

Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Kiel 1977 (1978):

Schülerexperimente zu einer Unterrichtseinheit „Ökologie des Waldbodens“

Dieter Erber und Rainer Klee

Under the subject sequence "forest soil ecology" experiments are described for working out the following interrelationships:

1. Food preference in isopodes;
2. Respiratory activity in soil microorganisms;
3. Behavioural adaptations among soil arthropods.

Bodenökologie und hier besonders ökologische Prozesse im Waldboden haben in jüngster Zeit immer stärkeren Eingang in die didaktische Literatur gefunden (BÖHLMANN 1976; BRUCKER/KALUSCHE 1976; HOEBEL-MÄVERS 1975; SCHILKE 1977). Grund dafür ist wohl die Tatsache, daß sich an diesem Lebensbereich ähnlich wie am Lebensraum Wasser zahlreiche Zusammenhänge bis hin zu Stoffkreisläufen und Energiefluß im Rahmen der Schulbiologie erarbeiten lassen.

Im folgenden sollen einige Experimente vorgestellt werden, die u.E. als Schülerexperimente für die Sekundarstufe I gut geeignet sind. Im Rahmen einer Unterrichtseinheit "Ökologie des Waldbodens" können die Schüler mit Hilfe der ersten der beschriebenen Versuche die Tätigkeit der Makrofauna erarbeiten. Der zweite Versuch dient zur Erfassung der Aktivität der Mikroorganismen. Außerdem werden noch Verfahren angegeben, die eine bei Bodenarthropoden weit verbreitete Orientierungsweise verdeutlichen.

I. Futterwahlversuche mit Asseln

Eine wichtige Rolle bei der mechanischen Grobzerkleinerung der Laubstreu spielen Asseln und diploide Tausendfüßler. Dabei werden von diesen Tieren jedoch nicht alle Laubarten gleich gut angegangen, vielmehr konnten von verschiedenen Autoren (z.B. DUNGER 1958, BIWER 1961) Präferenzreihen für die wichtigsten einheimischen Laubholzarten aufgestellt werden. Diese unter rein fachlicher Fragestellung durchgeführten Untersuchungen lassen sich unter entsprechender Abwandlung auch mit Schülern durchführen.

Da sich die genannten Tiere in der Regel in genügend großer Zahl beschaffen und in einfachen Zuchtgefäßen leicht über längere Zeit halten lassen, ist die Beobachtung und Messung von Fraßleistung und Nahrungspräferenz in zahlreichen Parallelgruppen möglich und führt in kurzer Zeit zu eindeutig interpretierbaren Ergebnissen. Wie auch von anderen Autoren empfohlen (z.B. HOEBEL-MÄVERS 1975), verwendeten wir Kühlschrankschrank-Plastikdosen (Maße 20 x 20 x 7 cm), deren Deckel man je nach Bedarf luftdicht oder lüftend aufsetzen kann.

In diese Dosen wird feuchter Lehm fest eingedrückt, so daß das Gefäß bis knapp zur Hälfte gefüllt ist und daß keine Hohlräume im Lehm bleiben. In der Mitte wird eine Mulde eingearbeitet, die mit einer Tonscherbe überdeckt wird. So haben die Tiere die notwendige hohe Luftfeuchtigkeit und einen Dunkelraum zum Verstecken. Diese Einrichtung ist weniger aufwendig und nach unseren Erfahrungen für die Tiere günstiger als Gipsnester, wie sie von anderen Autoren (HOEBEL-MÄVERS 1975, BRUCKER u. KALUSCHE 1976) vorgeschlagen werden. In jedes Gefäß werden rd. 20 Asseln (bzw. Saftkugler oder Schnurfüßler) eingesetzt. Als Futter erhalten die Tiere Falllaub verschiedener Holzarten, und zwar je Gefäß drei bis fünf verschiedene Blätter, die sich möglichst im gleichen Zustand befinden (gleicher Verrottungsgrad).

Bietet man mehr als fünf Laubarten, besteht die Gefahr, daß durch gegenseitige Überdeckung die Nahrungswahl beeinflusst wird. Außerdem wird für Schüler die Vergleichbarkeit der Fraßleistung erschwert. Dies gilt in verstärktem Maße, wenn man wie in wissenschaftlichen Untersuchungen (z.B. DUNGER 1958) gleich große Stanzstücke vieler Laubarten zu gleicher Zeit bietet. Hier kommt noch erschwerend hinzu, daß ein für die Schüler wichtiges Unterscheidungsmerkmal, nämlich die Blattform, wegfällt und dadurch leicht Verwechslungen eintreten können. Bei einem Angebot von drei bis fünf Blättern je Zuchtgefäß ist eine Gesamtpräferenzreihe allerdings nur dann zu erreichen, wenn die einzelnen Schülergruppen unterschiedliche Blattkombinationen wählen, und zwar so, daß bei der Auswertung jede Blattart mit jeder anderen hinsichtlich ihres Beliebtheitsgrades verglichen werden kann. Hier bietet sich eine Möglichkeit, mit Schülern die systematische Planung von Versuchsserien zu üben.

