

| | |
|---------------------|--|
| Zeitschrift: | Mitteilungen der Entomologischen Gesellschaft Basel |
| Herausgeber: | Entomologische Gesellschaft Basel |
| Band: | 38 (1988) |
| Heft: | 4 |
| Artikel: | Geräuschproduktion bei Lycaeniden-Puppen (Lepidoptera) : Entdeckung - Untersuchungsmethoden - Erklärungsmodelle - Geräuschorgane bei Puppen einheimischer Lycaeniden-Arten Literaturhinweis |
| Autor: | Elferich, N.W. |
| DOI: | https://doi.org/10.5169/seals-1042869 |

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Geräuschproduktion bei Lycaeniden-Puppen (Lepidoptera)

Entdeckung – Untersuchungsmethoden – Erklärungsmodelle – Geräuschorgane bei Puppen einheimischer Lycaeniden-Arten Literaturhinweis

N. W. ELFFERICH

Mathenesserdijk 95b, NL-3027 BE Rotterdam, Holland

Übersetzung : D. Jutzeler

Vorwort des Übersetzers

Das meiste, was in neuerer Zeit zum Thema „Geräuschorgane bei Lycaeniden-Puppen“ geforscht wurde, ist in englischer oder holländischer Sprache publiziert. Jedenfalls sind Beiträge, die sich mit der Erzeugung von Puppengeräuschen beschäftigen, kaum in die neuere deutsche Schmetterlingsliteratur eingedrungen. Anlass zu dieser Publikation ist einerseits meine Zucht der Bläulingsart *Laeosopis roboris*, die sich ebenfalls als eine geräuschproduzierende Art entpuppte. Andererseits hat mir N. W. ELFFERICH freundlicherweise Literatur zugeschickt. Zufälligerweise war der nachfolgende Beitrag darunter, den er im Mai 1988 in holländischer Sprache publiziert hat und worin das Wichtigste zum Thema zusammengefasst ist. Die Übersetzung ist eine originalgetreue Wiedergabe des erwähnten Beitrages. Er ist unter dem Titel „Geluidsproductie van Lycaenidae-poppen“ in *Vlinders* 2 : 8-14 (1988), Schmetterlingsstiftung Wageningen NL, erschienen. Eine einzige Passage wurde durch den Übersetzer etwas detaillierter ausgeführt als in der Originalversion. Alle für diesen Beitrag verwendeten rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen sowie die Vorlagen der Oszillogrammzeichnungen wurden in Amerika angefertigt vom Allyn Museum of Entomology, 3701 Bay shore Road, Sarasota, Florida. 33580, U.S.A.

1774 entdeckte KLEEMANN bei der Puppe eines Brombeerzipfelfalters (*Callophrys rubi*) ein schwaches, knarrendes Geräusch. Erst 100 Jahre später wurde dieses Geräusch von neuem gehört, diesmal von SCHILD (1877). Wie es produziert wird, wurde jedoch erst von PRELL (1913) entdeckt. Er fand bei Puppen des Eichenzipfelfalters (*Quercusia quercus*) in der Spalte zwischen dem 5. und 6. Hinterleibssegment das Zirpinstrument.

Bei vielen Lycaeniden-Puppen ist diese Spalte mindestens auf der Rückenseite deutlich verbreitert. Eine genaue Beschreibung dazu gibt DOWNEY (1966). Er

fertigte Präparate aus dieser Region der Puppenhülle an und untersuchte die mikroskopischen Strukturen der Geräuschorgane verschiedener Lycaeniden-Arten. Die zwischensegmentale Falte ist auf der Seite des 6. Hinterleibsegmentes mit zahlreichen Zähnchen besetzt (Abb. 1, 2). Auf der Seite des 5. Segmentes ist die Oberfläche nur aufgerauht und besteht je nach Art aus einer Kamm-, Röhrchen- oder einer körnigen Struktur wie Leder. Die Geräusche stehen in Verbindung mit sehr schnellen, kaum sichtbaren Bewegungen des Hinterleibs. Dabei wird die höckerige Oberfläche der zwischensegmentalen Falte auf der mehr glatten gerieben. Erstere wird daher auch als Reibplatte bezeichnet, letztere als Gleitplatte. – *Der Übersetzer*

Bei den bis jetzt untersuchten Zipfelfaltern (Theclinae) sind die Geräusche ziemlich laut und für das menschliche Ohr gut hörbar. Vor allem wenn man einen Klangboden benutzt, z.B. eine Plastikdose, kann man das Geräusch deutlich hören. Eine andere Methode, die ich selber oft anwandte, bestand

