

Christian Roesti, Bruno Keist

Die Stimmen der Heuschrecken

■ Haupt

Jürg Zettel gewidmet

Christian Roesti, Bruno Keist

Die Stimmen der Heuschrecken

Mit DVD

Haupt Verlag
Bern · Stuttgart · Wien

Zu den Autoren:

Christian Roesti (geb. 1983), Biologiestudium an der Universität Bern, mit Abschluss im Jahr 2008. Seit seiner Kindheit Interesse an den Heuschrecken und Vögeln Europas; Tonaufnahmen seit 2006.

Bruno Keist (geb. 1940), Medizinstudium an den Universitäten Genf und Zürich, Ausbildung zum Facharzt Allgemeinmedizin, eigene Praxis bis zur Pensionierung im Jahr 2004. Beschäftigt sich seit zwanzig Jahren mit Heuschrecken; Tonaufnahmen seit 1999.

Die Herausgabe dieser Publikation
und der Begleit-DVD wurde unterstützt durch
Pro Natura.



Umschlagabbildungen

Vorne: Feld-Grashüpfer (*Chorthippus apricarius*) ♂, singend

Hinten: Sumpfgrielle (*Pteronemobius beydenii*) ♂, singend

Texte, Oszillogramme und Fotos: Christian Roesti

Gesamtkonzeption: Christian Roesti und Bruno Keist

Tonaufnahmen: Christian Roesti und Bruno Keist

Gestaltung und Satz: René Tschirren, Haupt Verlag

1. Auflage: 2009

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-258-07279-1

Alle Rechte vorbehalten.

Copyright © 2009 by Haupt Berne

Jede Art der Vervielfältigung ohne Genehmigung des Verlages ist unzulässig.

Umschlag gedruckt auf Gemini I, FSC; Inhalt gedruckt auf Novatech Silk, FSC.

Printed in Germany



www.haupt.ch

Inhalt

Dank	6
Vorwort	7
Allgemeiner Teil	9
Einleitung	9
Methoden	9
Begriffe	10
Einführung	20
Die Erzeugung der Lautäußerungen . . .	21
Die Bedeutung der Lautäußerungen . . .	23
Der Einfluss der Temperatur	24
Zum Gebrauch von Ultraschall- Detektoren	25
Zum Gebrauch des Buches	27
Zur DVD	28
Abkürzungen	29
Gesangsaktivität im Tagesverlauf	29
Bestimmungsteil	31
Langfühlerschrecken (Ensifera)	31
Kurzfühlerschrecken (Caelifera)	69
Deutsche Arten	103
Die Audio-Dateien auf der DVD	127
Register der deutschen Namen	143
Register der wissenschaftlichen Namen	144



Inhalt DVD

Tonaufnahmen
Datentabelle
Die Betonung der wissenschaftlichen Namen
Literaturverzeichnis
Autorenporträts

Dank

Verschiedene Kolleginnen und Kollegen, Freundinnen und Freunde sowie Institutionen haben uns auf vielfältige Weise unterstützt und damit das vorliegende Werk erst ermöglicht. Ihnen allen möchten wir herzlich danken. Pro Natura und eine anonyme Spenderin finanzierten mit großzügigen Beiträgen den Druck. Unser Dank gebührt insbesondere Anne-Marie und Daniel Roesti-Joray; ohne ihre finanzielle Unterstützung während der letzten Jahre hätte das Buchprojekt nicht realisiert werden können. Sie, Marc Lüthi, Elsa Obrecht, Salome Steiner und Anna Poschung korrigierten die Texte. Wir danken dem Haupt Verlag Bern für die hervorragende Zusammenarbeit. Gérald Engler half uns beim Realisieren der DVD und stand uns als Tontechniker (www.audioengineer.ch) zur Seite. Die aktuellen Verbreitungskarten der deutschen Arten erhielten wir von Stephan Maas und Aloysius Staudt vom Büro für Ökologie und Planung in Saarlouis und von Peter Detzel (Gruppe für

Ökologische Gutachten, Stuttgart). Sarah Althaus, Beatrice Lüscher und Kurt Grossenbacher gaben uns wertvolle Angaben über Standorte und die Phänologie von Amphibien. Mathias Ritschard danken wir für die Beratung beim Mikrofonkauf und Yoan Braud, Eric Sardet, Gilles Carron, Stéphane Puissant, Brigitte Gottsberger und Dirk Berger für hilfreiche Anregungen. Armin Coray, Youna Zahn, Norbert Elsner und Klaus-Gerhard Heller halfen uns bei der Beschaffung von Literatur. Jérôme Sueur, Stéphane Puissant und Mathias Ritschard danken wir herzlich für die zur Verfügung gestellten Tonaufnahmen und Brigitte Wolf, Heiko Bellmann und Alain Saunier für die Fotos. Klaus-Gerhard Heller überprüfte die Allgemeinen Kapitel. Die Thal-Garage Fuhrer AG in Grünenmatt stellte uns zu bescheidenen Preisen einen Mietwagen zur Verfügung. Ganz herzlich danken wir Lotti Keist-Krebsler und Anna Poschung, die wesentlich zum Gelingen des Projektes beigetragen haben.

Vorwort

Heuschrecken sind für den Insektenfreund das, was für den Liebhaber etwas größerer Tiere Vögel sind: Im Leben dieser beiden Tiergruppen spielen Gesänge und Laute die auffälligste und wichtigste Rolle. Daher werden diese faszinierenden Lebewesen von bioakustisch interessierten Naturbeobachtern und Wissenschaftlern untersucht und erforscht.

