

# Ueber die Nervenendigungen der Hautsinnesorgane der Arthropoden nach Behandlung mit der Methylenblau- u. Chromsilbermethode.

Von

Dr. O. vom Rath.

---

Mit Doppeltafel II.

---

Seit einer Reihe von Jahren habe ich mich mit vergleichenden Studien über die Hautsinnesorgane der Arthropoden beschäftigt und meine hauptsächlich bei Myriapoden, Insecten und Crustaceen eruirten Resultate in verschiedenen Schriften bekannt gegeben (1. Archiv f. mikr. Anat. Bd. 27, 1886; 2. Zoolog. Anzeig. 1887; 3. Zeitschrift f. wiss. Zool. Bd. 46, 1888; 4. Zoolog. Anzeig. 1891; 5. Zoolog. Anzeig. 1892). Als ich nun eben im Begriffe stand eine ausführlichere Arbeit über die Hautsinnesorgane der Crustaceen, deren allgemeinsten Ergebnisse ich bereits publicirt hatte, druckfertig zu machen, bestimmten mich die überraschenden Befunde, welche durch die Methylenblaufärbung (EURLICH) und die Chromsilbermethode (GOLGI), bei manchen Metazoen zumal aber bei den Vertebraten festgestellt waren, vorerst mit diesen beiden neuen Methoden einige Versuche bei den Arthropoden zu wagen. Wenn ich im Folgenden die wichtigsten meiner mit diesen Methoden festgestellten Thatsachen veröffentliche, so bin ich mir wohl bewusst, dass diese Befunde, die ich nach vielen Misserfolgen im Laufe von zwei Jahren mit Sicherheit eruirten konnte, noch keineswegs eine Entscheidung der Gesamtfrage herbeiführen können; ich glaube aber dieselben schon jetzt der Oeffentlichkeit übergeben zu müssen, da dieselben keineswegs mit den Angaben der Autoren, welche diese Methoden bei Arthropoden

in Anwendung gebracht haben in Einklang stehen. Bekanntlich sind beide Methoden sehr launisch und obendrein bei Arthropoden besonders schwierig anzuwenden, da die Conservirungsflüssigkeiten wegen des harten Chitinpanzers nur schwer eindringen, daher ist es auch keineswegs wunderbar, dass die Erfolge gerade bei den Arthropoden bis jetzt so dürftige waren. Bevor ich nun in eine Beschreibung meiner mit den beiden Methoden (EURLICH und GOLGI) festgestellten Befunde übergehe, will ich in Kürze zusammenfassen, was ich früher über den feineren Bau der Hautsinnesorgane mittelst anderer Methoden habe feststellen können. Wir werden dann sehen, dass an meiner früheren Auffassungsweise nur einige kleine Aenderungen nothwendig werden.

Bekanntlich kann bei dem meist harten und dicken Chitinpanzer der Arthropoden eine Sinneswahrnehmung mit (Ausnahme des Sehens) nur an solchen Stellen stattfinden, wo das Chitin durch einen Porenkanal durchsetzt ist und letzterem ein Haar aufsitzt. Es unterscheiden sich nun typische Sinneshaare von gewöhnlichen Haaren äusserlich gar nicht und sind lediglich durch die unterhalb ihrer Basis gelegenen Sinneszellen als Hautsinnesorgane charakterisirt; in manchen Fällen aber haben die Sinneshaare die eigenthümlichen Formen, die als Kegel, Keulen, Kolben, Zapfen, Cylinder, Schläuche, Griffel, Fäden, Fiederborsten, Halbfiederborsten etc. beschrieben wurden. Auch die eigenartigen Membrankanäle (Porenplatten KRAEPELIN'S) auf den Antennen der Hymenopteren (vgl. Fig. 6), lassen sich auf ein modificirtes Haar zurückführen. So mannigfaltig nun auch alle diese Sinneshaare gestaltet sein mögen, so sind sie doch alle durch Uebergänge unter einander verbunden. Dass übrigens der feinere Bau der verschiedenen Sinneshaare mit der physiologischen Bedeutung des Organs in innigster Beziehung steht, ist wohl ganz selbstverständlich. Bei Hörorganen muss das Haar eine möglichst grosse Beweglichkeit und Schwingfähigkeit besitzen; bei Geruchs- oder Geschmacksorganen darf das Haar nur durch eine ganz feine und womöglich perforirte Membran geschlossen sein, damit Gase und Flüssigkeiten direkt auf die distalen Fortsätze der Sinneszellen einwirken können.

Was das Vorkommen und die Anordnung von typischen Hautsinnesorganen bei Arthropoden betrifft, so kann ich mich ganz kurz fassen, mit Hinweis auf meine früheren Publicationen (cf. S. 137).

Ich fand Hautsinnesorgane bei Myriapoden, Insekten und Crustaceen auf allen Theilen des Körpers. Sinneshaare stehen auf den

Antennen (auch den zweiten Antennen der Crustaceen und ihren Schuppen); ferner auf sämtlichen Mundwerkzeugen und deren Anhängen; ich constatirte ihr Vorkommen, zumal bei den Crustaceen, auf sämtlichen Beinpaaren, ferner sah ich sie bei Crustaceen auf den Abdominalanhängen und frei auf dem Körper stehend; bei den Insekten fand ich Sinneshaare auch auf den Abdominalgriffeln; bei den Scorpionen machte ich auf die Sinneshaare der Kämmen aufmerksam. Die grösste Verbreitung von Sinneshaaren fand ich aber bei den Rankenfüsslern z. B. *Lepas*, in dem ich auf sämtlichen Gliedern eine auffallend grosse Zahl von typischen Sinneshaaren erkennen konnte (Fig. 1); da ich ferner bei *Apus* und *Branchipus* fast unter jedem Haar die charakteristischen Sinneszellen auffand, kam mir mehrfach der Gedanke, ob nicht vielleicht alle Haare der Arthropoden einer Sinnesvermittlung dienen könnten. Wenn mir nun von verschiedenen Seiten in mehr oder weniger deutlicher Form vorgeworfen wurde, dass ich mich zu sehr mit dem Studium der Anordnung der Sinneshaare und dem feineren Bau des nervösen Endapparates beschäftigt, und den bei weitem wichtigeren experimentellen Untersuchungen über die physiologische Bedeutung der einzelnen Sinneshaare, zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt hätte, betonte ich mehrfach nachdrücklich, dass mir eine genaue Kenntniss des Vorkommens und des feineren Baues der Sinneshaare die Grundbedingung für rationelle physiologische Versuche zu bilden schien. So sind denn auch leider eine ganze Reihe fleissiger und mühsamer experimenteller Untersuchungen vieler Autoren völlig unbrauchbar geworden, da die betreffenden Forscher ihr Augenmerk lediglich auf ganz bestimmte Sinneshaare gewisser Körperteile gerichtet, und andere histologisch völlig gleichgebaute Hautsinnesorgane anderer Körperstellen völlig ausser Acht gelassen hatten, da ihnen die Kenntniss des Vorkommens solcher gleichgebauten Sinnesorgane einfach abging.

Wenn nun die Sinneshaare der Arthropoden äusserlich auch noch so verschieden aussehen mögen, so ist doch, wie ich empirisch nachweisen konnte, der zugehörige nervöse Endapparat bei allen Sinneshaaren der Crustaceen, Myriapoden, Insekten und Arachniden im Princip der gleiche. Ich beschrieb den histologischen Bau dieser Hautsinnesorgane abweichend von der geläufigen Anschauungsweise, wie sie zumal durch die Arbeiten von LEYDIG CLAUS<sup>1</sup> u. a. angenommen war, kurz wie folgt:

<sup>1</sup> Bereits in einem früheren Aufsätze (Ueber die von C. CLAUS beschriebene

Unterhalb der Basis eines jeden einer Sinnesfunktion dienenden Sinneshaares eines Arthropoden liegt in der Mehrzahl der Fälle bald

Nervenendigung in den Sinneshaaren der Crustaceen. Zoolog. Anzeiger No. 386, 1892) habe ich auf die Verschiedenheiten in der Anschauungsweise von C. CLAUS und mir hingewiesen und einige wichtige Stellen aus den letzten Aufsätzen von CLAUS besprochen. Genannter Autor hatte sich nämlich in einem im Zool. Anzeiger No. 375, 1891, erschienenen Artikel, Ueber das Verhalten des nervösen Endapparates an den Sinneshaaren der Crustaceen, darüber beschriftet, dass seine im Verlaufe von mehr als drei Decennien an zahlreichen Vertretern verschiedener Crustaceenordnung gemachten Beobachtungen entweder ungenügende oder gar keine Berücksichtigung gefunden hätten und dabei M. NUSSEBAUM, G. RETZIUS und mich mit Namen genannt. Ich habe in einer Erwiderung, auf die ich hier nicht weiter eingehen will (Zool. Anz. 1892) folgende Stellen als Belege für die Auffassung des nervösen Endapparates bei den Sinneshaaren der Crustaceen, wie sie CLAUS in seinen letzten Crustaceenarbeiten ausgesprochen hat, angeführt.

