

15.7

Die Gespenstschrecke im Biologieunterricht (*Extatosoma tiaratum*)

Herausgeber: Landeshauptstadt Hannover
Fachbereich Bibliotheken und Schulen

Titel: **Die Gespenstschrecke im Biologieunterricht**
(Extatosoma tiaratum)
Arbeitshilfe Nr. 15.7
Jan. 1977/Febr. 1991/Jun. 2007

Verfasser: Hans-Joachim Frings (verstorben)
Renate Grothe
aktualisiert von Dörte Bütefisch

Herausgeber: Landeshauptstadt Hannover
Fachbereich Bibliothek und Schule
Schulbiologiezentrum
Vinnhorster Weg 2
30419 Hannover
Tel: 0511/168-47665
Fax: 0511/168-47352
E-Mail: schulbiologiezentrum@hannover-stadt.de
Internet: www.schulbiologiezentrum-hannover.de

Inhaltsverzeichnis

1. Didaktische Vorüberlegungen	Seite 1
2. Zur Biologie der Gespenstschrecke <i>Extatosoma tiaratum</i>	Seite 2
2.1 Stellung im System	Seite 2
2.2 Zur funktionellen Morphologie	Seite 3
2.2.1 Weibchen	Seite 3
2.2.2 Männchen	Seite 4
2.3 Entwicklung	Seite 6
2.3.1 Fortpflanzung	Seite 6
2.3.2 Paarung	Seite 7
2.3.3 Eiablage	Seite 8
2.3.4 Eier	Seite 8
2.3.5 Entwicklung der Larven im Ei	Seite 9
2.3.6 Entwicklung der Larven	Seite 9
2.3.7 Das erste Larvenstadium	Seite 9
2.3.8 Allometrisches Wachstum	Seite 10
2.3.9 Wachstum und Häutung	Seite 10
2.3.10 Die weiteren Larvenstadien	Seite 11
2.3.11 Tod	Seite 12
2.4 Regeneration und Autotomie	Seite 12
2.4.1 Allgemeines	Seite 12
2.4.2 Heilung	Seite 12
2.4.3 Autotomie	Seite 13
2.4.4 Regeneration	Seite 13
2.5 Lebensraum und Lebensweise	Seite 13
2.5.1 Verbreitungsgebiet und Vegetation	Seite 13
2.5.2 Tarn- und Warntracht	Seite 14
2.5.3 Abwehrreaktionen	Seite 15
2.5.4 Fluchtreaktionen	Seite 16
2.5.5 Haft- und Klammerreflex	Seite 17
2.5.6 Tot stellen	Seite 17
2.5.7 Ausweiten des Lebensraumes	Seite 17
2.5.8 Entwicklungsbedingungen	Seite 17
2.5.9 Verhalten der frisch geschlüpften Larven	Seite 18
2.6 Zuchtbedingungen	Seite 18
2.6.1 Lagerung der Eier	Seite 18
2.6.2 Schlüpfen und Haltung der jungen Larven	Seite 19
2.6.3 Halten der Larven und Imagines	Seite 19
2.6.4 Futter	Seite 19
2.6.5 Krankheiten	Seite 20
2.6.6 Abnehmen der Gespenstschrecken vom Zweig	Seite 20
3. Vorschläge für den Unterricht	Seite 20
3.1 Gestaltbeschreibung, erstes Kennenlernen	Seite 20
3.2 Unvollständige Verwandlung	Seite 21
3.3 Tarnung und Schreckreaktion	Seite 21
3.4 Regeneration	Seite 22
3.5 Sexualverhalten	Seite 23
3.6 Bewegungskoordination bei Tieren mit Außen- u. Innenskelett	Seite 24
3.7 Mundwerkzeuge - Futter- und Wasseraufnahme	Seite 24

3.8	Flügel und Flugmechanismus	Seite 25
3.9	Allometrisches Wachstum	Seite 26
3.10	Weitere Unterrichtshinweise	Seite 26
4.	Literatur - Verzeichnis	Seite 28
5.	Abbildungen	Seite 30
6.	Arbeitsblätter	Seite 41

1 Didaktische Vorüberlegungen

Die Gespenstschrecke ist ein Beispiel dafür, dass manche für den Biologieunterricht ausgezeichneten Tiere fast unbekannt sind. Das mag vor allem daran liegen, dass sich die Fachdidaktik und -methodik in den Anfängen neuer Überlegungen befindet. Es geht darum, stellvertretend für viele andere Tiere, Arten zu finden, die durch Gestalt und Verhalten im Sinne des forschenden Biologie- und Ökologie-Unterrichts Fragen nach der Lebensweise herausfordern, die sich mit den begrenzten Mitteln der Schule untersuchen lassen.

So wichtig es ist, dass Schüler die einheimischen Lebewesen in ihrem Lebensraum kennen lernen mit allen Problemen seiner Bedrohung, so eignen sich doch nur wenige Tiere für den Unterricht, da die meisten zu empfindlich für eine Haltung in der Schule sind und bestrebt sich der Beobachtung zu entziehen.

Den Schüler reizen zudem Tiere, die wie die Gespenstschrecke durch die skurrile Gestalt Neugier weckt, gemischt mit Gruseln vor dem möglicherweise giftigen Insekt. Darin steckt weit mehr als bloße Motivation:

Ein Zug von Urangst und Sicherung gegenüber der bestachelten Fremdheit drängt sich vor, die uns ähnlich etwa bei Spinnen und Schlangen befällt und nur durch Umgang und Kennen lernen überwunden werden kann. Selbst einen Künstler wie Max Ernst hat es gereizt, eine Phantasie - Phasmide zum Ansatz seines Bildes „Beim ersten klaren Wort“ (1923) werden zu lassen.

Diese Gefühle von Angst und Abscheu werden noch verstärkt durch Gruselfilme und Comics. Hier kann die intensive Beschäftigung mit einem solchen „Monster“ die Emotionen der Schüler relativieren und sie sogar zu einem verantwortungsvollen Pflegen dieser interessanten Lebewesen führen.

Viele Erprobungen im Unterricht zeigten die große Bereitschaft der Schüler, zu wirklichen Entdeckungen zu kommen, die bei einiger Anregung ohne großen Aufwand zu gewinnen sind.

Trotz der überraschenden Einblicke, die bei diesem Tier gewonnen werden konnten, muss davor gewarnt werden, sich im modernen Biologieunterricht ausschließlich mit leicht zu haltenden Pflanzen und Tieren im Schullabor einzukapseln und dabei weithin den Bezug zu den feldbiologischen Erscheinungen und Problemen des eigenen Lebensraumes zu verlieren.

Damit würde das Bestreben nach schulbiologischer Forschung auf den Kopf gestellt. Jeder kleinste Gang im Schulgelände, zu einer aufgelassenen Baustelle, einem Park, liefert an jeder Schuttpflanze, unter jedem Stein, in jedem Teich Lebensformen, deren Untersuchung unzählige Fragen aufwirft, die uns mit den biologischen Aufgaben des Umweltschutzes konfrontieren.

Demgegenüber stellt eine Gespenstschrecke nur ein geduldiges fremdländisches Insekt dar, das genauere Untersuchungen durch seine Größe und Zuchtbedingungen erleichtert, bei dem jedoch exemplarisch Verständnis für ökologische Probleme gewonnen werden kann.

Die Darstellung ist für Schulen gedacht und verzichtet auf Hinweise, die nur unter großem Zeit- und Materialaufwand zu bewältigen sind.

Sie umfasst Aufgaben für alle Schuljahre (3-13).

2. Zur Biologie der Gespenstschrecke *Extatosoma tiaratum*

2.1 Stellung im System

Klasse: Insekten
Unterklasse: Freikiefler (Ektognatha)
Geflügelte Insekten (Pterygota)
Insekten mit imagoähnlichen Larven (Paurometabole)
Ordnung: Stab- und Gespenstschrecken (Phasmida)
Familie: Phasmatidae
Unterfamilie: Podacanthinae (charakteristische Gruppe Australiens, Gurney)
Gattung: *Extatosoma* Gray
Art: *Extatosoma tiaratum*
(auch: *Ectatosoma* t.; gr. ekstasis, soma;
lat. tiara. hier etwa: gekrönter Ausdehnungsleib, nach Gurney)

Zur Ordnung „Gespenstschrecken“ (nicht verwandt mit Heuschrecken): 2.500 mittel bis sehr große Arten, teils stabförmige (Stabheuschrecke, *Carausius morosus*), teils blattförmige (Wandelndes Blatt, *Phyllium frondosum*) bizarre tropische Pflanzenfresser. Kopf klein, Fühler lang, Komplexaugen klein, 2 - 3 Ocellen, kauende Mundwerkzeuge nach vorne gerichtet. Erstes Brustglied frei beweglich. Flügel unterschiedlich ausgebildet, oft nur bei den Männchen oder ganz fehlend; Vorderflügel meist stark verkürzt; oft nur Gleitflüge. Beine gleichgliedrig, teils glatt, teils blattartig und bedornt. Kopulationszange und Legeapparat oft kräftig ausgebildet.

Männchen meist kleiner und anders gestaltet als die Weibchen. Die Phasmiden sind träge Gras-, Busch- und Baumbewohner. Trotz auffallender Tarntracht nur selten Massenaufreten mit Schadfraß. Neben geschlechtlicher Vermehrung auch Parthenogenese, bei der Männchen nur selten auftreten. Eier werden abgeworfen, mehmonatige Embryonalentwicklung, Larvenperiode 3-8 Monate, 5 Häutungen, Imagines leben 3-6 Monate, paarige Wehrdrüsen des Thorax als evolutive Neuerung ausschließlich bei Gespenstschrecken (Abb. 35).

2.2 Zur funktionellen Morphologie

2.2.1 Weibchen (Abb. 1)

Weibchen messen in der Zucht ohne Fühler etwa 10-12 cm. Der walzige Hinterleib erreicht bis zu 20 mm Durchmesser. Er läuft nach vorne spitz zu in die drei konischen Thoraxabschnitte aus (Abb. 2), auf deren dünnem aber kräftigen „Hals“ ein kleiner eiförmiger Kopf sitzt. Das Insekt bewegt sich auf langen dreiseitig geflügelten Beinen. Zur Farbtracht vgl. 2.5.2. Am Kopf (ca. 15 mm lang, 8 mm breit) fallen die urtümlich nach vorne gerichteten beißenden Mundwerkzeuge auf (Abb. 4.5). Der Mundraum mit den kräftigen Oberkiefern ist lippenartig verschlossen und hat ein großes Sinnesfeld. Unterkiefer und Unterlippe legen sich von unten her vor die Mundöffnung. Die Taster überragen es, die Front des Kopfes stets senkrecht zur Fläche des Futterblattes einzustellen; dem entsprechen Spaltung und Stellung der Mundwerkzeuge (Abb. 6). Bei meist still gehaltenem Körper werden Blätter entsprechend dem Radius von Kopf und „Hals“ (1. Brustsegment) abgeweidet. Beide Lippentasterpaare übernehmen dabei die Führung. Wenn sie ins Leere greifen, wird der Kopf so weit als möglich nach rückwärts bewegt, der Körper ein Stück vorgeschoben und dann weiter geweidet (Abb. 7). Über dem Mundfeld sind die etwa 3 cm langen Fühler frei beweglich eingelenkt. Sie bestehen meist aus 26 Gliedern, von denen nur die ersten drei auffallend ungleich sind (wichtig bei der Beobachtung von Antennenregeneration, vgl. 2.4). Die Antennenglieder sind vorwiegend mit feinen, kurzen, aufrecht stehenden Haaren bedeckt.

Die relativ kleinen Komplexaugen sitzen seitlich etwas nach vorne gerückt (siehe 2.2.2). Ausgebildete Einzelaugen (Punktaugen, Ocellen) fehlen den Weibchen. Sie weisen aber auf der Oberseite des Kopfes an der Stelle drei glasige Flecken auf, an der bei den Männchen große Punktaugen sitzen. Diese Flecken sind lichtempfindlich und dienen vermutlich der Horizonterkennung.

Das schmale bewegliche erste Brustglied (Prothorax) trägt ebenso wie die nach hinten konisch anschwellenden, hinteren beiden, starr verbundenen Brustglieder (Meso- und Metathorax) je ein hinten seitlich ansetzendes Paar Schreitbeine. Sie sind gleichartig gebaut. Hüfte, Schenkelring, Schenkel, Schiene und Fußglieder mit Krallen sind sehr übersichtlich gegliedert. Die grob gesägten und bestachelten Flügel der Beine bilden eine blattähnliche Fläche, auf deren Unterseite eine gestachelte Leiste entlang läuft. Die Schenkel der Vorderbeine sind zwar grob gesägt aber nicht geflügelt. Sie haben Aussparungen, in die der Kopf bei vorgestreckten Vorderbeinen besonders bei den Larven genau hineinpasst (Abb. 11). Die Hinterbeine sind am längsten und kräftigsten, die mittleren am kürzesten (Maße bei einem Weibchen von 12 cm Körperlänge: Vorderbeine 5,2 cm, Mittelbeine 4,6 cm, Hinterbeine 6 cm).

Die vier schmalen, ungleich langen Fußglieder tragen auf der Sohlenseite je 1 Paar Haftballen, das Endglied zwei kräftige Krallen und einen großen weichhäutigen Haftlappen (Abb. 22), mit denen sie auch senkrechte Glasscheiben hoch laufen können. Die Haftvorrichtungen bestehen aus Polstermembranen, die durch Drüsensekrete große Adhäsionswirkung entfalten, also „kleben“. Eine spezielle Ausprägung der Beine besteht bei *Extatosoma* darin, dass Mittel- und Hinterbeinpaar besonders in Ruhestellung oft alleine das ganze Tier tragen. Die mit seitlichen Ausläufern des Metathorax weit hinten ansetzenden, besonders starken Hinterbeine stützen den schweren frei beweglichen Hinterleib ab. Dagegen benutzen sie die langen schmalen Vorderbeine, die meist weit nach vorne gestreckt sind, um neuen Halt zu suchen, heftig umherbewegend als zusätzliche Taster (Abb. 30).

Am hinteren Rand des Mesothorax setzen die nur etwa 15 mm langen blattartigen Flügeldecken an, darunter liegen fast vollkommen verdeckt und funktionslos die schmalen Stummel des zweiten Flügelpaares (7 mm lang), das am Vorderrand des Mesothorax entspringt (Abb. 1 und 2).

Der äußerlich zehngliedrige Hinterleib ist dickwalzig. Das erste Hinterleibsglied ist in die seitlichen Ausläufer des Metathorax eingezogen und ohne Einschnitt starr mit ihm verbunden. (Abb. 2)

Das 5. - 7. Glied trägt seitlich bestachelte Kiele, das 5. und 6. Glied oberseits je einen Doppelkiel mit 6 - 8 Stacheln. Die übrigen Glieder zeigen auf Ober- und Unterseite je eine Stachelgruppe.

Die Unterseite des 8. - 10. Gliedes ist zu einem kahnförmigen Stück mit Stachelkiel umgebildet. Meist zeigt sich der Hinterleib nicht gestreckt, sondern hochgeklappt und teils über dem Rücken nach vorne eingerollt.

Die Atemporen (Stigmen) sind längs der Seitenlinie am vorderen Rand jedes Körpersegmentes angeordnet. Mit der Lupe lässt sich deutlich erkennen, dass die Öffnungen in einem Vorhof versenkt sind. Am Thorax finden sich große Verschlusslippen (Abb. 8), die sich im Sekundentakt öffnen und schließen. Diese Bewegungsfrequenz hängt stark von Temperatur und Aktivität ab, zu der auch die Eiproduktion gehört. Der Hinterleib weist kleinere Verschlussringe auf. Wie bei vielen primitiven Insekten schließt sich ein Teil der Stigmen beim Ein-, ein anderer beim Ausatmen und sorgt so für einen gerichteten Luftstrom im Tracheensystem.

2.2.2 Männchen (Abb. 9)

Männchen messen ohne Fühler 8 - 10 cm; sie sind stabförmig gestreckt und geflügelt. Wir haben einen auffallenden Geschlechtsdimorphismus vor uns. Bei starker Aktivität, oder wenn sie hochgeworfen werden, entfalten sie ihre breiten häutigen Flügel zu einem kurzen flatternden und wenig gerichteten Flug. Ihre Flügelbewegung gehört zum urtümlichen Typ der direkten Muskelbewegung mit geringer Schlagfrequenz (Abb. 32). Blitzaufnahmen lassen erkennen, dass die kurzen Deckflügel im Flug weit gespreizt verharren, die ersten beiden Beinpaare nach vorne, das letzte nach hinten gestreckt werden und der Hinterleib gerade gehalten wird. Solche Haltung weist Extatosoma als schlechten Flieger aus (gute Flieger unter den Insekten legen die Beine eng an den Leib, und die Flügeldecken sind aktiv am Flug beteiligt; P. Schneider, Die Flugtypen der Käfer, 75). Ausgehend vom allgemeinen Schema eines Insektenflügels ist das Analfeld (Abb. 9) im Gegensatz zu höher organisierten Insekten besonders stark entwickelt.

Die durchscheinend häutigen Flügel werden von über 20 dünnen unverzweigten Adern gehalten. Feine Queradern teilen die Häute in kleine Felder. Die dicht nebeneinander liegenden fünf vorderen Adern sind durch ein unregelmäßiges Netzwerk verbunden. Dieser schmale Bereich legt sich beim Anlegen der Flügel über die längsgefaltete Flügelhaut, so dass in Ruhe der Eindruck eines Zweigstückes entsteht. In die durchsichtige Haut ist ein Pigmentmuster so eingelagert, dass es aussieht, als seien in einer dunklen Grundfläche Reihen versetzter Flecken ausgespart. Die Flügel reichen bis zum Hinterende, decken damit reichlich 4/5 des Körpers; die Flügeldecken dagegen sind zwar wesentlich länger und breiter als bei den Weibchen, decken aber nur ca. 1/5; sie haben höckerartige Ausbuchtungen.

Die im Ganzen zierlichen aber lebhafteren Männchen zeigen weitere auffallende Unterschiede zu den plumpen Weibchen: Die Kopfkapsel ist nur 11 mm lang, die der Weibchen 15 mm, und läuft in Spitzen aus. Der Durchmesser beträgt 4 bzw. 8 mm. Eine Vergleichsberechnung (Köpfe vereinfacht als Ellipsoide gedacht) ergibt folgende Volumen: Weibchenkopf = 540 mm^3
Männchenkopf = 90 mm^3 .

Der Kopf der Weibchen ist also sechsmal so groß wie der der Männchen. Hinzu kommt, dass die Männchen mit durchschnittlich 2,2 g nur ein Achtel der etwa 18 g schweren Weibchen wiegen.

Die Komplexaugen haben bei beiden 2 mm Durchmesser, sind aber beim Männchen noch stärker vorgewölbt und haben daher eine etwas größere Anzahl Augenkeile. Da die Männchen bei der gleichen Optik eine viel geringere Masse zu steuern haben, dürfte ihre Sehleistung vergleichsweise erheblich besser sein. Ein Komplexauge besteht aus etwa 4000 Augenkeilen (Ommatidien). *)

Zum Vergleich: Eine Arbeitsbiene hat bei nur 0,1 g Körpergewicht rund 5000 Augenkeile. **)

Denkt man sich ein etwa 200mal schwereres Extatosoma-Weibchen auf die Größe einer Biene verkleinert, dann kämen dem großen Insekt nur noch 20 Ommatidien zu (dem Männchen noch 200).

