des Avers, im Fextal und in den obern Regionen des Bergell ist einesteils durch in diesen Gebieten häufige eigentümliche, ungünstige Bodenbeschaffenheit begründet und andernteils durch die Höhenlage der untersuchten Orte zu erklären. Andere, für die einzelnen Exkursionsgebiete charakteristische Faktoren — Niederschlagsmengen, Temperaturen, Windverhältnisse — scheinen nicht in Betracht zu kommen.

Über die besondern Standorte der einzelnen Arten geben die Zusammenstellungen in Kapitel V A Aufschluss. Am häufigsten, auch in grösseren Höhen, sind *Lumbricus rubellus* und *Octolasion lacteum*, dann *Helodrilus* (D.) *octaëdrus* zu treffen. Das schon von Bretscher und Ribaucourt festgestellte, fast vollständige Fehlen der „grossen Arten“ *Lumbricus terrestris* L., *Helodrilus* (A.) *longus* Ude, und *caliginosus* Sav. in den Alpen, bestätigt sich.

Vergleichungen über das Verhältnis zwischen Indivi-

duen- und Artenzahl werden durch die grosse Zahl unbestimmbarer, junger oder verletzter Exemplare sehr erschwert, die Befunde von Nr. 5, Nr. 38 und Nr. 71 zeigen immerhin deutlich, dass auch bei grosser Menge die Artenzahl sehr verschieden, sogar sehr klein (Nr. 71 mit 8 entwickelten Individuen nur eine Art) sein kann und dass die Individuenzahl der vertretenen Arten sehr ungleich ist.

Diplopoden.

Das Lokomotionsvermögen der Diplopoden ist im allgemeinen grösser als das der Nematoden und Oligochæten; die einzelnen Familien und Arten der Diplopoden verhalten sich jedoch sowohl hinsichtlich der Wahl ihres Standortes als nach der Häufigkeit der Veränderung desselben etwas verschieden.

Nach litterarischen Angaben ist hauptsächlich folgendes konstatiert:

Alle Diplopoden haben versteckte Lebensart; ihr Aufenthaltsort ist meistens der Boden. Nur *Julus sabulosus* und *Glomeris conspersa* bewegen sich hin und wieder auf Wegen oder sitzen auf Mauern oder Pflanzen (auch *Julus Parisiorum*, nach Rothenbühler). — Glomeriden bleiben jahrelang kolonienweise an demselben Standorte, wenn sie nicht gestört werden. Bei trockenem und heissem Wetter scheinen sie sich tiefer zurückzuziehen, das Weibchen auch während der Eiablage.

Diplopoden halten sich unter Rinde von Bäumen, unter Steinen, im Moos, in moderndem Laub, in den oberen Bodenschichten auf. Bei grosser Kälte verziehen sie sich nach den tieferen Bodenschichten. Die Nahrungsaufnahme ist im Winter minimal.

Juliden verzehren mit Vorliebe Blätter, Holz und

andere faulende Vegetabilien. *Julus sabulosus* scheint sehr die Pilze zu lieben.

Die Lieblingskost der Glomeriden sind modernde Blätter und Moos. Die Polydesmiden verzehren animalische Stoffe nur in starker Verwesung.

Die Fortpflanzungszeit ist für die Juliden Frühjahr bis Herbst (in warmen Gegenden der Winter), für Glomeriden Frühjahr und Anfang des Sommers (Rath, Lit. 46).

Nach Plateau (Lit. 45) leben Juliden hauptsächlich von zersetzenden Pflanzenstoffen, „nie nur von grünen Pflanzenteilen“ (pag. 60). Sie und andere Diplopoden können lange Zeit Nahrung entbehren.

Glomeriden fressen untere, grüne, weiche Blätter.

„Les Jules avalent en même temps que leur nourriture une grande quantité de terre, grains de sable, débris calcaires ou d'autres roches décomposées . . .“ (pag. 61). Die ist nach Brandt und Humbert auch bei Glomeriden der Fall. — Rothenbühler schreibt uns: „Polydesmiden und Chordeumiden müssen als ausgesprochene Feuchtigkeitsbewohner besonders aufgesucht werden; Juliden sind resistent.“ — Latzel (Lit. 36) sagt: Kalkgebirge ist im allgemeinen reicher an Gattungen und Arten (von Myriapoden) als das Urgebirge; „doch mag diese Erscheinung wohl in der grössern Zahl von Schlupfwinkeln und in dem grössern Vorrat an tierischer und pflanzlicher Nahrung ihre Erklärung finden. — Die Myriapoden scheinen sich wenig an vertikal übereinander liegende Zonen und Regionen zu binden“ (pag. 371).