Im Gegensatz zu LEYDIG, der den Nerven nur bis an die Basis der Sinneshaare verfolgen konnte, betont CLAUS wiederholentlich z. B. für *Apus*, *Branchipus* und *Sida*, „dass der Nerv nicht etwa nur an die Basis der Borste herantritt, sondern sich unmittelbar in den feinstreifigen Inhalt der Borste fortsetzt“, und sagt ferner: „Auch die Matrix erstreckt sich als streifige Substanz in den Borstenraum hinein und färbt sich bei Behandlung mit Ueberosmiumsäure ebenfalls bedeutend. Untersucht man aber in dieser Weise behandelte Objecte unter sehr starker Vergrößerung, so weist man den Nervenaufläufer der Ganglienzelle als Centrifaden in der Achse des streifigen Matricalfortsatzes mit geringer Mühe nach und auch an frischen lebenden Thieren gelingt es nachher leicht den nackten Achsencylinder im Inneren der streifigen Substanz zu erkennen“. Aehnlich ist die Schilderung des nervösen Endapparates an den Ruderantennen von *Sida*. „Die kurzen und einfachen Dornen sind Tastgebilde und besitzen einen Achsenfaden in dem streifigen Inhalt; zu ihnen tritt ein mit einer Ganglienzelle verschener Nerv heran, um sich zwischen den Matrixzellen hindurch in den Achsenfaden fortzusetzen.“ Die in den übrigen CLAUS'schen Arbeiten gegebenen Darstellungen des Nervenendapparates sind von den oben citirten nicht wesentlich verschieden. Die letzte auf diese Frage bezügliche Angabe findet sich in einer grösseren Abhandlung „Die *Halocypriden* des Atlantischen Oceans und Mittelmeeres. Wien 1891“. Die auf den nervösen Endapparat bezügliche Stelle (S. 35) lautet: An den vorderen Antennen (der *Halocypriden*) finden sich nur fünf den Endgliedern zugehörige Anhänge, deren Lage und Form bereits bei Besprechung dieser Gliedmasse beschrieben wurde. Mit denselben steht ein verhältnissmässig umfangreicher Nerven- und Ganglienapparat in Verbindung. Der in das proximale Glied des Schaftes eingetretene Nerv schwillt alsbald zu einem bald mehr birnförmigen, bald mehr langgestreckten Ganglion an, welches die eigenthümlichen glänzenden Kugeln enthält und setzt sich durch das obere Geisselglied zwischen dessen Längsmuskeln in die Geissel fort, in deren Achse die Fibrillen bündelweise aus einander weichen, um in die fünf Sinnesanhänge einzutreten. Im Inneren derselben lassen sich die zarten Fibrillenbündel durch

in der Hypodermis selbst, bald weiter von derselben entfernt, eine Gruppe bipolarer Sinneszellen die mit Nervenfasern direkt in Verbindung stehen; diese Zellgruppen werden von den Autoren als Ganglien bezeichnet, da dieselben aber nichts anderes als percipirende Epithelzellen sind, zog ich es vor für sie den Namen „Sinneszellen“ vorzuschlagen, ohne aber damit einen strengen physiologischen Unterschied zwischen Ganglien- und Sinneszellen behaupten zu wollen. Weniger häufig sind die Fälle, bei welchen unterhalb eines Sinneshaares nur eine meist grosse bipolare Sinneszelle gefunden wird (Fig. 1).

Es gibt übrigens auch Uebergänge zwischen diesen beiden Typen, indem manchesmal nur einige wenige Sinneszellen zu jedem Sinneshaar gehören z. B. bei *Apus*, *Branchipus* u. a. Die Gruppen der Sinneszellen sind oft ei- oder birnförmig, oft auch lang gestreckt oder bandförmig. Beiläufig möchte ich hier bemerken, dass ich bei *Astacus fluvialis* und anderen Arthropoden bei Thieren gleich nach der Häutung die Sinneszellengruppen auffallend lang gestreckt und weit von der Hypodermis entfernt liegend gesehen habe, während ich dieselben bei Thieren derselben Species zu anderen Zeiten birnförmig und dicht unter den Sinneshaaren antraf. Nach der ge-läufigen Anschauungsweise soll der an die Sinneszellen (Ganglienzellen der Autoren) antretende, vom Centralorgan herkommende Nerv, das Ganglion seiner Länge nach durchsetzen und dann in das Sinneshaar eintreten. Ich habe mich aber in sehr vielen Fällen mit absoluter Sicherheit davon überzeugen können, dass der Nerv keineswegs durch die Gruppe der Sinneszellen hindurchtritt und die Sinnes-

die ganze Länge bis zum distalen Ende verfolgen, meist noch von einem spärlichen Protoplasma umlagert, welches auf den Ueberrest der Matrix des Anhanges zu beziehen ist und zuweilen noch ein oder zwei Kerne aufweist. Das gleiche Verhalten zeigen die Nervenfibrillen in den fünf Borstenanhängen am Nebenast der hinteren oder Schwimmfuss-Antenne, deren Nerv alsbald nach dem Eintritt in das mächtige Schaftglied ein grosses Ganglion bildet und dann zwischen den Muskelgruppen nach dem verjüngten Distalende verläuft. Hier theilt sich derselbe in zwei Faserbündel, von denen das kleinere in den mit Schwimmborsten besetzten Hauptast übertritt, das grössere aber nochmals ein Ganglion durchsetzt, in dessen Zellen die specifisch tingirten glänzenden Kugeln des vorderen Antennenganglions wiederkehren. Die Fibrillenzüge treten aus diesem Ganglion in den Nebenast und von da in dessen fünf Cuticularanhänge ein, in deren Achse sie sich bis zum Distalende verfolgen lassen.“ — „Durch diese schon an Osmium-Alkoholpräparaten leicht zu constatirenden Befunde haben meine früheren Angaben über das Verhalten der Nervenfibrillen in den Tastborsten und Spürschlächchen eine volle zuverlässige Bestätigung erhalten.“

zellen etwa wie die Beeren einer Traube den Nervenfibrillen ansitzen, der Nerv fasert sich vielmehr unterhalb der Sinneszellen auf, und gibt an jede Sinneszelle eine Faser ab; am vorderen distalen Theile der Sinneszellengruppen sah ich dann deutlich wie die protoplasmatischen Fortsätze der einzelnen Sinneszellen sich zu einem feinstreifigen Bündel, einem „Terminalstrang“ zusammenlegen, welcher seinerseits in das Haar eintritt und seine streifige Natur bis zur Spitze des Haares deutlich erkennen lässt. Der Inhalt des Sinneshaares besteht demgemäss nicht aus einem Nerven, sondern aus den vereinigten Fortsätzen sensibler Epithelzellen; von einem Achsen-cylinder oder einer Chorda kann hier also gar nicht die Rede sein. Ausser dem Terminalstrang wird das Lumen der Sinneshaare noch von Fortsätzen einiger Hypodermiszellen, den Matrixzellen des Haares ausgefüllt. Jede Gruppe von Sinneszellen ist mit einer bindegewebigen Hülle umkleidet, die aus flachen Zellen mit abgeplatteten Kernen besteht, in gleicher Weise ist der distale Fortsatz (Terminalstrang) und der proximale (nervöse) Fortsatz von solchen flachen Zellen umhüllt; es sind Neurilemmzellen. Wenn nun die Gruppen der Sinneszellen in grösserer Zahl nebeneinander liegen (Fig. 2) und eine Strecke weit von der Hypodermis und den Sinneshaaren entfernt sind, findet man zwischen den Terminalsträngen längliche, dunkel tingirte Kerne, welche langgestreckten Hypodermiszellen angehören. Diese letzteren Zellen haben einige Autoren zu der unrichtigen Auffassung von zwei hintereinanderliegenden Gruppen von Ganglienzellen verführt, in Wirklichkeit findet man aber stets nur eine Gruppe von Sinneszellen und die zwischen dieser Gruppe und dem Sinneshaar gelegenen Zellen sind nichts anderes als gewöhnliche Hypodermiszellen (Stützzellen).

Meine eben in Kürze zusammengestellten älteren Befunde habe ich seither bei Anwendung besserer Methoden stets nur bestätigen können; auch die Arachniden, die ich früher nur beiläufig untersucht hatte, habe ich inzwischen auf ihre Hautsinnesorgane genauer geprüft und gefunden, dass bei allen Spinnenthieren, trotz einer grossen Mannigfaltigkeit im Bau der verschiedenen Sinneshaare, der nervöse Endapparat ebenfalls überall der gleiche ist und mit den von mir für Myriapoden, Insecten und Crustaceen beschriebenen Befunden auf das genaueste übereinstimmt. Ein directer Zusammenhang von sensiblen Epithelzellen (Sinneszellen) mit Nervenfasern konnte somit für sämtliche Arthropoden als sicher gelten.

Begreiflicher Weise war ich daher im höchsten Grade über-

rascht, als RETZIUS<sup>1</sup> durch Anwendung der Methylenblaumethode bei den Sinneshaaren von Palämon zu ganz anderen Resultaten gelangte. Ausser zwei Mittheilungen genannten Autors sind mir andere Angaben, welche sich auf die Hautsinnesorgane der Arthropoden nach Behandlung mit der Chromsilber- oder Methylenblaumethode beziehen, nicht bekannt geworden.

Im Folgenden werde ich auch nur die auf die Hautsinnesorgane und das periphere Nervensystem bezüglichen Stellen von RETZIUS eingehen, und die Befunde dieses verdienstvollen Forschers über das Centralnervensystem der Arthropoden an anderem Orte besprechen. Dass ich auf die Schriften der Autoren, welche über die Hautsinnesorgane der Arthropoden nur mit den bisher üblichen Methoden gearbeitet haben, hier nicht näher eintreten kann, wird mir Niemand verargen, ich habe übrigens den Unterschied meiner Auffassung mit der der anderen Autoren in meinen früheren Aufsätzen genügend betont.

Gehen wir jetzt zur Besprechung der ersten hierhergehörigen Mittheilung von RETZIUS über.

Bei Anwendung der Methylenblaufärbung fand RETZIUS in der Haut von Palämon, bei Thieren kurz nach der Häutung, Nervenfasern, die sich in wahrhaft erstaunenswerther Menge verzweigen. „Im Telson und in den Seitenlappen der Schwanzflosse sieht man vom Schwanzganglien grosse Nervenweige austreten, welche grösstentheils nach den hinteren und den seitlichen Rändern ziehen, um sich in einzelne Bündel oder einzelne Fasern zu verzweigen, an welchen hier und da längliche Kerne zu unterscheiden sind. Wenn diese Nervenfasern sich den Rändern genähert haben, lösen sie sich büschelförmig auf, um mit feinen, perlschnurähnlichen Aestchen das anliegende Gewebe zu durchspinnen, in der Epidermislage sich zu verzweigen und dann nach den zahlreichen Randborsten zu ziehen. Hier bleiben sie aber nicht an der Basis der Borsten, sondern dringen in die Anhänge hinein und durchziehen unter reichlicher Verzweigung die weiche Substanz derselben bis an das Ende dieser Substanz. In dieser Weise ist jeder Anhang von feinen Nervenfasern durchspinnen. Jede Borste der Lappen der Schwanzflosse ist offenbar ein sensibles, Nervenfasern enthaltendes Organ. Und ein gleiches Verhalten findet sich überall am Körper. Die zahlreichen borstenartigen Anhänge enthalten in ihrem Innern feine Nervenfasern und sind offenbar sensible Organe. — Periphere Ganglienzellen sind

<sup>1</sup> G. RETZIUS, Biolog. Untersuchungen, Neue Folge I, Stockholm 1890, IV, 1892.

nicht vorhanden, die im Verlauf der Nervenfasern vorkommenden Kerne gehören den Scheiden dieser Fasern an“.

