



---

## Diplopoden als Streuzersetzer in einem Lärchenwald

---



---

## Diplopoden als Streuzersetzer in einem Lärchenwald

---

Frank Boller

Lehrstuhl für Tierökologie der Universität Bayreuth

# Inhaltsverzeichnis

	Seite	
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Das Untersuchungsgebiet</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Methoden</b>	<b>10</b>
3.1	Das Arbeitsprogramm	10
3.2	Abundanz und Biomasse	10
3.3	Vertikale Verteilung	11
3.4	Hälterung	11
3.5	»Faeces-Factory«	11
3.6	Bestimmung der Fraßleistung	12
3.7	Nahrungswahlversuche	12
3.8	Auslaugung und microbielle Zersetzung	13
3.9	Chemische Analysen	13
3.10	Bestimmung der Brennwerte	14
3.11	Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	14
3.12	Auswertung	15
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>16</b>
<b>A</b>	<b>Die Saprohagengemeinschaft</b>	<b>16</b>
4.1	Saprohage Macro- und Megainvertebratenfauna	16
4.2	Diplopoda	16
4.2.1	Artenspektrum	16
4.2.2	Abundanz und Biomasse	17
4.2.3	Relative Häufigkeit und Biomasse der einzelnen Arten	17
4.2.4	Die dominanten Arten	18
4.2.4.1	Beschreibung	18
4.2.4.2	Phänologie	19
4.2.4.3	Vertikale Verteilung	20
<b>B</b>	<b>Versuche zum Abbau der Streuaufgabe</b>	<b>21</b>
4.3	Auslaugung und microbielle Zersetzung	21
4.3.1	Laborversuche	21
4.3.2	Freilandversuche	22
4.3.3	Korrekturfaktoren für die Versuche zur Umsatzleistung	22
4.4	Nahrungswahlversuche	22
4.4.1	Aufenthalt der Tiere an der Nahrung	23
4.4.2	Konsumierte Nahrungsmenge	23
4.4.3	Die Nahrungswahl beeinflussende Faktoren	24
4.5	Umsatzleistung der Diplopeden	25
4.5.1	Vorbemerkungen	25
4.5.1.1	Fraßleistung	25
4.5.1.2	Energiebilanz	26
4.5.1.2.1	Brennwerte, Aschgehalte und Energieausnutzung	26
4.5.2	Laborversuche	27
4.5.2.1	Umsatzleistung an Lärche	27
4.5.2.1.1	Leptoiulus noricus Verhoeff 1913	27
	a) Consumindex (CI)	27
	b) Consumquotient (CQ)	28
	c) Verdaulichkeit (AD)	28
	d) Andere Indices zur Nahrungsverwertung	29
	e) Energiebilanz	29

4.5.2.1.2	Enantiulus nanus Attems 1895	30
	a) Consumindex (CI)	30
	b) Consumquotient (CQ)	30
	c) Verdaulichkeit (AD)	31
	d) Energiebilanz	31
4.5.2.1.3	Leptoiulus saltuvagus Verhoeff 1898	32
	a) Consumindex (CI)	32
	b) Consumquotient (CQ)	32
	c) Verdaulichkeit (AD)	32
	d) Energiebilanz	32
4.5.2.1.4	Allaiulus punctatus Leach 1815	32
	a) Consumindex (CI)	32
	b) Consumquotient (CQ)	33
	c) Verdaulichkeit (AD)	33
	d) Energiebilanz	33
4.5.2.2	Umsatzleistungen an anderen Nahrungen	34
4.5.2.2.1	Leptoiulus noricus Verhoeff 1913	34
	a) Consumindex (CI)	34
	b) Consumquotient (CQ)	35
	c) Verdaulichkeit (AD)	35
	d) Energiebilanz	36
4.5.3	Freilandversuche	37
4.5.3.1	Fraßleistung an Lärche	37
4.5.3.1.1	Leptoiulus noricus Verhoeff 1913	38
	a) Consumquotient (CQ)	38
	b) Verdaulichkeit (AD)	38
4.5.3.1.2	Leptoiulus saltuvagus Verhoeff 1898	38
	a) Consumquotient (CQ)	39
	b) Verdaulichkeit (AD)	39
4.5.3.1.3	Enantiulus nanus Attems 1895	39
	a) Consumquotient (CQ)	39
	b) Verdaulichkeit (AD)	39
C	Ausnutzung bestimmter Inhaltsstoffe der Nahrung	40
4.6	Nährstoffe	40
4.7	Wasserlösliche Zucker	41
D	Umsatzleistung im Freiland	41
4.8	Bestimmung des jährlichen Bestandsabfalls	41
4.9	Fraßleistung und Energiebilanz	42
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>44</b>
5.1	Untersuchungen zur Besiedlungsdichte	44
5.2	Vergleiche zu anderen Tiergruppen	45
5.3	Abbau der Streu	45
5.3.1	Die Diplopoden als Zerkleinerer	46
5.3.2	Die Diplopoden als Mineralisierer	50
5.3.3	Quantifizierung der Rolle der Diplopoden beim Streuabbau im Untersuchungsgebiet	51
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung – summary</b>	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>57</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	<b>61</b>

Meiner Frau  
und  
meinen Kindern

# 1 Einleitung

Zersetzungsprozesse haben in allen Ökosystemen eine zentrale Bedeutung (SWIFT et.al. 1979; SCHINNER 1982). Die Kenntnisse hierüber sind jedoch noch sehr lückenhaft.

Der Vorgang der Zersetzung läßt sich in drei Prozesse gliedern (SWIFT et.al. 1979), die mit den Begriffen Auslaugung, physikalische und chemische Zerkleinerung (Mineralisierung) beschrieben werden können. An den beiden zuerst genannten Prozessen sind die unterschiedlichen Gruppen der saprophagen Bodenfauna, Lumbricidae, Diplopoda, Isopoda, Diptera (Larven), Gastropoda sowie Microarthropoden mit wechselnder Bedeutung beteiligt (SATCHELL 1963; REICHLE 1977; ANDERSON et.al. 1981). Die Mineralisierung der organischen Substanzen wird zum größten Teil von den Mikroorganismen übernommen (PARKINSON 1977; ANDERSON et.al. 1983), deren Aktivität jedoch in hohem Maße von der Anwesenheit der saprophagen Bodenfauna abhängt (HANLON und ANDERSON 1979, 1980; GHILAROV 1963; ANDERSON und BIGNELL 1980; PHERSON 1980).

Die große Zahl der an den Zersetzungsprozessen beteiligten Saprophagengruppen führte dazu, einzelne Gruppen herauszugreifen und deren Anteil an den Abbauprozessen getrennt zu betrachten (WITTICH 1953; STRIGANOVA et.al. 1981; ALTMÜLLER 1979; THOMAS 1979; KOWAL and CROSSLEY 1971).

Die Bedeutung der Diplopoden als Zersetzer in Laubwäldern wurde von v. d. DRIFT (1951), DUNGER (1958 a, b), GERE (1956, 1962 a, b), MC BRAYER (1973), POBOZSNY (1978), STRIGANOVA (1967, 1969, 1971, 1972, 1976) herausgestellt.

Untersuchungen zur Zersetzungsleistung der Diplopoden aus Nadelwäldern – speziell Lärchenwäldern – liegen bisher nicht vor, obwohl die Lärche in Japan, Kanada, Nordamerika und der UdSSR (Sibirien) eine ausgedehnte Verbreitung aufweist (MEUSEL et.al. 1965). Auch in Mitteleuropa tritt die Lärche in den Alpen, besonders in den Zentralalpen, im Oberengadin, in den Ost- und Südalpen bestandsbildend auf und spielt eine nicht unbedeutende Rolle (ELLENBERG 1978; MAYER 1974). Geringe Vorkommen, teilweise nur Restbestände, der Lärche finden sich in Polen und den Karpaten (ELLENBERG 1978; MEUSEL et.al. 1965).

Mit der vorliegenden Arbeit sollen die Zersetzungsprozesse in Lärchenwäldern untersucht werden. Dabei sollen die Diplopoden im Vordergrund des Interesses stehen, da sie nach ersten Voruntersuchungen offensichtlich die bedeutendste Saprophagengruppe in Lärchenwäldern bilden.

Da die Lärche in Mitteleuropa hauptsächlich in den Alpen verbreitet ist, lag die Entscheidung nahe, ein Untersuchungsgebiet in diesem Raum zu wählen.

Schwerpunkt dieser Arbeit ist es, den Einfluß der Diplopoden bei der Zersetzung der Lärchenstreu zu quantifizieren. Es soll zum einen deren Bedeutung bei der physikalischen Zerkleinerung der Streu und der damit verbundene Energieumsatz geklärt werden.

Darüberhinaus soll untersucht werden, ob und wieweit die Diplopoden nicht nur an der Zerkleinerung der Streu, sondern auch an deren chemischem Abbau beteiligt sind.

Bei Versuchen zur Umsatzleistung ist es oft schwierig, den Tieren ein zum Freiland vergleichbares Substrat in den Versuchsgefäßen zu bieten, da bei der Auswertung die Trennung von anorganischen (Mineralboden) und organischen Partikeln (Faeces und Nahrungsreste) schwierig ist (GERE 1956). Diese methodischen Aspekte wurden bei der Wahl des Untersuchungsgebietes berücksichtigt. Es wurde ein Gebiet mit rein organischen Auflagen (Rohboden) ausgewählt. Dadurch lassen sich Versuche im Labor ähnlich wie im Freiland durchführen. Auch die fehlende anthropogene Belastung und die damit verbundene Naturbelassenheit waren bei der Wahl des Untersuchungsgebietes ausschlaggebend.

Herrn Prof. Dr. W. Topp danke ich für die Überlassung dieses interessanten Themas sowie für wissenschaftlichen Beirat.

Allen Mitarbeitern des Lehrstuhls für Tierökologie I der Universität Bayreuth danke ich für stets kollegiale Zusammenarbeit. Im einzelnen möchte ich dabei Herrn Dipl.-Biologen W. Joswig nennen, mit dem mich viele Diskussionen verbinden sowie Herrn Dipl.-Biologen R. Brandl, der mir bei allen statistischen Fragen stets bereitwillig Auskunft gab.

Für die Durchführung der besonders gekennzeichneten chemischen Analysen danke ich Herrn Dr. R. Bochter und Frau M. Detzer vom Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodengeographie der Universität Bayreuth.

Für die Nachbestimmung der Lumbriciden danke ich Herrn Dr. F. Seewald aus Salzburg.

Herrn Dr. G. Acker danke ich für die Anfertigung der elektronenoptischen Aufnahmen.

Den Mitarbeitern der Nationalpark-Verwaltung Berchtesgaden, besonders Herrn Dr. Zierl, danke ich für die Bereitstellung eines Untersuchungsgebietes im Bereich des Nationalparks sowie für die Fahrtkostenerstattung im Jahre 1982. Für die Erteilung einer Ausnahme-Fahrgenehmigung für die Straßen im Nationalpark danke ich dem Forstamt und dem Landratsamt Berchtesgaden.

Dem Deutschen Wetterdienst, Wetteramt München, danke ich für die Überlassung von Klimadaten.

## 2 Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet, die Farrenleitenwand, liegt in den Berchtesgadener Alpen, östlich des Königssees im Gebiet des Nationalparks Berchtesgaden (Abb.: 1; TK 8444, R:70350, H:77000)

Kartengrundlage: Topographische Karte 1:50000 Berchtesgadener Alpen. Wiedergabe mit Genehmigung des Bayer. Landesvermessungsamtes München, Nr. 13057/85



Abb.1:1 Ausschnitt aus der Topografischen Karte 8444 (Pfeil: Untersuchungsgebiet)

Die Farrenleitenwand ist ein Bergsturzbereich unter einer Steilwand. Die Untersuchungsfläche liegt im hinteren, nordexponierten Teil (im folgenden nur noch als HFLW bezeichnet). Einen schematischen Überblick über das Relief gibt die Abbildung 2.

Die Hangneigung des Bergsturzes liegt im Mittel bei  $32^\circ$  ( $\triangleq 64\%$ ), sie ist jedoch infolge der Blockstruktur stark verwischt.

Der geologische Untergrund baut sich aus Dachsteinkalk auf, der zu mehr als 99% aus  $\text{CaCO}_3$  besteht (Bochter 1984 a).

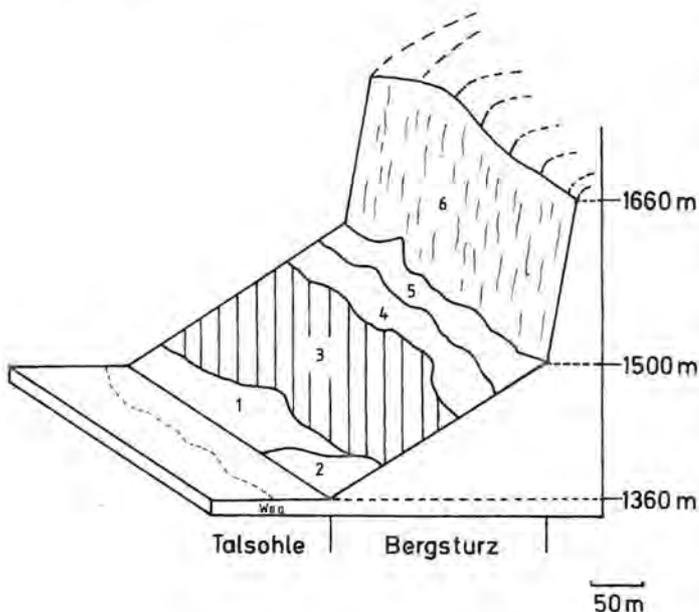


Abb. 2: Schematische Darstellung des Untersuchungsgebietes

### Erläuterungen zur Abb. 2

- 1 Lärche:Fichte = 30:70
  - 2 Fichte
  - 3 Lärche:Fichte = 80:20
  - 4 Lärche:Fichte = 40:60
  - 5 Geröllhang
  - 6 Steilwand
- Probenentnahme in 3 –

Die Böden, die sich durch das Fehlen von mineralischen Horizonten auszeichnen (Horizontfolge 0 – C), werden bei einer Mächtigkeit bis zu 30 cm als Petrosole, bei größerer Mächtigkeit als Tangelpetrosole bezeichnet.

Beim Umfallen reißen die Bäume mit ihren Wurzeltellern die gesamten organischen Lagen weg, so daß der blanke Fels erscheint. So muß die Sukzession und Humusbildung ständig neu ansetzen und es finden sich heute Humusprofile von 1 cm bis 1 m Mächtigkeit.

Die Humusform ändert sich mit zunehmender Mächtigkeit der Horizonte von Mullmoder, über Moder zu Rohhumus (= Mör nach BOCHTER 1984 a).

Der pH-Wert der Böden ist ebenfalls unterschiedlich je nach Horizontmächtigkeit bzw. Tiefe der einzelnen Lagen. Er reicht von etwa 3.0 bis 6.5. Nähere Angaben zur bodenkundlichen Ansprache finden sich bei BOCHTER (1984 a, 1985).

Auf dem von MAYER (1961) pollenanalytisch auf ca. 5000 Jahre datierten Bergsturzbereich stockt ein zwergstrauchreicher Lärchen-Fichten-Wald in der Alters- und Verjüngungsphase (Abb. 3).

Lärchen-Fichten-Wälder sind charakteristisch für einige Gebiete der Zentralalpen. Im Berchtesgadener Land finden sich subalpine, zwergstrauch- und flechtenreiche Block-Lärchenwälder nur im Bereich der HFLW und im Blauis-Kar des Hochkalter-Gebietes (MAYER 1959). Bei den Zwergsträuchern dominieren *Rhododendron hirsutum* und *Vaccinium myrtillus*, bei den Flechten sind es besonders die *Cladonia*-Arten. Eine vom Verfasser erstellte Liste der im Untersuchungsgebiet vorkommenden Pflanzenarten findet sich im Anhang dieser Arbeit. Aufgrund dieser Aufnahmen sowie der Arbeiten von LIPPERT (1966) läßt sich das Gebiet als *Rhododendro-Vaccinietum* Br.-Bl. 1927 ansprechen. Diese Pflanzen-Gesellschaft kommt im steten Wechsel mit der Gesellschaft *Rhododendro-Mugetum* Br.-Bl. 1939 vor. In seinem Buch über die Wälder des Ostalpenraumes stellt MAYER (1974) das Gebiet der Farrenleitenwand pflanzensoziologisch als *Laricetum asplenietosum* vor.

Der Deutsche Wetterdienst (Wetteramt München) stellte Wetterdaten der Station Rauschberg (20 km Luftlinie) zur Verfügung, da bis Ende 1984 weder von der Nationalparkverwaltung noch vom Deutschen Wetterdienst eine Wetterstation im Bereich des Nationalparks betrieben wurde. Die mittleren monatlichen Maximal- und Minimaltemperaturen, sowie Monatssummen der Niederschläge können der Abbildung 4 entnommen werden. Eine Tabelle mit den genannten Werten, sowie Monats- und Jahresmittelwerten befindet sich im Anhang.



Die mittlere jährliche Maximaltemperatur betrug im Jahr 1982 8°C und im Jahr 1983 8.3°C, die entsprechenden Werte für die Minimaltemperaturen lagen bei 1.5 bzw. 1.3°C. Die Jahresdurchschnitts-temperaturen errechneten sich zu 4.8 und 5.0°C.

ENDERS (1979) machte in seiner Arbeit Angaben zum Klima des Berchtesgadener Landes. Danach liegt die Mitteltemperatur des kältesten Monats (Januar) in 1600 m bei etwa -5°C, die des wärmsten Monats (August) in gleicher Höhe bei etwa 12°C, das Jahresmittel liegt bei ca. 4°C.

Es ist zu berücksichtigen, daß das Klima stark von der Art des Reliefs geprägt wird, und somit auch kleinräumig große Unterschiede auftreten können. Eigene monatliche Temperaturmessungen in der Farrenleitenwand von Juni bis Oktober zeigen zu den entsprechenden Werten der Station Rauschberg nur geringfügige Abweichungen von  $\pm 0.7^\circ\text{C}$ , so daß eine Übertragung der Daten der Station Rauschberg auf die Farrenleitenwand möglich ist.

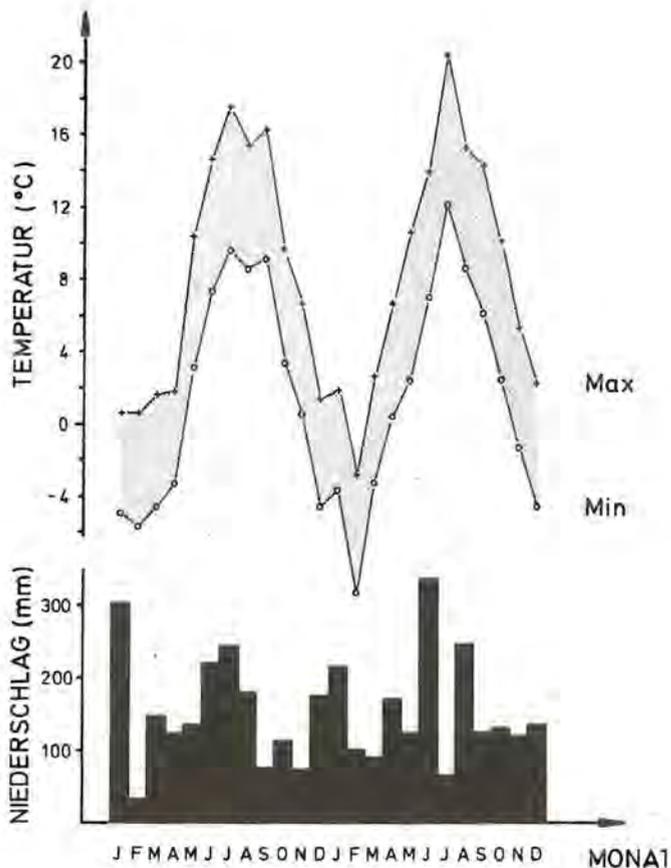


Abb. 4: Temperatur- (Maximal- und Minimal-Monatsmittelwerte) und Niederschlagswerte (Monatssummen) der Wetterstation Rauschberg (1640 m) für die Jahre 1982 und 1983 (Angaben des Deutschen Wetterdienstes, Wetteramt München).

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Bereich des Alpenrandklimas und damit verbundener hoher Niederschläge (BROSE 1955; ENDERS 1979). Die Monatsniederschläge summierten sich 1982 zu 1821 mm und 1983 zu 1852 mm, mit Maxima in den Sommer- und Wintermonaten. BROSE (1955) und ENDERS (1979) machen Niederschlagsangaben für die nahe dem Untersuchungsgebiet gelegene Priesbergalpe (1438 m), mit 1717 mm (Zeitraum 1891-1930), 1848 mm (Zeitraum 1939-1944) und 1855 mm (Zeitraum 1948-1952).

Zu S. 8:  
Abb. 3: Blick über das Untersuchungsgebiet in Richtung Steilwand (Foto: W. Joswig)

# 3 Methoden

## 3.1 Das Arbeitsprogramm

Die Abbildung 5 gibt einen Überblick über den Umfang der durchgeführten Untersuchungen. Im folgenden werden die Methoden im einzelnen beschrieben.

Die Extraktion im Auslesegerät nach Kempson (KEMPSON et.al. 1963) lief über 14 Tage. Über die Effektivität des Gerätes in bezug auf die einzelnen Tiergruppen und unterschiedlichen Böden geben EDWARDS and FLETCHER (1971) Auskunft. Im Gegensatz zu dem von KEMPSON beschriebenen Extraktor wurde das Aufheizen nicht über Infra-Rot-Lampen, sondern über zwei – links und rechts im Gerät befindliche – Heizungen erreicht.

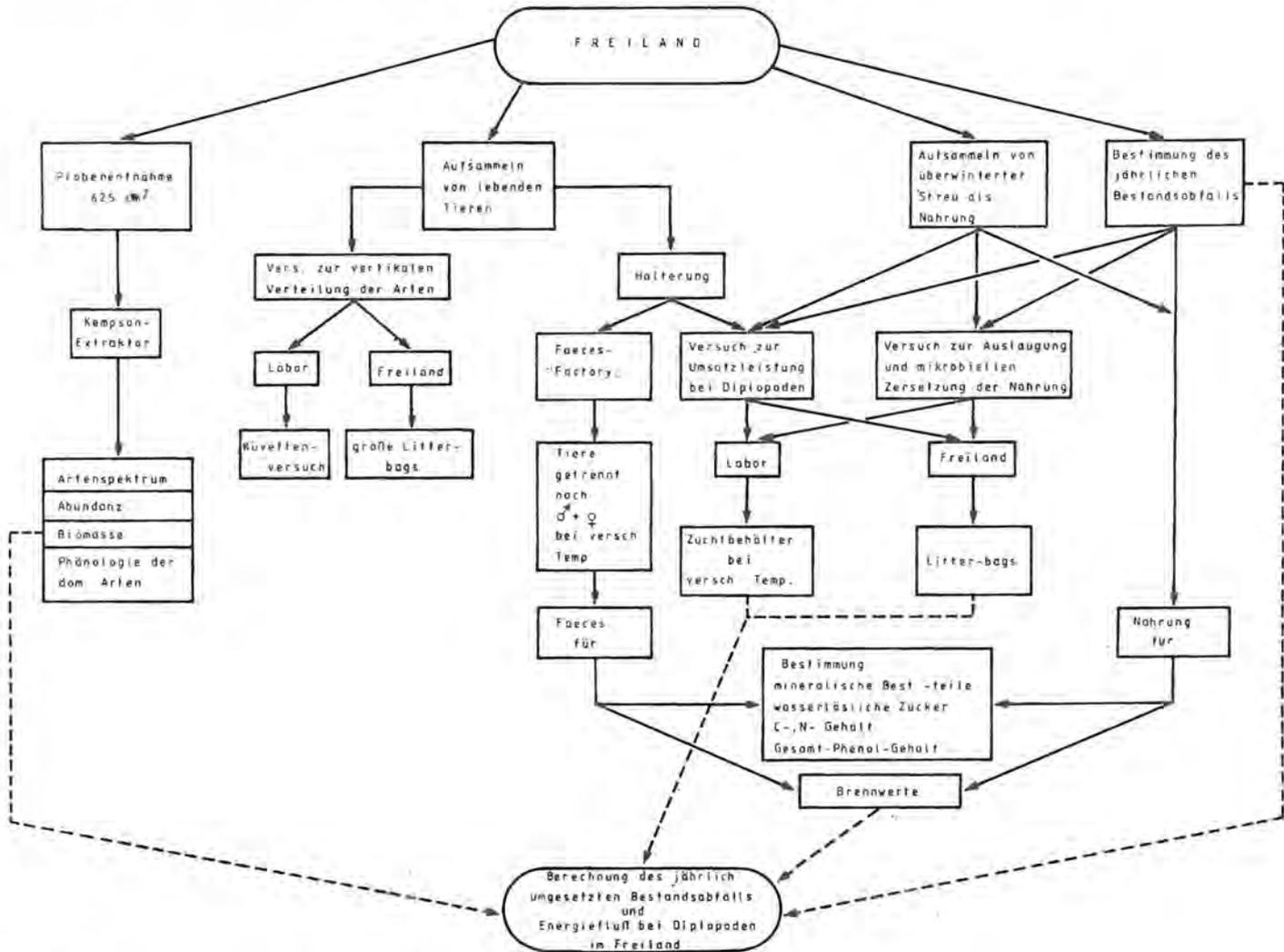


Abb. 5: Arbeitsprogramm (Best. = Bestand (Bestandsabfall), dom. = dominant, Temp. = Temperatur, Vers. = Versuch, versch. = verschieden) – Weitere Erklärungen siehe Text –

## 3.2 Abundanz und Biomasse

Im Jahr 1982 wurden, während der 5-monatigen Vegetationsperiode von Juni bis Oktober, jeden Monat 10 Proben a 625 cm<sup>2</sup> (25 x 25 cm<sup>2</sup>) bis zum anstehenden Gestein entnommen, wobei je zwei Proben auf die Mächtigkeiten 1-2 cm, 3-5 cm, 10-15 cm, 20 cm und 30 cm entfielen. Proben größerer Mächtigkeit wurden einerseits wegen der zu erwartenden geringen Unterschiede zu den 30 cm Horizonten, andererseits wegen der relativen Seltenheit derartiger Mächtigkeiten nicht entnommen.

Die entnommenen Proben wurden in Plastiksäcken verpackt und bis zur Weiterverarbeitung höchstens 2-3 Tage bei 5°C aufbewahrt.

Nach der Extraktion wurden die Tiere ausgelesen, determiniert und nach Geschlecht sowie Adult/Subadult und Juvenil sortiert. Die Grenze zwischen Juvenil und Subadult wurde mit der Ausbildung der sekundären Geschlechtsmerkmale gezogen (GEOFFROY 1981; PEDROLI-CHRISTEN 1981).

Zur Biomassebestimmung wurden die Tiere bei 60°C bis zur Gewichtskonstanz (48 h) getrocknet und gewogen (Sartorius 2474, d = 0.01 mg). Die Angaben zur Biomasse beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf das Trockengewicht.

Die Diplopoden wurden nach SCHUBART (1934) und DEMANGE (1981) determiniert. Die Nomenklatur folgte der von HOFFMANN (1979) überarbeiteten Systematik.

### 3.3 Vertikale Verteilung

Die Untersuchungen zur vertikalen Verteilung wurden sowohl im Labor als auch im Freiland im Monat August durchgeführt.

Im Labor dienten hierzu Küvetten. Diese bestanden aus zwei Glasplatten (je 40 x 20 cm<sup>2</sup>), die in einem Gestell 1 cm voneinander entfernt waren. Die Küvetten wurden mit den im Freiland entnommenen obersten 4 cm eines 15 cm mächtigen Horizontes – in zum Freiland adäquater Lage und Dichte – bestückt. Außen wurde eine Zentimetereinteilung angebracht und die Küvetten bis zur Füllhöhe seitlich abgedunkelt.

Die Versuche fanden in einer Klimakammer unter konstanten Bedingungen (15°C, LD 16/8) statt. Zweimal täglich – 8 Uhr und 17 Uhr – erfolgte eine Kontrolle der Aufenthaltsorte der einzelnen Individuen. Die Versuchsdauer betrug 5 Tage; vorgeschaltet war eine 3-tägige Eingewöhnungszeit für die Tiere.

Die Freilandversuche wurden mit Hilfen großer Streubeutel (Litterbags, 25 x 25 x 30 cm<sup>3</sup>, Maschenweite 0.25 mm) durchgeführt. Die Beutel wurden mit einem entsprechend großen, 15 cm mächtigen Horizont gefüllt, in den Boden eingesetzt und nach Zugabe von Versuchstieren verschlossen (DAVIS 1977). Die Kontrolle der Aufenthaltsorte der Tiere erfolgte nach vier Wochen.

Die Anzahl der Versuche und die Anzahl der pro Versuch eingesetzten Tiere können folgender Tabelle entnommen werden.

	Labor		Freiland			
	Serie	1	2	1	2	3
<i>Leptoiulus noricus</i>		6	6	8	7	8
<i>L. saltuvagus</i>		6	6	8	7	8
<i>Enantiulus nanus</i>		6	6	7	14	8

Tab. 1: Anzahl der pro Versuch zur vertikalen Verteilung im Labor und im Freiland eingesetzten Tiere.

Im Labor wurde die Art *Leptoiulus noricus* (große Art) allein in eine Küvette, die Arten *L. saltuvagus* und *Enantiulus nanus* zusammen in eine andere gesetzt. Im Freiland hingegen kamen alle drei Arten gemeinsam in einen Streubeutel.

Da sowohl im Labor als auch im Freiland keine signifikanten Unterschiede ( $\chi^2$ -Test) zwischen den verschiedenen Serien auftraten, wurden die Daten für die einzelnen Arten zusammengefaßt.

### 3.4 Hälterung

Die im Freiland durch vorsichtiges Abheben der Streu gesammelten Tiere wurden im Labor zu je 20 Individuen – getrennt nach Arten und Geschlecht – in glasklaren Polystyrol Dosen (»Gerdadosen«, 20 x 20 x 8 cm<sup>3</sup>; *E. nanus* in Dosen von 10 x 10 x 5.5 cm<sup>3</sup>) in

Klimaschränken bei 5, 10, 15 und 20°C und einer Photoperiode von LD 16/8 gehältert. Die Behälter waren zu  $\frac{2}{3}$  mit natürlichem Substrat gefüllt und von den Seiten sowie von oben abgedunkelt. Es wurde darauf geachtet, daß die Behälter nicht direkt unter Beleuchtungskörpern standen. Die Streu in den Behältern wurde wöchentlich mit einem Zerstäuber angefeuchtet.

Neben den Diplopoden-Arten aus der Farrenleitwand (siehe Tab. 3) wurden folgende weitere Arten gehältert und für Versuche zur Umsatzleistung, Nahrungsauswertung und Faecesanalysen verwendet. Diese Arten stammten aus einem Lärchenwaldgebiet in Schleswig-Holstein (Bi), sowie aus einem Buchenwald bei Bayreuth (Er).

- |   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | <i>Allaiulus punctatus</i> Leach 1815                | Bi |
| 2 | <i>Glomeris marginata</i> (Villers 1789)             | Bi |
| 3 | <i>Leptoiulus proximus</i> (Nemec 1896)              | Er |
| 4 | <i>Unciger foetidus</i> (C. L. Koch 1838)            | Er |
| 5 | <i>Chromatoiulus projectus kochi</i> (Verhoeff 1907) | Er |

### 3.5 »Faeces-Factory«

Für chemische Analysen und zu Brennwertbestimmungen wurden größere Mengen Faeces (siehe Methoden zu diesen Punkten) von den einzelnen Arten benötigt. Um diese in möglichst kurzer Zeit zu erhalten, wurden je 10 Individuen einer Art (bei *E. nanus* 20 Individuen) – getrennt nach Männchen und Weibchen – in glasklaren Polystyrol Dosen (10.5 x 9.5 x 3 cm<sup>3</sup>) bei den vier, oben genannten (siehe Kapitel Hälterung) Versuchstemperaturen gehältert.

Die Nahrung bestand aus luftgetrockneter (15°C, RF 60 ± 5%) und wieder angefeuchteter Streu nur jeweils einer Pflanzenart.

Die Tiere blieben 14 Tage in den Dosen und wurden dann auf natürliches Substrat (gemischte Streu) zurückgesetzt.

Die Faeces wurden alle zwei Tage abgesammelt, luftgetrocknet, von Streuresten befreit und bis zur Weiterverarbeitung bei –20°C aufbewahrt.

Durch eine effektive Trennungsmethode (Kotkrümel und Nahrungsreste wurden auf eine schiefe Ebene gestreut; durch leichtes Klopfen an die Ebene rollten die Faeces, infolge ihrer zylindrischen Gestalt – im Gegensatz zu den Streuresten – zur Basis der schiefen Ebene) konnten später »reine« Kotkrümel (Verschmutzungsgrad bei etwa 0.1%) analysiert werden.

Bei größeren Arten (*Leptoiulus*) wurden so ausreichende Mengen an Faeces bei den einzelnen Temperaturen und von den unterschiedlichen Nahrungen gesammelt. Eine Ausnahme bildete die Nahrung von *Rhododendron hirsutum*. Infolge geringer Fraßleistung und hoher Mortalität standen hier keine Faeces für die Analysen zur Verfügung.

Reichten die Faecesmengen – z. B. infolge geringer

Individuenzahlen bei den Männchen – nicht aus, so wurden die Kotkrümel für Männchen und Weibchen oder auch für mehrere Versuchstemperaturen zusammengefaßt.

### 3.6 Bestimmung der Fraßleistung

Versuche zur Bestimmung der Fraßleistung der Diplopoden an Lärche wurden im Labor und im Freiland mit drei Arten aus dem Untersuchungsgebiet durchgeführt. Vergleichend zu diesen Arten wurde die Fraßleistung von *Allaiulus punctatus* Leach 1815, aus einem Lärchenwald in Schleswig-Holstein, bestimmt. Zur Ermittlung der Fraßleistung an anderen Nahrungen (siehe unten) des Untersuchungsgebietes wurde nur *L. noricus* herangezogen.

Als Versuchsgefäße dienten im Labor runde, mit Filterpapier und Zellstoff bestückte Kunststoffpetrischalen von 9 cm Durchmesser (*E. nanus* 4.5 cm Durchmesser) und 1.4 cm Höhe (SCHMIDT 1952, HUBBEL et.al. 1965, SOMA and SAITO 1983).

Die Tiere wurden einzeln in die Versuchsgefäße gesetzt.

Fraß an Zellstoff und Filterpapier fand nur selten statt. War dies der Fall – erkennbar an Fraßspuren und weißen Faeces – so wurden diese Ansätze verworfen. Die Petrischalen standen in Gerdadosen, die von der Seite und von oben abgedeckt waren (Dämmerlicht).

Alle Versuche wurden in Klimaschränken unter konstanten Bedingungen bei 5, 10, 15 und 20°C und einer Photoperiode von LD 16/8 durchgeführt. Fraßversuche mit *L. noricus* an anderen Nahrungen außer Lärche fanden bei 15°C und gleichen Lichtverhältnissen statt.

Eine zusätzliche Versuchstemperatur von 25°C wurde verworfen, da bei der Hälterung der Tiere bei dieser Temperatur eine gleichbleibend hohe Mortalität auftrat. Derartige Temperaturen werden zudem in der nordexponierten Höhenlage des Untersuchungsgebietes nur selten erreicht (siehe Abb. 4). Auch bei 15°C trat zu Beginn der Hälterung eine zu 25°C entsprechende Mortalität auf, die jedoch nach 15 Tagen entscheidend abnahm.

Diese zu Beginn der Hälterung auftretende Mortalität führte zu der Entscheidung, die Fraßversuche nicht unmittelbar nach dem Sammeln, sondern erst nach einer vierzehntägigen Akklimatisation an die Versuchsbedingungen zu beginnen. Die Mortalität während der 7-tägigen Versuchszeit war dann äußerst gering (Einzelfälle).

Die relative Luftfeuchte in den Versuchsgefäßen betrug 98-100%. Bei einer Versuchsdauer von sieben Tagen wurden die Ansätze zwischenzeitlich einmal angefeuchtet.

Für die Freilandversuche wurden die Tiere einzeln in Streubeutel (9 x 10 cm<sup>2</sup>, Maschenweite 0.25 mm)

gesetzt. Die Beutel wurden schräg »eingegraben«, um den Tieren eine vertikale Wanderung zu ermöglichen.

Bei den Laborversuchen diente als Nahrung einmal überwinterte Streu von Lärche (*Larix decidua*), Fichte (*Picea abies*), Buche (*Fagus sylvatica*), Behaarter Alpenrose (*Rhododendron hirsutum*) und Blaubeere (*Vaccinium myrtillus*), die im Juni und Juli gesammelt wurde. Die gesamte Streu wurde bei 15°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60 ± 5% luftgetrocknet. Trocknen im Trockenschrank bei höheren Temperaturen führt nach DUNGER (1958 a) zur Fraßminderung. Die eingesetzte Nahrungsmenge betrug im Labor – je nach Größe der Tiere – 80 bzw. 40 mg, im Freiland 300 mg. Diese Mengen reichten für ad libitum-Fraß aus. Die Nahrung wurde 24 h vor Versuchsbeginn mit 1 – 2 ml Wasser angefeuchtet.

Bei Nadeln diente die gesamte Nadel als Nahrung. Bei Blättern wurde die von der Mittelrippe abgerissene Blattspreite verfüttert. Das Verhältnis von lufttrockener zu absolut trockener Nahrung wurde über folgende Regressionen bestimmt.

Lärche	: Y= 0.8805 x X; r= 0.9996, P < 0.001, n= 35
Buche	: Y= 0.8969 x X; r= 0.9987, P < 0.001, n= 40
Fichte	: Y= 0.9519 x X; r= 0.9999, P < 0.001, n= 24
Rhododendron	: Y= 0.8840 x X; r= 0.9978, P < 0.001, n= 19
Vaccinium	: Y= 0.8606 x X; r= 0.9989, P < 0.001, n= 19

Die Versuche im Labor begannen nach einer vierzehntägigen Gewöhnung der Tiere an die Versuchsbedingungen (siehe oben).

Die Versuchsdauer betrug sieben Tage. Eine längere Versuchsdauer birgt die Gefahr von Fraßunregelmäßigkeiten durch Hälterungsfehler (BECK und BRESTOWSKY 1980). Die Tiere mußten 24 h vor Versuchsbeginn hungern, um vorausgegangene Nahrung zu entfernen. Anschließend wurden sie gewogen und die Nahrung dazugegeben.

Die Faeces wurden nach der Hälfte der Versuchszeit und zum Versuchsende zusammen mit dem Restfutter entfernt, bei 60°C 48 h getrocknet und gewogen. 24 h nach dem Versuch wurden die Tiere wiederum mit leerem Darm gewogen, die noch abgelegten Faeces zu den vorher entnommenen dazugerechnet.

Die Angaben der Fraßleistung beziehen sich auf mg Trockengewicht Nahrung pro g Lebendgewicht Tier und Tag.

Die Umrechnung auf Trockengewicht Tier kann für die einzelnen Arten nach folgenden Korrelationen erfolgen.

<i>Leptoiulus noricus</i>	: Y= 0.3028 x X; r= 0.9924, P < 0.001, n= 16
<i>L. saltuvagus</i>	: Y= 0.2894 x X; r= 0.9995, P < 0.001, n= 5
<i>Enantiulus nanus</i>	: Y= 0.2778 x X; r= 0.9189, P < 0.001, n= 8

<i>Allaiulus punctatus</i>	: Y= 0.3503 x X; r= 0.9727, P < 0.001, n= 20
----------------------------	--

### 3.7 Nahrungswahlversuche

Versuche zur Nahrungswahl wurden mit *L. noricus* bei 15°C durchgeführt. Die Versuchstiere bekamen sechs verschiedene Nahrungen (Lärche, sterile

Lärche, Buche, Fichte, Rhododendron, Vaccinium) zur Auswahl angeboten. Die Sterilisation eines Teils der Lärchenstreu erfolgte für zweimal 20 Minuten bei 121°C im Autoklaven.

Als Versuchsgefäße dienten glasklare Polystyrol-dosen (10.5 x 9.5 x 3 cm<sup>3</sup>) mit Filterpapier und zentral gelegtem, feuchten Zellstoff. Um diesen wurden die sechs Nahrungshaufen in unterschiedlicher Anordnung gruppiert. Entscheidend waren dabei gleiche Volumina und nicht gleiche Ausgangsgewichte.

Pro Versuchsgefäß der sechs Parallelen wurden zwei Tiere eingesetzt.

Die Auswertung erfolgte einerseits über die Häufigkeit der Tiere an den einzelnen Nahrungen. Befand sich ein Tier bei der täglichen Kontrolle (11 h) auf oder an der Nahrung, so galt diese Nahrung als gewählt (BECK und BRESTOWSKY 1980), andererseits wurde die Präferenz über die Menge an aufgenommener Nahrung ermittelt.

Weitere Angaben zur Versuchsdurchführung finden sich im Kapitel Umsatzleistung.

### 3.8 Auslaugung und microbielle Zersetzung

Versuche zur Auslaugung und microbiellen Zersetzung wurden durchgeführt, um den durch diese beiden Faktoren hervorgerufenen Gewichtsverlust der Streu abzuschätzen. Hieraus läßt sich ein Korrekturfaktor für die Versuche zur Fraßleistung der Diplo-poden ableiten.

Für die Lärche wurden im Labor (siehe Kapitel 3.6) bei 15°C insgesamt 60 Parallelen angesetzt und nach 10, 20, 30, 40, 60 und 90 Tagen je zehn zurückgewogen. Bei 5 und 25°C wurden insgesamt 30 Parallelen angesetzt und nach 10, 20 und 30 Tagen je zehn gewogen. Bei den anderen Nahrungen (siehe Methode zur Bestimmung der Fraßleistung) bestand der Ansatz aus je 10 Gefäßen, die nach zehn Tagen zurückgewogen wurden (Bestimmung eines Korrekturfaktors).

In das Freiland wurden 60 Proben ausgebracht (siehe Kapitel 3.6) und nach 35, 63, 91 und 354 Tagen je fünfzehn wieder eingeholt.

Die Streu für die Versuche zur Auslaugung und microbiellen Zersetzung, wie auch für die Versuche zur Umsatzleistung und Nahrungswahl wurde im Juni und Juli im Freiland gesammelt.

Die Lärchenstreu stammte aus einer Versuchsanordnung, mit der der jährliche Bestandsabfall bestimmt wurde. Hierzu wurden acht, auf einer Seite mit Gaze bespannte Kästen (Abb. 6) von 0.25 m<sup>2</sup> (= 2 m<sup>2</sup>) zufällig im Untersuchungsgebiet verteilt und die anfallende Streumenge über einen Zeitraum von zwei Jahren gemessen.

Die Streu der anderen in den Versuchen verwendeten Pflanzenarten wurde einzeln vom Boden aufgelesen,

wobei nur die obersten, lockeren Teile gesammelt wurden. Nur Vaccinium myrtillus zeigte zu diesem Zeitpunkt schon deutliche Zersetzungsspuren.

Die gesamte Nahrung wurde bei 15°C und einer relativen Luftfeuchte von 60 ± 5% luftgetrocknet.

Die Proben mit dem jährlichen Bestandsabfall wurden in Lärche und Rest sortiert. Die Lärchenstreu wurde luftgetrocknet und gewogen (Bestimmung des Trockengewichtes über eine Korrelation), der Rest in die einzelnen Komponenten (Fichte, Buche etc.) gegliedert, 48 h bei 60°C getrocknet und ebenfalls gewogen.



Abb. 6: Auffangkasten für Bestandsabfall (Aufnahme: Verfasser)

### 3.9 Chemische Analysen

Die in den verschiedenen Versuchen als Nahrung eingesetzte Streu und die gesammelten Faeces wurden in einer Retschenmühle pulverisiert und homogenisiert und bis zur Weiterverarbeitung bei -20°C aufbewahrt.

Mit dem Material wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Bestimmung der mineralischen Bestandteile
- Bestimmung der wasserlöslichen Zucker Nahrung und Faeces
- Bestimmung des C - Gehaltes
- Bestimmung des N - Gehaltes
- Bestimmung des Gesamt-Phenol-Gehaltes Nahrung

Die Arbeiten zu den Punkten 1 und 2 wurden am Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodengeographie (Prof. Dr. W. Zech) der Universität Bayreuth ausgeführt.

- (1) Bestimmung der mineralischen Bestandteile  
Es wurden die Elemente Fe, Al, Mn, Ca, Mg, Cu, P, Zn, und K analysiert.

Die Proben (Einwaage 50 mg Trockengewicht) wurden 3 h bei 400 – 500°C verascht, mit 10%iger HCl aufgeschlossen und der Gehalt an einzelnen Elementen gegen eine Standardlösung am AAS gemessen (P wurde photometrisch bestimmt).

- (2) Bestimmung der wasserlöslichen Zucker (Kaltwasserextrakt)

Die Proben (Einwaage 50 mg Trockengewicht) wurden in 10 ml Aqua dest. gelöst (+ 1 Tropfen  $\triangleq$  12  $\mu$ l Tuluol zur Unterbindung von Mikroorganismenwachstum), von Hand geschüttelt, am Rundschtüttler ca. 16 h extrahiert und über Glasfaserfilter filtriert. Es wurde mit 10 ml Aqua dest. nachgewaschen und das Filtrat am Rotationsverdampfer eingetrocknet. Anschließend folgte die Aufnahme des Rückstandes in 0.5 ml Methanol.

Der weitere Analysengang beinhaltet eine Trennung des Extraktes mittels Hochleistungsdünnschichtchromatographie (HPTLC) und Quantifizierung mittels Scanner (BOCHTER 1984 b).

- (3) Bestimmung von C – und N – Gehalt

Der Gesamt C – Gehalt wurde über die Veraschnung im Muffelofen ermittelt (siehe Methode zur Brennwertbestimmung), wobei die Halbierung des Wertes der gesamtorganischen Substanz den C – Gehalt ergab.

Die Bestimmung des Stickstoffes erfolgte mittels der von STRAUCH (1965) beschriebenen »Kolorimetrischen Ultramikro-Methode zur Bestimmung von Kjeldahl-Stickstoff«.

- (4) Bestimmung des Gesamt-Phenol-Gehaltes

Die Bestimmung des Gesamtgehaltes an NaOH – löslichen phenolischen Bestandteilen erfolgte über die kolorische Methode mittels Folin-Reagenz (ESTERBAUER et.al. 1975; MORITA 1980).

Die Proben (250 mg Einwaage) wurden in 20 ml 1 M NaOH aufgenommen, mit N<sub>2</sub> begast und etwa 20 h bei Raumtemperatur geschüttelt. Anschließend wurde filtriert und mit 1 M NaOH nachgespült. Zu 0.5 ml dieses Extraktes wurden 1 ml 20%-ige Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Lösung und nach weiteren 10 min 0.5 ml Folin-Reagenz gegeben. Die Messung erfolgte nach einer Stunde bei 750 nm am Photometer gegen eine Standardlösung (= p (= 4) Hydroxybenzoesäure).