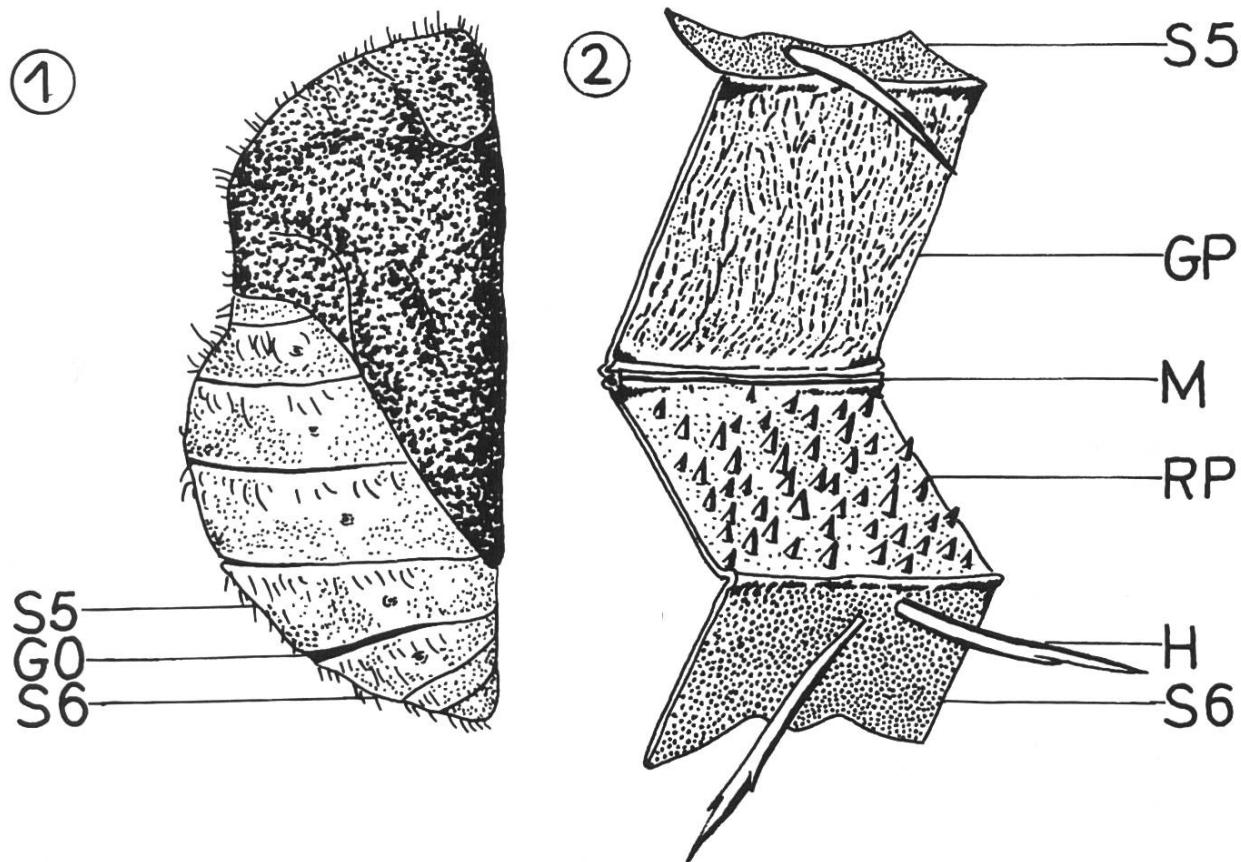


Abb. 1. Seitenansicht einer Lycaeniden-Puppe der Gattung *Callophrys*. Das Geräuschorgan (GO) liegt in der Spalte zwischen Segment 5 (S5) und Segment 6 (S6). Bei dieser auffälligen Spalte ist etwas Bewegung des Hinterleibs der Puppe möglich. In dieser Region werden die Geräusche produziert. Zeichnung nach DOWNEY (1966).

Abb. 2. Plattenförmiger Querschnitt durch die Spalte zwischen Segment 5 und 6. Die beiden Segmentplatten wurden auseinandergezogen, so dass die Reibplatte (RP), welche auch Feile genannt wird, keinen Kontakt mehr hat mit der Gleitplatte (GP). Zwischen den beiden rauen Oberflächen liegt die Membranfalte (M). Die Haare (H) sind auf die nach aussen gerichteten Segmentteile beschränkt. Zeichnung nach DOWNEY (1967).

darin, die Puppe in einem kleinem Plastikröhren ins Ohr zu bringen. Die Ausgänge des Röhrchens wurden mit einem locker sitzenden Wattepropfen abgeschlossen. Auf diese Weise konnte ich 1963 feststellen, dass neben dem Brombeerzipfelfalter (*Callophrys rubi*) auch die Puppen des Kleinen Feuerfalters (*Lycaena phlaeas*) und des Braunen Feuerfalters (*Heodes tityrus*) deutlich hörbare Geräusche von sich geben.

1962 entdeckte DOWNEY das Geräusch der Puppen eines amerikanischen Feuerfalters (*Lycaena hyllus*). Durch regelmässigen Kontakt wurde darauf auf beiden Seiten des Ozeans an dem Phänomen gearbeitet. DOWNEY arbeitete eine Methode aus, um das Vorhandensein von Geräuschorganen bei leeren Puppenhüllen festzustellen. Er untersuchte eine Anzahl Puppen europäischer Arten, die MALICKY aus Österreich und ich ihm zustellten. Da wir beide Untersuchungen über myrmekophile Eigenschaften von Lycaeniden durchführten, verfügten wir über eine grosse Anzahl leerer Puppenhüllen von mancherlei Arten. DOWNEY untersuchte sie und berichtete darüber in zwei Publikationen (1966, 1967). Auf einen Schlag wussten wir, dass die meisten Lycaeniden-Puppen Geräuschorgane haben.

Geräuschaufzeichnungen

Indessen machte ich Aufzeichnungen, um die Geräusche festzuhalten. 1965 gelangen mir die ersten brauchbaren Geräuschaufnahmen. Sie betrafen die Art *Strymonidia spini* (Kreuzdornzipfelfalter), wovon mir MALICKY einige Eier zugesandt hatte. Dies war eine laut tönende Art. Es bedurfte noch einiger Experimente, um eine Methode zu finden, um auch Arten auf Tonband zu bekommen, die für das menschliche Ohr unhörbar waren. Das beste Resultat erzielte ich durch ein Kontaktmikrophon.

Unterdessen war in Amerika eine Zusammenarbeit zwischen DOWNEY und ALLYN entstanden. Letztgenannter leitete in Sarasota das „Allyn Museum of Entomology“ und begann zusammen mit DOWNEY die Geräuschproduktion von Lycaeniden-Puppen zu untersuchen. Das Museum verfügte über ein Rasterelektronenmikroskop. Damit erfolgte die Untersuchung über die Feinstrukturen bei Schmetterlingen (DOWNEY & ALLYN, 1973), wobei den Zirorganen (auch Stridulationsorgane genannt) der Puppen besondere Aufmerksamkeit zukam. Daneben wurde ein Tonstudio eingerichtet. Dazu gehörte ein Oszilloskop, womit die schwachen Geräusche, die nur zum Teil ohne Verstärkung hörbar sind, festgehalten werden konnten. So gelang es, neben den primären und sekundären Signalen auch die tertiären Signale festzustellen, die mir völlig entgangen waren.

