Abh. u. Ber. Naturkundemus. Görlitz / 37, 2, S. 143—162 / Leipzig 1962

Methoden zur vergleichenden Auswertung von Fütterungsversuchen in der Bodenbiologie[1]

Von WOLFRAM DUNGER

Mit 14 Abbildungen

Noch immer ist die Ernährung der meisten Bodentiere ungenügend bekannt. Diese Tatsache behindert vor allem die produktionsbiologische Auswertung bodenzoologischer Untersuchungen. Es ist deshalb dringend erforderlich, bei allen sich bietenden Gelegenheiten ernährungsbiologische Nachprüfungen an Bodentieren anzustellen. Informationen über die Nahrungswahl erhält man durch Direktbeobachtungen im Freiland (wobei die direkte Fraßbeobachtung der unsicheren Auswertung von Fraßbildern einstweilen noch vorzuziehen ist), Darminhalts- und Kotballenuntersuchungen und Fütterungsversuche unter Laborbedingungen.

Eine relativ große Anzahl von Mitteilungen liegt über die Nahrungswahl laubstreuzersetzender Bodentiere vor. Die meisten Unterlagen hierüber wurden mit Hilfe von Fütterungsversuchen gewonnen. Eine Reihe von Beobachtern stellte eine relativ gute Übereinstimmung der so erhaltenen Ergebnisse mit Beobachtungen unter natürlichen Verhältnissen fest. Im folgenden soll der Versuch unternommen werden, die bei Fütterungsversuchen im Labor angewandten Methoden einer kritischen Prüfung zu unterziehen und die Ergebnisse derartiger Versuche verschiedener Autoren mit unterschiedlichen Materialien vergleichend auszuwerten.

Den Anstoß zu den folgenden Betrachtungen gaben die Resultate eigener, unter natürlichen Bedingungen und an Darminhaltspräparaten nachgeprüfter Untersuchungen über die Nahrungswahl streuzersetzender Makro- und Mikrohumiphagen[2]. In Abb. 1 sind die Durchschnittsergeb-

---

[1] Vortrag zum Bodenzoologischen Kolloquium am 6. und 7. April 1961 in Görlitz.

[2] Die Begriffe „Makrohumiphage" und „Mikrohumiphage" (von großen bzw. kleinen „Humus"-Teilchen lebende Bodentiere) wurden an anderer Stelle eingeführt und begründet (DUNGER, 1962). Die üblichen Bezeichnungen „Erstzersetzer" und

nisse ausgedehnter Fütterungsversuche mit frischem Fallaub einiger in Mitteldeutschland häufiger Laubbäume an verschiedenen Diplopoden- und Isopodenarten zusammengestellt. Wie die Darstellung zeigt, ist eine Spezialisierung einer Tierart auf eine bestimmte Blattart in keinem Falle festzustellen. Alle geprüften Tierarten verhielten sich grundsätzlich euryphag, jedoch mit einer bestimmten, erstaunlich einheitlichen Bevorzugungstendenz. Die Aufeinanderfolge der Blattarten in Abb. 1 kann somit als durchschnittliche Präferenzreihe für frisches Fallaub und die geprüften Tierarten bezeichnet werden.

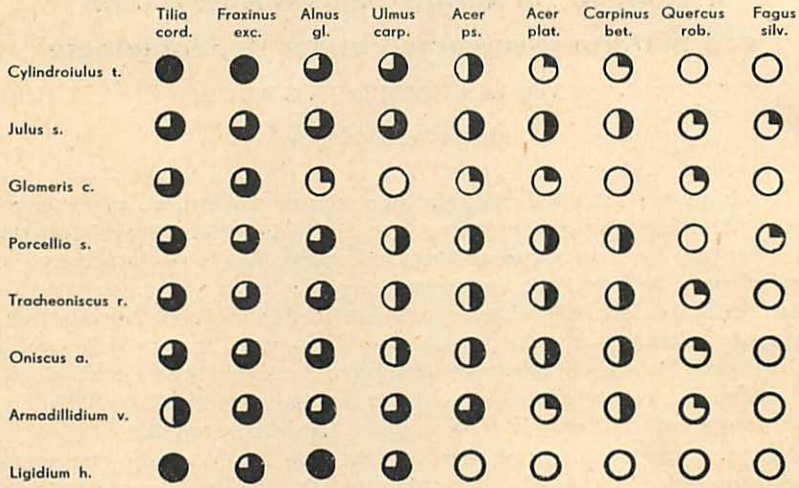

Abb. 1. Durchschnittsergebnisse von Präferenzversuchen an Diplopoden und Isopoden mit frischem Fallaub. Volle Kreise bedeuten starken Fraß (Bevorzugung), leere Kreise geringsten Fraß (Ablehnung)

Abb. 2 zeigt die Ergebnisse entsprechender Versuche mit überwintertem Fallaub. Trotz durchschnittlich größerer Fraßmengen und gleichmäßigerer Verteilung des Fraßspektrums ergeben sich keine grundsätzlichen Unterschiede gegenüber den Befunden für frisches Fallaub. Eine Ausnahme hiervon bildet die deutliche stärkere Bevorzugung der überwinterten Hainbuche, auf die bereits früher mehrfach hingewiesen wurde (DUNGER, 1958).

„Zweit- bzw. Folgezersetzer" wurden im Hinblick auf die umgesetzte Substanz aufgestellt. Bei der Betrachtung vom zersetzenden Tier aus ergibt sich die Notwendigkeit der neuen Begriffsbildung aus der Tatsache, daß makrohumiphage Bodentiere zwar vorwiegend, aber nicht durchweg „Erstzersetzer" sind. Entsprechendes gilt für Mikrohumiphage.

Nachprüfungen im Waldboden unter natürlichen Bedingungen (Auwaldböden der Umgebung von Leipzig) ergaben durchschnittlich die gleiche Reihenfolge des Verschwindens bzw. der natürlichen Zersetzung der Blattarten. Dies kann als eine grundsätzliche Bestätigung der Richtigkeit der erhaltenen Ergebnisse und der Brauchbarkeit der angewendeten Methode gewertet werden. Über die Zuverlässigkeit der Werte im einzelnen bzw. deren Schwankungsbreite sagt dieser Vergleich jedoch noch nichts aus.

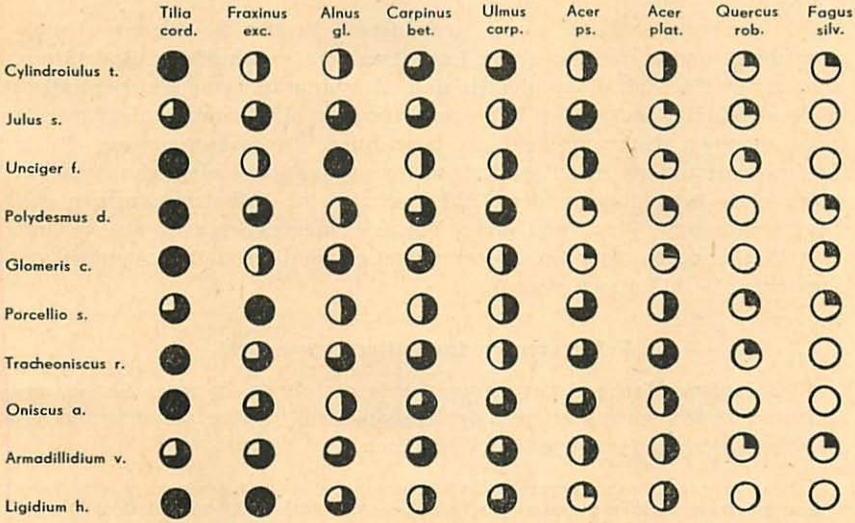

Abb. 2. Durchschnittsergebnisse von Präferenzversuchen an Diplopoden und Isopoden mit überwintertem Fallaub. Zeichenerklärung s. Abb. 1

