

Tiere im Boden

4., unveränderte Auflage
Nachdruck der 3. Auflage von 1983

Wolfram Dunger

 Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 327
Westarp Wissenschaften · Hohenwarsleben · 2008

Mit 184 Abbildungen

Titelbild: Diplopoden (*Megaphyllum unilineatum*) in Kopula; oberes Tier: Weibchen.
Aufnahme: Manfred Förster

4., unveränderte Auflage
Nachdruck der 3. Auflage von 1983

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere die der
fotomechanischen Vervielfältigung oder Übernahme
in elektronische Medien, auch auszugsweise.

© 2008 Westarp Wissenschaften-
Verlagsgesellschaft mbH, Hohenwarsleben
<http://www.westarp.de>

Gesamtherstellung: Westarp, Hohenwarsleben

Aus dem Vorwort zur 1. Auflage

Mit seinen „Untersuchungen zur Ökologie der bodenbewohnenden Mikroorganismen“, die er „Edaphon“ nannte, erweckte erstmals Raoul Francé in der Zeit um den ersten Weltkrieg das allgemeine Interesse am Leben im Boden. Seit diesen Anfangsjahren der Bodenbiologie hat sich eine so große Fülle von Einzeltatsachen über die Bodenorganismen angehäuft, daß ein vollständiger Überblick für einen einzelnen Wissenschaftler nicht mehr möglich ist. Allein über Lebensweise und Tätigkeit, Bau und Systematik, Anzahl und soziologisches Verhalten der Tiere im Boden liegt heute eine derart umfangreiche und verzweigte Literatur vor, daß sich der Nichtspezialist mangels eines leicht erreichbaren zusammenfassenden Schrifttums kaum mehr ein Bild vom augenblicklichen Wissensstand verschaffen kann.

Diesem Mangel sucht der vorliegende Band abzuhelpfen. Die der Besprechung der einzelnen Tiergruppen beigefügten methodischen Hinweise und eine Bestimmungstabelle der wichtigsten Tiergruppen im Boden nach einfachen Merkmalen zielen besonders darauf ab, dem Praktiker, Lehrer oder interessierten Laien die selbständige Beschäftigung mit den Tieren zu erleichtern. Für das Literaturverzeichnis wurden vor allem solche Schriften ausgewählt, die grundlegende oder zusammenfassende Darstellungen bieten und den Leser mit weiterer Spezialliteratur bekannt machen.

Vorwort zur 3. Auflage

Zwanzig Jahre nach der Erstfassung sollte ein Buch neu geschrieben werden, insbesondere für ein Wissensgebiet, das sich wie die Bodenbiologie in rascher Entwicklung befindet. Die erste und die unverändert nachgedruckte zweite Auflage haben jedoch im Kreis meiner Kollegen und Freunde eine derart freundliche Aufnahme gefunden, daß ich es für richtig hielt, den Charakter dieses Büchleins möglichst wenig zu verändern. So habe ich besonders solche Abschnitte, die dem Eindenken in die ökologische Situation im Boden gewidmet sind, weitestgehend belassen und bei der Neuschrift der meisten speziellen Abschnitte wiederum die aktuelle Kenntnis über Verhalten, Anpassung und Bedeutung der Bodentiere im Bodenökosystem in den Vordergrund gestellt. Allgemeine ökologische und bodenkundliche Gesetzmäßigkeiten, die auch in Lehr- und Handbüchern nachgeschlagen werden können, habe ich bewußt nicht aufgenommen oder nur soweit angedeutet, wie es für das Verständnis nötig erschien. Wie bereits in der ersten Auflage habe ich im Interesse der Lesbarkeit des Textes Literaturzitate möglichst sparsam verwendet. Autorennamen mit Jahreszahl weisen auf im Verzeichnis genannte Literatur hin. Sammelwerke und Tagungsberichte werden mit römischen Zahlen gekennzeichnet. Ich bin jederzeit gern bereit, weitere Literatur nachzuweisen.

Eine wesentliche Grundlage für die völlige Neubearbeitung dieses Buches war die freundliche Hilfe vieler Freunde und Kollegen im In- und Ausland, die mir

in großzügiger Weise Separate ihrer Arbeiten zur Verfügung stellten. Besonderen Dank für die Beratung in speziellen Fragen schulde ich den Herren H. Ansoerg, Görlitz, H.-D. Engelmann, Görlitz, O. Graff, Braunschweig, W. Kaczmarek, Warschau, W. Karg, Kleinmachnow, J. Nosek, Bratislava, J. Rusek, Budejovice, W. Schönborn, Jena, B. Seifert, Görlitz und A. Zicsi, Budapest sowie Frau Gisela Vater, Görlitz. Ihnen allen sowie meiner Frau, meiner Tochter Birgit Dunger (Grafik) und dem Ziemsen Verlag sage ich meinen herzlichsten Dank.

Görlitz, im März 1983

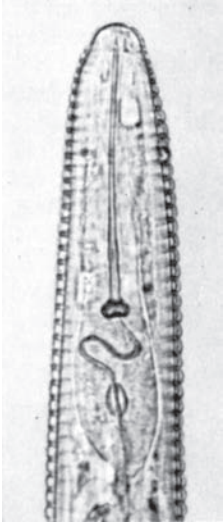
Wolfram D u n g e r

Inhalt

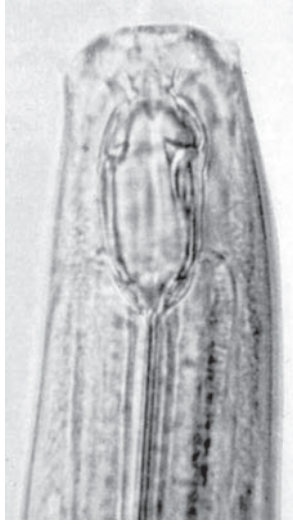
1. Einleitung	9
2. Die Organismenwelt des Bodens	11
3. Die Bodentierwelt und ihre Gliederung	14
4. Lebensbedingungen und Lebensformen im Boden	15
4.1. Lebensraum Boden	16
4.2. Bodenstruktur und Hohlraumvolumen	18
4.3. Bodenfeuchtigkeit	21
4.4. Bodenluft	25
4.5. Bodentemperatur	26
4.6. Lichtfaktor	27
4.7. Chemische Eigenschaften des Bodens	27
4.8. Ernährungsbedingungen	28
4.9. Wechselbeziehungen zwischen den Einzelgliedern der Bodenfauna	29
4.10. Verbreitung im Bodenprofil	32
5. Die Tiergruppen und ihre Beziehungen zum Boden	33
5.1. Einzeller, Protozoen	33
5.1.1. Geißeltierchen, Flagellaten (Mastigophora)	34
5.1.2. Wurzelfüßer, Rhizopoden (Rhizopoda)	34
5.1.3. Wimpertierchen, Ciliaten (Ciliata)	39
5.1.4. Häufigkeit und Bedeutung	40
5.1.5. Technik	41
5.2. Strudelwürmer, Turbellarien	43
5.3. Schnurwürmer, Nemertinen	45
5.4. Schlauchwürmer, Nemathelminthen	45
5.4.1. Rädertiere, Rotatorien	45
5.4.2. Bauchhärlinge, Gastrotrichen	48
5.4.3. Fadenwürmer, Nematoden	49
5.5. Schnecken, Gastropoden	58
5.6. Ringelwürmer, Anneliden	63
5.6.1. Enchytraeiden	67
5.6.2. Regenwürmer, Lumbriciden	71
5.7. Bärtierchen, Tardigraden	86
5.8. Stummelfüßer, Onychophoren	88
Gliederfüßer, Arthropoden	88
Spinnentiere, Arachniden	90
5.9. Skorpione	90
5.10. Spinnen, Araneen	90
5.11. Afterskorpione, Pseudoskorpione	92