Während die verschiedenen Heuschreckenarten anhand ihres Aussehens oft nur schwer zu bestimmen sind, lassen sie sich aufgrund ihres Gesangs schon aus der Ferne gut identifizieren. Doch erstaunlicherweise sind, verglichen mit den Vogelgesängen, die Kenntnisse über Heuschreckengesänge nicht sehr verbreitet. Zwar wird der Gesang in neueren Bestimmungsbüchern meist erwähnt oder kurz beschrieben, gelegentlich auch mit einzelnen Beispielen auf einer CD-ROM hörbar gemacht, aber eine sorgfältige Beschreibung mit ausführlichem Klangmaterial fehlte bisher. Diese Lücke wird nun endlich durch die vorliegende Publikation und die Begleit-DVD, die ausschließlich der Bioakustik dieser Tiergruppe gewidmet ist, geschlossen.

Die Autoren Christian Roesti und Bruno Keist decken mit ihrer Untersuchung, in deren geografischem Zentrum die Schweiz steht, auch die gesamte Bundesrepublik Deutschland ab. Dieses Werk macht, zusammen mit den beiden Bänden «Atlas

de distribution des Orthoptères de Suisse» (Thorens & Nadig, 1997) und «Die Heuschrecken der Schweiz» (Baur & Roesti, 2006), die Schweiz zum orthopterologisch am besten erschlossenen Land Europas. Christian Roesti und Bruno Keist stehen damit auch in bester Tradition des Waadtländers Alexander Yersin, der um 1854 als erster Orthopterologe überhaupt versuchte, seinen Zeitgenossen die Gesangsunterschiede der verschiedenen Heuschreckenarten verständlich zu machen. Während er dafür aber noch die Notenschrift benutzen musste, verwenden seine Nachfolger das ganze zur Verfügung stehende Spektrum moderner Aufnahme-, Analyse- und Wiedergabemethoden. Zusätzliche Angaben in digitaler Form über Aufnahmeumstände und Literatur sowie über die korrekte Betonung der wissenschaftlichen Namen runden die beeindruckende Zusammenstellung ab. Gerade der letzte Punkt ist eine sinnvolle und sehr passende Ergänzung in einem Bioakustik-Buch!

Ich wünsche dem Buch eine weite Verbreitung und hoffe, dass es die Freude an den Heuschrecken vergrößert und zu einer weiteren Verbesserung der Kenntnisse über die kleinen sechsbeinigen Sänger beiträgt.

Magdeburg, im Mai 2009

Klaus-Gerhard Heller

Allgemeiner Teil

Einleitung

Heuschrecken gehören zusammen mit den Zikaden zu den Insekten mit den auffälligsten Gesängen. Es erstaunt deshalb nicht, dass gesangliche Merkmale bei der Bestimmung von großer Bedeutung sind. Die vorliegende Publikation hat zum Ziel, das Buch «Die Heuschrecken der Schweiz» (Baur & Roesti 2006 und Baur, Roesti & Thorens 2006) zu ergänzen. Da dort die Gesänge nur kurz beschrieben sind, war die Nachfrage nach einer DVD mit den Heuschreckenstimmen groß. Die Publikation soll die Bestimmung der heimischen Heuschrecken im Feld erleichtern und die Freude am Beobachten vergrößern. Zusätzlich zu den in der Schweiz heimischen Arten werden auch die in Deutschland verbreiteten Arten behandelt. Die neun in Deutschland zusätzlich verbreiteten Arten, die in der Schweiz nicht vorkommen, werden in einem speziellen Teil vorgestellt. Die beiden Bücher dienen zusammen als Bestimmungshilfe für alle deutschen und Schweizer Arten. Dank einigen hervorragenden Publikationen über die Bioakustik der Heuschrecken (z. B. Faber 1928–1960, Jacobs 1953, Helversen 1977, Heller 1988, Bonnet 1995, Ragge & Reynolds 1998, Fontana et al. 2002, Bellmann 2004, Drosopoulos & Claridge 2006, Barataud 2007 und Berger 2008) sind wir gut über die Lautäußerungen der heimischen Heuschrecken unterrichtet. Trotz dieser Menge an Publikationen fehlte bisher ein ausführliches Werk über die Lautäußerungen der Heuschrecken der Schweiz und Deutschlands. Mit dieser Publikation möchten wir Laien und Biologen in die interessante Gesangswelt der Heuschrecken einführen und zu eigenen Beobachtungen anregen. Es wurden alle Arten integriert, deren Lautäußerungen für die Bestimmung hilfreich oder bekannt sind. Einige Arten der Taxa Saginae (Sägeschrecken), Tridactylidae (Grab-schrecken), Tetrigidae (Dornschrecken), Catantopinae (Knarrschrecken) und Locustinae (Ödlandschrecken), deren Kommunikation und Lautäußerungen wenig bekannt sind, werden nicht behandelt.