### 3.10 Bestimmung der Brennwerte

Die Zerkleinerung des Probenmaterials geschah in gleicher Weise wie zur Durchführung der chemischen Analysen.

Die Brennwerte von Nahrung und Faeces wurden mit Hilfe eines O<sub>2</sub>-Mikrobomben-Kalorimeters nach PHILLIPSON (PHILLIPSON 1964) bestimmt. Der gesamte Vorgang wurde mittels eines Kleincomputers rechnergesteuert (MICHAELIS 1983). Die Brennwertbestimmungen fanden unter konstanten Bedingungen bei 20  $\pm$  0.5 °C statt. Die Kalorimetriebomben wurden mit Benzoesäure von definiertem Brennwert (26452 J/g) geeicht. Hierzu wurden 30 Werte je Bombe ermittelt. Nacheichungen nach jeweils etwa 150 Durchgängen lagen im Fehlerbereich der anfangs ermittelten Eichwerte.

Die pulverisierten Nahrungen und Faeces wurden zu 7 – 25 mg schweren Pillen gepreßt, 48 h bei 60°C getrocknet, gewogen (Sartorius 4501 Micro, d = 0,001) und bis zur – am gleichen Tage stattfindenden – Weiterverarbeitung im Exsikator über Kieselgel aufbewahrt. Pro Meßwert wurden – wenn ausreichend Material zur Verfügung stand – 12 Pillen verbrannt.

Die Angaben der Brennwerte erfolgte in J/mg oder J/g (Umrechnungsfaktor: 1 cal = 4.185 J) und beziehen sich auf aschfreies Gewicht. Der Aschgehalt wurde über eine vierstündige Veraschung im Muffelofen bei 450°C ermittelt.

### 3.11 Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

AD: Verdaulichkeit (%); (»approximate digestibility«, WALDBAUER 1968; Assimilationseffizienz, SCHWERDTFEGGER 1975)

$$AD = \frac{\text{Aufgenommene Nahrung} - \text{Kot}}{\text{Aufgenommene Nahrung}} \times 100$$

afr: aschfrei

ASS: Assimilierte Nahrung (Assimilation (mg/g/d)); errechnet sich aus CI – ER; entspricht A bei PETRUSEWICZ and MACFADYEN 1970

CI: Consumindex (mg/g/d); (»consumption-index«, WALDBAUER 1968; entspricht C bei PETRUSEWICZ and MACFADYEN 1970)

$$ER = \frac{\text{Abgelegte Faeces}}{VD \times \text{Mittl. Lebendgewicht d. Versuchstieres}}$$

CME: »Verdaulichkeit« (%); vergleichbar mit AD, jedoch aus Energiewerten errechnet; (»coefficient of metabolizable energy«, WALDBAUER 1968)

CQ: Consumquotient (%), (DUNGER 1958a, BECK und BRESTOWSKY 1980)

$$CQ = \frac{\text{Aufgenommene Nahrung}}{VD \times \text{Mittl. Lebendgewicht d. Versuchstieres}^{2/3}} \times 100$$

d: Tag (day)

ECD: Verwertbarkeit (%), (BECK und BRESTOWSKY 1980); (»efficiency of conversion of digested food to body substance«, WALDBAUER 1968; »Aufbaueffizienz«, SCHWERDTFEGER 1975)

ECl: Ergiebigkeit (%), (BECK und BRESTOWSKY 1980); (»efficiency of conversion of ingested food to body substance«, WALDBAUER 1968; »Produktionseffizienz«, SCHWERDTFEGER 1975)

ER: Egestionsrate (mg/g/d) (entspricht FU bei PETRUSEWICZ and MACFADYEN 1970)

$$CI = \frac{\text{Aufgenommene Nahrung}}{VD \times \text{Mittl. Lebendgewicht d. Versuchstieres}}$$

GR: Wachstumsrate (mg/g/d); (»growth-rate«, WALDBAUER 1968)

HFLW: Kurzbezeichnung für das Untersuchungsgebiet »Hintere Farrenleitenwand«

h: Stunde (hour)

LG: Lebendgewicht (mg)

LT: lufttrocken, getrocknet bei 15°C, RF 60 ± 5%

n: Anzahl der Versuche

TG: Trockengewicht (mg)

VD: Versuchsdauer (d)

Die Angaben für ASS, CI, ER und GR können sich auch auf (J/g/d) beziehen).

### 3.12 Auswertung

Nach Bearbeitung der Rohdaten mit selbstgeschriebenen Programmen, erfolgte die Auswertung mittels biologisch-statistischer Programme (PLOT 50) der Firma Tektronix an einem Rechner der gleichen Firma (Tektronix 4052), sowie über das SPSS-Programmsystem am Großrechner (Cyber) des Regionalen Rechenzentrums Erlangen.

## 4 Ergebnisse

### A. Die Saprophagengemeinschaft

Meterhohe Schneelagen und damit verbundene Unzugänglichkeit des Untersuchungsgebietes lassen faunistische Aufnahmen nur während der kurzen Vegetationsperiode von Juni bis Oktober zu.

#### 4.1 Saprophage Macro- und Megainvertebratenfauna

Die den beiden Größenklassifizierungen Macro und Mega zuzuordnenden Saprophagen beschränken sich im Untersuchungsgebiet auf die Gruppen Lumbricidae, Diplopoda und Tipulidae (Larven). Von der zuletzt genannten Gruppe wurden insgesamt nur drei Individuen gesammelt.

Die einzelnen Arten der Lumbricidae und deren Gesamtindividuenzahlen während der Aufsammlung von Juni bis Oktober können der Tabelle 2, die entsprechenden Angaben zu den Diplopoden der Tabelle 3 entnommen werden.

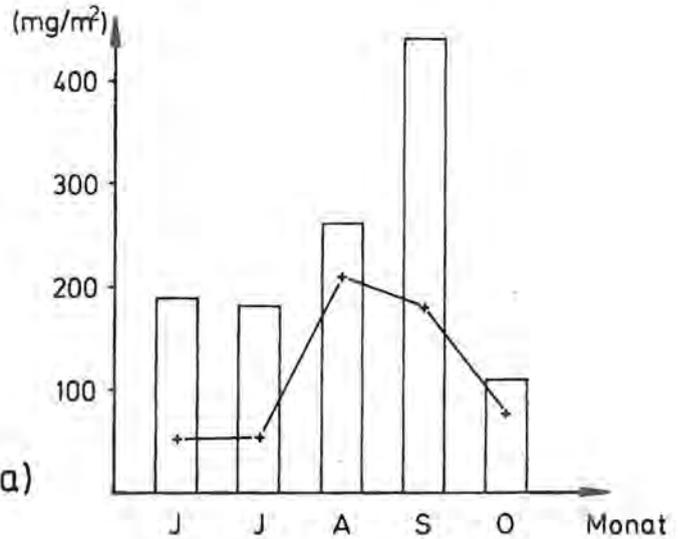
Arten	Individuenzahlen
<i>Allolobophora rosea</i> (Sav.)1826	16
<i>Octolasion argoviense</i> (Bretsch.)1899	3
<i>O. bretscheri</i> Zicsi 1969	7
<i>O. croaticum</i> f. <i>typica</i> (Rosa)1895	1
<i>Dendrobaena octaedra</i> (Sav.)1826	33
	+ 18 <sup>1)</sup>
<i>D. rubida</i> (Sav.)1826	1

Tab. 2: Lumbriciden-Arten der HFLW und Individuenzahlen während der Aufsammlung von Juni bis Oktober.

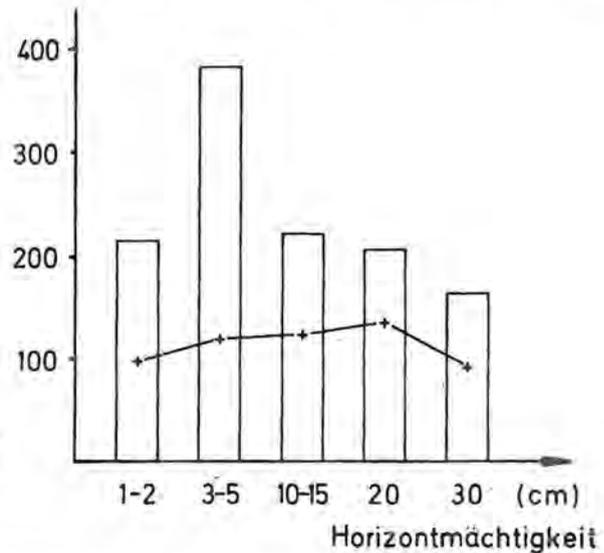
1) Eine eindeutige Zuordnung zu *D. octaedra* bzw. *D. rubida* war nicht möglich, da es sich um juvenile Tiere handelte. Weitere 20 Individuen konnten aus dem gleichen Grund keiner der angegebenen Arten zugeordnet werden.

Über nahezu gleiche Biomassewerte der saprophagen Macro- und Megainvertebratenfauna von 185.6 mg/m<sup>2</sup> und 181.4 mg/m<sup>2</sup> in den Monaten Juni und Juli steigt der Wert auf 261.8 mg/m<sup>2</sup> im August (Abb. 7a). Im Monat September wird mit 442.5 mg/m<sup>2</sup> der höchste Biomassewert erreicht. Zum Oktober folgte eine starke Abnahme auf 110.3 mg/m<sup>2</sup>.

Betrachtet man die Verteilung der Biomasse auf die Horizonte unterschiedlicher Mächtigkeit (Abb. 7b), so zeigt sich der höchste Wert mit 384.5 mg/m<sup>2</sup> im 3 – 5 cm mächtigen Horizont. Die Horizonte anderer Mächtigkeiten zeigen keine signifikanten Unterschiede der Biomassewerte und weisen im Mittel einen Wert von 205.1 mg/m<sup>2</sup> auf. Aus der Abbildung 7 läßt sich auch der Anteil der Biomasse der Diplopoden an der Gesamtbiomasse der saprophagen Macro- und Megainvertebratenfauna ablesen.



a)



b)

Abb. 7: Biomasse der saprophagen Macro- und Megainvertebratenfauna und Anteil der Diplopoden an diesen Werten (+ — +)

a.) in Abhängigkeit von den Monaten

b.) in Abhängigkeit von der Horizontmächtigkeit

Im Juni und Juli liegt der Anteil bei knapp 30%. Er steigt im August auf ein Maximum von 80.1% an. Auch im Oktober liegt der Anteil der Diplopoden recht hoch, erreicht mit 71.9% jedoch nicht den Wert des Monats August.

Beim Vergleich der einzelnen Horizontmächtigkeiten liegen die Werte infolge der recht gleichmäßigen Biomasseverteilung der Diplopoden bei etwa 50%. Nur im 3 – 5 cm und im 20 cm mächtigen Horizont findet man mit 31.8 bzw. 66.6% Werte, die deutlich von 50% abweichen.

Im Mittel liegt der Anteil der Biomasse der Diplopoden an der Gesamtbiomasse der Macro- und Megainvertebratenfauna im Untersuchungsgebiet bei 51%.

### 4.2 Diplopoda

#### 4.2.1 Artenspektrum

Im Untersuchungsgebiet wurden aus der Klasse der Diplopoda 5 Familien mit 8 Gattungen und 10 Arten

nachgewiesen. Am stärksten waren die Juliden vertreten, die mit 4 Arten 40% aller vorkommenden Arten ausmachten (Tab. 3).

Nur drei der genannten Arten sind über das Alpengebiet hinaus nach Norden verbreitet (SCHUBART 1934, ATTEMS 1949).

**G. hexasticha** wird für die collinen Mittelgebirgslagen bis hin zu den alpinen Gebirgsstufen angegeben. **E. nanus** kommt von der Küste (Ostsee) bis zu den Alpen überall vor und **P. complanatus** zeigt in mehreren Unterarten ebenfalls eine über ganz Deutschland ausgedehnte Verbreitung. Von der zuletzt genannten Art wurden im Untersuchungsgebiet keine Männchen gefunden ( $n = 324$ ).

Alle anderen Arten sind weitgehend auf das Alpengebiet beschränkt. **A. meinerti** kommt dabei vereinzelt in der schwäbisch-bayrischen Hochebene vor, während **O. flavescens** in zwei nach Norden gerichteten Vorstößen in Schlesien und Thüringen auftritt (SCHUBART 1934).

Die Arten **L. noricus**, **P. monticolus**, **L. cervinum**, und **O. regale** sind in ihrem Auftreten hauptsächlich aus der Südostecke Bayerns bekannt.

Arten		Individuenzahl
Glomeridae	: <i>Glomeris hexasticha</i> Brandt 1833	2
Baareidae	: <i>Orobainosoma flavescens</i> (Latzel 1884)	26
Craspedosomatidae:	<i>Listrocheiritium carvinum</i> Verhoeff 1925	3
	<i>Ochogona regale</i> Verhoeff 1913	3
Polydesmidae	: <i>Polydesmus complanatus</i> (Linne 1761)	1 (+ 291 Ind. d. L3-Stadiums)
	<i>Polydesmus monticolus</i> Latzel 1884	2 (+ 53 Ind. d. L2-Stadiums)
Julidae	: <i>Leptoiulus noricus</i> Verhoeff 1913	63
	<i>Leptoiulus saltuvagus</i> Verhoeff 1898	53
	<i>Allaiulus meinerti</i> Verhoeff 1891	1
	<i>Snantius nanus</i> Attems 1895	152

Tab. 3: Diplopoden-Arten der HFLW und Individuenzahlen während der Aufsammlung von Juni bis Oktober.

#### 4.2.2 Abundanz und Biomasse

Die Abundanz der Diplopoden beträgt  $82.3 \text{ Ind/m}^2$ , mit einer Biomasse von  $115 \text{ mg/m}^2$ . In der Abbildung 8a sind die Individuendichte und die Biomasse gegen die einzelnen Monate aufgetragen.

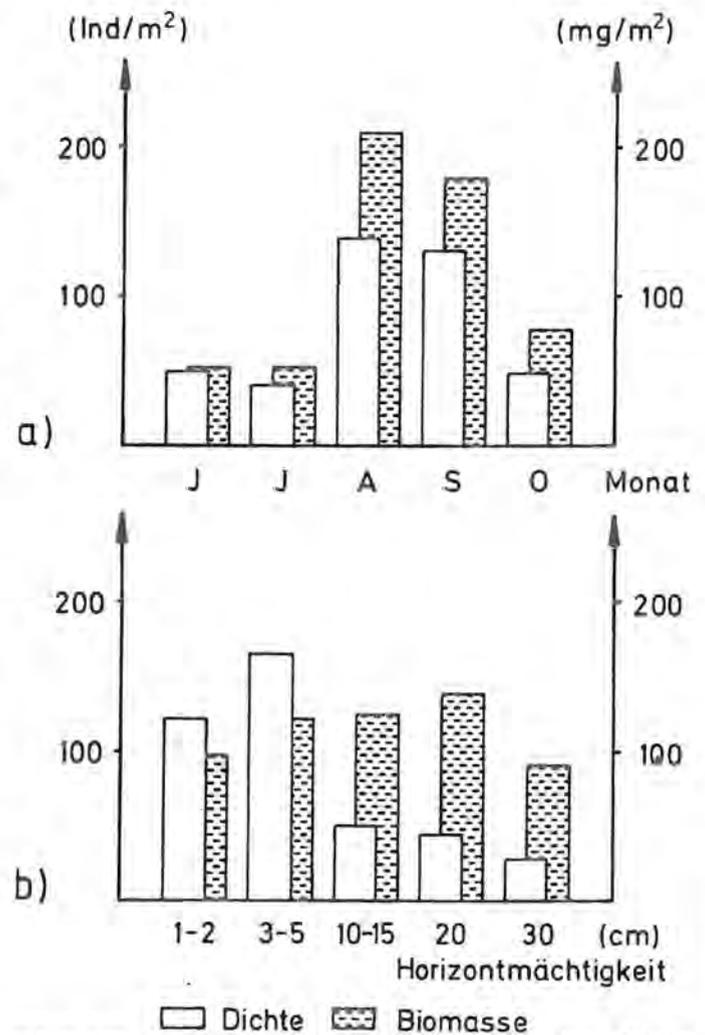


Abb. 8: Individuendichte ( $\text{Ind/m}^2$ ) und Biomasse ( $\text{mg/m}^2$ ) der Diplopoden der Farrenleitenwand  
a.) in Abhängigkeit von den Monaten  
b.) in Abhängigkeit von der Horizontmächtigkeit  
( $\bar{x}$  aus 5-monatiger Vegetationsperiode)

Nach etwa gleichbleibender Dichte im Juni und Juli folgte im August und September ein Anstieg auf das Maximum von  $139.2$  bzw.  $131.2 \text{ Ind/m}^2$ , während im Oktober mit  $49.6 \text{ Ind/m}^2$  wieder der Wert der Monate Juni und Juli erreicht wird. Das gleiche Bild ergibt sich bei der Betrachtung der Biomassewerte (Abb. 8a, gestrichelte Säulen). Auch hier liegt das Maximum mit  $209 \text{ mg/m}^2$  im Monat August.

Bei Auftragung der Individuendichte gegen die Horizontmächtigkeit (Abb. 8b) zeigt sich eine Präferenz für die Horizonte mit geringer Mächtigkeit (1 – 2 cm, 3 – 5 cm). Die 10 – 15, 20 und 30 cm mächtigen Horizonte erreichen nur etwa  $1/4$  bis  $1/3$  von deren Dichtewerten. Die Biomasse zeigt hingegen ein über alle Horizonte weitgehend ausgeglichenes Bild.

#### 4.2.3 Relative Häufigkeit und Biomasse der einzelnen Arten

Betrachtet man die relative Häufigkeit der einzelnen Diplopoden-Arten (Abb. 9A) der Farrenleitenwand, so fällt auf, daß die drei Arten **L. noricus**, **L. saltuvagus** und **E. nanus** 89% aller Individuen ausmachen. Dabei entfallen 50.9% auf **E. nanus**, während die beiden Arten der Gattung *Leptoiulus* mit 20.9 bzw. 17.2% einen etwa gleich hohen Anteil aufweisen. Die restlichen sieben Arten (vergleiche Tabelle 3) haben nur einen Anteil von 11% an der relativen Häufigkeit.

Bei der Biomasse (Abb. 9A) zeigt sich ein ähnliches Bild. Die drei genannten Arten beanspruchen zusammen 93.7% der Gesamtbio­masse aller Diplopoden, während sich die verbleibenden Arten in die restlichen 6.3% teilen. Eine Änderung zu den Häufigkeitswerten tritt insofern ein, daß bei der Biomasse nicht die kleine Art *E. nanus*, sondern die größere, *L. noricus*, mit 56.6% dominiert. *E. nanus* erreicht 28%, während *L. saltuvagus* mit 9.1% deutlich hinter diesen Arten zurückbleibt.

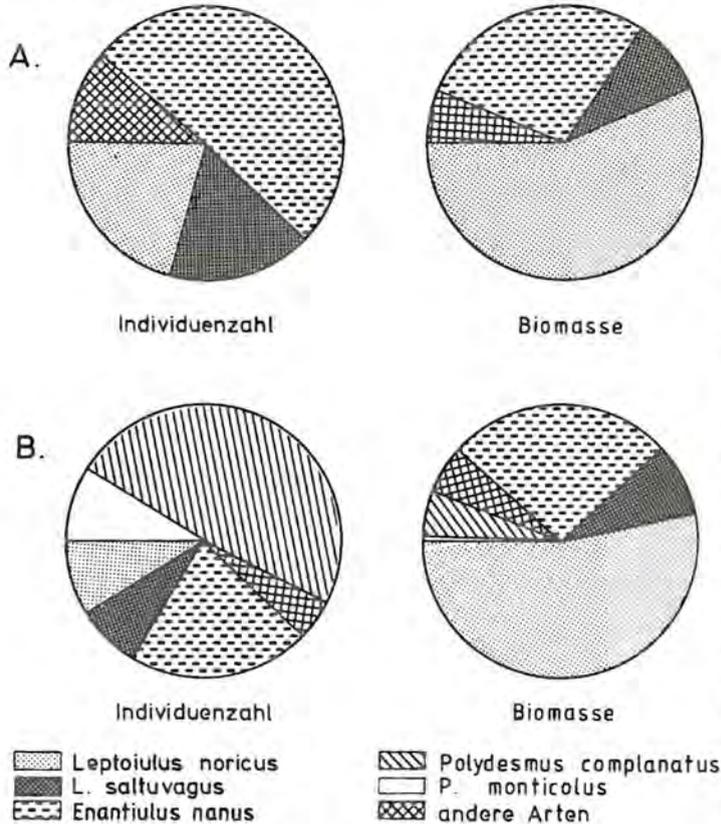


Abb. 9: Individuenzahl (%) und Biomasse (%) der einzelnen Diplopoden-Arten im Untersuchungsgebiet.  
A. Exclusive Polydesmiden - Nester  
B. Inclusive Polydesmiden - Nester

Während der Probennahme im Freiland wurden zweimal Polydesmiden-Nester aufgesammelt. In diesen »Kinderstuben« befanden sich zum einen 291 Individuen vom L3-Stadium der Art *P. complanatus*, zum anderen 52 Individuen vom L2-Stadium der Art *P. monticolus*.

Berücksichtigt man die hohen Werte der stark aggregativ auftretenden Polydesmiden, so ergeben sich folgende Änderungen der relativen Häufigkeit und Biomasse (Abb. 9B).

Die Arten *L. noricus*, *L. saltuvagus* und *E. nanus*, die vorher 89% aller Individuen bestritten, erreichen jetzt nur mehr einen Wert von etwa 38%. Hierbei liegt der Anteil von *E. nanus* mit 21.7% wieder etwa 2.5 – 3 mal so hoch wie die Anteile für *L. noricus* (8.9%) und *L. saltuvagus* (7.3%). Die restlichen 62% verteilen sich mit 48.5% auf *P. complanatus*, während *P. monticolus* 8.8% und die restlichen Arten 4.7% erreichen. Durch die Einbeziehung der hohen Individuenzahlen in den »Kinderstuben« ist bei der Häufigkeit eine eindeutige Verschiebung von *E. nanus* zu *P. complanatus* zu verzeichnen.

Bei der Betrachtung der Biomasse (Abb. 9B) zeigt sich, daß die kleinen, zarten L2- und L3-Stadien der Polydesmiden (Länge zwischen 1 und 2 mm) hier keine entscheidenden Veränderungen bewirken. Die Art *L. noricus* beansprucht mit 53.3% wiederum den größten Anteil, während *L. saltuvagus* und *E. nanus* Werte von 8.5 und 26.4% erreichen. Die restlichen Arten steigern ihren Anteil zwar von 6.3 auf 11.8%, bleiben jedoch gegen die drei dominanten Arten weiterhin recht unbedeutend.

Die Einbeziehung von »Kinderstuben« mit hohen bis sehr hohen Individuenzahlen von juvenilen Tieren führt bei den Häufigkeitsangaben zu starken, bei der Biomasseverteilung jedoch nur zu geringfügigen Veränderungen.

Bei den Dichte- und Biomasseangaben in Abbildung 8 wurden die beiden Polydesmiden-Nester nicht berücksichtigt.

#### 4.2.4 Die dominanten Arten

Abundanz- und Biomassewerte lassen die drei Juliden *L. noricus*, *L. saltuvagus* und *E. nanus* als dominante Arten der Farrenleitenwand erkennen. Da die weiteren Versuche mit diesen Arten durchgeführt wurden, sollen sie im folgenden kurz charakterisiert werden.

##### 4.2.4.1 Beschreibung

*L. noricus* Verhoeff 1913 ist eine große, glänzend schwarze Art mit schwach bräunlich aufgehelltem Kopf, Collum und Flanken sowie gelblichbraunen Beinen mit verdunkelten Tarsalgliedern (Abb. 10).



Abb. 10: *Leptoiulus noricus* Verhoeff 1913  
(Aufnahme: W. Silkenat)

Die Männchen erreichen eine Länge von 21 – 30 mm bei einem Durchmesser von etwa 1.3 – 1.8 mm. Das Lebendgewicht der adulten Männchen liegt zwischen 40 und 50 mg. Die deutlich größeren Weibchen wer-

den 24 – 38 mm lang bei 2 – 2.5 mm Durchmesser. Sie erreichen ein Gewicht von 120 – 150 mg, in Ausnahmefällen bis 180 mg. Das Geschlechterverhältnis im Untersuchungsgebiet beträgt 37 : 63 (♂ : ♀). Die Größe und die Segmentzahlen der Tiere zeigen eine Beziehung zur Höhenlage, wobei die kleinsten und segmentärmsten Funde in größeren Höhen gemacht werden (SCHUBART 1934).

Innerhalb Deutschlands findet man diese Art nur im östlichen Teil der Alpenkette, im sogenannten Inn-Viertel. Hierbei sind Funde von 500 bis über 1800 m bekannt. Außerhalb Deutschlands wurden Funde aus dem Salzkammergut und den Tauern in Österreich gemeldet.

**L. noricus** wird manchmal als Unterart zu **L. simplex** Verhoeff 1894 gestellt (ATTEMS 1949).

**L. saltuvagus Verhoeff 1898** ist eine glänzend schwarz-braune Art mit braunem Vorderkopf, leichter gelb-brauner Aufhellung in den Flanken unterhalb der Foramina repugnatoria, sowie braungelben Beinen (Abb. 11).



Abb. 11: *Leptoiulus saltuvagus* Verhoeff 1898  
(Aufnahme: W. Silkenat)

Bei einer Länge von 16 – 24 mm und einem Durchmesser von 1.0 – 1.4 mm erreichen die Männchen ein Gewicht von etwa 20 – 30 mg. Auch bei dieser Art sind die Weibchen deutlich größer. Bei 20 – 33 mm Länge und 1.5 – 2.0 mm Durchmesser liegt das Gewicht zwischen 70 und 120 mg. Das Geschlechterverhältnis kann für das Untersuchungsgebiet mit 23 : 77 (♂ : ♀) angegeben werden.

In Deutschland findet man diese Art nur in den bayrischen Alpen westlich bis etwa Füssen. Ansonsten ist **L. saltuvagus** über Österreich, das westliche Ungarn und Nordjugoslawien verbreitet.

**E. nanus Attems 1895** ist eine kleine, schlanke, glänzend grau-weiße bis gelb-braune Art mit einem

braunen Band zwischen den Ocellen und am Vorder- rand des Collums, sowie einer Reihe rostbrauner Flecken in Höhe der Foramina repugnatoria (Abb. 12).



Abb. 12: *Enantiulus nanus* Attems 1895  
(Aufnahme: W. Silkenat)

Diese Art ist mit Abstand die kleinste der drei dominanten Arten der Farrenleitenwand. Die Männchen erreichen mit einer Länge von etwa 7 – 18 mm und einem Durchmesser von 0.6 – 1.0 mm nur ein Lebendgewicht von 6 – 9 mg, während die Weibchen mit 13 – 20 mm Länge und 0.8 – 1.2 mm Durchmesser etwa 8 – 12 mg schwer werden. Das Geschlechterverhältnis lag mit 24 : 76 (♂ : ♀) in der gleichen Größenordnung wie das der vorher beschriebenen Art.

**E. nanus** ist vom norddeutschen Flachland bis in Bereiche des Hochgebirges in ganz Deutschland anzutreffen. Entsprechend ist die Verbreitung außerhalb Deutschlands, wo Funde aus Dänemark über die Niederlande, Frankreich bis Jugoslawien und Ungarn bekannt sind.

#### 4.2.4.2 Phänologie

In Abb. 13 wird das jahreszeitliche Auftreten der drei dominanten Arten dargestellt (linker Teil der Abbildung). Der rechte Teil zeigt die Verteilung der Juvenilen und adulten Tiere auf die Horizonte unterschiedlicher Mächtigkeit.

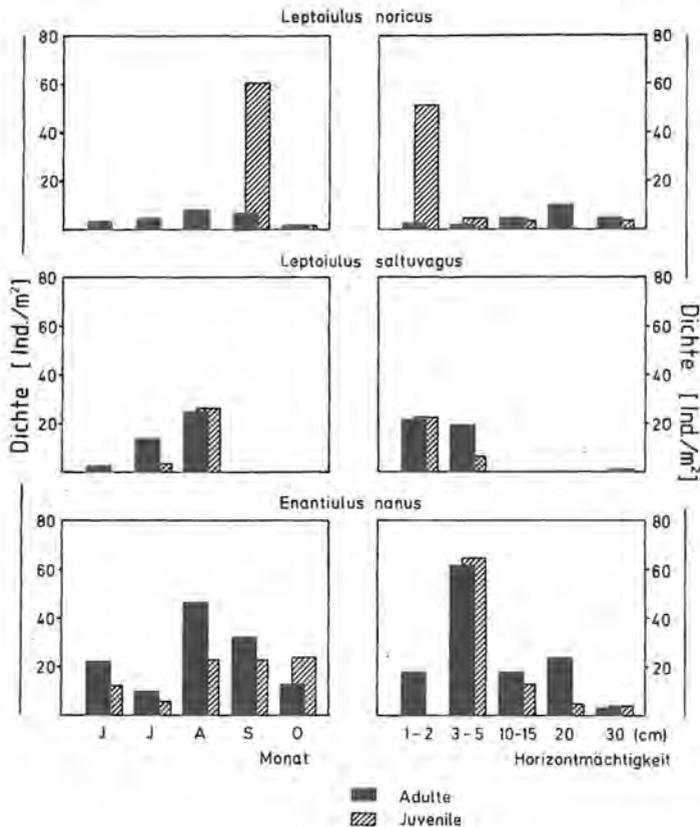


Abb. 13: Phänologie der drei dominanten Diplopoden-Arten der Farrenleitewand und Verteilung auf die einzelnen Horizonte unterschiedlicher Mächtigkeit

Die Individuendichte der adulten Tiere der Art *L. noricus* zeigt einen schwachen Anstieg von 3.2 Ind/m<sup>2</sup> im Juni auf den Maximalwert von 8.0 Ind/m<sup>2</sup> im Monat August. Danach erfolgte eine Abnahme über 6.4 Ind/m<sup>2</sup> im September auf 1.6 Ind/m<sup>2</sup> im Monat Oktober. Die Juvenilen dieser Art treten im September mit 60.8 Ind/m<sup>2</sup> und in deutlich geringerem Ausmaß von 1.6 Ind/m<sup>2</sup> noch im Oktober auf.

Betrachtet man das Auftreten der Adulten und Juvenilen in den einzelnen Horizonten, so fällt auf, daß die adulten Tiere in allen Mächtigkeiten vorkommen, wobei der 20 cm Horizont mit 9.9 Ind/m<sup>2</sup> den höchsten Wert aufweist. Die Juvenilen hingegen, die mit Ausnahme des 20 cm mächtigen Horizontes ebenfalls überall vertreten sind, zeigen ein deutliches Maximum von 51.2 Ind/m<sup>2</sup> im 1 – 2 cm Horizont.

Die Art *L. saltuvagus* erfährt bei den adulten Tieren von Juni bis August einen steten Anstieg von 2.6 auf 25 Ind/m<sup>2</sup>. Juvenile Tiere treten mit 3.4 Ind/m<sup>2</sup> bereits im Juli auf, das Maximum mit 26.2 Ind/m<sup>2</sup> liegt jedoch im August. Im September und Oktober wurden weder adulte noch juvenile Individuen aus den Proben extrahiert.

Im Gegensatz zu *L. noricus* zeigen die adulten Tiere von *L. saltuvagus* eine Präferenz für die 1 – 2 und 3 – 5 cm Horizonte. Auch die Juvenilen bevorzugen diese Mächtigkeiten, wobei der 1 – 2 cm Horizont mit 22.4 Ind/m<sup>2</sup> einen gut dreimal so hohen Wert erreicht wie der 3 – 5 cm Horizont. Bis auf ein kleines Vorkommen von juvenilen Tieren (1 Ind/m<sup>2</sup>) im 30 cm Hori-

zont, wurden weder Adulte noch Juvenile in den 10 – 15, 20 und 30 cm mächtigen Horizonten gefunden.

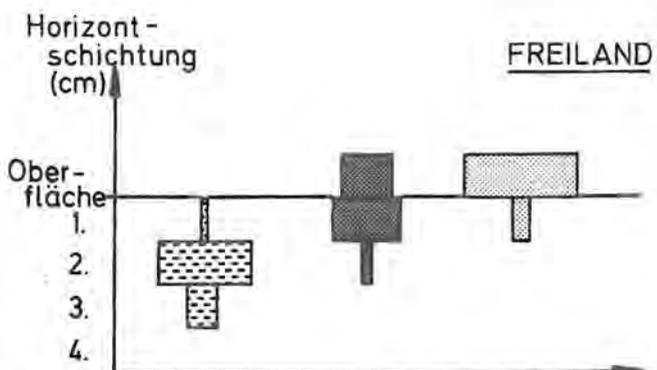
Bei der Art *E. nanus* traten sowohl adulte als auch juvenile Tiere in allen Monaten der Probennahme auf. Die Individuendichte der Adulten steigt von einem Wert von 21.9 Ind/m<sup>2</sup> im Juni und einer Abnahme auf 13.6 Ind/m<sup>2</sup> im Juli auf das Maximum von 46.4 Ind/m<sup>2</sup> im Monat August an. Danach folgt eine gleichmäßige Abnahme bis auf 12.8 Ind/m<sup>2</sup> im Monat Oktober. Die Abnahme im Juli deckt sich mit Angaben von SCHUBART (1934). Die juvenilen Tiere, deren Individuenzahlen im Juni und Juli 12 bzw. 5.4 Ind/m<sup>2</sup> betragen, steigen auf einen für die Monate August bis Oktober etwa gleichbleibenden Wert von im Mittel 22.9 Ind/m<sup>2</sup> an. Die Dichte der juvenilen Individuen liegt bis auf den Monat Oktober stets unter den Werten der adulten Tiere.

Wie bei den anderen Arten, so bevorzugt auch *E. nanus* die Horizonte geringer Mächtigkeit. Die Adulten, die in allen Horizonten auftreten, haben ihr Maximum mit 61.4 Ind/m<sup>2</sup> im 3 – 5 cm Horizont, gefolgt von 22.4 Ind/m<sup>2</sup> auf 20 cm Mächtigkeit. Die Juvenilen, die in den 1 – 2 cm mächtigen Proben nicht vorkamen, haben ihr deutliches Maximum mit 65 Ind/m<sup>2</sup> ebenfalls auf dem 3 – 5 cm Horizont.

Die juvenilen Tiere aller drei Arten scheinen eine Präferenz für die 1 – 2 und 3 – 5 cm mächtigen Horizonte zu haben. Das gleiche gilt in starkem Maße auch für die adulten Individuen von *L. saltuvagus*, in abgeschwächter Form auch für *E. nanus*. Trotz dieser Bevorzugung der Horizonte geringerer Mächtigkeit zeigen die Diplopoden eine weitgehend gleichmäßige Biomasseverteilung über alle Horizonte unterschiedlicher Mächtigkeit (Abb. 8). Hierbei ist ausschlaggebend, daß die großen relativ schweren Individuen der Art *L. noricus* stärker, wenn auch nicht signifikant, in den Horizonten größerer Mächtigkeit auftreten und so die Verteilung der Biomasse nivellieren.

#### 4.2.4.3 Vertikale Verteilung

Durch die Versuche zur vertikalen Verteilung der Arten wurde die Bevorzugung bestimmter »Wohntiefen« ermittelt (Abb. 14). Diese Aufenthaltsorte sollten Aufschluß über die in den Fraßversuchen verwendete Nahrung liefern.



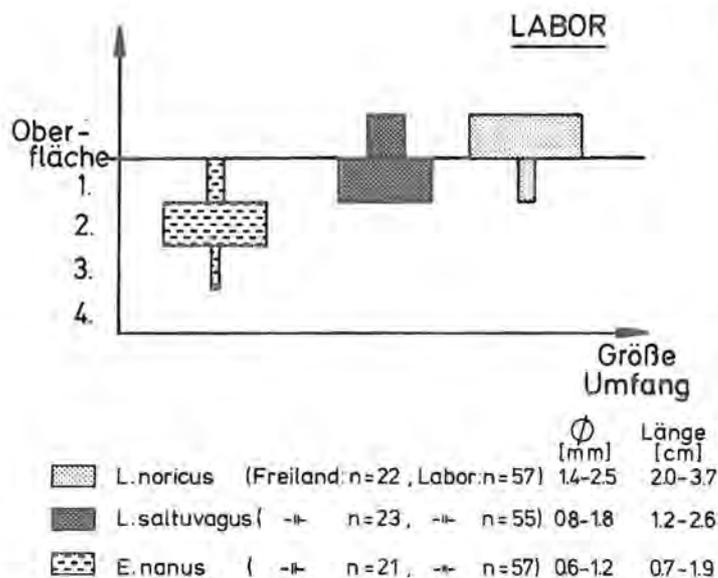


Abb. 14: Vertikale Verteilung (%) der drei dominanten Diplopoden-Arten im Freiland und im Labor

Die kleinste (Abb. 14) der drei Arten, **E. nanus**, zeigt im Labor eine deutliche Präferenz für eine Wohntiefe im zweiten Zentimeter, 79% aller Beobachtungen dieser Art wurden hier gemacht, während im ersten Zentimeter 14% und im dritten nur 7% der Beobachtungen lagen. Auch im Freiland wurde mit 71.4% eine Tiefe von zwei Zentimeter präferiert, während 23.8% der Tiere im dritten und nur 4.8% im ersten Zentimeter zu finden waren.

Die Art **L. saltuvagus** bevorzugt im Labor mit 70.9% den ersten Zentimeter, während die restlichen 29.1% der Beobachtung auf der Oberfläche gemacht wurden. Im Freiland zeigt sich für **L. saltuvagus** ein etwas ausgeglicheneres Bild. Mit 52.2% wird zwar immer noch der erste Zentimeter bevorzugt, es halten sich aber bereits 39.2% aller Tiere auf der Oberfläche auf. 8.7% der Tiere dieser Art wurden im Freiland aus dem zweiten Zentimeter extrahiert.

Die größte der drei Arten, **L. noricus**, zeigt ein im Labor und Freiland sehr gut übereinstimmendes Bild. 86.4% der Beobachtungen im Labor entfielen auf die Oberfläche, die restlichen 13.6% auf den ersten Zentimeter. Im Freiland lagen die entsprechenden Werte bei 86 und 14%.

Um zu bestimmen, ob auch zwischen den unterschiedlichen Größen verschiedener Entwicklungsstadien und Sexe einer Art bevorzugte Wohntiefen existieren, wurden subadulte Weibchen, sowie adulte Männchen und Weibchen der Art **L. saltuvagus** untersucht. Diese Versuche wurden, infolge der guten Übereinstimmung der vorher gezeigten Labor- und Freilanddaten, nur im Labor durchgeführt (Abb. 15). Während sich die kleineren subadulten Weibchen zu 100% im ersten Zentimeter aufhielten, wurden bei den größeren, adulten Männchen bereits 9.1% aller Beobachtungen auf der Oberfläche gemacht. Bei den adulten Weibchen lagen dann bereits 64% aller registrierten Ergebnisse auf der Oberfläche und die verbleibenden 36% im ersten Zentimeter.

Nach diesen Ergebnissen, die die drei dominanten Arten in den O-Lagen nahe der Oberfläche zeigen, wurde in den Versuchen zur Umsatzleistung nicht ältere, sondern einjährige Streu als Nahrung gegeben.

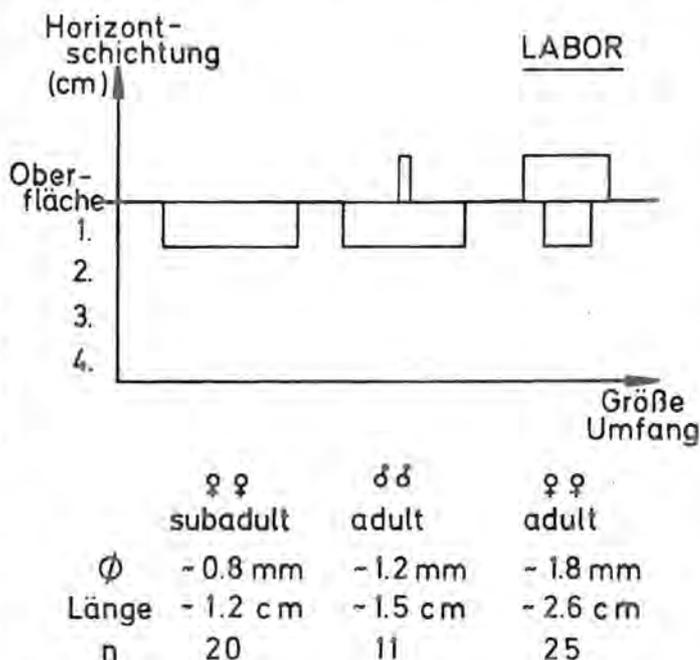


Abb. 15: Vertikale Verteilung (%) von *L. saltuvagus*, getrennt nach Geschlecht und Größe, im Labor

## B. Versuche zum Abbau der Streuauflage

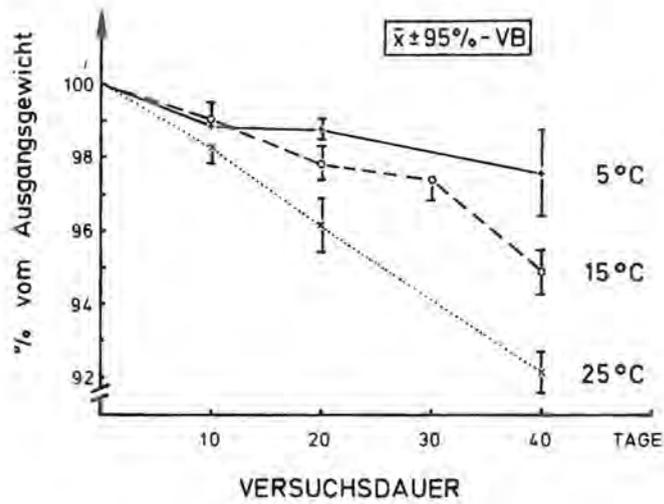
Die jährlich auf den Boden fallende Streu unterliegt vielen Angriffen der Fauna und Flora, die zu einem Biomasseverlust der Streu führen. In der Farrenleitwand wurde der Einfluß der Zersetzungstätigkeit der Diplopoden, sowie der Einfluß von Auslaugung und microbieller Zersetzung auf die Streu untersucht.

### 4.3 Auslaugung und microbielle Zersetzung

Neben der Fraßleistung der Diplopoden wurde auch die Auslaugung und microbielle Zersetzung als Faktor für den Biomasseverlust der Streu untersucht. Beide Faktoren ließen sich in der Versuchsanordnung nicht trennen und wurden daher gemeinsam betrachtet.

#### 4.3.1 Laborversuche

Die Abbildung 16 zeigt den Biomasseverlust der Lärchenstreu im Labor in Abhängigkeit von der Temperatur und der Versuchsdauer. Die Werte beziehen sich auf das Trockengewicht der Streu.



$5^{\circ}\text{C} : y = 99,583 \cdot e^{-0,0005 \cdot x} \quad r = 0,5288 \quad P = 0,01$   
 $15^{\circ}\text{C} : y = 100,394 \cdot e^{-0,0013 \cdot x} \quad r = 0,8068 \quad P = 0,001$   
 $25^{\circ}\text{C} : y = 100,358 \cdot e^{-0,0021 \cdot x} \quad r = 0,957 \quad P = 0,001$

Abb. 16: Gewichtsverlust der Lärchenstreu in Abhängigkeit von der Temperatur und der Versuchsdauer im Labor.

Während die Werte für die einzelnen Temperaturen bei 10 Tagen Versuchsdauer noch eng zusammenliegen, zeigt sich nach 20 Tagen bereits eine deutliche Trennung. 40 Tage nach Beginn des Versuches sind bei 5°C noch  $97,56 \pm 1,17$  (%), bei 15°C  $94,9 \pm 0,59$  (%) und bei 25°C  $92,19 \pm 0,59$  (%) der eingesetzten Streumenge vorhanden.

#### 4.3.2 Freilandversuche

Die unter Freilandbedingungen ermittelten Werte des Faktors Auslaugung und microbielle Zersetzung zeigt die Abbildung 17 (durchgezogene Linie). Zum Vergleich wurden die bei 15°C im Labor gewonnenen Daten in die Abbildung aufgenommen (gestrichelte Linie).

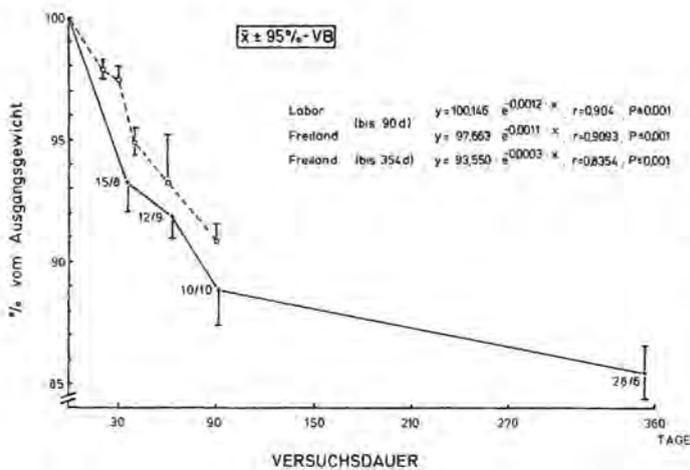


Abb. 17: Gewichtsverlust der Lärchenstreu im Freiland (—, 354 Tage) und im Labor (---, 90 Tage bei 15°C)

Nach 90 Tagen Versuchsdauer sind im Labor noch  $90,84 \pm 0,69$  (%), nach 92 Tagen im Freiland noch  $88,89 \pm 1,53$  (%) vom Ausgangswert erhalten. Die varianzanalytische Bearbeitung (siehe ANOVA-Tabelle) weist signifikante ( $P \leq 0,001$ ) Unterschiede zwi-

schen den Werten der beiden Geraden, jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen deren Steigungen auf.

Für den im Freiland über 354 Tage gemessenen Biomasseverlust der Streu ergibt sich ein Wert von 14,58%. Der im Anfangsverlauf recht hohe Gewichtsverlust wird über die Wintermonate deutlich geringer. Mit 3,47% liegt jedoch noch knapp ein Viertel dieses zum Biomasseverlust der Streu führenden Faktors in den Wintermonaten.

#### 4.3.3 Korrekturfaktoren für die Versuche zur Umsatzleistung

Es zeigt sich, daß die Auslaugung und microbielle Zersetzung ein wichtiger zum Biomasseverlust der Streu führender Faktor ist, der auch schon bei Fraßleistungsuntersuchungen über eine Dauer von sieben Tagen berücksichtigt werden sollte.

Die Tabelle 4 gibt für alle in den Fraßversuchen mit Diplopoden (siehe nachfolgende Kapitel) verwendeten Nahrungen Korrekturfaktoren an, die sich aus den Versuchen zur Auslaugung und microbiellen Zersetzung ergeben haben.

