

Fangschreckenkrebse – Superlative in der Tierwelt

Präparation eines Gliederfüßers zur Erarbeitung von Struktur- Funktions-Zusammenhängen

Bryce M.², Haug C.², Haug J.T.², Radtke D.², Aufleger M.¹

²Ludwig-Maximilians-Universität München, Biozentrum Martinsried, Großhaderner Str. 2-4, 82152 Planegg-Martinsried, ¹Ludwig-Maximilians-Universität München, Didaktik der Biologie, Winzererstr. 45/II, 80797 München, lehrerbildung@bio.lmu.de

Fangschreckenkrebse für den Unterricht interessant. Fangschreckenkrebse sind leicht und kostengünstig zu besorgen, und mit einer Verkaufsgröße von bis zu ca. 25 cm sind die Extremitäten gut und anschaulich zu präparieren. Die Extremitäten weisen eine morphologische Vielfalt auf, die als Anpassungen an die unterschiedlichen Funktionen zu verstehen sind. So lassen sich die vielfältigen Variationen einer grundlegenden Körperorganisation am Original zeigen.

Stichwörter: Krebs, Gliederfüßer, Präparation, Basiskonzept, Struktur und Funktion, Anpassung, Fachwissen und Arbeitstechniken

1 Einleitung

Superlative begeistern Kinder und Jugendliche. Fangschreckenkrebse (Stomatopoda) zeigen einige Merkmale, die man als „Superlative“ bezeichnen könnte. Zunächst fallen dabei die Fangmechanismen der Stomatopoden auf. Man unterscheidet sogenannte „Speerer“ und „Boxer“. Die „Speerer“ erreichen mit ihrem großen Raubbein eine Geschwindigkeit von über 100 km/h beim Beutefang, eine der schnellsten muskelvermittelten Bewegungen in der Tierwelt. Die „Boxer“ erzeugen eine Krafteinwirkung ähnlich einem Wolfsbiss oder einer Kleinkaliberkugel mit darauffolgender Druckwelle zum Zertrümmern der Schalen von Beutetieren. Außerdem ist der Besitz eines der besonderen optischen Apparate mit den meisten Fotorezeptortypen im gesamten Tierreich beeindruckend (Cronin et al. 2017).

2 Fangschreckenkrebse (Stomatopoda) und deren Präparation

2.1 Hintergrundinformation zu den Fangschreckenkrebsen

Adulte Exemplare unterschiedlicher Fangschreckenkrebsarten werden zwischen 1,5 und 34 cm lang und sind ausschließlich marine Räuber, welche zu diesem Zweck ausgeklügelte Beutefangmechanismen besitzen (Schminke 2013). Diese Mechanismen lassen sich grob in zwei unterschiedliche Gruppen aufteilen, zum einen in „Speerer“, die ihre Beute, beispielsweise Fische und schalenlose Weichtiere, mit den Fangarmen aufspießen, diese dann mit Stacheln der vordersten zwei Glieder des großen Raubbeins einklemmen und in ihre Höhle ziehen (Wortham-Neal 2002). Dazu spannen sie das große Raubbein wie eine Armbrust und lassen es bei Bedarf losschnellen. Mehrere Videos im Internet zeigen den Krebs bei dieser Aktion.

Die zweite Gruppe sind die sogenannten „Boxer“, welche die Schale ihrer Nahrung (Muscheln, Schnecken, andere Krebse) durch extrem schnelle und harte Schläge zertrümmern. Dabei folgt auf den physischen Aufprall des keulenartig verdickten Glieds, welches mit Kräften zwischen 400 und 1500 N (zum Vergleich: Größenordnung eines Wolfbisses oder einer Kleinkaliberkugel) auf die Beute trifft, noch eine zweite Krafteinwirkung: Durch die schnelle Bewegung und Wasserverdrängung entsteht ein starker Unterdruck, aus welchem sogenannte Kavitationsblasen resultieren. Diese Kavitationsblasen enthalten Wasserdampf, gemäß dem physikalischen Prinzip, dass Schmelz- und Siedepunkte mit niedrigerem Druck ebenfalls sinken, und erzeugen bei ihrer Implosion eine Druckwelle, deren Wucht durchschnittlich die Hälfte der durch den direkten Aufprall erzeugten Kraft beträgt (Weaver et al. 2012). Die Haltung solch eines Krebses im Aquarium bedarf besonderer Maßnahmen, da durch die harten Schläge des Krebses nicht nur Muschelschalen (Teil seiner Nahrung) zertrümmert werden, sondern auch das Glas des Aquariums zu Bruch gehen könnte.

