

# Sensillen auf den Fangbeinen von *Nepa cinerea* (Heteroptera) und Anmerkungen zum Beutefang

## Sensilla on the Striking Legs of *Nepa cinerea* (Heteroptera) and Notes on Prey Capture

HARTMUT GREVEN & MARCEL BRENNER

**Zusammenfassung:** Verschiedene Sensillentypen und Schuppen auf dem Tarsus, der Tibia und dem Femur der Fangbeine der Skorpionswanze *Nepa cinerea* wurden rasterelektronenmikroskopisch untersucht sowie der Beuteschlag der Tiere videografisch dokumentiert. Sensillen und Schuppen finden sich auf allen Beinabschnitten. Die Vorderseite (bei abgespreiztem Bein) des Tarsus ist abgeflacht und besitzt keine Schuppen und Sensillen; die Vorderkante der Tibia hat eine flache Rinne mit wenigen Sensillen. Das Femur hat eine etwas tiefere Rinne, die sich proximal verbreitert und zahlreiche Schuppen und Sensillen besitzt. Zu unterscheiden sind *Sensilla coeloconica* (nur auf der Tarsusspitze), *Sensilla basiconica* und drei Typen von *Sensilla trichodea* (lange, fadenförmige Sensillen, kürzere mit Längsriefen und untersetzte Sensillen mit einem beborsteten, distalen Abschnitt). Die insgesamt recht trägen Tiere lauern ihrer Beute auf; diese kann mit einem Vorderbein oder beiden Vorderbeinen ergriffen werden. Die anhand von Videoaufnahmen geschätzte kürzeste Zeit zwischen Beginn des Fangschlages und Kontakt mit der Beute beträgt etwa 80 ms. Die Beute wird, zwischen Tibia und Femur eingeklemmt, zur Rüsselspitze geführt. Größere Beute wird mit den Vorderbeinen festgehalten, die Tarsen dringen dabei in ein weiches Opfer ein. Ist eine geeignete Stelle gefunden, werden die extrem biegsamen Stechborsten tief in das Opfer eingeführt und dort lebhaft auf und ab bewegt.

**Schlüsselwörter:** Skorpionswanze, Fangbein, *Sensilla trichodea*, *Sensilla coeloconica*, *Sensilla basiconica*, Beuteschlag

**Summary:** Different types of sensilla and scales of the tarsus, the tibia and the femur of the striking legs of the waterbug *Nepa cinerea* were studied by scanning electron microscopy. In addition, prey capture was documented by video recordings. All segments bear scales and sensilla. The inner face (of extended legs) of the tarsus is flattened and lacks scales and sensilla; that of the tibia has a slight groove with only few sensilla. The femur has a slightly deeper groove that becomes broader proximally; it bears numerous scales and sensilla. We distinguished sensilla *coeloconica* (only at the tip of the tarsus), *sensilla basiconica* and three types of *sensilla trichodea* (long and filiform sensilla; shorter sensilla with longitudinal fissures hardly to be seen and shorter ones distally covered by small spines). The rather lazy animals lie in wait for a prey and having perceived their victim, they rapidly strike with one or both forelegs. The shortest time between the beginning of the strike and contact of the forelegs with the prey roughly estimated on the base of our video recordings was approximately 80 ms. The prey becomes clamped between tibia and femur; larger prey is retained by two legs. If smooth enough, tarsi pierce the prey. After capture the prey is brought to the rostrum; the long and flexible stylets deeply insert into the victim and move vividly up and down.

**Keywords:** water bug, striking leg, sensilla trichodea, sensilla coeloconica, sensilla basiconica, predatory strike

## 1. Einleitung

Skorpionswanzen sind bei uns durch die beiden Arten *Ranatra linearis* und *Nepa cinerea* vertreten. Die Imagines und Larven leben in seichem Wasser und lauern dort zwischen Wasserpflanzen oder mehr oder minder im Schlamm vergraben auf Beute. „Beiden gemeinsam sind ... die zu kräftigen Fangbeinen umgewandelten Vorderbeine, deren Schenkel mit einer Furche ausgestattet sind, in welche die Tibien eingeschlagen werden können, ferner, daß die übrigen Beinpaare lang und dünn und mehr zum Kriechen und Krabbeln als zum Schwimmen geeignet sind.“ (WESENBERG-LUND 1943: 114).

Im Gegensatz zu *R. linearis*, über die eine Fülle morphologischer und ethologischer Befunde zur Struktur und Position der Vorderbeine sowie deren Ausstattung mit Sensillen und Aufgaben beim Beutefang vorliegen (z.B. CLOAREC 1969, 1973, 1974a, b, 1986; FRANTSEVICH 1998), fehlen für *N. cinerea* vergleichbar ausführliche Studien (siehe HAMILTON 1931; GORB 1995). Vor allem ABRAHAM (1947) hat sich mit der Anatomie der Vorderbeine dieser Art im Zusammenhang mit der Wahrnehmung von chemischen und mechanischen Reizen beim Beutefang befasst. Die Autorin stellte mit Hilfe einfacher Experimente fest, dass *N. cinerea* ihre Beute chemisch und taktil, insbesondere mit Hilfe spezieller Rezeptoren auf den Fangbeinen, wahrnimmt und vermutete, dass optische Reize für den Beutefang von untergeordneter Bedeutung sind. Die verschiedenen Rezeptoren werden anhand histologischer Schnitte und sorgfältiger Zeichnungen klassifiziert.

Im Folgenden beschreiben wir die Fangbeine, namentlich Tarsus, Tibia und Femur, von

*N. cinerea* sowie die auf den Fußgliedern vorhandenen Sensillen anhand rasterelektronenmikroskopischer Bilder und einiger histologischer Schnitte und stellen erste Videosequenzen vom Beuteschlag vor.