Methoden

Die Aufnahmen auf der DVD wurden in den Jahren 1999–2009 realisiert. Der Großteil der Aufnahmen wurde im Jahr 2008 im Freiland gemacht. Arten, die leise singen (deren Lautäußerungen im Feld kaum das Grundrauschen übersteigen), wurden zum Teil in Käfige gesetzt. Zum Einsatz kamen folgende Mikrofone: Im Jahr 2008 arbeiteten beide Autoren mit dem Mikrofon «Twin Science» von Telinga (Schweden), mit den Handgriffen Pro5W bzw. Pro6. Je nach Situation wurde mit oder ohne Parabolspiegel gearbeitet. Für Aufnahmen, die vor 2008 gemacht wurden, brauchten wir das Stereo-Zoom ECM-ZS90 von Sony und das bei MikroTrack 24/96 mitgelieferte Stereomikrofon von M-Audio. Als Speichergeräte dienten MicroTrack 24/96 von M-Audio, FR-2LE Field Memory Recorder von Fostex, TCD-D8 Portable DAT Recorder von Sony und H2 Handy Recorder von Zoom. Die meisten Aufnahmen im Jahr 2008 wurden mit folgenden Aufnahmeparametern gemacht: 2-Kanal WAV-Aufnahmen, Abtastgeschwindigkeit (sample rate) 96 kHz, Kodierung (bit depth) 24 bit. Bei einer Abtastgeschwindigkeit von 96 kHz können theoretisch Frequenzen von 0 bis maximal 48 kHz analysiert werden. Ob und wie gut die Frequenzen aber aufgenommen werden, hängt vom Frequenzbereich des Mikrofons ab. Der Frequenzbereich variiert von Modell zu Modell und sogar von Mikrofon zu Mikrofon. Die erhaltenen Spektrogramme zeigen, dass die von uns verwendeten «Twin Science»-Mikrofone einen Frequenzbereich von mindestens 0–48 kHz haben und somit grobe Angaben zu emittierten Frequenzen zwischen 0 und 48 kHz ermöglichen. (Für genaue Angaben über das Frequenzspektrum wären Mikrofone mit linearem oder wenigstens bekanntem, konstantem Frequenzgang nötig. Die Unempfindlichkeit der Mikrophone im Ultraschallbereich kann das Frequenzspektrum einer Art verfälscht darstellen. Deshalb entnahmen wir die Frequenzangaben oft von Heller (1988)). Die Ultraschallaufnahmen wurden mit dem Mini-3 Bat Detector von Ultra Sound Advice, Ultrasound Detector D 230 von Pettersson Elektronik und Batbox III D von Batbox gemacht. Zur digitalen Bearbeitung der Aufnahmen und Darstellung der Oszillogramme, Spektrogramme und

Frequenzspektren (power spectrum) benutzen wir die Programme BatSound V 3.3.1 von Pettersson Elektronik, RavenPro 1.3, Audacity 1.2.6, GoldWave v5.25 und Pro Tools. Die Oszillogramme wurden mit Raven Pro 1.3 erstellt und im Adobe Photoshop 7.0 bearbeitet. Die Temperaturangaben beziehen sich auf die jeweilige Lufttemperatur im Schatten, in der Umgebung des singenden Männchens. Da für die Gesangsausprägung die Körpertemperatur ausschlaggebend ist und diese unter anderem von der Strahlungsintensität der Sonne und von Wind abhängig ist, wurden Informationen über die jeweiligen Wetterbedingungen angefügt. Da die Aufnahmehöhe stark variierte, war dementsprechend auch die Lautstärke von Aufnahme zu Aufnahme verschieden. Die Gesänge von leise singenden Arten sind relativ laut, diejenigen von laut singenden Arten relativ leise, damit man am Computer nicht ständig die Lautstärke anpassen muss. Die Aufnahmen wurden so wenig wie möglich bearbeitet, um die natürliche Geräuschkulisse nicht zu verändern. Viele Aufnahmen wurden mit einem Hochpassfilter aufbereitet, um störende Windgeräusche oder das Grundrauschen zu vermindern. Wenn eine Aufnahme geschnitten wurde und dabei die natürlichen Zeitabläufe (Pausen zwischen den Gesangseinheiten) verändert wurden, ist dies bei den Aufnahmedaten vermerkt. Die Fotografien wurden von C. Roesti mit den Spiegelreflexkameras D70 und D80 von Nikon gemacht und zum Teil im PictureProject 1.7 bearbeitet.

Begriffe

Innerhalb der bioakustischen Literatur über die Lautäußerungen der Heuschrecken existiert eine Vielfalt von unterschiedlichen Begriffen, die auf verschiedenen Definitionen beruhen. Die Definitionen in den umfassenden Arbeiten von Heller (1988) und Ragge & Reynolds (1998) stimmen weitgehend miteinander überein. Sie sind geeignet für die einheitliche Terminologie von Arbeiten mit einem großen Spektrum von Arten und vielen verschiedenen Gesangstypen. Sie ermöglichen uns, die Lautäußerungen von Langfühlerschrecken und Kurzfühlerschrecken mit der gleichen Terminologie zu beschreiben. Autoren, die Lautäußerungen von Arten oder einzelnen Gattungen im Detail und im evolutiven Zusammenhang analysierten, gebrauchen eine leicht abgeänderte Termi-

nologie (z. B. Helversen 1977, Gottsberger 2007). Wir benutzen in Anlehnung an Ragge & Reynolds (1998) und Heller (1988) die folgenden Bezeichnungen:

Impuls: Schall, der durch den Kontakt eines einzelnen Zähnhens der Feile mit der Schrilkkante entsteht. Impulse sind auf einem Oszillogramm nur selten einzeln sichtbar, da die Geräusche oft durch Verschmelzung von mehreren Impulsen zustande kommen.

Puls: Schall, der durch die Verschmelzung von Impulsen zustande kommt. Eine Silbe kann aus einem bis vielen Pulsen bestehen. Ein Puls entspricht oft der kleinsten Ausschlags-Einheit im Oszillogramm. Anhand eines Oszillogramms ist es oft schwierig zu sagen, ob die Ausschläge durch ein einzelnes Zähnhchen der Feile (Impuls) oder durch mehrere Zähnhchen (Puls) zustande kommen. Beim Gesang von Arten, welche die Hinterflügel gegeneinander schlagen, wird ein Ausschlag im Oszillogramm ebenfalls Puls genannt.