Unter den genannten Bedingungen dauert der Versuch maximal eine Woche, kann also von einer zur anderen Unterrichtsstunde ausgewertet werden. Nach Möglichkeit sollten von den Schülern Zwischenergebnisse erfaßt werden. Hierzu können von den Blättern zu Beginn des Versuchs und in regelmäßigen Abständen (z.B. alle zwei Tage) Photogramme oder Xerogramme hergestellt werden. Die Auswertung erfolgt mit Hilfe von transparentem Milli-

meterpapier. Jede Gruppe liefert als Ergebnis die bildliche Darstellung der Fraßleistung, die Umsetzung in eine Graphik mit den Realwerten und eine Graphik mit Prozentwerten (Abb. 1 A-C).

Durch Ineinanderschachteln der Gruppenergebnisse läßt sich dann die Gesamtpräferenzreihe aufstellen. Wie unsere Ergebnisse zeigen, lassen sich Reihen erzielen, die den Angaben in der Fachliteratur entsprechen (Tab. 1). Bei diesen Versuchen bieten sich weitere Variationsmöglichkeiten an, z.B. Vergleich von Asseln und Tausendfüßlern, von Jung- und Alttieren, von Laub in unterschiedlichem Zustand.

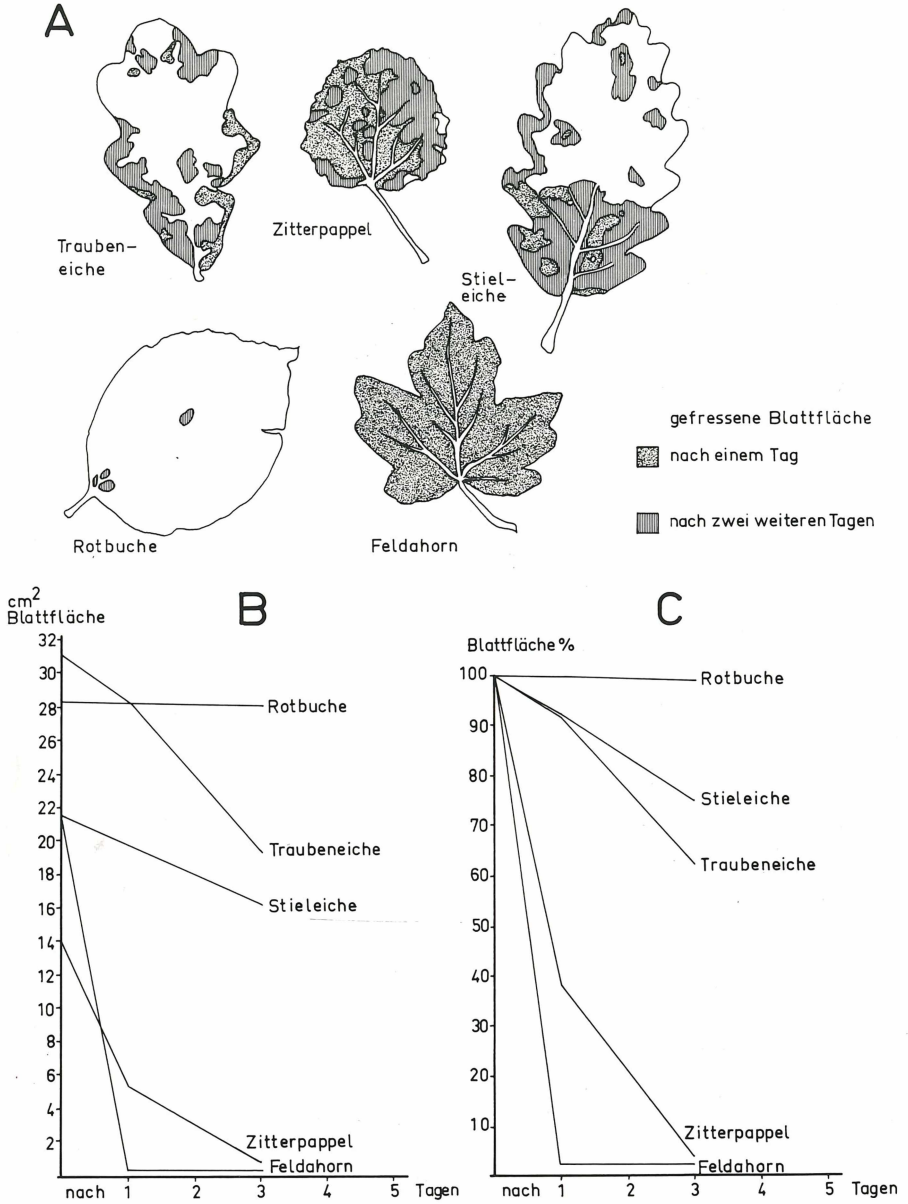


Abb. 1: Ergebnisse eines Futterwahlversuchs mit Asseln.

- A Fraßbilder an verschiedenen Blattarten
- B Abnahme der Blattfläche (absolut)
- C Abnahme der Blattfläche (prozentual)

Tab. 1: Nahrungspräferenz bei Asseln

	Eigene Ergebnisse (überwintertes Laub)	nach DUNGER (1958) (Herbstlaub)	(überwint. Laub)	nach BIWER (1961)
↓ abnehmende Präferenz ↓			Winterlinde	Haselnuß
		Esche	Esche	
		Schwarzerle	Hainbuche	Erle
	Birke			Birke
	Elsbeere			Pappel
	Sommerlinde	Winterlinde	Schwarzerle	Linde
		Feldulme	Feldulme	Ulme
	Bergahorn	Bergahorn	Bergahorn	Ahorn
	Feldahorn	Spitzahorn	Spitzahorn	
	Salweide			
	Zitterpappel			
	Hainbuche	Hainbuche		Hainbuche
	Traubeneiche			
	Roteiche			
	Stieleiche	Stieleiche	Rotbuche	Rotbuche
Rotbuche	Rotbuche	Stieleiche	Eiche	

II. Nachweis der Mikroorganismen mit Hilfe der Atmungsaktivität

Während man die Tätigkeit der Makrofauna direkt beobachten kann, läßt sich die Tätigkeit der Mikroorganismen nur indirekt nachweisen. Wir haben hierzu die Atmungsmessung gewählt.