Temperatur	5	10	15	20	°C
Nahrung					
Lärche	0.8	0.8	0.8	1.0	§
Lärche, steril	-	-	1.67	-	§
Buche	-	-	1.5	-	§
Fichte	-	-	1.5	-	§
Rhododendron	-	-	0.8	-	§
Vaccinium	-	-	6.8	-	§

Tab. 4: Korrekturfaktoren (Auslaugung und microbielle Zersetzung) für die 7-tägigen Versuche zur Nahrungswahl und Umsatzleistung an unterschiedlichen Nahrungen und bei verschiedenen Temperaturen

Die Korrekturfaktoren stellen den prozentualen Biomasseverlust der entsprechenden Streu ohne Anwesenheit von Diplopoden nach sieben Tagen Versuchsdauer dar.

Alle im folgenden dargelegten Angaben zur Umsatzleistung der Diplopoden stellen Werte dar, die um die in Tabelle 4 gezeigten Faktoren korrigiert (vermindert) worden sind.

#### 4.4 Nahrungswahlversuche

Bei den Versuchen zur Nahrungswahl wurde den Versuchstieren die Streu von fünf Pflanzenarten des Untersuchungsgebietes zur direkten Auswahl angeboten. Ausgewählt wurden die Pflanzenarten Lärche (Lae), Fichte (Fi), Buche (Bu), Rhododendron (Rhod) und Vaccinium (Vacc) nach dem Anteil, den sie an der Menge des jährlichen Bestandsabfalls aufweisen (siehe Tab. 14). Die Lärche ist weitgehend gleichmäßig über das Untersuchungsgebiet verteilt, während die anderen Arten nur stellenweise auftreten.

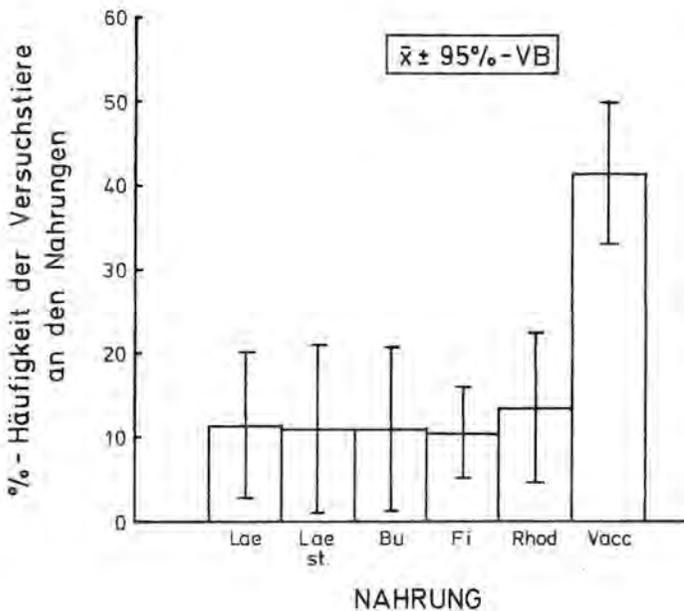
Zusätzlich zu diesen fünf Streuarten wurde den Versuchstieren noch sterilisierte Lärchenstreu (Lae st) als Nahrung angeboten, um einen eventuellen Einfluß des microbiellen Besatzes auf die Consumption zu untersuchen.

Zur Auswertung wurden zwei Möglichkeiten herangezogen.

Die Daten der beiden Auswertemethoden wurden zuerst mit Hilfe der Varianzanalyse, des weiteren mit dem Scheffé-Test (SACHS 1984) statistisch bearbeitet.

#### 4.4.1 Aufenthalt der Tiere an der Nahrung

Die Abbildung 18 zeigt die prozentuale Häufigkeit der Versuchstiere an den Nahrungen.



Ergebnis: Scheffé-Test	
GRUPPE	GRUPPE
	2 1 3 4 5 6
I	2
G	1
R	3
U	4
P	5
E	6
I	6

○ signifikant auf dem 5%-Niveau

Abb. 18: *L. noricus*: Nahrungswahlversuch mit sechs verschiedenen Nahrungen bei 15°C im Labor. Auswertung über beobachtete Häufigkeit der Tiere an den Nahrungen.

Am häufigsten, und nach statistischer Bearbeitung mit dem Scheffé-Test gegen alle anderen Nahrungen abgesetzt, hielten sich die Versuchstiere mit  $41.38 \pm 8.49\%$  an Vaccinium auf. Alle anderen Nahrungen, die etwa im Bereich von 10% liegen, lassen sich statistisch nicht voneinander trennen.

#### 4.4.2 Konsumierte Nahrungsmenge

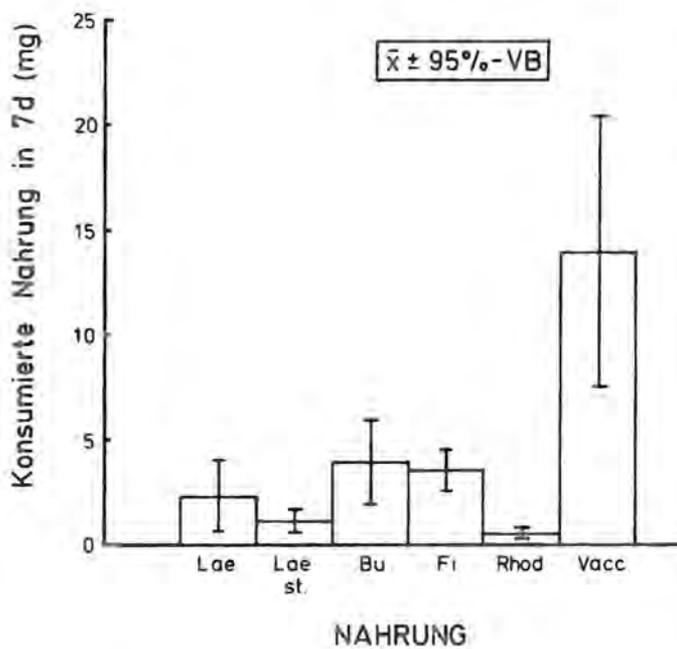
Das Ergebnis einer weiteren Auswertemethode, der Menge an konsumierter Nahrung, das in Abbildung 19 dargestellt ist, zeigt ein stärker differenziertes Bild.

Auch bei dieser Methode wird Vaccinium eindeutig bevorzugt und läßt sich statistisch signifikant von allen anderen Nahrungen trennen. Bei diesen verbleibenden Nahrungen lassen sich jetzt - anders als bei der vorausgegangenen Methode - noch Gruppen unterscheiden. Rhododendron wird am geringsten konsumiert. Außer zu steriler Lärche ist eine Trennung gegen alle anderen Nahrungen möglich. Auch von steriler Lärche wird wenig konsumiert. Statistisch läßt sich dieser Wert, außer gegen Vaccinium, noch gegen Buche und Fichte absetzen, nicht jedoch gegen Lärche. »Normale« Lärche, Buche und Fichte lassen sich in einer statistisch nicht trennbaren Gruppe zusammenfassen. Bei dem Ergebnis der sterilisierten Lärchenstreu ist zu berücksichtigen, daß weder das Versuchsgefäß noch die anderen Nahrungen sterilisiert wurden, so daß die Sterilität der Lärchenstreu sicher nur kurzfristig gewährleistet war.

Eine Präferenzreihe der bei diesem Versuch verwendeten Nahrungen würde also folgendermaßen aussehen.

1. Vaccinium
2. Lärche, Buche, Fichte
3. (sterile Lärche), Rhododendron

Da sterile Lärche nur eine artifizielle Nahrung darstellt, wurde sie in Klammern gesetzt.



Ergebnis: Scheffé-Test		
— GRUPPE —		
	5 2 1 4 3 6	
GRUPPE	5	
	2	
	1	o
	4	o o
	3	o o
	6	o o o o o

o signifikant auf dem 5%-Niveau

Abb. 19: *L. noricus*: Nahrungswahlversuch mit sechs verschiedenen Nahrungen bei 15° C im Labor. Auswertung über konsumierte Nahrungsmenge

#### 4.4.3 Nahrungswahl beeinflussende Faktoren

Für Annahme oder weitgehende Ablehnung einer Nahrung sind mehrere Faktoren wie Inhaltsstoffe, Härte, Feuchtegehalt etc. verantwortlich. Einige die-

ser Faktoren wurden analysiert und in der Tabelle 5 aufgelistet. Hierzu gehört der Aschgehalt, der Ca-Gehalt, der für den Panzer der Tiere eine Bedeutung besitzt, der Stickstoff-Gehalt und das damit verbundene C/N-Verhältnis, der Gesamt-Phenol-Gehalt, die Menge an wasserlöslichen Zuckern und der Feuchtegehalt der Nahrungen nach 24 h Anfeuchtung.

Rhododendron, die Nahrung, die weitgehend abgelehnt wurde, weist den niedrigsten N-Gehalt und ein damit verbundenes hohes C/N-Verhältnis auf, sowie einen mit 330 µg/g äußerst niedrigen Gehalt an wasserlöslichen Zuckern. Der Gesamt-Phenol-Gehalt zeigt jedoch keinen Unterschied zur Lärche. Der Feuchtegehalt ist mit einem Wert von 40% zu den anderen Nahrungen vergleichbar. Nur die Buche weist einen Feuchtegehalt von 60% auf.

Im Gegensatz zu Rhododendron weist die im Nahrungswahlversuch eindeutig präferierte Nahrung Vaccinium mit 2.74% den höchsten Gehalt an Stickstoff auf (C/N : 18), den niedrigsten Gesamt-Phenol-Gehalt sowie einen mit 2400 µg/g im Vergleich niedrigen, zu Rhododendron jedoch deutlich höheren Gehalt an wasserlöslichen Zuckern.

Die Lärche, Buche und Fichte, die vergleichbare Nahrungen darstellen, unterscheiden sich anhand der in der Tabelle dargestellten Parameter deutlich.

Die Fichte weist mit 17280 µg/g Ca einen nahezu doppelt so hohen Wert auf wie die Buche mit 8790 µg/g, während die Lärche mit 12500 µg/g zwischen diesen Werten liegt. In Bezug auf den Gehalt an Stickstoff, an Phenolen und wasserlöslichen Zuckern findet man eine absteigende Rangordnung von Buche über Fichte zur Lärche. Die sterilisierte Lärche zeigt im Vergleich zur »normalen« Lärche einen Anstieg des Asch-, des Ca- und des N-Gehaltes, sowie eine Abnahme des Gesamt-Phenol-Gehaltes und der Menge an wasserlöslichen Zuckern. Letzterer fällt mit einer Abnahme von 4050 auf 1080 µg/g sehr deutlich aus.

	%	ug/g	%	ug/mg	ug/g	%
	Aschgehalt	Ca	N	Gesamt-Phenolgehalt	Wasserlöslicher Zucker	Feuchtegehalt
Laerche	4.12	11500	1.14	73.11	4050	50
Laerche, steril	5.09	12590	1.39	63.04	1080	50
Buche	6.80	8790	2.06	102.68	10120	60
Fichte	6.86	17280	1.43	88.14	9000	40
Rhododendron	3.52		0.97	74.75	330	40
Vaccinium	3.27		2.74	58.16	2400	50

Tab. 5: Asch-, Feuchte-, sowie bestimmte anorganische und organische Gehalte verschiedener Nahrungen für Diplopoden

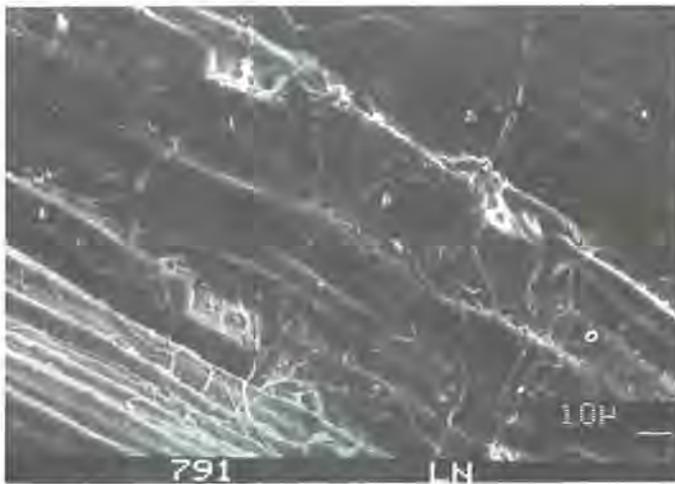


Abb. 20: Oberfläche einer Lärchennadel bei 4000-facher Vergrößerung (REM)  
(Aufnahme: G. Acker)

Die »weicheren« Lärchennadeln und die deutlich »härteren« Fichtennadeln stellen, als Ergebnis des Nahrungswahlversuches, vergleichbare Nahrungsqualitäten dar. Dieses Ergebnis läßt sich nicht durch einen unterschiedlichen microfloralen Besatz der Nadeln erklären, da sich im elektronenoptischen Bild kein signifikanter Unterschied bei der Besiedlung der beiden Nadeltypen mit Pilzhyphen ergab (Abb. 20 und Abb. 21).

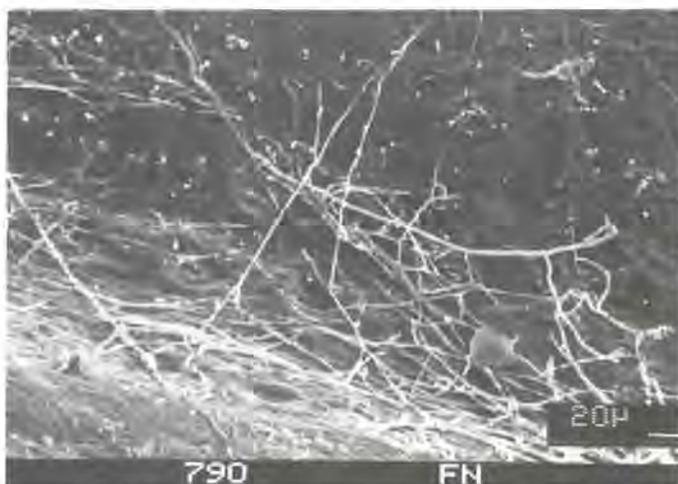


Abb. 21: Oberfläche einer Fichtennadel bei 2000-facher Vergrößerung (REM)  
(Aufnahme: G. Acker)

Für die Annahme oder Ablehnung einer Nahrung ist sicher nicht ein einzelner, sondern mehrere bzw. die Kombination mehrerer Faktoren entscheidend. Günstig scheint sich ein hoher N-Gehalt und ein niedriger Gehalt an Phenolen auszuwirken. Auch die Menge an wasserlöslichen Zuckern kann als Faktor für die Wahl einer Nahrung in Betracht kommen.

#### 4.5 Umsatzleistung der Diplopeden

Unter der Umsatzleistung wird sowohl die absolute Menge an umgesetzter Streu (Fraßleistung), als auch der damit verbundene Energieumsatz (Energiebilanz) verstanden.

#### 4.5.1 Vorbemerkungen

##### 4.5.1.1 Fraßleistung

Bei Fraßversuchen mit Diplopeden findet man eine allometrische Beziehung zwischen der konsumierten Nahrungsmenge und der Größe bzw. dem Gewicht der Tiere (Abb. 22).

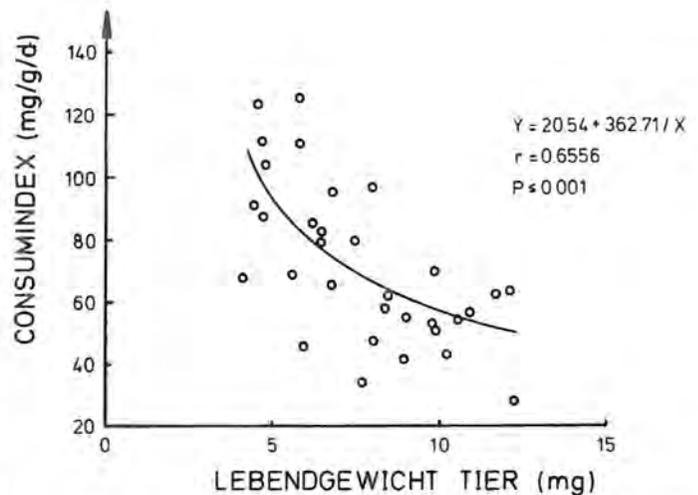


Abb. 22: *E. nanus*: Consumption (mg/g/d) in Abhängigkeit vom Gewicht bei 15°C im Labor

Da große Individuen relativ weniger fressen als kleine, können Unterschiede in der pro Zeit- und Gewichtseinheit aufgenommenen Nahrungsmenge durch Gewichtsunterschiede der Versuchstiere hervorgerufen werden. Um derartige gewichtsabhängige Differenzen zu vermeiden, verwendet man entweder nur Tiere gleicher Größe oder es muß bei einer größeren Gewichtsspanne eine möglichst gleichmäßige Gewichtsverteilung bei den einzelnen Versuchsbedingungen erreicht werden. Da sich die erste Möglichkeit bei hohem Versuchsansatz und mehreren Versuchsbedingungen nur schwer verifizieren läßt und zudem die Übertragbarkeit auf Freilandbedingungen erschwert wird, wurde für die hier durchgeführten Versuche dem zweiten Weg der Vorrang gegeben.

Eine dritte Möglichkeit diesen gewichtsbedingten Unterschieden der Fraßleistung auszuweichen ergibt sich aus der Tatsache, daß bei Diplopeden – und auch bei anderen Tiergruppen (BERTALANFFY 1957) – die Nahrungsmenge nicht proportional mit dem Gewicht, sondern proportional zur Oberfläche des Tieres wächst (DUNGER 1958a). Nach REICHLER (1968) ist die Oberfläche eines Tieres annähernd proportional der 2/3-Potenz des Gewichtes. Der Consumquotient gibt einen vom Gewicht des Versuchstieres, unter sonst gleichen Versuchsbedingungen, weitgehend unabhängigen, artspezifischen Wert an (Abb. 23).

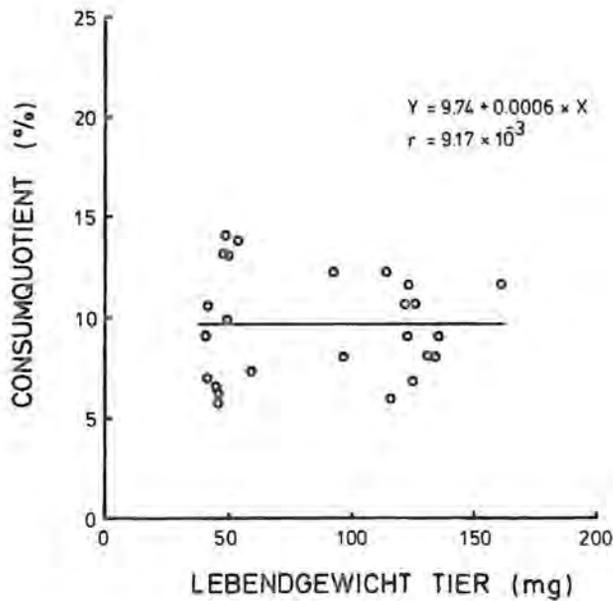


Abb. 23: *L. noricus*: Consumquotient (%) in Abhängigkeit vom Gewicht bei 10°C im Labor

Da die Angabe der Fraßleistung in mg Nahrung pro g Körpergewicht und Tag einen leichter greifbaren Wert darstellt, sollen die Ergebnisse sowohl in Form des Consumindex ((mg/g/d); WALDBAUER 1968) als auch in Form des Consumquotienten ((%); DUNGER 1958a) dargestellt werden.

Alle Daten der Fraßversuche wurden zuerst mit Hilfe der Varianzanalyse auf signifikante Unterschiede getestet. Anschließend wurden die Werte für die einzelnen Temperaturen innerhalb einer Art und zwischen den Arten mit dem F- und T-Test auf Signifikanz geprüft (ANOVA-Tables und Tabellen mit Signifikanzniveaus des T-Testes befinden sich im Anhang). Fraßversuche mit verschiedenen Nahrungen wurden zudem mit dem Scheffé-Test (SACHS 1984) statistisch bearbeitet. Zur Homogenisierung der Varianzen wurden die Daten transformiert.

#### 4.5.1.2 Energiebilanz

Mit der bei mehreren Temperaturen bestimmten Fraßleistung an verschiedenen Streuarten und dem damit verbundenen Energieumsatz lassen sich Energiebilanzen für die einzelnen Diplopoden-Arten aufstellen. Hierzu wurden sowohl die Brennwerte der einzelnen Nahrungen, als auch die der Faeces der Tiere bestimmt.

##### 4.5.1.2.1 Brennwerte, Aschgehalte und Energieausnutzung

Da Unterschiede in den Aschgehalten des zu untersuchenden Materials zu Verzerrungen der Ergebnisse führen und somit den direkten Vergleich von Werten erschweren können, werden alle Brennwerte auf aschefreies Ausgangsmaterial bezogen. Die Angabe der Aschgehalte ermöglicht eine Rückrechnung der Energiewerte auf nicht aschefreies Material. Die Energieausnutzung gibt das Verhältnis von Brennwert Nahrung zu Brennwert Faeces, bezogen auf je ein Milligramm Material an.

Die Brennwerte der einzelnen in den Versuchen verwendeten Nahrungen zeigt die Tabelle 6.

	Nahrung					
	Lärche	Lärche steril	Buche	Fichte	Rhod.	Vacc.
Brennwert, afr. (J/mg)	20,999 ± 0,484	19,497 ± 0,84	20,43 ± 0,82	20,176 ± 0,416	18,554 ± 0,406	17,59 ± 0,75
(n)	(12)	(7)	(6)	(10)	(5)	(6)
Aschgehalte (%)	4,12 ± 0,02	5,09 ± 0,06	6,8 ± 0,02	6,86 ± 0,03	3,52 ± 0,01	3,27 ± 0,07
(n)	(7)	(5)	(5)	(4)	(5)	(5)

Tab. 6: Brennwerte, afr. (J/mg) und Aschgehalte der verschiedenen Nahrungen

Während Lärche, Buche und Fichte mit über 20 (J/mg) etwa vergleichbare Werte liefern, liegen die Werte der anderen Nahrungen deutlich darunter.

Die sterilisierte Lärchenstreu hat einen signifikant ( $P \leq 0.01$ ) niedrigeren Brennwert als die »normale« Lärchenstreu und auch Rhododendron mit  $18.55 \pm 0.406$  (J/mg) und Vaccinium mit  $17.59 \pm 0.75$  (J/mg) haben signifikant ( $P \leq 0.001$ ) niedrigere Brennwerte als die anderen Nahrungen.

Den höchsten Aschgehalt weist die Fichte mit  $6.86 \pm 0.03$  (%) auf, während Rhododendron und Vaccinium mit  $3.52 \pm 0.01$  (%) und  $3.27 \pm 0.07$  (%) die niedrigsten Werte zeigen.

Auch zwischen der Streu der gleichen Lärchenart von verschiedenen Standorten gibt es Unterschiede. Die Streu aus Schleswig-Holstein (Tab. 8) zeigt einen niedrigeren Brennwert aber einen höheren Aschgehalt als die Streu aus der HFLW. Die Werte liegen etwa im Bereich der Werte, die für Buche und Fichte angegeben werden.

In Tabelle 7 werden die Brennwerte der Nahrungen mit den Brennwerten der Faeces verglichen. Da keine Unterschiede zwischen Männchen und Weibchen auftraten, wurden die Daten zusammengefaßt.

Nahezu alle Werte für die Faeces liegen signifikant niedriger als die Werte für die Nahrungen. Eine Ausnahme machen *A. punctatus* und *G. marginata* (15°C).

Die absolute Energieausnutzung liegt bei *L. noricus* mit 7% (Ausnahme 10°C mit 4.11%) über alle Temperaturen etwa gleich verteilt, während bei *L. saltu-vagus* mit zunehmender Temperatur eine Abnahme der Energieausnutzung von 14.02% bei 5°C auf 9.85% bei 20°C verbunden ist. Bei allen anderen Arten liegen die Werte für die Energieausnutzung im Bereich von 5 bis 10%. Ausnahmen bilden die Art *P. complanatus*, die mit 15.13% den höchsten Wert erreicht, sowie *A. punctatus* und *G. marginata* (15°C), die mit 1.65 bzw. 1.13% deutlich nach unten abweichende Werte bieten. Die Werte für *L. noricus* und *L. proximus* bei Fraß an Buche und für *L. noricus* bei Fraß an Fichte liegen in vergleichbarer Größenordnung zu den Werten für die Lärche.

Die Tabelle weist für die Faeces stets höhere Aschgehalte auf, als für Nahrungen (einzige Ausnahme: *L.*

*noricus* an Fichte). Die Steigerungen liegen dabei im Bereich von 10 bis 20%. Nur bei *E. nanus*, *A. meinerti* (5°C) an Lärche und *L. noricus* an Buche kommt es mit 36.4, 33.7 und 37.6% zu deutlich höheren, bei den Arten aus Schleswig-Holstein mit kleiner oder gleich 5% zu deutlich niedrigeren Ergebnissen.

<i>L. noricus</i> ♂ + ♀	Nahrung Lärche	Faeces				°C
		5	10	15	20	
Brennwerte, afr. (J/mg) (n)	20.999 ± 0.484 (12)	19.374 *** ± 0.371 (19)	20.136 * ± 0.44 (17)	19.432 *** ± 0.343 (19)	19.566 *** ± 0.651 (11)	
Aschgehalte (%) (n)	4.12 ± 0.02 (5)	4.40 ± 0.13 (7)	4.73 ± 0.03 (9)	4.56 ± 0.19 (6)	4.67 ± 0.04 (3)	
Energieausnutzung (%)		7.74	8.11	7.47	6.84	

<i>L. agilis</i> ♂ + ♀	Nahrung Lärche	Faeces				°C
		5	10	15	20	
Brennwerte, afr. (J/mg) (n)	20.999 ± 0.484 (12)	18.053 *** ± 0.585 (14)	18.406 *** ± 0.406 (11)	18.669 *** ± 0.50 (19)	18.930 *** ± 0.449 (18)	
Aschgehalte (%) (n)	4.12 ± 0.02 (5)	4.33 ± 0.02 (6)	4.28 ± 0.07 (6)	4.81 ± 0.05 (6)	4.82 ± 0.07 (6)	
Energieausnutzung (%)		14.02	12.35	11.10	9.85	

<i>E. nanus</i> ♂ + ♀ <i>A. meinerti</i> ♂ + ♀	Nahrung Lärche	Faeces				°C
		<i>E. nanus</i> 5 - 20	5	<i>A. meinerti</i> 15	20	
Brennwerte, afr. (J/mg) (n)	20.999 ± 0.484 (12)	18.944 *** ± 0.289 (11)	19.307 *** ± 0.748 (10)	19.301 ** ± 0.464 (9)	18.606 *** ± 0.537 (9)	
Aschgehalte (%) (n)	4.12 ± 0.02 (5)	5.62 ± 0.07 (3)	5.51 ± 0.09 (3)	4.69 ± 0.05 (3)	5.17 ± 0.05 (3)	
Energieausnutzung (%)		9.79	8.06	7.14	10.45	

Tab. 7: Brennwerte, afr (J/mg), Aschgehalte (%) und Energieausnutzung (%) bezogen auf mg Nahrung, afr und mg Faeces, afr

Sterne zeigen signifikante Unterschiede zum Ausgangswert (Nahrung) an. \* P < 0.05, \*\* P < 0.01, \*\*\* P < 0.001

<i>P. complanatus</i> ♀ <i>G. hexasticha</i> ♂ + ♀	Nahrung Lärche	Faeces		°C
		<i>P. complanatus</i> 15	<i>G. hexasticha</i> 15	
Brennwerte, afr. (J/mg) (n)	20.999 ± 0.484 (12)	17.822 *** ± 0.523 (10)	19.279 *** ± 0.64 (9)	
Aschgehalte (%) (n)	4.12 ± 0.02 (5)	4.68 ± 0.02 (3)	4.45 ± 0.04 (3)	
Energieausnutzung (%)		15.31	8.19	

<i>L. noricus</i> ♀ <i>L. proximus</i> ♀	Nahrung Buche Fichte	Faeces		°C
		<i>L. noricus</i> 15	<i>L. proximus</i> 15	
Brennwerte, afr. (J/mg) (n)	20.43 ± 0.821 (8)	18.946 * ± 0.896 (6)	19.247 *** ± 0.365 (13)	
Aschgehalte (%) (n)	6.8 ± 0.02 (5)	9.36 ± 0.02 (3)	8.34 ± 0.02 (3)	
Energieausnutzung (%)		7.27 4.99	5.79	

Fortsetzung Tabelle 7:  
Sterne zeigen signifikante Unterschiede zum Ausgangswert an. \* P < 0.05, \*\* P < 0.01, \*\*\* P < 0.001

<i>A. punctatus</i> ♂ + ♀ <i>G. marginata</i> ♂ + ♀	Nahrung Lärche (B1)	°C		
		<i>A. punctatus</i> 15 + 20	<i>G. marginata</i> 15 20	
Brennwerte, afr. (J/mg) (n)	20.187 ± 0.30 (9)	19.853 ± 0.353 (19)	19.959 ± 0.283 (10)	19.341 * ± 0.57 (10)
Aschgehalte (%) (n)	6.66 ± 0.02 (5)	7.03 ± 0.03 (6)	6.95 ± 0.05 (3)	6.85 ± 0.12 (3)
Energieausnutzung (%)		1.65	1.13	4.19

## 4.5.2 Laborversuche

Bei den Laborversuchen wurde die Umsatzleistung der Diplopoden unter konstanten Temperatur- und Photoperiodebedingungen ermittelt.

Alle untersuchten Arten reagierten mit einer deutlichen Änderung ihrer Fraßleistung auf Temperaturerhöhungen.

### 4.5.2.1 Umsatzleistung an Lärche

Die Lärche stellt als Hauptstreulieferant eine für Diplopoden der Farrenleitenwand bedeutende Nahrungs- und Energiequelle dar (siehe auch Nahrungswahlversuche).

#### 4.5.2.1.1 *Leptoilulus noricus* Verhoeff 1913

##### a) Consumindex (CI)

Die Art *L. noricus* zeigt von 5 zu 15°C einen Anstieg der Fraßleistung von 18.11 ± 2.61 (mg/g/d) auf 36.85 ± 6.63 (mg/g/d) (Abb. 24), wobei der Anstieg von 5 zu 10°C geringer ausfällt als der von 10 zu 15°C. Von 15 zu 20°C fällt die Fraßleistung dann wieder auf einen Wert von 27.79 ± 5.11 (mg/g/d) ab. Während jedoch der Anstieg signifikant zu sichern ist (P ≤ 0.001), ist die Abnahme von 15 zu 20°C statistisch nicht sicherbar.

Für den Temperatursprung von 5 zu 15°C errechnet sich ein Q10-Wert von 2.0.

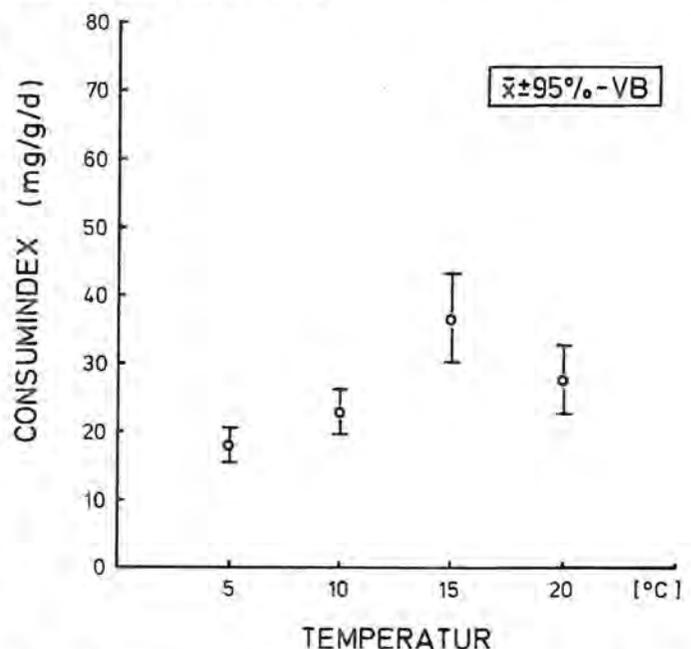


Abb. 24: *L. noricus*: Consumption (mg/g/d) bei Fraß an Lärche bei vier Temperaturen im Labor.

Die Consumption wird bei *L. noricus* signifikant ( $P \leq 0.001$ ) vom Gewicht der Tiere beeinflusst (Abb. 25).

Kleine Individuen fressen relativ mehr als große. Dies ist, wie die Abbildung zeigt, bei allen hier untersuchten Temperaturen gleich, d. h. es treten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Steigungen der einzelnen Geraden auf (siehe ANOVA-Table). Die gestrichelte Linie gibt die allgemeine Steigung an, wenn die Daten aller Temperaturen zusammengefasst werden.

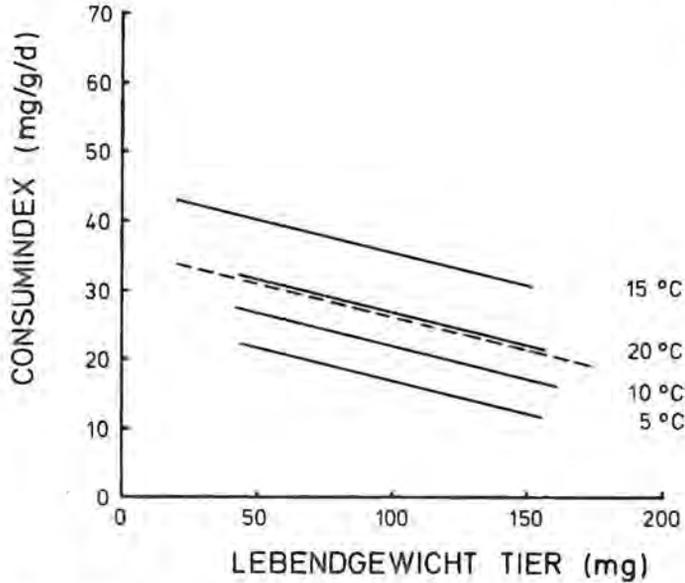


Abb. 25: *L. noricus*:Consumption (mg/g/d) bei Fraß an Lärche in Abhängigkeit vom Gewicht der Tiere und der Temperatur.

#### b) Consumquotient (CQ)

Infolge einer gleichmäßigen Gewichtsverteilung bei allen Versuchstemperaturen (siehe ANOVA-Table) zeigen die Werte des Consumquotienten (Abb. 26) einen identischen Kurvenverlauf zu den Werten des Consumindex. Auch hier ist der Anstieg von  $7.66 \pm 0.91$  (%) bei 5°C auf  $15.22 \pm 2.6$  (%) bei 15°C signifikant ( $P \leq 0.001$ ), während die Abnahme von 15 zu 20°C auf  $11.93 \pm 2.22$  (%) nicht zu sichern ist. Mit den CQ-Werten ergibt sich mit einem Q10-Wert von 1.98 ebenfalls eine sehr gute Übereinstimmung zu den CI-Daten.

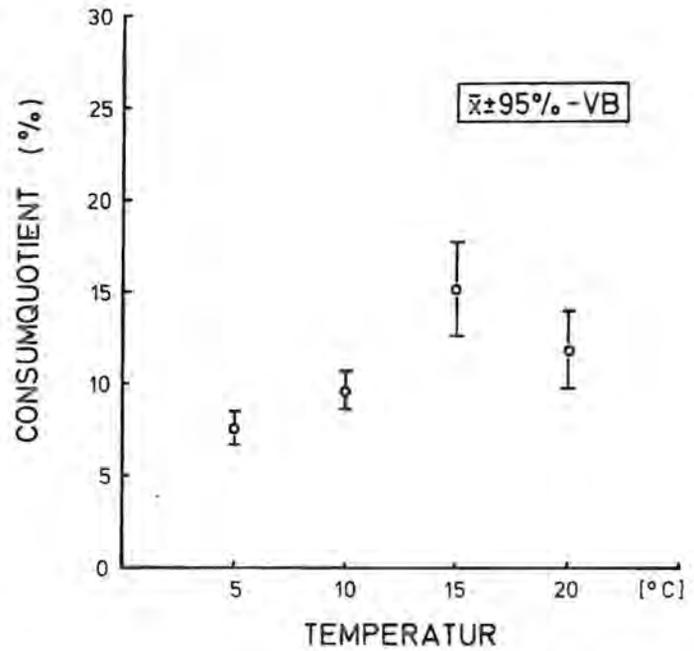


Abb. 26: *L. noricus*:Consumquotient (%) bei Fraß an Lärche bei vier Temperaturen im Labor.

Bei allen untersuchten Temperaturen kommt es zu keiner signifikanten Beeinflussung der CQ-Werte durch das Gewicht der Versuchstiere (Abb. 27; siehe ANOVA-Table). Man kann also bei der Art *L. noricus* streng von der Beziehung der Gewichtsunabhängigkeit der CQ-Werte ausgehen.

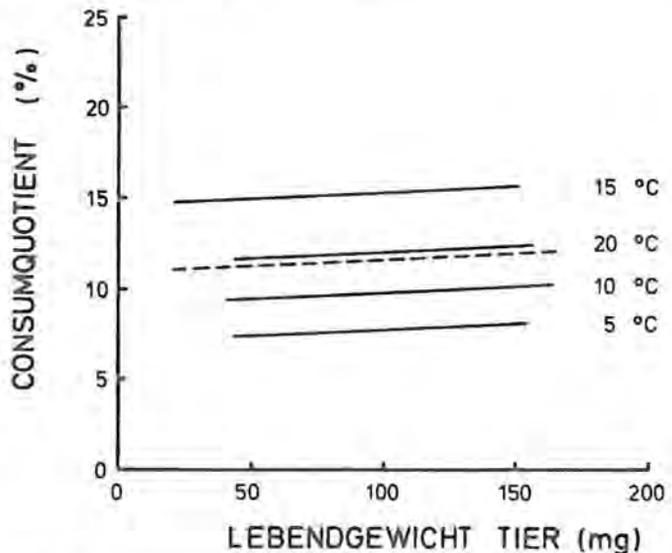


Abb. 27: *L. noricus*:Consumquotient (%) bei Fraß an Lärche in Abhängigkeit vom Gewicht der Tiere und der Temperatur.

#### c) Verdaulichkeit (AD)

Die Verdaulichkeit, der Prozentsatz an assimilierter Nahrung, stellt ebenfalls einen sehr wichtigen Index dar. Zusammen mit den CI-Werten kann auf die absolute Menge an assimilierter Nahrung geschlossen werden, auf den Teil der Nahrung, der den Tieren für ihren Bau- und Betriebsstoffwechsel zur Verfügung steht.

Auch die Verdaulichkeit zeigt ebenso wie die Consumption eine Änderung mit der Temperatur (Abb 28).

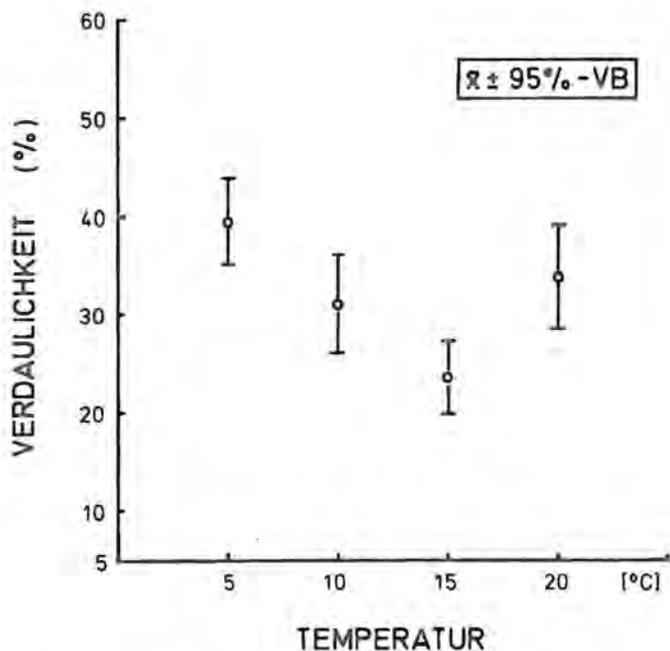


Abb. 28: *L. noricus*: Verdaulichkeit (%) bei Fraß an Lärche bei vier Temperaturen im Labor

Auf eine gleichmäßige signifikante Abnahme ( $P \leq 0.001$ ) von 5°C (AD:  $39.43 \pm 4.93$  (%)) zu 15°C (AD:  $23.59 \pm 4.28$  (%)) folgt ein ebenfalls signifikanter Anstieg ( $P \leq 0.01$ ) zu 20°C (AD:  $33.75 \pm 5.92$  (%)).

Von der aufgenommenen Lärchenstreu werden von *L. noricus* je nach Fraßleistung 20 – 40% verdaut. Die restlichen 60 – 80% gelangen in zerkleinerter Form mit den Faeces wieder in den Boden.

Betrachtet man jetzt zu der Abbildung der Verdaulichkeit die Abbildungen zur Consumption (Abb. 24 und Abb. 26) so fällt auf, daß mit zunehmender Consumption von 5 zu 15°C eine Abnahme der Verdaulichkeit einhergeht; entsprechend liegt bei der Abnahme der Fraßleistung von 15 zu 20°C eine Zunahme der Verdaulichkeitswerte vor.

#### d) Andere Indices zur Nahrungsverwertung

Andere wichtige Indices zur Nahrungsverwertung sind die Wachstumsrate (GR) der Versuchstiere, sowie damit verbundene Indices wie Ergiebigkeit (ECI) und Verwertbarkeit (ECD) der Nahrung.

Da während der hier verwendeten 7-tägigen Versuchsdauer relativ starke Oscillationen im Gewichtsgang der Versuchstiere auftraten (Abb. 29), werden keine Angaben zu den oben genannten Indices gemacht.

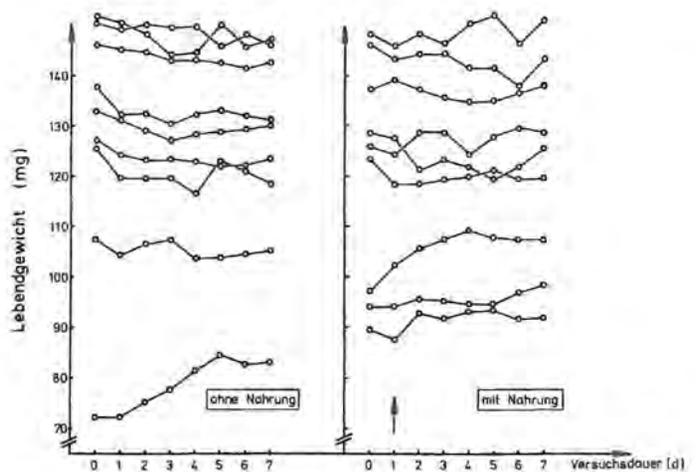


Abb. 29: *L. noricus*: Gewichtsgang über eine Versuchszeit von sieben Tagen mit und ohne Nahrung (Pfeil = Nahrungsgabe)

Ohne erkennbaren Grund kommt es bei den Diplo-poden von einem Tag zum anderen zu teilweise vier bis fünfprozentigen Gewichtsschwankungen. Hierbei macht es keinen Unterschied, ob die Tiere – über einen Zeitraum von sieben Tagen – mit oder ohne Nahrung gehalten werden.

#### e) Energiebilanz

Der im Kapitel 4.5.1.2.1 gezeigte absolute Aus-nutzungsgrad der Energie sagt relativ wenig über die spezifische Ausnutzungsleistung der einzelnen Arten aus. Hierzu müssen die Brennwerte für die Nahrungen und die Faeces mit den entsprechenden Parametern der Fraßleistung (CI, ER und ASS) verknüpft werden.

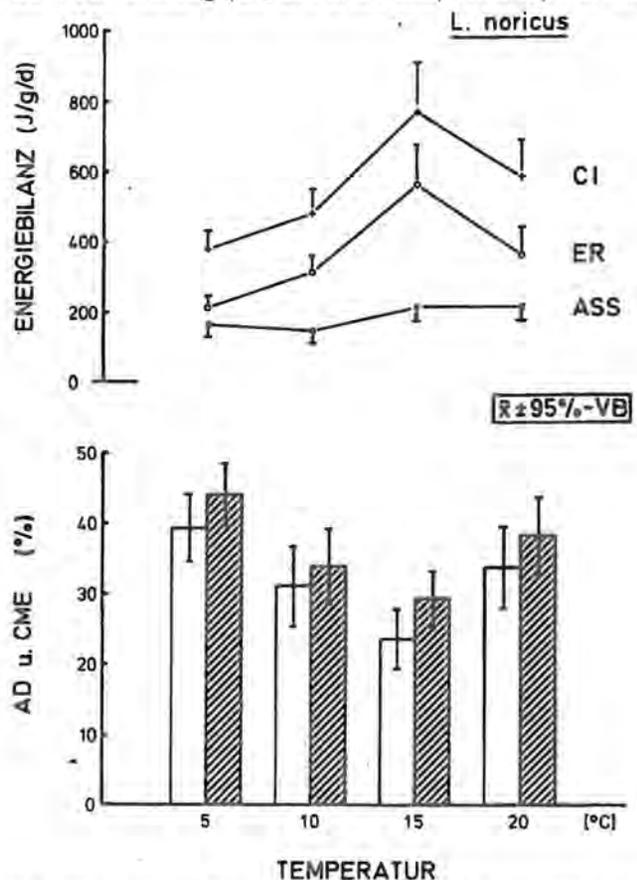


Abb. 30: *L. noricus*: Energiebilanz (J/g/d) und Assimilationseffizienzen (%) in Abhängigkeit von der Temperatur im Labor (offene Säule: AD aus gravimetrischer Messung; gestrichelte Säule: CME aus kalorimetrischer Messung)

Die Abbildung 30 zeigt die Energiebilanz und die Assimilationseffizienzen bei **L. noricus**.

Die gravimetrisch ermittelten AD- und kalorimetrisch ermittelten CME-Werte liegen bei allen Temperaturen sehr nah beieinander (keine signifikanten Unterschiede). Der CME weist dabei stets einen etwas höheren Wert auf, weil die Brennwerte der Faeces immer kleiner als die der Nahrung sind.

Betrachtet man den oberen Teil der Abbildung, so fällt auf, daß die CI- und ER-Kurven einen nahezu parallelen Optimumsverlauf haben, während die Kurve, die den assimilierten Anteil an der Nahrung darstellt, über den gesamten Temperaturbereich nahezu konstant ist (keine signifikanten Unterschiede). Da die ASS-Kurve immer unter der ER-Kurve liegt, wird mit den Faeces stets mehr der aufgenommenen Energie an den Boden zurückgegeben als die Tiere für ihren Bau- und Betriebsstoffwechsel nutzen.