Dies alles führte zu einer Publikation (DOWNEY & ALLYN, 1978), die eine Analyse einer Anzahl von Geräuschbildern von 7 amerikanischen Arten

enthält. Weil bei den Geräuschaufnahmen von mir die tertiären Signale nicht zu analysieren waren, bat mich ALLYN um Zusendung von Lebendmaterial aus Europa. Die ersten Exemplare, die ich hinüberschickte, waren Puppen von *Polyommatus icarus* (Hauhechelbläuling). Obschon per Luftpost verschickt, war bei der Ankunft bereits ein Falter geschlüpft. Die hohen Temperaturen in Florida waren schuld daran. Aber von den anderen 2 Puppen konnte das Geräusch gerade noch vor dem Ausschlüpfen analysiert werden.

Dank der Mitarbeit von BINK & THOMAS war ich in der Lage, leere Puppenhüllen von insgesamt 46 hauptsächlich europäischen Arten nach Amerika ans Allyn-Museum zu senden, wo elektronenmikroskopische Aufnahmen der Geräuschorgane angefertigt wurden (Abb. 3). Darunter waren 34 Arten, bei denen ich selber Geräusche feststellen konnte. Leider erkrankte ALLYN und starb im März 1985. Die Untersuchungen wurden von DOWNEY & MILLER fortgesetzt.

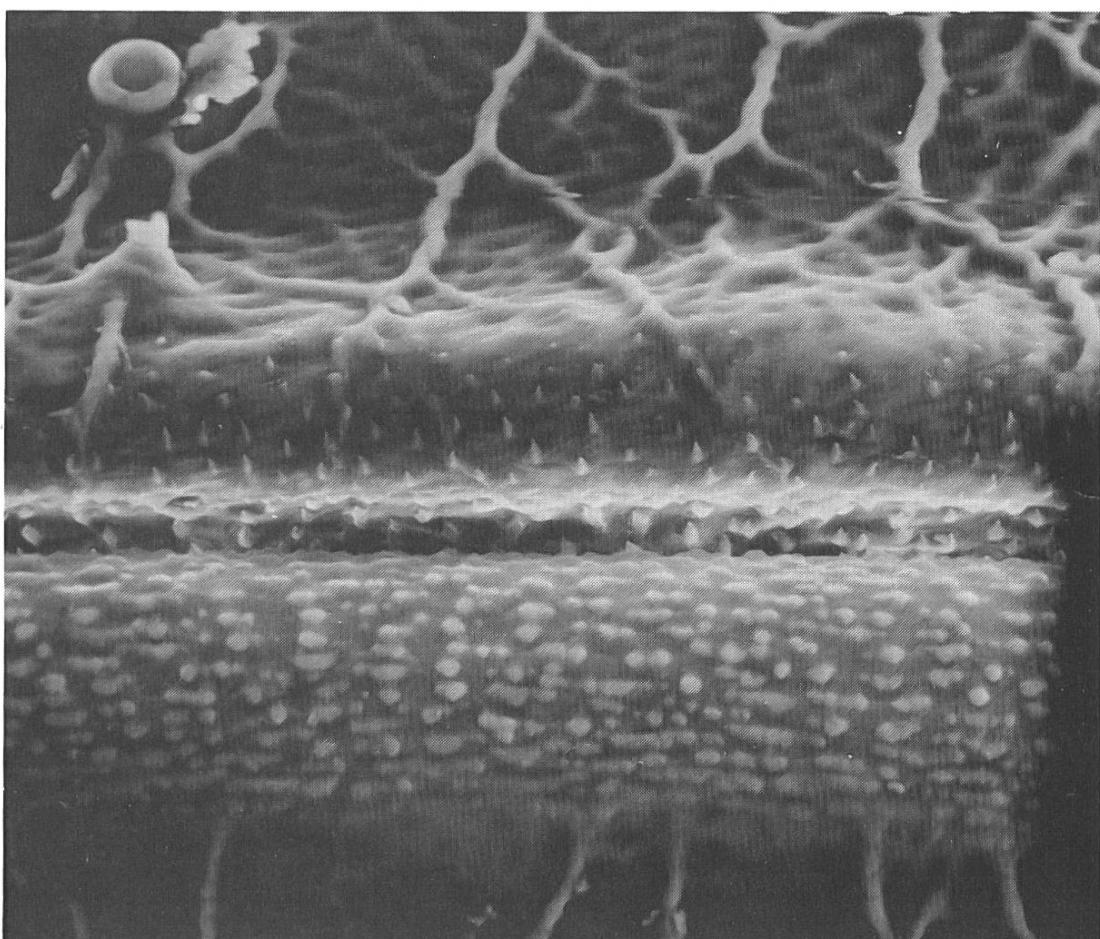


Abb. 3. *Polyommatus icarus* (Hauhechelbläuling) — Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme im Bereich der Spalte zwischen den Segmenten 5 und 6, wo das Geräuschorgan lokalisiert ist. Vergrösserung 300fach. Aufnahme : Allyn Museum.

Bedeutung der Puppengeräusche

Über die Bedeutung der hervorgebrachten Töne können wir blos Vermutungen anstellen. Die meisten Arten stridulieren (lat. stridor = unreiner Ton wie Knarren, Brausen, Grunzen usw.), wenn sie gestört werden, so besonders die Zipfelfalter (Theclinae) und die Feuerfalter (Lycaeninae). Es liegt nahe, den Geräuschen eine verteidigende Funktion zuzuschreiben. Wie oder was mit diesen leisen Tönen abgeschreckt werden sollte, ist schwer vorstellbar. Man könnte sich höchstens vorstellen, dass kleine parasitäre Wespen oder Fliegen durch die Zirpgeräusche beim Ablegen von Eiern an oder in die Puppe gestört werden. Es sind jedoch erst wenige Parasiten von Lycaeniden-Puppen bekannt. Vielleicht ist es auch insofern nicht ganz verfehlt, an eine verteidigende Funktion zu denken, weil sich die Lycaeniden-Puppen kaum bewegen können. Das Schwänzeln, wozu die Puppen von mehreren anderen Tagfalterfamilien befähigt sind, könnte nämlich durch das Stridulieren ersetzt sein.