In die Antennen, sowohl die längeren wie die kürzeren, treten bekanntlich recht grosse Nervenbündel ein. Es verhalten die Nervenfasern sich dort in ganz ähnlicher Weise. Jede Nervenfaser trägt in gewissen Entfernungen ovale Kerne und sendet hier und da feine Seitenzweige ab, welche sich in feine Aestchen auflösen, wonach die Hauptfaser selbst in Büschel feiner Aestchen zerfällt, welche sich an die Epidermis anlegen und in ihr endigen. — Besondere Endorgane sind nicht vorhanden, ebensowenig periphere Ganglienzellen; die Kerne gehören hier, wie sonst bei den sensiblen Nervenfasern, welche nach den Endigungen ziehen, nur den Scheiden an.

Zum Gehörorgan zweigen sich von dem Nervenast der Antennula Fasern ab, welche sich unter der Gehörgrube nach einer kernhaltigen, spindelförmigen Anschwellung in einer chromatophorensreichen Zellschicht in feine Faserbüschel auflösen; ihre Endigung in den Hörborsten konnte ich leider nicht beobachten.“ (RETZIUS, Biologische Untersuchungen, Neue Folge I, Stockholm 1890.)

Die wichtigsten hierhergehörigen Abbildungen befinden sich auf Tafel XIV, Fig. 4 und Fig. 5. Ferner hat RETZIUS auf Tafel XIII, Fig. 12 Endigungen sensorischer Nervenfasern in der Epidermis von *Palämon squilla* am Thorax abgebildet, bei c) sehen wir feinste Verästelungen der Nervenfäserchen zwischen den Zellen der Epidermis. Ich mache des Weiteren noch auf Fig. 13 der Tafel XIII aufmerksam, welche eine gelbe Pigmentzelle darstellt, deren Aeste von perlschnurartigen Nervenfäserchen umspinnen sind. In einer anderen Arbeit hat nun RETZIUS seine Ansicht über die Hautsinnesorgane der Crustaceen einigermaßen modificirt und ich will die betreffende Stelle ebenfalls zur Vermeidung von Missverständnissen wörtlich citiren.

„Bei Insekten und Crustaceen sind schon längst von LEYDIG u. A. gewisse Sinneszellen im oder dicht unter dem Körperepithel beschrieben worden, welche viele Aehnlichkeit mit denjenigen der Polychäten und Mollusken darbieten. Bei den Crustaceen (*Palämon*) sah ich indessen in Präparaten, die mit Methylenblau gefärbt waren, die peripherischen Enden der in der Hautschicht endigenden Nervenfasern reichlich verästelt (Biol. Unt., N. F. I, 1); es ist nun möglich, dass die an diesen Fasern von mir dicht vor ihrer Endverzweigung beobachteten Kerne, welche ich als Scheidenkerne gedeutet habe, in der That die gesuchten sensiblen Nervenzellen sind. Bei den Crustaceen wie bei den Articulaten im Allgemeinen, ist unsere Kennt-

niss vom sensiblen Nervensystem sehr mangelhaft. Hier müssen neue Untersuchungen vorgenommen werden, welche diese grosse Lücke ausfüllen. Gerade bei diesen Thieren ist wohl das Uebergangsstadium zwischen den Verhältnissen bei den Würmern (und Mollusken) einerseits und den Wirbelthieren andererseits zu suchen. Die von mir mit der Chromsilbermethode gemachten Versuche, diese Frage zu ermitteln, scheiterten leider bis jetzt; man muss, um auf diesem Gebiete Erfolge zu gewinnen, die verschiedensten Repräsentanten der fraglichen Thiere zur Verfügung haben.“ (Biol. Unters. von G. RETZIUS, N. F. IV, 1892, S. 52.)

Das eben ausgesprochene Urtheil von RETZIUS über die geringe Kenntniss des sensiblen Nervensystems der Arthropoden, ist nach meiner Ansicht doch ein wenig zu hart. Seit den Arbeiten von LEYDIG sind doch recht wesentliche Fortschritte auf diesem Gebiete gemacht worden, ich brauche hier nur den Namen C. CLAUS, KRAEPELIN u. a. zu nennen. Meine eigenen Arbeiten sind RETZIUS offenbar unbekannt geblieben.

Die erste oben erwähnte Angabe von RETZIUS über die Hautsinnesorgane von Palämon musste mich umso mehr befremden, als bei diesem Thier unterhalb der Sinneshaare keine Sinneszellen liegen und die Nervenfasern sich in einiger Entfernung von dem Sinneshaare verästeln sollen; ja es sollen in den Sinneshaaren selbst die feinen Verästelungen noch zu erkennen sein. Diese Angaben widersprechen nicht nur direkt meinen sämtlichen (vorhin in Kürze zusammengefassten) Befunden, sondern auch meinen Beobachtungen, welche ich bei Palämon selbst gelegentlich eines Aufenthaltes an der zoologischen Station in Neapel (1888) hatte feststellen können. Nach meinen Präparaten, die mit Osmiumgemischen behandelt waren, unterliegt es keinem Zweifel, dass unter jedem Sinneshaar eine Gruppe von Sinneszellen sich befindet (genau so wie ich es in Fig. 2 von der Antenne von *Squilla mantis* abgebildet habe), und dass jede dieser Sinneszellen einen distalen Fortsatz in das Haar entsendet und einen proximalen Fortsatz dem Centralorgan zuschiekt. Wenn ich nun auch trotz der Angaben von RETZIUS keinen Augenblick an der Richtigkeit meiner oben erwähnten Beobachtungen zweifelte, so schien mir die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass ausser den Nervenfasern, die direkt mit terminalen Sinneszellen in Verbindung stehen, noch frei und womöglich verästelt auslaufende Fasern vorhanden sein könnten, die nur bei den beiden neuen Methoden (Chromsilber- und Methylenbauverfahren zur Anschauung kommen. Als nun RETZIUS in seiner zweiten Mittheilung die Vermuthung aussprach,

dass die früher von ihm als Scheidenkere der Nerven gedenteten Kerne, die Kerne der gesuchten Sinneszellen sein könnten, traf genannter Autor vollkommen das rechte.

Hätte RETZIUS sein Objekt mit einer der früher üblichen und bewährten Methoden der Kontrolle halber nachuntersucht, hätte er keinen Augenblick über die Deutung seiner mit der Methylenblaufärbung eruirten Resultate im Unklaren sein können. Dieses eine Beispiel beweist zur Genüge, dass es beim Studium der Hautsinnesorgane aller Metazoen unbedingt nothwendig ist, bewährte andere Methoden neben der Methylenblaufärbung und dem Chromsilberverfahren in Anwendung zu bringen, zumal bei diesen beiden launischen Methoden meist nur eine Zelle aus jeder Sinneszellengruppe gefärbt, bezw. imprägnirt wird und der Kern nur in seltenen Fällen als ein heller Fleck zu erkennen ist. Mit gutem Gewissen darf ich für Kontrolluntersuchen zwei von mir vorgeschlagene und bewährte Methoden in Erinnerung bringen. Bei sehr zarten Objecten empfehle ich eine Mischung von Pikrinessigosmiumsäure, bei anderen eine Mischung von Pikrinessig- und Platinchloridosmiumsäure mit Nachbehandlung mit möglichst unreinem Holzessig<sup>1</sup>. Bei vielen anderen

<sup>1</sup> Die Herstellungsweise der Pikrinessigosmiumsäure habe ich in Zool. Anzeiger 1891 beschrieben. Man gibt auf 1000ccm gesättigter und filtrirter wässriger Pikrinsäure 4ccm Eisessig und 1gr cryst. Osmiumsäure zu. Die Objecte bleiben in dieser Mischung je nach ihrer Grösse und bei Arthropoden je nach der Dicke des Chitins einige Stunden bis zu mehreren Tagen. In vielen Fällen empfiehlt es sich, wenn man ganze Arthropoden z. B. Daphniden, Corethralarven etc. eingelegt hat, die Objecte, nachdem sie eine gewisse Festigkeit erlangt haben, mit einer feinen Insektennadel anzustechen und dann die Thiere in frische Flüssigkeit zu bringen. Ich habe ein Auswaschen mit Wasser in letzter Zeit gänzlich vermieden und die Objecte gleich in 70% Alkohol und später für längere Zeit in 95% Alkohol gebracht. Zur Färbung habe ich die bekannten Kernfärbungsmittel Pikrokarmiu, Alaunkarmiu und Alauncochenille verwendet, am besten im warmen Paraffinofen. Zum Färben auf dem Objektträger nahm ich stets Hämatoxylin. Besonders schöne Präparate des Nervensystems und der Sinnesorgane gelangen mir bei Branchipus, Apus, Daphnia, Moina, Sida, ferner bei Cyclops, Diaptomus, Heterocope und ebenso bei vielen Insekten und Myriapoden.

Eine zweite für das centrale und periphere Nervensystem sowie für sämtliche Sinnesorgane besonders günstige Methode habe ich in der Zeitschr. f. wiss. Zool., LVII. Bd., Heft 1, 1893 bekannt gegeben. Die Methode war ursprünglich für das Studium der Genitalzellen sowie der Kerntheilungsvorgänge und das Verhalten der Attractionssphären und Centrosomen bestimmt, doch hat mir das gleiche Verfahren so prachtvolle Bilder des gesammten Nervensystems geliefert, dass ich diese Methode bereits l. c. für das Studium des Nervensystems und der Sinnesorgane empfehlen konnte. Ich gebe zu etwa 600 ccm einer gesättigten

