

Bergarbeiter-Krankenhaus Stollberg
Pathologisches Institut
Stollberg (Erzgebirge)

CHRISTINE FRÖHLICH

Untersuchungen zur Morphologie der Gelenksinnesfelder der Wiesenameise *Formica pratensis* RETZIUS, 1783

(Hymenoptera: Formicidae)

Mit 9 Textfiguren

Einleitung

Zu den konstantesten Reizen, die den Tieren zur Orientierung im Raum dienen, gehört die sich weder in der Richtung noch in der Intensität ändernde Anziehungskraft der Erde. Nach BÜCKMANN ist die Schwerkraft für viele Insekten als Orientierungshilfe bei Fortbewegungen, die nicht genau in der Horizontalen verlaufen, unentbehrlich. Nach MARKL wird ihre Fähigkeit, in der steilsten Richtung positiv oder negativ geotaktisch Ortsveränderungen zu vollziehen, durch die weit höhere geomenotaktische Leistung, während der Fortbewegung einen konstanten Winkel zur Schwerkraft einzuhalten, übertroffen. Zur Perzeption der von der Schwerkraft ausgehenden Reize benutzt das Insekt mit Sinnesborsten ausgestattete Körperfelder, für die sich im Schrifttum die Bezeichnung „Schweressinnesorgane“ eingebürgert hat.

Indessen scheint, wenngleich die Wahrscheinlichkeit einer solchen Funktion von verschiedenen Autoren (zusammenfassendes Schrifttum siehe bei MARKL, 1963) recht gut begründet ist, jene nicht die einzige zu sein, die diesen Borstenfeldern zukommt. Ihre primäre Aufgabe besteht unter Berücksichtigung ihrer Lage und ihres Baues doch wohl darin, dem Tier die Stellung und Lage einzelner Körperteile zueinander und eine Kontrolle seiner eigenen aktiven Bewegungen zu vermitteln. Aktive Bewegungsimpulse des Tieres werden durch diese Sinnesorgane als Rückmelder kontrolliert und im Erfolg bestätigt, ebenso wie passiv durch Berührung, Wind oder auf andere Weise erzwungene Haltungsänderungen des Körpers gemeldet und durch nachfolgende ausgleichende Muskelimpulse abgestimmt. Zu diesen passiven Reizen gehören auch die durch die Schwerkraft dem Tier aufgezwungenen Stellungsänderungen, die von den Sinnesfeldern registriert und gemeinsam mit der dieser Stellungsänderung entgegenwirkenden Muskelkraft zur Information des Tieres über seine Lage in bezug auf die Richtung der Erdschwerkraft ausgenutzt werden.

Damit soll gesagt werden, daß die Aufgaben dieser Sinnesfelder viel umfassender sind und der Schweresinn nur eine abgeleitete Teilfunktion darstellt.

Aus diesem Grunde bezeichnen wir diese Sinnesorgane in Übereinstimmung mit einem brieflichen Vorschlag von D. OTTO unverbindlich als „Gelenksinnesfelder“.

Da wir uns bereits früher (FRÖHLICH & KÜRSCHNER) mit der Wiesenameise beschäftigt hatten, stellten wir uns die Aufgabe, die Morphologie der am Halsgelenk dieses Tieres befindlichen Gelenksinnesfelder zu klären.

Material und Methode

Die zu unseren Untersuchungen benötigten Tiere entnahmen wir dem bereits früher für diese Zwecke benutzten Ameisenbau der näheren Umgebung Stollbergs. Die mit Chloroform abgetöteten Tiere wurden teils frisch, teils nach Konservierung in 70%igem Alkohol untersucht. In der Regel erstreckte sich die feinere Untersuchung auf die Region des Hinterkopfes und des angrenzenden vorderen Thorax (Halsgelenk).

Bei insgesamt 50 Tieren wurde unter dem Cytoplast zunächst die Anzahl der in dem oben erwähnten Bereich liegenden Sinnesborsten festgestellt und dann deren Länge mit Hilfe von Millimeterpapier gemessen. Bei den sich anschließenden mikroskopischen Untersuchungen fanden größtenteils die bereits zur makroskopischen Messung benutzten Tiere Verwendung. Zwecks Ermittlung des geeignetsten Fixier- und Färbeverfahrens wurden zahlreiche Voruntersuchungen angestellt. Als sehr geeignet erwies sich die Fixierung mittels jedesmal frisch hergestellter CARNOYScher Flüssigkeit, einerseits wegen ihres raschen Eindringungsvermögens — besonders wenn letzteres durch mehrfaches Anstechen der Objekte erleichtert wurde —, andererseits ergab sich bei dieser Methodik eine bessere Schneidbarkeit des spröden Chitins.