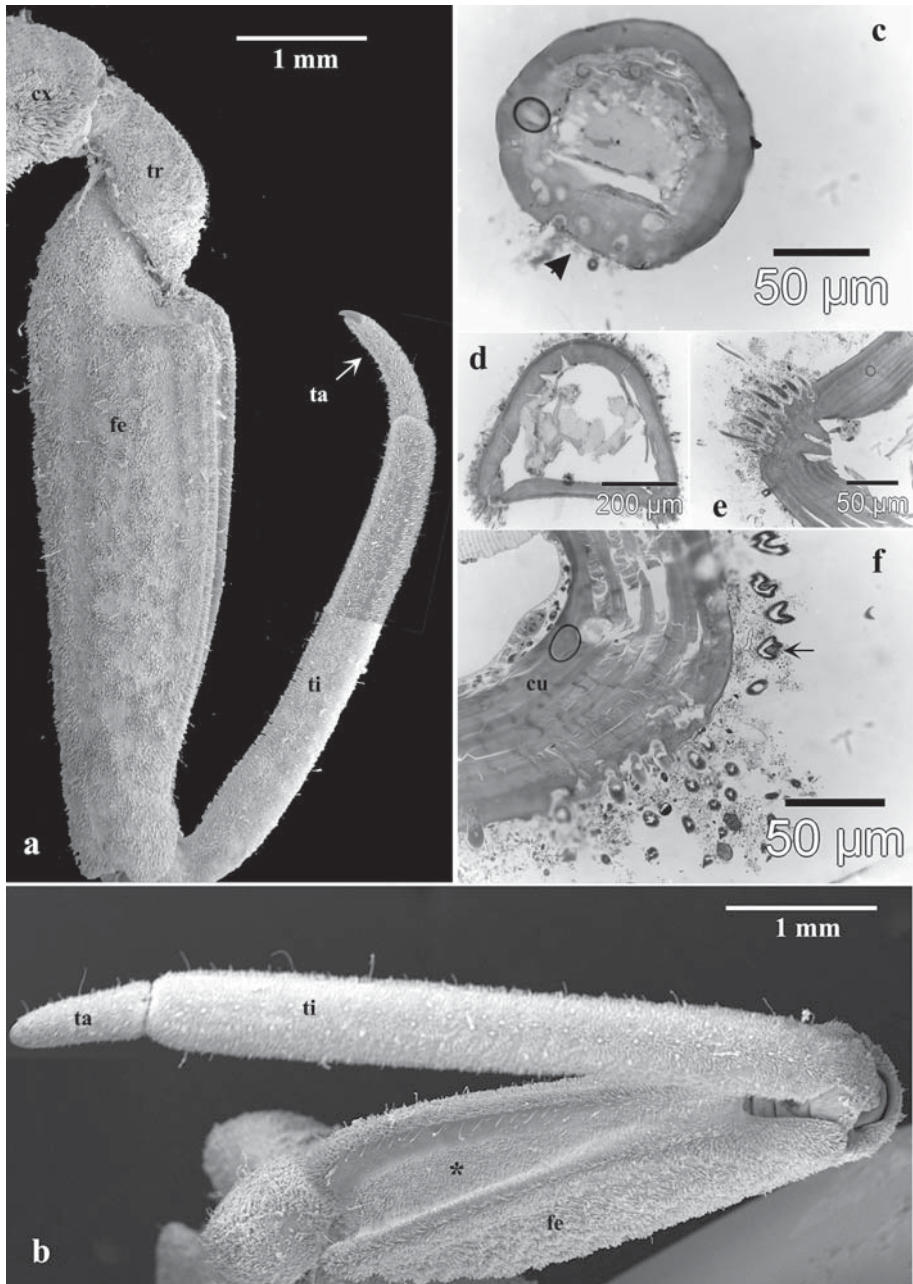
## 2. Material und Methoden

Adulte *Nepa cinerea* L. wurden im Sommer 2006 in Teichen nahe Düsseldorf gesammelt, ins Labor gebracht und dort eine Zeitlang gehalten. Von einem Tier wurden die Vorderbeine abgetrennt und Tarsus, Tibia sowie kleine Stücke des Femur mehrere Stunden mit 2,5 % Glutaraldehyd in 0,1 mol/l Cacodylatpuffer fixiert, in 1 % Osmiumtetroxid im gleichen Puffer nachfixiert, in Kunstharz (SPURR 1969) eingebettet und mit einem Diamantmesser etwa 1 µm dick geschnitten. Diese Semidünnschnitte wurden mit einem Toluidinblau-Borax-Gemisch gefärbt.

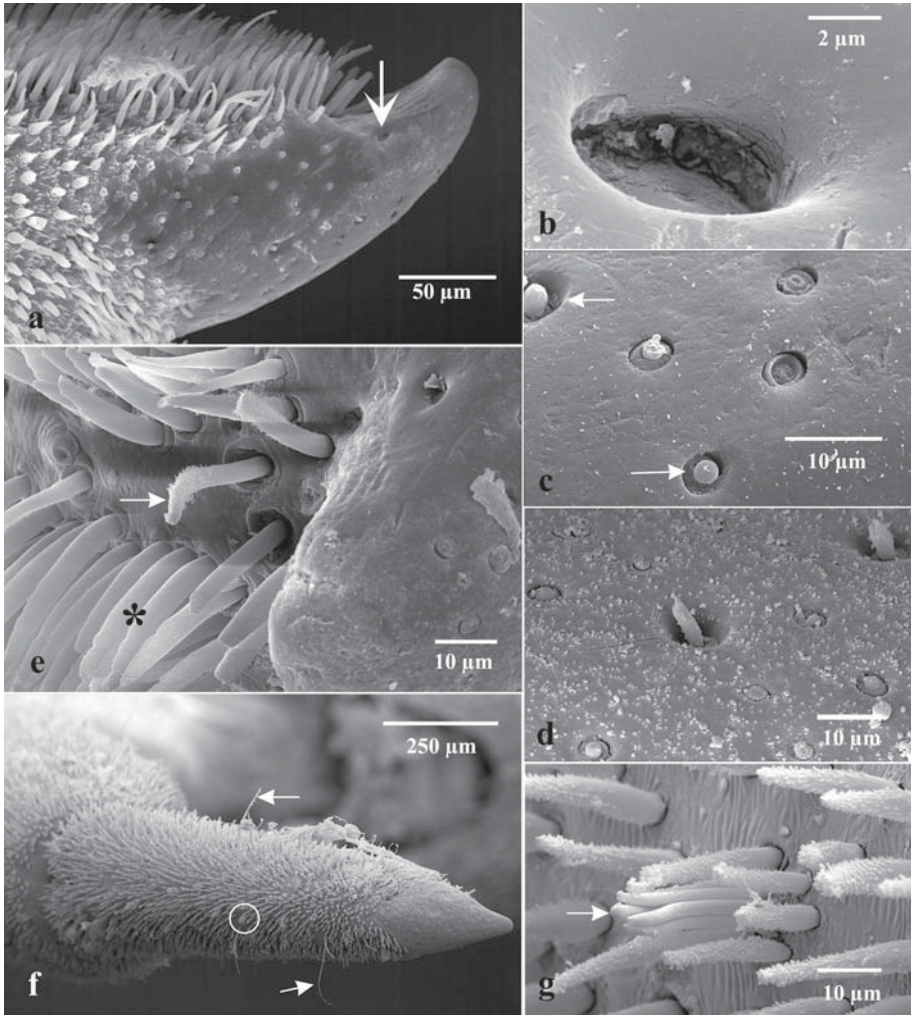
Darüber hinaus wurden ebenso fixierte Vorderbeine nach der Kritischen-Punkt-Methode getrocknet, auf metallene Objektträger geklebt, mit Gold bedampft und in einem Rasterelektronenmikroskop (REM) Leo 1430 VP (Fa. Zeiss) untersucht. Aufgrund der starken „Behaarung“ der Tiere und deren Lebensweise im Schlamm gelang es nicht immer, ganz saubere Präparate zu erhalten.

Die Verhaltensweisen der Tiere wurden in einem kleinen Aquarium entweder mit Hilfe einer Canon XL1 oder einer Hochgeschwindigkeitskamera (Motion Pro 500; Fa. Redlake, Objektiv 55 mm Brennweite, Fa. Navita; Beleuchtung: Primalux 2500 Watt; 250 Bilder pro Sekunde) aufgezeichnet. Als Beute dienten Larven des Axolotl (*Ambystoma mexicanum*).