Als die Geräuschaufnahmen angefertigt wurden, reagierten die Tiere manchmal plötzlich auf Blasen oder Berührung mit einem Haar. Auch bei einmaligem Händeklatschen platzte manchmal ein „Staccato“ los. Andererseits gibt es Puppen, die plötzlich, ohne dass ein für uns wahrnehmbarer Anlass vorliegt, zu stridulieren beginnen. Einige Arten geben sogar regelmäßig ein kurzes Signal pro halbe Stunde von sich. Um von solchen Arten eine vernünftige Anzahl Aufnahmen zu bekommen, mussten in erster Linie kilometerlange Tonbänder eingesetzt werden. Geradezu spektakulär wurde es, als wir von einem ausschlüpfenden Falter eine Videoaufnahme machten und dabei die Geräusche mit Verstärkern aufnahmen :

Eine Puppe von *Polyommatus icarus* (Hauhechelbläuling), deren Geräusche wenige Stunden vor dem Ausschlüpfen des Falters aufgenommen wurden, erzeugte stets knackende Geräusche. Herrlich war es zu sehen und zu hören, wie sich die Füsse bewegten. Während sich die Häufigkeit des Knackens allmählich steigerte, begann sich der Falter in der Puppe zunehmend mehr zu bewegen. Das schiebende Geräusch der Gliedmassen war gut zu hören. Mit einem lauten Knall barst die Puppenhülle, und unter Riesenlärm wurden die Gliedmassen aus ihren Scheiden gezogen. Die freigekommenen Füsse krabbelten auf der Unterlage. Noch stets quakte die Puppe laut. Die Bewegungen des Hinterleibs in der Puppe waren deutlich zu sehen. Aber kaum war dieser aus der Puppenhülle geglitten, verstummte das knackende Stridulationsgeräusch.

Daraus könnte man folgern, dass das Stridulieren einen Zusammenhang mit dem Erregungszustand der Puppe hat. Ja, man könnte sogar meinen, dass die hervorgebrachten Töne sexuelle Bedeutung haben. Dies ist aber nicht anzunehmen, denn die Puppe erzeugt die Geräusche in erster Linie während der

gesamten Verpuppungszeit. Ausserdem konnte ich zwischen den Geräuschen der beiden Geschlechter keinen bemerkenswerten Unterschied feststellen. Ferner liegt auch der Gedanke nahe, dass das Stridulieren mit der myrmekophilen Lebensweise der Lycaeniden-Raupen in Verbindung steht. Stridulationsgeräusche wurden nämlich auch bei verschiedenen Ameisenarten festgestellt, insbesondere bei Ameisen der Gattung *Myrmica*.

Bekanntlich werden die Puppen der meisten Lycaeniden-Arten gerne durch Ameisen besucht. Diese krabbeln rund um die Puppe herum und führen dabei mit den Fühlern tastende Bewegungen aus. Bei diesem Kontakt erzeugt die Puppe oftmals Geräusche. Ob diese wirklich durch Ameisen ausgelöst werden oder für Ameisen bestimmt sind, ist schwer zu sagen. Als wir eine *Myrmica*-Ameise mit einem Streichholz gegen die Unterlage drückten, sahen wir den Hinterleib heftig auf- und abgehen. Artgenossen, die sich in der Nähe aufhielten, kamen meistens schnell herbei. Sie reagierten offensichtlich auch auf ein akustisches Alarmsignal der Ameise, das durch den Verstärker auch für uns gut hörbar war. (Erzeugung und Klang der Geräusche von Ameisen und Puppen sind jedoch nicht sehr ähnlich.) Ähnliche Reaktionsweisen von Ameisen auf Puppengeräusche konnte ich nicht beobachten. Es ist eher unwahrscheinlich, dass die Geräusche Ameisen zur Verteidigung der Puppe animieren sollen, denn die Puppe erzeugt auch dann Geräusche, wenn sie nicht bedroht ist.

Was aber die Ameisen auf der Puppe tatsächlich tun, ist eine Frage, worauf MALICKY (1969) eine Erklärung gibt. Beim Untersuchen von Puppenhüllen entdeckte er die Öffnungen kleiner Drüsen. Vor allem mit dem Elektronenmikroskop waren sie gut zu sehen. Er nannte sie ebenfalls Porenkuppeln, da er sie auch bei den meisten Lycaeniden-Raupen finden konnte. Es wunderte ihn, dass verschiedene Feuerfalterraupen (Lycaeninae) Ameisenbesuch erhielten, obwohl die auffälligen Ameisenorgane (Honigdrüse und Tentakeln am Hinterleibsende) fehlten. Nähere Untersuchungen erbrachten, dass diese Porenkuppeln auch bei jenen Lycaeniden-Raupen vorhanden waren, bei denen Honigdrüse und/oder Tentakeln gänzlich fehlten. Er betrachtete diese Porendrüsen als Ursache für die myrmekophilen Verhaltensmuster.

Was durch diese mikroskopisch kleinen Organe ausgeschieden wird, wurde durch HENNING (Chemical communication between Lycaenid Larvae (Lepidoptera : Lycaenidae) and ants (Hymenoptera : Formicidae). *J. ent. Soc. Sth. Afr.*, 46(2), 1983 untersucht.

Jedenfalls ist die anziehende Wirkung auf Ameisen durch Stoffe aus diesen Drüsen erkläbar. Ob auch die Puppengeräusche dazu beitragen, ist sehr fraglich. Möglicherweise hatte die Geräuschproduktion ursprünglich eine