Silbe (syllable): Ton, der während einer Öffnungs- und Schließbewegung der Vorderflügel bei Langfühlerschrecken bzw. einer Auf- und Abwärtsbewegung der Hinterschenkel bei Kurzfühlerschrecken entsteht. Damit eine Bewegung als Silbe gilt, müssen die Flügel und Beine nicht in die Ausgangsposition zurückbewegt werden. Eine Silbe besteht bei Langfühlerschrecken aus einer **Öffnungshalbsilbe** (opening hemisyllable), die durch eine einfache **Öffnungsbewegung** zustande kommt, und einer **Schließhalbsilbe** (closing hemisyllable), die durch die darauf folgende **Schließbewegung** zustande kommt. Bei Kurzfühlerschrecken besteht eine Silbe aus einer **«Aufwärtshalbsilbe»** (upstroke hemisyllable), die durch eine Aufwärtsbewegung der Hinterschenkel zustande kommt, und einer **«Abwärtshalbsilbe»** (downstroke hemisyllable), die durch eine Abwärtsbewegung zustande kommt. Eine Silbe kann sowohl mit der Öffnungshalbsilbe (Aufwärtshalbsilbe) als auch mit der Schließhalbsilbe (Abwärtshalbsilbe) beginnen.

Makrosilbe (macrosyllable): Eine längere, meist lautere Silbe. Silben werden Makro- bzw. Mikrosilben genannt, wenn innerhalb eines Gesangs zwei deutlich verschiedene Silbentypen erzeugt werden, die sich vorwiegend durch die Silbendauer deutlich unterscheiden (Abb. 5).

Mikrosilbe (microsyllable): Eine kürzere, meist leisere Silbe.

Einzelsilbe (isolated syllable): Silbe, die durch eine deutliche Pause von der darauf folgenden Silbe getrennt ist. In der Pause zwischen den Silben ist der Vorderflügel unbewegt (z. B. bei *Leptophyes punctatissima*).

Vers (echeme): Eine abgeschlossene Gruppe von Silben mit einem bestimmten Zeit- und Amplitudenmuster. Verse sind durch eine Pause unterschiedlicher Länge von der vorangehenden und folgenden solchen Gruppe getrennt.

Strophe (echeme sequence): Eine abgeschlossene Gruppe von Versen, die deutlich von der vorangehenden und folgenden Gruppe abgesetzt ist.

Serie (series): Der Begriff Serie wird gebraucht, wenn sich aneinander gereihete Silben, Verse oder Strophen durch eine größere Pause von einer nächsten Serie abgrenzen. Die Muster der einzelnen Silben, Verse oder Strophen unterscheiden sich dabei oft geringfügig (z. B. im Spontangesang von *Chorthippus biguttulus*, Abb. 8 oder im Spontangesang von *Chorthippus dorsatus*, Abb. 10). Eine Serie ist durch eine größere Pause von einer nächsten Serie getrennt als Verse oder Strophen untereinander.

Sequenz (sequence): Eine Abfolge von unterschiedlichen Gesangelementen, die zusammen ein charakteristisches, sich wiederholendes Muster ergeben (z. B. Spontangesang von *A. fusca*, S. 79 oder Werbesang von *G. rufus*, S. 91).

Gesang (song): Allgemeiner Begriff für die Lautäußerungen einer Art, eines Individuums.

Spontangesang (calling song): Silben, Verse, Strophen und Serien, welche von meist isolierten Männchen geäußert werden, um Weibchen anzulocken (gewöhnlicher Gesang, Lockgesang, Rufgesang).

Wechselgesang (alternating or synchronising the song): Gesang von mindestens zwei Männchen, die ihren Gesang aufeinander abstimmen. Beim typischen Wechselgesang singt das eine Männchen genau in die Pause des anderen.

Rivalengesang (rivalry song): Gesang, der oft von zwei oder mehreren Männchen abwechselnd oder gleichzeitig geäußert wird, um miteinander in Kontakt zu treten. Oft versuchen sie sich damit gegenseitig einzuschüchtern und zu vertreiben. Er kann auch mit Kampfhandlungen verbunden sein. Der Übergang zum Wechselgesang kann fließend sein.

Werbesang (courtship song): Er wird vom Männchen sehr nahe beim Weibchen geäußert, ist oft leiser, länger und komplexer als der Spontangesang.

Antwortgesang (response song): Gesang von paarungsbereiten Weibchen, die auf den Gesang der Männchen antworten.

Laute: Lautäußerungen, bei denen nicht klar ist, ob es sich um Silben, Verse oder Strophen handelt.

Anspringlaute: Die kurzen, wenig spezifischen, von Männchen vor und beim Aufsprung auf ein Weibchen geäußerten Laute. Sie sind für Bestimmungszwecke meist unbrauchbar.

Schüttellaute: Silben oder Verse, die zusammen mit Vibrationsbewegungen des Körpers geäußert werden. Sie sind oft eine Form des Spontangesangs. Oft werden während solcher Schüttellaute Mikrosilben erzeugt.

Gehlaute: Silben oder Verse, welche die Männchen während des Umherstreifens in der Vegetation äußern. Ähnliche Laute erzeugen die Männchen vor und nach dem eigentlichen Werbesang, bis sie sich vor dem Weibchen in eine optimale Position gebracht haben.

Nachgesang (aftersong): Silben, Verse oder Strophen, die an Verse oder Strophen des Spontangesangs angehängt werden (Abb. 9).

Spontanflug: Flüge, welche die Männchen durchführen, um Weibchen anzulocken oder ein Territorium zu markieren (die genaue Funktion ist unbekannt). Im Gegensatz zu Fluchtsprüngen fliegen die Männchen spontan auf und erzeugen oft ein arttypisches Geräusch (z. B. *Bryodemella tuberculata*, Abb. 12).

Anschlag: Berührung oder Gegeneinanderschlagen von Körperteilen, z. B. Beine gegen ein Substrat schlagen oder die Hinterflügel gegeneinanderschlagen.

Tibienschleudern: Vorgang, bei dem eine oder beide Hinterschienen entlang des Vorderflügels nach hinten geschleudert werden. Dabei entsteht ein knip-sendes Geräusch (z. B. bei *Stethophyma grossum*) (Schienenschleudern).