Die stark gewölbten Augen von Extatosoma haben ein relativ großes Gesichtsfeld (gutes Dämmerungssehen, wichtig für nachtaktive Tiere). In Bezug zur Größe der Tiere gibt die Zahl der Augenkeile nur ein sehr begrenztes Auflösungsvermögen her, das aber für die trägen Pflanzenfresser ausreicht. Ob sie Farben sehen, ist unbekannt. Das Adaptationspigment der Augenkeile täuscht einen Pupillenfleck

vor, der im Zentrum der Halbkugel des oft braungesprenkelten Auges durchscheint. Die drei Einzelaugen der Männchen sind zu einer vorspringenden Kuppel zusammengefasst (Abb. 10). Mit einem Durchmesser von etwa 0,6 mm entspricht jede Ocelle einem Areal von 400 Ommatidien. Die Einzelaugen sind allerdings ganz anders gebaut. Gesehen wird offenbar nicht damit, sie dienen der Stimulation zum Flug, der für die trägen Tiere äußerste Beschleunigung bedeutet (s. 2.5.10).

Erläuterungen zu *) und **)

*) Die angeführten Messungen und Berechnungen führen zur Bestimmung der Größenordnung: Bei einem voll entwickelten Weibchen wird die Oberfläche des annähernd halbkugeligen Auges berechnet.

Halbmesser $r = 1 \text{ mm}$.

$$O = \frac{4}{2} \pi r^2 \quad O \text{ Ex.} = \frac{4}{2} \pi = \underline{\underline{6,28 \text{ mm}^2}}$$

Mit dem Objektmikrometer wurden auf einer Strecke von 1,5 mm 35 Augenkeile ausgezählt:



Sechseckfläche eines Augenkeiles:

$$F_{\text{Ex}} = \frac{3 \cdot 0,021^2}{0,866} = 0,00153 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} R &= 1,5 \text{ mm} : 35 \\ r &= 1,5 \text{ mm} : 70 = 0,021 \text{ mm} \\ \hline F &= 3 \cdot s \cdot r \\ r &= s \cdot 0,866 \quad S = \frac{r}{0,866} \end{aligned}$$

$$F = \frac{3 \cdot r^2}{0,866}$$

Zahl aller Augenkeile eines Auges:

$$A = \frac{6,28}{0,00153} = 4100$$

***) G. Pritsch, Arch. f. Geflügelzucht u. Kleintierkunde, Bd. 3, 1954.

Die beweglichen Fühler sind etwa doppelt so lang wie bei den Weibchen, die Anzahl der Glieder aber ist gleich, sie sind nur gestreckter, mit Ausnahme der beiden kräftigen Basalabschnitte.

Die Mundwerkzeuge sind entsprechend kleiner, aber im Wesentlichen gleich.

Die 3 Brustabschnitte sind denen der Weibchen ähnlich, Meso- und Metathorax enthalten allerdings kompakte Flugmuskulatur. Das mittlere Segment wird von 2 hellen Seitenlinien eingefasst, die am Ansatz der Deckflügel zu einem Pfeil auslaufen. Nur die hinteren Beinpaare sind entsprechend dem viel geringeren Körpergewicht etwas kürzer als bei den Weibchen, sonst aber ähnlich.

Der Hinterleib ist schmal und langgestreckt. In Ruhe verschwindet er unter den rinnenartig darüber zusammengelegten Flügeln. Er ist dornenfrei und weist lediglich am 5. - 7. Segment seitliche Kiele auf. Die Endabschnitte bilden eine Kopulationszange mit 2 schmalen Anhängen (Cerci).

2.3 Entwicklung

2.3.1 Fortpflanzung

Extatosoma tiaratum pflanzt sich in unseren Zuchten unbekannter Herkunft, wie viele Phasmiden, wahlweise zweigeschlechtlich oder aber eingeschlechtlich durch Jungfernzeugung (parthenogenetisch) fort. Aus befruchteten Eiern gehen etwa ebenso viele Männchen wie Weibchen hervor.

Die Geschlechtsbestimmung geschieht bei den Phasmiden, so weit bekannt, genotypisch, also durch Geschlechtschromosomen und zwar nach dem X-O-Typ, d.h. das Männchen besitzt nur ein X-Chromosom, das Weibchen aber zwei (White 51; Hughes-Schrader 59 nach Key, 1962).

Unbefruchtete Eier isoliert gehaltener, unbegatteter Weibchen entwickeln sich nur zum geringen Teil und dann gewöhnlich nur zu Weibchen. Bei diesen Eiern laufen beide Reifeteilungen als normale Äquationsteilungen ab; die daraus entstehenden Weibchen sind daher diploid. (Weber / Weidner, S. 276) Ähnliches wird bei anderen Phasmidenarten unter natürlichen Verhältnissen beobachtet.

„So ist *Bacillus rossii* (lat. bacillum, Stäbchen) in Südfrankreich praktisch nur durch Weibchen, in Nordafrika aber regelmäßig auch durch Männchen vertreten, die südfranzösische Weibchen begatten können ...“

Auch bei konstant parthenogenetischen Arten können Männchen auftreten, bei *Carausius morosus* (Stabheuschrecke) z.B. höchstens 3 - 4 auf 1000 Eier.“ (A. Kaestner a.a.O.S. 389). Dies ist möglich, weil es auf noch ungeklärte Weise in der frühembryonalen Entwicklung zu Geschlechtsumkehr kommen kann.

Werden Eier der Stabheuschrecke *Carausius morosus* in den ersten 30 Tagen nach der Eiablage (kritische Phase) 1-2 Wochen bei 30°C gelagert, dann entstehen Männchen oder Intersexe (Kaestner, S. 389).

Einerseits sichert Parthenogenese den Bestand der Art auch bei fehlendem Sexualkontakt. Geschlechtliche Fortpflanzung garantiert die ständige notwendige Neukombination des Erbgutes im Genpool. Andererseits kann aber sich wiederum eine Mutation mit Selektionswert viel schlechter durchsetzen als bei schneller Anreicherung in einer parthenogenetischen Population.

Auf die Verhältnisse unserer Zucht angewandt, die aus wenigen Tieren hervorgegangen ist, muss bei der geringen Zahl kombinierbarer Allele damit gerechnet werden, dass auch bei zweigeschlechtlich entstandenen Tieren gegenüber den Wildformen gewisse Gestalt-, Farb- und Verhaltensvarianten entstanden sind.

2.3.2 Paarung

Voll entwickelte Männchen sind fähig, in der Dämmerung weitreichende Ortswechsel vorzunehmen: Sie sind schmal und leicht, haben große dünne Flügel, der kleine Kopf trägt relativ große Augen, drei vorstehende Ocellen, und lange Fühler. Durch diese Systemeinheit sind die Männchen in der Lage, die flugunfähigen trägen Weibchen in den Bäumen aufzufinden. Als zusätzlichen Schutz erzielen die Männchen beim Abflug eine Schreckwirkung durch das unvermutete Entfalten der Flügel und erreichen eine Desorientierung eines Verfolgers, wenn das Insekt beim Landen plötzlich wieder zu einem kleinen Zweig erstarrt.

Paarungsbereite Männchen wurden im Versuch aus mehreren Metern Entfernung auf geschlechtsreife Weibchen aufmerksam. Das lässt sich am besten bei sehr schwacher diffuser Beleuchtung (Rotlicht) beobachten. Der Hinterleib der Männchen vibriert in Abständen heftiger als ohne Weibchen. Das Vibrieren zeigt Erregung an. Nach einiger Zeit antwortet das Weibchen mit viel schwächerem aber deutlichem Schwingen des Hinterleibes. Optische und akustische Verständigung scheiden ebenso aus, wie das Registrieren von Vibrationen, deren Frequenz beim weiblichen Hinterleib viel zu gering ist. Da die beobachteten Reaktionen in dieser Stärke nur bei Anwesenheit von Weibchen auftreten, ist anzunehmen, dass sie Duftstoffe abgeben. Dafür spricht auch das anhaltende Spiel der nach vorne oben gerichteten Fühler der Männchen. Möglicherweise verbreitet das Männchen selber einen Duftstoff, auf den das Weibchen antwortet und dadurch die Lockwirkung verstärkt.

Nach dieser Duftverständigung ohne Ortsveränderung scheint plötzlich eine Reizschwelle überschritten: Das Männchen dreht sich plötzlich in die Richtung des Weibchens und läuft los (Chemotaxis). Ist es nicht direkt zu erreichen, so steigt das Männchen im Blättergewirr hoch, anscheinend um einen freien Abflugplatz zu finden (vgl. 2.2.2 Einzelaugen). Dann folgt eine Phase weiterer Stimulation, nach der das Männchen spontan auffliegt. Der Flug ist gerichtet, führt allerdings nicht genau ans Ziel. Im natürlichen Lebensraum dürften Suchflüge (Appetenzverhalten) und Lockduft der Weibchen dazu führen, dass die Männchen sich in der Nähe der Weibchen niederlassen und dann hinlaufen. Dort klettern sie auf das Weibchen, das keine Abwehrbewegungen zeigt. Zur Kopulation klammert sich das Männchen parallel zum fast senkrecht hängenden Weibchen auf dessen Rücken oder an seiner Seite an. Das Hinterleibsende des Männchens biegt sich vom

7. Segment an aufwärts und sucht den Eilöffel mit weit geöffneter Kopulationszange zu erfassen. Das Männchen macht dann oft ohne loszulassen eine volle Kehrtwendung, bis es von der anderen Seite auf den Rücken des Weibchens gelangt (s. auch Chopard). Die Kopulationszange hält den Eilöffel fest, bis dieser sich zum Zeichen der Kopulationsbereitschaft weit öffnet. Das Männchen stülpt das weichhäutige Kopulationsorgan oft schon vorher aus, das nun mit pumpenden Bewegungen in die Geschlechtswege des Weibchens eindringt (Abb. 16). Diese Verbindung dauert in Abhängigkeit von der Temperatur meist mehrere Stunden, obwohl der Begattungsakt selbst zeitlich begrenzter ist. Dabei pumpt das Männchen durch erhöhten Blutdruck den Samenvorrat in einer Samenpatrone (Spermatophore), die vor Samenverlust schützt, in die weibliche Begattungstasche. Die weißlich transparente Spermatophorenblase schwillt durch Druck auf etwa 2 mm Durchmesser an. Das Sperma wird durch Quellen eines Druckkörpers der Spermatophore in die Samentasche des Weibchens getrieben. Die Blase ragt am Hinterleibsende des Weibchens - zuweilen auch des Männchens - als auffallendes Begattungszeichen seitlich heraus, erstarrt allmählich, bleibt noch einige Zeit nach der Kopula haften und fällt dann ab.

Die Spermatophore trägt ein gegabeltes Stielchen, die zu- und abführende Verbindungsleitung (Abb. 12 a). Der gespeicherte Samenvorrat reicht für einige Zeit aus. Es finden im Laufe der mehmonatigen Lebenszeit mehrfach Begattungen statt. Aus einer geöffneten frischen Samenpatrone lassen sich die Spermien in Ringerlösung leicht mikroskopieren, wenn sie nicht zu dicht gelagert sind (Abb. 12 b). Der nadelförmige Spemakopf wird von der Geißel in die Mikropyle des Eies gebracht (vgl. 2.3.3).

An der Ausbildung so spezieller Begattungseinrichtungen lässt sich erkennen, welche Bedeutung der Erhaltung und Durchmischung des Erbgutes im Genpool einer relativ seltenen, zerstreut lebenden Tierart zukommt, die sich zudem parthenogenetisch nur unzureichend vermehren kann. Bei geringerer Mobilität der Transporteure des Erbgutes könnte es leicht durch geographische Isolation zur Aufsplitterung der Art kommen; die entstehenden Unterarten wären durch eingeschränkten Allelenbestand der Gefahr geringer Flexibilität gegenüber Umweltveränderungen ausgesetzt. Diese Betrachtungsweise geht über das bloße Konstatieren kurioser Sexualität eines Insektes hinaus, zeigt sie vielmehr unter phylogenetischem Aspekt. Dieser behält seine Gültigkeit, obwohl der Nachweis eines Kausalnexus im Einzelnen aussteht.

2.3.3 Eiablage

Die Eischläuche bergen ständig bis zu 100 weit entwickelte Eier. Bei täglicher Ablage von 4 - 5 Eiern ergibt sich eine Entwicklungsdauer von ca. 3 Wochen. Durch Muskelkontraktionen des Eileiters gleiten die reifen Eier langsam in die Befruchtungstasche, wo sie einige Zeit bleiben. Dort findet die Besamung statt. Durchtrittsstellen für den Samen (Mikropylen) befinden sich in der kleinen Öffnung, die als Erweiterung der nach oben gekehrten Einahrt zu erkennen ist (Key S. 352). Hier dringen meist mehrere Samenfäden ein, die beim Vorbeigleiten des Eies an der Samentasche in kleinen Portionen ausgepresst werden; aber nur ein Samenfaden befruchtet die Eizelle. Das Ei gleitet dann in die als Eilöffel bezeichnete Legescheide (Abb. 13). Täglich erscheinen im Legeapparat eines Weibchens meist 4 - 5 Eier. Sie bleiben dort oft einige Stunden und werden dann nach einem kurzen Zittern des Weibchens mit einem kräftigen Wippen des Hinterleibes abgeschleudert. Die Weibchen kommen leicht auf 500 und mehr Eier.

2.3.4 Eier

Sie haben das Aussehen von hartschaligen Pflanzensamen, sind oval und zugleich leicht abgeplattet (Querdurchmesser ca. 4 mm, Länge ca. 5 mm). An einem Ende sitzt ein Stielchen, unter dem ein Deckelchen mit vorgebildeter Bruchlinie die Eischale verschließt. Die an einer Stelle verbreiterte Seitennaht bezeichnet die Verbindung des Eies mit dem Bildungsgewebe im Eischlauch.

Die sehr feste Schale mit einer inneren Wachsschicht lässt das Ei Trockenzeiten von mehr als einem Jahr überdauern. Die Färbung der Schale wechselt zwischen sehr hell an trockenen hellen Ablageplätzen bis dunkelbraun an feuchten dunklen Stellen. Durch Umlagem kann sich die Farbe anfangs noch ändern, bleibt aber nach einiger Zeit stabil. Rings um die Nähte und um den Eiäquator zieht sich eine dunkle Sprengelung (Abb. 14). Die Eier haben gelegentlich noch einen häutigen Überzug.

2.3.5 Entwicklung der Larven im Ei (Embryonalentwicklung)

Wie bei vielen urtümlichen Insektengruppen (z.B. Heuschrecken, Libellen, Wanzen u.a.) sind die Eier auch bei den Gespenstschrecken vom Regulationstyp, d.h. dass die einzelnen Bezirke der Keimanlage zu Beginn der Entwicklung noch wenig festgelegt sind. Dem entspricht auch die relativ große Fähigkeit zur Regeneration (s. 2.4).

Bei etwa 20°C und ca. 70 % Luftfeuchtigkeit vollzieht sich die gesamte Embryonalentwicklung in ca. 7 Monaten. Die Schlüpftrate kann über 80 % betragen. Temperatursteigerung bis 30°C verkürzt die Entwicklungsdauer erheblich. Die Larve liegt eng eingerollt, Kopf im Zentrum, Beine und Fühler spiralförmig aufgerollt (Abb. 15). Beim Schlüpfen stemmt sich die Larve mit ihrem Scheitel gegen den Eideckel, der an der Bruchlinie abreißt. Mit dem Kopf voran befreit sich die Larve aus dem Ei, in dem die Embryonalhülle zurückbleibt.

2.3.6 Entwicklung der Larven

Im Gegensatz zu Insekten mit vollkommener Verwandlung (Holometabolie, z.B. Schmetterlinge, Käfer, Fliegen) durchlaufen die urtümlichen Insektengruppen eine unvollständige Metamorphose (Hemimetabolie, z.B. Libellen und Wanzen). Die Larve, die in groben Zügen schon dem fertigen Insekt (Imago) gleicht, wächst in mehreren Häutungsschritten heran.

Die Dauer der gesamten Larvenentwicklung hängt in erheblichem Maße von Ernährung und Temperatur ab, bei sonst günstigen Bedingungen. *Extatosoma tiaratum* entwickelt sich bei 20°C in rund 3 Monaten zur Imago. Bei Temperaturen unter 15°C steht die Entwicklung fast still, bei 25° bis 30°C wird die Entwicklungszeit um mehr als ein Drittel gekürzt.

2.3.7 Das erste Larvenstadium

Hier ist eine detaillierte Beschreibung notwendig, da sonst der Entwicklungssprung zum nächsten Stadium nicht deutlich wird.

Das erste Stadium hat das Aussehen einer großen langbeinigen Ameise (vgl. 2.5.9) mit rotbraunem Kopf und fast schwarzem Körper als larveneigenes Merkmal (Abb. 26).

Der Vorderrand des Mesothorax weist einen rückwärts gerichteten Pfeil, eine Art Halsbinde auf. Die Augen heben sich braun gesprenkelt deutlich vom Kopf ab, die neungliedrigen Fühler werden zur Spitze hin dunkler. Im Gegensatz zur schwarzen Bauchseite weist die Oberseite des Hinterleibes eine leicht bräunliche Aufhellung auf, die im Laufe der ersten Tage stärker wird. Nach dem Schlüpfen wächst die Larve zunächst erheblich durch Aufnahme von Luft und Wasser. Die Länge des Körpers beträgt dann etwa 19 mm, die der Vorderbeine etwa 15 mm. Im Verhältnis zur Länge sind die Beine dünn. Sie sind dreikantig und nur mit schmalen glattrandigen, aber dicht behaarten Leisten versehen. Außer dem Haftlappen an der Fußspitze zwischen den beiden Endkrallen tragen die anderen Fußglieder nur am Vorderrand der Sohlenseite jedes Gliedes zwei winzige Haftstellen. Beim zügigen Laufen bedienen sich die Tiere der urtümlich typischen Bewegungsweise. Dabei werden jeweils das Mittelbein der einen Seite und das Vorder- und Hinterbein der anderen Seite nach vorne geschwungen. Dadurch ergibt sich bei dem starren Leib (hier nur der Brustteil) der Insekten eine statisch optimale Doppeldreipunktunterstützung. Stets hat der Leib drei Unterstützungs-

punkte, während die anderen drei zum nächsten Stützpunkt vorschwingen (siehe Abb. 34). Bei langsamem Gang werden die Beine nur einzeln bewegt.

Die Steuerung der Bewegung erfolgt über die Sinnesorgane, die Koordination der Beine allein über die Brustganglinien.

Am Hinterleib sind das 4. bis 6. Segment etwas stärker gekielt als die übrigen. Das 7. bis 9. Glied ist erheblich schmäler als die übrigen, das 10. besteht aus einer sklerotisierten Kutikularspange über dem After und zwei schmalen Anhängen (Cerci).

Noch während des ersten Larvenstadiums vollzieht sich ein deutlicher Trachtwechsel: Nach dem 4. Tag erscheinen auf dem rötlich-braunen Kopf immer mehr schwarze Sprenkel, während sich der Hinterleib aufzuhellen beginnt. Die Gelenkhäute sind so dehnungsfähig, dass die Larve auf etwa 25 mm anwachsen kann und erheblich dicker wird. Dabei glättet sich auch noch die leicht gefältelte Kutikula. Vom 6. Tag an nimmt die Oberfläche der Haut ein warziges Aussehen an und der ganze Körper zeigt jetzt eine bleigraue bräunlich gesprenkelte Farbe. Schon in diesem Stadium sind männliche Larven an ihrer glatteren Rückenhaul von den schwach bestachelten weiblichen Larven zu unterscheiden.

2.3.8 Allometrisches Wachstum

Stellt man erstes Stadium und Imago unter Beachtung der Proportionen in gleicher Größe dar, so zeigt sich, dass Kopf und Beine der Larve viel größer sind als beim ausgewachsenen Tier (Abb. 17).