5.12. Weberknechte, Opilioniden	92
5.13. Milben, Acarinen	94
5.13.1. Mesostigmate Milben	97
5.13.2. Prostigmate Milben	101
5.13.3. Astigmate Milben	103
5.13.4. Hornmilben, Oribatiden	104
Mandibelträger, Mandibulata	112
5.14. Krebse, Crustaceen	112
5.14.1. Ruderfußkrebse, Hüpferlinge, Copepoden	112
5.14.2. Zehnfußkrebse, Decapoden	114
5.14.3. Flohkrebse, Amphipoden	114
5.14.4. Asseln, Isopoden	115
5.15. Vielfüßer, Myriapoden	121
5.15.1. Hundertfüßer, Chilopoden	121
5.15.2. Doppelfüßer, Diplopoden	125
5.15.3. Wenigfüßer, Pauropoden	134
5.15.4. Zwergfüßer, Symphyla	136
5.16. Insekten, Hexapoden	137
Urinsekten, Apterygoten	137
5.16.1. Springschwänze, Collembolen	138
5.16.2. Beintaster, Proturen	159
5.16.3. Doppelschwänze, Dipluren	161
5.16.4. Felsenspringer, Archacognathen	162
Geflügelte Insekten, Pterygoten	164
5.16.5. Ohrwürmer, Dermapteren	165
5.16.6. Schaben, Blattarien	166
5.16.7. Termiten, Isopteren	166
5.16.8. Geradflügler, Orthopteren	168
5.16.9. Flechtlinge, Psocopteren	169
5.16.10. Blasenfüßer, Fransenflügler, Thysanopteren	169
5.16.11. Schnabelkerfe, Hemipteren	169
5.16.12. Käfer, Coleopteren	171
5.16.13. Haften, Planipennier	187
5.16.14. Hautflügler, Hymenopteren	187
5.16.15. Köcherfliegen, Trichopteren	188
5.16.16. Schmetterlinge, Lepidopteren	189
5.16.17. Schnabelfliegen, Mecopteren	189
5.16.18. Zweiflügler, Dipteren	190
5.17. Fang, Konservierung und Haltung von Bodenarthropoden	195
5.18. Wirbeltiere, Vertebraten	205
6. Die Tiergemeinschaften der Böden	209
6.1. Waldböden	210
6.2. Heideböden	211
6.3. Grünlandböden	211
6.4. Anfangs- und Rohböden	212
6.5. Semiterrestrische Böden	213

6.6.	Moore	213
6.7.	Komposte	213
6.8.	Böden außerhalb der gemäßigten Region	214
7.	Die Bedeutung der Bodenfauna für die Fruchtbarkeit der Böden	217
7.1.	Die Mitwirkung der Tierwelt an der Bodenbildung und -entwicklung	217
7.1.1.	Bodenbildung auf Gestein	217
7.1.2.	Bodenbildung und -besiedlung auf Bergwerkshalden	220
7.1.3.	Zustand reifer Böden	222
7.2.	Die Bedeutung der Bodentiere für den Stoffabbau	223
7.2.1.	Stoffabbau im Boden-Ökosystem (Dekomposition)	223
7.2.2.	Die direkte Beteiligung der Bodentiere an der Dekomposition	225
7.2.3.	Die Steuerfunktion der Bodentiere	226
7.2.4.	Dekomposition unter verminderter Aktivität der Bodentiere	229
7.2.5.	Vergleich des Leistungsvermögens der Bodenfauna in benachbarten Ökosystemen	231
7.3.	Die Zersetzung der Streu – ein Beispiel	232
7.3.1.	Erstzersetzung	232
7.3.2.	Folgezersetzung	234
7.3.3.	Humusformen	234
8.	Einwirkungen des Menschen auf die Bodenfauna	235
8.1.	Der Einfluß der Bodenbearbeitung	237
8.2.	Der Einfluß der Kulturpflanzen	238
8.3.	Die Auswirkungen der Ernte	239
8.4.	Die Auswirkungen der Düngung	240
8.5.	Die Einwirkungen von Fremdstoffen und Strahlen	242
9.	Bodentiere als Zeigerorganismen	246
10.	Bodentiere als Schädlinge	248
11.	Bestimmungstabelle der wichtigsten Bodentiergruppen	250
12.	Literatur	268
12.1.	Sammelwerke	268
12.2.	Internationale Zeitschriften für Bodenbiologie	269
12.3.	Zusammenfassende Darstellungen zur Methodik der Bodenzologie	269
12.4.	Monographien und Artikel	269
13.	Verzeichnis der Tiernamen	275



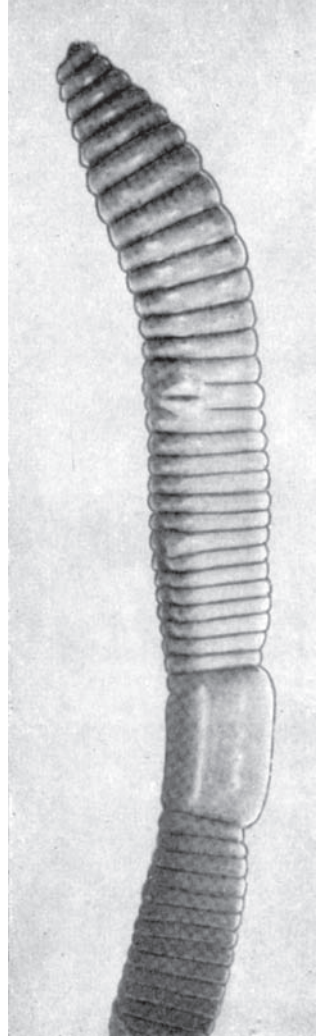
1 a



1 b



2



3

Geflügelte Insekten, Pterygoten

Die Mehrzahl der Pterygoten (Pterygota) hat wenigstens im erwachsenen Zustand Flügel und ist demnach der Grundtendenz des Bauplanes nach bodenunabhängig geworden. Mit dem Flügelerwerb ist gewöhnlich eine höhere Widerstandsfähigkeit gegen Trockenheit und Wärme verbunden. Die stärkere Chitinisierung bringt auch eine Kräftigung der Mundwerkzeuge mit sich und damit eine Erweiterung des Speisezettels.

Innerhalb der Pterygoten finden sich alle denkbaren Stufen der Bindung an den Boden verwirklicht. Eine große Gruppe bilden diejenigen, die entweder vollkommen ohne Kontakt zum Boden leben oder den Boden lediglich in einem inaktiven Zustand als Schutz gegen klimatische Faktoren benutzen (z. B. Puppenruhe im Boden). Diese sowie solche Insekten, die nur auf der Bodenoberfläche leben, ohne eine nähere Beziehung zum Boden und seinen Bewohnern erkennen zu lassen, sollen hier unberücksichtigt bleiben, obwohl auch sie in gewissem Sinn verändernd auf den Boden einwirken können. Eine große Zahl von „Oberflächenarten“ dringt aber häufig je nach Größe oder Grabvermögen in den Boden, seine obersten Hohlräume und besonders seine Anhangsgebilde, z. B. Baumstümpfe, ein und geht dort der Nahrungssuche nach. Von solchen epedaphischen Arten finden sich gleitende Übergänge zu echten hemiedaphischen und schließlich euedaphischen Formen.

Teils sind nur die Larven, teils auch die Imagines Bodenbewohner. Hemiedaphische und euedaphische Arten weisen Grabwerkzeuge auf (z. B. Mistkäfer). Oberflächenbewohner sind dagegen oftmals besonders langgestreckt und beweglich (Ohrwürmer, Kurzflügelkäfer), um sich den großen oberflächlichen Hohlräumen anpassen zu können. Alle diese Anpassungen haben keinen Einfluß auf das Flugvermögen dieser Arten.

Euedaphisch leben die meisten Pterygoten nur im Larvenstadium (Engerlinge, Drahtwürmer, Dipterenlarven). Bei diesen Larven finden sich interessante physiologische Eigenschaften. Ihre Cuticula ist für Gase, Wasser und Salze wesentlich besser durchdringlich als bei anderen Insektengruppen. Im Versuch zeigen sie eine starke Resistenz gegenüber erhöhter Kohlensäure-Konzentration und einen sehr geringen Sauerstoffverbrauch. Sie decken ihren Energiebedarf also nicht vollständig durch Sauerstoffverbrennung, sondern auch auf anoxybiontischem Wege. Oberflächenformen, z. B. die Maulwurfsgrille, benehmen sich – selbst wenn sie z. T. recht tiefe Gänge im Boden anlegen – in dieser Hinsicht dagegen wie „Luft-Insekten“ mit wesentlich höherem Sauerstoffbedarf.