«**zick**» und «**tick**» etc.: Kurze, scharfe Laute.

Einbeiniges Tier: Geläufiger Ausdruck für ein Individuum, das auf irgendeine Weise ein Hinterbein verloren oder abgeworfen hat. Den Begriff gebrauchen wir für singende Männchen von Kurzfühlerschrecken. Ihre Oszillogramme sind sauberer, da sich die Geräusche der beiden Stridulationsapparate nicht überlagern. Allerdings können auch interessante Gesangsdetails fehlen.

Intercalata, vena intercalata: Eine mit Zäpfchen versehene Nebenader im Medialfeld von Öd-

landschrecken (Locustinae). Ödlandschrecken stridulieren u. a. indem sie die Hinterschenkel über die vena intercalata reiben.

Frequenz: In der Beschreibung von Tönen oder Geräuschen wird «Frequenz» für die Anzahl Schwingungen einer Schallwelle pro Zeiteinheit benutzt. Die Einheit ist das Hertz, 1 Hz entspricht einer Schwingung pro Sekunde, 1 kHz tausend Schwingungen pro Sekunde. Tiefe bzw. hohe Töne entsprechen tiefen bzw. hohen Frequenzen. Als Schall werden Schallwellen bezeichnet, die der Mensch hören kann (etwa 16 Hz–20 kHz), als Ultraschall Schallwellen höherer Frequenz (ab 20 kHz). Ein reiner Ton entspricht Schall mit nur einer Frequenz, ein Geräusch entspricht Schall, der aus einer Vielzahl von Schallwellen (mit verschiedenen Frequenzen) entsteht.

Geräuschqualität: Man kann die Qualität eines Geräusches beschreiben durch Wörter wie z. B. Schwirren, Rauschen, Kratzen und Quietschen. «Tonhaft» oder «stimmhaft» bezieht sich auf ein Geräusch, das einen reinen Klang hat. Die meisten Heuschrecken erzeugen Geräusche, viele Grillen jedoch Töne.

Oszillogramm (oscillogram):



Abb. 1: Oszillogramm von drei Versen des Spontangesangs von *Platycleis albopunctata grisea*. Ein Oszillogramm zeigt die Lautstärke im zeitlichen Verlauf (siehe Text). Isone TI, 23 °C, 2 s.

Ein Oszillogramm zeigt ein Bild der Lautstärke im zeitlichen Verlauf (unabhängig von der Tonhöhe). Auf der x-Achse läuft die Zeit. Die y-Achse gibt die Lautstärke (Schalldruck) zu jedem beliebigen Zeitpunkt wieder. Dargestellt ist die Lautstärke als Abweichung von der Mittellinie. Mithilfe eines Oszillogramms kann man Angaben zur Länge von Gesangeinheiten und zu den dazwischen liegenden Pausen machen. Weiter kann man herauslesen, wann ein Vers oder eine Strophe die maximale Lautstärke erreicht und wie lange das Crescendo bis dorthin dauert. Um herauszufinden, welche und wie viele Bein- oder Flügelbewegungen die Lautstärkemuster im Oszillogramm hervorrufen, muss man die Bein- oder Flügelbewegung optisch zeitgleich mit dem Gesang aufnehmen (z. B. mit einer optoelektronischen Einrichtung, Helversen 1977). Erst dann lässt sich bestimmen, welche Einheiten im Oszillogramm Silben, Verse oder Stro-

Lautstärke: Den individuellen Unterschieden des Gehörs versuchen wir durch die Verwendung der folgenden, auf eine gut hörende, jüngere Person bezogenen Begriffe Rechnung zu tragen:

sehr leise	0–1 m
leise	1–5 m
mäßig laut	6–20 m
laut	21–50 m
sehr laut	über 50 m weit hörbar

Paarungsruf von Froschlurchen: Differenziertester Ruftyp von Froschlurchen, der dazu dient, Weibchen anzulocken oder das Revier zu markieren (Schneider, 2005).

Gesang von Vögeln: Die Gesangsbeispiele der Vögel zeigen, wenn nichts anderes erwähnt wird, den während der Fortpflanzungszeit vorgetragenen Vollgesang der Männchen (siehe z. B. Bergmann et al. 2008).

phen sind. Bei einigen Arten, die langsame Beinbewegungen durchführen wie z. B. *Chorthippus montanus*, kann man solche Rückschlüsse durchaus auch ohne elektronische Hilfsmittel aufgrund einfacher Beobachtung ziehen. Ein Oszillogramm zeigt keinerlei Informationen über die erzeugten Frequenzen und die Geräuschqualität. Um Angaben über die Tonhöhe (Frequenzen) zu erhalten, braucht man ein Spektrogramm oder ein Frequenzspektrum.

Oszillogramme (und Spektrogramme) haben eine feinere Zeitauflösung als das menschliche Gehör. Es werden also Muster dargestellt, die unser Gehör gar nicht einzeln wahrnehmen kann. Heuschrecken besitzen ein viel besseres zeitliches Auflösungsvermögen. Deshalb erscheinen uns manche Gesänge ähnlich, obwohl sie für Heuschrecken (und für uns im gedehnten Oszillogramm) deutlich verschieden erscheinen.

