

# ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAPHICA

Editor: G. WOLF

---

*E 2015/1973*

## **Heterosminthurus bilineatus (Collembola)** **Balz und Spermaübertragung**

Mit 1 Abbildung

GÖTTINGEN 1973

---

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

## Heterosminthurus bilineatus (Collembola) Balz und Spermaübertragung

G. BRETTFELD, Kiel

### Allgemeine Vorbemerkungen<sup>1</sup> Spermaübertragung bei den Collembolen

Die Collembolen übertragen in den bisher sicher belegten Fällen ihr Sperma immer indirekt. Das Männchen setzt eine Spermatophore ab, die aus einem Stiel mit einem Spermatropfen an seiner Spitze besteht. Das Weibchen geht so über die Spermatophore hinweg, daß der Tropfen an ihre Geschlechtsöffnung gelangt (SCHALLER [6]). Die meisten Gruppen der arthropleonen und symphypleonen Collembolen übertragen das Sperma ohne Paarungsverhalten; Männchen und Weibchen handeln völlig unabhängig voneinander. Die Spermatophoren können ohne Schaden mehrere Stunden stehenbleiben. Ansätze zur Paarbildung sind beobachtet worden bei *Podura aquatica*, bei der das Männchen das Weibchen zur Spermatophore hinschiebt, und bei *Dieyrtomina minuta*, bei der das Männchen eine Gruppe von Spermatophoren direkt vor einem Weibchen aufbaut (MAYER [4] und SCHALLER [7]).

Echte Paarbildung gibt es bei zwei Tribus der Familie Sminthuridae innerhalb der symphypleonen Collembolen, nämlich bei den Sminthuridini und den Bourletiellini. Die Männchen der Sminthuridini klammern sich mit den Antennen fest an die Antennen des Weibchens an. Die Bourletiellini bilden Paare, die meist keinen festen Kontakt miteinander haben, aber eine gattungs- und artspezifische Balz zeigen. Auch die Bourletiellini weichen vom Prinzip der indirekten Spermaübertragung nicht ab; jedoch bewirkt dieses Paarungsverhalten eine Synchronisation der Handlungen der Partner, so daß das Sperma schon wenige Sekunden nach dem Absetzen der Spermatophore in die Geschlechtsöffnung des

---

<sup>1</sup> Angaben zum Film und kurzgefaßter Filminhalt (deutsch, englisch, französisch) S. 9 u. 10. — Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Weibchens gelangen kann. Diese schnelle Spermaübertragung bedeutet eine besondere Anpassung an den Lebensraum. Die Bourletiellini leben nämlich meist in durchsonnter niederer Vegetation. Deshalb könnten die Spermatophoren nicht wie bei den am und im Boden lebenden Collembolen mehrere Stunden stehenbleiben; sie trockneten schon nach wenigen Minuten ein (BRETTFELD [1], [2]).

### Zum Objekt

Die im Film gezeigte Art *Heterosminthurus bilineatus* (Bourlet, 1842, sensu Gisin, 1958) (vgl. GISIN [3]) gehört zu der zuletzt genannten Tribus Bourletiellini. Wie bei allen Symphypleonen sind der Thorax und die Abdomensegmente 1—4 miteinander verschmolzen zu einem aufgewölbten, sog. „großen Abdomen“. Das Segment 5 mit der ventralen Geschlechtsöffnung und das Segment 6, das in Form von drei Klappen den terminalen After umgibt, bilden als „kleines Abdomen“ den hinteren Teil des Körpers.

Ventral fallen umgewandelte Abdominalextrimitäten auf. Am ersten Segment entspringt der unpaare Ventraltubus, der bis hinter den Kopf vorragt. Aus ihm können durch Drucksteigerung im Körper zwei lange Schläuche ausgestülpt werden, die durch Muskeln zurückziehbar sind. Die Ventraltubusschläuche dienen zum adhäsiven Halten des Tieres, zum Putzen und zur Wasseraufnahme. Am vierten Segment liegt die Sprunggabel (Furca), deren paarige Hauptteile (Dentes mit den Mucrones an ihrer Spitze) auf einer unpaaren Basis (Manubrium) sitzen: Auch die Furca reicht fast bis an den Kopf heran. Sie wird in der Ruhelage von basal ebenfalls verschmolzenen Abdominalextrimitäten am dritten Segment festgehalten, dem Retinaculum. Die Furca dient normalerweise der Flucht: Wird sie gegen die Unterlage geschlagen, so schnellt sich das Tier fort.