Die Einteilung in „Speerer“ und „Boxer“ ist jedoch nur eine grobe gemeinhin gebräuchliche Einteilung, da es sich nicht um monophyletische Gruppen handelt, sondern durchaus Mischformen existieren. Es gibt „Speerer“, die ohne die oben beschriebenen Keulen „boxen“ und „Boxer“, die ebenfalls Stacheln zum Aufspießen der Beute besitzen.

Fangschreckenkrebse verfügen mit ihrem optischen Apparat möglicherweise über die ungewöhnlichste Form des Sehsinns in der gesamten Tierwelt. Sie besitzen 12 verschiedene Fotorezeptortypen, deren Sensitivität Wellenlängen vom tiefen UV-Bereich bis weit in den langwelligen roten Bereich reicht. Der Mensch hingegen hat nur drei Farbrezeptortypen. Infolgedessen gehören die Fangschreckenkrebse trotz fehlender Farbmischung und der damit schnelleren Reaktionszeit zu den wenigen Invertebraten, die über eine echte Farbwahrnehmung verfügen (Cronin et al. 2017). Ansonsten sind nur 2-4 Farbrezeptortypen üblich.

Systematisch gehören die Fangschreckenkrebe (Stomatopoda) zu den sogenannten „höheren“ Krebsen im engeren Sinn (Eumalacostraca). Bis heute sind fast 500 Arten beschrieben (van der Wal et al. 2017). Die Körperorganisation der Vertreter der Gruppe Eumalacostraca ist recht konservativ: Der Kopf wird von sechs Segmenten gebildet, der vordere Rumpf umfasst acht Segmente und der hintere („Krebsschwanz“) umfasst sechs, wobei das sechste mit dem Telson gekoppelt ist, und dessen Beine zusammen mit dem Telson den Schwanzfächer bilden (Haug et al. 2012).

2.2 Extremitäten der Fangschreckenkrebe – variabel und funktional

2.2.1 Tagmatisierung der Fangschreckenkrebe

Morphologisch wurden höhere Krebstiere früher in nur zwei funktionelle Körpereinheiten, Cephalothorax und Pleon untergeteilt. Bezogen auf die Stomatopoda (Fangschreckenkrebe) hat sich diese Gliederung geändert. Anhand der vorhandenen Strukturen der Extremitäten und der dementsprechend unterschiedlichen Funktionen der zugehörigen Körperabschnitte ergibt sich eine Gliederung in sechs Tagmata, die im Folgenden vom anterioren zum posterioren Körperende beschrieben sind (siehe Tabelle 1 und Abbildung 1):

Tabelle 1: Tagmatisierung der Stomatopoden (Haug et al. 2012)

Tagma	Name der Extremität (jeweils paarig)	Funktion
I	Auge, Antennula, Antenna	Sensorische Einheit
II	Mandibeln, Maxillulae, Maxillae	anteriore Nahrungsverarbeitungseinheit
III	Maxillipeden 1-5, bzw. umgewandelte Thoracopoden 1-5	posteriore Nahrungsverarbeitungseinheit
IV	hinterer Thorax oder Peraeon	Peraeopoden 1-3, bzw. Thoracopoden 6-8 (Laufbeine)
V	Pleon	Pleopoden 1-5 (Schwimmbeine)
VI	Schwanzfächer aus Telson und Uropoden	Steuerung