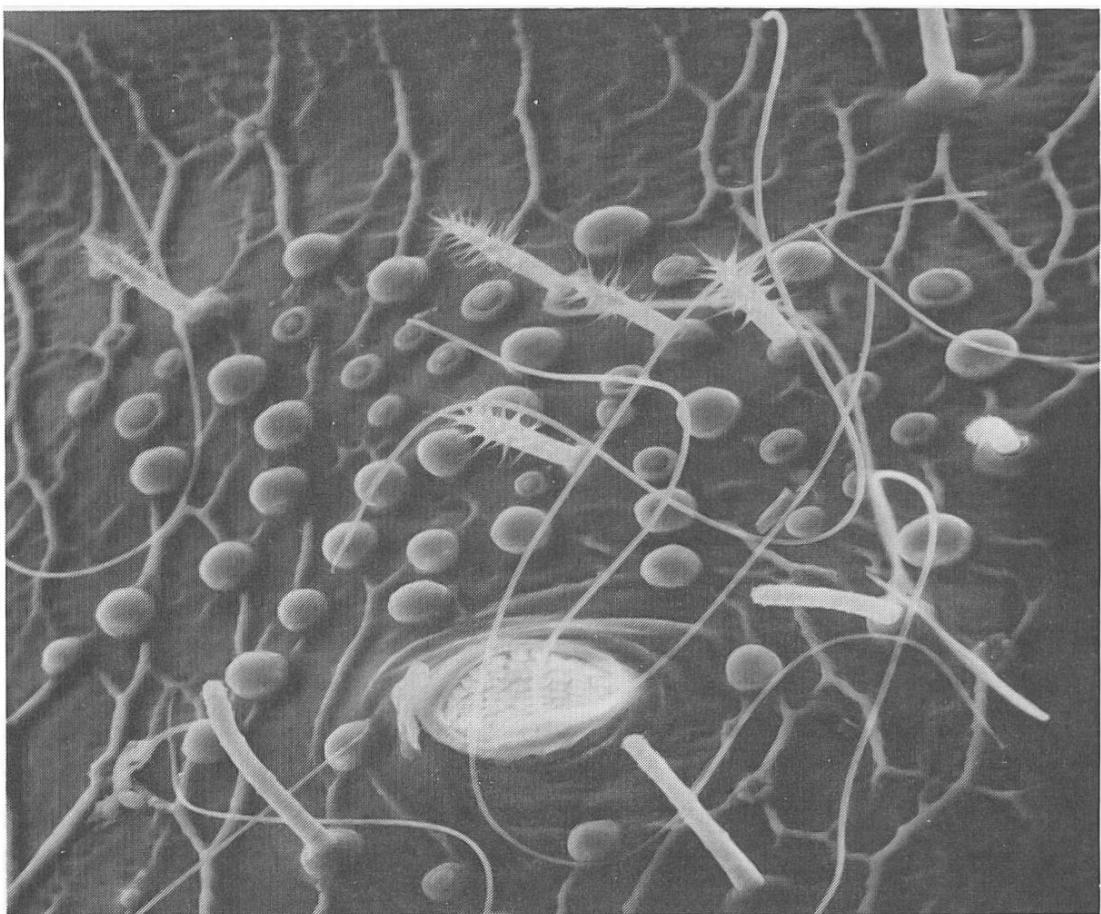


Abb. 4. *Polyommatus icarus* (Hauhechelbläuling) – Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Ausschnittes der Puppenoberfläche. Das kreisförmige Sieb ist ein Atemloch (Stigma), die kleinen Knöpfe sind Porenkuppeln (Duftstoffausscheidung), daneben sind auch Haare zu sehen. Auffällig sind die Haare mit den abstehenden Härchen. Diese Haare können bei den einzelnen Lycaeniden-Puppen die unterschiedlichsten Formen annehmen : Trompeten, Keulen, Reissnägel, Korallen, Sterne, Bäumchen. Vergrösserung 150fach. Aufnahme : Allyn Museum.

Abwehrfunktion und bekam erst später noch eine zusätzliche Bedeutung, die für die besuchenden Ameisen bestimmt ist.

Schwänzeln der Puppe

Die meisten Schmetterlingspuppen haben frei bewegliche Hinterleibsringe. Vor allem bei den primitiveren Schmetterlingsarten wird diese Beweglichkeit dazu benutzt, dass der ausschlüpfende Falter das Gespinst verlassen kann. Oft sind an der Puppe sogar nach hinten gerichtete Haken vorhanden, die das Zurückgleiten der Puppe verhindern. Auch wenn bei höher entwickelten Gruppen das Verlassen von Gespinsten oftmals mit Hilfe von chemischen Substanzen erfolgt (Auflösen), die durch den Falter ausgeschieden werden, bleiben die Puppen beweglich. Als wir eine Puppe in einem durchsichtigen Kokon mit einer Frequenz von 1 Bild pro Stunde filmten, sahen wir beim

Betrachten des Films zu unserem Erstaunen, dass das Tier während der ganzen Puppenzeit am Drehen war. Die meisten Puppen reagieren heftig auf Störungen, so dass es naheliegt, darin eine Abwehrhaltung zu sehen. Es ist weiter ziemlich sicher, dass Schmetterlingspuppen regelmässig Geräusche hervorbringen. Auch wenn keine speziellen Geräuschorgane ausgebildet sind, erzeugt z.B. eine Weisslingspuppe durch den Kontakt mit der Unterlage einen ohrenbetäubenden Lärm (verstärkt), wenn sie schwänzelt. Bei verschiedenen Arten aus anderen Gruppen wurden Geräusche beim Schwänzeln selbst dann festgestellt, nachdem die Puppen von der Unterlage losgelöst worden waren.

Weil das Schwänzeln sicher ein wirksamer Schutz gegenüber Feinden sein dürfte, kann man sich vorstellen, dass bei Abnahme der Beweglichkeit von Puppen das Verteidigungsbedürfnis durch Geräuschproduktion kompensiert wurde. Die Fähigkeit zur Geräuscherzeugung besitzen Puppen aus den Familien Lycaenidae und Nemeobiidae. Von letzterer, die auch als Unterfamilie der Familie der Bläulinge betrachtet wird, gibt es in Europa nur eine einzige Art : den Frühlingsscheckenfalter (*Hamearis lucina*). Gemäss DOWNEY & ALLYN (1973) sind auch bei dieser Art Ansätze für ein Geräuschorgan vorhanden. Die Gruppe der Nemeobiidae ist hauptsächlich im tropischen Amerika verbreitet. Über die Biologie dieser Arten ist erst wenig bekannt. Von einigen Arten wissen wir, dass sie myrmekophile Eigenschaften besitzen. DOWNEY & ALLYN fanden solche auch bei weiteren 6 Arten. Es darf daher als sicher gelten, dass das Auftreten von Geräuschorganen nicht nur auf die Lycaeniden-Familie beschränkt ist. Bei der Nemeobiiden-Art *Apodemia mormo deserti* wurde das Geräusch sogar gehört (DOWNEY, 1966). Die Puppen dieser Gruppe sind, soweit etwas darüber bekannt wurde, um einiges beweglicher als jene der Lycaeniden, da bei ihnen weniger Hinterleibsringe miteinander verwachsen sind. Die Geräuschorgane befinden sich ausserdem nicht nur an der Rückenseite des Hinterleibs, sondern erstrecken sich auch weiter seitlich. Ausserdem sind sie nicht nur in der Spalte zwischen den Hinterleibsringen 5 und 6, sondern auch zwischen den Ringen 4 und 5 zu finden. Letzteres ist auch bei den Puppen des Enzianbläulings (*Maculinea alcon*) der Fall, wo sogar zwischen den Ringen 3 und 4 noch Ansätze eines Stridulationsorgans festzustellen sind (DOWNEY, 1967).

