MITTEILUNGEN DER POLLICHIA	III. Reihe 12. Band	126. Vereinsjahr 1965	Pollichia Museum Bad Dürkheim	Seite 178 bis 200

OTTO STREBEL, Zweibrücken

Beobachtungen über die Biologie und das Verhalten von Hypogastrura boldorii Denis 1931 (Insecta, Collembola)

Einleitung

1) In meinem Garten in Zweibrücken findet sich fast das ganze Jahr über eine Sprungschwanz-(Collembolen)-Art in sehr großer Zahl von auffällig dunkelblauer bis fast schwarzer Farbe bei den ausgewachsenen (adulten) Tieren. Sie kommen vor allem an Trockenmauern vor. Ich habe begonnen über die Biologie dieser Tiere im Freiland und in Kulturen Beobachtungen anzustellen und ich werde im Folgenden einige Resultate meiner Untersuchungen kurz darstellen. Noch längst sind nicht alle Fragen geklärt. P. Cassagnau (1964) hat zusammen mit G. Raynal eine äußerst interessante und sehr exakte Arbeit über die zum mindesten sehr nahe verwandte *Hypogastrura tullbergi* (Schäffer) geschrieben (2 Teile). Ich gestehe offen, daß ich sein Vorbild noch nicht erreiche. Da mir kein Zoologisches Institut und keine größere Fachbibliothek zur Verfügung steht, da ich also auf meine eigenen einfachen Hilfsmittel angewiesen bin, bitte ich die Leser Fehler, die mir vielleicht unterlaufen sind, und das Übersehen von einschlägigen Arbeiten zu verzeihen. Ich stelle mit aufrichtigem Dank fest, daß ich seit 1927, als ich meine erste kleine Collembolenarbeit auf Grund von Beobachtungen seit 1924 veröffentlichte, von den meisten Collembolenspezialisten weitgehende Unterstützung durch Beratung und Übersendung ihrer Sonderdrucke fand.

Ich danke den Herren Dr. Cassagnau (Universität Toulouse) und Dr. Gisin (Naturhistorisches Museum Genf) für die Nachprüfung meiner Bestimmung. Sie kamen allerdings zu keinem ganz übereinstimmenden Resultat. Sehr zu Dank verpflichtet bin ich Herrn. Dr. Josef Nosek (Virologisches Institut der Akademie der Wissenschaften in Bratislava) für die Übersendung eines Vergleichspräparates von *Hypogastrura tullbergi* aus der Niederen Tatra. Ich danke endlich herzlichst meinem Freunde Dr. W. Hüther (Zoologisches Institut Saarbrücken), mit dem ich zahlreiche Gespräche über meine Probleme führte und der mir mit Rat und Tat zur Seite stand.

Wenn es mir trotz meines Alters vergönnt sein sollte weiterzuarbeiten, so beabsichtige ich die Untersuchungen über mein Tier fortzu-

führen und zu ergänzen, besonders durch Versuche, wobei ich den zahlreichen Anregungen in den Arbeiten von Dr. CASSAGNAU und seiner Mitarbeiterin G. RAYNAL folgen werde. Ich werde mich bemühen meine Methoden so exact zu gestalten als es mir möglich ist. Vielleicht auch gibt diese kleine Arbeit einem jungen Forscher die Anregung mit den reichhaltigen Mitteln eines Zoologischen Institutes meine Beobachtungen nachzuprüfen und sie zu verbessern.

2) Meine Methoden bestehen 1. aus täglicher ein- oder mehrmaliger Beobachtung der Tiere im Freiland mit Hilfe einer guten Lupe oder eines Binoculares; 2. aus Züchtung der Tiere einzeln oder in Gruppen in transparenten, farblosen Filmdöschen, anderen klar durchsichtigen Plastikgefäßen oder in kleineren oder größeren Glasdosen. Da die Tiere nicht sehr hoch und sehr weit springen, genügen niedere Zuchtgefäße. Will man sich vor Verlusten einzelner Tiere besonders gut schützen, so stellt man die Döschen vor dem Öffnen in eine flache Glasschale mit Wasser. Aus dieser kann man die Tiere mit einem feinen Pinsel herausfischen, ohne daß sie Schaden erleiden. Eine andere Gefahr droht der Kultur, wenn sie sehr kleine Jungtiere (juvenales) enthält. Diese schlüpfen sogar unter Deckeln heraus, die scheinbar sehr fest sitzen. Man kann dieser Gefahr begegnen, indem man Plastilinringe in die Deckel einlegt. Aber dann darf man nur sehr kleine Nahrungsmengen einbringen und muß täglich kontrollieren. Denn allzu schnell stellen sich Schimmel- und andere niedere Pilze ein, in deren Mycel (Fadengeflecht) die Collembolen hängen bleiben und zu Grunde gehen. Mit Nipaginlösung 1 : 1000 habe ich keine befriedigenden Erfahrungen gemacht. Sie hemmt wohl das Wachstum der Schimmelpilze, aber andere niedere Pilzarten werden durch sie in der Entwicklung nicht gestört. Sobald die Collembolen größer geworden sind, kann man den Plastilinring wieder entfernen. Das Abnehmen des Deckels bei der täglichen Kontrolle genügt völlig, um den Tieren den nötigen Sauerstoff zuzuführen; 3. Zur Bestimmung der Tiere und der Untersuchung ihres Darminhaltes muß man sich natürlich eines Mikroskopes mit etwa 480—700facher Vergrößerung bedienen.

I. Verbreitung

1) Die Art *Hypogastrura tullbergi* (Schäffer) wurde nach GISIN (1961) in nordischen Ländern (Sibirien, Novaja Semlja, Spitzbergen, neuerdings in Schweden) gefunden. Merkwürdigerweise fand GISIN in einer von BÖRNER stammenden Aufsammlung vom April, Mai und Dezember 1927 zahlreiche Tiere aus der Umgebung von Naumburg/Saale.

2) Die von GISIN als eigene Art aufgefaßte *Hypogastrura boldorii* Denis 1931 (Synonyme: *Hyp. elegantula* Butscheck 1948 und *aequepilosa* Stach 1949) findet sich im Basler Jura (GISIN 1943, 1960). in den Berner Voralpen, in der Pfalz (bis jetzt nur in Zweibrücken festgestellt) und einige km von Banyuls (an der französischen Küste östlich der Pyrenaeen). Hier hat sie DELAMARE-DEBOUTTEVILLE gefunden (1954).

3) *Hypogastrura boldorii* kommt in meinem Garten in größeren und kleineren Kolonien (Populationen) vor allem an Trockenmauern mit zahlreichen Spalten zwischen den Steinen vor (siehe Abb. 1). Die Mauern bestehen aus Buntsandstein. Die Erde vor und hinter den Mauern ist

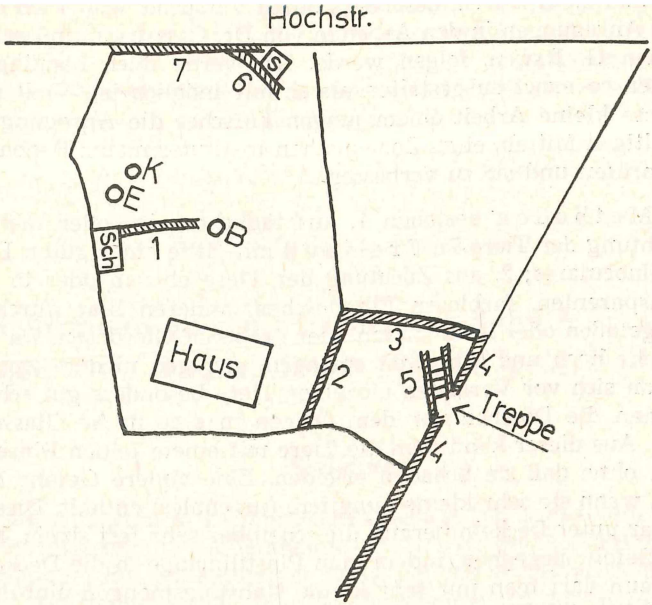


Abb. 1
1. Anwesen Hochstr. 7: Mauer 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. B = Birnbaum, E = Eiche, K = Edelkastanie, Sch = Schuppen, G = Garage, Tr = Treppe.

braun und lehmhaltig mit dünner Humusschicht aus verwesten Blättern von Eiche, Traubenkirsche, Edelkastanie, Schneebeere und einiger Stauden und einjähriger Pflanzen. An manchen Stellen z. B. zwischen Mauer 4 und 5 ist fast keine Erde vorhanden, da sich dort Treppenstufen befinden. Bei sehr hoher Boden- und Luftfeuchtigkeit finden sich die Tiere auf der Erde z. B. vor der Mauer 1 und auf Steinen, die vor ihr bis zu einer Entfernung von 1,50 m liegen. Ferner auf der Rinde eines neben der Mauer stehenden alten Birnbaums (B), einer in der Nähe stehenden Eiche (E) bis über 2 m Höhe und unter einem Holzbrettchen (Br) am Fuße der Eiche und auf faulendem Holz am Stamm einer Edelkastanie (K). Aber trotz zahlreicher Untersuchungen habe ich sie nie unter oder auf Steinen und Holz auf Gartenland und Wiesen gefunden, auch nicht unter Fallobst. An vielen anderen Stellen der Stadt entdeckte ich sie, immer in kleinen Populationen, an Mauern mit Spalten zwischen den Steinen. Diesen anderen Kolonien werde ich in Zukunft erhöhte Aufmerksamkeit zuwenden. Die Kleinheit der einzelnen Populationen verhinderte mich ihnen Hunderte von Tieren zu entnehmen, wie es Cassagnau und Raynal konnten, ohne die Existenz der Kolonien zu gefährden. So konnte ich bis jetzt auch keine Histogramme aufstellen.