Die Dauer der Fixierung betrug genau 20 Minuten; eine Überschreitung dieser Zeitspanne brachte keine Vorteile. Anschließend erfolgte das Auswaschen der Präparate in zweimal gewechseltem 96%igem Butylalkohol, in dem sie vor Weiterbehandlung noch zwölf Stunden verweilten, und danach eine sorgfältige Entwässerung in mehrfach gewechseltem 96%igem Butylalkohol, dem 3% kristallisierte Carbonsäure zugesetzt wurde. Dann erfolgte die Überführung des Materials für sechs Stunden in Benzol, das dreimal nach je zwei Stunden erneuert wurde. Schließlich wurde die Einbringung der Tiere für drei Tage in flüssiges Paraffin bei 56 °C vorgenommen. Die lange Verweildauer in heißem Paraffin erleichtert die Anfertigung von Paraffinschnitten.

Auf Grund der Vorversuche erwiesen sich folgende Färbungen als vorteilhaft: Toluidinblau, Wasserblauorange, Hämatoxylin-Eosin und Kresylechtviolett. Nicht unerwähnt sei der von uns mehrfach wiederholte Versuch der Vitalfärbung durch vorsichtige Injektion von unterschiedlich konzentrierter Methylenblaulösung in den Thorax der Tiere.

Dessen unmittelbare Folge war ein Verlust der Orientierung der Tiere mit völlig unkoordinierten Kreis- und Rückwärtsbewegungen, was uns Veranlassung gab, diese Methode außer Betracht zu lassen.

Ergebnisse

Lage und Anordnung der hauptsächlichsten Sinnesfelder mit Sinnesborsten veranschaulichen die folgenden Schemata:

Fig. 1a zeigt die Ventralseite eines Tieres mit vier Sinnesfeldern, von denen jedes etwa zehn Sinnesborsten besitzt. Die beiden kranial gelegenen Sinnesfelder, an denen die unten beschriebenen mikroskopischen Befunde erhoben wurden, befinden sich an der lateralen vorderen Thoraxwand, wo sie bei der seitlichen Exkursion des Kopfes von dessen Hinterwand taktile Reize erhalten.

In Fig. 1b erkennt man die Sinnesborsten der rechten Seite des Halsgelenkes in einer Lupenaufnahme am abgetöteten Tier. Nach Entfernung des Tierkopfes

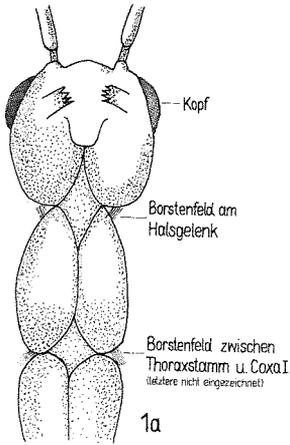


Fig. 1 a. Teilansicht eines Tieres, ventral, mit vier Sinnesfeldern (Schema)

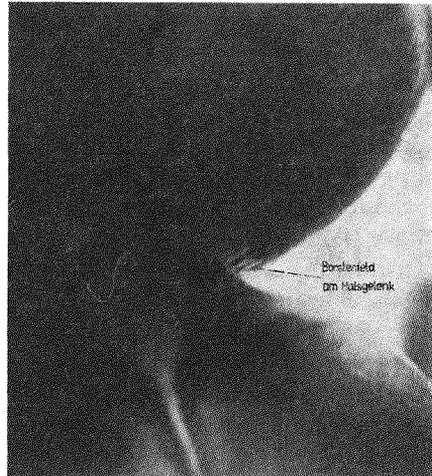


Fig. 1 b. Sinnesborsten am rechten „Halsgelenk“ von unten (stark vergrößerte Lupenaufnahme)

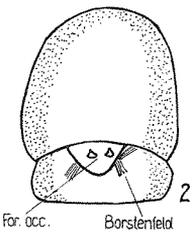


Fig. 2. Aufsicht auf die Transversalebene des Thorax in caudaler Richtung nach Entfernung des Kopfes (Schema)