Diese Körperteile sind in der Embryonalentwicklung offenbar vorangeeilt, bleiben jetzt aber zurück und werden im Verlauf der weiteren Entwicklung durch die Ausdehnung von Brust und Hinterleib und vor allem der Flügel (bei den Männchen) überholt. Beispiele unterschiedlicher Wachstumsgeschwindigkeiten verschiedener Körperbereiche oder Organe sind im Tierreich verbreitet und oft von biologischer Bedeutung: Das erste Stadium der Extatosomalarven hat eine erheblich größere Orientierungsleistung zu bewältigen als die späteren ruhenden Stadien; die langen Beine gestatten wenigstens einem Teil der Larven Trockenstellen schnell zu überwinden und sich nur kurze Zeit den Larvenjägern zu präsentieren.

2.3.9 Wachstum und Häutung

Nach jeder Häutung erfolgt ein sprunghafter Anstieg der Wachstumskurve, die bis zur nächsten Häutung stark abflacht (Abb. 18).

Allerdings gilt das nicht für alle Körperteile in gleichem Maße:

Die Kopfkapsel ist weniger dehnbar, wächst also in einschneidenderen Sprüngen als der dehnbare Hinterleib. Im Gegensatz dazu steigt die Gewichtskurve nach jeder Häutung nur allmählich und nimmt vor der nächsten Häutung etwas ab, bedingt durch den lebhaften Stoffwechsel in der Häutungsperiode. Bei den Gespenstschrecken vollzieht sich das Wachstum durch einfach gebaute äußere Imaginalanlagen (Wachstumsfelder). Zum Beispiel wird die Anzahl der Antennenglieder dadurch vermehrt, dass unter der alten Außenhaut der Antenne eine reicher gegliederte Antennenanlage vor der nächsten Häutung vorbereitet wird (Abb. 19). Das macht auch die auffallende Zunahme der Länge unmittelbar nach jeder Häutung verständlich: Vor der Häutung waren Rücken- und Bauchplatten relativ kurz und die seitlichen Verbindungsmembranen prall gespannt. Unter der

alten Haut erscheinen nachher die erheblich verlängerten Platten, die Verbindungshäute an den Seiten sind noch unausgedehnt und die inneren Organe haben sich auf die Längenausdehnung verteilt, so dass das Insekt jetzt viel flacher ist (Abb. 20). Kurz vor der Imaginalhäutung der Männchen schwellen die Flügelanlagen unter erhöhtem Blutdruck an. Sie sind ca. 2 cm lang. Nach der Häutung strecken sich die weichen, durch das eindringende Blut hell orange gefärbten, stark gefältelten Anlagen im Laufe einer halben Stunde aus, bis sie den ganzen Hinterleib bedecken und durch Abbau von Zellwänden und Sklerotisieren zur durchscheinenden Flügelhaut werden. Vorbereitung und Vollzug der Häutung geschehen unter dem Einfluss von Larvenhormonen, die die Vorgänge steuern. Die Häutungen der verschiedenen Stadien verlaufen ähnlich. Die häutungsbereite Larve krallt sich an einer Stelle, die Gelegenheit zu freiem Herabhängen gibt, in normaler Ruhestellung fest. Die vorgebildete Reißlinie der alten Haut, die sich auf der Rückenseite vom Kopf bis zum Beginn des Hinterleibes erstreckt, ist beim teilweisen inneren Abbau der brauchbaren Substanzen der alten Körperdecke besonders dünn geworden. Die Phasmiden sprengen die Hülle durch plötzliche Steigerung des Blutdruckes, die sie durch Verschlucken von Luft erreichen. Die Larve zieht den Kopf aus der leeren Hülle, dann folgen zuerst das mittlere Beinpaar und darauf die anderen Beine, während die hohle Haut mit den alten Krallen das sich häutende Insekt festhält. Die gehäuteten Beine stützen sich zunächst an der alten Haut ab, ziehen den Brustabschnitt heraus und anschließend ein Stück weit den Hinterleib. Mit dem letzten Ende des Hinterleibes aber bleibt die Larve in der Hülle stecken, lässt sich daran hängen, bis nach etwa einer viertel Stunde die neue Kutikula so weit gefestigt ist, dass sich das Tier allein mit der Muskelkraft des Hinterleibes aufrichten kann, die leere Hülle mit den Beinen ergreift und dann das verbliebene Stück des Abdomens herauszieht. Der Vorgang dauert bei älteren Larven etwa eine halbe Stunde (Abb. 21). Das Abstreifen der alten Haut (Exuvie) wird durch die Gleitwirkung einer Schleimschicht zwischen alter und neuer Haut erleichtert.

Bei ungestörtem Verlauf hängt die leere Haut wie ein komplettes Tier in Ruhe an der alten Stelle. Aus der Reißstelle hängen weiße Fäden heraus, der Teil der Tracheen, der aus dem Inneren mitgehäutet worden ist. Die Häute werden unmittelbar nach der Häutung in etwa einer halben Stunde gefressen, falls die Insekten nicht gestört werden. Da die Gespenstschrecken sonst reine Pflanzenfresser sind, kommt die Frage auf, ob unter dem Einfluss der Häutung eine kurzzeitige Orientierungsänderung des Geschmackes eintritt, oder ob von der Exuvie ein besonderer Reiz ausgeht. Beides ist im Hinblick auf die Rückgewinnung körpereigener Baustoffe denkbar.

2.3.10 Die weiteren Larvenstadien

Die Tiere durchlaufen meist 5 Larvenstadien mit 4 Häutungen nach jeweils 2 - 4 Wochen. Das Sprunghafte der Entwicklung ist vom 2. - 5. Stadium nicht so augenfällig, da die Imaginalmerkmale mit Ausnahme der Flügel allmählich herausgebildet werden. Da außerdem auch innerhalb einer Larvenphase noch ein erheblicher Größenzuwachs zu beobachten ist, treten die Veränderungen nach jeder Häutung weniger deutlich hervor.

Zweites Larvenstadium: Nach der ersten Häutung zeigen die Larven plötzlich ein stark verändertes Bild. Die Beine tragen auf einmal lappig gebuchtete Flügel - vom 3. Stadium an sind die Flügel weiter ausgebreitet, grob gesägt mit fußwärts gerichteten Stacheln - , sind also insgesamt vom 1. Stadium stark unterschieden (vgl. Arbeitsblatt 1) und zeigen in groben Zügen die Form der Imago. Die Tiere

haben gegenüber den zwei Farbtrachten des ersten Stadiums nun eine veränderte Färbung angenommen (vgl. aber 2.5.2). Sie kann mehr oder weniger kräftig grün sein oder von hellem fast maisfarbenem braun, teils mit dunklen Rändern, bis schokoladenbraun variieren. Die Querstreifung kann ebenso unterschiedlich ausgeprägt sein, so dass neben auffallend gestreiften auch fast einfarbige Tiere zu finden sind. (Im ersten Stadium treten keine erkennbaren Varianten auf, wohl aber variiert die Eischale deutlich.) Schon zum Ende des 1. Stadiums angedeutet, unterscheiden sich vom 2. Stadium an die Männchen durch ihre glatte Oberseite von den stachelhöckerigen Weibchen. Der Hinterleib der Weibchen ist dicker und wirkt daher gedrungener, mit den Seitenkielen ist er doppelt so breit. Als äußere Geschlechtsmerkmale treten mit jeder Häutung deutlicher die klammerartige Kopulationszange und die Flügelanlagen bei den Männchen und bei den Weibchen besonders der lange kahnförmige Abschnitt des Legeapparates hervor.

2.3.11 Tod

Die ausgewachsenen Tiere leben je nach Entwicklungs- und Haltungsverhältnissen 3 - 12 Monate. Die Weibchen legen bis zuletzt Eier. Das Absterben geht langsam vor sich, Beweglichkeit und Aktivität lassen allmählich nach. Krankheiten, die in der Zucht selten auftreten, zeigen sich meist am Schlawwerden des Hinterleibes; die Tiere sterben dann schnell.

2.4 Regeneration und Autotomie

2.4.1 Allgemeines

Urtümliche Organismen insbesondere sind nicht nur zur Wundheilung befähigt, sondern in der Lage, bei Verlust von Körperteilen diese neu zu bilden (Neubildung von Seesternen, Molchbeinen) oder sogar aus Körperresten ein neues Tier aufzubauen (Süßwasserpolyphen, Strudelwürmer). Bei höher organisierten Tieren fehlt diese Fähigkeit. Es wird nur noch ein Wundverschluss, eine Narbe aus besonderen Zellen des verletzten Gewebes gebildet. Selbst das ist bei so hoch differenzierten Tiergruppen wie Insekten mit vollkommener Verwandlung (z.B. Schmetterlinge, Bienen) fast vollkommen verloren gegangen. Übrig bleibt dann nur noch ein Abdichten der Wunde durch einen Pfropf aus geronnener Körperflüssigkeit.

2.4.2 Heilung

Bei Extatosoma ist im begrenzten Umfang noch Heilung möglich: Bei ihr verklumpt das austretende Blut nicht nur, sondern es kommt zu einer echten Gerinnung durch faseriges Fibrin mit zusammengeballten Blutzellen. Der entstehende Wundpfropf zieht, selbst noch bei den Imagines, die Wundränder zusammen, Blutzellen bilden ein Pseudoepithel, darunter entsteht eine neue Kutikula, in die schließlich Epidermiszellen von den Wundrändern her einwandern. Bei der nächsten Häutung verschwindet die Narbe ganz (Weber/Weidner, S. 159).

2.4.3 Autotomie

Gespenscheuschrecken haben die Fähigkeit, ein Bein abzuwerfen, wenn sie daran festgehalten werden. In dem nicht benutzbaren Gelenk zwischen Femur und Trochanter ist eine Reißstelle vorgebildet, an der eine Membran quer durch das Bein gespannt ist, die das Austreten von Wundsekret verhindert, was bei Lupenbeobachtung leicht festzustellen ist (Abb. 3).

2.4.4. Regeneration

Gelegentlich kommt es zum Verlust von Beinstücken, Fühlern oder Flügelanlagen. Über dem Reststumpf wird ein chitinverkleideter Wundverschluss gebildet. Die darunter neu angelegte Extremität ersetzt dann durch starkes Vorwachsen die verloren gegangene bei der nächsten Häutung. Reparative Neubildung setzt aber voraus, dass noch weitere Häutungen erfolgen, Imagines können also nicht mehr regenerieren. Geschieht die Verletzung in einem frühen Entwicklungsstadium, dann kann die verlorene Extremität schrittweise nach mehreren Häutungen fast vollständig ausgebildet werden. Bei der ersten Häutung nach dem Verlust tritt meist noch keine äußerlich sichtbare Veränderung auf, erst bei der folgenden Häutung erscheint eine unregelmäßige, fast unbewegliche Neubildung, die in ihrer Gliederung eher einem Fühler gleicht. Dem folgen nach weiteren Häutungen beweglichere Neubildungen, die immer mehr Beingestalt annehmen. Nach der Imaginalhäutung ist im besten Fall ein voll funktionsfähiges Bein entstanden, das aber kürzer und weniger geflügelt bleibt (Abb. 23). Die verletzten Tiere bleiben in ihrer Entwicklung einige Zeit hinter den unverletzten Tieren zurück, was sich leicht aus ihrer für die regenerative Mehrleistung verbrauchten Energie erklärt. Bleibt die Ansatzstelle der verlorenen Extremität erhalten, so entsteht eine formgleiche Neubildung, geht aber die Basis einer Antenne und damit der Antennennerv mit verloren, dann bildet sich an der Stelle ein beinartiges Regenerat. Die Form des Regenerats hängt von der Unterlage, der Nachbarschaftswirkung und der Innervierung ab. Im Larvenzustand enthalten die Imaginalanlagen embryonale Zellen, die noch ortsbedingte Neubildungen hervorbringen können (J.Urvoy (1959) Ann. Sci. nat. Zool. Ser. 12,1; L. Chopard (1938)).

2.5 Lebensraum und Lebensweise

2.5.1 Verbreitungsgebiet und Vegetation

Etwa 1200 der insgesamt 2500 bekannten Gespenscheuschreckenarten bewohnen den Südasiatisch-Australischen Raum. *Extatosoma tiaratum* wird in den Waldgebieten Ostaustraliens, also in Queensland und New South Wales, gefunden (Gurney, S 379). Diese Art hat ein weites Verbreitungsgebiet, ist aber selten.

Auf der Küstenseite des nordsüdlich verlaufenden Gebirgszuges gibt es stellenweise tropischen Regenwald, der allmählich in immergrünen subtropischen Regenwald übergeht. Zur Landseite des Gebirgszuges hin wird der Regenwald bei abnehmenden Niederschlägen fast ohne Übergang abgelöst von australischen Florenelementen, den Eukalyptuswäldern mit wenig Unterholz und einer hohen Grasschicht. Die meisten der über 600 Eukalyptusarten werfen ihr Laub nicht ab, wohl aber jahresperiodisch die Rinde. Die etwas ledrigen Blätter stehen vertikal, die Wälder sind daher sehr licht (Walter, S. 267). Als Beispiel für diesen Lebensraum wird hier ein Klimadiagramm angeführt (Abb. 29). Die mittlere Monatstemperatur schwankt im Laufe eines Jahres nur geringfügig zwischen 22° C und 29° C. Die Monatsmittel der Niederschläge zeigen

dagegen außerordentliche Unterschiede im Laufe eines Jahres: etwa 200 mm im Januar, aber nur 2 mm im August. Das Diagramm zeigt deutlich eine trockene und eine feuchte Jahreshälfte (H. Walter/ H. Lieth/Harnickel).

Extatosoma t. lebt in feuchten sklerophyllen (hier: Eukalyptus- Hartlaub-) Waldungen nur in der Küstenregion, wo die Niederschläge hoch sind und das Mikroklima gewöhnlich sehr feucht und ständig frostfrei ist. Es handelt sich bei dieser speziellen Küstenvegetation weder um tropische Regenwälder noch um lichte Wälder (briefliche Mitteilung von K.H.L. Key).

Extatosoma tiaratum ist kein Futterspezialist. Die Larven werden auch an Farnkräutern gefunden. Die Art frisst auch eingeführte Rosaceen wie Rosenlaub und Laub von Obstbäumen. Im Gegensatz etwa zu der nahe verwandten Art *Podocanthus wilkinsoni*, die auf bestimmte Eukalyptusarten spezialisiert ist und ganze Wälder kahl fressen kann mit großem Schaden für das wertvolle Holz, kommt es bei *Extatosoma* nicht zu Massenvermehrung. Trotz eines großen Überschusses an Futter treten die Insekten nur in geringer Dichte auf. Wahlweise Parthenogenese ist daher stets eine Sicherung gegen das Ausbleiben von Sexualkontakt (vgl. 2.3.1/2).

Für das Verhalten der Insekten ist es wichtig zu wissen, dass sie auf Bäumen oder Sträuchern leben, die Männchen anscheinend höher als die Weibchen. (Bekannt ist, dass die Phasmiden mit zunehmender Größe der Art, wenn die Männchen geflügelt sind, in höher gelegenen Vegetationsbereich siedeln (Key, S. 353.)

2.5.2 Tarn- und Wartracht

Der Anblick der ausgewachsenen Insekten lässt sofort einerseits an ein pflanzenähnliches Tarnkleid (Phytomimese) und andererseits an eine abschreckende Scheinwarngestalt (Mimikry) denken. Körperfarbe: In der natürlichen Umgebung werden überwiegend kräftig grün gefärbte Weibchen gefunden, die seitlich grau gesprenkelt sind, bei den Männchen ist der Hinterleib bräunlich, die Beine tragen schwarze Querstreifen und die Flügel sind schwärzlich gefleckt (briefliche Angabe von Key; vgl. dagegen Gurney, S. 376).

Bei steigenden Temperaturen kommt es zur Braunfärbung durch Ommochrome und Melanine, soweit sie nicht auf Sklerotisieren der Kutikula bei Unterernährung beruht (s. Kükenthal, Hdb.der Zoologie 2/10).

Die Grünfärbung beruht auf einer Mischung von gelben Karotinen, die selektiv aus Futterpflanzen aufgenommen werden, mit blauem Gallenfarbstoff, den das Insekt verstärkt selber bildet bei schwachem Licht und niederen Temperaturen (A.Kaestner, S. 30); Letzteres führt offenbar dazu, dass bei sonst braun gefärbten Tieren vorstehende Körperteile, besonders die Stacheln, am ganzen Körper blaugrün gefärbt sind.

Auch bei Insekten liegt die Körpertemperatur durch Stoffwechselftigkeit über der Außentemperatur, daran sind die vorstehenden Spitzen kaum beteiligt; außerdem kühlen diese bei Sonnenuntergang schneller aus als der Körper.

Während der etwas kühleren feuchten Vegetationsperiode sind die Insekten durch ihre grüne Farbe gut angepasst, während sie in der wärmeren Trockenzeit bzw. in Dürrejahre durch Braunfärbung getarnt sind. Die Weibchen gleichen sich verfärbenden Blättern, die Männchen Zweigstücken, besonders auffallend unmittelbar nach einem Flug, wenn die ausgebreiteten Flügel schlagartig verschwunden sind. Die Gestalt wird optisch weiter aufgelöst durch unregelmäßig dunkle Querbinden.

Nach Untersuchung an verwandten Phasmidenarten setzt bei Massenvermehrung eine Umfärbung ein: Die zunächst grünen Larven nehmen im Laufe einiger Wochen ein schwarzgelbes Farbmuster an (kentromorphe Phase, Key 1957). Bei *Extatosoma*

tiaratum ist eine solche Phase weder bekannt noch zu erwarten, da Massenvermehrung nicht vorkommt (briefliche Mitteilung von Key). Entsprechende Versuche blieben vergeblich.

In unseren Nachzuchten erhalten wir unterschiedlich gefärbte Tiere: neben hellen bis kräftig grünen treten gelb- bis dunkelbraune auf (Zuchtbedingungen s. 2.6). Genetische Variation kann beteiligt sein. Pigmentverlagerung unter dem Einfluss von Neurohormonen wie bei der Stabheuschrecke *Carausius morosus* findet anscheinend nur in geringem Ausmaß statt.

Tagesperiodisches Tarnverhalten: *Extatosoma* ist nachtaktiv, ausgenommen das erste Larvenstadium. Soweit nicht Gewöhnung vorliegt, verfallen die Tiere schon bei geringer Helligkeit in einen Starrezustand.

Bei Luftbewegung oder leichten Erschütterungen der Futterpflanzen beginnen die Gespenstschrecken sich hin- und herzuschaukeln. Die Bedeutung dieser Bewegungsweise, die auch bei anderen Insekten vorkommt, ist ungeklärt. Vielleicht wird ein im Wind schwingendes Blatt nachgeahmt.

Feinde: Tamung hat schon dann arterhaltenden Wert, wenn sich wenigstens ein geringer Selektionswert ergibt. Bei der großen Produktion von Eiern ist eine hohe Verlustrate einprogrammiert. So treten saisonbedingt die Vogelarten *Strepera graculina*, („pied currawong“ genannt, die Dickschnabel-Würgekrähe), *Coracina novaehollandiae* (ein hähergroßer Raupenfresser, der Schwarzgesicht-Raupenfänger) und *Anthochaera carunculata* (red wattle bird, der Rotlappenhonigfresser) als wichtige Vertilger von Gespenstschrecken in den Ostaustralischen Wäldern auf, in Abhängigkeit von der Massenvermehrung der Phasmiden.

Junge Larven werden von kleinen Vögeln verfolgt und auch von Ameisen (*Myrmecia*- und *Iridomyrmex*-Arten) und Spinnen. Eier werden durch verschiedene Räuber der Waldgebiete verzehrt, eingeschlossen Ameisen, Vögel und Beutelmäuse (*Antechinus*-Arten). Parasiten sind häufig: Die aktiven Stadien werden von Raupenfliegen (Tachinen) angegriffen, während rote Milben der Gattung *Charletonia* zeitweise reichlich als Außenparasiten erscheinen. Die Eier werden von winzigen Diebwespen der Gattung *Myrmecomimesis* befallen. Die flügellosen Weibchen nagen ein Loch in die dicke Schale der Eier und platzieren ihr eigenes Ei hinein (Key, S. 355). An Verfolgern fehlt es den Phasmiden gewiss nicht.