**Abb. 1:** REM-Aufnahmen eines Fangbeins (**a, b**) von *Nepa cinerea* und Querschnitte (Semidünnschnitte, Toluidinblau-Borax) der Tarsusspitze (**c**), der Tibia (**d, e**) und des Femur (**f**). Man beachte die Abflachung (Pfeil) des Tarsus unmittelbar hinter der Spitze (**c**), die in der Tibia (**d**) und dem Femur (**b**) zu einer flachen Rinne (Stern in **b**) mit dichtem, randständigen Sensillenbesatz wird (**b, d, e, f**). Schuppen mit Lumen (Pfeil in **f**). Die dunklen Kreise in **c** und **f** sind Luftblasen im Präparat. Coxa (cx), Cuticula (cu), Femur (fe), Tarsus (ta), Tibia (ti), Trochanter (tr).



**Fig. 1 a-e:** SEM-pictures of a striking leg (**a, b**) of *Nepa cinerea* and cross sections (semithin-sections, toluidinblue-borax) of the tarsus (**c**), the tibia (**d, e**) and the femur (**f**). Note the flattening (arrowhead) of the tarsus immediately behind the tip (**c**); the flattening is seen also in the tibia (**d**) and femur (asterisk in **b**) as groove; its edges are equipped with densely arranged sensilla (**d, e, f**). Scales with lumina (arrow in **f**). Circles in **c** and **d** are air bubbles on the slide. Coxa (cx), cuticle (cu), femur (fe), tarsus (ta), tibia (ti), trochanter (tr).

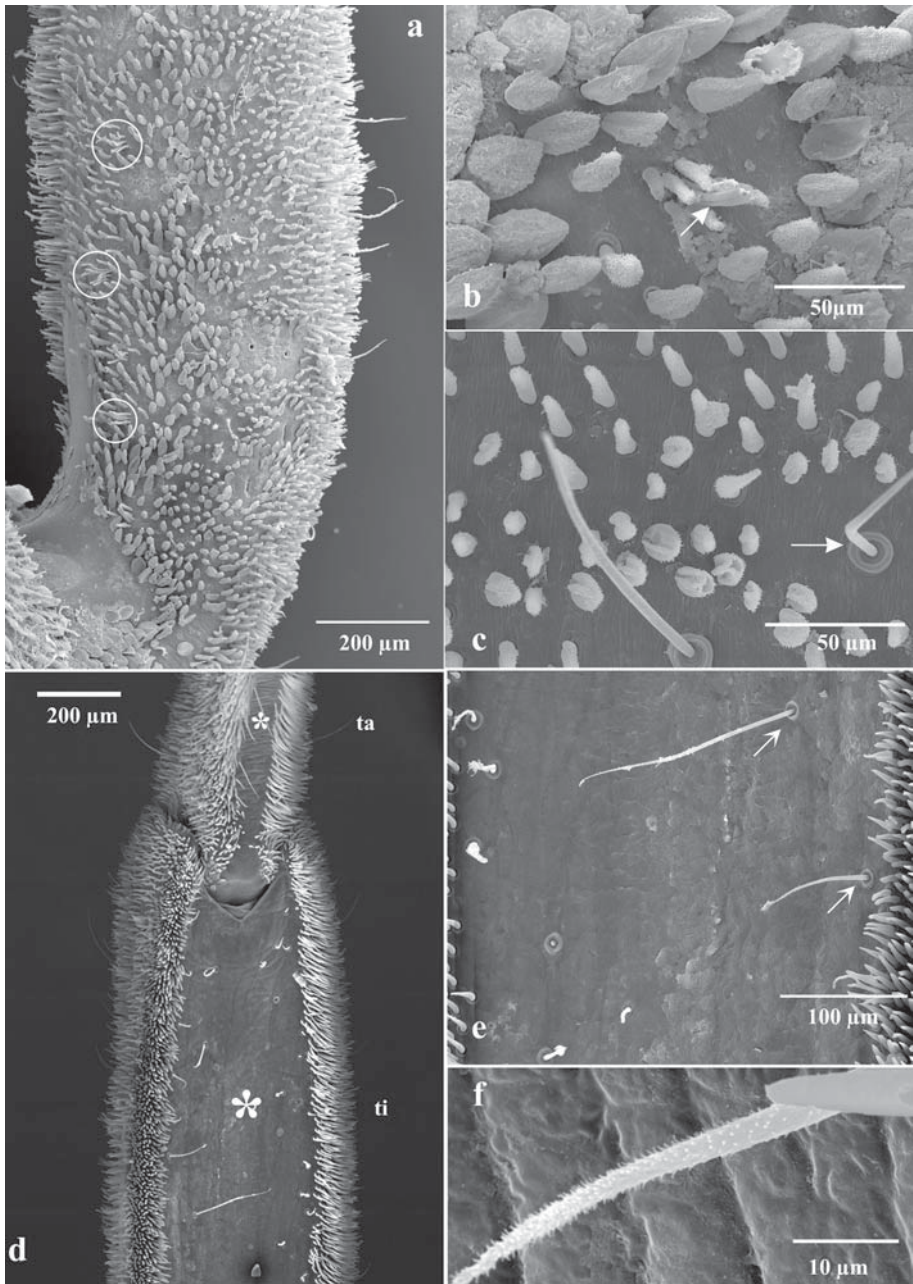


**Abb. 2:** REM-Aufnahmen des Tarsus; (a) Tarsusspitze, lateral, mit verschiedenen Sensilla coeloconica und einer runden Vertiefung (Pfeil); (b) Vertiefung aus a; (c, d) Sensilla coeloconica mit intakten (Pfeile) und wahrscheinlich zerstörten Sinneskegeln; (e) Tarsusspitze (rechts) am Beginn der Abflachung mit Sensilla trichodea (Stern: Typ III; Pfeil: Typ IV); (f) Hinterseite (Aufsicht) des Tarsus mit zahlreichen Sensilla trichodea (Pfeil: Typ II); Kreis: Bereich der Abb. g; (g) Ausschnitt aus f (Kreis) mit Sensilla basiconica (Pfeil) und Sensillen vom Typ IV.

**Fig. 2:** SEM-micrographs of the tarsus; (a) tip, lateral view, with various sensilla coeloconica and a large depression (arrow); (b) depression from figure a; (c, d) sensilla coeloconica with intact (arrows) and probably damaged sensory pegs; (e) tip (right side) and the incipient groove; sensilla trichodea (asterisk: type III; arrow: type IV); (f) posterior side (top view) of the tarsus with numerous sensilla trichodea (arrows: type II); encircled area see Fig. g; (g) magnification from Fig. f (circle) showing sensilla basiconica (arrow: type I) and sensilla trichodea (type IV).

**Abb. 3:** REM-Aufnahmen der Tibia; (a) proximaler Bereich, Aufsicht; Gelenk zum Femur (unten). Schuppen und Gruppen von Sensilla basiconica (Kreise) und Sensilla trichodea (Typ II); (b) Gruppe von Sensilla basiconica (Pfeil) und Schuppen; hohle Schuppe (Pfeilkopf); (c) Schuppen und Sensilla trichodea (Pfeil; Typ II); (d) Tibia (ti) und Teil des Tarsus (ta) mit Abflachung bzw. Rinne





(Stern) und dichtem Sensillensaum an den Rändern; (e) Rinnenboden mit langen Sensilla trichodea (Pfeile, Typ II); (f) Schaft eines Sensillum vom Typ II mit kleinen Borsten.