Der Kopf trägt viergliedrige Antennen mit besonders langem Endglied und besitzt vereinfachte Komplexaugen, die jederseits aus nur acht Ommatidien aufgebaut sind (PAULUS [5]). Die Tiere werden ca. 0,65 (Männchen) bzw. 0,8—1 mm (Weibchen) groß. Sie sind gelblichweiß gefärbt mit verschieden stark ausgebildeter Pigmentierung: jederseits am Abdomen ein schwach-braunes Längsband, braune Basen der drei großen Bothriotrichen an den Abdomenseiten und braunviolette vierte Antennenglieder. Die Kutikula ist dünn und transparent. Die weißen Exkretlager (nach SCHENDLER [8] aus Ammoniummonourat) sind im Fettkörper erkennbar, und man sieht auch, wie sich der Darm im hinteren Teil des Abdomens bewegt.

*Heterosminthurus bilineatus* kommt wahrscheinlich in ganz Europa vor, wird aber leicht mit der gleich gefärbten Art *H. claviger* (Gisin) verwechselt. Unsere Art lebt in der Vegetation feuchter Wiesen und ist

besonders bei sonnigem Wetter aktiv. Man fängt sie daher mit einem dichten Streifnetz. Die Tiere fressen Pollen, Hyphen, Algen und tote pflanzliche und tierische Substanzen.

In einer Vegetationsperiode (Mai bis Oktober) leben wahrscheinlich mindestens zwei Generationen. Die Tiere überleben die ersten Nachtfröste im Herbst nicht. Nur die Eier, die immer auf dem Boden abgelegt werden, überwintern.

### Das Verhalten

**Erster Kontakt.** Die Männchen laufen meist schnell umher und treffen zufällig auf die vorwiegend ruhig sitzenden Weibchen. Zuerst betastet das Männchen das Weibchen lebhaft mit den Antennen. Es versucht, von hinten unter das Weibchen zu gelangen und so die Balz zu beginnen.

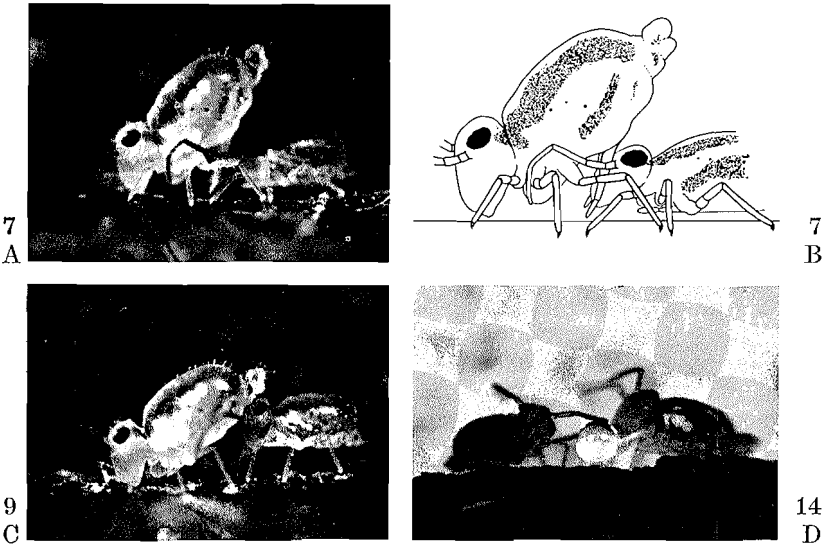


Abb. 1. Phasen des Paarungsverhaltens (aus BRETFFELD [1]), die im Film gezeigt werden. Zahlen = Nummern der Einstellungen (s. Filmbeschreibung), die den Teilabbildungen entsprechen (vgl. Allgemeine Vorbemerkungen)

**Abwehr.** Ist das Weibchen nicht in der richtigen Stimmung, so kann es sich auf verschiedene Weise gegen das heftig tastende Männchen wehren: a) es läuft schnell weg, wobei das verfolgende Männchen bei einer schnellen Wendung des Weibchens leicht den Kontakt verliert,

da die Tiere sich sehr wahrscheinlich nur mit den Antennen orientieren; b) es schlägt mit dem dritten Beinpaar gegen die Antennen des Männchens und hebt das Abdomen nicht an; c) es hebt das Abdomen sehr hoch und schnellt das Männchen mit einem Schlag der Furca fort, wobei es sich durch Ausstülpfen der Ventraltubusschläuche an der Unterlage festhält.

