



Oberflächenstruktur der Tarsen von *Meconema meridionale* (A. Costa, 1860) und *M. thalassinum* (De Geer, 1773) (Ensifera, Meconematidae)

Günter Köhler¹ | Maximilian Schweiger^{1,2} | David Neubert³

¹Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Ökologie und Evolution, Dornburger Straße 159, 07743 Jena, Deutschland

²Prof.-Simmel-Str. 16, 07548 Gera, Deutschland

³Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Zoologie und Evolutionsforschung, Erbertstraße 1, 07743 Jena, Deutschland

Korrespondenz: Günter Köhler; E-Mail: Guenther.Koehler@uni-jena.de
eingereicht: 23.05.2022; akzeptiert: 14.06.2022

Abstract

Surface structure of the tarsi of *Meconema meridionale* A. Costa, 1860 and *M. thalassinum* (De Geer, 1773) (Orthoptera: Ensifera, Meconematidae). The rapid expansion of the Southern oak bush-cricket [*Meconema meridionale* A. Costa, 1860] is based evidently on deportation by cars, which requires a strong adhesive ability. The paper describes, in comparison with the Common oak bush-cricket [*Meconema thalassinum* (De Geer, 1773)], for adult males the ultrastructure of the tarsi of foreleg, midleg and hindleg by REM-photographs. The adhesive pads (euplantulae) of all four tarsomers are covered with a dense epicuticular brush structure (microchaetae), which differs insignificantly in density and length between legs, tarsomers and species. Respectively, with regard to *M. meridionale*, no stronger adhesion ability on smooth surfaces (like windows and mirrors of cars) can be deduced.

Keywords: attachment pads, epicuticula, euplantulae, tarsomers, ultrastructure

Zusammenfassung

Die sich ausbreitende Südliche Eichenschrecke [*Meconema meridionale* A. Costa, 1860] wird nachweislich mit Fahrzeugen verschleppt, an denen sie ein starkes Haftvermögen zeigt. Im Beitrag wird, vergleichend zur Gemeinen Eichenschrecke [*Meconema thalassinum* (De Geer, 1773)], bei adulten Männchen die Oberflächenstruktur der Haftkissen an allen drei Beinpaaren mittels REM-Aufnahmen dokumentiert und beschrieben. Diese Euplantulae aller vier Tarsomeren weisen eine

dichte epikutikulare Bürstenstruktur (Microchaetae) auf, die sich nach Beinpaar, Tarsenglied und Art geringfügig in Dichte und Länge unterscheidet. Daraus ergeben sich keine Anhaltspunkte für ein stärkeres Haftvermögen von *M. meridionale* auf glatten Unterlagen (wie Autoscheiben und -spiegeln).

Schlüsselwörter: Epicuticula, Euplantulae, Haftkissen, Tarsomeren, Ultrastruktur

Einleitung

Mit der raschen Ausbreitung der ursprünglich adriato-mediterran verbreiteten Südlichen Eichenschrecke (*Meconema meridionale* A. Costa, 1860) nach und in Mitteleuropa (Poniatowski et al. 2018) rückte auch deren schon lange bekanntes eigenartiges Dispersalvermögen in den Fokus. Mittlerweile gibt es zahlreiche Belege für einen passiven Transport durch Fahrzeuge über lange Strecken aufgrund von Beobachtungen von Tieren (♂ und ♀) auf PKWs, auch während der Fahrt (Winkel & Kuprian 2010, Kästner 2012/2013, Köhler et al. 2022). Damit stellt sich die Frage, wie sich die Tiere (meist Imagines) in dieser Lage bei hohen Geschwindigkeiten und starkem Fahrtwind über längere Zeit überhaupt halten können.

An den Füßen der Insekten haben sich im Laufe der Evolution zwei grundverschiedene Strukturen (und Mechanismen) zur Anheftung an unterschiedliche Unterlagen mehrfach und unabhängig voneinander herausgebildet: behaarte Oberflächen oder weiche, flexible Haftkissen, wie sie etwa Heuschrecken besitzen (Beutel & Gorb 2001, Gorb 2001). Von den mitteleuropäischen Heuschreckenarten ist diesbezüglich das Grüne Heupferd (*Tettigonia viridissima* Linnaeus, 1758) oft und detailliert untersucht worden, wobei neben Ultrastruktur und Mechanik der Tarsen auch Adhäsionskräfte der Haftkissen im Mittelpunkt standen (Gorb et al. 2000, Gorb & Scherge 2000, Jiao et al. 2000, Beutel & Gorb 2001).

Bei Eichenschrecken (Meconematidae) wurde die Ultrastruktur der Tarsen bislang noch nicht untersucht und beschrieben. Dazu wird im vorliegenden Beitrag – vergleichend für beide *Meconema*-Arten – die Oberflächenstruktur der Fußunterseiten anhand von REM-Aufnahmen dokumentiert und beschrieben, um morphologische Anhaltspunkte für ein besonders starkes Haftvermögen von *M. meridionale* auf glatten Oberflächen (Autolack, Spiegel) auszumachen.