Die Verdoppelung der Energieaufnahme (Q10: 2.03) von  $380.4 \pm 54.8$  (J/g/d) bei 5°C auf  $773.7 \pm 139.3$  (J/g/d) bei 15°C und die gleichzeitige Abnahme des CME von  $44.1 \pm 4.6$  (%) auf  $29.3 \pm 3.9$  (%) führt dazu, daß die ASS-Werte für 5 und 15°C mit  $168.2 \pm 33.4$  (J/g/d) und  $213.4 \pm 38.4$  (J/g/d) nicht signifikant unterschieden sind. In gleichem Maße wirken auch der parallel verlaufende Abfall der Energieaufnahme und der Anstieg des CME von 15 zu 20°C.

#### 4.5.2.1.2 Enantiulus nanus Attems 1895

Die Art **E. nanus** ist die kleinste der untersuchten Arten. Die Ergebnisse zu den einzelnen Punkten unterscheiden sich teilweise deutlich von denen der Art **L. noricus**.

##### a) Consumindex (CI)

Auch bei **E. nanus** folgt auf einen von 5°C (CI:  $21.42 \pm 3.99$  (mg/g/d)) zu 15°C (CI:  $72.21 \pm 9.22$  (mg/g/d)) gleichmäßigen Anstieg eine statistisch nicht sicherbare Abnahme zu 20°C (CI:  $66.61 \pm 8.76$  (mg/g/d)) (Abb. 31).

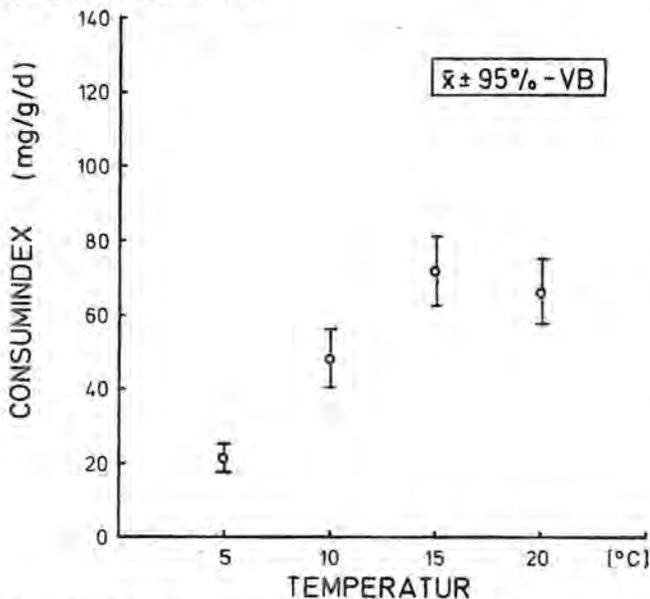


Abb. 31: **E. nanus**: Consumption (mg/g/d) bei Fraß an Lärche bei vier Temperaturen im Labor.

Der Q10-Wert zwischen 5 und 15°C errechnet sich zu 3.37.

Die CI-Werte liegen, infolge des geringeren Gewichtes dieser Art, deutlich über denen von **L. noricus**.

Der für **E. nanus** für 10°C ermittelte Wert von  $48.39 \pm 8.22$  (mg/g/d) liegt schon deutlich über dem für 15°C angegebenen, höchsten Wert von  $36.85 \pm 6.63$  (mg/g/d) für **L. noricus**.

Die Consumption wird auch bei **E. nanus** signifikant von dem Gewicht der Versuchstiere beeinflusst (Abb. 32). Unterschiede zwischen den einzelnen Temperaturen treten nicht auf (siehe ANOVA-Table).

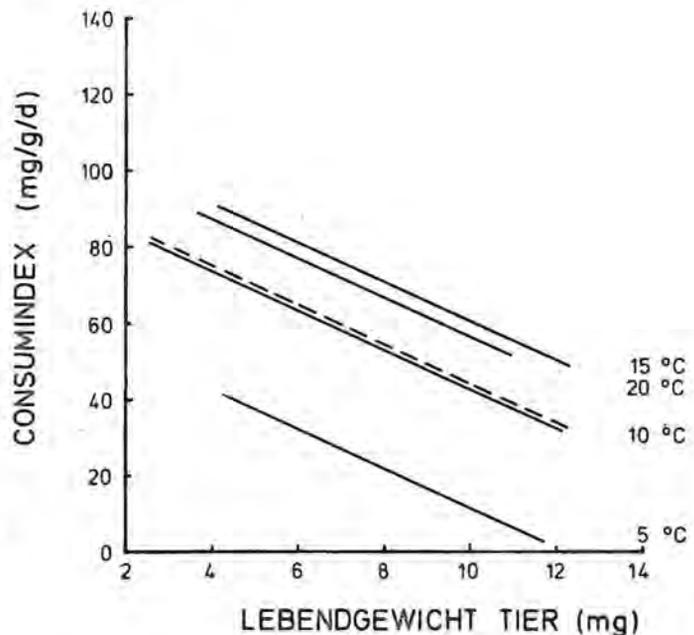


Abb. 32: **E. nanus**: Consumption (mg/g/d) bei Fraß an Lärche in Abhängigkeit vom Gewicht der Tiere und der Temperatur.

##### b) Consumquotient (CQ)

Auch bei dieser Art liegt eine gleichmäßige Gewichtsverteilung der Versuchstiere über alle Temperaturen vor, so daß sich die Kurvenverläufe von CI und CQ weitgehend decken.

Von  $4.29 \pm 0.82$  (%) bei 5°C steigt der CQ-Wert auf  $13.79 \pm 1.45$  (%) bei 15°C an und nimmt – nicht signifikant zu 15°C trennbar – auf  $12.96 \pm 1.50$  (%) bei 20°C ab (Abb. 33).

Die CQ-Werte sind bis auf den Wert bei 5°C nicht signifikant von denen der Art **L. noricus** zu trennen (siehe Anhang).

Anhand der CQ-Daten errechnet sich zwischen 5 und 15°C ein Q10-Wert von 3.21.

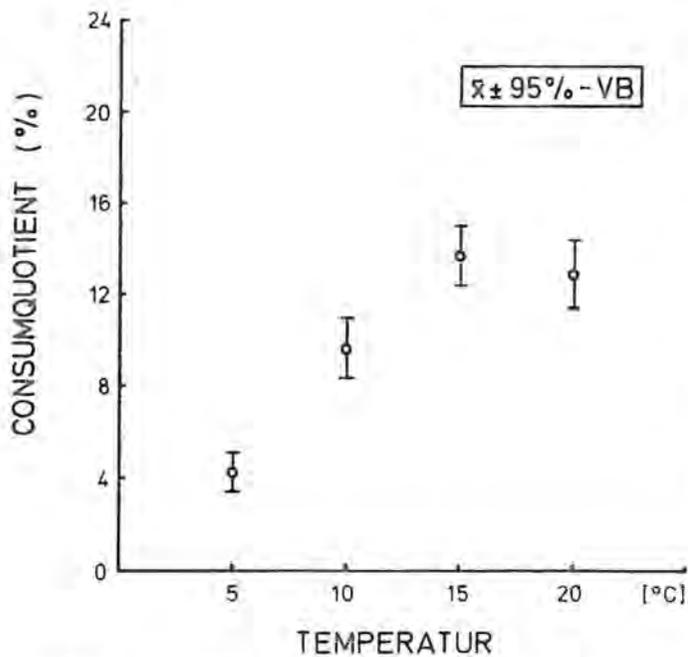


Abb. 33: *E. nanus*: Consumquotient (%) bei Fraß an Lärche bei vier Temperaturen im Labor

Bei den CQ-Werten kommt es, wie bei den CI-Werten, bei *E. nanus* zu einer signifikanten Beeinflussung ( $P \leq 0.05$ ) durch das Gewicht der Versuchstiere (siehe ANOVA-Table). Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchstemperaturen treten dabei nicht auf (Abb.34). Man kann also bei *E. nanus* nicht streng von der Gewichtsunabhängigkeit der CQ-Werte ausgehen.

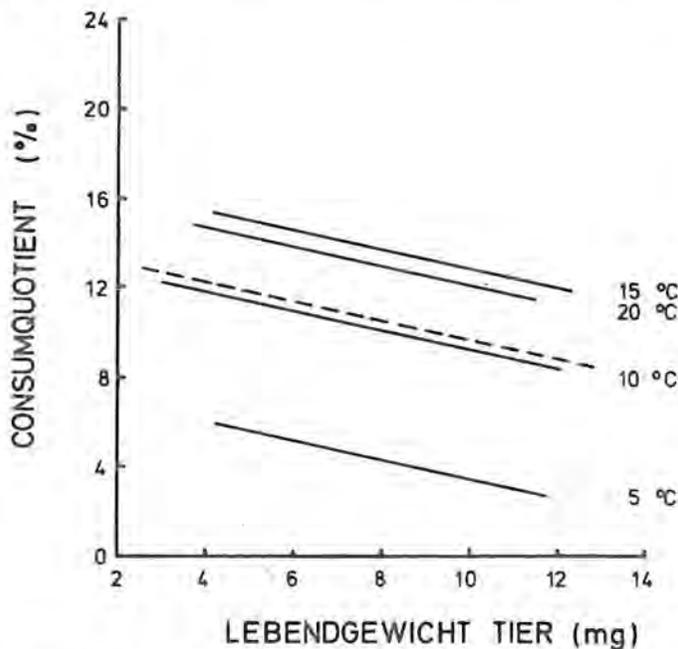


Abb. 34: *E. nanus*: Consumquotient (%) bei Fraß an Lärche in Abhängigkeit vom Gewicht der Tiere und der Temperatur.

#### c) Verdaulichkeit (AD)

Die AD-Werte zeigen auch bei *E. nanus* einen zu den Consumptionsangaben umgekehrten Verlauf.

Im Unterschied zu *L. noricus* liegen aber alle AD-Werte signifikant höher (15°C:  $P \leq 0.01$ , sonst  $P \leq 0.001$ ). Von  $67.25 \pm 8.12$  (%) bei 5°C fällt der AD-Wert auf  $35.68 \pm 8.7$  (%) bei 15°C (Abb. 35). Zu

20°C folgt dann mit  $67.4 \pm 6.58$  (%) wieder ein signifikanter Anstieg ( $P \leq 0.001$ ) auf die Höhe des 5°C-Wertes. Bei *L. noricus* verläuft dieser Anstieg nur bis in den Bereich des Wertes von 10°C. Der bei *E. nanus* geringste Wert (15°C) liegt also größenordnungsmäßig im Bereich der höchsten Werte von *L. noricus*.

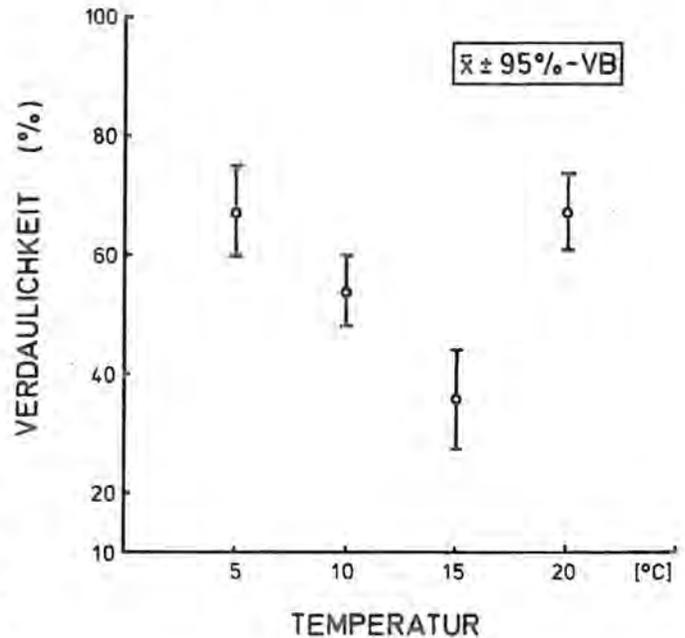


Abb. 35: *E. nanus*: Verdaulichkeit (%) bei Fraß an Lärche bei vier Temperaturen im Labor.

#### d) Energiebilanz

Bei den Angaben zur Energiebilanz von *E. nanus* (Abb. 36) ergeben sich in Bezug auf den Verlauf der mit den Faeces abgegebenen Energie und der assimilierten Energie grundsätzliche Unterschiede zu der vorher behandelten Art.

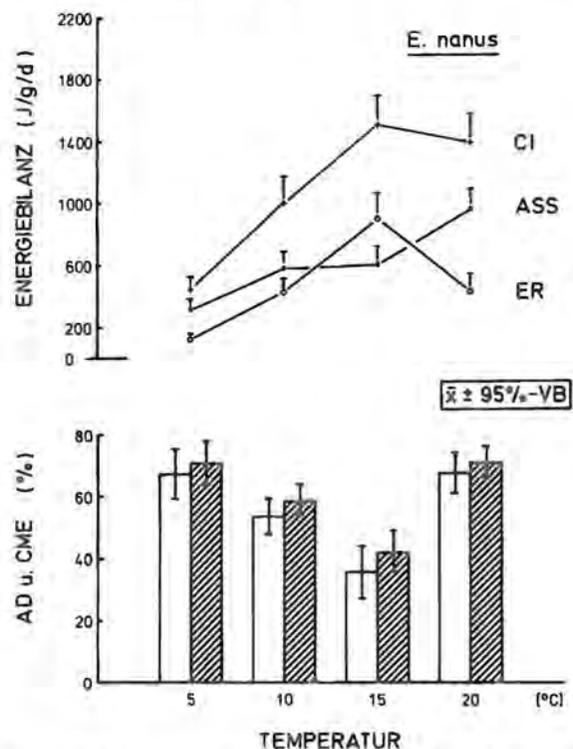


Abb. 36: *E. nanus*: Energiebilanz (J/g/d) und Assimilationseffizienzen (%) in Abhängigkeit von der Temperatur im Labor (offene Säule: AD aus gravimetrischer Messung; gestrichelte Säule: CME aus kalorimetrischer Messung)

Zum einen wird – außer bei 15°C – von der aufgenommenen Energie mehr für den Bau- und Stoffwechsel verwendet, als mit den Faeces abgegeben wird, zum anderen zeigt die Kurve der assimilierten Energie von 5 zu 20 °C einen deutlichen, signifikanten Anstieg ( $P \leq 0.001$ ). Anders als bei *L. noricus* wird die knappe Vervielfachung der Energieaufnahme (Q10: 3.4) von  $449.5 \pm 83.8$  (J/g/d) bei 5°C auf  $1516.4 \pm 193.6$  (J/g/d) bei 15°C durch die gleichzeitige knappe Halbierung des CME-Wertes von  $70.5 \pm 7.3$  (%) auf  $42 \pm 7.9$  (%) ebenso wenig ausgeglichen, wie der schwache Abfall der aufgenommenen Energie von 15 zu 20°C durch den erneuten kräftigen Anstieg des CME.

Der Vergleich der AD- und CME-Werte bei *E. nanus* zeigt, wie bei *L. noricus*, keine signifikanten Unterschiede.

#### 4.5.2.1.3 Leptoiulus saltuvagus Verhoeff 1898

Da bei der zweiten Art der Gattung *Leptoiulus* keine wesentlichen Unterschiede zu den beiden vorher abgehandelten Arten auftreten, werden die einzelnen Punkte nur knapp behandelt.

Bei *L. saltuvagus* konnte, infolge geringerer Individuenzahlen, keine zu den anderen beiden Arten entsprechende gleichmäßige Gewichtsverteilung bei allen Versuchstemperaturen erreicht werden.

Die Werte für den CI, CQ und AD sind in der Tabelle 8 aufgelistet.

Temperatur (°C)	5	10	15	20
CI (mg/g/d)	19.61 ±5.62	18.95 ±7.85	79.89 ±17.0	80.31 ±28.22
CQ (%)	5.16 ±1.10	6.40 ±2.39	18.03 ±2.89	18.91 ±4.64
AD (%)	49.0 ±10.94	21.95 ±7.94	29.97 ±5.61	36.38 ±6.45

Tab. 8: *L. saltuvagus*: CI (mg/g/d), CQ (%) und AD (%) bei vier Temperaturen im Labor ( $\bar{x} \pm 95\%$ -VB)

##### a) Consumindex (CI)

Die Consumption zeigt einen signifikanten Anstieg von 5 zu 15°C. Mit den für diese Temperaturen ermittelten Werten von  $19.61 \pm 5.62$  (mg/g/d) und  $79.89 \pm 17.0$  (mg/g/d) errechnet sich ein Q10-Wert von 4.07. Mit  $80.31 \pm 28.22$  (mg/g/d) wird bei 20°C ein nahezu gleicher Wert wie bei 15°C erreicht.

Auch bei *L. saltuvagus* wird die Consumption bei allen Versuchstemperaturen in gleichem Maße signifikant vom Gewicht der Versuchstiere beeinflusst (siehe ANOVA-Table).

##### b) Consumquotient (CQ)

Die Ergebnisse des Consumquotienten decken sich weitgehend mit denen des Consumindex.

Mit den Daten des CQ ergibt sich zwischen 5 und 15°C ein Q10-Wert von 3.49.

Wie bei der Art *L. noricus* so kann auch bei dieser Art von der Konstanz der CQ-Werte bei den einzelnen Temperaturen ausgegangen werden. Es erfolgte keine signifikante Beeinflussung der CQ-Werte durch das Gewicht der Versuchstiere (siehe ANOVA-Table).

##### c) Verdaulichkeit (AD)

Die AD-Werte nehmen von 5°C ( $49.0 \pm 10.94$  (%)) zu 10°C ( $21.95 \pm 7.94$  (%)) ab. Danach folgt ein Anstieg auf  $29.97 \pm 5.61$  (%) bei 15°C und weiter auf  $36.38 \pm 6.45$  (%) bei 20°C. Die Werte von 15 und 20°C sind wie die entsprechenden Werte der Consumption nicht signifikant unterschieden.

##### d) Energiebilanz

Temperatur (°C)	5	10	15	20
CI (J/g/d)	411.72 ±118.02	397.99 ±164.76	1677.53 ±356.91	1686.52 ±592.62
ER (J/g/d)	166.73 ±62.33	274.45 ±121.85	1065.31 ±271.71	974.43 ±340.91
ASS (J/g/d)	244.98 ±93.29	123.53 ±55.17	612.22 ±158.1	712.09 ±269.12
CME (%)	56.15 ±9.41	31.59 ±6.96	37.74 ±4.99	42.65 ±5.81

Tab. 9: *L. saltuvagus*: Energiebilanz (J/g/d) und Assimilationseffizienz (%) in Abhängigkeit von der Temperatur im Labor ( $\bar{x} \pm 95\%$ -VB)

Der Vergleich der CME- und AD-Werte zeigt keine signifikanten Unterschiede.

Die mit den Werten des CI und ER erstellten Kurven haben einen weitgehend gleichen Verlauf. Die Abnahme der ER-Werte von 15 zu 20°C läßt sich nicht signifikant sichern.

Außer bei 5°C geht stets mehr der aufgenommenen Energie mit den Faeces verloren, als die Tiere für ihren Stoffwechsel verbrauchen. Der Verlauf der Kurve der assimilierten Energie zeigt wie bei *E. nanus* einen signifikanten Anstieg von 5 zu 20°C.

#### 4.5.2.1.4 Allaiulus punctatus Leach 1815

Im Vergleich zu den Arten aus der Farrenleitenwand wurde die Umsatzleistung auch für eine Art aus einem Lärchenwald in Schleswig-Holstein bestimmt. Hierbei ergibt sich ein etwas anderes Bild.

##### a) Consumindex (CI)

Wie bei den Arten aus der Farrenleitenwand so liegt auch hier ein statistisch sicherbarer Anstieg ( $P \leq 0.01$ ) von 5°C (CI:  $25.23 \pm 6.78$  (mg/g/d)) zu 15°C (CI:  $42.72 \pm 10.52$  (mg/g/d)) vor (Abb. 37). Dieser Anstieg setzt sich – jetzt im Gegensatz zu den Alpen-Individuen – bis auf 20° (CI:  $67.93 \pm 19.16$  (mg/g/d))

fort. Im Unterschied zu der Abnahme bei *L. noricus* und *E. nanus* ist dieser Anstieg bei *A. punctatus* statistisch zu sichern ( $P \leq 0.01$ ).

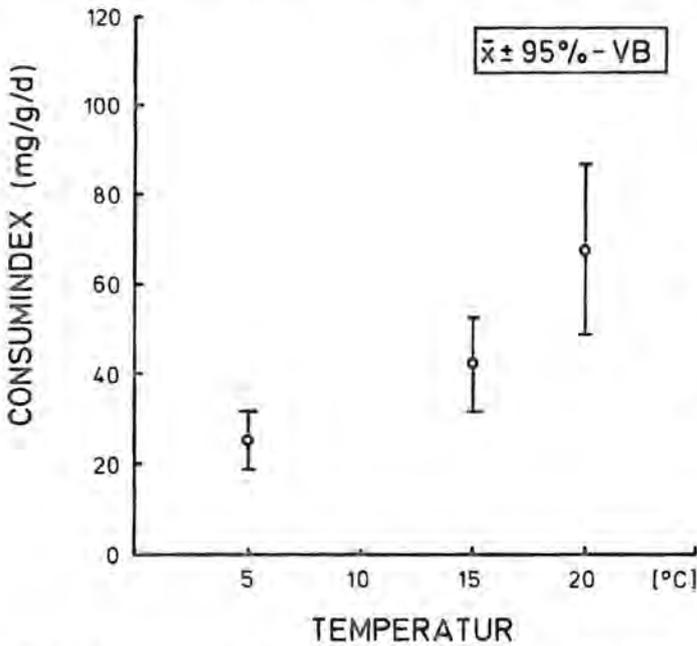


Abb. 37: *A. punctatus*:Consumption (mg/g/d) bei Fraß an Lärche bei drei Temperaturen im Labor (bei 10°C liegen keine Werte vor).

Zwischen 5 und 15°C errechnet sich ein Q10-Wert von 1.69.

Die Consumption wird wie bei allen anderen Arten bei allen Temperaturen in gleichem Maße signifikant ( $P \leq 0.01$ , siehe ANOVA-Table) vom Gewicht der Versuchstiere beeinflusst.

b) Consumquotient (CQ)

Die Ergebnisse des Consumquotienten decken sich nahezu in allen Punkten mit denen des Consumindex (Abb. 38).

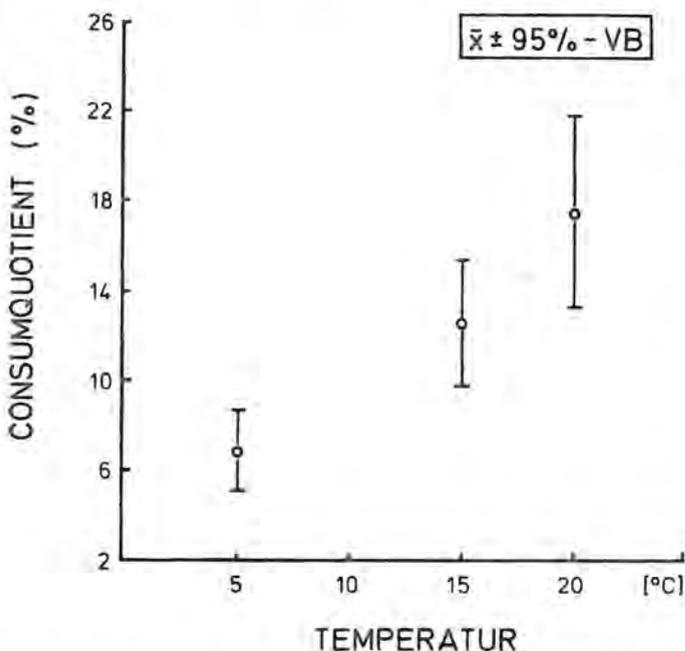


Abb. 38: *A. punctatus*:Consumquotient (%) bei Fraß an Lärche bei drei Temperaturen im Labor (bei 10°C liegen keine Werte vor)

Auch beim CQ ist sowohl der Anstieg von 5 zu 15°C ( $P \leq 0.01$ ), als auch der von 15 zu 20°C ( $P \leq 0.05$ ) statistisch signifikant zu sichern.

Die CQ-Werte von 5 zu 15°C ergeben einen Q10-Wert von 1.84.

Die CQ-Werte werden – wie bei den beiden Arten der Gattung *Leptoiulus* – nicht signifikant vom Gewicht der Tiere beeinflusst (siehe ANOVA-Table).

c) Verdaulichkeit (AD)

Bei *A. punctatus* nehmen die Werte der Verdaulichkeit bei einer Zunahme der Consumption ebenfalls ab (Abb. 39).

Von einem Wert von  $44.11 \pm 10.16$  (%) bei 5°C fällt der Wert auf  $35.01 \pm 9.73$  (%) bei 15°C und weiter auf  $10.64 \pm 3.11$  (%) bei 20°C. Dieser Wert bei 20°C stellt den bei allen untersuchten Arten niedrigsten AD-Wert dar.

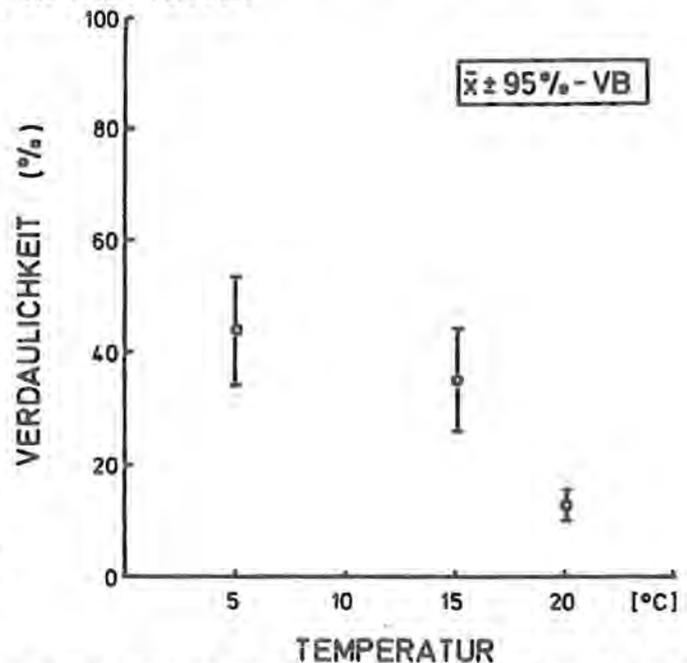


Abb. 39: *A. punctatus*:Verdaulichkeit (%) bei Fraß an Lärche bei drei Temperaturen im Labor (bei 10°C liegen keine Werte vor)

d) Energiebilanz

Die Werte zur Energiebilanz von *A. punctatus* finden sich in der Tabelle 10.

Temperatur (°C)	5	15	20
CI (J/g/d)	509.33 ±128.25	862.45 ±212.38	1371.32 ±386.88
ER (J/g/d)	298.54 ±102.38	595.15 ±163.75	1200.14 ±334.40
ASS (J/g/d)	210.78 ±58.58	267.30 ±82.28	171.18 ±66.96
CME (%)	45.04 ±9.99	36.08 ±9.57	12.12 ±3.06

Tab. 10: *A. punctatus*:Energiebilanz (J/g/d) und Assimilationseffizienz (%) in Abhängigkeit von der Temperatur im Labor ( $\bar{x} \pm 95\%$ -VB)

Der Vergleich von CME- und AD-Werten zeigt keine signifikanten Unterschiede.

Die Energieaufnahme nimmt entsprechend der Consumption von 5 zu 20°C zu. Entsprechendes gilt für die Egestionsrate.

Die Kurve der assimilierten Energie nimmt von 5 zu 15 °C leicht zu und fällt dann zu 20°C wieder ab. Eine statistisch sicherbare Trennung der ASS-Werte ist, infolge der hohen Varianzen dieser Werte nicht möglich.

Von der aufgenommenen Energie nutzt die Art **A. punctatus** stets weniger, als sie mit den Faeces abgibt.

Die Darstellung der Einzelergebnisse hat gezeigt, daß bei allen untersuchten Arten eine deutliche Temperaturabhängigkeit der Fraßleistung vorliegt. Hierbei deuten sich Unterschiede zwischen den drei Arten aus der Farrenleitenwand und der Art aus Schleswig-Holstein an.

Alle Kurvenverläufe der CI-Werte können, infolge guter Übereinstimmung mit den CQ-Werten, als realistisch bezeichnet werden. In keinem Fall führte die Prüfung der Consumindices mit den CQ-Werten zu einer Änderung der Ergebnisse.

Gibt man die Fraßleistung der Individuen in Prozent von deren Lebendgewicht an, so ergibt sich, daß bei den untersuchten Arten im Mittel pro Tag nicht mehr als 8% vom Körpergewicht gefressen werden, in vielen Fällen liegt dieser Wert unter 5%. Die höchsten Werte werden von **L. saltuvagus** mit 8.3% bei 20°C und **E. nanus** mit 7.2% bei 15°C erreicht, während **A. punctatus** 6.8% bei 20°C und **L. noricus** 3.7% bei 15°C aufweisen. Bei 5°C liegen die Angaben für alle Arten bei etwa 2%.

Die Verdaulichkeitswerte ändern sich bei allen Arten in umgekehrtem Maße zur Consumption, d.h. mit zunehmender Consumption nimmt die Verdaulichkeit ab. Bei der Höhe der AD-Werte zeigen die einzelnen Arten Unterschiede.

#### 4.5.2.2 Umsatzleistungen an anderen Nahrungen

Neben dem Hauptstreulieferanten Lärche kommt im Untersuchungsgebiet als Nahrung für die Diplopoden auch die Streu anderer Pflanzenarten in Betracht. Für Versuche zur Umsatzleistung an anderen Nahrungen wurden Buche, Fichte, Rhododendron und Vaccinium ausgewählt, da diese neben Lärche am häufigsten vertreten sind (vergleiche Kapitel Nahrungswahlversuche). Bei der Buche und der Fichte wurde zusätzlich noch der Einfluß der vorangegangenen Nahrung auf die Fraßleistung untersucht. Hierzu wurden die Versuchstiere entweder direkt vom natürlichen Substrat (weitgehend Lärche) oder nach vorausgegangener vierzehntägiger Gewöhnung an die Buche bzw. Fichte gesetzt.

Um einen eventuellen Einfluß des microfloralen Besatzes der Nahrung auf die Consumption abzu-

schätzen, wurde den Versuchstieren neben luftgetrockneter auch sterilisierte Lärchenstreu angeboten (Versuchsgefäße, Filterpapier und Zellstoff wurden ebenfalls sterilisiert).

Die Codierung der Nahrungsarten bei den folgenden drei Abbildungen bezieht sich auf:

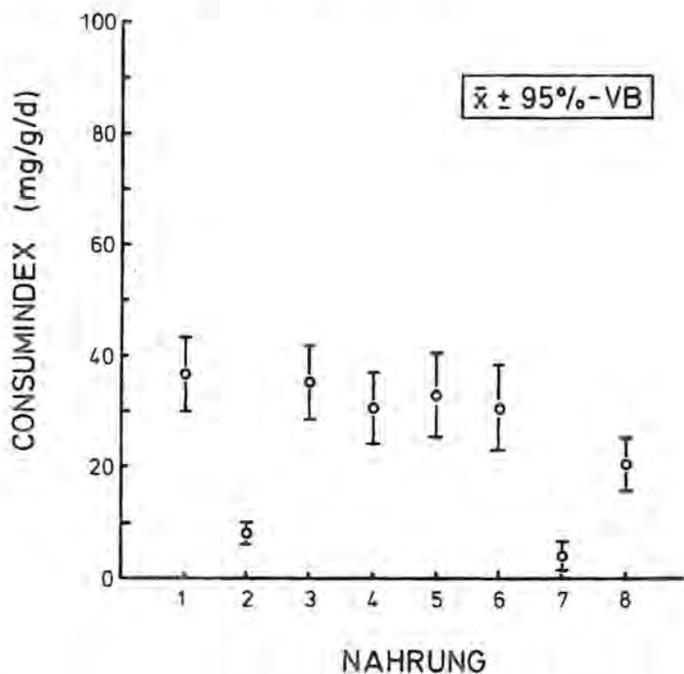
Nahrung im Versuchsgang	Vornahrung
1 : Lärche	natürliches Substrat
2 : sterile Lärche	natürliches Substrat
3 : Buche	natürliches Substrat
4 : Buche	Buche
5 : Fichte	natürliches Substrat
6 : Fichte	Fichte
7 : Rhododendron	natürliches Substrat
8 : Vaccinium	natürliches Substrat

(das natürliche Substrat besteht weitgehend aus Lärche)

#### 4.5.2.2.1 Leptoiulus noricus Verhoeff 1913

##### a) Consumindex (CI)

In Abbildung 40 wird das Ergebnis der Fraßversuche an verschiedenen Nahrungen in Form des Consumindex (mg/g/d) dargestellt.



Ergebnis: Scheffé-Test	
	— GRUPPE — 7 2 8 4 6 3 5 1
G	7
R	2
U	8
P	4
P	6
E	3
I	5
I	1

o signifikant auf dem 5%-Niveau

Abb. 40: *L. noricus*: Consumption (mg/g/d) bei Fraß an verschiedenen Nahrungen (siehe Text) bei 15°C im Labor

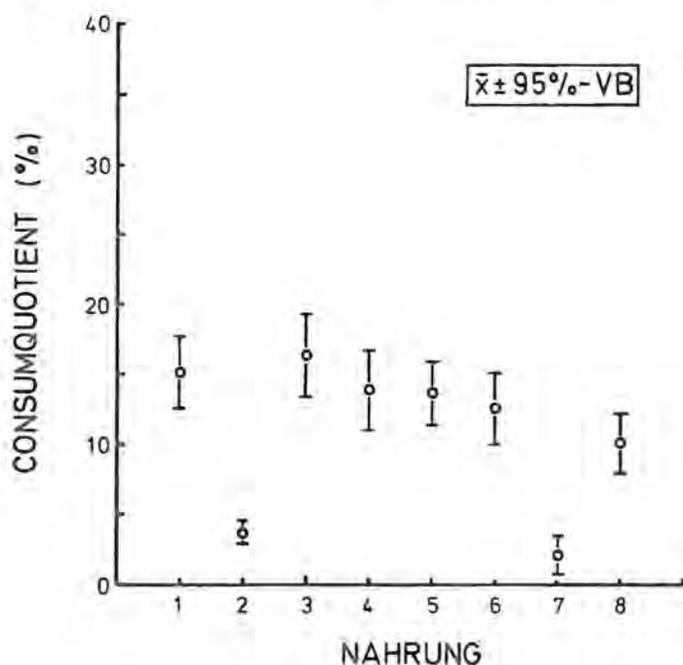
Nach statistischer Bearbeitung der Daten mit dem Scheffé-Test lassen sich drei Gruppen unterscheiden ( $P \leq 0.05$ ). Die erste Gruppe umfaßt die Nahrungen Lärche, Buche, Fichte und Vaccinium. Während Lärche mit  $36.85 \pm 6.63$  (mg/g/d) den höchsten Wert erreicht, wurde Vaccinium mit  $20.74 \pm 5.06$  (mg/g/d) am wenigsten konsumiert. Die anderen in diese Gruppe gehörenden Nahrungen liegen alle mit über 30 (mg/g/d) im nahen Bereich der Lärche. Die unterschiedliche Vornahrung bei der Buche und der Fichte hatte keinen Einfluß auf die Fraßleistung.

Die beiden verbleibenden Nahrungsarten, sterile Lärche und Rhododendron, bilden jede für sich die anderen beiden Gruppen. Sterilisierte Lärchenstreu, die mit  $8.33 \pm 1.98$  (mg/g/d) konsumiert wurde, setzt sich beim CI also noch gegen Rhododendron mit einem Wert von nur  $4.33 \pm 2.74$  (mg/g/d) ab.

Von sterilisierter Lärche wird also nur etwa 1/4 der Menge von normal luftgetrockneter Lärche aufgenommen.

#### b) Consumquotient (CQ)

Betrachtet man zum Consumindex den Consumquotienten (Abb. 41), so zeigt sich nahezu das gleiche Bild.



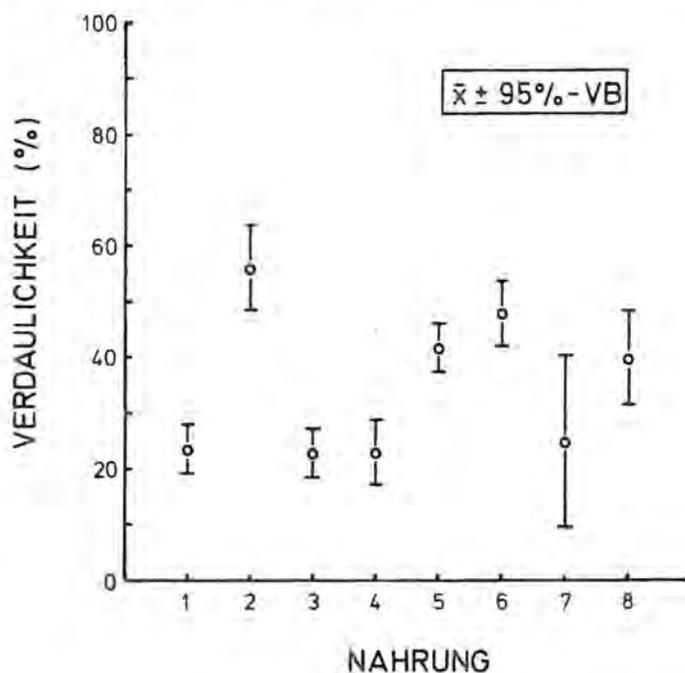
Ergebnis: Scheffé-Test	
	—GRUPPE—
	7 2 8 4 6 3 5 1
I	7
G	2
R	8
U	4
P	6
P	3
E	5
I	1
	○ signifikant auf dem 5%-Niveau

Abb. 41: *L. noricus*: Consumquotient (%) bei Fraß an verschiedenen Nahrungen (siehe Text) bei 15°C im Labor

Der Scheffé-Test faßt Lärche, Buche, Fichte und Vaccinium in einer, Rhododendron und sterile Lärche in einer anderen Gruppe zusammen. Die beiden zuletzt genannten Nahrungen lassen sich beim CQ statistisch nicht trennen. Der beim CI auftretende Unterschied zwischen diesen beiden Streuarten ist durch eine ungleichmäßige Gewichtsverteilung bei diesen beiden Versuchsdurchgängen begründet.

#### c) Verdaulichkeit (AD)

Die Abbildung 42 zeigt die Verdaulichkeit beim Fraß an den verschiedenen Nahrungen.



Ergebnis: Scheffé-Test	
	—GRUPPE—
	7 4 3 1 8 5 6 2
I	7
G	4
R	3
U	1
P	8
P	5
E	6
I	2
	○ signifikant auf dem 5%-Niveau

Abb. 42: *L. noricus*: Verdaulichkeit (%) bei Fraß an verschiedenen Nahrungen (siehe Text) bei 15°C im Labor

Hierbei bietet sich ein zu den anderen Indices deutlich unterschiedliches Bild. Zwei Unterschiede sind dabei besonders offensichtlich. Erstens liegt der AD-Wert für sterilisierte Lärchenstreu mit  $56.06 \pm 7.91$  (%) etwa 2.5 mal so hoch wie der mit  $23.59 \pm 4.28$  (%) ermittelte Wert für »normale« Lärche. Zum zweiten läßt sich die Nahrung Rhododendron, die in geringstem Maße konsumiert wurde, hier zu den Werten für Lärche und Buche einordnen. Ein weiterer Unterschied ist der, daß Fichte, die in gleichem Maße konsumiert wurde wie Lärche und Buche, einen signifikant höheren AD-Wert erzielt. Ein Einfluß der vorausgegangenen Nahrung – bei Buche und Fichte – läßt sich auch anhand der Verdaulichkeit nicht erkennen. Der

Scheffé-Test scheidet also folgende Gruppierungen aus. Lärche, Buche und Rhododendron unterscheiden sich signifikant von steriler Lärche und Fichte. Erweitert man die Gruppe der beiden zuletzt genannten um die Nahrung Vaccinium, so ist eine Trennung nur noch gegen Buche und Rhododendron zulässig. Lärche und Vaccinium sind anhand des Scheffé-Testes statistisch nicht zu trennen.

#### d) Energiebilanz

In der Abbildung 43 wird für *L. noricus* der Umsatz an den anderen Nahrungen in (mg/g/d) sowie die Energiebilanz in (J/g/d) vergleichend dargestellt. Zusätzlich wird der prozentuale Anteil der Tiere, die während der Versuche eine Gewichtszunahme zeigten, aufgelistet.

Ebenso wie beim Umsatz an absoluter Streumenge zeigt sich, daß die Versuchstiere bei Lärche, Buche

und Fichte täglich vergleichbare Mengen an Energie in Höhe von etwa 630 – 770 (J/g) aufnehmen. Infolge höherer CME-Werte bei der Fichte werden hier jedoch etwa 300 (J/g/d) assimiliert, während die Werte bei Fraß an Lärche oder Buche mit 213 bzw. 170 (J/g/d) deutlich niedriger liegen. Auch Vaccinium erreicht trotz halb so hoher Werte der Energieaufnahme von  $364.8 \pm 89$  (J/g/d), infolge eines CME-Wertes von etwa 40%, für den assimilierten Anteil an der Nahrung mit  $155.5 \pm 37.6$  (J/g/d) zur Lärche und Buche vergleichbare Werte. Den Tieren stehen also bei Fraß an den eben genannten Nahrungen etwa gleiche Mengen für ihren Bau- und Betriebsstoffwechsel zur Verfügung. Anders sieht es nun bei der sterilen Lärche und Rhododendron aus. Infolge des geringen Fraßes an diesen Nahrungen nehmen die Tiere nur etwa so viel, bei Rhododendron nur etwa halb so viel Energie auf, wie bei Fraß an den anderen Nahrungen für Stoffwechselvorgänge zur Verfügung steht. Nach Ab-

Nahrung	Consumption (mg/g/d)	Assimilation (J/g/d)	Egestion (J/g/d)	AD CME %	Anteil Tiere mit Gew.-Zunahme %
Lärche	$36.9 \pm 6.6$ $773.7 \pm 139.3$	$8.0 \pm 1.6$ $213.4 \pm 38.4$	$28.8 \pm 5.9$ $560.4 \pm 114.5$	$23.6 \pm 4.28$ $29.3 \pm 3.96$	83.33
Lärche steril	$8.3 \pm 2.0$ $162.4 \pm 38.7$	$4.3 \pm 1.1$ $90.9 \pm 22.0$	$4.0 \pm 1.2$ $71.4 \pm 21.9$ <sup>1)</sup>	$56.1 \pm 7.91$ -	42.94
Buche	$35.5 \pm 7.0$ $725.7 \pm 143.7$	$6.9 \pm 1.4$ $183.9 \pm 35.1$	$28.6 \pm 6.1$ $541.8 \pm 114.6$	$23.0 \pm 4.22$ $28.6 \pm 3.91$	84.85
Buche <sup>2</sup>	$31.0 \pm 6.7$ $633.7 \pm 316.9$	$5.9 \pm 1.2$ $158.0 \pm 30.6$	$25.1 \pm 5.9$ $475.8 \pm 111.2$	$23.0 \pm 5.95$ $28.6 \pm 5.51$	73.33
Fichte	$33.2 \pm 8.0$ $669.6 \pm 160.4$	$13.7 \pm 3.3$ $296.4 \pm 70.9$	$19.5 \pm 5.1$ $373.2 \pm 97.1$	$41.8 \pm 4.31$ $44.7 \pm 4.09$	86.66
Fichte <sup>3</sup>	$30.9 \pm 7.9$ $623.9 \pm 160.3$	$15.1 \pm 4.2$ $321.4 \pm 88.3$	$15.8 \pm 4.2$ $302.5 \pm 81.2$	$47.9 \pm 6.01$ $50.5 \pm 5.71$	60.0
Rhod. hirsutum	$4.3 \pm 2.7$ $80.3 \pm 50.8$	$0.6 \pm 0.2$ $16.7 \pm 7.2$	$3.8 \pm 2.6$ $63.5 \pm 44.1$ <sup>1)</sup>	$24.5 \pm 15.76$ -	0
Vacc. myrtillus	$20.7 \pm 5.1$ $364.8 \pm 89.0$	$7.7 \pm 2.1$ $155.5 \pm 37.6$	$13.0 \pm 4.3$ $209.3 \pm 69.2$ <sup>1)</sup>	$39.9 \pm 8.74$ -	64.71

1) Wert errechnet aus mittlerer absoluter Energieausnutzung der Diplopoden der Farrenleitenwand

2) Vornahrung Buche 3) Vornahrung Fichte

Abb. 43: *L. noricus*: Umsatzleistung (mg/g/d), (J/g/d), Assimilationseffizienzen (%) und Anteil der Versuchstiere mit Gewichtszunahme in Abhängigkeit von der Nahrung.  
(Einheiten: oberer Teil mg/g/d  
unterer Teil J/g/d)

zug der mit den Faeces zurückgegebenen, für das Tier verlorenen Energie, bleiben den Individuen bei Fraß an steriler Lärche nur  $90.9 \pm 22$  (J/g/d), bei Fraß an Rhododendron sogar nur  $16.7 \pm 7.2$  (J/g/d), um ihren Energiebedarf zu decken.

Die letzte Spalte der Abbildung 43 gibt einen Anhalt, welche der Nahrungen zur Deckung des individuellen Energiebedarfs und des Wachstums ausreichend und welche nicht ausreichend sind.

Für Lärche, Buche und Fichte zeigen stets mehr als 80% der Versuchstiere eine Gewichtszunahme, während die restlichen an Gewicht verlieren. Für Buche und Fichte gilt dies nur, wenn die Tiere vom natürlichen Substrat (hauptsächlich Lärche) direkt auf die beiden genannten Nahrungen gesetzt werden. Entsprechend hohe Werte von über 80% erreicht man auch mit anderen – hier nicht genannten – Arten, die an Lärche fressen.

Bei einer kurzen Versuchsdauer von sieben Tagen findet sich, infolge der recht kräftigen Oscillationen im Gewichtsgang (vergleiche Abb. 29), immer ein bestimmter Prozentsatz von Individuen, die eine Gewichtsabnahme aufweisen. Dieser Wert liegt bei den Fraßversuchen an Lärche im Bereich von 10 bis 20%.

Betrachtet man die anderen Nahrungen der Abbildung 43, so weisen diese teilweise sehr deutliche Abweichungen von diesem Wert auf. Bei Buche und Fichte findet man, nach vierzehntägiger Gewöhnung der Versuchstiere an diese Nahrungen, Werte von 73.33 und 60%. Auch der Wert für Vaccinium reiht sich mit 64.71% hier ein. Durch die jedoch zu den anderen oben erwähnten Nahrungen entsprechende Mengen an assimilierter Energie wird der beginnende negative Eindruck gemindert, obwohl die 60 bzw. 64.71% für Fichte und Vaccinium dafür sprechen, daß der alleinige Fraß an diesen Nahrungen auf die Dauer nicht optimal für die Tiere ist.