Methoden sieht man allerdings auch mit grosser Deutlichkeit die Gruppe der Sinneszellen unterhalb der Sinneshaare, man erkennt aber meistens nur die Kerne der Sinneszellen und vermisst die Zellcontouren, sowie die Abgangsstellen der distalen und proximalen Fortsätze. Meine früheren Resultate verdanke ich hauptsächlich dem Umstande, dass ich von vielen Objekten, welche ich untersuchte, auch Exemplare während und direkt nach der Häutung mir zu verschaffen suchte;

wässrigen und filtrirten Pikrinsäurelösung, 3ccm Eisessig ferner 5gr Platinchlorid (in etwa 5ccm Wasser gelöst) und 2gr cryst. Osmiumsäure. Für das Studium der Hautsinnesorgane der Arthropoden (und für das der übrigen Metazoen noch viel mehr) empfiehlt es sich von dieser Flüssigkeit, welche leicht die Nervenfasern zu schwarz färbt, eine bestimmte Menge in ein Schälchen zu giessen und etwa die gleiche Menge von wässriger Pikrinsäure zuzusetzen, oder man lässt bei der starken Lösung die Objekte nur für kurze Zeit, die ausprobirt werden muss, in der Mischung. Ich habe übrigens auch recht gute Resultate erzielt, wenn ich der Mischung nur 1gr Osmiumsäure zusetzte. Die schwache Lösung ist aber für das Studium der Centrosomen und Attractionssphären, zumal bei ruhenden Kernen weniger gut und muss längere Zeit einwirken. Bei den Sinnesorganen und dem Nervensystem spülte ich dann die aus der Mischung herausgenommenen Stücke mit Methylalkohol ab und brachte sie dann für längere Zeit in möglichst unreinen Holzessig. Bei grösseren Stücken und hartem Chitin liess ich den Holzessig mindestens 24 Stunden einwirken. Aus dem Holzessig brachte ich die Objekte wieder in Methylalkohol oder 70% Alkohol und dann in 95% Alkohol. Eine Färbung ist meist völlig überflüssig und tritt der Zusammenhang jeder Sinneszelle mit einer Nervenfaser in überraschend deutlicher Weise zu Tage, ebenso ist der Verlauf der distalen Fortsätze bis zur Spitze des Sinneshaares mit grosser Schärfe zu erkennen. Will man färben, so kann man die Objekte mit gewöhnlichen Kernfärbungsmitteln in toto im Paraffinofen oder aber die Schnitte auf dem Objektträger mit Hämatoxylin färben. Es ist rathsam, die ungefärbten wie die in toto gefärbten Präparate nicht eher aus dem Alkohol in Chloroform oder Xylol zu bringen, bis der Alkohol vollkommen klar bleibt, am ersten Tage wird meistens von dem Holzessig noch viel Farbe an den Alkohol abgegeben. Wer sich von der Leistungsfähigkeit dieser Methode schnell überzeugen will, dem empfehle ich die Spinalganglien des Frosches oder die Ganglien des Bauchmarkes von *Astacus* zu untersuchen. Dass beide Methoden keineswegs die Methylenblaufärbung oder das Chromsilberverfahren ersetzen können, braucht weiter nicht betont zu werden, für Kontrollpräparate sind sie aber besonders geeignet. Welche Vorzüge die beiden Mischungen bei anderen Geweben bieten, will ich hier nicht weiter diskutieren.

Beiläufig erinnere ich hier daran, dass meine zweite Mischung eine Kombination meiner Pikrinessig-Osmiumlösung mit der HERMANN'schen Flüssigkeit ist. Man kann auch die HERMANN'sche Flüssigkeit für das Studium des Nervensystems und der Sinnesorgane verwenden, doch schien mir die kombinierte Flüssigkeit bessere Resultate zu liefern, da vermuthlich durch die Pikrinsäure die leicht vorkommenden Schrumpfungen vermieden werden.

bei solchen Thieren sind auch bei ganz gewöhnlichen Methoden die Zellgrenzen, sowie die distalen und proximalen Fortsätze, kurz die direkte Verbindung (Continuität) jeder Sinneszelle mit einer Nervenfasern mit genügender Deutlichkeit zu erkennen. Ich empfehle für derartige Untersuchungen in erster Linie unseren Flusskrebs.

Im Folgenden will ich jetzt meine eigenen mit der Methylenblau- und Chromsilbermethode eruirten Befunde besprechen.

Da RETZIUS seine Untersuchungen über die Hautsinnesorgane der Arthropoden mit der Methylenblaufärbung vorgenommen hatte und zwar bei Crustaceen (Palämon), so begann auch ich mit der Methylenblaumethode und ebenfalls bei Crustaceen. Leider hatte ich zur Zeit kein marines Material zur Verfügung und musste ich mich einstweilen mit den Crustaceen des süßen Wassers und des Landes begnügen.

Schon früher hatte ich (Zool. Anzeiger No. 365 u. 366, 1891) die Methylenblaufärbung bei kleineren Crustaceen zu einem anderen Zwecke versucht, indem ich die lebenden Thiere, z. B. *Asellus*, *Gammarus* u. a. für mehrere Tage in eine schwache Kochsalzlösung und Methylenblau brachte, um zu konstatieren, ob die Membranen, welche die Riechschläuche (Geschmacksorgane?) auf den Antennen verschliessen, für Flüssigkeiten durchlässig sind. Ich beschrieb damals, dass thatsächlich die Farbe langsam von der Spitze der Schläuche her eindrang und stückweise die Antennen blaugefärbt wurden. In letzter Zeit wiederholte ich diese Versuche, ohne aber besondere neue Resultate zu erzielen. Mit mehr Glück hatte ich im Frühjahr vorigen Jahres die Methylenblaumethode durch injiciren bei *Astacus fluviatilis* in Anwendung gebracht. Mit einer feinen Spritze injicirte ich die lebenden Thiere, theils in der Kopfgegend, theils in der Umgebung der Mundwerkzeuge, ferner am Postabdomen, dicht zwischen den Abdominalbeinen und am Telson. Die besten Resultate hatte ich, wenn ich jedes der Versuchsthiere in verschiedenen Intervallen und an verschiedenen Stellen des Körpers am Nachmittag und Abend injicirte, die Thiere wieder ins Aquarium brachte und dann am folgenden Tage untersuchte. Nach einiger Uebung fand ich häufig einige gut gefärbte Stellen, bei welchen die Nervenfasern der Sinneshaare in prachtvollster Blaufärbung zu erkennen waren, zumal konnte ich den gesammten Verlauf der Nerven in den Abdominalbeinen und den Telsonplatten auf das Deutlichste verfolgen. Aus jeder Gruppe von Sinneszellen hatte sich meist nur eine Sinneszelle gefärbt, ich konstatirte aber auch mehrfach zwei, drei oder vier gefärbte Sinnes-

zellen dicht neben einander; von einer Verzweigung des distalen Fortsatzes war bei keinem meiner in grosser Zahl hergestellten Präparaten eine Spur zu erkennen, vielmehr traten mit grosser Deutlichkeit die gefärbten distalen Fortsätze gänzlich unverzweigt in die Sinneshaare ein. Die proximalen Fortsätze waren häufig für eine gute Strecke nach dem Centralorgan hin zu verfolgen, doch konnte ich ihre Endigungsweise im Centralorgan nie mit genügender Sicherheit feststellen.

Ich wandte mich nach diesen Resultaten umso lieber der Chromsilbermethode zu, als sie die Herstellung von haltbareren Präparaten zulässt. Nach einer grossen Zahl von Misserfolgen glückten mir einige Versuche über Erwarten gut. Ich verfuhr stets nach dem raschen GOLGI'schen Verfahren, wie es von RAMON Y CAJAL angewendet wurde (cf. S. 152). Die Technik des GOLGI'schen Verfahrens ist in letzter Zeit so häufig geschildert worden, dass ich von einer Beschreibung derselben absehen kann; ich möchte aber hier auf eine recht gute Darstellung dieser Technik sowie auf die hierhergehörige Literatur<sup>1</sup> verweisen, die von M. VON LENHOSSEK in den Fortschritten der Medicin, Bd. X 1892, gegeben wurde.

Mir gelang es bei manchen undurchsichtigen Objekten, die Paraffineinbettung mit Erfolg in Anwendung zu bringen, doch dürfen die Objekte nur kurze Zeit in absoluten Alkohol gebracht werden. Die früheren Autoren haben ihre Objekte in Celloidin eingebettet oder in Hollundermark eingeklemmt und dann geschnitten; dass beide Methoden für die hartschaligen Arthropoden gänzlich unbrauchbar sind, wird einem Jeden klar sein, welcher überhaupt Arthropoden geschnitten hat, um beispielsweise die Antennen, Mundwerkzeuge und Beinpaare auf Sinnesorgane zu untersuchen. Ich verwende für Arthropoden stets das härteste Paraffin. Begreiflicher Weise habe ich nebenher mit Vorliebe solche Objekte ausgewählt, die einigermaßen durchsichtig sind und so gelang es mir auch wenigstens einige vollkommen befriedigende Resultate zu gewinnen; in unserem blinden völlig durchsichtigen Gammarus, dem *Niphargus puteanus*, fand ich sogar ein Objekt, welches meine Hoffnungen bei weitem übertraf. Wenn nun auch bei meinen Untersuchungen bald bei einem Krebse, bald bei einem Insekt oder Tausendfüssler eine glückliche Imprägnirung zu verzeichnen war, will ich bei meiner Beschreibung systematisch vorgehen und zunächst bei den Crustaceen bleiben und wieder mit dem Flusskrebs beginnen.

<sup>1</sup> In derselben Arbeit ist auch die gesammte Vertebraten-Literatur angegeben, auf welche ich hier nicht weiter eingehen kann.

Seit Jahren habe ich *Astacus fluvialis* zu verschiedenen Zwecken stets zur Verfügung gehabt und zwar in allen Entwicklungsphasen, von den Embryonalstadien an bis zum geschlechtsreifen Thier. Mit der GOLGI'schen Methode habe ich vielleicht 200 Exemplare untersucht und erst in diesem Jahre bald in der Antennula, bald in den Maxillen und Hilfskiefern, zumal aber den palpenförmigen Anhängen der Hilfskiefer, bald auch in den Abdominalbeinen und den Telsonplatten gut imprägnirte Nervenfasern angetroffen. Während nun bei den Embryonen und Larven von Vertebraten (ich selbst untersuchte mehrfach Lachsembryonen und die Larven von Tritonen und von *Salamandra mac.*) beinahe stets einige glückliche Resultate zu verzeichnen sind, ist dies bei den Larven der Arthropoden absolut nicht der Fall; bei *Astacus* habe ich, bei jungen Exemplaren, die eben aus der Eihülle ausgeschlüpft waren, nur in einigen Fällen Imprägnirungen gesehen und zwar stets am Telson und der Schuppe der zweiten Antenne.