Am Stein (Lit. 1) hat für den nördlichen Teil von Graubünden, bei Chur und Prättigau, bestätigt gefunden: Abnahme der Artenzahl nach der Polhöhe, dagegen keine oder nur ausnahmsweise Zunahme der Individuenzahl.

Nach Roth (Lit. 46 b) haben Juliden und Glomeriden in Wasser 6—8 Stunden gelebt. Bei unsern Versuchen lebten *Julus Zinalensis* und *Cylindroiulus generosensis* (aus Nr. 66 und 68) in Brunnenwasser $\frac{1}{2}$ —4 Stunden, 1 Individuum in wässrigem Mistwasser $\frac{1}{4}$ Stunde. Eingesperrte Juliden haben während drei Tagen zur Verfügung gestellte frische Pflanzenteile nicht berührt. Nach Verfluss dieser Zeit bewegten sie sich fast nicht mehr.

Die Exkremente dieser Juliden waren hauptsächlich aus Quarzkörnern mit wenig faserigen Pflanzenresten zusammengesetzt; der Darminhalt bestand bei einigen (Juliden aus Nr. 59) fast nur aus pflanzlichen Stoffen; bei andern waren diese mit mehr oder weniger erdiger Substanz untermengt. In der hintern Körperregion waren die mineralischen Stoffe stets in verhältnismässig grösserer Menge vorhanden. Bei kleinen javanischen und madagassischen Juliden fanden wir ähnliche Verhältnisse, während grössere Formen nur wenig oder keine mineralische Substanzen im Darne hatten.

Juliden scheinen demnach nicht unbedingt auf die Aufnahme von erdigen mineralischen Stoffen angewiesen zu sein.

Bei unseren Untersuchungen befanden sich die Diplopoden immer in den oberen, häufig in den obersten Bodenschichten.

Ihr Vorkommen an den analysierten Standorten richtet sich nach dem Verhalten der einzelnen Arten zu den Bodenverhältnissen und nach der geographischen Verbreitung derselben (siehe Kap. V).

Glomeriden haben wir nur an einem Standort in grosser Menge und an einem Standort in kleiner Zahl gefunden. Ersterer war im Wald bei Nordexposition, mit

ausgesprochen feuchtem und humusreichem Boden, der letztere bei SSW-Exposition, im Felsgrasband. Beide Standorte (Nr. 8 und 15) mit kalkhaltigem Boden.

Die wenigen Polydesmiden fanden sich in feuchtem, humusreichem Waldboden, die Chordeumiden, ebenfalls nur in wenigen Proben vertreten, an denselben Standorten wie die Glomeriden, aber in umgekehrtem Zahlenverhältnis.

Nach den Fundorten der Juliden stellen diese je nach der Spezies sehr verschiedene Ansprüche an den Aufenthaltsort; wir finden Julidenarten in trockenem, flachgründigem, wenig humushaltigem Boden, andere in feuchtem, tiefgründigem Boden und im feuchtnassen, milden Humus der Rieselwiese. — In den Kalkböden des Alpsteins und des Calfeusentales waren einzig *Julus nitidus* und *nanus*, die dann im Bergell fehlen, stark vertreten, während im Bergell bei den sandigen, mittelschweren bis leichten Böden Juliden im allgemeinen häufig und oft in sehr grosser Anzahl (Nr. 55 43 Stück, Nr. 66 37 Stück) vorkommen.

Besonders charakteristische Unterschiede der Standorte mit und derjenigen ohne Diplopoden sind im allgemeinen nicht vorhanden. In Höhen von über 1800 m macht sich eine wesentliche Abnahme der Häufigkeit der Diplopoden bemerkbar und schon über 2000 m haben wir nur noch selten (Nr. 75) Diplopoden gefunden. Die grosse Höhenlage des Avers und des Fextales mag Ursache sein, dass wir in den Proben aus diesen Gebieten keine bzw. nur in Nr. 36 Diplopoden nachweisen konnten. In den subalpinen Regionen des Alpsteins und des Bergell sind diese in 18 von 30 Proben vertreten gewesen, in der alpinen Region fehlten sie an der Hälfte der Standorte.

Chilopoden.

„Sie (die höchst entwickelten Myriapoden) sind Räuber“ und nicht an bestimmte, eng umgrenzte Standorte angewiesen (Latzel Lit. 36).

Nach Plateau (Lit. 45) nähren sie sich nicht von zersetzenden Pflanzenstoffen. Ferner: Les Lithobides „recherchent l'humidité par besoin“. Er weist experimentell nach, dass sie trotz vorhandener Nahrung im Trockenen bald sterben.