Noch ungünstigere Werte wurden für sterilisierte Lärchenstreu mit 42.94% und für Rhododendron mit 0% ermittelt. Bei zuletzt genannter Nahrung konnten von einem Versuchsansatz von 20 Individuen nur 11 ausgewertet werden, da zwei Tiere gestorben und die restlichen sieben, infolge der offensichtlich »schlechten« Nahrung, den Zellstoff angefressen hatten. Die Tatsache, daß in der Faeces-Factory (siehe Kapitel Methoden) von 20 angesetzten Tieren nach vier Wochen 95% abgestorben waren, unterstützt das Ergebnis, daß Rhododendron als alleinige Nahrung für die Diplopoden ungeeignet ist.

Die Fraßversuche mit verschiedenen Nahrungen haben gezeigt, daß Lärche, Buche, Fichte und Vaccinium, trotz Unterschieden bei den einzelnen oben besprochenen Indices, für *L. noricus* vergleichbare Nahrungen darstellen, während die artifizielle Nahrung »sterile Lärche« und Rhododendron deutlich weniger angenommen und sogar abgelehnt werden.

Vergleicht man die Ergebnisse dieses Kapitels mit den Ergebnissen der Nahrungswahlversuche – beson-

ders der Auswertemethode über die Menge an konsumierter Nahrung –, so zeigt sich ein weitgehend identisches Bild. Rhododendron liegt eindeutig am Ende der Beliebtheitsskala und auch sterile Lärche läßt sich von den anderen Nahrungen, Lärche, Buche, Fichte und Vaccinium, statistisch signifikant trennen. Diese zuletzt genannten Nahrungen bilden eine Gruppe, wobei allerdings im direkten Vergleich Vaccinium eindeutig bevorzugt wird. Diese Nahrung war beim Auf sammeln im Gelände die einzige, die deutliche Zersetzungsspuren (Teilskelettierung) aufwies.

#### 4.5.3 Freilandversuche

##### 4.5.3.1 Fraßleistung an Lärche

Um abzuschätzen, ob und inwieweit die im Labor gefundenen Fraßleistungen auf Freilandbedingungen zu übertragen sind, wurden Fraßversuche an Lärche im Freiland – im Untersuchungsgebiet – durchgeführt. Hierbei lief ein Ansatz über den im Labor adäquaten Zeitraum von sieben Tagen, während ein zweiter erst nach 30 Tagen beendet wurde.

Über die klimatischen Verhältnisse während des sieben Tage dauernden Versuches gibt die Abbildung 44 Auskunft.

Die Temperatur schwankte während des Versuches erheblich. Zu Beginn lagen die Mittelwerte unter der Jahresdurchschnittstemperatur von etwa 8°C, während sie gegen Ende des Versuches kurzfristig auf über 20°C anstiegen. Für die Versuchsdauer errechnet sich ein Temperaturmittelwert von 10.9°C. Während des Versuches fielen mit 88.8 mm 5% des Gesamtjahresniederschlags von etwa 1800 mm. Das Untersuchungsgebiet liegt – wie bereits angedeutet – im Bereich hoher Niederschläge mit Sommer- und Wintermaxima.

Aus den Klimadaten (siehe Abschnitt Untersuchungsgebiet) ergibt sich für den 30 Tage dauernden Versuch eine mittlere Temperatur von 11.2°C.

Parallel zu den Darstellungen der Freilandergebnisse – es werden nur der CQ und der AD angegeben – werden auch die Labordaten gezeigt, um einen direkten Vergleich zwischen Labor und Freiland zu ermöglichen.

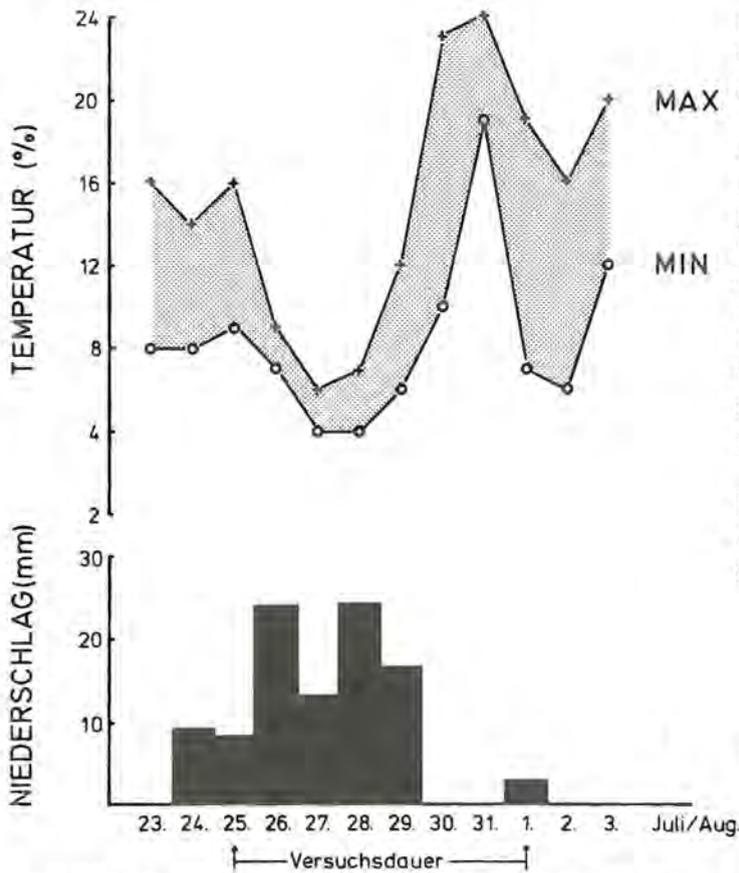


Abb. 44: Mittlere Tageshöchst- (+—+) und -tiefsttemperaturen (o—o) und Niederschläge (Tagessummen), während des Freiland-Fraßversuches (Wetterstation Rauschberg, Werte des Deutschen Wetterdienstes, Wetteramt München)

$\bar{x}$  Höchsttemperatur während des Versuches: 14,4°C  
 $\bar{x}$  Tiefsttemperatur während des Versuches: 8,0°C  
 Niederschlagssumme während des Versuches: 88,8mm

#### 4.5.3.1.1 Leptoiulus noricus Verhoeff 1913

##### a) Consumquotient (CQ)

**L. noricus** zeigt bei dem Versuch über sieben Tage mit einem CQ von  $6.57 \pm 2.43$  (%) einen zu den Labordaten von 5°C (CQ:  $7.66 \pm 0.91$  (%)) und 10°C (CQ:  $9.69 \pm 1.09$  (%)) vergleichbaren Wert (Abb. 45).

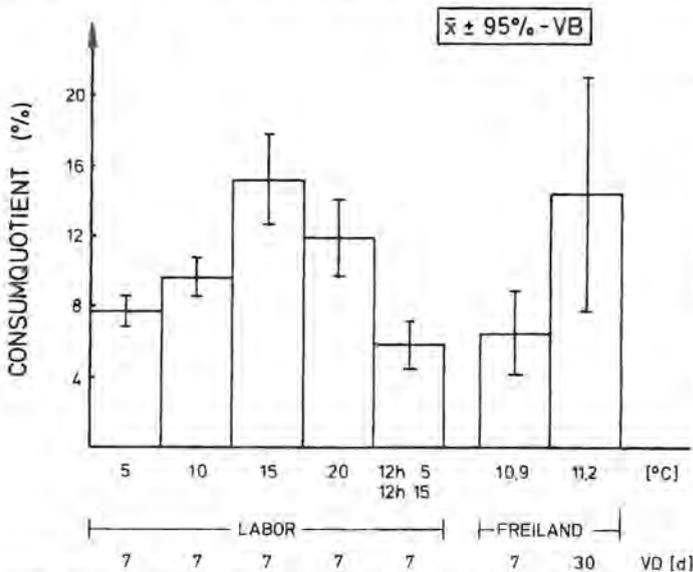


Abb. 45: *L. noricus*: Consumquotient (%) bei Fraß an Lärche im Labor und im Freiland unter verschiedenen Bedingungen (Temperatur, Versuchsdauer) (Temperaturangaben bei Freilanddaten sind Mittelwerte)

Der CQ-Wert von  $14.46 \pm 6.71$  (%) für den 30 Tage dauernden Versuch deckt bei der hohen Varianz den gesamten Temperaturbereich der Laborversuche ab.

Um natürliche Bedingungen zu simulieren, wurde im Labor zusätzlich ein Versuch mit einem Temperaturgang von 12 Stunden 5°C (18 h – 6 h) und 12 Stunden 15°C (6 h – 18 h) durchgeführt. Der unter diesen Bedingungen ermittelte CQ-Wert von  $5.88 \pm 1.41$  (%) unterscheidet sich nicht signifikant von dem Wert des 7-Tage Versuches im Freiland. Im Vergleich mit den Daten der Versuche bei konstanter Temperatur ist dieser Wert größenordnungsmäßig zu dem 5°C-Wert zu stellen.

##### b) Verdaulichkeit (AD)

Auch bei der Verdaulichkeit stimmen die Freilandergebnisse gut mit den Labordaten überein (Abb. 46).

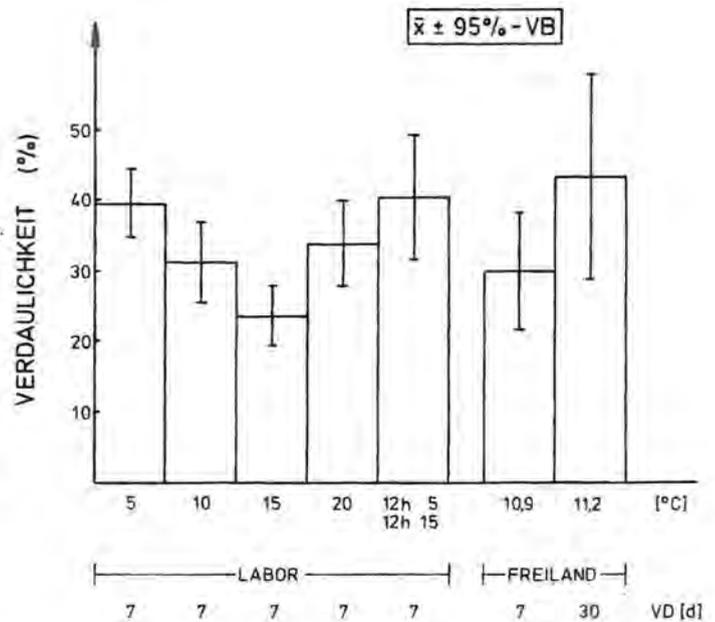


Abb. 46: *L. noricus*: Verdaulichkeit (%) bei Fraß an Lärche im Labor und im Freiland unter verschiedenen Bedingungen (Temperatur, Versuchsdauer) (Temperaturangaben bei Freilanddaten sind Mittelwerte)

Zwischen dem Wert  $40.38 \pm 8.91$  (%) des Versuches mit Temperaturgang und dem 5°C-Wert von  $39.43 \pm 4.93$  (%) des Laborversuches mit konstanter Temperatur besteht auch bei der Verdaulichkeit Übereinstimmung.

Der Wert des sieben Tage Versuches im Freiland liegt mit  $29.84 \pm 8.37$  (%) sehr nahe bei dem 10°C-Wert der Laborversuche (AD:  $31.10 \pm 5.66$  (%)).

#### 4.5.3.1.2 Leptoiulus saltuvagus Verhoeff 1898

Den Vergleich der Labor- und Freilanddaten zeigt die Tabelle 11.

°C	Labor					Freiland	
	5	10	15	20	12h 5 12h 15	10,9	11,2
VD (d)	7	7	7	7	7	7	30
CQ (%)	5,16 ±1,10	6,40 ±2,39	18,03 ±2,89	18,91 ±4,64	4,60 ±1,10	8,38 ±1,06	26,90 ±7,35
AD (%)	49,0 ±10,94	21,95 ±7,94	29,97 ±5,61	36,38 ±6,45	48,32 ±6,87	37,94 ±3,85	47,06 ±15,11

$\bar{x} \pm 95\% \text{-VB}$

Tab. 11: *L. saltuagius*: Consumquotient (%) und Verdaulichkeit (%) bei Fraß an Lärche im Labor und im Freiland unter verschiedenen Bedingungen (Temperatur, Versuchsdauer) (Temperaturangaben bei Freilanddaten sind Mittelwerte)

a) Consumquotient (CQ)

Der Wert des sieben Tage dauernden Freilandversuches paßt sich in die Labordaten ein. Zwischen diesem Wert und dem unter konstanten Bedingungen bei 10°C ermittelten Wert ergeben sich keine signifikanten Unterschiede.

Anders sieht es bei dem über 30 Tage im Freiland ermittelten CQ aus. Dieser Wert zeigt mit  $26.90 \pm 7.35$  (%) nur gegen den 20°C-Wert keinen signifikanten Unterschied.

Der Wert des Versuches mit Temperaturgang läßt sich auch bei *L. saltuagius* zu dem unter konstanten Bedingungen gewonnenen Wert für 5°C stellen (keine signifikanten Unterschiede).

b) Verdaulichkeit (AD)

Auch bei der Verdaulichkeit paßt sich der Wert des 7-tägigen Freilandversuches in die Reihe der Daten der Laborversuche mit konstanter Temperatur ein, er liegt jedoch signifikant ( $P \leq 0.001$ ) über dem 10°C-Wert.

Der Wert des länger dauernden Versuches im Freiland deckt sich nahezu mit dem 5°C-Wert der Laborversuche, entsprechendes gilt für den Wert des Versuches mit dem Temperaturgang.

4.5.3.1.3 *Enantiulus nanus* Attems 1895

a) Consumquotient (CQ)

Der für sieben Tage Versuchsdauer im Freiland ermittelte Wert von  $13.83 \pm 2.25$  (%) ist signifikant verschieden von den im Labor ermittelten Werten für 5°C ( $P \leq 0.001$ ) und 10°C ( $P \leq 0.01$ ), nicht jedoch zu den für 15°C (CQ:  $13.79 \pm 1.45$  (%)) und 20°C (CQ:  $12.96 \pm 1.50$  (%)) angegebenen Werten (Abb. 47).

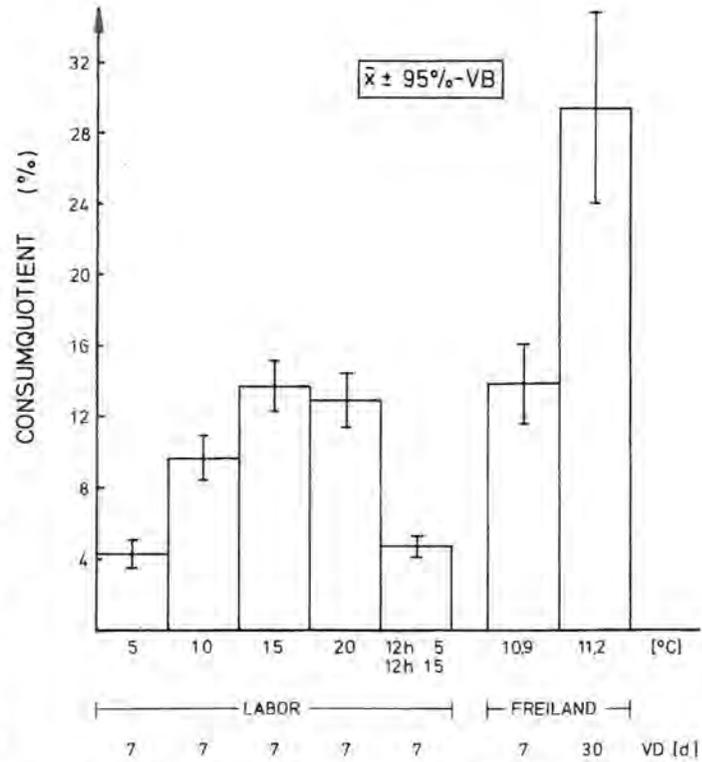


Abb. 47: *E. nanus*: Consumquotient (%) bei Fraß an Lärche im Labor und im Freiland unter verschiedenen Bedingungen (Temperatur, Versuchsdauer) (Temperaturangaben bei den Freilanddaten sind Mittelwerte)

Der nach 30 Tagen Aufenthalt im Freiland gemessene Wert liegt mit  $29.44 \pm 5.42$  (%) – ähnlich wie bei *L. saltuagius* – signifikant über allen Werten der Laborversuche.

Zwischen dem unter konstanten Temperaturbedingungen bei 5°C ermittelten Wert und dem Wert des Versuches mit Temperaturgang besteht – wie bei den anderen Arten – kein signifikanter Unterschied.

b) Verdaulichkeit (AD)

Die beiden Freilandwerte erreichen mit  $70.22 \pm 2.65$  (%) (7d) und  $70.75 \pm 9.73$  (%) (30d) nahezu die gleiche Höhe. Von den Werten der Laborversuche mit konstanter Temperatur unterscheiden sie sich signifikant von den bei 10 und 15°C ermittelten Werten, nicht jedoch von denen bei 5°C und 20°C angegebenen (Abb. 48).

Das Ergebnis des Versuches mit Temperaturgang (AD:  $51.85 \pm 6.17$  (%)) ordnet sich dem mit  $53.90 \pm 5.95$  (%) ermittelten Wert für 10°C zu. Zu den anderen Werten der Laborversuche mit konstanter Temperatur besteht ein signifikanter Unterschied.

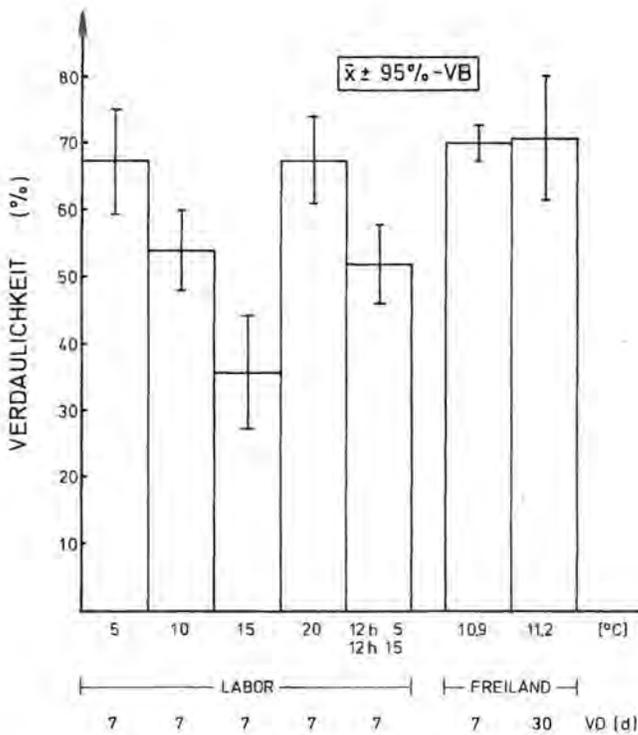


Abb. 48: *E. nanus*: Verdaulichkeit (%) bei Fraß an Lärche im Labor und im Freiland unter verschiedenen Bedingungen (Temperatur, Versuchsdauer) (Temperaturangaben bei den Freilanddaten sind Mittelwerte)

### C. Ausnutzung bestimmter Inhaltsstoffe der Nahrung

Neben dem Umsatz an absoluter Streumenge wurde untersucht, ob von den Diplopoden Inhaltsstoffe der Nahrung selektiv ausgewählt und verwertet werden.

Unter den vielen Möglichkeiten wurden einerseits bestimmte Nährstoffe, zum anderen, infolge guter Erreichbarkeit durch Primärerzersetzer, wasserlösliche Zucker ausgewählt.

Neben den von den Fraßversuchen bekannten drei Arten der HFLW werden zusätzlich die Analysenergebnisse der Faeces von acht weiteren Arten dargestellt (siehe Tabelle 3 und Kapitel Hälterung).

### 4.6 Nährstoffe

Bei den Nährstoffen wurden die Elemente Magnesium, Kalzium, Kalium, Phosphor, die Metalle Eisen und Aluminium, sowie die Spurenmetalle Mangan, Kupfer und Zink ausgewählt. Die Ergebnisse der Analysen zeigt die Tabelle 12.

	Gesamtaufschluß mit HCL											1)	2)	
	µg/g													
	Fe	Al	Mn	Hg	Ce	K	Cu	Zn	P	N	C	C/N		
Nahrung Lärche, HFLW	175	75	60	950	11500	525	0	40	254	1.14	47.95	42		
Faeces	<i>L. noricus</i>	3°C	200	250	85	450	10850	470	0	55	289	1.12	47.45	43
		10°C	225	275	95	525	11500	448	7.5	68	264	1.06	47.62	45
		15°C	175	225	85	650	11200	585	7.5	63	295	1.12	47.67	43
		20°C	200	250	80	425	8430	470	10	55	324	1.11	-	-
	Freiland	3°C	100	175	65	288	7400	375	0	35	205	1.12	47.95	45
		10°C	100	175	65	165	7400	555	0	28	205	1.26	47.86	38
		15+20°C	100	150	55	100	7500	550	0	25	253	1.27	47.61	38
		20°C	125	175	65	200	9200	365	5	40	319	1.06	47.59	46
	<i>E. nanus</i>	15-20°C	175	275	95	700	8850	288	2.5	30	261	1.15	47.19	43
		15°C	175	275	100	700	12100	548	15	33	294	1.14	47.66	42
	<i>A. schinerli</i>	15°C	225	250	65	250	9250	528	2.5	23	257	1.22	47.66	39
	<i>G. hexasticha</i>	15°C	125	175	65	350	8430	405	5	40	185	1.12	47.78	43

Tab. 12: Nährstoffe in der Nahrung und den Faeces von Diplopoden

	Gesamtaufschluß mit HCL											1)	2)
	µg/g												
	Fe	Al	Mn	Hg	Ce	K	Cu	Zn	P	N	C	C/N	
Nahrung Lärche, Bl	525	525	525	1125	4280	900	25	75	816	2.92	47.46	16	
Faeces <i>A. punctatus</i>	5°C	475	350	730	1850	5780	850	45	82	477	3.15	46.48	15
	10°C	525	350	730	2050	4800	1000	55	87	355	2.79	46.37	17
	15°C	475	350	615	1300	4800	950	0	37	506	2.47	46.49	19
	20°C	525	400	770	1350	4250	550	5	67	326	2.39	46.52	19
	25°C	525	450	900	1500	3550	650	30	37	322	2.73	46.51	17
	25°C	425	450	485	1350	5700	1000	35	67	708	-	-	-
<i>G. marginata</i>	3°C	525	400	1050	1500	4550	450	20	72	139	2.10	46.55	22
	15°C	700	400	1098	1550	4550	575	2.5	65	124	2.30	46.53	20
	20°C	575	300	865	1150	5100	850	5	37	108	2.57	46.58	20

	Gesamtaufschluß mit HCL											1)	2)
	µg/g												
	Fe	Al	Mn	Hg	Ce	K	Cu	Zn	P	N	C	C/N	
Nahrung Buche, Er (1982)	900	650	1105	1250	9750	975	15	75	748	3.0	46.60	16	
Faeces <i>L. pfoxianus</i>	5°C	1250	325	1275	2000	18150	550	32.5	48	570	2.45	-	-
	15°C	1300	750	1090	2050	10400	525	40	80	454	1.89	-	-
	25°C	1050	700	1345	2125	10400	525	37.5	90	435	2.88	-	-
	25°C	900	600	1090	1750	8150	475	45	95	401	1.80	-	-
	25°C	1075	700	1210	2025	9800	650	42.5	73	382	2.81	-	-
	25°C	1150	750	1130	2100	8900	775	40	100	511	2.56	-	-
<i>U. foetidus</i>	5°C	1315	600	852	1902	9940	405	49	74	389	-	-	-
	25°C	1100	700	1190	1950	10700	425	20	75	454	-	-	-
<i>Ch. protractus</i>	15°C	1175	875	1368	1600	11000	650	20	78	413	-	-	-
Nahrung Buche, Er (1983)	469	525	1084	706	8790	960	10	69	746	2.04	46.60	23	
Faeces <i>L. pfoxianus</i>	15°C	745	575	885	275	4920	775	7.5	80	332	1.42	45.83	32
	15°C	900	650	1065	800	10100	1125	10	70	556	2.03	45.32	22

1) Kjeldahl - Methode  
2) Veraschung

Tab. 12: Nährstoffe in der Nahrung und den Faeces von Diplopoden

In die Aufstellung wurde zusätzlich der Stickstoff- und der Kohlenstoff-Gehalt sowie das daraus resultierende C/N-Verhältnis aufgenommen. Die Standardabweichungen weisen bei den Nährstoffwerten Schwankungen zwischen 5 und 10%, in Ausnahmefällen bis 20% auf. Beim Stickstoff liegen sie unter 5, beim Kohlenstoff unter 1%.

Bei den Metallen und den Spurenmetallen kommt es in den Faeces zu einer Anreicherung oder zumindest zu keiner Abnahme der Werte im Vergleich zu der Nahrung. Die Elemente werden oft ohne direkten oder nur geringen Bedarf »nebenbei« mitaufgenommen. Ausnahmen finden sich bei der Art *L. saltuvagus*, bei der die Faeces-Werte in Bezug auf Eisen bei allen Temperaturen unter den Ausgangswerten liegen, sowie *A. punctatus* und *G. marginata* in Bezug auf Aluminium und die letztgenannte Art zusätzlich in Bezug auf Kupfer.

Kalzium und besonders Magnesium wurden bei den Arten aus der Farrenleitenwand in den Faeces teilweise erheblich geringeren Mengen analysiert als in der Nahrung. Dies trifft in besonderem Maße für die Arten *L. saltuvagus*, *E. nanus*, *P. complanatus* und *G. hexasticha* zu. *L. saltuvagus* kommt dabei zu Ausnutzungsraten bis 36%, während die Werte der anderen Arten zwischen 18 und 27% liegen. Bei *L. noricus* und *A. meinerti* findet man beim Ca keine Abnahme, während sie beim Mg ebenfalls deutlich geringer ausfällt als bei den anderen Arten.

Bei den Diplopoden aus den anderen Gebieten kommt es nur vereinzelt zu einer Abnahme des Ca-Gehaltes in den Faeces. Im Gegensatz zur HFLW liegt in diesen Gebieten ein mineralischer Unterboden vor, so daß die Diplopoden ihren Nährstoffbedarf auch durch die Aufnahme von Bodenpartikeln decken können.

Beim Kalium findet man im Großen und Ganzen eine, wenn auch teilweise nur schwache, Abnahme in den Faeces.

Beim Phosphor zeigen sich wieder Unterschiede zwischen den einzelnen Gebieten. Während die Werte von Nahrung und Faeces bei den Arten der HFLW weitgehend gleich sind, zeigen die Arten aus den anderen Gebieten, besonders **G. marginata**, eine Abnahme des P-Gehaltes in den Faeces.

Auch beim Stickstoff kommt es in der Farrenleitwand zu keinem eindeutigen Trend von Ab- oder Zunahme, was sich auch in einem gleichbleibenden C/N-Verhältnis widerspiegelt. Bei **G. marginata** aus dem Lärchenwald in Schleswig-Holstein liegt hingegen eine Abnahme des N-Gehaltes und damit verbundene Zunahme des C/N-Verhältnisses vor.

Von **L. noricus** wurden auch Faeces aus dem Freilandversuch analysiert. Die dabei ermittelten Ergebnisse zeigen keinen signifikanten Unterschied zu den Labordaten.

#### 4.7 Wasserlösliche Zucker

Die untersuchten wasserlöslichen Zucker stellen eine leicht erreichbare Energiequelle für die Tiere dar.

Untersucht wurden die Monosaccharide Glucose, Arabinose und Fructose. Nach BOCHTER (1984b) überschreiten die Wiederholungsstandardabweichungen die 10% nicht.

Wie die Tabelle 13 zeigt, hat die Glucose unter den drei protokollierten Monosacchariden die größte Bedeutung. Der Gehalt an wasserlöslichen Zuckern ist bei den untersuchten, als Nahrung dienenden Pflanzen, recht unterschiedlich. Während er bei der Lärche aus der HFLW mit 4050 µg/g und der Lärche aus dem Gebiet in Schleswig-Holstein (Bi) mit 5100 µg/g größenordnungsmäßig noch gleich ist, steigt der Wert über die Fichte mit 9000 µg/g zur Buche mit 10120 µg/g deutlich an (die Werte für Rhododendron mit 330 µg/g und Vaccinium mit 2400 µg/g liegen vergleichsweise niedrig (siehe Kapitel Nahrungswahlversuche)).

Betrachtet man dagegen die Werte für die Faeces, so fällt ein hoher bis sehr hoher Ausnutzungsgrad von 82 – 97%, bei Buche über 98% auf. Bei allen an Lärche fressenden Arten, aus dem Untersuchungsgebiet und aus Schleswig-Holstein, liegen für die entsprechenden Temperaturen vergleichbare Ergebnisse vor. Bei **L. noricus**, **L. saltuvagus** und **A. meinerti** läßt sich mit zunehmender Temperatur auch ein zunehmender Ausnutzungsgrad feststellen. Dies wird besonders deutlich bei der Art **L. noricus**, bei der der Wert von 82.7% bei 5°C auf 91.8% bei 20°C ansteigt sowie bei der Art **L. saltuvagus**, bei der die entsprechenden Werte bei 84.2 und 94.6% liegen.

	Wasserlösliche Zucker			% vom Ausgangswert
	Glucose	Fructose	Arabinose	
Nahrung Lärche, HFLW	5300	590	160	
Faeces <i>L. noricus</i> , ♂♂	700	+	+	17.3
♀♀	410	+	+	10.1
♂♂	440	+	+	10.9
♂♂	370	+	+	9.1
♂♂	360	+	+	8.9
♀♀	270	+	+	6.7
♀♀	150	+	+	8.2
<i>L. saltuvagus</i> , ♂♂	640	+	+	15.0
♀♀	490	++	+	12.1
♂♂	500	+	++	12.4
♂♂	270	++	++	6.7
♀♀	230	++	+	5.7
♀♀	220	++	+	5.4
<i>E. nanus</i> , ♂♂/♀♀	310	++	+	7.7
<i>A. meinerti</i> , ♂♂/♀♀	280	+	+	6.9
♂♂	150	+	+	3.2
♀♀	130	+	+	3.2
<i>P. complanatus</i> , ♀♀	400	+	+	9.9
<i>G. hexasticha</i> , ♂♂/♀♀	280	++	++	6.9
Nahrung Fichte, HFLW	7150	++	1870	
Faeces <i>L. noricus</i> , ♂♂	710	+	+	7.9
♀♀	1580	+	+	17.6
Nahrung Buche, Er	10120	++	+	
Faeces <i>L. noricus</i> , ♂♂	230	+	+	2.3
♀♀	190	+	+	1.9
<i>L. proximus</i> , ♀♀	190	+	+	1.9
Nahrung Lärche, Bi	5100	++	++	
Faeces <i>A. punctatus</i> , ♂♂	330	++	++	6.5
♀♀	500	++	++	9.8
<i>G. marginata</i> , ♂♂/♀♀	500	+	+	9.8
♀♀	190	+	+	7.6

==nicht festgestellt +++Spuren

Tab. 13: Wasserlösliche Zucker in den Nahrungen und den Faeces von Diplopoden.

#### D. Umsatzleistung im Freiland

Bei allen durchgeführten Versuchen stand das Ziel im Vordergrund, die gefundenen Daten auf das Freiland zu übertragen. Dabei galt es, den Einfluß der Diplopoden und der Auslaugung und microbiellen Zersetzung auf den Streuabbau im Untersuchungsgebiet abzuschätzen.

#### 4.8 Bestimmung des jährlichen Bestandsabfalls

Zur Umsetzung des dargelegten Zieles war es notwendig, die im Untersuchungsgebiet jährlich produzierte Menge an Streu zu ermitteln (Tab. 14).

Zeitraum	g/m <sup>2</sup>		
	Gesamt	davon	
		Lärche	Rest
Aug. 82 - Aug. 83	76.25 ± 10.76	62.04 ± 13.16	14.32 ± 3.48
Aug. 83 - Aug. 84	89.68 ± 13.4	80.80 ± 12.4	8.88 ± 5.2
Σ	83.52 ± 2.07	72.16 ± 9.36	11.37 ± 3.12

Tab. 14: Bestandsabfall in der Farrenleitwand von August 1982 – August 1984 ( $\bar{x} \pm 95\%$ -VB)

Rest	(%)
Fichte	23,87
Kiefer	12,61
Buche	19,37
Eberesche	15,32
Birke	1,8
Weide	8,11
Vacc.+ Rhod.	17,57
Rest	1,35

Tab. 14: Bestandsabfall in der Farrenleiterwand von August 1982 – August 1984 ( $\bar{x} \pm 95\%-VB$ )

Zwischen August 1982 und August 1983 fielen  $76.23 \pm 10.76$  ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) an Streu, im gleichen Zeitraum des folgenden Jahres erhöhte sich dieser Wert auf  $89.68 \pm 13.4$  ( $\text{g}/\text{m}^2$ ). Im ersten Jahr lag der Anteil der Lärche bei 81.4%, im zweiten, trotz gleicher Standorte der Auffangkästen, bei 90%. Im Mittel wurde ein jährlicher Bestandsabfall von  $83.52 \pm 2.07$  ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) gemessen. Neben den  $72.16 \pm 9.76$  ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) an Lärche bleibt ein Rest von 13.6% ( $\hat{=} 11.37 \pm 3.12$  ( $\text{g}/\text{m}^2$ )). Setzt man den Rest gleich 100% (siehe Tab. 14), so läßt er sich wie folgt weiter aufschlüsseln.

Die Fichte hat mit 23.87% ( $\hat{=} 2.71$  ( $\text{g}/\text{m}^2$ )) den größten Anteil, gefolgt von Buche mit 19.37% ( $\hat{=} 2.2$  ( $\text{g}/\text{m}^2$ )) und Vaccinium und Rhododendron mit 17.57% ( $\hat{=} 2$  ( $\text{g}/\text{m}^2$ )). Über Eberesche mit 15.32% ( $\hat{=} 1.7$  ( $\text{g}/\text{m}^2$ )) und Kiefer mit 12.61% ( $\hat{=} 1.4$  ( $\text{g}/\text{m}^2$ )) nehmen die Werte zur Weide mit 8.11% ( $\hat{=} 0.9$  ( $\text{g}/\text{m}^2$ )) und Birke mit 1.8% ( $\hat{=} 0.2$  ( $\text{g}/\text{m}^2$ )) deutlich ab.

#### 4.9 Fraßleistung und Energiebilanz

In Abbildung 49 wird die Umsatzleistung aller Diplopodenarten des Untersuchungsgebietes in der Form von absolut umgesetzter Streumenge und in energetischen Einheiten pro Flächeneinheit ( $\text{m}^2$ ) und Monat dargestellt. Tabelle 15 zeigt den Anteil, den jede der drei dominanten Arten, sowie den Anteil, den die restlichen sieben Arten gemeinsam (siehe Tab. 3) an der Umsatzleistung haben. Die zugrundegelegten Daten sind Laborbefunde. Die Werte der Fraßleistung orientieren sich an den für die entsprechenden Monate angegebenen Mitteltemperaturen (siehe Anhang).

Die Ergebnisse der Fraßleistung der untersuchten Arten der HFLW wurden gemittelt und auf die Individuen der nicht untersuchten Arten (10% der Individuen, siehe Tabelle 3) extrapoliert.

Im Monat Juni nahmen die Diplopoden mit einer Biomasse von  $0.182$   $\text{g}/\text{m}^2$ ,  $0.21$   $\text{g}$  Streu mit einem Energiegehalt von  $4.37$   $\text{KJ}$  auf. Nach nur geringfügiger Biomassezunahme aber deutlich angestiegener Temperatur erhöhen sich die Werte für die Consumption im Juli auf  $0.27$   $\text{g}$ , dies entspricht  $5.67$   $\text{KJ}$ . Im Monat August, in dem mit  $0.827$   $\text{g}/\text{m}^2$  der höchste Biomassewert gemessen wurde, liegt mit  $0.99$   $\text{g}$  bzw.  $20.98$   $\text{KJ}$  das Maximum an umgesetzter Streu und damit verbundener Energie. Während auch im September noch recht hohe CI-Werte von  $0.7$   $\text{g}$  bzw.  $15.2$   $\text{KJ}$  erreicht werden, fallen die entsprechenden

Werte im Oktober, trotz Biomasse von  $0.27$   $\text{g}/\text{m}^2$ , infolge der schon deutlich niedrigeren Temperaturen, mit  $0.19$   $\text{g}$  ( $4.05$   $\text{KJ}$ ) auf die geringsten Werte ab.

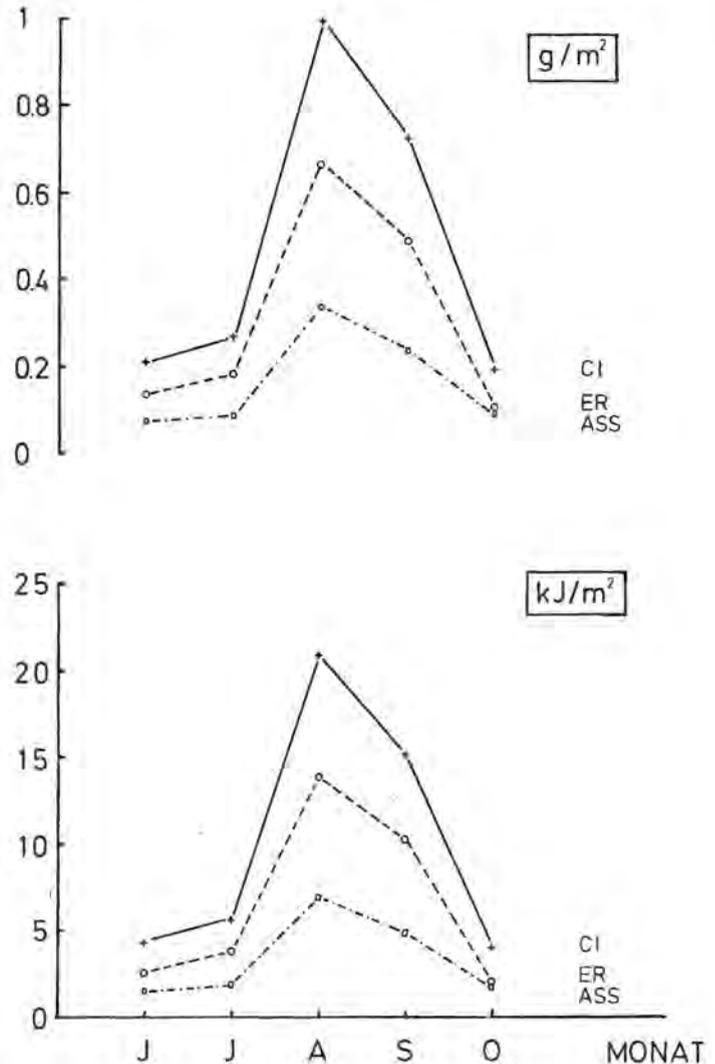


Abb. 49: Umsatzleistung aller Diplopoden der Farrenleiterwand in der Vegetationsperiode ( $\text{g}/\text{m}^2$ ,  $\text{KJ}/\text{m}^2$ )

Die Werte für die Egestionsraten und die assimilierte Streu und Energie zeigen eine vom Verlauf den CI-Werten entsprechende Kurve. Von der Menge der aufgenommenen Streu und der darin enthaltenen Energie werden im Juni bis September zwei Drittel und im Oktober etwa die Hälfte mit den Faeces an den Boden zurückgegeben. Daraus ergibt sich, daß die Diplopoden der HFLW nur ein Drittel bis die Hälfte der aufgenommenen Energie assimilieren und in ihrem Bau- und Betriebsstoffwechsel nutzen.

Monat	Art	Biomasse (gLG/m <sup>2</sup> )	Umsatzleistung (CI)		
			(mg/g/d)	(g/m <sup>2</sup> /30d)	(KJ/m <sup>2</sup> /30d)
J	<i>L.noricus</i>	0.053	25.48	0.041	0.861
U	<i>L.saltuvagus</i>	0.023	29.42	0.02	0.42
N	<i>E.nanus</i>	0.066	52.68	0.104	2.184
I	Andere Arten	0.04	36.03	0.043	0.903
J	<i>L.noricus</i>	0.088	32.83	0.087	1.827
U	<i>L.saltuvagus</i>	0.045	62.22	0.084	1.764
L	<i>E.nanus</i>	0.048	65.30	0.094	1.974
I	Andere Arten	0.003	53.45	0.005	0.104
A	<i>L.noricus</i>	0.369	28.40	0.314	6.594
U	<i>L.saltuvagus</i>	0.112	42.72	0.144	3.024
G	<i>E.nanus</i>	0.217	57.68	0.375	7.875
.	Andere Arten	0.129	42.93	0.166	3.486
S	<i>L.noricus</i>	0.432	30.34	0.393	8.254
E	<i>L.saltuvagus</i>	-	-	-	-
P	<i>E.nanus</i>	0.162	61.01	0.297	6.237
T.	Andere Arten	0.025	45.68	0.034	0.714
O	<i>L.noricus</i>	0.133	19.57	0.078	1.640
K	<i>L.saltuvagus</i>	-	-	-	-
T	<i>E.nanus</i>	0.087	29.50	0.077	1.617
.	Andere Arten	0.051	24.54	0.038	0.798

Tab. 15: Biomasse (gLG/m<sup>2</sup>) und Umsatzleistung (g/m<sup>2</sup>; KJ/m<sup>2</sup>) der einzelnen Diplopoden-Arten der HFLW in der Vegetationsperiode

Betrachtet man die Aufteilung der Gesamtumsatzleistung auf die einzelnen Arten des Untersuchungsgebietes, so fällt auf, daß die beiden Arten *L. noricus* und *E. nanus* gemeinsam den größten Anteil an Streu und Energie konsumieren (Tab. 15). Von Juni bis August liegt dieser Anteil bei jeweils knapp 70%, im September und Oktober werden diese Werte mit 95 bzw. 80% noch deutlich übertroffen.

Der Vergleich der beiden Arten ergibt, daß die kleinere Art *E. nanus* in den Monaten Juni bis August höhere, im Oktober gleiche und nur im September niedrigere Ergebnisse zur Umsatzleistung erzielt, als die größere Art *L. noricus*. Die, außer im Juni, stets niedrigeren Biomassewerte werden von *E. nanus* durch die pro g Körpergewicht höhere Fraßleistung ausgeglichen.

Die Art *L. saltuvagus* erreicht im Juli mit 31.1% einen zu den beiden anderen Arten vergleichbaren Wert. Im Juni und im August liegen die Ergebnisse mit 9.6 bzw. 14.4% schon deutlich unter denen von *L. noricus* und *E. nanus*.

Die Anteile der »anderen Arten« liegen, infolge der starken Schwankungen der Biomasse zwischen 1.9% (Juli) und 20.7% (Juni). Im Mittel über die Vegetationsperiode erreicht *E. nanus* mit  $40.7 \pm 5.7\%$  den höchsten Anteil an der Umsatzleistung, gefolgt von *L. noricus* mit  $35.6 \pm 12.8\%$ . *L. saltuvagus* und die Gruppe der anderen Arten haben mit  $11.0 \pm 12.9\%$  bzw.  $12.7 \pm 8.8\%$  schon eine deutlich geringere Bedeutung für den Streu- bzw. Energieumsatz in der Farrenleitenwand.

Summiert man die in der Abbildung 49 bzw. die in der Tabelle 15 gezeigten Werte des CI, so erhält man die

von den Diplopoden der Farrenleitenwand im Zeitraum von Juni bis Oktober umgesetzte Gesamtstreu- bzw. -energiemenge. Mit den zugrundegelegten Labordaten sind dies  $2.4 \text{ g/m}^2$ , bzw. in Energiewerten  $50.3 \text{ KJ/m}^2$ . Dies entspricht 3.3% des jährlichen Bestandsabfalls an Lärche.

Nutzt man für diese Berechnung die im Freiland ermittelten Consumptionsraten, so erhält man  $2.2 \text{ g/m}^2$  und  $45.4 \text{ KJ/m}^2$ . Dies entspricht 3% der jährlich anfallenden Lärchenstreu.

Auch die Auslaugung und microbielle Zersetzung wurde als Faktor für die Biomasseabnahme der Streu ermittelt. Setzt man die gewonnenen Daten mit den Werten des jährlichen Bestandsabfalls in Beziehung, so ergibt sich, für den Zeitraum von Juni bis Oktober, bei Abwesenheit der Macroinvertebraten, ein Gewichtsverlust der Lärchenstreu von 11.9%. Die Bedeutung des Faktors Auslaugung und microbielle Zersetzung liegt etwa drei- bis viermal so hoch wie die des Faktors Diplopodenfraß.

Bei Addition der beiden Faktoren, Diplopodenfraß und Auslaugung und microbielle Zersetzung, beträgt der Biomasseverlust an Lärchenstreu in der Farrenleitenwand in 150 Tagen – Juni bis Oktober – 14.9 bis 15.2%.

## 5 Diskussion

In dieser Arbeit wird zum ersten Mal die Bedeutung der Diplopoden bei der Streuzersetzung in Lärchenwäldern untersucht. Hierbei habe ich mich bemüht, eine möglichst realistische Schätzung der Umsatzleistung vorzulegen.

### 5.1 Untersuchungen zur Besiedlungsdichte

Die Wertung der Dichte- bzw. Biomasseangaben der Diplopoden des Untersuchungsgebietes und der Vergleich mit Literaturangaben erfordern einige Vorbemerkungen.

Die Blockstruktur der Farrenleitenwand bedingt eine starke Inhomogenität des Gebietes. Homogene Flächen für die Erfassung der Bodenfauna sind nur von geringer Ausdehnung, verbunden mit wechselnder Exposition und Hangneigung.

Dichteangaben bei Diplopoden sind schwer abzuschätzen, da die Vertreter dieser Tiergruppe, nicht zuletzt durch kleinklimatische Gegebenheiten (z. B. Feuchte) stark aggregiert auftreten (KÜHNELT 1950; EDWARDS 1974; STRIGANOVA und MAZANTSEVA 1979). Dieses wird in der HFLW durch die ausgeprägte Strukturierung des Gebietes verstärkt.

Die Abundanzangaben sind weiterhin abhängig sowohl von der Sammel- als auch von der Extraktionsmethode.

Durch die Entnahme von Bodenproben bestimmter Größe werden in der Regel gute Ergebnisse zu Dichteangaben der Diplopoden erzielt (CHOTKO and STRIGANOVA 1975; BLOWER and MILLER 1977; MCBRAYER et.al. 1977; DUNGER und STEINMETZGER 1981). Bei den in dieser Arbeit gemachten Dichteangaben kann davon ausgegangen werden, daß alle pro entnommener Flächeneinheit vorkommender Individuen erfaßt wurden, da die Entnahme der Bodenproben bis zum anstehenden Gestein erfolgte. Bodenfallen, mit denen die Aktivitätsdichte der Tiere erfaßt wird, eigneten sich für die vorliegenden Untersuchungen nicht.