2.5.3 Abwehrreaktionen

Werden die Tiere trotz ihrer Tamung gestört oder angegriffen, so steht ihnen eine Reihe von sich steigernden Reaktionen zur Verfügung. Zur Abwehr können sie den Inhalt des Vorderdarmes auswürgen.

Werden Larven oder Weibchen gereizt, so kommt durch die Verkoppelung von Schreckreaktion und Körperbau eine für uns auffallende Drohgestalt zustande: Der Hinterleib wird ruckartig über den Rücken gerollt, die Hinterbeine werden seitlich abgespreizt (Abb. 1) und der kleine Kopf wird, besonders bei den Larven, in eine maßgeschneiderte Aussparung zwischen den starr nach vorne gestreckten Vorderbeinen geborgen (Abb. 11). Der Kopf befindet sich jetzt dicht über dem Hinterleibende: lebhaftere Reaktionen der Tiere auf bewegte Gegenstände und Versuche mit angreifenden Zieseln zeigen, dass das Insekt in dieser Haltung über Augen, Fühler und Vibrationssinn eine gewisse Kontrolle über die primär blind ablaufende Reaktion ausüben vermag. Die Deutung liegt nahe, dass das hoch aufgerichtete Hinterende mit den seitlichen Stachelkielen abschreckend als drohender Kopf erscheint und die Hinterbeine als gefährliche Fangwerkzeuge, dagegen Brust, Kopf und Vorderbeine als spitz zulaufendes Hinterende*). Weiter gereizt, bewegt die Gespenstschrecke das hochgestellte Abdomen ruckartig vor und zurück, so als könne sie damit zuschnap-

pen. Die abgespreizten Hinterbeine führen kräftig klammernde Fangschläge aus, verletzen den Angreifer, indem er zwischen zuklappenden Schienen und stark bestachelten Schenkeln eingeklemmt wird, spreizen aber jedes Mal ruckartig wieder die Beine ab, um dann erneut zuzuschlagen (besonders eindrucksvoll bei vitalen Weibchen zu beobachten). Kleinere optisch orientierte Angreifer, die noch nicht auf Gespenstschrecken spezialisiert sind, werden dadurch zurückgeschreckt. Das kurze Zupacken und Loslassen stellt ein höchst zweckmäßiges Zusammenspiel mit der Bewegung der Drohgestalt dar. Ein geklammerter Feind würde sofort die verwundbarste Stelle des Insektes, den weichen Hinterleib zu verletzen suchen, ohne dass die Gespenstschrecke zuschnappen könnte. So aber kann sie dem zurückgeschreckten Feind im Blättergewirr optisch entkommen. Die Deutung dieser Reflexe, die zu einer Handlungseinheit verknüpft sind, bedarf zwar experimenteller Überprüfung, Ähnliches ist aber von vielen Insekten bekannt. Hier drängt sich besonders der Vergleich mit den räuberischen Fangschrecken (Gottesanbeterinnen) auf, in Lauerstellung als Teil einer Pflanze getarnt oder aber mit dem Giftstachel bewehrten Hinterleib der Skorpione **).

*)

R. Lützens (Verhaltensuntersuchungen an Weißschwanz-Antilopenerdhörnchen, Dissertation Wien 1975) hat beobachtet, dass Antilopenziesel Insekten immer vom Kopf her fressen. Bei Versuchen mit *Extatosoma* waren sie desorientiert. Als sie die Schreckreaktionen vor der Drohgestalt des großen Insektes überwunden hatten, schnappten sie meist nach dem hochgestellten Hinterleib, nicht nach dem richtigen Kopf. Der Hinterleib lenkt also vom Kopf ab und macht zugleich eine Abschreckung möglich, die das Vorderende des Insektes nicht leisten kann.

**)

Bei einigen anderen australischen und afrikanischen Phasmidenarten ist das Drohverhalten noch auffälliger: Sie rascheln zusätzlich mit den Flügeln, auf denen sie abschreckende Farbflecken entfalten (BEDFORD und CHINNICK, 66).

2.5.4 Fluchtreaktionen

Bei weiterem Angriff versuchen die Insekten heftig zu entkommen. Dabei reagieren auch die anderen Beine als Stachelfallen. Werden Larven oder ausgewachsene Tiere an einem Bein festgehalten oder eingeklemmt, dann winden sie sich heftig hin und her, stemmen sich kräftig mit den anderen Beinen ab, um sich zu befreien. Dabei kann das Bein an einer vorgebildeten Bruchstelle abreißen (s. 2.4.3) und es gelingt dem Insekt sicher manchmal, aus dem Blickfeld des Angreifers zu entkommen. Überleben ist arterhaltend, auch wenn dabei Beine geopfert werden müssen. Da es sich hier um einen im Zuge der Evolution „eingeplanten“, also natürlichen Vorgang handelt, ist das Tier selbst bei Verlust von 2 Beinen in seiner Vitalität kaum beeinträchtigt, z.B. können Männchen sofort danach wie unversehrt davonfliegen.

Alle Männchen reagieren dabei negativ fototaktisch. Lässt man sie in einem hell erleuchteten, nach außen abgedunkelten Raum fliegen (vorsichtig am Rücken greifen und mit leichtem Schwung mitten im Raum hochwerfen), so drehen sie meist einige

Runden und landen zielgerichtet auf einer dunklen Stelle. In ihrem Lebensraum wären sie im Dunkel des Laubgewirres verschwunden.

Sie halten beim Flug einen bestimmten Winkel zu den parallel verlaufenden Sonnenstrahlen ein. Dieser konstante Winkel führt bei einer Glühlampe, die radiäre Strahlen aussendet, zu immer engeren Kreisen um den Lichtpunkt (Lichtkompassreaktion).

2.5.5 Haft- und Klammerreflex

Versucht ein Angreifer, das Tier fortzuzerren, so reißen eher die Krallen oder ganze Beine ab, als dass das Insekt losließe. Diese Reflexe sind arterhaltend für träge Tiere, die auf Blattnahrung in Bäumen angewiesen sind. Sie hemmen andere Reaktionen: Solange ein Männchen noch Haftkontakt mit einem winzigen Blattstück hat, ist seine Flugfähigkeit blockiert. Für das Insekt wirkt ein fallendes Blatt, auf dem es sitzt, nicht anders als ein heftig im Winde bewegtes. - Umgekehrt löst mangelnder Kontakt der Füße (Tarsen) Flugbewegungen aus.

2.5.6 Tot stellen

Fällt ein Tier auf den Boden, so nimmt es nach dem Aufprall eine reflektorische Starre an (Akinese) und bleibt mit angewinkelten Beinen und mehr oder weniger gebogenem Hinterleib bei mangelndem Kontakt der Füße oft stundenlang unbeweglich auf dem Rücken liegen. Das schützt es vor optisch orientierten Tieren, wie Vögeln, nicht aber vor solchen, die ihrem Geruchssinn folgen, wie Schlupfwespen und Insektenfressern. Beim Herabfallen legt das Insekt den Schwerpunkt möglichst tief, indem es den Rücken krümmt und die Beine hochspreizt. Durch diesen Umdrehreflex landet es fast immer auf den Beinen.

2.5.7 Ausweiten des Lebensraumes

Ein Weibchen kann im Verlaufe seiner mehmonatigen Legephase einige 100 Eier legen. Das bloße Abschleudern der Eier lässt kaum eine Ausweitung des Lebensraumes zu. Da die hartschaligen Eier auffallend bestimmten Pflanzensamen ähneln, liegt die Vermutung nahe, dass sie durch Tiere verschleppt oder unzerstört mit anderer Nahrung gefressen werden, den Darm unverändert passieren und mit dem Kot an weit entfernten Plätzen abgesetzt werden. Eine ähnliche Verbreitung könnte stattfinden, wenn Weibchen gefressen oder zum Nest verschleppt werden. In den Eischläuchen befinden sich stets einige fertig beschaltete Eier, die sich zum Teil als entwicklungsfähig erwiesen. So könnten sogar die Fressfeinde zur Ausbreitung der Art und damit zur Erhaltung ihrer Nahrungsquelle beitragen.

2.5.8 Entwicklungsbedingungen

Zu ihrer etwa halbjährigen Entwicklungszeit haben die Eier im Bodenmulm eine ideale Brutstätte. Die Baumkronen dämpfen die tägliche Temperaturkurve und in der Mulmdecke herrscht ständig eine relativ hohe Feuchtigkeit. Die Eier sind durch die Schale so gut isoliert, dass sie weder bei hoher Luftfeuchtigkeit von Schimmelpilzen noch durch Trockenperioden bedroht sind.

2.5.9 Verhalten der frisch geschlüpften Larven

Sie allerdings sind vom Austrocknen bedroht. Da sie mit ihren relativ langen Beinen sehr schnell sind, fällt es ihnen nicht schwer, feuchte Stellen z.B. unter Blättern zu finden. Die jungen Larven zeigen ein völlig anderes Verhalten als die späteren Stadien. Sie sind wehrlos, aber in ihrem ganzen Bewegungsbild ähneln sie auffallend australischen Ameisen der Gattung *Leptomyrmex* in Angriffsbereitschaft (hochgestellter Hinterleib)(Key, S. 357).

Zugleich steigert die dunkle Körperfärbung durch verstärkte Absorption der Sonnenstrahlen die Körpertemperatur um mehrere Grade und damit die Aktivität und schützt dennoch das Körperinnere vor UV-Strahlung. Für die am Boden geschlüpften Larven kommt es darauf an, möglichst schnell den gefährlichen Weg zum artlich fixierten Lebensareal zurückzulegen. Dass das keine Bodenpflanzen sein können, darüber belehrt uns ihre immer wieder zu beobachtende Bewegungsrichtung. Sie streben eiligst aufwärts, ständig mit weit ausholenden Bewegungen der Vorderbeine nach neuem Halt tastend. Dabei folgen sie einer für diese Entwicklungsstufe kennzeichnenden Erbkoordination, die der Larve vorschreibt, immer nach oben an einer Licht-Dunkel-Linie entlangzulaufen (Abb. 27), wie sie durch dunkle Baumrinde gegen hellen Himmel repräsentiert wird (Photohorotaxis = Licht-Grenz-Taxis). Diese Bewegung, die ganz unabhängig vom Futterangebot verläuft (Sie trinken und fressen nur in den Ruhephasen), führt sie im günstigen Fall zwangsläufig in die Laubzone der Futterpflanzen (Genauerer s. Jander). An der Spitze jedes Seitenzweiges kehren sie ein Stück weit um und versuchen an anderer Stelle weiter hoch zu steigen. Je häufiger sie umkehren müssen, desto mehr verbraucht sich der Antrieb zum Hochlaufen. Sie klettern dann hinunter und an anderer Stelle erneut aufwärts, bis zur Erschöpfung. Das Zwanghafte der Handlung wird sehr deutlich, da oft mehrfach wiederholt die gleichen Stellen erklettert werden; eine Übersicht fehlt völlig, selbst bei kleinen Kunstbäumen (Abb. 25). Die Larven haben zum Hochsteigen 3 - 4 Tage Zeit, erst dann setzt langsam die beschriebene Umfärbung ein (vgl. 2.3.7), die ihnen an grauer Rinde oder unter graugrünen Blättern Tarnschutz gibt. Der Bewegungsantrieb erlischt weitgehend. Während die Larven zunächst ständig unterwegs waren, sitzen sie von nun an tagsüber ruhig unter Blättern und unternehmen als immer träger werdende Insekten in ihren weiteren Lebensabschnitten keine größeren Ausflüge mehr, ausgenommen die fertigen Männchen.

2.6 Zuchtbedingungen

Extatosoma tiaratum ist wenig anfällig und stellt keine speziellen Anforderungen an das Futter. Dargestellt werden die eigenen Zuchterfahrungen und Hinweise, wie auch Schüler mit geringsten Mitteln die Tiere zuverlässig halten können (vgl. auch R. Wyniger).

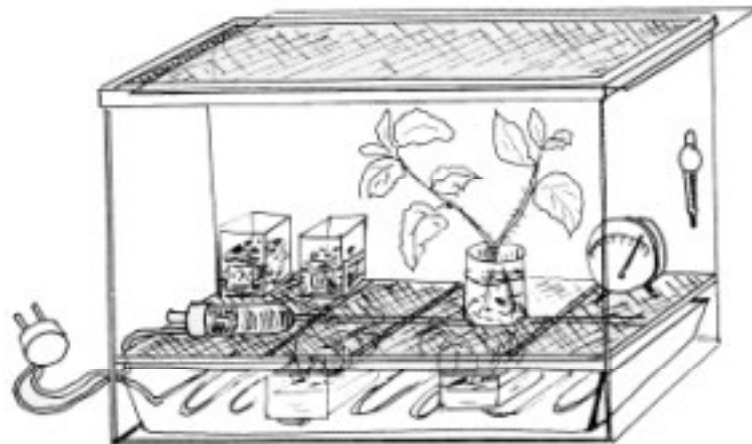
2.6.1 Lagerung der Eier

Die Eier sollten 3 - 5 Monate hindurch bei einer Luftfeuchtigkeit von 40 - 50 % rel. F. gelagert werden - am besten auf schwach feuchtem Torf in einer abgedeckten Schale. Durch den Grad des Abdeckens lässt sich die Luftfeuchtigkeit leicht variieren. Wird die Temperatur zwischen 20° und 30°C gehalten, dann beträgt die Dauer der Entwicklung im Ei etwa 6 - 8 Monate.

2.6.2 Schlüpfen und Haltung der jungen Larven

In der eigenen Zucht stehen die Eigeßer im letzten Monat vor dem Schlüpfen der Larven in einem großen Glasbehälter, in dessen Bodenschuber eine Terrarienheizschlange auf ein Drahtgitter geflochten ist. Die Heizschlange ist mit einem Thermostaten (Aquarienregler) gekoppelt. Auf der Heizung stehen Schalen mit Wasser. Die Verdunstungsfläche wird so groß gehalten, dass - bei weitgehender Abdeckung des Behälters - mit einem Pernix-Hygrometer eine Luftfeuchtigkeit um 70 % gemessen wird (s. Abb.).

Die jungen Larven sind sowohl gegen Trockenheit als auch gegen Pfützen empfindlich, in die sie bei dem ständigen Umherrennen hineingeraten können, und brauchen frisches, zartes Brombeerlaub. Sie werden am besten in einem Einmachglas o.ä. mit eingelegtem feuchten Filterpapier und engmaschiger Drahtabdeckung gehalten. Das 1. Larvenstadium benötigt eine zuverlässige Betreuung und Pflege.



2.6.3 Halten der Larven und Imagines

Vom zweiten Larvenstadium an werden die Tiere in Insektarien (Aquarien- oder Terrarienbecken) bei warmer Zimmertemperatur ohne Heizung gehalten. Da die Luftfeuchtigkeit in normalen Räumen zu niedrig ist, müssen Laub und Terrarieninnenwände mehrmals täglich mit einem Wasserzerstäuber eingesprüht werden. Die Tiere trinken oft kleine Wassertropfen. Schwaches Licht bei etwa 12-stündiger Photoperiode entspricht den natürlichen Verhältnissen. Einfache Zuchtgefäße für Schüler sind ein billiges Plastik-Aquarium mit Fliegendraht und Glasscheibe abgedeckt; größere Behälter lassen sich leicht aus Glas kleben, oder man verwendet im Notfall eine Plastikhülle, die mit Draht oder ein paar Stäben gespannt wird.

2.6.4 Futter

Die Tiere fressen, indem sie mit dem Kopf nach unten an der Blattunterseite oder an Zweigen sitzen. Sie können lose liegende Blätter nicht fressen. Deshalb müssen die Brombeer- oder Himbeerblätter an so langen Zweigen sitzen, dass die Tiere sich darunter hängen können. Zur Frischhaltung werden die Zweige in einem wassergefüllten Glas in den Zuchtbehälter gestellt. Brombeeren sind den ganzen Winter über in Waldungen und Gebüsch auch bei längerem Frost, oft unter Herbstlaub, zu finden. Es ist leicht, einen größeren Vorrat möglichst kühl in Wasser zu halten.

2.6.5 Krankheiten

Krankheiten wurden von uns bisher nicht beobachtet. Bei längerem Unterkühlen steht die Entwicklung fast still, die Tiere bekommen Häutungsschwierigkeiten, ebenso bei zu geringer Luftfeuchtigkeit. Auch Übervölkerung kann die Häutung stören: Können die Männchen sich dabei nicht frei aufhängen, entfalten sich die Flügel nur unvollständig und verkrüppeln.

2.6.6 Abnehmen der Gespenstschrecken vom Zweig

Beim Futterwechsel steckt man neue Zweige zu den alten und lässt die Tiere überwechseln. Will man ein Tier für den Unterricht vom Zweig abnehmen, fasst man mit einer Hand von vorn unter seinen Körper und löst mit der anderen Hand vorsichtig die noch haftenden Füße nacheinander vom Zweig, um ein Abreißen der Beine zu vermeiden. Da sich die Gespenstschrecke auf der Hand in einer ungewohnten und instabilen Lage befindet, krallt sie sich mit den Dornen der Beine in die Hand, so dass es bei Schülern Überwindung kostet, die Tiere auf der Hand zu halten.

3. Vorschläge für den Unterricht

Als übergeordnete Unterrichtsziele stehen für alle Schülerjahrgänge der verantwortungsvolle, schonende Umgang mit den Tieren im Vordergrund sowie die Überwindung von Angst- und Abscheugefühlen und - wenn möglich - die Bereitschaft zur Durchführung kontinuierlicher Pflege (s. 2.6.6).

Die folgenden Unterrichtsvorschläge können vielfältig variiert und erweitert werden. Programmierte Stundenabläufe widersprechen dem Prinzip forschenden Unterrichts.

3.1 Thema: Gestaltbeschreibung, erstes Kennenlernen (ab 4. Schj.)

3.1.1 Ziel:

Kennenlernen des ausgewachsenen Insekts (am besten eines Weibchens) Gliederung, besondere Ausformungen, Bewegungsabläufe (vgl. 2.2.1).

3.1.2 Material:

Je Schülergruppe eine weibliche Imago auf einer Brombeerranke.

3.1.3 Unterrichtsschritte:

- Beobachten, zeichnen
- Messen (Jüngere Schüler können ein Stöckchen anhalten, ältere evtl. einen Stechzirkel verwenden)
- Kenntnis der Gestalt und der Bewegungsweisen bilden die Voraussetzungen für alle weiteren Fragestellungen; daher können Fragen nach Herkunft und Lebensweise zunächst offen bleiben.

3.2 Thema: Unvollständige Verwandlung (ab 6. Schj.)

3.2.1 Ziel:

- Entwicklung und Wachstum bei der Gespenstschrecke im Gegensatz zur (bekannteren) Verwandlung bei höher organisierten Insekten als unvollständige Verwandlung beschreiben
- Unterschiede zur Entwicklung (vgl. 2.3.6/7/10) bei Säugern angeben können
- Wachstumskurve auswerten können (s. Abb. 18)
- Vorgang der Häutung beschreiben können (vgl. 2.3.9).

3.2.2 Material:

Mehrere männliche Tiere vom 1. Larvenstadium bis zur Imago; Arbeitsblatt 1.

3.2.3 Unterrichtsmöglichkeiten:

A Langzeitbeobachtung vom Schlüpfen bis zur Imaginalhäutung:

Protokollieren, messen und wiegen, zeichnen oder herstellen von Makroaufnahmen, aufstellen eines Diagramms der Larvenentwicklung (Abb. 18), evtl. im Vergleich mit einem Insekt mit vollständiger Verwandlung und auch mit einem Säugetier (z.B. weiße Maus).

