

fläche des Fortsatzes des Präoral-Entosklerits und setzt sich fast horizontal an den Seiten des Pharynx an.

#### Muskeln zum Pericardium

Unterhalb der ventralen Wand des Pericards ist eine Reihe von Muskeln an dieser befestigt, die andererseits an der bindegewebigen Auskleidung des Körpers sich ansetzen; sie liegen etwas vor den Dorsoventralmuskeln, die Tergite und Sternite des Mesosoma verbinden. In jedem der fünf letzten Segmente des Mesosoma befindet sich ein Paar, im ersten Segment des Mesosoma aber sind zwei Paare vorhanden. Dorsal liegen sie näher der Mediallinie als die Dorsoventralmuskeln, die zur Seite des Pericards an den Tergiten sich befestigen; aber ehe sie das Sternum erreichen, kreuzen sie sich, und ihre ventrale Ansatzstelle ist daher außerhalb derjenigen der Dorsoventralmuskeln. In den vier Segmenten, in denen die Lungen liegen, breiten sie sich ventral aus und setzen sich an die Oberfläche der venösen Seite an, in die die Lungenlamellen versenkt sind. Diese Muskeln sind zwar an beiden Enden hohl, in der Mitte aber solid, so daß eine Überführung des Blutes von den Lungen zum Pericard nicht möglich ist.

Die sechs Pericardioventralmuskeln (131—135) sind ausnahmslos dorsal am Pericard befestigt. Der erste von ihnen, dem zweiten Segment des Mesosoma angehörig, zieht dicht vor dem „Dorso-Suprapectinal chondrite muscle“ (66), während die folgenden dicht vor dem Dorsoventralmuskel des betreffenden Segmentes abwärts ziehen; der zweite bis fünfte sind ventral an dem Lungensack des betreffenden Segments außerhalb des Dorsoventralmuskels befestigt.

Im Metasoma ist ein vorderer (136) und ein hinterer (137) Pericardioventralmuskel vorhanden, die dem ersten Segment angehören und dorsal am Pericardium, ventral an der Bindegewebshülle außerhalb des Muskels befestigt sind; der eine geht dicht vor, der andere dicht hinter dem Dorsoventralmuskel abwärts.

Da das Pericardium nicht in die Segmente der Cauda eintritt, so gibt es auch keine den vorhergehenden entsprechende Muskeln in diesem Abschnitt des Körpers.

Bezüglich der Muskulatur der Kämme siehe noch Gaubert S. 90, des Darmes Pawlowsky S. 106, 114 und des Genitaldeckels Narayan an S. 155.

#### 4. Nervensystem

Das Nervensystem der Skorpione (Abb. 44a u. 44b) besteht aus einer vorderen umfangreichen Masse, die ungefähr in der Mitte des Cephalothorax gelegen ist, und einem langgestreckten Nervenstrang, der sich durch das ganze Prä- und Postabdomen hindurch erstreckt; die Zahl der freien Ganglien des Präabdomens beträgt drei, diejenige in der Cauda dagegen vier; stimmt also mit der Zahl der Caudalsegmente — sechs — nicht überein. Da der Körper

der Skorpione von allen Arachnoiden die reichste Gliederung aufweist, so enthält er auch die größte Zahl gesonderter Ganglien des Zentralnervensystems. Ein großes Terminalganglion wird von Dufour angegeben, während es von anderen Autoren nicht gefunden wurde.

Das Gehirn der Skorpione (Abb. 45—46) besteht aus dem paarigen Protocerebrum (Protencephalon Police), das zwei Paar Nerven zu den Medialaugen und ein Paar zu den Lateralen sendet, und dem Deutocerebrum, das nach Gottlieb die Antennalgglomeruli enthält, wodurch der Nachweis eines besonderen Segmentes, das infolge des Mangels von Extremitätenanhängen sonst nicht erkennbar ist, geführt wird. Das Protocerebrum bilden mit dem Deutocerebrum zusammen das Oberhirn. Das Unterhirn wird allein gebildet von dem darunter gelegenen, gleichfalls paarigen Tritocerebrum (Tritencephalon), auch als Cheliceralganglion bezeichnet und von Police als Deutencephalon betrachtet, von dem ein Paar von Nerven zu den Cheliceren und ein medianer Rostralnerv ausgehen. Die das Gehirn mit der thorakalen Ganglienmasse verbindenden Konnektive sind sehr kurz. Diese Masse selbst liegt direkt dem Sternum auf (Abb. 53).

Die große subösophageale Masse besteht aus fünf Ganglienpaaren, die die Nerven für die Pedipalpen und die vier Paare von Laufbeinen abgeben; jedes Beinpaar erhält nur ein Paar von Nerven. Ein

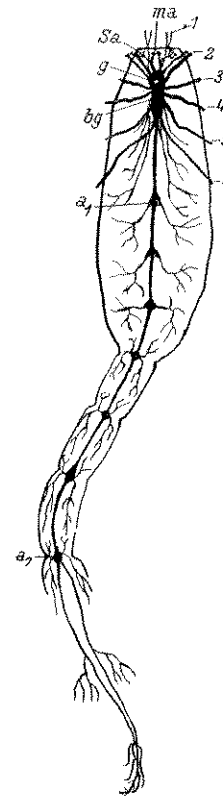


Abb. 44a. Nervensystem eines Skorpions (nach Newport). 1—6 Nerven der sechs Gliedmaßenpaare,  $a_1$ — $a_7$  Ganglien des Abdomens, *g* Gehirn, *bg* Untere Schlundganglienmasse, *ma* Mittelaugen, *Sa* Seitenaugen.

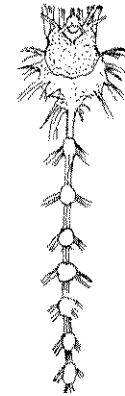


Abb. 44b. Zentralnervensystem eines neugeborenen Skorpions (nach Hilton).

dieser Masse dicht anliegendes und daher erst spät erkanntes und drei freie Ganglienpaare versorgen die vier vorderen Segmente des Präabdomens, und zwar durch ebenso viele doppelte Nervenpaare. Ein Vagus ist nicht vorhanden.

Die drei freien Ganglienpaare des Präabdomens geben jederseits zwei Nerven ab, einen vorderen, dorsalen (hämalen), äußeren und einen hinteren, ventralen (neuralen), inneren; der letztere versorgt Körperanhänge, Haut.

Sinnesorgane und Muskeln, der erstere außer der Haut die Muskeln der Körpersegmente; er entsendet auch noch Fasern zum Darmkanal und Herzen.

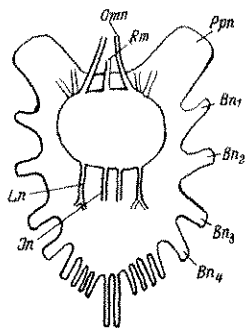


Abb. 45. Dorsalansicht der cephalothorakalen Ganglienmasse. Bezeichnung wie Abb. 46. *Ln* Lateralnerv, *In* Intestinalnerv (nach Gottlieb).

Das Cheliceralganglion besteht aus zwei ovalen Massen, die durch eine hinter dem Ösophagus verlaufende Querkommissur miteinander in Verbindung stehen. Auch der Nerv für das Rostrum geht aus einem paarigen Kern hervor und verläuft bis zu seinem Austritt aus dem Gehirn so; die sie verbindende Kommissur liegt aber vor dem Ösophagus.

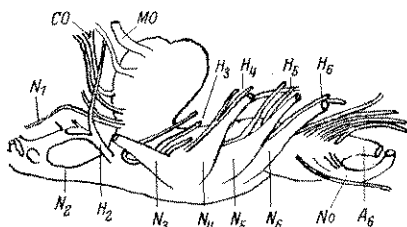


Abb. 47a. Supra- und Subösophageale Ganglienmasse des Skorpions (nach Patten). *MO* Nerv der Mittelaugen, *CO* Nerv der Seitenaugen, *H<sub>2</sub>-H<sub>6</sub>* Hämalnerven, *N<sub>1</sub>-N<sub>6</sub>* Neuralnerven, *A<sub>6</sub>* Abdominaler Stamm, *No* Kammernerv.

kommissur verbunden sind und hinter und unter denen der unpaare Zentralkörper gelegen ist.

Sehr bemerkenswert ist die Lage des Gehirns (Abb. 47a) im Vergleich zum unteren Schlundganglion; es liegt nämlich nicht vor, sondern oberhalb

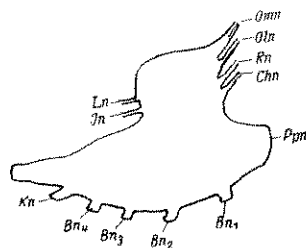


Abb. 46. Seitenansicht der verschmolzenen Ganglienmasse im Cephalothorax, von rechts. *Omn* Nerven eines Mittelauges, *Olm* Nerv der Seitenaugen, *Rn* Rostralnerv, *Chn* Chelicerenerv, *Ppn* Pedipalpenerv, *Bn<sub>1-4</sub>* Nerven des 1.-4. Laufbeinpaars, *Kn* Kammernerv (nach Gottlieb).

Der laterale Opticus jeder Seite enthält in seinem Verlaufe drei hintereinander liegende Zentren, von denen das basale eine direkte Verbindung mit dem Nerv des Mittelauges der betreffenden Seite besitzt; ebenso verbindet eine Querkommissur die beiden Seiten der Augenregion. Vor ihr befindet sich ein Paar der von Haller mit den pilzhutförmigen Körpern der Insekten verglichenen Gebilde, die gleichfalls durch eine Quer-

desselben und ist mit zwei kurzen und dicken Konnektiven zu einem „collier oesophagien“ verbunden, das den Ösophagus umgibt. Im Vergleich zu der subösophagealen Ganglienmasse ist es wesentlich kleiner.

Das erste Ganglienpaar des Präabdomens liegt dicht an der großen, thorakalen Ganglienmasse und wurde daher erst von Dufour entdeckt; dieses und die drei folgenden geben die Nerven für die Lungen ab, ebenso einen unpaaren Nerv, dessen Vorhandensein allerdings von Laurie bezweifelt wird. Alle Ganglien der Bauchganglienmasse sind paarig und durch doppelte Konnektive miteinander verbunden; die vier Paare des Postabdomens entsenden aber nur Lateralnerven, und vom letzten Ganglienpaar gehen nach hinten zwei lange Nerven ab, deren Verzweigungen bis in die Giftblase eindringen.

Schließlich wird auch noch von Dufour ein stomatogastrisches System beschrieben, ausgehend von einem unterhalb des Ösophagus-Ursprunges gelegenen, kleinen, ovalen Ganglion, das unabhängig von der Bauchganglienmasse

st und zahlreiche Nerven nach den Seiten und nach hinten abgibt. Hilton spricht aber nur von zwei Paaren solcher Nerven.

Eingehend hat Police das stomatogastrische System beschrieben (Abb. 47b), und er findet drei Paare von Nerven, von denen das erste Paar (Herznerven) sich gleich nach dem Austritt aus dem Gehirn vereinigt und als *N. epicardicus* zum Herzen zieht; das nächste Paar (Lateralnerven), das aus dem Zentralkörper des Protocerebrums entspringt, zieht zu den seitlichen Anhängen des Verdauungstraktus, und das dritte Paar (Intestinalnerven) verläuft am Darm entlang bis zum Postabdomen und versorgt auch die Paraösophagealgefäße. Alle drei Nervenpaare lassen stellenweise gangliöse Anschwellungen erkennen.

Die Lateralnerven sollen aber nach Hanström nicht mit dem Zentralkörper verbunden sein, sondern aus den Cheliceralganglien entspringen.

Schließlich wäre auch noch ein Paar von kräftigen Nerven zu erwähnen, die zu den Kämmen hinziehen.

Von den im Mesosoma und im ersten Segment des Metasoma gelegenen Ganglienpaaren der Bauchganglienmasse versorgen die beiden ersten das erste und zweite Paar von Fächertracheen („Booklungs“), das dritte aber das erste Segment des Metasoma, während die vor dem elften Segment gelegenen Seg-

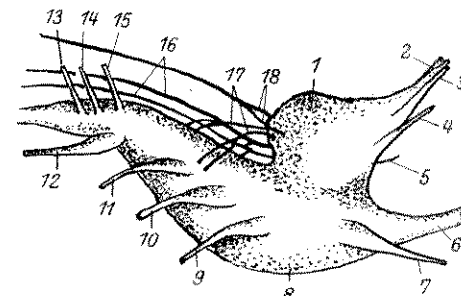


Abb. 47b. Schlundganglienmasse von *Euscorpilus italicus* (nach Police). 1 Vorderhirn, 2 Nerven der Medianaugen, 3 der Seitenaugen, 4 der Cheliceren, 5 des Rostrums, 6 der Pedipalpen, 7, 9, 10, 11 der Laufbeine, 8 Unterschlundganglienmasse, 12 Nerven der Kämmen, 13-15 erste Abdominalnerven, 16-18 die drei Paar Eingeweidennerven (16 n. intestinales, 17 laterales, 18 Herznerven).

mente von der Ganglienmasse des Prosoma ihre Nerven erhalten. Dies gilt für eine Anzahl von Arten aus der Familie der *Buthidae*, die von Ray Lankester untersucht worden sind, während bei den Vertretern der anderen Familien die beiden ersten freien Ganglien des Mesosoma das dritte und erste Paar von Fächertracheen, das dritte Ganglion aber das vierte Paar versorgen. Es hat sich aber aus den Untersuchungen von Laurie ergeben, daß der Lage der Ganglien keine systematische Bedeutung zukommt und sie unabhängig von verwandtschaftlichen Beziehungen variiert. Wohl aber werden von den einzelnen Ganglien immer dieselben Segmente innerviert.

Die Lage des ersten Ganglions kann in einem Extrem im Niveau des zweiten Paares der Atmungsorgane (S. 127) liegen (*Parabuthus*), im anderen aber im zweiten freien Segment (*Scorpio fulvipes*), bei *Vejovis* sogar noch weiter vorn.

Das zweite Ganglion liegt im sechsten Segment des Mesosoma (zwölften Segment) wie bei *Parabuthus* oder andererseits vor dem fünften mesosomatischen (elften) Segment wie bei *Palamnaeus* und *Vejovis*.

Das dritte Ganglion liegt hinten im ersten metasomatischen (dreizehnten) Segment wie bei *Scorpio* oder noch im letzten mesosomatischen (zwölften) wie bei *Palamnaeus*.

Die vier darauf folgenden Ganglien versorgen je eines der metasomatischen Segmente, bis auf das vierte, welches lange Nerven an die zwei letzten Segmente und die Giftblase (Telson) abgibt.

Bei *Opisthophthalmus* (Abb. 48) entdeckte Laurie einen feinen Nerv, der jederseits im Mesosoma der Länge nach verläuft und der in jedem Segment mit einem der Segmentalnerven durch einen feinen Nerv in Verbindung tritt.



Abb. 48. Stück der Bauchganglien-kette von *Opisthophthalmus capensis* mit den Lungen (*p.f.*) und dem Lateralnerv (*n.l.*) (nach Laurie).

Der Nerv, der aus einem der drei mesosomatischen Ganglien austritt, teilt sich in zwei Äste, von denen der hintere zu den Fächertracheen geht (der vordere zur Körperwand); dasselbe gilt auch für die beiden ersten Paare von Fächertracheen, die noch aus der großen prosomatischen Ganglienmasse Nerven erhalten. Diese Angabe steht aber im Widerspruch zu der von Dufour, der zufolge das erste Paar von Fächertracheen von dem ersten, der thorakalen Masse angelagerten, mesosomatischen Ganglion, die drei übrigen von den drei folgenden Ganglien versorgt werden. Nur der Nerv des dritten mesosomatischen Ganglions macht eine Ausnahme, da er sich nicht teilt und auch eine Verbindung mit dem letzten Paar von Fächertracheen durch Laurie nicht gefunden werden konnte.

Zu bemerken wäre noch, daß nach Dufour nicht nur die Subösophagealganglienmasse auf einem Polster von Fettgewebe liegt, sondern auch die Bauchganglien-kette von solchem begleitet oder eingehüllt wird.

Der feinere Bau des Supraösophageal- (Cerebral-) Ganglions ist von Saint-Rémy, Police und namentlich von Haller (1912) beschrieben worden. Ersterer schildert es als aus einer Masse von Medullarsubstanz bestehend, hinten ohne Zellbekleidung, die aber oben, vorn und seitlich vorhanden ist, während das Subösophagealganglion und die Abdominalganglien nur unten und seitlich einen Zellbelag aufweisen. Er beschreibt auch ein äußeres, allgemeines Neurilemma sowie ein inneres, das die Medullarsubstanz von der zelligen Rinde abgrenzt.

Eingehender behandelt Haller die Histologie des Gehirns. Er beschreibt die Ganglienzellage desselben als aus gleichgroßen kleinen Zellen gebildet, unter denen sich keine großen Elemente befinden wie die motorischen großen Zellen des Bauchmarkes. Zwei ovale Stellen auf der dorsalen Seite jeder Gehirnhälfte, hinter dem Nerven der Scheiteläugen gelegen<sup>1)</sup>, machen davon eine Ausnahme. Diese zwei hintereinander gelegenen Stellen berühren einander nicht; sie sind linsenförmig und bestehen aus kleineren Zellen als die übrige Hirnrinde und färben sich intensiver (die Zellkerne tief rotviolett, die des übrigen Gehirns dagegen nur dunkelrosa). Fasern fehlen in diesen Zellmassen vollständig. Es sind die Globuli oder pilzförmigen Körper der Skorpione, und sie entsenden wie bei den übrigen Arthropoden einen nervenfaserigen Stiel in das Innere des Gehirns. Im Vergleich zu *Limulus* stehen sie auf einem sehr tiefen Entwicklungsstadium, insonderheit fehlt ihnen jede Spur einer Faltung. Auch diese Annahme wurde von Gottlieb widerlegt.

Da die dorsale Oberfläche des Gehirns nicht der dorsalen Körperoberfläche parallel liegt, sondern von vorn nach hinten und unten geneigt ist, mit einer Quermulde in der Längsmittle, so wird jede Gehirnhälfte in ein vorderes und ein hinteres Stück getrennt, von denen das vordere größer ist und in einen nach vorn gerichteten Hügel (Apex) endet.

Die beiden aus kleineren Zellen gebildeten Stellen jeder Seite sind voneinander durch eine nach innen zu vorspringende Zellenlage oder Ganglienzellenrinde unterhalb der dorsalen Gehirnarterie getrennt. Jede der vorderen Stellen ist in der hinteren Hälfte des vorderen Hirnabschnittes, jede der hinteren aber in der vorderen des hinteren Abschnittes untergebracht.

Die Struktur der Bauchganglien-kette (Abb. 49) hat Police untersucht und zweierlei Ganglienzellen gefunden, nämlich ovale mit einem Nucleolus und birnförmige mit zwei bis vier (meist drei) Nucleolen. Erstere sind die größten Zellen des Nervensystems des Skorpions und haben einen Querdurchmesser bis zu  $36 \mu$ , während der Kern  $15 \mu$  und der Nucleolus  $8 \mu$  im Durchmesser hat; sie sind in der Subösophageal-masse am zahlreichsten. Die birnförmigen Zellen bilden die Hauptmasse aller nervösen Zentren. Die Größe ist sehr verschieden (die größten  $32 \mu$  im Querdurchmesser, die kleinsten  $9 \mu$  mit einem Nucleus von  $7 \mu$ ). Das Volumen vermindert sich auf Kosten des Protoplasmas. Obgleich die Nervenzellen des *Euscorpis* im allgemeinen nur

<sup>1)</sup> Gottlieb weist nach, daß nicht zwei dieser Körper jederseits bestehen, sondern nur ein einziger.

einen Fortsatz aussenden, konnte Police doch in einigen Fällen eine Gabelung in zwei gleichstarke Äste beobachten. Die Endigungen der Zellen in der Punktsubstanz teilen sich fast stets dichotomisch; es resultiert daraus eine Art Netz, doch berühren sich die Nervenendigungen nirgends.

Die Innenkapsel, die die zentrale Punktsubstanz von der äußeren Zellschicht trennt, besteht aus spindelförmigen Bindegewebszellen, deren Fortsätze sich verflechten und verschmelzen und dadurch ein mehr oder weniger dichtes Gewebe erzeugen. Sie bilden auch die Scheide der Nervenfasern.

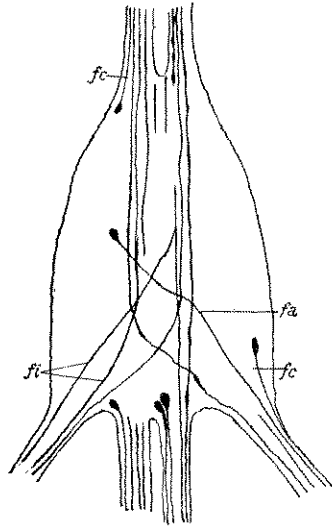


Abb. 49. Verlauf einiger Primitivfibrillen eines Ganglions des Präabdomens von *Euscorpium italicum* (nach Police). *fc* Fasern der Konnektive, *fi* Fasern des inneren Abdominalnervs, *fa* Fasern des äußeren Abdominalnervs.

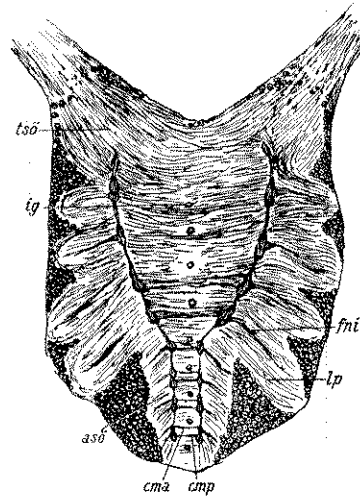


Abb. 50. Horizontalschnitt durch die Subösophagealmasse von *Euscorpium italicum* in der Mitte (nach Police). *tsö* thorakaler Teil der Subösophagealmasse, *asö* abdominaler Teil der Subösophagealmasse, *ig* interganglionäre Gefäße, *lp* Pedalloben, *fni* Fasern des inneren Abdominalnervs, *cma* vordere Kommissur, *cmp* hintere Kommissur.

Das äußere Neurilemma, das alle Nervenzentren umhüllt, ist von großer Widerstandsfähigkeit gegen Kalilauge.

Im Innern jedes der freien Ganglien des Prä- und Postabdomens bemerkt man innerhalb der Punktsubstanz zwei ventrale Säulen, die längs der ventralen Seite des Ganglions verlaufen und mit den äußeren Abdominalnerven in Verbindung stehen; ferner zwei zentrale Säulen, die im zentralen Teil des Ganglions verlaufen und durch eine vordere und hintere Kommissur verbunden sind; sie stehen in Verbindung mit den inneren oder den äußeren Abdominalnerven; schließlich ein Paar dorsale Kugeln, die miteinander und mit den zentralen Säulen in Zusammenhang stehen.