DOWNEY (1966) hatte folgende Betrachtungsweise : Stridulationsorgane und damit in Verbindung stehende Strukturen, wie z.B. die zur Bewegung der Gelenke nötigen Muskeln, können als Eigenschaften einer Ur-Lycaenide betrachtet werden. Sie wurden aus Strukturen entwickelt, die ursprünglich der Bewegung des Hinterleibs dienten und/oder das Ausschlüpfen des Falters ermöglichten. Das Produzieren von Geräuschen bot der Puppe Vorteile

sowohl hinsichtlich der Bindung zu Ameisen als auch als Schutz gegen Angreifer und Parasiten. Nicht nur die weltweite Verbreitung dieser Eigenschaften, sondern auch die weite Verbreitung über verschiedenste Taxa (Gruppen aus verwandten Arten) hinweg, lassen den Schluss zu, dass die Geräuschproduktion universell und kennzeichnend ist für die Bläulingsfamilie.

Geräuschorgane bei Puppen einheimischer Lycaenidenarten

| Art | Geräusch gehört | Geräuschorgan festgestellt |
|-----------------------------|-----------------|----------------------------|
| <i>Callophrys rubi</i> | KLEEMAN, 1774 | PRELL, 1913 |
| <i>Thecla betulae</i> | - | JANS, 1980 |
| <i>Quercusia quercus</i> | PRELL, 1913 | PRELL, 1913 |
| <i>Satyrium ilicis</i> | - | - |
| <i>Satyrium w-album</i> | CARTER, 1952 | DOWNEY, 1967 |
| <i>Fixsenia pruni</i> | - | DOWNEY, 1967 |
| <i>Lycaena phlaeas</i> | + | DOWNEY, 1967 |
| <i>Lycaena dispar</i> | + | DOWNEY, 1967 |
| <i>Lycaena virgaureae</i> | - | - |
| <i>Lycaena tityrus</i> | + | DOWNEY, 1967 |
| <i>Lycaena hippothoe</i> | + | DOWNEY, 1967 |
| <i>Lampides boeticus</i> | + | + DOWNEY, 1967 |
| <i>Cupido minimus</i> | - | DOWNEY, 1967 |
| <i>Everes argiades</i> | - | DOWNEY, 1967 |
| <i>Plebejus argus</i> | + | DOWNEY, 1967 |
| <i>Lycaeides idas</i> | + | - |
| <i>Vacciniinia optilete</i> | - | - |
| <i>Aricia agestis</i> | + | DOWNEY, 1967 |
| <i>Polyommatus icarus</i> | + | DOWNEY, 1967 |
| <i>Lysandra coridon</i> | + | DOWNEY, 1967 |
| <i>Cyaniris semiargus</i> | + | DOWNEY, 1967 |
| <i>Celastrina argiolus</i> | + | DOWNEY, 1967 |
| <i>Maculinea alcon</i> | + | DOWNEY, 1967 |
| <i>Maculinea arion</i> | - | - |
| <i>Maculinea teleius</i> | - | DOWNEY, 1967 |
| <i>Maculinea nausithous</i> | + | + |

Zeichenerklärung : + bedeutet untersucht, - nicht untersucht.

Bemerkung des Übersetzers

N. W. ELFFERICH hat von folgenden Lycaeniden-Puppen Tonbandaufnahmen angefertigt :

| | |
|--------------------------|-------------------------------|
| <i>Satyrium spinii</i> | <i>Scolitantides orion</i> |
| <i>Satyrium acaciae</i> | <i>Lycaeides argyrogномон</i> |
| <i>Satyrium w-album</i> | <i>Aricia artaxerxes</i> |
| <i>Lycaena helle</i> | <i>Cyaniris semiargus</i> |
| <i>Lycaena alciphron</i> | <i>Plebicula dorylas</i> |

Lampides boeticus
Syntarucus pirithous
Everes alcetas

Plebicula thersites
Agrodiaetus damon
Lysandra coridon

Literaturhinweis des Übersetzers

Folgende von DOWNEY & ALLYN (1978) zur Aufzeichnung von Puppengeräuschen angewandte Methode hat sich am besten bewährt: Die Puppe wurde (vereinfacht gesagt) durch ein über das Mikrophon gestülptes Papierrohr vor Umgebungsgeräuschen geschützt. Dieses in sich abgeschlossene System hatte leider den Nachteil, dass nicht nur Geräusche festgehalten wurden, die von der Geräuschquelle (Stridulationsorgan) herstammten, sondern auch solche, die an der übrigen Puppenoberfläche reflektiert worden waren. Die Puppe kann auch als Resonanzkörper oder Verstärker des Geräuschorgans verstanden werden. Eine Aufnahmemethode mit Direktkontakt (mittels Astatic stylus) zu den benachbarten Segmenten des Geräuschorgans versagte, da Störgeräusche aus der Umgebung überhand nahmen. Die Experimentatoren verstärkten die Puppengeräusche mit entsprechenden