In den ersten Zeiten habe ich *Astacus* hauptsächlich mit der Schnittmethode nach Paraffineinbettung untersucht und so ist es wohl möglich, dass die grosse Zahl meiner Misserfolge in einem zu langen Verweilen in Alkohol, Xylol und Paraffin ihren Grund haben mögen. Als ich aber mehrfach gut imprägnirte Fasern bei durchsichtigen Stücken, z. B. in den Palpen der Hilfskiefer, den Spitzen der Abdominalbeine und im Telson erblickte, habe ich weiterhin nur solche Thiere, die gute Resultate versprechen konnten, geschnitten. Ich war übrigens nicht wenig überrascht, als ich bei ganz alten Exemplaren mit dickem Chitin ganz prachtvolle Imprägnirungen in der Antennula gewahrte; durch das dicke Chitin schimmerten die schwarzen Fasern mit überraschender Klarheit hindurch und unter den Riechschlächten sah ich sehr häufig den gesammten Verlauf des nervösen Endapparates. Ich konstatirte mit absoluter Sicherheit, dass von den Sinneszellen die distalen Fortsätze in keinem Falle verzweigt waren, vielmehr gingen diese Fortsätze ziemlich gerade bis zur Kegelspitze. Die schönsten Bilder erhielt ich übrigens bei den durchsichtigen Palpen der Hilfskiefer und den Sinneshaaren des Telson. Von gut imprägnirten Antennen sind mir viele im Canadabalsam völlig undurchsichtig geworden, während Präparate anderer Objekte sich vom Frühjahr vorigen Jahres bis jetzt ganz vorzüglich gehalten haben. Ich war fernerhin nicht wenig überrascht, als ich bei Schnitten durch die überaus harten Taster der Mandibeln in einigen Fällen ganz wunderbare Imprägnirungen sah, so dass einzelne

Nervenfasern durch die ganzen Taster hindurch deutlich zu verfolgen waren (Fig. 4). Ich möchte übrigens gleich hier bemerken, dass ich in meinen auf *Astacus* bezüglichen Abbildungen (Fig. 4 und 5) des besseren Verständnisses und der Einfachheit halber combinirte Bilder gegeben habe, bei welchen ich zuerst einen gut gelungenen, nach einer der gewöhnlichen Methode hergestellten Schnitt mit dem Zeichenapparat mit grösster Sorgfalt wiedergab und dann einige gut imprägnirte Fasern anderer Präparate, oft ganzer Serien, einzeichnete. Dies Verfahren ist unsomewhat berechtigt, als in den meisten Fällen, wo überhaupt einzelne Fasern imprägnirt waren, nebenan die Gruppen der Sinneszellen oder doch sicher die Contouren der die Gruppen umhüllenden Scheiden sehr deutlich zu erkennen waren. Das gleiche Verfahren habe ich auch in Fig. 11 befolgt. Auch in den zahlreichen Fällen, in welchen überhaupt keine Imprägnirungen gelungen waren, konnte ich den gesammten histologischen Bau der Sinneszellengruppen, der Hypodermiszellen etc. mit völlig befriedigender Sicherheit, vermuthlich durch die Einwirkung der Osmiumsäure, wahrnehmen. In einer zweiten Mittheilung werde ich noch eine Reihe von hinhingehöri gen Abbildungen von *Astacus* geben.

Im Grossen und Ganzen waren die Resultate, welche ich mittelst der Methylenblaufärbung und dem Chromsilberverfahren erzielte, völlig übereinstimmend. Auch die bekannten kleinen Anschwellungen, die im Verlauf der distalen wie proximalen Nervenfortsätze bei beiden Methoden auftreten, erschienen sehr ähnlich, zumal aber waren die Endverzweigungen an der Muskulatur so gleichmässig bei beiden Methoden, dass ich Kunstprodukte, z. B. die störenden Chromsilberniederschläge, mit Leichtigkeit als solche erkennen und bei der Beurtheilung der Imprägnirungen ausser Acht lassen konnte.

Auf den feineren Bau des Centralnervensystems von *Astacus* will ich hier nicht eingehen, da bereits RETZIUS l. c. eine sehr sorgfältige Beschreibung dieser überaus complicirten Verhältnisse gegeben hat.

Was nun die Verästelungen der distalen Fortsätze der Sinneszellen angeht, welche RETZIUS für *Palämon* beschrieben und abgebildet hat, so darf ich mir hierüber kein Urtheil erlauben, da ich *Palämon* nur mit den früher üblichen Methoden untersucht habe. Ich habe selbst bis jetzt solche Endverzweigungen unter oder in den Sinneshaaren weder bei Crustaceen noch bei anderen Arthropoden auf finden können. Wenn aber solche Verzweigungen thatsächlich bei einigen Arthropoden vorkommen, so sind es einfach Verzweigungen des distalen Plasmafortsatzes. Der proximale Fortsatz ist als der

eigentlich nervöse Theil zu betrachten. Wir hätten dann ganz ähnliche Verhältnisse, wie bei den Cerebrospinalganglien der Vertebraten, bei welchen die Sinneszellen mehr und mehr von der Peripherie in das Innere gerückt sind und die distalen Fortsätze sich stark unterhalb und innerhalb der Epidermis verzweigen. Von anderen Crustaceen habe ich besonders gute Resultate, wie oben bereits erwähnt wurde, bei *Niphargus puteanus*, erzielt, den ich in etwa 80 Exemplaren mit verschiedenen Methoden untersuchen konnte<sup>1</sup>.

Von meinem *Niphargus*-Material, welches ich vielfach mit kleinen Abweichungen der GOLGI'schen Methode bearbeitete, hat trotz vieler guten Resultate keine Modification mehr geleistet, als das von RAMON Y CAJAL empfohlene Verfahren. Ich brachte die in der Grösse sehr verschiedenen Thiere in eine Mischung von 1 % Osmiumsäure und 3,5 % Kalibichr. und zwar wurde von der ersten Lösung 1 Theil, von der zweiten 4 Theile genommen. Durchgängig habe ich die besten Erfolge gehabt, wenn ich am zweiten Tage die gehärteten Thiere in mehrere Stücke zerschnitt und in eine neue Mischung brachte und dann am dritten Tage diese Stücke für 48 Stunden in die Silberlösung (Argent. Nitr. 1,5) einlegte. Der Silberlösung wurde auf 200 Gramm 1 Tropfen Ameisensäure zugesetzt, wodurch die störenden Niederschläge von Chromsilber wesentlich vermindert wurden. Die Schnittmethode habe ich eigentlich nur zum Studium des Centralnervensystems in Anwendung gebracht und zumal vom Bauchmark gute Bilder erhalten, im Uebrigen habe ich die gut imprägnirten Antennen, Mundwerkzeuge und die Beine nach kurzem Verweilen in absolutem Alkohol und Nelkenöl in Canada-balsam in toto eingeschlossen, ohne aber ein Deckglas aufzulegen. Sämmtliche Abbildungen, die ich von *Niphargus* in diesem Aufsätze gegeben habe (Fig. 9—12) sind nach solchen Präparaten angefertigt; in einer zweiten Arbeit werde ich noch eine ganze Reihe von Abbildungen gut imprägnirter Theile desselben Thieres geben, die ich zur Sicherheit gleich nach ihrer Anfertigung gezeichnet habe. Auch bei den gewöhnlichen Gammariden (*Gammarus pulex* und *Gam-*

<sup>1</sup> Die Thiere stammen aus Brunnen des Freiburger Schlossberges und des Rosskopfes. Bei der Beschaffung dieses reichhaltigen und kostbaren Materials, war mir Prof. Dr. A. GRUBER behülflich, indem ich nur durch seine gütige Vermittlung in den Stand gesetzt wurde, die verschlossenen Brunnenstuben untersuchen zu können. Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. GRUBER an dieser Stelle meinen besten Dank für seine liebenswürdige Beihülfe auszusprechen.

*marus fluriatilis*) habe ich hin und wieder brauchbare Präparate hergestellt, doch waren dieselben in keiner Beziehung mit den ganz wunderbar imprägnirten Präparaten des völlig durchsichtigen, zarten Niphargus zu vergleichen, die an Klarheit alles übertrafen, was ich selbst und einige meiner skeptisch angelegten Bekannten von gut gelungenen Präparaten, die durch die GOLGI'sche Methode hergestellt waren, jemals gesehen haben. Ich muss aber gleich hier betonen, dass keineswegs der grössere Theil meiner Präparate gelang, vielmehr waren die Erfolge sehr ungleich und auf einzelne Körpertheile der verschiedenen Thiere vertheilt. Bei einem Exemplar waren beispielsweise nur die Antennen und vielleicht ein Beinpaar gut imprägnirt, bei einem anderen nur die Mundwerkzeuge, bei einem dritten die Extremitäten des Abdomens u. s. w.; es gelang mir aber glücklicherweise, gute Präparate von allen Theilen des Körpers herzustellen. Was nun die Endigungsweise der Nervenfasern der typischen Hautsinnesorgane des Niphargus anbetrifft, so habe ich den bei *Astacus* festgestellten Befunden kaum etwas neues hinzuzufügen; die grossen Riechschläuche (Fig. 11 k) zeigten in einigen Fällen eine grössere Zahl der imprägnirten distalen Fortsätze der Sinneszellen, die hin und wieder, im Gegensatz zu allen anderen Befunden, sowohl solcher anderer Autoren als meiner eigenen, sämmtlich imprägnirt waren; ebenso waren vielfach bei demselben Thier alle Nervenfasern sämmtlicher typischen Sinneshaare bis zur Spitze wunderbar imprägnirt, ohne aber auch nur in einem einzigen Falle eine Verzweigung erkennen zu lassen. Es lag nun nahe bei diesem überaus günstigen Objekte nachzuforschen, ob nicht ausser diesen mit Sinneszellen in direkter Verbindung (Continuität) stehenden Nervenfasern vielleicht noch frei oder gar verästelt in der Hypodermis auslaufende Nervenfasern zur Beobachtung kommen.