Gegenüber wasserlebenden Formen unterscheiden sich bodenbewohnende Insektenlarven morphologisch durch das Fehlen von Behaarung und langen Körperanhängen (z. B. Dipterenlarven), während physiologisch viele gemeinsame Züge auffallen. Die Anpassungen der höheren Insekten an das Bodenleben sind im allgemeinen als sekundär und phylogenetisch jung anzusehen. Dafür spricht die oft erstaunlich enge Spezialisierung gerade solcher Formen auf bestimmte Bodeneigenschaften. Diese wird noch dadurch erleichtert, daß die Imagines stark beweglich sind und mit Hilfe des Flugvermögens ihre Eier genau an zusagenden Stellen absetzen können. So ist es erklärlich, daß sich gerade unter den Bodeninsekten sehr gute Bodenanzeiger (Indikatoren) befinden.

Hinsichtlich des Arten-, meist aber auch des Individuenbestandes stehen die Käfer an erster Stelle unter den bodenlebenden Pterygoten. Wesentlichen Anteil haben weiter die Larven der Zweiflügler (Dipteren). Alle anderen Gruppen bleiben demgegenüber in der Regel weit zurück. In land- und forstwirtschaftlich intensiv genutzten Böden können über die Hälfte der Pterygoten schädlich sein.

5.16.5. Ohrwürmer, Dermapteren

Die Ohrwürmer (Dermaptera) sind durch ihre großen zangenförmigen Schwanzanhänge (Cerci) auffallende Tiere, die lichtscheu unter Steinen, Rinde oder Laub und in großen Bodenhohlräumen leben. Eine starke Thigmotaxis veranlaßt sie zum Aufsuchen flacher Spalten. Weiche frische Pflanzenteile und tote oder geschwächte Insekten bilden die Hauptnahrung. Die bekannteste und verbreitetste Art, der Gemeine Ohrwurm (*Forficula auricularia*), gräbt zur Eiablage und Überwinterung Erdröhren. Im übrigen hält er sich tagsüber in Verstecken auf und geht nachts auf Nahrungssuche. Ein Bewohner von Laub- und Mischwäldern ist der Waldohrwurm (*Chelidurella acanthopygia*). Während er im Frühjahr und Herbst vorwiegend in Falllaub anzutreffen ist, findet er sich sommers häufig auf Sträuchern. Der kleine Zangenträger (*Labia minor*) ist mehr wärmeliebend und bevorzugt Zersetzungsherde, besonders Dünger. Er fliegt im Gegensatz zu den anderen Arten viel.

Interesse beansprucht schließlich der Sandohrwurm (*Labidura riparia*, Fig. 102), eine bis 26 mm lange, sehr helle Art. Er liebt besonders sich gut erwärmende, aber nicht zu grundwasserferne Sandböden und kommt sehr sporadisch über fast ganz

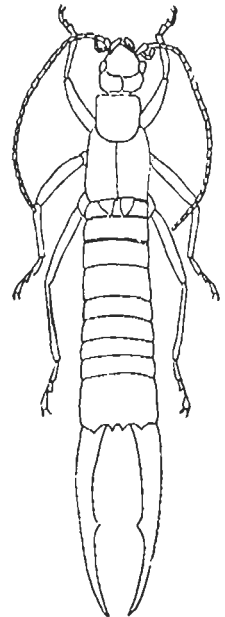


Fig. 102. Männchen eines Sandohrwurmes (*Labidura riparia*). Länge 25 mm. Nach Harz

Europa, besonders an der Meeresküste vor. Er besiedelt auch fast völlig vegetationslose Braunkohlen-Flurkippen in enormer Anzahl. Die Tiere legen schräge, 10 bis sogar 40 cm tiefe Gänge im Untergrund an und halten sich tagsüber, vor den an solchen Standorten oft hohen Temperaturengeschützt, darin auf. Nachts jagen sie andere Insekten und Spinnen; Pflanzenteile scheinen sie kaum anzugehen. Zur Überwinterung graben sie sich sehr tief, nach R a m m e bis zu 2 m, in den Boden. Gegen starke Bodenversauerung zeigen sich die Sandohrwürmer unempfindlich. Sie dürften einen wesentlichen Beitrag zur Wiederbesiedlung von Kippen leisten.

5.16.6. *Schaben, Blattarien*

Die Schaben (Blattariae) sind vorwiegend wärmeliebende Allesfresser. Von ihnen leben in Mitteleuropa nur die Gattungen *Ectobius* und *Hololampra* frei. Sie werden kaum länger als 1 cm und sind auffällig plattgedrückt. Am häufigsten sind die Waldschaben *Ectobius lapponicus* und *E. silvestris*. Besonders die Weibchen halten sich direkt auf dem Boden auf; die Männchen leben mehr als Tagtiere im Gesträuch trockenwarmer Wälder.

5.16.7. *Termiten, Isopteren*

Die Termiten (Isoptera) können in tropischen und subtropischen Gebieten eine außerordentlich hohe bodenbiologische Bedeutung erlangen. In der gemäßigten Zone treten sie nur ganz vereinzelt auf (*Calotermes*, *Reticulotermes*).

Waldbewohnende Termiten üben im allgemeinen einen weniger bestimmenden Einfluß auf den Boden aus als die Termiten der offenen Gebiete (Savannen). Sie leben teils rein unterirdisch, teils in Nestern, totem Holz oder in Bäumen. Humusfressende Arten bauen ein Nest aus Kotballen. Sie fressen sich teilweise – ähnlich wie Regenwürmer – durch den Boden. Ihre Ausscheidungen sollen sich nicht von Regenwurmerde unterscheiden. Oft werden keinerlei oberirdische Bauten errichtet, so daß wir über die Lebenstätigkeit dieser Arten nicht ausreichend unterrichtet sind. Eine aktuelle Zusammenfassung zur bodenbiologischen Bedeutung der Termiten geben Bachelier (1978) und Lee u. Wood (1971).

Sehr viele Arten ernähren sich von Holz, das sie mit Hilfe von symbiontischen Protozoen aufzubereiten vermögen. Ihre bienenkorbartigen Nester bestehen vorwiegend aus Exkrementen und halbverdaulichem Lignin (Holzstoff). Nur äußerlich werden Bodenteilchen mit zum Bau verwendet.

Die bodenbiologisch bedeutendsten Termiten sind die großen hügelbauenden Arten der Savannen. In Afrika und im tropischen Asien handelt es sich meist um Macrotermitinen. Diese Arten sind Pilzzüchter. Ihr Bau wird am Anfang völlig unterirdisch angelegt und wächst erst dann über die Oberfläche empor, wenn der Staat Millionen von Individuen zählt. Die Hügel der in Zentralafrika wichtigen *Bellicositermes rex* (Fig. 103) haben nach den ausführlichen Untersuchungen von Grassé eine Höhe von 3–6 m, einen Durchmesser von 10–60 m und einen Rauminhalt von wenigstens 1 000 m³. Dabei erstrecken sich die hiervon ausgehenden Gänge bis zu 12 m in den Untergrund. Zum Bau des Zentralteiles des Hügels wählen die Termiten plastisches, tonreiches Material. Dieses wird in weiter Umgebung

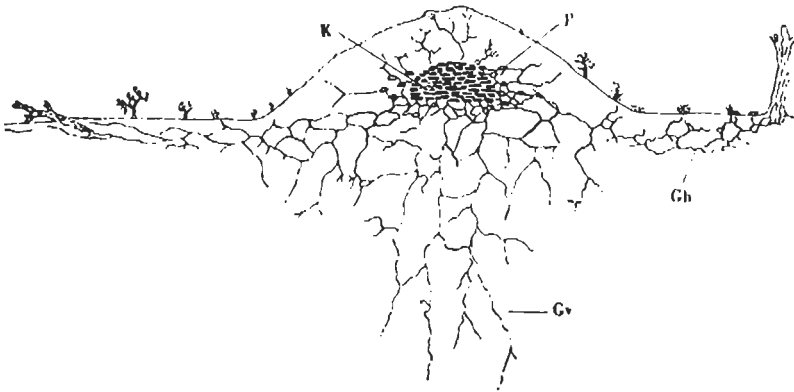


Fig. 103. Schematischer Schnitt durch das Nest- und Galeriesystem einer zentralafrikanischen Termitenart (*Bellicositermes rex*). K Königszelle, umringt von Brutzellen; P Pilzgärten; Gh oberflächliche Galerien, die zu den Nahrungsquellen (hier tote Stämme) führen; Gv vertikale Galerien, die auf der Suche nach Wasser und plastischem Baumaterial bis zu 12 m in den Boden getrieben werden. Nach Grassé u. Noirot

und in großen Tiefen gesucht. Fehlt es aber im Gebiet ganz, so können die Termiten nicht bauen. Im Innern dieses Zentralteiles befinden sich die Brut- und Königszellen, aber auch die Pilzkammern. Diese werden mit Holz und anderen pflanzlichen Stoffen beschickt, wobei Pilzbeete entstehen. Die vom Nest ausgehenden oberflächlichen Gänge (Galerien) führen vorzugsweise zu Nahrungsquellen (Holz, Blätter, Grasteile). Die tief in den Boden führenden Gänge werden dagegen hauptsächlich zum Beschaffen von Nestbaumaterial angelegt.