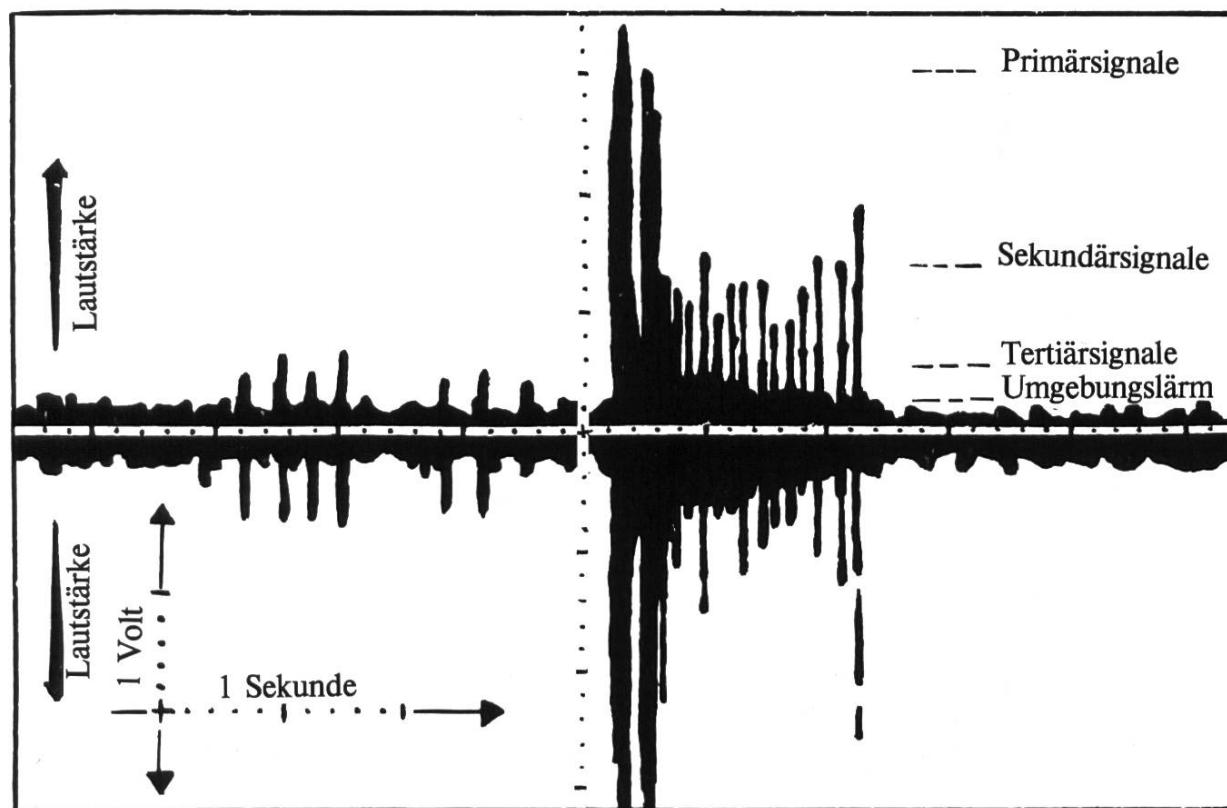


Abb. 5. Oszilloskop-Spur einer *Callophrys*-Art während eines Zeitraums von 5 Sekunden. Die 3 Signaltypen, wie sie für viele Lycaeniden-Arten typisch sind, sind sehr deutlich sichtbar. Primärsignal : Mitte, Tertiärimpulse : Links, Sekundärimpulse : Rechts von der Mitte. Letztere beginnen zur gleichen Zeit wie die Primärimpulse. Zeichnung nach DOWNEY & ALLYN (1978).

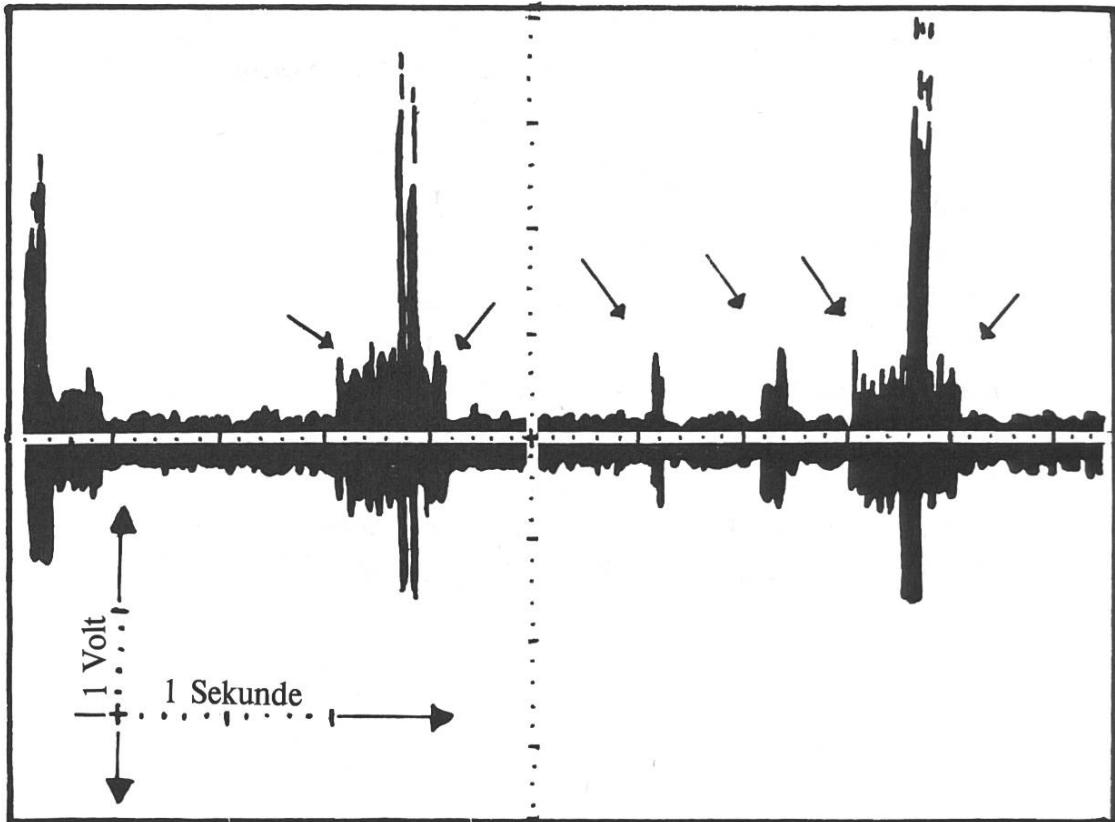


Abb. 6. N. W. ELFFERICH erhielt die der Zeichnung zugrunde liegende Fotografie 1980 von A. C. ALLYN. Die Geräuschaufzeichnungen stammen von den Puppen von *Polyommatus icarus* (Hauhechelbläuling), die er zuvor nach Florida geschickt hatte. ALLYN schrieb ihm : Es war interessant für mich, festzustellen, dass ein Geräusch, das wir zuvor als Sekundärsequenz bezeichnet hatten, bei *icarus* vor, während und nach dem Primärsignal erscheint. Ähnliches habe ich nie zuvor gehört. Zeichnung nach einer Aufnahme des Allyn-Museums.