Material und Methoden

Von beiden Arten wurden jeweils zwei Imagines (♂, ♀) im August 2016 in Jena/Thüringen eingetragen und bis zur REM-Untersuchung in 70%igem Ethylalkohol konserviert. Von diesen wurden aufgrund des besseren Erhaltungszustandes aber nur die Männchen untersucht. Deren abgetrennte Tarsen sind zunächst einer Entwässerungsreihe ausgesetzt worden: für jeweils 15 min in 80%, 90% und 96% Ethanol, für 3×20 min in 100% Ethanol und für 3×20 min in 100% Aceton. Anschließend wurden die Proben mittels Kritische-Punkt-Trocknung (Emitech K850 Critical Point Dryer & Sputter Coater, Sample preparation division, Quorum

Technologies Ltd., Ashford, England) getrocknet, danach auf einem Rotationsprobenhalter (nach Pohl 2010) besputtert (beschichtet). Die Rasteraufnahmen erfolgten mit dem ESEM XL30 (Philips, Amsterdam, Niederlande) und dem Aufnahmeprogramm Scandium FIVE (Olympus, Münster, Deutschland).

Von den Männchen beider *Meconema*-Arten sind die Tarsenglieder (Tarsomeren) von Vorder-, Mittel- und Hinterbein in ihrer Gesamtheit (bei 50-70×Vergrößerung) sowie in Ausschnitten (überwiegend bei 2000×, einige auch bei 1000×Vergr.) aufgenommen worden. Insgesamt lagen 12 (*M. meridionale*) bzw. 19 (*M. thalassinum*) Ausschnittaufnahmen vor (Abb. 1a, b – kleine Zahlen).

Die in Tab. 1 und im Text angegebenen Maße wurden von den REM-Aufnahmen der kompletten Füße (Tarsomerenlängen) bzw. der Ultrastrukturausschnitte (Chitinstrukturen) entnommen, entsprechend der jeweils eingefügten Maßstabsleisten (vgl. Abb. 2-6). Auf den möglichst groß ausgedruckten Aufnahmen wurden die Maße mit einem elektronischen Messschieber entnommen, anhand des Maßstabs in Millimeter bzw. Mikrometer umgerechnet und interpoliert. Die Terminologie der Mikrostrukturen folgt Dashman (1953, aus Beutel & Gorb 2001) und von Kéler (1963, Entomologisches Wörterbuch).

Ergebnisse

Bau und Maße

Innerhalb der Langfühlerschrecken besitzen die Laubheuschrecken (Tettigoniidea) 4-gliedrige Tarsen (Formel 4-4-4) und damit ein Differentialmerkmal gegenüber den Grillenartigen (Grylloidea) mit 3-gliedrigen Tarsen (Beier 1972). Bei *Meconema* (Meconematidae) sind die dorsoventral nur schwach gestauchten Fußglieder seitlich und oben mehr oder weniger gleichmäßig (100-160 µm lang) behaart (Abb. 1a, b). Aufgrund der Heteronomie der Heuschreckenbeine sind die Tarsen (Tarsomeren 1-4, ohne Prätarsus) der Vorder- und Mittelbeine (als Laufbeine) jeweils um etwa ein Drittel kürzer als jene der Hinterbeine (Sprungbeine) (Tab. 1).

Tabelle 1: Längenmaße (mm) der ventralen Tarsomeren (T1-T4) adulter Männchen von *Meconema meridionale* (*mer*) und *M. thalassinum* (*tha*), nach REM-Aufnahmen, 40×-70×Vergrößerung.

Table 1: Length (mm) of ventral tarsomers (T1-T4) of adult males of *Meconema meridionale* (*mer*) and *M. thalassinum* (*tha*), from REM-photographs, 40×-70×enlargement.

Art	Vorderbein					Mittelbein					Hinterbein				
	T 1	2	3	4	1-4	1	2	3	4	1-4	1	2	3	4	1-4
<i>mer</i>	0,16	0,36	0,27	0,31	1,10	0,18	0,45	0,29	0,34	1,26	–	–	–	–	–
<i>tha</i>	0,22	0,40	0,30	0,35	1,27	0,17	0,36	0,21	0,44	1,18	0,33	0,63	0,26	0,50	1,72

Die korrespondierenden Fußglieder aller drei Beinpaare sind ähnlich gebaut, wobei sich die vier Tarsomeren (ab Tibia → T1-T4) aber in Länge und Form teils beträchtlich unterscheiden (Abb. 1a, b). Jedes Tarsomer besitzt paarige elastische Haftkissen, die bei Druck etwas nach außen abgespreizt werden und einzeln oder in ihrem Zusammenwirken das Haftvermögen der Beine bewirken. Auf allen Tarsomeren weisen diese Euplantulae ± dichtstehende, bürstenartige Chitinstrukturen auf, während sich auf T1 und T4 (vermutlich aller drei Beinpaare) noch scharf abgetrennte Bereiche von glatter, hexagonaler Parkettstruktur finden (Abb. 2a, b). Die weiche, viskose Konsistenz der Haftkissen wird auch daran deutlich, dass sie bei genadelten Exemplaren eingetrocknet und dabei tief in das Fußglied eingestülpt sind, während sie bei ethanol-konservierten Exemplaren wie aufgeblasen erscheinen. Das erste Tarsomer (T1) ist das kürzeste und sitzt so dicht am zweiten, dass man bei oberflächlicher Betrachtung ein zusammengehöriges Fußglied vermutet. Das zweite (und längste) Tarsomer (T2) ist langgestreckt, ebenso das viel kürzere dritte Glied (T3). Das vierte Tarsomer (T4) weicht durch seine herzartig verbreiterte Form mit den großen Haftkissen auf den Seitenflügeln stark ab. Der lange und schmale Prätarsus endet jeweils in einem Krallenpaar mit glatten Innenflächen, besitzt aber keinen Haftlappen (Arolium) (Abb. 1a, b; Tab. 1).

