

ZB MED - Informationszentrum Lebenswissenschaften

Allgemeine Zoologie und Abstammungslehre

Plate, Ludwig

Jena, 1924

ZB MED - Informationszentrum Lebenswissenschaften

Shelf Mark: Ui VI 1988 -2-

II. Kapitel. Tast- und andere Hautsinnesorgane.

[urn:nbn:de:hbz:38m:1-132373](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:38m:1-132373)

Reize ganz neue Organe und Empfindungen erzeugen können, wie z. B. das Hörvermögen erst bei Landtieren aufgetreten ist, und statische Organe sich erst ausbilden bei freischwimmender oder terricoler Lebensweise, also wenn der Körper allseitig vom Medium umgeben wird und eine Raumorientierung durch eine Unterlage fortfällt. Weiter wollen wir auf diese schwierigen Probleme erst am Schlusse dieses Buches eingehen, nachdem wir die Fülle der morphologischen und physiologischen Tatsachen kennen gelernt haben.

II. Kapitel.

Tast- und andere Hautsinnesorgane.

Hierher rechnen wir alle solche Sinnesorgane, welche durch die mechanische Berührung fester, flüssiger oder gasförmiger Körper gereizt werden. Je nach der Art der Berührung (leichter oder schwerer Druck, Reibung, Stoß, Erschütterung u. dgl.) können feste Körper sehr verschiedene Empfindungen hervorrufen. Flüssige Körper, z. B. fließendes Wasser, können durch solche Sinnesorgane auf ihre Richtung und Geschwindigkeit geprüft werden, und dasselbe gilt vom Wind oder von dem Druck, welchen die Luft auf einen Flügel beim Fliegen ausübt. Indem die Teilchen der Luft und des Wassers sich verschieben, können in diesen Medien durch die Tastorgane auch Objekte wahrgenommen werden, welche sich in einiger Entfernung vom Tiere befinden. Ein solcher fernwirkender Tastsinn ist z. B. sehr ausgeprägt bei den Fledermäusen, welche, wie SPALLANZANI zeigte, mit gebundenen Augen zwischen vielen ausgespannten Fäden umherfliegen können, ohne sie zu berühren, weil die Tastkörperchen der Flughäute den Luftdruck wahrnehmen. Da es sich bei den Tastorganen häufig um einfach gebaute Einrichtungen handelt, so ist ihre Funktion nicht immer mit Sicherheit festzustellen, und manche der im folgenden beschriebenen Apparate werden daher auch wohl anders gedeutet, z. B. als Organe der Schmerz-, Temperatur-, Geruchs- oder Geschmacksempfindung. Neben freien Nervenendigungen, welche in allen Klassen vorkommen, treffen wir primäre Sinneszellen bei den wirbellosen Tieren, primäre (*Amphioxus*?) und sekundäre bei den Wirbeltieren an. Die Ausbildung im einzelnen hängt von der Dicke der Haut und davon ab, ob sie überall weich ist oder nach außen von einer Chitinlage bzw. von einem Stratum corneum bedeckt ist.

A. Wirbellose.

a) **Weichhäutige Evertebraten.** Die Sinneszellen liegen einzeln (4) oder in Gruppen als sog. Sinnesknospen (5, 6) zwischen den Epidermiszellen. Die ersteren (4) rücken dabei häufig mehr oder weniger weit unter die Epidermis, zwischen deren Zellen sie fadenförmig auslaufen. Sie können dann auch als bipolare Ganglienzellen angesehen werden, zumal sie oft zu gangliösen Gruppen (19, 24) zusammentreten. Außerdem kann sich zwischen den Zellen der Oberhaut ein reich verästeltetes Netzwerk frei auslaufender Nervenfibrillen

ausbreiten (7), welche meist durch viele kleine Knoten ausgezeichnet sind. Die Sinneszellen tragen sehr oft ein frei hervorragendes Stäbchen oder laufen in anderen Fällen in lange Tasthaare aus (8). Derartige Tastzellen sind in der Regel sehr schmal und schwellen da, wo der Kern liegt, spindelförmig an. Vereinigen sich mehrere zu einer Sinnesknospe, so pflegen die Kerne in verschiedener Höhe zu liegen, und die ganze Gruppe wird umgeben von gewöhnlichen Epithelzellen, welche dann als Stützzellen bezeichnet werden. Solche Knospen sind bei Evertebraten weit verbreitet: unter den Echinodermen kommen sie z. B. vor bei den Synapten auf der Innenseite der Fühler und bei

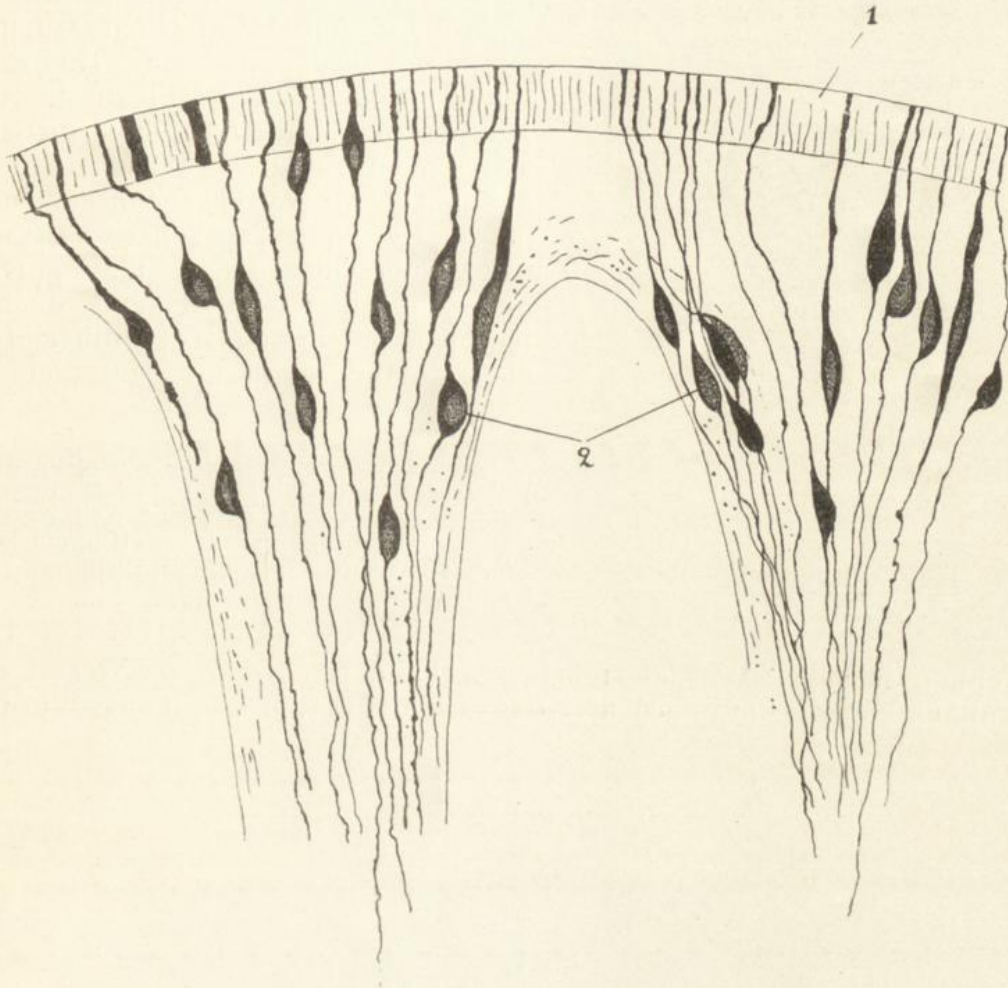


Fig. 4. Epidermis (1) am Vorderende des kleinen Fühlers von *Arion ater* (Nacktschnecke) mit Sinneszellen (2) nach RETZIUS.

dem Schlangensterne *Ophiotrix fragilis* auf den Füßchen in reihenartiger Anordnung, wobei jede Knospe nur aus Sinneszellen mit je einer Tastborste besteht. Aeußerst zahlreich sind sie in der Haut der Oligochäten (5), wo sie in jedem Segment, mit Ausnahme des Kopflappens (Prostomium), sich auf einem vorderen, einem mittleren und einem hinteren Gürtel ziemlich symmetrisch verteilen. Sie springen etwas über das Niveau vor, haben eine verdünnte Cuticula und zwischen den mit einem Stiftchen endenden Sinneszellen liegen breitere Stützzellen (in 5 nicht gezeichnet). Jene 3 Gürtel entsprechen den 3 Ringnerven jedes Segments. HESSE fand bei *Allobophora chlorotica* im vorderen

Gürtel 110 Knospen, im mittleren 241, im hinteren 48. Dies gilt für die vordere Körperhälfte, während sie in der hinteren an Zahl abnehmen; aber immer enthält der mittlere Gürtel die meisten. Am

Clitellum fehlen sie. Im mittleren Gürtel zerfallen die Knospen in größere von etwa 15 μ Breite und in kleinere von 8 μ . Die beiden anderen Gürtel führen nur die letzteren. Am Kopflappen kommen die Knospen in noch viel größerer Zahl (*Lumbricus herculeus* ca. 1800), aber ohne bestimmte Anordnung vor. Da die Regenwürmer mit ihrer Haut nicht nur Tastreize, sondern auch Unterschiede in der Temperatur, Feuchtigkeit und im Salzgehalt des Bodens wahrnehmen, so hat man sie als „Wechselsinnesorgane“ (s. S. 18) angesprochen, was zwar nicht wahrscheinlich ist, aber zurzeit nicht widerlegt werden kann, da alle Knospen nur in der Größe differieren, aber keine feineren Unterschiede

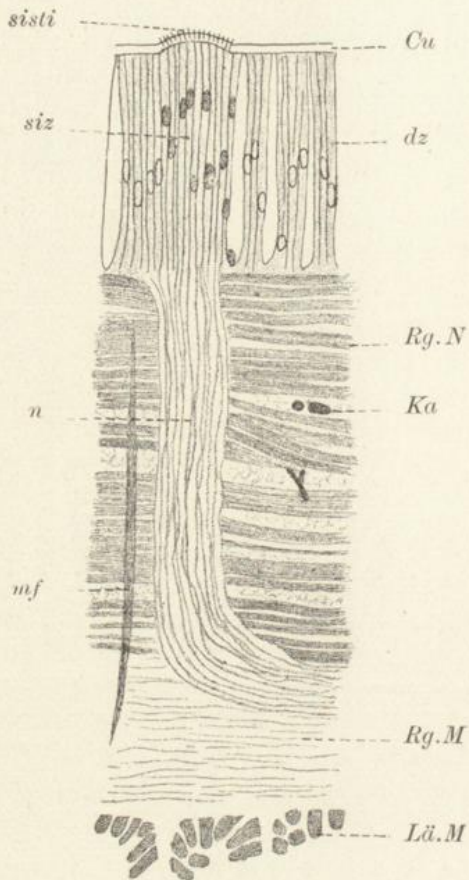


Fig. 5. Sinnesknospe in der Epidermis von *Lumbricus* nach HESSE. *sitz* Sinneszelle, *sisti* Sinnesstifte, *dz* Deckzellen, *nf* Nervenfasern, *Rg.N* Ringnerv, *Rg.M* Ringmuskeln, *Lä.M* Längsmuskeln, *mf* Muskelfasern, *Ka* Kapillare, *Cu* Cuticula.

erkennen lassen. Werden marine Anneliden (*Arenicola*, *Nereis*) mit Lösungen von Zucker, Saccharin oder Chinin betupft, so ist das Vorder-

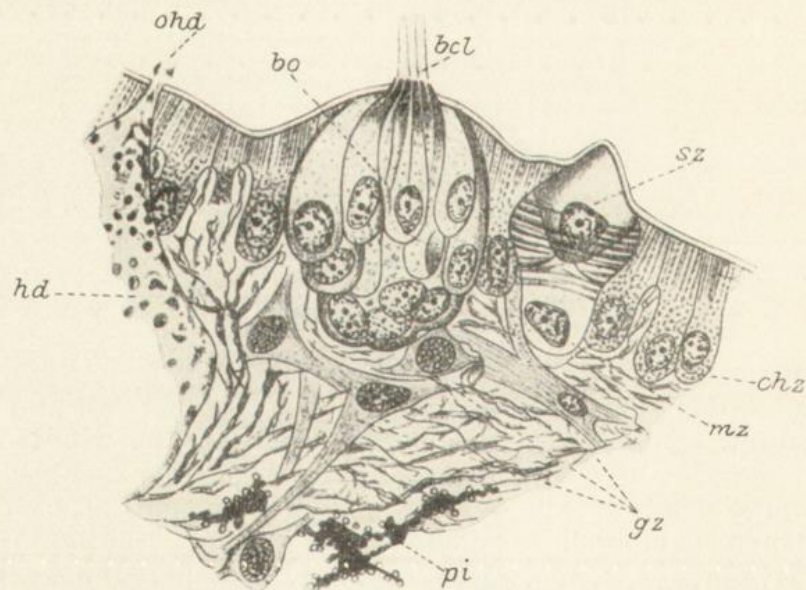


Fig. 6. Haut eines Rüsselegels (*Glossosiphonia sexoculata*) nach BAYER, etwas verändert. *hd* Hautdrüse, *ohd* deren Oeffnung, *bo* Sinnesknospe, *bel* deren Sinnesborsten, *sz* Sinneszelle, *mz* Muskelzelle, *chz* Epidermis, *pi* Pigment, *gz* Bindegewebe.

ende empfindlicher als das Hinterende, und dieses empfindlicher als der Rumpf. Tiere mit einer Bauchmarklücke reagieren wie zwei getrennte Hälften. An der Basis geht jede Sinneszelle in eine Nervenfasern oder auch unter T-förmiger Gabelung in zwei über und ist, wenn ein Stäbchen fehlt, nur hieran als sensibles Element zu erkennen.

Derartige Sinneszellen finden sich besonders an solchen Körperstellen, welche nach außen vorspringen (Tentakeln) oder Berührungsreizen besonders ausgesetzt sind; so bei den Hydroidpolypen und

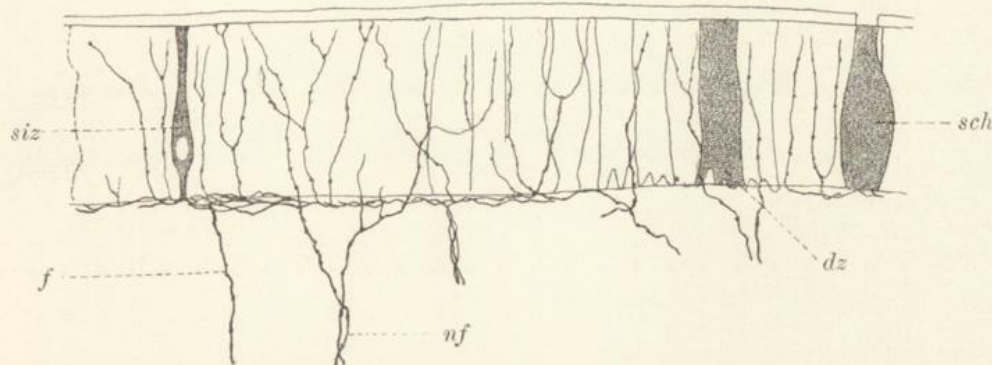


Fig. 7. Epidermis von *Lumbricus*, mit Silber imprägniert, nach RETZIUS. Sie enthält primäre Sinneszellen (*siz*) und freie Nervenendigungen der Nervenfasern (*nf*), *f* Faser der Sinneszelle, *dz* Deckzelle, *sch* Schleimzelle.

Actinien in der Umgebung des Mundes und an den Fühlern, bei den Hydromedusen am Rande der Glocke, wo sie über dem äußeren oberen Nervenring (I, 334, *äuß. Nr.*) eine erhabene Leiste bilden können, oder auf den Tentakeln und an deren Basis, wo sie sich z. B. bei *Rhopalomena* jederseits zu einem kammförmigen Gebilde mit langen steifen Haaren erheben; bei Scyphomedusen ist das äußere Epithel der Randkörper durchsetzt von schmalen Sinneszellen, die wie die Stützzellen ein langes Haar tragen. *Pelagia* hat an der Subumbrella Sinneszellen, welche gleichzeitig kurze steife Borsten und ein langes Flagellum tragen. Die Nesselzellen der Cölenteren halte ich nicht für umgewandelte Sinneszellen, obwohl die Cnidocils an Tasthaare erinnern (I, 136, *Cn*), denn sie leiten die Reize nicht weiter, da sie sich nicht in einen Neuriten fortsetzen.



Fig. 8. Tastorgan von *Sagitta* nach O. HERTWIG. *dz* Deckzellen, *ha* Haare der Tastzellen (*taz*).

Die genaue Funktion solcher Sinnesorgane ist häufig unbekannt. Es seien hier die bei den im Meere lebenden Capitelliden (Ringelwürmer) in segmentaler Anordnung vorkommenden „Seitenorgane“ erwähnt, von denen vermutet wird, daß sie wie die Seitenorgane der Fische zur Wahrnehmung der Wasserströmung dienen. Sie sitzen am Thorax seitlich (9 A, *S*) und in Gruben, am Abdomen weiter dorsal und frei (9 B, *S.A*). Jedes Organ trägt zahlreiche lange, sehr steife Haare (9 C), und jedes Haarfeld kann durch einen Muskel eingestülpt werden. Bei Rüsselegeln (6 E) finden wir in der Haut massenweise Sinnesknospen (*bo*) und kegelförmig vorspringende einzelne Sinneszellen (*sz*). Die letzteren sind von sehr verschiedener Gestalt, da sie merkwürdigerweise je von einer ringförmigen Muskelzelle umschlossen

werden, deren Kontraktion sie nach außen vordrückt. Wir kommen bei den chemischen Sinnesorganen auf sie zurück.

Bei den **Mollusken** sind Sinneszellen in der Haut weit verbreitet und besonders dicht gehäuft an den Fühlern, um den Mund herum und am Fußrande. Zuweilen sind sie auch dicht zusammengedrängt zu einem besonderen Sinnesorgan, so z. B. in dem gefiederten Organ, welches in einer vorstülpbaren Grube auf dem Fühler von *Tethys* liegt, oder in dem am Kopf der cephalaspideen Opisthobranchier gelegenen

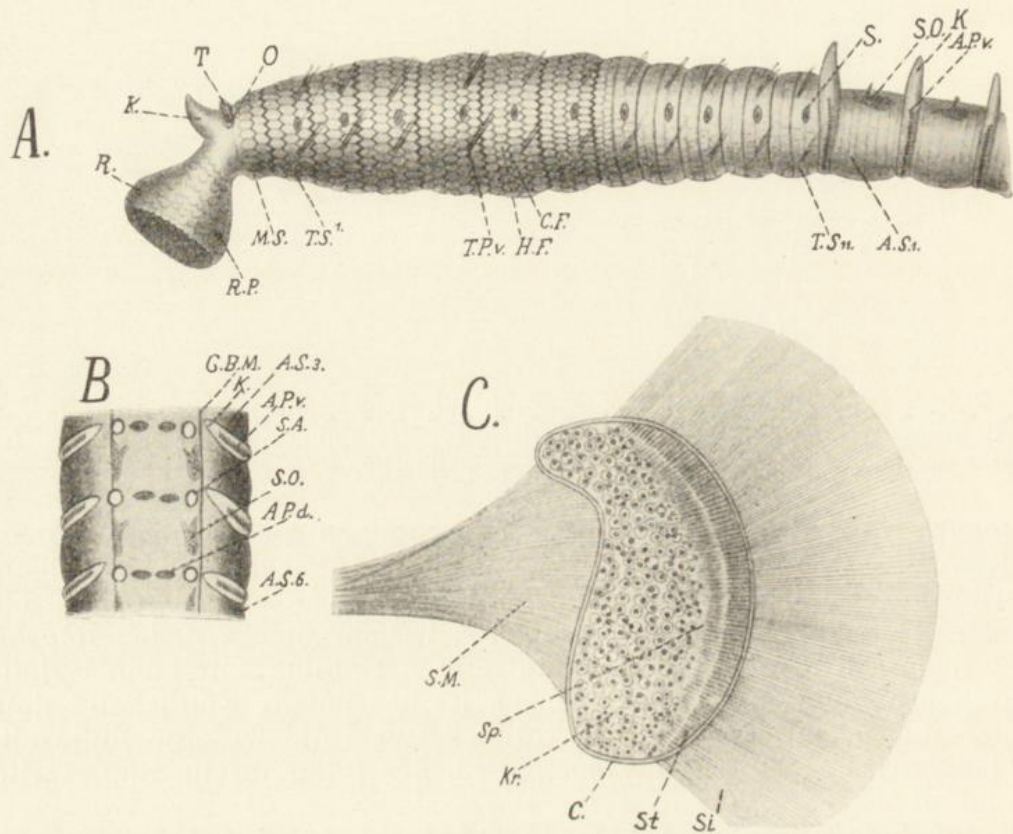


Fig. 9. Seitenorgane der Capitelliden nach EISIG. A Seitenansicht von *Noto-mastus lineatus*, B Rückansicht des 3.—6. Abdominalsegments, C Abdominales Seitenorgan, A.P.d., A.P.v. dorsales, ventrales Abdominalparapodium, A.S. Abdominalsegment, O Cuticula, C.F. Cuticurfurchen, H.F. Hautfurchen, K Kieme, K.L. Kopflappen, Kr Körner, O Augen, M.S. Mundsegment, R Rüssel, Rp Rüsselpapillen, S thoracales Seitenorgan, S.A. abdominales Seitenorgan, Si Sinneshaare, S.M. Retraktor des Seitenorgans, S.O. Segmentalorgan, Sp Spindeln, St Stäbchen, T Tentakel, T.S. Thoracalsegment.

HANCOCKSchen Organ. Es sind sehr dünne Zellen, deren kernhaltiger angeschwollener Teil subepithelial liegt (4), und die entweder mit einem Pinsel steifer Härchen (FLEMMINGSche Pinselzellen) frei auslaufen oder unter der Cuticula mit einer Verbreiterung oder an der Innenkante derselben mit einem Bläschen endigen. Eine besondere Schilderung verdienen die merkwürdigen **Aestheten der Chitonen**, welche in ungeheurer Zahl in den Schalen sitzen und eine gewisse Ähnlichkeit mit den Sinneskuppeln der Insekten haben. Es sind sicherlich Sinnesorgane, obwohl über ihre Funktionen nichts bekannt ist, und sich nur vermuten läßt, daß sie die Schale für den Druck des Wassers oder der in ihm befindlichen Körper (Sandkörner, Organismen), die Makrästheten vielleicht auch für Licht empfindlich machen. Wenn AREY und CROZIER durch den Druck einer Nadel auf die Aestheten keine Reaktion erzielten, so beweist dies nicht eine Unempfindlichkeit für Wasserdruck.