Einige von den Fasern der Abdominalnerven (die des äußeren) stehen in direkter Verbindung mit den Nervenzellen, während andere wieder in die Konnektive sich fortsetzen, und zwar sind es namentlich die des inneren Nerven. Ob der eine ein motorischer, der andere ein sensorischer Nerv ist, läßt sich nicht feststellen. Ganz ähnlich verhalten sich die Ganglien des Postabdomens, nur daß das vierte Ganglienpaar zwei Neuromeren entspricht. Auch die Subösophagealmasse hat ungefähr denselben Bau und entspricht fünf Neuromeren; die Ganglien sind aber zum Teil verschmolzen. Die Neuromeren, größer als die abdominalen, sind durch das Auftreten von Pedalloben und Thorakalsäulen, die besondere Eigentümlichkeiten vorstellen und von der Punktsubstanz etwas verschieden sind, charakterisiert. Der Bauplan der thorakalen und abdominalen Neuromeren ist von großer Gleichförmigkeit; nur in der Region der Kämme beobachtet man, daß zur Entstehung des be-

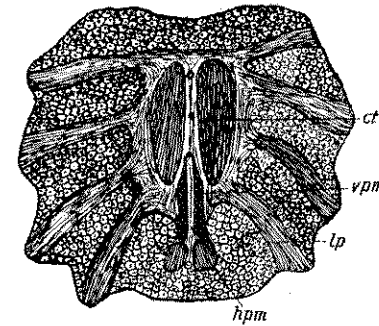


Abb. 51. Horizontalschnitt durch die Subösophagealmasse von *Euscorpium italicum* (nach Police). *ct* colonne toraciche, *lp* Pedalloben, *vpm* vordere Kamm-Ganglienmassen, *hpm* hintere Kamm-Ganglienmassen. Übrige Bezeichnungen wie vorige Abb. (Der Schnitt verläuft etwas oberhalb des folgenden.)

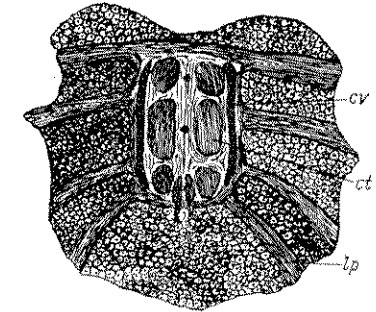


Abb. 52. Horizontalschnitt durch die Subösophagealmasse von *Euscorpium italicum* (nach Police). *cv* colonne ventrali. Übrige Bezeichnungen wie Abb. 50 u. 51. (Der Schnitt verläuft nahe der Ventralseite.)

treffenden Nerven besondere Bildungen beitragen, die im Zusammenhang mit zwei in der Mittellinie der Ventralseite der Subösophagealmasse verlaufenden Säulen („colonne dei pettini“ Police) stehen (Abb. 50—52).

Die eingehendste Behandlung hat aber das Zentralnervensystem des Skorpions (Abb. 53) (*Euscorpium*, dieselbe Art, die auch Haller untersucht hat) durch K. Gottlieb (1926) gefunden, und sie kann mehrere Irrtümer Hallers berichtigen. Dieser Arbeit zufolge sind am Gehirn die paarigen Anlagen beim erwachsenen Tier vollständig verschmolzen, so daß äußerliche Querverbindungen nicht sichtbar sind und eine äußerlich einheitliche Masse zustande kommt, die nur im vorderen Teil, und zwar dorsal durch die Furche, in der das Dorsalgefäß verläuft, ventral durch den Verlauf des Schlundes, die ursprüngliche Paarigkeit erkennen läßt. Von oben gesehen hat das Gehirn

eine etwa bohnenförmige Gestalt, mit der Konkavität nach vorn, und es ist ersichtlich, daß alle Nerven mit Ausnahme des Rostralnerven im extracerebralen Verlauf paarig sind.

Von den vom Gehirn abgehenden Nerven folgen in der Seitenansicht von oben nach unten aufeinander: die Nerven für die Mittelaugen, dann etwas

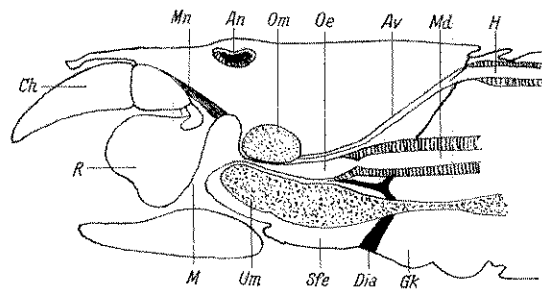


Abb. 53. Sagittalschnitt durch den Cephalothorax von *Euscorpion carpathicus*, nahe der Medianebene (nach Gottlieb). *R* Rostrum (Oberlippe, Labrum), *Ch* Chelicere, *Mn* Muskel, *An* Mittellange, *Om* obere Schlundganglienmasse, *Oe* Ösophagus, *Av* vordere Aorta, *Md* Mitteldarm, *H* Herz, *Gk* Genitalklappe, *Dia* Diaphragma, *Sfe* Sternum, *Um* Untere Schlundganglienmasse, *M* Mundöffnung.

Nerven bezeichnet, entspricht in Wirklichkeit dem Chelicereganglion.

Bemerkenswert ist der Zusammenhang zwischen dem Gehirn und dem Blutgefäßsystem; nicht nur, weil das Innere des Gehirns durch feinste Gefäße durchsetzt wird und zwischen der Ganglienkapsel und dem zentralen Faserwerk eine innere Hülle besteht, sondern weil das ganze Nervensystem von einer Blutkapsel umgeben ist, die nach Brauer beim Embryo gut entwickelt, beim Erwachsenen aber zu einem sehr schmalen Spaltraum geworden und stellenweise kaum sichtbar ist.

Die Grenzen der Ganglien sind durch Gefäße gekennzeichnet, und zwar sowohl bei den Ganglien der Unterschlundmasse als auch zwischen Ober- und Unterhirn, deren Grenze durch zwei Gefäße angedeutet wird, die aus der vom Herzen kommenden Arterie entspringen und, in der früher erwähnten Furche zwischen Ober- und Unterhirn verlaufend, sich wie ein Ring um das Gehirn legen. An die Chelicereganglien geben sie jederseits eine Arterie, die Chelicerearterie, und in ihrem weiteren Verlaufe nach aufwärts die mediane Supracerebralarterie ab. Schließlich geben sie in der Mitte der Oberfläche des Gehirns zwei Äste ab, die gegen den Cephalothorax ziehen, in dessen Seitenteilen weitere Verzweigungen eintreten.

Was den feineren Aufbau des Gehirns anbelangt, so unterscheidet Gottlieb eine zentrale Markmasse und eine periphere Rindenzellschicht, die das Gehirn zum größten Teil bedeckt, mit Ausnahme der hinteren Partie und einiger

tiefer die für die Seitenaugen, unterhalb der schwachen Einkerbung, die Ober- und Unterhirn trennt, die Chelicereganglien mit je einem akzessorischen Nerv und der medianen Rostralnerven. Die Nervi cardiaci gehen nach Gottlieb aber nicht von der Stelle aus, die Police als Austrittsstelle bezeichnet.

Was Haller als Ganglion des Oberlippen- (Rostral-)

Stellen an den Seiten, was auch schon Saint-Rémy angibt. Die ziemlich dicht aneinanderliegenden Ganglien sind, der Oberfläche des Gehirns folgend, reihenweise bogenförmig angeordnet. Sie gehören drei verschiedenen Typen an: 1. Ganglienzellen mit deutlicher Plasmaschicht um den Kern, mit fibrillärem Plasma, das sich in den Achsenzylinder verlängert, mit rundem Kern, der meist nur einen ziemlich großen Nucleolus enthält. Diese Art von Ganglien bilden den größten Teil der Hirnrinde.

Dem zweiten Typus gehören Ganglien mit so wenig Plasma an, daß sie bloß aus dem chromatinreichen Kern zu bestehen scheinen. Sie sind auch kleiner und färben sich intensiver als die vorigen. Sie sind auf das Protocerebrum beschränkt, scheinen demnach bestimmten höheren Funktionen zu dienen.

Schließlich sind auch noch Riesenzellen mit großem, rundem Kern und reichlichem Plasma, das in einen starken Neuriten ausläuft, zu unterscheiden. Sie sind von der gleichen Beschaffenheit wie die großen motorischen Zentren des Pedipalpenzentrums und nur in geringer Zahl vorhanden. Diese Zellen, die wohl Saint-Rémy, nicht aber Haller (auch nicht Holmgren) gesehen hat, liegen, von vorn nach rückwärts fortschreitend, ungefähr in der Mitte des Gehirns, und zwar zum Teil mehr peripher gerichtet als medial, teils aber medial.

Die innerhalb der Ganglienzellschicht ausgebreitete Fasermasse, die im wesentlichen von den Neuriten der Ganglienzellen gebildet wird, bildet nun entweder wohldefinierte Faserzüge oder aber ein so feines Flechtwerk, daß nur bei stärkster Vergrößerung erkennbar ist, daß es sich hier nicht um eine richtige Punktierung handelt, welcher Ausdruck daher auch von Gottlieb abgelehnt und je nachdem als Markmasse, Fasermasse oder Glomeruli bezeichnet wird. Die Markmasse ist nicht gleichartig, sondern bildet morphologisch wohlbegrenzte Bezirke, für die der Ausdruck „Markfelder“ (Neuropilema) gewählt wird. Die Verästelungen der feinsten Nervenfasern können bald lockere Netze, bald dichte Zusammenballungen bilden; letztere sind als Glomeruli zu bezeichnen, die sich auch durch stärkere Färbbarkeit auszeichnen, so in den optischen Zentren, pilzhutförmigen Körpern, im Zentralkörper usw., während die Faserbündel zur Verbindung der beiden Hälften oder verschiedener Gebiete derselben Seite dienen (Abb. 54).

Was nun die einzelnen Abschnitte des Gehirns anbelangt, so fällt am Protocerebrum auf, daß an ihm die einzelnen Zentren nicht so deutlich hervortreten wie bei den Insekten, und daß namentlich von einem wohl ausgebildeten Lobus opticus nicht die Rede sein kann, die optischen Sehmassen vielmehr in den obersten, äußeren Winkeln jederseits gelegen sind und ihre Bahnen lateral nach hinten gegen den Zentralkörper ziehen.

Daß die pilzhutförmigen Körper nur in einem Paar auftreten (entgegengesetzt der Meinung Haller's) wurde schon früher erwähnt, ebenso, daß sie durchaus nicht so primitiver Natur sind wie er annimmt, wie schon aus dem komplizierten Bau ihrer Stiele hervorgeht.

Der Zentralkörper ist hinter dem Stielkomplex, morphologisch unpaar und mondsichelförmig, mit der konvexen Seite nach außen, quer im hinteren Teile des Gehirns gelegen. Er besteht aus mehreren Teilen, deren einen Haller als Stiel eines hinteren pilzhutförmigen Körpers gedeutet und deshalb das Vorkommen von zwei solchen Körpern angenommen hat.

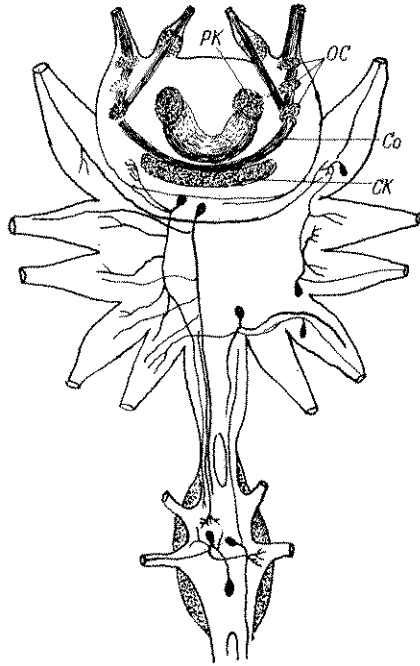


Abb. 54. Zentralnervensystem und I. Ganglion des Skorpions, nach Hilton (auf Grundlage von Abbildungen von Hanström, Gottlieb u. a.). *OC* Zentren der Lateralaugennerven, *PK* pilzhutförmige Körper, *Co* Verbindung der Optici der beiden Seiten, *CK* Zentralkörper.

Die Entdeckung der Antennalglomeruli durch Gottlieb brachte den Nachweis des Vorhandenseins eines, wegen Fehlens von Extremitäten freilich nur schwach entwickelten, Deutocerebrums.

Wenn wir nun auf die einzelnen Abschnitte des Gehirns noch etwas näher eingehen, so soll von den Sehzentren nur gesagt werden, daß sie für Mittel- und

Seitenaugen getrennt sind, und daß bei den Sehmassen der Seitenaugen eine Schichtung in einzelne Faserpartien sowie Faserkreuzungen zwischen den einzelnen Komplexen zu beobachten sind. Ebenso bestehen unmittelbare Verbindungen einerseits zwischen Mittel- und Seitenaugen derselben, andererseits auf der Gegenseite, so daß eine optische Kommissur zustande kommt.

Die pilzhutförmigen Körper, die bei Insekten eingehend untersucht wurden, sind wegen der verschiedenen Ausbildung und Größe in Zusammenhang mit der Kompliziertheit der Lebensweise als eine Art Gradmesser der Intelligenz betrachtet worden. Sie setzen sich aus zwei Teilen zusammen, den Globulizellen und den aus ihren Fortsätzen sich bildenden Stielen; die ersteren liegen beiderseits der Mediallinie und in der Längsrichtung annähernd in der Mitte des Gehirns, ziemlich nahe der Mediallinie, so daß die oberen

Schichten beider Hälften median fast aneinanderstoßen. In der oberflächlichen Schicht sind sie am meisten ausgebreitet, während sie sich nach innen gegen die Fasermasse zu verjüngen und auch nach hinten zu sowohl in dorso-ventraler wie lateraler Richtung schmaler werden. Die Globulizellen sind viel kleiner und dunkler als die übrigen Zellen wegen der geringen Menge von Plasma im Vergleich zum Kern; sie liegen sehr dicht beisammen und erscheinen demnach als kompakte Masse. Aus ihnen treten Fortsätze als feine Faserbündel in die Fasermasse, die sich jederseits miteinander zum Stiel vereinigt; die Stiele verlaufen in ventro-medio-caudaler Richtung, biegen dann um und vereinigen sich unterhalb des Zentralkörpers durch die Brücke mit denen der Gegenseite.

Die Ansicht Bretschneider's, je höher die Entwicklung des Zentralkörpers sei, desto geringer sei die Entfaltung der pilzhutförmigen Körper, trifft für die Skorpione nicht zu, denn der mächtigen Ausbildung des Zentralkörpers steht durchaus keine geringe Differenzierung der pilzhutförmigen Körper gegenüber, da ja wenigstens die Stiele derselben sehr kompliziert gebaut sind und man von einem ganzen Stielkomplex sprechen kann. Ebenso ist die Vermutung Haller's von einem Zusammenhang der Entwicklung der Lobi optici und der pilzhutförmigen Körper durchaus nicht richtig.

Daß auf jeder Seite des Gehirns nur ein Globulus vorhanden ist und nicht deren zwei, wurde schon früher mitgeteilt; Haller hat einen Teil des Zentralkörpers für einen hinteren Stiel gehalten.

Die pilzhutförmigen Körper setzen sich teils aus Glomerulizellen, teils aus den aus ihren Fortsätzen sich bildenden Stielen zusammen, liegen zu beiden Seiten der Medianebene und nehmen in der Längsrichtung mit ihren hinteren Partien etwa die Mitte des Gehirns ein.

In einer Quer- oder Horizontalschnittserie von vorn nach hinten bzw. von oben nach unten beobachtet man neben den Glomerulizellen beiderseits diejenigen Teile der pilzhutförmigen Körper, die von Saint-Rémy als „région tacheté“ bezeichnet wurde, weil sie innerhalb der Fasermasse stark gefleckt erscheint. Diese Flecke erweisen sich bei starker Vergrößerung als feinste, knäuelartig zusammengeballte Verzweigungen der Neurite und sind reihenweise oder in kleinen Gruppen angeordnet. Diese Knäuel sind die feinen Faserzüge entlang, die von den Globuli kommen, angeordnet; sie bilden vornehmlich feinste Verflechtungen seitlicher Abzweigungen (Collateralen) dieser Fasern; wahrscheinlich ist die bogenförmige Anordnung der Fleckenreihen auf bogenförmigen Verlauf der Fasern zurückzuführen.

Was die Stiele anbelangt, so bemerkt man im Schnitt ziemlich große, stark gefärbte Knäuel, die Glomeruli, und Fasern, die viel heller sind als die umgebende Fasermasse und eine Art Röhre bilden, in der die Glomeruli ebenfalls durch helle Fasern getrennt sind, so daß die Stiele im Schnitt von einem hellen Saum umgeben erscheinen. Stellenweise treten die Glomeruli oder aber die hellen Faserzonen mehr in den Vordergrund.

Durch die Glomerulibildung treten die Ästchen der verschiedensten Zellen miteinander in Verbindung, so daß ein vielseitiger Austausch der durch

die Fäserchen vermittelten Erregungen möglich ist. Die pilzhutförmigen Körper treten namentlich mit folgenden Zentren in Verbindung:

1. Miteinander (Neuron 1).
2. Mit den Sehmassen (Neuron 2).
3. Mit den Antennalglomeruli (Neuron 3).
4. Mit dem Zentralkörper (Neuron 4).
5. Mit dem Schlund-Konnektiv (Neuron 5).

Die Bezeichnung der Neuronen bezieht sich auf das Schema Gottlieb's. Es ist also zwar der Becher der pilzhutförmigen Körper einfach gebaut, dagegen die Stiele, wie bereits erwähnt, sehr kompliziert, und die Organe werden mit Recht als Intelligenzzentren betrachtet, wenn man die mannigfachen Beziehungen zu anderen Teilen des Gehirns in Betracht zieht.

Der Zentralkörper, unter sehr verschiedenen Namen bekannt, die aber im wesentlichen dasselbe bedeuten (Holmgren nennt ihn aber wegen seiner Struktur „gestreifter Körper“), bildet einen allen Arthropoden zukommenden Teil des Protocerebrums: er ist in seiner Struktur innerhalb der Arthropoden sehr beständig. Daß seine Größe mit der der pilzhutförmigen Körper bei den Skorpionen nicht im reziproken Verhältnis steht, wie von verschiedenen Autoren angenommen wurde, ist bereits erwähnt worden.

Der Zentralkörper ist als wohlbegrenztes, unpaares Gebilde im hinteren Teil des Gehirns gelegen und grenzt vorne unten an die Brücke und die medialen Verschmelzungen der Loben des Protocerebrums, seitlich und oben an die Ganglienzellrinde — hinten ist dagegen die Bedeckung mit Ganglienzellen nicht vollständig.

Der Zentralkörper setzt sich aus einem oberen und unteren Teil zusammen; diese beiden Teile erscheinen als zwei ineinandergelagerte dicke und flache Schalen, deren konvexe Seite nach oben und hinten gerichtet ist; sie sind nur durch eine feine Faserlage getrennt, die nicht, wie Holmgren meint, als besonderer Mittelteil betrachtet werden darf. Der obere Teil ist durch zwei Querfurchen in drei hintereinandergelegene Blätter geteilt, während der untere einheitlich erscheint.

Der Zentralkörper besteht aus einem überaus dichten Netzwerk von Fasern sowie aus weiteren Fasern, die tangential an der Oberfläche oder aber radial, quer oder sagittal durch das Innere ziehen. Infolge dieser Struktur ist ihm auch der Name „gestreifter Körper“ gegeben worden. Außer dieser faserigen Hauptmasse können noch unterschieden werden: 1. Glomeruli, sehr dicht stehend und die oberen und inneren Randpartien beider Teile einnehmend. 2. Eine durch den Verlauf von aufeinander ungefähr senkrechten Fasern hervorgerufene Streifung und 3. eine eigentümliche Fächerung im Inneren des oberen Teiles; sie wird von Gottlieb in der Weise erklärt, daß er annimmt, daß zwischen in bestimmten Abständen radial ziehenden Fasern Faserzüge in darauf senkrechter Richtung ziehen, so daß Röhren von Fasern gebildet werden. Die verschiedenen Strukturen werden namentlich in verschiedenen Teilen des Zentralkörpers gefunden; die Augenbündel treten nicht

in den unteren, sondern in den oberen Teil des Zentralkörpers ein, der eine ähnliche Struktur aufweist. Die Glomeruli sind deutlich in Querreihen angeordnet.

Den Zentralkörper decken kappenartig Ganglienzellen, die den Globulizellen ähnlich sind und deren Neuriten nicht allein in ihn, sondern auch in die Grenzschicht zwischen dem oberen und unteren Teil eintreten.

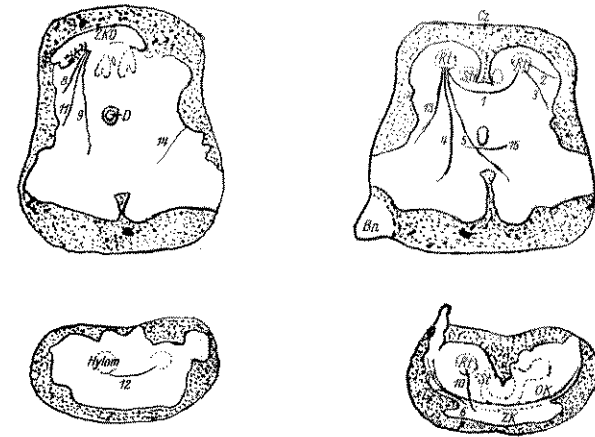


Abb. 55. Schema der wichtigsten Neuronen im Gehirn vom *Euscorpium carpathiscua*.<sup>50</sup>  
(nach Gottlieb); oben quer, unten horizontal.

- Neuron 1, linker pilzhutförmiger Körper zum rechten pilzhutförmigen Körper.  
 „ 2, linker pilzhutförmiger Körper zu optischen Zentren.  
 „ 3, linker pilzhutförmiger Körper zum Deutocerebrum.  
 „ 4, linker pilzhutförmiger Körper zum Chelicerenganglion u. Unterschlundmasse.  
 „ 5, linker pilzhutförmiger Körper zur Unterschlundmasse der Gegenseite.  
 „ 6, Zentralkörper zu Sehmassen.  
 „ 7, Zentralkörper zu seitl. Belagzellen.  
 „ 8, Zentralkörper zum Deutocerebrum.  
 „ 9, Zentralkörper zur Unterschlundmasse.  
 „ 10, Zentralkörper zum pilzhutförmigen Körper.  
 „ 11, Zentralkörper zum Chelicerenganglion.  
 „ 12, Antennalkommissur.  
 „ 13, Chelicerenganglion zum pilzhutförmigen Körper.  
 „ 14, Chelicerenganglion zur Unterschlundmasse.  
 „ 15, Chelicerenkommissur.

*Hylom* Antennalglomeruli, *Bn* Bein, *D* Darm, *Gz* Ganglienzellen der Rinde, *Ok* optische Kommissur, *Rt* Région tachetée, *St* Stiel, *ZKO* oberer Zentralkörper, *Zk* unterer Zentralkörper.