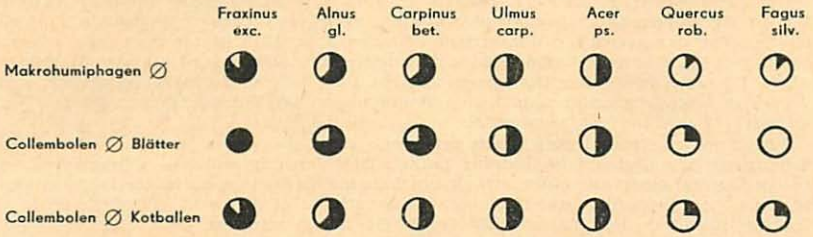

Abb. 3. Vergleich der Durchschnittsergebnisse von Präferenzversuchen an Makrohumiphagen (Diplopoden, Isopoden, Oligochaeten, Pulmonaten) mit frischem Fallaub und an Mikrohumiphagen (Collembolen) mit frischem Fallaub und mit Kotballen der Makrohumiphagen, die aus entsprechender Blattnahrung stammen

Ein Vergleich der bisher besprochenen Nahrungswahl bei streuzehrenden Makrohumiphagen mit den an Mikrohumiphagen gewonnenen Ergebnissen (Abb. 3) zeigt eine erstaunliche Übereinstimmung beider Bodentiergruppen in der Präferenz beim Befraß von Laubstreu. Als den Mikrohumiphagen zuzurechnende Versuchsobjekte dienten verschiedene fakultativ erstzersetzende Collembolenarten, vor allem *Folsomia fimetaria*. Wie aus Abb. 3 weiter zu ersehen ist, befraßen die gleichen Collembolenarten als Zweitzersetzer die von den entsprechenden Blattnahrungen stammenden Kotballen der Makrohumiphagen (hier Diplopoden und Isopoden) wiederum in gleicher Abstufung.

Die im vorstehenden kurz geschilderten Ergebnisse eigener Untersuchungen legten nahe, die von Laubstreu sich ernährenden Bodentiere, und zwar die Makrohumiphagen und Mikrohumiphagen gleichermaßen, als grundsätzlich euryphage Tiere mit einer für alle Gruppen gleichförmig ausgerichteten Nahrungswahl zu bezeichnen. Die Anerkennung dieser Schlußfolgerung als Arbeitshypothese für produktionsbiologische Arbeiten setzt eine Einschätzung der Fehlergrenzen im Fütterungsversuch auf mathematischem Wege und einen Vergleich der eigenen Ergebnisse mit den von anderen Autoren unter teilweise geänderten Bedingungen gefundenen Verhältnissen voraus.

Fehlergrenzen im Fütterungsversuch

Die fehlerkritische Auswertung wurde an einem in zwei Serien angelegten Präferenzversuch mit der Diplopodenart *Julus scandinavius* an 20 verschiedenen Laubarten vorgenommen.

Versuchsanlage und Versuchsablauf. Die folgenden 20 Laubarten wurden von einem relativ trockenen Standort des Leipziger Auwaldes möglichst frisch nach dem Blattfall gesammelt: Mai-Pappel (*Populus marilandica* Bosc.), Silberweide (*Salix alba* L.), Hainbuche (*Carpinus betulus* L.), Haselnuß (*Corylus avellana* L.), Hängebirke (*Betula pendula* Roth), Schwarzerle (*Alnus glutinosa* Gaertn.), Rotbuche (*Fagus silvatica* L.), Stieleiche (*Quercus robur* L.), Roteiche (*Quercus rubra* L.), Feldulme (*Ulmus carpinifolia* Gled.), Weißer Maulbeerbaum (*Morus alba* L.) aus einem Gartengrundstück, Kratzbeere (*Rubus caesius* L.), Spätkirsche (*Prunus serotina* Ehrh.), Bergahorn (*Acer pseudo-platanus* L.), Spitzahorn (*Acer platanoides* L.), Feldahorn (*Acer campestre* L.), Winterlinde (*Tilia cordata* Mill.), Roter Hartriegel (*Cornus sanguinea* L.), Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior* L.), Schwarzer Holunder (*Sambucus nigra* L.). Die genannten Blattarten wurden teils sofort (Serie I), teils nach dreiwöchiger Lagerung unter natürlichen Bedingungen im Versuchsgarten (Serie II) zu den Präferenzversuchen verwendet.

Als Versuchstiere dienten frisch gefangene, möglichst gleich große, ausgewachsene Exemplare von *Julus scandinavius* Latzel. Die Versuchsgefäße – Glasschalen von 30 cm Durchmesser mit einer etwa 4 cm hohen Schicht von gesiebter Gartenerde – wurden in größere Behälter mit einer Wasserschicht eingebracht, die gleichzeitig als feuchte Kammer und Thermostabilisator (18–20 °C) wirkten. Jedes Versuchsgefäß erhielt 25 Tiere und je ein 9 cm² großes Blattquadrat der 20 verschiedenen Blattarten. Die Fraßbewertung erfolgte nach einem bereits früher (DUNGER, 1958) benützten subjektiven Schlüssel (0 = kein Fraß; 20 = Blatt bis auf grobe Rippen gefressen) alle drei Tage über eine Spanne von drei Wochen. Beide Versuchsserien wurden mit 10 Parallelen durchgeführt.

Quantitative Ergebnisse und Ansatz der Auswertung. In den Abb. 4 und 5 sind die nach den oben beschriebenen Methoden erhaltenen durchschnittlichen Fraßmengen dargestellt. Es zeigt sich einerseits, daß eine Reihe von Blattarten deutlich vor anderen bevorzugt wird, wie dies nach den eingangs geschilderten Ergebnissen zu erwarten war. Andererseits variiert die in verschiedenen Bonitierungen

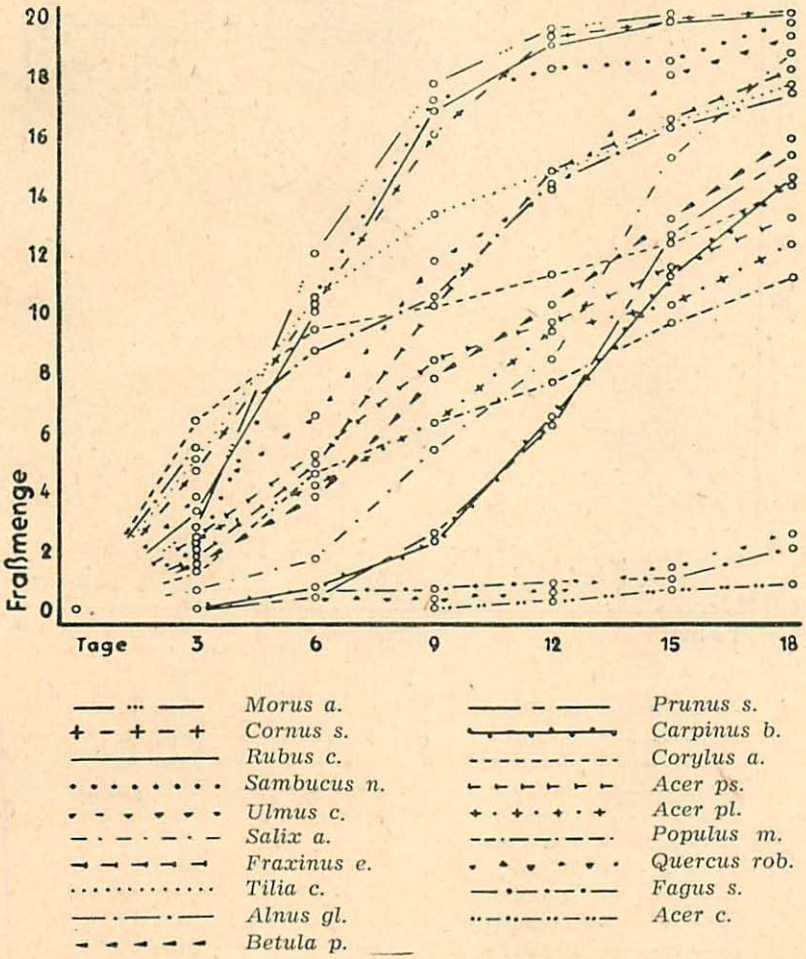

Abb. 4. Durchschnittsergebnisse von Nahrungswahlversuchen an *Julus scandinavius* mit frisch gefallenem Laub von 20 Pflanzenarten (Serie I)