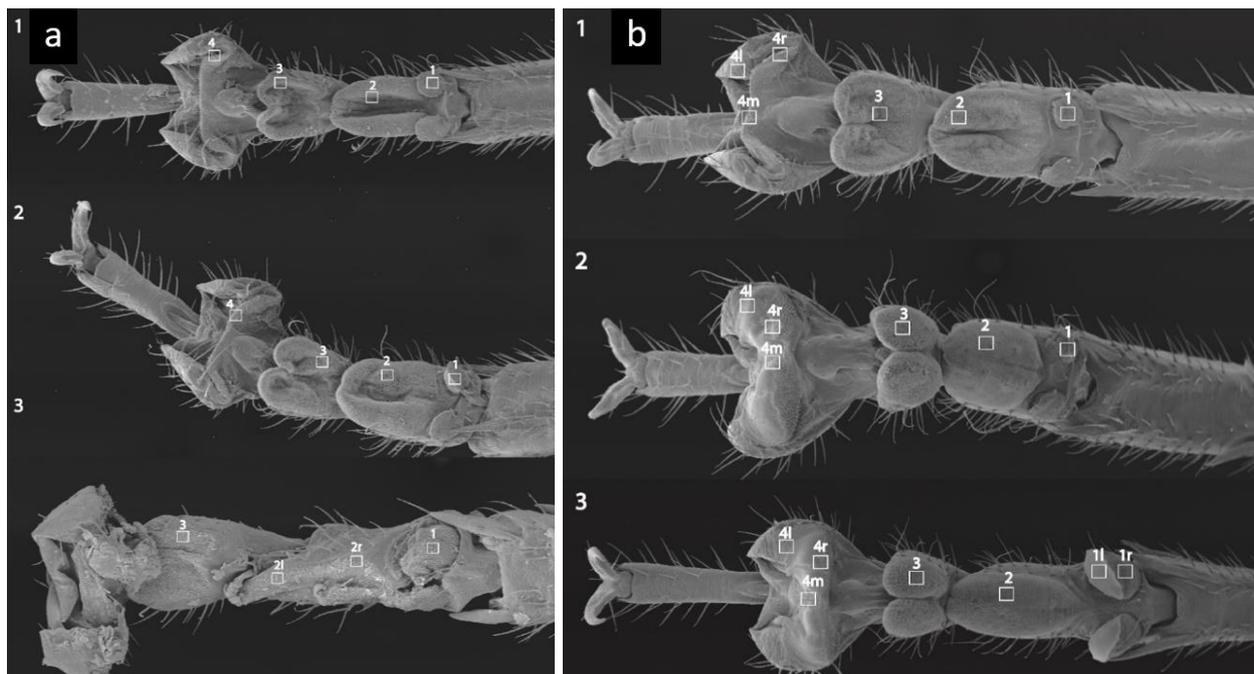


Abb. 1: Ventralansichten der Tarsen der drei Beinpaare (große Zahlen links: 1 – Vorder-, 2 – Mittel-, 3 – Hinterbein) adulter Männchen. a. *Meconema meridionale*, b. *M. thalassinum*. Die REM-Ausschnitte der Tarsomeren sind mit kleinen Zahlen 1-4 nummeriert, bei *M. thalassinum* teils noch links (1l, 4l), mittig (4m) und rechts (1r, 4r). Alle REM-Aufnahmen: D. Neubert.

Fig. 1: Ventral surfaces of the tarsi of the three leg pairs (large number left: 1 – foreleg, 2 – midleg, 3 - hindleg) of adult males. a. *Meconema meridionale*, b. *M. thalassinum*. The REM-quadrats of the tarsomeres are written in small numbers 1-4, in *M. thalassinum* partly still left (1l, 4l), middle (4m) and right (1r, 4r). All REM-photographs: D. Neubert.