Zahlreiche Faserstränge vermitteln die Verbindung nicht nur zwischen den einzelnen Teilen des Zentralkörpers, sondern auch zwischen ihm und anderen Bezirken des Gehirns. So ist der obere und untere Teil des Zentralkörpers durch breite, radial verlaufende, kurze Faserstränge verbunden, ebenso finden wir folgende Verbindungen (Abb. 55):

1. Zentralkörper — optische Bündel (Neuron 6). Die Fasern stehen vornehmlich mit dem oberen Teil des Zentralkörpers in Verbindung und treten von beiden Seiten in das Mittelblatt ein, während die optische Kommissur vor dem Zentralkörper verläuft und so eine Reflexbahn bildet, die unter Ausschluß des Zentralkörpers Beziehungen zwischen den beiden Augen herstellt.
2. Zu seitlichen Belagzellen (Neuron 7).
3. Zu den pilzhutförmigen Körpern (Neuron 4). Ansehnlicher Faserstrang, der von der Région tacheté im Bogen nach rückwärts verläuft.
4. Zum Deutocerebrum (Neuron 8).
5. Zur Unterschlundmasse (Neuron 9).

Nach Police soll das Organo stratificato posteriore, also der Zentralkörper, durch Verschmelzung zweier stomatogastrischer Zentren entstehen, und zwar sollen die zwei Wurzeln des Herznerven auf den oberen, die Lateralnerven auf den unteren Teil zurückzuführen sein.

Schließlich werden im Protocerebrum noch zwei durch einen medianen Teil verbundene Loben von Marksubstanz gefunden, die durch Faserzüge voneinander getrennt sind.

Hinter den Zellen der pilzhutförmigen Körper und vor und neben den Zellen des Zentralkörpers ist die Ganglienzellrinde durch überaus große Zellen ausgezeichnet, vom selben Typus wie die motorischen Zellen des Bauchmarkes; sie sind wenig zahlreich und liegen in der Mitte jeder Rindenhälfte, etwas kleinere finden sich vereinzelt auch im medialen Teil des Ganglienzellbelags; diese Zellen sind vollkommen symmetrisch gelagert. Starke Faserzüge ziehen in die Markmasse des Protocerebrums und in die des Tritocerebrums.

Gottlieb vergleicht diese Zellen mit der Pars intercerebralis der Insekten.

Das Deutocerebrum ist äußerlich nicht als selbständiger Teil des Gehirns erkennbar, ganz im Protocerebrum aufgegangen und ohne deutliche Grenzen gegen die benachbarten Gehirnabschnitte. Es ist im Zusammenhang mit dem Fehlen von Gliedmaßen ganz schwach entwickelt, ohne große Elemente, ohne Globulizellen, sondern nur aus einer Schicht gleichartiger Zellen aufgebaut. Bemerkenswert ist das Vorhandensein von Antennalgglomeruli, die allerdings wenig ausgebildet sind, da keine Nerven von ihnen ausgehen, aber deutlich zeigen, daß auch beim Skorpion ein Deutocerebrum ausgebildet ist, also das betreffende Segment nicht in Wegfall gekommen ist.

Das Tritocerebrum bildet jenen Teil des Gehirns, das, den Ösophagus umgreifend, gegen das Pedipalpenganglion zieht und damit die Verbindung mit der Unterschlundmasse herstellt. Gegen das Pedipalpenganglion ist es durch ein Gefäß abgegrenzt, das äußerlich an der Grenzlinie verläuft. Ungleich den vorhergehenden Gehirnteilen ist eine Differenzierung innerhalb der Fasermasse oder des Ganglienzellenbelages nicht ausgeprägt. Seine Fasermasse ist außer durch das feine Netzwerk namentlich durch die breiten, bandartigen Faserbündel, die vom Protocerebrum zur Unterschlundmasse ziehen, gekennzeichnet; in der Ganglienzellenrinde fallen nur wenige größere Elemente auf.

Der Rostralnerv, der das Rostrum (Oberlippe) versorgt, läuft zuerst in einer Furche oberhalb des Pharynx und verästelt sich in seinem dorsalen Verlaufe in Zweige zur Muskulatur und Cutis. Das Rostrocheliceralganglion („ganglion rostro-mandibulaire“ Saint-Rémy) besteht nach Saint-Rémy aus einem unpaaren „lobe rostral“ und jederseits einem „lobe mandibulaire“, die hinten und unten verschmolzen sind. Der Rostralnerv ist unpaar, geht aber aus zwei paarigen Wurzeln hervor, die durch eine supraösophageale Kommissur verbunden sind. Der „lobe rostral“ (Stomodaealbrücke) ist nicht die Ursprungsstelle des Nerven, sondern er passiert sie bloß und entspringt aus den „lobes mandibulaires“. Er ist ebenso subösophagealen Ursprungs wie die Chelicerennerven, obgleich er das Gehirn gleichfalls oberhalb des Schlundes verläßt.

Im Gegensatz zu den Wurzeln des Rostralnerven, die mehr die medialen und oberen Teile des Tritocerebrums einnehmen, breiten sich die Massen der Chelicerennerven im lateralen und unteren Teil aus und sind in Anbetracht der mächtigen Ausbildung dieser Organe viel stärker entwickelt. Außer den Hauptnerven sind noch jederseits zwei kleine akzessorische Nerven vorhanden, von denen der eine außerhalb, der andere innerhalb des Hauptnervs verläuft. Die Chelicerennerven treten in der Höhe des Austrittes des Rostralnervs aus und gehen aus ungefähr eiförmigen Loben hervor, die schief von unten nach vorn laterodorsal ziehen und immer feiner werdend in die Nerven übergehen. Beide Fasermassen sind durch eine subösophageale Kommissur verbunden.

Es ist demnach am Chelicerenganglion sowohl eine supra- wie subösophageale Kommissur vorhanden.

Die Entwicklung des Nervensystems der Skorpione ist mehrfach untersucht worden, so von Metschnikoff (1870), Kowalewsky & Schulgin (1886), Saint-Rémy (1887), Patten (1890), Brauer (1894—1896) und schließlich von McClendon (1904).

Von diesen Autoren hat zuerst Metschnikoff an Oberflächenpräparaten von Embryonen die Neuromeren als paarige Verdickungen des Ektoderms beschrieben, die durch eine mediane Längsfurche voneinander getrennt sind. Der Mund bildet sich im ersten Segment und rückt im weiteren Verlaufe der Entwicklung zum Hintergrunde des zweiten Segmentes, so daß ersteres eine präorale Lage einnimmt. Von den gebildeten Neuromeren ist eines für das Augen-, eines für das Chelicerensegment und je eines für die folgenden Segmente bestimmt. Kowalewsky & Schulgin haben die Umwandlung des Ektoderms in Nervengewebe weiterhin verfolgt und beobachtet, daß an der Stelle, wo die künftigen Ganglien auftreten, das Ektoderm nicht nur sich verdickt, sondern auch die Zellen schnell wuchern und überall an seiner freien Oberfläche Grübchen auftreten, die dann durch das Wachstum der ihre Wände bildenden Zellen ausgefüllt werden.

Saint-Rémy fand zwei Prächeliceral-Neuromeren bei den Skorpionen, denen zwei Paare von Sehlapfen entsprechen. Wir werden sehen, daß über die Zahl dieser Neuromeren eine ziemliche Meinungsverschiedenheit herrscht; so sehen wir, daß Patten drei Prächeliceral-Neuromeren zu erkennen



glaubte, Lankester dagegen nur eines. Nach Patten besteht die Ganglienneurone des Cephalothorax aus dreizehn Neuromeren, und beim erwachsenen Tier besitzt jedes typische Neuromer ein Paar von neuronalen und zwei Paar von hämalen Nerven, wobei jeder neurale Nerv an seiner Wurzel ein Ganglion aufweist.

Mc Clendon konnte 20 Neuomere nachweisen, entsprechend der Zahl der Körpersegmente, wobei das Telson nicht als besonderes Segment gerechnet ist. Bei jungen Embryonen besteht ein typisches Neuromer aus einem Paar median verschmolzener Ganglien mit zwei Paaren von Nerven, vordere („hämale“ nach Patten, „äußere“ nach Pollice) und hintere („neurale“ nach Patten, „innere“ nach Pollice). Das erste Neuromer unterscheidet sich ebenso vom Typus wie das erste Segment. Das zweite hat keine vorderen Nerven, wenn man nicht annehmen will, daß sie mit den Rostralnerven verschmolzen sind. Auch das dritte Neuromer soll keine vorderen Nerven abgeben, dagegen hat das achte Neuromer keine hinteren Nerven, alle übrigen sind typisch.

### 5. Sinnesorgane

Von diesen besitzen die Skorpione die folgenden:

1. Die Trichobothrien (s. Seite 33, 48).
2. Die Sinnesorgane der Kämme.
3. Die Sinnesorgane des Cephalothorax von *Heterometrus*.
4. Die Seitenaugen.
5. Die Mittelaugen.

#### a) Die Trichobothrien

Über den Bau der Trichobothrien haben wir nur einige Mitteilungen von H. J. Hansen (1917), der besonders bei *Pandinus (Heterometrus) cyaneus* Bemerkungen über die Lage und Anzahl macht und erwähnt, daß das Innere der Grübchen wie mit einer Schicht prismatischer Zellen nach Art einer Bienenwabe ausgeschmückt sei. Andere Sinneshaare sind bei den Skorpionen nicht bekannt (Abb. 56).

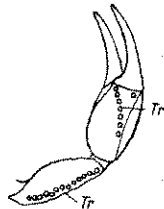


Abb. 56. Hand und Tibia des Pedipalpus von *Euscorpion italicus* von unten (Orig.). *Tr* Trichobothrien.

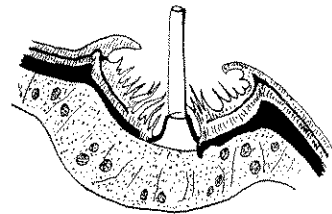


Abb. 57. Trichobothrium von *Heterometrus cyaneus* (von der Sehene eines Pultus) in der Tiefe seiner Theca.

Daß die Trichobothrien in der Regel an der Unterseite der Tibia und der Hand des Maxillarpalpus auftreten, wurde schon S. 33 erwähnt. Bei *Buthiscus bicalcaratus* wurden sie von Birula auch am Oberarm gefunden; am

Postabdomen sind sie nur in der Jugend zu beobachten, doch sollen sie sich einzig und allein bei *Prionyx crassicauda* in rudimentärem Zustande auch an erwachsenen Tieren noch erhalten. Bei dem karbonischen *Eobuthus* waren bereits Trichobothrien an den Beinen nachweisbar.

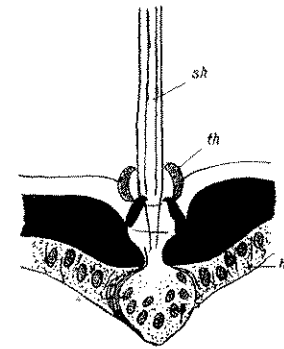


Abb. 58. Drüsiges Sinneshaar des Kammes von *Anomalobuthus rickmersi* (nach Pawlowsky). *sh* Sinneshaar, *th* Theca desselben, *hp* Hypodermis.

Hansen beobachtete auch Sinnesorgane, die den „Organes lyriformes“ ähnlich sind und in Form einer Anzahl von Spalten, von denen viele in Gruppen angeordnet sind, am sechsten und siebenten Glied der Laufbeine und am zweiten und dritten Glied der Palpen, doch nirgends sonst angetroffen wurden. Diese Organe dürften vielleicht als Hörorgane anzusehen sein.

Was die Funktion anbelangt, so werden die Trichobothrien von F. Dahl (1883) als Hörhaare, von den übrigen Autoren aber wohl mit Recht als Tasthaare angesehen, und Hansen gibt eingehend die Gründe an, die im allgemeinen nicht nur bei den Skorpionen dafür sprechen. Daß nicht nur bei Arachnoiden, sondern auch bei Insekten Trichobothrien vor-

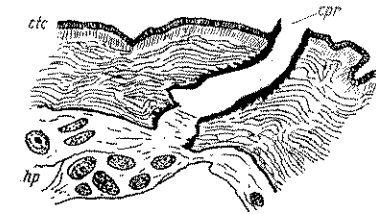


Abb. 59a. Kanal in der Pleura von *Scorpio maurus* (nach Pawlowsky). *cpr* Eingang des Kanals, *ctc* Cuticula, *hp* Hypodermis.

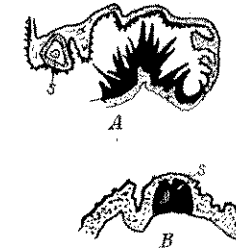


Abb. 59b. Sinnesorgan (*s*) an der inneren Pleura der Lungenlamellen von A *Uroplectes lineatus*, B *Grosphus madagascariensis* (nach Pawlowsky).

kommen, obwohl hier andere, feinere Gehörorgane verbreitet sind, und daß bei den Solifugen (wie übrigens auch bei den Skorpionen) Zirporgane bekannt sind, die ja das Vorhandensein eines Gehörorgans voraussetzen, aber bei ihnen Trichobothrien niemals gefunden wurden, spricht dafür, daß Dahls Auffassung der Trichobothrien als Hörhaare unrichtig ist.

Als Sinnesorgane (Abb. 59a—c) sind noch die Sinnesporen und Porenkanäle in der chitinigen

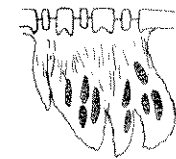


Abb. 59c. Sinnesporen der kammförmigen Anhänge von *Anomalobuthus rickmersi* (nach Pawlowsky).

Cuticula zu nennen (Kämme, Augen), auch wohl die von Pawlowsky abgebildeten Kanäle in der Pleura von *Scorpio maurus*.

#### b) Die Sinnesorgane der Kämme

Die Kämme der Skorpione (Abb. 2, 4), die als die auffallendsten Eigentümlichkeiten dieser Arachnoiden zu betrachten sind und keiner anderen Ordnung zukommen, sind daher schon ziemlich lange bekannt, beschrieben und abgebildet; ersteres ist durch Meckel, Duméril, Dufour, besonders aber durch Blanchard und Simon geschehen. Meckel beschreibt nur drei Teile in der Richtung von vorn nach hinten; der vorderste besteht aus drei Gliedern, von denen das innerste das längste und stärkste ist; der zweite besteht aus einer Reihe von etwa 20 kleinen Scheiben; den dritten bilden die sogenannten Kammzähne, denen diese Organe ihren Namen verdanken.

Besser ist die Beschreibung Blanchard's, der einen platten verlängerten, am Ende verdünnten und abgerundeten Abschnitt unterscheidet, der in seiner ganzen Länge durch eine Längslinie geteilt wird, wodurch zwei schmale, aber in ihrer ganzen Länge verbundene Platten entstehen. Beide Teile sind mit der Basis (das ist das sogenannte Kammgrundstück) gelenkig verbunden, der vordere in seiner ganzen Breite, der hintere aber nur in seiner vorderen Ecke, während er sonst frei bleibt, wodurch der Kamm sich gegen die Mittellinie des Körpers bewegen kann. Die vordere Platte besitzt außer dem Basalglied noch zwei Gelenkstellen, die eine in der Mitte, die andere im dritten Viertel seiner Länge. Die hintere Platte aber läßt außer dem Basalglied noch acht Einschnitte erkennen. Das hintere Basalglied ist mitunter beim ♂ und ♀ wesentlich in der Größe verschieden.

Am Hinterrande der hinteren Platte sitzen die Kammzähne in einer einzigen Längsreihe angeordnet. Ihre Zahl kann bei solchen Arten, bei denen sie absolut größer ist, in ziemlich weiten Grenzen schwanken. Auch sie bildet einen sekundären Geschlechtscharakter, indem sie beim ♂ häufig größer ist als beim ♀, ebenso wie auch die Kammzähne bei ersterem länger sein können wie bei letzterem (s. den Abschnitt „sekundäre Geschlechtscharaktere“).

Erst E. Simon unterscheidet zwischen der hinteren Platte und den Kammzähnen noch die kleinen, dreieckigen Schaltstücke als „pièces basilaires des lamelles“. Sie werden nach Kraepelin, der die erste Plattenreihe als Randlamellen, die zweite als Mittellamellen bezeichnet, Fulcra genannt.

Die Kämme werden als umgewandelte Gliedmaßen des dritten Abdominalsegmentes gedeutet.

Ihre Muskulatur (s. auch S. 68) setzt sich nach Gaubert aus folgenden Teilen zusammen:

Die stärksten sind diejenigen, die die Bewegungen dieses Organes als Ganzes nach allen Richtungen vermitteln. Sie sind einerseits am Cephalothorax, andererseits am ersten Kammglied befestigt. Es sind ihrer vier, und sie inserieren direkt ohne Vermittlung von Sehnen.

Dann finden wir kurze Muskeln dreierlei Art:

Erstens solche, die einerseits am freien Vorderrande der Kämme, andererseits an der Basis der Kammlamellen sich befestigen. Jeder besteht aus fünf bis sechs deutlich quergestreiften Muskelfasern und setzt sich direkt am Integument des Vorderrandes des Kammes und durch sehr kurze Sehnen am anderen Ende an.

Diejenigen Muskeln, welche die beiden ersten Kammzähne versorgen, kommen vom Cephalothorax und sind miteinander an ihre Insertionsstelle an diesem vereinigt.

Alle diese Muskeln sind parallel und ungefähr gegen die Achse der Kammzähne gerichtet, mit denen sie in der Zahl übereinstimmen.

Eine zweite Gruppe besteht aus Transversalmuskeln, die vom Rande der dorsalen Platten (Randlamellen) zu den lateralen Platten (Mittellamellen) ziehen. Ihre Insertionsstellen sind an der Fläche dieser Lamellen unter dem Mikroskop unterscheidbar; im apikalen Teil der Kämme verlaufen sie aber der Fläche parallel.

Die dritte Gruppe wird von Muskeln gebildet, die am Vorderrande der Kämme liegen. Sie liegen ähnlich wie die der vorigen Gruppe und sollen nach Gaubert den vorderen Rand der Kämme bewegen. Sie und die vorhergehende Gruppe bringen eine leichte spiralige Bewegung der Kämme zustande.

An den Kämmen der Skorpione findet man nun verschiedene Sinnesorgane, die z. T. bereits von Gaubert (1892b), genau aber von Olaw Schröder (1905) beschrieben worden sind. Während zwei Arten dieser Sinnesorgane auf den Kämmen ziemlich allgemein verbreitet scheinen, ist die dritte Art (Sinneszapfen) auf ein Sinnesfeld der Enden der einzelnen Kämme beschränkt (Abb. 60). Die erste Form besteht aus einzelligen Sinnesorganen. In diesem

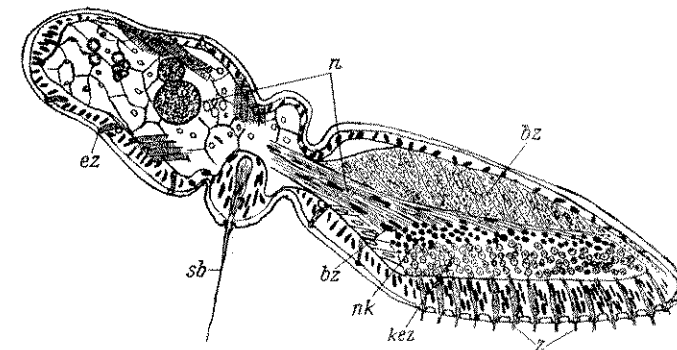


Abb. 60. Sagittalschnitt durch einen Kammzahn von *Euscorpius* (nach Olaw Schröder). ez einzeliges Sinnesorgan, sb Sinnesborste, bz Begleitzellen, kez Kerne der Sinneszellen, nk Nervenfaserkerne, n Kammnerv, z Sinneszapfen.

Falle ist die Cuticula von einem feinen Kanal durchbohrt, der in gleichmäßiger Dicke von der innersten Chitinschicht durch die mittlere hindurchzieht, sich innerhalb der mittleren Lage der inneren Chitinschicht kuppelförmig abhebt

und sich als äußerst feines Röhrchen durch die äußere Lage bis zur Oberfläche fortsetzt. In diesen Kanal erstreckt sich der Fortsatz einer ansehnlichen Sinneszelle. Diese liegt meist innerhalb der Hypodermis, indem sie unterhalb des Kanals rechtwinklig umbiegt und sich noch eine Strecke weit in ziemlich geschlängeltem Verlauf zwischen den Hypodermiszellen fortsetzt. Der Kern, von einem weiter unten zu beschreibenden Bau (Abb. 61), liegt etwa

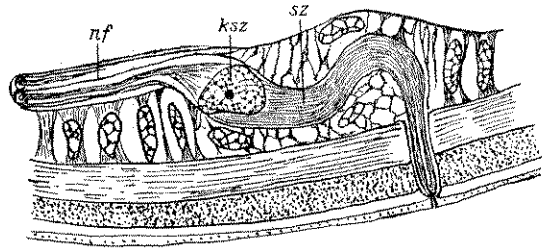


Abb. 61. Schnitt durch die Cuticula eines Kammzahnes, auf dem ein einzelliges Sinnesorgan getroffen ist (nach Olaw Schröder).  $1,0,0,0$  *nf* Nervenfasern, *sz* Sinneszelle, *ksz* deren Kern.

dort, wo die Nervenfasern in die Hypodermis eintritt; die Fibrillen der ersteren weichen um den Kern auseinander und scheinen ihn zu umfassen. Das Plasma der Sinneszelle selbst ist längsfaserig. Das Distalende des Terminalstranges desselben enthält ein dunkleres, röhrenförmiges Gebilde, dessen Distalstück unter dem feinen Endröhrchen der Cuticula spindelförmig erweitert ist. Diese Organe werden von Schröder mit den Sinneskuppeln verglichen, die Guenther auf den Flügelrippen der Schmetterlinge gefunden hat, ebenso auch mit den Membrankanälen von Rath's.

Die zweite Form von Sinnesorganen der Kämmen bilden die Sinnesborsten. Sie werden aber auch an anderen Körperteilen gefunden, wenn auch mit gewissen Modifikationen. Sie stehen auf einer in die Cuticula eingesenkten Papille. Da, wo sich diese ansetzt, ist das Chitin wesentlich verdünnt, und Schröder meint, daß hierdurch eine gewisse Beweglichkeit der Borste ermöglicht ist (Abb. 60, 62).

Die Papille selbst setzt sich nur aus der mittleren und inneren Lage der äußersten Chitinschicht zusammen, während die Borste selbst ausschließlich aus der letzteren zu bestehen scheint. Die Cuticula der Kämmen aber ist aus drei verschiedenen Schichten zusammengesetzt, die sich verschieden färben und von denen die äußerste wiederum aus zwei Lagen besteht.

Zu jeder Sinnesborste gehört ein Endorgan, das aus einer Gruppe von Sinneszellen besteht, die unterhalb, seltener innerhalb der Hypodermis gelegen sind, deren Zellen hier gestreckter erscheinen. Ihre distalen Fortsätze bilden einen Strang, der in die Borste eindringt. Nervenfasern sind an der Zutrittsstelle der Nerven zu den Sinneszellen spärlich. Dieser Typus ist bei Arthropoden anscheinend weit verbreitet.