Die geschilderte Bauweise der Termitenhügel hat wesentliche Auswirkungen auf den Bodenzustand. Die umlagerte Bodenmenge wurde für *Bellicositermes nigeriensis* in Ghana auf jährlich 1 t/ha geschätzt. Zerfallene Termitenhügel erweisen sich oft fruchtbarer als der sie umgebende Boden. Das ist verständlich, da das Baumaterial ja nicht dem umgebenden Oberboden entstammt, sondern sich aus tonreichem Material des Untergrundes, untermischt mit humosen Stoffen, zusammensetzt. In afrikanischen Böden mit Lateritbildung, d. h. mit steinharten oberflächlichen Oxydschichten, bilden die Termiten durch ihre Bautätigkeit völlig neue Böden, indem sie die Lateritschichten durchbrechen und Unterboden über die harten Krusten ausbreiten. Man hat allen Grund zu der Annahme, daß ohne die Jahrmillionen lange Tätigkeit der Termiten in solchen Böden kein Pflanzenwachstum möglich wäre.

Obwohl die Termiten oft in sehr trockenen Gebieten leben, haben sie keinerlei besondere Einrichtungen zum Schutze gegen Verdunstung. Sie sind darauf angewiesen, direkt oder mit der Nahrung Wasser aufzunehmen, um den Verlust durch Verdunstung und Speichelsekretion ausgleichen zu können. Im Nest erhalten die Termiten stets eine feuchte Atmosphäre. Um die nötige Wasserversorgung zu sichern, werden oftmals sehr tiefe Gänge (wie zur Materialsuche) angelegt. Die verdeckten, knapp unter der Oberfläche verlaufenden Galerien schützen die Termiten auf dem

Wege zur Nahrungsquelle. Einige Arten, z. B. *Psammotermes* in der Sahara, *Belliositermes* und *Trinervitermes* in Trockensavannen, legen zur Wasserversorgung ein Netzwerk von „Brunnen“ an. Aus all diesen Vorrichtungen erklärt sich der höhere Wassergehalt der Termitenhügel gegenüber der umliegenden Erde. Das Erhalten einer solchen feuchten Atmosphäre erleichtert den Termiten auch das Aufarbeiten der harten Lateritschichten unter den Hügeln.

Wären die bislang geschilderten Leistungen für die Fruchtbarkeit der bewohnten Böden von hoher positiver Bedeutung, so kommen, je nach Region in unterschiedlichem Maß, auch negative und schädliche Einwirkungen hinzu. Während die Galerien außerhalb des Hügels fördernd auf die Bodenatmung und die Wasserdurchlässigkeit des Bodens einwirken, sind die Hügel selbst außen meist zementartig hart und wasserabweisend. Sie sind damit auch in den ersten Stadien für Pflanzen zunächst nicht leicht besiedelbar. Für eine ackerbauliche Nutzung des Bodens sind Termitenhügel hinderlich. Bei ihrer Nahrungssuche können die Termiten an allen holzhaltigen Substanzen, vor allem auch an Feldkulturen, verheerenden Schaden anrichten. So müssen sie in manchen Regionen mit großem Aufwand bekämpft werden, während sie anderswo – z. B. in den Termitensavannen Afrikas – den entscheidenden Faktor der Bodenfruchtbarkeit darstellen. Die Konkurrenzkraft der Termiten ist so stark, daß sie in der Regel die Mehrzahl der anderen Bodentiere verdrängen; insbesondere ist dies gegenüber Regenwürmern beobachtet worden.

5.16.8. Geradflügler, Orthopteren

Die Geradflügler (Orthopteroidea) sind vorwiegend wärmeliebende freilebende Landtiere. In Europa haben fast nur die Grillen (*Gryllidae*) und die Maulwurfgrillen (*Gryllotalpidae*) bodenbiologische Bedeutung. Auf hinreichend warmen (z. B. sandigen) Böden kommt die Feldgrille (*Gryllus campestris*) oft in großer Zahl vor. Die Larven leben anfänglich oberflächlich unter Steinen und in anderen groben Hohlräumen. Im Herbst graben sie mit Hilfe der bedornten Vorderbeine und der Mandibeln 30–40 cm lange, bis 30 cm tiefe Gänge. Die Feldgrillen sind Allesfresser; doch werden in die Gänge eingetragene grüne Pflanzenteile erst nach dem Welken gefressen. Schädlichkeit (Befressen junger Kulturpflanzen) und Nützlichkeit (Eintragen organischer Stoffe in den Boden) halten sich wohl meist die Waage. Mehr feuchtigkeitsliebend ist die Waldgrille (*Nemobius sylvestris*). Sie lebt in lichten Laubwäldern unter Fallaub und Moos.

Das interessanteste Bodentier dieser Gruppe ist ohne Zweifel die Maulwurfgrille oder Werre (*Gryllotalpa gryllotalpa*, Fig. 104). Ihr fehlt das Sprungvermögen. Dafür hat sie starke Grabbeine. Die schwache Chitinisierung und damit starke Beweglichkeit des Hinterkörpers und ihre weiche wasserabstoßende Behaarung sind weitere Anpassungen an das unterirdische Leben. Physiologisch verhält sie sich aber noch wie ein Oberflächentier. Dies ist verständlich, da ihre etwa 20 cm tiefen Gänge ihrer Größe entsprechend fingerdick sind und eine gute Luftführung gewährleisten. Die Maulwurfgrille bevorzugt feuchtere Böden, in denen sich die teils oberflächlich, teils tiefer angelegten Gangsysteme besser erhalten. Neben den sehr maulwurfsähnlichen Grabklauen dienen Stirn und Halsschild zur Formung der Gänge, was bereits aus der stärkeren Sklerotisierung dieser Teile abzulesen ist.

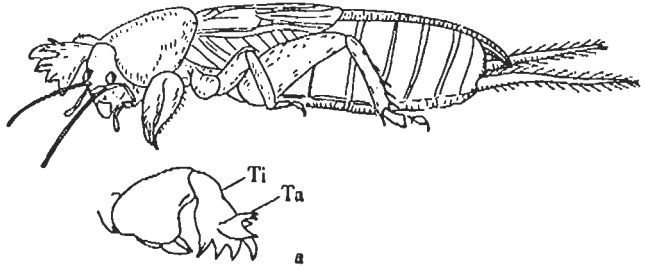


Fig. 104. Weibchen der Maulwurfsgrille (*Gryllotalpa gryllotalpa*). a rechtes Vorderbein (Grabbein), vergrößert; Ti Schiene, Ta Fuß. Länge 45 mm. Nach Harz

Die Maulwurfsgrille schwimmt geschickt. Im Flug ist sie nur zur Fortpflanzungszeit zu beobachten. Ihre Nahrung besteht – wieder eine Parallele zum Maulwurf – vorwiegend aus anderen Bodentieren: Insektenlarven, Regenwürmern u. a. Sie kann in mit Drahtwürmern, Erdräupen und ähnlichen Schädlingen verseuchten Böden sehr nützlich werden und frisst auch zur Eiablage in den Boden eindringende Imagines. Schäden an Pflanzen werden vorwiegend durch die Anlage von Gängen und das oft damit verbundene Abbeißen von Wurzeln angerichtet. Nur bei Nahrungsmangel scheint die Maulwurfsgrille sich in schädlichem Maße von lebenden Pflanzenteilen zu ernähren. Dann ist zuweilen eine Bekämpfung notwendig. Bei der Nahrungssuche dienen die langen Schwanzanhänge als „hinteres Fühlerpaar“. Die etwa 200 bis 300 Eier entwickeln sich in einer flach angelegten Höhle und werden anfänglich von den Weibchen bewacht.