Man erlaube mir zu meinen auf den folgenden Seiten mitgeteilten Ergebnissen noch eine allgemeine Bemerkung: ich lege Wert auf die Feststellung, daß f ü r s i e a l l e e i n „ b i s j e t z t “ gilt. Die empirische Basis scheint mir noch nicht breit genug, um absolut gültige Urteile abzugeben. Sowohl bei der Lektüre von Kenneth Christiansen's Arbeit „Bionomics of Collembola“ (1964) — einer Weiterführung von Paclt's

„Biologie der primär flügellosen Insekten" (1956) — über die Ergebnisse der Collembolenbiologie in den letzten 10 Jahren wie auch beim Studium von A. PALISSA's „Bodenzoologie" (1964) ist man immer wieder erstaunt über die Vielheit, ja oft Gegensätzlichkeit der Ergebnisse verschiedener Forscher bei demselben Problem. Ich zweifle nicht an der gewissenhaften, exacten Bearbeitung der betreffenden Fragen. Aber es scheint mir, als ob der Grund des Übels in vorschnellen Verallgemeinerungen örtlich zutreffender Befunde läge. Die Collembolen sind — das darf ich auf Grund vierzigjähriger Erfahrungen sagen — weder morphologisch noch biologisch-physiologisch im weitesten Sinne so starr, wie sie zuweilen dargestellt werden. Ich pflichte CHRISTIANSEN voll bei, wenn er an mehreren Stellen die Notwendigkeit weiterer eingehender Untersuchungen über die Autökologie (Oekologie der einzelnen Arten) und den Lebenszyklus besonders der ökologisch wichtigen Arten betont. Er hält einen sorgfältigen Vergleich der einzelnen Arten unter verschiedenen ökologischen und geographischen Bedingungen für unbedingt nötig, um die naturgegebenen Verbreitungsgrenzen zu verstehen.

In diesem Sinne möchte ich darauf hinweisen, daß meine Beobachtungen streng nur für bestimmte Populationen, bestimmte Zeiten und bestimmte Orte Gültigkeit haben.

II. Fortpflanzung und postembryonale Entwicklung

1) Über die Spermaübertragung bei den Collembolen wurden von früheren Forschern völlig abwegige Meinungen geäußert, vor allem von LEMOINE, LEVANDER, LIE-PETTERSEN, REUTER und anderen. Selbst LINDENMANN, der lange Zeit Orchesellen eingehend beobachtete, konnte das Rätsel der Spermaübertragung nicht lösen. Erst FALKENHAN und STREBEL kamen der Lösung bei *Sminthurides aquaticus* etwas näher. Ich beobachtete auch bei *Podura aquatica* und *Sminthurinus niger* Verhaltensweisen, die wohl sexuelle Vorgänge darstellten. Aber ich fand nicht die richtige Deutung. Erst SCHALLER (1953) bewies in bahnbrechenden Beobachtungen, daß den Collembolen eine eigentliche Copula fehlt. Es werden vielmehr von den Männchen bestielte oder tropfenförmige Spermatophoren (Samenpakete) auf der Unterlage abgesetzt und dann von den Weibchen mit der Geschlechtsöffnung aufgenommen. Dieses Absetzen von Samentröpfchen konnten SCHALLER und sein Schüler H. MAYER (1957) besonders bei Arten mit kurzen Beinen, bei denen sich also die Bauchseite dicht über der Unterlage befindet, so bei *Onychiurus*arten, *Tullbergia quadrispina* und ähnlich bei *Podura aquatica,* beobachten. Bei *Hypogastrura boldorii* konnte ich die Spermaübertragung bis jetzt nicht beobachten, sie wird aber wohl in der gleichen Weise wie bei den *Onychiuriden* und *Tullbergien* vor sich gehen, vielleicht auch wie bei *Podura.* Es fiel mir wiederholt auf, daß manchmal zahlreiche adulte Tiere kurz nach ihrem Wiedererscheinen auf der Mauer (etwa nach der Ablösung einer längeren Trockenperiode durch eine gründliche Durchfeuchtung des Bodens) lebhaft durcheinander liefen und Verhaltensweisen zeigten, wie sie SCHALLER bei der Spermaübertragung beobachtet hat.

Eines steht mit Sicherheit fest: Parthenogenese kommt bei *Hypogastrura boldorii nicht vor.* Von den zahlreichen isoliert gehaltenen Tieren legten nur zwei Eier ab: Tier 16/61 5 Eier, Tier 3b/63 etwa 12 Eier. Aber diese Eier entwickelten sich nicht. Sie gingen nach 35, bzw. nach 14 Tagen zu Grunde, während alle in Sammelkulturen abgelegten Eier sich ausnahmslos normal entwickelten. 3 adulte, aus einem Gelege stammenden Tiere lebten vom 5. 11. 64 bis 9. 1. 65 zusammen, ohne jemals Eier abzulegen. Offensichtlich handelte es sich um 3 Weibchen (oder 3 Männchen?).

2) Die Eiablage konnte ich in meinen Kulturen mehrfach direkt beobachten. Das Weibchen kriecht in eine Spalte oder einen kleinen Hohlraum der Erde und legt die Eier ohne weiteres ab. Etwa ein Beschmieren der Eier mit Analsekret wie bei manchen Arten der Gattungen *Sminthurinus und Sminthurus* findet nicht statt. Einmal beobachtete ich, daß sich das Weibchen nach dem Absetzen einer gewissen Zahl von Eiern umdrehte, so daß jetzt die Geschlechtsöffnung sich dort befand, wo vorher der Kopf war. Das Gelege wurde so in zwei räumlich etwas entfernte Teile gespalten. Das Absetzen des Geleges zieht sich über längere Zeit hin: ein Weibchen, das um 22 Uhr bereits 3 Eier abgelegt hatte, legte im Laufe der Nacht bis zum nächsten Tag um 8 Uhr noch mindestens 14 weitere Eier ab. Ein zweiter Fall: Um 21.30 Uhr hatte ein Weibchen 9 Eier abgelegt. Bis zum nächsten Morgen 8.30 Uhr hatte sich die Zahl auf mindestens 15 Eier erhöht.

3) Die frisch abgelegten Eier sind fast kugelrund und undurchsichtig weiß. Sie messen 160 µ × 170 µ (1 µ = 1 tausendstel mm). Sie nehmen an den folgenden Tagen an Größe zu: 180 µ × 190 µ, 190 µ × 200 µ, 200 µ × 230 µ. 6 kurz vor dem Schlüpfen gemessene Eier zeigten die Maße 190 µ × 200 µ. Sie waren etwas länglich rund, zuerst gelblich, dann hyalin durchsichtig. Sie sprangen mit einem Deckelchen auf (Chorionsprung). Der Embryo war sichtbar, die Augenflecke noch nicht. Kurz darauf sah man auch sie. Die Einzelaugen waren in rotes, noch nicht in schwarzes Pigment eingebettet. Die Gliedmaßen waren bereits entwickelt. Die Eier maßen jetzt 190 µ × 200 µ bis 190 µ × 220 µ.

4) Die Grundlage für die weiteren Befunde über die Zahl der Eier in einem Gelege bilden etwa 40 Beobachtungen. Darnach beträgt sie im Durchschnitt 15. Als geringste Eizahl in einem Gelege wurden 4, als größte Eizahl 35 Eier festgestellt. Hohe Eizahlen, etwa ab 27, kommen dadurch zustande, daß mehrere Weibchen ihre Eier zusammen legen. Die Eier eines Tieres schlüpfen etwa in derselben, mehrere Stunden umfassenden Zeit aus. Setzen sich die großen Gelege aus Eiern mehrerer Weibchen zusammen, so hat dies viele Tage von einander verschiedene Schlüpfzeiten zur Folge. Dafür ein Beispiel: aus Gelege 5/61 schlüpften weiße juvenales am 22. 12. 61, am 27. 12. 61, am 10. 1. 62 und am 12. 1. 62 aus. Zuweilen sieht man ein solches großes Gelege direkt entstehen. Am 29. 1. 62 wurde in einer Sammelkultur unmittelbar im Anschluß an ein älteres, schon etwas dunkleres Gelege ein neues Gelege aus ganz weißen Eiern abgesetzt. Am 1. 2. 62 kam ein weiterer kleiner Eiballen dazu,

ebenso am 19. 2. 62. Unmittelbar links von ihm wurde am 20. 3. 62 ein weiteres Gelege mit noch sehr hellen Eiern hinzugefügt.
Im Freiland fand ich unter dem Brettchen am Fuße der Eiche 4 Gelege mit den Eizahlen 19, 17, 30 und 12.

5) Die Zahl der Gelege während der Fortpflanzungszeit ist sehr groß. Dafür einige Beispiele: in den 101 Tagen vom 5. 12. 61 bis 16. 3. 62 setzten 19 adulte Tiere 26 Gelege ab, also etwa an jedem 4. Tag ein Gelege. Vom 1. 10. 62 bis 18. 12. 62 setzten etwa 20 adulte Tiere mindestens 16 Gelege in 79 Tagen ab. Es kommt also auf jeden 5. Tag ein Gelege. Dabei sind die in der Erde verborgenen Gelege nicht mitgerechnet. Von dieser Generation 1 stammt die Generation 2 ab, die vom 11. 2. 63 bis 31. 3. 63 mindestens 11 Gelege erzeugte. Dazu kommen noch aus anderen Kulturen mehr als 56 Gelege. Im ganzen habe ich im Beobachtungszeitraum vom 26. 11. 61 bis 10. 12. 64 145 Gelege festgestellt. Im Keller, in dem ich meine Kulturen aufbewahrte, herrschte eine Temperatur zwischen 9 ° C und 14 ° C.

6) Lage der Gelege. Im Freiland fand ich mehrere Gelege unter dem Brettchen am Fuße der Eiche (E) und zwar zwischen angeklebtem feuchtem Fallaub und der Unterseite des Brettchens, ferner im Moder an der Seite des Brettchens. In den Rindenrissen des alten Birnbaums (B) konnte ich zwar keine Gelege feststellen, aber ihr Vorhandensein ließ sich aus der Anwesenheit vieler frisch geschlüpfter Tiere durch mehrere Tage erschließen. Ich vermute ferner, daß sich Gelege in den Mauerfugen auf Erde und Moos befinden.

In den Kulturen, auf deren Gipsboden eine kleinere oder größere Schicht sterilen Sandes oder sterilisierter Komposterde lag, fanden sich die Eier sehr selten auf der Bodenoberfläche, sondern meist in dem Spaltraum zwischen Erde und Döschenwand, bis zu 7 bis 8 mm unter die Erdoberfläche versenkt.

In einigen Döschen, z. B. in 13/64, befand sich nur ein Gipsboden mit etwas *Pleurococcus* als Futter, aber keine Erde. Es fiel mir auf, daß unter solchen Umständen die Zahl der juvenales sehr klein war und daß sie sich unter den Pleurococcaceen aufhielten. Es kam mir der Gedanke, an die Wand des Döschens an einer Stelle am 14. 10. eine geringe Menge feuchter sterilisierter Komposterde zu bringen. Zunächst hielten sich adultes und schon braun gefärbte juvenales auf den Pleurococcaceen auf. Am 5. 11. hatten sich 5 große adultes in die Erde eingebohrt. Vom 19. 11. bis zum 14. 12. saßen auf ihr fast täglich weiße bis rosarote, also frisch oder erst vor kurzem geschlüpfte Jungtiere. Weiße juvenales traten auf der Erde auch am 27. 12. 64 und 4. 1. 65 auf. Offenbar ziehen die Tiere feuchte Erde zur Ablage der Eier anderen Substanzen (Gips, Pleurococcaceen) vor. Freilich muß der Versuch noch einige Male wiederholt werden.