Die für die Skorpione am meisten charakteristischen Sinnesorgane sind die Sinneszapfen der Kammzähne, die auf dem länglich ovalen, flachen Sinnes-

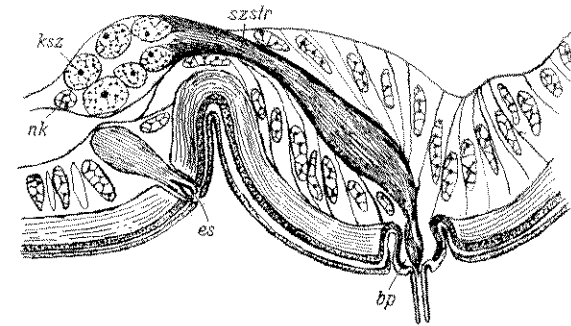


Abb. 62. Schnitt durch ein einzelliges Sinnesorgan und eine Sinnesborste von einem Kammzahn von *Euscorpium* (nach Olaw Schröder). *es* einzelliges Sinnesorgan, *bp* Borstenpapille, *szstr* Sinneszellstrang. Sonstige Bezeichnungen wie Abb. 61.

feld derselben in großer Zahl sitzen, und zwar selbst wiederum auf Papillen, ähnlich wie die Sinnesborsten. Es sind  $12\mu$  lange und  $3\mu$  dicke, am oberen Ende geschlossene Chitinröhrchen, deren Lumen mit dem der Papille in offener Verbindung steht. Die Papillen haben  $10\mu$  Dicke und  $6-7\mu$  Höhe (Abb. 63).

Auf einem senkrecht zur Ebene des Sinnesfeldes geführten Schnitt bemerkt man, daß die Hypodermis unter dem Sinnesfeld aus langgestreckten Zellen besteht und daher bedeutend höher ist als an der übrigen Kammoberfläche, ebenso auch ihre Kerne größer und gestreckter als sonst in der Hypodermis.

Die meisten Kerne liegen der Basalfläche der letzteren genähert, einzelne rücken dicht bis unter die Cuticula.

Unterhalb der Hypodermis und von ihr durch die Basalmembran getrennt, liegen in schichtenartiger Anordnung hellgefärbte Kerne, die als Sinneszellkerne gedeutet werden,

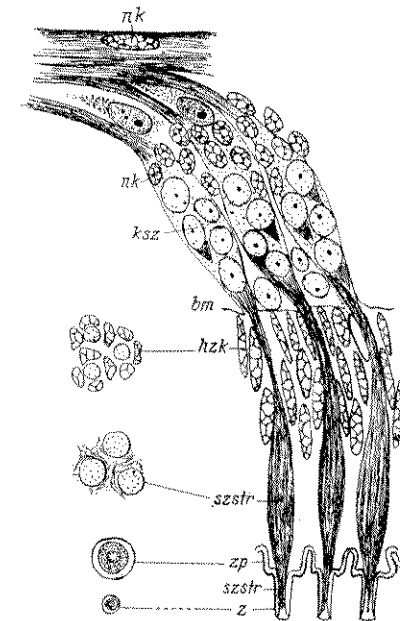


Abb. 63. Drei Sinneszapfen mit Nerven von einem Kammzahn von *Euscorpium* (nach Olaw Schröder). *bm* Basalmembran, *szstr* Sinneszellstrang, *zp* Sinneszapfenpapille, *hzk* Hypodermiszellkerne, *z* Zapfen. Die übrigen Bezeichnungen wie Abb. 60 u. 61.

und unter ihnen eine Schicht dunklerer und kleinerer Kerne. Erstere bilden spindelförmige Gruppen, von denen jeder einen längsfaserigen Fortsatz durch die Hypodermis bis in den Sinneszapfen hineinschiebt. Die Insertion der Sinneszellen erfolgt durch einen in den Kammzahn eintretenden Nervenast, der sich unterhalb der Schicht der Kerne auffasert, so daß jede Sinneszellgruppe von einem Nervenzweig erreicht wird.

Zellgrenzen sind fast nirgends scharf zu erkennen, wie auch bei anderen Arthropoden beobachtet wurde.

Die Kerne der Sinneszellen sind schwach elliptisch bis fast kugelig, besitzen ein feinmaschiges Kerngerüst, in dessen Knotenpunkten die kleinen Chromatingranula verteilt sind; ebenso besitzen sie stets ein deutliches, meist annähernd zentrales Binnenkörperchen. An dem der Hypodermis zugewandten Ende jedes Sinneszellkernes befindet sich eine kegelförmige Plasmapartie, die sich durch dunklere Färbung von ihrer Umgebung abhebt und in einen feinen Fortsatz ausläuft, der mit den Fortsätzen der übrigen Sinneszellen der gleichen Gruppe einen Strang bildet und die Basalmembran der Hypodermis durchbricht.

Im Basalteil der Hypodermis, der vorzugsweise von Kernen eingenommen ist, bleibt dieser Strang dünn; distalwärts erweitert er sich allmählich und spitzt sich gegen die Papilla des Sinneszapfens wieder zu, so daß er spindelförmig erscheint. Diese Form des Stranges ist möglicherweise nicht natürlich, sondern durch die Konservierungsflüssigkeiten herbeigeführt.

Wo der Strang in die Papille eintritt, spitzt er sich mehr und mehr zu und zieht als dünnes Fädchen durch den Sinneszapfen, dessen Lumen durch eine Chitinlamelle verschlossen ist.

Der Sinneszellstrang besteht in seinem ganzen Verlaufe aus Fibrillen, deren Zahl, entsprechend der Zahl der Sinneszellen, sechs bis acht beträgt.

Während der in den Kammzahn eintretende starke Nerv und seine Verzweigung unter der Anhäufung der kleineren und dunkleren Kerne noch zu verfolgen ist, kann der Zusammenhang der Nervenfasern mit den Sinneszellen durch die dichte Anordnung der Kerne und das Fehlen der Zellgrenzen nicht deutlich erkannt werden.

Die dunklen Kerne, die am Übergang eines Nervenzweiges in einen der Endorgane liegen, werden von Schröder als Kerne der Nervenfasern aufgefaßt.

Der Kammnerv selbst wird von einer dunkler sich färbenden Scheide umgeben, die große, flache Kerne enthält. Seine Fasern sind im Querschnitt unregelmäßig rundlich, von netzartig wabiger, auf dem Längsschnitt von längsfaserig wabiger Struktur. Das Wabengerüst läßt im Querschnitt häufig einen axialen Strang dunkler, feiner Fibrillen erkennen.

Die „Neurilemkerne“ der Nervenfasern sind von Schröder als Kerne der Nervenfasern als solche, nicht des umhüllenden Gewebes erkannt worden. Ebenso wurden die großen Zellen, die zwischen der Eintrittsstelle des Kammnervenastes in den Kammzahn und der Hypodermis gelegen sind und sich durch große, eiförmige Kerne mit einem oder seltener zwei Binnenkörpern und

dichter Struktur des Kernplasmas auszeichnen, mit den von anderen Arthropoden bekannten, sogenannten Begleitzellen identifiziert.

Über die Bedeutung der Käme gibt es eine ansehnliche Zahl verschiedener Ansichten. So nimmt Tulk an, daß sie die Funktion hätten, die Palpen, Tarsen und die Cauda zu reinigen. Gaskell hält sie für Gleichgewichtsorgane. Brongniart & Gaubert sind der Ansicht, daß sie bei der Begattung eine Rolle spielen und als Tast- und Erregungsorgane fungieren, während Schröder wieder der Meinung ist, es handle sich hier um Geruchsorgane. Schließlich kommt Magda von Ubisch auf Grund des Studiums zahlreicher Arten (allerdings nur an konservierten Exemplaren) zu dem Ergebnis, daß die Käme die Hinwegräumung von Dingen besorgen sollen, die in die hinter ihnen ausmündenden, nicht geschützten Stigmen eindringen könnten, daß sie (wobei also auch die bei der reichen Entwicklung von Sinnesorganen zweifellos in erster Linie in Betracht kommende Sinnesfunktion in Erwägung gezogen wird) zur Prüfung der Atemluft in den wenig Luftwechsel ermöglichenden Wohnlöchern der Tiere dienen; auch wird eine Abhebung des Abdomens und schließlich sogar eine Funktion als Fächer zum Zwecke des Luftwechsels vermutet.

Es ist aber bei diesen Erklärungsversuchen die Tatsache nicht verwertet, daß ein Skorpion, der über ein als Nahrung in Betracht kommendes Tier hinwegkriecht, sofort zurückgeht, wenn dieses mit den Kämmen in Berührung kommt und die Stelle mit den Pedipalpen absucht, bis er es gefunden hat. Daher ist die Funktion als Spür- oder Geruchsorgan in Anbetracht der starken und mannigfachen Ausbildung entsprechender Sinnesorgane wohl die allerwahrscheinlichste, und wir dürfen uns daher der Ansicht Schröder's anschließen.

#### c) Die Sinnesorgane des Cephalothorax von *Heterometrus*

Ein ganz ähnliches Sinnesorgan wie die Sinnesborsten auf den Kämmen hat Scheuring (1912) auf dem Cephalothorax von *Heterometrus longimanus* entdeckt, wo sie in symmetrischer Anordnung allenthalben verstreut sind; namentlich am vorderen seitlichen Rande in der Nähe der Seitenaugen, außerdem noch in der Nähe der Hauptaugen, aber nicht hinter diesen. Die Borsten unterscheiden sich von gewöhnlichen Sinnesborsten durch ihre bei weitem bedeutendere Größe (Abb. 64).

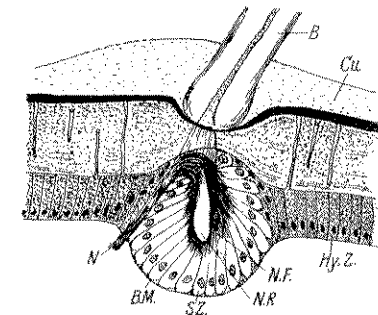


Abb. 64. Längsschnitt durch das Cephalothorax-Sinnesorgan von *Heterometrus longimanus* Hbst. *N* Nerv, *NF* Nervenfasern, *NR* Nervenrohr, *Cu* Cuticula, *Hy Z* Hypodermiszellen, *SZ* Sinneszellen, *B* Borste, *BM* Basalmembran (nach Scheuring).

Das Organ ist schon bei schwacher Vergrößerung als ein heller Fleck in der pigmentierten Hypodermis erkennbar; es besteht aus einem kugeligen

Haufen keulenförmiger Zellen, die etwas konzentrische Anordnung erkennen lassen. Sie sind von den Hypodermiszellen nicht deutlich abgegrenzt, die sich ohne trennende Lamelle fest anlegen und das Gebilde umhüllen, doch lassen sich einige wenige Übergangszellen von denen des Organs wie von denen der Hypodermis unterscheiden. Nur die keulenförmigen Zellen, die die Hauptmasse des Organs bilden, treten mit Nervenfasern in Verbindung. Die Basalmembran der Hypodermis zieht kontinuierlich unter ihm hin. Die Dicke des deutlich einschichtigen Organs beträgt 30—50  $\mu$ . Die keulenförmigen Sinneszellen lassen in ihrer Mitte einen Raum, um den sie sich radiär anordnen. Der dem Organ zugehörige Nerv zieht an ihm vorbei und dringt von vorn (distal) in ihn ein. Hier weichen seine Fasern derart auseinander, daß sie einen zylindrischen Hohlraum umgeben und eine Nervenröhre bilden, und zwar erst im proximalen Teile des Organs, so daß auf Flächenschnitten durch den distalen Teil das Faserbündel noch komplett innerhalb der konzentrisch angeordneten Sinneszellen erscheint. Die vor der Aufspaltungsstelle des Nerven liegenden Zellen werden durch rückläufige Fasern innerviert; auf den proximal geführten Schnitten findet man das Nervenrohr mit einem feinen Gerinnsel erfüllt.

An ihrem dünnen Teile sind die Sinneszellen von fibrillärer Struktur und färben sich stark, während am dickeren Ende die Färbbarkeit geringer und das Protoplasma mehr körnig wird. Hier liegt auch der ovale oder rundliche Kern, der sich von dem gewöhnlicher Hypodermiszellen durch geringere Färbbarkeit unterscheidet und außer kleinen Chromatinanhäufungen stets einen deutlichen Nucleolus aufweist. In den Winkel zwischen Cuticula, Sinnes- und Hypodermiszellen schieben sich die vorerwähnten Übergangszellen ein, sehr flache, langgestreckte und dichtgedrängte Hypodermiszellen, die distal längere Protoplasmafortsätze tragen. Die Ausbuchtung der Cuticula im Bereich des Sinnesorgans wird vorwiegend vom Nerv und den Übergangszellen ausgefüllt. Dieser Ausbuchtung kommt auch von außen eine grubige Vertiefung entgegen, in der das Sinneshaar sitzt, so daß an dieser Stelle das Chitin sehr dünn ist (ein Viertel der sonstigen Dicke). Die starke Färbbarkeit dieser Stelle rührt von feinen Plasmafäden her, die das Chitin durchsetzen und Fortsätze der Übergangszellen vorstellen, die konzentrisch gegen die Mitte dieser Grube hin angeordnet sind, in der die Borste dem Chitin aufsitzt.

Auch diese Borste, die 0,2—0,3 mm lang ist, besitzt einen Hohlraum im Innern, der mit Gerinnsel erfüllt ist; sie ist an der Basis etwas kugelig aufgetrieben, entbehrt aber irgendwelcher Muskeln zur Bewegung. Die Porenkanäle sind im Bereich des Organs weder in Zahl noch Anordnung von den anderen Stellen des Chitins verschieden.

Scheuring weist auf die bemerkenswerte Tatsache hin, daß die Innervierung des Organs, obwohl es einschichtig ist, der gleicht, die man sonst nur bei inversen Sinnesorganen antrifft, während alle ursprünglichen Sinnesorgane von hinten (also proximal) innerviert werden.

#### d), e) Die Augen

Die auf der Oberseite des Cephalothorax gelegenen Augen gehören zwei verschiedenen Typen an: 1. die Seitenaugen von geringerer Größe, vor dem Seitenrand des Cephalothorax liegend, meist in der Zwei- bis Fünzfahl (nach Parker [1887] sogar sieben) vorhanden, sehr selten ganz rückgebildet. Sie sind mitunter von glatten Höckern des Cephalothorax kaum zu unterscheiden, daher die oft schwankenden Angaben über ihre Zahl, die mit Sicherheit nur durch den Nachweis des dazu gehörigen Nervs festzustellen ist. Wir können größere Hauptaugen (drei bei *Prionurus*, vier bei *Centrurus*) und kleinere akzessorische Augen (eines bei *Centrurus*, zwei bei *Prionurus*) jederseits unterscheiden. Die Mittelaugen sind merklich größer, stets nur in der Zweifzahl vorhanden, stehen links und rechts nahe der Mittellinie ein wenig erhöht nebeneinander, daher durch eine mediane Einsenkung voneinander getrennt, ungefähr in der Mitte des Cephalothorax, selten weiter nach hinten gerückt (*Opisthophthalmus*); in frühester Jugend sind sie an dem steil nach abwärts gerichteten Cephalothorax weit nach vorn gelagert. Wie bereits früher erwähnt, treten zu jedem der beiden Mittelaugen zwei Nerven vom Gehirn, während die Seitenaugen nur einen Nerv erhalten.

#### 1. Die Seitenaugen

Der Bau der Seitenaugen ist namentlich von Graber, Lankester & Bourne, Mark, Parker, Hesse, Police und später von Scheuring (1913) untersucht worden, der auch physiologische Studien an den Skorpionaugen gemacht hat.

Lankester & Bourne bemerken, daß die Seitenaugen nicht unbeträchtlich in der Größe verschieden sein können, daß aber große und kleine funktionell gleichwertig sind. Die Linse stellt eine lokale Verdickung der Cuticula vor, unter der die ebenso verdickte Hypodermis, das „Ommateum“ liegt.

Die Seitenaugen (Abb. 65)

sind monostich (also von einer einzigen Zellschicht gebildet)

und entstehen aus einer ein-

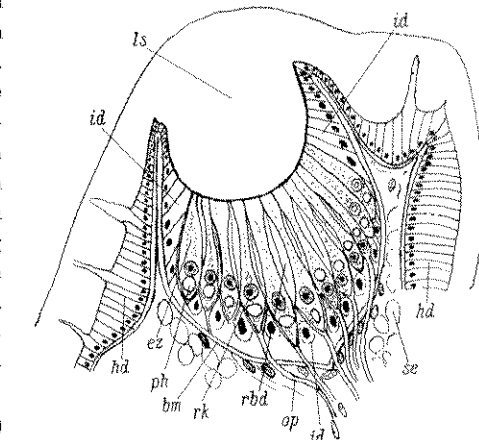


Abb. 65. Seitenaugen von *Euscorpius italicus* (nach Lankester & Bourne). *ls* Cuticularlinse, *hd* Hypodermis, *ez* Retinazelle, *rk* Kern derselben, *ph* Phasosphäre, *rbd* Rhabdom, *op* Opticusfasern, *id* indifferente Zellen, *bm* Basalmembran, *se* Bindegewebe.

neuralzellen sezerniert, die die Einsenkung begrenzen; sie sind daher dem Lentigen der Mittelaugen gleichzusetzen. Später ziehen sie sich mehr oder weniger zwischen die Retinazellen zurück und haben daher nicht wie bei den Mittelaugen die doppelte Funktion als Linsenbildner und Glaskörper. Die Perineuralzellen, ebenso wie die zwischen den Retinazellen gelegenen Interneuralzellen, werden von Lankester & Bourne als indifferente Zellen bezeichnet; sie enthalten alle Pigment, während die Retinazellen nur an der Peripherie Pigment führen. — Bei *Centrurus* scheinen nach Parker keine solchen indifferenten Zellen zu existieren, und auch Scheuring konnte sie nicht auffinden. Es ist auch keine Anordnung der Retinazellen zu fünf, wie Graber auch für die Seitenaugen angibt, zu beobachten, sondern die Verdickung findet rundherum an den Zellen statt. Phaosphären (s. S. 104), von denen früher angenommen wurde, daß sie in den Seitenaugen fehlen, sind nach Scheuring ebenso wie in den Mittelaugen vorhanden.

Die Linse hat denselben Bau wie diejenige der Medialaugen. Die Retinazellen liegen nur in den tiefergelegenen Teilen der Einsenkung; ihre Kerne befinden sich nahe dem unteren Ende der Zellen, von denen die Nervenfasern entspringen. Die Basalmembran enthält keinerlei mesodermale Elemente.

Was die indifferenten Zellen anbelangt, so sind sie säulenförmig wie die gewöhnlichen Hypodermiszellen und ebenso pigmentiert, vom darunterliegenden Bindegewebe durch die Basalmembran getrennt, die die Augenkapsel bildet. Die Hypodermiszellen des Ommateums sind viel größer als die indifferenten Zellen, lang, etwas radiär angeordnet, von der unteren Fläche der Linse bis zur Basalmembran reichend. Der Kern liegt näher der Basalmembran, ist ziemlich groß, kugelig, mit deutlichem Nucleolus.

Die Nervenendzellen (retinal cells) sind an ihrer ganzen Oberfläche von Cuticularsubstanz umgeben, die eine stabförmige Verdickung an der Seite jeder Zelle bildet. Die benachbarten Zellen (Rhabdomere) bilden miteinander ein Gebilde, das nach dem Vorgange von Grenacher als Rhabdom zu bezeichnen wäre, aber viel unregelmäßiger und undeutlicher ist als bei den Mittelaugen. Während Lankester & Bourne ebenso wie Parker die Retinulae wie in den Mittelaugen zu fünf gruppiert fanden, beobachtete Police eine große Mannigfaltigkeit in dieser Beziehung, indem 2 bis 10-zellige Retinulae auftreten. Eine Verwachsung von nebeneinander liegenden Rhabdomeren zu Komplexen verschiedener Größe wird von Scheuring häufig beobachtet.

In den gewöhnlichen Hypodermiszellen und in den indifferenten Zellen des Ommateums ist Pigment eingelagert, in den Nervenendzellen dagegen befindet sich Pigment nur an der Oberfläche, während das Innere durchsichtig ist (in den Mittelaugen entbehren die Nervenendzellen des Pigmentes vollständig). Scheuring fand Pigment im ganzen Auge mit Ausnahme der Rhabdome, besonders stark in den unteren Partien der Retinazellen und in den Übergangszellen; besondere Pigmentzellen fehlen aber.

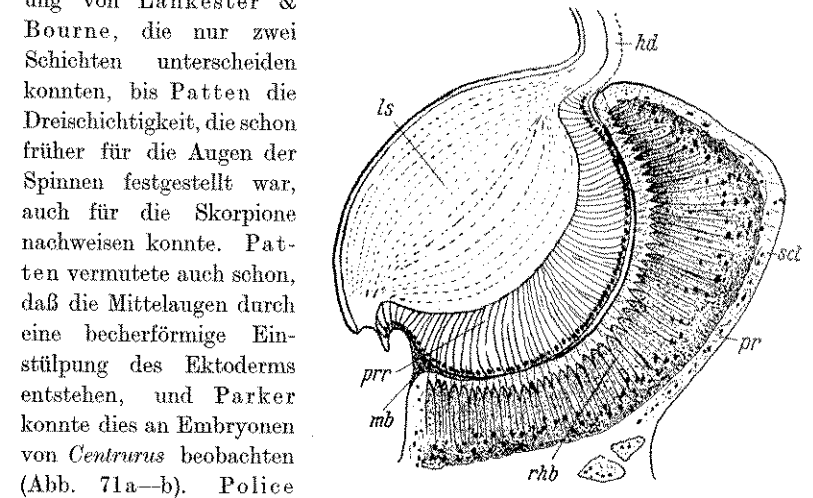
Die Phaosphären können prä- oder postnuclear liegen; sie können aber auch fehlen, andererseits zwischen den Rhabdomeren und sogar vor diesen vorkommen.

Die Zahl aller Augen ist bei den Skorpionen im Durchschnitt noch immer am größten von allen Arachnoiden (6—12), aber weit geringer als bei den Paläostraken. Die Verwachsung der Rhabdome in den Seitenaugen wird von Korschelt & Heider als auf Degeneration beruhend betrachtet, während Hesse und auch Scheuring annehmen, daß es sich um ein Stehenbleiben auf früherer Entwicklungsstufe handelt; es kann sich aber diese Erscheinung auch durch die geringe Inanspruchnahme der Rhabdome der Seitenaugen erklären lassen.

Bei *Heterometrus longimanus* fand Scheuring ein zum größten Teil rückgebildetes akzessorisches Auge zwischen dem zweiten und dritten Seitenaug. Es liegt dem größten Seitenaug an, durch dessen Nerven es auch mittels eines Nebenastes innerviert wird. Die inneren Zellen dieses Organs sind typischen Retinazellen noch am ähnlichsten und enthalten Phaosphären, die man in gewöhnlichen Hypodermiszellen nie antrifft. Eine Rhabdombildung ist nicht zu beobachten.

## 2. Die Mittelaugen

Diese sind entgegen den Seitenaugen, die nur einschichtig (monostich) sind, dreischichtig (triplostich), im Gegensatz zu der Anschauung von Lankester & Bourne, die nur zwei Schichten unterscheiden konnten, bis Patten die Dreischichtigkeit, die schon früher für die Augen der Spinnen festgestellt war, auch für die Skorpione nachweisen konnte. Patten vermutete auch schon, daß die Mittelaugen durch eine becherförmige Einstülpung des Ektoderms entstehen, und Parker konnte dies an Embryonen von *Centrurus* beobachten (Abb. 71a—b). Police



unterscheidet sogar vier Schichten, ebenso wie bei den Seitenaugen; beide sollen durch Einfaltung aus der Hypodermis hervorgegangen sein.