B Beobachten verschiedener Entwicklungsstadien in Simultandarbietung:

- a) Voraussetzung: Kenntnis der Holometabolie
- b) Skizze eines Unterrichtsweges:

I. Zunächst Vorstellen des zweiten bis vierten Larvenstadiums der Männchen. Deren geringe Unterschiede führen zu der Frage, ob es neben vollständiger Verwandlung bei Insekten ein allmähliches Heranwachsen gibt, ähnlich wie bei Säugern.

II. Die Schüler bearbeiten zusätzlich gruppenweise das erste, zweite und letzte Stadium der männlichen Larven und die Männchen selbst.
Die sich jetzt zeigenden Unterschiede (Färbung, Gestalt der Beine, Flügel, Fühler) schließen allmähliches Heranwachsen weitgehend aus.

III. Untersuchen einiger Häute lässt außerdem Rückschlüsse auf den Häutungsvorgang zu.

C Weitere Untersuchungsmöglichkeiten:

- Messen der Larven und der Imago an genadelten Exemplaren
- Aufstellen einer Entwicklungskurve (ohne Gewichtsangaben).

3.3 Thema: Tarnung und Schreckreaktion

3.3.1 Ziel:

Erkennen, dass dasselbe Insekt sowohl eine Tarntracht als auch ein Abschreckverhalten hat und beides der Arterhaltung dient (vgl. 2.5.1-4; 2.5.9; Arbeitsblatt 2).

3.3.2 Material:

Gespensschrecken, besonders 1. und letztes Stadium.

3.3.3 Unterrichtsmöglichkeiten:

A Verhalten ausgewachsener Tiere (ab 7. Schj.)

Verkleidungsspiele führen zu der Erkenntnis, dass Kleidung auch Menschen stärker, schneller, selbstbewusster oder auch unauffälliger erscheinen lässt. Fremde behandeln den Verkleideten nicht wie er ist, sondern wie er erscheint.

Danach werden ausgewachsene Weibchen und Männchen in mehreren Gruppen beobachtet und auf Arbeitsblatt 2 protokolliert:

Zuerst ungestörtes Verhalten im Insektarium; dann werden alle Merkmale der Gestalt notiert. Anschließend prüfen von Reaktionen (Tiere werden dazu frei auf Futterpflanze gesetzt):

- Anblasen - an Pflanze klopfen - mit Stäbchen vorsichtig an verschiedenen Körperstellen berühren (Abb. 28).
- mehrere Männchen in hell erleuchtetem nach außen abgedunkeltem Raum fliegen lassen
- Männchen um eine Glühlampe kreisen lassen (vor Verbrennen schützen).
- Das Aussehen der Futterpflanzen im natürlichen Lebensraum kann erschlossen werden, indem man Gespensschrecken auf dem Tageslichtprojektor mit verschiedenen Pflanzenzweigen projiziert.

Zusammenfassung:

Erarbeiten eines gemeinsamen Berichtes über das vermutete Verhalten der Insekten im Verbreitungsgebiet: Tarnen vor dem Entdecktwerden, Abschreckversuche beim Entdecktwerden, Flucht.

B Verhalten des 1. Larvenstadiums (ab 9. Schj.)

Jede Arbeitsgruppe erhält eine Larve in einer verschlossenen, flachen Klarsichtbox, deren Boden mit feuchtem Fließpapier bedeckt ist.

Beobachtet werden:

- Gestalt- und Zeichnungsmerkmale (vgl. mit anderen Insekten, z.B. Ameisen)
- am Kunstbaum: Verhalten an den Spitzen, Abfolge des Auf- und Absteigens (Abb. 25)
- Verhalten in einem beleuchteten schwarz-weißen Zylinder von ca. 60 cm Durchmesser und 50 cm Höhe (Abb. 27) zur Demonstration der Licht-Grenz-Taxis. Die Laufwege von wenigstens 10 Larven werden notiert und daraus die bevorzugten Stellen ermittelt (Grenzlinie zwischen Schwarz und Weiß). Nur sehr aktive Larven werden einzeln mit einer Feder in die Mitte eingesetzt und nur einmal für wenige Minuten verwendet, da unter der Lampe Austrocknungsgefahr besteht (s. 2.5.9).

3.4 Regeneration (ab 9. Schj.)

Heilung und Neubildung verlorener Organe sind bei den Gespensschrecken ausgezeichnet zu verfolgen. Sie stellen ein wichtiges Thema in Medizin und Biologie dar. Für den Biologieunterricht liegt die große Bedeutung in der Frage nach der regulativen Potenz der Organismen.

3.4.1 Durchführbarkeit im Unterricht

Kommt es in einer Zucht zu Verletzungen, so geben die regenerierenden Tiere Anlass zu Gelegenheitsbeobachtungen. Die Regeneration zieht sich über Monate hin, ist also als Langzeitbeobachtung durchführbar.

3.4.2 Hinweise für den Unterricht zum Thema: Regeneration (vgl. 2.4)

3.4.3 Ziele:

- Manche Lebewesen können verlorene Organe neu bilden.
- Die Abfolge der Regeneration eines Insektenbeines ist regelhaft.
- Die Regeneration und Wundheilung dienen regulativer Funktionssicherung.

3.4.4 Material:

Verschiedene Regenerationsstadien der Gespenstschrecken.

3.4.5 Unterrichtsschritte:

- Erarbeiten, dass bei Unfällen verlorene Gliedmaßen wieder einheilen können, Neubildung aber bei Menschen und Säugern nicht möglich sind. Anlass z.B. Zeitungs- oder Schülerbericht.
- Lupenbeobachtung von Regenerationsstadien der Gespenstschrecke. Anlegen eines Beobachtungsprotokolls, Zeichnen der Stadien und Beschreiben der Abfolge.
- Andere Beispiele von Regeneration im Tierreich vorstellen: z.B. Süßwasserpolyphen, Trockenpräparate regenerierender Seesterne, Eidechse mit nachwachsendem Schwanz. Es können auch Bildmaterial und Beschreibungen zur Regeneration gesammelt werden.
- Zusammenstellen des Materials nach der Höhe der Organisationsstufe. Dabei erkennt der Schüler, dass ein Organismus desto besser regeneriert, je weniger differenziert er ist, Neubildung also an ursprüngliches, embryonales Gewebe gebunden ist.

3.5 Thema: Sexualverhalten (ab 9. Schj., vorher Einzelbeobachtung)

3.5.1 Ziele:

- Beschreiben der Geschlechtsunterschiede (vgl. 2.2)
- Beobachten und Beschreiben der Begattung (vgl. 2.3.2)
- Bedeutung der Konstruktion der Männchen für die Arterhaltung erfassen (vgl. bes. 2.5.10, 2.3.2).

3.5.2 Material:

Isolierte Männchen und Weibchen; evtl. zusätzlich Mikropräparate: Comea (Hornhaut) von Männchen und Weibchen aus Häutungen; Arbeitsblatt 3.

3.5.3 Unterrichtsschritte:

- Möglichst viele Unterschiede der Geschlechter in Gruppenarbeit feststellen (z.B. Lupenuntersuchung an frei aufgestellten Tieren: Gestalt, Flügel, Antennen, Augen, Ozellen, Proportionsunterschiede; Flugverhalten der Männchen; weiterführend mikroskopisches Betrachten der männlichen und weiblichen Comea (Hornhaut)).
- Schlussfolgerungen ziehen über die Zusammenhänge von Bau und Funktion (Eierproduktion - Aufsuchen der Weibchen; vgl. 2.3.2/3).

- Kopulation zeichnen lassen (Setzt man einige Stunden vorher im abgedunkelten Käfig mehrere Weibchen und Männchen zusammen, so sind Kopulationen zu beobachten.).
- Dabei werden zusätzliche Informationen über Geschlechtsorgane und Funktion der Samenpatrone gegeben. Aus einer geöffneten Spermatophorenblase lassen sich die Spermien in Ringerlösung leicht mikroskopieren.
- Interessierte Schüler können bei schwacher Beleuchtung (Rotlicht) das Aufsuchen der Weibchen durch Männchen beobachten (im Schülerversuch ca. 50 cm Abstand; sehr zeitaufwändig).
- Zusammenfassend lässt sich an der Ausbildung so spezieller Begattungseinrichtungen erkennen, welche Bedeutung der Durchmischung des Erbgutes im Genpool zukommt.

3.6 Thema: Bewegungskoordination bei Tieren mit Außen- und Innenskelett (ab 7. Schj.)

3.6.1 Ziele:

- Bestimmte Körperkonstruktionen erfordern auch eine bestimmte Anzahl von Beinen (vgl. 2.2.1, auch Zeitschr. Unterricht Biologie 9/1977, S. 26-33).
- Beinbewegungen sind in bestimmter Weise koordiniert (vgl. 2.2.1).

3.6.2 Material:

Nur Larven 1./2. Stadium; Funktionsmodell des Insektenganges (Abb. 31/34).

3.6.3 Unterrichtsschritte:

- Durch Beobachten klären, warum wir nicht umfallen, obgleich wir doch beim Gehen immer auf einem Bein stehen (Dazu mit geschlossenen Augen auf einem Bein stehen: Ausgleichsbewegungen beschreiben. Dann langsam mit großen Schritten gehen: elastisches Ausgleichen mit den Knien, Mitschwingen der Arme, Schultern, Hüften erfahren.).
- Vergleichen mit einem Insekt: Das Außenskelett mit starrem Thoraxteil ist ein Hindernis, Ausgleichsbewegungen sind nur begrenzt möglich.
- Beobachten der Beinfolge beim laufenden Insekt. Dann eine Schemazeichnung beziffern (Abb. 34).
- Nachahmen der Beinkoordination am Funktionsmodell (aus Pappstreifen, Musterklammern und festem Draht selbst herstellen lassen).
- Untersuchen der geometrisch idealen Unterstützung starrer Körper (Dreipunktaufstellung) und der Stützmöglichkeiten elastisch nachgebender Körper. Dabei erkennen, dass die Evolution für Insekten die ideale Doppel-dreipunktunterstützung gefunden hat.

3.7 Thema: Mundwerkzeuge - Futter- und Wasseraufnahme (ab 6. Schj.)

3.7.1 Ziele:

- Beobachten der Mundwerkzeuge bei der Wasseraufnahme
- Beobachten, wie die Blätter beim Fressen bearbeitet werden
- Bau und Funktion der Mundwerkzeuge als Grundtypus aller spezialisierten Insekten beschreiben (vgl. 2.2.1).

3.7.2 Material:

- Ältere Larven und Imagines, die bei genügender Feuchtigkeit 2 Tage gehungert haben
- Futterzweige
- Tropfpipette
- Lupen 8-fach
- Mikropräparate oder Abbildungen der Mundwerkzeuge
- Mikroskope.

3.7.3 Unterrichtsschritte:

- Mit der Tropfpipette wird ein Wassertröpfchen vor den Kopf der Gespenstschrecke gehalten und die Tätigkeit der Mundwerkzeuge - möglichst mit der Lupe - beobachtet.
- Versuche: Futter vorher und nachher wiegen; Fressvorgang (etwa 20 Min.) beobachten, Fraßlinien am Blatt zeichnen (Abb. 7).
- Mundwerkzeuge betrachten und zeichnen (Abb. 4-6; Modellschnittmuster Abb. 6a).
- Ein Futterspektrum kann erst nach Langzeitversuchen aufgestellt werden.

3.8 Thema: Flügel und Flugmechanismus (ab 7. Schj.)

3.8.1 Ziele:

- Bau und Funktion eines urtümlichen Insektenflügels verstehen (vgl. 2.2.2)

3.8.2 Material:

- Kräftige lebende Männchen; genadelte Männchen mit ausgespannten Flügeln; Flugmodell (Abb. 33); Mikropräparate des Flügels.

3.8.3 Unterrichtsschritte:

- Motivation durch den Reiz, der vom fliegenden Tier ausgeht. (Vorher Angst vor dem Insekt ansprechen und so weit wie möglich abbauen): Männchen vorsichtig am Rücken greifen und mehrfach fliegen lassen.
- Flugweise beobachten und beschreiben.
- Beobachtungen zur Flugorientierung anstellen; evtl. ein oder beide Augen mit schwarzer Temperafarbe abdecken und nachher mit einem feinen Pinsel abwaschen (unschädlich u. schmerzlos).
- Blockade der Flugfähigkeit bei Tarsenkontakt prüfen (vgl. 2.5.5) (ohne Schaden aus 2 m Höhe auf eine weiche Unterlage fallen lassen).
- Erarbeiten der Flügelfunktion durch Betrachten der Spannpräparate, Überprüfen des Luftwiderstandes bei verschiedenen Bewegungseinrichtungen und -drehungen eines selbstgefertigten Faltflügels und Arbeit an Funktionsmodell und Abbildung eines Thoraxquerschnittes (Abb. 32 und 33).
- Betrachten des Mikropräparates: „Adern“, Haut und Behaarung eines Flügels.
- Tarnverhalten erarbeiten: Darstellen der angelegten Flügel als Stab und der gespreizten Flügel als Muster der Sonnenstrahlenfleckung am Faltflügelmodell (Abb. 33).

3.9 Thema: Allometrisches Wachstum (ab 7. Schj.)

3.9.1 Ziel:

- Die im Laufe der Entwicklung unterschiedliche Wachstumsgeschwindigkeit verschiedener Körperteile erkennen.
- Bedeutung der Wachstumsunterschiede für verschiedene Entwicklungsstufen verstehen (vgl. 2.3.8).

3.9.2 Material:

Gespensschrecken verschiedener Altersstufen, besonders erstes Stadium und Imagines. Mess- und Zeichengerät, Millimeterpapier.

3.9.3 Unterrichtsschritte:

- A Beobachtungen am Menschen (Dieser Teil kann auch vorgegeben werden):
- Bei Kleinkindern, Schülern und Erwachsenen:
Kopf-, Rumpf-, Bein- und Armlänge messen. Messstellen und Messmethoden vorher festlegen.
 - Für jede Altersstufe Mittelwerte errechnen und proportionsgerecht in einem Vergleichsbild nebeneinander stellen.
 - Bedeutung für den Menschen als Nesthocker mit entwickeltem Orientierungssystem erarbeiten.
- B Untersuchen des Phänomens bei Extatosoma:
- Die zu messenden Strecken (Kopf-, Körper-, Flügel-, Bein-, Fühlerlänge und Augendurchmesser) werden auf Millimeterpapier aufgelistet. Danach werden einige Tiere des 1. und letzten Stadiums unter Kontrolle kurzzeitig im Kühlschrank in Kältestarre versetzt.
 - Mit dem Stechzirkel werden schnell die abgenommenen Maße neben den Listenangaben eingestochen und erst später notiert. Zeichenhilfe: Die Imago wird schematisch 1:1 aufgezeichnet und darum ein Koordinatensystem ausgezogen (Abb. 17). Dann wird die Länge der Larve n-mal abgesteckt, bis sie den Rahmen füllt; anschließend werden die übrigen Larvenmaße an den entsprechenden Stellen n-mal abgetragen.
 - Für Extatosoma die allometrischen Wachstumsverschiebungen auf das unterschiedliche Verhalten des frühen und des späten Entwicklungsstadiums beziehen.

3.10 Weitere Unterrichtshinweise

3.10.1 Kurzfristige Beobachtungsmöglichkeiten:

Flugversuche mit Männchen unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen (s. 2.2.2);

Beinkoordination bei verschiedenen Larvenstadien (s.2.3.7);

genaue Messungen zum allometrischen Wachstum (s. 2.3.8);

Sinnesleistungen in Streifentrommel überprüfen (s. Abb. 24);

Optimum auf der Temperaturorgel feststellen; Geruchs- und Wärmesinn bei jungen Larven prüfen (Vorsicht; z.B. einzelne Antennen anblasen);

Hell- dunkel- Orientierung; Prüfung des Formsehens (s. 2.5.9);

Bedingungen für die Schaukel- (s. 2.5.2) und Totstellreaktion (s. 2.5.6);

Futterversuche: Fließpapiere in verschiedenen Farben, getränkt mit Pflanzenpresssäften oder Duftstoffen;

Anatomie des Verdauungs-, Tracheen-, Nerven- und Blutgefäßsystems, der Geschlechtsorgane.

3.10.2 Langzeitbeobachtungsmöglichkeiten:

- Zuchten von Farb- und Formrassen (vgl. 2.3.1)
- genaue Entwicklungsdaten: Abfolgezeiten und -gewichte, Entwicklungstabellen und -kurven, Einfluss von Temperatur, Licht, Futter, Besatzdichte u.a. (vgl. 2.3.5 - 11)
- Schlüpftrate bei befruchteten und unbefruchteten Eiern (vgl. 2.3.1)
- Aufsuchen der Weibchen zur Paarung (s. 2.3.2)
- Regenerationsabfolge (vgl. 2.4.4)
- tagesperiodische Aktivitäten (vgl. 2.5.2).

4. Literatur - Verzeichnis

- Brunner v. Wattenwyl, C.,
Rettenbacher, J. Die Insektenfamilie der Phasmiden.
(ausführl. Systematik, teils veraltet)
Leipzig 1906 - 1908
- Bässler, U. Das Stabheuschreckenpraktikum.
Franckh'sche Verlagshdlg.,
Stuttgart 1965
- Bedford, G. O.,
Chrinnick, L. J. Conspicuous displays in two species of
Australian stick insects.
Anim. Behav., 1966, 14, 518-521
- Beier, K. G. Anatomie der Phasmiden. (1957)
Handbuch der Zoologie
- Chopard, L. La biologie des Orthoptères.
Encyclopédie entomologique, Paris, 1938
- Cronjaeger, R. Untersuchung zum Bau und zur Funktion
der Malpighischen Gefäße ...
Staatsexamensarbeit, Hannover 1979
- Goss, R. J. Regeneration (Thieme Taschenbuch),
Stuttgart 1974
- Günther, Kurt in Urania Tierreich, Band III, Insekten
Verlag H. Deutsch, Frankfurt 1969
- Gurney, A. Notes on some remarkable Australasian
Walkingsticks, including a synopsis
of the Genus *Extatosoma*.
Annals of the Entomological Society of
America, Vol. XL S. 373-389
- Jander, R. Wie erkennen Stabheuschrecken Sträucher?
Attrappenversuche zum Formsehen eines
Insektes, Zool. Anz. Bd. 33
Verh. Zool. Ges. 1969
- Kaestner, A. Lehrbuch der speziellen Zoologie.
Band I, Wirbellose, 3. Teil, Insecta:
A und B. (Zahlreiche Literaturangaben
über Phasmatodea)
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1973
- Kalmus, H. Einfache Experimente mit Insekten.
Birkhäuser Verlag, Basel 1950
- Key, K. H. L. Phasmatodea
Chapter 22 in: The Insects of Australia,
A Textbook for Students and Research
Workers, Melbourne University Press
AUS 67 - 1962
- . Kentromorphic Phases in three species
of Phasmatodea
Australian Journal of Zoology
Volum 5, 1957
- Lau, D. Beobachtungen über die Fortpflanzung u.
Entwicklung der Australischen Gespenst-
schrecke - *Extatosoma tiaratum* - .