Für Schulzwecke, insbesondere für die Sekundarstufe I, werden im wesentlichen zwei Verfahren vorgeschlagen, nämlich:

1. Die ISERMEYER-Methode. Hierbei wird eine definierte Bodenmenge in ein Weckglas mit Barytwasser eingebracht. Gegenüber der Kontrolle zeigt sich bei humusreichem Boden nach etwa 24 Stunden eine Trübung der Reaktionsflüssigkeit (siehe STEUBING 1965). Dieser Versuch ist grundsätzlich für Schulzwecke geeignet, dauert aber recht lange.
2. Die Durchströmungstechnik. Bei diesem vielfach angeführten Versuch (BUKATSCH u. TAUBITZ 1961; DYLLA u. KRÄTZNER 1972; BIOGA-KARTEI o.J.; STECKHAN 1970) wird Außenluft zunächst durch ein Rohr mit Natronlauge gepumpt, um sie von CO₂ zu befreien. Anschließend strömt diese Luft durch die Bodenprobe. Das dabei aufgenommene CO₂ wird in einem weiteren Rohr mit Natronlauge und Phenolphthalein als Indikator nachgewiesen.

Diese Methode ist nach unseren Erfahrungen mit erheblichen Schwierigkeiten belastet. Laut Literaturangaben (BIOGA-KARTEI o.J.) ist zwar nach ca. 30 Min. ein Umschlag in der Reaktionsflüssigkeit zu erwarten, vergleicht man jedoch humusreichen Gartenboden mit Sand, so ist kaum ein Unterschied festzustellen. Wir haben gefunden, daß bei dieser Anordnung nur ein Teil des CO₂ aus der Außenluft entfernt wird; der Rest wird in der zweiten Meßflasche mitgemessen. Nach unseren Untersuchungen sind zur restlosen Entfernung des CO₂ aus der Außenluft mindestens zwei Waschflaschen und sehr feine Zerstäuber (z.B. Aquariensteine, keine Holzzerstäuber) notwendig. Dadurch erhöht sich aber die Versuchsdauer für Gartenerde auf annähernd zwei Stunden, für Sand auf mehrere Stunden. Es wird somit sehr schwierig, den Versuch in den Zeitrhythmus der Schule einzuplanen.

Es soll deshalb ein Versuch vorgestellt werden, der mit geringem technischen Aufwand innerhalb einer Doppelstunde zu klaren Ergebnissen führt. Es handelt sich um die für die Bodenatmung abgewandelte ALVIK-Methode (STEUBING u. KUNZE 1972).