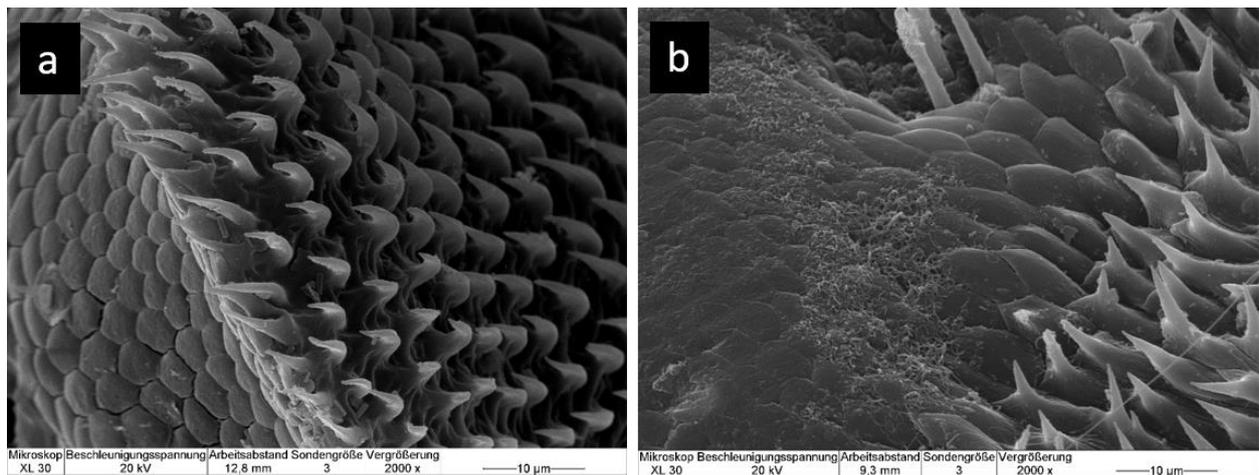


Abb. 2: Glatte hexagonale Partien der Euplantulae (a) auf T1 des Mittelbeins von *M. meridionale* und (b) auf T4r des Mittelbeins von *M. thalassinum*.

Fig. 2: Smooth hexagonal structures of the euplantulae (a) at T1 of the midleg of *M. meridionale*, and (b) at T4r of the midleg of *M. thalassinum*.

Oberflächenstrukturen

Die Beschreibung der Tarsomeren-Ausschnitte beider *Meconema*-Arten (Abb. 1a, b – kleine Zahlen) folgt den Beinpaaren (Vorder-, Mittel- und Hinterbein) und innerhalb dieser den Tarsomeren (T1-T4), um mögliche artspezifische Abweichungen, die auf ein verschieden starkes Haftvermögen hindeuten, vergleichend besser zu erkennen.

Vorderbeine

Bei beiden *Meconema*-Arten weisen die Haftkissen eine durchweg dichtstehende, langspitzig büstenartige Struktur aus epikutikularen Chitinborsten (Microchaetae) auf. Diese sind auf T1 lang ausgezogen und allmählich zugespitzt (14-15 µm) (Abb. 3a, c), auf T2 und T3 sehr viel kürzer (6-8 µm), basal leicht verdickt und distal mit schwach gebogener Spitze (Abb. 3b, d – T2). Vom verbreiterten T4 von *M. meridionale* liegt nur eine Detailaufnahme aus dem seitlichen (rechten) Bereich vor (Abb. 4a), der mit seinen überlagernden stachelartigen Chitinstrukturen jenem von *M. thalassinum* entspricht (Abb. 4b). Der mittlere T4-Ausschnitt von *M. thalassinum* (Abb. 4c) zeigt ebenfalls kurze, kräftige Chinstacheln (Aculi), während der linke Ausschnitt sich überlagernde, lavaähnliche Strukturen aufweist (Abb. 4d).

Mittelbeine

Bei den Mittelbeinen sind bei beiden Arten die Haftkissen ebenfalls dicht mit unterschiedlich langen Chitinborsten besetzt. Bei T1 von *M. meridionale* ist noch ein angeschnittenes hexagonales Feld zu erkennen, das vom Bürstenfeld scharf abgegrenzt ist (vgl. Abb. 2a). Bei T2 ist bei beiden Arten außerdem ein Tastorgan abgebildet, bestehend aus drei kräftigen, aus knopfartigen Basen entspringenden

Chitinzähnen (Macrochaetae). Diese ragen etwas aus dem umgebenden, dichtstehenden Feld aus kurzen und leicht gebogenen Microchaetae (4-6 μm) heraus (Abb. 5a, c). Bei T3 ist das Borstenfeld von *M. meridionale* (5-6 μm) (Abb. 5b) weniger dichtstehend und etwas kurzborstiger als bei *M. thalassinum* (bis 15 μm) (Abb. 5d), während T4 bei beiden Arten ähnliche Strukturen wie auf den Vorderbeinen aufweist.

Hinterbeine

Auf T1 sind die Chitinborsten bei *M. meridionale* (15-17 μm) (Abb. 6a) dichter, deutlich länger und dünner als bei *M. thalassinum* (5-6 μm) (Abb. 6c). Das hexagonale Muster der Euplantulae ist bei *M. thalassinum* (*M. meridionale* liegt nicht vor) glatt und \pm regelmäßig ausgebildet (vgl. Abb. 2b). Auf T2 und T3 sind die Borsten bei *M. meridionale* deutlich länger (T3: 7-9 μm) und mitunter noch unregelmäßig gebogen, bei *M. thalassinum* merklich kürzer (T3: 4-5 μm) und gerade (Abb. 6b, d – jeweils T3). Von T4 liegen nur drei *M. thalassinum*-Aufnahmen vor (bei *M. meridionale* Schrumpfungartefakte), von denen der mittlere und rechte Ausschnitt kurze, kräftige Chitinzähne aufweist, während der linke Ausschnitt eng aneinander stehende gerundete Zäpfchen zeigt (vgl. Abb. 2c).