Sie zerfallen in größere Makrästheten und kleinere Mikrästheten (10), welche mit einer über das Niveau des Periostracums etwas vorspringenden Chitinkappe abschließen. Bei den ersteren finden sich große bauchige Drüsenzellen, welche die Kappe abscheiden, und fadenförmige Sinneszellen, welche sich nach hinten in einen Zellstrang verlängern. Mehrere derselben bilden einen Faserstrang, welcher die Schale durchsetzt und in einen Nerven übergeht. Je eine solche Sinneszelle endet auch an der Kappe des Mikrästheten. Die Innervierung erfolgt durch Dorsalnerven der lateralen Markstränge (I, 434), ist aber in den Einzelheiten noch unklar. Nach einer Auffassung soll der Faserstrang als ein Nerv anzusehen sein. Da er aber aus aufeinanderfolgenden Zellen besteht und direkt zwischen den Zellen des Schalenepithels hervorwächst, so entsteht er wohl durch wiederholte

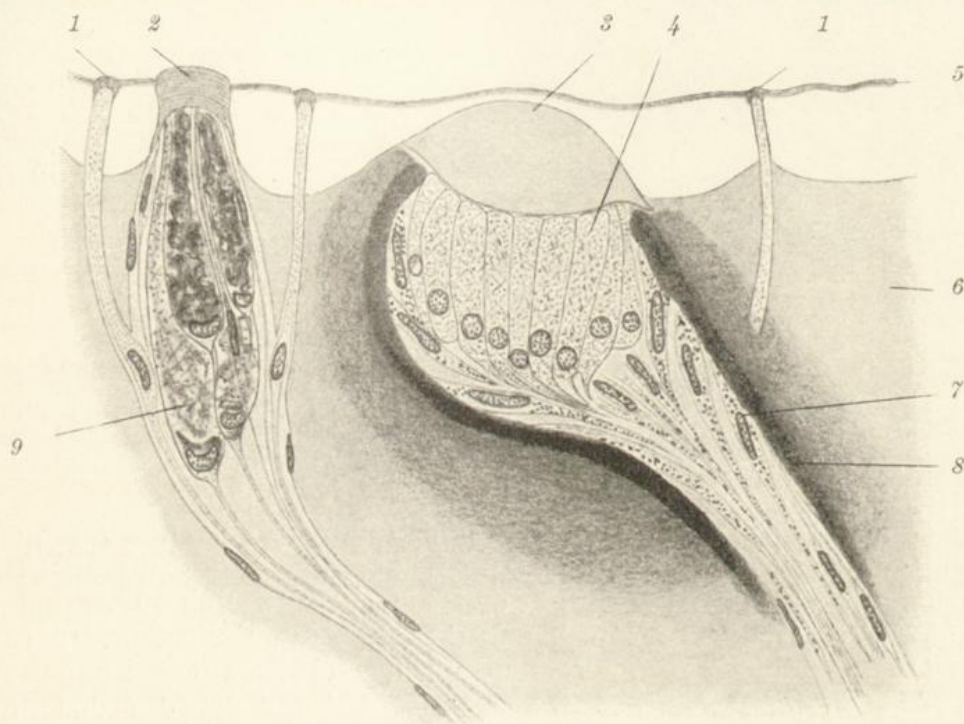


Fig. 10. Auge und Aesthet aus der Schale der Chitonschnecke *Tonicia fastigiata* nach PLATE. 1 Chitinkappe eines Mikraestheten, 2 eines Makraestheten, 3 Linse, 4 Retina, 5 Periostracum, 6 Tegmentum, 7 Pigmentzelle, 8 Pigment, 9 Drüsenzelle.

Teilung eines Neurons; jeder Faserstrang wäre also ein Strang von Neuronen, und die unterste dieser Zellen setzt sich nach innen in eine Nervenfasern fort. Im Mantel mancher Chitonenarten finden sich viele Chitinborsten (I, 153 F), deren Basalzellen vermutlich sensibel sind. *Acanthochites spiculosus* besitzt Gruppen von Kalkstacheln auf dem Mantel; wird einer derselben berührt, so richten sich alle Stacheln einer Gruppe und häufig auch diejenigen der benachbarten auf.

b) Derbhäutige Evertibraten. Wenn die Evertibraten, abgesehen von den Arthropoden, mit einer derben Cuticula versehen sind, dringt die Sinneszelle mit ihrem distalen Ausläufer sehr häufig in diese ein und endet an der Oberfläche, wobei es nicht selten zu besonderen Bildungen kommt. So z. B. bei Polychäten zu knopfartigen, stäbchen- oder pinselförmigen Verdickungen. Bei Trematoden und Cestoden (15) finden sich zahlreiche sensible Zellen in der Tiefe der Haut und bilden mit ihrem

Ausläufer ein etwa 3 μ langes Bläschen in der Cuticula. Der Achsenfaden durchzieht dasselbe und endet mit einem Knopf oder einer nagelförmigen Endplatte. Zuweilen verlängert er sich noch etwas weiter nach außen. Eigentliche Sinneshaare aber fehlen den Wirbellosen, sobald eine derbe Cuticula vorhanden ist. Da bei den fertigen Trematoden und Cestoden eine Epidermis fehlt (vgl. I, S. 172) wird man jene Zellen als Ganglienzellen ansehen müssen, die an der Oberfläche frei enden.

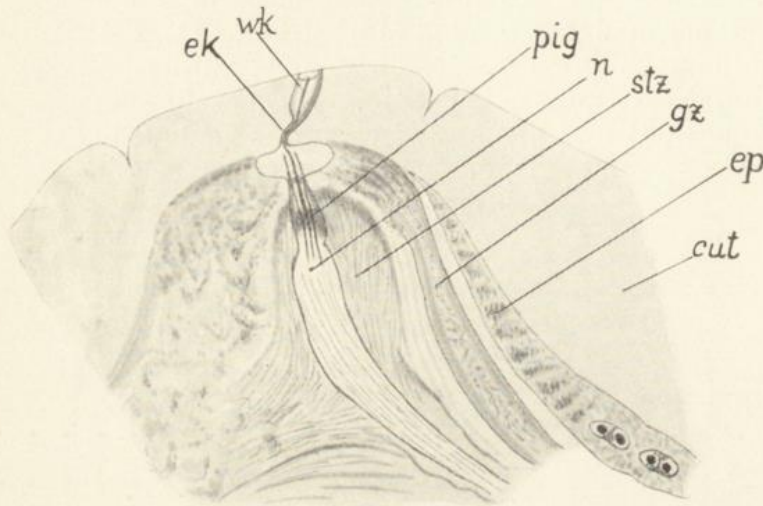


Fig. 11.

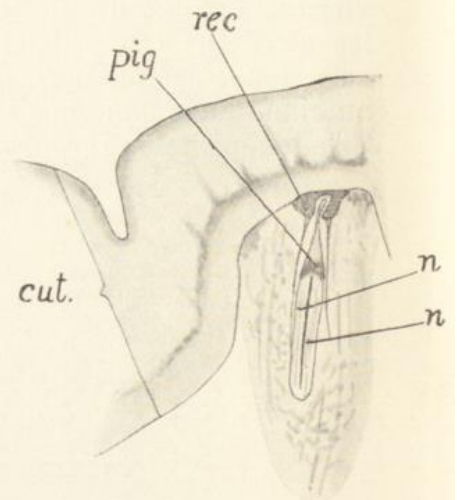


Fig. 12.

Fig. 11 laterales, Fig. 12 mediales Submedianorgan von einer Mundpapille von *Ascaris* nach GOLDSCHMIDT. cut Cuticula, ek enger Kanal, ep Epidermis, gx Geleitzelle, n Nervenfaser, pig Pigment, rec Receptaculum, stz Stützzelle, wk weiter Kanal.

Nematoden. Die Tastorgane der Rundwürmer sind infolge der sehr dicken Cuticula sehr eigenartig gebaut, indem die zu jedem Organ gehörige Nervenfaser (zuweilen auch mehrere, welche terminal verschmelzen) entweder die Cuticula durchsetzt und an der Oberfläche endet (11, 13) oder unter derselben aufhört (12). Diese Endpartie ist

als der reizempfindliche Apparat der freien Nervenendigung anzusehen. Wir schildern die Verhältnisse hier vom menschlichen Spulwurm (*Ascaris*

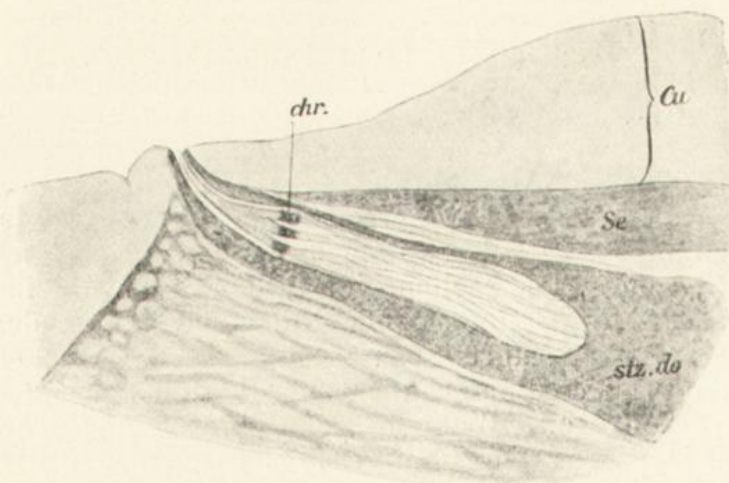


Fig. 13. Laterales Lippensinnesorgan von *Ascaris* im Querschnitt nach GOLDSCHMIDT. chr chromatischer Kegel der Nervenfaser, Cu Cuticula, Se Subcuticula, stz.do dorsale Stützzelle.

lumbricoides), welcher an den Mundpapillen, am Hals und besonders zahlreich am hinteren Körperende Sinnesorgane besitzt, die wohl nur als Tastapparate gedeutet werden können. Auf den 3 Mundpapillen sitzen

4 submedianen Papillen (14, am Rande) mit je einem lateralen und einem medialen „Submedianorgan“. Dazu kommt auf jeder ventralen Mundpapille eine Erhebung mit einem dorsalen und einem ventralen „Lateralorgan“, also zusammen 12 Sinnesorgane. In diesen Mundpapillen findet sich nicht die gewöhnliche syncytiale Epidermis der Haut (I, S. 173), sondern ein Komplex von zusammen 19 auffallend großen Zellen, welche nach ihrer Gestalt und Beschaffenheit genannt werden, 6 „Kolbenzellen“, 9 „Arkadenzellen“ und 4 „Faserzellen“. Diese 19 Zellen verleihen vermutlich den Lippen die zum Einbohren nötige Festigkeit. Dazu kommen noch 22 langgestreckte Zellen, welche die Nervenfasern begleiten. Die „Stützzellen“ (11 *stz*) unter ihnen umhüllen die Nervenfasern an ihrem peripheren Ende wie mit einer Scheide, während die „Geleitzellen“ (*gx*) frei neben ihnen herlaufen. Vom Nervenring (I, 391, S. 404) gehen 6 Nervenbündel an jene 6 Gruppen von Sinnesorganen, welche auch Fasern an das Lippengewebe abgeben. Fig. 11 zeigt ein laterales Submedianorgan. Die Nervenfaser (*n*) schwillt unter der Cuticula linsenartig an und durchsetzt darauf erst in einem engen (*ek*), dann in einem weiten Kanal (*wk*) die Cuticula. Der Bau der medialen Submedianorgane ist aus 12 ersichtlich. Hier endet die

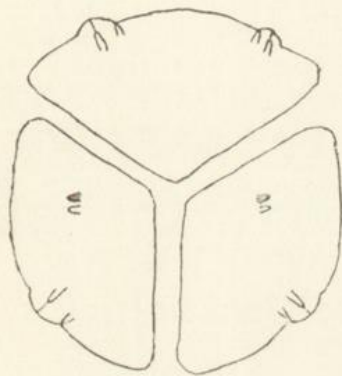


Fig. 14.

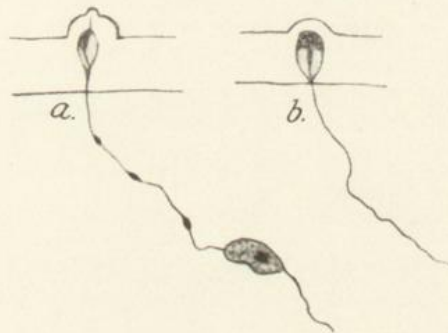


Fig. 15.

Fig. 14. Tastpapillen an der Mundöffnung von *Ascaris lumbricoides* nach GOLDSCHMIDT.

Fig. 15. Tastbläschen in der Cuticula einer Cercarie nach BETTENDORF.

Nervenfasern unter einer verdünnten Stelle der Cuticula in einem von einer Stützzelle gebildeten „Receptaculum“. Mir scheint, daß hier schon das Prinzip der Skolopalzellen der Insekten (s. Register) verwirklicht ist. Die Achsenfasern des Endschlauchs verdickt sich distal zu einem rezeptorischen Stiftkörper, der hier pigmentiert ist (*pig*), eine andere Zelle bildet um seine Spitze eine schützende Kappe (*rec*). Die Stützzellen entsprechen den Hüllzellen der Skolopophoren. Bei dem dorsalen Lateralorgan (13) verschmelzen die Enden von 12 Nervenfasern zu einer Spitze, welche in einer von der Stützzelle gebildeten Scheide die Cuticula durchsetzt. Man geht wohl nicht fehl, wenn man hierin ein Mittel zur Verstärkung der Reizwirkung wie bei den Rhabdomen sieht (vgl. S. 18). Die ventralen Lateralorgane und die Halspapillen besitzen nur eine Nervenfaser, welche, von der Stützzelle umhüllt, unter der Cuticula aufhört. Bei den Papillen am Hinterende des *Ascaris*-♂ verschmelzen 2 oder 3 Nervenfasern zu einer Spitze, welche an der Oberfläche der Cuticula endet. Sie werden scheidenartig von einer großen Stützzelle umhüllt.

Arthropoden. Da bei den Gliederfüßlern ein mechanischer Reiz, wenn er nicht sehr stark ist, das Chitin nicht durchdringt, so finden wir die äußere Körperdecke, wie auch die Antennen, Beine, Flügel, Mundwerkzeuge, Palpen und den Gaumen übersät mit sehr verschiedenartigen Tastapparaten, welche für die Reizaufnahme besonders eingerichtet sind und als deren ursprünglichste und häufigste Form die hohle Chitinborste gelten kann, welche in eine meist dünne Spitze ausläuft und häufig auf einem basalen Chitinring (16) oder in einer becherförmigen Vertiefung (23 *h*, 25 *A*) gelenkig sitzt. Sie wird von einer oder von mehreren Zellen erfüllt, die teilweise oder alle Sinneszellen sind. Der chitinige Teil dient nur als Reizüberträger (Stimulator), indem er durch den Druck oder Stoß gebogen und gezerzt wird und dadurch die den Hohlraum erfüllende oder mit dem Chitin verwachsene Sinneszelle beeinflusst. Ueber den feineren Bau der Tastborste herrschen vier verschiedene Auffassungen. Nach der ersten ist die Zelle ein unipolares Neuron, dessen Neurit zu einem Nerven oder Ganglion zieht. Diese Sinnesnervenzelle liegt in der Regel subepithelial, dringt aber

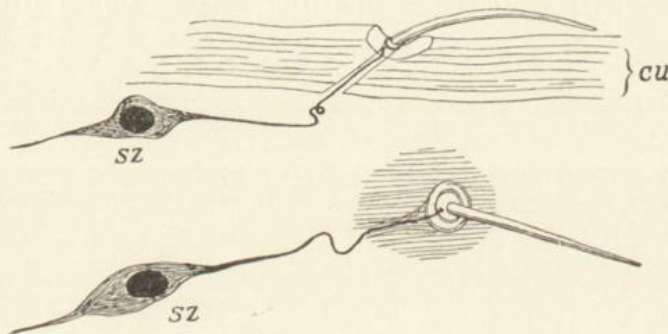


Fig. 16.

Fig. 16. Tasthaare von der Antenne einer Libellenlarve nach ZAWARZIN. *cu* Cuticula, *sz* Sinneszelle.

Fig. 17. Thoraxbein der Wasserassel mit gefiederten Tastborsten. Die Neuronen erscheinen als schwarze Punkte. Nach VOM RATH.

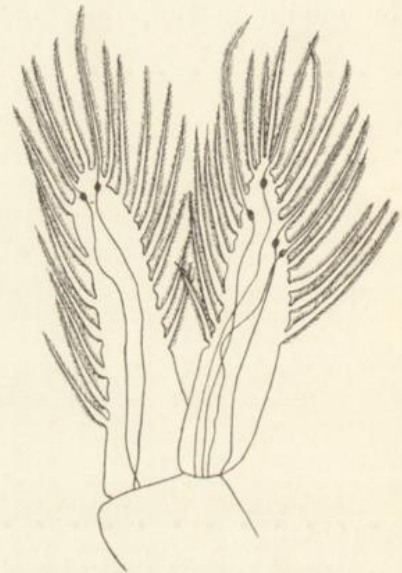


Fig. 17

mit einem Fortsatz in die Basis oder bis in die Spitze der Borste hinein, um die Reize leicht wahrnehmen zu können. Sie ist eine primäre Sinneszelle, hat aber gleichzeitig die Borste ausgeschieden und ist daher auch eine „trichogene Zelle“. Nach einer neueren Auffassung, welche ich für die richtige halte und welche jedenfalls für sehr viele Fälle zutrifft, wird die Borste von einer oder mehreren Trichogenzellen (23, 24 *tri*) gebildet, welche sie ursprünglich ganz erfüllen, aber später häufig distal degenerieren und dann nur bis zur Basis reichen; außerdem dringt in die Borste eine primäre Sinneszelle (*sz*) ein, welche am distalen Ende häufig besonders differenziert ist, indem sie mit einem Knöpfchen (16), einem Stäbchen (24 bei *k*, 23 bei *x*) oder dgl. endet. Nach einer dritten Ansicht, welche nach dem gegenwärtigen Stand der Beobachtungen durchaus berechtigt ist, kommen diese beiden Fälle nebeneinander vor. Nach einer vierten (1 *e*) soll die Trichogenzellen zugleich eine sekundäre Sinneszelle sein, welche den Reiz aufnimmt und auf ein subepitheliales Neuron (*e'*) überträgt, dessen unverzweigter Neurit

sich ihr dicht anlegt und dabei an der Haarbasis endet. Aus den Angaben von VIALLANES, DUBOSQ u. a. möchte FORTUYN schließen, daß bei den Arthropoden als den höchststehenden Wirbellosen sich Verhältnisse wie bei den Wirbeltieren, nämlich sekundäre Sinneszellen entwickelt haben. Ich stehe dieser Deutung sehr skeptisch gegenüber, denn eine unverzweigte Anlagerung ohne umspinnende Dendriten erscheint sehr ungeeignet zur Reizübertragung. Endet der unverzweigte Neurit hingegen am Chitin, so kann er durch dessen Biegung oder Dehnung leicht gereizt werden. Es bleibt unverständlich, warum neben den sicher weitverbreiteten primären Sinneszellen sich solche sekundäre entwickelt haben sollen. Flächenbilder genügen nicht zur Entscheidung der Frage, sondern nur Schnitte durch die Basis der Borsten.

Zur Erläuterung des feineren Baues einer solchen Tastborste sei auf 23 verwiesen. Bei dem Tausendfuß *Lithobius forficatus* sitzen auf dem Fühler viele Tasthaare (*h*) und einzelne Zapfen (*z*). Beide bestehen nur aus der Grenzhaut (*gr*) des Chitins, sind also sehr dünnwandig, und werden von mehreren Haarzellen (*tri*) erzeugt. Die fertige Borste wird basal von einer zarten Kuppelmembran (*km*) abgeschlossen, welche der Terminalfortsatz der Sinneszelle durchbohrt. Diese Membran wird wohl erst von den Trichogenzellen abgeschieden, nachdem ihre distalen Portionen in der Borste degeneriert sind. Der Fortsatz kann durch die Biegungen der Borste, der er sich basal anschmiegt, gereizt werden. In den Zapfen treten mehrere Sinneszellen eine Strecke weit hinein und enden frei. Obwohl sie durch Uebergänge mit den Borsten verbunden sind, dienen sie vielleicht zum Riechen, wie die Riechkegel der Insekten. Eine solche Tastborste differenziert sich nach den verschiedensten Richtungen. Sie kann senkrecht oder

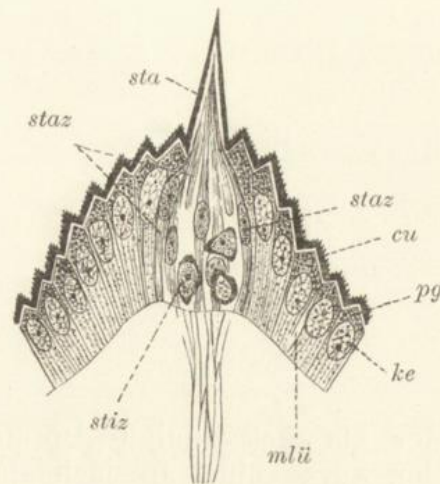


Fig. 18. Sinnesstachel von *Peripatus capensis* nach SCHNEIDER.

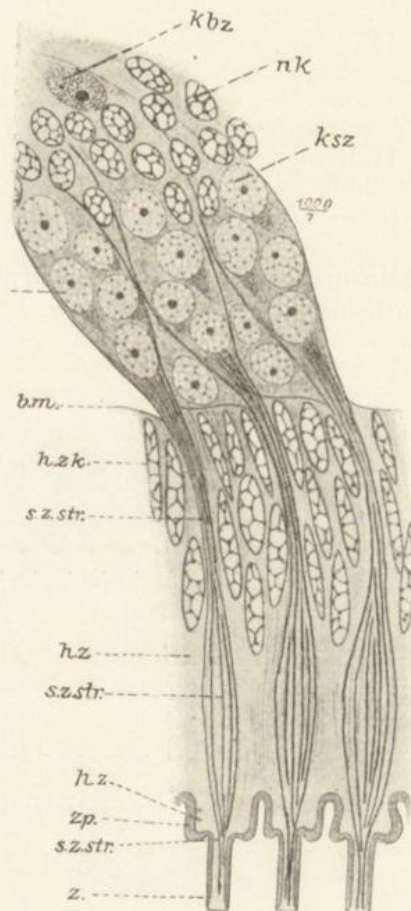


Fig. 19. Partie aus einem Längsschnitt durch 3 Zähne (*z*) des Skorpionkamms nach SCHRÖDER. *nk* Neurilemmkern, *kbz* Kern der Begleitzelle, *ksz* Kern der Sinneszellen, *bm* Basalmembran, *h.z.* Hypodermiszellen, *h.z.k.* deren Kern, *s.z.str.* Sinneszellenstrang, *z.p.* Zahnpapille.

im Winkel absteigen, eine glatte oder rauhe Oberfläche haben, in einer runden Vertiefung sitzen, so daß sie nach allen Seiten ausweichen kann, oder aus einem asymmetrischen Becher hervorragen, der nur eine bestimmte Exkursion gestattet; sie kann als dünnwandiges „Haar“

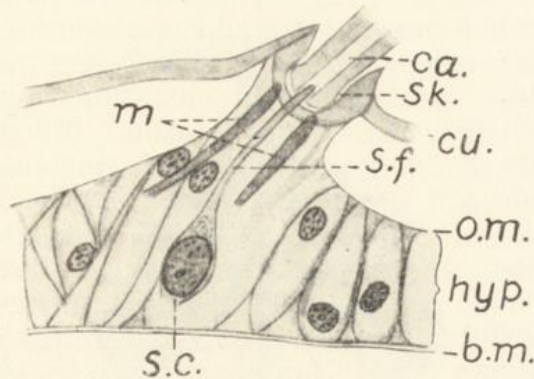


Fig. 20. Bewegliches Tasthaar mit 2 Muskeln (*m*) vom Schenkel der Spinne *Theridium tepidariorum* nach M'INDOO. *ca* Kanal des Haars, in den sich die Sinneszelle (*sc*) fortsetzt, *sk* Sockel des Haars, *sf* Ausläufer der Sinneszelle, *cu* Cuticula, *om* äußere Membran der Hypodermis (*hyp*), *bm* Basalmembran derselben.

oder als dickwandige „Borste“ auftreten, gerade oder gebogen, lang oder kurz sein. Je nachdem wird sie für Druck, Stoß, Zerrung oder

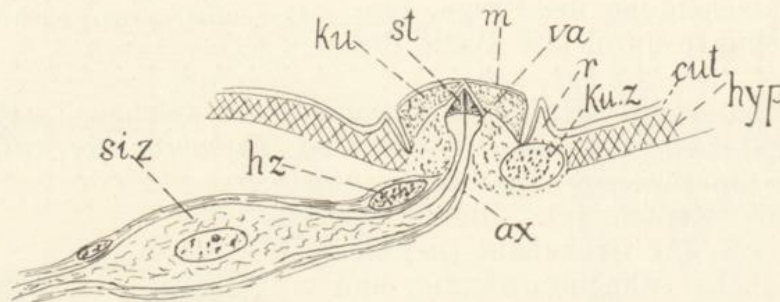


Fig. 21. Schnitt durch eine Sinneskuppel vom Flügelrande des Blattspinners *Larentia bilineata* nach VOGEL. *ax* Achsenfaden, *cut* Cuticula, *hyp* Hypodermis, *hz* Hüllzelle, *ku* Chitinkuppel, *ku.z* Kuppelzelle, *m* Membran der Kuppel, *r* Ringwall, *siz* Sinneszelle (etwas zu klein gezeichnet im Verhältnis zum Endschlauch), *st* Stützkörper, *va* Vakuole.