Für die Extraktionsmethode wurde der Kempson-Extractor bevorzugt, da nach KEMPSON et.al.(1962), EDWARDS and FLETCHER (1971), SOUTHWOOD (1978) für Diplopoden und die vorliegenden Böden Extraktionsraten von 90 – 100% erreicht werden. Selbst sehr junge, empfindliche Larvenstadien wurden bei dieser Methode in hoher Anzahl erfaßt (siehe Tab. 3). Eigene Überprüfungen zur Extraktionseffizienz konnten die oben angeführten Angaben bestätigen.

Bei dem Vergleich der Ergebnisse mit Literaturangaben ist weiterhin zu berücksichtigen, daß, infolge der Unzugänglichkeit des Untersuchungsgebietes durch lange Schneedauer, die Abundanzangaben über den Zeitraum von Juni bis Oktober gewonnen wurden. Ähnliche klimatisch bedingte Schwierigkeiten bei der

Erfassung der Bodenfauna in größeren Höhen zeigen auch die Arbeiten von PEDROLI-CHRISTEN (1981) aus der Schweiz und HENSLER und THALER (1980) aus Österreich.

Die einzige Angabe zur Dichte und Biomasse von Tausendfüßern aus Lärchenwäldern stammt aus Japan (NIJIMA, mündliche Mitteilung). Die Werte beziehen sich auf Gradationen von Polydesmiden, die in einem etwa achtjährigen Zyklus auftreten. Sie sind daher als Vergleichsdaten unbrauchbar.

Vergleiche der gewonnenen Dichte-Angaben von 82.3 Ind/m<sup>2</sup> und einer Biomasse von 115 mgTG/m<sup>2</sup> (Abb. 8) lassen sich daher nur mit Werten von Fichten- und Kiefern- sowie Laubwäldern der gemäßigten Breiten durchführen.

KITAZAWA (1971) nennt für einen subalpinen Fichten-Tannen-Standort (Japan) in 1700 – 2000 m Höhe Angaben von 5.1 Ind./m<sup>2</sup> mit einer Biomasse von 16 mg/m<sup>2</sup>. Die Klimadaten dieser Arbeit zeigen mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von 4°C und einer Niederschlagssumme von 2000 mm zum Untersuchungsgebiet vergleichbare Werte.

LOKSINA (1964) stellt für einen Fichtenwald in der UdSSR einen Wert von 9.2 Ind/m<sup>2</sup>, für einen Kiefernwald 8.8 Ind/m<sup>2</sup> vor. Für einen Abieto-Fagetum werden von GHILAROV (1979) bei Aufnahmen unter den Tannen 18 Ind/m<sup>2</sup> genannt.

Aus Deutschland liegen für Fichtenwälder Ergebnisse von PFETTEN (1925) mit 42 Ind/m<sup>2</sup> und von DUNGER et.al. (1972) mit 2 Ind/m<sup>2</sup> (Biomasse: 19 mgLG/m<sup>2</sup>) vor.

Für Mischwälder und für reine Laubwälder werden durchschnittlich höhere Werte angegeben.

GEOFFROY (1981) gibt für einen Mischwald aus Eiche, Hainbuche und Kiefer 29 Ind/m<sup>2</sup> mit einer Biomasse von 291 mgTG/m<sup>2</sup> an, v.d. Drift (1951) für einen holländischen Buchenwald 80 Ind/m<sup>2</sup>. Für einen Abieto-Fagetum im Schweizer Jura in 1150 – 1300 m Höhe gibt PEDROLI-CHRISTEN (1981) 89.4 Ind/m<sup>2</sup> an. Der Boden wird als Rendzina mit Humusform von Mull bis Moder und einem pH-Wert von 6 beschrieben. SCHAEFER (1982) nennt 90 Ind/m<sup>2</sup> (Biomasse: 600 mgTG/m<sup>2</sup>) für einen Buchenwald bei Göttingen.

Noch höher liegen die Schätzungen von DUNGER (1958a) mit etwa 200 Ind/m<sup>2</sup>, und BLOWER (1979), der für englische Laubmischwälder Angaben von 249 Ind/m<sup>2</sup> (Biomasse: 1743 mgLG/m<sup>2</sup>) und 763 Ind./m<sup>2</sup> (Biomasse: 3983 mgLG/m<sup>2</sup>) macht. Auch die Angaben von PEDROLI-CHRISTEN (1981) zeigen für Buchen- und Eichenwälder in der Schweiz Werte von 100 bis nahe 250 Ind/m<sup>2</sup>.

Diese Angaben zeigen, daß Fichten und Kiefernwälder stets geringere Dichtewerte aufweisen als Misch- oder reine Laubwälder. Unter Berücksichtigung der zu Anfang gemachten Einschränkungen lassen sich die Abundanzangaben des Untersuchungsgebietes zwi-

schen den Werten für immergrüne Nadelwälder und denen für sommergrüne Laubwälder einordnen.

Aus den Dichte- und Biomasseangaben errechnet sich für das Untersuchungsgebiet ein mittleres Individualgewicht von 1.4 mg. PETERSON und LUXTON (1982) geben in ihrer Arbeit an, daß sich aus dem Verhältnis von Dichte zu Biomasse für die meisten temperierten Wälder ein Individualgewicht von etwa 10 mg ergibt. Beim Vergleich derartiger Werte ist die Artenzusammensetzung sowie das Verhältnis von adulten zu juvenilen Individuen zu berücksichtigen. Der relativ niedrige Wert der Farrenleitenwand läßt sich mit dem großen Anteil kleiner Arten (60%) sowie der großen Anzahl juveniler Individuen erklären. Aus den oben zu Vergleichszwecken gezeigten Dichte- und Biomasseangaben anderer Autoren errechnen sich nur für die Angaben von GEOFFROY (1981) und SCHAEFER (1982) mit 10 bzw. 6.6 mg Individualgewichte, die mit dem von PETERSON und LUXTON (1982) angegebenen Durchschnittswert vergleichbar sind. Alle anderen Angaben ergeben mit Individualgewichten von 1.6 bis 3.1 mg deutlich niedrigere und zu meinen Ergebnissen vergleichbare Werte.

## 5.2 Vergleiche zu anderen Tiergruppen

Die im nächsten Kapitel diskutierte Bedeutung der Gruppe der Diplopoden beim Abbau der Lärchenstreu soll anhand der Biomasseangaben im Vergleich mit den anderen Gruppen der saprophagen Macro- und Megainvertebratenfauna angesprochen werden.

Neben den Diplopoden läßt sich in der HFLW eine größere Zersetzungsleistung nur noch von den Lumbriciden erwarten. Den Larven der Tipulidae kommt wegen ihres geringen Auftretens in der HFLW, trotz hoher Fraßleistungswerte (KURCHEVA 1964; STRIGANOVA 1976) nur eine unbedeutende Rolle beim Streuabbau zu.

Betrachtet man andere Untersuchungsgebiete, so fällt auf, daß die Lumbricidae meistens hinsichtlich ihrer Biomasse als Streuzersetzer dominieren, wobei der Anteil der Biomasse dieser Gruppe nicht selten über 50% (SATCHELL 1962) liegt, teilweise sogar bis nahe an die 90%-Grenze (DUNGER 1978; SCHAEFER 1982) gelangt. Rechnet man bei den Angaben der beiden zuletzt genannten Autoren nur die Diplopoden und die Lumbriciden, so ergeben sich für den Anteil der Biomasse der Lumbriciden Werte von deutlich über 90%.

VOLZ (1954) stellt in seiner Arbeit heraus, daß die Lumbriciden in Böden mit der Humusform Mull etwa 95% der Gesamtmacrofauna ausmachen. Mit beginnender Rohhumusbildung nehmen diese Werte auf etwa 50% ab. Für reinen Rohhumus liegen dann nur noch Werte von 17 – 25% vor. Diese Angaben können durch die Untersuchungen in der HFLW bestätigt werden. Die Lumbriciden erreichen im Mittel nur knapp 50% der Biomasse der saprophagen Macro- und Megainvertebratenfauna. In den Horizonten geringerer Mächtigkeit (1 – 2 cm, 3 – 5 cm), die als Humusform Mull mit Übergang zu Moder aufwei-

sen, liegen die Werte über 50%, in den Horizonten mit größerer Mächtigkeit (10 – 15 cm, 20 cm, 30 cm) mit beginnender und ausgebildeter Rohhumusbildung liegen sie unter 50% (Abb. 7). Die Verteilung der Lumbriciden – und bedingt auch die der Diplopoden – läßt sich auch mit Hilfe des pH-Wertes erklären. Finden sich in den Horizonten geringerer Mächtigkeit mit einem pH-Wert von etwa 5 für viele Lumbriciden-Arten noch einigermaßen akzeptable Verhältnisse, so ist dies bei den Horizonten größerer Mächtigkeit mit einem Wert von etwa 3.5 nicht mehr gegeben (EDWARDS and LOFTY 1977). Eine dominierende Rolle beim Streuabbau kann den Lumbriciden – wie sonst oft üblich – in der Farrenleitenwand nicht zugesprochen werden. Unterstützt wird diese Aussage durch eine nur geringe Fraßleistung der Lumbriciden an Lärchenstreu (DICKSCHEN 1984). Der größte Teil der Zersetzungsleistung der saprophagen Macro- und Megainvertebratenfauna an der Lärchenstreu in der Farrenleitenwand wird von den Individuen der Diplopoden übernommen.

## 5.3 Abbau der Streu

Abbauprozesse (Zersetzung) an der auf den Boden fallenden Streu besitzen eine äußerst wichtige Rolle für das Funktionieren von Ökosystemen (GHILAROV 1971; WITKAMP 1971; SATCHELL 1974; SWIFT et. al. 1979; TOPP 1981). Hierbei geht es nicht nur um die Freisetzung der in der toten organischen Substanz enthaltenen Energie, sondern auch um die Mobilisierung der festgelegten Nährstoffe. Erst durch die vollständige Zersetzung der Streu, die Mineralisation, stehen die Nährstoffe den Pflanzen erneut zur Verfügung. Die tote organische Substanz der Streu bedeutet also Festlegung von Energie und lebensnotwendigen Nährstoffen.

Die Gesamtzersetzung läßt sich in drei Prozesse gliedern (SWIFT et. al. 1979). Durch die Auslaugung werden wasserlösliche Substanzen z. B. durch Regenfälle ausgewaschen. Die beiden anderen Prozesse sind der Abbaustoffwechsel (Mineralisierung, Bildung von anorganischen Stoffen aus organischen) und die Zerkleinerung der Streu. Im Gegensatz zu dem physikalischen Prozeß der Zerkleinerung kann der Abbaustoffwechsel als chemische Zerkleinerung angesehen werden. Ist der Abbaustoffwechsel rein biotischer Natur, so kann die physikalische Zerkleinerung neben biotischen (Fraß von Tieren) auch abiotische Ursachen (Anfeuchten/Trocknen, Gefrieren/Auftauen) haben.

In den hier dargelegten Untersuchungen zur Zersetzung der Lärchenstreu wurde der Einfluß aller drei oben genannten Prozesse untersucht. Da sich die Auslaugung und der Abbaustoffwechsel (hier microbielle Zersetzung genannt) in der genutzten Versuchsanordnung nicht trennen ließen, wurden diese beiden zum Biomasseverlust der Streu führenden Faktoren als ein Prozeß behandelt. Dieser wurde dem dritten Faktor, der physikalischen Zerkleinerung durch den Fraß der Diplopoden, gegenübergestellt.

Die Durchführung der Fraßversuche mit Diplopoden und der Versuche zur Auslaugung und microbiellen Zersetzung im Labor in Petrischalen, die mit Filterpapier und Zellstoff bestückt waren, stellt eine günstige Methode dar, mit der – bei geringem Platzbedarf – eine hohe Anzahl von Parallelversuchen angesetzt werden kann. Das Filterpapier und der Zellstoff garantieren eine gleichbleibend hohe Luftfeuchtigkeit, ohne die Tiere durch den direkten Kontakt mit Wasser zu schädigen. Verfälschung der Ergebnisse durch Fraß am Zellstoff waren bei den Versuchen sehr selten und lassen sich zudem bei dieser Methode leicht erkennen (weiße Faeces und Fraßspuren).

SCHMIDT (1952) arbeitete bei ihren Fraßversuchen mit Diplopoden mit einer ähnlichen Methode. Bei ihr kam es nur dann zum Fraß am Filterpapier, wenn ungünstige Nahrung (frische Blätter) oder Nahrung in ungünstigem Zustand (z. B. zu trockene Blätter) angeboten wurden. Auch bei den hier gezeigten Versuchen trat bei den als Nahrung weitgehend abgelehnten Blättern von *Rhododendron hirsutum* verstärkt Fraß am Zellstoff auf (siehe Kapitel 4.5.2.2). HUBBEL et al. (1965) legt bei seinen Fraßversuchen mit dem Isopoden *Armadilidium vulgare* die Versuchsgefäße ebenfalls mit Filterpapier aus und nennt keine Nachteile dieser Methode, während DICKSCHEN (1984) mit Lumbriciden auf andere Feuchtigkeitsspeicher ausweichen mußte, da Filterpapier und Zellstoff stark befressen wurden.

Ein unbestreitbarer Vorteil der verwendeten Methode ist die leichte und sichere Trennung von Nahrungsresten und Faeces am Ende des Versuches. Technische Schwierigkeiten (DUNGER 1958a) und Fehler bei der quantitativen Auswertung, die durch die Verwendung von natürlichem Substrat oder Sand als Unterlage entstehen können, fallen bei dieser Methode weg. Die abgelegten Faeces können quantitativ zu 100% erfaßt werden (Ausnahme: Faeces der Art *E. nanus*; siehe unten).

Auch Streuabbauversuche im Freiland in Streubeuteln (Litter-bags) stellen eine vielbenutzte Methode dar (z. B. WILL 1967; ANDERSON 1973; BERG 1978; SCHINNER 1982). Eine ausführliche Diskussion der Vor- und Nachteile dieser Methode findet sich bei LOUSIER and PARKINSON (1976). Bei Versuchen mit Lärchennadeln ist zu beachten, daß nur äußerst geringe Maschenweiten verwendet werden, da sonst ein hoher Verlust an Nadeln durch Herausfallen aus den Beuteln entsteht.

Die weitgehende Übereinstimmung der im Labor und im Freiland mit den unterschiedlichen Methoden erzielten Ergebnisse deutet auf eine gute Vergleichbarkeit dieser Methoden hin. Die Eignung der Labormethode ist jedoch in hohem Maße von der untersuchten Tiergruppe und von der Nahrung bzw. deren Zustand abhängig.

### 5.3.1 Die Diplopoden als Zerkleinerer

Die Diplopoden treten in der Farrenleitenwand als wichtige am Prozeß der Zerkleinerung der Streu beteiligte Tiergruppe auf (Kapitel 4.1). Der Einfluß auf Mineralisierungsprozesse wird weiter unten gesondert behandelt.

Bei allen Fraßversuchen wurde den Versuchstieren stets einmal überwinterte – im Juni und Juli gesammelte – Streu als Nahrung angeboten. Dies läßt sich mit den in den Versuchen zur vertikalen Verteilung der Arten bevorzugten Aufenthaltsorten begründen. Die verwendete Streu kommt als potentielle Nahrung in Betracht, da alle Arten in den O-Lagen auf oder nahe der Oberfläche auftreten. Dies kann für die gesamte Vegetationsperiode (Juni bis Oktober) angenommen werden. Bei der Extraktion der im Freiland entnommenen Proben im Kempson-Extractor wurden die Proben in etwa 5 cm mächtige Schichten gegliedert, wobei die Diplopoden stets nur aus den obersten 5 cm extrahiert wurden.

#### Nahrungswahlversuche

Nahrungswahlversuche wurden in erster Linie aus zwei Gründen durchgeführt. Zum einen sollte geklärt werden, ob Lärchenstreu überhaupt als Nahrungsquelle für die Diplopoden der HFLW in Betracht kommt. Zum anderen sollte der Frage nachgegangen werden, welche Faktoren bzw. welche Eigenschaften der Nadeln und Blätter für die Wahl einer Streuart als Nahrung ausschlaggebend sind. Für die Auswertung der Versuche und die Aufstellung der im Kapitel 4.4.2 gezeigten Präferenzreihe kam nur die Methode über die konsumierte Nahrungsmenge in Betracht. Nur mit dieser Methode lassen sich auch feine Unterschiede herausarbeiten (Abb. 19). Die Auswertung von Nahrungswahlversuchen über die beobachtete Häufigkeit der Versuchstiere an den Nahrungen (BECK und BRESTOWSKY 1980) halte ich für weniger geeignet, da sich – wie in dieser Arbeit gezeigt – nur grobe Unterschiede aufdecken lassen (Abb. 18).

Die Ergebnisse der Versuche zur Nahrungswahl der Diplopoden und der Vergleich mit Literaturangaben haben gezeigt, daß die Lärchenstreu als Nahrung für Diplopoden mit der Streu von Fagaceen (Buche, Eiche) vergleichbar ist. Zu entsprechenden Ergebnissen kommen auch SATCHELL and LOEWE (1967), die Nahrungswahlversuche mit dem Lumbriciden *L. terrestris* ausführten. Diese Gruppe von Pflanzen steht in Präferenzreihen (Nahrungswahlversuche) stets am Ende der Beliebtheit bei Diplopoden (DUNGER 1958a; NEUHAUSER and HARTENSTEIN 1978; POBOZSNY 1978). Andere Koniferenstreu (Fichte, Tanne, Kiefer) läßt sich in diese Gruppe einordnen. Diese relativ geringe Beliebtheit dieser Nahrungen gilt dabei nicht nur für Diplopoden, sondern für die meisten untersuchten Bodentiere (DUNGER 1962).

In höherem Maße angenommen wurde in den Nahrungswahlversuchen die Streu von *Vaccinium myrtillus*. Dieses Ergebnis konnte jedoch in den Ver-

suchen zur Bestimmung der absoluten Fraßmenge an einzelnen Streuarten nicht bestätigt werden (Kapitel 4.5.2.2). Bei diesen Versuchen ließ sich *Vaccinium* in die Gruppe zu Lärche, Buche und Fichte stellen. Dieser Unterschied macht deutlich, daß Versuche zur Bestimmung der Fraßleistung an einzelnen Streuarten einen gewissen artifiziellen Charakter haben. Den Versuchstieren wird dabei die Möglichkeit der Nahrungswahl, die im Freiland besteht, genommen (MACFADYEN 1969). Dies ist besonders dann zu berücksichtigen, wenn mehrere Streuarten den gleichen Anteil am Bestandsabfall haben. Für die Farrenleitwand läßt sich jedoch sagen, daß die Lärchenstreu, infolge der weitgehend gleichmäßigen Verbreitung der Lärche über das ganze Gebiet und des hohen Anteils am Bestandsabfall (Tab. 14) eine größere Bedeutung als Nahrungsquelle besitzt als alle anderen Nahrungen. *Vaccinium* tritt – wie auch die anderen untersuchten Pflanzenarten – seltener und aggregierter auf. Es ist zu vermuten, ohne daß eine entsprechende Aggregation der Diplopoden beobachtet werden konnte, daß die Tiere, die zufällig auf die Streu von *Vaccinium* treffen, diese zuerst fressen.

Für die Wahl einer Nahrung können sowohl physikalische (Härte) als auch chemische (Geschmack) Komponenten verantwortlich sein. Der Einfluß der Härte einer potentiellen Nahrung für Diplopoden ist nur schwer quantifizierbar, da sich die Effektivität der Mundwerkzeuge der Diplopoden kaum abschätzen läßt. Bei der Wertung der Härte einer Nahrung ist zu berücksichtigen, daß selbst äußerst harte Blätter (Buche, Eiche) und Nadeln (Fichte, Kiefer) von Bodentieren zerkleinert werden können. Dies gilt nicht nur für Diplopoden, sondern z. B. auch für Collembolen, die wesentlich zartere Mundwerkzeuge aufweisen (DUNGER 1958a). Die Angaben von SCHMIDT (1952) deuten jedoch daraufhin, daß weichere Nahrung (hoher Feuchtegehalt) besser angenommen wird als härtere.

Die Vielzahl der in Nadeln und Blätter enthaltenen chemischen Stoffe machen eine weitere Differenzierung notwendig. Da dem Kalzium-, dem Stickstoff-, dem Phenolgehalt und den wasserlöslichen organischen Substanzen stets eine führende Rolle – wenn auch mit unterschiedlicher Wertung – zugesprochen wird (z. B. LYFORD 1943; NEUHAUSER and HARTENSTEIN 1978; SATCHELL and LOEWE 1967) wurden diese Komponenten auch in dieser Arbeit untersucht.

Es zeigt sich, daß bei der Wahl der angebotenen Nahrungen sowohl ein hoher Stickstoffgehalt und damit verbundenes niedriges C/N-Verhältnis als auch ein niedriger Gehalt an Phenolen sowie ein hoher Gehalt an wasserlöslichen organischen Substanzen von Bedeutung waren. Hierbei müssen nicht alle drei Faktoren optimal eingestellt sein, wie das Beispiel Buche zeigt. Die Buchenstreu wird trotz eines sehr hohen Phenolgehaltes genauso »gerne« gefressen wie die Streu der Lärche, die einen wesentlich geringeren Gehalt an Phenolen aufweist. Der hohe N-Gehalt und die im Vergleich große Menge an wasserlöslichen organischen Substanzen scheint sich ausgleichend

auszuwirken. Der Einfluß eines hohen Stickstoff- und eines niedrigen Phenolgehaltes wird auch bei der am meisten gewählten Streu von *Vaccinium* deutlich. Die Streu von Rhododendron, die einen recht niedrigen Gehalt an Stickstoff und wasserlöslichen organischen Substanzen aufweist, wird weitgehend abgelehnt.

Auf den Einfluß von Stickstoff, Phenolen und wasserlöslichen Substanzen weisen auch SATCHELL and LOEWE (1967) sowie DOZSA-FARKAS (1976) bei ihren Nahrungswahlversuchen mit Lumbriciden bzw. Enchytraeiden hin. SAKWA (1974) nennt für Versuche mit Diplopoden zum Stickstoff- und Zuckergehalt auch die Feuchtigkeit der Nahrung. In dieser Arbeit wird ebenfalls die Fähigkeit der Diplopoden zur positiven Reaktion auf bestimmte Geschmacksstoffe (Zucker) nachgewiesen. NEUHAUSER and HARTENSTEIN (1978) konnten hingegen weder für Diplopoden noch für Isopoden einen Einfluß von Phenolgehalt und Menge an wasserlöslichen Substanzen feststellen und auch SCHMIDT (1952) lehnt den Einfluß von Geschmacksstoffen bei der Nahrungswahl durch Diplopoden ab. ANDERSON (1973) resümiert ebenfalls, daß die Nahrungswahl weder eindeutig auf den N-Gehalt noch auf den Gehalt an Gesamtphenolen zurückzuführen ist. Entscheidend sind nach der Meinung dieses Autors bestimmte Phenolstoffe (z. B. Gallussäure).

Bei der Diskussion um die Gründe für die Wahl einer Nahrung wurden auch anorganische Bestandteile wie der Ca-Gehalt genannt. LYFORD (1943) findet bei Versuchen mit Diplopoden eine positive Korrelation zwischen Ca-Gehalt und der Wahl der Nahrung, während MARCUZZI (1970) eine solche Beziehung für *Glomeris* spp. nicht feststellen konnte. Auch hier konnte ich keine Korrelation ableiten. Die Tatsache, daß die härteren Fichtennadeln, die den weitaus höchsten Ca-Gehalt aller untersuchten Nahrungen aufweisen, in gleichem Maße konsumiert werden wie die scheinbar weicheren Lärchennadeln und Buchenblätter läßt einen Einfluß von Kalzium als denkbar erscheinen.

Nicht nur physikalische und chemische Eigenschaften der Streu, sondern auch der microbielle Besatz und die microbielle Aufbereitung spielen bei der Wahl einer Nahrung eine wichtige Rolle. Die Nahrungswahlversuche und die Versuche zur Fraßleistung an einzelnen Streuarten haben gezeigt, daß sterilisierte Lärchenstreu in deutlich geringerem Maße konsumiert wurde als luftgetrocknete Streu (siehe Kapitel 4.5.2.2). BÄRLOCHER and KENDRICK (1975) geben in ihrer Arbeit einen Rückgang der Fraßleistung von *Gammarus pseudolimnaeus* um etwa 2/3 an, wenn sterilisierte Nahrung verfüttert wird. In die gleiche Richtung geht auch die von DUNGER (1958a) erwähnte Fraßminderung beim Trocknen der Streu im Trockenschrank. Durch das Trocknen bzw. Autoklavieren der Streu kommt es zu einer Minderung bzw. totalen Schädigung des microbiellen Besatzes der Streu. Schon MINDERMANN and DANIELS (1967) sowie DOZSA-FARKAS (1976) deuten an, daß für die Schmackhaftigkeit von Streu die Entstehung einer bestimmten Konzentration von Bakterien und Pilzen notwendig zu sein scheint.

Es zeigt sich, daß die Frage, welche Faktoren die Nahrungswahl von Diplopoden beeinflussen, äußerst schwierig zu beantworten ist. Die Reduktion auf einen Einzelfaktor unterschätzt dabei wahrscheinlich die Fähigkeit der Tiere. Viel wahrscheinlicher erscheint nach den hier gezeigten Ergebnissen die Möglichkeit, daß anstelle eines Einzelfaktors eher die Kombination verschiedener Parameter ausschlaggebend ist. Diese Möglichkeit wird auch von anderen Autoren erwogen (DUNGER 1958a; BECK und BRESTOWSKY 1980). SAKWA (1974) konnte zeigen, daß die Diplopoden sich zumindest in Bezug auf Zucker nach dem Geschmack orientieren können. Auch DUNGER (1958a) stellt eine gewisse Reaktion der Diplopoden auf Zucker fest, schließt jedoch die Orientierung nach anderen Geschmacksstoffen aus. Ich hingegen bin der Meinung, daß durch die positive Reaktion auf Zucker eine Veranlassung zu der Annahme besteht, daß die Diplopoden auch auf andere Geschmacksstoffe (z. B. phenolische Bestandteile) positiv oder negativ reagieren können.

### Fraßleistung der Diplopoden

Um das Ausmaß der Umsatzleistung der Diplopoden abschätzen zu können, ist es notwendig, die von den Individuen konsumierte Nahrungsmenge zu bestimmen.

Hierzu wurde in dieser Arbeit die gravimetrische Bestimmung der Nahrungsmenge vor und nach dem Versuch gewählt. Mit dieser Methode lassen sich, obwohl arbeitsaufwendig, gute Ergebnisse zum quantitativen Ausmaß der Fraßleistung erzielen. Indirekte Methoden über die Bestimmung des Darmvolumens (SCHALLER 1950) oder über die Gleichsetzung von verbrauchter Sauerstoffmenge mit der Nahrungsmenge (BORNEBUSCH 1930) kamen für mich infolge ihrer ungenügenden Genauigkeit nicht in Betracht. Auch die von DUNGER (1958a) genutzte Methode, die Fraßleistung über die Faecesproduktion zu bestimmen, kann nur als recht grobe Schätzung angesehen werden. Ohne die genaue Kenntnis des Teils der aufgenommenen Nahrung, der von den Tieren assimiliert wird, kann nur ungenau von der produzierten Faecesmenge auf die tatsächlich konsumierte Nahrungsmenge geschlossen werden (siehe Indices zur Umsatzleistung, Kapitel 3.11).

Adequate Ergebnisse zu der in dieser Arbeit verwendeten Methode liefert die Messung der Fraßleistung über radioaktiv markierte Nahrung (HUBBEL et.al. 1965).

Um eine genaue Schätzung der Umsatzleistung der Diplopoden in der HFLW zu erhalten, wurde die Fraßleistung aller drei dominanten Arten (siehe Kapitel 4.2.4) bei vier verschiedenen Temperaturen bestimmt. Zusätzlich wurden die Ergebnisse der Laborversuche durch direkte Bestimmung der Fraßleistung im Freiland abgesichert. Dies erscheint unbedingt notwendig, da sich Laborversuche durch eine Reihe von Faktoren (z. B. Isolation der Tiere, konstante Temperatur) vom Freiland unterscheiden.

Die Fraßleistung ist – wie gezeigt – stark von der Temperatur abhängig (Kapitel 4.5). Mit zunehmender Temperatur wird die Fraßleistung und die damit verbundene Zerkleinerungstätigkeit gesteigert. Sie erreicht im Bereich von 15/20°C ein Maximum. Bei keiner der drei näher untersuchten Arten aus der HFLW kommt es zu einem signifikanten Anstieg der Fraßleistung von 15 zu 20°C. Bei den Arten **L. noricus** und **E. nanus** nimmt die Fraßleistung sogar mehr oder weniger deutlich – wenn auch nicht signifikant – von 15 zu 20°C ab (Abb. 26 und Abb. 33). Bei der untersuchten Art aus Schleswig-Holstein scheint das Maximum der Fraßleistung höher zu liegen. Es kommt zu einer signifikanten Steigerung der Fraßleistung von 15 zu 20°C.

Ein Vergleich der temperaturabhängigen Fraßleistung der Diplopoden mit Literaturangaben ist infolge nur weniger derartiger Untersuchungen schwierig. Van d. DRIFT (1951) nennt in seiner Arbeit für **G. marginata** aus einem holländischen Buchenwald einen optimalen Temperaturbereich von 17.5 bis 21°C, GERE (1956) gibt einen Bereich von 18 bis 22°C für verschiedene Diplopoden und Isopoden eines Eichenwaldes in Ungarn an und für die Art **Sarmatiulus kessleri** aus Südrußland wird von STRIGANOVA (1972) eine Temperatur von 21°C als optimal genannt.

Diese Angaben und die eigenen Daten zeigen, daß für Diplopoden aus temperierten Wäldern ein Fraßleistungsoptimum im Bereich von 17 bis 22°C zu finden ist. Diese Werte decken sich mit den Angaben von THIELE (1959) über die Vorzugstemperaturen von Bodentieren (spez. Diplopoden) kühler Waldstandorte. Die Arten aus der Farrenleitenwand liegen dabei an der unteren Grenze dieses Bereiches. Dies kann mit den tieferen Temperaturen des Untersuchungsgebietes erklärt werden (Übergang von temperierten zu kalt temperierten Wäldern, SWIFT et.al. 1979). Für offene Biotope werden entsprechend höhere Optimalwerte von 24 bis 30°C angegeben (WOOTEN 1975).

In wesentlich umfangreichem Maße lassen sich in der Literatur Angaben zur Fraßleistung von Diplopoden in engen Temperaturgrenzen oder bei nur einer Temperatur finden. Vergleiche mit diesen Werten sind mit Rücksicht auf unterschiedliche Versuchsmethoden sowie unterschiedliches Tier- und Pflanzenmaterial mit Vorsicht durchzuführen. Das Fehlen von Gewichtsangaben zu den Tieren, sowie die fehlende Angabe, ob sich die Fraßleistungen auf das Trocken- oder Lebendgewicht der Tiere beziehen bzw. das Fehlen von Umrechnungsfaktoren erschweren die Vergleiche.

Trotz der Vielzahl von Literaturangaben zu Fraßleistungen von Diplopoden, ist mir nur eine einzige Arbeit bekannt, bei der Lärchenstreu als Nahrung verwendet wurde (FRANZ und LEITENBERGER 1948). Diese Autoren machen jedoch keinerlei Angaben zum Gewicht der Versuchstiere, so daß diese Arbeit zum quantitativen Vergleich nicht zu benutzen ist.

Fraßleistungsergebnisse an Streu anderer Koniferen zeigt v.d. DRIFT (1951). Bei Fraß an Nadeln von *Pinus silvestris* liegen die Werte für **Allaiulus punctatus** bei 3% des Lebendgewichtes pro Tag (Temperatur 17 – 21°C). Diese Angabe ist mit meinen Daten vergleichbar.

Weitere und zu meinen Ergebnissen weitgehend vergleichbare Angaben zur Fraßleistung an unterschiedlichen Nahrungen lassen sich den Arbeiten von GERE (1956, 1962a,b), BOCOCK (1963), KURCHEVA (1964), STRIGANOVA (1971, 1975, 1976) sowie POBOZSNY (1978) entnehmen.

Die im Vergleich teilweise etwas niedrigeren Werte von GERE (1956) (0.4 – 3.1% des Körpergewichtes, lebend, pro Tag bei 16.7 – 21.8°C) lassen sich eventuell durch das vom Autor vor Versuchsbeginn durchgeführte Trocknen der Nahrung (Streu) bei 104°C erklären. Dieses Trocknen führt nach DUNGER (1958a) zu einer deutlichen Fraßminderung.

Die Angaben von STRIGANOVA liegen hingegen teilweise über meinen Werten. Hierbei ist zu bemerken, daß die genannte Autorin die Fraßleistung nur über einen Zeitraum von 24 h ermittelte. Diese Zeitdauer reicht nicht aus, um tägliche Schwankungen der Fraßleistung auszugleichen.

Es läßt sich feststellen, daß sich die in dieser Arbeit ermittelten Angaben zur Fraßleistung der Diplopoden im Großen und Ganzen mit entsprechenden Literaturangaben (siehe oben) decken. Auftretende Unterschiede können – wie gezeigt – oft durch methodische Gründe erklärt werden.

Der Umfang des hier angebotenen, in sich geschlossenen Datensatzes und vor allem die gute Übereinstimmung zwischen Labor- und Freilandversuchen machen eine Übertragung der Werte auf das Freiland möglich.

Zwei weitere Ergebnisse der Versuche zur Fraßleistung sollen nicht unberücksichtigt bleiben.

Das erste befaßt sich mit den in den Versuchen ermittelten Consumquotienten. Die vergleichende Betrachtung der einzelnen in den Versuchen verwendeten Arten zeigt bei den auf das Gewicht der Tiere bezogenen Angaben der Fraßleistung (CI) sehr große Unterschiede (Kapitel 4.5). Diese sind mit den enormen Gewichtsunterschieden der Arten zu erklären. Auch bei der vom Gewicht der Tiere weitgehend unabhängigen Angaben der Fraßleistung in Form des CQ zeigen sich zwischen den Arten und den entsprechenden Temperaturen Unterschiede. Es muß jedoch festgehalten werden, daß die CQ-Werte bei allen Arten und entsprechenden Temperaturen und Nahrungen in recht engen Grenzen liegen und durchaus vergleichbar erscheinen. Dies muß auch unter dem von der Literatur stets sehr weitgefaßten Begriff der Konstanz dieser Werte betrachtet werden. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, daß die CQ-Werte – zumindest für sich taxonomisch nahestehende Arten – keine artspezifischen Größen sind. Vielmehr

liegt eine Abhängigkeit von klimatischen Faktoren sowie von der Art der Nahrung vor. Auch GERE (1956) vertritt diese Meinung, während DUNGER (1958a) von den CQ-Werten als artspezifische Größe spricht. Bei der von DUNGER durchgeführten Arbeit muß jedoch berücksichtigt werden, daß die Fraßmenge – wie oben erwähnt – nur über die Faecesproduktion gemessen wurde. Dies führt zu einer sehr ungenauen Schätzung der tatsächlichen Fraßmenge, da wie noch gezeigt wird, nicht bei allen Arten von einem einheitlichen Verdaulichkeitswert ausgegangen werden kann.

Das zweite noch zu besprechende Ergebnis betrifft die Verdaulichkeitswerte. Diese AD-Werte geben an, wie effektiv ein Organismus zum Beispiel die in der Nahrung vorhandene Energie beim Verdauungsprozeß nutzt (REICHLÉ 1969).

Die Ergebnisse dieser Arbeit haben zum einen gezeigt, daß die AD-Werte nicht nur in Abhängigkeit von der Nahrung (Abb. 42), sondern in hohem Maße auch bei den verschiedenen Arten unterschiedlich sind. Zum anderen zeigen die AD-Werte eine Änderung mit der Temperatur.

Beim Vergleich von AD-Werten zwischen einzelnen Arten muß berücksichtigt werden, daß hierbei offensichtlich eine hohe individuelle Variabilität auftritt (WIEGERT 1965). Durch einen hohen Versuchsansatz und stets gleichmäßige Arbeitsweise ließen sich jedoch Angaben erreichen, die zwischenartige Vergleiche ermöglichen.

Die kleinste der untersuchten Juliden-Arten, **E. nanus**, erreicht AD-Werte, die je nach Temperatur (bzw. Fraßleistung, siehe unten) bis zu 70% erreichen, das heißt, daß diese Art 70% der aufgenommenen Energie für Stoffwechselfvorgänge nutzt. Berücksichtigt man, daß die Faeces dieser Art, infolge ihrer geringen Größe (Länge  $\approx$  0.5 mm,  $\varnothing \approx$  0.1 mm) in den Versuchen nur zu etwa 95% quantitativ erfaßt werden konnten, so bleiben trotzdem Werte, die in dieser Höhe sonst von saprophagen Tieren nicht erreicht wurden (SCHWERDTFEGGER 1975; LAWTON 1970; MASON 1970). Entsprechend hohe bzw. noch höhere Werte bei Diplopoden weisen nur die Arbeiten von SOMASUNDARAM und CHOCKALINGHAM (1981) und KOKHIYA (1983) auf. Dabei ist zu bemerken, daß sich die Werte von SOMASUNDARAM auf den Fraß an Kartoffel oder Karotte beziehen und die Werte von KOKHIYA zwar an Eichenstreu, jedoch in einer Prädiapause-Fraßperiode, ermittelt wurden.

Die anderen untersuchten Arten stecken mit ihren AD-Werten von 10 bis 50% den Rahmen ab, der auch von anderen Autoren nicht nur für Diplopoden, sondern für viele Saprophagengruppen angegeben wird (z.B. Diplopoda: ANDERSON and BIGNELL 1982, STRIGANOVA 1976; Isopoda: KURCHEVA 1964, SOMA and SAITO 1983; Tipulidae: KURCHEVA 1964, STRIGANOVA 1976; Oribatei: LUXTON 1972, WEBB and ELMES 1972).

Die gefundenen Unterschiede bei den AD-Werten zwischen den einzelnen Arten lassen sich entweder auf eine unterschiedliche enzymatische Ausstattung der einzelnen Arten (MARCUSZI und TURCHETTO LAFISCA 1976, 1978) oder auf eine durch günstigeres Darmmilieu erhöhte Vermehrung von Bakterien der aufgenommenen Nahrungen zurückführen (ANDERSON and BIGNELL 1980).

Die Verdaulichkeitswerte zeigen – wie die Consumptionsraten – bei allen untersuchten Arten eine Änderung mit der Temperatur. Hierbei scheint jedoch, wegen der deutlich inversen Beziehung zwischen AD- und CI- (bzw. CQ-) Werten, weniger die Temperatur als vielmehr die Consumptionrate ausschlaggebend zu sein. Mit zunehmender Fraßleistung fallen die Verdaulichkeitswerte, während sie bei abnehmender Fraßleistung (von 15 zu 20°C) erneut ansteigen (siehe Abb. 28 und Abb. 35).

Diese Beziehung von hoher Consumption und niedriger Verdaulichkeit läßt sich möglicherweise durch einen schnelleren Darmdurchgang der Nahrung bei höherer Fraßleistung erklären. Dieser schnellere Darmdurchgang könnte entweder durch einen Nachstopfeffekt oder durch die mit einem erhöhten Stoffwechsel verbundene verstärkte Darmperistaltik hervorgerufen werden. Klar ersichtlich erscheint jedoch, daß bei schnellerem Durchlauf der Nahrung weniger Zeit für eine optimale Ausnutzung bleibt.

Diese inverse Beziehung von Consumption und Verdaulichkeit ist in dieser Konsequenz bei Diplopoden bisher nicht beschrieben worden. Aussagen von STRIGANOVA (1975) lassen sich mit einiger Vorsicht in die gleiche Richtung interpretieren und WHITE (1968) gibt eine persönliche Mitteilung von O'NEILL mit gleicher Aussage wieder. Bei Isopoden wird diese Beziehung in den Arbeiten von HUBBEL et.al. (1965) und WHITE (1968) aufgezeigt und auch für andere Gruppen liegen derartige Ergebnisse vor (Acari: ENGLEMANN 1968; Mollusca: CALOW 1975).

Es ist anzumerken, daß der Anstieg der AD-Werte bei den Arten der HFLW von 15 zu 20°C deutlicher ausfällt, als die Abnahme der Consumption bei gleicher Temperatur. Dieses Ergebnis gibt Anlaß zu der Annahme, daß im Bereich höherer Temperaturen nicht nur die Consumptionsraten, sondern auch die Temperatur selbst einen, wenn auch indirekten, Einfluß auf die Verdaulichkeit ausübt. Bei höheren Temperaturen kommt es zu einer besseren microbiellen Aufbereitung der Nahrung (vergleiche Kapitel 4.3.1), was sich in einer besseren Verdaulichkeit niederschlagen könnte. Dies würde auch die Ergebnisse von WOOTEN and CRAWFORD (1975) erklären, die im Bereich von 20 bis 30°C zunehmende AD-Werte für Diplopoden angeben.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß es auch Arbeiten gibt, die von einer weitgehenden Unabhängigkeit der AD-Werte von der Consumption ausgehen (Diplopoda: STRIGANOVA 1972; Mollusca: MASON 1970). Bei beiden Arbeiten ist jedoch zu berücksichtigen, daß nur eine Versuchsdauer von 24 bzw. 48 h gewählt

wurde, so daß eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse erschwert wird. Zudem nutzt MASON vor Versuchsbeginn Zellstoff als Nahrung, was ebenfalls von der sonst üblichen, auch in dieser Arbeit verwendeten, Methode abweicht.

### 5.3.2 Die Diplopoden als Mineralisierer

Trotz einiger Arbeiten, die eine bedeutende Rolle der Bodentiere bei Mineralisierungsprozessen hervorheben (SATCHELL 1963; REICHEL 1977; ANDERSON et.al. 1981), beschäftigen sich die meisten in der Vergangenheit durchgeführten Arbeiten mit Diplopoden weniger mit der Rolle dieser Tiergruppe bei der chemischen Zerkleinerung der Streu, als vielmehr mit dem Umfang der physikalischen Zerkleinerung, die für die Berechnung der Umsatzleistung von Bedeutung ist. Dies mag zum Teil mit dem für diese Untersuchungen notwendigen, aber mit hohem Arbeitsaufwand verbundenen Sammeln der Faeces für chemische Analysen verbunden sein. Hierbei ist nicht nur das Sammeln, sondern auch die Trennung von Faeces und Nahrungsresten von Bedeutung (siehe Kapitel 3.5). Gerade bei Tiergruppen, bei denen eventuell nur geringe Unterschiede zwischen der Menge der chemischen Bestandteile von Nahrung und Faeces erwartet werden, ist es notwendig, die Verschmutzung der Faeces mit Nahrungsresten auf ein Minimum zu reduzieren.

Trotz der in dieser Arbeit angebotenen umfangreichen Analysenergebnisse ist die allgemeine Rolle, die die Diplopoden bei dem chemischen Abbau der Streu spielen, schwer abschätzbar. Dies um so mehr, da sich Unterschiede zwischen den einzelnen Arten und auch zwischen verschiedenen Standorten abzeichnen. Um einen größeren Rahmen dieser Analysenergebnisse zu erzielen, wurden nicht nur die Arten der HFLW, sondern auch die Arten anderer Standorte vergleichsweise hinzugenommen (siehe Kapitel 3.4).

Am offensichtlichsten und für alle Arten in etwa gleichem Maße sind die Diplopoden am Abbau der wasserlöslichen Zucker beteiligt. Hierbei beeindruckt besonders die hohe Effizienz, mit der die Diplopoden diese organischen Inhaltsstoffe nutzen (Tab. 13). Nicht selten werden 90, im Extremfall sogar über 98% dieser Zucker von den Tieren abgebaut. BOCK (1963), der ebenfalls die Unterschiede zwischen Nahrung und Faeces analysierte, gibt für die Ausnutzung der wasserlöslichen Kohlehydrate (Heißwasserextrakt) nur Raten von etwa 13% an, während POBOZSNY (1978) sogar eine Zunahme der Zucker und Stärke in den Faeces zeigt. Gerade die Ergebnisse des zuletzt genannten Autors sind durch Zusammenfassen einiger Stoffe in Stoffgruppen und durch die relativ grobe, mit Unzulänglichkeiten behaftete, Bestimmung der einzelnen Gruppen durch die Stoffgruppenanalyse (SCHLICHTING und BLUME 1966) nicht vergleichbar.

Obwohl die wasserlöslichen Zucker in sehr hohem Maße ausgenutzt werden, stellen sie doch nur einen kleinen Teil an den gesamten organischen Stoffen dar. Mit der Tabelle 13 (Menge der wasserlöslichen

Zucker in der Nahrung) sowie einem durchschnittlichen Energiegehalt von 17 J/mg Zucker läßt sich anhand der für die einzelnen Arten aufgestellten Energiebilanzen leicht ablesen, daß die wasserlöslichen Zucker zur Deckung des Energiebedarfes der Tiere nicht ausreichen. Dies macht deutlich, daß die Diplopoden nicht nur am Abbau dieser Zucker, sondern in größerem Maße auch am Abbau anderer organischer Bestandteile beteiligt sind. Dies wird durch die Arbeiten von BOCOOCK (1963), STRIGANOVA (1971) und POBOZSNY (1978) belegt, die für Diplopoden Celluloseabbauraten bis 70% nennen.

Anders als bei den untersuchten organischen Bestandteilen ergibt sich bei den einzelnen analysierten Nährstoffen ein wesentlich uneinheitlicheres Bild. Hierbei treten Unterschiede im Nährstoffgehalt der Faeces (Tab. 12) sowohl zwischen den Arten eines Standortes (HFLW) als auch zwischen den verschiedenen Standorten (HFLW, Bi, Er) sowie zwischen den einzelnen Nährstoffen selbst auf.

In Bezug auf die meisten untersuchten Nährstoffe (Tab. 12) kann den Diplopoden anhand der Untersuchungsergebnisse keine oder nur eine geringe Beteiligung an Mineralisierungsprozessen zugesprochen werden.

Jedoch beim Kalzium (Arten der HFLW und Vergleichsarten aus dem Buchenwald (Er) bei Bayreuth), beim Magnesium (Arten der HFLW), beim Phosphor (Vergleichsarten des Lärchenwaldes in Schleswig-Holstein (Bi) und des Buchenwaldes bei Bayreuth) und beim Kalium zeigen die für die Faeces ermittelten Analysenergebnisse an, daß die Diplopoden hier am chemischen Abbau beteiligt sind. Beim Ca erreichen die Versuchstiere dabei Ausnutzungsraten bis zu 36% (*L. saltuvagus*). Für die zur Lärche als Nahrung vergleichbaren Eichenblätter gibt v.d. DRIFT (1951) Ausnutzungsraten von 15% an, während DUNGER (1958b) für leichter zersetzbare Streuarten wie Ulme, Linde und Esche Werte von 9 bis 32% nennt.

Beim Phosphor zeigen die Versuchsergebnisse noch höhere Ausnutzungsraten, die im Extremfall 86% (*G. marginata*) erreichen. Die Werte von v.d. DRIFT (1951) liegen mit 15 – 20% etwas unter den hier erhaltenen Angaben.