Die Mittelaugen sind viel größer (zwei- bis fünfmal) als die Seitenaugen. Sie liegen jedes auf einem besonderen Augenhügel, vielleicht dem Rest eines

kurzen Augenstieles, wie er bei *Mazonia* noch existierte. Was ihren Bau angeht, so soll aus der Arbeit von Lankester & Bourne nur soviel mitgeteilt werden, als in der späteren Arbeit von Parker nicht ergänzt und verbessert wurde. Die beiden Autoren betrachten das Mittelaugen noch als zweisehichtig (diplostich), da sie die Postretinalschicht noch nicht unterschieden haben. Zwischen der vorderen Schichte („vitreous body“, also Glaskörper) und der hinteren („retinal body“, also Retina) liegt eine dicke Membran. Die Retina enthält viele Nervenfasern innerhalb der Augenkapsel, auch Bindegewebe. Die Kapsel der Basalmembran selbst besteht aus feinen Schichten ohne Kerne und entsendet Septen zwischen die Retinazellen. Die Zellen des Glaskörpers sind nicht pigmentiert, ihre langen Achsen sind in charakteristischer Weise gebogen.

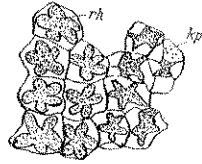


Abb. 67. Außenfläche eines Frontalschnittes durch die Retina eines Medialauges von *Centruroides* (nach Parker).  $\frac{1}{4}$  Links mehr peripher, rechts mehr zentral. rh Rhabdom, kp Körniges Pigment.

Die Retina ist aus Nervenendzellen und Nervenfasern gebildet; der ganze Zwischenraum zwischen ersteren und der Innenseite der Augenkapsel ist mit pigmentiertem Bindegewebe erfüllt, das nicht ektodermalen, sondern meso-



Abb. 68. Retinula mit Rhabdomer und Kern des Mittelauges von *Centruroides* (nach Parker).



Abb. 69. Rhabdom eines Mittelauges von *Centruroides* (nach Parker).

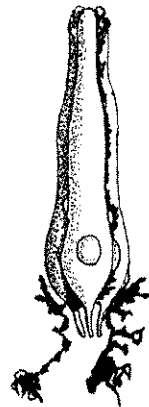


Abb. 70. Rhabdom eines Mittelauges von *Centruroides* (nach Parker). Drei Rhabdomeren sind sichtbar. Pigment zwischen und an den Rhabdomeren.

dermalen Ursprungs sein soll. Die Nervenendzellen reichen nicht bis zur Kapsel, sondern werden von ihr durch die eintretenden Nervenfasern getrennt. Ein merklicher Unterschied von den Seitenaugen besteht darin, daß die Nervenendzellen in deutlichen Gruppen zu fünf angeordnet (retinulae) sind, deren Rhabdomeren zusammen ein fünfstrahliges Rhabdom bilden.

Die beiden Autoren unterscheiden bei den Skorpionen nicht zwischen uni- und multicornealen Augen, sondern einschichtigen (monostichen) und zweisehichtigen (diplostichen — in Wirklichkeit triplostichen) Augen, ferner „retinulate“ und „non retinulate“ Augen; das Mittelaugen der Skorpione gehört zu den ersteren.

Im frühesten Stadium erscheinen die Medialaugen als ein Paar ovaler, schwach pigmentierter Flecke am vorderen Ende des Cephalothorax beiderseits von der Mittellinie und etwas über der Mundöffnung. Schon in einem wenig späteren Stadium aber sehen wir diese Stelle aus drei Lagen von Hypodermiszellen bestehen. Die oberste Schicht behält ihre ursprüngliche indifferente Beschaffenheit bis gegen die Mundöffnung, biegt hier um, wobei die tiefere Schicht mit der oberen in Kontakt bleibt; die unterste Schicht aber ist nicht dicker als die oberste, während die mittlere sich stark verdickt und viel Pigment enthält. Auf diese Weise wird ein flacher Sack gebildet, dessen Öffnung sich zwischen der Mundöffnung und den vorerwähnten pigmentierten Stellen befindet. Anfänglich ist eine Höhlung des Sackes kaum unterscheidbar.

Im frühesten untersuchten Stadium bildet die Ausmündung des Sackes ein etwas unregelmäßiges Rohr, dessen Wandung aus einer einzigen Hypodermis-schicht besteht, und deren untere Oberfläche eine zarte Basalmembran aufweist. Die Höhlung des Rohrs steht mit der oben erwähnten Höhlung im Zusammenhang. In halber Entfernung von der Öffnung ist der Sack in einen rechten und linken Abschnitt geteilt, der von vorn nach hinten abgeplattet ist. Diese Säcke breiten sich beiderseits von der Medianebene aus und endigen blind. Sie sind durch einen gemeinsamen Gang miteinander verbunden. Im Sagittalschnitt entspricht das dünne ventrale Drittel der eingestülpten Hypodermis diesem gemeinsamen Gang, der verdickte dorsale Abschnitt aber der Vorderwand des Sackes (Abb. 71), aus dem die Retina entsteht. Von den drei Schichten

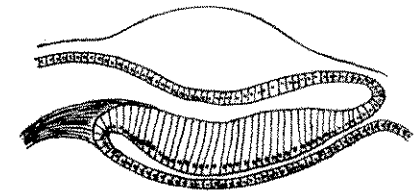


Abb. 71a. Schema der Entwicklung eines Mittelauges des Skorpions (nach Hilton). Früheres Stadium.

des Auges hat die äußerste von Mark (1887) den Namen „Lentigen“ erhalten; sie sezerniert die Linse des Auges und hat früher den Namen Glaskörper („vitreous“) getragen. Die Linse ist also eine besondere Art der Cuticula, die vom Lentigen produziert wird; von der normalen unveränderten Cuticula unterscheidet sie sich durch das völlige Fehlen von irgendwelchen Porenkanälen und färbt sich vollkommen mit Ausnahme der äußeren hyalinen Schicht. Aber nicht nur die normale Hypodermis, sondern auch das Lentigen kann Cuticula selbständig produzieren. Die zweite Schicht ist die Retina und besteht aus Nervenendzellen (Retinazellen) und Pigmentzellen. Die Säcke beginnen nun ihr Lumen zu verlieren und zwar zuerst an der Stelle, wo sie an

das Verbindungsstück angrenzen. Von hier aus schreitet die Verwachsung der Retina und Postretina gegen das blinde Ende des Sackes vor, und das Verbindungsstück löst sich

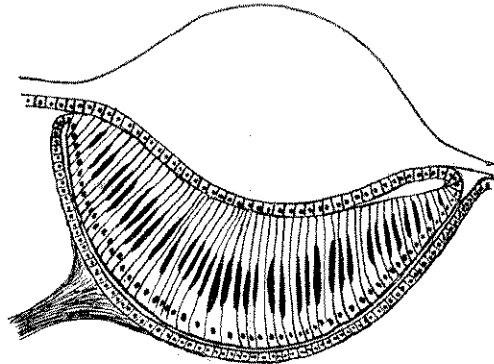


Abb. 71 b. Schema der Entwicklung eines Mittelauges des Skorpions (nach Hilton) Späteres Stadium.

von den Säcken ab und wird ein Teil der permanenten Hypodermis. Die Grenzlinie zwischen Retina und Postretina ist der letzte Rest der verschwundenen Höhlung.

Während dieser Zeit geht auch eine Veränderung an dieser Stellung des Cephalothorax vor sich; er steht zuerst vertikal zur Längsachse des Tieres. Die Augenachsen machen mit seiner Drehung in die Hori-

zontale gleichfalls eine Drehung um 90° mit, da sie erst horizontal, dann vertikal stehen.

Wenn das Lentigen (Abb. 66) an Dicke zunimmt, besteht es aus hohen Pyramiden, deren Basis auf der Membran zwischen Retina und Lentigen aufruhet und dessen etwas abgestumpfter Apex an die in Bildung begriffene Linse angrenzt. Im Querschnitt eines erwachsenen Tieres sind die Zellen gebogen, und zwar haben etwa drei Viertel des Lentigens von der Mitte gegen den Lateralrand des Auges die Zellen gegen die Sagittalebene konvex gerichtet, im letzten Viertel sind sie gegen die Sagittalebene konkav und in dem schmalen Zwischenstück gerade; im Längsschnitt stehen die Zellen alle senkrecht zu der Oberfläche, auf der sie aufruhet. Die Kerne der Lentigenzellen liegen schon bei der ersten Andeutung einer Verdickung der Lentigenregion in deren Tiefe, wo sie eine kontinuierliche Linie bilden.

Das Lentigen ist glasartig durchsichtig. In jungen Stadien läßt die Hypodermis am Rande der Linse nahe der Mediane eine Ablagerung von Pigment erkennen, mit der Zeit breitet sich diese Region ringförmig um die Linse aus und bildet eine Iris; hier enthalten die ganzen Zellen Pigment, während es in der benachbarten Hypodermis in kleinen Gruppen verteilt und namentlich an dem äußeren Ende angehäuft ist. Das Lentigen steht zur Linse im selben Verhältnis wie die Hypodermis zur undifferenzierten Cuticula.

Die Cuticula besteht nach Parker aus drei Schichten, von denen die äußerste, zuerst von Graber erkannt, dünn, homogen und farblos ist. Darunter liegt eine zweite Schicht von ungefähr gleicher Dicke, aber tief gelb gefärbt. Diese zwei Schichten bilden miteinander ein Viertel der ganzen Dicke der Cuticula. Die dritte Schicht, die die übrigen drei Viertel ausmacht, ist selbst

wieder deutlich geschichtet, und ihre tiefste Schicht ist mit Boraxkarmin färbbar; die übrigen nehmen keinen Farbstoff an. Die Cuticula wird von zweierlei Porenkanälen durchbrochen, von groben und feinen. Von ihren drei Schichten geht die äußere unverändert über die Vorderseite der Linse hinweg. Die zweite wird dicker und vollkommen farblos. Die Hauptmasse der Linse wird durch die Verdickung der dritten Schicht gebildet. Es nehmen hier alle Schichten mit Ausnahme der äußeren, homogenen Schichte Boraxkarmin auf.

Eine präretinale Zwischenlamelle zwischen Retina und Lentigen steht im Zusammenhang mit der Sclera des Auges und der Basalmembran der Hypodermis (Graber). Mark aber betrachtet die Sclera als Basalmembran der Postretinalschicht und die Präretinalmembran als verschmolzene Basalmembran von Lentigen und Retina, und Parker sieht die beiden Schichten, die miteinander die präretinale Membran bilden, als Basalmembran des Glaskörpers, die Fortsetzung der Basalmembran der Hypodermis, und als Frontalmembran der Retinazellen an, die eingestreuten Mesodermkerne aber als aus dem umliegenden Bindegewebe eingewandert, also mesodermaler Abstammung. Nach Police bilden diese Mesodermkerne zwei Lagen, eine, die der Hypodermis bzw. dem Glaskörper anliegt und eine der postretinalen Membran anliegende. Beide sind nach Scheuring voneinander meist nicht zu trennen und schließen die sehr flach gewordenen Mesodermkerne ein.

Der Opticus tritt an die ursprünglich unteren, dann nach oben gelagerten Enden der Retinazellen heran; die Retina ist also invertiert. Dieser Umstand erweckt die Wahrscheinlichkeit, daß die Retina schon vor der Einstülpung funktioniert hat. Die Nervenendzellen enthalten Pigment; ihre Wände sind in Rhabdomere verdickt, die zu fünf angeordnet, miteinander ein Rhabdom bilden. In ihre unteren Enden tritt eine Nervenfasern ein (Abb. 68, 69—71). Scheuring unterscheidet an jeder Retinazelle vier Abschnitte, nämlich einen distalen prähabdomeren mit fein strukturiertem Plasma, einen rhabdomtragenden mit dichtem Plasma, an dessen einer Seite sich das Rhabdom befindet, einen dünneren, fibrillären Verbindungsteil und einen kerntragenden Teil mit grobkörnigem Plasma. Auf den Fibrillen des dritten Teiles wandert das Pigment.

Die Innervierung der Retinazellen geht nach Scheuring in der Weise vor sich, daß zu jeder eine Nervenfasern aus einem größeren Bündel, der Zellwand entlang verlaufend, hinzieht und kurz unterhalb des Rhabdomens in die Zelle eindringt, wo sie sich in Fibrillen auflöst. In dieser Beziehung stimmen Police und Scheuring überein, während Lankester & Bourne, aber auch Parker annehmen, daß der Nerv von hinten an die Retinazelle herantritt. Scheuring fand bei „*Scorpio rosellii* Poc.“ (?) die aus dem Auge austretenden Nerven in vier Gruppen angeordnet, deren mittlere (welche ist das bei vieren?) die stärkste ist. Vorher bilden die Fasern einzelne Züge, die sich bei ihrem Austritt aus dem Auge unregelmäßig durchkreuzen, aber kein Chiasma bilden.



Die Pigmentzellen haben eine sehr bemerkenswerte Form; sie bestehen aus zwei durch eine steife Faser verbundenen Säckchen, die Pigment enthalten; das innere enthält auch den Kern (Abb. 72).

Die dritte (Postretinal-)Schicht des Auges ist Graber's Sclera matrix, die mit der Retina verwächst. Darunter folgt noch eine Basalmembran, die sich durch die inneren Enden der Hypodermiszellen gebildet hat; Lentigen und Retina bilden miteinander eine Präretinalmembran. Ob diese Membranen zum Teil bindegewebiger Natur sind, wie Schimkewitsch annimmt, oder rein cuticular, wie die Meinung der Mehrzahl der Autoren von Graber bis Mark ist, steht noch nicht fest. Police nimmt eine vierte Schicht, ein „strato faosferico“ an, also ein eigenes Zellenlager, in dem die Phaosphären eingebettet sein sollen. Diese Anschauung wird aber von Scheuring mit triftigen Gründen widerlegt (S. 559—562).

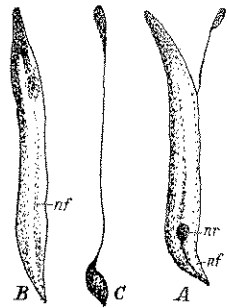


Abb. 72. Mittelaug von *Centrus* (nach Parker). A Retinazelle mit Pigmentzelle, B Retinazelle, C Pigmentzelle. nf Nervenfasern, nr Kern der Retinazelle.

Die beiden Postretinae der Mittelaugen können nach Scheuring miteinander verwachsen und eine gemeinsame Augenkapsel bilden, während in der Jugend jedes Auge von seiner eigenen Sklera völlig eingeschlossen ist. Sie verschmelzen dann durch Auflösung der Trennungswand in der Mediallinie (*Euscorpis*, *Isometrus*), bleiben aber bei *Heterometrus* zeitlebens getrennt.

Die Phaosphären (Lankester & Bourne 1881), die von Graber für Kerne gehalten wurden, liegen in der Kernzone der Retina und sind so groß oder kleiner als die umgebenden Kerne, aber durch zwei bis vier sehr stark lichtbrechende Punkte ausgezeichnet; sie liegen gewöhnlich hinter dem Kern der Retinazellen. Ihre Bedeutung wird verschieden beurteilt; die oben genannten Forscher vergleichen sie mit Rhabdomen, Patten hält sie für degenerierte Kerne und Parker kommt zu demselben Ergebnis. In der Entwicklung erscheinen sie sehr spät, und bei Jungen, die den Rücken der Mutter verlassen hatten, war noch keine Spur von ihnen zu sehen.

Die Sehweite der Skorpione scheint gering zu sein, wie aus den Beobachtungen verschiedener Autoren hervorgeht. Für das Sehen in die Ferne sind die Seitenaugen, nach Größe und Bau zu schließen, weniger geeignet als die Hauptaugen; auch die häufige gruppenweise Verwachsung der Rhabdome (Scheuring) und die Lage beeinträchtigt das Fernsehen.

Die Messungen der Sehfelder ergab, daß den Seitenaugen als Sehfeld nur ein Bezirk zukommt, der in nächster Nähe der vorderen Gliedmaßen und der Mundwerkzeuge liegt, wodurch den Augen kaum Gelegenheit gegeben wird, in die Ferne zu sehen, wodurch sich aber auch die Wahrscheinlichkeit ergibt, daß sie dem Nahsehen angepaßt sind (Scheuring). Es ergeben nun die Seiten-

augen in ihrer Gesamtheit ein Sehfeld von  $240^\circ$  (davon nur  $20\text{--}30^\circ$  binokuläres Sehfeld), während sie nach oben und unten eine Lücke von je  $100^\circ$  lassen, so daß sie seitlich nur einen Winkel von  $80^\circ$  bestreichen. Von unten nach oben, in der Mediane gemessen, erscheinen sie nach  $60\text{--}70^\circ$  und bestreichen ein Sehfeld von  $100\text{--}110^\circ$ . Sie kommen daher namentlich bei der Kontrolle der Nahrungsaufnahme in Betracht.

Es hat sich nach den Beobachtungen von Scheuring ergeben, daß keine Überdeckung der Sehfelder der Frontal- und der Seitenaugen stattfindet, und daß bei beiden nur jeweils ein kleines binokuläres Sehfeld zustande kommt. Aus diesem Grunde kann ein genaues Entfernungstaxieren nur auf geringe Distanzen möglich sein und zwar von den Mittelaugen nach aufwärts in einen Bogen von  $40^\circ$ , von den Seitenaugen nach vorn nur in ganz geringem Maße.

Die Seitenaugen werden physiologisch als Einheit aufzufassen sein, weil sie erstens von einem Nerven innerviert und zweitens so gestellt werden, daß das eine mit seinem Sehfeld dort einsetzt, wo das andere aufhört. Ihre physiologische Spezialisierung sowie ihre Isolierung von den Hauptaugen wird dadurch gekennzeichnet, daß die Lobuli, die in die verschiedenen Augennerven einstrahlen, voneinander völlig getrennt und nur durch die Medullarmasse des Lobus cerebralis miteinander in Beziehung gesetzt werden.

In den Mittelaugen liegen zwischen den Retinulae als Isolatoren Pigmentzellen. Außerdem liegt Pigment auch in den Retinazellen und namentlich in den Postretinazellen. Die drei Arten von Pigmentkörnern sind chemisch verschieden und verschwinden nach Einwirkung von Salpetersäure nacheinander: zuerst das Pigment der Retinazellen, dann das der Pigmentzellen, zuletzt das der Postretina. An der beobachteten Pigmentwanderung nehmen in erster Linie die Granula der Pigmentzellen, dann die der Retinazellen Anteil; die der Postretina zeigen aber keinerlei Ortswechsel. Wenn die Lichtstrahlen das Auge stark treffen, so wandert das Pigment zum größten Teil in die vordere Verdickung der Pigmentzelle; ähnlich wandert es auch in den Retinazellen gegen den Glaskörper. Dadurch entsteht ein dichter Lichtschirm zwischen diesem und den Rhabdomen.

In der Dunkelheit zieht sich alles Pigment hinter die Rhabdome zurück. Im durchscheinenden Licht erscheint das Pigment tiefbraun bis schwarz, im auffallenden dunkelorange bis hellgelb.

Im Hauptauge wird das Licht, das das Reizoptimum überschreitet, durch den vom Pigment gebildeten Lichtschirm zurückgeworfen und auf diese Weise durch Reflexion die rezipierenden Elemente in gleicher Weise geschützt wie bei anderen Tieren durch Absorption. Im Dunkeln dagegen werden alle Strahlen, die die Rhabdome schon durchsetzt haben, durch das nun als Tapetum funktionierende Pigment zurückgeworfen. In den Seitenaugen geht die Pigmentwanderung ähnlich vor sich wie in den Hauptaugen. Hier liegt alles Pigment in den Retinazellen, da eine andere Zellschicht fehlt. Bei starker Belichtung wandern die Pigmentgranula in den prä-rhabdomeren Teil der Zelle, während

der mittlere Teil fast pigmentfrei wird und der hintere Teil noch relativ viel Pigment enthält. Gegen auf- und durchfallendes Licht verhalten sich die Granula der Seitenaugen wie die der Hauptaugen.

## 6. Darmsystem

Der Darmkanal (Abb. 73, 73a) besteht aus einem meist vollkommen gerade verlaufenden Rohr, das zwischen den Coxen der Pedipalpen, unter-

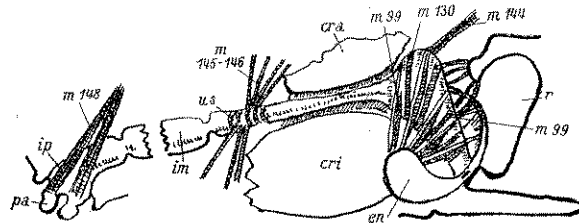


Abb. 73. Darmkanal mit Muskeln des Skorpions (nach Pawlowsky). Die Muskeln 99, 130 usw. sind von Beck in ihrem Werk noch nicht erwähnt. *r* Rostrum (Labrum), *cra* supraesophageale, *cri* subesophageale Ganglienmasse, *en* präoraler Entoskerit, *im* Mitteldarm, *ip* Enddarm, *pa* Papillen desselben, *us* postcerebraler Saugapparat.

halb der Oberlippe und der Cheliceren und oberhalb der Hüftanhänge der beiden ersten Beinpaare mit dem präoralen Mundraum beginnt und in der weichen Verbindungshaut zwischen dem fünften Segment der Cauda und dem

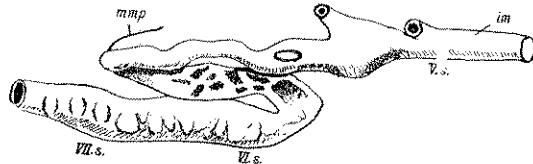


Abb. 73a. *Uroctonus mordax*. Krümmung des Mitteldarmes im Gebiete des VI. und VII. Präabdominalsegmentes, Seitenansicht (nach Pawlowsky). Bezeichnungen wie Abb. 75.

Giftblasensegment ventral ausmündet. Die Gliederung des Darmrohres in Ösophagus, Magen, Dick- und Dünndarm ist undeutlich durch schwache Einschnürungen erkennbar. In den Darmkanal münden hintereinander ein: die Magendrüsen in den Magen (Abb. 74), die Leber (Hepatopankreas) in den Dickdarm und die Malpighischen Gefäße („canaux urinaires“ bei Blanchard) an der Übergangsstelle zwischen Mittel- und Enddarm (Abb. 75).

Die Mundöffnung bildet eine kleine Querspalte und geht in einen etwa trichterförmigen Pharynx über, der nach Bordas (1907) in der dorsalen Mittellinie eine chitinige Längsleiste zum Ansatz von Muskeln trägt, und an den sich der schlanke und nach hinten erweiterte Ösophagus anschließt. Dieser ist

gegen die Mitte jederseits von einem zarten Muskelbändchen festgehalten, das nach hinten gerichtet ist, während an der Übergangsstelle zum Magen ein ähnlicher, aber nach vorn gerichteter Muskel sich jederseits anheftet. Die andere Befestigungsstelle dieser Muskeln, die als Extensoren beim Verschlingen der Nahrung fungieren, liegt an der Basis der Gliedmaßen.

Der Ösophagus ist oben vom Gehirn, unten von der großen subesophagealen Ganglienmasse, seitlich von den kurzen Konnektiven umgeben; er ist dünnwandig, seine Innenwand glatt oder höchstens schwach gefaltet; er besitzt jederseits zwei seitliche, am Ende abgerundete Erweiterungen.