erhaltene Aufeinanderfolge bestimmter Blattarten in gewissen Grenzen. Hieraus kann vermutet werden, daß diese Arten hinsichtlich der Präferenz von den Versuchstieren gleich bewertet werden. Die Unterschiede zwischen Serie I (Abb. 4) und Serie II (Abb. 5) erstrecken sich vorwiegend auf den rascheren Befraß des mikrobiologisch besser aufbereiteten Materials in Serie II, ohne daß qualitative Unterschiede hervortreten.

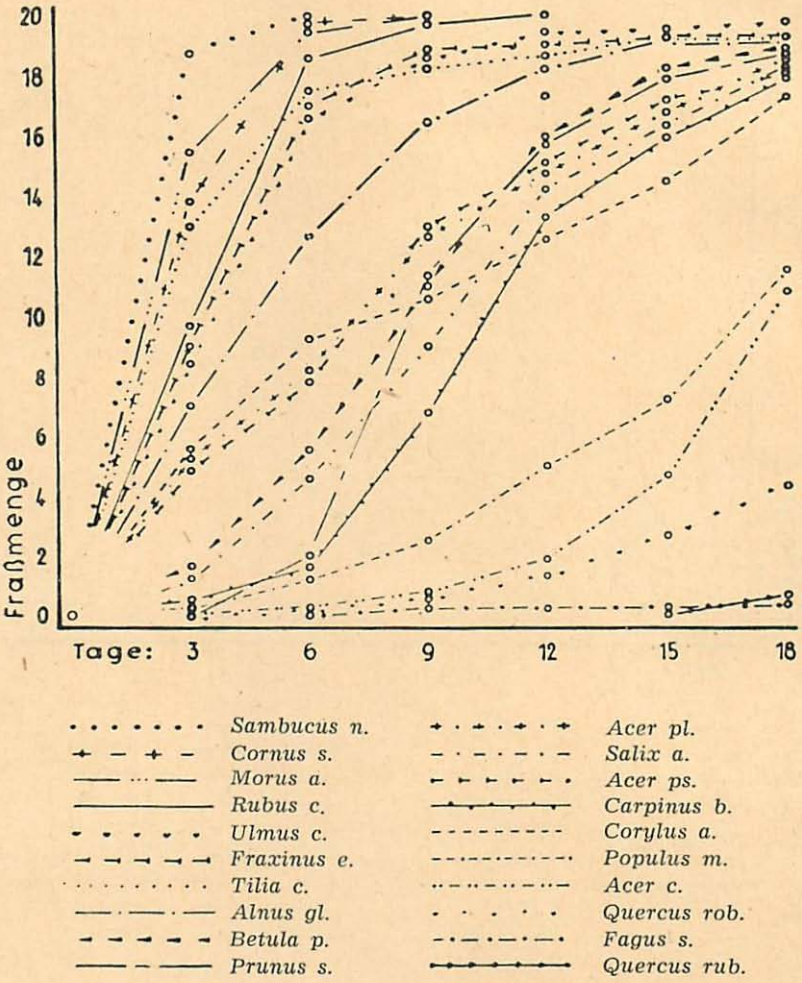

Abb. 5. Durchschnittsergebnisse von Nahrungswahlversuchen an *Julus scandinavius* mit 3 Wochen gelagertem Fallaub von 20 Pflanzenarten (Serie II)

Die dargestellten quantitativen Durchschnittswerte ergeben jedoch noch kein verläßliches Bild der tatsächlich vorhandenen Abstufungen in der Präferenz. Sie sagen nichts über die Schwankungsbreite der Einzelwerte und damit über den Sicherungsgrad der dargestellten Unterschiede aus. Hierüber muß also eine mathematische Auswertung des Versuchs Auskunft geben. Für den Erfolg dieser Berechnungen ist die Wahl des Zeitpunktes im Versuchsablauf, der als Grundlage für den Ansatz zu nehmen ist, ausschlaggebend. Für Serie I fallen die Bonitierungen 1 und 2 wegen der geringen Entwicklung des Fraßbildes, 5 und 6 wegen des Totalschwundes einiger und des dadurch bedingten beschleunigten Befraßes anderer Arten für die Auswertung aus. Von den verbleibenden wurde der besseren Fraßbildentwicklung wegen die Bonitierung 4 (d. h. nach 12 Tagen) der Berechnung zugrunde gelegt. Entsprechend fiel die Wahl in Serie II auf Bonitierung 2 (nach 6 Tagen).

Ergebnisse der fehlerkritischen Auswertung. Zunächst wurde variationsstatistisch die Signifikanz der Fraßunterschiede gegenüber den versuchstechnischen Fehlerquellen (Laub-, Tier-, Gefäß- und Bewertungsunterschiede) geprüft. Es ergab sich eine sehr hohe Signifikanz der Fraßunterschiede, so daß es berechtigt ist, bei der weiteren Auswertung lediglich diese zu berücksichtigen.

Die statistische Sicherung der Unterschiede aller Fraßwerte gegeneinander wurde mit Hilfe der t-Werte berechnet.[1] Da alle 10 Parallelen unter sich gleichberechtigt waren, mußte jeder Wert gegen jeden getestet werden. Die erhaltenen t-Werte werden im folgenden entsprechend der Zahl der Freiheitsgrade als Grenzwahrscheinlichkeiten P in % ausgedrückt.[2] Eine Grenzwahrscheinlichkeit von $P = 5\,\%$ sagt im vorliegenden Falle aus, daß von zwei geprüften Blattarten (A und B) Blatt A in 95 % der Fälle vor Blatt B bevorzugt wird. Entsprechend der für biologische Versuche mit ähnlicher Fehlertoleranz üblichen Festsetzung sollen hier Werte von $P > 5\,\%$ als ungesichert betrachtet werden. In den Diagrammen Abb. 6 und 7 sind die P-Werte nach 3 Gruppen ($P = 5—1\,\%$; $P = 1—0{,}1\,\%$; $P < 0{,}1\,\%$) dargestellt.

Wie aus Abb. 6 und 7 zu erkennen ist, ergibt die fehlerkritische Auswertung des Fütterungsversuches eine statistische Sicherung von etwa ⅔ der gefundenen Werte. Ein Vergleich mit den Abb. 4 und 5 läßt erkennen, daß die Darstellung allein der quantitativen Abstufungen von Fraßzahlen in vielen Einzelheiten ein falsches Bild von der Abstufung der Präferenz gibt. Vor allem werden hierbei Unterschiede vorgetäuscht, die zufälliger Natur und somit nicht signifikant sind. Vgl. z. B. die schein-

---

[1] Nach der Formel $t = d \sqrt{\frac{Sd^2 - d \cdot Sd}{n\,(n-1)}}$

[2] Vgl. WEBER (1957) und MUDRA (1952).