Nach Geoffroy (1762) leben Lithobiden von Poduriden und andern kleinen Insekten, nach de Geer auch von Würmern, nach Gervais von Insekten, Acariden und Spinnen. Bei Versuchen von Plateau frass *Lithobius forficatus* nur Fliegen und Mücken, nicht aber Staphyliniden und kleine Spinnen. Lithobiden fressen aber auch kleinere Individuen der eigenen Gattung.

Scolopendriden leben von jungen Lumbriciden (*L. communis* Hoffm.) u. a., Geophiliden von Poduriden und kleinen Acariden, seltener von kleinen Spinnen und Insektenlarven. Sie fressen sowohl lebende Tiere wie Stücke von frischen Leichen. Im Magen von *Himantarium Gervasii* Nol. hat Plateau neben zähem, klebrigem Material reichlich Sandkörner gefunden (pag. 46).

Cryptops sind hauptsächlich unter der Erde, Geophiliden meist in unteren Schichten, in 20—40 cm Tiefe.

Nach Rothenbühler sind Lithobiden, Geophiliden und Scolopendrelliden ubiquitär.

Bei unseren Versuchen haben mehrere *Scolopendrella notacantha* in Brunnenwasser, an der Oberfläche schwimmend, bis 4 Stunden gelebt, während *Geophilus ferrugineus* schon nach einer Viertelstunde starb. — Die grosse Beweglichkeit der meist kleinen Chilopoden erschwerte

Beobachtungen über ihren Aufenthalt in verschiedenen Bodenschichten; gewöhnlich fanden wir sie — mit Ausnahme der Geophiliden — in den obersten Schichten; doch sind sie bis zu gewissen Tiefen häufiger anzutreffen als andere Gruppen von Bodentieren.

Die spärlichen Funde und die Unbestimmbarkeit einzelner Lithobiden und der Mehrzahl der Geophiliden geben keinen sichern Aufschluss über die Standortswahl dieser Gruppen. Sie scheinen an den von uns berücksichtigten Orten seltener und meist in kleinerer Anzahl vorzukommen.

Für *Lithobius aulacopus* bestätigt sich: Aufenthalt in feuchtem, humusreichem Boden im Walde; 4 Lithobiden wurden auf Boden mit grossen Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen nachgewiesen.

Bei den Geophiliden scheint ein besonderes Feuchtigkeitsbedürfnis nicht zu existieren; es ist möglich, dass die einzelnen Arten sich diesbezüglich verschieden verhalten, da sowohl trockene wie feuchte Böden zahlreiche Individuen, wahrscheinlich aber je verschiedene Arten enthalten (vergleiche Kap. V, z. B. Nr. 56 und Nr. 57).

Von den Scolopendrelliden ist *Scolopendrella immaculata* in feuchtem wie in trockenem Boden im Walde, auf der Plangge und auf der Wiese, meist aber nur in kleiner Zahl anzutreffen; *Scolopendrella notacantha* ist häufiger in grosser Menge, scheint aber feuchte, humusreiche Standorte vorzuziehen. Grosse Anzahl von *Scolopendrella notacantha* weisen namentlich Nr. 64, 66, 67 und 72 auf.

Nur die subalpine Region beherbergte eine grössere Zahl von Chilopodenarten; über 1800 m trafen wir wenige *Geophilus spec.* und *Scolopendrella notacantha*; von letzterer waren in Nr. 72, 1900 m, noch 13 Stück, in Nr. 12, bei 2150 m 4 Stück.

In Proben von grösseren Höhen konnten wir keine Chilopoden mehr finden, ebensowenig im Avers überhaupt, im Fextal nur in Nr. 31 und 39, bei 1920 und 1930 m, je 1 Individuum von *Scolopendrella notacantha*.

Die Chilopoden zeigen hienach ähnliche Höhenverbreitung an den untersuchten Standorten wie die Diplopoden. Wenn damit auch die absolute obere Grenze ihres Vorkommens nicht bestimmt festgestellt ist, so weisen die Befunde doch darauf hin, dass Diplopoden und Chilopoden in der obern alpinen Region, über 2000 m bzw. 2200 m im allgemeinen viel weniger häufig und vielleicht vorzugsweise an anderen Standorten, die von uns nicht untersucht wurden, ihren Aufenthalt wählen.

„Bodenfauna im weiteren Sinne“.

Als solche sind Tierformen aufzufassen, die nur während einer bestimmten, begrenzten Periode ihrer Entwicklung an den Aufenthalt im Boden gebunden sind, deren Vorkommen an gewissen Orten auch mehr oder weniger von dem Verhalten anderer Entwicklungsstadien abhängig ist.