Irgend eine Art von Brutpflege, etwa durch Bewachen und Belecken der Eier (gegen Gefahr der Verpilzung!), hie sie bei *Iapygiden* (Gyger) stattfindet, wurde nicht beobachtet.

7) Dauer der Embryonalentwicklung. Da ich keine Klimakammer besitze, muß ich mich auf die Angabe der Durchschnittstemperaturen im Keller beschränken. Sie bewegten sich im Jahr zwischen 8,1 ° C und 21,6 ° C und waren an vielen Tagen auffallend konstant.

Die Dauer der Embryonalentwicklung zeigt folgende Tabelle 1 (siehe unten). Ergebnis: Wenn auch die Ergebnisse in der Tabelle nicht bis aufs letzte miteinander übereinstimmen, so kann man doch erkennen, daß im allgemeinen die Entwicklungsdauer von der Temperatur abhängt. Der Durchschnitt der Entwicklungszeit beträgt 21,1 Tage. Die kürzeste Entwicklungszeit betrug 9 Tage bei einer Temperatur bis zu 16,1 ° C; die längste 36 Tage bei 8,1 ° C. Die Tabelle stellt nur einen Versuch dar, der durch viele weitere Daten und exactere Methoden verbessert werden muß.

8) Juvenales

a) Auftreten frisch geschlüpfter weißer juvenales. Besonders überraschend ist es, daß *Hypogastrura boldorii* sich im Freiland nur bei günstigen Verhältnissen in den Monaten Oktober bis Anfang Juni fortpflanzt. Nur in diesen Monaten beobachtet man nämlich frisch geschlüpfte weiße juvenales. Die ersten weißen juvenales fand ich 1948 am 31. 10., 1956 am 5. 11., 1960 am 24. 10., 1961 am 22. 10., 1962 am 1. 11., 1963 am 3. 10., 1964 am 17. 10.

Tabelle 1

Jahr	Eier abgelegt	Eier geschlüpft	Entwicklungsdauer in Tagen	Durchschn.-temper. in ° C
1962	14. 10.	5. 11.	22	15
1963	1. 10.	9. 10.	9	16,1
	1. 10.	10. 10.	10	16,4
	3. 10.	22. 10.	19	15,1
	13. 10.	30. 10./2. 11.	etwa 17	13,3
	18. 10.	28. 10.	10	12,2
	28. 10.	18. 11.	22	13,1
	22. 12.	30. 1. 64	ca. 39	9,2
	22. 12.	27. 1. 64	ca. 36	8,1
	kurz vor 22. 11.	12. 12.	20	12,3
	22. 11.	19. 12.	27	12,1
1964	25. 3.	14. 4.	20	13
	25. 3.	13. 4.	19	13,5

Ein letztes Auftreten frisch geschlüpfter weißer juvenales stellte ich 1961 am 16. 1., 1962 am 2. 6., 1963 am 26. 4., 1964 am 6. 4. fest. Nach dem 2. 6. 62 fand ich keine frisch geschlüpften juvenals mehr. In den Monaten Juni (ab 2. 6.), Juli, August und September findet also keine Fortpflanzung mehr, sondern nur eine weitere Entwicklung der juvenales bis zur Geschlechtsreife im Oktober statt. Ab Ende März, Anfang April verschwinden die großen ausgewachsenen adultes (1. Generation). Schon im Dezember überwiegen die juvenales (2. Generation).

b) In der Kultur dagegen findet man frisch geschlüpfte weiße juvenales von Anfang Oktober (10. 10. 63) bis Mitte April (16. 4. 64).

9) Postembryonale Entwicklung. Die frisch geschlüpften juvenales bleiben zunächst am Ort des früheren Geleges eng gedrängt etwa 2 Tage beisammen. Dann zerstreuen sie sich und kriechen entweder in die Erde oder sie laufen bis zum Deckel des Zuchtgefäßes auf dessen Wänden lebhaft umher (Wanderphase). Ebensowenig wie andere Collembolen besitzt unser Tier larveneigene Organe. Eine postembryonale Vermehrung der Segmente findet nicht statt. Nach einer gewissen Zahl von Häutungen öffnet sich der Genitalspalt. Die 5 Tage nach dem Schlüpfen gemessenen Tiere haben eine Länge von 0,46 mm; 6 Tage später messen sie 0,48 mm. Ich konnte auch in derselben Zeitspanne Längen von 0,44 bis 0,47 mm feststellen. Alle diese Tiere waren noch weiß. Die 1. Häutungen finden am 4. bis 7. Tag nach dem Schlüpfen statt. Damit ist eine Änderung der Färbung verbunden. Am 5. 10. geschlüpfte weiße juvenales sind am 6. 10. bei 22,8° C (11 Uhr 20) bereits etwas gewachsen, aber noch weiß. Am 8. 10. sind sie um 11 Uhr 30 bei 23,5° C deutlich gewachsen, aber immer noch weiß. Am 9. 10. beginnen sie sich leicht rosa zu färben. Am 7./8. 10. geschlüpfte weiße juvenales nehmen am 9. 10. bei einer Durchschnittstemperatur von 21,9° C eine leichte rosa Färbung an. Am 10. 10. sind sie deutlich gewachsen und manche schon etwas dunkler rosa gefärbt. Am 12. 10. beginnt die 1. Häutung. Eine Anzahl Tiere häuten sich noch am 18. 10. Die meisten färben sich braun mit einem Stich ins rötlichbraune. Die Farbe geht dann bei allen von mir beobachteten Tieren in ein helles oder dunkleres Braun über. Es folgt ein helleres, dann dunkleres Blaugrau, das schließlich in Dunkelblau übergeht. Dabei besitzen die dunkelblauen juvenales nur etwa die halbe Größe der Adulten. Alle diese Beobachtungen werde ich durch Aufzucht aus einzelnen isolierten Eiern noch zu vervollkomnen suchen. Im großen ganzen habe ich den Eindruck, daß im hiesigen Klima das Wachstum, abgesehen von seltenen Perioden der Kältestarre, kontinuierlich verläuft. Diapausen habe ich bis jetzt nicht sicher beobachtet, werde ihnen aber erhöhte Aufmerksamkeit schenken.

III. Die Häutung

Sie vollzieht sich bei *Hypogastrura boldorii* wie bei den meisten anderen Collembolen. Das Einzeltier sitzt ruhig am Rande des Döschens. Es macht einen krummen Rücken, die Fühler und die Beine sind nach vorne gestreckt. An den Körperhaaren hängen Tröpfchen von Exuvialflüssigkeit. Zuweilen sieht man an den Fühlerspitzen und dem Abdominalende die Exuvie sich bereits abheben. 2 Tage darnach reißt die alte Haut in einer Längsspalte auf dem Rücken von Thorax I ausgehend auf. Das Tier arbeitet sich durch konvulsivische Bewegungen aus der Exuvie heraus. Oft hängt sie noch einige Stunden oder Tage am Abdominalende. Das Herausziehen der Sprunggabel (Furka) bereitet offenbar Schwierigkeiten.

Die Häutungsintervalle sind bei ein- und demselben Tier sehr verschieden: z. B. 9, 15, 23, 11, 24, 9, 15, 7, 30, 12, 14, 12, 3, 9, 21, 4, 10, 6, 11, 8 Tage; oder ein anderes Beispiel: 15, 15, 13, 18, 12, 14, 11, 13, 13, 11, 10, 12, 10 Tage.

In der Zeit vom 1. 12. 63 bis 20. 7. 64, d. h. in nahezu 8 Monaten fanden 15 Häutungen, in 1 Monat durchschnittlich 2 Häutungen statt. Ferner 11, 6, 11, 15, 13, 10, 16, 10, 12, 7, 18, 12 Tage in der Zeit vom 9. 11. 63 bis 7. 5. 64. Das Tier lebte 6 Monate in Isolierung und brachte es in dieser Zeit auf 17 Häutungen, in 1 Monat also auf etwa 3 Häutungen. Sie erfolgen durch das ganze Leben hindurch immer wieder, wie bei allen daraufhin untersuchten Collembolen. Manche Tiere sterben in der letzten Exuvie oder kurz nach ihrem Abstreifen. Die Durchschnittszahl der Häutungsintervalle beträgt 14 Tage. Der Durchschnitt des größten Intervalls ist 21,4 Tage, der des kleinsten 6 Tage. Da alle Tiere gleich gefüttert wurden (mit Pleurococcaceen und medizinischer Trockenhefe) und da in den Döschen eine Luftfeuchtigkeit von über 80% relativ herrschte, kommen für die verschiedene Größe der Intervalle (Minimalgröße 4 bis 8 Tage, Maximalgröße 23 bis 26 Tage) außer inneren Faktoren als äußerer Faktor wohl nur die Temperaturunterschiede in Frage. Auf jeden Fall sind die Temperaturschwankungen in meinem Keller viel kleiner als die Schwankungen der Häutungsintervalle.

Tabelle 2

	1961	1962	1963	1964
Höchste Temp. im Keller:	15° C	20° C	21° C	23° C
Niederste Temp. im Keller:	9,3° C	5,3° C	5° C	7,0° C
Durchschnittstemp. maximal:	—	16,2° C	15,8° C	16,9° C
Durchschnittstemperatur minimal:	—	11,7° C	11,5° C	12,6° C

Die Exuvien werden nicht aufgefressen wie z. B. bei den Tomoceriden und Symphypleonen. Eine Fehlerquelle besteht darin, daß man eine Exuvie übersieht.

IV. Die Gesellschaftsbildung

Hypogastrura boldorii häutet sich selten allein. Meist schließt sie sich bei diesem Vorgang zu mehr oder weniger großen Gesellschaften zusammen. Die Tiere sitzen dabei so dicht neben- oder gar übereinander, daß sie sich gegenseitig berühren. Sie nehmen „Tuchfühlung". Zur Einführung in diese eigenartige und noch nicht vollständig analysierte Erscheinung mögen die folgenden Beobachtungen dienen. Am 8. 10. 1956 setzte ich etwa 50 frisch gefangene Tiere in einen ausgehöhlten Gipsblock. Er war mit einer dicht schließenden Glasscheibe bedeckt. Diese trug in der Mitte ein Loch zum Einbringen des Futters. Es war gewöhnlich mit einem auf die Scheibe gelegten Deckgläschen verschlossen. Als Futter diente medizinische Trockenhefe.