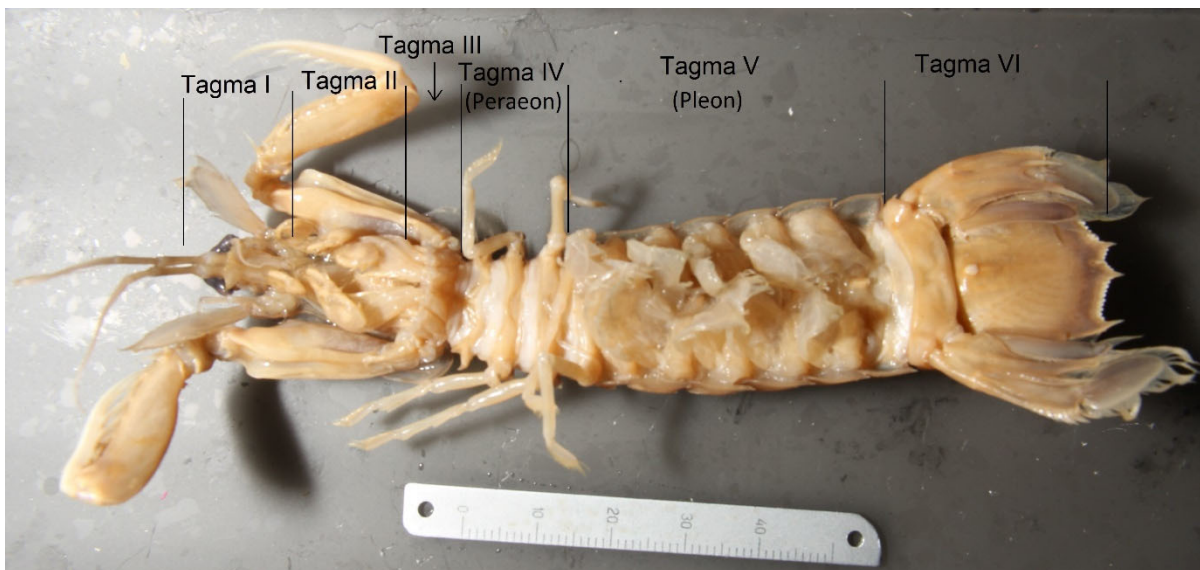


Abbildung 1: Tagmata der Stomatopoden

2.2.2 Extremitäten der Stomatopoden mit speziellen Aufgaben

Fangschreckenkrebse können als beeindruckendes Beispiel dienen, wie „Arbeitsteilung“ an einem Körper aussieht. Betrachtet man die einzelnen Extremitäten genauer, so lässt sich ausgehend vom Grundbauplan eines Spaltbeins eine enorme Variabilität feststellen. Dabei gilt: unterschiedliche Strukturen erfüllen verschiedene Funktionen für den Organismus:

- Mehrere Segmente bilden funktionale Körperabschnitte.
- Die Segmente eines Körperabschnittes tragen ähnliche Anhänge.
- Die Anhänge üben ähnliche Funktionen aus. Bestimmte Funktionen werden so von spezialisierten Körperabschnitten (Tagmata; Einzahl: Tagma) übernommen.

Betrachtet man die einzelnen funktionalen Einheiten genauer, so fallen strukturelle Besonderheiten auf, die für die Funktion bedeutsam sind (Tabelle 2).

2.3 Vorgehen bei der Präparation der Krebse

Fangschreckenkrebse sind in Feinkostläden, meistens unter dem Trivialnamen Heuschreckenkrebs, günstig zu erwerben und können bis zu deren Verwendung kühl gelagert oder eingefroren werden.

Für die Präparation sind mit Wasser gefüllte Schalen (geringere Geruchsbelästigung), in denen der Krebs präpariert wird, geeignet. Die Beweglichkeit der Segmente ist am besten durch händisches Bewegen der Krebse zu erkennen. Danach können einzelne Segmente abpräpariert (z.B. kleine

Schere) werden. Die Segmente werden mit Stecknadeln fixiert und zwar so, dass die ursprüngliche Reihenfolge und Anordnung der Segmente erkennbar bleibt (Abbildung 2). Die so fixierten Extremitäten können dann unter dem Binokular (oder mit der Lupe) näher betrachtet werden. Einige Besonderheiten sind in Tabelle 3 genannt.

Tabelle 2: Extremitäten der Stomatopoden mit ihrer Funktion

Nummer der Extremität	Name der Extremität (jeweils paarig)	Funktion (ggf. Strukturmerkmale)
X	Auge (keine Extremität im eigentlichen Sinn)	optische Wahrnehmung der Umgebung
1	Antennula	Wahrnehmung der Umgebung (lange Taster)
2	Antenna	Wahrnehmung der Umgebung, Kommunikation
3	Mandibel	endgültige Zerkleinerung der Nahrung (stark sklerotisierte Kaulade, sehr hart)
4	Maxillula	Weiterreichen der Nahrung an die Mandibeln (eher unscheinbar)
5	Maxilla	verhindern/verringern Nahrungsverlust, bedecken die Mundhöhle
6	Putzbein (Maxillipede 1)	reinigt die Augen von Schmutzpartikeln, um die Sensoren sauber zu halten
7	Großes Raubbein (Maxillipede 2)	Beutefang und Revierverteidigung (z-förmig gefaltetes Bein, auffällig groß)
8-10	Kleine Raubbeine (Maxillipeden 3-5)	Grobzerkleinerung der Beute (z-förmig gefaltete Klauenbeine)
11-13	Laufbeine	Laufende Fortbewegung
14-18	Schwimmbeine	Schwimmende Fortbewegung (dazu verbreiterte Struktur), Atmung (hier hängen die Kiemen dran)
19	Uropode	Schnelle Bewegung oder Flucht (stark verbreitert und sklerotisiert, mit dem Telson zum Schwanzfächer gekoppelt)