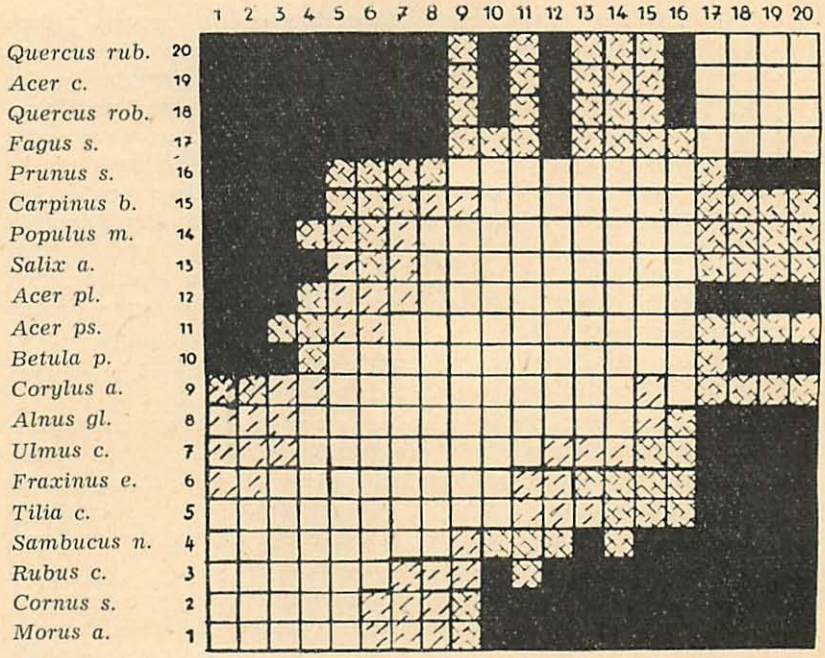

Abb. 6. Präferenzversuch an *Julus scandinavius* mit frisch gefallenem Laub von 20 Pflanzenarten (Serie I). Darstellung der Grenzwahrscheinlichkeiten (P) der Bevorzugung bzw. Ablehnung. Blattart 1 wurde am stärksten, Blattart 20 am geringsten befressen. Weiß: $P > 5\%$; einfach gestrichelt: $P = 5–1\%$; doppelt gestrichelt: $P = 1–0{,}1\%$; schwarz: $P < 0{,}1\%$

baren Aufeinanderfolgen Rotbuche — Stieleiche — Feldahorn — Roteiche in Serie I bzw. Stieleiche — Feldahorn — Roteiche — Rotbuche in Serie II, die sich bei statistischer Nachprüfung als identisch erweisen.

Die in Serie II nach vorangegangener Rottezeit erhaltenen Werte lassen sich allgemein etwas besser sichern als die Werte der Serie I. Dennoch liegen die zunächst quantitativ festgestellten Unterschiede in der Aufeinanderfolge der Präferenz in beiden Reihen unterhalb der Sicherungsgrenze, so daß sich die Ergebnisse beider Serien hinsichtlich der Präferenz nicht signifikant unterscheiden.

Als Ergebnis der fehlerkritischen Auswertung kann festgehalten werden, daß der Fütterungsversuch eine brauchbare und auswertbare Methode zur Ermittlung der Nahrungswahl streuzehrender Bodentiere darstellt. Die Bewertung solcher Ergebnisse muß jedoch unter Benützung fehlerkritischer Methoden erfolgen und auf ein u. U. abweichendes Verhalten unter natürlichen Bedingungen Rücksicht nehmen.

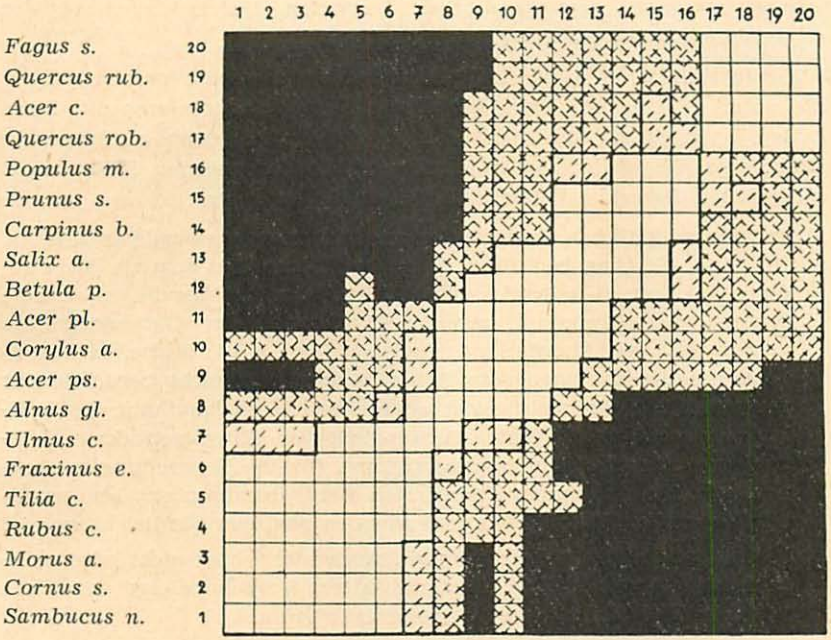

Abb. 7. Präferenzversuch an *Julus scandinavius* mit 3 Wochen gelagertem Fallaub von 20 Pflanzenarten (Serie II). Darstellung der Grenzwahrscheinlichkeiten der Bevorzugung bzw. Ablehnung. Zeichenerklärung s. Abb. 6

Vergleichende Auswertung bisher aufgestellter Präferenzreihen

Es ist nun die Frage zu stellen, inwieweit sich der aus den eingangs dargestellten Untersuchungen gewonnene Eindruck einer gleichförmigen Ausrichtung der Nahrungswahl bei streuzehrenden Bodentieren im Vergleich mit anderen Ergebnissen bestätigen läßt. Ein solcher Vergleich mit den Angaben verschiedener Autoren bringt bedeutende Schwierigkeiten mit sich. Es ist deshalb zur richtigen Einschätzung des Ergebnisses notwendig, zunächst die Voraussetzungen und die Methode hierfür zu klären.

Insofern die vergleichende Betrachtung echte Unterschiede ergibt, so könnten sie herrühren

a) von unterschiedlichen Nahrungsansprüchen verschiedener systematischer Einheiten (Arten, Familien etc.);

b) von regional oder standortlich unterschiedlichen Ansprüchen der gleichen systematischen Einheit;

c) von regional oder standortlich bedingten Unterschieden in der Qualität der als Nahrung dienenden Blattart.

Hinsichtlich der eingangs aufgeworfenen Frage wären vor allem durch die unter a) genannte Ursache bedingte Unterschiede interessant. Diese echten Unterschiede werden aber durch eine große Anzahl methodischer Differenzen überdeckt, die zu eliminieren in den meisten Fällen nicht möglich ist. Derartige Fehlerquellen beruhen besonders:

a) im unterschiedlichen Zustand des zur Fütterung verwendeten Laubes. Oft sind die Angaben über Alter, natürliche Auslaugung, Verwendung von Sonnen- oder Schattenblättern, ja sogar über die verwendete Baum- oder Strauchart ungenügend (Angabe der Gattung genügt keineswegs, vgl. Ahornarten!). Angaben über ausländische, in Mitteldeutschland nicht angebaute Arten können hier nicht berücksichtigt werden. Auch die meist nicht angegebene Vorbehandlung des Falllaubes zum Versuch (unter Anwendung von Hitze getrocknet, lufttrocken verwendet, durchfeuchtet) kann für die Beurteilung wesentlich sein. Versuche mit pulverisierten Blattsubstanzen ergeben grundsätzlich andere Verhältnisse und scheiden aus dem Vergleich aus.

b) in Unterschieden des Tiermaterials. Auch hier fehlen nicht selten hinreichende Angaben über Zustand, Alter, Vorbehandlung der Tiere vor dem Versuch, genaue Artzugehörigkeit u. a.

c) in der Versuchsanlage. Hier sind besonders Dauer des Versuchs, Versuchsbedingungen (bes. Feuchtigkeit, Temperatur), Zahl und Größe der zur Auswahl gestellten Blattstücke und die Zahl der Tiere im Versuch interessant. Schließlich ist von Bedeutung, ob ein echter Präferenzversuch oder eine getrennte Fütterung mit quantitativer Auswertung vorliegt.

d) in der Art der Auswertung. Am verläßlichsten ist die Beurteilung der Fraßmenge an den Blättern selbst (unter kontrollierten Versuchsbedingungen!). Häufig wird auch nach Menge der Kotballen, nach dem Aufenthalt der Tiere unter bestimmten Blattarten oder — bei Getrennthaltung — nach dem Überleben im Versuch bzw. der Vermehrungsquote geurteilt. Die beiden letztgenannten Methoden sind nur sehr bedingt brauchbar.