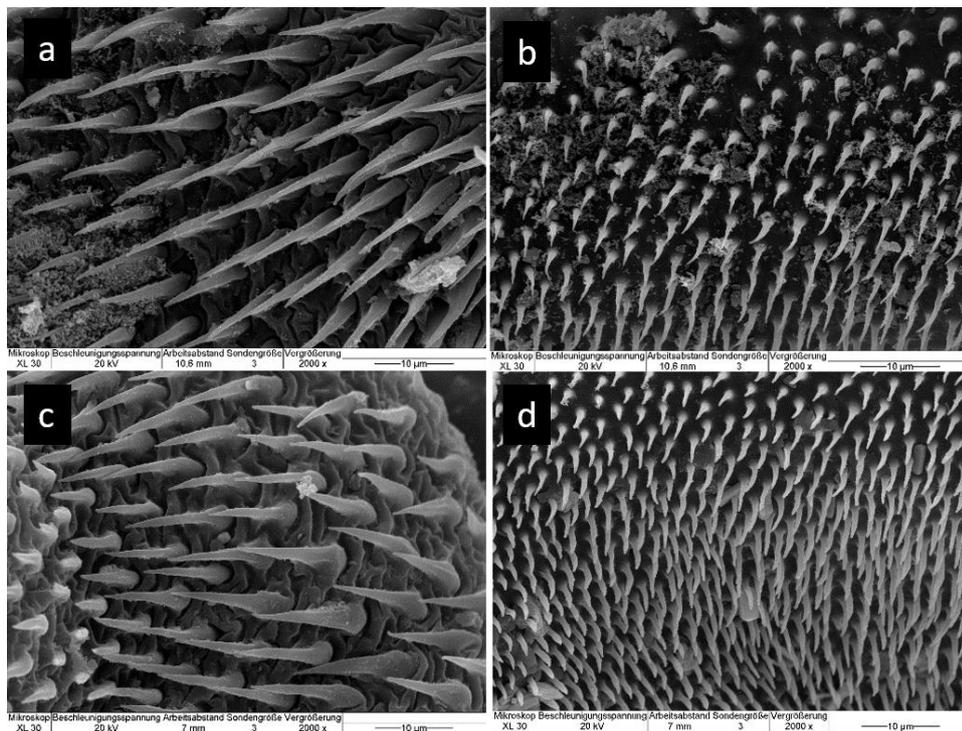


Abb. 3: Vorderbein. REM-Ausschnitte von T1 und T2, jeweils von *M. meridionale* (a, b) und *M. thalassinum* (c, d).

Fig. 3: Foreleg. REM-details of T1 and T2, each of *M. meridionale* (a, b) and *M. thalassinum* (c, d).

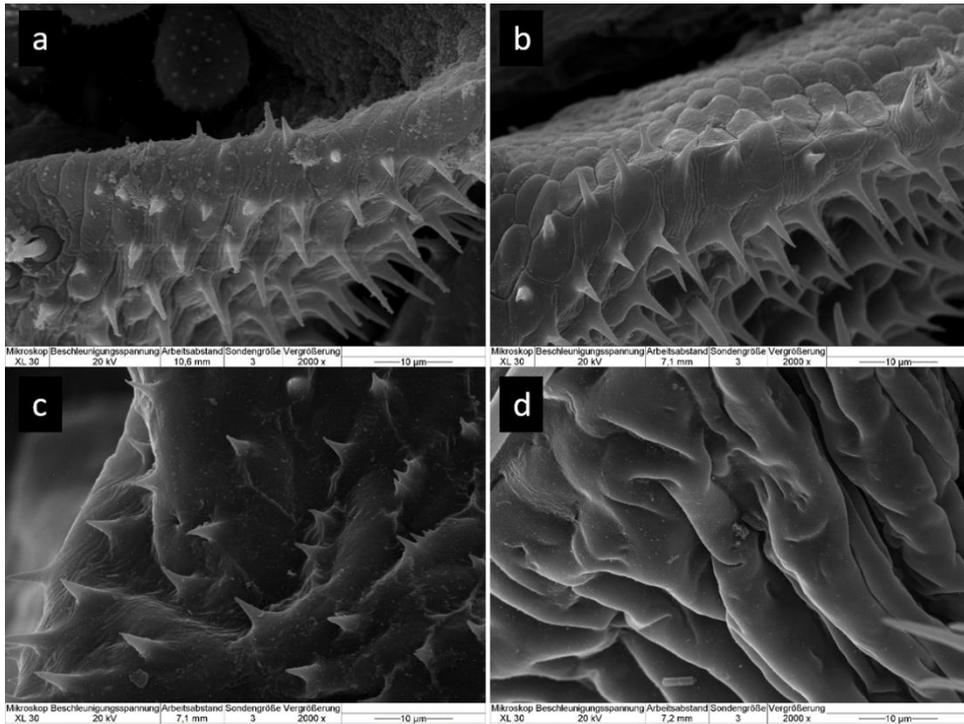


Abb. 4: Vorderbein. REM-Ausschnitte von T4 (vgl. Abb. 1a, b). (a) rechts (*M. meridionale*), (b) rechts, (c) mittig und (d) links (alle *M. thalassinum*).

Fig. 4: Foreleg. REM-details of T4 (compare Fig. 1a, b). (a) right (*M. meridionale*), (b) right, (c) middle, and (d) left (all *M. thalassinum*).