Beim Stickstoff läßt sich anhand der Versuchsergebnisse kein eindeutiger Trend erkennen, ob die Diplopoden an einer verstärkten Freisetzung beteiligt sind. Es lassen sich sowohl Änderungen des N-Gehaltes der Faeces nach oben und unten als auch weitgehende Konstanz zum Nahrungswert erkennen. Die wenigen Arbeiten, die sich ebenfalls mit Änderungen des N-Gehaltes zwischen Nahrung und Faeces bei Diplopoden befaßten, zeigen ebenfalls keine eindeutige Tendenz. Van d. DRIFT (1951) belegt in seiner Arbeit eine geringe Abnahme des N-Gehaltes der Faeces gegenüber dem Ausgangswert, während BOCOOCK (1963) eine geringe Zunahme herausstellt. Geringe Mengen des vorgestellten Datenmaterials machen Vergleiche schwierig. DUNGER (1958b) erklärt, daß anhand seiner Ergebnisse nicht von einer

Konzentrierung des N-Gehaltes gesprochen werden kann. MARCUZZI (1970) zeigt bei *Glomeris* spp. eine Abnahme des C/N-Verhältnisses in den Faeces. Diese Angaben sind jedoch recht schwer vergleichbar, da der Autor keine Angaben über den Zustand (Alter) der verwendeten Streu macht. Die in der vorliegenden Arbeit gezeigten Ergebnisse belegen, daß, entsprechend der Meinung von DUNGER (1958b) bei Diplopoden nicht von einer Konzentrierung des Stickstoffes in den Faeces gesprochen werden kann. Weitere Untersuchungen müssen zu einer endgültigen Klärung dieses Sachverhaltes beitragen.

Es zeigt sich anhand der Versuchsergebnisse, daß die Diplopoden teilweise in nicht unerheblichem Maße am chemischen Abbau der Streu beteiligt sind. Dies läßt sich mit den Analysenergebnissen nur für bestimmte Inhaltsstoffe sagen, doch Unterschiede in Bezug auf einzelne Nährstoffe finden sich nicht nur bei Diplopoden, sondern auch bei anderen Gruppen (SEASTEDT 1984). Eine deutliche Zunahme der Nährstoff-Freisetzung durch den Fraß von Diplopoden und anderen Bodentieren wird auch in der Arbeit von ANDERSON et.al. (1983) hervorgehoben.

Die Diplopoden sind also an der verstärkten Verfügbarmachung von Nährstoffen aus toter organischer Substanz beteiligt, wobei eine teilweise Inkorporation von anorganischen Bestandteilen in die Körpersubstanz zu einer kontinuierlichen Freisetzung dieser Nährstoffe führt (CROSSLEY 1977; BECK 1978).

### 5.3.3 Quantifizierung der Rolle der Diplopoden beim Streuabbau im Untersuchungsgebiet

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln mehr auf das Einzelindividuum bzw. auf eine Art bezogene Parameter besprochen wurden, soll in diesem Abschnitt noch einmal stärker auf die Bedeutung der Diplopoden bei der Streuzersetzung im Untersuchungsgebiet eingegangen werden.

Nur umfangreiche Laborversuche und gleichzeitige Absicherung der dabei erhaltenen Ergebnisse durch Freilandversuche lassen realistische Schätzungen über die Bedeutung einer saprophagen Tiergruppe beim Streuabbau zu.

Folgende Gründe lassen die in dieser Arbeit gemachten Angaben zur Umsatzleistung der Diplopoden der HFLW als recht genaue Werte erkennen.

Von den Diplopoden der Farrenleitenwand wurden die drei dominanten Arten einzeln untersucht. Diese haben an der Gesamtindividuenzahl und der Gesamtbiomasse der Diplopoden einen Anteil von knapp 90%. Nur für die restlichen 10% bedurfte es daher einer Schätzung der Umsatzleistung. Diese Approximation kann also durchaus realistisch angesehen werden, da sie anhand der umfangreichen Untersuchungen an den anderen drei Arten erfolgte.

Für jede der untersuchten Arten wurde die spezifische Fraßleistung bei vier – auf die klimatischen Gegebenheiten des Untersuchungsgebietes abgestimmten

– Temperaturen bestimmt. Dies ermöglicht in Zusammenhang mit den Biomasse- und Temperaturangaben der HFLW eine genaue Angabe der Umsatzleistung in den einzelnen Monaten der Vegetationsperiode.

Ferner wurden alle Angaben zur Fraßleistung der Genauigkeit wegen um einen in einer gesonderten Versuchsanordnung ermittelten Faktor, der die Auslaugung und microbielle Zersetzung berücksichtigt, korrigiert. Der Meinung von DUNGER (1958a), daß dies der Genauigkeit wenig nütze, kann ich mich hier nicht anschließen.

Als letzter, aber vielleicht wichtigster Grund ist zu nennen, daß alle im Labor ermittelten Ergebnisse durch zur gleichen Zeit durchgeführte Freilandversuche bestätigt und abgesichert worden sind.

Wie die Ausführungen des Abschnittes 4.D. ergeben, fallen in der HFLW im Mittel jährlich  $72.16 \text{ g/m}^2$  Lärchennadeln als tote organische Substanz zu Boden. Bei einem Energiegehalt von  $20.999 \text{ KJ/g}$  (Tab. 6) errechnet sich ein jährlicher Energieeinfall von  $1515 \text{ KJ/m}^2$ . Vergleiche zu Energieangaben von unterschiedlichen Streuarten können den Arbeiten von CUMMINS and WUYCHECK (1971) sowie GORHAM and SANGER (1967) entnommen werden. Die Angaben zum Bestandsabfall erscheinen auf den ersten Blick recht niedrig. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß es sich im Untersuchungsgebiet nicht um einen dicht geschlossenen, sondern vielmehr um einen lichten Lärchenwald handelt. Angaben von BRAY and GORHAM (1964) ergeben für klimatisch ähnliche aber andere Koniferenwälder hierzu vergleichbare Ergebnisse.

Mit den in den faunistischen Aufsammlungen ermittelten Biomassewerten (Kapitel 4.2.2), den Ergebnissen zur Umsatzleistung der Diplopoden (Kapitel 4.5) und den Klimadaten (Abb. 4) errechnet sich die von den Diplopoden während der fünfmonatigen Vegetationsperiode (Juni – Oktober) konsumierte Nahrungsmenge zu  $2.2$  bis  $2.4 \text{ g/m}^2$ . Dies entspricht  $46.2$  bzw.  $50.4 \text{ KJ/m}^2$ . Prozentual erreichen die gesamten Diplopoden der Farrenleitenwand in der angegebenen Zeit also eine Umsatzleistung von  $3.0$  bis  $3.3\%$  des jährlichen Bestandsabfalls der Lärche.

Diese Ergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Angaben von GERE (1962b). In dieser Arbeit wird die Umsatzleistung von Diplopoden und Isopoden in Eichenwäldern in Ungarn durch Freilanduntersuchungen auf  $3$  bis  $4\%$  des jährlichen Bestandsabfalls ermittelt. SCHAEFER (1982) beziffert die durch Diplopoden konsumierte Laubmenge in einem Buchenwald auf  $2.2\%$  des Bestandsabfalls. Auch die Angaben von BOCOOCK (1963) von  $1.7$  –  $10\%$  lassen gewisse Vergleiche zu. Andere Autoren liegen mit ihren Werten teilweise deutlich über den hier gemachten Angaben. Van. d. DRIFT (1951) nennt  $10\%$  für den Anteil der Diplopoden und POBOZSNY (1978) gibt für einen Monat (September) einen Wert von  $2.25\%$  an. ULLRICH (1933) errechnet in einem Fichtenforst für die gesamte Macrofauna etwa  $25\%$  Anteil und DU-

DICH et.al. (1952) geben für die Macrofauna in ungarischen Waldbeständen ebenfalls  $40\%$  an.

Bei den zuletzt genannten Arbeiten ist zu bemerken, daß die Ergebnisse ausschließlich auf Laboruntersuchungen und theoretischen Berechnungen beruhen, was zu Fehleinschätzungen führen kann. Die Berücksichtigung des zu Anfang Gesagten und die gute Übereinstimmung mit den ebenfalls anhand von Freilandversuchen gewonnenen Daten von GERE (1962b) lassen die in dieser Arbeit gemachten Angaben zur Umsatzleistung der Diplopoden in der HFLW als realistisch erscheinen.

Für das Zustandekommen der gezeigten Umsatzleistung ist – wie gezeigt (Kapitel 4.9) – die Zusammensetzung der Gemeinschaft der Diplopoden, kleine oder große Arten, von Bedeutung. Die kleinere Art *E. nanus* erreicht einen größeren Anteil an der Umsatzleistung der Diplopoden als die größere Art *L. noricus*, obwohl diese einen doppelt so hohen Biomasseanteil (Abb. 9) ausmacht. Die auf das Gewicht bezogene höhere Fraßleistung von *E. nanus* läßt diese Art zum bedeutendsten Umsetzer unter den Diplopoden der HFLW werden. Diese Angaben lassen erkennen, wie wichtig es ist, bei Umsatzleistungsbestimmungen die Artenzusammensetzung zu berücksichtigen und wie wichtig es ist, einen großen Anteil der Diplopoden eines Gebietes zu bearbeiten. Die Leistung der kleineren Arten darf nicht unterschätzt werden.

Bis jetzt wurde bei der Umsatzleistung immer nur die aufgenommene Energie berücksichtigt. Von dieser wird dem System jedoch etwa  $2/3$  ( $\triangleq 31$  bis  $33 \text{ KJ/m}^2$ ) mit den Faeces der Diplopoden erneut zugeführt (Abb. 49) und steht in verbesserter Form (zerkleinert, größere Oberfläche) weiteren Zersetzern (Microarthropoden, Microorganismen) zur Verfügung. Hieraus ergibt sich, daß die Diplopoden von Juni bis Oktober per  $\text{m}^2$  nur etwa  $1\%$  der jährlich mit den Lärchennadeln einfallende Energie für Stoffwechselfvorgänge (Respiration, Reproduktion) verbrauchen. Die dem System von den Diplopoden entnommene Energiemenge stellt mit  $15$  bis  $17 \text{ KJ/m}^2$  einen recht geringen Wert dar.

Um einen umfassenderen Eindruck vom Biomasseverlust der Lärchenstreu in der HFLW zu gewinnen, soll auch der Anteil der Auslaugung und microbiellen Zersetzung berücksichtigt werden (Kapitel 4.3).

Die Untersuchungen ergaben von Juni bis Oktober einen Biomasseverlust der Streu von  $11.9\%$ ; für ein Jahr Versuchszeit wurden  $14.6\%$  ermittelt (Abb. 17). Vergleichbare Werte an Lärche liefert die Arbeit von MIKOLA (1954). Für andere Koniferen und Laubbäume liegen die entsprechenden Angaben in der Regel höher ( $20$  bis  $40\%$  nach einem Jahr; MIKOLA 1960; BERG 1978; VERSFELD 1981; SEASTEDT et.al. 1983). Mit dem oben angegebenen Energiewert von  $20.999 \text{ KJ/g}$  Lärchennadeln kann der Biomasseverlust der Streu durch Auslaugung und microbielle Zersetzung energetisch auf  $180 \text{ KJ/m}^2$  (Juni bis Oktober) bzw.  $221 \text{ KJ/m}^2$  (ein Jahr) beziffert werden.

Bei den Angaben dieser Arbeit – wie auch der meisten Literaturangaben – zum Biomasseverlust der Streu durch die microbielle Zersetzung ist zu bedenken, daß die Werte bei der Abwesenheit von saprophager Macro- und weitgehender Abwesenheit von Microvertebraten ermittelt wurden. Hierbei wird außer acht gelassen, daß es durchaus zu einer positiven Beeinflussung der Microflora durch die saprophagen Arthropoden kommen kann, was sich in gesteigerter Zersetzungstätigkeit äußert (REYES and TIEDJE 1973; HERLITZIUS und HERLITZIUS 1977; ANDERSON and BIGNELL 1980). Daß sich diese Beziehung nicht nur positiv, sondern auch negativ auswirken kann, dokumentieren die Arbeiten von HANLON and ANDERSON (1979, 1980). Es wird gezeigt, daß der Fraßdruck über einen bestimmten Optimalwert hinaus, die microbielle Aktivität senkt. Berücksichtigt man beide Argumente, deren quantitativer Einfluß mir schwer abschätzbar erscheint, so lassen sich die in dieser Arbeit ermittelten Werte der Auslaugung und microbiellen Zersetzung durchaus als gute Näherungswerte betrachten.

Berücksichtigt man den Einfluß von Diplopodenfraß sowie Auslaugung und microbielle Zersetzung, so ergibt sich für die Vegetationsperiode ein Biomasseverlust der jährlich einfallenden Lärchenstreu von etwa 15%; für den Zeitraum von einem Jahr lassen sich etwa 19% abschätzen. Bei der Berechnung des Biomasseverlustes pro Jahr wurde für den Anteil der Diplopoden eine gewisse Zersetzungstätigkeit auch für den Zeitraum von November bis Mai (Schneedecke) angenommen (SCHAEFER 1982). In Anlehnung an die Ergebnisse des Faktors Auslaugung und microbielle Zersetzung kann dabei etwa 1/4 des Wertes, der für den Zeitraum von Juni bis Oktober ermittelt wurde, als realistisch angesehen werden.

Die Gegenüberstellung der beiden Faktoren, Diplopodenfraß auf der einen sowie Auslaugung und microbielle Zersetzung auf der anderen Seite ergibt, daß die Diplopoden bei der Zersetzung der Lärchenstreu nur etwa einen Anteil von 25% ausmachen. Der durch Auslaugung und microbielle Zersetzung hervorgerufene Biomasseverlust ist also drei- bis viermal so hoch wie der durch den Fraß der Diplopoden. Ein entsprechendes Verhältnis wird von SEASTEDT (1984) auch für Microarthropoden genannt.

Die Berechnungen zum Umsatz der Streu haben gezeigt, daß nur etwa 20%, im günstigsten Fall unter Einbeziehung auch anderer Saprophagengruppen vielleicht 30%, der jährlich anfallenden Streumenge umgesetzt werden. Daraus folgt, daß es im Untersuchungsgebiet zu einem deutlichen Anwachsen der Humusschicht kommen muß. Dies wird durch die Mächtigkeit der Humusaufgaben dokumentiert, die – ungestörte Entwicklung vorausgesetzt (siehe Kapitel 2) – in der Farrenleitenwand bis zu einem Meter erreichen.

Trotz des absolut gesehen relativ geringen Energieumsatzes der Diplopoden, darf deren Rolle bei der Zersetzung der Lärchenstreu im Untersuchungsgebiet nicht unterschätzt werden.

Unter den saprophagen Tiergruppen haben die Diplopoden den sicher bedeutensten Anteil bei der Zersetzungstätigkeit. Die Lumbriciden haben einen zwar nahezu entsprechenden Biomassewert, aber deutlich niedrigere Individuenzahlen (Tab. 2) und erreichen zudem nach DICKSCHEN (1984) nur geringe Fraßleistungswerte an Lärchenstreu. Quantitative Angaben zu Umsatzleistungen von Microarthropoden liegen mit 0.5 bis 1.1% des jährlichen Bestandsabfalls (LUXTON 1981; MITCHELL 1979) ebenfalls deutlich unter den hier ermittelten Werten der Diplopoden.

Die Rolle der Diplopoden darf nicht nur im absoluten Umsatz an Streu bzw. Energie gesehen werden.

Wie gezeigt wurde, unterscheiden sich die Faeces in ihrer chemischen Zusammensetzung bzw. der Menge der chemischen Bestandteile teilweise deutlich von der als Nahrung gefressenen Streu. Dies macht ersichtlich, daß die Diplopoden bei der Zersetzung der Lärchenstreu auch an einer kontinuierlichen Freisetzung von Nährstoffen beteiligt sind und so eine Festlegung der Nährstoffe in der toten organischen Substanz der Streu verhindern.

Neben diesen beiden in einigermaßen befriedigender Weise quantifizierbaren Faktoren, läßt sich die Bedeutung der Diplopoden auch in anderen, wesentlich schwerer quantifizierbaren Funktionen sehen.

Zu diesen zählen die mit der Zerkleinerungstätigkeit verbundene Oberflächenvergrößerung des organischen Substrates (Faeces), womit eine leichtere Angreifbarkeit für andere Saprophage (z. B. Microarthropoden) und Microorganismen verbunden ist. (v. d. DRIFT 1960; GHILAROV 1963). Weiterhin ist die Steigerung oder Hemmung des Wachstums von Microorganismen durch Fraßtätigkeit (ANDERSON and BIGNELL 1980; HANLON and ANDERSON 1979, 1980) sowie die Impfung des organischen Substrates durch Microorganismen (GHILAROV 1963; PHERSON 1980) zu nennen.

Die vorliegenden Untersuchungen und der Vergleich mit Literaturdaten haben gezeigt, daß sich die Lärchenwälder in Bezug auf faunistische Angaben und die Zersetzungslleistung der Diplopoden eher mit den Laubwäldern (Buche und Eiche) als mit »echten« Nadelwäldern vergleichen lassen. Dies muß aber unter dem Aspekt gesehen werden, daß derartige Untersuchungen in Nadelwäldern bisher wesentlich seltener durchgeführt wurden und die Angaben daher lückenhaft sind. Im Unterschied zu den Laubwäldern stellte sich heraus, daß in der Farrenleitenwand die Gruppe der Diplopoden und nicht – wie sonst üblich – die Lumbriciden die bedeutenste Gruppe der saprophagen Macro- und Megainvertebraten ist.

## 6 Zusammenfassung – summary

In einem Lärchenwald im Nationalpark Berchtesgaden wird erstmalig die Bedeutung der Diplopoden bei der Streuzersetzung untersucht. Hierbei wird nicht nur der Einfluß bei der physikalischen (mechanischen), sondern auch bei der chemischen Zerkleinerung der Streu dargestellt.

1. Faunistische Aufsammlungen (Stechzylinder 25 x 25cm<sup>2</sup>) in der schneefreien Zeit von Juni bis Oktober zeigen einen Anteil der Diplopoden an der Gesamtbiomasse der saprophagen Macro- und Megainvertebratenfauna von 51%. Neben den Diplopoden sind nur die Lumbriciden von größerer Bedeutung. Andere Gruppen der saprophagen Macrofauna treten stark zurück.
2. Die mittlere Dichte der Diplopoden während der angegebenen Zeit beträgt 82.3 Ind/m<sup>2</sup>, die Biomasse wird mit 115 mgTG/m<sup>2</sup> angegeben. Das Maximum liegt mit 139 Ind/m<sup>2</sup> bzw. 209 mg/m<sup>2</sup> im Monat August. Die Gemeinschaft der Diplopoden setzt sich aus zehn Arten zusammen. Aus diesen Arten kristallisieren sich die drei Juliden-Arten **Leptoiulus noricus**, **L. saltuvagus** und **Enantiulus nanus** als dominante Arten heraus. Sie haben an der Individuenzahl und der Biomasse einen Anteil von 89 bzw. 94%. Alle weiteren Untersuchungen werden im wesentlichen mit den drei genannten Arten durchgeführt. Zum Vergleich werden zusätzlich Diplopoden-Arten aus einem Lärchenwald in Schleswig-Holstein und einem Buchenwald bei Bayreuth bearbeitet.
3. Versuche zur vertikalen Verteilung der drei dominanten Arten zeigen, daß sich die Diplopoden auf oder in oberflächennahen Schichten (1. und 2. cm) aufhalten. Einjährige, einmal überwinterte Streu kommt daher als potentielle Nahrung für die Tiere in Betracht.
4. Es werden Nahrungswahlversuche mit der Streu von fünf im Untersuchungsgebiet vorkommenden Pflanzenarten durchgeführt (Lärche, Fichte, Buche, Vaccinium, Rhododendron). Hierzu werden zwei unterschiedliche Auswertemethoden gezeigt.

Bei der direkten Wahl zwischen den Nahrungen wird Vaccinium eindeutig bevorzugt. Lärche, Fichte und Buche sind miteinander vergleichbar und keine wird signifikant bevorzugt. Rhododendron wird weitgehend abgelehnt.

Entscheidend für die Nahrungswahl können der Stickstoff-, der Phenolgehalt sowie die Menge an wasserlöslichen Zuckern der Blätter bzw. Nadeln sein. Diese Eigenschaften wirken nicht einzeln, sondern überlagern sich und bestimmen gemeinsam die Annahme oder Ablehnung der Nahrung (Streu) durch die untersuchten Tiere.

Der Einfluß des microbiellen Besatzes der Streu für die Fraßleistung wird anhand von Einzelfraßversuchen gezeigt. Weitere die Nahrungswahl beeinflussende Faktoren werden diskutiert.

5. Versuche zur Bestimmung der absoluten Fraßleistung der Diplopoden an Lärchenstreu werden im Labor bei vier verschiedenen Temperaturen (5, 10, 15, 20°C) durchgeführt. Die Bestimmung der Fraßleistung an anderen im Untersuchungsgebiet vorkommenden Streuarten erfolgte bei 15°C. Die Ergebnisse werden sowohl in der vom Gewicht der Tiere abhängigen Form des Consumindex (CI) als auch in der vom Gewicht weitgehend unabhängigen Form des Consumquotienten (CQ) dargestellt.

Die Fraßleistung erweist sich bei allen untersuchten Arten als deutlich temperaturabhängig, mit einem Optimum bei 15 bis 20°C.

Die Temperaturabhängigkeit der Fraßleistung ist bei den einzelnen Arten unterschiedlich ausgeprägt. So liegen die Q<sub>10</sub>-Werte für den Temperatursprung von 5 zu 15°C zwischen 2 (**L. noricus**) und 4 (**L. saltuvagus**).

Die Consumquotienten erweisen sich als nicht art-spezifisch, vielmehr liegt eine Abhängigkeit sowohl von der Temperatur als auch von der angebotenen Nahrung vor.

Die Ergebnisse der Versuche zur Bestimmung der Fraßleistung werden mit Hilfe von gleichzeitig durchgeführten Freilandversuchen abgesichert. Hierbei zeigen die über die gleiche Versuchsdauer ermittelten Labor- und Freilanddaten eine gute Übereinstimmung (keine signifikanten Unterschiede).

6. Die Verdaulichkeit der Nahrung zeigt eine Änderung mit der Temperatur. Hierbei scheint, wegen der deutlich inversen Beziehung zur Consumptionsrate für den untersuchten Temperaturbereich weniger die Temperatur als vielmehr die Consumptionsrate ausschlaggebend für eine Änderung der Verdaulichkeitswerte zu sein.

Die Verdaulichkeit ist weiterhin in hohem Maße von der Art der Nahrung abhängig.

Die einzelnen untersuchten Arten zeichnen sich durch teilweise stark unterschiedliche Verdaulichkeitswerte bei gleicher Nahrung und Temperatur aus. Hierbei erreicht **E. nanus** Werte bis zu 70%. Die meisten Werte liegen zwischen 20 und 40%.

7. Brennwertbestimmungen von Nahrung und Faeces führen in Zusammenhang mit den ermittelten Consumptionsraten und Verdaulichkeitswerten zur Aufstellung von Energiebilanzen für die einzelnen Arten sowie für die Gesamtheit der Diplopoden des Untersuchungsgebietes.

8. Es erfolgt eine Quantifizierung der Umsatzleistung der Diplopoden für die Farrenleitenwand.

Der jährliche Bestandsabfall an Lärchenstreu wird mit  $72.16 \text{ g/m}^2$  ( $\triangleq 1515 \text{ KJ/m}^2$ ) angegeben.

Die Diplopoden setzen in der Vegetationsperiode 3 bis 3.3% (dies entspricht  $2.2$  bis  $2.4 \text{ g/m}^2$  bzw.  $46$  bis  $50 \text{ KJ/m}^2$ ), im Laufe eines Jahres etwa 4% des jährlichen Bestandabfalls an Lärchenstreu um.

Für den Zeitraum von Juni bis Oktober wird der Anteil der einzelnen Arten am Energieumsatz quantifiziert.

Von der aufgenommenen Energiemenge werden dem System  $2/3$ , dies sind  $31$  bis  $33 \text{ KJ/m}^2$  sofort erneut zugeführt (Faeces). Nur 1% ( $\triangleq 15 - 17 \text{ KJ/m}^2$ ) der aufgenommenen Energie werden von den Diplopoden für Stoffwechselfvorgänge genutzt.

Der Biomasseverlust der Lärchenstreu durch Auslaugung und microbielle Zersetzung wird nach den Freilandversuchen auf jährlich 14% beziffert.

Diplopodenfraß sowie Auslaugung und microbielle Zersetzung ergeben im Freiland einen jährlichen Biomasseverlust an Lärchenstreu von knapp 20%. Unter Einbeziehung anderer Saprophagengruppen liegt der Wert nicht über 30%. Dies bedingt eine ständige Zunahme der Mächtigkeit der Humusaufgabe im Untersuchungsgebiet.

9. Analysenergebnisse belegen eine Beteiligung der Diplopoden an Mineralisierungsprozessen.

Wasserlösliche Zucker werden teilweise bis 98% ausgenutzt. Auch für die Nährstoffe Ca, Mg, P und K sprechen Ausnutzungsraten bis 36% von einer Beteiligung am chemischen Abbau der Streu.

10. Auf die Ähnlichkeit von faunistischen Angaben und Umsatzleistungen der Diplopoden zwischen Lärchen- und Laubwäldern wird hingewiesen.

Die große Bedeutung der Diplopoden bei der Zersetzung der Lärchenstreu wird unterstrichen.

The significance of diplopods in decomposing larch-litter is investigated for the first time. The investigation area is a larch-forest in the national parc of Berchtesgaden. The influence of the diplopods in comminution and chemical breakdown is displayed.

1. During the snow-free period from June to October the diplopods show a part of 51% in the whole saprophagous macro- and megainvertebrate fauna. Besides the diplopods only the earthworms are of some importance. Other groups of the macro- and megainvertebrate fauna are less important.

2. The abundance of diplopods during the snow-free period is  $82.3 \text{ ind/m}^2$  with a biomass of  $115 \text{ mg dry weight/m}^2$ . The maximum with  $139 \text{ ind/m}^2$  and

$209 \text{ mg/m}^2$  is found in August. 10 species are grouped together in the diplopods community. The three julids *Leptoiulus noricus*, *L. saltuvagus* and *Enantiulus nanus* turn out as the dominant ones. Their part in abundance and biomass amounts to 89 and 94%, respectively. All following experiments are carried out with these three dominant species. Additionally some species from a larch-forest in Schleswig-Holstein and from a beech-forest near Bayreuth are investigated.

3. Experiments on the vertical distribution of the three dominant species show that they live on top of the bottom or close to bottom (1st and 2nd cm). Therefore one year old litter can be seen as a possible food for these animals.

4. Food selection experiments are carried out with the litter of five plant species, known from the investigation area (larch (*Larix decidua*), spruce (*Picea abies*), beech (*Fagus sylvatica*), hairy-leaved rhododendron (*Rhododendron hirsutum*), blueberry (*Vaccinium myrtillus*)). Two different methods of evaluation are shown. Blueberry is obviously preferred in direct selection. Larch, spruce and beech prove to be comparable foods for diplopods. None of these three kinds of litter is significantly preferred. Rhododendron is fully rejected.

The content of nitrogen, phenols, and the amount of watersoluble carbohydrates are proposed to be important for diplopods selecting a food. These properties do not act isolated but determine simultaneously acceptance or non-acceptance of a food by diplopods.

It is pointed out that the microbial conditioning of the litter is very important for the consumption-rate. Some other factors influencing selection of a food are discussed.

5. Experiments in determining the absolute consumption of larch-litter are carried out in the laboratory within four different temperatures (5, 10, 15, 20°C). Consumption-experiments with other kinds of litter (spruce, beech, rhododendron, blueberry) are carried out at 15°C. The results are represented in form of the consumption-index (CI; dependent on the weight of the animals) and the consumption-quotient (CQ; independent on the weight of the animals).

All species investigated show a clear temperature-dependent consumption. The species of the investigation area have an optimum of consumption-rate between 15 and 20°C.

The temperature-dependence of the consumption-rate is differently marked in different species investigated. Between 5 and 15°C the Q10-values range from 2 (*L. noricus*) to 4 (*L. saltuvagus*).

The consumption-quotient prove not to be specific to the species. It seems to be more dependent on temperature and quality of food.

All results from the consumption-experiments in the laboratory are supported by free-field experiments. Both, laboratory and free-field experiments (seven-day-experiments) reach good agreement (no significant differences).

6. Digestibility, like consumption, changes with temperature. The changes are inverse to that of consumption-rate. It seems that the changes of digestibility are more dependent on consumption-rate than on temperature. This is stated for the investigated temperature-range (5 – 20°C).

Furthermore digestibility is considerably dependent on the kind of litter.

Feeding the same food and using the same temperature the separate species show different values of digestibility. The species *E. nanus* reaches values up to 70%, while most of the values range between 20 to 40%.

7. Determinations of calorific values of food and faeces in connection with consumption-rates and digestibility values lead to draw up energy balances for separate species and the whole diplopods community in the investigation area, respectively.

8. The significance of diplopods in decomposing larch-litter in the investigation area is quantified.

The annual larch-litter-fall is calculated to 72.16g dry weight/m<sup>2</sup> ( $\triangleq$  1515 KJ/m<sup>2</sup>).

During the growing-season from June to October the diplopods consume 3 to 3.3% of the annual litter-fall of larch. This means 2.2 to 2.4 g/m<sup>2</sup>, and 46 to 50 KJ/m<sup>2</sup>, respectively. During one year the value raises to about 4% of the annual litter-fall.

During the time from June to October the part of each species in energy turnover is quantified.

2/3 of the consumed energy, this means 31 to 33 KJ/m<sup>2</sup>, is directly returned to the system by faeces. Only 1% ( $\triangleq$  15 to 17 KJ/m<sup>2</sup>) of the consumed energy is used to maintain metabolic processes in diplopods.

The yearly loss of mass of larch-litter through leaching and microbial attack is estimated to 14% of the annual litter-fall (free-field experiments).

Both factors, diplopods and leaching/microbial attack respectively, cause a mass loss of larch-litter up to nearly 20%/year. Taking into account additional groups of saprophagous there will be an estimation of 30%. These values cause a steady increase of the thickness of the humus layer in the investigation area.

9. Results of chemical analyses illustrate a participation of the diplopods in chemical breakdown of larch-litter. Watersoluble carbohydrates sometimes are exploited up to 98%. Utilization rates up to 36% also show a participation in chemical breakdown of nutrients Ca, Mg, P and K respectively.

10. Faunistic statements and turnover rates of diplopods show a similarity between larch- and broad-leaved forests.

The importance of the saprophagous group of diplopods in decomposing larch-litter is underlined.

## 7 Literaturverzeichnis

- ALTMÜLLER, R. (1979): Untersuchungen über den Energieumsatz von Dipterenpopulationen im Buchenwald (*Luzula-Fagetum*). – *Pedobiologia* 19: 245-278.
- ANDERSON, J. M. (1973): The breakdown and decomposition of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) leaf litter in two deciduous woodland soils. I. Breakdown, leaching and decomposition. – *Oecologia* 12: 251-274.
- ANDERSON, J. M. and BIGNELL, D. E. (1980): Bacteria in the food, gut contents and faeces of the litter-feeding millipede *Glomeris marginata* (Villers). – *Soil Biol. Biochem.* 12: 251-254.
- ANDERSON, J. M. and BIGNELL, D. E. (1982): Assimilation of <sup>14</sup>C-labelled leaf fibre by the millipede *Glomeris marginata* (Diplopoda: Glomeridae). – *Pedobiologia* 23: 120-125.
- ANDERSON, J. M.; INESON, P. and HUIH, S. A. (1983): Nitrogen and cation mobilization by soil fauna feeding on leaf litter and soil organic matter from deciduous woodlands. *Soil Biol. Biochem.* 15(4): 463-468.
- ANDERSON, R. V.; COLEMANN, D. C. and COLE, F. E. (1981): Effects of saprotrophic grazing on net mineralisation. – In: *Terrestrial Nitrogen Cycles*, CLARK, F. E. and ROSSWALL, T. (Eds.); *Ecological Bulletins* 33: 201-216.
- ATTEMS, C. (1949): Die Myriapodenfauna der Ostalpen. – *Österr. Akad. Wiss., Math.-Nat. Kl., (I), Sitz.-Ber.* 158: 79-153.
- BÄRLOCHER, F. and KENDRICK, B. (1975): Leaf-conditioning by micro-organisms. – *Oecologia* 20: 359-362.
- BECK, L. (1978): Zur Biologie eines Buchenwaldbodens. 1. Einleitender Überblick und Forschungsprogramm. – *Beitr. naturk. Forsch. SüdwDtl.* 37: 93-101.
- BECK, L.; BRESTOWSKY, E. (1980): Auswahl und Verwertung verschiedener Fallaubarten durch *Oniscus asellus* (Isopoda). – *Pedobiologia* 20: 428-441.
- BERG, B. (1978): Decomposition of needle litter in a 12-year-old scots pine (*Pinus silvestris*) stand at Ivantjärnsheden. – *Swed. Conifer. For. Proj. Intern. Rep.* 80.
- BERTALANFFY von, L. (1957): Quantitative laws in metabolism and growth. – *Quart. Rev. Biol.* 32(3): 217-231.
- BLOWER, J. G. (1979): The millipede faunas of two British limestone woods. – In: *Myriapod biology*, CAMATINI, M. (Ed.), Academic Press, London: 203-214.
- BLOWER, J. G. and MILLER, P. F. (1977): The life-history of the julid millipede *Cylindroiulus nitidus* in a Derbyshire wood. – *J. Zool., Lond.* 183: 339-351.
- BOCHTER, R. (1984a): Bodenbildung auf Kalk- und Gneisbergsturzblöcken unter subalpinem Fichtenwald. – *Z. Pflanzenernähr. Bodenkd.* 147: 222-232.
- BOCHTER, R. (1984b): Bestimmung cellulose- und nichtcellulose gebundener Neutralzucker in Bodenhydrolysaten mit Hilfe der Hochleistungs-dünnschichtchromatographie. – *Z. Pflanzenernähr. Bodenkd.* 147: 203-209.
- BOCHTER, R. (1985): Böden naturnaher Bergwaldstandorte auf carbonatreichen Substraten – Beiträge zu Genese, Ökologie und Systematik. – *Nationalpark Berchtesgaden, Forschungsberichte Nr. 6*
- BOCOCK, K. L. (1963): The digestion and assimilation of food by *Glomeris*. – In: *Soil Organisms*, DOEKSEN, J. and v. d. DRIFT, J. (Eds.); Amsterdam: 85-91.
- BORNEBUSCH, B. (1930): The fauna of forest soils. – *Det forstlige Forsogvaesen i Danmark* 11: 1-158.
- BRAY, J. R. and GORHAM, E. (1964): Litter production in forests of the world. – *Adv. Ecol. Res.* 2: 101-157.
- BROSE, K. (1955): Monats-, Jahres- und Tagessummen des Niederschlags in Bayern bis 1950. – *Ber. Dtsch. Wetterdienst* 17(3): 1-21.
- CALOW, P. (1975): The feeding strategies of two freshwater gastropods, *Ancylus fluviatilis* Müll. and *Planorbis contortus* Linn. (Pulmonata), in terms of ingestion rates and absorption efficiencies. – *Oecologia* 20: 33-49.
- CHOTKO, E. J. and STRIGANOVA, B. R. (1975): Influence of soil conditions on the distribution of diplopods in Southern Polesje (Byelorussia, USSR). – In: *Progress in Soil Zoology*; DR. W. JUNK (Ed.), B. V. Academia, Prag: 353-356.
- CROSSLEY, D. A. (1977): The role of terrestrial saphrophagous arthropods in forest soils: current status of concepts. – In: *The role of arthropods in forest ecosystems: current status of concept*, MATTSON, W. J. (Ed.), New York: 49-56.
- CUMMINS, K. W. and WUYCHEK, J. C. (1971): Caloric equivalents for investigations in ecological energetics. – *Mitt. Int. Ver. Limnol.* 18: 1-158.
- DAVIS, R. C. (1977): The vertical distribution of isopods and diplopods in a dune grassland. – *Pedobiologia Bd.* 17: 320-329.
- DEMANGE, J.-M. (1981): *Les milles-pattes (Myriapodes)*. – Société nouvelle des éditions Boubée, Paris 1981, 284 S.
- DICKSCHEN, F. (1984): Untersuchungen zum Nahrungs- und Energieumsatz, sowie zur Nahrungs- und Energieausnutzung von Lumbriciden. – *Diplomarbeit*, Bayreuth.
- DÓZSA-FARKAS, K. (1976): Über die Nahrungswahl zweier Enchytraeiden Arten (*Oligochaeta: Enchytraeidae*). – *Acta. Zool. Acad. Sci. Hung.* XXII. 1-2: 5-28.
- DRIFT, J. v. d. (1949): De bodenfauna in onze bossen. – *Nederlands Boschbouw Tijdschr.* 21: 31-43 und 67-76.
- DRIFT, J. v. d. (1951): Analysis of the animal community in a beech forest floor. – *Tijdschr. Ent.*, 94: 1-168.
- DRIFT, J. v. d. and WITKAMP, M. (1960): The significance of the break-down of oak litter by *Enoicyla pusilla* Burm. – *Arch. neerl. Zool.* 13: 486-492.
- DUDICH, E.; BALOGH, J. und LOKSA, J. (1952): Produktionsbiologische Untersuchungen über die Arthropodenfauna der Waldböden. – *Acta. Biol. Hung.* 3: 295-317.
- DUNGER, W. (1958 a): Über die Zersetzung der Laubstreu durch die Boden-Macrofauna im Auenwald. – *Zool. Jahrb. Syst. Ökol.* 86: 130-180.
- DUNGER, W. (1958 b): Über die Veränderung des Fallaubs im Darm von Bodentieren. – *Z. Pflanzenern. Düngung und Bodenkd.* 82: 174-193.
- DUNGER, W. (1962): Methoden zur vergleichenden Auswertung von Fütterungsversuchen in der Bodenbiologie. – *Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz* 37: 143-162.
- DUNGER, W. (1978): Parameter der Bodenfauna in einer Catena von Rasen-Ökosystemen. – *Pedobiologia* 18: 310-340.
- DUNGER, W.; DUNGER, J.; ENGELMANN, H. D. und SCHNEIDER, R. (1972): Untersuchungen zur Langzeitwirkung von Industrie-Emissionen auf Vegetation und Bodenfauna des Neitzetales bei Ostritz/Oberlausitz. – *Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz* 47: 1-40.

- DUNGER W. und STEINMETZGER, K. (1981): Ökologische Untersuchungen an Diplopoden einer Rasen-Wald-Catena im Thüringer Kalkgebiet. – Zool.Jb.Syst. 108: 519-553.
- EDWARDS, C. A. (1974): Macroarthropods. – In: Biology of plant litter decomposition, DICKINSON, C. H. and PUGH, G. J. F. (Eds.) Academic Press, London and New York: 533-554.
- EDWARDS, C. A. and FLETCHER, K. E. (1971): A comparison of extraction methods for terrestrial arthropods. – In: Phillipson, J.: Quantative Soil Ecology, IBP Handbook No. 18: 150-186.
- EDWARDS, C. A. and HEATH, G. W. (1963): The role of soil animals in breakdown of leaf material. – In: Soil organisms, DOEKSEN, J. and v. d. DRIFT, J. (Eds.), Amsterdam: 76-84.
- EDWARDS, C. A. and LOFTY, J. R. (1977): Biology of earthworms, Chapman and Hall, London, 333 S.
- ELLENBERG, H. (1978): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht, 2. Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart.
- ENDERS, G. (1979): Theoretische Topoklimatologie. – Nationalpark Berchtesgaden, Forschungsberichte 1, 92 S.
- ENGLEMANN, M. D. (1968): The role of soil arthropods in community energetics. – Am.Zool. 8: 61-69.
- ESTERBAUER, H.; GRILL, D. und BECK, G. (1975): Untersuchungen über Phenole in Nadeln von *Picea abies*. – Phytion (Austria) 17 (1-2): 87-99.
- FRANZ, H.; LEITENBERGER, L. (1948): Biologisch-chemische Untersuchungen über Humusbildung durch Bodentiere. – Österr. Zool.Z. 1: 498-518.
- GEOFFROY, J.-J. (1981): Études d'un écosystème forestier mixte. V.-Traits généraux du peuplements de diplopodes éda-phiques. – Rev.Écol.Biol.Sol. 18(3): 357-372.
- GERE, G. (1956): The examination of the feeding biology and the humificative function of diplopoda and isopoda. – Acta Biol. Hung. 6: 257-271.
- GERE, G. (1962 a): Ernährungsbiologische Untersuchungen an Diplopoden. – Acta.Zool.Hung. 8: 25-38.
- GERE, G. (1962 b): Nahrungsverbrauch der Diplopoden und Iso-poden in Freilanduntersuchungen. – Acta.Zool.Hung. 8: 384-412.
- GHILAROV, M. S. (1963): On the interrelations between soil dwelling invertebrates and soil microorganisms. – In: Soil organisms, DOEKSEN, J. and v. d. DRIFT, J. (Eds.), Amsterdam: 255-259.
- GHILAROV, M. S. (1971): Invertebrates which destroy the forest litter and ways to raise their activity. – In: Productivity of forest ecosystems, ecology and conversation, 4, DUVIGNEAUD, P. (Ed.), Proc.Brüssel symp., 1969, Paris-UNESCO: 433-442.
- GHILAROV, M. S. (1979): Soil fauna of brown soil in the Caucasus beech and fir mixed forests and some other communities. – Pedobiologia 19: 408-424.
- GORHAM, E. and SANGER, J. (1967): Caloric values of organic matter in woodland, swamp and lake soils. – Ecology 48: 492-494.
- HANLON, R. D. G. and ANDERSON, J. M. (1979): The effects of collembola grazing on microbial activity in decomposing leaf litter Oecologia 38: 93-99.
- HANLON, R. D. G. and ANDERSON, J. M. (1980): Influence of macroarthropod feeding activities on microflora in decomposing oak leaves. – Soil Biol.Biochem. Vol. 12: 255-261.
- HENSLER, J. und THALER, K. (1980): Über einige subalpine Diplopoden des Silltales (Nordtirol, Österreich). – Ber.nat.-med. Ver.Innsbruck, Bd. 67: 95-102.
- HERLITZIUS, R. und HERLITZIUS, H. (1977): Streuabbau in Laubwäldern – Untersuchungen in Kalk- und Sauerhumusbuchenwäldern. – Oecologia 30: 147-171.
- HOFFMANN, R. L. (1979): Classification of the diplopoda. – Muséum D'Histoire Naturelle, Genève 1979, 237 S.
- HUBBEL, S. P.; SIKORA, A. and PARIS, O. H. (1965): Radiotracer, gravimetric and calorimetric studies of ingestion rates and assimilation rates of an isopod. – Health Physics Vol. 11: 1485-1501.
- KEMPSON, D.; LLOYD, M.; GHELARDI, R. (1963): A new extractor for woodland litter. – Pedobiologia Bd. 3: 1-21.
- KITAZAWA, Y. (1971): Biological regionality of the soil fauna and its function in forest ecosystems types. – In: Productivity of forest ecosystems, ecology and conservation, 4, DUVIGNEAUD, P. (Ed.), Proc.Brüssel symp., 1969, Paris-UNESCO: 485-498.
- KOKHIYA, M. S. (1983): An estimate of the role of diplopods of the transcaucasian terrace forests in biological turnover. – Zool. Zh. 62(9): 1425-1428. (in Russisch mit englischer Zusammenfassung)
- KOWAL, N. E. and CROSSLEY, D. A. (1971): The ingestion rates of microarthropods in pine mor estimated with radioactive calcium. – Ecology 52 (3): 444-452.
- KÜHNELT, W. (1950): Bodenbiologie mit besonderer Berücksichtigung der Tierwelt. – Herold Verlag, Wien: 368 S.
- KURCHEVA, G. F. (1964): Wirbellose Tiere als Faktor der Zersetzung von Waldstreu. – Pedobiologia Bd. 4: 7-30.
- LAWTON, J. H. (1970): Feeding and food energy assimilation in larvae of the damselfly *Phyrrhosoma nymphula* (Sulz.) (Odonata: Zygoptera). – J.Anim.Ecol. 39: 669-689.
- LIPPERT, W. (1966): Die Pflanzengesellschaften des Naturschutzgebietes Berchtesgaden. – Ber. der Bayr.Bot.Ges. 39: 67-122.
- LOKSINA, I. E. (1964): Die Diplopoden in den Waldböden der Belovezskaja Pusca. – Pedobiologia Bd. 4: 299-309. (in Russisch mit deutscher Zusammenfassung).
- LOUSIER, J. D. and PARKINSON, D. (1976): Litter decomposition in a cool temperate deciduous forest. – Can.J.Bot. 54: 419-436.
- LUNDKVIST, H. (1978): The influence of soil fauna on decomposition of pine needle litter; a field experiment. – Swed. Coniferous For.Proj.;techn.Rep. 18.
- LUXTON, M. (1972): Studies on the oribatid mites of a Danish beech wood soil. I. Nutritional biology. – Pedobiologia 12: 434-463.
- LUXTON, M. (1981): Studies on the oribatid mites of a Danish beech wood soil. VII. Energy budgets. – Pedobiologia 22(2): 77-111.
- LYFORD, W. H. (1943): The palatability of freshly fallen tree leaves to millipedes. – Ecology 24(2): 252-261.
- MACFADYEN, A. (1969): Techniques for population metabolism studies of soil mites. – In: Proc.2nd.Int.Congr.Acarology, Sutton Bonington 1967: 565-571.
- MARCUZZI, G. (1970): Experimental observations on the role of *Glomeris* spp. (Myriapoda: Diplopoda) in the process of humification of litter. – Pedobiologia Bd.10: 401-406.
- MARCUZZI, G. and TURCHETTO LAFISCA, M. (1976): Contribute to the knowlegde of digestive enzymes of some litter feeding animals. Oligosaccharases. – Rev.Ecol.Biol.Sol 13(3): 449-458.