- Seiler, Chr.,
Bradler, S.
Koch, R.
- Zool. Garten N.F. Jena 49 (1979)
1. S. 17 - 64
Phasmiden Pflege und Zucht von Gespenst-
schrecken, Stabschrecken und Wandelnden
Blättern
bede-Verlag GmbH Ruhmannsfelden 2006
- Walter. H.,
Lieth, H.,
Harnickell
Walter, H.
- Klimadiagramm Weltatlas.
VEB G. Fischer Verlag, Jena 1960-67
- Die Vegetation der Erde.
Verlag Fischer, Jena 1964
- Weber, H.,
Weidner, H.
Wickler, W.
- Grundriss der Insektenkunde.
Fischer Verlag, Stuttgart 1974
- Mimikry, Nachahmung und Täuschung
in der Natur.
Fischer Taschenbuch 6192, 1973
- Wyniger, R.
- Insektenzucht.
Verlag Ulmer, Stuttgart 1974

5. Abbildungen

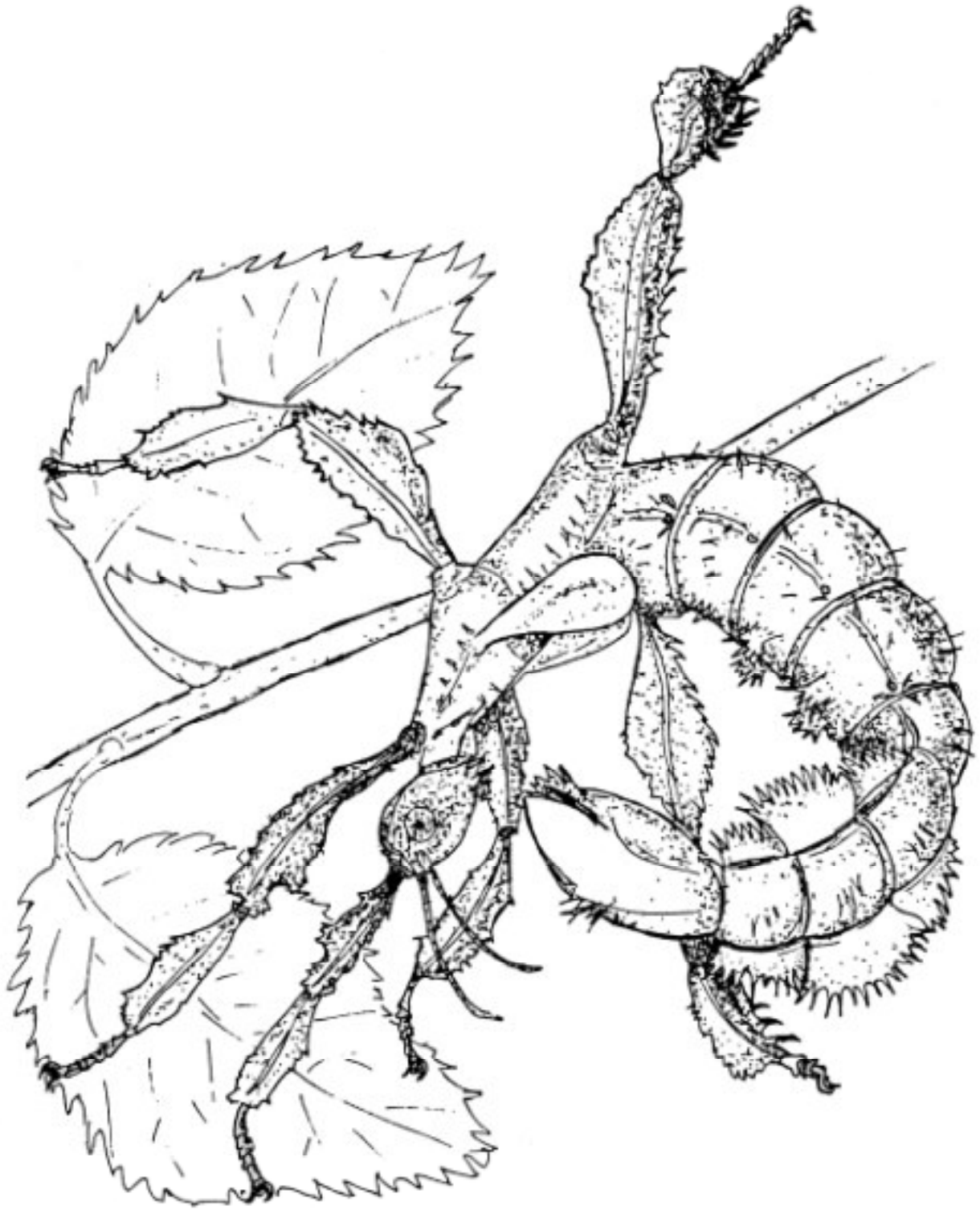


Abb. 1
Weibchen in Drohhaltung

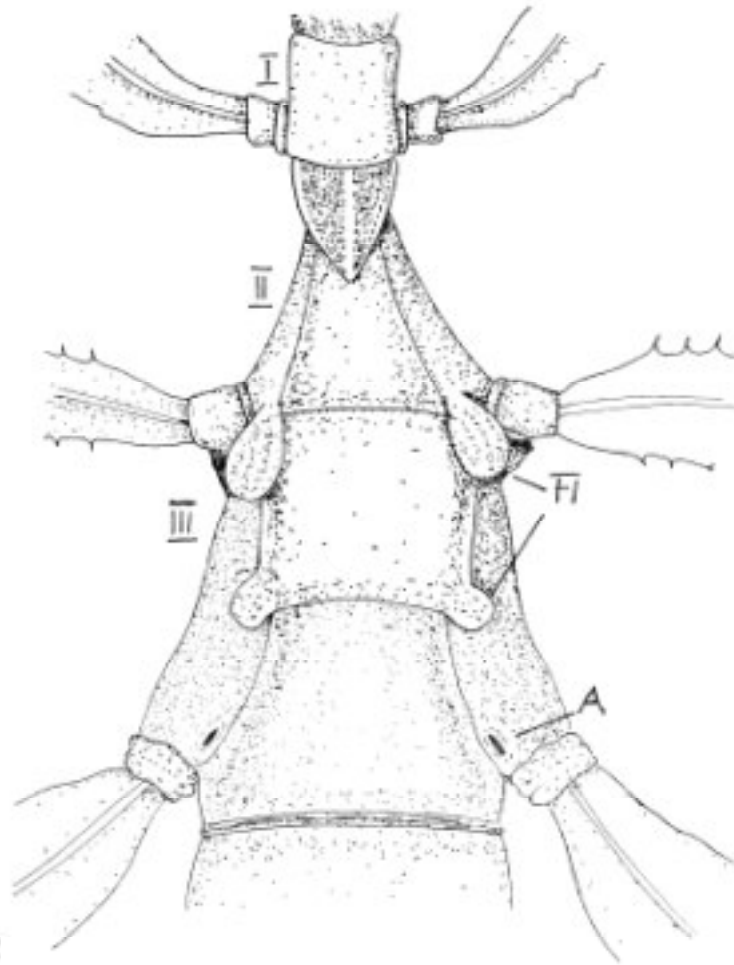


Abb. 2
 Brustglieder I, II, III, ♀
 letztes Larvenstadium,
 A = Atemklappe, Fl = Flügelanlagen

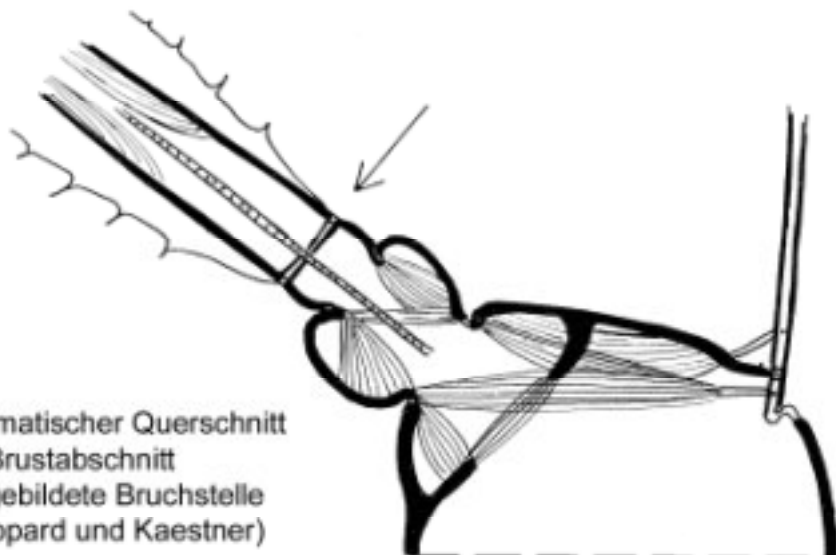


Abb. 3
 Halbschematischer Querschnitt
 durch 2. Brustabschnitt
 Pfeil: vorgebildete Bruchstelle
 (nach Chopard und Kaestner)

Abb. 4
Kopf eines Weibchens

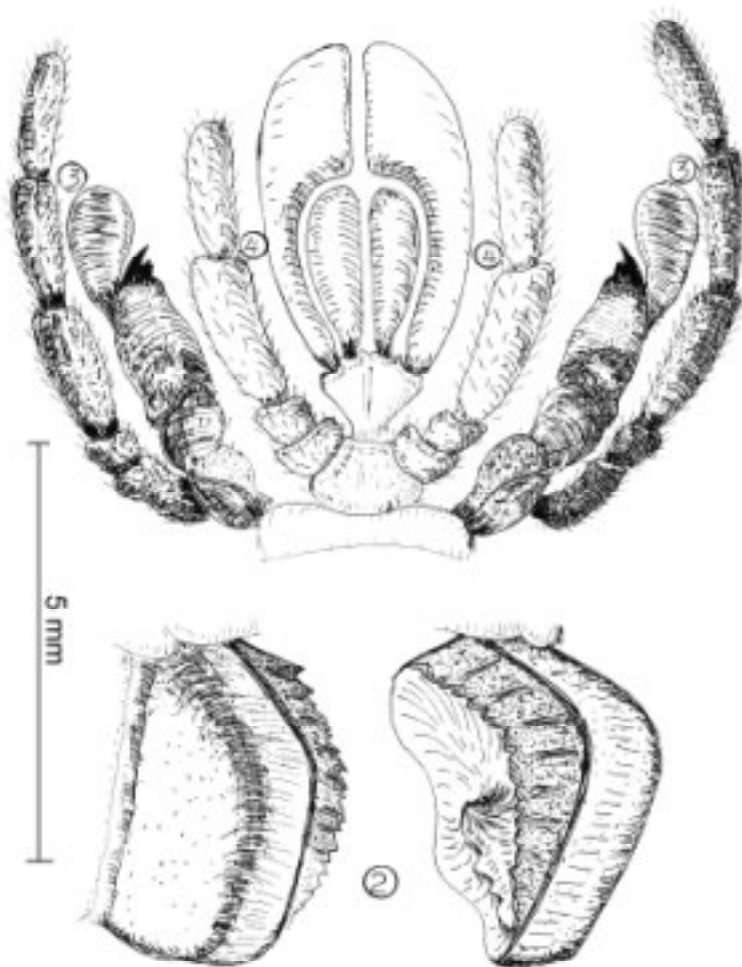
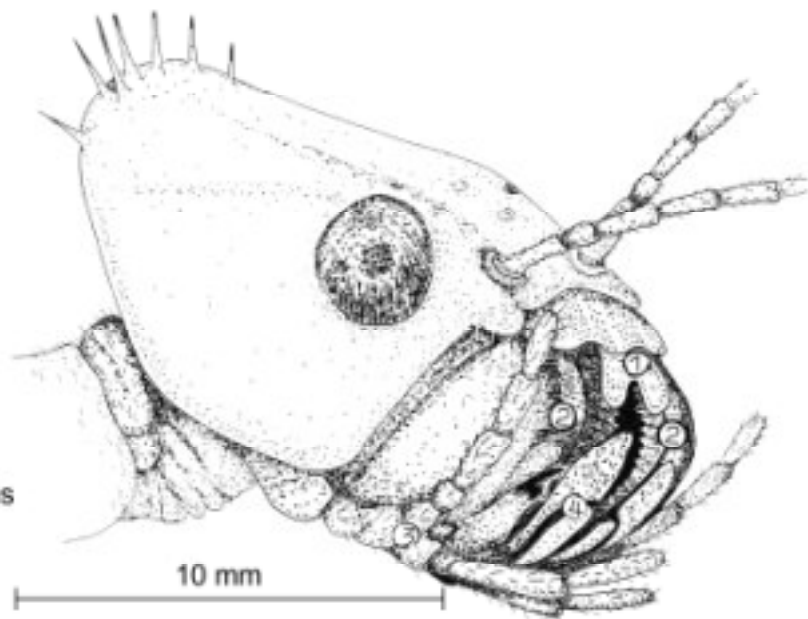


Abb. 5
Mundwerkzeuge einzeln

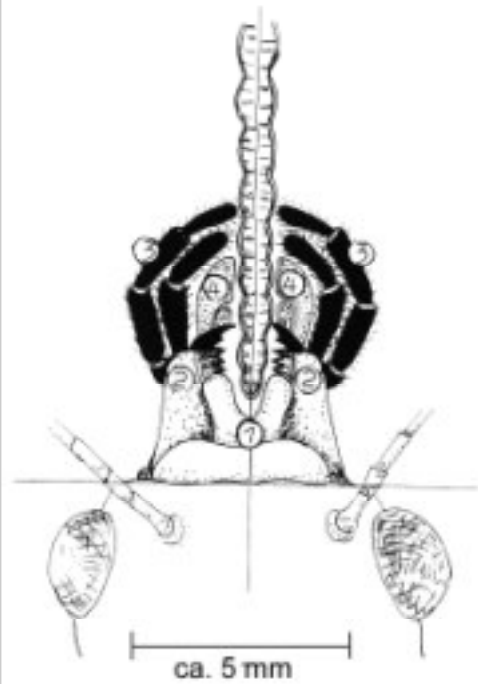


Abb. 6
Mundwerkzeuge von oben,
Führung eines Futterblattes

- ① Oberlippe (Labrum)
- ② Oberkiefer, "Kauzangen" (Mandibeln)
- ③ Unterkiefer (Maxillen)
- ④ Unterlippe (Labium)

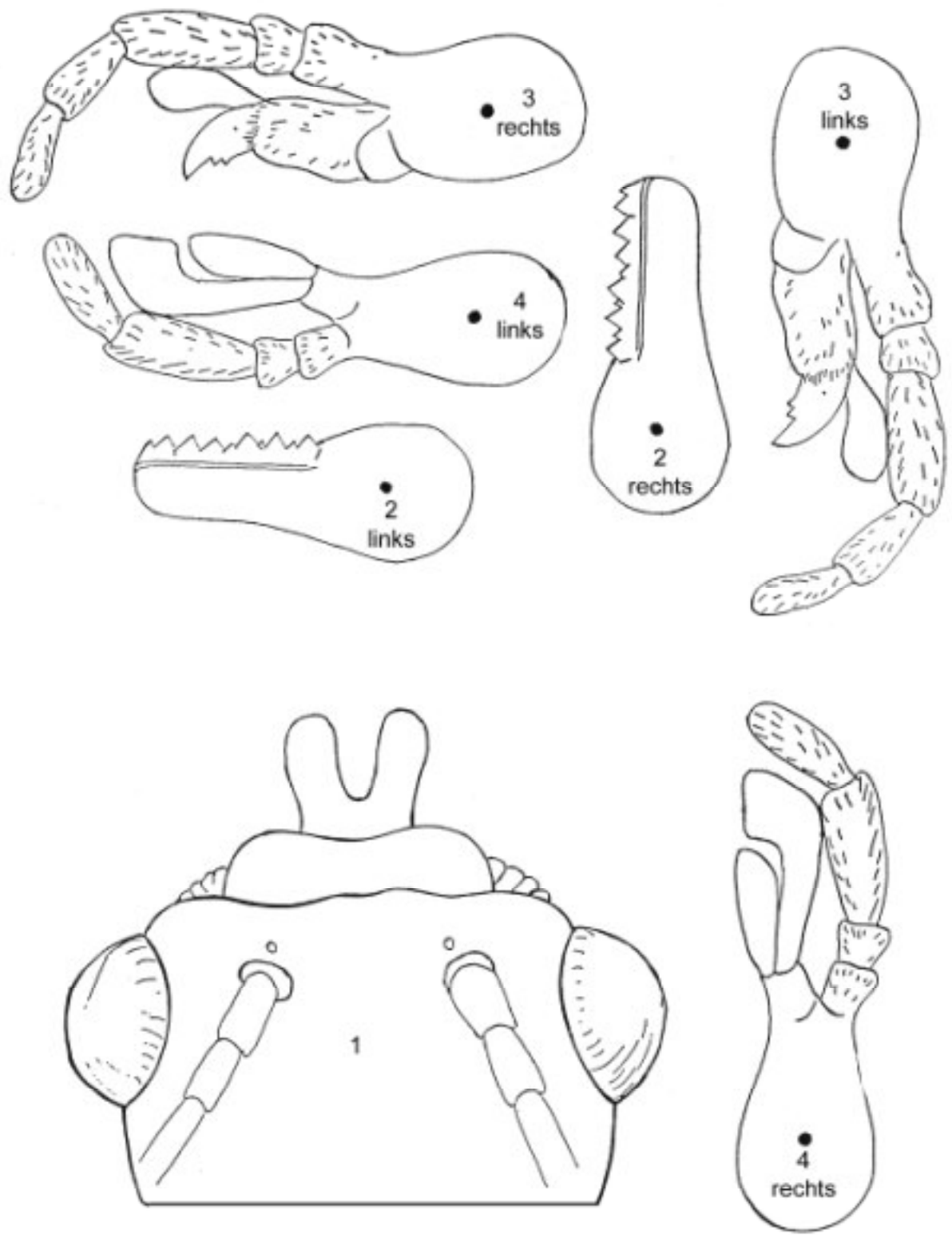


Abb. 6a
 Modellschnittmuster: Mundwerkzeuge zum Darstellen
 der Führung eines Futterblattes

- 1) Kopf mit gespaltenen Oberlippen
- 2) Kauzangen (Oberkiefer, Mandibel)
- 3) Unterkiefer (Maxillen), mit seitlichem Taster
- 4) Unterlippe (Labium), mit seitlichem Taster