Der Magen liegt in der Hinterhälfte des Cephalothoraxabschnittes; er ist mehr oder wenig erweitert

und deutlich sichtbar, je nachdem das Tier kürzlich Nahrung aufgenommen oder gehungert hat; im ersteren Falle ist er vom Ösophagus sehr deutlich abgegrenzt, im andern aber kaum unterscheidbar.

Seine Oberfläche ist glatt; jederseits münden zwei starke Ausführungsgänge von den Magendrüsen ein.

Bordas unterscheidet keinen besonderen Magenabschnitt, was wohl auf Verwendung konservierten Materials zurückzuführen ist.

Der Dünndarm erstreckt sich durch den

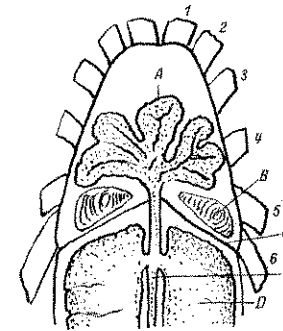


Abb. 74. Übersichtsbild der inneren Organe des Vorderkörpers eines Skorpions (nach Ray Lankester). 1—6 Gliedmaßen. *A* Drüsige Blindsäcke des Magens, *B* Coxaldrüse, *C* Diaphragma, *D* Leber, *E* Darmkanal.

ganzen mesosomatischen Teil des Körpers und ist ein glattes, von vorn nach hinten sich wenig erweiterndes Rohr, das bei reichlicher Nahrungsaufnahme gespannt, nach längerem Hungern aber gefaltet und bandartig ist. In seine Seitenwand münden die weiten Ausführungsgänge des Hepatopankreas. An der Wandung, die sehr zart ist, unterschied bereits Blanchard zwei Schichten, eine innere, überaus zarte von homogener Beschaffenheit und eine äußere, dickere und schwammige, die bei 200 bis 300-maliger Vergrößerung eine körnige Oberfläche und unregelmäßige Kanäle aufweist.

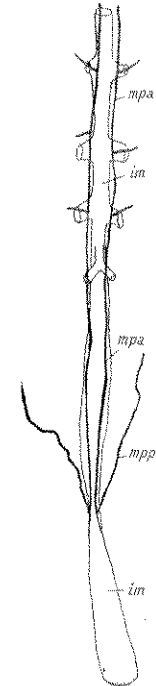


Abb. 75. *Babycurus büttneri*. Mitteldarm mit 2 Paaren von Malpighischen Gefäßen, die im 7. Präabdominalsegment in den Darm münden (nach Pawlowsky). *im* Mitteldarm, *mpa* vordere Malp. Gef., *mpp* hintere Malp. Gef.

Vom Dünndarm setzt sich der Enddarm ziemlich scharf durch eine Erweiterung noch im Präabdomen ab (siehe dagegen Pawlowsky S. 114); er erstreckt sich bis zum Ende des fünften Caudalsegmentes. Er ist immer, wenigstens in seiner hinteren Hälfte ausgedehnt, doch je nach seiner Füllung in verschiedenem Grade; zwischen den einzelnen Caudalsegmenten ist er eingeschnürt, innerhalb derselben mehr erweitert. Seine Wandungen sind dicker als die des Dünndarms; sie lassen ziemlich weit auseinandergerückte Längsmuskelfasern und Ringmuskelfasern erkennen, die miteinander ein Netz mit viereckigen Maschen bilden, im allgemeinen aber keine regelmäßige Anordnung aufweisen.

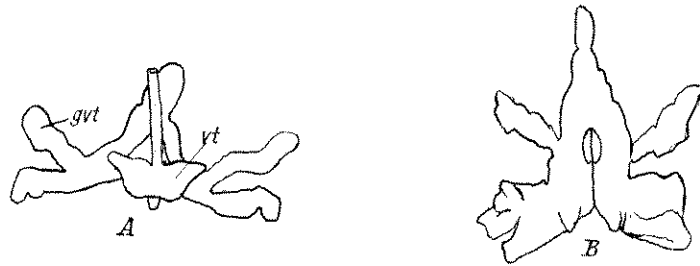


Abb. 76. Magen (*vt*) mit Magendrüsen (*gvt*) eines Embryos von *Heterometrus indus* (A) und eines erwachsenen Tieres von *Hemiscorpion lepturus* (B), nach Pawlowsky.

Die von T. Müller, Newport u. a. als Speicheldrüsen angesehenen Magendrüsen erfüllen das Innere des Prosoma zum größten Teil und überdecken auch den Magen und z. T. auch den Ösophagus; sie bilden jederseits drei große, untereinander durch dünnere Partien verbundene Massen.

Die Leber (Abb. 77) ist beim Skorpion von mächtiger Ausdehnung; sie füllt fast die ganze Höhlung des Präabdomens aus und umhüllt den Dünndarm und die Genitalorgane, die von oben daher nicht sichtbar sind. Ihre Bedeutung war längere Zeit unklar, aber schon Meckel vermutete, daß es sich hier um die Leber handle und Cuvier, später L. Dufour, Blanchard, Bordas erkannten mit Sicherheit die Natur dieses Organs. Als braungefärbte Masse dehnt es sich seitlich bis an die Körperwand, nach vorn in den Cephalothorax, nach hinten mit zwei dünnen Fortsätzen bis in das erste Caudalsegment aus; nach vorn erstrecken sie sich in unregelmäßigen Verlängerungen oberhalb der Magendrüsen; anderseits liegt das Herz in einer Längsrinne in der Mediallinie; ventralwärts reicht sie bis zur Bauchganglienlinie.

Die Leber wird von einer dünnen, durchsichtigen Membran umhüllt, die seitliche Fortsätze aussendet, die sich an den muskulösen Wandungen des Körpers befestigen und dadurch das Organ in seiner Lage fixieren; die Zahl dieser Fortsätze beträgt in der Regel fünf auf jeder Seite.

Bei genauerer Betrachtung erweist sich die Leber aus fein verzweigten Kanälen zusammengesetzt, die in ovale Schläuche traubenförmig angeordnet

in außerordentlich großer Zahl ausgehen. Die Membran und die Masse dieser Verzweigungen wird jederseits durch sechs (nach Bordas von fünf) Muskelpeilern durchbrochen, die von der dorsalen bis zur ventralen Seite ziehen.

Von den großen, in den Dünndarm einmündenden Gallengängen, in die sich die Verzweigungen der kleinen Ausführungsgänge der Leber sammeln, sind die vier vorderen ungefähr gleich stark, nur der erste ein wenig dünner als die folgenden. Sie ziehen quer vom Darm weg, teilen sich dann in drei bis fünf Hauptäste, die sich, wie erwähnt, in zahllosen Verzweigungen auflösen. Das letzte (fünfte) Paar mündet dicht hinter dem vierten, ist viel stärker entwickelt als die vorhergehenden, von größerem Durchmesser und verzweigt sich in der ganzen

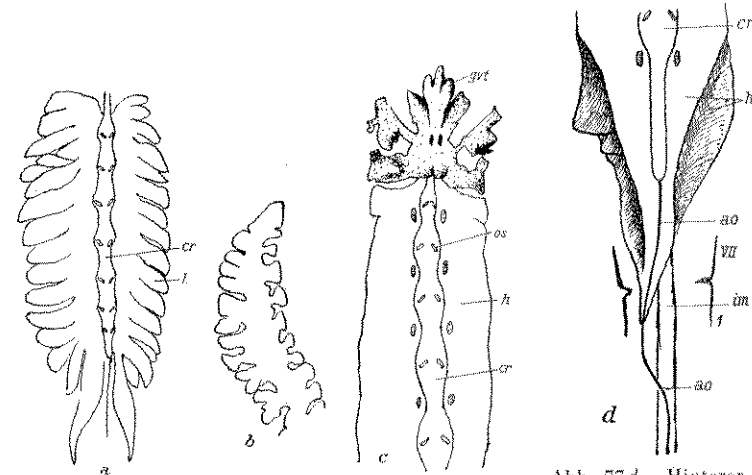


Abb. 77 a. Leber (*h*) und Herz (*cr*) von *Scorpio maurus*; typischer lappiger Bau der Leber.

Abb. 77 b. Leberlappen des Postabdomens von *Buthus australis*.

Abb. 77 c. Magendrüsen (*gvt*), Leber (*h*) und Herz (*cr*) von *Centruarus margaritatus* (nach Pawlowsky).

Abb. 77 d. Hinterer Teil der ungeklappten Leber von *Centruarus margaritatus* (nach Pawlowsky). *cr* Herz, *h* Leber, *ao* hintere Aorta, *im* Mitteldarm, VII 7. Segment des Präabdomens, I erstes Segment des Postabdomens.

Hinterhälfte der Leber; es entsendet einen umfangreichen Ast, der zuerst die Richtung der vorhergehenden Kanäle einschlägt, dann aber parallel zum Darm bis in die Endziffer der Leber hinzieht und die zahlreichen Äste abgibt. Nach Bordas vereinigen sich die nach hinten ziehenden, lamellenförmigen Fortsätze der Leber, die zuerst den Darmkanal umgeben, oberhalb desselben zu einer unpaaren Platte, die, wie schon Blanchard beobachtete, sich bis in das erste Caudalsegment ausdehnt; durch ein kurzes Filament befestigt sie sich an der Dorsalseite des Darmkanals.

Diese Darstellung von Blanchard gibt ein gutes Bild von den grob-morphologischen Verhältnissen des Darmsystems, weshalb sie hier vorangestellt ist.

Pawlowsky unterscheidet am Darm der Skorpione folgende Abschnitte:  
A. Präoral kavität (Präoraler Mundraum, Kästner s. S. 36) (Abb. 78).

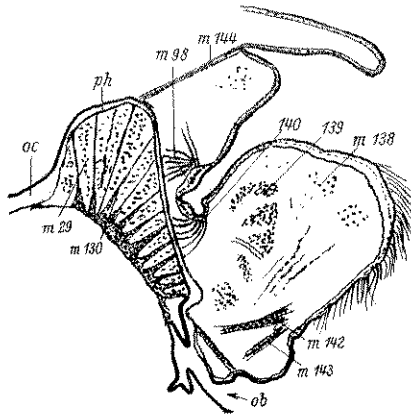


Abb. 78. Sagittalschnitt durch die Mundregion eines Pullus von *Centruroides margaritatus*, Maxillarfortsätze des 1. und 2. Beinpaars weglassen (nach Pawlowsky). oc Ösophagus, ob Mundöffnung, ph Pharynx.

Der Pharynx besteht aus einem Saugapparat (Pharyngealkammer) zwischen der Basis des Rostrums und der vorderen Oberfläche des Cerebralganglions und ist innen mit einer dicken, von (Geschmacks-)Poren durchsetzten chitinenen Cuticula bekleidet, unter der eine Schicht von Epithelzellen liegt. Der Saugapparat ist mit zahlreichen Muskeln ausgestattet (Dilatatoren und Sphinktere).

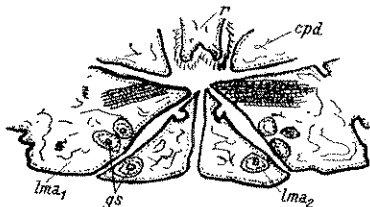


Abb. 79. Querschnitt eines Pullus von *Buthus caucasicus* in der Region der Basis der Maxillarfortsätze des 1. und 2. Beinpaars (nach Pawlowsky). r Rostrum, cpd Coxa des Pedipalpus, lma<sub>1</sub> Basis des Maxillarfortsatzes des 1. Beinpaars, lma<sub>2</sub> Basis ... des 2. Beinpaars, gs Maxillardrüsen.

B. Vorderdarm (Abb. 73).

- a) Mundöffnung.
  - b) Pharynx mit Saugapparat.
  - c) Ösophagus.
  - d) Postcerebraler Saugapparat.
- C. Mitteldarm.
- a) Magen.
  - b) Leberregion des Darmes.
  - c) Ileum.
  - d) Magendrüse.
  - e) Leber (Abb. 77).

D. Enddarm mit Afteröffnung.

Der Vorderdarm beginnt mit der Mundöffnung, die am Grunde des präoralen Mundraumes liegt.

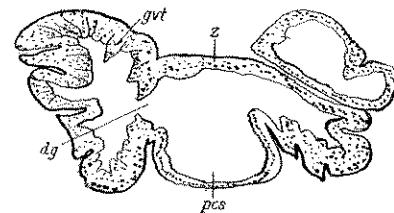


Abb. 80. Querschnitt durch die Öffnung des Ösophagus in den Mitteldarm eines Pullus von *Heterometrus cyaneus* (nach Pawlowsky). dg Mündung der Magendrüse in den Darm, gvt Magendrüse, pcs postcerebraler Saugapparat, z proso-maler Darmabschnitt.

Der Ösophagus ist ein dünnes Rohr, das den pharyngealen Nervenring durchbohrt. Sein inneres Lumen ist sternförmig durch die vorspringenden Längsfalten des Epithels. Außen befindet sich eine Schicht von Ringmuskelfasern.

Weiter hinten erweitert sich das Lumen und wird im Querschnitt oval. Als Stützen der Ösophaguswände sind Längsfasern vorhanden.

An den postcerebralen Saugapparat (Abb. 80) setzen sich die Musculi dilatatores oesophagi retrocerebrales laterales und radiales an.

Die ersteren ziehen vom Ösophagus zum vorderen Entosternitfortsatz, die letzteren von der seitlichen und oberen Oberfläche des Ösophagus zu den Seiten; die Enden der Muskelbündel verlieren sich zwischen den Läppchen der Verdauungsdrüsen. Ein Sphinkter aus Ringmuskelfasern wirkt ihnen entgegen.

Der Magen liegt im Cephalothorax zwischen dem Rand und dem Diaphragma. Er ist innen mit Zylinderepithel ausgekleidet, ähnlich wie die Verdauungsdrüsen, und zwar sind unregelmäßig abwechselnd Ferment- und Verdauungszellen vorhanden. Dieses Epithel liegt einer Membrana propria auf; außen von dieser befindet sich ein Epithelwulst zwischen Mittel- und Enddarm.

Der Dünndarm, der im Prä- und Postabdomen liegt, besteht aus einer Pars tecta, die von der Leber bedeckt ist (Präabdomen und wenigstens erstes Postabdominalsegment) und aus einer Pars nuda (Ileum) im Postabdomen bis zum letzten Segment, wo er in den kurzen Enddarm übergeht. Sein Durchmesser ist gering, etwas größer im Ileum.

Im vorderen Teil des Mitteldarmes sind Epithelzellen von ausgesprochen drüsigem Charakter vorhanden, ähnlich den Leberzellen, und es sind auch zweierlei Zellelemente vorhanden, so daß Pawlowsky diese Region die heteromorphe nennt. Sie geht ohne sichtbare Grenze in die homomorphe über, deren Epithel einförmig zylindrisch ist ohne deutlichen drüsigem Charakter. Der Übergang liegt an der Stelle, wo das letzte Paar von Lebergängen in den Darm eintritt. Das Epithel ruht auf einer Membrana propria, die außen mit einer Muskelmembran von quergestreiften Ring- und Längsmuskelfasern umkleidet ist.

In den hinteren Teil der Pars tecta münden die Malpighischen Gefäße ein, und an dieser Stelle findet sich mitunter eine ringförmige Einschnürung.

Zu den Anhängen des Mitteldarmes gehören nun die Magendrüsen, die Leber und die Malpighischen Gefäße.

Die Magendrüsen wurden von T. Müller (1928) und Newport (1873) als Speicheldrüsen, von Dufour (1856) als Ausstülpungen der Leber betrachtet; Blanchard stellte fest, daß den Skorpionen Speicheldrüsen fehlen und daß die sogenannten Speicheldrüsen Magendrüsen sind.

Die Magendrüsen sind ein parenchymatöser Körper von unregelmäßig fünfeckiger Form, der im Cephalothorax gelegen ist und Magen, Ganglion und Coxaldrüsen von oben bedeckt. Er ist hinsichtlich des Baues, der Kon-

sistenz und Färbung der Leber sehr ähnlich. An ihm kann ein vorderer unpaarer Teil und zwei seitliche Teile unterschieden werden.

Der Grad ihrer Entwicklung ist bei den verschiedenen Arten sehr verschieden. Der hintere Rand stößt an das Diaphragma an.

Dieses Organ besteht aus zahlreichen Bläschen, die von einem hohen Drüsenepithel von der Form großer Leberzellen gebildet werden und deren Protoplasma mit Sekrettropfen und Pigmentkörpern „überladen“ ist, so daß der Kern fast nicht erkannt werden kann; er liegt aber der Basis der Zellen, die in das Lumen der Drüsen vorspringen, genähert. Die Zellen selbst sind schmaler als die Leberzellen.

Wie in der Leber gibt es auch in den Magendrüsen eine zweite Art von Drüsenzellen von geringerer Größe. Das Epithel liegt auf einer Basalmembran, die außen einen Peritonealbelag aufweist, der die Lücken zwischen den Läppchen der Drüse ausfüllt. Es besteht aus lamellosem Bindegewebe, im Schnitt eine gallige Masse mit Zellen in den Maschen bildend.

Trotz der vielfachen Übereinstimmung dieses Organs mit der Leber kann es doch nicht als „Cephalothorax-Leber“ bezeichnet werden wegen seiner unabhängigen Lage im Cephalothorax und wegen seiner Entwicklung, denn es zeigte sich bei vorgeschrittenen Embryonen von *Heterometrus cyaneus*, daß sich in dieser Zeit die Magendrüse als ein tubulöses Gebilde bereits deutlich erkennen läßt, das jederseits in die Erweiterung des Mitteldarmes, die später zum Magen werden, einmündet, während die Leber ganz anders aussieht und als dichter Klumpen auf der Oberseite des präabdominalen Teiles des Mitteldarmes erscheint. Die Ähnlichkeit beider Drüsen ist eine sekundäre.

Die Leber ist eine umfangreiche Drüse, die mit vier Gängen jederseits in den präabdominalen Teil des Mitteldarmes einmündet und die ganze Kavität des Präabdomens ausfüllt. Begreiflicher Weise ist dieses ansehnliche Organ schon lange bekannt (seit Meckel 1809) und auch meist schon als Leber bezeichnet. Infolge seines großen Umfanges bildet es einen Abguß der präabdominalen Kavität und läßt nur eine mediane dorsale Depression erkennen, in der das Herz verläuft. Jederseits treten sechs dorsoventrale Muskelsäulen durch die Leber hindurch. Im übrigen ist die äußere Form etwas verschieden, bei den Buthiden ziemlich zusammenhängend, im anderen Extrem bei den Skorpioniden sowohl unten als oben gelappt; die Oberseite ist durch Querfurchen vielfach durchkreuzt.

Guieysse entdeckte, daß der mikroskopische Bau der Leber dem Typus der Decapodenleber entspricht. Pawlowsky fand, daß die Leber zweierlei Zellen enthält, von denen die einen größer sind, und ihre Kerne sich in der Mitte der Zelle oder näher der Basis befinden; ihr Protoplasma ist mit großen, kugeligen Einschlüssen verschiedenen Umfangs erfüllt. Außerdem sind auch Pigmentkörner, in Gruppen angeordnet, vorhanden. Sie werden als exkretorische Granula betrachtet, da sie auch im Innern der Leberläppchen gefunden wurden. Die großen Zellen absorbieren Nahrungspartikel und sind unter verschiedenen Namen von den meisten Arachnoiden bekannt geworden.

Im Vergleich mit den absorbierenden Zellen sind die der zweiten Art gering an Zahl. Das Protoplasma enthält zahlreiche basophile Einschlüsse in Form von Körnern, Filamenten usw. Sie liegen dicht gedrängt, von den vorgenannten zusammengedrückt und färben sich mit Giemsa blauviolett. Der Kern ist in dem Band von basophiler Substanz gelegen und färbt sich ebenfalls dunkelblau. Dieser Zelltypus wird den Fermentzellen der Leber bei Crustaceen und Arachnoiden zu vergleichen sein (Abb. 81).

Beide Zellarten bilden in den Leberläppchen eine zusammenhängende Schicht, die auf der Membrana propria aufgelagert ist; nach außen davon sind, im Gegensatz zu allen anderen Arachnoiden, keine Muskelemente zu finden, an deren Statt die Leber der Skorpione mit einer wohlentwickelten Membran umgeben ist, ähnlich wie bei den anderen Arachnoiden; sie besteht wie bei der Magendrüse aus lamellosem Bindegewebe, in dessen Knotenpunkten die Bindegewebszellen mit ovalem Kern und feinem, körnigem Protoplasma eingelagert sind.

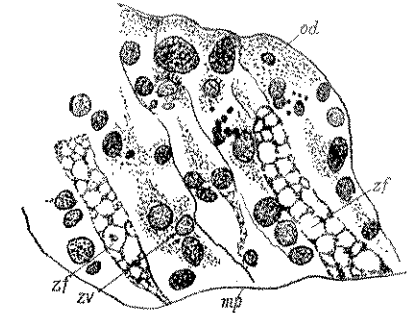


Abb. 81. Stück der Wand der Magendrüse von *Scorpio maurus* mit den Resorptionszellen (zv) und Fermentzellen (zf), od freie Fläche des Epithels, mp Membrana propria (nach Pawlowsky).

Die Membran hängt direkt mit der Membrana propria der Leberläppchen zusammen, die sie zusammenhält. Die oberflächliche Schicht der Membran ist glatt; es treten von außen schmale Lakunen ein, die Leibeshöhlenflüssigkeit führen, die in der Gewebsmasse wegen deren schwammigen Beschaffenheit nicht frei zirkulieren kann; außerdem verzweigen sich hier auch die sogenannten Malpighischen Gefäße, die aber nirgends über die Grenzen der Membran hinausgehen. In den Zellen der Membran werden zahlreiche, kugelige Einschlüsse gefunden, ähnlich denen in den absorptiven Zellen. Trotzdem diese Einschlüsse sich mit Osmiumsäure dunkel färben, sollte nach Pawlowsky der Ausdruck „Fettkörper“ für sie vermieden werden, da sie mit dem Fettkörper der Insekten nichts zu tun haben.

Die Ausführgänge der Leber besitzen denselben Bau wie die Leberläppchen; ihre Zellen treten in den Darm ein, wo sie sich entweder über die ganze Oberfläche verstreuen oder aber allmählich durch hohes Zylinderepithel mit schwach drüsiger Funktion ersetzt werden.

Der Enddarm nimmt nur einen Teil des letzten Segmentes des Metasoma ein. Er besitzt ein hohes Epithel, das mit einer chitinigen Cuticula bekleidet ist; dieses tritt am Rande der Afteröffnung in das Chitin der weichen Gelenkhaut zwischen der Giftblase und dem fünften Segment über (Abb. 82). Die Afteröffnung ist von vier halbkugelförmigen Warzen umgeben. Wenn der

Endabschnitt des Darmes eingezogen wird (Abb. 83), schließt sich die Afteröffnung durch harte Chitinplättchen, die bei *Hadrurus hirsutus* von kompliziertem Bau sind; auch sie sind in der Vierzahl vorhanden und innen mit Vorrichtungen versehen, die ein gleichzeitiges Ausstülpen ermöglichen.