An Gerät werden benötigt (Abb. 2):

- 1 Reagenzglas
- 1 Stück Glasrohr, das locker in das Reagenzglas hineinpaßt und am unteren Ende mit Perlongaze verschlossen wird.

Das Glasrohr kann mit Hilfe zweier Gummistopfen, die durch ein Stück Draht aneinander befestigt werden, in das Reagenzglas eingehängt werden.

Als Reaktionsflüssigkeit dient eine Natriumhydrogenkarbonat-Lösung + Kresolrot als Indikator (Angaben bei STEUBING u. KUNZE 1972).

Das Reagenzglas wird mit 0.5 ml dieser Flüssigkeit beschickt. In das gazeverschlossene Röhrchen wird die Erde eingefüllt, und zwar 3.5 g lufttrockener Boden, der kurz vorher mit 1 ml aqua dest. gleichmäßig angefeuchtet wird. Nachdem die Röhrchen in die Reagenzgläser eingeführt sind, dauert es etwa 30 Min., bis man einen deutlichen Unterschied in der Färbung der Reaktionslösung zwischen humusreichem Waldboden (direkt unter der Förna entnommen), Unterboden (aus 50 cm Tiefe) und der Kontrolle (ohne Boden) sieht. Durch Vergleich mit einer Farbskala (Angaben bei STEUBING u. KUNZE 1972) läßt sich die pH-Wert-Änderung ablesen. Für die Humusschicht aus Laubwaldböden wurden in unseren Versuchen nach 30 Min. eine Änderung des pH von 7.9 auf 7.6 festgestellt. Daraus errechnet sich eine CO₂-Abgabe von ca. 0.6 mg CO₂/100 g · h (Tabelle bei STEUBING u. KUNZE 1972). MEYER u. KÖPF (1960) geben für Waldböden ca. 0.8 mg CO₂/100 g · h an.

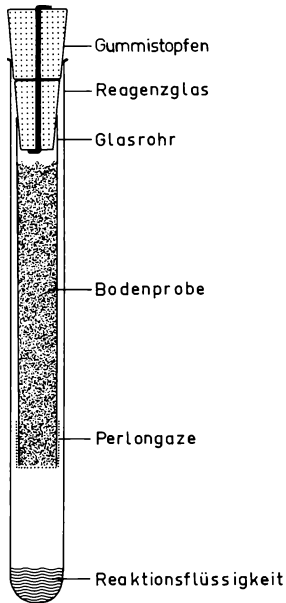


Abb. 2: Versuchsanordnung zum Nachweis der Aktivität der Mikroorganismen.

III. Gegenwendeverhalten bei Asseln und Tausendfüßlern

Diese Versuche dienen der Veranschaulichung und Messung einer bei nahezu allen Bodenarthropoden feststellbaren Verhaltensweise, dem sogen. Gegenwendeverhalten. Wenn ein Tier durch die Umgebungsbedingungen zur Abweichung von seiner Laufrichtung gezwungen wird, so gleicht es bei nächster Gelegenheit diese Abweichung durch eine entsprechende Gegenwendung wieder aus. Dabei werden vor allem bei langgestreckten Tausendfüßlern (z.B. Juliden) die Abweichwinkel ziemlich genau gemessen. Diese Erscheinungen wurden u.a. von BURGER (1971a u. b) eingehend untersucht. Für Schülerversuche mit Asseln (und anderen Bodenarthropoden) haben wir zwei Versuchsanordnungen erprobt:

a) Arena in Anlehnung an SCHÄFER (1971) und BURGER (1971a) (Abb. 3)

Die Arena besteht aus einem Plastik-Untersatz für Blumentöpfe mit 12 cm Ø und 2 cm Randhöhe. Der Boden ist mit einer Pappscheibe belegt, auf die eine Winkelskala aufgetragen ist. An einer Stelle haben wir einen Durchlaß in die Seitenwand der Arena gebohrt, so daß ein ebenfalls aus Karton gearbeiteter Gang eingeschoben werden kann. Der Gang ist in einem Winkel von 90° abgelenkt und besitzt am Ende eine kleine Arena zum Einsetzen der Tiere.

Der Versuch ist so angelegt, daß jede Schülergruppe in einer Petrischale 20 Tiere erhält, die sie für insgesamt 30 Durchläufe verwendet. Hierzu werden jeweils 3-4 Tiere mit einem feinen Pinsel in die Einsatzarena geschoben. Für jedes Tier wird der Winkel aufgeschrieben, den es bei Verlassen des Ganges wählt. Danach setzt man das Tier mit einer Federstahlpinzette in eine zweite Petrischale.