5.16.9. Flechtlinge, Psocopteren

Die Flechtlinge, Holz- oder Staubläuse (Psocoptera) sind nur selten im Boden anzutreffen. Sie sind Bewohner trockener Umgebung und ernähren sich gleichfalls von trockenen Stoffen pflanzlicher Herkunft. Sie können vielleicht gelegentlich in Rohböden mit Flechtenüberzug eine Bedeutung für die Bodenbildung erlangen.

5.16.10. Blasenlufe, Fransenflügler, Thysanopteren

Von den Blasenfüßern (Thysanoptera), auch „Thripse“ genannt, leben einige weniger bekannte ursprüngliche Gruppen räuberisch unter Rinde, in Laubstreu und an ähnlichen Stellen, z. B. Moorsrasen und Flechtenkrusten. Teilweise – besonders bei Jungtieren – kommt nach Kühnelt auch Pilznahrung in Betracht. Die Beute (Blattläuse, Milben) wird ausgesogen. Die bekannteren pflanzensaugenden Schädlinge dieser Gruppe haben außer der Überwinterung keine Beziehung zum Boden.

5.16.11. Schnabelkerfe, Hemipteren

Die Schnabelkerfe (Hemiptera) sind durch ihre charakteristischen Mundwerkzeuge leicht erkennbar. Obwohl oftmals häufig auf, zuweilen auch im Boden lebend, haben sie wenig bodenbiologische Bedeutung.

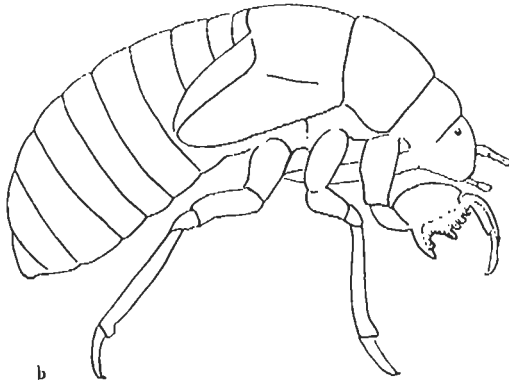
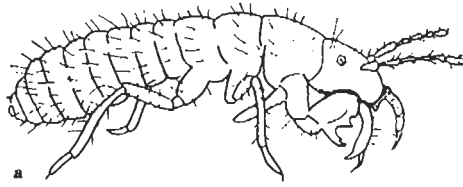


Fig. 105. Bodenlebende Larvenstadien der nordamerikanischen Singzikade *Tibicen septendecim*. a Junglarve kurz nach dem Schlüpfen, b 6. Larvenstadium (17 Jahre alt!) kurz vor dem Häuten zum geschlechtsreifen, geflügelten Tier. Man beachte die Grabbeine. Länge a 3 mm, b 35 mm. Nach Snodgrass aus Weber

Wanzen (Heteroptera). Die vorwiegend räuberischen Wanzen sind besonders in der Streuschicht regelmäßig anzutreffen, müssen aber in den meisten Fällen doch mehr der oberirdischen (atmobiontischen) Fauna zugerechnet werden. Vielleicht kommt einigen Arten ein Zeigerwert für bestimmte Standortseigenschaften zu.

Zikaden (Cicadiformes). Die Zikaden haben wie auch andere Pflanzensauger (früher als Homoptera zusammengefaßt) ihren Rüssel sehr weit rückwärts an der Kopfunterseite eingefügt. Echte Bodentiere sind oft die Larven der meist wärme liebenden, mehr südlich verbreiteten Zikaden. So entwickeln sich die Blutzikaden (*Triecphora*) an Wurzeln der oberen Bodenschicht saugend. Die Larven der Singzikaden (*Cicadidae*) haben gewaltige Grabbeine. Die jüngsten Larvenstadien leben am tiefsten (bis zu 3 m!), die fast fertigen Tiere am höchsten im Boden. Sie saugen an Pflanzenwurzeln. Die Entwicklung beansprucht meist 2 bis 3 Jahre, so auch bei der einzigen mitteleuropäischen Art der Singzikaden, der Bergzikade (*Cicadetta montana*). Die amerikanische *Tibicen septendecim* bringt es aber auf 17 Larvenjahre (Fig. 105). In wärmeren Ländern können diese Larven massenweise vorkommen. Die letzte (5.) Häutung zum geschlechtsreifen Tier erfolgt an der Oberfläche oder in besonderen Kammern.

Blattläuse (Aphidina). An Pflanzenwurzeln saugende Entwicklungsstadien sind auch von Blattläusen bekannt. Hier sei besonders an das Beispiel der Reblaus (*Viteus vitifolii*) erinnert, die sehr zahlreiche in Gallen lebende parthenogenetische Wurzelauspopulationen hervorbringt. Auch Gattungen anderer Familien sind häufig im Boden (auf Wurzeln als Sekundärwirte) zu finden (*Lachnus*, *Tetraneura* u. a.).

Schildläuse (Coccina). Auch unter den Schildläusen finden sich einige pri-

mitive, besonders der Gattung *Orthezia* angehörende Formen, die im Gegensatz zu ihren hoch spezialisierten Verwandten in beiden Geschlechtern noch frei beweglich sind und oft in größerer Zahl in der Streuschicht von Wäldern und Wiesen gefunden werden, so besonders *Orthezia cataphracta* in Dichten von 500 Individuen/m² in Gebirgsweiden (K ü h n e l t). Andere, festsitzend saugende Arten kommen auch an Wurzeln vor. Im ganzen ist die Bedeutung der Homopteren als Bodentiere vorwiegend von phytopathologischem Interesse.

5.16.12. Käfer, Coleopteren

Die Käfer (Coleoptera) stellen nicht nur die artenreichste, sondern auch die bodenbiologisch wichtigste Pterygotengruppe dar. Sie lassen sich durch ihr stark sklerotisiertes erstes Flügelpaar (Deckflügel oder Elytren) und ihre kauenden Mundwerkzeuge meist leicht erkennen. Nicht nur ihre flügellosen, fast durchweg sechsbeinigen Larven bewohnen häufig den Boden, sondern oft auch die voll entwickelten Tiere (Imagines). Bodenbiologisch am interessantesten sind die Käfer, die ihren gesamten Lebenszyklus im Boden verbringen. Sie treten aber mengenmäßig und ihrer Einwirkung auf den Boden nach weit hinter diejenigen Gruppen zurück, die vorwiegend epedaphisch leben oder nur als Larven den Boden besiedeln.

Die Anpassungen der echten Bodenkäfer an ihre Umwelt hat besonders Coiffait studiert, dessen Darlegungen wir hier folgen. Vollständig hemiedaphisch oder euedaphisch lebende Arten finden wir unter den Laufkäfern (Carabiden), Kurzflügelkäfern (Staphyliniden), Zwergkäfern (Pselaphiden), Rüsselkäfern (Curculioniden) u. a. Meist handelt es sich um kleine Gruppen, die verwandtschaftlich sehr isoliert stehen. Coiffait betrachtet sie als „Relikte“, stammesgeschichtlich sehr alte Formen, die sich schon sehr lange an das Bodenleben angepaßt haben

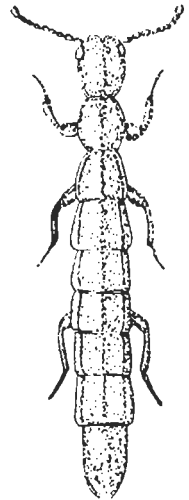


Fig. 106. Euedaphischer Bodenkäfer der Familie Staphylinidae (*Leptotyphlus lavagnei* var. *picardi*) aus Südfrankreich. Die Flügeldecken sind völlig mit der Brust verwachsen. Länge 1 mm. Nach Paulian

und sich hier seit Jahrmillionen kaum veränderten. Erst in jüngerer Zeit zum Bodenleben übergegangene Arten weisen dagegen unvollkommene Anpassungen auf.