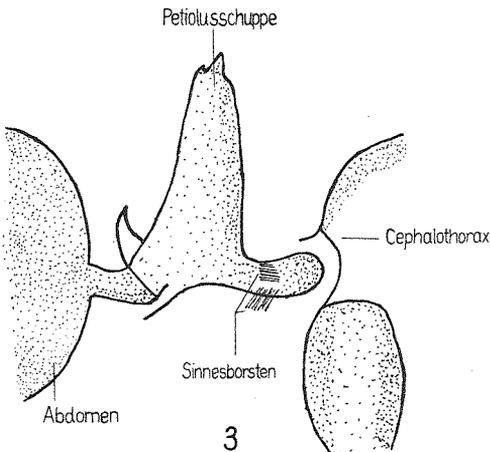


Fig. 3. Petiolusregion mit Sinnesborsten von lateral (Schema)

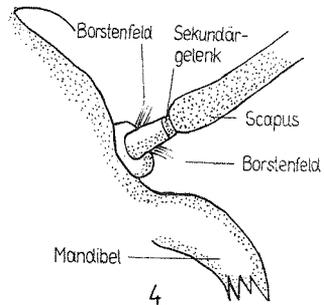


Fig. 4. Sinnesborsten des Scapus (Schema)

im „Halsgelenk“ bietet sich die in Fig. 2 dargestellte, die Fig. 1 ergänzende Aufsicht auf den Thorax von vorn; auch hier sind die Sinnesborsten deutlich sichtbar.

Aber nicht nur an der äußeren vorderen Thoraxwand lassen sich die Sinnesborsten nachweisen, solche liegen auch (Fig. 1) an den seitlichen Partien des hinteren Thorax. Ihre Reizung erfolgt offenbar bei der Abspreizung der Coxae.

Zahlreiche Sinnesborsten liegen auch am proximalen Teil des Petiolus und in der Nähe der Coxae (Fig. 3). Sie lassen sich weder in der dorsalen noch in der ventralen Ansicht, sondern nur in der lateralen erkennen. Meistens findet man hier rechts und links je zehn bis 15 sehr lange, schräg nach hinten und unten zeigende Borsten, während wir am caudalen Teil des Petiolus, also abdomenwärts gelegen, mit Sicherheit keine Sinnesborsten auffinden konnten. Schließlich lassen sich, wie die Fig. 4 zeigt, im Bereich der Antennen am Scapus einige Sinnesborsten nachweisen. Hinsichtlich ihrer Länge und Anzahl sind sie hier deutlich geringer beziehungsweise kürzer als an den übrigen Regionen.

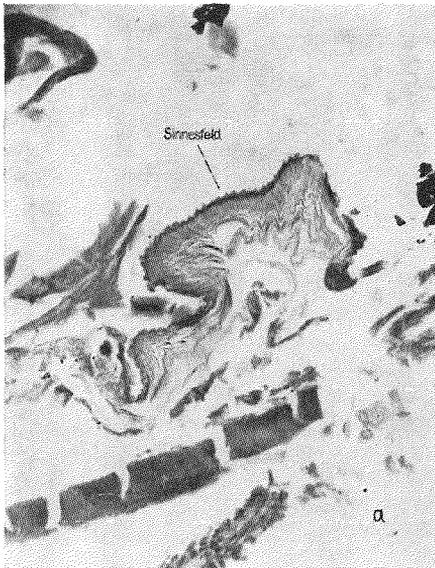


Fig. 5a. Schnitt durch das Sinnesfeld des „Halsgelenkes“. Toluidinblau. Vergrößerung 300fach

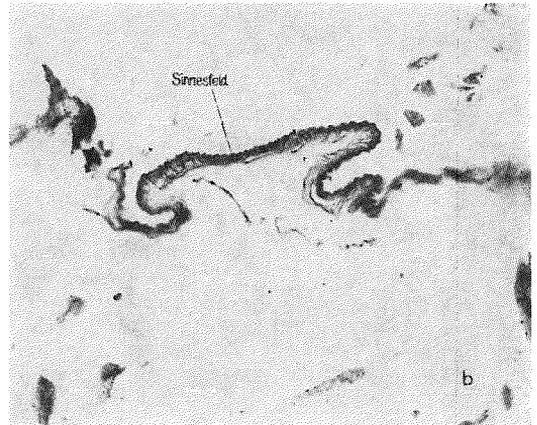


Fig. 5b. Schnitt des Sinnesfeldes zwischen Thorax und Coxa. Toluidinblau. Vergrößerung 300fach