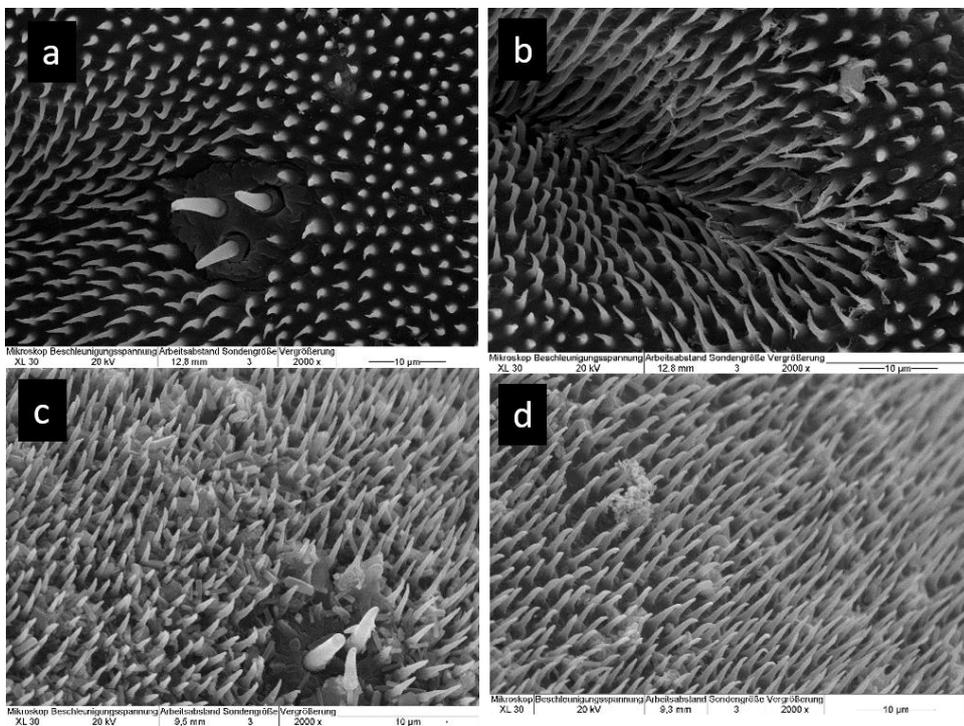


Abb. 5: Mittelbein. REM-Ausschnitte von T2 und T3, jeweils von *M. meridionale* (a, b) und *M. thalassinum* (c, d).

Fig. 5: Midleg. REM-details of T2 and T3, each of *M. meridionale* (a, b) and *M. thalassinum* (c, d).

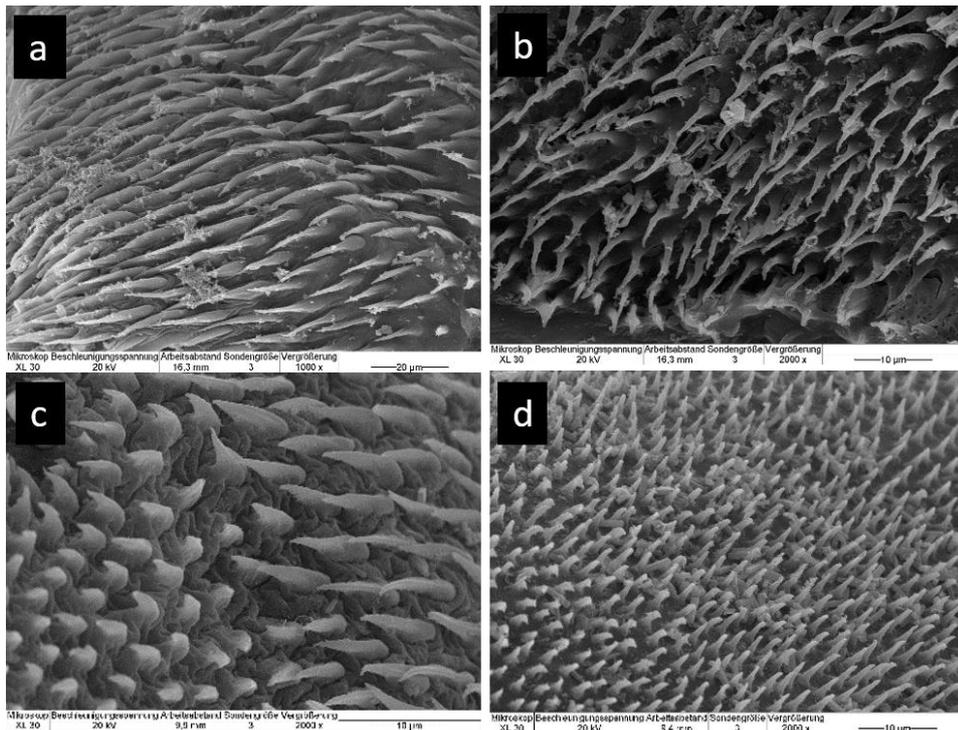


Abb. 6: Hinterbein. REM-Ausschnitte von T1 und T3, jeweils von *M. meridionale* (a, b) und *M. thalassinum* (c, d).

Fig. 6: Hindleg. REM-details of T1 and T3, each of *M. meridionale* (a, b) and *M. thalassinum* (c, d).