Es spielten sich folgende Vorgänge ab: unmittelbar nach dem Einsetzen lief eine kleine Gruppe frei herum. 2 Gruppen fraßen an der Hefe. R. h. (siehe Abb. 2) sammelte sich bald eine gr ößere Gruppe, r. v. eine kleinere Gruppe (4 Ind.) dicht gedrängter Tiere an. Am 9. 10. 56 18 Uhr fand sich r. h. eine ebensolche große Gruppe, r. v. nur 2 Tiere. Auch l. v. und l. h. saßen kleinere Gruppen. Am 10. 10. 56 19 Uhr 30 liefen nur ganz vereinzelte Tiere frei herum oder saßen am Futter. Die Ecken r. v., l. v. und l. h. waren von ihnen völlig frei. Die Mehrzahl der Tiere befand sich eng aneinander gedrängt in der Ecke r. h. Hier bildeten u. a. 13 Tiere nahezu einen Kreis. Sie konvergierten gegen dessen Mitte und befanden sich längs ihrer ganzen

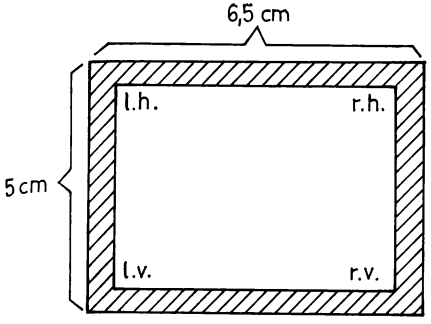


Abb. 2. Gipsblock mit Höhlung und Glasplatte.

Flanken in engster „Tuchfühlung". Die Köpfe waren nach außen gerichtet. Auf dem Boden r. h. lagen 2 Exuvien. 2 Tiere saßen eng aneinander geschmiegt in der Mitte des linken Randes, 2 Exuvien neben sich. Während der Beobachtung bildete sich eine Gruppe von 9 Tieren im l. h. Eck. Am 11. 10. 56 waren beide vorderen Ecken frei, 9 und 6 Tiere bildeten r. h. nur mehr 2 kleinere Gruppen, während l. h. eine große Gruppe mit mehreren Exuvien saß. Am 13. 10. 56 fanden sich nur mehr wenige Tiere in kleinen Gruppen. Viele liefen umher, sehr viele saßen am Futter. Vom 14. 10. bis 15. 10. waren fast keine Gruppen mehr zu beobachten. Die Mehrzahl der Tiere lief frei umher. Am 16. 10. 56 waren zwar um 16 Uhr 30 die meisten Tiere am Futter oder sie liefen umher. Um 20 Uhr 30 aber bildeten 20 Tiere in der l. h. Ecke wieder eine dicht gedrängte Gruppe. Am 18. 10. um 20 Uhr 30 liefen nur 9 Tiere umher oder saßen still für sich, alle übrigen bildeten 2 eng aufgeschlossene Gruppen l. h. und r. h. Am 19. 10. befanden sich fast alle Tiere in der l. h. Ecke. Am 20. 10. waren fast alle Tiere l. h. und r. h. dicht gedrängt, besonders l. Kein Tier saß am Futter. Erst am 30. 10. nahm die Gruppenbildung ein Ende. Die Mehrzahl der Tiere verendete allmählich. Am 6. 11. bildeten alle noch überlebenden Tiere (etwa 7 bis 8) in der Ecke l. h. eine dicht aneinander geschlossene Gruppe.

Am 27. 3. 64 beobachtete ich auf der Unterseite des Brettchens am Fuße der Eiche über 50 juvenales, von denen einge noch rein weiß, die meisten hell rosa gefärbt waren. Diese häuteten sich offenbar, da neben ihnen und teilweise noch an ihnen hängend winzige Exuvien zu finden waren.

Aus den zahlreichen Beobachtungen, die ich im Freiland und in den Kulturen angestellt habe, lassen sich etwa folgende Regeln aufstellen:

a) Die Tiere haben eine Neigung zur Gruppenbildung.

b) Eine solche Gruppe kann 2 bis hunderte von Tieren, z. T. in „Tuchfühlung", umfassen; z. B. bestehen Gruppen aus 20, 25 und 11 Tieren, davon bis zu 5 in engster Tuchfühlung.

c) Auch weiße frisch geschlüpfte juvenales bilden schon dicht geschlossene Gruppen. Die Gruppenbildung hat also kaum etwas mit dem Sexualleben zu tun.

d) Oft sind die Gruppen aus voll erwachsenen adultes und aus juvenales verschiedenen Alters (½ bis ¾ Größe der adulten) zusammengesetzt.

e) Meist hinterlassen die Gruppen nach ihrer Auflösung eine größere oder geringere Zahl von Exuvien. So ließen 13 Tiere nach 8 Tagen 10 Exuvien zurück.

f) Daher kommt es, daß man im Freiland und in den Kulturen an bestimmten Stellen deutlich sichtbare weiße Ansammlungen von Exuvien findet. In einem Falle sah ich die Rinde einer Edelkastanie nach einer Massenansammlung von Tieren mit Exuvien wie mit einem weißen Pulver bedeckt.

g) Die Gesellschaften bleiben längere Zeit bei einander, z. B. vom 25. 7. 63 bis 11. 8. 63 unter Hinterlassung zahlreicher Exuvien.

h) Bei diesen Massenansammlungen, z. B. am 18. 9. 56 auf Mauer 1, saßen einerseits hunderte von Tieren in dichten Gruppen in Tuchfühlung unbeweglich; einzelne krochen über die anderen, drängten sich in die Lükken und setzten sich dann ruhig hin. Manche der unbeweglichen fingen wieder an herum zu laufen. Sie verschwanden in den Spalten zwischen den Mauersteinen. Andere kamen daraus hervor.

i) In einer Kultur, die nur 2 Tiere enthielt, saßen diese manchmal, z. B. am 14. 1., neben einander in Tuchfühlung, ein anderes Mal durch weitere Strecken getrennt. Dann erfolgte bei beiden eine Häutung. Am 16. 3. fand ich sie wieder Seite an Seite. Am 20. 3. und 22. 3. häuteten sie sich.

k) Am 7. 6. 63 und 7. 5. 64 liefen große Massenansammlungen auseinander, ohne jedoch Exuvien zu hinterlassen.

l) Zu solchen besonders großen Massenansammlungen vieler hunderter von Tieren kommt es bei besonderen Wetterlagen. Ich konnte solches Massenauftreten, das auf Mauern und Treppenstufen zur Bildung etwa 10 cm langer und 3 cm breiter dunkelblauer Flecken, auf dem Brettchen unter der Eiche zur Bildung einer eine DM großen, dunkelblauen Gruppe aus hunderten von Tieren führte, stets bei bestimmten mikroklimatischen Verhältnissen beobachten. Es ging stets eine längere Trockenperiode (8 Tage, 34 Tage) voraus. Dann folgte ein Gewitter mit vielen Stunden anhaltendem Landregen, der Erd- und relative Luftfeuchtigkeit stark erhöhte (diese bis zu fast 100%*) bei milder Temperatur (14° C, 9° C bis 14° C, 20° C, 13° C). Etwa nach 1 bis 2 Tagen erschienen die Tiere in Massen.

m) Die Gruppen bilden sich an senkrechten (Mauern) und waagrechten (Treppenstufen) Flächen. Zuweilen bedecken sie den Winkel zwischen ununterstem Mauerstein und Treppenstufe (Abb. 3).

n) Die Tiere halten sich im diffusen Tageslicht auf.

o) Zuweilen verschwinden die Massenansammlungen auf der Maueroberfläche. Sie bilden sich etwas weiter im Innern des Mauerspaltes wieder. Der Sinn dieses Verhaltens ist noch nicht klar erkannt. Ich habe es (1932) Bildung von „Häutungsgesellschaften" genannt. Tatsächlich vollzieht sich häufig in seinem Verlauf die Häutung. Es ist in neuester Zeit die Auffassung vertreten worden (Feustel 1958) daß sie hauptsächlich der Excretion dient. Das größte Rätsel aber besteht darin, daß sich die Häu-

*) In letzter Zeit ergab sich durch Vergleich mit einem ausgezeichneten Präzisionshaarhygrometer, daß meine bis jetzt angegebenen Werte etwas zu hoch liegen.

tungen bis zum Tode des Tieres fortsetzen. LINDENMANN zählte in einem Fall bei *Orchesella villosa* bis zu 50 Häutungen. Wir wissen heute, daß bei holometabolen Insekten (Insekten mit vollständiger Verwandlung, z. B. Schmetterlinge) eine im Bruststück gelegene Drüse (Prothorakaldrüse) durch das Hormon Ecdyson, veranlaßt durch ein im Gehirn gebildetes Hormon, die Häutung der Raupe zur Puppe, der Puppe zum Schmetterling bewirkt. Kommt ein zweites Hormon, gebildet in Drüsen nahe dem Gehirn *(Corpora allata)* hinzu, so erfolgt die Häutung der Raupe zur Raupe. Die Collembolen besitzen weder eine Prothorakaldrüse noch *Corpora allata.* Sie verbleiben sozusagen bis zu ihrem Tode im „Raupenzustand". Ihre Häutungen werden jedenfalls durch ein im Gehirn gebildetes Hormon ausgelöst (Neurosekretion).

V. Lebensrhythmus, Lebensdauer, Altern und Tod

Die Häutung zwingt den Tieren einen bestimmten Lebensrhythmus auf. Ich erinnere an den oben beschriebenen Fall der 50 adulten Tiere im Gipsblock. Vom 5. 10. bis 8. 10. 56 beobachtete ich vorwiegend Nahrungsaufnahme. Am 8. 10. begannen Gruppenbildung und Häutung. Am 10. 10. sitzt die Mehrzahl der Tiere in einer Ecke des Gefäßes eng zusammengedrängt ruhig da. Die Zahl der Exuvien vermehrt sich. Am 13. 10. beginnen die Gruppen sich aufzulösen. Viele Tiere laufen jetzt umher. Am 14. 10. fressen die meisten Tiere am Futter. Am 15. 10. ist ihre Mehrzahl in Bewegung. Damit ist eine Phase im Lebenslauf abgeschlossen. Denn am 16. bis 19. 10. beginnt eine neue Gruppenbildung, kein Tier sitzt am Futter. Am 20. 10. ist die Gruppenbildung im vollen Gange, am 25. 10. löst sie sich auf. So wechseln Perioden der Ruhe, der Häutung, der lebhaften Ortsbewegung und der Nahrungsaufnahme mit einander ab. Das gilt für Tiere im Freiland und in der Kultur, für Tiere in Gesellschaften und Einzelhaltung, für junge und ältere Tiere. Das Altern zeigt sich einerseits in einer immer stärker werdenden Bewegungslosigkeit. Die Tiere sitzen am Rande des Döschens, nehmen keine Nahrung mehr auf, ja sie entfernen sich nur auf kurze Strecken oder gar nicht mehr von den an der Döschenwand mit Fettstift markierten Punkten (an 7 Tieren sicher festgestellt, sie blieben mindestens 21 bis 35 Tage an derselben Stelle). Andererseits wird durch das Altern die Häutung erschwert: die Exuvie nimmt eine zähe Konsistenz an. Bei 5 Tieren beobachtete ich den Tod in der letzten Exuvie nach 32, 27, 20 und 14 Häutungen.