Für 30 Durchläufe werden nach unseren Erfahrungen 15-25' gebraucht, so daß jede Gruppe in einer Doppelstunde den Versuch auch noch mit einem in Gegenrichtung abgewinkelten Gang durchführen kann. Die Auswertung erfolgt hierbei am Besten in einer direkten bildlichen Darstellung, bei der für jede Winkelwahl ein Punkt gesetzt wird. Wie unsere Ergebnisse (Abb. 4) zeigen, lassen diese Versuche mit verschiedenen Bodentieren (Kellerassel, Mauerassel, Rollassel, Schnurfüßler) deutlich ein Gegenwendeverhalten erkennen.

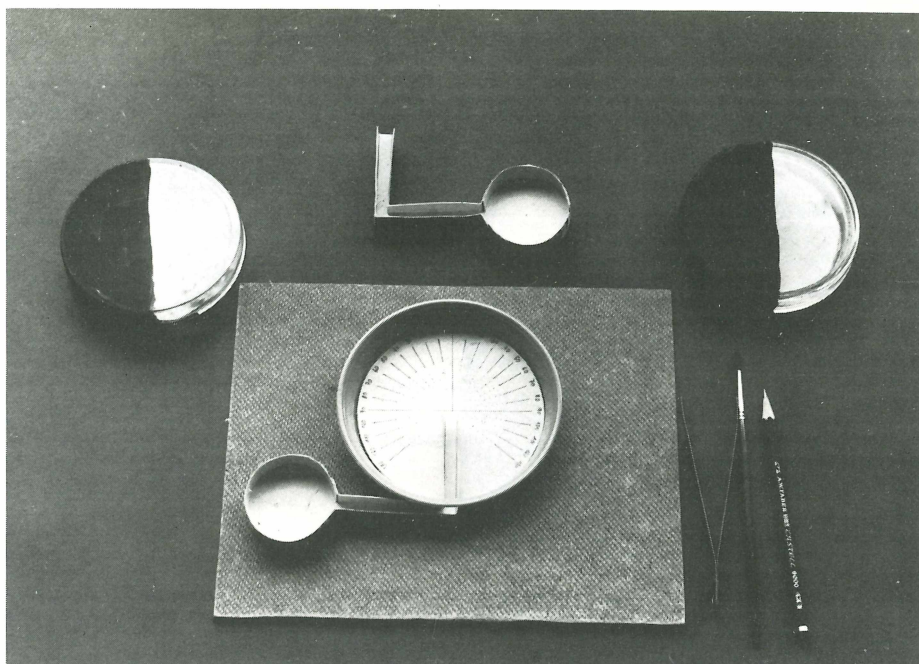


Abb. 3: Arena für Versuche zum Gegenwendeverhalten.

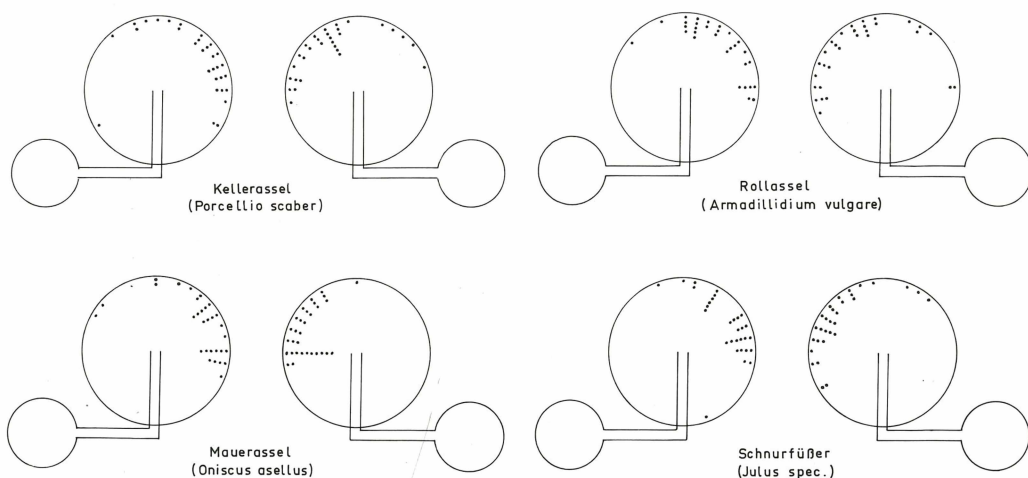


Abb. 4: Gegenwendeverhalten verschiedener Bodenarthropoden in einer Arena; Ergebnisse von je 30 Durchläufen mit 20 Tieren.

b) Ganglabyrinth in Anlehnung an HUGHES (1967)

Hiermit soll in weiterführenden Versuchen die Abhängigkeit des Gegenwendehaltens von der Laufstrecke zwischen erzwungener Richtungsänderung und freier Richtungswahl von den Schülern untersucht werden.