**Fig. 3:** SEM-micrographs of the tibia; (a) proximal part, top view, with joint to the femur (below); groups of sensilla basiconica (circles) and sensilla trichodea (type II); (b) group of sensilla basiconica (arrow) and scales; note a hollow scale (arrowhead); (c) scales and sensilla trichodea (arrow; type II); (d) tibia (ti) and part of the tarsus (ta) with the groove (asterisk) and densely arranged sensilla on the edges; (e) groove with sensilla trichodea (arrows; type II); (f) shaft of a sensillum of type II covered with small spikes.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Organisation der Vorderbeine

Die zu Fangbeinen umgestalteten Vorderbeine von *Nepa cinerea* besitzen einen im Vergleich zu Tibia und Femur relativ kurzen und stumpfen Tarsus, eine langgestreckte Tibia und ein langes, nach proximal an Dicke zunehmendes Femur (Abb. 1a, b). Die in Ruhestellung zur Vorderkante des Femur gerichtete Vorderkante des Tarsus ist mit Ausnahme der Tarsusspitze abgeflacht (Abb. 1c, d). Diese Abflachung wird in der Vorderkante der Tibia und vor allem des Femur zu einer mäßig tiefen Rinne (Abb. 1a, b, 3d, 4a, c). Die leicht gekrümmte Tarsusspitze erscheint weitgehend kahl; sie trägt nur kurze Sensillen (Fig. 1a, c, 2a, f). Alle Beinglieder mit Ausnahme der Rinne sind dicht mit Schuppen und verschiedenen Haarsensillen besetzt (Abb. 1a, b; 2f, 3a, 4c); diese sind an den seitlichen Begrenzungen der Rinne besonders dicht angeordnet (Abb. 1d, e, f, 3d, 4c). Die nach innen gerichtete Abflachung des Tarsus ist, abgesehen von einigen Querspalten, bereits kurz hinter der Tarsusspitze glatt (Abb. 2d); die flache Rinne von Tibia und Femur ist dagegen mit Sensillen und z.T. mit Schuppen bedeckt (s.u.; Abb. 3e, 4c).

Erste histologische Schnitte zeigen eine Vielzahl von z.T. deutlich eingelenkten Sinneshaaren, namentlich an den Rändern der Rinne (Abb. 1d-f), deren Basis im rasterelektronenmikroskopischen Bild wegen der dichten Anordnung nicht immer deutlich auszumachen ist (s. aber Abb. 4b). Die Cuticula scheint in der Tarsusspitze dünner und weniger deutlich lamelliert zu sein als in Tibia und Femur (vgl. Abb. 1c-f).

#### 3.2. Sensillen

Abgesehen von den Schuppen sind die untersuchten Beinabschnitte von *N. cinerea* offenbar ausschließlich mit Sensillen bedeckt. Auffallend ist eine größere Vertiefung, die

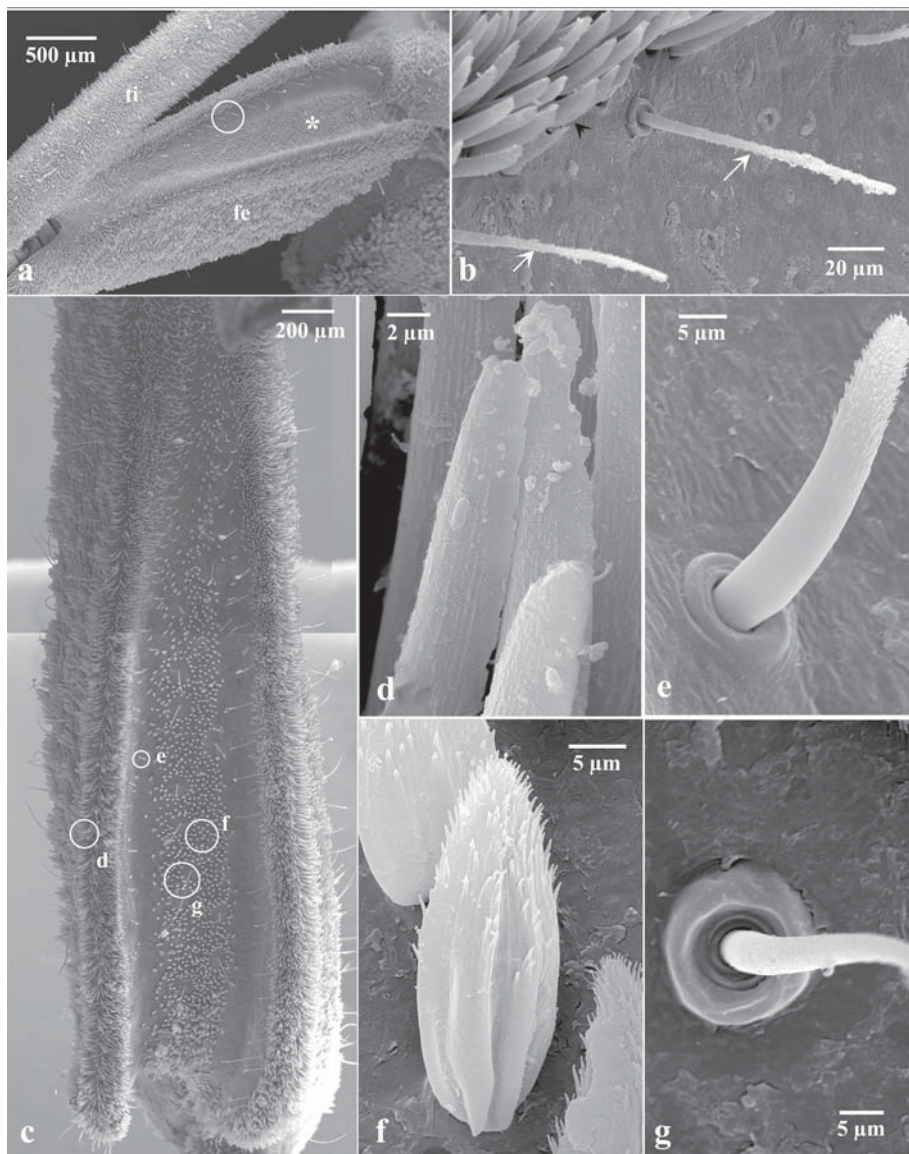
seitlich der Spitze liegt (Abb. 2); ob es sich hier ebenfalls um ein Sensillum handelt, ist zurzeit nicht zu entscheiden. Zu unterscheiden sind Sensilla coeloconica und haarförmige Sensillen.