Reibung besonders empfänglich sein. Kurze Borsten an den Gelenken können über die Stellung der Glieder zueinander orientieren. Bei

Krebsen und wasserbewohnenden Insekten ist die Borste häufig pinselförmig oder federförmig (17), um durch Vergrößerung der Oberfläche die Bewegungen des Wassers leicht wahrnehmen zu können, oder sie ver-

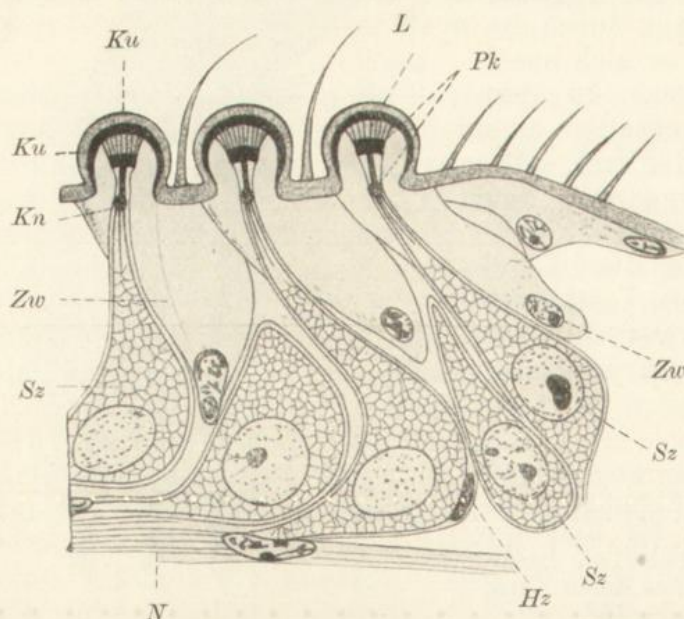


Fig. 22. Papillen der Haltere von *Sarcophaga* nach PFLUGSTAEDT. *Hx* Hüllzelle, *L* Lamelle, *N* Nerv, *Pk* Pilzkörper, *Sz* Sinneszelle, *Zw* Zwischenzelle, *Ku* Kuppe des Pilzkörpers mit mehreren Chitinschichten, *Kn* Knöpfchen.

bindet sich mit dem Körper nicht selten durch eine rundliche, sehr dünne Membran zur Erhöhung der Beweglichkeit. Fig. 18 zeigt einen stark verbreiterten Stachel von *Peripatus*, in den sich mehrere Neuronen fortsetzen, welche außen von Zellen umgeben werden, die das Chitin des Stachels ausgeschieden haben. Die Skorpione haben in beiden Geschlechtern auf der Bauchseite des 2. Abdominalsegments

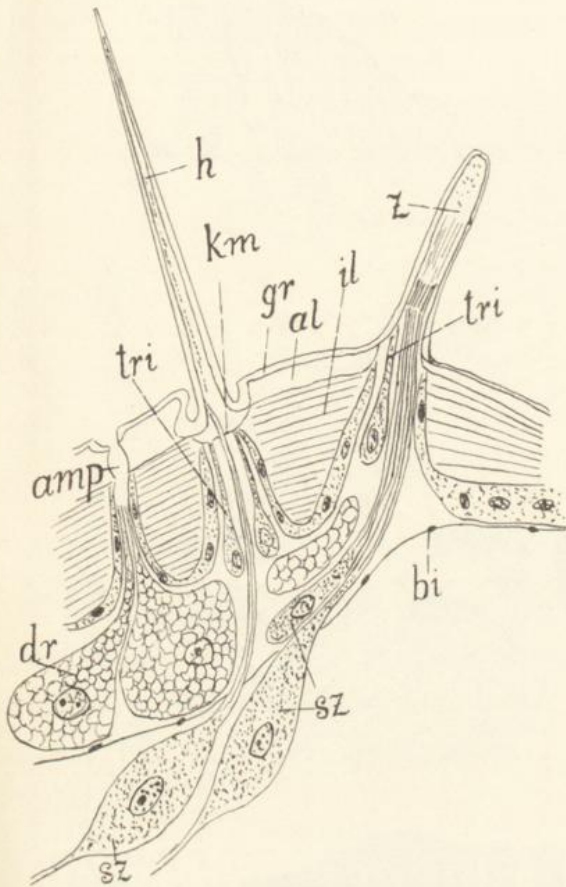


Fig. 23.

Fig. 23. Schnitt durch die Haut des Fühlers von *Lithobius forficatus*. Fig. 24. Schnitt durch die beiden letzten (7 + 8) Fühlerglieder der Diplopode *Polydesmus complanatus*. Nach FUHRMANN. al Außenlage des Chitins, amp Ampulle der Drüsenöffnung, bi Bindegewebe, dr Drüsenzelle, ep Epidermis, fing.or fingerförmiges Organ (Auge?), gh Gelenkhaut zwischen dem 7. und 8. Glied, gr Grenzhaut des Chitins, h Sinneshaar, il Innenlage des Chitins, k Sinneskegel, km Kuppelmembran, mu Muskel, n Nerv, pi Pigment, st Stützlamelle, sz Sinneszelle, tri Trichogenzelle.

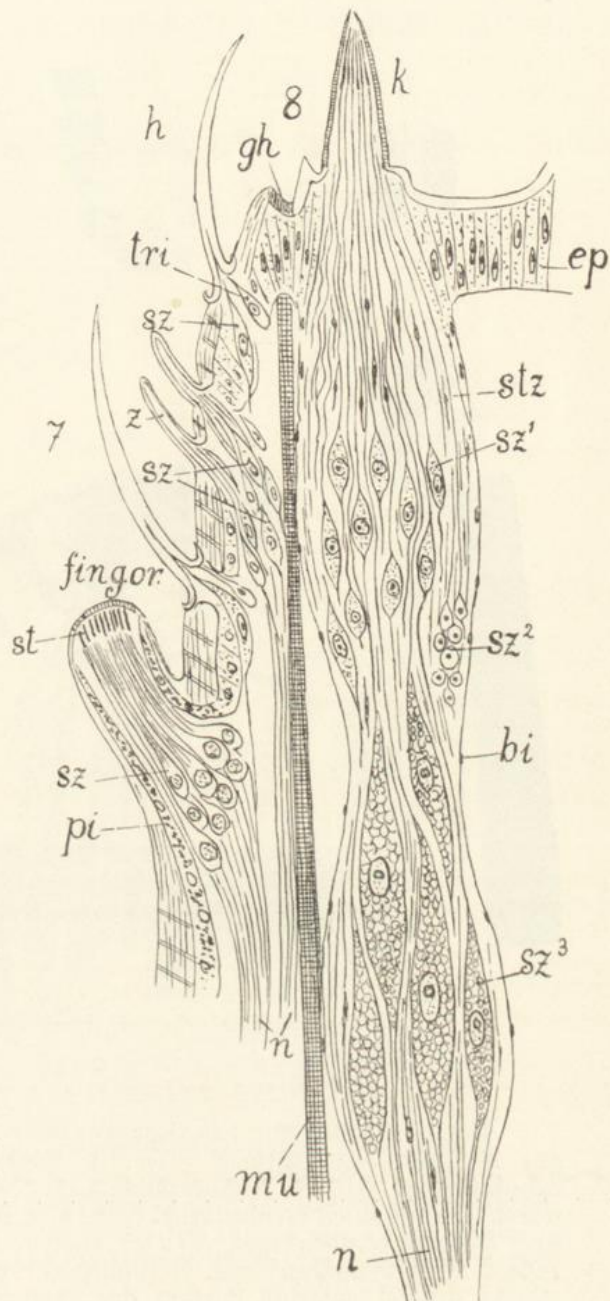


Fig. 24.

gleich hinter der Genitalöffnung 2 „Kämme“, welche modifizierte Gliedmaßen sind. Jeder Kammzahn trägt kurze, zylindrische, am freien Ende quer abgeschnittene „Sinneszapfen“ (19), in denen die Ausläufer mehrerer Sinneszellen endigen. Sie dienen vielleicht der Wollustempfindung. Sehr eigentümlich und noch weiter untersuchungsbedürftig sind gewisse Borsten, welche in einer pigmentfreien Vertiefung am

Cephalothorax des Skorpions *Heterometrus* angetroffen werden. Die Hypodermiszellen unter ihnen bilden eine offene Einstülpung und gehen am äußeren Ende nach SCHEURING in eine Nervenfasern über, sind also inverse Sinneszellen, wie sie auch in der Retina von

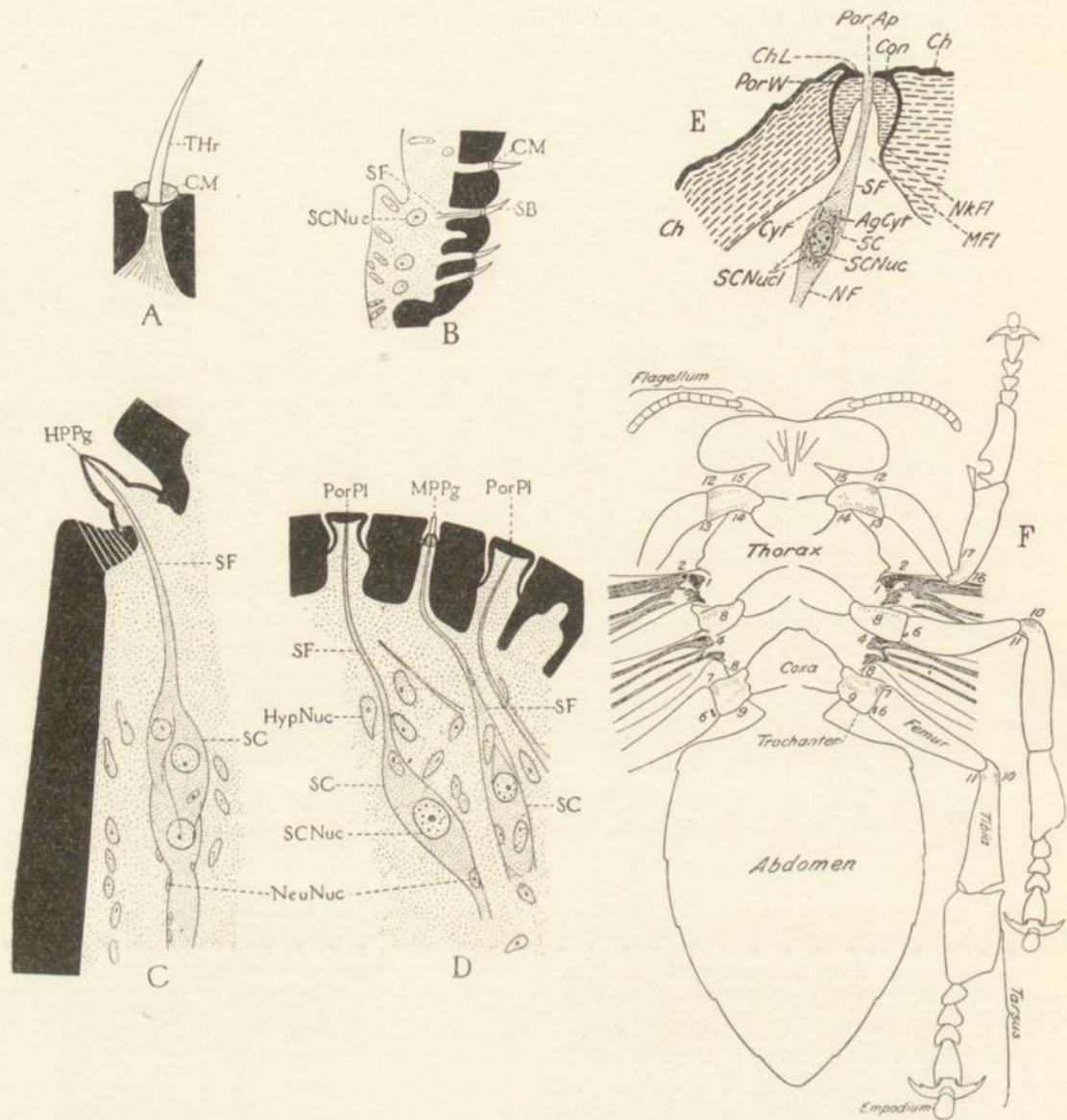


Fig. 25. Antennale Sinnesorgane von *Dytiscus marginalis* nach HOCHREUTHER aus M'INDOO. A Tasthaar, *Thr*, in einer kelchförmigen Membran, *CM*. B kleine Sinnesborste; *SB*, *SF* Sinneszellenfaser, *SCNuc* Kern der Sinneszelle. C Schnitt durch einen hohlen Grubenkegel (*HPPg*). D Durchschnitt durch Porenplatten (*PorPl*) und massive Grubenkegel, *MPPg*; *NeuNuc* Neurilemmkern, *SCG* Gruppe von Sinneszellen. E Porenorgan (sog. Geruchspore) von der Tibia einer Biene nach M'INDOO. *AgCyt* dunkel gefärbte Portion des Protoplasmas, *Ch*, *ChL*, *Con*, *PorW* Chitinteile, *SC* Sinneszelle, *SCNuc* deren Kern, *Cyf* deren Protoplasma, *NF*, *SF* Fortsätze der Sinneszelle, welche aber bei *PorAp* wahrscheinlich nicht frei, sondern verschlossen enden, *MFI* Mund, *NkFI* Hals der Chitinflasche. F Bauchseite der Arbeitsbiene mit Porenorganen nach M'INDOO. Die Gruppen derselben sind numeriert und einige mit besonders dicht stehenden Poren sind schwarz gehalten.

Spinnentieren vorkommen. Die Borste kann durch das Chitin hindurch einen Reiz auf sie ausüben. Die Haare der Spinnen sind sehr verschiedenartig. Eine Sorte (20) soll durch basale Muskeln bewegt werden

können, was freilich auch bestritten wird. Die gerade abstehenden, mit kleinen Zähnchen besetzten sog. Trichobothrien werden wir bei den Gehörorganen erwähnen, da sie als Hörhaare gedeutet worden sind. Die rauhe Oberfläche gestattet ebensogut eine Wahrnehmung von Zugreizen bei Berührung mit Gegenständen.

Je nach der Gestalt werden die chitinigen Elemente der Tastapparate der Insekten als Keulen (25 A), Borsten (25 B), Zapfen, Kegel (C), Papillen, Kelche, Kuppeln oder Platten (D) bezeichnet. Dabei

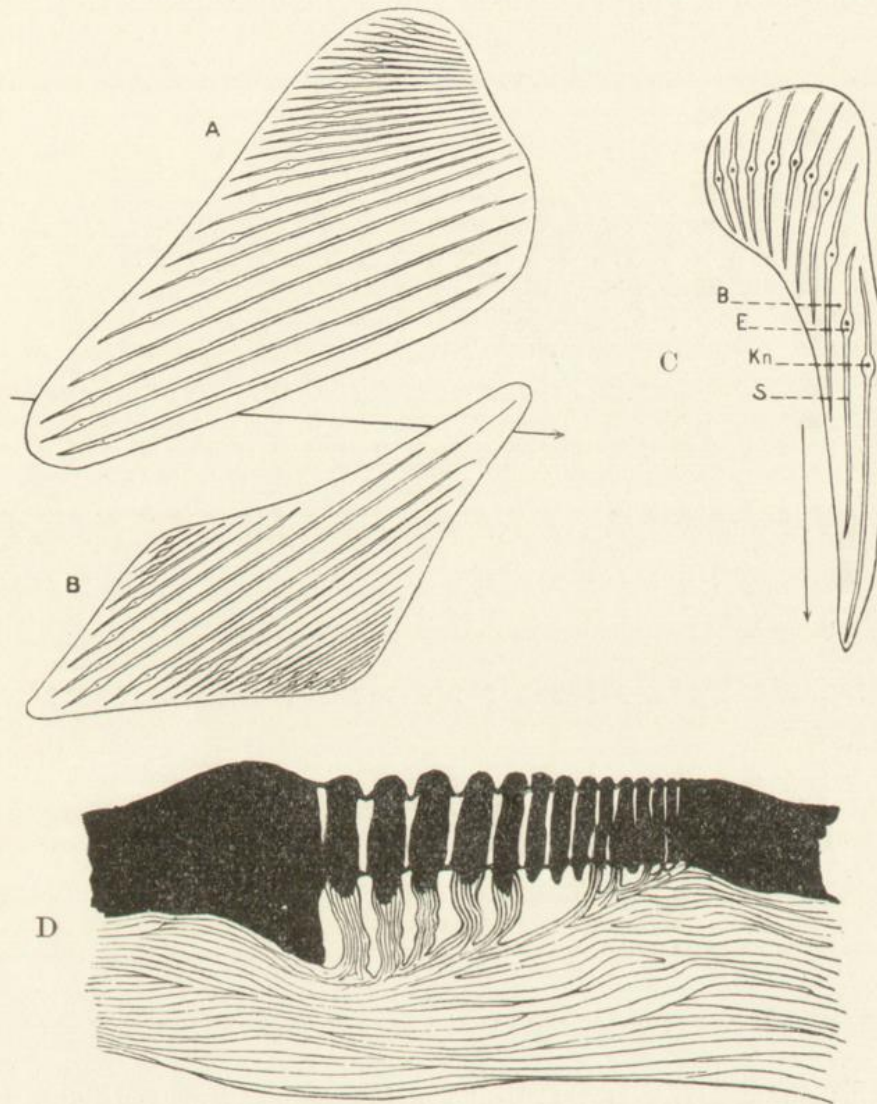


Fig. 26. Leierförmige Organe der Radnetzspinne *Aranea sclopetaria* nach VOGEL. A, B Flächenansicht der Organe auf der Hinterseite der Patella des 4. Beins vom ♀. C dgl. von der Vorderseite des Femurs. D Querschnitt durch den Chitinteil von A.

rücken sie häufig in eine Einsenkung des Chitins hinein (25 C). Nicht selten enden die Haare und Borsten an der Spitze mit einer Oeffnung und entlassen das Sekret einer Drüsenzelle (I, 64 h). Sind diese Gebilde mit einer sehr dünnen Chitinhaut versehen, so gelten sie vielfach als chemische Sinnesorgane. Die Kelche und Kuppeln kommen meist in Gruppen angeordnet in den verschiedensten Formen auf den Flügeln der Insekten (136 C. Gr.) oben wie unten vor und nehmen daher wohl den Luftwiderstand wahr. Sie besitzen nicht selten besondere Differen-

zierungen, indem ein Achsenfaden (21) den Endschlauch der Sinneszelle durchzieht und unter der Kuppel mit einem Stäbchen (Stiftchenkörper) endigt. Die Sinneszelle wird dabei von besonderen Hüllzellen (Hypodermiszellen?) umgeben, während die Chitinkuppel von einer eigenen Kuppelzelle ausgeschieden wird. Die Sinneszelle erinnert sehr an die Skolopalzelle eines Chordotonalorgans (s. diese). Der Rollrüssel der Schmetterlinge ist namentlich an der Spitze mit Papillen besetzt, die am distalen Ende einen kleinen Tastkegel tragen. Um diesen herum oder auch auf den Seiten der Papille stehen häufig dünne Stacheln, welche ver-

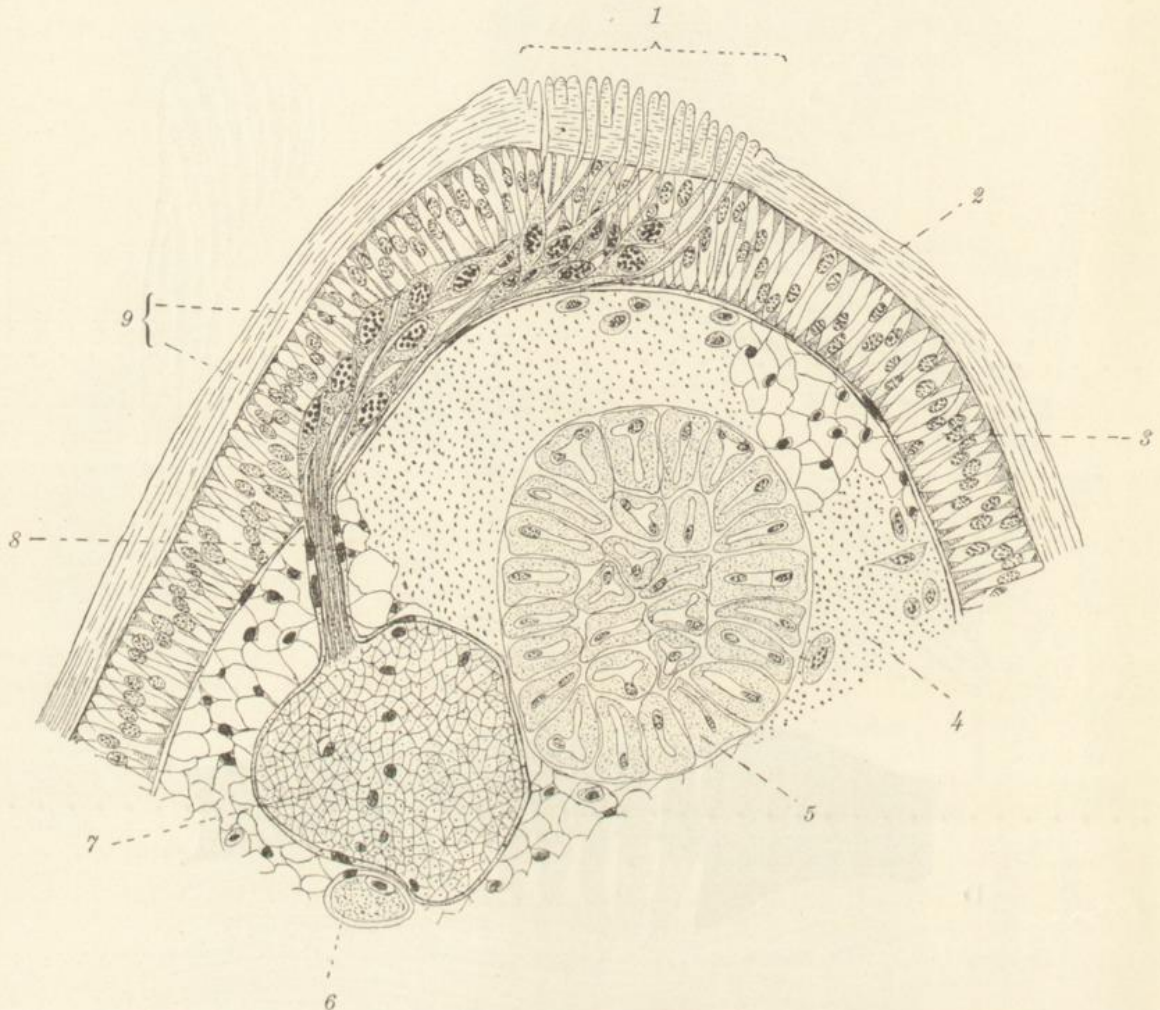


Fig. 27. Tastspalten vom Trochanter der Spinne *Agelena naevia* nach M'INDOO. 1 Spalten (leierförmiges Organ). 2 Cuticula, 3 Hypodermis, 4 venöser Sinus, 5 Muskel, 6 Arterie, 7 Nerv, 8 Seitennerv, 9 Sinneszelle. Die Zeichnung ist insofern inkorrekt, als sich die Sinneszelle durch die Spalte fortsetzt und an einer zarten Membran endigt, welche die Oeffnung begrenzt.

mutlich ebenfalls zum Tasten dienen. Der Rüssel findet so den Weg zu den Nektardrüsen. Das Chitin der Insekten wird an vielen Stellen von feinen Spalten durchsetzt, die wahrscheinlich von einer dünnen Chitinlamelle abgeschlossen werden, an der eine Sinneszelle endet. M'INDOO deutete sie als „Geruchsporen“, weil er sie für offen hielt, aber es ist wahrscheinlicher, daß sie geschlossen sind und mechanisch gereizt werden. Wir wollen sie Spaltorgane nennen. Bei der Biene (25 E, F) finden sie sich als dorsale und ventrale Gruppen in ganz ähnlicher An-

ordnung, und zwar an der Basis von allen 4 Flügeln, am Schenkelring, Ober- und Unterschenkel aller Beine, am 2. und 3. Tarsus der meisten Beine und am Stachel. Bei den Käfern liegen die Poren am Grunde einer kleinen Vertiefung und bilden Gruppen von einigen wenigen bis über 100 an den Wurzeln der Elytren, auf der Dorsalfläche der Flügel, auf Schenkelring, Tibia, zuweilen auch Femur und Tarsi. Man darf annehmen, daß sie durch die Bewegung dieser Organe gedrückt oder gespannt werden und dadurch das Tier über die Stellung derselben orientieren. Auch bei den Spinnen finden sich solche Sinnesorgane über den ganzen Körper zerstreut, entweder einzeln oder in Gruppen von 2–30. Die letzteren werden meist von einem erhabenen Chitinwulst eingefast und dann wegen ihrer Form als **leierförmige Organe** (lyriform organs) bezeichnet (26, 27). Jeder Spalt erweitert sich wie ein Trichter am distalen Ende und wird hier von einer dünnen Chithinhaut — vermutlich der Grenzhaut — abgeschlossen, an der die Sinneszelle mit einer kleinen Verdickung endet. Bei der Radnetzspinne *Aranea sclopetaria* finden sich die Leierorgane und Einzelspalten ausschließlich an den Gelenken, und zwar am Distalende des proximalen Gliedes. Sie korrespondieren in der Zahl mit derjenigen der Klauen: zwei Spalten für die 2 Tarsalklauen, eine für den weiblichen Pedipalpus mit einer Klaue, keine am männlichen ohne Klaue. Diese Tatsache macht es sehr wahrscheinlich, daß sie über die Stellung der Klauen Auskunft geben. *Theridium tepidariorum* hat auf jeder Seite von den Leierorganen auf jedem Bein 13, auf der Maxille 7, auf der Mandibel 4 und noch 154 Einzelspalten, so daß zusammen ungefähr 436 Spaltorgane über die ganze Körperoberfläche verteilt sind. Bei anderen Spinnenarten sind die Zahlen etwas geringer. Bei Skorpionen, Telyphoniden, Phryniden, Solifugen, Phalangiden, Acariden finden sich einzelne Spalten, aber meist keine Gruppen.