Ich habe eine Reihe von Befunden konstatirt, welche für die Beurtheilung letzterer Frage von grosser Wichtigkeit sind. Ich sah auf allen gut imprägnirten Antennen, Mundwerkzeugen und sämmtlichen Extremitäten, überhaupt überall da, wo Haare stehen, dass ausser den typischen Sinneshaaren auch sämmtliche übrigen Haare, die man früher theils als Drüsenhaare, theils als gewöhnliche Haare bezeichnet hat, ohne Ausnahme innervirt waren. In der Mehrzahl der Fälle waren, wenn überhaupt eine Imprägnirung einer Extremität gelungen war, sämmtliche zu den Haaren führenden Nervenfasern durch das Chromsilber tief schwarz gefärbt, und ich konnte diese Fasern dann immer bis in die äusserste Spitze jedes

Haares deutlich verfolgen. In selteneren Fällen waren nur wenige Fasern imprägnirt, in einem Fall (Fig. 10) sogar nur eine einzige. Die Präparate, auf welchen nur wenige Fasern gut imprägnirt waren, sind nun aber besonders instructiv, da man den gesammten Verlauf der Fasern von der Peripherie bis kurz vor das Centralorgan deutlich durch alle Glieder der betreffenden Extremität verfolgen kann. Während nun bei den typischen Sinneshaaren Fig. 11 aus jeder der nicht allzuweit unterhalb des Sinneshaares liegenden Gruppe von Sinneszellen immer eine oder deren mehrere schön imprägnirt waren, konnte ich bei den anderen Haaren mit gut imprägnirten Fasern, die ich auf weite Strecken rückwärts verfolgte, niemals auch nur eine Spur einer imprägnirten Zelle sehen. Bei Anwendung anderer Methoden und auch der von mir auf Seite 146 und 147 empfohlenen, sieht man die Sinneszellen unterhalb der typischen Sinneshaare sehr deutlich und erkennt sofort, dass von jeder bipolaren Zelle ein distaler und ein proximaler Fortsatz ausgeht; bei den anderen (gewöhnlichen) Haaren sieht man aber weder eine Gruppe noch eine besondere Zelle unterhalb des Haargebildes liegen, und ebensowenig eine Nervenfaser zum Haare gehen. Wenn nun thatsächlich zu den innervirten gewöhnlichen Haaren eine Sinneszelle gehört, so liegt sie auf jeden Fall von dem Haar selbst sehr weit entfernt und in unmittelbarer Nähe des Centralorganes oder aber im Centralorgan selbst, was mir auf Grund meiner Schnittpräparate das wahrscheinlichste zu sein scheint. Wir würden dann bei *Niphargus* zweierlei Arten von Nervenendigungen haben, von denen die einen von der Peripherie dem Centralorgan zustreben, um in demselben mit einer feinen Verzweigung, und ohne direkte Continuität mit einer Ganglienzelle frei auszulaufen, und ferner Nervenendigungen, die von Ganglienzellen des Centralorgans nach der Peripherie gehen und ohne eine Verzweigung zu bilden und ohne mit einer anderen Zelle in Continuität zu stehen, direct in das Haar eintreten und bis zur äussersten Spitze zu verfolgen sind. Dass weder unter den typischen Sinneshaaren noch den anderen innervirten Haaren vom *Niphargus* eine dendritische Verzweigung vorkommt, muss ich als ganz sicher ansehen, da ich über eine grosse Zahl vorzüglicher Präparate mit gut imprägnirten Fasern verfüge, die übrigens die schönsten und zierlichsten Verzweigungen der Nervenenden an der Muskulatur sowie an einzelnen Drüsen- und Pigmentzellen, zumal aber an der Muskulatur erkennen lassen<sup>1</sup>. Es ist aber keineswegs immer so leicht, sofort

<sup>1</sup> Ich bin selbstverständlich weit davon entfernt, auf Grund meiner Befunde

festzustellen, ob man ein typisches Sinneshaar mit terminaler Sinneszelle vor sich hat, oder eine imprägnirte Faser mit im Centralorgan (?) gelegener Zelle, da bekanntlich im gesammten Verlauf der Nervenfasern und auch des distalen Fortsatzes der Sinneszelle vielfach verschiedene dicke, knötchenförmige Anschwellungen genau wie bei der Methylenblaufärbung gesehen werden und eine Sinneszelle vortäuschen können; dergleichen Verwechslungen sind besonders da möglich, wo die Sinneszellen wie bei *Niphargus* relativ klein sind. Auf Kontrollpräparaten, die mit guten anderen Methoden hergestellt wurden, wird aber der wahre Sachverhalt meist leicht entschieden.

Beiläufig will ich hier noch erwähnen, dass ich auch über Präparate von Extremitäten von *Niphargus* verfüge, die ich einstweilen noch nicht mit genügender Sicherheit interpretiren kann. Ich habe beispielsweise ein vorzüglich imprägnirtes Bein von *Niphargus*, bei welchem alle Haare innervirt sind, ohne aber den Verlauf der einzelnen Fasern auf grössere Strecken erkennen zu lassen, da die ganze Extremität von einem dicken tief schwarzen Strang von scheinbar nervöser Natur durchzogen ist; ich glaube aber, dass hier auch die Blutgefässe imprägnirt sind; ferner war die gesammte Muskulatur in auffallender Weise imprägnirt, ebenso waren typische Endverzweigungen von Nervenfasern zu erkennen, die sicherlich nicht bis zur Hypodermis gingen und vermuthlich nicht imprägnirte Drüsen- oder Pigmentzellen innervirten. Ich sah aber auch einzelne unverzweigte Fasern durch die Hypodermis hindurch das Chitin durchsetzen, an Stellen wo normaler Weise gar kein Haargebilde steht.

Ich behalte mir vor, auf derartige noch nicht völlig aufgeklärte Vorkommnisse an der Hand von Abbildungen, die bei starker Vergrösserung gezeichnet wurden, baldigst zurückzukommen. Dass ich ausser diesen Präparaten, die in toto eingelegt wurden, auch eine grössere Zahl von Schnittserien, zumal zum Studium des Centralnervensystems, angefertigt habe, wurde bereits oben betout. Leider sind die Ganglienzellen der Centralorgane, sowie die Sinneszellen dieses Thieres überaus klein. Ich sah immerhin in den Ganglien des Bauchmarks von der Peripherie herkommende und frei mit Verzweigungen auslaufende Nerven und ebenso von Ganglienzellen des Centralorgans nach der Peripherie aufsteigende Fortsätze. Ein genaues Verfolgen einer und derselben Faser von der Peripherie bis zum Centralorgan oder auch vom Centralorgan nach der Peripherie, ist bei *Niphargus* auch mit der Schnittmethode kaum möglich. Es

bei *Niphargus*, ein Vorkommen von verästelten frei in der Hypodermis auslaufenden Nervenfasern direct in Abrede stellen zu wollen.

ist daher auch nicht mit Sicherheit zu entscheiden, welche Fortsätze der Ganglienzellen zur Muskulatur gehen und solche welche Drüsenzellen und Pigmentzellen mit feinen Endverzweigungen innerviren, ebenso wenig kann ich zur Zeit sagen, welche Ganglienzellen ihre Fortsätze etwa in die Haargebilde frei aber unverzweigt auslaufen lassen.

Wenn nun auch meine Befunde bei *Niphargus* keineswegs beweisen, dass auch bei allen anderen Arthropoden sämtliche Haare innervirt sind, so ist mir dies doch im höchsten Grade wahrscheinlich; ich glaube ferner, dass auch in den Fällen, in welchen Drüsenzellen direkt unter Haargebilden liegen, eine gleiche unverzweigte Innervierung der Zellen stattfindet wie bei typischen Sinneshaaren, während Drüsenzellen, die im Inneren der Antenne oder des Körpers in einer grösseren Entfernung von der Hypodermis liegen und peripher ohne Haargebilde mit einem mehr oder weniger langem chitinisirten Ausführungsgang münden, in vielen Fällen, vielleicht sogar in allen, von dendritischen Nervenenden umspinnen werden können.

Meine Resultate bei Insecten und Myriapoden sind bis jetzt nicht besonders glücklich ausgefallen; sie sind aber immerhin von Bedeutung, da über die Hautsinnesorgane der Insekten Myriapoden und Arachniden, soviel ich weiss, überhaupt noch keine erfolgreichen Versuche mit der Methylenblaufärbung oder der Chromsilbermethode angestellt wurden. Bei Spinnenthieren habe ich trotz vieler Mühe mit den beiden in Rede stehenden Methoden auch nicht ein einziges glückliches Präparat herstellen können. Ich muss mich daher hier auf die Beschreibung meiner Befunde bei Insekten und Myriapoden beschränken.

Bei Insektenlarven, die ich in grosser Zahl mit der Chromsilbermethode untersucht habe, konnte ich leider nur wenige befriedigende Präparate anfertigen und doch schienen einzelne Larven, wie die durchsichtige Corethralarve, besonders für solche Zwecke geeignet zu sein. Misserfolge hatte ich auch bei den Larven und Puppen von *Tenebrio molitor*, sowie denen vieler Hymenopteren (*Vespa*, *Apis* und *Formica*), die ich in grösserer Zahl stets mit neuer Hoffnung vergeblich untersuchte. Gute Imprägnirungen gelangen mir dagegen bei den Antennen und Palpen ausgewachsener Thiere. Die Antennen von *Vespa*, *Ichneumon*, *Antophora*, *Eucera* und *Formica* haben hin und wieder ganz vorzügliche Präparate trotz Paraffineinbettung geliefert, so dass ich sowohl gut imprägnirte Fasern bis in die Spitze der Kegel (Fig. 7) wie bis zu der die Membranenkanäle verschliessenden Membran (Fig. 6) in schönster Uebereinstimmung deutlich erkennen konnte; von einer terminalen End-

verzweigung konnte in keinem Falle auch nur eine Andeutung gesehen werden. Ich habe in Fig. 7 eine zu einem Kegel von *Vespa crabro* und in Fig. 6 eine zu einem Membrankanal von *Ichneumon* gehörende imprägnirte Faser abgebildet. In Fig. 6 habe ich wieder einen combinirten Schnitt gegeben, indem ich zuerst einen Membrankanal, wie er bei gewöhnlichen Methoden zur Anschauung kommt, zeichnete und dann nach einem Chromsilberpräparate eine gut imprägnirte Faser eingetragen habe. Gute Bilder erhielt ich auch von den Antennen und Palpen von *Gryllus domesticus* und *Locusta viridissima*, während ich trotz vieler Versuche bei *Periplaneta*, welche wegen ihrer grossen Ganglienzellen besonders für das Studium des Centralnervensystems geeignet ist, gar keine Imprägnirung zu Stande brachte. Dagegen kann ich *Machilis* als ein besonders günstiges Object empfehlen, während die zartere *Campodea* mir kein Resultat lieferte. Beiläufig möchte ich hier erwähnen, dass ich in vielen Fällen bei Insekten, zumal aber in den Palpen von *Gryllus domesticus* sah, dass das Chitin in der Querrichtung durch ganz feine Kanälchen durchsetzt war, ohne aber dass letzteren irgend welche Haargebilde aufsitzen. Bei *Gryllus* waren in diesen Kanälchen häufig sehr feine, tief schwarz gefärbte unverzweigte Fasern zu sehen, welche sich in der Hypodermis verloren. Wahrscheinlich sind es die distalen Fortsätze von imprägnirten Hypodermiszellen; ich konnte einen proximalen Fortsatz niemals erkennen. Zu meinem grössten Bedauern habe ich dann weder bei den Schuppen von *Machilis* noch bei solchen von Schmetterlingen feststellen können, ob auch irgend welche Schuppen innervirt werden, desgleichen waren meine Untersuchungen mit der Chromsilbermethode bei den Flügeln von Dipteren, Neuropteren, Hymenopteren und Hemipteren resultatlos.