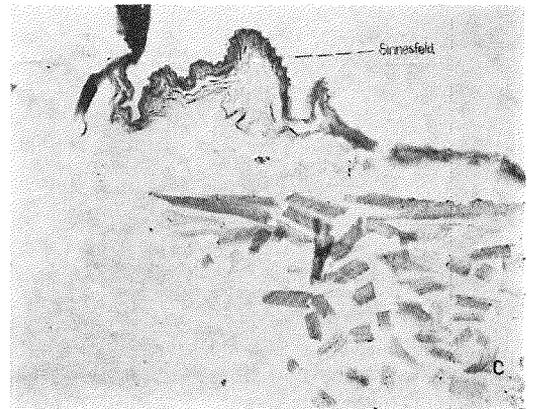


Fig. 5c. Schnitt des Sinnesfeldes im Bereich des Petiolus. Toluidinblau. Vergrößerung 300fach

Messungen im Bereich des Halsgelenkes ergaben eine durchschnittliche Länge der Sinnesborsten von 0,2 mm. Die durchschnittliche Anzahl betrug beiderseits je 18 Sinnesborsten.

Die mikroskopischen Untersuchungen

Der Bau der mit Sinnesfeldern und Sinnesborsten besetzten Regionen bot im wesentlichen überall das gleiche mikroskopische Bild, so daß als Beispiel die Beschreibung der am Halsgelenk erhobenen Befunde, die an zahlreichen Frontalschnitten gewonnen wurden, ausreichend sein dürfte. Fig. 5 a, b und c zeigen Schnitte durch (a) das Halsgelenk, (b) zwischen Thorax und Coxa sowie (c) im Bereich des Petiolus. Man erkennt ein, möglicherweise durch die Präparation etwas unterschiedlich gestaltetes, in einer flachen Falte liegendes, pilzartig hervorspringendes Gebilde, dessen äußere freie Wand bei schwacher Vergrößerung eine sägeblattartige Begrenzung aufweist, die sich bei stärkerer Vergrößerung

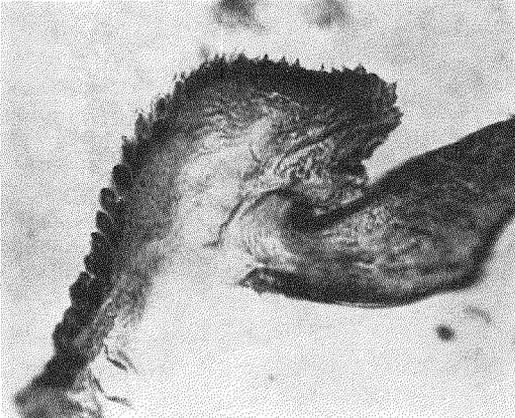


Fig. 6. Mit Borsten besetzte Sinneskuppeln am „Halsgelenk“. Toluidinblau. Vergrößerung 725fach

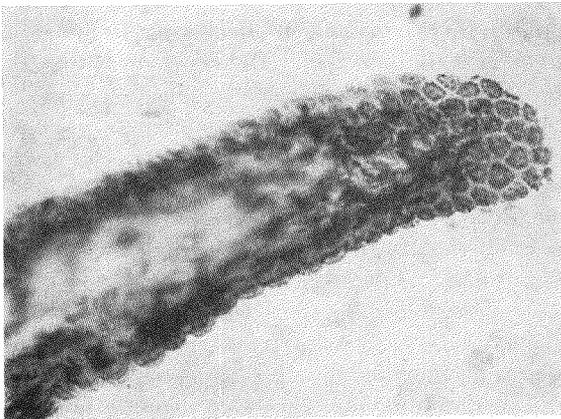


Fig. 7. Flachschnitt durch das Sinnesfeld am „Halsgelenk“, zahlreiche mit quergetroffenen Borsten besetzte Sinneskuppeln. Toluidinblau. Vergrößerung 725fach

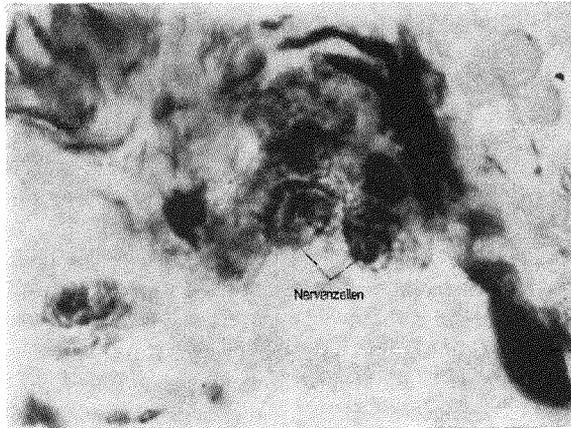


Fig. 8. Bipolare Nervenzellen des Sinnesfeldes. Toluidinblau. Vergrößerung 1275fach