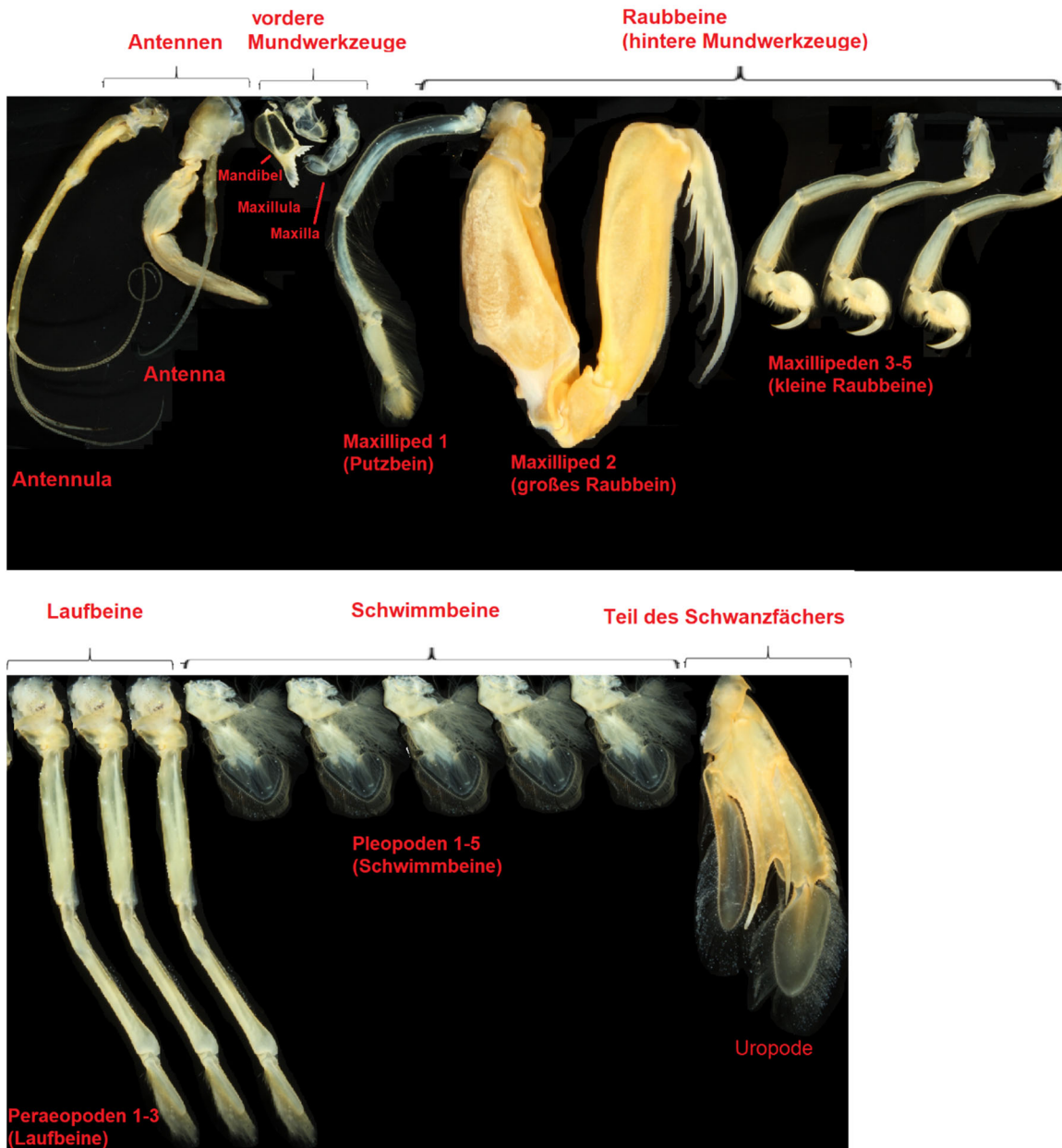


Abbildung 2: Präparierter Fangschreckenkrebs – Tagmatisierung der äußeren Morphologie einer Seite des Fangschreckenkrebses von anterior (vorne) nach posterior (hinten); zur besseren Darstellung ist der Krebs in zwei untereinanderliegenden Bildern vollständig dargestellt.

Tabelle 3: Auflistung der Gliedmaßen des Fangschreckenkrebses und deren Zuordnung zur Abbildung 1, Name der Extremität mit zusätzlichen Bemerkungen z.B. Visualisierungshinweisen.