Die Tiere wurden als große adultes gefangen. Sie hatten sicher schon 3 Monate im Freiland gelebt. Dazu kommt die Zahl der Monate in der Gefangenschaft bis zum Tode. Auf Grund dieser Überlegungen komme ich zu einem Mindestalter von 7 bis 12 Monaten und einer Häutungszahl bis zu 32. Tier 14/61 wurde am 25. 11. 61 als adultes Tier gefangen und verendete am 18. 12. 62 nach mindestens 25 Häutungen (davon 21 beobachtet; dazu kommen, wenn man als Durchschnitt 2 Häutungen im Monat rechnet, 4 Häutungen im Oktober und November 61). Es lebte also in der Gefangenschaft rund 13 Monate.

Eine kritische Periode im Leben der erst kürzlich geschlüpften Jungtiere ist der Herbst und der Winter. Trockene Kälte von einigen Graden unter 0 ° tut ihnen nichts an. Aber

feuchte Kälte bringt vielen von ihnen, die sich nicht rechtzeitig verkriechen konnten, den Tod. Man findet dann manche Stellen der feuchten Mauer oder Baumrinde mit ihren kleinen Leichen bedeckt, Furka und Beine weit ausgestreckt, meist in Seitenlage. Die Kälte hat die kleinen Tiere gelähmt, die feuchte Mauer hat ihre Körperchen durch Adhäsion an sich gefesselt. Auch langsames vorsichtiges Auftauen nützt nichts mehr. So sterben an manchen Tagen viele juvenales, manchmal sogar große adulte Tiere.

VI. Wachstum

Über die Größe, die Bedingungen des Wachstums und sein Verhältnis zum Wechsel der Farbe möchte ich mich noch nicht äußern. Meine Studien darüber sind noch nicht abgeschlossen. Mit Sicherheit kann ich nur angeben, daß die Körperlänge (ohne Antennen) von der Mundöffnung bis zum After bei frisch geschlüpften juvenales 0,5 mm, bei älteren Tieren 1,69 mm, bei ausgewachsenen Tieren bis zu 2,15 mm beträgt.

VII. Verhalten gegenüber der Umwelt

Was ich dazu zu sagen habe, beruht auf Beobachtungen, nicht auf Versuchen. Diese stehen auf meinem künftigen Programm.

1) Das Verhalten gegenüber der Temperatur zeigt Tabelle 3 (siehe S. 195).

In einer Sammelkultur, die am 29. 9. 64 angelegt wurde und die aus über 100 Tieren bestand, wurden bis 31. 12. über 12 Gelege bei einer Durchschnittstemperatur von 12,4° C abgelegt. Seit 31. 12. wurden keine neuen Gelege mehr beobachtet. Bis 21. 1. 65 herrschte eine Durchschnittstemperatur von 11,5° C. Die meisten Tiere sitzen ohne Bewegung in dichter Packung am Rand der Glasschale etwas unter der Erdoberfläche, obwohl ihnen reichlich Futter geboten wird. Es sind nur ganz wenige (5 bis 6) noch ganz junge Tiere vorhanden. Das Verhalten der Tiere macht den Eindruck einer echten Diapause.

Ergebnisse:

1. Bei längeren und schärferen Frostperioden verschwinden die Tiere von der Maueroberfläche, sie verkriechen sich tief in die Mauerfugen.
2. Sobald die Temperaturen über 0 ° steigen, erscheinen sie wieder an der Oberfläche der Mauer, am Brettchen auf dem Boden und auf Baumrinde.
3. Sogar neben Eiskriställchen unter dem Brettchen halten sich adultes, ältere und sehr junge juvenales auf.
4. Bei einem Minimum von minus 5 ° C und einer Temperatur von minus 4 ° C um 10 Uhr kriecht an der Mauer, die noch völlig im Schatten liegt, ein frisch geschlüpftes Jungtier.
5. Andererseits verfallen Jungtiere bei minus 4 ° C in Kältestarre.
6. Feuchte Kälte bringt manchen Jungtieren und erwachsenen Tieren u. U. den Tod.

7. Bei mäßiger Kälte mit Sonnenschein bewegen sich adulte und juvenale Tiere frei auf der Mauerfläche, wenn sie trocken ist.

8. Bei minus 8 ° C verenden frisch geschlüpfte und etwas ältere juvenales im Freien, wenn sie sich nicht verkriechen können. Die letale Temperatur liegt also an feuchten Stellen bei minus 8 ° C.

9. Bei scharfem Ostwind ziehen sich die Tiere in die Mauerspalten zurück.

10. *Hypogastrura boldorii* ist in allen Entwicklungsstadien erstaunlich kältebeständig. Sie ist an Tagen mit Temperaturen um und unter 0 ° das einzige Arthropod, das man an den genannten Fundstellen in Bewegung antrifft. Diese Feststellungen deuten wohl auf eine nordische Herkunft und ein Überstehen der Eiszeiten an geschützteren Stellen hin.

11. Die meisten Tiere einer großen Sammelkultur machen bei 11,15 ° C (während der Legezeit 12,4 ° C) den Eindruck einer echten Diapause.

2) Verhalten gegenüber der Feuchtigkeit.

Ein gewisser Grad von Luft- und Bodenfeuchtigkeit ist für das Vorkommen der Tiere Grundbedingung. Sinkt die rel. Luftfeuchtigkeit z. B. bis 34,5 % ab und ist der Boden trocken (31. 7. 49 seit etwa 8 Wochen keine Niederschläge), so ziehen sich unsere Tiere in Mauerspalten und etwas feuchtere Bodenstellen zurück. Innerhalb der Mauerspalten konnte ich mit einem Feuchte-Indikatorpapier mindestens 60—80 % rel. Luftfeuchtigkeit feststellen. Vom 24. 8. bis 3. 9., ferner vom 9. 9. bis 13. 9., vom 16. 9. bis 27. 9. fielen keine Niederschläge. In diesen Zeiträumen waren fast keine Tiere und diese wenigen nur an schattigen Stellen, so unter Efeu, zu finden. Seit Ende Juni 63 bis 8. 8. 63 war es meist trocken und sonnig. Regen fiel nur gelegentlich in Gewittergüssen. Der niederste Stand der rel. Luftfeuchtigkeit war etwa 36 % in den Mittagsstunden. Daher waren an den Mauern und an dem Brettchen unter der Eiche so gut wie keine Tiere zu beobachten.

Im Gegensatz dazu finden sich an Tagen mit verhältnismäßig hoher Luft- und Bodenfeuchtigkeit an den Mauern, am Brettchen unter der Eiche und an rissiger Baumrinde zahlreiche junge und alte Tiere. So fanden sich am 9. 5. 57 auf dem sehr trockenen moosbewachsenen westlichen Teil der Mauer 1 nur vereinzelte adulte Tiere. Nur an den feuchteren Stellen, vor allem in den Spalten zwischen den Steinen stellte ich kleine Ansammlungen fest. Nach vorhergehendem Regen (rel. L. F. cc. 94 %) war das Brettchen unter der Eiche auf der Oberseite und an den Seitenflächen sehr feucht, die Unterseite sehr trocken. Auf dieser fanden sich auf 281 qcm Fläche nur 2 bis 3 Tiere, dagegen seitlich und auf der Oberseite zwischen 50 und 60. Bei Sprühregen tragen fast alle adulten Tiere Wassertröpfchen an den Körperhaaren. Ein adultes Tier fand ich hilflos auf der Seite liegend auf dem Wasserfilm hängend. Schon etwas herangewachsene Jungtiere und ausgewachsene adultes sind unter normalen Umständen vollkommen unbenetzbar. Läßt man einen Wassertropfen auf den Untergrund in ihrer Nähe fallen, so verlassen sie langsam die feuchtere Stelle. Trifft der Tropfen aus der Pipette die Tiere selbst, so krümmen sie sich bauchwärts ein. Ist er in der Erde versickert, so bewegen sich die Tiere ohne jede Behinderung. Sie sind völlig trocken. Die gleiche Beobachtung kann man an *Folsomia candida*

machen. Manchmal ist sie zunächst in einen Luftmantel eingeschlossen und daher unbeweglich. Man ist aber immer wieder überrascht, wie sie nach dem Einsickern des Wassers sich sofort streckt, aufspringt und völlig trokken ohne jede Behinderung davon eilt. Ganz anders wirkt sich die Benetzung sehr kleiner Jungtiere aus Sie bleiben durch Adhäsion rettungslos an jeder feuchten Fläche hängen und verenden. In der Benetzbarkeit und Unbenetzbarkeit kleiner Insekten und in der Art, wie sie mit der Adhäsion fertig werden, liegt ein wichtiger ökologischer, manchmal sogar für die Wahl ihres Habitats entscheidender Faktor vor, der m. W. noch nicht genügend vergleichend bearbeitet ist. Einige Beispiele aus früheren Versuchen: Aphiden, die an einem Schilfstengel sitzen, lassen sich durch Eintauchen dieses Stengels in Wasser nicht benetzen. Eine nasse *Lepisma saccharina* L. ist auf einer feuchten Fläche, etwa auf der Wand eines Beckens, völlig hilflos. Auch Acarinen, kleine Blütenkäfer *(Meligethes)* und Nymphen und Larven gewisser Psociden können auf einer feuchten Fläche kaum ihre Beine von der Unterlage hochheben. Ja sogar eine stark befeuchtete Ameise, etwa ein *Lasius niger* oder eine *Myrmica laevinodis* ist ein erbarmungswürdiges Geschöpf. Ständig sucht sie durch Putzhandlungen das lästige Wasser los zuwerden. Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, daß ich bei *Hypogastrura boldorii* niemals eine spontane Putzbewegung gesehen habe. Endlich sei es mir gestattet, hier einen Modellfall von Auslese (Selektion) zu schildern. Ich hatte in ein Filmdöschen, dessen Boden aus einer Mischung von Gips und fein gepulverter Tierkohle bestand, am 28. 9. 64 Eier von *Hypogastrura boldorii* aus dem Freiland gebracht. Am 7./8. 10. 64 schien die Mehrzahl der Eier geschlüpft. Am 19. 10. 64 stellte ich fest, daß immer wieder weiße juv. ausschlüpften. Die älteren und etwas größeren waren bereits braun gefärbt. Am 26. 10. 64 befeuchtete ich den Boden zu stark. Viele weiße juv. blieben an der feuchten Unterlage hängen und verendeten. Die größeren, schon braun gefärbten blieben am Leben und haben sich seither zu graublauen Individuen weiter entwickelt!