Haftbeobachtungen an Glas

Am 09.08.2018 wurde in Jena-Lobeda ein adultes Männchen von *M. meridionale* gefangen und tags darauf in einer geschlossenen Petrischale unter dem Stereomikroskop beobachtet (GK), wobei die Schale mit dem Tier zu dessen Mobilitäts-einschränkung zuvor in einen Külschrank gestellt wurde. Die nach unten hängende Eichenschrecke haftete nur mit dem vierten (herzförmigen) Tarsomer (T4) aller drei Beinpaare am Glasdeckel, die anderen Glieder sowie der Prätarsus waren leicht angehoben und ohne Kontakt zur Unterlage. Im Laufe der Beobachtung rutschten die Vorder- und Mittelbeine immer etwas weg. Beim auf dem Glasboden laufenden Tier wurden am Vorder- und Mittelbein die ersten drei Fußglieder (T1-T3) aufgesetzt, das vierte Glied (T4) war dagegen leicht, der Prätarsus (mit Krallen) stark angehoben, beide ebenfalls ohne Kontakt zur Unterlage. Das Hinterbein setzte mit dem vierten Tarsomer (T4) auf, wie im hängenden Zustand. Während der Bewegungen konnten jedoch unterschiedliche Aufsetzmodi auftreten, die bei dem teils hektischen Hin und Her nicht immer klar zu verfolgen waren.

Diskussion

Das starke Haftvermögen der Laubheuschrecken, selbst auf glatten (auch senkrechten und überhängenden) Unterlagen, war schon im 19. Jh. Gegenstand vor allem morphologischer Untersuchungen ihrer Tarsen (u. a. Dewitz 1884). Der im vorliegenden Beitrag thematisierten Problematik ging dann Tümpel (1901a, b) mit

einfachen Versuchen zum Haftvermögen nach, zu denen er (wohl aufgrund ihrer Größe) vor allem *Tettigonia viridissima* auswählte. Diese großen und schweren Tiere blieben selbst dann haften, wenn sie gegen eine senkrechte Glaswand ansprangen, und sie konnten behände an überhängenden Glaswänden mit dem Rücken nach unten laufen. Er schloss aus seinen Experimenten, dass es sich dabei um eine (reine) Adhäsionserscheinung handeln muss, bei der zuvor die Sohlenballen (Haftkissen) eingespeichelt werden, wie er es bei *T. viridissima*, *T. cantans*, *Metrioptera brachyptera* und auch bei *Meconema thalassinum* beobachtete. Zum Ablösen von der Unterlage wurden zunächst die drei ersten Fußglieder, zuletzt wurde das vierte Glied gelöst. Nach damaligem Kenntnisstand nahm dabei die Röhrenschicht der Sohlen wie ein Schwamm den Speichel auf, der dann beim Auftreten allmählich wieder ausgedrückt wurde, so dass die Feuchtigkeit nachließ und damit die Adhäsion an Kraft verlor (Tümpel 1901a, b). Diese innere fibröse Struktur der flexiblen Haftkissen ist später genauer untersucht worden, wonach sich unter der Epikutikula der Euplantulae dünne Fäden (\varnothing 0,08 μm) befinden, die als Verzweigungen von dickeren Fäden (\varnothing 1,2 μm) abgehen, welche tiefer in der Kutikula entspringen. Es konnte gezeigt werden, dass diese fibröse Struktur unter Belastung ihre Form verändert (Henning 1974, Gorb & Scherge 2000, Beutel & Gorb 2001, Goodwyn et al. 2006). Es ist davon auszugehen, dass bei *Meconema* aufgrund der äußerlichen Strukturähnlichkeit der Tarsen (und Haftkissen) mit jenen von *Tettigonia* die innere Struktur ebenso fibrös ausgebildet ist und in gleicher Weise beim Haften nachgibt.

Die Oberflächenstruktur der Haftkissen zeigt nur geringfügige Unterschiede zwischen beiden *Meconema*-Arten. Demzufolge sollten sie sich auch im Haftvermögen nicht prinzipiell unterscheiden, wobei rein morphologisch bestenfalls die Dichte und Länge der Chitinborsten auf den Haftkissen eine (nach Einspeicheln) etwas verschieden lange Feuchtespeicherung erwarten ließe. Tatsächlich fanden sich bei *M. meridionale* (im Vergleich zu *M. thalassinum*) dichterstehende und längere Borsten am zweiten und dritten Tarsomer der Hinterbeine, nicht aber an den Vorder- und Mittelbeinen, dagegen bei *M. thalassinum* längere am dritten Tarsomer der Mittelbeine. Inwieweit derart feine Unterschiede tatsächlich das Haftvermögen beeinflussen, ist nicht bekannt, wie auch ungeklärt ist, ob sich beide *Meconema*-Arten überhaupt in ihrem Haftvermögen unterscheiden. Da die Tarsen beider Arten und der jeweiligen Geschlechter lichtmikroskopisch keine Unterschiede aufweisen und letztere auch nur geringfügig morphometrisch differieren ($\text{♂} \leq \text{♀}$), dürften die hier für Männchen beschriebenen Befunde in gleicher Weise auch auf Weibchen zutreffen. Diese Ähnlichkeiten legen eher nahe, dass ökologische und ethologische Gründe entscheidend sind. So kommt *M. meridionale* wohl infolge der Vorliebe für trocken-warme Lebensräume (da ursprünglich adriato-mediterran verbreitet) vorzugsweise in menschlichen Siedlungsräumen vor, und dort nur gelegentlich syntop (dann auch auf denselben Gehölzen) mit *M. thalassinum* (für Thüringen: Köhler et al. 2022). Auch Verhaltensunterschiede zwischen den Arten sind denkbar, wonach *M. meridionale* von glänzenden und stark spiegelnden Oberflächen stärker angezogen werden könnte als *M. thalassinum*, und demzufolge auch öfter auf Fahrzeugen landet. Andererseits kommen beide Arten aber auch ans

Licht. Und einmal auf dem Fahrzeug, ist bei *M. meridionale* mit ihren stark verkürzten Flügeln die Windangriffsfläche geringer als bei *M. thalassinum*. Für weiterführende Aussagen bedarf es detaillierter funktionsmorphologischer Untersuchungen und Experimente.