Spektrogramm oder Sonagramm (spectrogram):

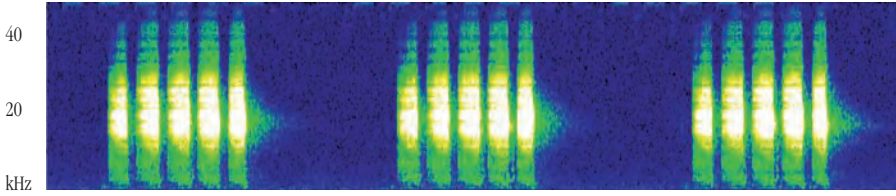


Abb. 2: Spektrogramm des gleichen Ausschnittes wie bei Abb. 1 von *Platyleis albopunctata grisea*. Ein Spektrogramm zeigt die Lautstärke der einzelnen Frequenzen im zeitlichen Verlauf (siehe Text). Die Farben geben die Lautstärke der einzelnen Frequenzen an, hier von blau (Grundrauschen) über grün (leise Frequenzen), gelb (mäßig laute Frequenzen) bis weiß (laute Frequenzen).

Ein Spektrogramm stellt die Zusammensetzung der Lautäußerung aus einzelnen Frequenzen im zeitlichen Verlauf dar. Im Gegensatz zum Oszillogramm wird also nicht primär die Lautstärke, sondern es werden die erzeugten Frequenzen dargestellt. Die gängigen Audioprogramme zeigen Spektrogramme mit verschiedenen Farben an. Je höher die Lautstärke einer erzeugten Frequenz, desto heller (oder dunkler) die Farbe. Auflösung, Kontrast und Farbwahl werden im Programm definiert, welches das Bild berechnet. So kann man aus einem Spektrogramm herauslesen, welche Frequenzen erzeugt werden (Bereich) und welche davon laut sind und hauptsächlich zur Kommunikation verwendet werden. Manchmal hört man auch den Begriff Sonagramm, der synonym für Spektrogramm gebraucht wird. Ein Sonagramm ist streng genommen der Begriff für ein Spektrogramm, das von einem Sonographen (Kay Elemetrics Co.) produziert wird.

Eine andere Möglichkeit, die Frequenzen und deren Lautstärke darzustellen, bietet ein **Frequenzspek-**

trum (power spectrum). Abb. 3 zeigt ein Frequenzspektrum eines Gesangsbereichs von *Platyleis albopunctata grisea* in linearer (links) und logarithmischer (rechts) Skalierung. Auf der x-Achse ist die Frequenz von 0–48 kHz dargestellt, auf der y-Achse die Lautstärke. Die lineare Abbildung besitzt eine relative Lautstärkeskala und zeigt den Schalldruck, der höchste Wert ist als 100% zu betrachten. Die logarithmische Skala zeigt die Lautstärke in dB. Aus solchen Abbildungen kann man nun herauslesen, welche Frequenz mit welcher Lautstärke erzeugt wird. Die Aussage «Das Frequenzspektrum liegt in einem Bereich von 5–40 kHz und zeigt ein (Lautstärke)Maximum bei 18 kHz» (in der Beschreibung der Lautäußerungen der Langfühlerschrecken) lässt sich also mithilfe von Spektrogramm und Frequenzspektrum ableiten. Da viele Heuschrecken ihr Lautstärkemaximum im Ultraschallbereich haben, ist der Begriff «(Lautstärke)Maximum» zwar korrekt, wir Menschen hören trotzdem nur die leiseren Nebengeräusche unterhalb von 20 kHz.

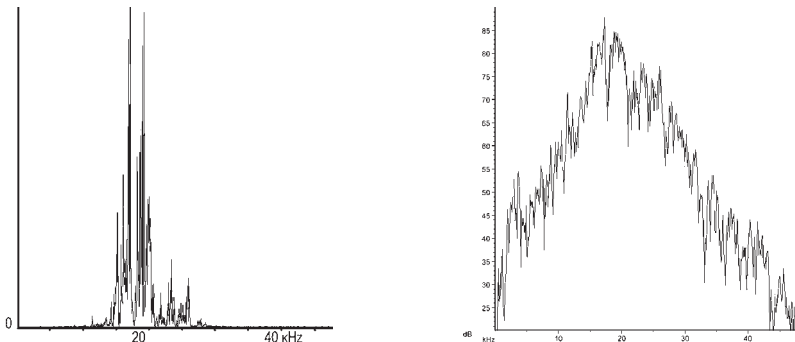


Abb. 3: Frequenzspektr von *Platyleis albopunctata grisea*. Ein Frequenzspektrum zeigt die Lautstärke der einzelnen Frequenzen. Links ist die Skalierung linear (der größte Wert ist als 100 % zu betrachten), rechts logarithmisch. Die schwache Ausprägung der Ultraschallkomponenten ist auf eine Unempfindlichkeit des Mikrofons für Ultraschallwellen zurückzuführen.