Nummer der Extremität	Name der Extremität (jeweils paarig)	Bemerkung
X	Auge (keine Extremität im eigentlichen Sinn)	Betrachtung unter Binokular
1	Antennula	Betrachtung unter Binokular
2	Antenna	Betrachtung unter Binokular
3	Mandibel	Berührung mit Präparierbesteck, um die Härte zu ertasten; Betrachtung unter Binokular
4	Maxillula	Betrachtung unter Binokular
5	Maxilla	erfüllt die Funktion unserer Lippen
6	Putzbein (Maxillipede 1)	ein zurückgebildetes Raubbein, "Raubbein" wird hierbei als einfacherer deutscher Begriff für Maxillipede verwendet
7	Großes Raubbein (Maxillipede 2)	Betrachtung unter Binokular, besonders auffälliges Beinpaar
8-10	Kleine Raubbeine (Maxillipeden 3-5)	z-förmig gefaltet, Klauen am Ende der Extremität
11-13	Laufbeine	Bei Männchen befinden sich am 3. Laufbeinpaar 2 Penisse, an jedem Beinansatz einer.
14-18	Schwimmbeine	Betrachtung unter Binokular (in Wasser), dabei lassen sich als federartige Strukturen die Kiemen erkennen
19	Uropode	Betrachtung unter Binokular

3 Didaktische Überlegungen

Der Unterrichtsvorschlag richtet sich an Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 7-9. Der Fangschreckenkrebs dient hier als Beispiel für die Variabilität und Angepasstheit der Extremitäten und der damit verbundenen Struktur- und Funktionszusammenhänge innerhalb der Gruppe der „Wirbellosen“. Diese Vielfalt lässt sich am Original zeigen. Die Präparation und die Arbeit unter dem Binokular ermöglicht es dabei zudem, grundlegende biologische Arbeitstechniken in den Unterricht zu integrieren.

3.1 Die Unterrichtseinheit

Der Einstieg in die Thematik gelingt über die „Superlative“ der Fangschreckenkrebe. Entsprechende Videos sind auf YouTube zu finden. Die Geschwindigkeit, mit der ein „Speerer“ sein Raubbein vorschnellt bzw. die Kraft mit der ein „Boxer“ seine Beute schlägt, erstaunt und leitet zu der Frage über, welche Besonderheiten die Extremitäten des Fangschreckenkrebes aufweisen.

Betrachtet man zunächst den gesamten Organismus (*Squilla mantis*, ein Speerer), fällt die für alle Arthropoden typische Gliederung des Körpers auf. Zunächst sollen die Schülerinnen und Schüler die Segmente den jeweiligen Körperabschnitten zuordnen. Die entsprechenden Begriffe könnten dabei als Wortfelder vermerkt sein (vgl. Arbeitsblatt 1). In dieser Phase können die Schülerinnen und Schüler mit dem Präparierbesteck bereits die Beweglichkeit der Gliedmaßen testen und die Härte des Chitinpanzers ertasten.

Die unterschiedlichen Körperregionen erfüllen unterschiedliche Aufgaben, was insbesondere durch die unterschiedlichen Extremitäten deutlich wird.

Zentrale Lerninhalte in dieser Phase sind wie folgt:

- Der Körper lässt sich in sechs Körperabschnitte mit unterschiedlichen Funktionen gliedern.
- Die Unterschiede werden insbesondere an den unterschiedlichen Extremitäten deutlich.

Bei der nun folgenden Präparation der Extremitäten wird sorgfältig mit Pinzette und Schere je die linke der paarigen Extremitäten eines Exemplars *Squilla mantis* am Ansatz entfernt und in der richtigen Reihenfolge angeordnet. Zur Entfernung der Gliedmaßen eignet sich die Schere deutlich besser als das Skalpell. Zu beachten ist dabei, dass drei Gliedmaßenpaare sich in der Mundhöhle befinden und nur zu erkennen sind, wenn die Raubbeine (Maxillipeden) zur Seite geschoben werden. Hier bietet sich an, die Schülerinnen und Schüler mit einem harten Gegenstand des Präparierbestecks die Mandibel berühren zu lassen, da sich so gut die Härte aufgrund der starken Sklerotisierung erkennen lässt. Die entfernten Gliedmaßen sollen unter dem Binokular betrachtet werden. Die Schülerinnen und Schüler sollen mindestens eine Extremität zeichnerisch festhalten. Viele Gliedmaßen weisen dabei Besonderheiten auf, deren Betrachtung unter dem Binokular besonders lohnend ist. Die Schülerinnen und Schüler ordnen die Bezeichnungen den jeweiligen Extremitäten zu (Arbeitsblatt 2). Nach der Präparation wird der Blick auf die Funktionen der Gliedmaßen gelenkt. Je nach den Vorerfahrungen bezüglich der grundlegenden Anforderungen an Lebewesen wählen die Schülerinnen und Schüler die Kategorien (Ernährung, Fortpflanzung, Sinneswahrnehmung, Atmung) selbständig aus oder bekommen diese vorgegeben. Die Zuordnung der Extremitäten zu diesen Kategorien gelingt meist mühelos. Anspruchsvoller ist es hingegen, die Strukturmerkmale zu benennen, die für die Funktion wesentlich sind. Doch gerade