Die Sensilla coeloconica sind durch einen glatten Sinneskegel ausgezeichnet, der in einer runden Vertiefung liegt und sich nur wenig über die Cuticulaoberfläche erhebt. (Fig. 2a, c, d); sie finden sich ausschließlich auf der Tarsusspitze. Ob die Spitze des Sinneskegels einen terminalen Porus besitzt, war in unseren REM-Aufnahmen nicht eindeutig auszumachen. Möglicherweise existieren zwei morphologisch unterscheidbare Typen, da bei einigen von ihnen, die näher an dem dicht mit Sensillen bestandenen Teil der Tarsusspitze liegen, der Sinneskegel deutlich länger ist (Abb. 2d). Allerdings scheinen viele Sensillen mechanisch beschädigt zu sein (Abb. 2c), so dass wir darüber noch kein abschließendes Urteil fällen können. Bei den zahlreichen haarförmigen Sensillen (Sensilla trichodea) sind nach derzeitigem Kenntnisstand vier Typen zu unterscheiden.

Typ I: Gruppen von fünf bis zehn glattwandigen, dicht zusammenstehenden, etwa 20 µm langen Sensillen mit stumpfen Enden (Abb. 2f, g, 3a, b).

Typ II: Auf allen Beinabschnitten und in der Rinne von Tibia und Femur finden sich vereinzelt unterschiedlich (bis etwa 150 µm) lange, spitz zulaufende (filiforme) Sensillen, deren Sockel von einem cuticulären Wall umgeben ist, der mit der Basis des Sinneshaares durch ein Diaphragma verbunden ist (Abb. 1b, 2f, 3c-f, 4b, e, g). Spitzen und Schaft sind meist mit feinen Borsten besetzt (Abb. 3f). Es handelt sich vermutlich um Trichobothrien.

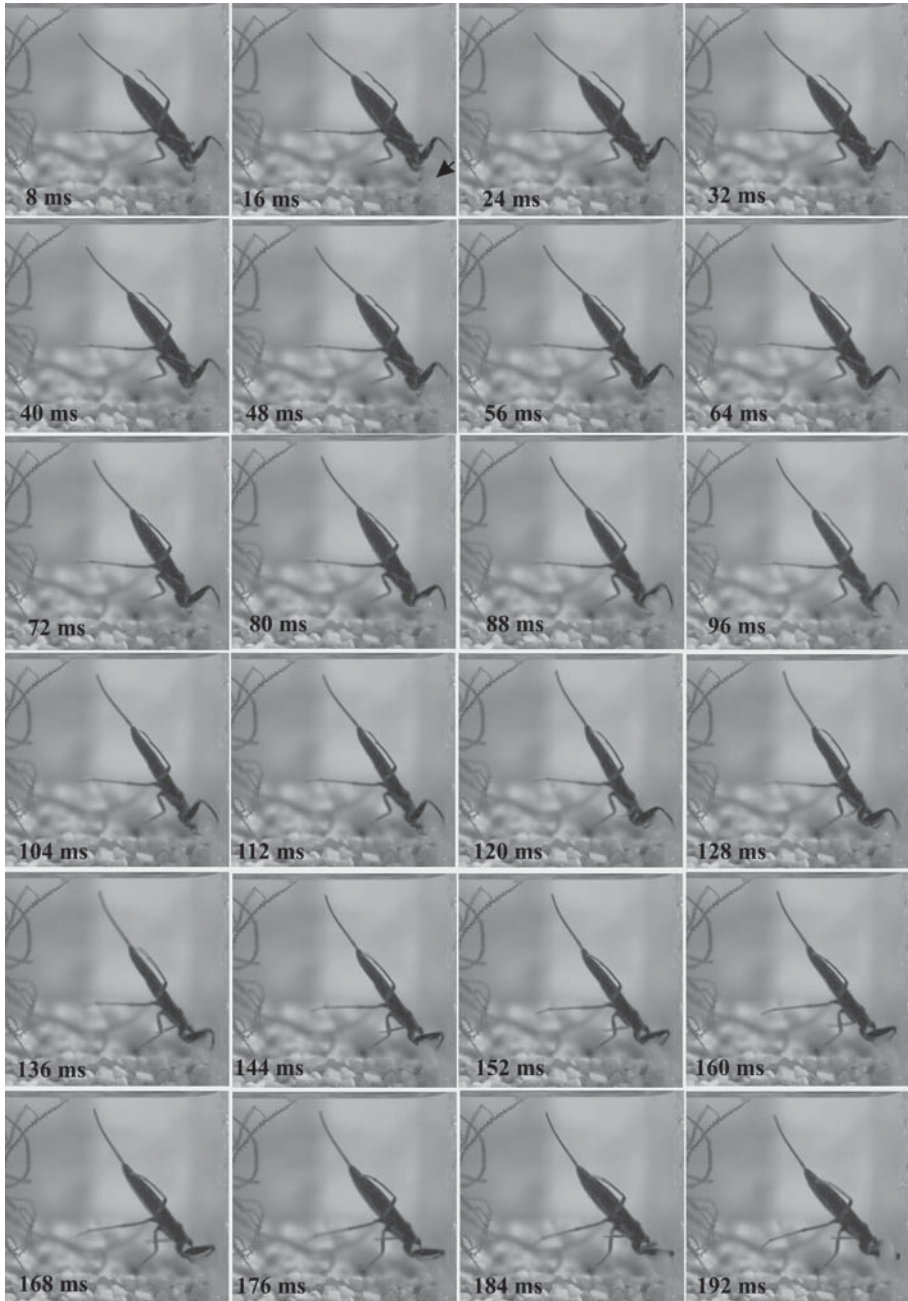
Typ III: Kräftige Sensillen (etwa 50 µm lang), die in dichten Reihen bevorzugt die Ränder der Rinne von Tibia (Abb. 3d) und Femur (Abb. 4a-d) säumen, aber auch unterhalb der gebogenen Tarsusspitze vorkommen (Abb. 2c). Sie enden relativ stumpf und sind mit zarten Längsriefen versehen (Abb. 4d).



**Abb. 4:** REM-Aufnahmen des Femur: (a) Sicht auf die Rinne (Stern); Kreis s. Abb. b; (b) Vergrößerung aus a; Rand der Rinne mit Sensilla trichodea (Pfeilspitze: Typ III; Pfeile: Typ II); (c) Rinne mit Schuppen und Sensillen; die Kreise markieren die Bereiche, aus denen die verschiedenen Sensilla trichodea (d, e, g) und Schuppen (f) stammen; (d) Sensilla trichodea (Typ III) der Rinnenkante mit Längsriefen; (e) Sensillum trichodeum (Typ IV); (f) Schuppen; (g) Basis eines Sensillum trichodeum (Typ II). Femur (fe), Tibia (ti).