Meine über die Hautsinnesorgane der Myriapoden mit der GOLGI'schen Methode erzielten Resultate sind gleichfalls noch gering. Bei *Polydennus lagurus* und *Scolopendrella immaculata* wurden meine Hoffnungen völlig getäuscht<sup>1</sup>; ich konstatirte aber der Reihe nach, dass

<sup>1</sup> Ich habe absichtlich eine ganze Reihe von Arthropoden namhaft gemacht, bei denen ich bei Anwendung der Chromsilbermethode stets Misserfolge hatte, um anderen Autoren auf diesem Gebiet, unnöthige Mühe zu ersparen. Bei einigen Objekten wie *Machilis*, *Niphargus* hatte ich beinahe jedesmal wenigstens einen geringen Erfolg, ebenso bei den Köpfen von *Porcellio*; bei anderen Objekten dagegen stets Misserfolge. Es scheint danach wahrscheinlich zu sein, dass einige Thiere für die Chromsilbermethode geeigneter sind als andere. Weshalb aber immer nur einzelne regellos zerstreute Zellen die Neigung haben, ihr Kali in Silber einzutauschen, ist nicht gut einzusehen. Nach LENHOSSÉK

die Kegel der Antennenspitzen von Juliden, Polydesmiden und Glomeriden sehr häufig gut imprägnirte gänzlich unverzweigte Endigungen der Sinneszellen zeigten. Bei den Chilopoden lieferten mir mehrfach Beine junger Exemplare von *Lithobius* und *Geophilus* gute Präparate, da zumal die Beinspitzen unterhalb der Haare schön imprägnirte schwarze Fasern durchschimmern liessen. In Fig. 8 habe ich eine Abbildung der Spitze eines Beines von einem jungen *Lithobius* gegeben. Dies Präparat wurde nach Einlegen in toto in Canadabalsam mit dem Zeichenapparat entworfen. Die dicken Anschwellungen der imprägnirten Fasern unter den Haaren möchte ich als Sinneszellen auffassen. Von einer Innervirung gewöhnlicher Haare habe ich bis jetzt bei Myriapoden und Insecten zwar Andeutungen aber nichts sicheres erkennen können, doch ist es mir, wie bereits oben erwähnt wurde, im höchsten Grade wahrscheinlich, dass bei allen Arthropoden sämtliche Haare innervirt sind.

Nach diesen übereinstimmenden mittelst der Methylenblaufärbung und der Chromsilbermethode bei den Hautsinnesorganen der Crustaceen, Insecten und Myriapoden von mir eruirten Resultaten, muss die frühere Auffassung über den feineren Bau des nervösen Endapparates der Hautsinnesorgane in folgender Weise geändert werden. Es handelt sich nicht um einen vom Centralorgan aufsteigenden Nerven, der aus den Fortsätzen von im Centralorgan liegenden Ganglienzellen zusammengesetzt ist und sich unterhalb der Sinneszellengruppen auffasert, um dann an jede Sinneszelle eine Faser abzugeben, in Wirklichkeit liegen die Verhältnisse gerade umgekehrt. Jede Sinneszelle schickt einen kürzeren distalen Fortsatz in das Sinneshaar und einen längeren proximalen Fortsatz nach dem Centralorgan, welcher letzterer aber keineswegs mit einer Ganglienzelle des Centralorgans in directe Verbindung tritt, er läuft vielmehr frei aus mit Bildung einer meist feinen Endverzweigung. In den Verlauf jeder Faser ist daher immer nur eine Zelle (Sinneszelle) eingeschaltet und nicht wie bisher angenommen wurde, eine centrale Ganglienzelle und eine periphere Sinneszelle. In Fig. 3 habe ich ein Schema des Baues eines Hautsinnesorganes der Arthropoden dargestellt.

Es gehen nun auch aus dem Centralorgan Fortsätze der Ganglienzellen nach der Peripherie und enden mit zierlichen Endverzweigungen

(Fortschr. d. Medicin 1892) würde die Annahme, dass es sich etwa um Verschiedenheiten des funktionellen oder nutritiven Zustandes im Augenblick des Todes handle, geradezu zur Hypothese einer funktionellen Periodicität der Zellen und Fasern führen.

an der Muskulatur, an Drüsen- und Pigmentzellen. Die Sinneszellen können oft weit von der Hypodermis entfernt liegen und dem Centralorgan näher rücken. Bei den gewöhnlichen Haaren von *Niphargus* sah ich niemals, trotz Verfolgens der Nervenfasern von der Peripherie bis kurz vor das Centralorgan, eine Sinneszelle und es ist daher im höchsten Grade wahrscheinlich, dass diese Zelle im Centralorgan selbst liegt, dass also eine Ganglienzelle des Centralorgans einen langen Fortsatz nach der Peripherie entsendet der unverzweigt bis zur Spitze des Haares verläuft.

Ob auch vom Centralorgan Fortsätze nach der Peripherie gehen, um in der Hypodermis verästelt zu endigen, möchte ich bis auf Weiteres bezweifeln, da man keinen Zweck für eine derartige Endigungsweise unter dem meist dicken Chitinpanzer einsehen kann. Inwieweit die Beobachtung von RETZIUS über verästelte Nervenendigungen unterhalb und innerhalb der typischen Sinneshaare zutrifft, muss weiteren Untersuchungen überlassen werden; eine definitive Entscheidung ist in dieser Frage nun so schwerer zu geben, als beide neuen Methoden bekanntlich sehr launisch sind und negative Befunde doch nur bedingten Werth haben.

Auf die physiologische Bedeutung der Hautsinnesorgane der Arthropoden will ich hier nicht weiter eingehen; zunächst müssen wir noch mehr anatomisch-histologische Resultate durch die beiden neuen Methoden abwarten. Die neueren Arbeiten, die über die physiologische Bedeutung der Hautsinnesorgane der Arthropoden erschienen sind, beruhen nicht zum geringsten Theil auf kühnen Hypothesen und diese verlieren obendrein durch den Nachweis von dem Vorkommen von früher gänzlich unbekanntem Nervenendigungen, wie ich sie für *Niphargus* beschrieb, wesentlich an Bedeutung.

Ob man nun den von mir früher vorgeschlagenen Ausdruck Sinneszelle beibehalten will oder nicht, ist Geschmackssache. Auf jeden Fall passt die neue Bezeichnung Sinnesnervenzelle, die bereits vielfach angewendet wird, viel besser als die Bezeichnung Ganglienzelle. Die betreffende Zelle ist nichts anderes als eine modifizierte Hypodermiszelle, die durch Wachstum ihres proximalen Fortsatzes bis ins Centralorgan hinein zu einer Sinneszelle wird. Durch den distalen Fortsatz wird der Reiz aufgenommen und durch den proximalen Fortsatz dem Centralorgan zugeleitet. Ob man nun auch den distalen Fortsatz einen nervösen nennen will, wie den proximalen, ist gleichfalls Geschmackssache.

Vom morphologischen Standpunkt aus wird man den distalen

Fortsatz einer Sinneszelle (Sinnesnervenzelle) ebenso wie den jeder anderen Hypodermiszelle als einen Plasmafortsatz ansehen; dadurch aber, dass der proximale Fortsatz bis in das Centralorgan hineinwächst, kann man vom rein physiologischen Standpunkte aus auch den distalen Fortsatz als einen nervösen bezeichnen, indem dieser die Reize aufnimmt, während der proximale Fortsatz sie dem Centralorgan zuleitet. Bis auf weiteres möchte ich den Ausdruck Sinneszelle beibehalten.

Zum Schluss meines Aufsatzes will ich in Kürze meine empirischen Befunde über die Hautsinnesorgane der Arthropoden, welche ich mit der Methylenblau- und Chromsilbermode feststellen konnte, mit den Resultaten, welche von anderen Autoren mittelst der beiden neuen Methoden bei anderen Metazoen gewonnen wurden, in Kürze vergleichen.

Bei Evertebraten sind mir über die vorliegende Frage nur bei einigen Würmern (*Lumbricus*, *Nereis*) und bei Mollusken Angaben bekannt geworden. Durch die Untersuchungen von LENHOSSÉK (Archiv f. mikr. Anat., Bd. 30, 1892) und RETZIUS l. c. wurde gezeigt, dass bei *Lumbricus* die Körperhaut eine grosse Menge sensibler Zellen enthält, die im Epithel liegen und jeweils eine feine, meist unverästelte Faser nach dem Bauchstrang schicken, um mit geringer Verästelung frei auszulaufen, ohne aber mit Ganglienzellen des Centralorgans in direkte Verbindung zu treten. Bei den Polychaeten z. B. *Nereis* und ebenso bei den Mollusken liegen diese sensiblen Zellen weiter von der Peripherie entfernt, wie bei *Lumbricus*, wie wir aus den Untersuchungen von RETZIUS kennen gelernt haben. Letzterer Autor ist übrigens geneigt, bei den Polychaeten (*Nereis*) zwei verschiedene Arten von sensiblen Nervenendigungen anzunehmen, nämlich erstens das über die ganze Körperoberfläche ausgebreitete System sensibler Nervenzellen, welche den unverzweigten peripheren Fortsatz durch die Epithelschicht der Epidermis mehr oder weniger vertical nach aussen und den langen, feinen centralen Fortsatz durch die Nervenzweige nach dem Bauchstrang schicken, und zweitens in den borstenführenden Parapodiensäcken eine Art von Endverzweigung, die bei den höher stehenden Thieren die normale Endigungsweise sensibler Nerven darzubieten scheint. Des weiteren betont RETZIUS, dass eine Beziehung dieser Nervenendigungen an den Muskeln der Parapodien keineswegs nachgewiesen werden konnte, und hält es für wünschenswerth, die in dieser Weise endigenden Nervenfasern bis zu ihrem Ursprung aus den betreffenden Nervenzellen zu verfolgen, um zu erfahren, ob diese Zellen central (im Bauchmark) oder

peripher (in der Hautgegend) liegen. Es war aber bis jetzt diesem Autor nicht möglich, diese Nervenfasern bis zu ihrem Ursprung zu verfolgen.

In letzter Zeit wurden dann noch durch ALEX SMIRNOW in einer vorläufigen Mittheilung (Anat. Anz. IX. Bd., Nr. 18, 1894) freie Nervenendigungen im Epithel der Haut von *Lumbricus* neben den Sinnesnervenzellen beschrieben. Dieser Befund ist von besonderem Interesse, da *Lumbricus* schon von zwei Meistern der Technik auf dem Gebiete der GOLGI'schen Methode untersucht war, durch von LENHOSSÉK und RETZIUS, ohne dass eine freie Nervenendigung gefunden wäre.