Im Gegensatz zu HUGHES, der teure Plexiglasblöcke verwandte, haben wir Gipsblöcke hergestellt, die nach unseren Erfahrungen voll ihren Zweck erfüllen (Abb. 5). Sie wurden in einem auf einer Glasscheibe montierten Rahmen gegossen; zur Aussparung des Gangsystems wurden Styroporleisten auf die Glasscheibe aufgeklebt. Sie konnten später leicht aus dem Gips herausgehoben werden. Die Gipsblöcke wurden nach dem Trocknen mit farblosem Lack überzogen.

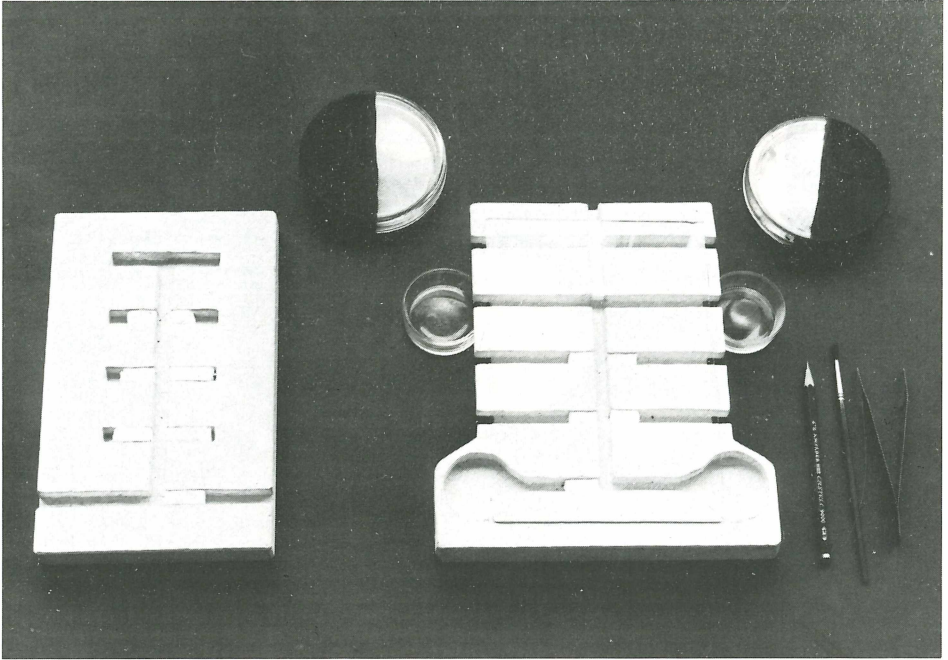


Abb. 5: Ganglabyrinth aus Gips für Versuche zum Gegenwenderverhalten (links: nach HUGHES; rechts: weiterentwickelt).

Da beim HUGHESschen Labyrinth (Abb. 5) die Tiere einzeln mit der Federstahlpinzette in das Gangsystem eingesetzt und wieder herausgenommen werden müssen, kann es leicht zu Verletzungen einzelner Tiere kommen. Wir haben deshalb das Labyrinth so abgewandelt, daß die Tiere in eine kleine Arena eingesetzt werden und daß sie am Ende ihres Laufs aus dem Gang in eine untergeschobene kleine Petrischale fallen. Mit Hilfe von Styroporstückchen können die Gänge so versperrt werden, daß jeweils eine bestimmte Ganglänge und eine bestimmte Winkelrichtung geboten wird.

Wiederum erhält jede Gruppe in einer großen Petrischale 20 Tiere für 30 Durchläufe. Sie setzt jeweils 3-4 Tiere in die Einsatzarena und schüttet die durchgelaufenen Tiere aus der kleinen Petrischale in eine zweite große Petrischale. Damit die Tiere den Gang nicht verlassen, wird eine Glasscheibe aufgelegt, die verschiebbar ist, so daß träge Tiere mit dem Pinsel zum Weiterlaufen angeregt werden können. Da für 30 Durchläufe 15-30' gebraucht werden, ist es ratsam, 8 Gruppen für 4 Lauflängen zu bilden.