Für uns kommen hier hauptsächlich Jugendstadien von Arthropoden in Betracht. Ihr Aufenthalt an bestimmten Standorten ist also zum Teil bedingt durch die entwickelten Insekten, die für sich oder für ihre Larven bald eine besondere Standortwahl treffen, bald aber innerhalb eines klimatischen Gebietes ihre Fortpflanzungsprodukte an zufälligen Orten niederlegen; oder die Bodenformen können aus eigenem Antrieb, aus Nahrungsrück-sichten oder für den Aufenthalt überhaupt, einen bestimmten Standort aufsuchen. Die Faktoren, welche das Vorkommen der Bodenfauna im weiteren Sinne bestimmen,

sind demnach so mannigfaltig, dass es schwer fallen muss, den Grad ihres Einflusses unter den jeweiligen Verhältnissen festzustellen, namentlich soweit es sich um das Abhängigkeitsverhältnis der mitbestimmenden Luft- und Oberflächenfauna handelt. Bei der Art und Weise unserer Untersuchungen ist es ausserdem geradezu unmöglich, die gesammelten, hieher gehörigen Tiere näher als nach der Zugehörigkeit zu einzelnen Tiergruppen zu bestimmen.

Wir müssen uns daher mit Vergleichen über das Verhalten der Käfer- und Dipterenlarven und über das Vorkommen der Bodenfauna im weiteren Sinne insgesamt begnügen.

Käfer- und Dipterenlarven sind ein ausserordentlich häufiger, wenn auch oft wenig zahlreicher Bestandteil der Bodenfauna. Erstere sind in der subalpinen Region hauptsächlich in feuchtem, humosem Boden, besonders im Walde, auch bei geringer Mächtigkeit, in grosser Zahl vorhanden und fehlen fast nur an trockeneren oder nasskalten Orten der oberen Regionen. Dipterenlarven fehlen nur in 7 Proben; sie sind gegen Trockenheit resistenter als gegen nasskalte Aufenthaltsorte. Im Walde sind ihrer viel weniger als im Freilande. Sehr stark vertreten sind sie an wenigen Standplätzen, so besonders in Nr. 41 (unter einem „Kuhfladen“); im Bergell und im Fextal finden wir grosse Ähnlichkeit mit dem Verhalten der (grössten) Enchytræidenzahlen.

Beide Gruppen nehmen in grösseren Höhen an Individuenzahl im allgemeinen ab; Käferlarven finden sich in grösserer Menge nur bis 2000—2200 m, dagegen hat Nr. 30 bei 2700 m noch eine grosse Anzahl Dipterenlarven.

Beinahe keine der untersuchten Standorte entbehren der „Bodenfauna im weiteren Sinne“, obgleich die bezüg-

lichen Tierformen und deren Menge stark differieren. Die Unterschiede in der Individuenzahl lassen sich jedoch, mit Ausnahme der für Käfer- und Dipterenlarven oben festgestellten Fälle, nur wenig durch charakteristische Eigentümlichkeiten der Standorte erklären; sie scheinen durch Unterschiede in der Verbreitung der entwickelten Tierformen der Oberflächenfauna hervorgerufen zu werden. Ein sprechendes Beispiel hiefür ist wohl die relativ grössere Vertretung der Käferlarven im Walde, der Dipterenlarven dagegen im Freilande.

Weide ist im allgemeinen ärmer an „Bodenfauna im weiteren Sinne“ als Wald und namentlich Wiese; am auffälligsten zeigt sich dies im Bergell, auch im Fextal, das jedoch im ganzen ziemlich arm ist.

Feuchte, humusreiche Standorte enthalten gewöhnlich grössere Mengen als die trockenen Humusböden.

Die Abnahme der Individuenzahl in grösserer Höhe zeigt sich auffällig im Bergell, mehr noch aber im Fextal in der subnivalen Region, weniger dagegen im Avers. Im Alpstein sind nur die Proben vom Säntis, dem Kulationspunkt (ca. 2500 m), sehr arm.

Der im grossen und ganzen bedeutende Einfluss der Höhenlage ist wohl nur ein indirekter, durch das Vorkommen der Luft- und Oberflächenfauna bedingt; letztere hält sich wegen ihrer Abhängigkeit von Klima und Vegetationscharakter nur kürzere Zeit und wahrscheinlich noch seltener während ihrer Fortpflanzungstätigkeit in den oberen Regionen auf.