Danksagung

Ein besonderer Dank geht an PD Dr. Hans Pohl und Prof. Dr. Rolf Beutel (Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Zoologie und Evolutionsforschung), die den Zugang zum REM ermöglichten. Für Hinweise zum Manuskript sei Prof. Dr. Peter Detzel (Stuttgart) und PD Dr. Jens Schirmel (Landau) herzlich gedankt.

Literatur

- Beier M (1972) Saltatoria (Grillen und Heuschrecken). Handbuch der Zoologie, Berlin 4 (2) 2/9, 1-217.
- Beutel RG, Gorb S (2001) Ultrastructure of attachment specializations of hexapods (Arthropoda): evolutionary patterns inferred from a revised ordinal phylogeny. *Journal of Zoology, Systematics and Evolutionary Research* 39: 177-207.
- Dashman T (1953) Terminology of the pretarsus. *Annals of the Entomological Society of America* 46: 56-62.
- Dewitz H (1884) Ueber die Fortbewegung der Thiere an senkrechten, glatten Flächen vermittelt eines Secretes. *Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie* 33: 440-481, Tafel VII, VIII u. IX.
- Goodwyn PP, Peressadko A, Schwarz H, Kastner V, Gorb S (2006) Material structure, stiffness, and adhesion: why attachment pads of the grasshopper (*Tettigonia viridissima*) adhere more strongly than those of the locust (*Locusta migratoria*) (Insecta: Orthoptera). *Journal of Comparative Physiology A* 192: 1233-1243.
- Gorb S (2001) Attachment Devices of Insect Cuticle. Springer Verlag, 320 pp. [Nachauflage 2022 bei Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Netherlands, 305 pp.]
- Gorb S, Jiao Y, Scherge M (2000) Ultrastructural architecture and mechanical properties of attachment pads in *Tettigonia viridissima* (Orthoptera Tettigoniidae). *Journal of Comparative Physiology A* 267: 1239-1244.
- Gorb S, Scherge M (2000) Biological microtribology: anisotropy in frictional forces of orthopteran attachment pads reflects the ultrastructure of a highly deformable material. *Proceedings of the Royal Society of London B* 186: 821-831.
- Henning B (1974) Morphologie und Histologie der Tarsen von *Tettigonia viridissima* L. (Orthoptera, Ensifera). *Zeitschrift für Morphologie der Tiere* 79: 323-342.
- Jiao Y, Gorb S, Scherge M (2000) Adhesion measured on the attachment pads of *Tettigonia viridissima* (Orthoptera, Insecta). *Journal of Experimental Biology* 203: 1887-1895.
- Kästner T (2012/2013) Die Südliche Eichenschrecke (*Meconema meridionale* (Costa 1860)) per Anhalter durch Sachsen (Orthoptera: Meconematidae). *Sächsische Entomologische Zeitschrift* 7: 60-64.

- Köhler G, Worschech K, Krech M, Korsch H (2022): Die Südliche Eichenschrecke (*Meconema meridionale* A. Costa, 1860) in Thüringen (Orthoptera: Meconematidae). Mitteilungen des Thüringer Entomologenverbandes 29 (1): 9-30.
- Pohl H (2010) A Scanning Electron Microscopy Specimen Holder for Viewing Different Angles of a Single Specimen. Microscopy Research and Technique 73: 1073-1076.
- Poniatowski D, Münsch T, Helbing F, Fartmann T (2018) Arealveränderungen mitteleuropäischer Heuschrecken als Folge des Klimawandels. Natur und Landschaft 93 (12): 553-561.
- Tümpel R (1901a) Über die Lebensweise einiger Heuschrecken-Arten. Allgemeine Zeitschrift für Entomologie 6: 3-7.
- Tümpel R (1901b) Über die Wirkungsweise der Füße der Laubheuschrecken. Allgemeine Zeitschrift für Entomologie 6: 337-339, 360-362.
- von Kéler S (1963) Entomologisches Wörterbuch mit besonderer Berücksichtigung der morphologischen Terminologie. 3. durchges. u. erw. Aufl. Akademie-Verlag Berlin, 774 S., Tafel I-XXXIII [S. 112-137]
- Winkel S, Kuprian M (2010) „Per Anhalter durch Hessen“. – Die Südliche Eichenschrecke nutzt den Straßenverkehr zur Arealerweiterung. Insecta 12: 85-87.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Articulata - Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Orthopterologie e.V. DGfO](#)

Jahr/Year: 2022

Band/Volume: [37_2022](#)

Autor(en)/Author(s): Köhler Günter, Schweiger Maximilian, Neubert David

Artikel/Article: [Oberflächenstruktur der Tarsen von *Meconema meridionale* \(A. Costa, 1860\) und *M. thalassinum* \(De Geer, 1773\) \(Ensifera, Meconematidae\) 123-134](#)