Eine besondere Besprechung verdienen die **Halteren** der Dipteren, welche aus den Hinterflügeln hervorgegangen sind. Sie sind an der Basis angeschwollen und tragen hier mehrere Gruppen von Sinnespapillen, deren Sinneszellen bei manchen Arten in eigentümliche „pilzartige Körperchen“ auslaufen (22), an denen ein Knöpfchen, ein Stiftchen und eine faserige Lamelle unterschieden werden können. Ich sehe hierin die rezeptorischen Elemente einer Skolopalzelle (s. diese). Das Knöpfchen und das Stiftchen sind das angeschwollene Ende des Achsenfadens und verwachsen mit der ebenfalls verdickten Grenzmembran des Endschlauchs der Sinneszelle. Die Fäden der Lamelle entsprechen den Fäden, mit denen die amphinematische Skolopalzelle (133) an die Cuticula sich anheftet. Die Halteren wurden früher als Gleichgewichts- oder als Steuerorgane angesehen; sie scheinen aber, wie die Klöppel in den statischen Organen der Medusen, dazu zu dienen, durch ihre Schwingungen den an der Basis des Organs befindlichen Sinneszellen Reize zuzuführen, welche zu den Flügelmuskeln und bei *Tipula* auch zu den Beinmuskeln weitergeleitet werden. Es sind also nach v. BUDDENBROCK Schwirrorgane, welche durch die hohe Frequenz ihrer Bewegungen den Muskeln Nervenenergie verschaffen. Halteren und Flügel bewegen sich normalerweise synchron. Bei *Sarcophaga carnaria* gehen auch von den Beinmuskeln Erregungen zu den Flügelmuskeln; werden die Beine und die Halteren entfernt, so sind die Flügel fast bewegungslos. Die Halteren werden, wie ich annehme, zunächst aktiv in Schwingungen versetzt, wenn irgendwelche Primär-

reize zum Fluge anregen. Beim Fliegen drückt die Luft auf die gewölbte Membran der Sinnespapille, deren Pilzkörper den Reiz aufnimmt und auf die Sinneszellen überträgt; diese leiten ihre Erregung zu den Flügelmuskeln und befähigen sie zu andauernder Tätigkeit. Wie bei höheren Wirbeltieren der Wille den Muskeln Energie zuführt, so tun dies hier die Sinnespapillen.

Die Vielgestaltigkeit der Tastapparate der Arthropoden macht es begreiflich, daß ihre Funktion zuweilen nicht mit Sicherheit festzustellen ist und daß sie unter Umständen mehreren Aufgaben dienen, also komplexe Sinnesorgane (s. S. 11) sind. Wir erwähnen in dieser Beziehung noch zwei Bildungen. Auf dem letzten 8. Antennenglied der **Diplopoden** kommen 4 oder mehr **Sinneskegel** (24 k) von eigenartigem Bau vor. Sie ragen weiter nach außen vor als die Haare (h) und können durch einen Muskel (m) mit Hilfe einer Gelenkhaut (gh) zurückgezogen werden, weshalb sie als Tastapparate angesehen werden dürfen. Außerdem enden sie mit einer Oeffnung an der Spitze, so daß die hier liegenden mit Kernfarbstoffen sich stark färbenden „Stiftchen“ durch Gase oder durch den Wasserdampf der Luft gereizt werden können, so daß sie vermutlich auch Geruchsorgane oder Feuchtigkeitsprüfer sind, zumal diese Tausendfüßler feuchte Wohnplätze lieben. Dementsprechend finden sich drei Sorten subepithelialer Sinneszellen, deren distale Fortsätze an jenen Stiftchen enden, während die Zellkörper zwei gangliöse Gruppen bilden: zunächst proximal sehr große Zellen (sz^3) mit alveolärem, fettartigen Plasma, welche die peripheren Fasern des Antennennerven (n) in sich aufnehmen; die zentralen laufen weiter nach vorn zu kleineren Sinneszellen (sz^1); zwischen beiden liegt noch eine Gruppe ganz kleiner Sinneszellen (sz^2). Die distalen, etwas geschlängelt verlaufenden Fasern dieser drei Zellsorten sollen nach FUHRMANN in den Kegel eintreten. Zwischen ihnen kommen schmale Stützzellen vor. Am 7. Antennengliede von *Polydesmus* sitzt ein kurzer breiter mit Pigmenthülle versehener Zapfen, das sog. fingerförmige Organ, auf welches wir bei den Sehorganen zurückkommen werden.

Weiter seien hier die sog. **pelotaktischen Organe** gewisser Mückenlarven aus der Familie der Limnobiinae erwähnt, die im Schlamm (πέλος) der Uferzone, zuweilen auch in nassem Moos leben und vermutlich darüber orientieren, ob das Tier sich in dichtem oder in lockerem Schlamm bzw. in reinem Wasser befindet. Bei Gefahr bohren sie sich nämlich in den Schlamm ein, während sie bei Ruhe das Hinterende des zylindrischen Körpers aus demselben herausstrecken, um entweder mit den 4 Analkiemmen (28 ak) zu atmen oder bis zum Wasserspiegel vorzudringen, so daß die Luft direkt in die 2 Stigmen (st) eindringen kann. Um diese herum stehen meist 2 dorsale (dx) und 2 ventrale (vx) Zapfen in sternartiger Anordnung, mit denen sich das Tier zuweilen frei am Wasserspiegel aufhängt. Etwa in der Höhe des Afters liegt jederseits seitlich ein „Schlammsinnesorgan“ als eine halbkugelige, 30–50 μ im Durchmesser lange Einstülpung der Haut, welche bis zu 20 kleine, von außen aufgenommene Quarzkörner umschließt und an die sich 6 Muskeln (m_1 – m_6) ansetzen. Wie der Querschnitt (29) zeigt, wird der Eingang der Höhle überlagert von zahlreichen langen Haaren, welche ihn reusenartig absperren und das Herausfallen der Sandkörner verhindern. Sind diese bei einer Häutung abgestoßen, so kann durch Zug des Muskels m_1 der Eingang erweitert und neues Material aufgenommen werden. In der Höhle sitzen

2 Sinnesborsten (sb_1 , sb_2). Ihre dorsale (dwv) Chitinauskleidung ist verdickt, wodurch auf dem optischen Schnitt eine Sichelfigur entsteht; die ventrale ist dünn und die Muskeln heften sich nur an das Epithel dieser Region. Da bei den Bewegungen der Larve der letzte Ring beständig eingezogen und wieder ausgestülpt wird, wobei er den Körper im Schlamm nach vorn schiebt, so wird auch das Sinnesorgan abwechselnd nach innen und nach außen bewegt. Durch Kontraktion der Muskeln, welche bei beiden Organen gleichzeitig eintreten, wird in Intervallen etwa von einer Sekunde jede Grube vertieft und vergrößert, wobei Wasser in sie eingezogen und das Sandmaterial umhergewirbelt und gegen die Sinnesborsten geschleudert wird. Beim Erschlaffen der Muskeln wird durch die elastische Chitinsichel die ursprüngliche Form wiederhergestellt. Dieses Spiel tritt jedoch nur bei den Be-

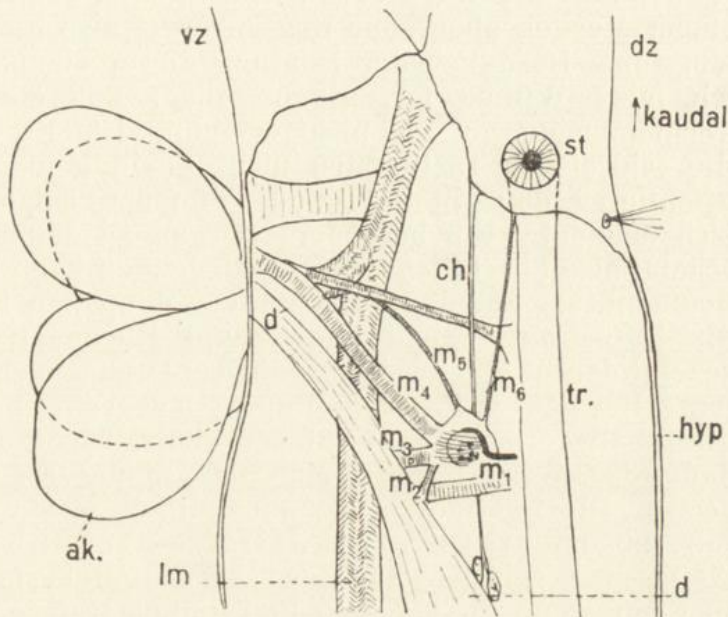


Fig. 28.

Fig. 28. Hinterleibsende der Mückenlarve *Ephelia marmorata* von der Seite gesehen. Die runde Hautausstülpung zwischen den Muskeln m_1 — m_6 ist das Schlamm-sinnesorgan. Von den Zapfen am letzten Ring sind nur die Wurzeln angedeutet.

Fig. 29. Das Organ im optischen Schnitt. Die punktierte Linie deutet an, wie die Grube durch den Muskel m nach hinten gezogen und vergrößert werden kann. Nach WOLFF. *ak* Analkieme, *ch* Chordotonalorgan, *cut* Cuticula, *d* Darm, *dz* dorsaler Zapfen, *dwv* dorsale Wandverdickung, *hyp* Hypodermis, *ih* Inhaltskörper (Steinchen), *m* Muskel, *rh* Reusenhaar, *sb* Sinnesborste, *tr* Trachee, *vz* ventraler Zapfen.

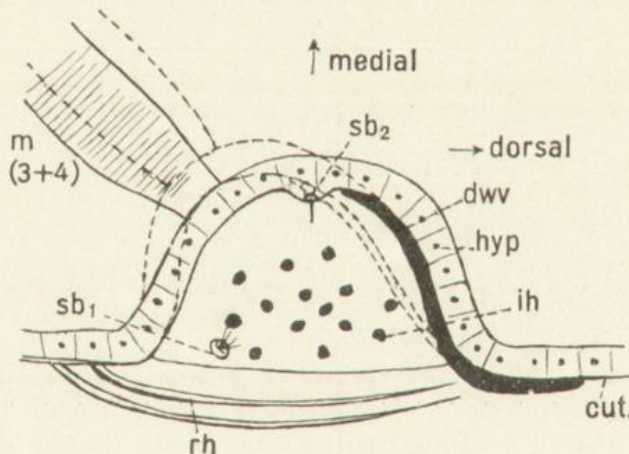


Fig. 29.

wegungen der Larve ein, nicht während der Ruhe. Erfolgen sie in reinem Wasser, so wird viel Wasser eingesogen und ein starker Reiz auf die Borsten ausgeübt werden, während dieser um so schwächer ausfallen wird, je dicker und wasserärmer der Schlamm ist. Durch dieses eigenartige Organ findet die Larve die oberflächlichen Schlammschichten, welche ihm am meisten zusagen. Ich habe im vorstehenden die einfachste Form eines halbkugeligen Schlamm-sinnesorgans mit weitem Eingang

von *Ephelia marmorata* geschildert. Bei verwandten Arten wird der Eingang enger, indem die Grube die Form einer flachen Tasche annimmt und an der Oeffnung von einer Lippe überlagert wird. Auf der höchsten Stufe (*Limnophila fuscipennis*) wird der sehr enge Spalt des sackförmigen Organs von einer starken Lippe bedeckt; da Sandkörner von außen nicht mehr eindringen können, so dienen 12—16 vom Tier selbst produzierte Chitinkügelchen als Reizapparat. Die dünne ventrale Wand der Grube ist in der Ruhe stark gefaltet, damit sie durch die Muskeln möglichst voluminös wird. Bei einer anderen *Limnophila*-Art liegt vor dem Schlammorgan noch eine Grube mit einem Muskel, aber ohne Reusenhaare, also gleichsam eine phyletische Vorstufe. Bezüglich der Deutung dieser eigenartigen Gebilde schließe ich mich WOLFF an, glaube aber, daß sie mit der Bezeichnung „Schlammsinnesorgan“ nicht erschöpft ist. Es wäre merkwürdig, wenn die zahlreichen Tastborsten nicht allein genügen sollten, das Tier zu orientieren, ob es in dickem oder dünnem Schlamm bzw. reinem Wasser sich befindet. Ein besonderes Organ zu einer derartigen Prüfung erscheint also überflüssig. Dieses Bedenken kann entkräftet werden durch den Hinweis auf das Prinzip der „doppelten Sicherung“, dessen sich die Natur oft bedient (Haut- und Kiemenatmung). Der ganze Bau scheint darauf hinzuweisen, daß das Organ auch eine statische Funktion hat. Bei gewöhnlicher Stellung (Bauchseite nach unten) werden sich die Inhaltskörper (29 *ih*) auf der Ventralfläche ansammeln und bei veränderter Haltung gegen eine der Sinnesborsten rutschen und diese reizen. Die richtige Bezeichnung dieser merkwürdigen Gebilde scheint mir danach statopelotaktische Organe zu sein. Nach dieser Auffassung sind sie für gewöhnlich Statokrypten (offene Statocysten), und nur wenn die Muskeln in Tätigkeit treten, werden sie pelotaktisch. Auch auf den Muskeltonus müssen sie einwirken, denn das Tier nimmt eine schiefe Stellung ein, wenn das Organ auf einer Seite verstopft ist.

B. Vertebrata.

Die Hautsinnes(Tast)organe der Wirbeltiere sind von einer erstaunlichen Mannigfaltigkeit, zeigen aber doch — vielleicht mit Ausnahme des *Amphioxus* — zwei Merkmale, welche sie in Gegensatz stellen zu den Wirbellosen: es fehlen einzeln stehende Sinneszellen in der Epidermis, weil diese vielschichtig geworden ist und die zarten Tastzellen sich daher nur im zahlreichen Verbande, als Knospe, halten können, und es fehlen primäre Sinneszellen; alle sensiblen Zellen der Haut werden von Dendriten umspinnen, sind also sekundär (1 *c*). Die Verhältnisse des *Amphioxus* sind noch unklar. Es kommen sicher zerstreute Tastzellen in der einschichtigen Epidermis (I, 165) vor, namentlich am Rostrum und am Schwanz, welche nach LANGERHANS ein steifes langes Haar, nach JOSEPH und FRANZ eine sehr kleine, kaum aus der Cuticula hervorragende Borste tragen. DOGIEL zeichnet sie in direkter Verbindung mit einer Nervenfasern, was von RETZIUS wohl mit Unrecht bestritten wird, denn es ist, rein theoretisch betrachtet, nicht zu verstehen, warum der *Amphioxus* seine primären Sinneszellen aufgeben haben sollte. Stiftchenzellen sind von KÖLLIKER für Anurenlarven angegeben worden, aber LEYDIG hat in ihnen die Zellen erkannt, die später zu Drüsenzellen werden. Ein solcher Funktionswechsel ist unwahrscheinlich, und da ein Zusammenhang mit Nerven noch nicht nach-

gewiesen ist, erscheint die Deutung als Sinneszellen sehr fraglich. An sich wäre das Vorkommen zerstreuter Sinneszellen bei Jungtieren mit niedriger Epidermis nicht auffallend, und es würde als ein Erbteil des *Amphioxus* bzw. der Präcranioten zu deuten sein. Sehen wir vom *Amphioxus* ab, so lassen sich die Tastorgane der Cranioten in 5 Klassen sondern:

1) freie Nervenendigungen (30, 32, 33) ohne Sinneszellen und ohne bindegewebige Kapsel. Sie liegen intra- oder extraepithelial und kommen auch dem *Amphioxus* zu. Ihr Bau ist baum-, geflecht- oder knäueiförmig;

2) kapsuläre, zellfreie Sinnesorgane (34–37) im Corium oder tiefer;

3) Organe mit „Tastzellen“ und dabei ohne (38–42) oder mit bindegewebiger Hülle (43–49). Sie liegen ursprünglich in der Epidermis, rücken aber häufig in das Corium oder noch tiefer;

4) epitheliale Sinnesknospen (50–55);

5) Tasthaare in Verbindung mit Sinneszellen (56–58).

Dazu kommen noch als besondere, zur Kontrolle der Wasserbewegung dienende Apparate die Seitenorgane der Fische und wasserbewohnenden Amphibien. Die unter 2 und 3 genannten Organe werden als Tastkörperchen bezeichnet, wenn sie sich durch ihre Hülle scharf gegen die Umgebung abgrenzen.

1. Die freien Ausläufer der Neuriten (30, 32, 33) endigen wie bei den Wirbellosen teils zwischen den Epithelzellen (30) der verschiedensten Organe, besonders der Haut, teils subepithelial im Corium, in der Papille der Vogelfeder, im Periost, in den Gelenkkapseln, in der Pulpa, im Bindegewebe zwischen den Muskelfasern. Reich entwickelt sind sie im Epithel der Wurzelscheide der Säugerhaare, besonders der Tasthaare (I, 276, S. 302). Auch der einzige bei Wirbeltieren vorkommende Fühler, der vor dem Auge am Rande der Oberlippe sitzende Tentakel der Coecilier, scheint von ihnen in der Epidermis versorgt zu werden. Er kann durch Blutdruck vorgepreßt und durch einen Retraktor zurückgezogen werden.

Unter dem Epithel bilden die markhaltigen Fasern vielfach ein horizontales Geflecht, von dem aus die Seitenäste ohne Mark in das

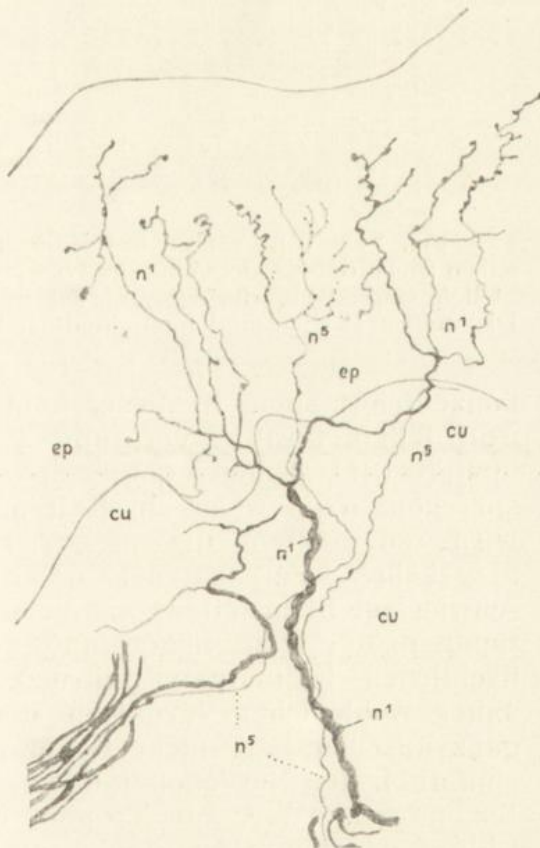


Fig. 30. Schnitt durch den Nasenrand einer Katze mit zwei Sorten von epithelialen Nervenverzweigungen (n^1 , n^5). Nach BOTEZAT. *cu* Cutis, *ep* Epidermis, n^1 dicke Nervenfasern, welche unterhalb der Epithelgrenze die Markscheide verliert. Ihre Fasern weichen dann auseinander und versorgen zwei Papillen. n^5 zwei dünne Fasern, die im Epithel sich sehr zart verzweigen.