Ein Vergleich der Ergebnisse verschiedener Autoren kann sich unter diesen Bedingungen lediglich auf die Einschätzung des jeweiligen Autors unter Verlaß auf dessen Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit stützen. Es werden im folgenden deshalb mit Ausnahme sehr weniger, offensichtlich fehlerhafter Arbeiten alle einschlägigen Abhandlungen berücksichtigt, soweit sie sich vergleichend mit einer genügend großen Anzahl in Mitteldeutschland angebauter Laubarten befassen.

Aus dem oben Gesagten folgt, daß sich der Vergleich lediglich auf die wechselseitige Bevorzugung bzw. Ablehnung der Blattarten, d. h. also auf die von den Autoren selbst aufgestellten Präferenzreihen stützen kann. Ein Vergleich quantitativer Werte ist nur unter völlig gleichen Versuchsbedingungen möglich.

Trotz dieser Einschränkungen ist es nicht möglich, über Identität oder Divergenz des vorliegenden inhomogenen Materials in absoluter Weise zu entscheiden. Deshalb ist es nötig, die eingangs gestellte Frage aus methodischen Gründen folgendermaßen zu formulieren: Lassen sich alle vergleichbaren, an laubstreuzersetzenden Bodentieren aufgestellten Präferenzreihen so in die für *Julus scandinavius* gefundenen Sicherungsgrenzen eingliedern, daß die Grenzwahrscheinlichkeit von P = 5 % nicht überschritten wird?

Die Lösung dieser Frage geschieht im folgenden graphisch durch Eintragen der jeweiligen Präferenzreihen in Abb. 6. Dabei wird so vorgegangen, daß zunächst die mit der für *Julus scandinavius* gefundenen Präferenzreihe übereinstimmenden Punkte festgelegt werden. Sodann werden positive Abweichungen („Bevorzugungen

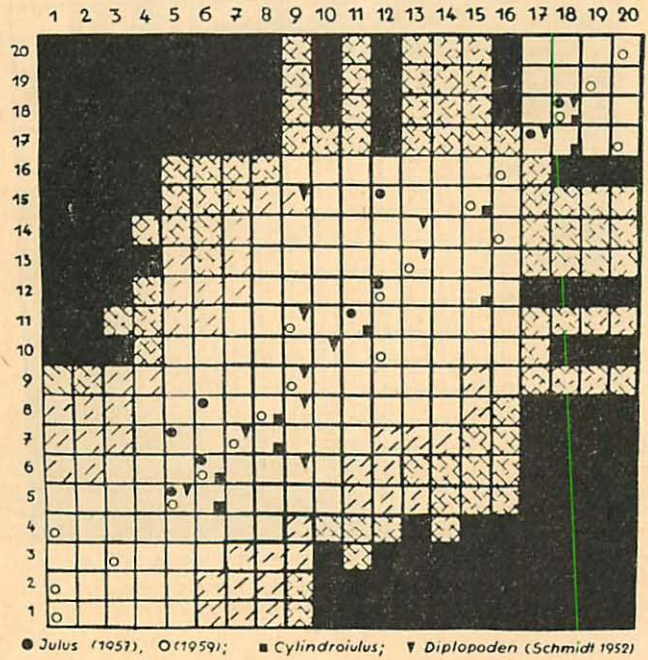

Abb. 8. Vergleich der für Diplopoden bekannten Präferenzreihen mit den für *Julus scandinavius* gefundenen Grenzwahrscheinlichkeiten der Laubstreu-Präferenz (s. Abb. 6)

außer der Reihe") in der Querreihe der bevorzugten Art über dem nächstvorderen übereinstimmenden Punkt eingetragen. Entsprechend sind negative Abweichungen („Zurücksetzungen außer der Reihe") in der zur fraglichen Art gehörigen Querreihe unter dem nächsthinteren übereinstimmenden Punkt markiert. Dieses Verfahren geht davon aus, daß über die absolute Größe des Unterschiedes zwischen zwei Arten bzw. über dessen Sicherung nichts bekannt ist. Es wird daher der (tatsächlich auch häufig vorliegende) Grenzfall angenommen, daß zwei in der Präferenzreihe aufeinanderfolgende Blattarten annähernd stellungsgleich sind. Aus den folgenden Abbildungen 8–14 erhält man also die ursprüngliche Präferenzreihe, wenn man die Längsreihen, von links nach rechts fortschreitend, jeweils von oben nach unten liest. Es sei vorweg bemerkt, daß durch diese Methode lediglich die Möglichkeit der Übereinstimmung verschiedener Präferenzreihen bewiesen werden kann.

Diplopoden (Abb. 8). Es werden verglichen: Die Ergebnisse der oben beschriebenen Serie II (Abb. 5); eigene Fütterungsversuche an *Julus scandinavius* und *Cylindroiulus teutonicus* aus der Umgebung von Leipzig (DUNGER, 1958)[1]; Untersuchungen von SCHMIDT (1952) an *Unciger*

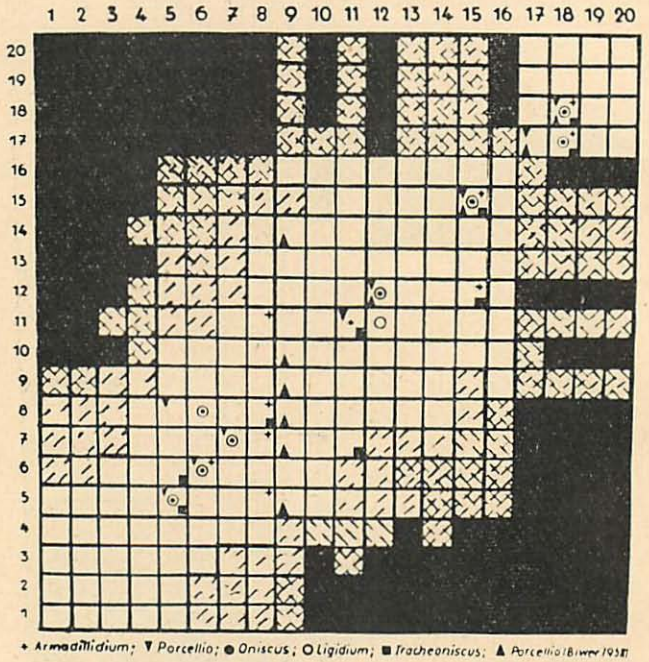

Abb. 9. Vergleich der für Isopoden bekannten Präferenzreihen mit den für *Julus scandinavius* gefundenen Grenzwahrscheinlichkeiten der Laubstreu-Präferenz (s. Abb. 6)

---

[1] Entsprechende Ergebnisse wurden auch an *Unciger foetidus*, *Polydesmus denticulatus* und *Glomeris connexa* gefunden, die hier im Interesse der Übersichtlichkeit nicht mit aufgeführt werden.

foetidus, Cylindroiulus boleti, Leptoiulus simplex, Schizophyllum sabulosum, Chromatoiulus unilineatus, Glomeris pustulata, Glomeris hexasticha und *Haploglomeris multistriata* aus Österreich. Wie Abb. 8 zeigt, lassen sich alle Werte in den gefundenen Schwankungsbereich eingliedern. Die von SCHMIDT angegebene Stellung von Hainbuche liegt hart an der Grenze für P = 5 %. Hier ist die oben (S. 144) besprochene Sonderstellung der überwinterten Hainbuche zu berücksichtigen.