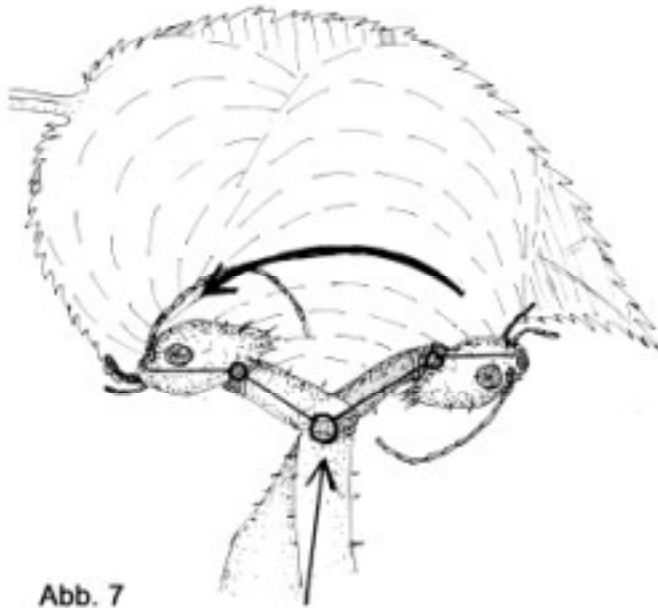


Abb. 7
Schema des Weidevorganges

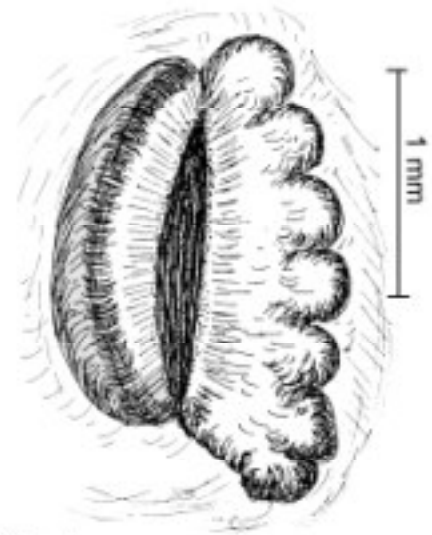


Abb. 8
Atemklappe, stark vergrößert

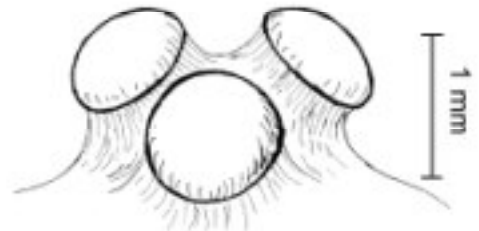


Abb. 10
Punktaugen, Männchen

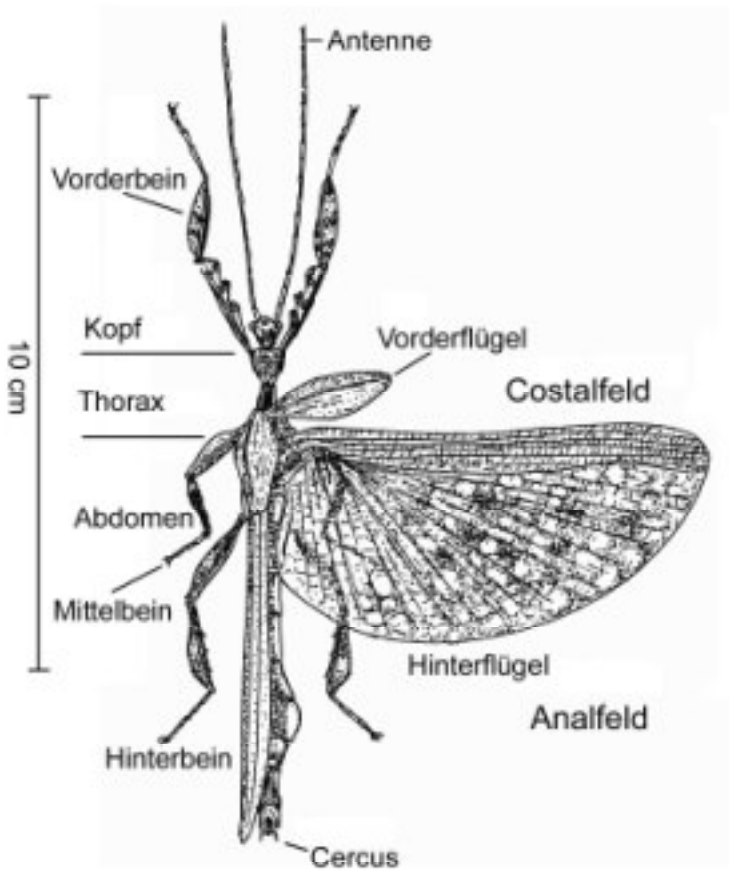


Abb. 9
Männchen, ein Flügelpaar ausgebreitet

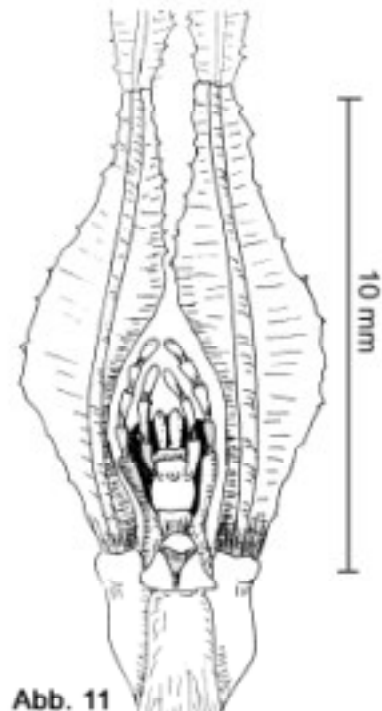


Abb. 11
Kopf in der Aussparung der Vorderbeine, Larve von unten

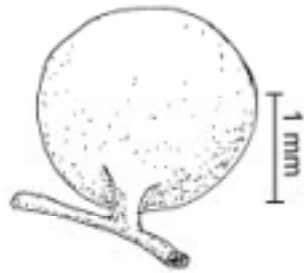


Abb. 12a
Samenpatrone



Abb. 12b
Spermium
stark vergrößert

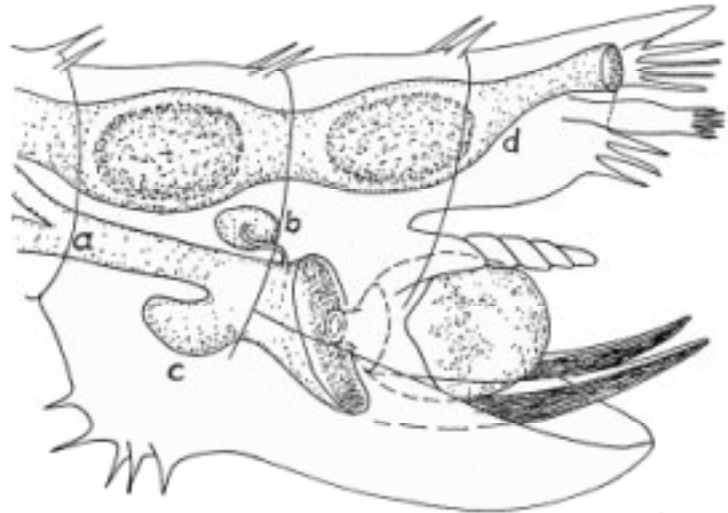


Abb. 13
Halbschematischer Querschnitt:
Hinterleibende des Weibchens
a) Eileiter
b) Samenbehälter
c) Befruchtungstasche
d) Darm

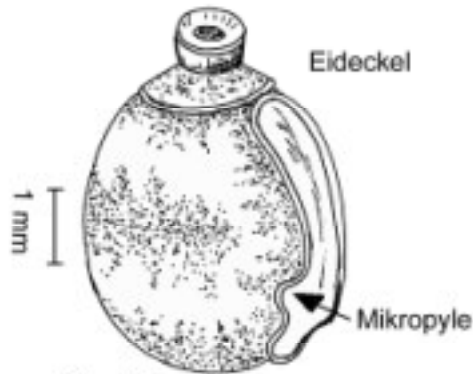


Abb. 14
Ei



Abb. 15
Geöffnetes Ei mit Larve,
halbschematisch

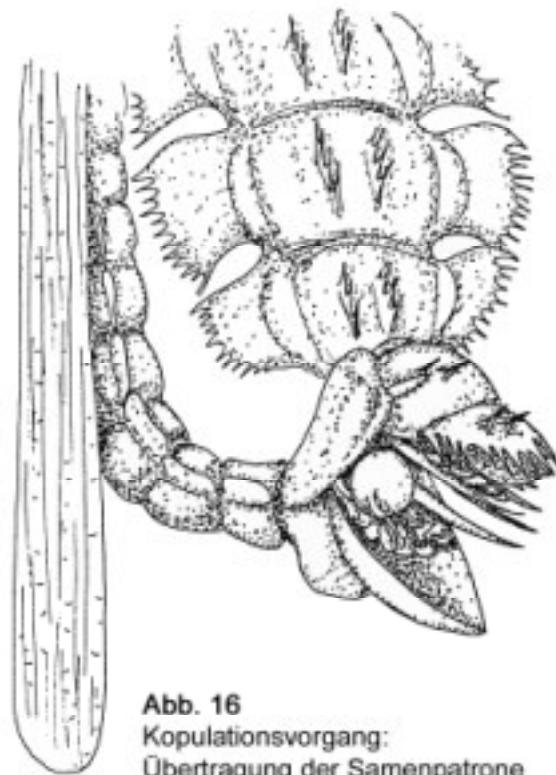


Abb. 16
Kopulationsvorgang:
Übertragung der Samenpatrone

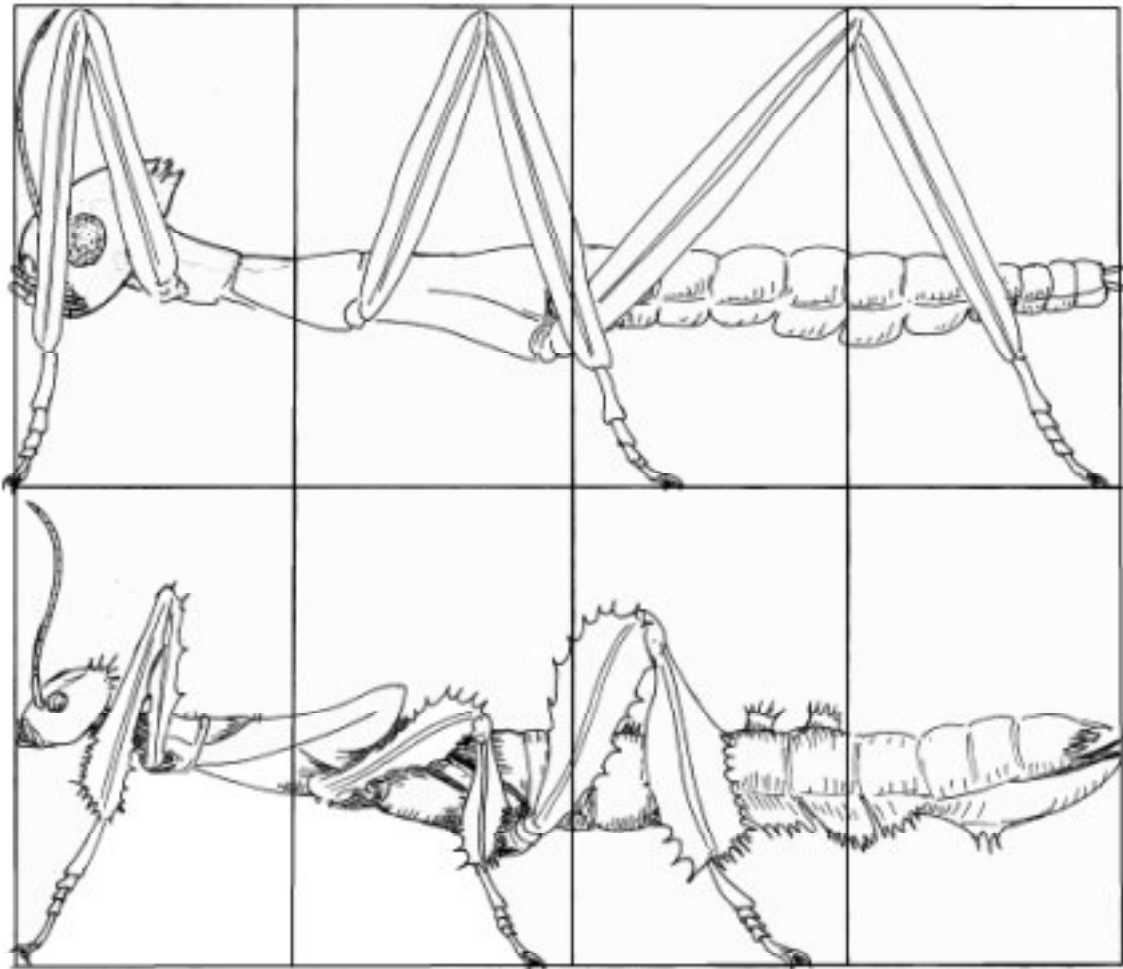


Abb. 17
 Allometrisches Wachstum: 1. Larvenstadium (oben)
 und Weibchen auf gleiche Größe gebracht

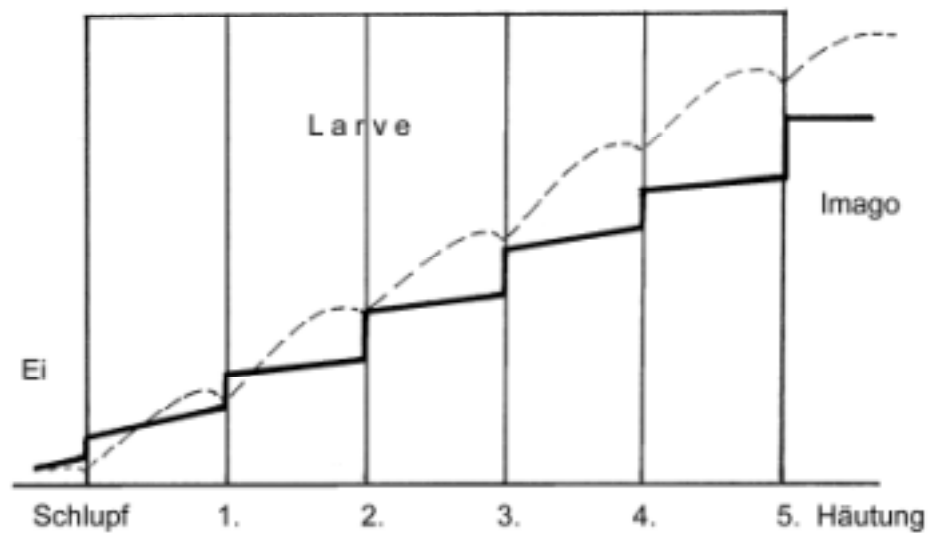


Abb. 18
 Entwicklungsdiagramm (schematisch)
 Längenzunahme —————
 Gewichtszunahme - - - - -



Abb. 19
Anlage vermehrter Antennenglieder
unter alter Haut



Abb. 20
Hinterleibsquerschnitt,
schematisch
oben: unmittelbar
nach der Häutung
unten: einige Zeit danach

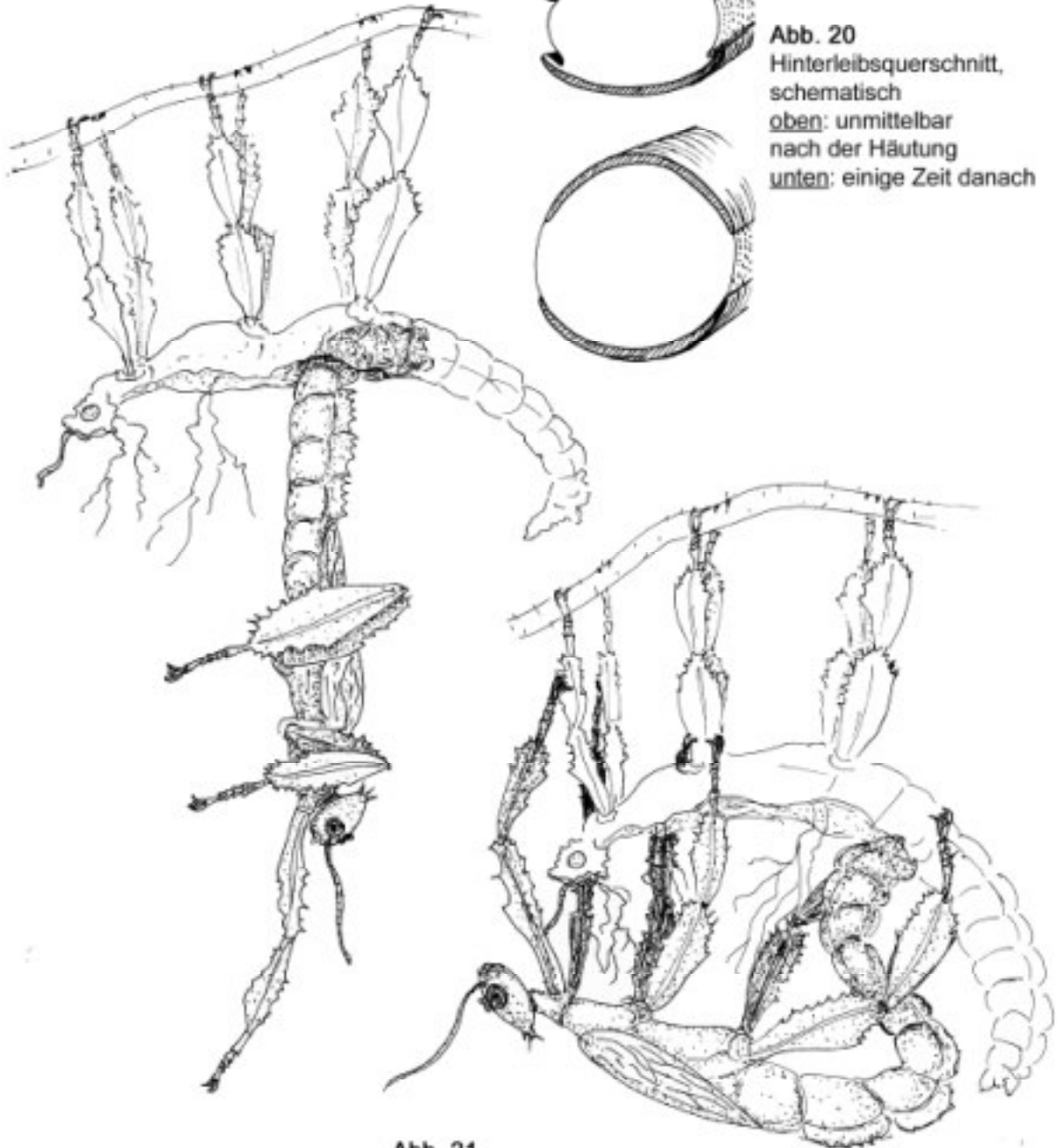


Abb. 21
Häutungsvorgang



Abb. 22
Fußglieder,
normal entwickelt

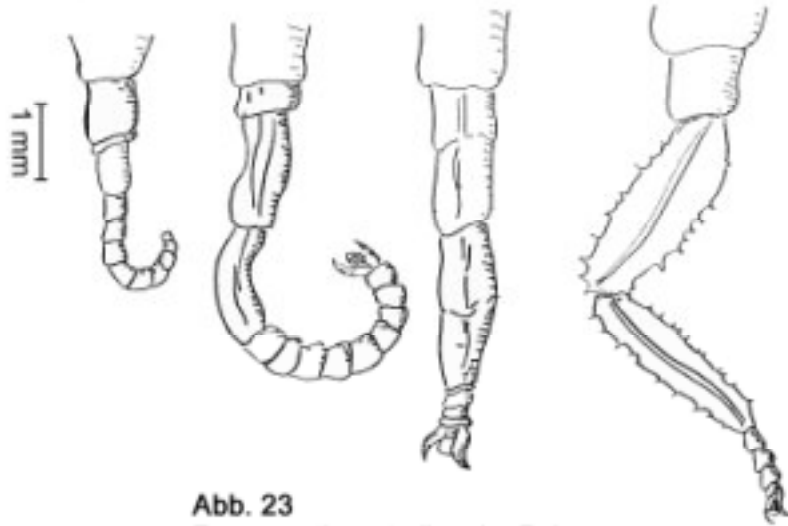


Abb. 23
Regenerationsstadien der Beine

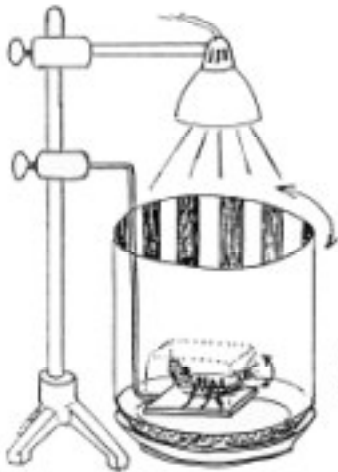


Abb. 24
Streifentrommel: (Plastikteller mit angeklebtem Zylinder,
schwimmt im unteren Teller; \varnothing ca. 20 cm)