Epithel eindringen und sich infolge der Zellanordnung zickzackförmig oder schlängelnd in ihm ausbreiten, wobei sie sich vielfach verzweigen. Alle diese Fasern sind häufig „varicös“, d. h. sie bilden kleine Knoten, welche sich in die benachbarte Zellen einsenken, manchmal bis dicht an den Kern, und sie enden nicht selten mit solchen. In mehrschichtigen Epithelien dringen sie vielfach bis zu den oberflächlichsten Zellen oder bis zum Stratum corneum vor; auf den Zungenpapillen des Frosches erreichen sie sogar die Oberfläche. Es scheint, daß die feinsten Ausläufer zuweilen Netze bilden, und mit ihnen die Zellen umspinnen. In demselben Epithel können mehrere Sorten von Endverzweigungen vorkommen, so in 30 dicke und dünne. Bezüglich der physiologischen Bedeutung der intraepithelialen freien Nervenendigungen kann zunächst angenommen werden, daß viele von ihnen druckempfindlich und an den sog. **Druckpunkten** der menschlichen Haut besonders

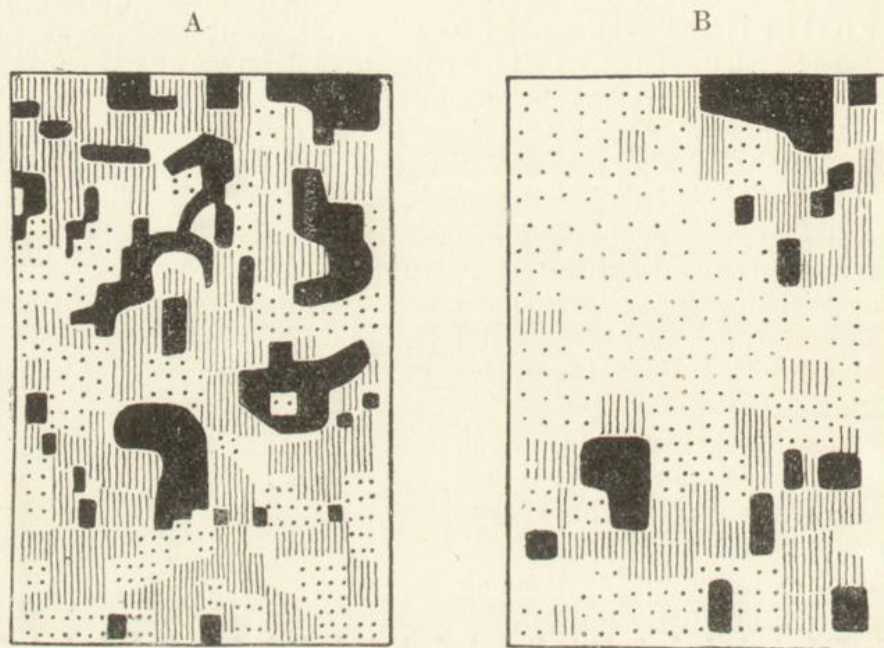


Fig. 31. Topographie des Kältesinnes (A) und des Wärmesinnes (B) an derselben Stelle der Vorderfläche des Oberschenkels, nach GOLDSCHIEDER. Die schwarzen Stellen sind stark, die schraffierten mittelmäßig, die Punkte schwach empfindlich. Die weißen Partien sind unempfindlich für den betreffenden Reiz.

konzentriert sind. In dieser kommen aber auch die BLIXschen **Kälte- und Wärmepunkte** vor, und zwar sind erstere viel zahlreicher als letztere (31). Ihnen müssen spezifische Kälte- und Wärmenerven entsprechen, denn wenn ein Kältepunkt durch eine heiße Nadel gereizt wird, so entsteht die sog. paradoxe Kälteempfindung. Der umgekehrte Versuch der paradoxen Wärmeempfindung ist schwieriger anzustellen, wahrscheinlich weil die Endorgane für Wärme tiefer in der Haut liegen und der kalte Gegenstand daher die oberflächlichen Kälteorgane mitreizt. Die intraepithelialen Nerven sind daher wohl sicher Vermittler der Kälteempfindung, während es noch ganz unsicher ist, welche Organe über die Wärme orientieren. Weiter sind die freien Nervenendigungen bei Fischen und Amphibien chemische Rezeptoren. Wird ein Tropfen einer dünnen Lösung von HCl, NaCl, Chinin oder anderen Stoffen auf ihre Haut gebracht, so machen sie

Fluchtbewegungen. *Ammocoetes* und *Amiurus* reagieren am stärksten hierauf am Kopf, weniger am Schwanz und noch weniger am Rumpf. Bei Amnioten mit starkem Stratum corneum ist diese Reizbarkeit natürlich sehr herabgesetzt und zeigt sich erst bei starken Konzentrationen. Anamnier reagieren hingegen oft sehr fein, *Ammocoetes* z. B. noch auf 1:640 einer normalen HCl-Lösung am Kopf, auf 1:4 am Schwanz und 1:20 am Rumpf (PARKER). Man nennt eine derartige Reizbarkeit den allgemeinen chemischen Sinn im Gegensatz zu den Riech-, Schmeck- und Tastempfindungen. Endlich sind die intraepithelialen Nerven auch die Erreger des gefürchteten **Schmerzgefühls**. v. FREY nahm besondere Schmerznerven an, welche besonders in den oberflächlichen Hautschichten der höheren Tiere liegen sollten, deren Zentren aber unsicher blieben. Diese Auffassung hat erheblichen Widerspruch erfahren durch GOLDSCHIEDER u. a., da das Schmerzgefühl sich nicht scharf von Druck-, Spannungs- und anderen Gefühlen des Menschen abgrenzen läßt und ein Reiz der sog. Schmerzpunkte sehr oft zunächst als Druck und erst beim Stärkerwerden als Schmerz empfunden wird. Danach ist der Schmerz nicht als eine besondere Modalität (s. S. 5), sondern als eine eigenartige Qualität der Tastempfindung anzusehen, für die auch kein besonderes Gehirnzentrum anzunehmen ist, und die eintritt bei starker Reizung der Tastnerven. Sicher ist, daß nur die taktilen Nerven des Menschen schmerzen können. Unser Auge und Ohr können bei zu starker Reizung Unlustgefühle haben, welche aber verschieden sind vom eigentlichen Schmerz. Bei zu grellem Licht, schrillen Tönen, zu hoher Kälte oder Wärme können benachbarte Tastnerven miterregt werden und eine Schmerzempfindung erzeugen, die aber nicht mit dem Opticus, Acusticus, den Kälte- und Wärmenerven zusammenhängt. Mir erscheint die Frage, ob Schmerznerven vorhanden sind oder fehlen, noch nicht spruchreif. Die menschliche Epidermis ist so reich an den verschiedensten Endverzweigungen, daß sehr wohl eine Sorte dieser Anpassung dienen könnte, die als warnendes Signal und als bester Bundesgenosse der Heilkunst vor Ausbruch der Krankheit oder während derselben sich einstellt. Der Schmerz zwingt Mensch und Tier zur Ruhe und Schonung des erkrankten Organs, womit dem natürlichen Heilungsprozeß die Wege geebnet werden. Die Tatsache, daß die Schmerzempfindung aufgehoben sein kann (Analgesie), während Berührung und Temperatur wahrgenommen werden, spricht sehr, wenn auch nicht einwandfrei, für spezifische Schmerznerven; desgleichen die Beobachtung, daß an den Schmerzpunkten der Haut die leichte Berührung mit einer spitzen Nadel sofort Schmerz erzeugt, aber keine Druckempfindung; ferner daß ein Teil der Wangenschleimhaut nur druck-, aber nicht schmerzempfindlich ist. Eine Entscheidung wird sich erzielen lassen durch genaue histologische Untersuchung solcher Hautstellen mit nur einer Empfindlichkeit. Auf 1 qcm menschlicher Haut kommen durchschnittlich für: Wärme 2, Kälte 13, Druck 25, Schmerz 200 Punkte, was für die ganze Haut die Zahlen 30 000, 250 000, 500 000, 4 000 000 ergeben würde. Diese Skala zeigt sehr deutlich, welche Rolle jene Reize bei der Selbsterhaltung spielen. Für die nur selten lebensgefährlich werdende Wärme haben wir, obwohl sie uns so angenehm ist, nur relativ wenige, für den gefürchteten Schmerz sehr viele Hautpunkte.

Die im Corium, Perichondrium und Periost vorkommenden freien, d. h. nicht von einer bindegewebigen Kapsel umhüllten Endverzwei-

gungen sind ebenfalls sehr verschiedenartig, und dieselbe Nervenfasern steht zuweilen mit mehreren differenten Apparaten in Verbindung. Es lassen sich 3 durch Uebergänge verbundene Typen unterscheiden, welche nebeneinander vorkommen können, z. B. alle drei in den Hornpapillen des Vogelmundes und im Bindegewebe der menschlichen Augenmuskeln. Erstens lockere oder dichte, weit oder engmaschige Netze und Schlingenbildungen, die von den Fischen an bis zum Menschen weit verbreitet sind; beim letzteren finden sie sich besonders zwischen den Papillen der Epidermis und geben in diese Seitenäste ab. Zweitens Endbäumchen (32), deren feinste Ausläufer häufig wieder Netze bilden. Sie breiten sich vielfach subepithelial aus, z. B. in sehr großer Zahl im menschlichen Nagelbett, kommen aber auch in der Knorpel- und Knochenhaut vor. Drittens Endknäuel, deren marklose Fäden aus einer oder aus mehreren markhaltigen Nervenfasern hervorgehen. Sie werden namentlich im Corium der nackten, nicht mit Schuppen, Federn oder Haaren bedeckten Haut der Wirbeltiere beobachtet. Beim Menschen liegen sie in den Coriumpapillen und als langgestreckte sog.



Fig. 32. Komplizierte, schief zur Hautoberfläche gestreckte Endbäumchen aus der tieferen Coriumschicht der Katzennase, hervorgegangen aus einer dicken markhaltigen Nervenfasern. Methylenblaupräparat. Nach BOTEZAT.

RUFFINISCHE Körperchen (33) in der tieferen Lederhaut und in der Unterhaut. Man hat sie ohne zwingenden Beweis als Wärmerezeptoren gedeutet, was schon wegen ihrer tiefen Lage sehr unwahrscheinlich ist. Vermutlich vermitteln sie das Gefühl für Zerrungen, Dehnungen und ähnliche mechanische Reize.

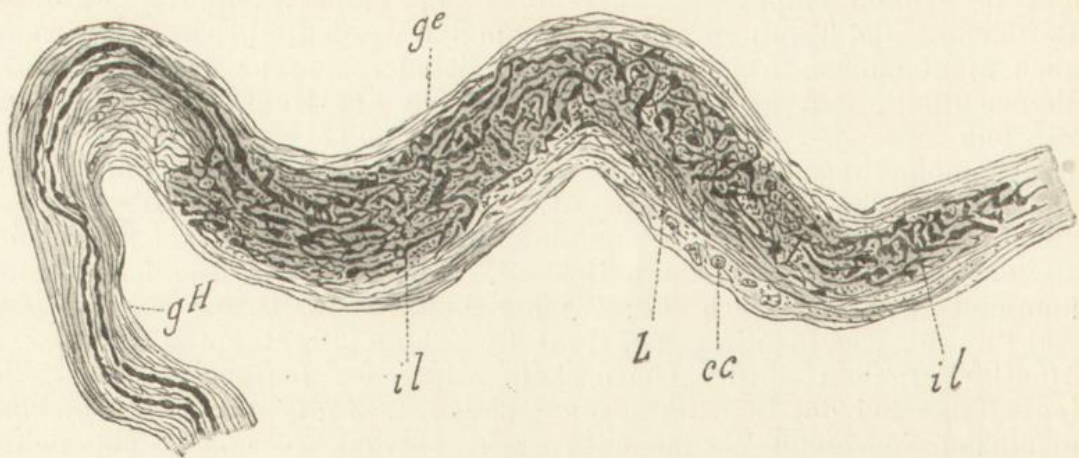


Fig. 33. RUFFINISCHES Körperchen nach RUFFINI. *gH* bindegewebige Hülle des Nerven (HENLESche Scheide). Sie setzt sich fort in die bindegewebige, nach außen nicht scharf abgesetzte Hülle (*ge*) des Knäuels. *L* deren Stützsubstanz, *cc* deren Kern, *il* Nervenendgeflecht.

2. Kapsuläre zellfreie Tastkörperchen (34—37). Werden die im Bindegewebe liegenden Endverzweigungen von einer lamellosen bindegewebigen Kapsel umhüllt, so entstehen Tastkörperchen, welche von den eben beschriebenen Apparaten nicht prinzipiell verschieden, aber nach außen gut abgegrenzt sind. Sie können Seitenzweige abgeben, welche wieder in freie Endnetze auslaufen. Da besondere Tastzellen in ihnen fehlen, nennen wir sie zellfreie Tastkörperchen. Es scheint, daß alle diese Organe von einer dicken zentralen Hauptfaser und einer dünneren Nebenfaser, welche mit einem korbartigen Geflecht jene umschließt, gebildet werden (34, 35 n^1 , n^2). Ueber den Zweck dieser Einrichtung siehe weiter unten. Die Bezeichnung „Endkolben“

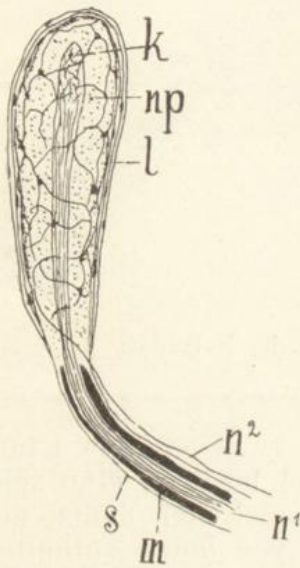


Fig. 34.

Fig. 34. Schema des KRAUSEschen Endkolbens, Fig. 35 des PACINischen Körperchens. Orig. kombiniert nach verschiedenen Autoren. *k* Endkolben der Hauptnervenfaser n^1 , *np* deren Neuroplasma, n^2 Nebenfaser, welche das Neuroplasma korbartig umfaßt, *m* Myelin, *l* bindegewebige Lamellen, deren Zahl im PACINischen Körperchen zu gering angegeben ist, *s* SCHWANNsche Scheide.

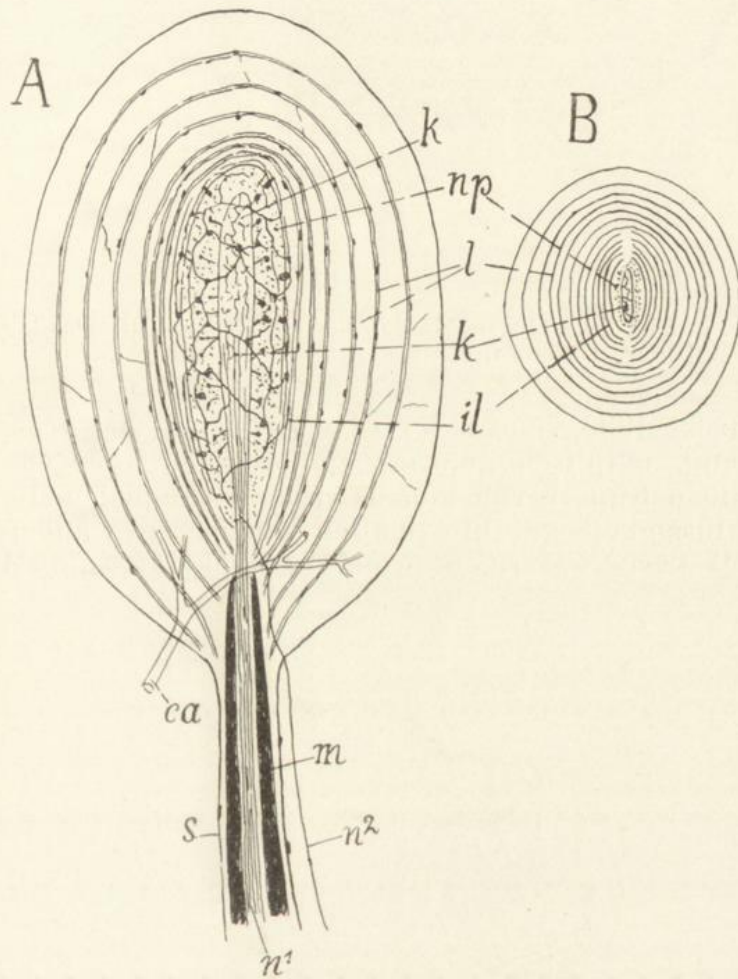


Fig. 35.

trifft nur auf die einfacheren hierher gehörigen Organe zu. Es lassen sich 5 Typen unterscheiden, deren physiologische Bedeutung noch unklar ist, und die sich morphologisch nicht scharf voneinander unterscheiden, da Uebergänge vorkommen.

Die **KRAUSEschen Endkolben** (34) aus dem Bindegewebe der Lippen, der Zunge, der Milchdrüse, der Conjunctiva der Säuger sind klein, langgestreckt und haben nur eine dünne Kapsel. Das kolbig verdickte Ende des Nerven besteht aus einem sehr engen Neurofibrillennetzwerk und wird umgeben von körnigem Neuroplasma, um

das sich das varicöse Flechtwerk der Nebenfaser ausbreitet. Im Corium der Schweineschnauze sind diese Gebilde sehr lang und wellenförmig gebogen. Die **VATER-PACINISCHEN (35) Tast- oder Lamellenkörperchen** der Säuger (zuerst gefunden 1741 von dem Wittenberger Anatomen A. VATER bei der Präparation der Fingernerven, neu ent-

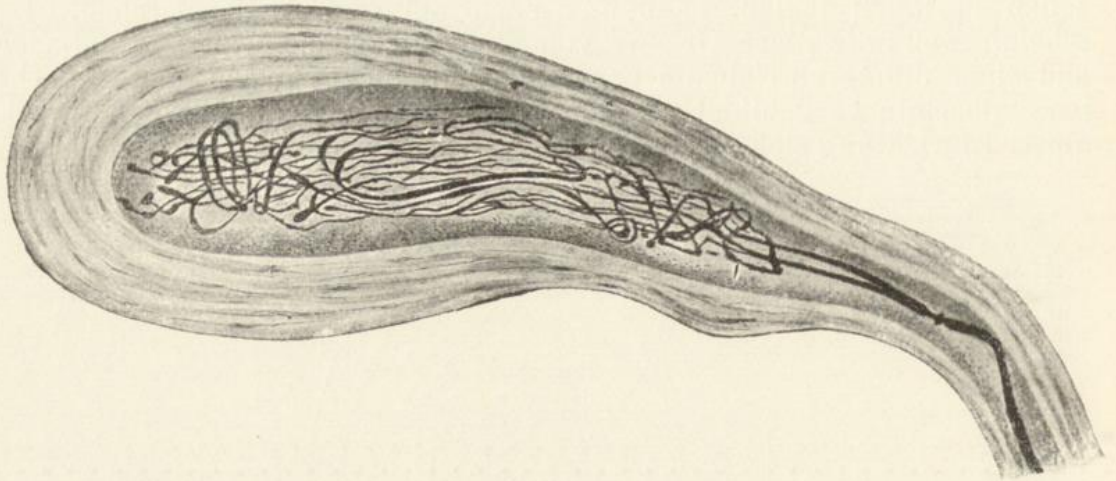


Fig. 36. GOLGI-MAZZONISCHES Körperchen. Das Gitter der Nebenfaser ist nicht gezeichnet. Aus LUCIANI.

deckt 1836 von FILIPPO PACINI) sind viel größer, zuweilen über 1 mm lang, elliptisch geformt, gerade oder gebogen und besitzen eine sehr dicke Kapsel von konzentrischen Doppellamellen, zwischen denen mit Flüssigkeit gefüllte Spalten liegen. Die äußeren von ihnen enthalten elastische Fasern, während die innersten ca. 6 Lamellen aus je 2 Doppel-

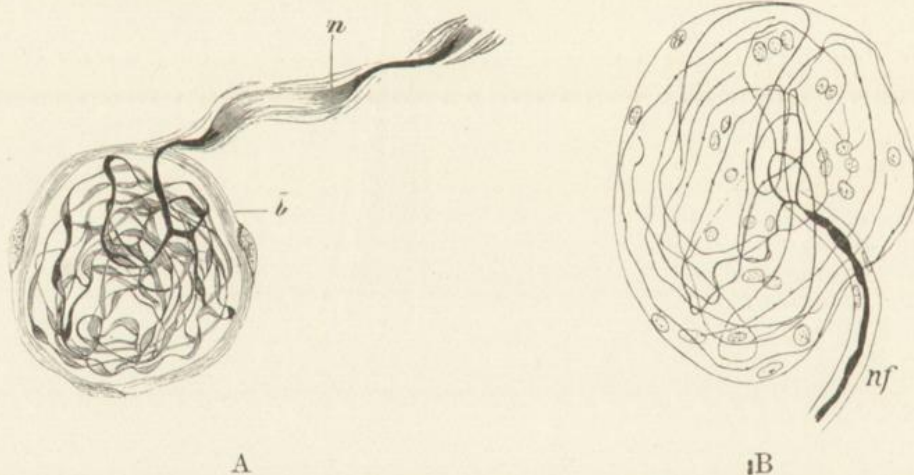


Fig. 37. A GOLGI-MAZZONISCHES Körperchen aus dem Randteil der Conjunctiva des Menschen, aus WIEDERSHEIM. *n* Nervenfasern, *b* bindegewebige Hülle. B Terminalkörperchen aus der Brustflosse von *Scyllium*, nach WUNDERER. *nf* Nervenfasern.

blättern bestehen, welche die Breitseite des Kolbens umgreifen und in der Kantenfläche zusammenstoßen. Der Achsenfaden schwillt keulenförmig an und trägt viele kleine gestielte Knöpfchen, welche in dem umgebenden Neuroplasma liegen. Die Nebenfaser (n^2) umgibt den ganzen Innenkolben mit einem varicösen Gitter. In die Basis des

Körperchens dringen Blutkapillaren. Charakteristisch ist ferner ihre tiefe Lage in der inneren Coriumschicht, in der Subcutis, den Mesenterien, dem Peritoneum, der Pleura, den Sehnen, den Gelenkkapseln und im Periost. Sie sind bis jetzt nur von Säugern sicher nachgewiesen worden. Wir verdanken ihnen und den Tastorganen in der Haut die Fähigkeit, auch bei geschlossenen Augen über die Lage jedes Gliedes orientiert zu sein; in den inneren Organen sind sie wohl in erster Linie Krankheitsindikatoren, ähnlich den Schmerznerven der Haut, denn es hat sich bei Operationen feststellen lassen, daß sie im Peritoneum des Menschen gegen Druck und Berührung mit heißen oder sehr kalten Instrumenten unempfindlich sind. In den Mesenterien der Katze schmiegen sie sich den größeren Blutgefäßen so eng an, daß sie wahrscheinlich den Blutdruck regulieren. Bei den beiden folgenden Organen handelt es sich um kapsuläre knäueiförmige Endorgane. Die **GOLGI-MAZZONISCHEN Körperchen** (36) sind kugelige bis langgestreckte Knäuel einer Hauptfaser und einer äußeren dünnen Nebenfaser, welche in einigem Abstände von einer mäßig dicken Kapsel eingeschlossen sind. Sie haben, abgesehen von der Kapsel, große Aehnlichkeit mit den RUFFINISCHEN Knäueln. Sie finden sich im Corium der Subcutis, der Conjunctiva (37 A), dem Peritoneum des Menschen, ferner auch in der Rinderschnauze. In der Literatur werden diese Gebilde zuweilen als „vereinfachte oder als modifizierte PACINISCHE Körperchen“ bezeichnet. Dünner ist die Kapsel der rundlichen **Genitalkörperchen** aus dem Corium der Glans penis, welche als Wollustorgane anzusehen sind. Auch hier verknäueln sich eine Haupt- und eine Nebenfaser. Bei den **Terminalkörperchen der Haie**, welche im Bindegewebe der Flossen neben den Knorpelradien und Hornstrahlen liegen (37 B), kann man kaum von einer Kapsel sprechen, sondern der Knäuel wird zusammengehalten von einem bindegewebigen protoplasmatischen Netzwerk, in dessen größeren Knotenpunkten 1 oder 2 Kerne liegen. Die Nervenfasern legen sich ihm eng an und werden von ihm umhüllt. Das ganze Körperchen wird also hier von Bindegewebe durchsetzt. Diese Endorgane schwanken zwischen 50—720 μ Länge und haben eine kugelige, ovale, birnförmige oder auch unregelmäßige Gestalt. Sie sind die einzigen Tastkörper unter den Anamniern, welche bis jetzt mit Sicherheit nachgewiesen sind.