Terminologie bei Langfühlerschrecken

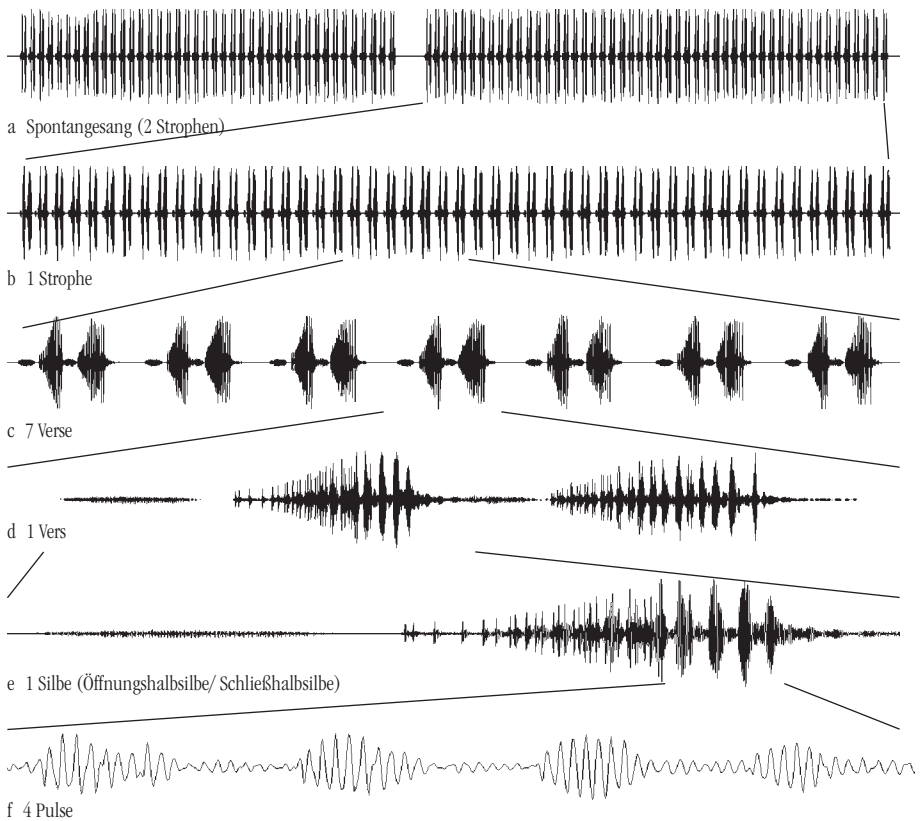


Abb. 4: Aufbau des Spontangesangs von *Tettigonia viridissima*. Der Gesang besteht aus unterschiedlich langen Strophen. Der längste hier dargestellte Ausschnitt besteht aus zwei Strophen (**a**, 13 s). Eine Strophe (**b**, 7 s) besteht aus einer unterschiedlichen Anzahl von Versen (**c**, 1 s). Ein Vers ist aus zwei Silben aufgebaut (**d**, 120 ms). Eine einzelne Silbe besteht aus einer leisen Öffnungshalbsilbe und einer lauten Schließhalbsilbe (**e**, 60 ms). Eine einzelne Halbsilbe ist aus Pulsen aufgebaut (**f**, 7 ms). Die einzelnen Pulse entstehen durch die Verschmelzung von zwei bis vielen Impulsen. Einzelne Impulse sind im Unterschied zum Oszillogramm von *Epiphypiger persicarius* (siehe gegenüberliegende Seite) in diesem Oszillogramm nicht zu erkennen. Mendrisio TI, 18 °C Abenddämmerung.

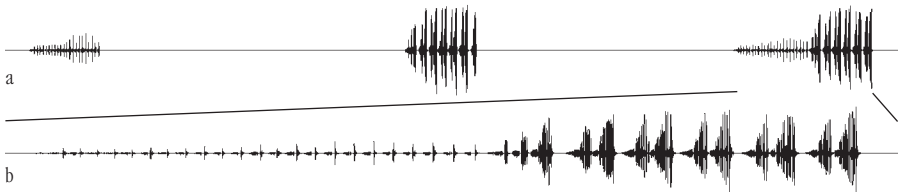


Abb. 5: Ausschnitt aus dem Spontangesang von *Antaxius difformis* (**a**, 4 s). Auf einen Vers aus Mikrosilben folgt einer aus Makrosilben. Beim dritten Vers folgt auf eine Folge von Mikrosilben direkt eine Folge aus Makrosilben (**b**, 0,7 s). Monte Generoso TI, 23 °C dunstig.

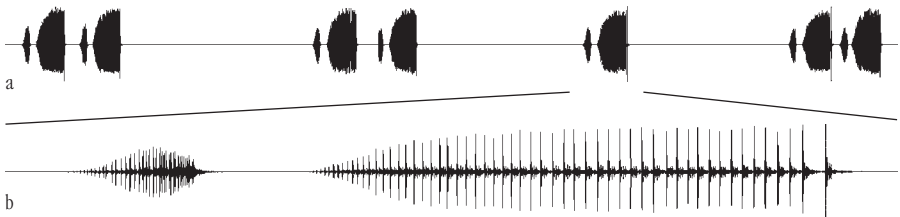


Abb. 6: Ausschnitt aus dem Spontangesang von *Epphigger persicarius*. Der Gesang besteht aus Versen oder Silben, die in regelmäßigen Abständen aneinander gereiht werden (**a**, 5 s). Auf eine kurze, leise Öffnungshalbsilbe folgt eine längere, laute Schließhalbsilbe (**b**, 300 ms). Die regelmäßig aneinander gereihten Impulse der Schließhalbsilbe sind gut zu sehen. Monte Generoso TI, 23 °C dunstig.

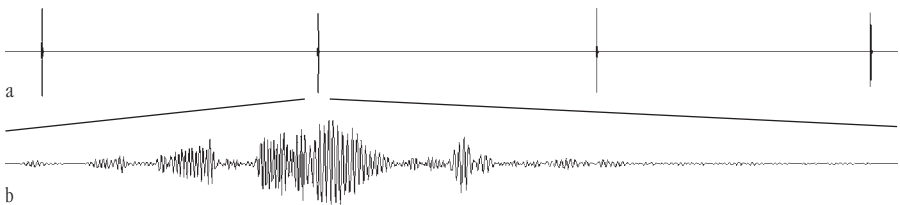


Abb. 7: Ausschnitt aus dem Spontangesang von *Leptophyes laticauda*. Der Gesang besteht hier aus Einzelsilben, die in regelmäßigen Abständen erzeugt werden (**a**, 5 s). Eine Einzelsilbe (**b**, 100 ms) ist aus ca. zehn Pulsen aufgebaut, die Unterscheidung der verschiedenen Pulse ist manchmal schwierig. Monte Caslano TI, 23 °C.