3) Verhalten gegenüber dem Licht. Im ungereizten normalen Zustand ist *Hypogastrura baldorii* indifferent gegenüber dem Licht. Einzeltiere und große Gesellschaften scheuen sich nicht sich dem diffusen Tageslicht verschiedener Stärke auszusetzen. Ja, bei hoher Luft- und Bodenfeuchtigkeit und nicht zu hoher Temperatur, also vornehmlich in den Morgenstunden, meiden sie nicht einmal das pralle Sonnenlicht. Vierzehnmal habe ich im Zeitraum 1961 bis 1964 beobachtet, daß sich Tiere im Sonnenschein aufhielten. Dafür gibt Tabelle 4 (siehe S. 196) einige besonders auffällige Beispiele. Aber das Verhalten der Tiere ändert sich grundlegend, sobald man sie durch Einfangen mit dem Exhaustor oder durch Umschütteln in ein anderes Gefäß in Erregung versetzt. In einem viereckigen Plastikdöschen rennen sie dann alle nach der lichtabgekehrten Seite. Dreht man jetzt das Döschen um 180°, sodaß die Tiere sich jetzt alle an der lichtzugekehrten Seite befinden, so erfolgt dieselbe Reaktion. Die ganze Gesellschaft rennt nach der lichtabgekehrten Seite. Und man kann dies Spiel solange wiederholen, bis die Reizbarkeit der Tiere durch die Ermüdung gesunken ist. Am 28. 10. 57 wurden 15 adulte Tiere in eine kleine Glasdose von 2,5 cm Höhe und mit einem Durchmesser von 9,5 cm gesetzt. Zunächst liefen die Tiere lebhaft herum, manche schlüpften unter dem Deckel heraus. Als dies durch Einlegen

eines Plastilinringes verhindert wurde, liefen die Tiere in der Dose, aber auch die außerhalb befindlichen parallel zu den Lichtstrahlen von der Lichtquelle weg.

Ich habe oben schon erwähnt, daß die Tiere der Mauer 1 an Tagen mit besonders hoher Luft- und Bodenfeuchtigkeit (rel. L. F. cc 91%), auf der Erde am Fuße der Mauer bis zu Steinen in 2,35 m Entfernung liefen und sich dort a u f i h n e n niederließen, n i c h t u n t e r i h n e n. Dabei bevorzugten sie deutlich die lichtzugekehrte Seite, hier zählte ich bis zu 10 Tiere pro qcm; auf den lichtabgekehrten Seiten nur 2 bis 4 pro qcm.

Am 6. 10. 56 wurden 50 Tiere in einen ausgehöhlten Gipsblock gesetzt, der oben durch eine Glasplatte verschlossen war. Als die Erregung abgeklungen war, fingen sie an am Futter zu fressen. Die meisten von ihnen ließen sich durch schräge Beleuchtung mit einer 40 Wattlampe nicht im geringsten stören.

An den Mauern fand ich bei Beobachtungen in der Nacht, z. B. am 16. 10. 20 Uhr, 30. 10. 23 Uhr, 5. 2. 23 Uhr eher weniger Tiere als am Tage.

Als E r g e b n i s dieser Untersuchungen läßt sich also sagen:

1. Im normalen nicht erregten Zustand verhält sich *Hypogastrura boldorii* dem Tageslicht und künstlichem Licht gegenüber indifferent.

2. Die Tiere halten sich bei hoher Luft- und Bodenfeuchtigkeit und nicht zu hohen Temperaturen, also z. B. in den Morgenstunden, in der prallen Sonne auf.

3. An Steinen bevorzugen sie die lichtzugekehrte Seite.

4. Sie sind keine ausgesprochenen Nachttiere.

5. Im Erregungszustand reagieren sie sehr deutlich negativ phototaktisch. Weitere Untersuchungen über die Sinnesphysiologie der Collembolen werden in Kürze in Angriff genommen. Bisher haben nur der allzufrüh verstorbene Kurt Sgonina (1935), Mayer (1957) und Strebel (1932) systematische Versuche über sie bei einer Reihe von Collembolenarten unternommen (Sgonina bei *Onychiurus armatus* sensu Tullberg und *Onychiurus fimetarius* sensu Linné, Mayer bei *Dicyrtomina minuta* und ich bei *Hypogastrura purpurascens, Tomocerus minor, Sminthurinus niger, Podura aquatica, Sminthurides aquaticus* und einigen anderen Arten).

4) V e r h a l t e n g e g e n ü b e r d e r N a h r u n g. Auch hier mögen nur einige vorläufige Beobachtungen angeführt werden. Die Hauptnahrung unserer *Hypogastrura boldorii* besteht an den Mauersteinen und Rinden aus Pleurococcaceen, Moosprothallien und ähnlichen chlorophyllhaltigen Belägen. Selten fand ich sie an faulendem Obst und an Pilzen. Bei einem Tier konnte ich bisher Pilzsporen im Darminhalt finden

Auf einem Stein der Mauer 1 befand sich eine flache muschelförmige Vertiefung. Sie war in ihrer ganzen Ausdehnung mit Pleurococcaceen ausgekleidet. Die übrige Oberfläche des Steines war nicht bewachsen. Rund um ihren Rand saßen dicht aufgeschlossen fressende Hypogastruren. Sie rückten von Tag zu Tag weiter gegen die Mitte der Vertiefung zu. Schließ-

lich befanden sie sich in ihrem Centrum. Der Pleurococcaceenbelag war vollständig weggefressen. Schimmelpilzfäden wurden von ihnen im Gegensatz zu *Onychiurus* und *Lepidocyrtus* nicht abgeweidet. Ein Fallaubblatt wurde befressen. Trotz der Bedenken POOLE's (1959) gegen meine Auswahlversuche 1932 habe ich den Tieren, dieses Mal aber im Freiland in ihrem Habitat, kleine Stückchen rohes Fleisch, Käse und gekochte Kartoffel angeboten. Binnen einer Stunde fanden sich fressende Tiere ein. Ebenso nahm *Sminthurides aquaticus* in einem mit *Lemna* bedeckten Aquarium feuchte an die Wand geklebte Levurinose und rohes Fleisch, ferner eine tote Erbsenkäferlarve an. Kotbällchen bezeugten in jedem Fall den Befraß. Ich glaube nicht, daß unter den Collembolen viele Nahrungsspezialisten vertreten sind. Trotz meiner Skepsis werde ich Versuche über ihre Nahrung gewissenhaft nach den Methoden von POOLE und G. MÜLLER durchführen.

In der Kultur läßt sich *Hypogastrura boldorii* leicht mit Pleurococcaceen, medizinischer Trockenhefe (Levurinetten), gekochter und roher Kartoffel ernähren.

5) Thigmotaxis. Manche Reaktionen unseres Tieres machen den Eindruck der Thigmotaxis, so z. B. wenn sie mit Vorliebe die Wandungen ihrer Zuchtgefäße aufsuchen und sich dort eng an sie anschmiegen. Vielleicht spielt Thigmotaxis auch eine Rolle beim Tuchfühlungnehmen bei der Gruppenbildung. Eine nähere Untersuchung steht noch aus.

6) Lebende Umwelt. Als Synusiegenossen stellte ich im Winter an etwas wärmeren und feuchteren Tagen vor allem Lepidocyrten *(curvicollis und lanuginosus)* und Orchesellen *(villosa und cincta)* fest, gelegentlich *Entomobrya nivalis.* Im Frühjahr und Sommer, wenn es wärmer und trockener wird, gesellen sich, vor allem unter dem Brettchen, Acarinen *(Belba, Linopodes motatorius),* junge Isotomiden, Tomoceriden, *Dicyrtomina minuta,* von Isopoden *Ligidium hypnorum,* von Myriopoden *Polydesmus spec.* und junge Juliden, sogar bei sehr trockenem Boden *Polyxenus lagurus,* von Ameisen *Lasius niger* und *Myrmica laevinodis,* von Mollusken *Arion hortensis* und *Goniodiscus rotundatus* hinzu. Auf den Mauern sind im Winter nur *Hypogastrura boldorii,* in der wärmeren Jahreszeit *Lepidocyrten* und *Orchesella cincta* am häufigsten beieinander zu finden.

VIII. Vergleich mit anderen Hypogastruiden

1) RIPPER stellte bei *Hypogastrura manubrialis* Tullb. (jetzt *Hyp. Ripperi* Gisin) als Nahrungsstoffe frische und zerfallende organische Substanz, wenn sie nur genügend weich ist, Pilzsporen, Pilzmycelien, Pilzhüte (Champignonschädling!) fest. Die Tiere sammeln sich zu Fraßgemeinschaften. „Die Weibchen legen schubweise in Intervallen von 12 bis 14 Tagen (im Laboratorium) ... durchschnittlich 30 Eier als Häufchen" ab. In etwa 3 Wochen schlüpfen die zuerst weißen Jungen aus. 5 bis 7 Häutungen in Häutungsgesellschaften. Lebensdauer 5 bis 10 Monate. Vorkommen nur bei sehr hoher Luftfeuchtigkeit. Positive Hydrotaxis. Optimale Bedingungen zwischen 8° und 18° C. Gegenüber starken Lichtintensitäten negative Phototaxis.