Balz. Ist das Weibchen paarungswillig, so bleibt es einfach still stehen und hebt das Abdomen schräg empor, so daß das Männchen von hinten darunterschlüpfen kann. Das Männchen steckt den Kopf zwischen die Denten des Weibchens und hakt sich mit den vierten Antennengliedern zwischen den Beinbasen des Weibchens ein (Abb. 1 A und B). In der ersten Phase der Balz stößt das Männchen in der eben beschriebenen Stellung durch Strecken des zweiten und dritten Beinpaars heftig das Abdomen des Weibchens aufwärts, schiebt das Weibchen dabei vorwärts und schwenkt es mehrmals mit schnellen Wendungen um 180°. In der zweiten Phase lockert das Männchen den Antennengriff, bis seine Antennen weit abgespreizt sind. Das Männchen rutscht gleichzeitig weiter nach hinten und zuckt mit den Antennen, indem es sie schnell schräg nach hinten schlägt. Das Weibchen wird davon nicht getroffen. Schließlich bohrt das Männchen mit kleinen Kopfbewegungen seine großen Stirnborsten in die Geschlechtsöffnung des Weibchens. In der gleichen Stellung stemmt es sich durch Strecken aller Beine gegen die Geschlechtsöffnung des Weibchens empor (Abb. 1 C) und zittert außerdem sehr heftig mit dem ganzen Körper. Ab und zu rutscht das Männchen wieder nach vorn und berührt mit den Stirnborsten das Manubrium des Weibchens. Dabei zittert das Männchen nicht, sondern das Paar steht ruhig, nur die Antennen des Männchens zucken. Nach solchen Ruhepausen rutscht das Männchen wieder nach hinten an die Geschlechtsöffnung des Weibchens. Wird das Paar gestört, so fällt das Männchen zurück in die erste Phase: Es klammert sich wieder mit den Antennen fest, stößt das Weibchen empor und schwenkt es herum. Immer verhält sich das Weibchen passiv. Im typischen Fall zittert schließlich das Männchen lange mit den Stirnborsten an der weiblichen Geschlechtsöffnung. Das ist das Zeichen, daß es die Spermatophore absetzen wird.

Absetzen der Spermatophore und Übertragung des Spermas. Nach dem heftigen Zittern läuft das Männchen am Weibchen entlang bis zu seinem Kopf, bleibt dabei mit seinem Kopf dem Weibchen zugewandt und betastet es mit den Antennen. Vor dem Weibchen wendet sich das Männchen um 180°, geht ca. eine Körperlänge vor und setzt eine Spermatophore ab, indem es aus der Geschlechtsöffnung auf die Unterlage ein Sekret austreten läßt, das es durch Heben des Abdomens zu einem Stiel auszieht und mit einem großen Spermatopfen krönt.

(Die Tropfen im Film haben einen Durchmesser von ca.  $230\ \mu\text{m}$  und stehen auf einem ca.  $50\ \mu\text{m}$  hohen Stiel. Vermutlich besteht der Tropfen aus einem relativ kleinen Spermienanteil und einer großen Menge spermatozoenfreien Sekrets.) Sobald der Tropfen ausgetreten ist, wird das Weibchen aktiv: Es geht vorwärts, betastet dabei mit dem Mund den Boden und sucht die Spermatophore, legt den Mund oben an den Tropfen und trinkt davon. Dabei löst sich das Männchen vom Tropfen, dreht sich um  $180^\circ$  zurück und legt die Antenne, die beim Umdrehen zuerst an den Tropfen gelangt, mit dem distalen Ende des dritten Gliedes darauf (Abb. 1D). Wenig später winkelt es diese Antenne an und nähert seinen Kopf dem Tropfen, aber ohne ihn damit zu berühren. Die Antenne wird so geknickt, daß die Glieder 1 und 2 nach oben stehen, Glied 3 zum Tropfen reicht und Glied 4 nach hinten über die Stirn des Männchens zurückweist. Die freie Antenne wird weit zurückgelegt und fast ganz gestreckt. Nach kurzer Zeit geht das Männchen rückwärts und zieht an der Antenne, die im Spermatropfen festhängt. Noch zu diesem Zeitpunkt kann das Weibchen die Paarung unterbrechen, indem es die Spermatophore ganz auffrißt. Das Männchen reißt sich jedoch los, läuft noch eine kurze Strecke rückwärts, kehrt manchmal mit heftig tastenden Antennen für einen Augenblick zum Weibchen zurück, putzt sich schließlich und läuft fort. Die Gründe, warum ein Weibchen eine Balz bis zum Absetzen der Spermatophore mitmacht und diese dann auffrißt, sind noch nicht bekannt.