Terminologie bei Kurzfühlerschrecken

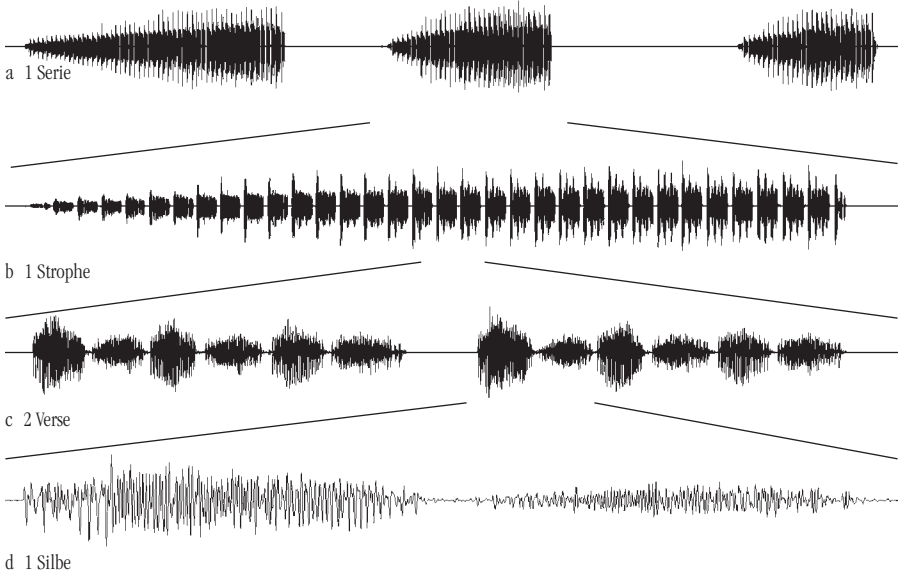


Abb. 8: Spontangesang von *Chorthippus biguttulus* (einbeiniges Tier). Der Gesang besteht aus Serien (**a**, 10 s), die in unterschiedlichen Abständen geäußert werden. Eine Serie besteht hier aus drei Strophen. Eine Strophe (**b**, 2 s) ist aus einer bestimmten Zahl von Versen aufgebaut (**c**, 120 ms). Eine einzelne Silbe (**d**, 15 ms) beginnt hier mit der Abwärtsbewegung des Hinterschenkels. Die hier verwendete Terminologie für einige Arten der *Chorthippus biguttulus*-Gruppe weicht etwas von der gängigen Terminologie ab (vgl. z.B. Helversen 1977 und Gottsberger 2007). Kipfenberg, Ba, D, 23° C sonnig und dunstig.



Chorthippus biguttulus ♂, singend. An den Fühlern ist zu sehen, wie die Männchen während des Singens regelrecht ins Vibrieren geraten. Pfywald bei Leuk, VS, 27.7.07



Abb. 9: Strophe des Spontangesangs von *Chortbippus mollis ignifer*. Nach der eigentlichen Strophe folgt in geringem Abstand der Nachgesang (6 leise Verse). Riederalp VS, 17 °C sonnig, 25 s.



Abb. 10: Vollständige Serie aus dem Spontangesang von *Chortbippus dorsatus* (**a**, 19 s). Der Gesang vieler Kurzfühlerschrecken besteht aus einfachen Versen, die sich durch die Form und Wiederholungsrate der einzelnen Silben unterscheiden. Bei *C. dorsatus* bewegen sich die beiden Hinterschenkel während eines Verses zu Beginn synchron und am Schluss phasenverschoben, sodass es schwierig ist, die Silben zu zählen. Der dargestellte Vers (**b**, 2 s) ist aus ca. zehn Silben aufgebaut. Haselbrunn, Ba, D, 23 °C sonnig.

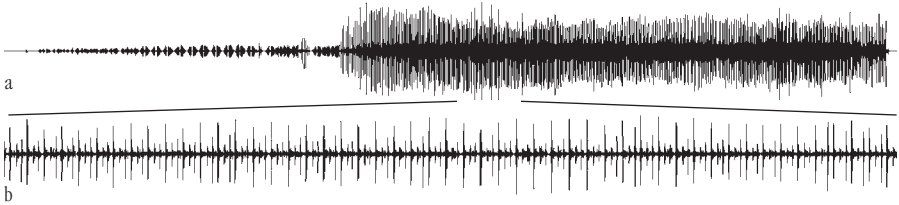


Abb. 11: Spontangesang von *Stenobothrus rubicundulus*. Auf eine Reihe von Silben, die mit den Hinterschenkeln erzeugt werden, folgt das Flügelschnarren, das entsteht, wenn sich die Vorderkanten der Hinterflügel berühren (**a**, 10 s) (S. 88). Die einzelnen Ausschläge im Oscillogramm werden hier (Flügel)Anschläge genannt (**b**, 0,5 s). Muottas Muragl GR, 25 °C sonnig.

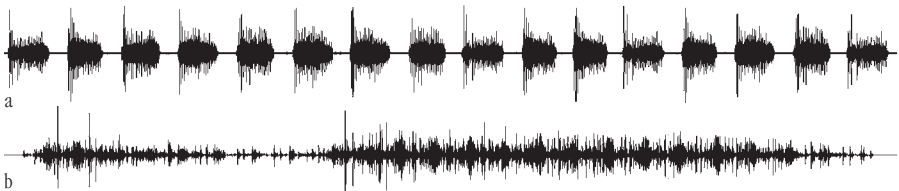


Abb. 12: Geräusch, das während eines Spontanfluges von *Bryodemella tuberculata* entsteht (**a**, 10 s). Die einzelnen Anschläge im Geräuschemuster (**b**, 0,5 s) sind weniger deutlich zu erkennen als bei *Stenobothrus rubicundulus*, da das Geräusch wahrscheinlich durch die Berührung mehrerer Hinterflügeladern in kurzer Folge (oder gleichzeitig) entsteht (S. 71). Vorderriss an der Isar, Ba, D, 20 °C.