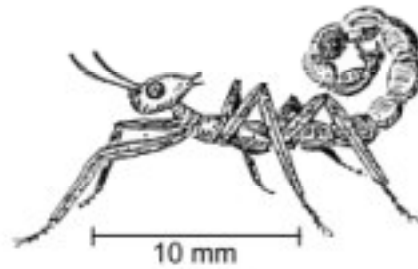


Abb. 26
1. Larvenstadium



Abb. 25
Wegemuster aufgrund
der Klettertaxis
des 1. Larvenstadiums

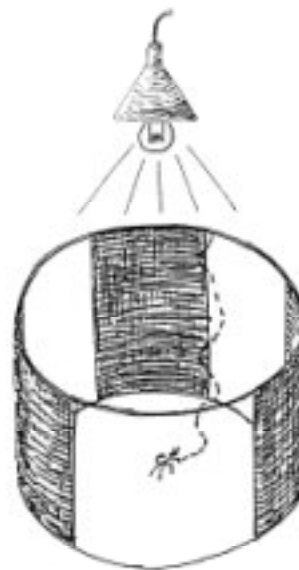


Abb. 27
Versuchsanordnung
zur Lichtgradienttaxis

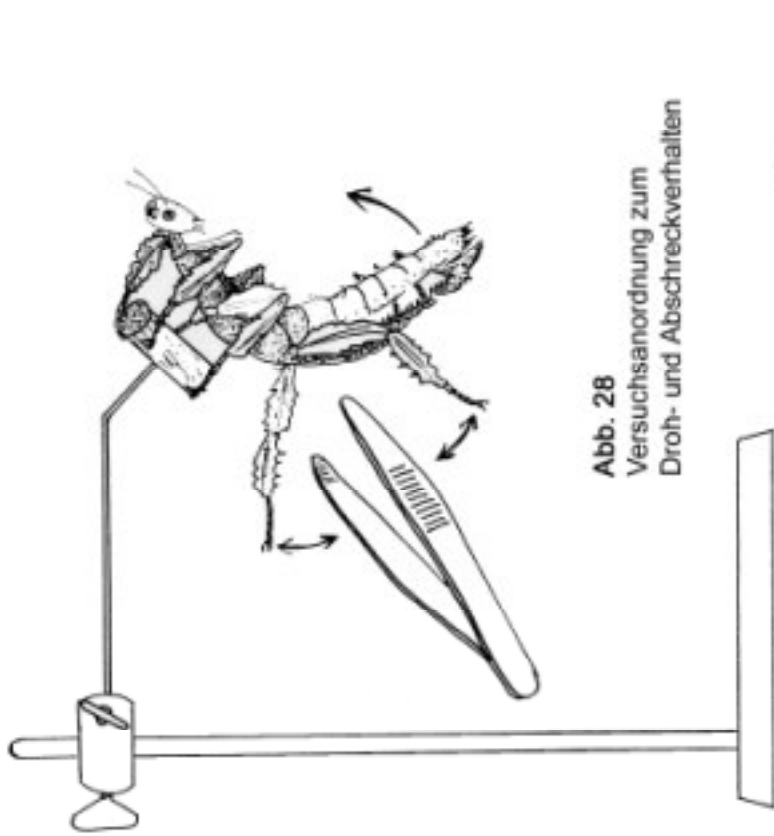


Abb. 28
Versuchsanordnung zum
Droh- und Abschreckverhalten



Abb. 30
Unterschiedliche Funktion der Beinpaare

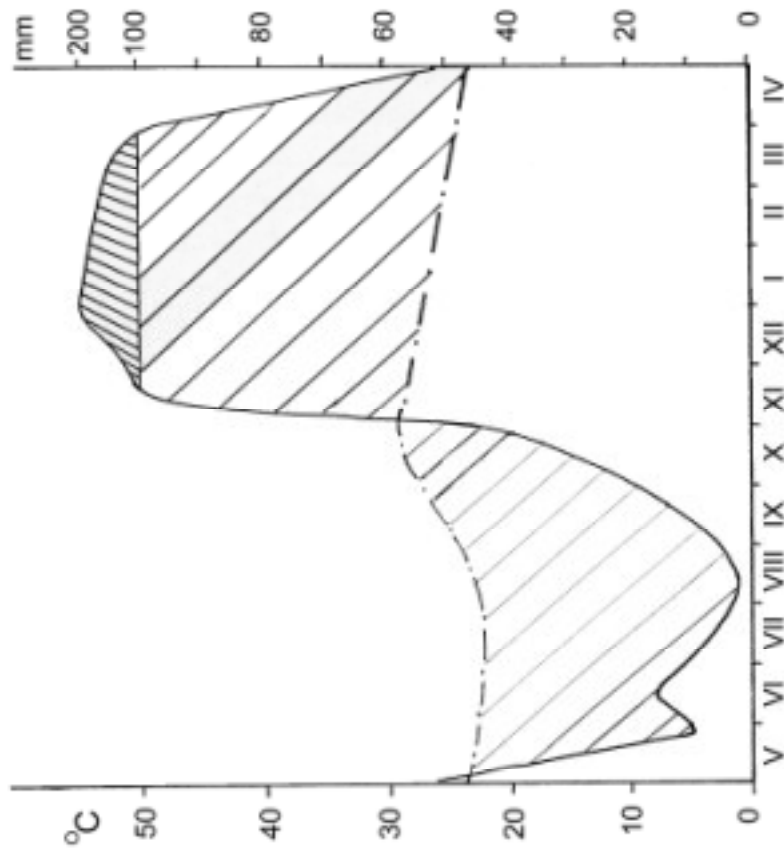


Abb. 29
Klimadiagramm von Fairbanks / Australien
verändert nach H. Walter / H. Lieth / Harnickell

— · — · — Temperatur
— Niederschlag

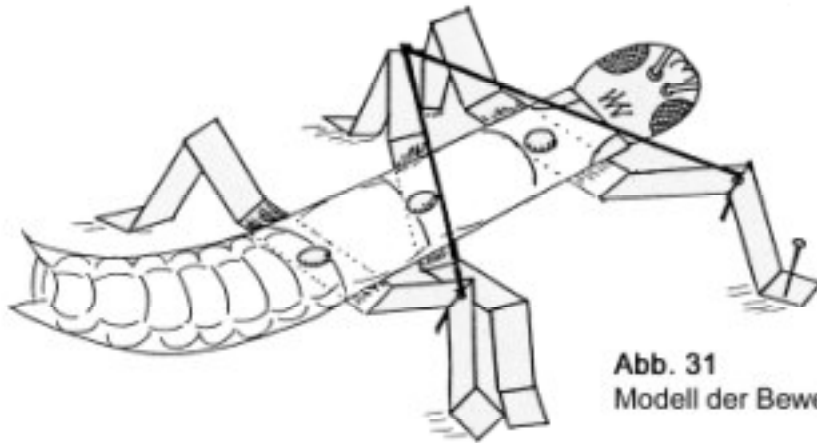


Abb. 31
Modell der Bewegungskoordination

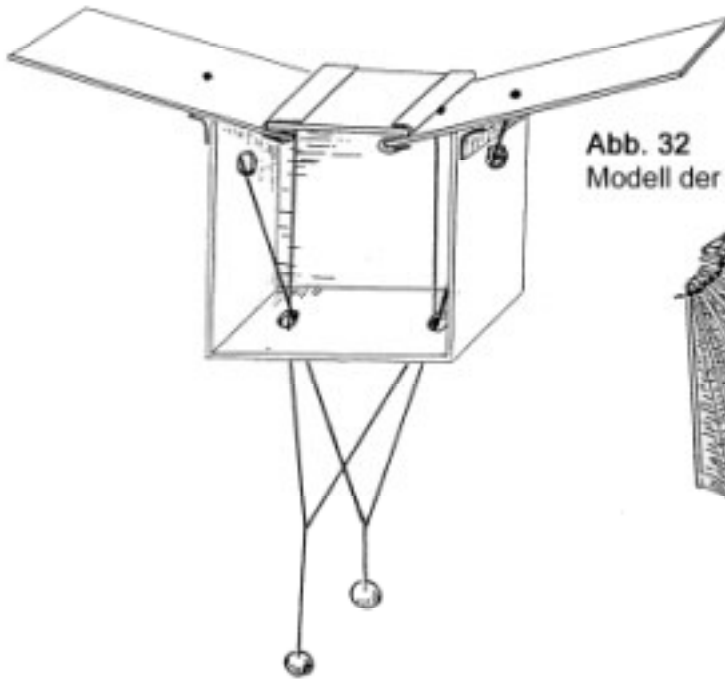


Abb. 32
Modell der Flügelbewegung

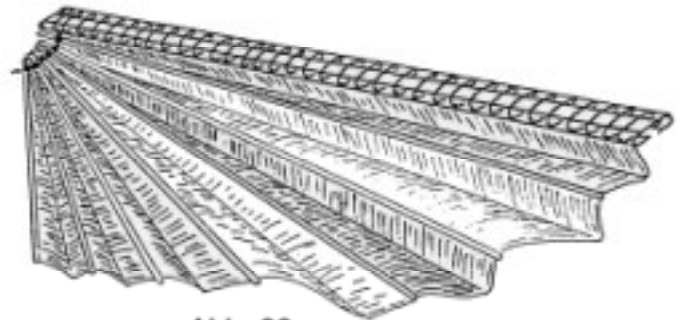


Abb. 33
Modell des Faltenflügels

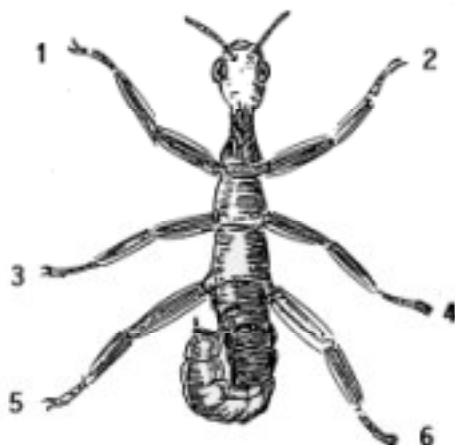


Abb. 34
Gespenstschrecke, 1. Larvenstadium
mit bezifferten Beinen

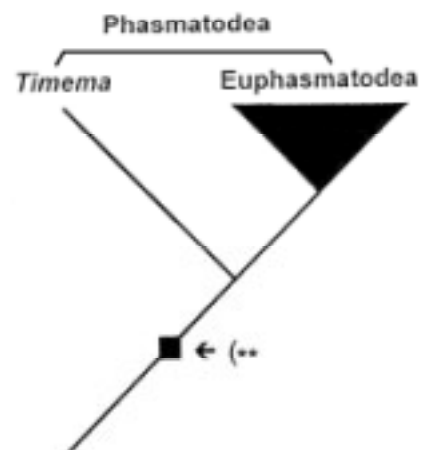


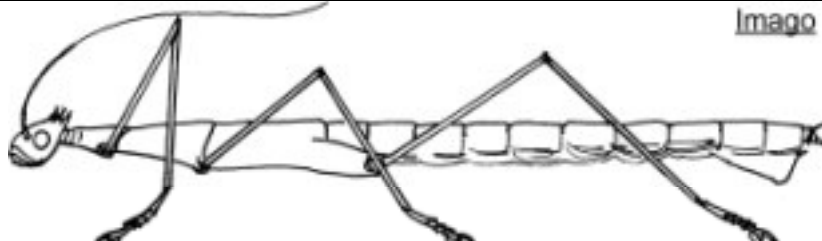
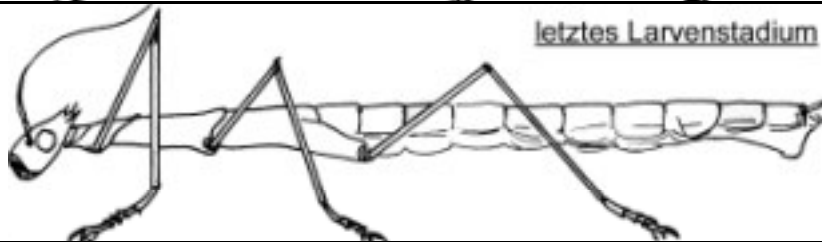
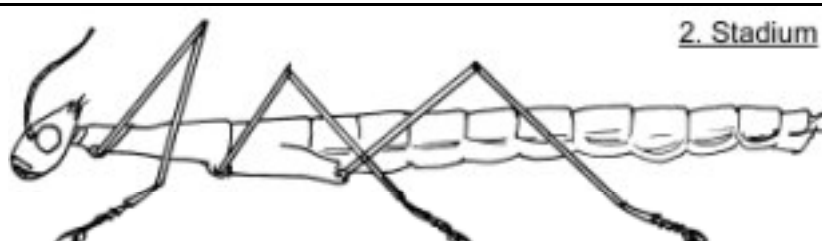
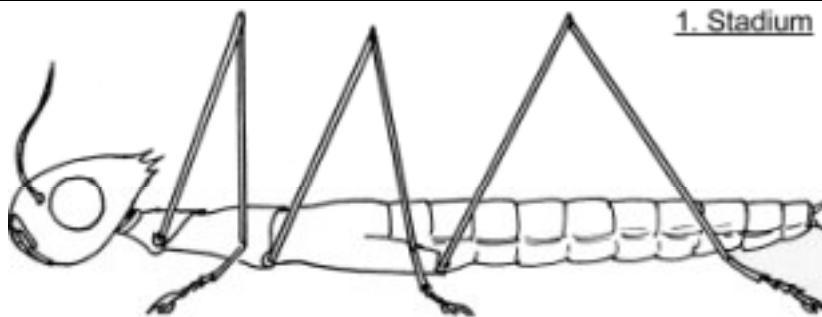
Abb. 35
Systematische Einordnung des
monophyletischen Merkmals:
(** paarige Wehrdrüsen am Thorax)

Arbeitsblatt: 1Entwicklung des Männchens der Gespenstschrecke *Extatosoma tiaratum*

Zeichne rot ein:

a) Anlage des 2. Flügelpaares

b) Form der Beine

Quotient
Flügelänge:
KörperlängeAndere
auffallende
Merkmale

Ergebnisse:

Änderung der Flügelanlagen:





Änderung der Beine:

Änderung der Körperfarbe:

Die Art der Entwicklung heißt:


Arbeitsblatt: 1 - Lehrerfassung

Entwicklung des Männchens der Gespenstschrecke *Extatosoma tiaratum*

Zeichne rot ein: a) Anlage des 2. Flügelpaares b) Form der Beine	Quotient Flügelänge: Körperlänge	Andere auffallende Merkmale
 <p style="text-align: right;"><u>1. Stadium</u></p>	---	Kopf: rotbraun Körper: schwarz Beine: lang, unge- flügelt
 <p style="text-align: right;"><u>2. Stadium</u></p>	$2 : 24 =$ 0,08	Körper: grünlich / braun Beine: geflügelt
 <p style="text-align: right;"><u>letztes Larvenstadium</u></p>	$13 : 73 =$ 0,19	---
 <p style="text-align: right;"><u>Imago</u></p>	$77 : 91 =$ 0,85	Fühler: sehr lang
Ergebnisse: Änderung der Flügelanlagen: Sie werden nach jeder Häutung sprunghaft länger.		
Änderung der Beine: 1. Stadium: ungeflügelt, sehr lang; 2. Stadium: gelappt; ab 3. Stadium: geflügelt und gestachelt		
Änderung der Körperfarbe: Nur im 1. Stadium schwarz und braun, später einfarbig, höchstens etwas gebändert		
Die Art der Entwicklung heißt: Unvollständige Verwandlung		


Arbeitsblatt : 2

Verhalten bei Gespenstschreckenweibchen

Körpergestalt:		Deutung:
Färbung:		
Geschehen / Reiz	Verhalten:	Deutung:
Leichtes Anblasen		
Beleuchten mit hellem Licht (nur bei ungestörten Tieren im Dunkeln)		
Berühren des Körpers		
Berühren der Bauchseite und des Ansatzes der Hinterbeine		
Auf den Rücken oder auf eine Seite legen, so dass Fußkontakt fehlt		
Zum Schutz der Gespenstschrecken wirken zusammen:		
Der Schutz ist nicht vollkommen, reicht aber aus:		

Arbeitsblatt: 2 - Lehrerfassung

Verhalten bei Gespenstschreckenweibchen

Körpergestalt:		Deutung:
Beine und Leib gestachelt und gekielt; kleiner Kopf, Augen in Körperfärbung		Sehen aus wie Zweige mit Domen und wie gestachelte Blätter
Färbung:		Sehen aus wie frisches oder trockenes Laub
grün - braun		
Geschehen / Reiz	Verhalten:	Deutung:
Leichtes Anblasen	Schaukelbewegung	Nachahmen eines schwingenden Blattes
Beleuchten mit hellem Licht (nur bei ungestörten Tieren im Dunkeln)	Meist bewegungslos; starre Haltung; die Vorderbeine werden oft nach vorne gestreckt.	Nachahmen eines Pflanzenteils. Vögel sehen nur bewegte Beute.
Berühren des Körpers	Der Hinterleib wird ruckartig hochgerollt; oft peitschende Bewegungen mit dem Hinterleib.	Das Tier macht sich groß. Der Hinterleib erscheint mit seinen breiten Seitenlappen als Scheinkopf, der zuschnappt.
Berühren der Bauchseite und des Ansatzes der Hinterbeine	Das Insekt spreizt die Hinterbeine, schlägt mehrfach heftig zu, spreizt aber jedes Mal wieder die Beine	Scheinangriff; der Feind schreckt zurück, wird losgelassen; er würde sonst nach dem weichen Hinterleib schnappen.
Auf den Rücken oder auf eine Seite legen, so dass Fußkontakt fehlt	Das Insekt liegt oft stundenlang starr auf dem Rücken, die Beine nach oben.	Tot stellen. Augentiere (Vögel) nehmen das Tier nicht als Beute wahr.
Zum Schutz der Gespenstschrecken wirken zusammen: Gestalt, Färbung, Tarn- und Drohverhalten		
Der Schutz ist nicht vollkommen, reicht aber aus: zum Überleben der Art		

Arbeitsblatt : 3

Unterschiede der Geschlechter bei Gespenstschrecken



♀

Weibchen



♂

Männchen

Körperform		
Körpergewicht		
Beweglichkeit der Tiere		
Flügel		
Flugfähigkeit		
Oberfläche: Auge - Kopf	12 mm ² - 150 mm ²	15 mm ² - 65 mm ²
Verhältnis Auge : Kopf		
Zahl der Augenkeile	etwa 4000	etwa 5000
Stirnaugen		
Fühler		
Tarnung: in Ruhe		
in Bewegung		
Verteidigung		
Finden der Geschlechter		
Sicherheit für die Sexualprodukte		
Vergleich der Geschlechter		
	♀	♂
Bedeutung der Männchen für die zerstreut lebende Tierart		
Das Erbgut wird:	Die Neukombination der Erbanlagen verhindert:	

Arbeitsblatt: 3 - Lehrerfassung

Unterschiede der Geschlechter bei Gespenstschrecken



♀

Weibchen



♂

Männchen

Körperform	dick, walzig		dünn, stabförmig			
Körpergewicht	18 g		2,2 g			
Beweglichkeit der Tiere	schwerfällig		lebhaft			
Flügel	verkümmertes Stummel		große Flügelhäute			
Flugfähigkeit	keine		langsam, aber ausdauernd			
Oberfläche: Auge - Kopf	12 mm ² - 150 mm ²		15 mm ² - 65 mm ²			
Verhältnis Auge : Kopf	rund 1 : 12		rund 1 : 4			
Zahl der Augenkeile	etwa 4000		etwa 5000			
Stirnaugen	keine		3, groß, vorstehend			
Fühler	kurz		doppelt so lang			
Tarnung: in Ruhe	gestacheltes Blatt		gestachelter Zweig			
in Bewegung	schaukelt wie ein Blatt im Wind		ebenso, fliegt ins Dunkle; beim Landen wird das Flügeltier plötzlich zum Stab			
Verteidigung	Abschrecken mit Hinterbeinschlag; starke Domen; Abwurf eines Beines		Abschrecken durch Entfalten der Flügel; ebenso			
Finden der Geschlechter	Lockduft		Suchflüge; riecht die Weibchen mit den Fühlern			
Sicherheit für die Sexualprodukte	Ei: harte, dunkle Schale; einem Steinchen ähnlich		Spermapatrone			
Vergleich der Geschlechter		♀	♂		♀	♂
	Ortswechsel	-	+	Tarnung	+	+
	Orientierung	-	+	Verteidigung	++	++
Bedeutung der Männchen für die zerstreut lebende Tierart						
Das Erbgut wird:	Die Neukombination der Erbanlagen verhindert:					
transportiert	Verlust wichtiger Erbanlagen; Unflexibilität bei Umweltänderungen; Aufspaltung der Art					