Tabelle 3

Jahr	Dat.	Zeit	Temp.	Minimal-temp. nachts	Umstände am Fundort, Verhalten der Tiere
1956	8. 11.	14.00 h	+6° C	— 4° C	an der Mauer nur vereinzelte adultes und juvenales;
1956	30. 11.	16.20 h	knapp + 1 C	—	an der Mauer an mehreren Stellen frei in größeren Mengen vereinzelte große und kleinere Tiere. Sitzen still oder sind in langsamer Bewegung
1957	3. 2.	—	Frostperiode 16. 1. bis 30. 1.	— 13° C	keine Tiere an der Mauer
1957	19. 3.	—	—	+ 8° C	an der Mauer eine große Menge Tiere, teils einzeln, teils in kleinen und größeren Gruppen
1961	12. 1.	10.00 h 13.15 h	— 4° C 0° C	— 5° C —	Mauer noch völlig im Schatten ganz vereinzelte große Tiere, etwas beweglich; neben ihnen ein frisch geschlüpftes, noch weißes juv. kriechend
1961	15. 1.	— 15.30 h	— + 2° C	— 1,5° C	leicht bedeckt, zuweilen sonnig, scharfer Ostwind; an der Mauer nur ganz vereinzelte Tiere, z.T. in langsamer Bewegung. Etwas mehr Tiere in den windgeschützten Mauerritzen
1961	16. 1.	8.30 h 13.40 h	— 4° C 0° C	— 4° C	Himmel leicht bedeckt, sonnig. Mauer zwischen 11 h und 12 h voll von der Sonne beschienen. An ihr und in den Ritzen einige Tiere, darunter eine Anzahl juv., z. T. noch fast unpigmentiert. Bewegungsl., Kältestarre.
1961	20. 1.	16.00 h	+ 1° C	— 4° C	bedeckt, zeitweise Schnee und Regen. In den Ritzen teilweise noch Eis. 1 adultes Tier erfroren. Feuchte Kälte. (ca. 100 % r. L. F.). In einer Ritze ein großes, offenbar lebendes Tier.
1961	22. 11.	10.00 h	— 5° C	— 6,7° C	sonnig. An Mauer 7 eine geringe Anzahl adultes offen, z. T. bewegungslos, z. T. in langsamer Bewegung. An einer sehr feuchten Stelle eine größere Zahl weißer juv. frei auf der Fläche.
1961	8. 12.	9.30 h	— 3° C	— 4° C	leichter Rauhreif, leichte Schneedecke. An Mauer 5 ganz vereinzelte adultes, langsam beweglich. Dabei 1 weißes juv. in langsamer Bewegung. Untergrund trocken.
1961	16. 12.	11.15 h	— 3,5° C	— 8° C	Mauer 7 einige weiße juv. erstarrt. Brettchen unter Eiche: auf Oberseite auf gelben Schleimpilzen einige adultes

					und zahlreiche weiße und ältere juv., erstarrt. Brettchen langsam von — 3° C auf + 9° C erwärmt.
1961	17. 12.	—	+ 9° C		alle Tiere auf dem Brettchen verendet. Letale Temp. bei etwa — 8° C.
1961	30. 12.	8.00 h 16.00 h	+ 3° C + 3° C	— 1° C	Beendigung der Frostperiode vom 16. 12. mit 29. 12. Schmelzender Schnee; an Unterseite des Brettchens noch Eiskristalle. Mauer 1 einzelne adultes. Auf Unterseite des Brettchens einige noch weiße juv.
1962	29. 1.			— 5° C	vereinzelte adultes und blaue juvenales in langsamer Bewegung.
		8.00 h 9.00 h 18.00 h	— 5° C		
		11.00 h	— 4,5° C		Mauer 5: teilweise in der Sonne. Frontal von scharfem O-wind getroffen. An einigen Stellen im Schatten einzelne blaue juv., z. T. ziemlich lebhaft beweglich.
		12.00 h	— 4,5° C	— 8° C	
1962	7. 3.	12.00 h 13.00 h	+ 0,5° C + 1° C	— 9° C	Sonne. Schneedecke tauend. Mauer 5: einige wenige kleine juv., langsam laufend.
1962	14. 3.	9.00 h	— 2,5° C	— 5° C	Nachtfröste von — 2° C bis — 5° C. Viele blaue juv. frei an der Mauer.
1964	7. 12.	13.20 h	0° C		In einer Höhlung an Pflanzenstengeln feine Eiskriställchen. In der Nähe einige Tiere.

Tabelle 4

Monat	Datum	Tageszeit	Temp. im Schatten C °	rel. L. F. in % cc.	Verhalten der Tiere
März	14./15.	—	— 2,5	83—88	zahlreiche blaue juv. im Sonnenschein
April	8. 4.	9.30	+ 13°	50	viele Tiere in der Sonne, besonders an feuchten Stellen
Juli	30. 7.	10.15	15°	76	zahlreiche Gruppen dichtgedr. Tiere direkt in der Sonne
August	16. 8.	9.30	11,5°	88	kleine Ansammlungen in praller Sonne
Sept.	19. 9.	8.30	10°	84	kleine Ansammlung in praller Sonne
Sept.	29. 9.	9.00	15,5°	64	1 Tier läuft in praller Sonne umher
Oktober	24. 10.	9.30	12°	92	mehrere Tiere in praller Sonne



Abb. 3. Treppe zwischen Mauer 2 und 4.



Abb. 4. Mauer 1, rechte Hälfte mit Birnbaum.



Abb. 5. Eiche mit Brettchen, Br.

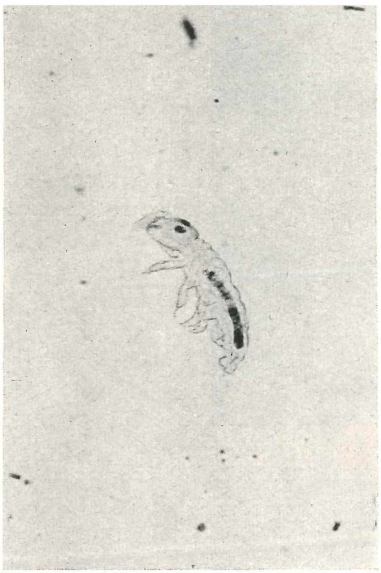


Abb. 7. Hypogastrura boldorii, frisch geschlüpft. Vergrößerung cc. 44 x.

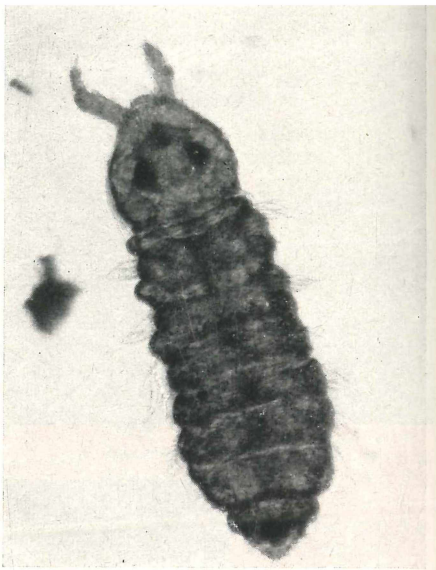
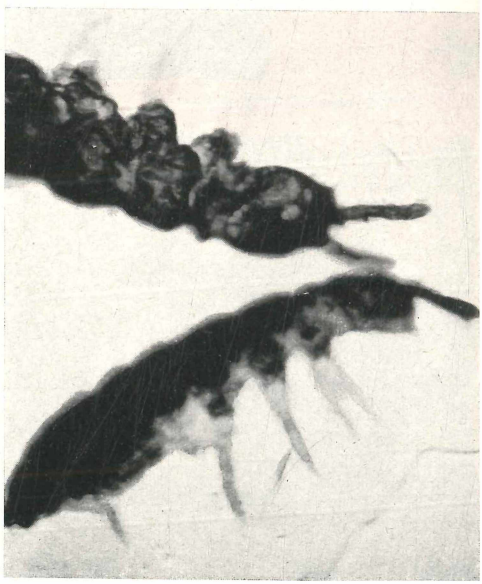


Abb. 8. „ „ noch nicht voll erwachsen.

Abb. 9. „ „ noch nicht voll erwachsen.



Abb. 11. „ „ adultes Tier, Vergrößerung cc. 30 x.



2. *Hypogastrura purpurascens:* nach STREBEL: hohes Feuchtigkeitsbedürfnis. Braucht Licht zu ihrem Gedeihen nicht. Andererseits gewöhnt sie sich auch an höhere Lichtintensitäten, wenn die Belichtung nicht mit Erwärmung verbunden ist, wie bei direkter Sonnenbestrahlung. Bei — 5° C (kurz vorher + 12° C) Kältestarre. Unterste Grenze der Kälteresistenz im Versuch — 15° C. Nahrung: mannigfache frische und in Zersetzung begriffene Stoffe aus dem Tier- und Pflanzenreich. Gibt weichen Stoffen den Vorzug vor härteren. Putzakt einige Male beobachtet. Stark positiv hydrotaktisch. Negative Phototaxis. Durchmesser des frisch abgelegten Eies 0,17 bis 0,18 mm. Zunahme bis zu 0,22 bis 0,24 mm. Schlüpfen der Jungen nach mindestens 19 Tagen. Entwicklung auch im Sommer. Entwicklungsdauer von Okt. bis April im Mittel 26 Tage. Extreme 20 und 32 Tage, Mai bis September 19 bis 21 Tage. Nach 4 Wochen ausgewachsen. Intervalle zwischen den Häutungen schwanken zwischen 4 und 5 Tagen. Weibchen mit 6 bis 7 Wochen legereif. Eizahl im Gelege meist 20 bis 30, seltener 3 bis 20. Eiablagen fast in allen Monaten außer im Juli, August, Dezember und Januar. Lebensdauer 7 bis 8 Monate.

Die drei *Hypogastrura*arten stimmen also in vielen Punkten ihrer Lebensweise miteinander überein Eine Sonderstellung nimmt *Hypogastrura boldorii* aber ein

1. durch das Auftreten nur einer Generation im Jahr (sie ist also univoltin),

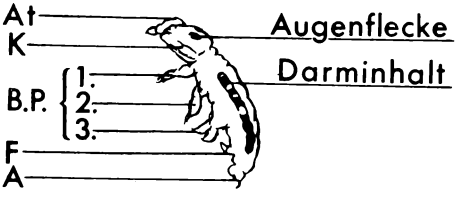
2. durch die Zeit ihrer Fortpflanzung, die sich vom Herbst bis zum Frühjahr erstreckt;

3. durch ihre nur in erregtem Zustand negative Phototaxis, während sie sonst diffuses Tageslicht, ja u. U. sogar Sonnenlicht ohne jeden Schaden verträgt;

4. durch die sehr große Zahl ihrer Gelege.

5. dadurch, daß die Dauer der Embryonalentwicklung deutlich temperaturabhängig ist und

6. der Durchschnitt der Häutungsintervalle 14 Tage beträgt.