Ein charakteristisches Merkmal der echten bodenlebenden Käfer ist zunächst ihre geringe Größe. Sie übersteigt nur selten 5 mm und sinkt bis auf 0,4 mm (*Typhlocyptus*) herab. Zur geringen Größe kommt oft noch eine ausgesprochen schmale langgestreckte Körpergestalt, so vor allem bei den Kurzflügelkäfern (Staphyliniden). Viele euedaphische Arten unterscheiden sich von ihren nächsten Verwandten – meist Arten der Bodenoberfläche – auch durch eine Verkürzung der Beine und Fühler, die mit einer Verringerung der Anzahl besonders der Fuß-(Tarsal-)Glieder verbunden ist. Diese Erscheinung ist bemerkenswert, weil die Bodenkäfer hierin von Höhlenbewohnern abweichen, mit denen sie sonst viele Ähnlichkeiten zeigen. Diese haben jedoch oft besonders verlängerte Extremitäten. Auch eine starke Verkürzung der Flügeldecken kann als typische Anpassungserscheinung an das Bodenleben betrachtet werden. Dabei kommt es in einigen Fällen (Leptotyphlinae) sogar zum Verwachsen der verbliebenen Deckflügel mit dem zweiten Brustsegment, so daß keine freien Flügeldecken mehr sichtbar sind (Fig. 106). Als eine weitere, die praktische Arbeit leider nicht wenig erschwerende Eigenart vieler echter Bodenkäfer sei noch ihre Armut an äußeren Unterscheidungsmerkmalen erwähnt, die in scharfem Gegensatz zur fast unwahrscheinlichen Vielfalt der männlichen Begattungsorgane steht. Wir treffen die gleiche Erscheinung z. B. bei einigen Diplopoden (Juliden) wieder.

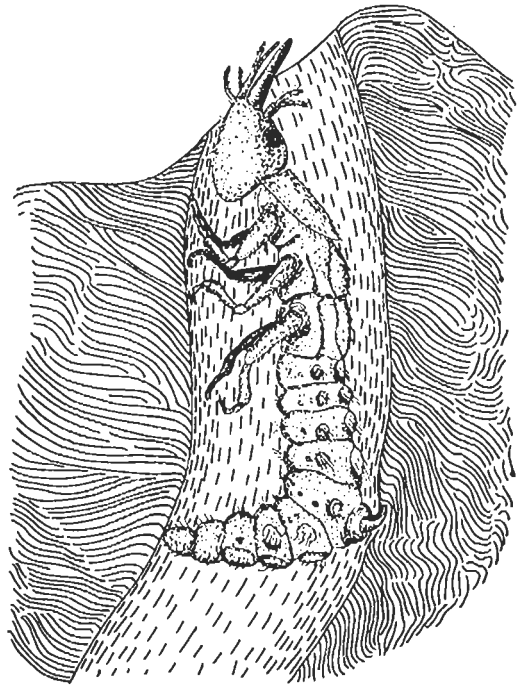
Mit den höhlenbewohnenden Käfern haben die echten Bodenarten das Fehlen der häutigen Hinterflügel, d. h. also die Flugunfähigkeit, gemeinsam, weiter die Rückbildung der Augen bis zum völligen Schwund und die Pigmentlosigkeit. Während aber Höhlenkäfer gewöhnlich nur sehr schwach sklerotisiert sind, ist die Haut bei den Bodenbewohnern fast stets derb.

In einigen Zügen nähern sich die Bodenkäfer schließlich solchen Formen, die epedaphisch in Bodenspalten leben oder als grabende Arten nur zeitweise in den Boden eindringen. Einige haben eine abgeplattete Körpergestalt, während andere – Laufkäfer und Kurzflügelkäfer besonders deutlich – einen zylindrischen Typ verkörpern. Allgemein kann gesagt werden, daß alle grabenden euedaphischen Käfer eine annähernd zylindrische Körperform aufweisen. Hierbei ist häufig eine Einschnürung der Basis des Prothorax (vorderes Brustsegment) auffällig, wodurch eine hohe Gelenkigkeit zwischen den ersten beiden Brustsegmenten ermöglicht wird. Diese Eigenschaft kommt den Käfern beim Durchwinden durch enge Bodenspalten begrifflicherweise sehr zustatten. Sie findet sich bei euedaphischen Arten ebenso wie bei epedaphischen.

Mit dem hohen phylogenetischen Alter der echten Bodenkäfer dürfte es zusammenhängen, daß in Mitteleuropa – soweit es unter dem Einfluß der glazialen Vereisung gestanden hat – solche Formen recht selten sind, während sie im Mittelmeergebiet zahlenmäßig eine wesentlich stärkere Rolle spielen. Viele dieser Arten scheinen in ihren Ansprüchen an die allgemeinen Lebensbedingungen im Boden außerordentlich eng festgelegt zu sein, so daß sie trotz ihrer geringen Individuenzahl bei genauer Kenntnis als Indikatoren des Bodenzustandes Bedeutung erlangen können.

Die in unserer Bodenfauna wichtigen Käfergruppen sind demgegenüber vorwiegend epedaphische bis hemiedaphische Arten, die durch Graben mehr oder weniger

Fig. 107. Larve eines Sandlaufkäfers (*Cicindela hybrida*), am Eingang seiner Wohnhöhle lauernd Länge 20 mm. In Anlehnung an Jeannel u. Doflein



weit in den Boden eindringen, aber nicht streng an den Boden gebunden sind. Echte Bodenbewohner sind sie gewöhnlich nur in einem Abschnitt ihres Lebens, meist als Larven. Das Verhalten der hier in Betracht kommenden Gruppen ist recht unterschiedlich, so daß eine einzelne Besprechung notwendig wird.

Die Larven der Sandlaufkäfer (*Cicindelidae*, Fig. 107) fallen durch eine sehr starke Ausprägung des Kopfes und des 1. Brustsegments auf, weiter durch das Vorhandensein eines kräftigen Hakenpaares dorsal am 5. Hinterleibssegment und durch das Fehlen der den Laufkäfern eigentümlichen Hinterleibsanhänge. Sie graben mit dem Kopf bis zu 40 cm tiefe Röhren in lockeren sandigen Boden. Das Hakenpaar dient zum Einstemmen und Festhalten in der Röhre. Tagsüber lauern sie am Röhreneingang, nachts jagen sie frei herumlaufend nach Insekten. Die Arten sind wärmeliebend und zeigen eng begrenzte Ansprüche an Klima und Boden.

Die sehr umfangreiche Familie der Laufkäfer (*Carabidae*) umfaßt vorwiegend in oder direkt auf dem Boden lebende Arten. Die Größe der europäischen Arten schwankt zwischen etwa 2 und 40 mm. Gewöhnlich können die kleineren Arten besser in die oberen groben Bodenhohlräume eindringen. Die Laufkäfer sind meist flinke, vorwiegend räuberische Tiere. Ihre Bindung an den Boden zeigen die meisten Arten schon dadurch, daß sie entweder ihre (Hinter-)Flügel teilweise oder

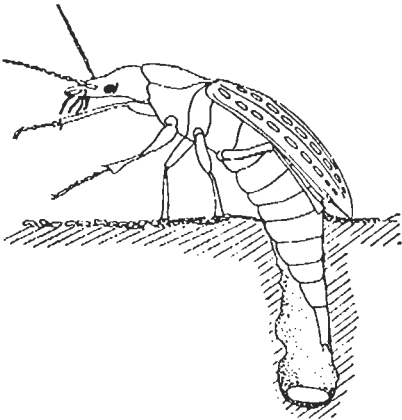


Fig. 108. Weibchen eines großen Laufkäfers (*Carabus cancellatus*) bei der Eiablage. Länge 22 mm. Nach v. Lengerken

ganz reduziert haben oder – trotz Vorhandenseins der Flügel – nur ausnahmsweise fliegen. Da die meisten Laufkäfer sich tagsüber unter Laub, Steinen, Rinde oder in groben Hohlräumen versteckt aufhalten, sind sie oft weniger beachtet worden. Erst nachdem der Bodentierfang mittels Fallen üblich wurde, in den sich die nächtlich nach ihren Beutetieren (Regenwürmern, Schnecken, Insekten) jagenden Laufkäfer oft in erstaunlichen Mengen fangen, fanden sie das ihnen gebührende Interesse der Bodenzoologen.

Einige Laufkäfer graben als Larven und als voll entwickelte Käfer (Imagines) Gänge in den Boden. Einige lauern an deren Eingang auf Beute (meist größere Arten, z. B. Kopfkäfer, *Brostus cephalotes*), andere stellen der Beute im Boden selbst nach. Letzteres tun z. B. die Handkäfer (*Dyschirius*), die sich nach Kühnelt auf Staphyliniden der Gattung *Bledius* spezialisiert haben. Sie weisen – wie alle *Scaritini* – Grabbeine auf.