3. Tastorgane mit Tastzellen. Bei vielen anderen Tastorganen schmiegen sich die Endapparate an eine Sinneszelle, die sog. MERKELSCHE Tastzelle. Diese nimmt also den Reiz zunächst auf und überträgt ihn auf eine oder mehrere Nervenfasern. Die Endapparate entstehen dadurch, daß eine Faser unter Verlust der Markscheide und des SCHWANNschen Neurilemms an die Zelle herantritt und entweder mit einer knopfförmigen Verdickung (39) in sie eintritt oder sie netzartig umspinnt (40, 44) oder ein flaches Geflecht (Tastscheibe, Meniscus) erzeugt, das sich schalenförmig an die Zelle, zuweilen auch gleichzeitig an eine zweite, anlegt (41). Sehr häufig wird eine Tastzelle doppelt innerviert, indem eine dicke Hauptfaser an einer Tastscheibe endet, während eine zarte Nebenfaser sie korbartig umspinnt. Die Tastzellen liegen bei *Hatteria*, Schildkröten und Säugern in der Basalschicht der Epidermis, sind also ectodermalen Ursprungs. Hierin prägt sich ein primitiver Zustand aus, der dadurch entstanden sein wird, daß die intraepithelialen Nervenfasern gewisse Zellen dicht umspannen. Auf höherer phyletischer Stufe rückten diese Zellen in die

obere Coriumschicht, so bei Amphibien, Reptilien (43), Vögeln (40) und Säugern, wobei sie vielfach zu komplizierten Apparaten wurden, indem mehrere bis viele Tastzellen eng zusammentraten und von einer bindegewebigen Kapsel umhüllt wurden (47, 48). Sie kamen hierdurch in eine geschütztere Lage und wurden unabhängig von den durch das Abwerfen des Stratum corneum bedingten Regenerationsprozessen der Epidermis. Je tiefer der Apparat verlagert wird, desto schwerer gelangen die Tastreize bis zu ihm. Diese Einbuße an Empfindlichkeit wird ausgeglichen durch die Zahl der Tastzellen und dadurch, daß die Organe meist in der oberflächlichsten Coriumschicht liegen.

Die Apparate mit Tastzellen zerfallen demnach in
epidermale: 1) einzelne Tastzellen; 2) gehäufte Tastzellen;
coriale: 1) einzelne freie Tastzellen; 2) Gruppen von freien
Tastzellen; 3) Gruppen von Tastzellen in einer bindegewebigen
Kapsel.

Selbst wenn die corialen Tastzellen ontogenetisch zuweilen nicht mehr aus dem Ectoderm, sondern auf dem abgekürzten Wege aus dem Mesoderm entstehen sollten, wie dies für die GRANDRYschen Körperchen angegeben wird, ist der phylogenetische Verlauf offensichtlich.

I. Epidermale Tastkörper mit Tastzellen. Die letzteren werden nach ihrem Entdecker „MERKELSche Tastzellen“ genannt und die einzeln liegenden als einfache bezeichnet. Sie finden sich bei Schildkröten

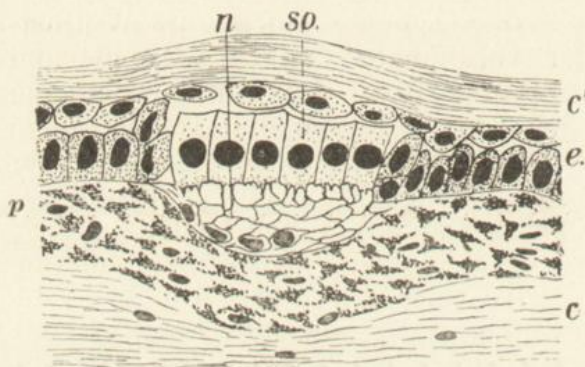


Fig. 38. Senkrechter Schnitt durch einen Tastfleck auf einer Körperschuppe von *Hatteria*, nach MAURER. *c* Corium, *c'* Strat. corneum, *so* Tastzellen der basalen Epidermisschicht, *n* Nervenetz darunter mit verästelten Zellen, *p* Pigmentschicht des Coriums, *e* Epidermis.

im Epithel der Zunge, wo sie angeblich nur von einer Nervenfasern versorgt werden, während in der Epidermis 2 Nerven an sie herantreten. Bei *Hatteria* (38) liegen mehrere solche Zellen in der untersten Schicht der Epidermis nach Art einer Sinnesknospe nebeneinander und bilden einen hellen „Tastfleck“, von denen 2–4 am Hinterrande jeder Schuppe angetroffen werden. Die Innervierung ist noch nicht genau erforscht. Die Säuger zeigen einfache Tastzellen sehr häufig in den untersten Epi-

dermisschichten empfindlicher Körperstellen (Finger- und Zungenspitze, Gaumen), selten treten sie paarweise an einer Tastscheibe auf. Man findet sie einzeln oder mehrere dicht nebeneinander. Sie besitzen eine Haupt- und eine Nebenfaser, und die letztere kann mit Seitenästen in die umgebenden Zellen ausstrahlen. In großen Mengen finden wir einfache Tastzellen in der äußeren Wurzelscheide der Tasthaare (I, 276, S. 302), wo sie deren große Empfindlichkeit bedingen. Bei dem im übrigen sehr primitiven Borstenigel, *Centetes ecaudatus*, sind sie merkwürdigerweise am Naseneingange schon ins Corium gerückt, wo sie sich zu großen Gruppen anhäufen. Die Nervenfasern legt sich nicht scheibenförmig an die Zelle an, sondern umhüllt sie allseitig mit einem dichten Geflecht. Zu besonderer Höhe haben sich die Epithelzellen entwickelt in den sog. **EIMERSchen Organen** (39) der

Maulwurfsschnauze, deren Oberfläche für das bloße Auge dicht mit ca. 5000 Körnern bedeckt ist. Die Zellen bilden hier innerhalb der Epidermis zylindrische Körper, in deren Achse 1—3 dicke, meist unverzweigte Nervenfasern zickzackförmig verlaufen, während zahlreiche dünne und häufig verästelte Randfasern sie von außen umgeben. Beide gehen von demselben subepithelialen Nervenplexus aus, können also nicht als Haupt- und Nebenfaser gedeutet werden. Sie bilden Knöpfchen von feinsten Fibrillenbüscheln, welche tief in die Zellen eindringen, und zwar häufig mehrere in dieselbe Zelle, und nach außen zu größer werden. Die Entstehung dieser Sinneszellen aus gewöhnlichen Epithelzellen tritt hier deutlich hervor. Unter jedem Organ liegen 1—2 KRAUSESche Endkolben und zwischen den basalen Epithel-



Fig. 39. EIMERSches Organ aus der Schnauzenspitze des Maulwurfs, nach BIELSCHOWSKY. A Medianschnitt. Die dickere Axialfaser und die MERKELSchen Tastzellen zwischen den basalen Epidermiszellen sind nur undeutlich zu sehen. Im Corium ein KRAUSEScher Endkolben. B Querschnitt mit geschlängelter Axialfaser und zahlreichen Randfasern.

zellen mehrere MERKELSche Tastzellen. Dazu kommen noch viele Tausende von intraepithelialen Nervenfasern zwischen den EIMERSchen Organen. An Stelle des rudimentären Auges ist also die Schnauze als hochentwickelter Orientierungsapparat getreten, der wohl außer Druck auch Temperatur und Feuchtigkeit wahrnimmt.

II. Coriale Tastkörper mit Tastzellen. Tastzellen, die einzeln oder in Gruppen frei im Bindegewebe, und zwar meist dicht unter der Epithelgrenze liegen, sind bei Amphibien, Reptilien und Vögeln weit verbreitet, während sie bei Säugern, wie erwähnt, nur selten (*Centetes*) vorkommen. Die frei im Corium liegenden **MERKELSchen Tastzellen** zeigen die charakteristischen Verhältnisse am deutlichsten

(40); derselbe Nerv kann mehrere Tastzellen versorgen, die dann in einer Gruppe zusammenliegen, wobei dieselbe Tastscheibe sich zuweilen zwischen 2 Zellen legt (41). Die Scheibe wird gebildet von einem engmaschigen fibrillären Netzwerk (40 *ts*), welches von etwas Neuroplasma umgeben wird. Die Zelle selbst (*me*) hat einen großen, häufig acentrischen Kern und ihr Plasma enthält oft gröbere Körner und Tropfen. Das Korbgeflecht der Nebenfaser *n*² ist locker und kann von mehreren Fasern gebildet werden. Seine Elemente sind zuweilen ungleich dick und stets durchsetzt von Varicositäten. Ich halte dieses äußere Netzwerk für eine Einrichtung zur Summierung der Reize, indem die in das benachbarte Gewebe ausstrahlenden Ausläufer ebenfalls gereizt werden und ihre Erregungen auf die Tastzelle übertragen. In den Mundhöhlenpapillen des Sperlings können zwei verschiedene Menisken durch eine Faser verbunden sein, und es kommt vor, daß dieselbe Zelle von 2 Tastscheiben umgriffen wird.

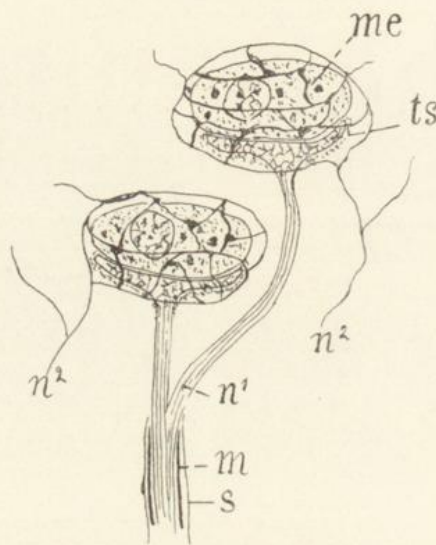


Fig. 40.

Fig. 40. Schema einer MERKELschen Tastzelle aus dem Corium der Mundpapillen des Sperlings. Orig. nach den Angaben von BOTEZAT. *m* Markscheide, *me* MERKELsche Zelle, *n*¹ Hauptfaser, *n*² Nebenfaser, *s* SCHWANNsche Scheide, *ts* Tastscheibe.

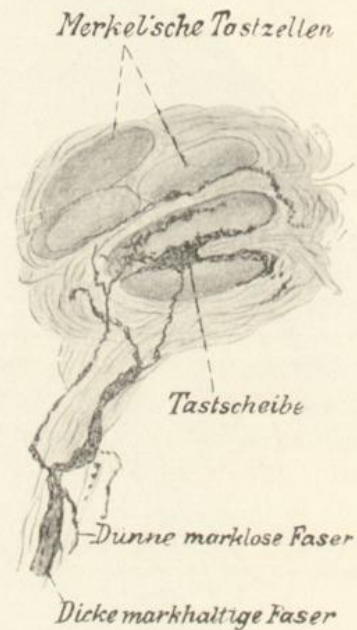


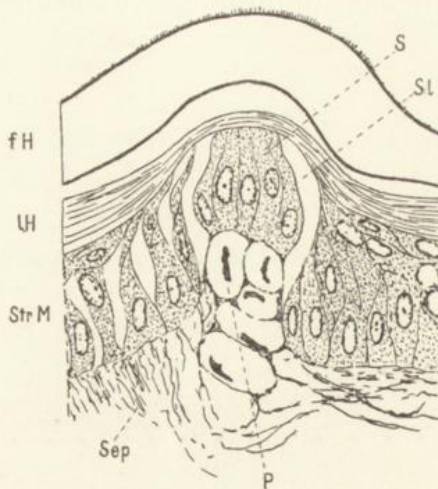
Fig. 41.

Fig. 41. Gruppe von Tastzellen aus dem Gaumen des Haushuhns. Nach BOTEZAT.

Auch hierin sehe ich Mittel zur Reizverstärkung. Sollte sich freilich herausstellen, daß das äußere Netzwerk zum Sympathicus gehört, so läge eine Art Wechselsinnesorgan vor (s. S. 4). Solche coriale Gruppen können sich äußerlich als Tastflecke abheben. Bei *Rana* sind es kleine dunkle makroskopisch sichtbare Flecke an der Fußsohle, am Rücken und besonders an den Hinterextremitäten. Die größeren springen als kleine Erhebungen vor. Sie enthalten bald wenige, bald viele Tastzellen, und die ganze Gruppe wird von Pigment umhüllt. Bei den Schlangen treten sie uns entgegen als 2 helle Flecke mit verdünntem Stratum corneum in der Nähe des Hinterrandes der Schuppe, unter denen eine Gruppe freier Tastzellen liegt. Die Epidermiszellen zeigen nichts Besonderes, nur bei *Acrochordus* (42) nehmen sie den Charakter einer Sinnesknospe an. In der Zunge der Krokodile wird der Haufen von Tastzellen um-

geben von einem dichten Schlingenwerk von Nervenfasern. Die Krokodile leiten weiter über zu den **kapsulären Tastkörpern** mit Tastzellen. Man erkennt schon mit bloßem Auge auf den Schuppen der Kiefer und des Bauches kleine braune Flecke in Einzahl oder 5–8 in einer Reihe. Die Hornschicht ist auf ein Minimum reduziert (43), und darunter liegen säulenförmige Körperchen, die aus mehreren übereinanderliegenden Tastzellen bestehen und von einer dünnen

Fig. 42. Schnitt durch ein Sinnesorgan der Oberlippenschuppe der Schlange *Acrochordus javanicus* nach SCHMIDT. *fH*, *lH* feste und lockere Hornschicht, *StrM* Stratum Malpighii, *S* Epithelialer Teil des Sinnesorgans, *Sl* Schrumpflücken, *P* Cutispapille mit Tastzellen, *Sep* subepitheliale Cutis.



Bindegewebsschicht umhüllt werden, aber noch ohne scharfe Abgrenzung gegen die Umgebung sind. Die **GRANDRYSchen Körperchen** aus der Zunge und Schnabelspitze der Schnepfen, Enten und der Wachshaut

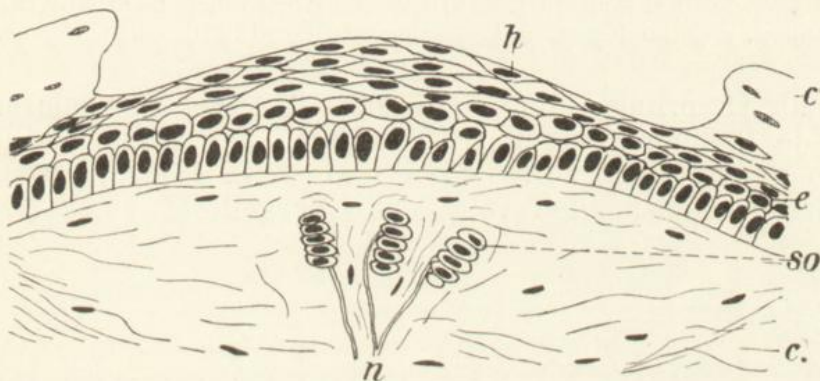


Fig. 43. Schnitt durch den Tastfleck eines jungen Krokodils, nach MAURER. *c* Cutis, *c'* Strat. corneum, *h* Kuppe des Epidermiskegels mit schwacher Verhornung, *so* Tastkörperchen, *e* Epidermis, *n* Nerv.

des Eulenschnabels vereinigen meist 2, zuweilen noch mehr (bis 7) übereinanderliegende Tastzellen innerhalb einer dünnen Kapsel (44). Sie sind ausgezeichnet durch eine fibrilläre Struktur des Protoplasmas (45). Der zentrale, den großen Kern umschließende Teil der Zelle erscheint dunkel, und die Fibrillen verlaufen hier im Bogen mit der Konvexität gegen den Kern. Der periphere Teil ist heller und zeigt die Fibrillen

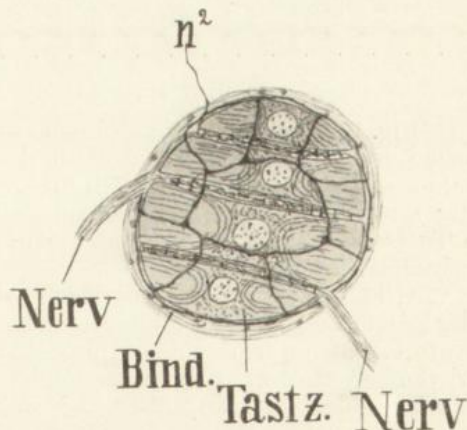


Fig. 44. GRANDRYSches Tastkörperchen aus der Entenzunge, nach SZYMONOWICZ, verändert. *Bind* bindegewebige Hülle, *n²* Nebenfaser, *Tastz* Tastzellen.

in radiärer Anordnung. Diese Fibrillen färben sich ebenso wie diejenigen der Epithelzellen, was für die ectodermale Herkunft der Tastzellen spricht; auch hängen sie wie diese durch Interzellularbrücken untereinander zusammen. Von SZYMONOWICZ wird aber der

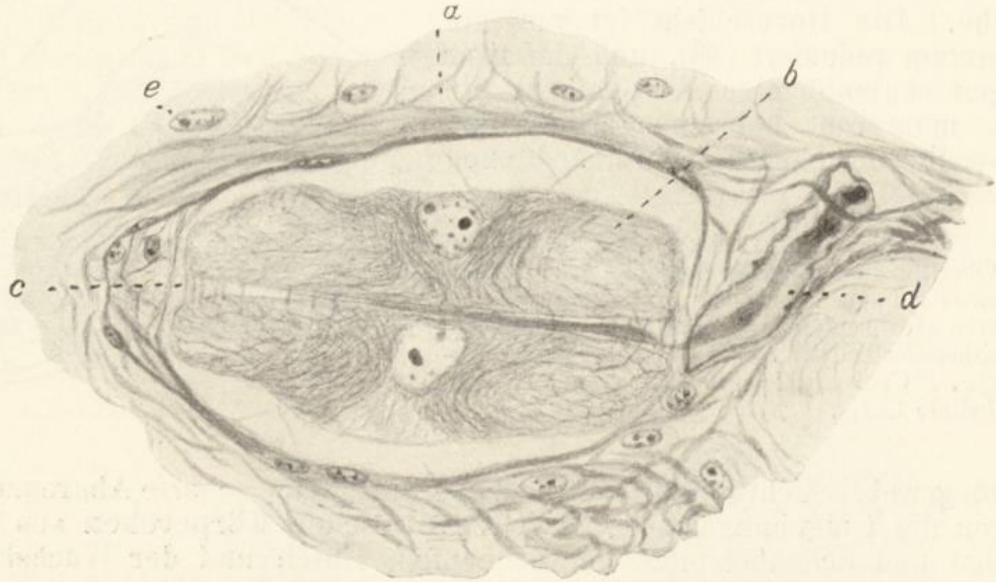


Fig. 45. Schnitt durch ein GRANDRY'sches Körperchen nach NOWIK. *a* bindegewebige Kapsel, *e* deren Kerne, *b* Tastzelle, *c* Interzellularbrücken, *d* Nervenfasern.

mesodermale Ursprung betont. Die ein oder zwei Nervenfasern bilden zwischen je 2 Zellen eine fibrillärmaschige Tastscheibe (46). In den Zellen kommen NISSLSche Schollen (vgl. I, S. 44) vor. Das Gebilde wird außerdem umspunnen von dem Korbgeflecht einer Nebenfaser.



Fig. 46.

Fig. 46. Tastscheibe aus einem GRANDRY'schen Körperchen der Wachshaut des Entenschnabels nach VAN DE VELDE. *a* Kerne der bindegewebigen Kapsel, *b* Achsenzylinder, *c* Tastzelle, deren Kern in der Mitte durchschimmert.

Fig. 47. HERBST'sches Körperchen aus der Entenzunge, Orig. kombiniert nach mehreren Autoren, *bi* bindegewebige Hülle, *el* Hülle aus wirren elastischen Fasern, *k* Endkolben, *m* Markscheide, *n*¹ Hauptfaser, *n*² Nebenfaser, *np* Neuroplasma.

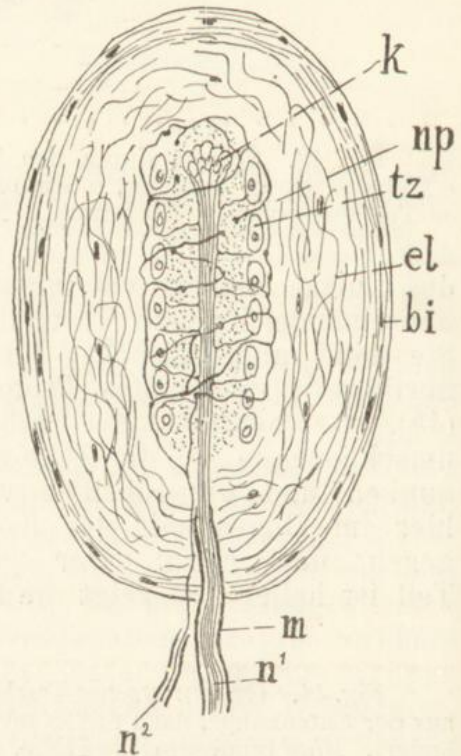


Fig. 47.

Auf noch höherer Stufe stehen die **HERBSTschen Körperchen** (47), welche in der Haut, Zunge, Schnabelspitze, Bürzeldrüse, dem Gaumen und zwischen gewissen Muskeln der Vögel vorkommen. Bei ihnen ordnen sich die Tastzellen (tx) in 2 Zellreihen an der Außenwand eines zylindrischen „Innenkolbens“ an, welcher aus Neuroplasma (np) und einer zentralen Achsenfaser besteht. Die Fibrillen derselben bilden am angeschwollenen Ende ein Geflecht und geben vorher einige kurze Seitenäste zu den Tastzellen ab. Eine Nebenfaser (n^2) bildet wieder um diese ein varicöses weitmaschiges Gitterwerk. Die dicke Hülle

wird verschieden geschildert; es scheint, daß sie zum größten Teil aus einem wirren Geflecht dünner elastischer Fasern mit eingestreuten vereinzelt Bindegewebszellen sich

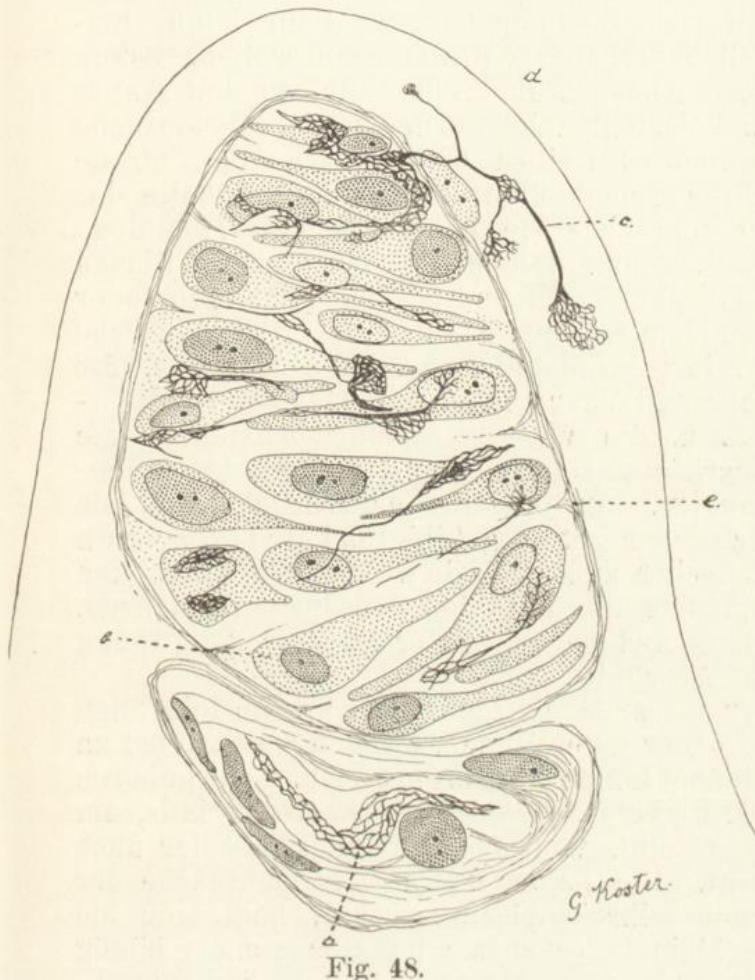


Fig. 48.