Der Enddarm ist nahe der Afteröffnung durch einen schiefen Muskel, der von vorn oben nach hinten unten zieht, an der Mitte des fünften Tergits der Cauda aufgehängt. Die Enden dieses Muskels bedecken den Darm oben und seitlich (Abb. 84). Bei seiner Zusammenziehung zieht er den Enddarm aufwärts und drückt

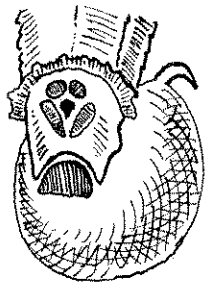


Abb. 82. Aftergegend von *Scorpiops petersii* in der Gelenkhaut zwischen 5. Caudalsegment und Giftblase, umgeben von 4 chitinigen Deckplatten (nach Pawlowsky)

ihn von der Seite zusammen; er wird daher von Pawlowsky als *Musculus levator ani* bezeichnet. Die Afteröffnung wird von vier Chitinplatten umgeben, die in der weichen Verbindungshaut zwischen dem fünften Caudalsegment und dem Telson (Postanalsegment) eingebettet sind. Ein besonderer Verschlussmechanismus kann zwischen ihnen ausgebildet sein.

Der Autor macht auch darauf aufmerksam, daß in der Literatur der Enddarm relativ viel zu lang dargestellt wird; die Entwicklungsgeschichte zeigt, daß das Proctodaeum nur bis zur Hälfte des letzten Caudalsegmentes eingestülpt wird. Die Vereinigung der Lumina von Mittel- und Enddarm findet erst nach der ersten Häutung des neugeborenen Skorpions statt.

Die vier schon von zahlreichen früheren Autoren als Malpighische Gefäße betrachteten, in die hintere Hälfte des Mitteldarmes einmündenden Schläuche werden von Bordas als Ausführungsgänge der Leber

betrachtet, so daß demnach den Skorpionen Malpighische Gefäße fehlen sollen. Diese Schläuche ziehen von hinten nach vorn und ihre freien Enden ver-



Abb. 83. Chitinplatten, die den Verschluss der Afteröffnung von *Hadrurus hirsutus* bilden. Zwischen ihnen, beiderseits von dieser ein Verschlussmechanismus (nach Pawlowsky).

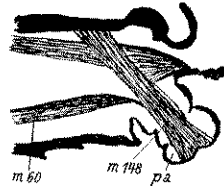


Abb. 84. Längsschnitt durch das Endsegment des Postabdomens von *Scorpiops montanus*, Analpapillen (*pa*) vorgestülpt. *M. levator ani* (*m 148*) sichtbar.

lieren sich teils in den Seiten des Cephalothorax bzw. des Präabdomens. Zwei von ihnen sind in ihrem vorderen Drittel verzweigt.

Diese Kanäle bilden zwei Bündel, deren jedes einen dorsalen und ventralen Kanal enthält; die ersteren konvergieren gegen ihr Ende und verschmelzen miteinander, bevor sie an einer Stelle, wo der Darm einen ringförmigen Wulst bildet, in diesen dorsal einmünden; die beiden Gänge sind durch Bindegewebsfasern miteinander verbunden. Die ventralen Kanäle liegen an der Wand des Darmkanals; sie sind von geringerem Durchmesser als die dorsalen.

Die Dorsalkanäle treten im hinteren Drittel des sechsten Abdominalsegmentes in die Leber ein; hier verzweigen sie sich in immer feinere Ästchen, die schließlich an die Acini der Leber herantreten. Jedenfalls mündet der dorsale und der ventrale Kanal getrennt voneinander an verschiedenen Stellen in den Darm, der obere hinter dem unteren.

Da demnach diese Schläuche nicht frei und blind geschlossen in die Leibeshöhle sich erstrecken, sondern in die Leber eintreten sollen, mit deren Lappchen sie in Kontakt stehen, so sind sie den Malpighischen Gefäßen nicht vergleichbar. Trotz der scheinbar überzeugenden Ausführungen von Bordas ist aber die Annahme von Blanchard doch als richtig befunden worden, und Pawlowsky bildet vier Malpighische Gefäße ab (Abb. 75), von denen die zwei vorderen sehr lang sind, während die hinteren nur eine relativ geringe Länge aufweisen.

## 7. Blutgefäßsystem

Die Skorpione (Abb. 85) besitzen ein langgestrecktes, schlauchförmiges Herz, das vom Anfang an dorsal im Präabdomen in einer medianen Rinne der Leber zwischen dem Diaphragma und dem Ende des siebenten Abdominaltergits gelegen ist und nach vorn, im Prosoma, in eine Aorta, nach hinten, gegen die Cauda, in die Uroidalarterie übergeht; seine Grenzen werden durch eine vordere und eine hintere Klappe bezeichnet.

Der muskulöse Herzschnlauch liegt in einem Perikard, das er bei der Diastole fast vollständig ausfüllt und läßt sieben (nicht acht, wie öfters angegeben wurde) Paare von Ostien erkennen. Es sind weder Kammern noch seitliche Klappen oder Einschnürungen, wie sie öfters abgebildet wurden, unterscheidbar (Petrunkevitch 1922). Die Ostien liegen jederseits zwischen dem Pol und Äquator des Herzschnlauches; das erste Paar genau am Hinterrande des ersten Abdominaltergits. Von den vier Paaren von Ligamenten, die das Herz tragen (Abb. 86), sind die epicardialen die kürzesten und inserieren an der Basalmembran der Hypodermis, woraus ihre bindegewebige Natur hervorgeht, während die Muskeln (z. B. der Dorsoventralmuskel) sich an der Cuticula befestigt. Das zweite Paar sind die Pteripylen; sie reichen mit ihren distalen Enden in das somatische Bindegewebe zwischen den dorsalen Längsmuskeln des Abdomens und die Hypodermis. Das dritte Paar (die sogenannten „Flügelmuskeln“ des Herzens) steht im rechten Winkel zur Längsachse des Herzens. Sie setzen sich nicht an die Körperwand an wie oft angegeben wird, sondern verschwinden in einer Bindegewebsschicht, die als das splanchnische Coelom anzusehen ist, das die Mitteldarmdivertikel bedeckt und von den darüberliegenden Organen

trennt. Das vierte Paar sind die hypocardialen Ligamente, die bei weitem stärksten und längsten, leicht für Muskeln zu halten, namentlich wo sie die Dorsoventralmuskeln kreuzen; sie divergieren ventralwärts und tauchen in dem splanchnischen Bindegewebsblatt unter, das die Darmdivertikel von unten her bedeckt.

Die Diastole wird mangels von Muskeln, die eine Erweiterung des Herzens bewirken könnten, durch die Elastizität der Ligamente bewirkt.

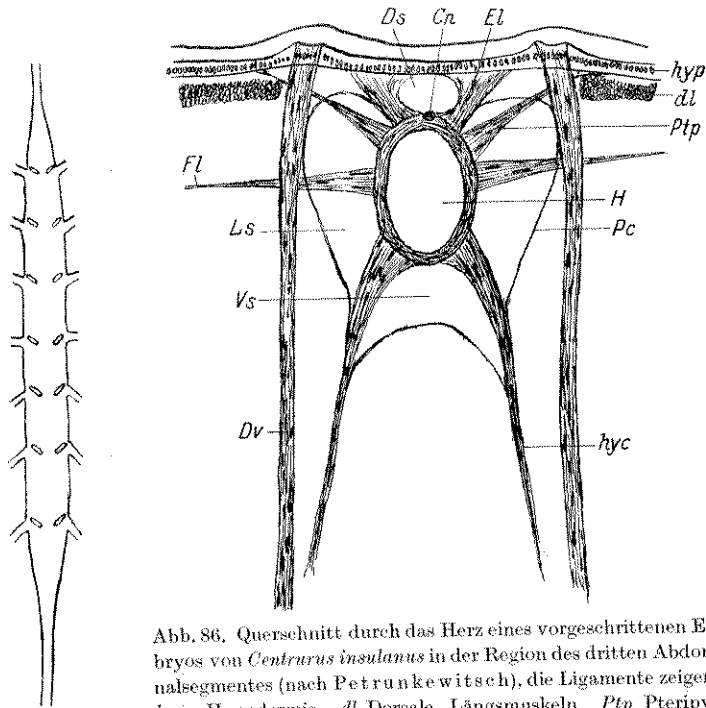


Abb. 85. Herz von *Prionurus australis*, Dorsalansicht (Original).

Deshalb ist auch die Muscularis des Herzens so mächtig entwickelt, weil sie den Widerstand der Ligamente überwinden muß; die erschlafften Herzmuskeln wirken der Kontraktion der Ligamente nicht entgegen.

Durch die vier Paare von Ligamenten wird das Pericard in vier Sinusse geteilt, die aber in den Regionen, die keine Ligamente enthalten, miteinander in Zusammenhang stehen; von ihnen ist der dorsale der kleinste.

Das Herz wird von acht metamer angeordneten Gruppen von Ligamenten getragen (Abb. 86), von denen jede aus vier Paaren besteht; nur

Abb. 86. Querschnitt durch das Herz eines vorgeschrittenen Embryos von *Centrurus insulanus* in der Region des dritten Abdominalsegmentes (nach Petrunke witsch), die Ligamente zeigend. *hyp* Hypodermis, *dl* Dorsale Längsmuskeln, *Ptp* Pteripyle, *H* Herz, *Pc* Pericardialwand, *hyc* Hypocardial-Ligamente, *Dv* Dorsoventralmuskel, *Vs* Ventraler Pericardialsinus, *Ls* Lateraler Pericardialsinus, *FL* Alarligament („Flügelmuskel“), *Ds* Dorsaler Pericardialsinus, *Cn* Cardialnerv, *El* Epicardial-Ligament.

die erste Gruppe macht eine Ausnahme, da sie nur aus zweien besteht (es fehlen die mittleren zwei Paare).

Die Aorta (Abb. 87) zieht nach vorn und abwärts, wobei sie das Diaphragma durchbohrt, und gabelt sich vor der den Ösophagus umgebenden Ganglienmasse; die beiden Äste verlaufen dann jederseits an ihrer äußeren Fläche und vereinigen sich unterhalb derselben wieder, bilden daher einen geschlossenen Ring, von dem eine größere Anzahl von Arterien ausgeht, von denen später noch die Rede sein wird, und die vorwiegend die Gliedmaßen versorgen. Eine dieser Arterien aber, die Spinalarterie, biegt nach hinten um und zieht nun supraneural bis an das Hinterende des Postabdomens.

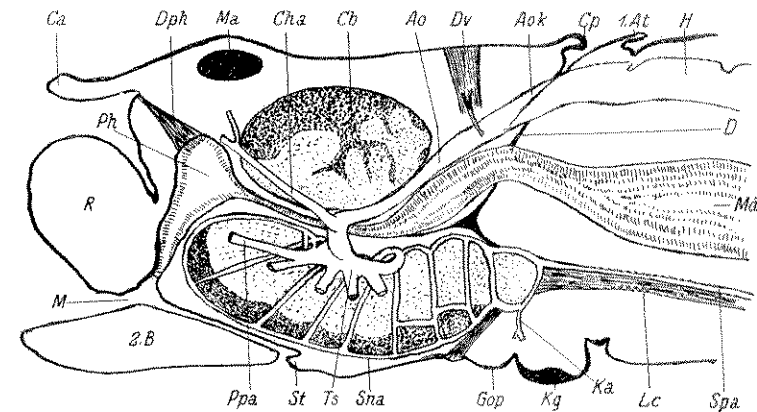


Abb. 87. Blutgefäßsystem eines jungen *Centrurus insulanus* (nach Petrunke witsch). Medianer Sagittalschnitt, Gefäße der rechten Seite und Darmdivertikel weggelassen. *Ca* Vorderende des Cephalothorax, *Dph* Dilatator des Pharynx, *Ma* Mittellaenge, *Cha* Cheliceren-Arterie, *Cb* Gehirn, *Ao* Aorta, *Dv* Dorsoventralmuskel zwischen 1. und 2. Darmdivertikel, *Aok* Vordere Aortenklappe, *Cp* Hinterrand des Cephalothorax, *2.B* Basalglied des 2. Beines, *M* Mundöffnung, *R* Rostrum, *Ph* Pharynx, *1. At* 1. Abdominaltergit, *H* Herz, *D* Diaphragma, *Md* Mitteldarm, *Ka* Kammarterie, *Sna* Subneuralarterie, *Spa* Supraneuralarterie, *Lc* Längskonnectiv zwischen 4. und 5. Abdominalsegment, *Gop* Genitaloperculum, *St* Sternum, *Ppa* Pedipalpenarterie, *Ts* Linker Thorakalsinus.

Nach hinten verengt sich das Rückengefäß sehr stark zur Uroidarterie, die dorsal das ganze Postabdomen durchläuft und an ihrem Ursprung mit der Spinalarterie in Zusammenhang steht. Außerdem gehen in regelmäßigen Abständen vom Herzen acht Paare von Arterien an das Präabdomen ab, die von Blanchard als „Artères hepaticues“ bezeichnet wurden (Abb. 85, siehe auch S. 123).

Sowohl an der vorderen als an der hinteren Aorta (Abb. 87) ist eine Klappe vorhanden; die erstere ist dorsal befestigt, muskulös und muldenförmig in der Richtung gegen das Diaphragma, die letztere dagegen ist kegelförmig und am Hinterrande des siebenten Abdominalsegmentes gelegen. Was die

vordere Klappe anbelangt, so entspringt sie an der Dorsalwand des Herzens unterhalb der Epikardialligamente und ist  $2\frac{1}{2}$  mal so lang als der Durchmesser des Herzens an ihrer Insertionsstelle; sie ist auch an den Seiten der Aorta befestigt. Sie besteht nur aus einer einzigen Schicht von queren Muskelfasern, ist also keine Falte. Aus Abb. 90b geht auch hervor, daß sie vollkommen funktioniert, da oberhalb der Klappe stets eine größere Anhäufung von Blutkörperchen zu sehen ist als unterhalb. Die hintere, kegelförmige Klappe ist mit dem offenen, freien Apex nach hinten gerichtet, während die Basis rundherum an der Herzwand befestigt ist. Auch diese Klappe besteht nur aus einer Schicht von Ringmuskelfasern, ist aber viel kürzer als die vordere. Nach Pawlowsky beginnen die Arterien am Herzen mit besonderen, metamer angeordneten Klappen; sie sind an der Basis zwiebelartig aufgebläht (Abb. 88)

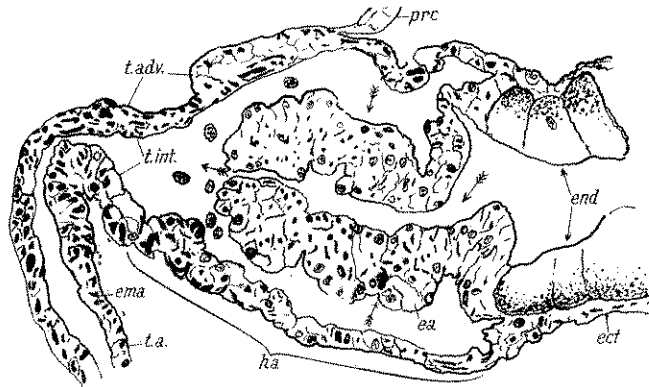


Abb. 86. Längsschnitt durch die Basis einer Arterie, die zwiebelartig angeschwollen und im Innern mit einer Klappe versehen ist (nach Pawlowsky). *ca* Klappe im Inneren der Arterie, *ema* Muscularis, *end* Endocard, *t. adv.* *ta* Adventitia, *ect* Ectocard, *t. int.* Intima der Arterie, *ha* Anschwellung der Arterie, *prc* Pericard.

und mit der Außenwand des Herzens verwachsen. Diese Anschwellungen entsprechen den Cardiocolomöffnungen, die von Schimkewitsch zurück bei *Thelyphonus*, von Pesker (S. 123) später auch bei den Skorpionen nachgewiesen wurden.

Bei der Besprechung des Herzens muß auch noch einmal auf die Muskeln, die sich einerseits an das Perikard, andererseits an die Tergite des Präabdomens ansetzen, hingewiesen werden. Jeder sogenannten Kammer des Herzens entsprechen jederseits zwei solcher Muskeln: ein großer, abgeplatteter, der von hinten nach vorn zieht und sich am Vorderrande des entsprechenden Tergits der betreffenden Kammer ansetzt, und ein schlanker, quer verlaufender, der von nach hinten gerichteten Fasern begleitet ist.

Haben wir uns vorerst mit dem Bau des Herzens und der Lage der größeren Gefäße vertraut gemacht, so wollen wir nun auch die kleineren Gefäß-

verzweigungen kennenlernen. Schon Blanchard hat auf Grund von Injektionspräparaten eine eingehende Beschreibung derselben geliefert; weitere Angaben verdanken wir Gottlieb (für die Gehirnarterien), du Buisson, Houssay u. a.

Von dem aus der unterhalb des Gehirns verlaufenden Aorta hervorgegangenen kurzen und breiten Gefäßring gehen nun nach vorne die Arterien für die Cheliceren, das Gehirn, die Augen und die Mundregion aus; gleich vor der Klappe entspringt ein Paar kleinerer Arterien, die die Muskeln versorgen, durch die eine Trennung des ersten Mitteldarndivertikels von den folgenden bewirkt wird. Durch diesen Gefäßring wird die Aorta mit einem rechten und linken Blutsinus verbunden; von diesem gehen die vier starken Gefäße für die Gliedmaßen aus, von denen das erste sich spaltet und einen langen, starken, inneren Ast, die Pedipalpenarterie und einen kürzeren, die Arterie für das erste Laufbein abgibt. Außerdem gibt jeder Sinus kleine, dünne Gefäße ab, die ihn mit der Supraneuralarterie verbinden. Die beiden Thorakalsinuse vereinigen sich hinten und mit der unpaaren Supraneuralarterie, die median dicht oberhalb der ventralen Ganglienmasse und durch das ganze Abdomen verläuft; vorn biegt sie am Vorderrande der ersteren um und verläuft als Subneuralarterie dicht an deren Unterseite nach hinten, hinter dem vierten abdominalen Neuromer endigend. Neun unpaare vertikale Interneuralarterien verbinden Supra- und Subneuralarterie. Sie verlaufen zwischen benachbarten Neuomeren; die erste zwischen Pedipalpus und erstem Beinneuromer, die neunte dicht hinter dem vierten Abdominalneuromer und der subösophagealen Ganglienmasse. Diese Gefäße werden durch Längsgefäße verbunden, was Petrunkevitch aber nur zwischen dem fünften und sechsten und zwischen dem sechsten und siebenten stets nachweisen konnte. Wo die Subneuralarterie die neunte Vertikalarterie empfängt, entspringt ein kleines Gefäß, die Kammarterie, die einen Ast für jeden Kamm abgibt.

Die Chelicerenarterien („artères antennaires“ Blanchard) entspringen vom oberen Teil des Gefäßringes und ziehen nach vorn, den Chelicerennerven stets anliegend und in der Chelicere sich gabelnd, entsprechend dem unbeweglichen und beweglichen Finger derselben.

Die Cerebralarterien wurden von Gottlieb (1926) genauer beschrieben und die Angaben von Haller in mehreren Punkten berichtigt. Gottlieb gibt genauer an, daß die beiden aus der Aorta entspringenden Arterien am hinteren Rande des Gehirns in der Furche zwischen Ober- und Unterhirn verlaufen und sich wie ein Ring um das Gehirn legen, bei den Chelicerennerven angelangt, jederseits einen Ast an diese abgeben (Chelicerenarterie) und nun gegeneinander laufen, um sich vorn miteinander in der Mediallinie zu vereinigen, worauf sie dann (nach Abgabe eines feinen medianen Astes nach vorn) aufwärts ziehen, um die mediane Supracerebralarterie (dorsale Gehirnarterie nach Haller) zu bilden. Diese teilt sich in der Mitte der Oberfläche des Gehirns in zwei Äste, die sich gegen den Cephalothorax richten und die, sich abermals gabelnd, ihre Zweige in die seitlichen Gebiete desselben schicken.



Die Augenarterien verlaufen, den Optici der Medialaugen angelagert, nach vorn; sie geben ein dichtes Gefäßgeflecht an den Augenbulbus ab. Alle Verzweigungen der bisher behandelten Arterien sind überaus fein und dicht, wie dies Blanchard bereits festgestellt hat.

Die Buccalarterie geht von der Mitte des Gefäßringes ab, verläuft unterhalb des Gehirns und dringt in das Labrum (Rostrum) ein. Sie bildet jederseits eine Anastomose mit der Pedipalpenarterie.

Die starke Pedipalpenarterie erscheint in der Ansicht von der Seite die direkte Fortsetzung des cerebralen Gefäßringes zu sein; sie verläuft wie alle von der Aorta ausgehenden Arterien dicht an den Nerven, und zwar an deren Außenseite. Sie gibt eine Anzahl von Ästen ab, von denen einer bis zum Ende der Coxa zieht und selbst wieder ein Ästchen entsendet, das medianwärts unterhalb des Ösophagus hinzieht und in die Muskeln des Rostrums eintritt; ein weiterer Ast gibt vor dem Eintritt in den Trochanter Zweige zu den Muskeln der Laufbeine und des Cephalothorax ab sowie einen starken Ast, der sich gabelt und einen Ast zum Ursprung der großen Retraktoren, den anderen aber, der nach hinten umbiegt, längs der Dorsalwand des Cephalothorax zu den Muskeln und zu den Stomacaldrüsen entsendet.

Auf ihrem Wege gibt die Pedipalpenarterie fortwährend Ästchen zu den Muskeln ab; schließlich gabelt sie sich wie die Chelicerenarterie, und je ein Ast geht in die beiden Finger der Pedipalpenhand.

Die vier Arterienpaare der Laufbeine gehen von dem cerebralen Gefäßring in ziemlich gleichen Abständen voneinander ab und sind etwa gleichdick oder genauer gesagt, sie nehmen von der vordersten zur hintersten ein wenig an Dicke zu. Sie entsenden im Cephalothorax ziemlich starke Äste, die sich in den Muskeln von Coxa und Trochanter verzweigen.

Auch in den Laufbeinen liegen die Arterien größtenteils (Ausnahme die des vierten Beines) außen von den Nerven; während sich aber im Tarsus die Nerven gabeln, ist dies bei den Arterien nicht der Fall, die bis zu den Krallen einfach bleiben und sich dann erst in zwei kleine Ästchen für diese auflösen.

Eine Arterie, die von der des dritten Beinpaares ausgeht, zieht zum Genitaldeckel, eine von der des vierten Paares entspringende zum Kamm derselben Seite, den sie bis zu dessen Ende der Basis, der Kammzähne genähert, durchläuft; aber in diese selbst scheint nach den sorgfältigen Beobachtungen Blanchards kein Gefäß einzudringen.