Ausnahmen hievon kommen aber vor, und dadurch nur lässt sich die selten grosse Anzahl von Larven in Nr. 41 bei der Armut des Fextales, sowie die grosse Zahl der Dipterenlarven bei 2700 m Höhe im Avers erklären. —

In den Alpen fällt die Fortpflanzungszeit in die verkürzte wärmere Periode. Wie auch aus unseren Untersuchungen hervorgeht, bestehen deswegen im Ganzen während der kurzen Sommerszeit nach kleineren zeitlichen Unterschieden keine Verschiedenheiten im Auftreten der „Bodenfauna im weiteren Sinne“.

Mollusken, Collembolen und Acariden sind wohl kaum zur Bodenfauna zu zählen; ihre Lebensweise ist zwar zum Teil noch nicht bekannt, aber die Mehrzahl ihrer Arten halten sich während der grössten Zeit ihres Lebens an der Oberfläche auf. Sie sind, wie auch die Ergebnisse zeigen, nur in ganz geringem Grade von den Bodenverhältnissen, vielmehr in erster Linie von äusseren Standortbedingungen, dem allgemeinen und dem Mikroklima, zum Teil auch von den petrographischen Verhältnissen abhängig.

Weil Untersuchungen über die Beziehungen zum Standorte noch wenige durchgeführt wurden, weil andererseits Vergleichen über ihr Verhalten und über ihr Vorkommen gegenüber dem der Bodenfauna von Interesse sein müssen, haben wir diese verhältnismässig wenig mobilen Oberflächentiere in unsere Arbeit einbezogen. Ihre Beobachtung und das Sammeln liess sich sehr leicht mit unseren Untersuchungen verbinden.

Landmollusken finden sich je nach der Vorliebe der einzelnen Arten an feuchten, schattigen, wie an trockenen, steinigen, sonnigen Orten, in unserer Gegend aber vorzugsweise an feuchten Plätzen. Nur von wenigen Arten ist für entwickelte Individuen ausgesprochener Aufenthalt im Boden nachgewiesen (*Carychium minimum* an Graswurzeln, Lit. 2 b, *Helix aculeata* im Mulm kleiner

Felsbänder, Lit. 2); die hartschaligen Eier aber werden beinahe immer in die Erde vergraben.

Nach unseren Ergebnissen bestimmt zu entscheiden, inwieweit nähere Beziehungen zu den engern Standorts-, den Bodenverhältnissen, bestehen, ist unzulässig, da eine grosse Zahl der gesammelten Individuen verletzt oder leer war, so dass aus ihrem Vorkommen nicht ohne weiteres geschlossen werden darf, dass sie am Fundort gelebt, oder gar, dass dieser Fundort günstige Lebensbedingungen geboten habe. Auch muss berücksichtigt werden, dass die Probeentnahmen zu verschiedenen Tageszeiten und bei verschiedener Witterung vorgenommen wurden, die Mollusken aber gerade nach solchen Wechseln am häufigsten Wanderungen unternehmen.

In die Augen fallend ist der Unterschied der Exkursionsgebiete. Die fast regelmässige und meist starke Vertretung und der Artenreichtum der Mollusken in den Proben vom Alpstein und von Calfeusen und ihr seltenes, fast ausnahmsweises Vorkommen an den Standorten der andern Exkursionsgebiete (vergleiche Kap. V, C) glauben wir damit erklären zu müssen, dass Arten, die sich im Alpstein-Calfeusen an den von uns abgesuchten Standorten häufig aufhalten, hier seltener oder gar nicht vorkommen oder dann meist andere Standorte bevorzugen. Das letztere scheint eher der Fall zu sein, da Eier immer häufiger anzutreffen waren. — Dieses verschiedene Verhalten nach verschiedenen Gegenden mag seine Ursache vielleicht in den klimatischen oder in den allgemein petrographischen Verhältnissen haben; namentlich das Calfeusental zeichnet sich ja durch häufige und starke Niederschläge aus, und hier wie im Alpstein bildet geologisch kalkhaltige Unterlage die Regel.

Ein massgebender Einfluss der Bodenverhältnisse ist kaum zu erkennen. Beinahe alle Fundorte sind humusreich. An nasskalten Standorten sind meist weder Mollusken noch Eier vorhanden.

Bei den häufiger gefundenen Arten lässt sich folgendes bemerken: *Hyalina pura* ist an feuchten, humusreichen Fundorten überall in grösserer Zahl vertreten als an mehr trockenen, während *Zua lubrica* viel häufiger an trockenen Orten, aber gewöhnlich in kleiner Individuenzahl, zu finden ist. Beide Arten finden sich von 1350—2250 m, während die nordische und alpine *Helix sericea* erst in Höhen von über 1500 m, mit jenen vergesellschaftet, auftritt. Unsere Proben über 2250 m weisen überhaupt keine Mollusken mehr auf.