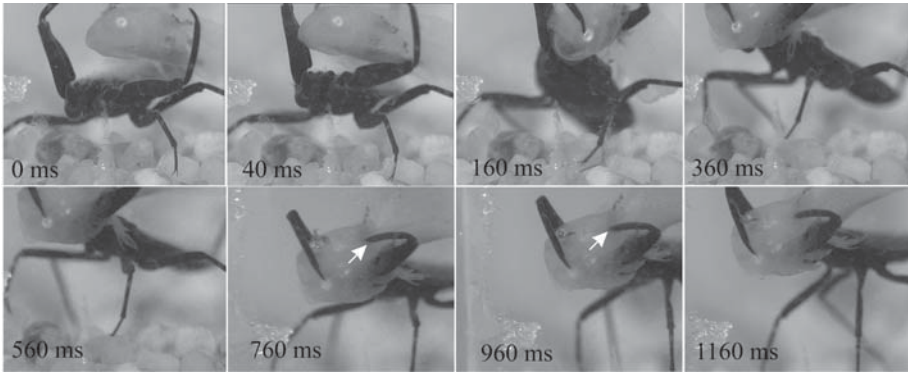
**Fig. 4:** SEM-micrographs of the femur: (a) view into the groove (asterisk); circle see Fig. b; (b) Magnification of Fig. a; edge of the groove with sensilla trichodea (arrowhead: type III; arrows: type II); (c) groove with scales and sensilla; circles mark the areas, where the various sensilla trichodea (d, e, g) and the scales (c) are located; (d) sensilla trichodea (type III) of the edge of the groove with longitudinal scores; (e) sensillum trichodeum (type IV); (f) scales; (g) basis of a sensillum trichodeum (type II). Femur (fe), tibia (ti).





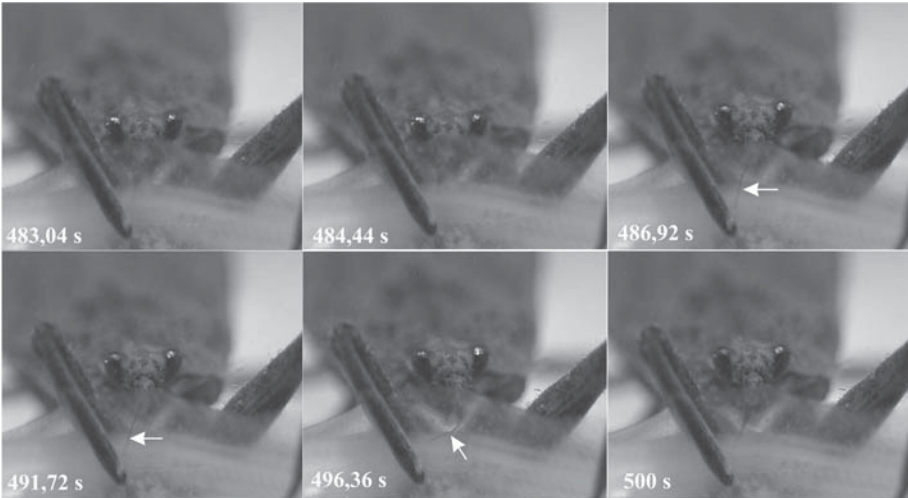
**Abb. 5:** Beutefang von *Nepa cinerea* (Hochfrequenzvideokamera 250 Bilder pro Sekunde). Die Axolotl-Larve (Pfeil) ist mit dem Schwanz zwischen Tibia und Femur des linken Fangbeins eingeklemmt. Der Beuteschlag mit dem rechten Fangbein beginnt etwa bei 48 ms; die Beute ist bei 128 ms erreicht.  
**Fig. 5:** Strike of *Nepa cinerea* (high speed camera; 250 frames per second). The tail of the axolotl-larva (arrow) is clamped between tibia and femur of the left foreleg. The strike with the right foreleg begins approximately at 48 ms; the prey is touched approximately at 128 ms.





**Abb. 6:** Beutefang von *Nepa cinerea* (Camcorder mit Sportschaltung). Die relativ große, sich wehrende Beute (Axolotl-Larve) wird mit dem linken Bein gefangen und kurz darauf auch mit dem rechten Bein festgehalten. Die Tarsen dringen tief in die Beute ein.

**Fig. 6:** Prey capture of *Nepa cinerea* (camcorder with high speed shutter). The large struggling prey captured with the left leg is gripped by the right leg. The tarsi deeply penetrate the prey.



**Abb. 7:** Aussaugen der Beute (Camcorder mit Sportschaltung). Die langen, biegsamen Stechborsten (Pfeil) werden im Gewebe auf und ab bewegt.

**Fig. 7:** Sucking the prey (camcorder with high speed shutter). The long, flexible stylets move up and down in the prey's tissue.

Typ IV: Ein weiterer Sensillen-Typ, der offenbar ebenfalls auf allen Beinabschnitten vorkommt, ist etwa 30-35  $\mu\text{m}$  lang; sein Sockel besitzt ebenfalls einen cuticulären Wall. Etwa ein Drittel des distalen Bereichs ist bis zur Spitze beborstet (Abb. 2g, 4 c).

Die zahlreichen, abgeplatteten Schuppen sind von unterschiedlicher Gestalt (Länge bis etwa 65  $\mu\text{m}$ ); sie finden sich auf allen Beinabschnit-

ten, sind relativ breitbasig verankert und besitzen offenbar ein Lumen (Abb. 1f, 3a-c, 4 f).

### 3.3. Beutefang

Beobachtet man *Nepa cinerea* im Aquarium, wirken ihre Bewegungen insgesamt sehr gemessen. Die Tiere lassen sich oft auch durch die unmittelbare Nähe eines Beutetieres nicht

aus der Ruhe bringen. Ist die Beute aber einmal geortet, nähert sich *N. cinerea* ihr sehr langsam; dabei sind die Vorderbeine bereits abgespreizt und meist angewinkelt. Das Zuschnappen ist mit einem konventionellen Camcorder (25 Bilder oder 50 Halbbilder pro Sekunde) nicht aufzulösen. Anhand unserer hochfrequenzvideographischen Aufnahmen haben wir als schnellste Zeit vom Beginn der Zuschnappbewegung bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Tarsusspitze die Beute berührte, etwa 80 ms geschätzt (vgl. auch Abb. 5). Kleinere Beute wird zwischen Tibia und Femur eines Beins eingeklemmt und dann zum Rostrum gebracht. Zum Fang größerer Beute werden aber meist beide Beine zu Hilfe genommen. Die Axolotl-Larven wurden meist mit einem Fangbein an einer dünnen Körperstelle, z.B. dem Schwanz, ergriffen und festgehalten. Erst dann trat das zweite Vorderbein in Aktion (Abb. 5). Bei der Manipulation der Beute dringen beide Tarsi und vielleicht sogar auch der distale Teil der Tibia in die im vorliegenden Fall sehr weiche Beute ein (Abb. 6). Anschließend wird die Beute mit beiden Beinen zur Rüsselspitze gebracht. Die Stechborsten werden tief in das Beutetier eingeführt, dabei wohl passiv sehr stark abgelenkt und häufig auf und ab bewegt (Abb. 7).

#### 4. Diskussion

Die Vorderextremitäten von *Nepa cinerea* (und *Ranatra linearis*) sind zu Fangbeinen vom femorotibialen Typ umgewandelt, d.h. die Beute wird zwischen Femur und Tibia festgehalten. Solche Fangbeine sind generell gekennzeichnet 1) durch eine Verlängerung der einzelnen Beinabschnitte; das erlaubt einen Beuteschlag über längere Distanzen; 2) eventuell durch kräftige Dornen an Femur und Tibia, mit deren Hilfe die Beute zwischen beiden Beinabschnitten festgehalten werden kann, und 3) durch Parallelstellung der Gelenkachsen (vgl. FRANTSEVICH 1998).

Die am höchsten spezialisierten Fangbeine der Skorpionswanzen besitzt *Ranatra linearis*.