Im typischen Fall folgt auf das Zurückweichen des Männchens die Übertragung des Spermias in die weibliche Geschlechtsöffnung. Dazu folgt das Weibchen einfach dem am Tropfen ziehenden Männchen, wobei es den Mund im Tropfen läßt, weiter davon trinkt und vorwärtsgeht. Der Tropfen reißt dabei entzwei: Ein Teil bleibt zwischen Mund des Weibchens und Antenne des Männchens hängen, ein Rest bleibt am Stiel. Das Weibchen frißt nun weiter vom fortgerissenen Teil und geht über den Rest der Spermatophore hinweg, so daß seine Geschlechtsöffnung damit in Berührung kommt. Der fortgerissene Teil wird vollständig aufgefressen; oft frißt das Weibchen auch noch die an der Antenne des Männchens haftenden Reste. Der am Stiel zurückgebliebene Rest der Spermatophore wird teilweise in die Geschlechtsöffnung aufgenommen. (Im Film ist der Spermarest bei der Übertragung ca.  $120\ \mu\text{m}$  lang. Die Breite beträgt vor Erreichen der Geschlechtsöffnung des Weibchens ca.  $80\ \mu\text{m}$ , an der Geschlechtsöffnung ca.  $90\ \mu\text{m}$  und nach dem Ende der Aufnahme in die Geschlechtsöffnung ca.  $40\ \mu\text{m}$ ).

Das Weibchen löst sich schließlich mit kleinen Körperlängsdrehungen von der Spermatophore, zieht die Geschlechtsöffnung etwa eine halbe Körperlänge wie reinigend über die Unterlage, dreht sich um  $180^\circ$ , betastet mit Mund und Antennenspitzen den Boden, findet die Spermatophorenreste und frißt alles auf. Bei diesen letzten Handlungen ist zu be-

merken, daß das Sperma nicht mehr flüssig, sondern deutlich erstarrt ist. Abschließend sucht das Weibchen noch mit Mund und Antennenspitzen die Umgebung ab, putzt sich und läuft fort. Das Männchen verhält sich wie oben schon beschrieben. Damit sind Paarung und Spermaübertragung beendet.

Das Paar, von dem im Film die Spermaübertragung gezeigt wird, befindet sich als Beleg in der Sammlung des Autors.

### **Filmbeschreibung**

1. Mehrere Tiere von der Seite. Erster Kontakt. Das Weibchen läuft fort.
2. Paar von hinten. Ein Männchen hat sich an einem Weibchen eingehakt. Das Weibchen bleibt aber nicht stehen.
3. Paar von oben. Ein Männchen versucht, unter das Abdomen eines Weibchens zu schlüpfen, aber das Weibchen wehrt es ab durch Schlagen mit dem dritten Beinpaar.
4. Paar von hinten und von der Seite. Ein Männchen betastet ein Weibchen, das zuerst einfach weiterläuft, aber das Männchen später mit dem dritten Beinpaar abwehrt.
5. Paar von hinten und von der Seite. Ein Männchen betastet ein Weibchen von hinten, wird aber mit dem dritten Beinpaar und durch dreimaliges Ausschlagen der Furca abgewehrt, wobei sich das Weibchen mit dem Ventraltubus an der Unterlage festhält. Das Männchen wird nicht weggeschleudert.
6. Paar von oben. Erste und zweite Phase der Balz in kurzer Folge. Ein zweites Männchen stört das Paar von hinten, worauf das Paar in die erste Phase der Balz zurückfällt.
7. Paar von der Seite. Erste (Abb. 1 A und B) und zweite Phase der Balz mit Ruhepause, in der das Männchen nur mit den Antennen zuckt.
8. Paar von oben. Das Männchen, mit der Stirn unter dem „kleinen Abdomen“ des Weibchens, zuckt mit den Antennen.
9. Paar von der Seite. Das Männchen bohrt seine Stirnborsten in die Geschlechtsöffnung des Weibchens, schlägt mit den Antennen und stemmt sich durch Beinstrecken gegen das Weibchen (Abb. 1C).
10. Paar von oben. Das Männchen, mit der Stirn unter dem „kleinen Abdomen“ des Weibchens, zittert heftig mit dem ganzen Körper.
11. Paar von der Seite. Absetzen einer Spermatophore. Das Weibchen folgt aber dem Zug des Männchens am Spermatropfen nicht, sondern trinkt nur davon. Das Männchen kehrt kurz zum Weibchen zurück und läuft fort.