Von den durch Stoll (Lit. 57) namhaft gemachten xerothermen Mollusken sind an den untersuchten Standorten keine vertreten.

Collembolen.

Die Beobachtung ihrer Verteilung auf der Oberfläche und in dem Boden war ihrer geringen Grösse wegen nicht zuverlässig durchzuführen. In einzelnen Fällen trafen wir einige Individuen, hauptsächlich von *Isotoma viridis* und *Tomocerus tridentiferus* in geringer Tiefe in der humosen Schicht.

Einzelne Arten scheinen nach ihrem Vorkommen an unseren Probestandorten (vergl. Kap. V, D) bestimmten Pflanzenformationen den Vorzug zu geben; *Isotoma viridis* z. B. ist in grosser Anzahl in Wiese und Weide, nicht aber im Wald; Carl verzeichnet sie aber auch im Walde unter faulenden Holzstücken. Mit Bestimmtheit ist ein charakteristischer Einfluss der engern Standortverhältnisse

also nicht zu erkennen, mit Ausnahme eines etwelchen Übergewichtes feuchtfrischer Orte.

Dagegen sind wahrscheinlich einige Spezies in ihrer Höhenverbreitung mehr oder weniger begrenzt.

Für Collembolen im allgemeinen zeigen im Alpstein die Höhenregionen keine wesentlichen Unterschiede; im Fextal mit sehr wenigen Collembolenfundorten weisen nur zwei Standorte in der alpinen Region besonders grosse Zahlen auf; im Bergell sind die Proben aus der subalpinen Region ziemlich reich, aus den oberen Regionen arm an Vertretern der Collembola, während sie im Avers an der Grenze der subnivalen Region sogar zahlreicher sind als in den tieferen Lagen.

Die höchsten Fundorte haben *Isotoma palustris* (Nr. 49 2694 m), *Lepidocyrtus cyaneus* (Nr. 28 und 30 bei 2700 m) und *Sminthurus luteus* (Nr. 28 und 29 bei 2700 m).

Die Acariden nehmen wahrscheinlich eine Mittelstellung ein zwischen Bodenfauna und Oberflächenfauna. Sie leben häufig in Erdlöchern. Wir haben die meisten auf der Oberfläche und in der obersten Bodenschicht, oft jedoch, namentlich in trockenem, leichtem Boden, auch in tieferen Schichten gefunden.

Die Acariden bilden einen integrierenden Bestandteil der Oberflächen- bzw. der Bodenfauna. Nur wenige (9) Standorte enthielten gar keine Acariden. Das Fehlen an diesen Plätzen mag ausserdem ein nur zufälliges sein, da sich in keinem Exkursionsgebiet eine erkennbare Standortwahl geltend macht. — Nur die höchsten Probeorte haben im Alpstein-Calfeusen, im Fextal und im Bergell etwas seltener Acariden; im Avers aber gehen sie in grossen Gesellschaften bis zur oberen Grenze der subnivalen Region.

Darnach zeigen sich die Acariden als sehr resistent gegenüber allen Boden- und klimatischen Verhältnissen.

Über gegenseitige Beziehungen der Boden- und der Oberflächenfauna.

Es sind uns nur wenige Arbeiten bekannt geworden, die diesen Gegenstand auch nur andeutungsweise behandeln. Zahlenmässige Erhebungen über verschiedene Gruppen der Bodenfauna liegen, die Oligochæten von Bretscher ausgenommen, keine vor.

P. E. Müller hat nach Hensen (Lit. 30, pag. 676/77) im milden Buchenhumus „*Lumbricus terrestris* L. und, wo dieser nicht vorzukommen scheint, *Lumbricus purpureus* Eisen, ausserdem reichlich *Lumbricus communis* und daneben zahlreiche die kleinen Enchytræiden-Arten“ festgestellt. „Dazu kommen natürlich Insekten . . .“

„In und unter dem Buchenmoor fehlt der Regenwurm ganz, und das tierische Leben ist überhaupt höchst spärlich vertreten.“

Hensen schreibt über die Tierbefunde in Gartenerde (Lit. 30, pag. 696): „Die Zahl und Masse der gefundenen andern Tiere (als der Regenwürmer) ist sehr gering — — —. Am zahlreichsten sind kleine, weisse Poduren. — Eine kleine weisse Spinne. *Geophilus subterraneus* Leach (würmerfressend), ferner häufig ein *Julus*. Ausserdem, aber keineswegs häufig, ein kleiner *Enchytræus Perrieri*, Vejd. Vereinzelt werden auch eine Nurmis, eine Landplanarie, sowie verschiedene Acariden gefunden.“

Bretscher hat bei seinen Untersuchungen die Menge der Enchytræiden und der Lumbriciden festgestellt; er

zählt ausserdem die vertretenen Arten derselben auf, aber ohne deren Individuenzahl anzugeben.