diese Phase ist besonders wertvoll, um die gewonnenen Erkenntnisse auch auf andere Organismen zu übertragen (z.B. Kiemenblättchen).

Zentrale Lerninhalte in dieser Phase sind wie folgt:

- Präparation eines Krebses und die damit verbundenen manuellen Fähigkeiten und Sorgfalt
- Beschreibung der Strukturmerkmale der unterschiedlichen Extremitäten und der damit verbundenen Funktionen

Abschließend werden die eingangs gezeigten Fangmechanismen der Tiergruppe aufgegriffen. Die Schülerinnen und Schüler erkennen *Squilla mantis* als Speerer, deren z-förmig gefaltete Beine in klappmesserartigen Greifklauen enden. Demgegenüber weisen Boxer stark verdickte, keulenförmige Extremitäten auf, die nicht nur einen enormen Druck erzeugen, sondern im Gegenzug auch aushalten können. Danach wird der Schichtenaufbau des Chitinpanzers an dieser Stelle inzwischen in der Bionik intensiv untersucht und dient als Vorbild für Verbundmaterialien (Weaver et al. 2012). Die Superlative stehen nun wieder im Zentrum und begeistern die Schülerinnen und Schüler.

3.2 Übersicht der Arbeitsmaterialien

- Arbeitsblatt 1: Praktische Arbeit
- Arbeitsblatt 2: Zusammenfassung und Sicherung
- Internetauftritt des Projektes Biologie macht SchulePLUS:
http://www.biologie.lmu.de/studium/lehrerbildung_lmu/ideenfinder/gliederfuesser/fangschreckenkrebs/index.html

Die Entwicklung dieser Unterrichtseinheit erfolgte im Rahmen der Lehrerbildung@LMU im Projekt Biologie macht SchulePLUS der Qualitätsoffensive Lehrerbildung, ein von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördertes Projekt.

Anschrift der Autoren

Dr. Martina Bryce, Prof. Dr. Carolin Haug, Prof. Dr. Joachim T. Haug und Dominik Radtke M.Ed., Ludwig-Maximilians-Universität München, Biozentrum Martinsried, Großhaderner Str. 2-4, 82152 Planegg-Martinsried sowie Dr. Monika Aufleger, Ludwig-Maximilians-Universität München, Didaktik der Biologie, Winzererstr. 45/II, 80797 München; Kontakt (für die Autoren): lehrerbildung@bio.lmu.de