Isopoden (Abb. 9). Es werden verglichen: Eigene Fütterungsversuche (DUNGER, 1958) an *Armadillidium vulgare, Porcellio scaber, Oniscus asellus, Tracheoniscus rathkei, Ligidium hypnorum* aus der Umgebung von Leipzig; Untersuchungen von BIWER (1958) an *Porcellio scaber* aus der Umgebung von Bonn. Nicht dargestellt sind die von BIWER an *Armadillidium vulgare* gefundenen Werte. Sie stimmen mit den übrigen gut überein bis auf eine angebliche Bevorzugung von *Fagus silvatica* vor *Acer platanoides*. Eine Stellungnahme hierzu ist wegen ungenügender methodischer Angaben nicht möglich (vgl. S. 160!). Von diesem Fall

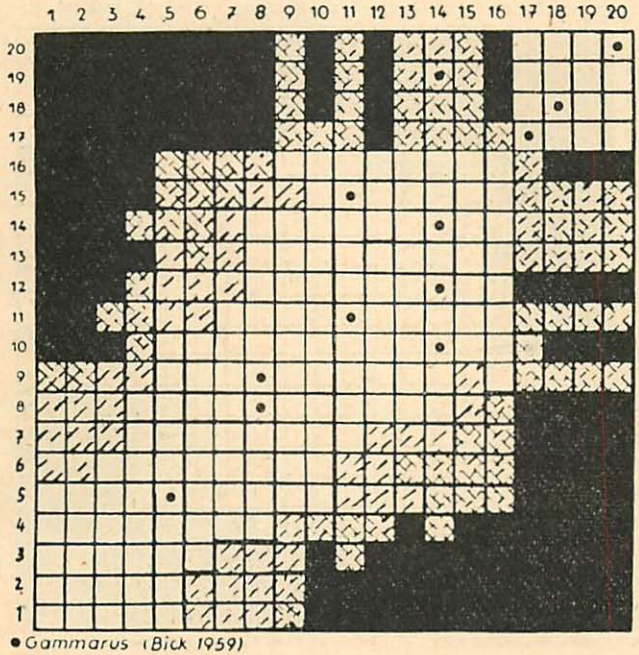

Abb. 10. Vergleich einer bei Amphipoden gefundenen Präferenzreihe mit den für *Julus scandinavius* ermittelten Grenzwahrscheinlichkeiten der Laubstreu-Präferenz (s. Abb. 6)

abgesehen, lassen sich die übrigen Werte im Rahmen der Toleranz P=5 % darstellen.

Amphipoden (Abb. 10). Nach BICK (1959) befrißt *Gammarus pulex fossarum* in Tümpel gefallenes Laub nach der dargestellten Präferenzreihe. Obwohl dieser Fall nicht in den direkten (terrestrischen) Vergleichsrahmen gehört, ist es von Interesse zu vermerken, daß hier offensichtlich lediglich *Acer campestre* anders bewertet wird. Dies ist mit großer Wahrscheinlichkeit auf Auslaugungsprozesse fraßhindernder Stoffe zurückzuführen.

Lumbriciden (Abb. 11). Es werden verglichen: Ergebnisse von WITTICH (1953) an natürlichen Standorten mit starker Lumbricidentätigkeit in der Umgebung von Hannover (*Allolobophora rosea rosea, Lumbricus herculeus, Allolobophora terrestris longa, Allolobophora chlorotica, Allolobophora oculata*); Untersuchungen von LINDQUIST (1941 a) an *Lumbricus terrestris* und *Lumbricus rubellus* aus Schweden; eigene Fütterungsversuche an *Dendrobaena subrubicunda* (DUNGER, 1958) aus

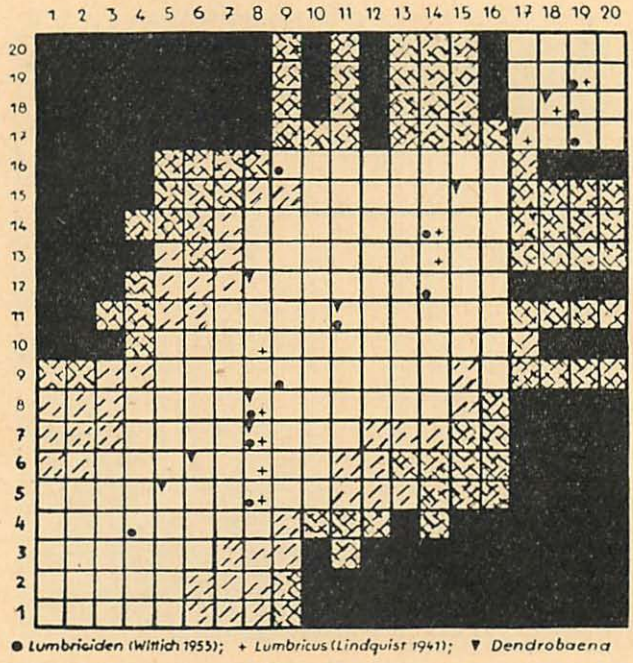

Abb. 11. Vergleich der für Lumbriciden bekannten Präferenzreihen mit den für *Julus scandinavius* gefundenen Grenzwahrscheinlichkeiten der Laubstreu-Präferenz (s. Abb. 6)

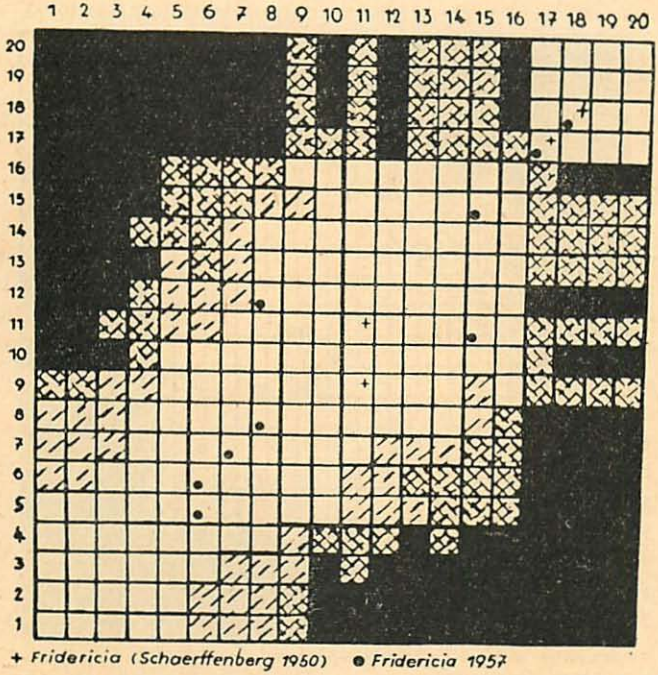

Abb. 12. Vergleich der für Enchytraeiden bekannten Präferenzreihen mit den für *Julus scandinavius* gefundenen Grenzwahrscheinlichkeiten der Laubstreu-Präferenz (s. Abb. 6)

der Umgebung von Leipzig. Die Beobachtungen von WITTICH sind als Freilanduntersuchungen unter möglicher Teilnahme anderer Bodentiergruppen speziell für die Ermittlung spezifischer Präferenzreihen für Regenwürmer weniger beweiskräftig. Sie sind aber umso interessanter für die Bewertung der natürlichen Gesamtzersetzung unter Teilnahme der Bodenfauna. Alle Werte lassen sich — wenn auch teilweise knapp — in die für *Julus scandinavius* gefundene Schwankungsbreite eingliedern.