Die Menge der an einem Standorte sich aufhaltenden Tiere ist in erster Linie wohl von dem Grade der Günstigkeit der Standortsverhältnisse für die einzelnen Tiergruppen abhängig. Aber die Individuen der Bodenfauna und der Oberflächenfauna können sich auch direkt gegenseitig beeinflussen, indem besondere Formen als Feinde von andern auftreten, diese vertilgen und dadurch an Zahl dezimieren.

Als gierige Raubtiere zeigen sich die Chilopoden, besonders die grösseren Arten. Sicher bekannt sind sie als Feinde der Regenwürmer, namentlich junger Tiere, ferner als Feinde der Poduriden, Acariden und der kleineren Individuen ihrer eigenen Gattung. In selteneren Fällen fressen sie Insektenlarven. Es ist noch festzustellen, ob Enchytræiden und Nematoden von ihnen verschont bleiben. — Die anderen Formen der Bodenfauna und der in unserer Arbeit berücksichtigten Oberflächenfauna sind anscheinend meist harmlose Vegetarier oder Humus- und Aasfresser. Wir glauben aber, dass es nicht ausgeschlossen ist, dass die grossen und gefrässigen Tiere unter ihnen, Lumbriciden und Diplopoden, gleichwohl in gewissem Sinne als Feinde der Enchytræiden und Nematoden und kleinerer Larven anzusehen sind. Denn sie werden kaum bei der Aufnahme der grossen Quantitäten von humoser Erde stets vermeiden können, die in dieser häufig vorkommenden kleinsten Tiere mitzuverschlucken. Beobachtungen hierüber liegen bis heute keine vor. — Unter den Käferlarven sind sowohl phytophage wie räuberische bekannt; worin die Nahrung der letzteren hauptsächlich besteht, ist nicht bestimmt festgestellt.

Bodentiere können endlich auch indirekt auf das Vor-

kommen anderer einwirken durch den vielen von ihnen eigenen Einfluss auf Struktur und chemische Eigenschaften des Bodens.

Die Tabellen in Kapitel VI beweisen nun aber, dass keine der Tiergruppen in ihrem Zahlenverhältnis wesentlich von einer anderen Gruppe abhängig ist, sondern dass sich ihre Menge an einem Probestandorte und ihr Vorkommen überhaupt einzig und allein nach den Standortsverhältnissen richtet.

Die einander ähnlichen Anforderungen der Nematoden und der Oligochæten bedingen, dass die Häufigkeit ihres Auftretens im allgemeinen grosse Übereinstimmung zeigt, dass aber nach der verschiedenen Empfindlichkeit der Nematoden, der Enchytræiden und der Lumbriciden gegenüber einzelnen Standortsbedingungen sich auch mehr oder weniger grosse Fluktuationen in der Individuenzahl der drei Gruppen bemerkbar machen.

Enchytræiden, Acariden und die Bodenfauna im weiteren Sinne insgesamt zeigen sich am meisten resistent. Sie fehlen nur an sehr wenigen Orten.

Mit fast gleicher Regelmässigkeit sind Nematoden vorhanden, während Lumbriciden, Myriapoden und Collembolen weniger häufig, erstere beiden aber oft in grosser Masse im, beziehungsweise auf dem Boden auftreten. Chilopoden finden sich im ganzen etwas regelmässiger vor als die Diplopoden. — Als verhältnismässig sehr wenig konstanter Bestandteil der Oberflächenfauna erscheinen die Mollusken.

Die Oberflächenfauna ist viel weniger an die engern Standortsverhältnisse gebunden als die Bodenfauna; sie ist aber mehr durch klimatische Faktoren und durch die Pflanzenformation beeinflusst als diese.

Es ist längst festgestellt, dass bei der mobilen Oberflächen- und Luftfauna in den oberen Regionen der Alpen die räuberischen Fleischfresser nach Individuen- und Artenzahl die Mehrzahl bilden. Bei der Bodenfauna sind auch an der oberen Grenze der subnivalen Region fast ausschliesslich Pflanzen- und Humusfresser vorhanden.

Zusammenfassung.