Wie die Graphiken (Abb. 6) zeigen, führen Versuchsserien mit Lauflängen, wie sie HUGHES wählte, nämlich 3, 6, 9, 12 cm (bzw. 4, 8, 12, 16 cm für *Porcellio scaber*) häufig zu einer eindeutig fallenden Tendenz des Gegenwenderhaltens. Daneben aber kommt es auch vor, daß plötzlich die Kurve wieder steigt (Abb. 6, Diagramme 1-4). Deshalb haben wir die Lauflängen auf 4, 8, 16, 32 cm vergrößert. Mit diesen Längen wird man nach unseren Erfahrungen im Schulversuch mit größerer Wahrscheinlichkeit eine deutlich fallende Kurve erhalten (Abb. 6, Diagramme 5-6).

Im Rahmen einer Unterrichtseinheit "Ökologie des Waldbodens" stehen diese Versuche am Rande, da sie zum Abbauprozess der Laubstreu direkt keinen Bezug haben. Wir halten es aber für sinnvoll, auch solche Versuche mit einzuplanen, um den Schülern zu zeigen, daß Anpassung an den Lebensraum nicht nur im Körperbau, sondern auch im Verhalten zum Ausdruck kommt.

Wir danken Frau U. Weinandt für technische Hilfen.

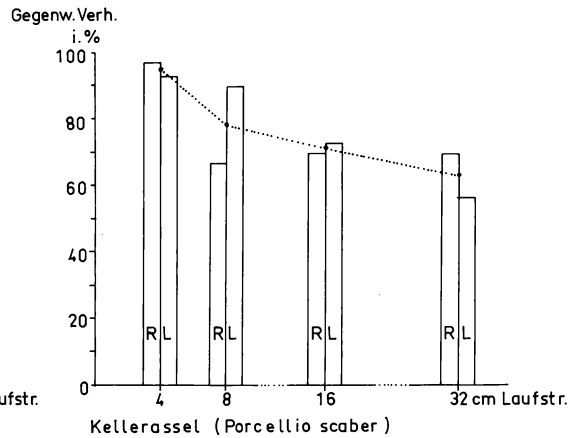
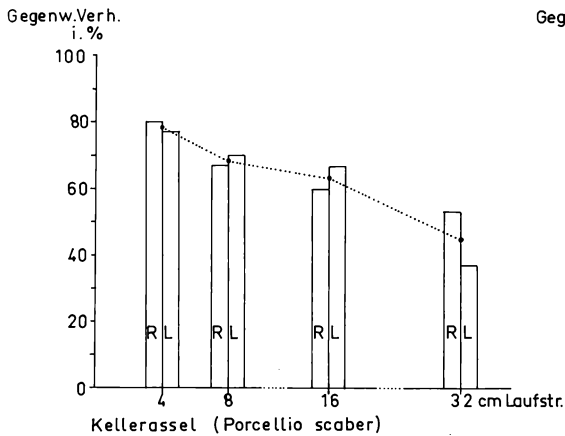
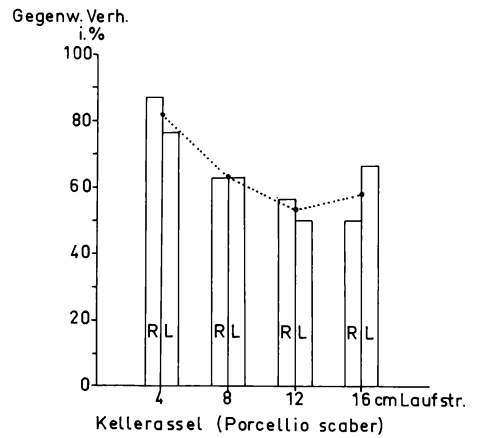
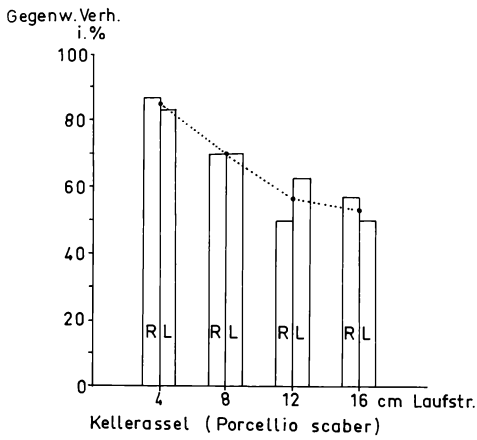
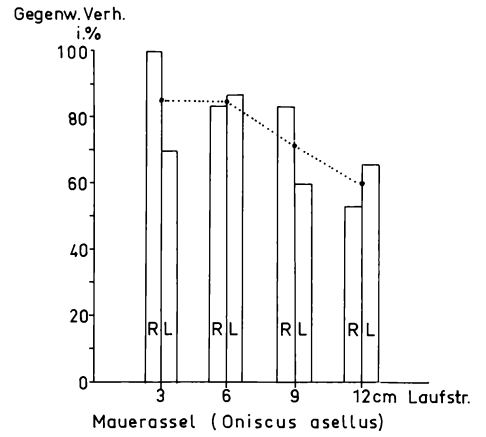
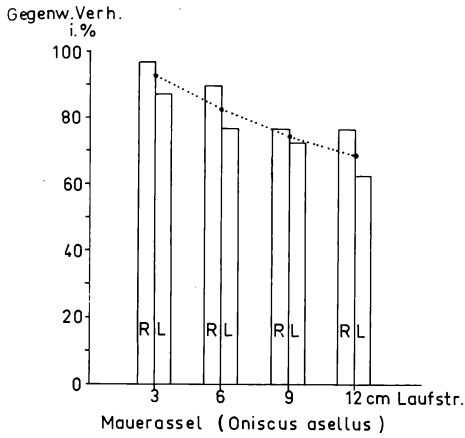