Die meisten Larven der Laufkäfer haben ähnliche Lebensgewohnheiten und Nahrungsansprüche wie die Imagines. Oft sind aber ihre Beziehungen zum Boden schärfer ausgeprägt. So jagen die Larven einiger Arten auf der Bodenoberfläche und in groben Hohlräumen der Streu, ohne in den Boden einzudringen (*Trechus*, *Bembidion*, *Calathus* u. a.). Einige Arten der Gattungen *Pterostichus*, *Nebria*, *Agonum*, *Abax* u. a. jagen an der Erdoberfläche, nützen aber Erdhöhlen anderer Tiere als Versteck aus (Fig. 109 a). Andere, ebenfalls räuberische Larven der Bodenoberfläche sind in der Lage, selbst Bodengänge als Unterschlupf oder zur Verpuppung anzulegen (*Carabus*, *Cychrus*, Fig. 109 b). Die Larven dieser Gruppen sind gut gepanzert (sklerotisiert), haben mäßig lange Laufbeine und ein langgestreckt-asselähnliches Aussehen. Demgegenüber zeigen andere, gleichfalls räuberische Larven, die ständig im Boden leben und in ihm Gänge anlegen (*Omopron*, *Elaphrus*, *Blethisa*), gewöhnlich eine schwächere Sklerotisierung des Hinterleibes, aber einen harten spatenförmigen Kopf und Grabbeine (Fig. 109 c). Ihre Tast- und Geruchsorgane sind gut, ihre Augen oft schlecht entwickelt. Eine ähnliche Abstufung findet sich bei den phytophagen und saprophagen Laufkäferlarven. Einige *Amara*-Arten bleiben z. B. ständig

an der Bodenoberfläche, andere graben sich selbst Gänge wie auch die Larven des Getreidelaufkäfers, *Zabrus tenebrioides* (Fig. 109 d). Larven der Gattungen *Harpalus*, *Anisodactylus*, *Ophonus* u. a. sind schließlich wiederum ständige Bodenbewohner. Sie sind allerdings nicht rein phytophag, sondern manchmal auch Räuber. Die ebenfalls bodenbewohnenden Larven von *Dichirotrichus*, *Bradycellus* u. a. scheinen ausschließlich saprophag zu sein. Nach diesen Befunden unterscheidet Šarova neun morpho-ökologische Typen der Laufkäferlarven.

Die Ernährung der Imagines, vielleicht aber auch der Larven, scheint allgemein nicht sehr eng spezialisiert zu sein. So kann z. B. der Getreidelaufkäfer, der in der Natur mit Vorliebe Getreideähren oder Maissamen ausfrißt, im Labor mit Fleisch gefüttert werden. Andererseits sind carnivore Arten nicht selten an pflanzlicher Kost getroffen worden (z. B. *Carabus* an Erdbeeren). Die obigen Angaben beziehen sich also auf die Hauptnahrungsquellen. Für Räuber sind dies Regenwürmer, Schnecken (besonders von *Cychnus*-Arten gefressen) und Insektenlarven. Sie sind wichtige Verteilger von Schädlingen, z. B. Drahtwürmern. Dies geht aus vielen Einzelbeobachtungen sowie aus quantitativen Erhebungen hervor, nach denen auf drahtwurmverseuchten Feldern bis zu 100 000 Laufkäfer je ha gefunden wurden. Auf Kartoffelfeldern stellte Scherney über 26 000 Exemplare/ha der großen *Carabus*-Arten fest, die den Kartoffelkäfer wirksam bekämpften. Ein Schadauftreten der pflanzenfressenden Arten ist relativ selten und gegenüber anderen Schädlingen meist wenig bedeutend.

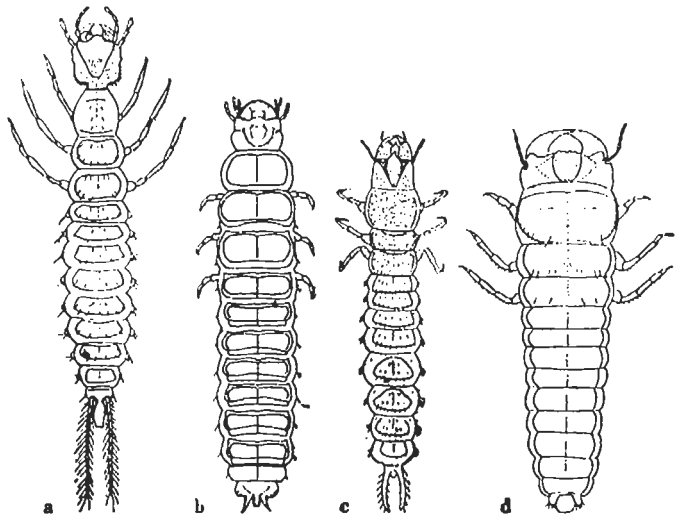


Fig. 109. Larven verschiedener Laufkäfer (Carabiden). a *Nebria brevicollis*, jagt an der Erdoberfläche; b *Carabus nemoralis*, jagt oberflächlich, kann aber selbst Gänge graben; c *Omophron limbatus*, lebt in selbst gegrabenen Gängen; d *Zabrus spinipes*, vorwiegend an der Oberfläche lebender Pflanzenfresser, kann selbst Gänge graben. Längen a 10 mm; b 20 mm; c 7 mm; d 18 mm. Nach Šarova

Im Jahresablauf finden sich zwei Maxima im Auftreten der entwickelten Laufkäfer: Frühjahr und Herbst. Diese Erscheinung hat ihre Ursache nicht, wie bei Kleinarthropoden oft zu beobachten ist, in der direkten Einwirkung des Klimas, sondern im Entwicklungszyklus der Laufkäfer. Dieser verläuft nach zwei Haupttypen: die „Frühjahrsarten“ überwintern als Imagines und sterben nach der Eiablage gegen den Sommer zu ab. Die Larvenüberwinterer hingegen verlassen erst gegen Sommerende die Puppenwiegen und sterben als „herbstaktive Arten“ erst im Spätherbst nach der Fortpflanzung. Manche Arten schreiten wohl auch mehrfach im Jahr zur Fortpflanzung.

Die Verteilung der Arten wird im Gegensatz zu den eben geschilderten Verhältnissen des zeitlichen Auftretens deutlich von klimatischen Faktoren, daneben aber auch von der Nahrung beeinflusst. Einige Arten bevorzugen hohe Temperaturen (*Carabus auratus*, *Harpalus aeneus*, *Broscus cephalotes*). Sie sind in ihrer Verbreitung in Mitteleuropa vorwiegend auf offenes Gelände, Felder und Sandflächen beschränkt. Eine Mittelstellung nehmen wenig empfindliche eurytope Arten, wie *Carabus nemoralis* oder *Pterostichus vulgaris*, ein, die sowohl im Wald als auch auf Äckern in Mengen angetroffen werden können. Mehr feuchtigkeitsliebend bzw. erwärmungsempfindlich ist z. B. *Pterostichus niger*, eine in mittelfeuchten Wäldern sehr häufige Art, die auf Ackerböden nur noch dort zu finden ist, wo feuchter Lehm und gut bewachsene Bodenvertiefungen vorhanden sind. Arten, die noch stärker an Feuchtigkeit und ausgeglichene Temperatur gebunden sind, bleiben schließlich auf den Wald beschränkt, z. B. unsere größte Laufkäferart, der Lederlaufkäfer (*Carabus coriaceus*).