Die Häufigkeit des Vorkommens und die Individuenzahl der Bodentiere sind am meisten von den Standortverhältnissen, namentlich den Bodenbedingungen, abhängig. — Die Menge der Individuen ist keineswegs bestimmend für die Zahl der Arten. Die Zusammensetzung nach Individuen- und Artenzahl an den einzelnen Standorten richtet sich, mit wenigen Ausnahmen, jeweils nach dem Grade der Günstigkeit der vorliegenden Verhältnisse für die verschiedenen Formen der Boden- und der Oberflächenfauna. Die quantitative Vertretung dieser letztern scheint aber in grossem Masse vom Zufall bedingt zu sein.

Von den Bodenbedingungen haben Feuchtigkeit und der Gehalt an frischer bis verwesender organischer Substanz die grösste Bedeutung. — Strukturverhältnisse, Exposition und Neigung spielen, insofern sie nicht besondere physikalische und chemische Eigenschaften des Bodens bedingen, eine untergeordnete Rolle, ebenso die mineralogisch-chemische Zusammensetzung und Art und Dichte des Pflanzenbestandes.

Der Gesamtmächtigkeit, den von dieser in hohem Masse abhängenden Boden-Temperaturverhältnissen ist nur in sehr kleinem Grade eine gewisse Einwirkung auf die Bodenfauna im allgemeinen zuzuschreiben. Sie äussert

sich nur auf Lumbriciden und auf die grössten Nematodenformen.

Dagegen hängt das Vorkommen von einzelnen Tiergruppen und ihre Verteilung auf verschiedene Tiefen wesentlich ab von der Mächtigkeit und der Art der verschiedenen Bodenschichten, hauptsächlich von den Eigenschaften der oberen humosen Decke und der nächstfolgenden Schicht. Die erstere enthält, mit wenigen Ausnahmen, während der Sommermonate die Hauptmasse der Bodenfauna.

Die Pflanzenformation hat auf die verschiedenen Formen verschieden grossen Einfluss; insgesamt aber bestehen nur wenige Unterschiede, die sich nicht auf bodenphysikalische Verhältnisse zurückführen lassen.

Innerhalb des Bereiches unserer Untersuchungen — 1300—2700 m — ist die Bodenfauna in sehr verschiedenem Grade von der Meereshöhe der Standorte abhängig. Einzelne Gruppen (Myriapoden, Mollusken) scheinen direkt durch die Veränderung der klimatischen Verhältnisse über bestimmten Höhen stark benachteiligt zu werden, andere (Lumbriciden) mehr durch allgemeine Verschlechterung der Bodenverhältnisse, während Nematoden, Enchytræiden, Collembolen und Acariden nachgewiesenermassen bis zur obern Grenze der subnivalen Region günstige Lebensbedingungen finden können und sich dann noch in grossen Massen ansammeln. Die Bodenfauna ist also in höheren Regionen oft nicht weniger zahlreich, wohl aber viel einförmiger als in der subalpinen und der untern alpinen Region.

Die verschiedenen Exkursionsgebiete zeigen hinsichtlich einzelner Arten und Gruppen der Bodenfauna charakteristische Unterschiede. Im allgemeinen aber, wenn wir

die Bodenfauna als Ganzes betrachten, scheinen sich in gleichen Höhen Differenzen nur der Verschiedenheit der Bodenverhältnisse wegen geltend zu machen. Ein gegenseitiger Einfluss der Bestandteile der Bodenfauna hinsichtlich ihres Vorkommens und ihrer Masse ist nirgends bemerkbar.

Bodenfauna und Oberflächenfauna der Gebiete unserer Untersuchungen zeigen ausgesprochen alpin-nordischen, beziehungsweise kosmopolitischen Charakter. Dies geht unzweifelhaft hervor aus der Häufigkeit alpiner und alpin-nordischer, wie auch resistenter Formen, aus der Bevorzugung der feuchten Standorte durch die Bodenfauna im ganzen, während an trockeneren Orten nur resistente Tiere sich finden.

Endemische thermophile Arten fehlen dagegen selbst an trockenen, stark geneigten Südhängen mit sporadisch grosser Erwärmung.

VII. Der Einfluss der Bodenfauna in den Alpen auf ihren Standort.

Die Arbeiten von Darwin (Lit. 18), Hensen (Lit. 29 und 30), Wollmy (Lit. 69) und Djémil (Lit. 19) haben die Tätigkeit des „grossen Regenwurms“, *Lumbricus terrestris* L., in Acker- und Gartenerde und seinen Einfluss an diesen Orten auf die Entwicklung der Pflanzen untersucht. Von der eidgenössischen Samenuntersuchungsanstalt in Zürich wurden in neuester Zeit auf Veranlassung Bretschers Versuche eingeleitet zur Feststellung des Einflusses des Regenwurmes auf den Ertrag und die Zusammensetzung des Rasens.