Die Spinalarterie (Supraneuralarterie), die von der Mitte des arteriellen Gefäßringes unterhalb der Aorta ausgeht und oberhalb der Bauchganglienreihe nach hinten zieht, an diese mit Bindegewebsfasern befestigt, verläuft nach hinten bis zum Ende des Körpers, wobei ihr Durchmesser stets der gleiche bleibt. Dicht hinter ihrem Austritt unterhalb der subösophagealen Ganglienmasse gibt sie die Genitalarterien ab. Fast an derselben Stelle entspringt das erste Paar von Abdominalarterien, die in das Präabdomen eindringen und sich noch an dessen Basis in zwei starke Äste spalten, von denen einer sich zur Seite wendet und vor der vordersten Lunge in den Pulmonalkanal eintritt, während der

andere bis zum hinteren Rand des ersten Abdominalsegmentes hinzieht, einen Ast zu dem Muskelpfeiler des Segmentes und zahlreiche Verzweigungen zu den Longitudinalmuskeln entsendet und schließlich zwischen der ersten und zweiten Lunge zum Pulmonalkanal hinüberzieht, um dann an der seitlichen Körperwand bis zur Dorsalwand aufzusteigen; unterwegs gibt er Ästchen an alle Muskeln ab.

Auf den die Ganglien der Bauchganglienreihe verbindenden Connectiven zieht die Spinalarterie dahin ohne größere Seitengefäße abzugeben; sie gibt, über den Ganglien angekommen, zwei Ästchen ab, die die Ganglien überqueren, sich seitlich umbiegen und auf der Unterseite einen medianen Stamm bilden, der mit dem Nervensystem in keiner Weise in Verbindung steht, unterhalb des Connectivs zwischen erstem und zweitem Abdominalganglion weiter verläuft und vor dem Hinterrande des zweiten Abdominalsternits sich in zwei Äste zu den Seiten des Körpers gabelt. Diese Zweige ziehen abwechselnd über und unter den Nerven dahin und senden sekundäre Verästelungen zu den Muskelpfeilern und zu den ventralen Längsmuskeln; sie gehen dann zu den Pulmonalkanälen zwischen der zweiten und dritten Lunge, steigen an den Seitenwänden des Abdomens aufwärts und verzweigen sich in den Dorsalmuskeln. — In den folgenden Abdominalsegmenten verhält sich die Spinalarterie ebenso; allerdings sind die Arterien im letzten Abdominalsegment schwächer entwickelt als in den vorhergehenden.

Wie bereits erwähnt, zieht die Spinalarterie bis an das Ende des Postabdomens, und, wie Blanchard feststellt, würde der vom Herzen ausgehende Impuls nicht ausreichen, um das Blut in einer so langen rücklaufenden Arterie bis ans Ende zu treiben. Daß dies doch möglich ist, geschieht dadurch, daß von der letzten Herzkammer jederseits eine Arterie ausgeht, die seitwärts vom Darmkanal zur Spinalarterie absteigt und oberhalb des ersten Ganglions des Postabdomens mit dieser anastomosiert. Auf diese Weise wird durch eine neuerliche Blutzufuhr der Blutdruck im hinteren Teil der Spinalarterie erhöht. Blanchard wies nach, daß bei Injektion des Herzens mit einer gefärbten Flüssigkeit in der Richtung nach vorn zwar die von der Aorta ausgehenden Arterien sich vollkommen füllen, dagegen die Spinalarterie nur bis zur Basis des Postabdomens; bei Injektion in der Richtung nach hinten füllt sich diese ebenfalls vollkommen.

Im Postabdomen verhält sich die Spinalarterie im wesentlichen ebenso wie im Präabdomen. Da aber nur vier Ganglien des Postabdomens vorhanden sind, trifft die vorstehend beschriebene Anordnung nur bis zum Ende des vierten Caudalsegmentes zu. Oberhalb des letzten Ganglions entsendet die Spinalarterie nach hinten zwei Äste, die den beiden großen Nerven folgen; an der Basis des fünften Segmentes entfernen sie sich voneinander und verschwinden gegen den Ursprung der Extensoren im fünften Segment. An ihrer Statt verzweigt sich die Uroidalarterie in den letzten Caudalsegmenten.

Die Leberarterien gehen von den Seiten des Herzens aus, und zwar deren Unterfläche genähert; ihre Zahl entspricht derjenigen der Herz-

kammern. Sie verzweigen sich in unzählige, feinste Gefäße, so daß kein noch so kleiner Teil der Leber einer Gefäßversorgung entbehrt; sie gehen aber auch fast nirgends über die Wandung des Organs hinaus.

Die Uroidalarterie ist ein starkes Gefäß, das von der hintersten Kammer des Herzens nach hinten zieht und dem Dickdarm in seiner ganzen Länge aufliegt. Daß sie auch oberhalb des Giftapparates noch anzutreffen wäre, ist durch neuere Untersuchungen nicht bestätigt worden.

An ihrem Ursprung entspringen die mit den Spinalarterien anastomosierenden Gefäße; ihre umfangreichen Verzweigungen führen namentlich zu den Retraktoren des Postabdomens. Nur in den ersten Segmenten entsendet die Spinalarterie Äste in die dorsale Muskulatur. In den vier vorderen Segmenten geht keine Verzweigung dieser Arterie in die tiefen Muskeln; nur die Spinalarterie gelangt bis hierher.

Im hintersten Teile des Postabdomens liegt die Uroidalarterie zwischen den einander genäherten langen Nerven, die vom letzten Ganglion nach hinten ziehen; im letzten Segment entsendet sie noch viele Ästchen zu den Giftdrüsen, ihrer Muskulatur und ihrem Ausführungsgang.

Vom Ursprung des fünften Segmentes an verlieren sich die letzten Verzweigungen derselben, und es sind beträchtliche Äste der Uroidalarterie, die nun bis zu den im vorletzten Segment gelegenen Extensoren herabsteigen.

Es ist Houssay (1887) gewesen, der zuerst die Spinalarterie als perineurale Lakune betrachtet hat, eine Auffassung, die allerdings nicht unwidersprochen geblieben ist. Er hat bei *Androctonus bicolor* und *Buthus* (richtig *Scorpio*) *palmatus* ein Lakunensystem beschrieben, das aus drei Abschnitten besteht. Er weist auf die hier bereits mehrmals erwähnte Gabelung der Aorta an der Basis des Gehirns und auf den Verlauf der beiden Äste längs der Connective des „Collier oesophagien“, außerhalb von deren Hülle, hin; diese können aber noch als Arterien angesprochen werden, da sie eigene Wandungen besitzen. Von der Stelle ab, wo sie die Umhüllung der Ganglienmasse erreichen, sind ihre Wände nichts anderes als die Fortsetzung dieser Hülle, und das Blut läuft nun in einer „lacune periganglionaire“, die Erweiterungen bildet und als „artère annulaire“ und „artère des pattes“ beschrieben wurde. Diese Erweiterungen stehen aber auch in Zusammenhang mit der Lakune und besitzen gleichfalls keine eigene Wandung. Außer dieser „Lacune de la masse cephalothoracique“ unterscheidet Houssay auch noch eine „Lacune de la chaîne nerveuse“, also der Bauchganglienreihe, die auf der Dorsalseite derselben im Bindegewebe verläuft und als Arteria spinalis bekannt ist. Aber es gibt auch eine subneurale Lakune, diametral der supraneuralen gegenüberliegend und von viermal geringerem Durchmesser; sie ist mit der dorsalen durch Schlingen und Netze verbunden und wurde schon von Newport gesehen. Sie ist durch die unregelmäßige Gestalt und das Fehlen einer eigenen Wandung als Lakune erkennbar.

Im Gegensatz zu Houssay sah A. Schneider (1891) bei der Arteria spinalis eine deutliche Wandung mit gestreiften Muskelfasern; er erblickte

nirgends Blutaustritte, wohl aber überall ein Endothel. Zwischen den beiden Schleifen des Ringgefäßes beobachtete er fünf Queranastomosen; von jeder derselben tritt eine sternale Arterie in die Subösophagealmasse ein. Außerdem gibt es vier andere sternale Arterien, die unterhalb der Anfangspartie der Spinalarterie entspringen, und deren letzte die Kammarterie ist. Auch Pawlowsky (1924) betrachtet dieses Gefäß als eine Arterie, obgleich seine ventrale Wand nur aus Bindegewebe ohne unterscheidbare Muskelelemente besteht.

Im Caudalteil sind außer den von Newport beschriebenen Anastomosen auch noch solche zwischen den beiden Gabelästen der Arteria sternalis und der hinteren Aorta vorhanden.

Außer der von Houssay bei den Skorpionen beschriebenen perineuralen Lakune hat Du Buisson (1925) aber noch eine Anzahl anderer solcher Lakunen nachgewiesen, in welche die Arterien einmünden. Diese kleinen Hohlräume vereinigen sich im Präabdomen zu einem großen, langgestreckten Gefäß, das sich einerseits in den Cephalothorax, andererseits in das Postabdomen erstreckt.

Dieses Längsgefäß erweitert sich nun sackartig oberhalb jeder Lunge und bildet in dieser Weise den dorsalen Teil der Lungenhöhle, der aber mit der ventralen eigentlichen Lungenhöhle in keinerlei direkter Verbindung steht. Infolgedessen kann das Blut, um aus dem dorsalen Teil in den ventralen überzutreten zu können, nur durch die Lamellen der Lungen in die Pneumocardialvene und in das Rückengefäß zurückgelangen. Jederseits stehen mit dem vordersten Lungenpaar drei, mit den beiden mittleren eine, mit dem hintersten zwei Venen in Verbindung.

Unterhalb des Ösophagus liegt jederseits ein Thoracalsinus, der die Gefäße in die Extremitäten entsendet und durch neun senkrechte Interneuralarterien mit einer Subneuralarterie in Verbindung steht.

Die Seitenarterien des Herzens sind nun von Pesker (1909) als nichts anderes als Cardiocöloomöffnungen erkannt worden, und zwar, nachdem sie Schimkewitsch bei *Thelyphonus caudatus* entdeckt hatte, auch bei verschiedenen anderen Arachnoiden und beim Skorpion. Die Zahl der Öffnungen entspricht derjenigen der Herzkammern. Sie stellen paarige Auswüchse der Herzwandung dar, haben die Gestalt kurzer Röhren und liegen, während die Ostien dorsal gelegen sind, auf der ventralen Seite des Herzens. Ihre Wand stellt die umgewandelte Herzwand mit stark veränderter Muskelschicht dar. Sowohl den äußeren wie den inneren Flächen dieser Röhren liegen besondere Zellen an, die an der Herzwand durch keine homologen Elemente vertreten sind.

Die bindegewebige Adventitia nimmt zwar an der Bildung dieser Röhren keinen Anteil, löst sich aber bei den meisten Arachnoiden an der Abgangsstelle der Cardiocöloomröhren von der Herzwand ab und umgibt diese Röhren in Gestalt eines mehr oder weniger breiten Ringes oder wächst sogar zu einem Kanal (Seitenarterie) aus; in diese ringförmige Höhlung oder in diesen Kanal münden die Cardiocöloomöffnungen. Die Herzhöhle ist demnach nicht unmittelbar mit dem Cölom verbunden, sondern die Verbindung geschieht durch be-

sondere Röhren. Sie werden nach außen immer enger und durchbrechen die Pericardialwand.

Die in der Cardiocolomröhre gelegenen Zellen sind um so zahlreicher, je jünger das Tier ist, und um so enger ist auch das Lumen ihres Zentralkanals, der aber immer im Zentrum der schwammigen, zellreichen Masse aufgefunden werden konnte, die das Lumen ausfüllt. Aber auch das Lumen zwischen dem von der äußeren Schicht der Herzwand gebildeten Kanal und der Oberfläche der Cardiocolomröhre ist um so enger, je jünger das Tier ist, so daß es manchmal aussieht, als ob die Cardiocolomröhren in ein aus Bindegewebe gebildetes Futteral eingeschlossen wären.

Andererseits ist bei erwachsenen Tieren der Zentralkanal und der Kanal, in den die Colomöffnungen münden, sehr breit, besonders an der Abgangsstelle, dagegen sind die obengenannten Zellen lange nicht so zahlreich wie bei jüngeren Tieren und Embryonen. Das Lumen der Cardiocolomröhren ist mit einer dünnen, strukturlosen Membran ausgekleidet, der Fortsetzung der Intima des Herzens; die Zellen sind vorwiegend in der äußeren Wandschicht der Röhre eingelagert und häufen sich an der äußeren Oberfläche derselben an.

Mit der Herzhöhle stehen außer den venösen Ostien (Cardio-Pericardialöffnungen) und den hier erwähnten Cardiocolomöffnungen keine anderen Öffnungen oder Bildungen in Verbindung.

Wenn das Blut durch die Ostien zum Herzen strömt, gelangt es höchstwahrscheinlich durch die Cardiocolomöffnungen in das Colom. Ein Rücktritt des Blutes durch die Cardiocolomöffnungen ins Herz ist unmöglich, da die innere Röhre, falls der sie umgebende Kanal mit Blut gefüllt ist, die Rolle einer verschließenden Klappe übernimmt.

Nach einer schematischen Abbildung von Pesker scheinen die Verhältnisse beim Skorpion so zu sein, daß die äußere Schicht der Herzwand einen an ihrer Basis erweiterten Kanal bildet, der das Pericard durchbohrt und dann noch eine Strecke weit zwischen den Leberlappchen dahinzieht.

Das Herz zieht sich nach du Buisson (1925) als Einheit, nicht in aufeinanderfolgenden Abschnitten zusammen. Die Zahl der Kontraktionen beträgt bei *Buthus* 60 in der Minute, während Petrunkevitch bei *Centruroides insulani* 120 in der Minute beobachtete. Sie treiben das Blut bis in die entlegensten Teile des Gefäßsystems (siehe dagegen Blanchard S. 121).

Die Lungenlamellen jedoch werden durch die Pulsationen nicht beeinflusst; sie verändern sich beim Wechsel von Systole und Diastole nicht und scheinen demnach starr zu sein.

Die Histologie der Herzwand der Skorpione wurde namentlich von Gadzikiewicz (1908) und später von Pawlowsky (1922) untersucht. Nach den erstgenannten besitzt das Herz eine echte innere Endothelschicht, die den Arterien fehlt und der Intima dicht anliegt (nach Pawlowsky fehlt sie aber ebenso wie in den Arterien). Sie besteht aus platten Zellen mit ovalen Kernen; diese Zellen sind meist in einer, selten in zwei Reihen angeordnet. Die Intima selbst bildet eine Verdickung der dem Lumen des

Herzens zugekehrten Basis der Muskelmembran (Sarkolemm); das Endothel ist also hier der einzige Bestandteil des Endocards, während die Intima zur Muscularis gehört. Diese, ein Hauptbestandteil des Herzens, besteht nur aus einer querliegenden Schicht von Muskelfasern; letztere sind nur in einer Reihe angeordnet, bestehen aus kontraktiler Substanz und enthalten verlängerte Kerne, die ganz in der Mitte der Achse liegen. Jede Muskelfaser ist mit Sarkolemm umhüllt, das auch die Grenze zwischen den benachbarten Fasern bildet. Weiter nach außen von dieser Muskelschicht liegt eine Schicht längsverlaufender Fasern. Es bildet die äußere Schicht platte Endothelzellen und umkleidet auf diese Weise die längsverlaufenden Fasern. Im Vergleich mit dem Peritonealendothel zeigt sich eine Übereinstimmung. Die das Herzlumen auskleidenden dagegen unterscheiden sich von diesen durch ihre Struktur.

Ein Zusammenhang zwischen dem Herzendothel und den Blutkörperchen hat sich beim Skorpion wenigstens im erwachsenen Zustande nicht nachweisen lassen. Diese letzteren sind rund mit peripherisch im Plasma liegenden Kernen.

Diese Angaben werden von Pawlowsky in einigen Punkten verbessert und ergänzt. So ist die von Gadzikiewicz als Sarkolemm bezeichnete Membran kein Sarkolemm, sondern vom interstitiellen Bindegewebe gebildet; doch besteht außerdem ein echtes, die Muskelfasern einhüllendes Sarkolemm.

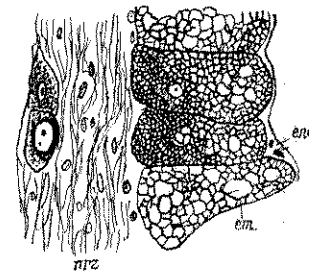


Abb. 89. Stück eines Längsschnittes längs der Mittellinie der Dorsalseite des Herzens von *Prionurus australis*. Stück des Supracardialnervs (nrz) mit Nervenzellen, end Endocard, m Myocard (nach Pawlowsky).

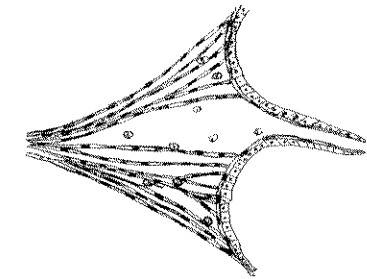


Abb. 90a. Eines der rechten Ostien des Herzens eines jungen Skorpions (*Centruroides insulani*), zwischen den Fasern des Pterygyl-Ligaments Blutkörperchen (nach Petrunkevitch).

Die Herzhülle ist mehrschichtig und stellt das Peri- und Endomysium dar; die Fasern der äußeren Hülle sind glatt, die innere besteht selbst wieder aus mehreren Schichten, deren innere beim Ablösen sich spaltet. Dadurch entsteht eine Trennung der Hauptmasse der Schichten, die das Bindegewebe des Perimysiums bildet, von demjenigen Teil, der mit dem Sarkolemm über den Muskelfasern zurückbleibt. Die Intima des Herzens wird nur vom Perimysium gebildet.

Nach Pawlowsky soll in dem bindegewebigen Stroma des Herzens eine Schicht halbkreisförmiger, quergestreifter Muskeln liegen, die die Hauptmasse der Herzwand bilden. Mit dem Bindegewebe stehen die Fasern, an denen das Herz aufgehängt ist, in Zusammenhang. Außen von den halbkreisförmigen Muskelfasern, aber noch im Stroma, liegen feine Längsfasern ohne Spuren von Querstreifung. Was die Klappen der Herzostien anbelangt, so nehmen zwei Reihen von Ringfasern an ihrer Bildung teil, nicht nur eine wie im Herzen selbst. Am Rande der Klappe geht die Intima der Herzhöhle in das Perimysium seiner Außenfläche über.

Die Arterien gehen von der ventralen Oberfläche des Herzens aus und zwar von paarigen, metamerischen Klappen, die die Gestalt eines Muffs haben und aus ver-

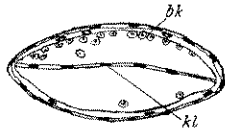


Abb. 90b. Querschnitt durch die Aorta eines jungen Skorpions, *Centurus insulanus*, die Klappe bei starker Vergrößerung zeigend (nach Petrunkewitsch). *kl* Klappe, *bk* Blutkörperchen.

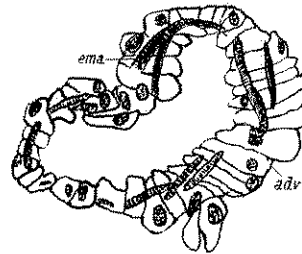


Abb. 91. Querschnitt durch das die Leber durchbohrende Gefäß, von *Butheus eupeus* (nach Pawlowsky). *ema* Muscularis, *adv* Adventitia.

zweigten Muskelzellen zusammengesetzt sind, die miteinander anastomosieren und von allen Seiten von einer dem Stroma des Herzens entsprechenden, bindegewebigen Membran umgeben sind. Die Wandung der angeschwollenen Basis der Arterien liegt dem äußeren Teil des Herzens an und besteht aus sternförmigen, quergestreiften Muskeln, die vom Perimysium umgeben sind. Ebensolche sternförmige Zellen wie in der Tunica muscularis liegen auch im bindegewebigen Stroma des Herzens. Die Arterien sind von einer kernlosen, homogenen Lamelle bekleidet, während ein Endothel, wie bereits bemerkt, fehlt; im allgemeinen folgen sie aber demselben Bauplan wie das Herz, in dem die sternförmigen Zellen der Muscularis am bindegewebigen Stroma inserieren. In der Mittellinie der Dorsalfäche des Herzens verläuft der Sympathicus, der einzelne Nervenzellen enthält, die der Autor als möglicherweise autonome Herzzentren anzusehen geneigt ist.

### 8. Atmungssystem

Kein zweites Organsystem der Skorpione hat eine derartige Bedeutung erlangt und ein solches Interesse gefunden wie die Lungen, die außer den Skorpionen nur noch den Pedipalpen und einem Teil der echten Spinnen zukommen.

Sie sind bei den Skorpionen in vier Paaren vorhanden, deren Öffnungen auf den Sterniten des zehnten bis dreizehnten Abdominalsegmentes gelegen

sind (das siebente ist nur im Embryonalzustande vorhanden, das achte ist das Genital- und das neunte das Pectinalsegment).

Die Lungen (Abb. 92), für die es zahlreiche Bezeichnungen gibt („Booklungs“, Tracheenlungen, Blätter- und Fächertracheen, auch Kiemenlungen)

bilden je eine Höhle, die durch die Einstülpung des Ektoderms auf der Fläche der Sternite entsteht und meist durch eine enge, spaltförmige, schief nach hinten und außen gerichtete, selten (nur bei *Teuthraustes* und *Chaetas*) kreisrunde Öffnung (Stigma) nach außen mündet.

Diese Öffnung, die auch als Spiraculum oder Pneumostom bekannt ist, steht nur selten durch einen

kurzen Gang („Pedicel“) mit der Lungenhöhle (Lungensack, Vorkammer, Vorraum, Vestibulum, äußere Luftkammer) in Verbindung, meistens mündet sie direkt in diese.

Blickt man in die Lungenhöhle von hinten hinein, so sieht man eine große Zahl von spaltförmigen Öffnungen, die



Abb. 92a. Horizontalschnitt durch die Lunge von *Teuthraustes witti* (nach Pawlowsky).

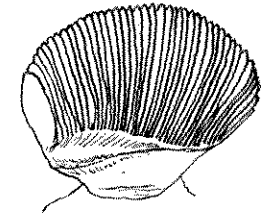


Abb. 92b. Lunge (Fächertrachee) von *Androctonus* (nach Schtshelkanowzew).

dadurch zustande kommen, daß breite Lamellen (Abb. 92), die horizontal gelagert und beiderseits an der Seitenwand der Höhle angewachsen sind, diese durchsetzen. Die durch das Stigma in die Lungenhöhle eintretende Luft kann in die Zwischenräume zwischen den Lamellen (Septen) eintreten. Diese Zwischenräume, die nach vorn blind endigen, sind als innere Luftkammern, „Säckchen“ (Purcell), beschrieben worden.

An der Vorderwand der einzelnen Lungen sind nun diese Septen befestigt. Es sind hohle, flachgedrückte Duplikaturen der Vorderwand, in deren Lumen das Blut aus der Leibeshöhle ebenso eintreten kann wie die Luft von hinten zwischen sie. Durch die dünnen Wände der Septen kann die Luft ihren Sauerstoff an das Blut in den Septen abgeben. Der Hohlraum dieser letzteren wird durch vertikale Zellsäulen offengehalten, die die beiden Wände des Septums in regelmäßigen Abständen miteinander verbinden, eine Erscheinung, die in ähnlicher Weise bei derartigen platten Hautduplikaturen immer wieder auftritt (es soll nur auf die Schale der Cladoceren, die Flughaut von *Draco* hingewiesen werden).

Infolge des Umstandes, daß die Lungenhöhle durch Einstülpung von außen gebildet ist, sind auch die Lamellen (Septen) außen durch eine dünne chitinige Bekleidung, innen dagegen durch die Hypodermis überzogen. Diese Chitindecke ist auf der dorsalen und ventralen Fläche jedes Septums verschie-