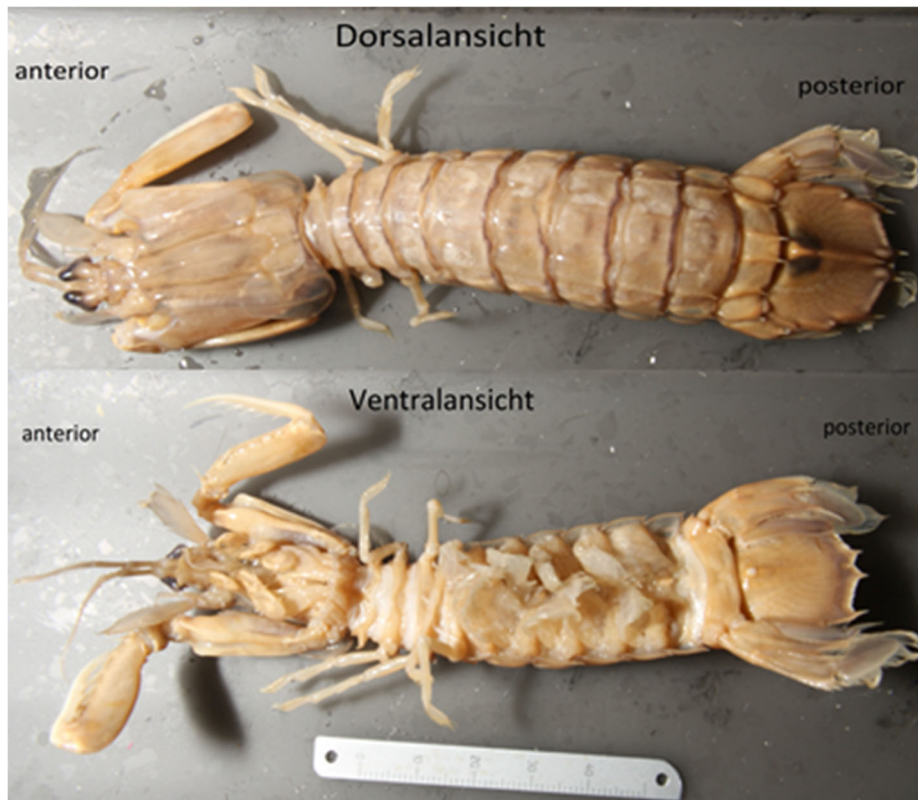
Literatur

- Cronin, T. W.; Marshall, N. J.; Caldwell R. L. (2017). Stomatopod Vision. Subject: Invertebrate Neuroscience. Oxford Research Encyclopedias; doi: 10.1093/acrefore/9780190264086.013.157
- Haug, C.; Sallam, W. S.; Maas, A.; Waloszek, D.; Kutschera, V.; Haug, J. T. (2012). Tagmatization in Stomatopoda – reconsidering functional units of modern-day mantis shrimps (Verunipeltata, Hoplocarida) and implications for the interpretation of fossils. *Frontiers in Zoology* 9:31
- Schminke, H. K. (2013). "Crustacea", Krebse. In W. Westheide & G. Rieger (Hrsg.), *Spezielle Zoologie Teil 1: Einzeller und wirbellose Tiere*, 3. Auflage (S. 561-633). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- Van der Wal, C.; Ahyong, S.T.; Ho, S.Y.W.; Lo, N. (2017). The evolutionary history of Stomatopoda (Crustacea: Malacostraca) inferred from molecular data. *PeerJ* 5(9):e3844, doi: 10.7717/peerj.3844
- Weaver, J. C.; Milliron, Garrett W.; Miserez, A.; Evans-Lutterodt, K.; Herrera, S.; Gallana, I.; Mershon, W. J.; Swanson, B.; Zavattieri, P.; DiMasi, E.; Kisailus, D. (2012). The Stomatopod Dactyl Club: A Formidable Damage-Tolerant Biological Hammer. *Science* 336:1275-1280; doi: 10.1126/science.1218764
- Wortham-Neal, J. L. (2002). Intraspecific Agonistic Interactions of *Squilla empusa* (Crustacea: Stomatopoda). *Behaviour* 139:463-486

Name: _____ Klasse: _____ Datum: _____

Arbeitsblatt Fangschreckenkrebe

1. Betrachtet das Präparat und bündelt die Segmente in passende Körperabschnitte.



Sechs Körperabschnitte: Sensorische Einheit (Antenna), Mundwerkzeuge,

Nahrungsverarbeitungseinheit, Laufbeineinheit, Schwimmbaineinheit, Schwanzfächer

2. Recherchiert: Was bedeutet für die Wissenschaftlerin / den Wissenschaftler

Dorsal: Zur Rückenseite gehörend

Ventral: Zur Bauchseite gehörend

3. Testet die Beweglichkeit der Gliedmaßen und findet alle 19 Gliedmaßenpaare.

4. Entfernt mit der Schere einseitig alle Gliedmaßen am Ansatz, ordnet sie in der richtigen Reihenfolge an und betrachtet sie unter dem Binokular.

Was fällt euch auf? Beschreibt Besonderheiten!

5. Wählt eine Extremität aus und zeichnet diese.

6. Die Extremitäten sehen sehr unterschiedlich aus. Welche Funktionen könnten sie erfüllen? Tipp: Denkt dabei an die grundlegenden Anforderungen an Lebewesen: Ernährung und Verdauung, Fortbewegung, Sinneswahrnehmung und Atmung.

