

## Beitrag zum 53. Entomologentag am 7. März 2015 „Tag und Nacht – zwei Welten der Entomologie“



Im Rahmen der Veranstaltung des 53. Entomologentags erhielt Frau Bettina ERREGGER den **Förderpreis der Münchner Entomologischen Gesellschaft**, der an engagierte Entomologinnen und Entomologen, die sich mit dem Erforschen von Insekten beschäftigen und nicht hauptamtlich als Entomologen tätig sind, vergeben wird.

Frau ERREGGER, die bereits als Kind Grillen und Grashüpfern nachstellte, hat sich auch im Studium dieser Tiergruppe zugewandt. Zunächst hat sie sich mit dem Fluchtverhalten der blauflügeligen Ödlandschrecke befasst und in ihrer Masterarbeit die Kommunikation zwischen Männchen und Weibchen einer Laubheuschreckenart untersucht, wobei offensichtlich auch Substratschwingungen und stoffwechselbedingte Faktoren beim Gesang eine entscheidende Rolle spielen. Anhand dieser Aktivitäten des Männchens können die Weibchen die tatsächliche Fitness des potentiellen Partners ermitteln. In der jüngst begonnenen Doktorarbeit soll dieser Fragestellung der Arbeitsgruppe an der Universität Graz, dem Studienort von Frau ERREGGER, weiter nachgegangen werden.

Der Preis wurde ihr vom Präsidenten der Münchner Entomologischen Gesellschaft, Prof. Dr. Ernst-Gerhard BURMEISTER, überreicht. Im Anschluss berichtete sie über die Ergebnisse ihrer Forschungsarbeit.

### Multimodale Kommunikation: Komplexe Gesänge und Substratvibrationen einer tropischen Laubheuschreckenart der Gattung *Mecopoda*

(Orthoptera: Tettigoniidae)

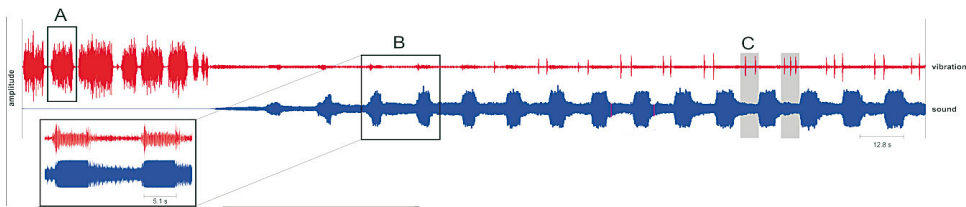
**Bettina ERREGGER, Manfred HARTBAUER, Helmut KOVAC,  
Anton STABENTHEINER, Heiner RÖMER**

Im Rahmen meiner Masterarbeit habe ich mich mit der multimodalen Kommunikation einer tropischen Laubheuschreckenart der Gattung *Mecopoda* beschäftigt, die akustische, taktile und thermische Signale miteinander kombiniert. Ebenso wie andere Grillen und Laubheuschrecken produzieren Männchen der hier untersuchten Art Gesänge, indem sie ihre Vorderflügel gegeneinander reiben (MONTREALEGRE-Z & MASON 2005). Mit diesen akustischen Signalen locken sie potentielle Partnerinnen aus größerer Distanz an. Forschungen der letzten Jahre zeigen allerdings, dass für die Partnerwahl nicht nur diese auffälligen akustischen Signale eine Rolle spielen, sondern häufig noch weitere, meist eher subtilere Signale in unterschiedlichen Sinnesmodalitäten eingesetzt werden (PARTAN & MARLER 2005; BRADBURY & VEHCENCAMP 2011). Solche multimodalen Signale können akustischen, visuellen, olfaktorischen oder taktilen Ursprungs sein und in

verschiedenster Weise miteinander kombiniert werden. Auf diese Weise können wichtige Information über die Artzugehörigkeit, den Verwandtschaftsgrad oder die Qualität des Senders übermittelt werden.

Männchen der von mir untersuchten *Mecopoda* Art produzieren komplexe, laute und vor allem lang-andauernde Gesänge. Diese bestehen aus einem amplituden-modulierten Teil (AM-Motif) und enden üblicherweise mit einem langandauernden Trill mit hoher Amplitude. Dieser Trill ist verantwortlich für unseren Labornamen „Triller“ oder „Schreier“, denn ihre Gesänge sind ohrenbetäubend laut: sie erreichen eine Lautstärke von bis zu 103 dB SPL in 15 cm Entfernung. Diese Eigenschaft ermöglicht es ihnen auch über größere Distanzen im Regenwald zu kommunizieren.

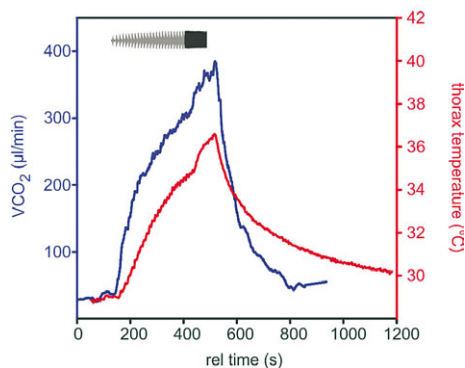
Neben den Schallsignalen erzeugen die Männchen auch sogenannte Tremulations-Signale, die als Substratvibrationen über die Vegetation übertragen werden. Diese Substratvibrationen werden von den Männchen in engem zeitlichem Zusammenhang mit den akustischen Signalen produziert. Insgesamt konnte ich drei verschiedene Typen von Vibrationen beschreiben (**Abb. 1**): länger andauernde starke Tremulationen vor dem Gesang (A), Vibrationen am Anfang und Ende der lauten Teile des Amplituden-modulierten Teils (B) und kurze Vibrationspulse, die ausschließlich in den leisen Phasen des Gesangs erzeugt werden (C).



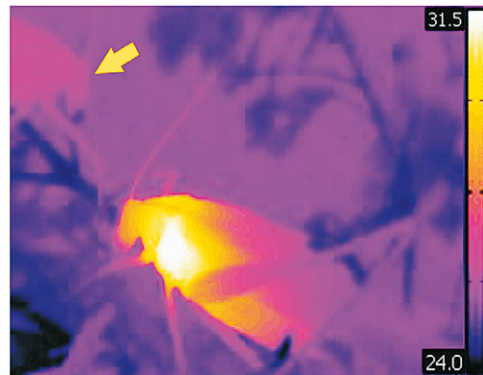
**Abb. 1:** Substratvibrationen (roter Kanal) die in engem zeitlichem Zusammenhang mit den akustischen Signalen (blauer Kanal) stehen. Insgesamt kann man zwischen drei Typen (A-C siehe im Text) von Substratvibrationen unterscheiden.

Die Tremulationsdauer vor dem Gesang (**Abb. 1A**) korreliert positiv mit der Größe der Sender. Dies könnte von wichtiger Bedeutung für die Weibchen bei der Partnerwahl sein, denn frühere Studien haben gezeigt, dass bei manchen Arten die Größe der Männchen im Zusammenhang mit ihrer Qualität steht und Weibchen einen direkten oder indirekten Vorteil daraus ziehen können, wenn sie sich mit einem großen Männchen verpaaren (GWYNNE 1982; WEDELL 1997; DE LUCA & MORRIS 1998). Weibchen bekommen somit durch diese Vibrationen nicht nur eine Information darüber, wo sich der Sender befindet, sondern auch über seine Qualität.

Aber auch der komplexe Gesang der Männchen von *Mecopoda* könnte Auskunft über eine wichtige Qualität des Senders geben. Dies hängt damit zusammen, dass nur ein Bruchteil der Muskelenergie (~1%), die in die Gesangsproduktion gesteckt wird, auch in akustische Energie umgewandelt wird (PRESTWICH, 1994). Besonders bei der von mir untersuchten Art mit mehreren, lang andauernden Gesangsabschnitten während einer Nacht wäre daher möglich, dass nur Männchen mit besonders guter Kondition in der Lage sind, solche Gesänge zu produzieren. In einem ersten Versuchsansatz habe ich daher die energetischen Kosten der Gesangsproduktion von singenden Männchen ermittelt, indem deren CO<sub>2</sub> Produktion in einer respiratorischen Kammer mit Hilfe eines URAS gemessen wurde. Wie das Beispiel in Abb. 2 zeigt, steigt die CO<sub>2</sub> Produktion gleich nach Gesangsbeginn immer weiter an, und fällt nach Ende des Gesangs schnell wieder auf den Ruhewert ab (**Abb. 2**). Im Durchschnitt aller getesteten Männchen stieg die Stoffwechselrate um das 17-fache im Vergleich zum Ruhestoffwechsel an. Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass die Produktion von solchen komplexen, lauten und lang-andauernden Gesängen, wie sie von der Triller-Art erzeugt werden, energetisch kostspielig ist. Untersuchungen zeigten auch, dass die CO<sub>2</sub> Produktion besonders ansteigt wenn Männchen den durchgehenden Trill produzieren, was darauf schließen lässt, dass die Produktion des Trills energetisch noch kostspieliger ist als die Produktion des Amplituden-modulierten Gesangs.



**Abb. 2:** Die blaue Kurve zeigt die CO<sub>2</sub> Produktionsrate eines singenden Männchens; die rote Kurve zeigt den Temperaturverlauf des Thorax des Männchens. Die Gesangsspur (Balken über der Kurve) entspricht dem AM-Gesang (grau) und dem Trill (schwarz).



**Abb. 3:** Infrarotaufnahme eines Männchens, das etwa 8 Minuten gesungen hatte. Die hellen Stellen entsprechen den heißesten Körperstellen (Thorax). Im Hintergrund (Pfeil) sieht man schemenhaft die Umriss eines Männchens, das nicht gesungen hatte.

Gleichzeitig mit den Stoffwechseluntersuchungen durchgeführte Infrarotaufnahmen haben einen weiteren interessanten Sachverhalt aufgedeckt: die Körpertemperatur der Männchen erhöht sich während des Gesangs. Der Thorax der Männchen wird besonders heiß (**Abb. 3**). Dieser beherbergt die Muskulatur, die für die Bewegung der Vorderflügel bei der Stridulation verantwortlich ist. Mit Hilfe der Thermogramme konnten Temperaturanstiege von über 8°C im Vergleich zum Ruhezustand nachgewiesen werden. Im Gegensatz zur Stoffwechselrate fällt die Thoraxtemperatur nach dem Ende des Gesangs nur langsam ab, sodass das Männchen auch noch mehrere Minuten nach Gesangsende noch heiß bleibt (**Abb. 2**). Weitere Untersuchungen zeigten, dass die Temperatur des Thorax auch mit der Dauer des Gesangs korreliert: je länger Männchen singen umso heißer wird ihr Thorax. Außerdem gibt es einen signifikanten Zusammenhang zwischen der CO<sub>2</sub> Produktion und der Thoraxtemperatur.

Diese Ergebnisse legen nahe, dass ein Weibchen an der Temperatur eines Männchens feststellen könnte, wie lange es gesungen und wieviel Energie es in die Signalproduktion gesteckt hat. Nach der Handicap Hypothese von ZAHAVI (ZAHAVI 1975) sollte ein Weibchen ein Männchen wählen, das es sich leisten kann, viel Energie in die Produktion von Signalen zu investieren. Energie, die möglicherweise für andere lebenswichtige Funktionen ebenfalls benötigt wird. Denn nur ein Männchen von guter Qualität kann sich die Kosten für eine solch kostspielige Signalproduktion leisten. Basierend auf den Befunden meiner Masterarbeit haben wir in unserer Arbeitsgruppe die „Heiße Männchen“ Hypothese formuliert. Sie geht davon aus, dass Weibchen bei der Wahl von Paarungspartnern die Thoraxtemperatur im Rahmen einer multimodalen Entscheidung als zusätzlichen Hinweis für die Partnerwahl verwenden, denn sie stellt ein verlässliches Signal für das Energieinvestment von Männchen und damit deren Qualität dar.

Natürlich ist dies nur dann möglich, wenn die Weibchen über ein Sinnessystem verfügen, das in der Lage ist, die Variation in der Thoraxtemperatur verschiedener Männchen auch verlässlich messen zu können. Tatsächlich haben erste elektrophysiologische Voruntersuchungen gezeigt, dass die Antennen dieser Laubheuschreckenart Thermorezeptoren besitzen, die sehr empfindlich auf subtile Änderungen der Temperatur reagieren. Unterschiede von weniger als 0.1° C lösen signifikante Antworten in Kalt- und Warmrezeptoren aus. Diese Befunde zeigen, dass die Perzeption von „heißen Männchen“ physiologisch möglich wäre; ob dies nur über Kontakt der Antennen mit dem Thorax, oder über eine gewisse Distanz funktioniert ist noch unklar. Ob Weibchen wirklich „aufgeheizte“ Männchen bevorzugen, werden zukünftige Wahlexperimente zeigen.

Unser Interesse an dem Zusammenwirken von Sinnesinformation in der akustischen, vibratorischen und thermischen Modalität liegt vor allem in den ökologischen Situationen der Partnerfindung und Partnerwahl begründet. In der Natur findet akustische Kommunikation häufig in Chören statt, in denen Weibchen gleichzeitig oder sukzessiv mit Signalen mehrerer Männchen konfrontiert

sind. Die Schallsignale der Triller-Männchen sind ohrenbetäubend laut und selbst im dichten Regenwald über mehr als 20 m hörbar. Die Vibrationssignale kann ein Weibchen dagegen nur dann mit den Rezeptororganen in den Beinen detektieren, wenn sie auf denselben Pflanzen wie das Männchen sitzen. Wir nehmen an, dass die letztendliche Entscheidung der Weibchen für eine Verpaarung mit einem Männchen in solch einer Situation nicht auf den akustischen oder vibratorischen Signalen alleine beruht, sondern dass zusätzliche Informationen aus dem Nahbereich benutzt werden. Ein Grund dafür könnte sein, dass in kurzer Distanz zum Sender die Rezeptoren im Gehörorgan auf Grund der hohen Lautstärke Unterschiede nicht mehr kodieren können (RÖMER et al. 1998). Hier wäre die Einbeziehung von thermischen Signalen für Weibchen ein Vorteil sein, denn sie könnten in geringerer Distanz noch zusätzliche, wichtige Informationen über Unterschiede zwischen den Sendern über eine weitere Sinnesmodalität messen.

Schließlich wäre die Ausnutzung der thermischen Information von heißen Männchen auch geeignet, dass die Weibchen zwischen sogenannten Satellitenmännchen und singenden Männchen unterscheiden könnten. Bei „Satelliten Männchen“ handelt es sich um Männchen die selbst keine Gesänge produzieren, aber versuchen, Weibchen, die von einem singenden Konkurrenten angelockt werden, abzufangen, um sich mit diesen zu verpaaren, ohne selbst Kosten für eine Gesangsproduktion zu tragen. Wenn Weibchen sich phonotaktisch einem singenden Männchen angenähert haben, dieses dann aber aufhört zu singen, und sich in seiner Nähe ein Satellitenmännchen befindet, wie kann das Weibchen zwischen dem Sänger und dem Betrüger unterscheiden? Hier könnte von entscheidender Bedeutung sein, dass nach Ende des Gesangs der Thorax eines Männchens noch fast 10 Minuten später eine Temperatur hat, die über der Umgebungstemperatur liegt. Indem das Weibchen also seine Thermoperzeption einsetzt, könnte es ihm helfen, „Satelliten Männchen“ von Männchen zu unterscheiden die zuvor gesungen haben (vergl. **Abb. 3**, Thermogramm von singendem und stummem Männchen).

Auch wenn offensichtlich noch viele Fragen in diesem Kommunikationssystem offen sind, ist eines klar: das Kommunikationssystem dieser Laubheuschrecke ist auf jeden Fall ein multimodales und komplexer als zuvor angenommen.

### Literatur

- BALAKRISHNAN, R. & G. S. POLLAK 1997: The role of antennal sensory cues in female responses to courting males in the cricket *Teleogryllus oceanicus*. – Journal of Experimental Biology **200**, 511-522.
- BRADBURY J. W. & S. L. VEHRENCAMP 2011: Principles of animal communication. – Sinauer Associates, Inc., 697 S., 576 Abb.
- DE LUCA, A. & G. K. MORRIS 1998: Courtship communication in meadow katydids: female preference for larger male vibrations. – Behaviour **135**, 777-794.
- GWYNNE, D. T. 1982: Mate selection by female katydids (Orthoptera: Tettigoniidae, *Conocephalus nigropleurum*). – Animal Behaviour, **30** (3), 734-738.
- MONTEALEGRE-Z, F. & A. C. MASON 2005: The mechanics of sound production in *Panacanthus pallicornis* (Orthoptera: Tettigoniidae: Conocephalinae): the stridulatory motor patterns. – The Journal of experimental biology, **208** (7), 1219-1237.
- PARTAN S. R. & P. MARLER 2005: Issues in the classification of multisensory communication signals. – The American Naturalist **166**, 231-245.
- PRESTWICH, K. N. 1994: The energetics of acoustic signaling in anurans and insects. – The American Naturalist **34**, 625-643.
- RÖMER H., SPICKERMANN, M. & W. BAILEY 1998: Sensory basis for sound intensity discrimination in the bushcricket *Requena verticalis* (Tettigoniidae; Orthoptera). – Journal of Comparative Physiology A **162**, 595-607.
- WEDELL, N. 1997: Ejaculate size in bushcrickets: the importance of being large. – Journal of Evolutionary Biology **10** (3), 315-325.
- ZAHAVI, A. 1975: Mate selection - a selection for a handicap. – Journal of Theoretical Biology. **53**, 205-214.

**Anschrift der Verfasserin:** Bettina ERREGGER Msc,  
Institut für Zoologie, Karl Franzens Universität, 8010 Graz; bettina.erregger@gmail.com