Apparaturen und zeichneten sie auf Tonband auf oder machten sie durch ein Oszilloskop sichtbar. Es wurden dabei Geräusche mit einem Frequenzbereich zwischen 400 und 5000 Hertz (Tonhöhe) erfasst (Abb. 5, 6).

DOWNEY & ALLYN (1978) fanden bei den meisten Puppen 3 Formen von Geräuschen, die sich in der Lautstärke (Amplitude) unterschieden :

Primäre Signale :

Sie sind für das menschliche Ohr in der Regel hörbar. Die einzelnen Impulse haben eine Dauer von 5 bis 50 Millisekunden und können durch Bewegungen der Unterlage, Berührung, Magnetfelder und Töne ausgelöst werden. Primärimpulse werden gewöhnlich in Abfolgen, bestehend aus mehreren Impulsen, abgegeben. Eine solche Abfolge dauert von einer bis zu mehreren Sekunden oder gar Minuten. Auf dem Oszillogramm zeigt die Länge der Ausschläge der einzelnen Impulse Schwankungen.

Sekundäre Signale :

Sie sind für das menschliche Ohr in der Regel unhörbar und zeigen im Bild nur halb so lange Ausschläge wie Primärsignale. Sie werden in Abfolgen von

kurzen, schnell und gleichmässig wiederholten Impulsen abgegeben, vergleichbar einem Maschinengewehr. Die einzelnen Abfolgen haben eine Dauer von 12 bis 20 Sekunden. Sekundärsignale können nicht direkt ausgelöst werden wie Primärsignale, da sie gewöhnlich mit diesen zusammen auftreten. Meistens folgen sie einer Kette von Primärimpulsen. Bei Puppen von *Polymmatus icarus* (Hauhechelbläuling) treten auch Sekundärimpulse auf, die den Primärimpulsen unmittelbar vorausgehen. Gewöhnlich werden Sekundärimpulse durch einen etwas stärkeren Ausschlag am Schluss beendet (Oszillogramm von *Callophrys*). Wahrscheinlich werden Primär- und Sekundärsignale an derselben Stelle gebildet. Bei einigen Arten treten Sekundärgeräusche auch als ein Summen oder Schwirren auf. Dies bedeutet, dass sich die einzelnen Impulse in derart kurzen Abständen folgen, dass sie von der Apparatur nicht mehr genügend aufgelöst werden konnten.

Tertiäre Signale :

Mit Ausnahme von einigen grossen Puppen sind sie für das menschliche Ohr ebenfalls unhörbar. Auf dem Oszillogramm liegt ihr Ausschlag zwischen dem Pegel der Umgebungsgeräusche und der Sekundärsignale. Die Ausschläge erreichen nur etwa die Hälfte ihrer Länge. Die einzelnen Impulse werden kontinuierlich, aber in unregelmässiger Abfolge ausgesandt, so dass kein Geräuschbild mit regelmässigem Muster entsteht. Tertiärgeräusche treten auch während der Abgabe von Primär- und Sekundärgeräuschen auf. Daher nahmen die Experimentatoren an, sie würden an einem anderen Ort als jene gebildet.

Die Geräuschproduktion (d.h. die Länge der Abfolgen von Primärimpulsen) nahm bei Erhöhung der Umgebungstemperatur und mit zunehmender Dauer der Puppenruhe ab. Die Signale verschiedener Populationen der gleichen Lycaeniden-Art zeigten keine Unterschiede, auch wenn zwischen den untersuchten Populationen grössere Distanzen lagen. Hingegen gab es Unterschiede bei den Primärsignalen, als bei einer Art Puppen zweier verschiedener Jahrgänge untersucht wurden. Geschlechtsbedingte Unterschiede waren gering und wurden als unbedeutend eingestuft. DOWNEY & ALLYN (1978) sind der Ansicht, dass die Funktion der Geräusche eher darin besteht, Angreifer abzuwehren (Schutzfunktion). Es erscheint ihnen dagegen eher unwahrscheinlich, dass die Geräusche ein Mittel zur Kommunikation mit Ameisen sind.

Literatur

- DOWNEY, J. C., 1966. Sound production in pupae of Lycaenidae. *Journ. Lepidopterists Soc.* 20 : 129-155.
DOWNEY, J. C., 1967. Sound production in Netherland Lycaenidae. *Entomologische Berichten* 27 : 153-157.

- DOWNEY, J. C. & ALLYN, A. C., 1973. Butterfly Ultrastructure, 1. Sound production and Associated Abdominal Structures in Pupae of Lycaenidae and Riodinidae. *Bulletin of the Allyn Museum* 14 : 1-48.
- DOWNEY, J. C. & ALLYN, A. C., 1978. Sounds produced in Pupae of Lycaenidae. *Bulletin of the Allyn Museum* 48 : 1-14.
- ELFFERICH, N. W., 1966. De Nederlandse Lycaenidae, biologie en vliegplaatsen. *Wetenschappelijke mededelingen van de Koninklijke Natuurhistorische Vereniging* 66.
- KLEEMANN, C. F. C., 1774. *Beiträge zur Natur- und Insekten geschichte* 4 : 123.
- MALICKY, H., 1969. Versuch einer Analyse der ökologischen Beziehungen zwischen Lycaeniden (Lepidoptera) und Formiciden (Hymenoptera). *Tijdschrift voor Entomologie* 112 : 213-298.
- PRELL, H. 1913. Über zirpende Schmetterlingspuppen. *Biol. Zentralbl.* 33 : 496-501.
- SCHILD, F. G., 1877. Miscillen (Zirpende Insektenpuppen). *Stett. Ent. Zeit.* XXXVIII, 97 : 85-87.