Nach SMIRNOW sollen nun aber unter den freidendigen, intraepithelialen Nervenfäden ausser sensiblen auch sekretorische Fasern gehören und zu letzteren wären auch die Fasern zu zählen, welche die Schleimzellen umspinnen. Ferner wurden durch den gleichen Autor sensible intraepitheliale Nervenzellen in der Mundhöhle gefunden, die bereits RETZIUS gesehen hatte. Während diese Zellen nun nach den Befunden von SMIRNOW auch im Oesophagus vorkommen, konstatierte derselbe Autor im Darmepithel nur freie intraepitheliale Nervenendigungen.

In Bezug auf die Hautsinnesorgane der Evertebraten findet nach dem eben Gesagten eine grosse Aehnlichkeit bei den Arthropoden, Würmern und Mollusken statt, da stets terminale Sinneszellen (Sinnesnervenzellen) gefunden wurden, die bei *Lumbricus* in der Epidermis selbst, bei *Nereis* und den Mollusken weiter von der Epidermis entfernt liegen und stets unverzweigte distale Fortsätze entsenden; bei den Arthropoden ist insofern ein Uebergangsstadium zu konstatiren, indem die Sinneszellen bald in, bald unter der Hypodermis gefunden werden, ja bei demselben Thiere können in bestimmten Körpertheilen, wie den Antennen der Hymenopteren, einige Sinneszellengruppen sehr dicht der Hypodermis anliegen, während bei den sogenannten Geruchskegeln der Antennen derselben Thiere die Sinneszellen oft recht weit von der Hypodermis entfernt sind.

In welchem Verhältniss nun aber die zweite Art von Nervenendigungen von *Lumbricus* und *Nereis* zu der zweiten Art von Nervenendigungen bei Arthropoden (Innervirung der sogenannten gewöhnlichen Haare wie bei *Niphargus*) steht, ist zur Zeit noch nicht definitiv zu entscheiden; es bedarf hierzu nicht nur bei Arthropoden, sondern auch bei den meisten anderen Evertebraten noch vieler mühsamer Untersuchungen; auf jeden Fall dürfen wir bei günstigen Objekten noch viele überraschende Befunde erwarten.

Die eben erwähnten Resultate bei Würmern, Mollusken und Arthropoden können mit den Hautsinnesorganen der Vertebraten nur schwer verglichen werden. Aehnliche Verhältnisse der Nervenendigungen finden sich bei Vertebraten wohl nur in der Riechschleimhaut wieder, indem in dem Riechepithel ausser cellulären Faserursprüngen auch noch freie intraepitheliale Nervenendigungen vorkommen, so dass das Epithel der *regio olfactoria* ebenso wie die Netzhaut zu dem Nervensystem in doppelter Beziehung steht, indem es Faserbildungen an das Gehirn abgibt und solche davon empfängt. (Confer. M. von LENHOSSÉK, Beiträge zur Histologie des Nervensystems und der Sinnesorgane, Wiesbaden 1894). Im Uebrigen wurde von einer Reihe von Autoren der Nachweis geliefert, dass in der Wirbelthierhaut alle Nerven frei endigen und eine directe Verbindung mit Zellen der Epidermis mit Ausnahme der Riechzellen nicht stattfindet. Nach RETZIUS steht das Tastorgan, das Organ der eigentlichen sensiblen Nervenfasern merkwürdigerweise in der morphologisch-phylogenetischer Entwicklung höher als manche Sinnesorgane, indem die Nervenzellen desselben sich bis in die Nähe der Centralorgane, wo sie die Cerebrospinalganglien bilden zurückgezogen und ihren bipolaren Typus in einen pseudo-unipolaren verändert haben, sowie dadurch dass die peripherischen Fortsätze dieser Nervenzellen sich in dem eigentlichen Sinnesorgan der Haut und den Schleimhäuten ungemein stark verästeln und intracellulär mit freien Spitzen endigen.

Sehr auffallend ist auf jeden Fall der Befund, dass der *Nervus acusticus* mit frei auslaufenden Fasern endigt, ohne mit den sogenannten Hör- oder Haarzellen in direkte Verbindung zu treten. Die Haarzellen wären nach RETZIUS als eine Art sekundär in die Nervenleitung eingetretener Epithelzellen, als sekundäre Sinneszellen aufzufassen; in ähnlicher Weise werden von den Autoren die früher als Sinneszellen in den Geschmacksknospen und verwandten Organen vorkommenden Zellen als sekundäre Sinneszellen gedeutet, auch sie stehen mit Nervenfasern nicht in Continuität, sondern nur in Contiguität.

Nach einigen Autoren wie LENHOSSÉK ist bei den Vertebraten das ursprüngliche Verhalten in der Riechschleimhaut realisirt, sonst aber ist es überall dem höheren Typus dem der terminalen Endbäumchen gewichen. Bis auf Weiteres möchte ich mich in letzterer Frage völlig neutral verhalten und mich der eben gegebenen Deutung keineswegs anschliessen.

Aus dem vorstehenden Aufsatz haben wir ersehen, dass die

positiven Resultate, welche mit der Methylenblaufärbung und dem Chromsilberverfahren festgestellt wurden, zumal bei Evertebraten noch sehr dürftige sind und dass noch recht viele empirische Befunde beigebracht werden müssen, ehe an eine definitive Entscheidung der Gesamtfrage von der Kenntniss der Hautsinnesorgane und des peripheren Nervensystems gedacht werden kann. Wenn meine eigenen Befunde bis jetzt auch nur Bruchstücke sind, so haben sie immerhin den Werth, anderen Forschern den Weg zu zeigen, wo neue Untersuchungen eingesetzt werden müssen. Ich werde in nächster Zeit in einer zweiten Mittheilung neue Resultate mittheilen, da ich während der Drucklegung dieser Schrift eine Reihe neuer Befunde feststellen konnte.

Zoologisches Institut der Universität Freiburg, Juli 1894.

### Erklärung der Abbildungen auf Tafel II.

Fig. 1. Schnitt durch ein Glied eines Rankenfusses von *Lepas*. *sz* = Sinneszelle, *t* = Terminabstrang, *hyp* = Hypodermis, *m* = Muskulatur, *bg* = Bindegewebe, *n* = Nerv.

Das Präparat ist nach Konservirung mit Sublimatalkohol in Pikrokarmine gefärbt und mit dem OBERHÄUSER'schen Zeichenapparat gezeichnet. Bemerkenswerth ist, dass nur immer eine grosse Sinneszelle zu jedem Haar gehört. Der proximale Fortsatz der Sinneszellen geht in deutlicher Weise in eine Nervenfasern über, der distale Fortsatz verläuft bis zur Spitze des Haares. Vergrößerung 68.

Fig. 2. Schnitt durch eine Antennula von *Squilla mantis*. Die Sinneszellengruppen (*szg*) entsenden ihre terminalen Fortsätze in Form von Bündeln (Terminalstränge) in die Sinneshaare. Konservirung und Färbung ist die gleiche wie in Fig. 1.

Bemerkenswerth ist die grosse Zahl von Sinneszellen, die zu jedem Sinneshaar gehören.

Fig. 1 und Fig. 2 stellen die beiden Typen der Nervenendigungen der Hautsinnesorgane bei Anwendung von einfachen Methoden dar. Vergrößerung 152.

Fig. 3. Schema eines Hautsinnesorgans der Arthropoden nach Behandlung mit der GOLGI'schen Methode, *sz* = Sinneszelle (Sinnesnervenzelle der Autoren), *co* = Centralorgan.

Fig. 4. Schnitt durch einen Mandibulartaster von *Astacus fluviatilis*. Ich habe der Einfachheit halber in eine Zeichnung eines Präparates, welches mit einer gewöhnlichen Methode hergestellt war, und nur die Zellkerne der Sinneszellengruppen erkennen lässt, einige gut imprägnirte Fasern von mehreren Präparaten, die mit der GOLGI'schen Methode erfolgreich behandelt waren, eingetragen.

Bezeichnungen wie in den ersten Figuren. *b* = Blutkörperchen. Sehr schwache Vergrößerung, da ich das Originalbild auf die Hälfte verkleinert habe.

Fig. 5. Schnitt durch die Spitze einer Palpe eines Kieferfusses von einem jungen *Astacus fluviatilis*. Verfahren wie in Fig. 4; gut imprägnirte Stellen wurden in ein Bild, welches nach einem mit der gewöhnlichen Methode hergestellten Präparate angefertigt war, eingezeichnet. Die Sinneshaare sind nicht ihrer ganzen Länge nach ausgeführt. Vergrößerung 35.

Fig. 6. Ein Membrankanal (Porenplatte) aus der Antenne eines Ichneumon. Verfahren wie in Fig. 4 u. 5. *ch* = Chitin, *mk* = Membrankanal, *mz* = membranbildende Zelle. Vergrößerung 800.

Fig. 7. Kegel einer Vespenantenne nach der GOLGI'schen Methode behandelt. Aus der Gruppe der Sinneszellen ist nur eine Zelle (*sz*) imprägnirt. Vergrößerung etwa 1000.

Fig. 8. Spitze eines Beines eines jungen *Lithobius*. Totopräparat nach der GOLGI'schen Methode behandelt. Vergrößerung 68.

Fig. 9, 10, 11 und 12 beziehen sich auf Totopräparate von *Niphargus puteanus*, die nach der GOLGI'schen Methode behandelt wurden. Fig. 9 und 10 stellen verschiedene Beine dar; in Fig. 9 sind viele gut imprägnirte Fasern bis in die Spitze der Haare zu verfolgen; in Fig. 10 sehen wir ein sehr instructives Bild eines Beines, in welchem nur eine einzige Faser imprägnirt ist. In Fig. 11 habe ich die Antennenspitze abgebildet, mit den grossen Sinneskegeln (*k*). In Fig. 12 sieht man in einem Kieferfuss desselben Thieres einige gut imprägnirte Fasern mit Anschwellungen, die offenbar Sinneszellen sind. Vergrößerung etwa 68.

## Berichtigung.

Auf Seite 105] des Bandes, Zeile 6 von unten, ist „nach-“ zu streichen.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: [9](#)

Autor(en)/Author(s): Rath Otto von

Artikel/Article: [Ueber die Nervenendigungen der Hautsinnesorgane der Arthropoden nach Behandlung mit der Methylenblau- u. Chromsilbermethode. 137-164](#)