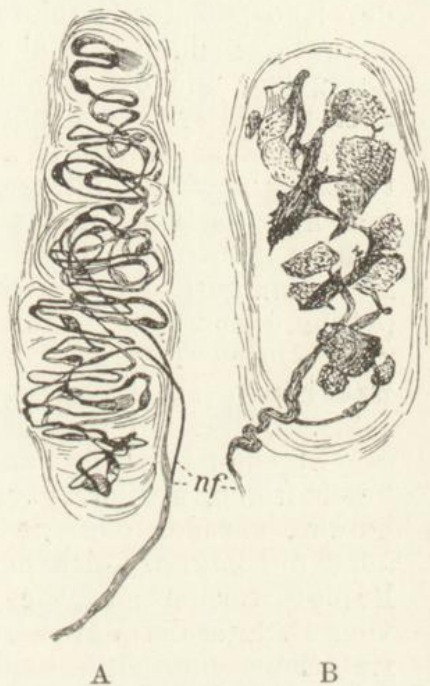


Fig. 49.

Fig. 48. Längsschnitt durch ein MEISSNERSches Tastkörperchen aus der Hand des Menschen, nach VAN DE VELDE. *a* bandförmige Verbreiterung der eintretenden Achsenfaser, *b* Tastzellen, *c* äußere Endausläufer, *d* Epidermis, *e* bindegewebige Kapsel.

Fig. 49. MEISSNERSche Tastkörperchen nach DOGIEL. A typisch, B mit stark verbreiterten Endnetzen.

aufbaut, das nach außen von einer Schicht bindegewebiger Lamellen mit vielen Kernen umhüllt wird.

Ähnliche Apparate sind die bis jetzt nur bei Primaten beobachteten **MEISSNERSchen Tastkörperchen**, welche beim Menschen durch ihre oberflächliche Lage in den Coriumpapillen der Hohlhand, der Fußsohle und der Geschlechtsorgane als wichtigste Tastapparate weit verbreitet sind (48, 49). Unter einer dünnen bindegewebigen Hülle liegen zahlreiche Tastzellen in querrer Anordnung, so daß ihre Hauptachse senkrecht auf derjenigen des spindelförmigen, 70–180 μ langen Körper-

chens steht. Ein oder mehrere Nervenfasern, darunter eine Haupt- und eine Nebenfaser, treten in das Organ ein und verknäueln sich nach Verlust ihrer Markscheide stark querspiralig zwischen den Zellen, an welche sie sich mit scheibenförmigen, zuweilen sehr breiten Retikularen anlehnen.

4. Die nichtlateralen Sinnesknospen der Fische. In der Haut der Fische treten vielfach Sinnesknospen auf, welche sehr an ähnliche Bildungen mancher Wirbellosen (5) erinnern. Es sind Gruppen von Sinneszellen mit Stiftchen in einschichtiger Anordnung, welche die Epidermis durchsetzen, aber zum Unterschied von den Evertebraten aus sekundären Sinneszellen sich zusammensetzen. Sehr häufig umgibt ein Mantel von Stützzellen (52) die zentralen Sinneszellen. Schon der *Amphioxus* besitzt solche Knospen in großer Zahl an den Mundcirren, dem Velum und den Velartentakeln, an denen sie als deutliche Erhebungen vorspringen, wobei es freilich noch unsicher ist, ob sie aus primären oder sekundären Sinneszellen bestehen. Ich halte das erstere für wahrscheinlicher und sehe sie daher nicht als Homologa der Knospen der Cranioten an. Unter den letzteren hat man 2 Sorten zu unterscheiden, die aber morphologisch und physiologisch ineinander übergehen und oft schwer zu trennen sind: 1) die lateralen, welche zum Lateralsystem gehören, in bestimmten Längslinien auftreten, die durch den Verlauf des Facialis und Vagus bedingt werden, und „rheotaktisch“ funktionieren, d. h. die Wasserströmung beurteilen; sie liegen selten frei an der Oberfläche, sondern meist eingesenkt in Vertiefungen, Rinnen oder Kanälen. In phyletischer Hinsicht sind sie zuerst aufgetreten, finden sich schon gut ausgebildet bei *Petromyzon* (61) und kommen bei allen Fischen und wasserbewohnenden Amphibien vor. Durch Teilung können sich die lateralen Knospen vermehren, was häufig zu Gruppenbildung und verschleierter linearer Anordnung führt. Näheres im nächsten Abschnitt.

2) Die nichtlateralen Knospen, mit denen wir uns im folgenden beschäftigen, stehen außerhalb der Laterallinien, können aber selbst zu kurzen, geraden oder gebogenen Linien angeordnet sein. Sie gehören am Kopf zum Bereich des Trigemini, vielleicht auch des Facialis, am Rumpf werden sie, wie es scheint, von den Spinalnerven oder auch vom R. lateralis VII versorgt. Sie liegen frei an der Oberfläche der Epidermis und sind bald nur mikroskopisch sichtbar, bald sind sie schon mit bloßem Auge als kleine Fleckchen oder Höckerchen, häufig mit zentraler Vertiefung (daher auch „Becherorgane“ genannt), wahrzunehmen. In phyletischer Beziehung halte ich sie für jüngere Bildungen, denn sie fehlen noch den Cyclostomen und Selachiern, finden sich aber bei Ganoiden und ganz besonders zahlreich bei Teleosteen, wo sie häufig in großer Zahl am Kopf, namentlich an den Lippen, Barteln und Wangen, und auf den Schuppen (I, 181, S. 295) und Flossen auftreten. Schon aus diesem Grunde kann ich mich mit der MAURERschen Hypothese nicht befreunden, nach der die Haare der Säuger aus ihnen hervorgegangen sind (vgl. I, S. 311), denn Knochenfische und Säuger stehen in keinem phyletischen Zusammenhang; jedenfalls darf die Ubiquität der Teleosteerknospen, die auf einer Schuppe zahlreich und in verschiedenen Größen und Formen sitzen können, nicht zugunsten dieser Auffassung herangezogen werden. Die Knospen der Amphibien scheinen alle zum lateralen System zu gehören, dem sie in den Fällen einfacher Anordnung sich leicht einfügen.

Bei den Knochenfischen werden „Sinnesknospen“ (51), welche nur Sinneszellen enthalten, und „Sinneshügel“ (52) unterschieden, deren birnförmige zentrale Sinneszellen außen von fadenförmigen Stütz-

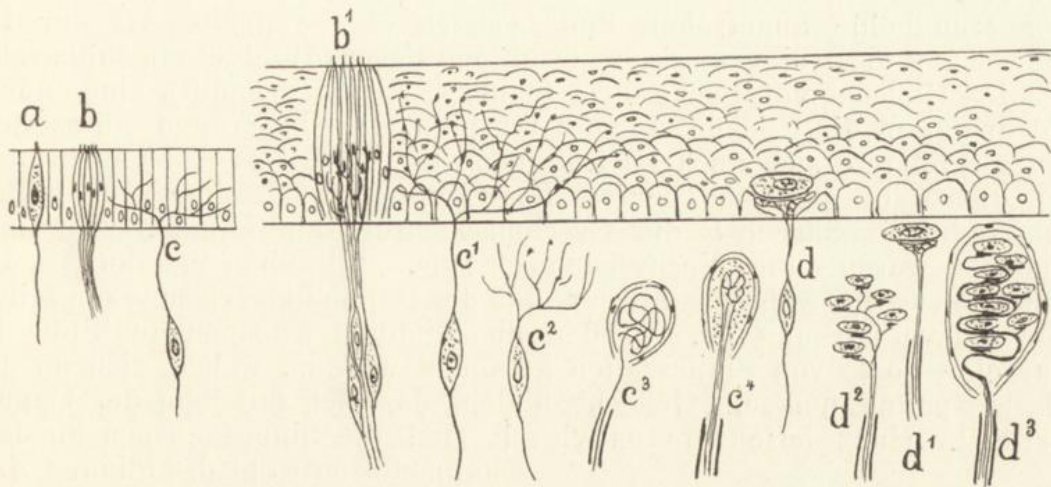


Fig. 50. Schemata der Hautsinnesorgane der Wirbeltiere. *a*—*c* Acranier mit primären Sinneszellen, *a* einzelne Sinneszelle, *b* Knospe, *c* freie epitheliale Nervenendigungen, *b*¹—*d*³ Cranioten mit sekundären Sinneszellen, *b*¹ Knospe, *c*¹ freie Endigung in der Epidermis, *c*² im Corium, *c*³ eingekapseltes Knäuelkörperchen (GOLGI-MAZZONI), *c*⁴ Sinneskolben (KRAUSE), *d* epitheliale Tastzelle (MERKEL), *d*¹ freie subepitheliale Tastzelle, *d*² Gruppe solcher Zellen, *d*³ eingekapselte Gruppe (MEISSNER).

zellen umgeben werden. Da Uebergänge zwischen den Hügel und Knospen vorkommen, werden wir beide wegen ihrer Gestalt einfach als „Knospen“ zusammenfassen. Auch von den weiter unten behandelten

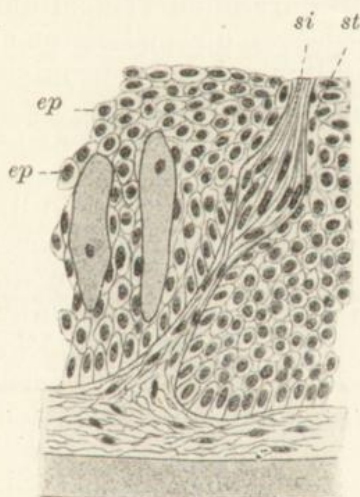


Fig. 51.

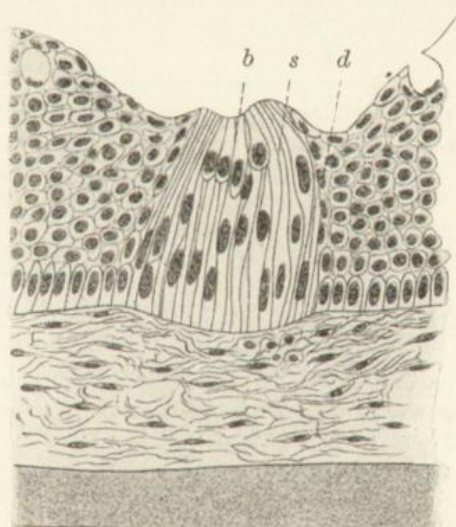


Fig. 52.

Fig. 51 Sinnesknospe, Fig. 52 Sinneshügel von einer Schuppe von *Barbus fluviatilis* nach MAURER. *ep* Epidermis, *si* Sinneszellen, *st* Stützzellen, *b* birnförmige Sinneszelle, *s* Stützzellen, *d* Deckzellen.

„Endplatten“ der Seitenorgane lassen sie sich histologisch nicht scharf trennen. Wahrscheinlich sind diese Epithelknospen nicht bloß taktische, sondern zum Teil auch chemische Sinnesorgane, welche der

Geschmacksempfindung dienen; wenigstens beweisen Versuche mit *Amiurus*, daß dieser Wels mit seinen Bartfäden schmecken kann und mit den Sinnesknospen des Rumpfes, die vom R. lateralis VII versorgt werden. Sie werden nämlich häufig an den Lippen, Barteln und in der Mundhöhle angetroffen und besitzen eine doppelte Art der Innervierung (53): eine marklos gewordene Faser (a) bildet ein subbasales dichtes Geflecht von Becherform (daher Cupula genannt), eine andere (b) dringt in die Knospe ein und umspinnt die Sinnes- und Stützzellen. Da die letztere sich auch im Epithel zwischen den Knospen ausbreitet, so dient sie vielleicht der Tast-, eventuell auch der Temperaturempfindung, während a die Geschmacksfaser sein könnte. Die Endknospen wären dann Wechselsinnesorgane. Wie oben erwähnt (S. 18) halte ich es für wahrscheinlicher, daß die Doppelinnervierung ein Mittel zur Reizverstärkung ist. In den abgebildeten Knospen des Störs ist nur eine Sorte von Sinneszellen gefunden worden, welche sich an der Basis spalten und ein Geflecht bilden, das sich mit dem der Cupula berührt. Ganz besonders entwickelt sind die Sinnesknospen an dem



Fig. 53. Endknospen aus der Bartel des Störs nach DOGIEL.

schuppenlosen Kopf des blinden *Amblyopsis spelaeus* aus der Mammothhöhle von Kentucky (75 q), wo sie auf Querwülsten sitzen, die zu 4 un-deutlichen Längsreihen angeordnet sind. Dazu kommen einige Längswülste, welche den Haupt- und den Supraorbitalkanal begleiten. Jeder Wulst erscheint gekämmt, da er eine Reihe becherförmiger Papillen trägt, aus deren Vertiefung zuweilen eine Gallertröhre herausragt. Die Innervation soll durch den Trigeminus erfolgen. Zwischen diesen Leisten sitzen noch überall winzige Epidermisfäden, die vermutlich ebenfalls sensibel sind. Die etwa 15 Querwülste des Rumpfes sind viel schwächer und

folgen in ziemlich gleichen Abständen, also in metamerer Anordnung, wenngleich nicht in jedem Segment. Sie entsprechen nach ihrer Lage der mittleren Reihe von den 3 primitiven Sinneslinien. Dazu kommt eine dorsale und eine ventrale Reihe, die aber nur aus wenigen kurzen Wülsten bestehen. Die verwandten blinden Höhlenfische: *Typhlichthys subterraneus*, *Chologaster papilliferus* und *Troglichthys rosae* verhalten sich in der Anordnung der Sinneswülste ganz ähnlich, dehnen sich also auch in 3 Rumpflinien bis zum Schwanz aus; nur bei *Troglichthys* fehlt die Rückenlinie. Innerhalb der Gattung *Gobius* sind die Sinnesknospen von Art zu Art verschieden zahlreich, so daß sie gut zur systematischen Unterscheidung gebraucht werden können. Sie sind besonders zahlreich am Kopf in Längslinien (seltener Querlinien), wobei sie sich vielfach so anordnen, wie die Schleimkanäle, nämlich über und unter dem Auge und am Kiemendeckel und Unterkiefer. Einige Arten haben Lateralkanäle am Kopf, und dann treten diese Sinnesknospen an Zahl zurück, was so aufzufassen ist, daß ein Teil derselben in die Tiefe gesunken und zu Schleimkanälen geworden ist. Am Rumpfe bilden sie, wie bei *Amblyopsis*, eine Serie von kurzen Querreihen

längs der Seitenkante oder diese dehnen sich bis zum Rücken und Bauch aus.

In der Epidermis der Mormyriden, deren eigenartigen Bau wir schon früher (I, 206) erwähnten, kommen bei *Marcusenius* Sinnes-

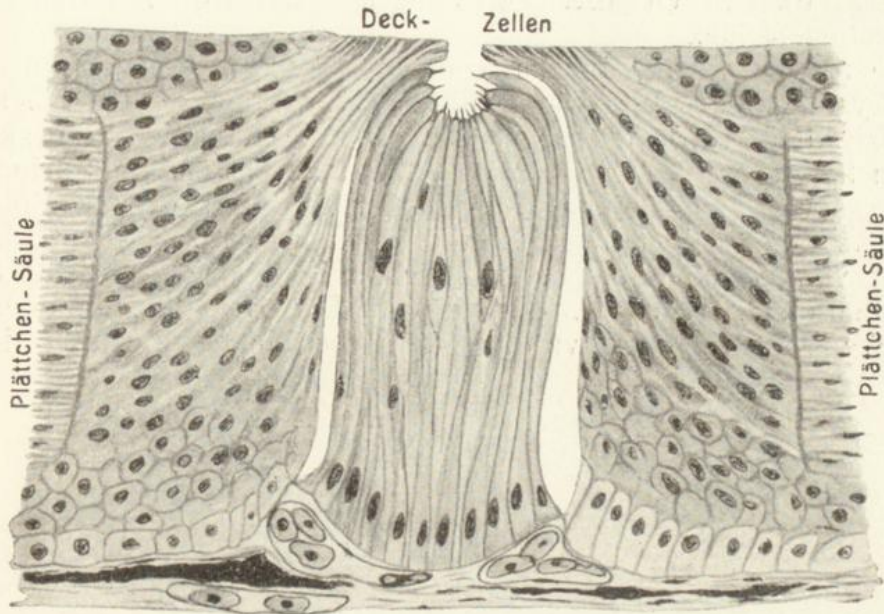


Fig. 54. Sinnesknospe der Mormyride *Marcusenius longianalis* nach FRANZ.

knospen vor, welche die ganze Epidermis durchsetzen, aber mit dem distalen Ende eine kleine Einstülpung bilden (54). Die Sinneszellen rücken also etwas in die Tiefe, dienen daher wohl nicht allein für taktische, sondern auch für chemische Reize. Solche Knospen liegen bei dieser Gattung vereinzelt am Kopf und Vorderkörper. Dieser Prozeß der Einwanderung erreicht bei anderen Arten einen viel höheren Grad. Bei gewissen Mormyriden (*Mormyrus*, *Gnathonemus*, *Gymnarchus*) kommen nämlich merkwürdige „Schnauzenorgane“ vor, deren Bau freilich noch sehr unklar ist, von denen aber wohl feststeht, daß es Tastapparate sind. Sie finden sich massenweise an der Unterlippe, vereinzelt auch an der Oberlippe und am Kopf dieser im Nilschlamm lebenden Fische, deren Maul bei manchen Arten zu einer langen gebogenen Schnauze ausgezogen ist. In

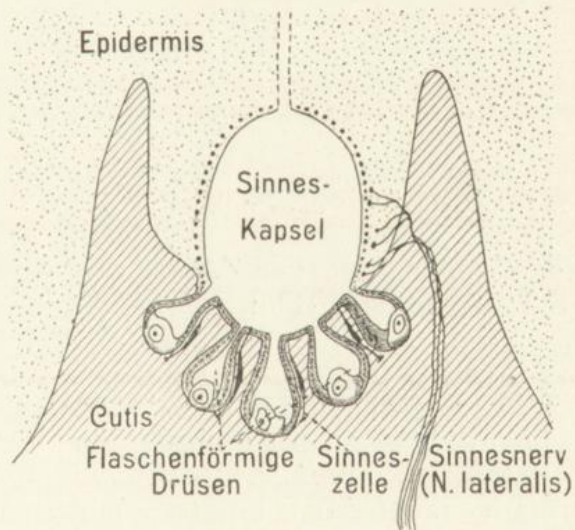


Fig. 55. Schnauzenorgan von *Mormyrus caschive* nach STEUDELL.

der Tiefe der Epidermis liegen in einem Coriumbecher (55) ca. 80 μ lange Hohlräume, sog. Sinneskapseln, deren Epithelzellen sensibel sein müssen, denn ein riesig entwickelter, nach vorn verlaufender Ast des Nervus lateralis (Facialis?) versorgt sie mit vielen End-

bäumchen, die mit Knöpfchen enden. Proximal münden in die Hohlräume flaschenförmige Divertikel mit großen Drüsenzellen, woraus es erklärlich wird, daß zuweilen ein Ausführungsgang der Sinneskapsel beobachtet wurde und Sekret in ihr vorkommt. Es sind also gleichzeitig sekretorische Organe. Zwischen den Divertikeln sollen einzelne Sinneszellen stehen.

Die Sinnesknospen in der Haut der Amphibien gehören zum Lateralsystem und sollen weiter unten besprochen werden. Es scheint, daß sich bei vereinzelt Reptilien epitheliale Sinnesknospen erhalten haben, wenngleich die Tastzellen überwiegend ins Corium übergetreten sind. Bei *Hatteria* (38) liegen sie noch in der Epidermis, wenn man eine Schicht hoher Epithelzellen, welche sich deutlich unterscheidet von der umgebenden mehrschichtigen Epidermis, als Sinneszellen deutet. An der Unterlippe von *Hatteria* kommen ebensolche Tastflecke vor mit stark verdünnter Hornschicht. Darunter liegt ein

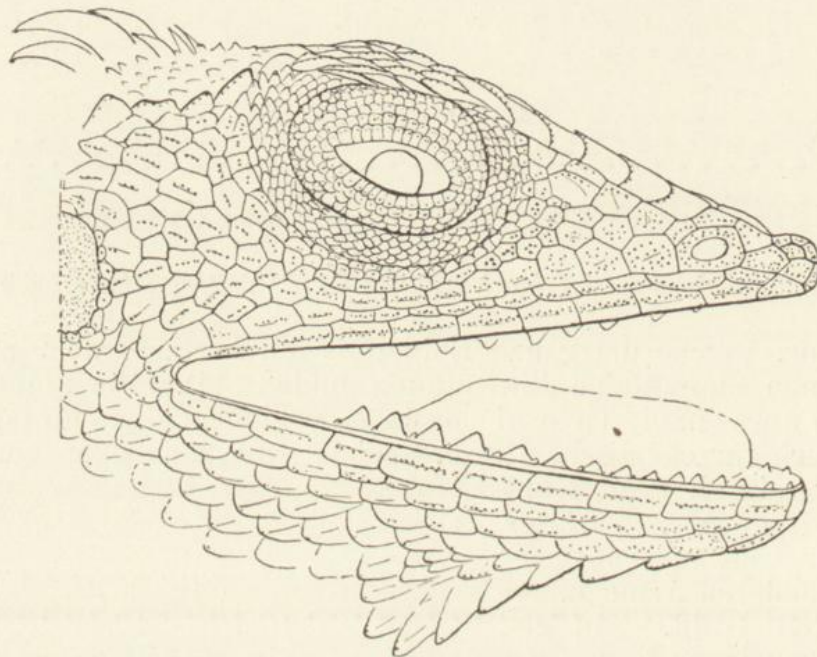


Fig. 56. Seitenansicht des Kopfes der Agamidae *Calotes jubatus* nach SCHMIDT, mit Tasthaaren, die als Punkte angedeutet sind. $\frac{3}{1}$.

kugeliger Haufen von Zellen, die wohl teils bindegewebig, teils sensibel sind. Ähnliche Bildungen sind von *Tarentola*, *Uroplatus* und *Coluber* beschrieben worden, da sie aber mit Härchen oder Borsten bedeckt sind, seien sie im folgenden Abschnitt geschildert.

5. Tasthaare kommen auf den Schuppen von vielen Agamiden (*Calotes*, *Agama* u. a.), einigen Iguaniden (*Hoplurus*, *Anolis*) und Geckonen (*Geckolepis*, *Tarentola*, *Hemidactylus*) vor, während sie den meisten Vertretern der beiden letzten Eidechsenfamilien zu fehlen scheinen. Sie sind von größtem phylogenetischen Interesse, weil die Haare der Säuger, welche ebenfalls Tastapparate sind, sehr wahrscheinlich aus ihnen hervorgegangen sind, wie I, S. 310 geschildert wurde. Sie kommen fast auf allen Schuppen vor, besonders reichlich am Kopfe (56), zuweilen nur in Einzahl und dann besonders an der Hinterspitze, häufig aber in größerer Zahl (bis über 30) auf der Kiellinie oder längs des Randes. Die Härchen sitzen in einer Vertiefung der Hornschicht auf der Mitte eines dünnen runden Deckels (57) von etwa 50 μ Durchmesser. Ihre Länge

ist sehr verschieden; sie sind klein bei Geckonen (*Tarentola* 20 μ , *Geckolepis* 60 μ), während sie bei Agamiden durchschnittlich 50 μ messen, aber an den Kammschuppen von *Calotes* 240 μ erreichen. Die Tastborsten sind solid, pigmenthaltig und die Anordnung der Pigmentkörner verrät eine ursprünglich zellige Struktur, was durch die Ontogenie (58) bestätigt wird. Der Deckel besteht fast nur aus Elementen der lockeren Hornschicht (57 l. H.). Unter ihm sitzen die hohen Sinneszellen mit längskörnigem Plasma und cilienartigen Ausläufern, die von Basalkörnern ausgehen und jedenfalls nicht den I, S. 228 erwähnten Häutungshaaren entsprechen, sondern wohl ein Hilfsmittel zur Erhöhung der Empfind-

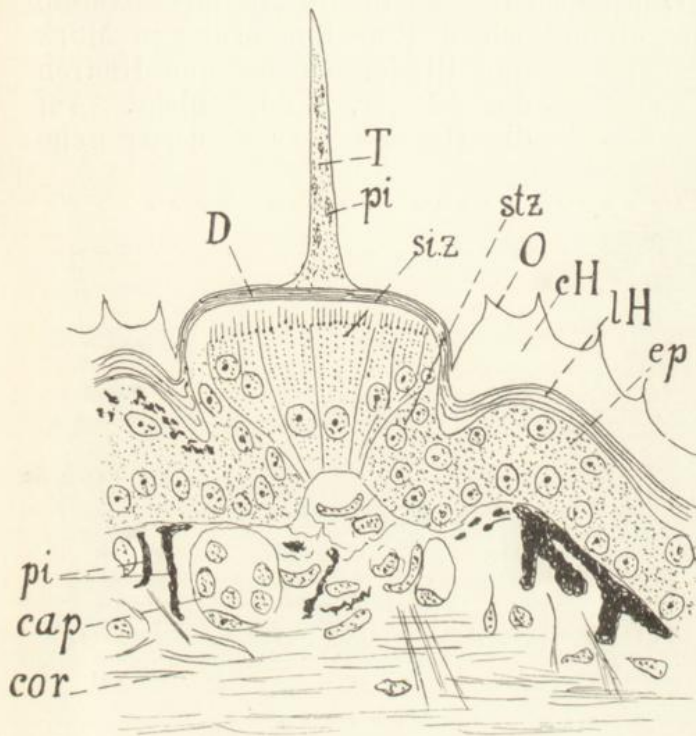


Fig. 57.