Abb. 6: Gegenwendeverhalten verschiedener Bodenarthropoden im Ganglabyrinth in Abhängigkeit von der Laufstrecke; Ergebnisse von 30 Durchläufen mit 20 Tieren je Laufstrecke. (R = Zwangswendung nach rechts; L = Zwangswendung nach links)

Literatur

- BIOGA-Kartei, o.J. (keine Ortsangabe)
- BIWER A., 1961: Quantitative Untersuchungen über die Bedeutung der Asseln und der Bakterien für die Falllaubzersetzung unter Berücksichtigung der Wirkung künstlicher Düngemittelzusätze. I u. II. Z. f. angewandte Ent. 48: 307-328, 377-394.
- BÖHLMANN D., 1976: Bodenbiologie exemplarisch: Ein Laubblatt fällt ab und wird zersetzt. Biologieunterricht 12/4: 33-55.
- BRUCKER G., KALUSCHE D., 1976: Bodenbiologisches Praktikum. Heidelberg.
- BUKATSCH F., TAUPITZ B., 1961: Bodenkunde und Bodenmikrobiologie. Frankfurt/M.
- BURGER M.L., 1971a: Zum Mechanismus der Gegenwendung nach mechanisch aufgezwungener Richtungsänderung bei *Schizophyllum sabulosum* (Julidae, Diplopoda). Z. vergl. Physiol. 71: 219-254.
- 1971b: Der Anteil der propriozeptiven Erregung an der Kurskontrolle bei Arthropoden (Diplopoden und Insekten). Verh. Deutsch. Zool. Ges. 65: 290-295.
- DUNGER W., 1958: Über die Zersetzung der Laubstreu durch die Boden-Makrofauna im Auenwald. Zool. Jb. Syst. 86: 139-180.
- 1974: Tiere im Boden. Wittenberg-Lutherstadt.
- DYLLA K., KRÄTZNER G., 1972: Das biologische Gleichgewicht. Heidelberg.
- HOEBEL-MÄVERS M., 1975: Die Bodenorganismen und ihre Bedeutung für Stoffkreislauf und Bodenentwicklung. Biologieunterricht 11/4: 27-44.
- HUGHES R.N., 1967: Turn alternation in woodlice (*Procellio scaber*). Anim. Behav. 15: 282-286.
- MEYER L., KÖPF H., 1960: Handb. Pflanzenphys. Berlin/Göttingen/Heidelberg.
- SCHÄFER M.W., 1971: Kinästhetische Orientierung bei *Lithobius forficatus*. Verh. Deutsch. Zool. Ges. 65: 238-242.
- SCHILKE K., 1977: Herbstfärbung und Laubfall - Unterrichtseinheit für die Sekundarstufe I. IPN - Einheitenbank Biologie. Köln.
- STECKHAN H.U., 1970: Bodenkundliche Übungen im Biologieunterricht der Oberstufe III. MNU 23: 478-485.
- STUEBING L., 1965: Pflanzenökologisches Praktikum. Berlin/Hamburg.
- , KUNZE Ch., 1972: Pflanzenökologische Experimente zur Umweltverschmutzung. Heidelberg.

Adressen

Dr. Dieter Erber, Prof. Dr. Rainer Klee
Seminar f. Didaktik d. Biologie
Karl-Glöckner-Str. 21
D-6300 Gießen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: [7_1978](#)

Autor(en)/Author(s): Erber Dieter, Klee Rainer

Artikel/Article: [Schülerexperimente zu einer Unterrichtseinheit „Ökologie des Waldbodens“ 525-532](#)