Laubwälder mit Mullboden sind stärker besiedelt als Nadelwald mit Rohhumusauflage. Für diese Erscheinung machen einige Beobachter die Ernährungsfrage verantwortlich. Vor allem fehlen im Rohhumus meist die Regenwürmer, die eine wesentliche Nahrungsquelle für Larven und Imagines vieler Laufkäfer bieten. Ähnlich dürfte das Nahrungsangebot auch für die Bindung des Getreidelaufkäfers (*Zabrus tenebrioides*) an Felder entscheidend sein. Die größte Anzahl der Laufkäfer wurde auf Getreidefeldern, eine etwas geringere in Hackfruchtkulturen beobachtet. Naturbiotope sind dagegen im allgemeinen schwächer besiedelt. Die Lauf-

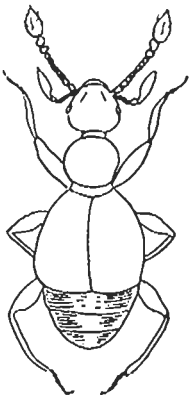


Fig. 110. Ein in epiphytischen Mullansammlungen (Astgabeln) 25 m über dem Boden lebender tropischer Zwergkäfer (Pselaphide), *Auchenotropis pauliani*. Länge 1,5 mm. Nach Jeannel aus Delamarre-Deboutteville

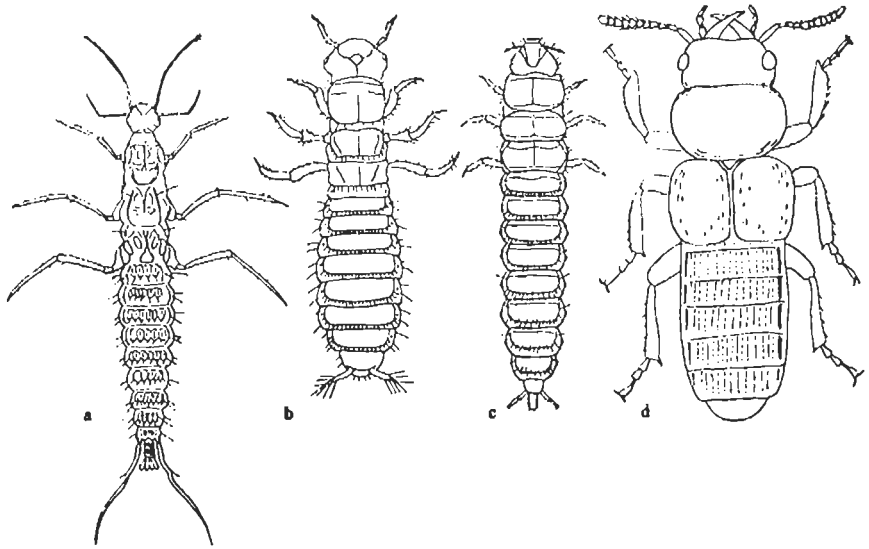


Fig. 111. Kurzflügelkäfer (Staphyliniden) und ihre Larven. a Larve von *Stenus bipunctatus*, lebt an der Oberfläche ufernaher Böden; b Larve von *Bledius talpa*, gräbt Gänge in sandige Uferböden; c Larve und d erwachsener Käfer von *Platysthetus arenarius*, in trockenem Dünger. Längen a 4,6 mm; b 4,5 mm; c 4,0 mm; d 3,5 mm. Nach Schiödtte und Reitter

käfer folgen also der landwirtschaftlichen Kultur und haben hier als „Schädlingspolizei“ eine hohe Bedeutung.

Die genaue Kenntnis der Lebensgewohnheiten und Nahrungsansprüche der Laufkäfer ermöglicht es, aus dem Vorkommen einer Art auf bestimmte klimatische Verhältnisse am Standort und auf das Vorhandensein bestimmter anderer Bodentierarten zu schließen. Da Laufkäfer relativ einfach zu fangen und zu bestimmen sind, sind sie geeignete Indikatoren zur schnellen Information über physikalisch-chemisch schwer meßbare Standortverhältnisse. Unsere aktuellen Kenntnisse zur Ökologie der mitteleuropäischen Carabiden haben Thiele (1977) und Tietze (1973/74) zusammengefaßt.

Aus der Vielzahl der weiteren Käferfamilien seien zunächst die kleinsten Käfer überhaupt genannt, die Federflügler (Ptiliidae), die oft nur 0,5 mm messen. Sie besiedeln morsches Holz, faulende Pflanzenstoffe, Dünger oder Laubstreu. Nicht viel größer sind die teilweise euedaphischen Ameisenkäfer (Scydmaenidae) und Zwergkäfer (Pselaphidae, Fig. 110). Sie leben im Gegensatz zu den pilzfressenden Federflüglern vorwiegend räuberisch von Milben, besonders Oribatiden.

Auch unter den Kurzflügelkäfern (Staphylinidae) treffen wir eine große Zahl echter Bodenbewohner, wenn auch die Mehrheit dieser umfangreichen Familie als epedaphisch anzusprechen ist (Fig. 111). Die Staphyliniden sind vorwiegend räuberisch und bilden oft einen sehr wesentlichen Prozentsatz der Zoophagen in der

Bodenzönose. H a r t m a n n (1979) fand, daß die Staphylinidenpopulation an drei Standorten im Solling (Buchenwald, Fichtenforst und Wiese) die gesamte bodenlebende Käferfauna an Artenzahl und Siedlungsdichte übertraf. Im Buchenwald waren im Herbst und Winter 500–550 Larven/m² und Imagines anzutreffen, im April/Mai nur 130–150/m². Vorwiegend zeigten die Arten hier Fortpflanzung und Larvenentwicklung im Herbst und Winter. Nach den 3 Larvenstadien und der Puppenruhe übersommern dann die adulten Tiere. Im Fichtenforst ergab sich eine geringere (300–500), in der Wiese eine höhere Siedlungsdichte (600–950 Individuen/m²). Die Larvalüberwinterer sind hier seltener, die Larven sind nur im Frühjahr und Sommer zahlreicher als die Imagines.

Gegen Pestizide sind die Staphyliniden meist sehr empfindlich. Allerdings fand T o p p, daß die Reaktion auf chlorierte Kohlenwasserstoffe nicht einheitlich ist. Methoxychlor ist z. B. für *Philonthus* offensichtlich nicht, für *Tachyporus*, *Oxytelus* u. a. aber deutlich toxisch. Ob durch Gifteinwirkung verursachte Besiedlungslücken schnell geschlossen werden können, hängt von der Flugfähigkeit der Arten (und der Breite der Pestizidanwendung) ab. Staphyliniden sind auch als besonders winterhart bekannt. In kanadischen Böden wurden Arten von *Atheta*, *Falagria*, *Philonthus*, *Tachyporus* u. a. noch bei –3 °C unter Schnee aktiv gefunden (A i t c h i n s o n). Einige Kurzflügler, z. B. die Sandboden bewohnende Gattung *Bledius*, leben nicht zoophag, sondern bevorzugen Algen oder zerfallende pflanzliche Stoffe. Von ihnen ist die Anlage komplizierter Eikammern im Sandboden bekannt (L i p k o w).

Ausschließlich räuberisch sind die ebenfalls verkürzte Flügeldecken tragenden S t u t z k ä f e r (Histeridae). Sie sind jedoch viel gedrungener und stärker gepanzert als die Staphyliniden. Die Stutzkäfer stellen teilweise den Fliegenlarven in Kot, Aas und zerfallenden Stoffen nach (*Hister*, *Saprinus*); teilweise jagen sie auch in der Streu oder unter der Rinde. Viele Arten tragen auffallend kräftige Grabbeine.

Sind von den vorgenannten Gruppen Larven und fertige Käfer als Bodentiere tätig, so sind bei den folgenden Familien nur die Larven eigentliche Bodenbewohner.

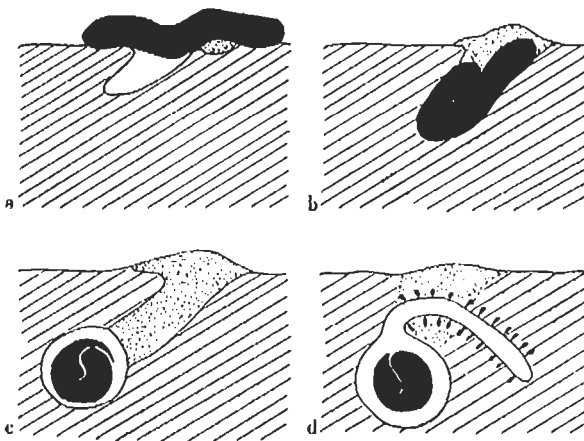


Fig. 112. Eingraben eines Aases durch den Totengräber, *Necrophorus vespillo*. a–c aufeinanderfolgende Phasen des Vorganges, d Anlage eines Mutterganges mit Eikammern. Nach P u k o w s k i aus v. L e n g e r k e n