Enchytraeiden (Abb. 12). Untersuchungen von SCHAERFFENBERG (1950) an *Fridericia spec.* aus Österreich und eigene Fütterungsversuche an *Fridericia spec.* (DUNGER, 1958) aus der Umgebung von Leipzig ergeben das gleiche Bild wie die bisherigen Vergleiche.

Pulmonaten (Abb. 13). Es werden verglichen: Untersuchungen von FRÖMMING (1956) an 8 Nacktschneckenarten der Gattungen *Deroceras, Milax, Arion, Limax* und *Lehmannia* und 13 Gehäuseschneckenarten aus der Umgebung von Berlin; FRÖMMING (1958) an *Goniodiscus ruderatus, Cochlodina laminata* und *Monacha rubiginosa* (unter Verwendung von

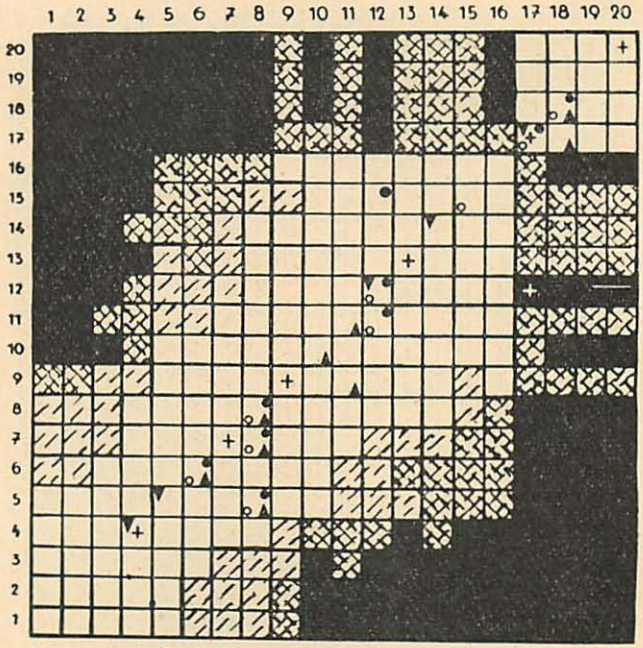

Abb. 13. Vergleich der für Pulmonaten bekannten Präferenzreihen mit den für *Julus scandinavius* gefundenen Grenzwahrscheinlichkeiten der Laubstreu-Präferenz (s. Abb. 6)

vorwiegend ausländischem Material); Ergebnisse von LINDQUIST (1941 b) an *Arianta arbustorum, Cepaea hortensis, Eulota fruticum, Monacha incarnata, Succinea putris, Deroceras reticulatum* und *Arion circumscriptus* aus Schweden; eigene Fütterungsversuche an *Retinella nitidula* und *Monacha incarnata* (DUNGER, 1958) aus der Umgebung von Leipzig. Der Vergleich ergibt grundsätzlich das gleiche Resultat wie bei den bisher besprochenen Gruppen. Lediglich die Befunde von FRÖMMING (1956) bedürfen noch einer Besprechung. Abweichend von den in Abb. 13 verzeichneten Laubarten wurden *Ulmus glabra* Huds. und *Salix babylonica* L. verwendet. Die Befunde für diese Arten wurden unter *Ulmus carpinifolia* bzw. *Salix alba* verzeichnet, obwohl die hier vermutete Identität der Stellung dieser Blattpaare gleicher Gattung in der Präferenzreihe nicht mit Sicherheit bekannt ist. Nach FRÖMMINGs Protokoll wurden Rotbuche, Spitzahorn und Roteiche fast nicht befressen. Die Unterschiede zwischen diesen Arten sind denkbar gering (Bevorzugung der Rotbuche

vor Spitzahorn um einen Grad trat bei 22 geprüften Arten zweimal, die umgekehrte Bevorzugung einmal auf). Dennoch muß nach diesen Befunden (Abb. 13) Spitzahorn abweichend von allen anderen Ergebnissen im Bereich der vollen Sicherung eingeordnet werden. Dem stehen aber die Resultate von FRÖMMING (1958) und eigener Versuche an *Retinella* und *Monacha* entgegen. Berücksichtigt man ferner, daß FRÖMMING (1956) mit nur drei Parallelen arbeitete, so kann aus diesen Ergebnissen eine abnorme Bewertung des Spitzahorns durch einige Schneckenarten (dem Protokoll nach 2 von 22 Arten, *Lehmannia poirieri* und *Laciniaria biplicata*) nicht mit genügender Sicherheit gefolgert werden (vgl. auch S. 160!).

Collembolen (Abb. 14). Bei Fütterungsversuchen mit *Folsomia fimetaria* und *Tomocerus flavescens* (DUNGER, 1956), ergaben sich die dargestellten, sich gut in die gegebenen Schwankungsgrenzen einfügenden Resultate. Lediglich bei Hainbuche im Versuch mit *Tomocerus flavescens* ist eine Abweichung zu vermerken. Auch hier liegt das schon mehrfach erwähnte (vgl. S. 144). Bevorzugen älteren Hainbuchenfallaubes „außer der

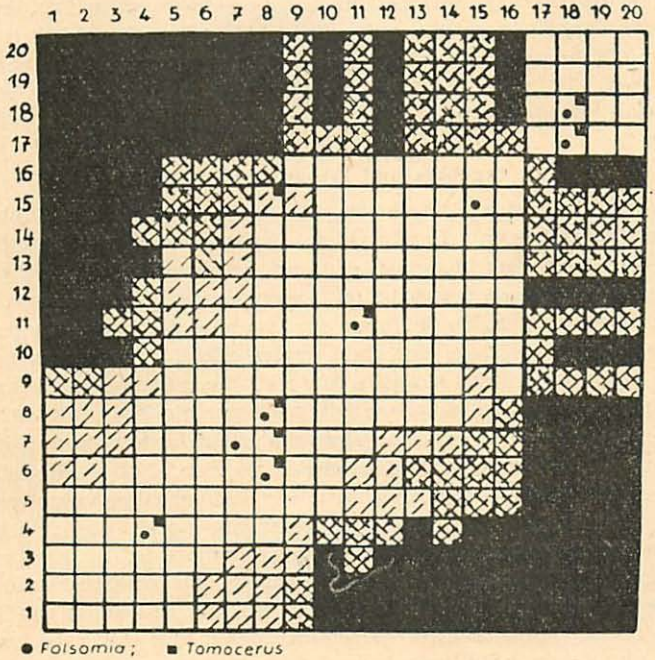

Abb. 14. Vergleich der für Collembolen bekannten Präferenzreihen mit den für *Julus scandinavius* gefundenen Grenzwahrscheinlichkeiten der Laubstreu-Präferenz (s. Abb. 6)

Reihe" vor. Neben den dargestellten Versuchen liegen noch weniger umfangreiche, aber durchweg in die gleiche Richtung weisende Ergebnisse an *Folsomia quadrioculata, Onychiurus spec.* („*armatus*-Gruppe"), *Tomocerus longicornis, Orchesella villosa, Orchesella flavescens* und *Sinella coeca* vor. Die gleiche Tendenz zeigen schließlich die von MURPHY (1953) und SPENCER (1951) mitgeteilten, hier aber nicht direkt vergleichbaren Untersuchungen an Oribatiden.

Dipteren. Erst nach Drucklegung der vorliegenden Abhandlung erschien die interessante Arbeit von PRIESNER über die Nahrungswahl streuzersetzender Larven von *Tipula maxima* (PRIESNER, 1961). Die Befunde ergeben eine gute Übereinstimmung in den meisten Fällen, wie dies schon aus einzelnen, von SCHALLER (1950) und BRAUNS (1954) sowie eigenen, an verschiedenen Dipteren gefundenen Werten hervorzugehen schien. Auffällig ist bei den Befunden PRIESNERs lediglich die hohe Einschätzung der Hainbuche, die auf nicht ganz frisches Fallaub hindeutet, sowie vor allem die Zurücksetzung von *Betula pendula* hinter die Rotbuche. Eine Klärung dieser Erscheinung kann hier mangels näherer Mitteilungen über die Versuchsanlage PRIESNERs nicht gegeben werden. Das abgesehen von dieser einen Abweichung fraglicher Ursache offensichtlich gleichgerichtete Nahrungswahlverhalten der Dipterenlarven scheint darauf hinzudeuten, daß auch die Larvenformen pterygoter Insekten der hier diskutierten „Präferenz-Regel" unterworfen sind.

Ergebnis und Zusammenfassung

Die Variabilität der Präferenzen, die bei den Gruppen Diplopoden, Isopoden (Amphipoden), Lumbriciden, Enchytraeiden, Pulmonaten und Collembolen von verschiedenen Autoren gefunden wurde, scheint die für *Julus scandinavius* festgestellte Grenzwahrscheinlichkeit von P=5% nicht zu überschreiten. Somit kann als Ergebnis der auswertenden Vergleiche auf der Grundlage der oben aufgestellten Voraussetzungen festgehalten werden, daß das geprüfte Material die eingangs als Vermutung geäußerte Deutungsmöglichkeit zuläßt, nach der die Nahrungswahl streuzehrender Makro- und Mikrohumiphagen gleichförmig ausgerichtet ist.

Es muß allerdings darauf hingewiesen werden, daß — die objektive Richtigkeit des hier als möglich ermittelten Sachverhaltes vorausgesetzt — kleinere, tatsächlich vorhandene Unterschiede durch die relativ hoch gezogene Sicherungsstufe verdeckt werden könnten. Solche hier vernachlässigten Feinunterschiede bestehen tatsächlich, wie entsprechende Untersuchungen zeigten. Sie treten z. B. hinsichtlich der Präferenz von Blättern der Jungtriebe (Spitzenblätter) gegenüber denen der Alttriebe bzw. von Sonnen- und Schattenblättern ein und desselben Baumes auf. Starke derartige Differenzen wurden besonders bei Rotbuche und Haselnuß gefunden. Hierauf können vielleicht Unstimmigkeiten in den Angaben ver-

schiedener Autoren zurückgeführt werden (vgl. oben Isopoden und Pulmonaten!). In Anbetracht des inhomogenen zu vergleichenden Materials ist es jedoch nicht möglich, zur Berücksichtigung solcher Fragen eine erhöhte Grenzwahrscheinlichkeit zuzulassen. Es erscheint nicht angebracht, mit der ersten Grobsondierung der hier aufgeworfenen Probleme gleichzeitig eine detaillierte Untersuchung feiner Unterschiede verbinden zu wollen.

Mit Hilfe der im vorstehenden dargelegten Methoden ist es gelungen, die im Fütterungsversuch an streuzehrenden Bodentieren auftretenden Fehlergrenzen einzuschätzen und auf dieser Grundlage eine Reihe von bisher über die Nahrungswahl von Makro- und Mikrohumiphagen publizierten Untersuchungen zu vergleichen.

Die Ergebnisse bestätigen die Möglichkeit der eingangs angenommenen Gleichförmigkeit in der Nahrungswahl dieser Tiergruppen und bilden eine erste Arbeitsgrundlage. Für folgende Untersuchungen besteht nun besonders die Aufgabe, auf eventuelle Abweichungen von der hier aufgestellten Hypothese zu achten.

Literatur

BICK, H. (1959): Gammarus pulex fossarum Koch 1835 als Fallaubzersetzer. — Zeitschr. f. Fischerei u. d. Hilfswiss. 8 N. F., 7—8, S. 635—638.

BIWER, A. (1959): Quantitative Untersuchungen über die Bedeutung der Asseln und der Bakterien für die Fallaubzersetzung unter Berücksichtigung der Wirkung künstlicher Düngemittelzusätze. — Diss. Math. Nat. Fak. Univ. Bonn, 1959, 78 S.

BRAUNS, A. (1954): Die Beteiligung bodenlebender Zweiflüglerlarven an der Bildung koprogener Humuselemente. — Zeitschr. angew. Zool. 3, S. 233—241.

DUNGER, W. (1956): Untersuchungen über Laubstreuzersetzung durch Collembolen. — Zool. Jahrb. Syst. 84, S. 75—98.

— (1958): Über die Zersetzung der Laubstreu durch die Boden-Makrofauna im Auenwald. — Zool. Jahrb. Syst. 86, S. 139—180.

— (1962): Nahrungswahl bei Bodenarthropoden in produktionsbiologischer Sicht. — Verh. XI. Internat. Entomol.-Kongr. Wien 1960, im Druck.

FRÖMMING, E. (1956:) Quantitative Untersuchungen über die Bedeutung bodenbewohnender Landschnecken für den Abbau des Fallaubes. — Biol. Zentralbl. 75, S. 705—711.

— (1958): Experimentelle Untersuchungen über den Nahrungsbedarf einiger saprophag lebender Landschneckenarten. — Zeitschr. Pflanzenern., Düngung, Bodenkunde 82 (130), 1, S. 10—17.

LINDQUIST, B. (1941 a): Untersuchungen über die Bedeutung einiger skandinavischer Regenwürmer für die Zersetzung der Laubstreu und für

die Struktur des Mullbodens. — Svensk. Skogsvardsförs. Tidskr. **39**, S. 179—242.

— (1941 b): Experimentelle Untersuchungen über die Bedeutung einiger Landmollusken für die Zersetzung der Waldstreu. — Kgl. Fysiogr. Sällskapets i Lund Förhandl. **11**, S. 1—13.

MUDRA, A. (1952): Einführung in die Methodik der Feldversuche. — Leipzig, 1952.

MURPHY, P. W. (1953): The biology of forest soils with special reference to the meso- or meiofauna. — Journ. Soil Science **4**, S. 155—193.

PRIESNER, E. (1961): Nahrungswahl und Nahrungsverarbeitung bei der Larve von Tipula maxima. — Pedobiologia **1**, 1, S. 25—37.

SCHAERFFENBERG, B. (1950): Untersuchungen über die Bedeutung der Enchytraeiden als Humusbildner und Nematodenfeinde. — Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. u. -schutz **57**, S. 183—191.

SCHALLER, F. (1950): Biologische Beobachtungen an humusbildenden Bodentieren, insbes. Collembolen. — Zool. Jahrb. Syst. **78**, S. 506—525.

SCHMIDT, H. (1952): Nahrungswahl und Nahrungsverarbeitung bei Diplopoden (Tausendfüßlern). — Mitt. Naturwiss. Ver. f. Steiermark **81—82**, S. 42—66.

SPENCER, J. A. (1951): The role of Acari on the decomposition of forest litter. — Unpul. spec. subject report of Dept. of Forest Library, Univ. of Oxford (zit. nach MURPHY, 1953).

WEBER, E. (1957): Grundriß der biologischen Statistik für Naturwissenschaftler und Mediziner. — 3. Aufl. Jena, 1957.

WITTICH, W. (1953): Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung auf einem Boden mit starker Regenwurmtätigkeit. — Schriftenr. Forstl. Fak. Göttingen **9**, S. 1—33.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Wolfram Dunger,

Staatliches Museum für Naturkunde Görlitz,

Görlitz, Am Museum 1

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Görlitz

Jahr/Year: 1962

Band/Volume: 37_2

Autor(en)/Author(s): Dunger Wolfram

Artikel/Article: Methoden zur vergleichenden Auswertung von Fütterungsversuchen in der Bodenbiologie 143-162