BP 1, 2, 3 = 1. 2. 3. Beinpaar
F = Furka (Sprunggabel)
A = Analdorn

Abb. 6 Erläuterung zu Abb. 7

XII. Systematische Stellung. Klimatische Einflüsse

Die systematische Stellung der *Hypogastrura boldorii* war eine Zeit lang unklar. Jetzt aber ist sie durch die ausgezeichneten Arbeiten von P. CASSAGNAU und Gen. RAYNAL, insbesondere durch die Arbeit „Sur la Morphologie et la Position Systématique d' Hypogastrura Tullbergi" befriedigend gelöst worden, allerdings mit einem kleinen Vorbehalt. Die beiden Arten unterscheiden sich wesentlich nur in folgenden Punkten: Der Abstand der zentralen und medianen Borsten des 4. Abdominalsegmentes ist bei *Hypogastrura boldorii* kleiner als die Länge dieser Borsten, bei *Hypogastrura tullbergi* ist er größer oder gleich der Länge der Borsten. Bei dieser bewegt sich das Verhältnis Köperlänge: Länge den Dentes zwischen 20 und 25, das Verhältnis Köperlänge: Klaue des 3. Beinpaares zwischen 31 und 37. Die Arbeit der beiden Autoren zeichnet sich dadurch aus, daß sie die Variationsbreiten der Größe und Zahl verschiedener morphologischer Bildungen (z. B. Behaarung des Kopfes, Lappen des Postantenalorgans, Behaarung des Abdomes 5 und der Dentes u. s. w.) angibt. Das Ergebnis stellt die z. Zt. beste Lösung dar. Eingehende Untersuchungen verschiedener Populationen aus verschiedenen Gegenden werden uns weiter führen, insbesondere dort, wo die Areale der beiden Arten sich überschneiden. Finden sich dort Zwischenformen? Man darf nicht vergessen, daß es außer der Kategorie „Art" noch andere Kategorien gibt: geographische und oekologische Rassen, Modifikationen, und daß es gilt die Variabilität an möglichst großen und aus verschiedenen Gegenden stammenden Individuenreihen zu studieren. Dies muß unser Ziel bei dem Studium der *Hypogastrura boldarii* in Zukunft sein. Schon die geographischen und klimatischen Unterschiede zwischen Toulouse und Zweibrücken (von den Pyrenaeen, wo *Hypogastrura tullbergi* ebenfalls vorkommt, gar nicht zu reden) können sich morphologisch und physiologisch bemerkbar machen. CASSAGNAU schildert das Klima von Toulouse als submediterran, nämlich einerseits als mediterran mit Trockenheit, veranlaßt durch den SO-Wind, andererseits ozeanisch mit Feuchtigkeit und W-, bis SW-Winden. Die Pyrenaeen im S wirken abkühlend, sie bringen Regen und Schnee, das Massif Central, bedingt durch NO-Winde Kälte und frische Sommer. Der Winter ist kurz und der Februar, sehr sonnig, führt zur Entfaltung der Vegetation. Der Untergrund ist tertiär, z. T. Molasse. Im Zweibrücker Land herrscht der obere Buntsandstein vor. Nur die höchsten Höhen (382 m ü. d. M.) tragen unteren Muschelkalk. Der Boden in meinem Garten ist schwer und lehmig. Das Klima hat ozeanischen Charakter, die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 9° C. Die Winter sind meist kurz und mild. Die Zahl der Schneefälle beträgt etwa 25 bis 40. Im Jahre 1964 war im März die Durchschnittstemperatur + 2,3° C. Der heißeste Monat, der Juli, wies im Durchschnitt 19,6° C auf. Die Niederschlagshöhe beträgt durchschnittlich 65 mm im Monat. Längere, über Monate andauernde Frostperioden und Trockenzeiten kennen wir nicht („Rheinpfalz" 1964, Nr. 226 vom 29. 9. 64). Der Westrichkalender 1965 bringt aus der Feder von Oberlehrer a. D. SCHICK eine interessante Übersicht über die klimatischen Elemente der letzten Jahre. Zweibrücken hat im großen ganzen gesehen ein ausgeglichenes Klima mit milden Wintern und reichlichen Niederschlägen.

Die endgültige Lösung des Artproblems der *Hypogastrura boldorii* wäre vom evolutionsgenetischen Standpunkt aus

von allgemeiner Bedeutung. Ich bitte daher die interessierten Leser um Übersendung von Proben einiger *Hypogastrura boldorii* oder was sie dafür halten, in kleinen Glasröhrchen in etwa 90%igem Alkohol (Brennspiritus genügt) mit einigen Tropfen Äther oder Benzin. Meines herzlichen Dankes können sie gewiß sein!

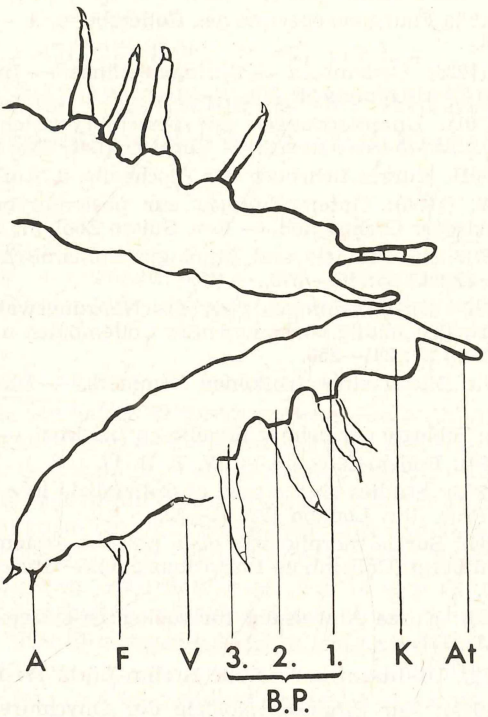


Abb. 10. Erläuterung zu Abb. 11.

At = Antenne (Fühler)
K = Kopf
1., 2., 3. BP = 1., 2. und 3. Beinpaar. Die Beine sitzen am Bruststück mit 3 Ringen. Es folgt das Abdomen (Hinterleib) mit 6 Ringen
V = Ventraltubus, wohl hauptsächlich ein Haftorgan
F = Furka (Springgabel). — AD = Analdorn

Literaturverzeichnis

1. Bödvarsson (1963): Einige für Schweden neue oder wenig bekannte Collembolen. — Opusc. Ent. 28, Lund.
2. Cassagnau P. et Raynal G. (1964): Contribution à l' étude des écomorphoses. 1. Développement comparé de deux races d' Hypogastrura tullbergi (Collembole Poduromorphe). — Rev. Zool. et d' Ecol. du Sol.
3. Christiansen K. (1964): Bionomics of Collembola. — Ann. Rev. of Ent. vol. 9, S. 147—173.
4. Delamare-Debouteville C. (1954): Vie et Milieu 5, 207.
5. I. R. Denis (1931): Sur la faune italienne des Collemboles 4. Note préliminaire. Collemboles recoltés dans les grottes d'Italie par Monsieur L. Boldori. — Mem. Soc. entomol. ital. 10: 80—85.

6. Falkenhan H. H. (1932): Biologische Beobachtungen an *Sminthurides aquaticus* (Collembola). — Z. wiss. Zool. 141: 525—580.
7. Feustel H. (1958): Untersuchungen über die Exkretion bei Collembolen. — Z. wiss. Zool. 161 H. 1/2.
8. Gisin H. (1960): Collembolenfauna Europas. — Mus. d'hist. natur. Genf.
9. — (1961): Collembolen aus der Sammlung C. Börner des Deutschen Entomologischen Instituts (Apterygota). 1. Deutschland und angrenzende Länder. — Beitr. Entomol. 11: 331—333.
10. — (1962): Sur la Faune européenne des Collemboles. 4. — Rev. Suisse Zool. 64: 1—23.
11. Handschin E. (1926): Collembola — Springschwänze. — In: Schulze, Biologie der Tiere Deutschlands 25 (20): 7—56.
12. Gyger Hp. (1961): Untersuchungen zur postembryonalen Entwicklung von *Dipljapyx humberti* (Grassi). — Verh. Naturf. Ges. Basel: 71/1, 29—95.
13. Karlson P. (1961): Kurzes Lehrbuch der Biochemie. 2. Aufl.
14. Lindenmann W. (1950): Untersuchungen zur postembryonalen Entwicklung schweizerischer Orchesellen. — Rev. Suisse Zool. 57: 353—428.
15. Mayer H. (1957): Zur Biologie und Ethologie einheimischer Collembolen. — Zool. Jb. (Syst.) 85: 501—570.
16. Müller G. (1959): Untersuchungen über das Nahrungswahlvermögen einiger im Ackerboden häufig vorkommender Collembolen und Milben. — Zool. Jb. (System) 87: 231—256.
17. o. s. (1964): Die Bilanz eines trockenen Sommers. — Rheinpfalz, Jhg. 1964, Nr. 226.
18. Paclt I. (1956): Biologie der primär flügellosen Insekten. — Jena, 258 S.
19. Palissa A. (1964): Boden-Zoologie. — W. T. B. 17.
20. Poole T. B. (1959): Studies on the food of Collembola in a Douglas fir plantation. — Proc. Soc. London 132: 71—82.
21. Raynal G. (1964): Sur la morphologie et la position systématique d' Hypogastrura tullbergi (Collembole Poduromorphe). — Bull. Soc. nat. Toulouse 99: 1—20.
22. Rensch B. (1934): Kurze Anweisung für zoologisch-systematische Studien. — Leipzig, 1—116.
23. Sedlag U. (1953): Ur-Insekten. — Neue Brehm-Büch. 17: 1—144.
24. Sgonina K. (1935): Zur Sinnesphysiologie der Onychiuren (Collembola). — Zool. Anz. 112: 13—23.
25. Schaller F. (1952): Das Fortpflanzungsverhalten apterygoter Insekten (Collembolen und Machiliden). — Verh. dtsch. Zool. Ges., Zool. Anz. 15, Suppl.-Bd.
— Weitere Arbeiten 1952, 1953, 1954, zuletzt: Das Paarungsverhalten der Bodentiere. — Naturw. Rundsch. 17, 1964: 384—391.
26. Schick E. (1965): Das Wetter, ein unerschöpflicher Gesprächsstoff. — Westrichkalender.
27. Stach J. (1949): The Apterygotan Fauna of Poland in Relation to the World-Fauna of this group of Insekts. Families: Neogastruridae and Brachystomellidae. — Kraków.
28. Strebel O. (1932): Beiträge zur Biologie, Oekologie und Physiologie einheimischer Collembolen. — Z. Morphol. Oekol. Tiere 25: 31—153.
29. Weber H. (1954): Grundriß der Insektenkunde. 3. Aufl.
30. Wigglesworth V. B. (1959): Physiologie der Insekten. 2. Aufl.

Anschrift des Verfassers: Oberstudiendirektor a. D. Dr. Otto Strebel, 666 Zweibrücken, Hochstraße 7.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 1965

Band/Volume: 12

Autor(en)/Author(s): Strebel Otto

Artikel/Article: Beobachtungen über die Biologie und das Verhalten von Hypogastrura boldorii Denis 1931 (Insecta, Collembola) 178-200