Diese sowie ihre Rolle beim Beutefang sind relativ genau untersucht worden (u.a. Ontogenese des Beutefangs und der Nahrungsaufnahme: CLOAREC 1969; Rasterelektronenmikroskopie der Sinnesorgane auf den Fangbeinen während des Wachstums und bei Adulten: CLOAREC 1973, 1974a; Stellung der Vorderbeine in Abhängigkeit vom Ernährungsstatus: CLOAREC 1974b; Artikulation der Coxa, Anordnung der Muskeln: GORB 1995; FRANTSEVICH 1998). *R. linearis* hat bedeutend längere und schlankere Fangbeine als *N. cinerea*; vor allem die Coxa ist bei dieser Art stabförmig und stark verlängert und das Femur erreicht etwa die doppelte Länge von Tarsus und Tibia zusammen (vgl. die Abbildung 106 in WESENBERG-LUND 1943, Abbildung 2 in CLOAREC 1972 und Tafel 44a, 45a in WICHARD et al. 1995). Das Femur von *R. linearis* besitzt eine längs verlaufende Vertiefung auf der Innenseite, die etwa bis zu einem reich mit Sinnesorganen ausgestatteten Dorn oder Haltezapfen reicht (CLOAREC 1973). Dieser hält offenbar die eingeschlagene Tibia auf der Längsrinne des Femur. Nur der Tarsus reicht über den Dorn hinaus (s. Tafel 45c in WICHARD et al. 1995). Bei *N. cinerea* entspricht die Tarsus-Tibia-Länge etwa der Länge des Femur, das allerdings keinen Dorn besitzt und dessen Rinne sich über seine gesamte Länge erstreckt. Sind Tarsus und Tibia in Ruheposition eingeschlagen, d.h. gegen das Femur geklappt, liegen beide nicht unmittelbar in der Längsfurche des Femur, sondern die Tibia liegt auf dem Femur, während der Tarsus in eine proximale Vertiefung des Femur greift (vgl. Tafel VI, Fig. 40B in HAMILTON 1931; Tafel 46c, d in WICHARD et al. 1995; zur Verbindung der Tibia mit dem distalen Bereich des Femur und der Muskeln, die beim Abstreizen der Tibia beteiligt sind (vgl. HAMILTON 1931; s. auch GORB 1985).

Aufgrund eines komplexen Gelenkmechanismus zwischen Coxa und Prothorax, der Artikulation und der Achsenverhältnisse der einzelnen Segmente sind die Vorderbeine von *R. linearis* viel beweglicher und wohl in der

Lage, wirksamer vorzuschleunigen als die von *N. cinerea*, die in dieser Hinsicht den weniger spezialisierten Vorderbeinen von *Notonecta* sp. and *Gerris* sp. ähneln (GORB 1985; vgl. auch FRANTSEVICH 1998).

ABRAHAM (1947) hat wahrscheinlich gemacht, dass beim Beutefang von *N. cinerea* vor allem mechanische und chemische Reize eine Rolle spielen und dass die Tiere vor allem auf Berührung der Vorderkante der Fangbeine des Femur mit einem Fangschlag reagieren. Auf die chemische Reizung der Tarsen und distalen Tibien-Enden, u.a. mit Kochsalzlösung, reagierten die Tiere schneller, als wenn nur die Femora gereizt wurden. Zudem identifizierte die Autorin mit lichtmikroskopischen Methoden auf den Fangbeinen Schuppen, die ihrer Meinung nach nicht innerviert sind, sowie eine Reihe von mehr oder weniger haarförmigen, innervierten Strukturen. Sie beschreibt eingelenkte, wahrscheinlich mechanorezeptive Trichobothrien auf dem gesamten Fangbein und dichtstehende, starke „Borsten“ an der oberen und unteren Vorderkante von Femur und Tibia. Diese sollen neben ihrer Funktion als Sinneshaare auch dem Festhalten der Beute dienen (vgl. auch HAMILTON 1931). Darüber hinaus hält die Autorin auch die sogenannten „Grubenkegel“ an der Spitze des Tarsengliedes für Mechanorezeptoren, zumal sie bei ihren Versuchen zur Chemorezeption nach Amputation oder Lackierung dieses Beinabschnitts keine Ausfallserscheinungen beobachten konnte. Gruppen von fünf bis zehn dünnwandigen, dicht zusammenstehenden Haaren mit stumpfen Enden, die am häufigsten zwischen den Tasthaaren der Vorderkante von Tarsus, Tibia und Femur vorkommen, sind ihrer Meinung nach Chemorezeptoren.

Die morphologische Typisierung der verschiedenen Sensillen und der Schuppen sind im Prinzip anhand unserer rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen zu bestätigen. Die bessere Auflösung zeigt aber noch ein weiteres, auf den Beingliedern weit verbreite-

tes trichoides Sensillum (Typ IV), das distal mit feinen Borsten ausgestattet ist.

CLOAREC (1973) hat licht- und rasterelektronenmikroskopisch Sensillen und deren exakte Verteilung auf Tarsus, Tibia und Femur (sowie Trochanter und Coxa) von *R. linearis* analysiert. Die von CLOAREC (1973) beschriebenen Typen sind im Hinblick auf ihr Aussehen, aber auch im Hinblick auf ihre Verteilung nur bedingt mit denen von *N. cinerea* zu vergleichen. Die Autorin unterscheidet anhand des äußeren Erscheinungsbildes und der Innervierung (lichtmikroskopisch mit Methylenblau nachgewiesen) sieben strukturell verschiedene Sensillen: Sensilla coeloconica (die auf der Tarsusspitze, aber auch im proximalen Teil des überaus langen Femur vorkommen), campaniforme Sensillen auf Trochanter und Femur (bei *N. cinerea* nicht nachgewiesen), zwei Typen dünnwandige trichoides Sensillen (A, B) auf Femur und Tibia – A entspricht wohl den Sensilla basiconica bei *N. cinerea* (Typ I), B dem als Trichobothrien angesehenen Typ II – sowie drei Typen (C, D, E) dickwandige trichoides Sensillen. Typ C kommt auf dem Femurdorn von *R. linearis* vor und ähnelt mit seinen Längsriefen am ehesten Typ III bei *N. cinerea*; Typ D bildet die Sensillen am Rande der Rinne von Tibia und Femur. Typ E entspricht am ehesten den Schuppen von *N. cinerea*, die hier wie dort auf allen Beingliedern und bei *N. cinerea* auch auf dem ganzen Körper vorkommen (HAMILTON 1931) und nach ABRAHAM (1947) zumindest bei *N. cinerea* nicht innerviert sind. Sensillen mit einer apikalen Beborstung (Typ IV bei *N. cinerea*) scheinen bei *R. linearis* überhaupt nicht vorzukommen. CLOAREC (1973) spekuliert aufgrund des äußeren Erscheinungsbildes über die möglichen Funktionen dieser Sensillen und hält die Sensillen vom Typ A für Chemorezeptoren, die Sensilla coeloconica und drei weitere Typen von Sinneshaaren für Mechanorezeptoren.