Fig. 57. Medianschnitt durch das Tasthaar der Agamide *Otocryptis bivittata* nach PREISS. ^{920/1}. cap Kapillar, cH kompakte Hornschicht, cor Corium, D Deckel, ep Epidermis, lH lockere Hornschicht, O Oberhäutchen, pi Pigment, stz Sinneszelle, T Tasthaar.

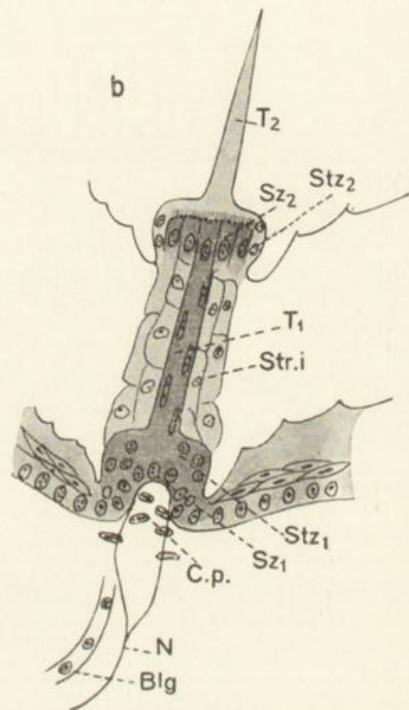


Fig. 58.

Fig. 58. Schnitt durch ein in Häutung befindliches Tasthaar von *Calotes versicolor* nach PREISS, schematisch. Die Teile, welche abgeworfen werden, sind mit 2, die neuen mit 1 bezeichnet. Blg Blutgefäß, Cp Cutispapille, N Nerv, Str.i Stratum intermedium der alten Epidermis, welche abgeworfen wird. Es sind nur die Zellen neben dem jungen Haar gezeichnet. Stz Stützzellen, Sz Sinneszellen, T Tasthaar.

lichkeit darstellen. Ich denke mir, daß sie eine Flüssigkeit zwischen Deckel und Sinneszellen ausscheiden, wodurch jeder Druck auf alle Zellen übertragen wird. Die Innervierung der letzteren ist noch unbekannt, doch können zarte Fäden in der Coriumpapille als ein nervöses Flechtwerk gedeutet werden. Diese enthält außerdem Blutkapillaren, Pigment- und Bindegewebszellen, aber keine Tastzellen. Bei der Häutung (58) entsteht ein neues Sinnesorgan durch Wucherung der Basalmatrix und das alte wird abgehoben, wobei das neue Tasthaar (T_1) vorübergehend die Verbindung zwischen beiden Organen vermittelt. Wie es gebildet wird, ist noch zweifelhaft, doch beweisen Kerne, daß es aus verhornten Zellen hervorgeht. Diese könnten von

den alten Sinneszellen (Sx_2) oder von den jungen (Sx_1) oder von deren Stützzellen (Stx_1) oder von den benachbarten Zellen des alten Epithels ($Str.i$) sich ableiten. Die letztere Möglichkeit erscheint ausgeschlossen, da das junge Haar sich durch eine scharfe Linie gegen $Str.i$ abgrenzt; ebenso ist es unwahrscheinlich, daß die alten Sinneszellen bei der Abstoßung einer solchen Umwandlung fähig sein sollten. Nach dem Studium der PREISSschen Präparate scheint es mir aus Stützzellen der neuen Sinnesknospe sich aufzubauen, indem diese wuchern, nach außen wandern und dabei verhornen, wie ja auch die Stützzellen der Sinnesknospen der Amphibien beim Uebergang zum Landleben (84) verhornen. Die Verhornung ist an der Oberfläche des Tasthaars am intensivsten, wodurch eine zarte Oberhaut gebildet wird. Eine Sonderung in Mark und Rinde, wie bei den Haaren der Säuger, erfolgt nicht. Auf die Haare der Säuger gehe

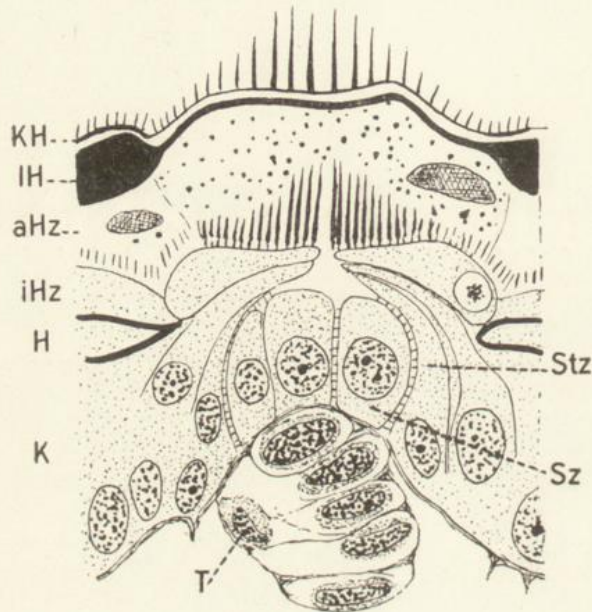


Fig. 59.

Fig. 59. Hautsinnesorgan von *Uroplatus fimbriatus* nach SCHMIDT, auf dem Stadium der Häutung. KH kompakte, IH lockere Hornschicht, aHz, iHz äußere, innere Häutungszellen, H in Bildung begriffene Hornschicht der neuen Epidermis, K Keimschicht derselben, Sz Sinneszelle, T Tasthaar. ^{1360/1}.

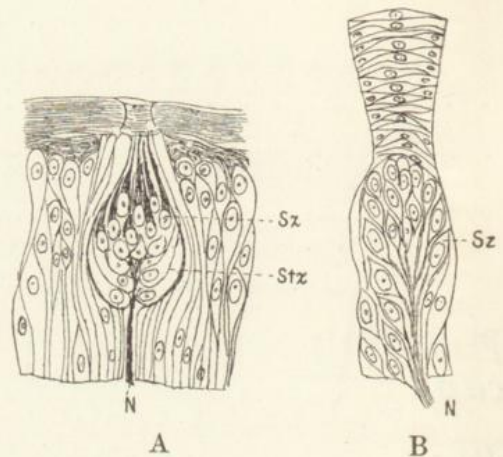


Fig. 60.

Fig. 60. Hautsinnesorgan von *Coluber viridiflavus* nach TODARO. A in Ruhe, B in der Häutung.

ich hier nicht ein, da wir ihren Bau und ihre Innervierung schon I, S. 292 ff. geschildert haben.

Von dem den Geckonen nahestehenden *Uroplatus fimbriatus* (59) hat SCHMIDT Tastorgane beschrieben, die, wie es scheint, einen anderen Typus darstellen, denn die Borsten gehen aus den Häutungshaaren hervor und in der Coriumpapille liegen Tastzellen. Sollten die letzteren wirklich vorhanden sein, so würde ich den Apparat den Tastflecken der Krokodile (43) an die Seite stellen, denn die Härchen erscheinen viel zu klein, um als Stimulatoren wirken zu können. Die TODAROSchen Sinnesknospen (60) aus der Haut von *Coluber viridiflavus* bedürfen noch der Nachuntersuchung. Es ist sehr unwahrscheinlich, daß die Sinneszellen sich in verhornte Spitzen ausziehen, die nicht frei hervorragen. Nach diesen Abbildungen kann man kaum bezweifeln, daß hier epidermale Sinnesknospen vorliegen. Während der Häutung (60, rechts) soll die Verbindung der Zellen mit einem Nerven deutlich

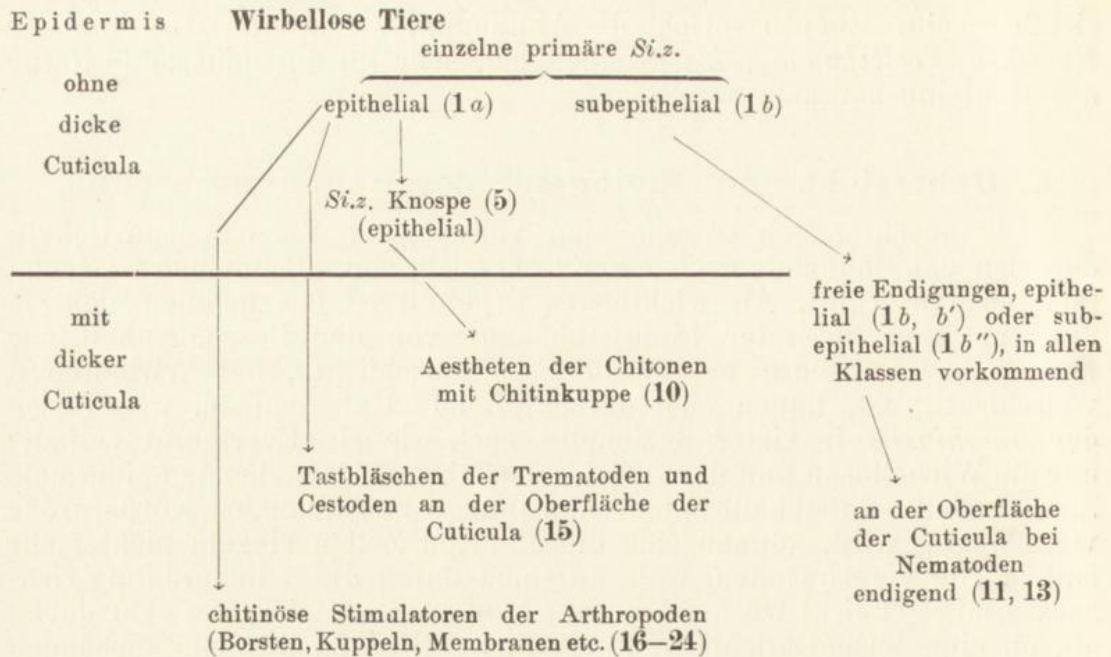
sichtbar sein. Ebenso spricht die Abbildung, welche SCHMIDT von der Eidechse *Voeltzkowia mira* gegeben hat, sehr für die epidermale Natur des Hautsinnesorgans.

C. Uebersicht und Phylogenie der Hautsinnesorgane.

Die geschilderten Organe sind von solcher Verschiedenartigkeit, daß sich das Bedürfnis nach einer Uebersicht von allgemeinen Gesichtspunkten aus ergibt. Als wichtigstes Ergebnis ist festzustellen, daß sie in ihrem Bau in erster Linie abhängen von der Beschaffenheit der Epidermis. Da diese bei Wirbellosen einschichtig, bei Wirbeltieren vielschichtig ist, finden sich durchgreifende Unterschiede, wobei sich der *Amphioxus* in vieler Beziehung noch wie ein Evertebrat verhält: nur die Wirbellosen und der *Amphioxus* haben einzelstehende epidermale Sinneszellen. Sobald die Epidermis infolge zunehmender Körpergröße vielschichtig wird, können sich diese zarten Zellen einzeln nicht mehr halten. Sie verschwinden, weil sie sonst durch die Zellanordnung zickzackförmig geknickt würden. Ferner hängen die Tastorgane sehr davon ab, ob eine derbe Cuticula bzw. ein dickes Stratum corneum vorhanden ist oder nicht. Eine solche feste Außenschicht macht die Existenz von Sinneszellen, die in ein rezeptorisches, frei hervorragendes Stiftchen oder Härchen auslaufen, unmöglich. Sie durchbohren daher entweder die Cuticula und endigen frei dicht unter der Oberfläche (11, 13, 15), oder die Chitin- oder Hornschicht nimmt eine besondere Form an, so daß sie als Stimulator dienen kann. Am häufigsten wird sie zur Borste bzw. zum Haar (23h, 57T), aber in vielen Fällen springt sie als kurzer Kegel oder Zapfen (23x) oder als rundliche Kuppe (21, 22) weniger weit nach außen vor, bis sie schließlich als dünne Membran oder Porenplatte (25D, ForPl) durch ihre Dehnungsfähigkeit den Reiz überträgt. Als dritter allgemeiner Gesichtspunkt ergibt sich die Neigung der Sinneszellen, aus der Epidermis in die Tiefe zu wandern (4, 24sz, 43so), wodurch sie in eine geschütztere Lage kommen und bei Häutungen (Arthropoden, Reptilien) oder anderen Wachstumsprozessen der Epidermis nicht in Mitleidenschaft gezogen werden. Bei dieser Verlagerung ins Corium kann die Sinneszelle entweder durch einen distalen Fortsatz in Zusammenhang bleiben mit der Epidermis (1b, b¹), woraus sich die freien epithelialen Nervenendigungen ergeben, oder sie gibt diesen Zusammenhang auf und wird vollkommen subepithelial (43). Es ist klar, daß sie im ersteren Falle den Charakter einer bipolaren Ganglienzelle annimmt.

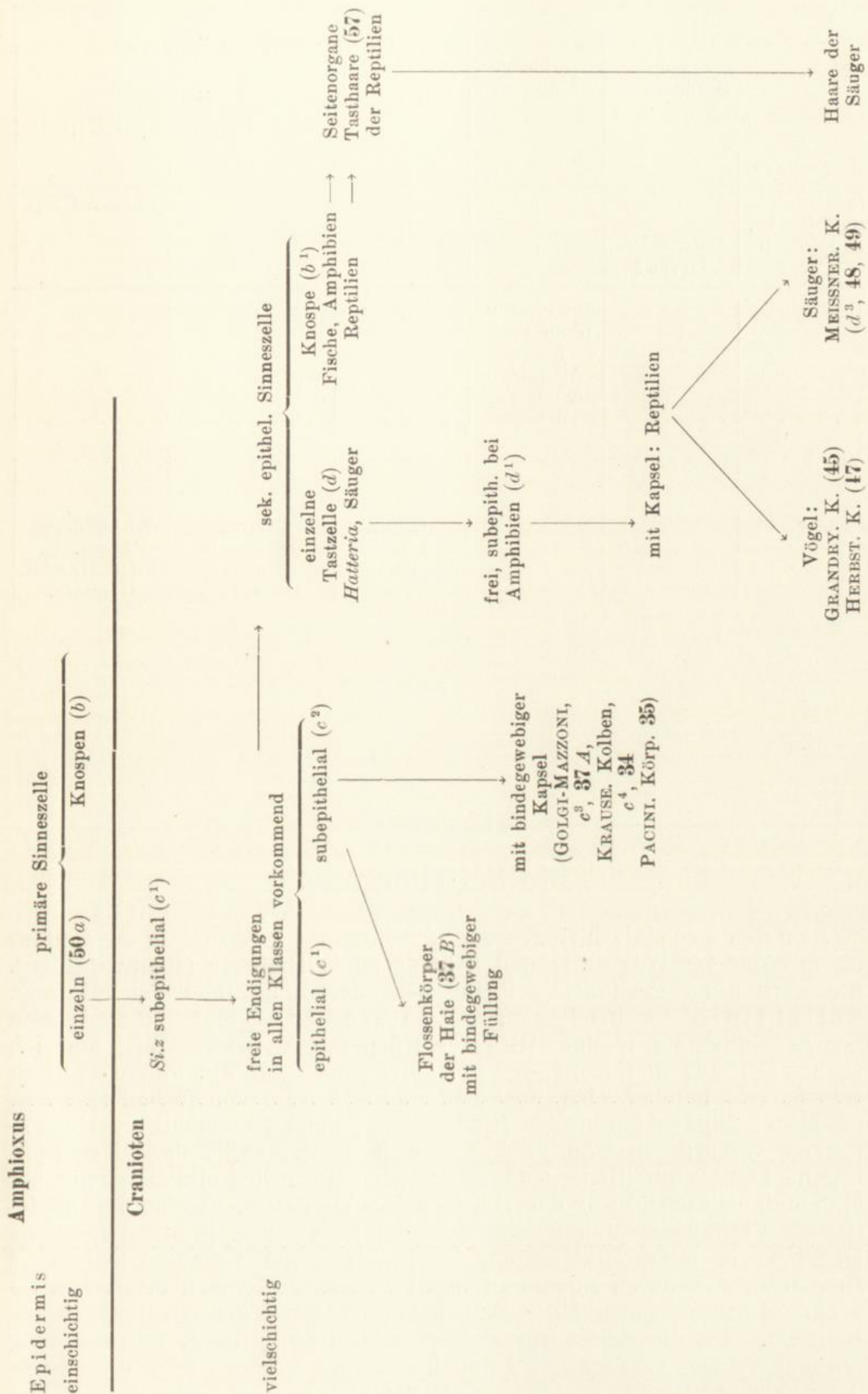
Der phyletische Entwicklungsweg der Hautsinnesorgane ist in seinen Grundzügen leicht festzustellen, da es sich um verhältnismäßig einfache Bildungen handelt; eine gewisse Schwierigkeit besteht nur bei der Ableitung der sekundären Sinneszellen der Vertebraten aus den primären der Wirbellosen. Die folgenden 2 Stammbäume (s. S. 60 u. 61) werden das Verständnis erleichtern (*Six* = Sinneszelle).

Wirbeltiere. Die pelagischen tunicatenähnlichen Stammformen der Wirbeltiere, die Prächordaten (vgl. I, S. 488) hatten noch die Hautsinnesorgane der Wirbellosen: isolierte primäre Sinneszellen (50a), aus diesen hervorgegangene freie epitheliale Nervenendigungen (c) und vielleicht auch Sinnesknospen. Als die Tiere größer wurden, hatten sie eine dickere Epidermis nötig, d. h. dieselbe wurde vielschichtig, was, wie gesagt, zur Rückbildung der Sinneszellen führte. Es erhielten



sich aber die intraepithelialen freien Ausläufer (c^1), und indem diese sich besonders eng an einzelne Zellen anschmiegten, entstanden die MERKELSchen Tastzellen (d). Daß diese meist basal liegen, erklärt sich daraus, daß die freien Endigungen hier besonders reichlich entwickelt und die Zellen groß, noch nicht abgeplattet, sind. Der fundamentale Gegensatz zwischen den primären Tastzellen der Wirbellosen (a) und den sekundären der Wirbeltiere (d) wird durch diese Betrachtungsweise verständlich. Die Sinnesknospen sind spezielle Anpassungen, die z. B. beim *Amphioxus* nur auf den Cirren und Tentakeln sitzen. Man wird daher annehmen dürfen, daß sie als Neuerwerbungen bei den Fischen auftraten durch Auswachsen von Matrixzellen an exponierten Körperstellen und daß sie von vornherein sekundäre Sinneszellen hatten (b^1). Will man sie auf primäre Knospen (b) zurückführen, so sei auf den früher erwähnten Gedanken (s. S. 14) verwiesen, nach dem zuerst gleichzeitig beide Innervierungsarten vorhanden waren und die primäre sich später rückbildete. Die übrigen phyletischen Stadien sind aus dem Schema leicht verständlich und verlaufen nach zwei Richtungen, ohne oder mit Tastzellen. Fig. 50 c^2 zeigt die freie coriale Endverzweigung, welche baum-, netz- oder knäueiförmig sein kann und c^3 und c^4 die höhere Stufe mit bindegewebiger Kapsel. Die corialen Tastzellen liegen zuerst vereinzelt (d^1), dann in freien Gruppen (d^2), endlich ebenfalls in einer Hülle (d^3). So ergibt sich der folgende Stammbaum (s. S. 61; Einzelbuchstaben beziehen sich auf 50):

Die folgende Tabelle (S. 62/63) zeigt sehr deutlich, wie mit steigender Organisationshöhe die Zahl der Hautsinnesorgane zunimmt, bis schließlich der Mensch mit der empfindungsreichsten Körperoberfläche die Krone der Schöpfung bildet. Wie schon I, S. 307 betont wurde, hängt die Haararmut der Primaten und besonders des Menschen mit dieser gesteigerten Hautempfindlichkeit zusammen; diese würde sich nicht haben entwickeln können bei einem dichten Haarpelz. Die Liste läßt gut erkennen, wie bei den Landformen, von den Reptilien an, infolge der Anwesenheit eines Stratum corneum der Schwerpunkt auf die extraepithelialen Bildungen mit bindegewebiger Hülle verlegt wird, die aber bei den Reptilien noch sehr zart bleibt.



Verteilung der Hautsinnesorgane

	einzelne Sinneszellen	epitheliale Knospen	freie Nervenendigungen		
			intraepith.	extraepithelial	
				ohne Kapsel	mit Kapsel
<i>Amphioxus</i>	+	+	+	+	
Selachier, und Fische, Amphibien	Batrachier- larven ?	+	+	+	Flossen-Körp.
		+	+	+	
		+	+	+	
Reptilien		Acrochordus ohne Tast- haare. Agamiden etc. mit Tast- haaren	+	+	
Vögel			+	+	
Säuger			Haut, Wurzelsch. d. Haare	Netze, Bäumchen, Knäuel (RUFFINI)	KRAUSE. K. PACINI. K. GOLGI-MAZZ. K. Genitalk.

III. Kapitel.

Die Seitenorgane.

Zu den mechanisch reizbaren Sinnesorganen gehören die sog. Seitenorgane der im Wasser lebenden niederen Wirbeltiere (Ichthyopsiden). Sie werden so genannt, weil ihr besonders auffälliger Teil die sog. Seitenlinie der Fische ist, welche von der Kiemenregion bis zum Schwanz ungefähr in der Mitte der Körperseite (75) verläuft, um sich nach vorn auf den Kopf und zuweilen auch auf die Flossen fortzusetzen. Es handelt sich um eine ganze Anzahl von freien oder eingesenkten Sinneshügeln der Epidermis, welche von mehreren Gehirnnerven versorgt werden. Schon hieraus geht hervor, daß diese Endorgane keine einheitliche Bildung sind, sondern sich allmählich aus der allgemeinen Sensibilität der Haut entwickelt haben. Ueber ihr phyletisches Verhältnis zu den nichtlateralen Knospen s. S. 52. Ich nehme an, daß die lateralen Knospen bei ihrem ersten Auftreten nicht bloß rheotaktisch, sondern allgemein taktil waren. Erst nach erfolgter Einsenkung wurden sie auf die Wahrnehmung der Wasserströmungen beschränkt. Da die Seitenorgane trotz aller Unterschiede, welche häufig schon bei nahe verwandten Arten beobachtet werden, doch eine große Aehnlichkeit zeigen, so müssen sie uralte, von den Stammformen der