- MARCUZZI, G. and TURCHETTO LAFISCA, M. (1978): Contribution to the knowledge of polysaccharases in soil animals. – *Rev. Ecol.Biol.Sol* 15(2): 135-145.
- MASON, C.F. (1970): Food, feeding rates and assimilation in woodland snails. – *Oecologia* 4: 358-373.
- MAYER, H. (1959): Waldgesellschaften der Berchtesgadener Kalkalpen. *Mittl. Staatsforstverwaltung Bayern* 30: 164-219.
- MAYER, H. (1961): Märchenwald und Zauberwald im Gebirge. Zur Beurteilung des Block-Fichtenwaldes. – *Jahrb.Ver.Schutz Alpenpfl. u. -tiere* 26: 22-37.
- MAYER, H. (1974): Wälder des Ostalpenraumes, Gustav Fischer Verlag Stuttgart, 344 S.
- MCBRAYER, J.F. (1973): Exploitation of deciduous leaf litter by *Apheloria montana* (Diplopoda:Eurydesmidae). – *Pedobiologia* 13: 90-98.
- MCBRAYER, J.F. and REICHLE, D.E. (1971): Trophic structure and feeding rates of forest soil invertebrate populations. – *Oikos* 22(3): 381-388.
- MCBRAYER, J.F.; FERRIS, J.M.; METZ, L.J.; GHIST, C.S.; CORNABY, B.W.; KITAZAWA, Y.; KITAZAWA, T.; WERNZ, J.G.; KRANTZ, G.W. and JENSEN, H. (1977): Decomposer invertebrate populations in U.S. forest biomes. – *Pedobiologia*, Bd. 17: 89-96.
- MEUSEL, H.; JÄGER, E. und WEINERT, E. (1965): Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora, Gustav Fischer Verlag Jena.
- MICHAELIS, H. (1983): Rechnergesteuerte Mikrobomben-Kalorimetrie mit Hilfe eines Kleincomputers. *Verh.Ges.f.Ökologie*, Bremen 1983 – im Druck.
- MIKOLA, P. (1954): Experiments on the rate of decomposition on forest litter. – *Comm.Inst.Forest.Fenniae* 43 : 1.
- MIKOLA, P. (1960): Comparative experiments on decomposition rates of forest litter in southern and northern finland. – *Oikos* 11 (1): 161-166.
- MINDERMANN, G. and DANIELS, L. (1967): Colonisations of newly fallen leaves by microorganisms. – In: *Progress in soil biology*, GRAFF, O. and SATCHELL, J.E. (Eds.), Amsterdam: 3-9.
- MITCHELL, M.J. (1979): Energetics of oribatid mites (Acari: Cryptostigmata) in an aspen woodland soil. – *Pedobiologia* 19: 89-98.
- MORITA, H. (1980): Total phenolic content in the pyrophosphate extracts of two peat soil profiles. – *Can.J.Soil.Sci.* 60: 291-297.
- NEUHAUSER, E.F. and HARTENSTEIN, R. (1978): Phenolic content and palatability of leaves and wood to soil isopods and diplopods. – *Pedobiologia* Bd. 18: 99-109.
- PARKINSON, D. (1977): Consumption and decomposition of organic residue in soil. – In: *The belowground ecosystem*, MARSHALL, J.K. (Ed.), Fort Collins, Colorado: 249-256.
- PEDROLI-CHRISTEN, A. (1981): Étude des peuplements de diplopodes dans six associations forestières du jura et du plateau Suisse (région Neuchateloise). – *Bull.Soc.Neuchatel Sci:Nat.* 104: 89-106.
- PETERSON, H. and LUXTON, M. (1982): A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. – *Oikos* 39(3): 287-388.
- PETRUSEWICZ, K. and MACFADYEN, A. (1970): Productivity of Terrestrial animals, principals and methods. – *IBP Handbook* No. 13, 190 S.
- PFETTEN, J. (1925): Beiträge zur Kenntnis der Fauna der Waldstreu – Fichtenstreu Untersuchungen. – *Z.Angew.Entom.* 11: 35-54.
- PERSON, D.A. (1980): The role of invertebrate in the fungi colonization of leaf litter. – In: *Soil biology as related to land use practices*, DINDAL, D.C. (Ed.), Washington: Office of Pesticide and Toxic Substances.
- PHILLIPSON, J. (1964): A miniature bomb calorimeter for small biological samples. – *Oikos* 15:1: 130-139.
- POBOZSNY, M. (1978): Nahrungsansprüche einiger Diplopoden- und Isopoden-Arten in mesophilen Laubwäldern Ungarns. – *Acta Zool.Acad.Sci.Hung.* XXIV, 3-4: 397-406.
- PRIESNER, E. (1961): Nahrungswahl und Nahrungsverarbeitung bei der Larve von *Tipula maxima*. – *Pedobiologia* Bd. 1: 25-37.
- REICHLE, D.E. (1968): Relation of body size to food intake, oxygen consumption and trace element metabolism in forest floor arthropods. – *Ecology* 49: 538-542.
- REICHLE, D.E. (1969): Energy and nutrient metabolism of soil and litter invertebrates. – In: *Productivity of forest ecosystems, ecology and conservation*, DUVIGNEAUD, P. (Ed.), Paris, UNESCO 1971: 465-477.
- REICHLE, D.E. (1977): The role of invertebrates in nutrient cycling. – In: *Soil organisms as components of ecosystems* LOHM, U. and PERSSON, T. (Eds.), *Ecological Bulletins* 25: 145-154.
- REYES, V.G. and TIEDJE, J.M. (1973): Metabolism of <sup>14</sup>C-uniformly labelled organic materials by woodlice (Isopod: Oniscoidea) and soil microorganisms. – *Soil Biol.Biochem.* Vol. 5: 603-611.
- ROMELL, L.G. (1935): An example of myriapods as mull formers. – *Ecology* 16: 67-71.
- SACHS, L. (1979): *Statistische Methoden*, 4. Aufl.; Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York: 105 S.
- SACHS, L. (1984): *Angewandte Statistik – Anwendung statistischer Methoden*. – 6. Auflage, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer 1984, 552 S.
- SAKWA, W.N. (1974): A consideration of the chemical basis of food preference in millipedes. – *Symp. zool.Soc.Lond.* No. 32: 329-346.
- SATCHELL, J.E. (1962) Some aspects of earthworm ecology. – In: *Soil Zoology*, KEVAN, D.K. (Ed.), London: 180-201.
- SATCHELL, J.E. (1963): Nitrogen turnover by woodland populations of *Lumbricus terrestris*. – In: *Progress in soil biology*, GRAFF, O. and SATCHELL, J.E. (Eds.), Amsterdam: 102-119.
- SATCHELL, J.E. (1974): *Litter-Interface of Animate/Inanimate Matter*. – *Biology of plant litter decomposition*, DICKINSON, C.H. and PUGH, G.J.F. (Eds.), Academic Press London: XIII-XLIV.
- SATCHELL, J.E. and LOEWE, D.G. (1967): Selection of leaf litter by *Lumbricus terrestris*. – In: *Progress in soil biology*, GRAFF, O. and SATCHELL, J.E. (Eds.), Braunschweig: 102-119.
- SCHAEFER, M. (1982): Zur Funktion der saprophagen Bodentiere eines Kalkbuchenwaldes: ein langfristiges Untersuchungsprogramm im Göttinger Wald. – *Drosera* 82(1): 75-84.
- SCHALLER, F. (1950): Biologische Beobachtungen an humusbildenden Bodentieren, insbes. Collembolen. – *Zool.Jb.Syst.* 78: 506-525.
- SCHEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. (1982): *Lehrbuch der Bodenkunde*, 11. Aufl., Enke Verlag, Stuttgart: 442 S.

- SCHINNER, F. (1982): Soil microbial activities and litter decomposition related to altitude. — *Plant and Soil* 65: 87-94.
- SCHLICHTING, E. und BLUME, H.-P. (1966): *Bodenkundliches Praktikum*, Hamburg, Berlin, 266 S.
- SCHMIDT, H. (1952): Nahrungswahl und Nahrungsverarbeitung bei Diplopoden (Tausendfüßlern). — *Mitt.Naturwiss.Ver. Steiermark* 81/82: 42-66.
- SCHUBART, O. (1934): Tausendfüßler oder Myriapoda. I: Diplopoda. In: DAHL, F.: *Die Tierwelt Deutschlands* 28. Teil, Jena 1934, 318 S.
- SCHWERDTFEGGER, F. (1975): *Ökologie der Tiere*. Bd III Synökologie. — Hamburg, Berlin 1975, 451 S.
- SEASTEDT, T.R. (1984): The role of microarthropods in decomposition and mineralisation processes. — *Ann.Rev.Entomol.* 29: 25-46.
- SEASTEDT, T.R.; CROSSLEY, D.A.; MEENTEMEYER, JR.V.; WAIDE, J.B. (1983): A two-year study of leaf litter decomposition as related to macroclimate factors and microarthropod abundance in the southern Appalachians. — *Holarctic Ecology* 6: 11-16.
- SOMA, K. and SAITO, T. (1983): Ecological studies of soil organisms with references to the decomposition of pine needles. II.-Litter feeding and breakdown by the woodlouse, *Porcellio scaber*. — *Plant and Soil* 75: 139-151.
- SOMASUNDARAM, P. and CHOCKALINGAM, S. (1981): Influence of food quality and its utilization in millipede, *Spirostreptus asthenus*. — *Geobios* 8: 49-51.
- SOUTHWOOD, T.R.E. (1978): *Ecological methods*, 2nd edition, London and New York: 524 S.
- STRAUCH, L. (1965): Ultramikro-Methode zur Bestimmung des Stickstoffes in biologischem Material. — *Z.Klin.Chemie/3. Jahrgang* 1965/Heft 5: 165-167.
- STRIGANOVA, B.R. (1967): Über die Zersetzung von überwintertem Laubstreu durch Tausendfüßler und Landasseln. — *Pedobiologia* 7: 125-134.
- STRIGANOVA, B.R. (1969): Distribution of diplopoda in mixed forests of the north caucasus and their participation in the decomposition of leaf litter. — *Zool.Zh.* 48: 1623-1628 (in Russisch mit englischer Zusammenfassung).
- STRIGANOVA, B.R. (1971): Significance of diplopod activity in leaf litter decomposition. — In: *Organisms du sol et production primaire, IV Colloquium pedobiologiae*, Dijon, Inst.Nation.Rech. Agr. Ann.Zool. — *Écol.animale I.N.R.A.*, Publ. 71-7, Paris: 409-415.
- STRIGANOVA, B.R. (1972): Effect of temperature on the feeding activity of *Sarmatiulus kessleri* (Diplopoda). — *Oikos* 23: 197-199.
- STRIGANOVA, B.R. (1975): Dispersion patterns of diplopods and their activity in the litter decomposition in the Carpathian foothills. — In: *Progress in soil zoology*, Dr. W. JUNK (Ed.) B.V. Academia, Prag: 167-172.
- STRIGANOVA, B.R. (1976): Influence of temperature on the consumption and assimilation of food in invertebrates inhabiting forest litter. — *Ekologiya* 5: 79-84.
- STRIGANOVA, B.R. and MAZANTSEVA, G.P. (1979): Age and size structure of a population of *Pachyiulus foetidissimus* (Diplopoda) in the Caucasus. — *Oikos* 32: 416-421.
- STRIGANOVA, B.R. and VALIACHMEDOV, B.V. (1976): Beteiligung bodenbewohnender Saprophagen an der Zersetzung der Laubstreu in Pistazienwäldern. — *Pedobiologia* Bd. 16: 219-227.
- STRIGANOVA, B.R.; SAMEDOV, N.G. and LONGINOVA, N.G. (1981): The quantitative estimation of wood lice (*Armadillidium vulgare* Latr.) role in decomposition of plant remains and in migration of ash-elements in semi-desert. — *Zh.Obschch.Biol.* 42(4): 528-532 (in Russisch mit englischer Zusammenfassung).
- SWIFT, M.J.; HEAL, O.W. and ANDERSON, J.M. (1979): *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. — Oxford: Blackwell Sci.: 372 S.
- THIELE, H.-U. (1959): Experimentelle Untersuchungen über die Abhängigkeit bodenbewohnender Tierarten vom Kalkgehalt des Standortes (mit besonderer Berücksichtigung der Diplopoden). — *Z.angew.Ent.* 44(1): 1-21.
- THOMAS, J.O.M. (1979): An energy budget for woodland populations of oribatid mites. — *Pedobiologia* 19: 346-378.
- TOPP, W. (1981): *Biologie der Bodenorganismen, Quelle und Meyer (UTB)*, Heidelberg: 224 S.
- ULLRICH, A.T. (1933): *Die Makrofauna der Waldstreu*. I und II. — *Mitt. Forstwirtsch.Forstwiss.*: 1-41 und 283-323.
- VERSFELD, D.B. (1981): Litter fall and decomposition in stands of mature *Pinus radiata*. — *S.Afr.For.J.* 116: 40-50.
- VOLZ, P. (1954): Über die Rolle der Tierwelt in Waldböden, besonders beim Abbau der Fallstreu. — *Z.Pflanzenernaehr., Düngung und Bodenkde.* 64: 230-237.
- WALDBAUER, G.P. (1969): The consumption and utilization of food by insects. — *Adv.Insect Physiol.* 5: 229-282.
- WEBB, N.R. and ELMES, G.W. (1972): Energy budget for adult *Steganacarus magnus* (Acari). — *Oikos* 23: 359-365.
- WHITE, J.J. (1968): Bioenergetics of the woodlouse *Tracheoniscus rathkei* Brandt in relation to litter decomposition in a deciduous forest. — *Ecology* 49(4): 694-704.
- WIEGERT, R.G. (1965): Energy dynamics of the grasshopper populations in old field and alfalfa field ecosystems. — *Oikos* 16: 161-176.
- WILL, G.M. (1967): Decomposition of *Pinus radiata* litter on the forest floor. — *N.Z.Jl.Sci.* 10: 1030-1044.
- WITKAMP, M. (1971): Forest soil microflora and mineral cycling. — In: *Productivity of forest ecosystems, ecology and conservation*, 4, DUVIGENAUD, P. (Ed.), Proc.Brüssel symp., 1969, Paris-UNESCO: 413-424.
- WITTICH, W. (1953): Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung auf einem Boden mit starker Regenwurmtätigkeit. — *Schrift.d.Forstl.Fak.d.Univ.Göttingen u. Mitt. d. Niedersächs. Forstl.Versuchsanstalt*: 3-33.
- WOOTEN, R.C. and CRAWFORD, C.S. (1975): Food, ingestion rates, and assimilation in the desert millipede *Orthoporus ornatus* (Girard) (Diplopoda). — *Oecologia* 20: 231-236.

---

## Anhang

---

Tab. 16: Mittlere Monatstemperaturen und Niederschlagssummen 1982/83  
 der Wetterstation Reuschberg (1640 m)  
 (Werte des Deutschen Wetterdienstes)

1982													
Monat	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	$\bar{x}$ bzw. Summe
Mittl. $T_{max}$ (°C)	0.6	0.6	1.6	1.8	10.4	14.5	17.5	15.4	16.2	9.6	6.6	1.3	8.0
Mittl. $T_{min}$ (°C)	-4.9	-5.7	-4.6	-3.3	3.1	7.3	9.6	8.5	9.1	3.4	0.5	-4.6	1.5
$\frac{T_{max} + T_{min}}{2}$ (°C)	-2.2	-2.6	-1.5	-0.8	6.8	10.9	13.6	11.9	12.7	6.5	3.6	-1.7	4.8
Niederschlags- summe (mm)	302	33	148	124	136	220	244	178	76	113	72	157	1821

1983													
Monat	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	$\bar{x}$ bzw. Summe
Mittl. $T_{max}$ (°C)	1.8	-2.9	2.5	6.6	10.5	13.9	20.3	15.2	14.2	10.0	5.2	2.1	8.3
Mittl. $T_{min}$ (°C)	-3.7	-9.4	-3.3	0.4	2.3	6.9	12.0	8.5	6.0	2.4	-1.4	-4.7	1.3
$\frac{T_{max} + T_{min}}{2}$ (°C)	1.0	-6.2	-0.4	3.5	6.4	10.4	16.2	11.9	10.1	6.2	1.9	-1.3	5.0
Niederschlags- summe (mm)	216	101	89	170	123	335	64	247	124	130	119	134	1852

Tab. 17: Artenliste der Pflanzen der HFLW  
(die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit)

1. *Larix decidua* Mill.
2. *Picea abies* (L.) Karst.
3. *Pinus cembra* L.
4. *Abies spec.*
5. *Fagus sylvatica* L.
6. *Sorbus aucuparia* L.
7. *Rhododendron hirsutum* L.
8. *Vaccinium myrtillus* L.
9. *V. vitis-idaea* L.
10. *Clematis alpina* (L.) Mill.
11. *Epilobium montanum* L.
12. *Gentiana pannonica* Scop.
13. *Veratrum album* L.
14. *Senecio fuchsii* C. Gmel.
15. *Pinguicula alpina* L.
16. *Oxalis acetosella* L.
17. *Polypodium vulgare* L.
18. *Asplenium viride* Huds.
19. *Dryopteris filix-mas* (L.) Schrott
20. *Athyrium filix-femina* (L.) Roth
21. *Lycopodium annotinum* (L.)
22. *Hyloconium splendens* (Hedw.) Br. eur.
23. *Bryum capillare* L. ap. Hedw.
24. *Dicranum spec.*
25. *Sphagnum spec.*
26. *Cladonia ecmoncyca* Nyl.
27. *C. rangiferina* (L.) Web.
28. *C. impexa* Harm.
29. *C. squamosa* (Scop.) Hoffm.
30. *C. furcata* (Huds.) Schrod.
31. *C. pyxidata* (L.) Fr.
32. *Cetraria islandica* (L.) Ach.
33. *Peltigera aphthosa* (L.) Willd.
34. *Pseudoevernium furfuracea* (L.) Zopf.
35. *Evernia divaricata* (L.) Ach.

DECOMPOSITIONSRATE LAERCHE LABOR 15 C 90 d /FREILAND 91 d  
ONE WAY ANALYSIS OF COVARIANCE

Factor A : LABOR(1)/FREILAND(2)  
Response (Y): % OF INITIAL WEIGHT  
Covariate (X): DAYS

Filename: DECLA6

CORRECTED SUM OF SQUARES

Source of Variation	DF	SSX	SSXY	SSY
Between	1	8016.2994	-1470.9108	269.8974
Within	95	6.68E+004	-7050.0933	923.3744
Total	96	7.48E+004	-8521.0040	1193.2718

ANALYSIS OF VARIANCE (UNADJUSTED Y'S)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
Between	269.8974	1	269.8974	27.7690	0.000
Within	923.3744	95	9.7197		
Total	1193.2718	96			

ANALYSIS OF VARIANCE (ADJUSTED Y'S)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
Between	43.4358	1	43.4358	22.8124	0.000
Within	178.9001	94	1.9040		
Total	222.4159	95			

	F	DF	Sig. Level
F Test for Common Slope	0.5312	1,93	0.468
F Test for Single Regression	22.8124	1,94	0.000
F Test for Significance of Covariate Assuming Common Slope	390.9545	1,94	0.000

UMSATZRATE LEPTOIULUS NORICUS/LAERCHE HFLW 5, 10, 15 + 20 C  
 ONE WAY COMPLETELY RANDOMIZED  
 ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Filename: NOLAEGESTR  
 Factor A: TEMP.(1=5,2=10,3=15,4=20 C)  
 Response: CI (mg/g/d)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
A	1.014	3	0.338	12.464	0.000
Error	2.386	88	0.027		
Total	3.400	91			

Bartlett's Test of Homogeneous Variances

F	Numerator DF	Denominator DF	Significance Level
1.858	3.000	12616.802	0.134

UMSATZRATE LEPTOIULUS NORICUS/LAERCHE HFLW 5, 10, 15 + 20 C  
 ONE WAY COMPLETELY RANDOMIZED  
 ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Filename: NOLAEGESTR  
 Factor A: TEMP.(1=5,2=10,3=15,4=20 C)  
 Response: CQ (%)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
A	0.950	3	0.317	12.893	0.000
Error	2.161	88	0.025		
Total	3.110	91			

Bartlett's Test of Homogeneous Variances

F	Numerator DF	Denominator DF	Significance Level
2.257	3.000	12616.802	0.079

UMSATZRATE LEPTOIULUS NORICUS/LAERCHE HELW 5, 10, 15 + 20 C  
ONE WAY ANALYSIS OF COVARIANCE

Factor A : TEMP.(1=5,2=10,3=15,4=20 C)      Filename: NOLAEGESTR  
Response (Y): CI (mg/g/d)  
Covariate (X): Mittl. Gewicht Tier (mg)

CORRECTED SUM OF SQUARES				
Source of Variation	DF	SSX	SSXY	SSY
Between	3	138.1775	-8.5153	1.0139
Within	88	1.51E+005	-209.2665	2.3862
Total	91	1.51E+005	-217.7818	3.4001

ANALYSIS OF VARIANCE (UNADJUSTED Y'S)					
Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
Between	1.0139	3	0.3380	12.4643	0.000
Within	2.3862	88	0.0271		
Total	3.4001	91			

ANALYSIS OF VARIANCE (ADJUSTED Y'S)					
Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
Between	0.9901	3	0.3300	13.6987	0.000
Within	2.0961	87	0.0241		
Total	3.0862	90			

	F	DF	Sig. Level
F Test for Common Slope	0.7244	3,84	0.539
F Test for Single Regression	13.6987	3,87	0.000
F Test for Significance of Covariate Assuming Common Slope	12.0399	1,87	0.001

LEVEL	NUMBER	COVARIATE MEAN	RESPONSE MEAN	RESPONSE MEAN(ADJ)
1	19	86.4014	1.2395	1.2399
2	25	87.2966	1.3399	1.3416
3	30	84.4119	1.5202	1.5179
4	18	87.0185	1.4169	1.4181

Pooled Slope: -0.001386

LEVEL	INTERCEPT	SLOPE	INTERCEPT (POOLED SLOPE)
1	1.3433	-0.0012	1.3593
2	1.4828	-0.0016	1.4610
3	1.6811	-0.0019	1.6372
4	1.4426	-0.0003	1.5375

UMSATZRATE LEPTOIJULUS NORICUS/LAERCHE HELW 5, 10, 15 + 20 C  
ONE WAY ANALYSIS OF COVARIANCE

Factor A : TEMP.(1=5,2=10,3=15,4=20 C)                      Filename: NOLAEGESTR  
Response (Y): CQ (%)  
Covariate (X): Mittl. Gewicht Tier (mg)

CORRECTED SUM OF SQUARES				
Source of Variation	DF	SSX	SSXY	SSY
Between	3	138.1775	-210.9889	570.2319
Within	88	1.51E+005	1137.2532	1347.3401
Total	91	1.51E+005	916.2643	1917.5720

ANALYSIS OF VARIANCE (UNADJUSTED Y'S)					
Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
Between	570.2319	3	190.0773	12.4147	0.000
Within	1347.3401	88	15.3107		
Total	1917.5720	91			

ANALYSIS OF VARIANCE (ADJUSTED Y'S)					
Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
Between	573.0930	3	191.0310	12.4127	0.000
Within	1338.9231	87	15.3899		
Total	1912.0161	90			

	F	DF	Sig. Level
F Test for Common Slope	0.4980	3,84	0.684
F Test for Single Regression	12.4127	3,87	0.000
F Test for Significance of Covariate Assuming Common Slope	0.5469	1,87	0.462

UMSATZRATE LEPTOIULUS NORICUS/LAERCHE HELW 5, 10, 15 + 20 C  
 ONE WAY COMPLETELY RANDOMIZED  
 ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Filename: NOLAEGESTR  
 Factor A: TEMP.(1=5,2=10,3=15,4=20 C)  
 Response: AD (%)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
A	1325.261	3	441.754	7.840	0.000
Error	4958.612	88	56.348		
Total	6283.872	91			

Bartlett's Test of Homogeneous Variances

F	Numerator DF	Denominator DF	Significance Level
0.651	3.000	12616.802	0.581

UMSATZRATE ENANTIULUS NANUS/LAERCHE HELW 5, 10, 15 + 20 C  
 ONE WAY COMPLETELY RANDOMIZED  
 ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Filename: NALAEGESTR  
 Factor A: Temp.(1=5,2=10,3=15,4=20 C)  
 Response: AD (%)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
A	8432.861	3	2810.954	17.362	0.000
Error	18132.801	112	161.900		
Total	26565.662	115			

Bartlett's Test of Homogeneous Variances

F	Numerator DF	Denominator DF	Significance Level
2.380	3.000	21555.762	0.067

UMSATZRATE ENANTIULUS NANUS/LAERCHE HFLW 5, 10, 15 + 20 C  
 ONE WAY COMPLETELY RANDOMIZED  
 ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Filename: NALAEGESTR  
 Factor A: Temp.(1=5,2=10,3=15,4=20 C)  
 Response: CI (mg/g/d)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
A	5.547	3	1.849	57.885	0.000
Error	3.577	112	0.032		
Total	9.124	115			

Bartlett's Test of Homogeneous Variances

F	Numerator DF	Denominator DF	Significance Level
1.284	3.000	21555.762	0.277

UMSATZRATE ENANTIULUS NANUS/LAERCHE HFLW 5, 10, 15 + 20 C  
 ONE WAY COMPLETELY RANDOMIZED  
 ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Filename: NALAEGESTR  
 Factor A: Temp.(1=5,2=10,3=15,4=20 C)  
 Response: CQ (%)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
A	1812.155	3	604.052	55.960	0.000
Error	1208.958	112	10.794		
Total	3021.114	115			

Bartlett's Test of Homogeneous Variances

F	Numerator DF	Denominator DF	Significance Level
0.961	3.000	21555.762	0.409

UMSATZRATE ENANTIULUS NANUS/LAERCHE HELW 5, 10, 15 + 20 C  
ONE WAY ANALYSIS OF COVARIANCE

Factor A : Temp.(1=5,2=10,3=15,4=20 C)                      Filename: NALAEGESTR  
Response (Y): CI (mg/g/d)  
Covariate (X): Mittl.Gewicht Tier (mg)

CORRECTED SUM OF SQUARES

Source of Variation	DF	SSX	SSXY	SSY
Between	3	21.4919	-2.5046	5.5467
Within	112	511.8340	-15.7583	3.5774
Total	115	533.3259	-18.2629	9.1241

ANALYSIS OF VARIANCE (UNADJUSTED Y'S)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
Between	5.5467	3	1.8489	57.8848	0.000
Within	3.5774	112	0.0319		
Total	9.1241	115			

ANALYSIS OF VARIANCE (ADJUSTED Y'S)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
Between	5.4065	3	1.8022	64.6911	0.000
Within	3.0922	111	0.0279		
Total	8.4987	114			

	F	DF	Sig. Level
F Test for Common Slope	2.3875	3,108	0.072
F Test for Single Regression	64.6911	3,111	0.000
F Test for Significance of Covariate Assuming Common Slope	17.4158	1,111	0.000

LEVEL	NUMBER	COVARIATE MEAN	RESPONSE MEAN	RESPONSE MEAN (ADJ)
1	28	8.0959	1.2802	1.2790
2	23	8.9607	1.6570	1.6824
3	32	7.7460	1.8314	1.8194
4	33	7.9675	1.7918	1.7867

Pooled Slope: -0.030788

LEVEL	INTERCEPT	SLOPE	INTERCEPT (POOLED SLOPE)
1	1.1809	0.0123	1.5294
2	2.0283	-0.0414	1.9329
3	2.1627	-0.0428	2.0699
4	2.0511	-0.0325	2.0371

UMSATZRATE ENANTIULUS NANUS/LAERCHE HELW 5, 10, 15 + 20 C  
ONE WAY ANALYSIS OF COVARIANCE

Factor A : Temp.(1=5,2=10,3=15,4=20 C)  
Response (Y): CQ (%)  
Covariate (X): Mittl.Gewicht Tier (mg)

Filename: NALAEGESTR

CORRECTED SUM OF SQUARES				
Source of Variation	DF	SSX	SSXY	SSY
Between	3	21.4919	-53.8868	1812.1555
Within	112	511.8340	-172.7836	1208.9580
Total	115	533.3259	-226.6704	3021.1135

ANALYSIS OF VARIANCE (UNADJUSTED Y'S)					
Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
Between	1812.1555	3	604.0518	55.9604	0.000
Within	1208.9580	112	10.7943		
Total	3021.1135	115			

ANALYSIS OF VARIANCE (ADJUSTED Y'S)					
Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
Between	1774.1455	3	591.3818	57.0499	0.000
Within	1150.6301	111	10.3660		
Total	2924.7757	114			

	F	DF	Sig. Level
F Test for Common Slope	1.9966	3,108	0.118
F Test for Single Regression	57.0499	3,111	0.000
F Test for Significance of Covariate Assuming Common Slope	5.6268	1,111	0.019

UMSATZRATE LEPTODIULUS SALTUVAGUS/LAERCHE HELW 5, 10, 15 + 20 C  
 ONE WAY COMPLETELY RANDOMIZED  
 ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Filename: SALAEGES  
 Factor A: TEMPERATUR  
 Response: CI (mg/g/d)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
A	8.395	3	2.798	30.602	0.000
Error	7.132	78	0.091		
Total	15.527	81			

Bartlett's Test of Homogeneous Variances

F	Numerator DF	Denominator DF	Significance Level
0.567	3.000	9689.857	0.636

UMSATZRATE LEPTODIULUS SALTUVAGUS/LAERCHE HELW 5, 10, 15 + 20 C  
 ONE WAY COMPLETELY RANDOMIZED  
 ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Filename: SALAEGES  
 Factor A: TEMPERATUR  
 Response: CQ (%)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
A	5.927	3	1.976	34.471	0.000
Error	4.470	78	0.057		
Total	10.397	81			

Bartlett's Test of Homogeneous Variances

F	Numerator DF	Denominator DF	Significance Level
0.589	3.000	9689.857	0.622



UMSATZRATE LEPTOJULUS SALTUVAGUS/LAERCHE HFLW 5, 10, 15 + 20 C  
ONE WAY ANALYSIS OF COVARIANCE

Factor A : TEMPERATUR

Filename: SALAEGES

Response (Y): CG (%)

Covariate (X): MITTL.GEWICHT TIER(mg)

CORRECTED SUM OF SQUARES

Source of Variation	DF	SSX	SSXY	SSY
Between	3	1.09E+004	-5376.5700	3357.4353
Within	78	3.79E+004	-2256.2698	2907.4064
Total	81	4.88E+004	-7632.8398	6264.8417

ANALYSIS OF VARIANCE (UNADJUSTED Y'S)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
Between	3357.4353	3	1119.1451	30.0245	0.000
Within	2907.4064	78	37.2744		
Total	6264.8417	81			

ANALYSIS OF VARIANCE (ADJUSTED Y'S)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
Between	2298.6583	3	766.2194	21.2745	0.000
Within	2773.2229	77	36.0159		
Total	5071.8812	80			

	F	DF	Sig. Level
F Test for Common Slope	0.3217	3,74	0.809
F Test for Single Regression	21.2745	3,77	0.000
F Test for Significance of Covariate Assuming Common Slope	3.7257	1,77	0.057

UMSATZRATE LEPTOIJULUS SALTIVAGUS/LAERCHE HELW 5, 10, 15 + 20 C  
 ONE WAY COMPLETELY RANDOMIZED  
 ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Filename: SALAEGES  
 Factor A: TEMPERATUR  
 Response: AD (%)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
A	1.282	3	0.427	8.502	0.000
Error	3.919	78	0.050		
Total	5.200	81			

Bartlett's Test of Homogeneous Variances

F	Numerator DF	Denominator DF	Significance Level
3.714	3.000	9689.857	0.011

UMSATZRATE ALLAIULUS PUNCTATUS/LAERCHE BI 5, 15 + 20 C  
 ONE WAY COMPLETELY RANDOMIZED  
 ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Filename: PULAEANOVA  
 Factor A: Temp.(1=5,2=10,3=15,4=20 C)  
 Response: CI (mg/g/d)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
A	1.298	2	0.649	10.319	0.000
Error	2.579	41	0.063		
Total	3.877	43			

Bartlett's Test of Homogeneous Variances

F	Numerator DF	Denominator DF	Significance Level
1.336	2.000	3197.617	0.259

UMSATZRATE ALLAIULUS PUNCTATUS/LAERCHE BI 5, 15 + 20 C  
 ONE WAY COMPLETELY RANDOMIZED  
 ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Filename: PULAEANOVA  
 Factor A: Temp.(1=5,2=10,3=15,4=20 C)  
 Response: CQ (%)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
A	602.164	2	301.082	13.437	0.000
Error	918.700	41	22.407		
Total	1520.864	43			

Bartlett's Test of Homogeneous Variances

F	Numerator DF	Denominator DF	Significance Level
1.223	2.000	3197.617	0.291

UMSATZRATE ALLAIULUS PUNCTATUS/LAERCHE BI 5, 15 + 20 C  
 ONE WAY ANALYSIS OF COVARIANCE

Factor A : Temp.(1=5,2=10,3=15,4=20 C)                      Filename: PULAEANOVA  
 Response (Y): CI (mg/q/d)  
 Covariate (X): Mittl.gewicht Tier (mg)

CORRECTED SUM OF SQUARES				
Source of Variation	DF	SSX	SSXY	SSY
Between	2	641.0435	-11.3378	1.2983
Within	41	5536.1122	-53.7296	2.5792
Total	43	6177.1557	-65.0674	3.8775

ANALYSIS OF VARIANCE (UNADJUSTED Y'S)					
Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
Between	1.2983	2	0.6491	10.3190	0.000
Within	2.5792	41	0.0629		
Total	3.8775	43			

ANALYSIS OF VARIANCE (ADJUSTED Y'S)					
Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
Between	1.1344	2	0.5672	11.0252	0.000
Within	2.0577	40	0.0514		
Total	3.1921	42			

	F	DF	Sig. Level
F Test for Common Slope	0.9173	2,38	0.405
F Test for Single Regression	11.0252	2,40	0.000
F Test for Significance of Covariate Assuming Common Slope	10.1365	1,40	0.003

UMSATZRATE ALLAIULUS PUNCTATUS/LAERCHE BI 5, 15 + 20 C  
 ONE WAY ANALYSIS OF COVARIANCE

Factor A : Temp.(1=5,2=10,3=15,4=20 C)                      Filename: PULAEANOVA  
 Response (Y): CQ (%)  
 Covariate (X): Mittl.gewicht Tier (mg)

CORRECTED SUM OF SQUARES

Source of Variation	DF	SSX	SSXY	SSY
Between	2	641.0435	-171.2993	602.1637
Within	41	5536.1122	-490.1651	918.7005
Total	43	6177.1557	-661.4644	1520.8641

ANALYSIS OF VARIANCE (UNADJUSTED Y'S)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
Between	602.1637	2	301.0818	13.4368	0.000
Within	918.7005	41	22.4073		
Total	1520.8641	43			

ANALYSIS OF VARIANCE (ADJUSTED Y'S)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
Between	574.7315	2	287.3658	13.1322	0.000
Within	875.3014	40	21.8825		
Total	1450.0330	42			

	F	DF	Sig. Level
F Test for Common Slope	1.2086	2,38	0.306
F Test for Single Regression	13.1322	2,40	0.000
F Test for Significance of Covariate Assuming Common Slope	1.9833	1,40	0.167

UMSATZRATE ALLAIULUS PUNCTATUS/LAERCHE BI 5, 15 + 20 C  
 ONE WAY COMPLETELY RANDOMIZED  
 ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Filename: PULAEANOVA

Factor A: Temp.(1=5,2=10,3=15,4=20 C)

Response: AD (%)

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Significance Level
A	3337.495	2	1668.747	14.110	0.000
Error	4848.847	41	118.265		
Total	8186.341	43			

Bartlett's Test of Homogeneous Variances

F	Numerator DF	Denominator DF	Significance Level
4.883	2.000	3197.617	0.008

CI

Temperatur		5°C	10°C	15°C	20°C	n
	$\bar{x} \pm 95\text{-VB}$	18.11±2.61	22.99±3.14	36.85±6.63	27.79±5.11	
5°C	18.11 ± 2.61	-	0.05	0.001	0.001	19
10°C	22.99 ± 3.14	0.05	-	0.01	>0.05	25
15°C	36.85 ± 6.63	0.001	0.01	-	>0.05	30
20°C	27.79 ± 5.11	0.001	>0.05	>0.05	-	18

CQ

Temperatur		5°C	10°C	15°C	20°C	n
	$\bar{x} \pm 95\text{-VB}$	7.66±0.91	9.69±1.09	15.22±2.60	11.93±2.22	
5°C	7.66 ± 0.91	-	0.001	0.001	0.001	19
10°C	9.69 ± 1.09	0.001	-	0.01	0.05	25
15°C	15.22 ± 2.60	0.001	0.01	-	>0.05	30
20°C	11.93 ± 2.22	0.001	0.05	>0.05	-	18

AD

Temperatur		5°C	10°C	15°C	20°C	n
	$\bar{x} \pm 95\text{-VB}$	39.43±4.93	31.10±5.66	23.59±4.28	33.75±5.92	
5°C	39.43 ± 4.93	-	>0.05	0.001	>0.05	19
10°C	31.10 ± 5.66	>0.05	-	0.01	>0.05	25
15°C	23.59 ± 4.28	0.001	0.01	-	0.01	30
20°C	33.75 ± 5.92	>0.05	>0.05	0.01	-	18

Tab. 18: *L.noricus*; Signifikanzniveaus (T-Test) für temperaturabhängige intraspezifische Unterschiede beim CI, CQ und AD

CI

Temperatur		5°C	10°C	15°C	20°C	n
x ± 95%-VB		19.61±5.62	18.95±7.85	79.89±17.0	80.31±28.22	
5°C	19.61 ± 5.62	-	>0.05	0.001	0.001	25
10°C	18.95 ± 7.85	>0.05	-	0.001	0.001	15
15°C	79.89 ± 17.0	0.001	0.001	-	>0.05	25
20°C	80.31 ± 28.22	0.001	0.001	>0.05	- *	17

CO

Temperatur		5°C	10°C	15°C	20°C	n
x ± 95%-VB		5.16±1.10	6.40±2.39	18.03±2.89	18.91±4.64	
5°C	5.16 ± 1.10	-	>0.05	0.001	0.001	25
10°C	6.40 ± 2.39	>0.05	-	0.001	0.001	15
15°C	18.03 ± 2.89	0.001	0.001	-	>0.05	25
20°C	18.91 ± 4.64	0.001	0.001	>0.05	-	17

AD

Temperatur		5°C	10°C	15°C	20°C	n
x ± 95%-VB		49.00±10.94	21.95±7.94	29.97±5.61	36.38±6.45	
5°C	49.00 ± 10.94	-	0.01	0.01	>0.05	25
10°C	21.95 ± 7.94	0.01	-	>0.05	0.01	15
15°C	29.97 ± 5.61	0.01	>0.05	-	>0.05	25
20°C	36.38 ± 6.45	>0.05	0.01	>0.05	-	17

Tab. 19: *L. saltuagus*: Signifikanzniveaus (T-Test) für temperaturabhängige intraspezifische Unterschiede beim CI, CO und AD

CI

Temperatur		5°C	10°C	15°C	20°C	n
x ± 95%-VB		21.41±3.99	48.39±8.22	72.21±9.22	66.61±8.76	
5°C	21.41 ± 3.99	-	0.05	0.001	0.001	28
10°C	48.39 ± 8.22	0.05	-	0.01	0.01	23
15°C	72.21 ± 9.22	0.001	0.01	-	>0.05	32
20°C	66.61 ± 8.76	0.001	0.01	>0.05	-	33

CQ

Temperatur		5°C	10°C	15°C	20°C	n
x ± 95%-VB		4.29±0.82	9.70±1.24	13.79±1.45	12.96±1.50	
5°C	4.29 ± 0.82	-	0.001	0.001	0.001	28
10°C	9.70 ± 1.24	0.001	-	0.001	0.01	23
15°C	13.79 ± 1.45	0.001	0.001	-	>0.05	32
20°C	12.96 ± 1.45	0.001	0.01	>0.05	-	33

AD

Temperatur		5°C	10°C	15°C	20°C	n
x ± 95%-VB		67.25±8.12	53.90±5.95	35.68±8.70	67.40±6.58	
5°C	67.25 ± 8.12	-	0.01	0.001	>0.05	28
10°C	53.90 ± 5.95	0.01	-	0.001	0.01	23
15°C	35.68 ± 8.70	0.001	0.001	-	0.001	32
20°C	67.40 ± 6.58	>0.05	0.01	0.001	-	33

Tab. 20: E.nauer: Signifikanzniveaus (T-Test) für temperaturabhängige intraspezifische Unterschiede beim CI, CQ und AD

CI

Temperatur		5°C	10°C	15°C	20°C	n
	$\bar{x} \pm 95\text{-VB}$	25.23±6.38	-	42.72±10.52	67.93±19.16	
5°C	25.23 ± 6.38	-	-	0.01	0.001	16
10°C	-	-	-	-	-	-
15°C	42.72 ± 10.52	0.01	-	-	0.01	18
20°C	67.93 ± 19.16	0.001	-	0.01	-	10

CQ

Temperatur		5°C	10°C	15°C	20°C	n
	$\bar{x} \pm 95\text{-VB}$	6.84±1.68	-	12.59±2.87	17.47±4.38	
5°C	6.84 ± 1.68	-	-	0.01	0.001	16
10°C	-	-	-	-	-	-
15°C	12.59 ± 2.87	0.01	-	-	0.05	18
20°C	17.47 ± 4.38	0.001	-	0.05	-	10

AD

Temperatur		5°C	10°C	15°C	20°C	n
	$\bar{x} \pm 95\text{-VB}$	44.11±10.16	-	35.01±9.73	10.64±3.11	
5°C	44.11 ± 10.16	-	-	>0.05	0.001	16
10°C	-	-	-	-	-	-
15°C	35.01 ± 9.73	>0.05	-	-	0.001	18
20°C	10.64 ± 3.11	0.001	-	0.001	-	10

Tab. 21: *A.punctatus*: Signifikanzniveaus (T-Test) für temperaturabhängige intraspezifische Unterschiede beim CI, CQ und AD

C0

Art	$\bar{x} \pm 95\%-VB$	L.noricus	L.saltuagus	E.nanus	A.punctatus	n
		7.66±0.91	5.16±1.10	4.29±0.82	6.84±1.68	
L.noricus	7.66 ± 0.91	-	0.001	0.001	>0.05	19
L.saltuagus	5.16 ± 1.10	0.001	-	>0.05	>0.05	25
E.nanus	4.29 ± 0.82	0.001	>0.05	-	0.05	28
A.punctatus	6.84 ± 1.68	>0.05	>0.05	0.05	-	16

AD

Art	$\bar{x} \pm 95\%-VB$	L.noricus	L.saltuagus	E.nanus	A.punctatus	n
		39.43±4.93	49.0±10.94	67.25±8.12	44.11±10.16	
L.noricus	39.43 ± 4.93	-	>0.05	0.001	>0.05	19
L.saltuagus	49.0 ± 10.94	>0.05	-	0.05	>0.05	25
E.nanus	67.25 ± 8.12	0.001	0.05	-	0.01	28
A.punctatus	44.11 ± 10.16	>0.05	>0.05	0.01	-	16

Tab. 22: 5°C: Signifikanzniveaus (T-Test) für temperatureabhängige interspezifische Unterschiede beim C0 und AD

CQ

Art	$\bar{x} \pm 95\text{-VB}$	L.noricus	L.saltuvagus	E.nanus	A.punctatus	n
		9.69±1.09	6.40±2.39	9.70±1.24	-	
L.noricus	9.69 ± 1.09	-	0.01	>0.05	-	25
L.saltuvagus	6.40 ± 2.39	0.01	-	0.05	-	15
E.nanus	9.70 ± 1.24	>0.05	0.05	-	-	23
A.punctatus	-	-	-	-	-	-

AD

Art	$\bar{x} \pm 95\text{-VB}$	L.noricus	L.saltuvagus	E.nanus	A.punctatus	n
		31.10±5.66	21.95±7.94	53.9±5.95	-	
L.noricus	31.10 ± 5.66	-	>0.05	0.001	-	25
L.saltuvagus	21.95 ± 7.94	>0.05	-	0.001	-	15
E.nanus	53.90 ± 5.95	0.001	0.001	-	-	23
A.punctatus	-	-	-	-	-	-

Tab. 23: 10°C: Signifikanzniveaus (T-Test) für temperaturabhängige interspezifische Unterschiede beim CQ und AD

CQ

Art	$\bar{x} \pm 95\%-VB$	L.noricus	L.saltuvagus	E.nanus	A.punctatus	n
		15.22±2.60	18.03±2.89	13.79±1.45	12.59±2.87	
L.noricus	15.22 ± 2.60	-	>0.05	>0.05	>0.05	30
L.saltuvagus	18.03 ± 2.89	>0.05	-	0.01	0.05	25
E.nanus	13.79 ± 1.45	>0.05	0.01	-	>0.05	32
A.punctatus	12.59 ± 2.87	>0.05	0.05	>0.05	-	18

AD

Art	$\bar{x} \pm 95\%-VB$	L.noricus	L.saltuvagus	E.nanus	A.punctatus	n
		23.59±4.28	29.97±5.61	35.68±8.70	35.01±9.73	
L.noricus	23.59 ± 4.28	-	>0.05	0.01	0.05	30
L.saltuvagus	29.97 ± 5.61	>0.05	-	* >0.05	>0.05	25
E.nanus	35.68 ± 8.70	0.01	>0.05	-	>0.05	32
A.punctatus	35.01 ± 9.73	0.05	>0.05	>0.05	-	18

Tab. 24: 15°C: Signifikanzniveaus (T-Test) für temperaturabhängige interspezifische Unterschiede beim CQ und AD

CO

Art	$\bar{x} \pm 95\% \text{-VB}$	L.noricus	L.saltuvagus	E.nanus	A.punctatus	n
		11.93±2.22	18.91±4.64	12.96±1.50	17.47±4.38	
L.noricus	11.93 ± 2.22	-	0.05	>0.05	0.05	18
L.saltuvagus	18.91 ± 4.64	0.05	-	0.01	>0.05	17
E.nanus	12.96 ± 1.50	>0.05	0.01	=	0.05	33
A.punctatus	17.47 ± 4.38	0.05	>0.05	0.05	-	10

AD

Art	$\bar{x} \pm 95\% \text{-VB}$	L.noricus	L.saltuvagus	E.nanus	A.punctatus	n
		33.75±5.92	36.38±6.45	67.04±6.58	10.64±3.11	
L.noricus	33.75 ± 5.92	-	>0.05	0.001	0.001	18
L.saltuvagus	36.38 ± 6.45	>0.05	-	0.001	0.001	17
E.nanus	67.40 ± 6.58	0.001	0.001	-	0.001	33
A.punctatus	10.64 ± 3.11	0.001	0.001	0.001	-	10

Tab. 25: 20°C: Signifikanzniveaus (T-Test) für temperaturabhängige interspezifische Unterschiede beim CO<sub>2</sub> und AD

In der Reihe Forschungsberichte sind erschienen:

**Nr.1 Theoretische Topoklimatologie**

**Nr.2 Humus und Humusschwund im Gebirge**

**Nr.3 Zur Situation der Greifvögel im Alpenraum**

**Nr.4 Theoretische Topoklimatologie – Kartenteil**

**Nr.5 Der Königssee – Eine limnologische Projektstudie**

**Nr.6 Böden naturnaher Bergwaldstandorte auf carbonatreichen Substraten**

**Nr.7 Der Funtensee – Naturkundliches Portrait eines subalpinen Sees**

**Nr.8 Zur Kenntnis der Pilze in den Nördlichen Kalkalpen**

**Nr.9 Diplopoden als Streuzersetzer in einem Lärchenwald**