12. Weibchen von der Seite. Dasselbe Weibchen wie in Einstellung 11. Es trinkt vom Spermotropfen, der schon deutlich kleiner geworden ist. Das Männchen, zunächst nur als unscharfer Fleck im Hintergrund zu sehen, kommt kurz zum Weibchen und läuft wieder fort. Das Weibchen frißt die ganze Spermatothore auf und sucht den Boden ab. — Blende —
13. Paar von oben. Zweite Phase der Balz mit Antennenzucken in einer Ruhepause.
14. Paar von der Seite. Absetzen einer Spermatothore. Das Männchen legt eine Antenne an den Tropfen (Abb. 1 D) und faltet sie.
15. Paar von oben. Ein Männchen steht mit genauso wie in Einstellung 14 gefalteter Antenne an einer Spermatothore vor einem Weibchen.
16. Paar von der Seite. Dasselbe Paar wie in Einstellung 14. Übertragung des Sperma in die Geschlechtsöffnung des Weibchens. Das Weibchen frißt am Schluß die letzten Reste der Spermatothore und sucht die Umgebung ab.

### Literatur

- [1] BRETFELD, G.: Grundzüge des Paarungsverhaltens europäischer Bourlettiellini (Collembola, Sminthuridae) und daraus abgeleitete taxonomisch-nomenklatorische Folgerungen. Z. zool. Syst. Evolutionsforsch. **8** (1970), 259—273.
- [2] BRETFELD, G.: Das Paarungsverhalten europäischer Bourlettiellini (Sminthuridae). Rev. Ecol. Biol. Sol **8** (1971), 145—153.
- [3] GISIN, H.: Sur la faune européenne des Collemboles II. Rev. suisse Zool. **65** (1958), 773—778.
- [4] MAYER, H.: Zur Biologie und Ethologie einheimischer Collembolen. Zool. Jb. Syst. **85** (1957), 501—570.
- [5] PAULUS, H. F.: Zum Feinbau der Komplexaugen einiger Collembolen. Eine vergleichend-anatomische Untersuchung. (Insecta, Apterygota). Zool. Jb. Anat. **89** (1972), 1—116.
- [6] SCHALLER, F.: Die „Copula“ der Collembolen (Springschwänze). Naturwiss. **39** (1952), 48.
- [7] SCHALLER, F.: I. Überordnung und 1. Ordnung Collembola (Springschwänze). Handb. Zool., Berlin, 4 (2) 2/1 (1970), 1—72.
- [8] SCHINDLER, J.: Reservestoff- und Sekretspeicherung bei Bodentieren, unter besonderer Berücksichtigung der Harnsäure-Verbindungen. Osterr. Zool. Z. **2** (1950), 517—567.

---

### Angaben zum Film

Das Filmdokument wurde 1973 zur Auswertung in Forschung und Hochschulunterricht veröffentlicht. Stummfilm, 16 mm, schwarzweiß, 94 m, 9 min (Vorführgeschw. 24 B/s).



Die Aufnahmen entstanden im Jahre 1972. Veröffentlichung aus dem Zoologischen Institut der Universität Kiel, Lehrstuhl für Allgemeine Zoologie, Dr. G. **BRETFELD**, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dr. G. **LOTZ**; Aufnahme und Schnitt: H. **WITTMANN**.

### **Inhalt des Films**

Der Film zeigt den ersten Kontakt der Partner, verschiedenes **Abwehrverhalten** der Weibchen, darunter das Ausschlagen der Furca gegen das Männchen, außerdem die Balz und zweimal das Absetzen einer Spermatoaphore. Beim ersten Paar frißt **das** Weibchen die Spermatoaphore ganz auf, während beim zweiten Paar die **Übertragung** des Sperma in die **Geschlechtsöffnung** des Weibchens festgehalten ist.

### **Summary of the Film**

The film shows the **first** contact between male and female and different forms of defence behaviour of the female. One of these forms is thrusting the furcula at the male. It also shows mating, and twice the deposition of a spermatophore can be observed. The female of the **first** pair can be seen eating the whole spermatophore. The second pair demonstrates the transfer of sperm into the genital opening of the female.

### **Résumé du Film**

Le film montre la **première entrée** en contact du mâle avec une femelle et les diverses formes du comportement de défense. Ruer la furca contre le mâle en est une. Aussi l'accouplement et deux fois la **déposition** d'une spermatophore est-il **montré**. La femelle du premier couple mange toute la spermatophore. La **deuxième** couple montre comment le sperme est transmis dans l'orifice genitale de la femelle.