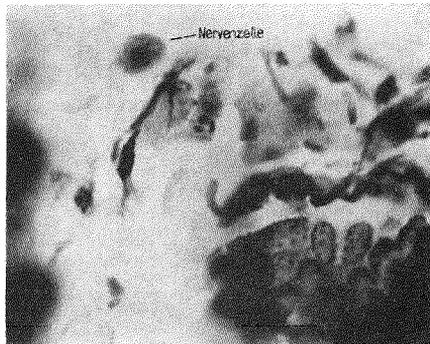


Fig. 9. Einzelne monopolare Sinneszelle am oberen Bildrand links von der Mitte. Toluidinblau. Vergrößerung 1275fach

zung als ein Feld von zahlreichen, dicht nebeneinander stehenden kleinen, kurzen Kuppeln erweist (Fig. 6). Das freie Ende dieser Kuppeln ist nicht abgerundet, sondern zu kurzen Spitzen, die Borsten tragen, ausgezogen. Besonders deutlich läßt sich dieser Bau an Flachschnitten nachweisen (Fig. 7). Hier sieht man, daß die flach getroffenen, rundlichen bis ovalen Querschnitt besitzenden Kuppeln von zahlreichen Borsten besetzt sind, die in der Mehrzahl am Kuppelrand stehen, während in den zentralen Teilen weniger Borsten angeordnet sind.

Die Innervation der Borsten wurde an Schnittserien frisch geschlüpfter Tiere nachzuweisen versucht. Aussagen über Einzelheiten sind sehr erschwert, weil die einwandfreie histotechnische Darstellung dieser Strukturen schwierig und ihre lichtmikroskopische Erfassung infolge ihrer Feinheit nicht genau möglich ist. Nach unseren Schnitten dürften die Borsten entweder von einer bis zwei Sinneszellen innerviert werden, die bipolar gebaut sind (Fig. 8). Der distale Fortsatz der Sinneszellen setzt an der Borstenbasis an, während der proximale Neurit zu zentralen Teilen des Nervenstammes zieht. In einigen unserer Schnitte konnten wir allerdings auch monopolare Sinneszellen (Fig. 9) erkennen, ohne jedoch über deren Zuordnung nähere Aussagen machen zu können.

Zusammenfassung

Angeregt durch frühere Arbeiten und die in den letzten Jahren im Schrifttum niedergelegten Untersuchungen werden die Ergebnisse makroskopischer und mikroskopischer Untersuchungen an den Gelenksinnesfeldern der Wiesenameise *Formica pratensis* RETZIUS, 1783, unter besonderer Berücksichtigung der am „Halsgelenk“ befindlichen Strukturen beschrieben.

Summary

Previous work and recently published studies induced the author to examine macroscopically and microscopically the sensory organs at the joints of *Formica pratensis* RETZIUS, 1783. The results are described with special regard to the structures at the "neck joint".

Резюме

По инициативе ранних работ и в последних годах в литературе изложенных исследований описываются результаты макроскопических и микроскопических исследований о чувствительных участках суставов у *Formica pratensis* RETZIUS, 1783 при особенном учёте структур, находящихся у «суставе шеи».

Literatur

- BÜCKMANN, D., Das Problem des Schweresinnes bei den Insekten. Naturwissenschaften, **49**, 28—33; 1962.
- FRISCH, K. v., Aus dem Leben der Bienen. 5. Auflage. Berlin-Göttingen-Heidelberg, **VII**, 159 pp.; 1953.
- FRÖHLICH, K. O.; KÜRSCHNER, I., Die Giftorgane der Wiesenameise (*Formica nigricans* EMERY, 1909). Hymenoptera: Formicidae. Beitr. Ent., **14**, 507—524; 1964.
- MARKL, H., Die Schweresinnesorgane der Insekten. Naturwissenschaften, **50**, 559—565; 1963.
- , Borstenfelder an den Gelenken als Schweresinnesorgane bei Ameisen und anderen Hymenopteren. Ztschr. vergleich. Physiologie, **45**, 475—569; 1962.
- VOWLES, D. M., The orientation of ants. I. The substitution of stimuli. The orientation of ants. II. Orientation to light, gravity and polarized light. Journ. Exp. Biology, **31**, 341—375; 1954.