Der bisher in der Literatur offenbar nicht näher erwähnte Besatz der tibialen und vor allem der femoralen Längsrinne mit Trichobo-



thrien und anderen Sinneshaaren dürfte ebenfalls eine, allerdings bisher unbekannte Rolle bei der Wahrnehmung der Beute spielen, wenn diese zwischen Tibia und Femur eingeklemmt ist.

Für eine eindeutige Aussage, ob es sich tatsächlich bei den verschiedenen Sensillen um Mechano- oder Chemorezeptoren oder um Rezeptoren mit Doppelfunktion (z.B. Kontaktchemorezeptoren) handelt, sind transmissionselektronenmikroskopische sowie vor allem elektrophysiologische Untersuchungen notwendig. Modalitätsspezifische Strukturen bei Mechanorezeptoren sind der Tubularkörper (eine Ansammlung von Mikrotubuli) im ciliären Außensegment und eine Gelenkmembran in der Sockelregion, bei Chemorezeptoren ein einzelner terminaler oder subterminaler Porus oder ein ganzes Porensystem entlang des Schaftes (vgl. ALTNER 1977; DETTNER & PETERS 2006). Erste transmissionselektronenmikroskopische Untersuchungen belegen erwartungsgemäß für einige der trichoiden Sensillen auf dem Fangbein von *N. cinerea* einen Tubularkörper (unpubliziert). Der eindeutige Nachweis von Poren z.B. bei den Sensilla coeloconica oder trichoiden Sensillen steht noch aus.

Unsere Beobachtungen sowie die Videoaufnahmen bestätigen, dass *N. cinerea* relativ träge ist (u.a. HAMILTON 1931; WESENBERG-LUND 1943; ABRAHAM 1947). Die langsame Schwimmweise der Tiere – beim Schwimmen werden nur das mittlere und das letzte Beinpaar benutzt und die jeweils kontralateralen Beine synchron bewegt (vgl. WENDLER et al. 1985) – ist wenig geeignet, Nahrung aktiv zu erbeuten. Potenzielle Beute wird mit den Vorderbeinen gefangen, wenn sie in Reichweite ist. Wie *R. linearis* (CLOAREC 1969, 1986) kann auch *N. cinerea* Beute nur mit einem Fangbein Beute ergreifen. Die Zeit, die ein Beuteschlag dauert, liegt mit grob geschätzten 80 ms nur wenig über der Größenordnung, die beispielsweise Gottesanbeterinnen benötigen (40-70 ms; vgl. u.a. MITTELSTAEDT 1957; ROEDER 1960; CORRETTE 1990); über

*R. linearis* sind uns keine entsprechenden Daten bekannt.

Die außerordentlich biegsamen Stechborsten werden innerhalb der Beute auf und ab bewegt; dies dient wohl dem Zerkleinern fester Bestandteile der Beute. Diese Mandibular- und Maxillarstilette von *N. cinerea* besitzen dazu, wie das bei vielen anderen räuberischen Hemiptera der Fall ist, feine Zähnechen (vgl. COBBEN 1978, 1979; COHEN 1990).

### Danksagung

Wir danken Herrn Dipl.-Biol. M. STEVENS, Biologische Station Knechtsteden, für die Beschaffung der Tiere.

### Literatur

- ABRAHAM, G.R. (1947): Über die Beteiligung der Vorderbeine an der Chemorezeption bei einigen Wasserwanzen. Zeitschrift für vergleichende Physiologie 30: 321-342.
- ALTNER, H. (1977): Insektensensillen: Bau- und Funktionsprinzipien. Verhandlungen der deutschen Zoologischen Gesellschaft 1977: 139-153.
- COBBEN, R.H. (1978): Evolutionary trends in Heteroptera. Part II. Mouthpart-structures and feeding strategies. H. Veenman & Zonen BV; Wageningen.
- COBBEN, R.H. (1979): On the original feeding habits of the Hemiptera (Insecta): a reply to Merrill Sweet. Annals of the Entomological Society of America 72: 711-715.
- COHEN, A.C. (1990): Feeding adaptations of some predaceous Hemiptera. Annals of the Entomological Society of America 83: 1215-1223.
- CLOAREC, A. (1969): Étude descriptive et expérimentale du comportement de capture de *Ranatra linearis* au cours de son ontogenèse. Behaviour 35: 84-113.
- CLOAREC, A. (1973): Structure sensori-nerveuse de la patte prothoracique de *Ranatra linearis* adulte (Insecta Héteroïptère). forma et functio 6: 247-278.
- CLOAREC, A. (1974a): Variations de la structure de la patte ravisseuse de *Ranatra linearis* L. (Hétéroïptère, Népidé) au cours du développement larvaire. II. – Structure sensori-nerveuse. forma et functio 7: 201-240.

- CLOAREC, A. (1974b): A study of the postural variations in the foreleg of *Ranatra linearis* (Insecta, Heteroptera). Behaviour 48: 89-110.
- CLOAREC, A. (1986): Distance and size discrimination in a water stick insect, *Ranatra linearis* (Heteroptera). Journal of Experimental Biology 120: 59-77.
- CORETTE, B.J. (1990): Prey capture in the praying Mantis *Tenodera aridifolia sinensis*: Coordination of the capture sequence and strike movements. Journal of experimental Biology 148: 147-180.
- DETTNER, K., & PETERS, W. (Hrsg., 2003): Lehrbuch der Entomologie (2. Auflage). Spektrum Akademischer Verlag, Gustav Fischer; Heidelberg.
- FRANTSEVICH, L. (1998): The coxal articulation of the insect striking leg: a comparative study. Journal of Morphology 236: 127-138.
- GORB, S.N. (1995): Design of the predatory legs of water bugs (Hemiptera: Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Gerridae). Journal of Morphology 223: 289-302.
- HAMILTON, M.A. (1931): The morphology of the water-scorpion, *Nepa cinerea* Linné (Rhynggota, Heteroptera). Proceedings of the Zoological Society of London 1931: 1067-1136.
- MITTELSTAEDT, H. (1957): Prey capture in mantids. S. 51-57 in: SCHEER, B. (Hrsg.): Recent advances in invertebrate physiology. University of Oregon Publications; Oregon.
- ROEDER, K.D. (1960): The predatory and display strikes of the praying mantis. Medical and Biological Illustration 10: 172-178.
- SPURR, A.R. (1969): A low viscosity embedding medium for electron microscopy. Journal of Ultrastructure Research 26: 31-43.
- WENDLER, G., TEUBER, H., & JANDLER, J.P. (1985): Walking and swimming and intermediate locomotion in *Nepa rubra*. S. 103-110 in: GEWECKE, M., & WENDLER, G. (Hrsg.): Insect Locomotion. Paul Parey; New York.
- WESENBERG-LUND, C. (1943): Biologie der Süßwasserinsekten. Verlag J. Springer; Berlin, Wien.
- WICHARD, W., ARENS, W., & EISENBEIS, G. (1995): Atlas zur Biologie der Wasserinsekten. Gustav Fischer; Stuttgart, Jena, New York.

Prof. Dr. Hartmut Greven  
Marcel Brenner  
Institut für Zoomorphologie  
und Zellbiologie  
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf  
Universitätsstr. 1  
D-40225 Düsseldorf  
E-Mail: grevenh@uni-duesseldorf.de