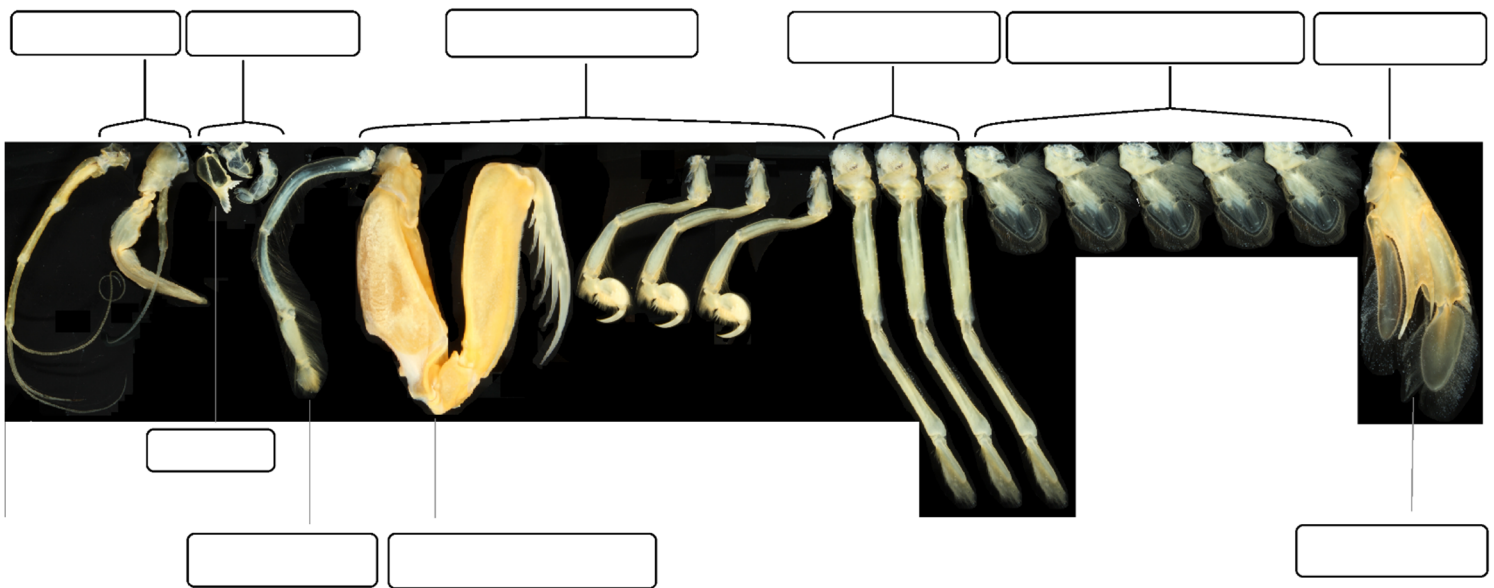
<u>Ernährung</u> Vordere Mundwerkzeuge (Nahrungsaufnahme und Feinzerkleinerung) Raubbeine (Beutefang und Grobzerkleinerung)	<u>Fortbewegung</u> Laufbeine, Schwimmbeine Schwanzfächer mit Uropod (schnelle Bewegung und Flucht)
<u>Sinneswahrnehmung</u> Antennen Putzbein zur Reinigung der Antennen	<u>Atmung</u> Kiemenanhänge an den Schwimmbeinen

Name: _____ Klasse: _____ Datum: _____

Arbeitsblatt Fangschreckenkrebse – Zusammenfassung

1. Ordnet die Namen den Lücken im Schema zu.

Antennen (Antennula+Antenna)	Laufbeine	Großes Raubbein	Mandibel (Kauwerkzeug)	Teil des Schwanzfächers
Putzbein	Raubbeine	Vordere Mundwerkzeuge	Schwimmbeine	Uropode



2. Beschreibt strukturelle Besonderheiten, die für die Funktion wichtig sind, indem ihr die Tabelle auf der nächsten Seite vervollständigt.

Name der Extremität	Strukturelle Besonderheit
Antennen (Antennula+Antenna)	fein, lang
Mandibel (Kauwerkzeug)	rau, "kleine Raspelzähne"
Vordere Mundwerkzeuge	hart, dreigliedrig
Putzbein	feingliedrig
Großes Raubbein	stabil, massiv, zackenartige Fortsätze (große Extremität)
Raubbeine	kürzere Beine, Haken/Klauen am Ende
Laufbeine	längere Beine, beweglich
Schwimmbeine	fiedrig, Kiemen
Teil des Schwanzfächers	hart, groß, flächig
Uropode	fächerartig

Zusammenfassung:

Der Körper der Fangschreckenkrebe ist in verschiedene Abschnitte gegliedert. Dabei fällt die enorme Variabilität der Extremitäten auf, die aufgrund besonderer Baumerkmale besondere Funktionen erfüllen können.

Lösung zu Aufgabe 1:

