Erst nach Übergabe der Abhandlung an die Redaktion konnte ich Einsicht nehmen von einer Arbeit Reinke's „Zellstudien“ (Dies Archiv Bd. 44 Heft 2), in welcher dieser Autor den direkten Zusammenhang des Cytomitoms mit den Lininfäden nachgewiesen hat. Ihm gebührt also hierin die Priorität.

Erklärung der Figuren auf Tafel XXXIII.

Figur 1 ist bei Zeiss 3 D, alle übrigen Figuren sind bei Zeiss Apochromat homogene Immersion (Brennweite 1,5), Compensationsokular 6 mit dem Abbe'schen Zeichenapparate entworfen; die Ausführung geschah bei den letzteren bei Anwendung von Compensationsokular 12. Das Material stammte von *Salamandra maculosa*. Färbung adjektiv Fuchsin nach Fixirung in Flemming'scher Lösung.

Fig. 1. Aus einem Längsschnitte durch den Hoden. *b* = Bindegewebe; für die übrigen Bezeichnungen cfr. Text.

Fig. 2, 3 und 4. Zellen aus dem Salamanderhoden. *a* = Attraktionssphäre, *c* = Centrosoma; *p* = dunkler Protoplasmahof; *b* = Bindegewebe.

Fig. 5. Zelle, deren Attraktionssphäre eine schwanzartige Verlängerung = *k* besitzt. *a*, *c*, *p* wie in den vorigen Figuren.

Fig. 6, 7 und 8. Zellen mit communicirenden Sphären. Fig. 6 beide Zellen mit Kern; Fig. 7 eine Zelle mit, eine ohne Kern; Fig. 8 beide Zellen ohne Kern. *k* = Sphärencommunication; *a*, *c*, *p* wie in Fig. 2.

Aus dem II. anatomischen Institut der Berliner Universität.

Studien über das Centralnervensystem von *Carcinus Maenas* nebst Angaben über ein neues Verfahren der Methylenblaufixation.

Von

Albrecht Bethe.

Hierzu Tafel XXXIV, XXXV u. XXXVI.

Die Fixation von Methylenblaupräparaten.

Chemische Vorbemerkungen.

Als ich am Ende des Jahres 1893 anfang, mich mit dem Nervensystem und den Sinnesorganen wirbelloser Thiere zu be-

schäftigen, empfand ich es als einen grossen Uebelstand der bei weitem eleganteren und wissenschaftlicheren von den beiden modernen Nervenfärbungsmethoden der Ehrlich'schen Methylenblau-methode, dass sie nicht die Anfertigung guter Schnitte und brauchbarer Nachfärbungen gestattet. Um dem abzuhelpen, untersuchte ich einige Methylenblauverbindungen auf ihre Löslichkeitsverhältnisse und gelangte dabei auch bald zu befriedigenden Resultaten.

Die Zahl der in Betracht kommenden Körper war von vornherein eine beschränkte. Das in den Handel kommende Methylenblau ist das Chlorzinkdoppelsalz, das für histologische Zwecke verwandte, das salzsaure Salz der Methylenblaubase:

Es lag daher nahe, zu Zwecken der Fixation dieses in Wasser, Alkohol u. s. w. leicht lösliche Salz in ein andres schwerlösliches Salz überzuführen. Erfahrungsgemäss bilden nun die sogenannten seltenen Mineralsäuren mit vielen organischen Farbbasen schwerlösliche Salze, zu denen noch einige Metallsalze, wie Sublimat, Goldchlorid und Platinchlorid hinzutreten, die schwerlösliche Doppelverbindungen abgeben.

Eine vollständige Fällung des Methylenblau's in wässriger Lösung wird nun durch die Salze der meisten seltenen Mineralsäuren herbeigeführt, ich nenne hier chromsaures und doppelchromsaures Kalium, Jodkalium, Ferrocyankalium, Ferricyankalium, wolframsaures Natrium, phosphorwolframsaures Natrium, molybdänsaures Ammonium, phosphormolybdänsaures Natrium. Von den hierbei entstehenden Farbsalzen sind die ersten drei in Alkohol ziemlich leicht löslich, kommen also nicht weiter in Betracht. Auch das wolframsaure Methylenblau ist trotz grosser Resistenz gegen Alkohol für unsere Zwecke nicht brauchbar, weil es sich im Ueberschuss von wolframsaurem Natron löst.

Von den beiden Eisencyanverbindungen fällt das Ferrocyanwasserstoffsalz ziemlich schwer aus, ist deshalb unbrauchbar. Das Ferricyankalium schien mir zuerst deswegen von grosser Wichtigkeit, weil es unter Reduction zu Ferrocyankalium oxydirend wirkt

und so im Stande ist, das Leukoprodukt des Methylenblau's, wie es in Präparaten häufig sich vorfindet, sofort als blaues, also oxydirtes Salz zu fällen. Der Uebelstand, dass sich das ferricyansaure Methylenblau in Alkohol etwas löst, wird leicht durch die eigenthümliche Thatsache überwunden, dass die Lösung durch Zusatz von Pikrinsäure zum Alkohol verhindert wird.

Die drei noch übrig bleibenden Verbindungen, das molybdänsaure, das phosphormolybdänsaure und das phosphorwolframsaure Methylenblau verhalten sich Alkohol gegenüber fast ganz gleich, d. h. sie sind in kaltem Alkohol fast ganz unlöslich, doch sind die Salze der beiden complexen Säuren von wenig Wichtigkeit, weil sowohl das phosphorwolframsaure, wie das phosphormolybdänsaure Natron sehr langsam in das Gewebe eindringen.

Es erweisen sich also von all diesen Verbindungen nur das ferricyansaure und molybdänsaure Methylenblau für die histologische Technik als brauchbar. Von diesen beiden hat das molybdänsaure Salz dadurch bei weitem den Vorzug, weil es die Behandlung, man kann sagen, Beschmutzung des Präparates mit der hässlich gelben Pikrinsäure nicht bedingt und weil das entstehende Salz sich gegenüber dem der Ferricyanwasserstoffsäure durch sehr feine Körnung auszeichnet.

Die aus Methylenblau erhaltene Leukobase, das Tetramethyldiamidodiphenylamin wird durch molybdänsaures Ammonium als weisses Salz gefällt. Um die Gegenwart dieses sich allmählich bläuenden Körpers im Präparat zu vermeiden und auch in tieferen Gewebsschichten, welche dem Sauerstoff der Luft nicht ausgesetzt werden können und in denen besonders bei den unter ständiger Sauerstoffunterbilanz lebenden, wirbellosen Thieren ein grosser Theil des den Nerven angelagerten Methylenblau's reducirt enthalten ist, eine gute Färbung zu erzielen, erschien es wünschenswerth, der Fixirflüssigkeit oxydirende Wirkung zu geben. Wasserstoffsuperoxyd, das als solches auf lebendes Gewebe gebracht Sauerstoff abspaltet und durch diese Gasentwicklung das Gewebe zerreisst, giebt nun nach den Untersuchungen von B a e r w a l d mit molybdänsaurem Ammonium eine sauerstoffreichere Verbindung, das hypermolybdänsaure Ammonium (18MoO_3 , 14NH_3 , $3\text{H}_2\text{O}_2 + 18\text{H}_2\text{O}$). Dieses citronengelb gefärbte Salz wirkt als starkes Oxydationsmittel ohne die unangenehme Eigenschaft zu

haben, mit lebendem Gewebe Sauerstoff zu entwickeln und lässt zusammengebracht mit einer Lösung von Leukomethylenblau sofort das oxydirte Farbsalz ausfallen.

Wie ich nachher zeigen werde, ist es nothwendig, bei Wirbelthieren nicht das käufliche Ammoniummolybdat, welches nach Graham-Otto $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ ist, sondern ein saureres Salz anzuwenden, welches dadurch gebildet wird, dass man zur Lösung des gewöhnlichen Molybdats Salzsäure oder Salpetersäure zusetzt, wobei sich zuerst freie Molybdänsäure abspaltet, die sich dann mit dem Rest des Ammoniummolybdats zu saureren Salzen verbindet.

Mag man nun eine Lösung von gewöhnlichem molybdän. Ammonium, oder von hypermolybdänsaurem Ammonium oder von dem saureren Salz auf das salzsaure Methylenblau einwirken lassen, es entsteht immer ein und dieselbe feste Verbindung, wie die folgenden Analysen ergeben:

Der auf dem Filter gesammelte und mit reichlich Wasser gewaschene Niederschlag wurde bei 100° getrocknet, gewogen und langsam im Porzellantiegel eingeäschert. Der Rückstand besteht aus Molybdäntrioxyd, ist aber zum Theil durch das Ammoniak der Farbbase reducirt. Es wurde zum Zweck vollständiger Oxidirung mit Salpetersäure benetzt und nochmals geglüht und dann gewogen. Man muss bei dieser Procedur in Rechnung ziehen, dass Molybdäntrioxyd im Luftstrom sublimirt, dass also durch die bei der Veraschung entstehende Kohlensäure ein kleiner Theil mitgerissen werden kann.

Bei Fällung mit molybdänsaurem Ammonium ergaben 3 Analysen als Mittel einen Gehalt von 36,78 % Molybdän.

Bei Fällung mit hypermolybdänsaurem Ammonium 36,73 % Molybdän.

Bei Fällung mit dem saureren Salze 36,5 % Molybdän.

Dieser Procentgehalt von Molybdän stimmt fast genau für das pentamolybdänsaure Methylenblau, für welches sich bei einem Moleculargewicht von 1304 der Procentgehalt an Molybdän auf 36,81 berechnet, während von mir als Mittel an fünf Analysen 36,71 % gefunden wurden. Die Constitution dieses Salzes würde sich folgendermassen gestalten:

Dieser Körper ist, wie aus den weiterhin folgenden zur practischen Anwendung nothwendigen Erörterungen hervorgeht, recht beständig.

In Wasser ist das Salz auch beim Kochen ganz unlöslich. Auch in Xylol, Aether und Nelkenöl ist es ganz unlöslich. In Alkohol von Zimmertemperatur ist es schwer löslich. Erst wenn es 2—3 Tage mit Alkohol gestanden hat, zeigt sich die Flüssigkeit schwach blaugrün. In kochendem Alkohol löst es sich verhältnissmässig leicht mit blaugrüner Farbe und fällt beim Erkalten nicht wieder aus.

In verdünntem Ammoniak löst es sich auch beim Erwärmen nur sehr schwer. In verdünnter Natronlauge löst es sich in der Kälte schwer; beim Erwärmen wird es unter Farbumschlag von schwarzblau zu dunkelhimmelblau gespalten und die freige-wordene Farbbase gelöst.

Durch Seifen wird das Salz leicht gespalten.

Durch starke Mineralsäuren wird es in der Kälte sehr langsam, beim Erwärmen schneller gespalten. Chrmsäure oder chromsaure Salze verändern es nicht.

Essigsäure löst es bei längerem Stehen oder beim Erwärmen. Filtrirt man es vor der Lösung ab und behandelt es mit Alkohol so löst es sich nicht schwer. Setzt man der Essigsäure molybdänsaures Ammonium zu oder behandelt man das abfiltrirte Salz

mit saurem molybdänsaurem Ammonium, so tritt in Alkohol keine Lösung ein.

Silbernitrat löst bei längerem Stehen Spuren des Salzes auf und führt es in eine alkohollöslichere Verbindung über. Bei Nachbehandlung mit saurem molybdänsaurem Ammonium wird die alte Verbindung wieder hergestellt.

Besondres wichtig und auch chemisch interessant ist das Verhalten gegenüber der Ueberosmiumsäure. Es reagirt nämlich die Ueberosmiumsäure bei Gegenwart von überschüssigem Ammoniummolybdat mit dem Methylenblaumolybdat unter Bildung einer Verbindung von folgenden Eigenschaften:

1. Das neue Salz ist viel dunkler blau als das pentamolybdänsaure Methylenblau.

2. Es löst sich in Alkohol auch bei wochenlangem Stehen nicht auf.

3. Es löst sich beim Kochen mit Alkohol mit mehr blauer Farbe als das alte Salz und fällt beim Erkalten quantitativ wieder aus, während das andere gelöst bleibt.

4. Löst man Methylenblaumolybdat in heissem Alkohol, lässt erkalten und versetzt die grünblaue Lösung mit OsO_4 und etwas Ammoniummolybdat, so fällt nach einiger Zeit zusammen mit reducirtem Osmium die neue Verbindung aus.

Eine genauere chemische Untersuchung dieses für die histologische Technik wichtigen Salzes konnte ich wegen Mangel an Zeit nicht unternehmen.

Wie mir Herr Professor Ehrlich, der Entdecker der Methylenblau-Methode, mündlich mittheilte, hat er schon im Jahre 1885 Versuche in derselben Körperreihe gemacht, um eine Fixation zu finden, und ist damals beim phosphormolybdänsauren Natron stehen geblieben, hat aber die Methode nicht der Oeffentlichkeit übergeben, weil sie zu wenig gute Resultate lieferte.

Nach meiner ersten Mittheilung in dieser Zeitschrift theilte mir Herr Professor Blochmann in Rostock mit, dass er etwas später wie ich — im Herbst 1894 — ebenfalls daran gegangen sei, eine Fixationsmethode für Methylenblaupräparate auszuarbeiten und dass er ebenso wie ich die bei der Behandlung mit Ammoniummolybdat entstehende Verbindung als die beste und brauchbarste erkannt habe.

Die Anwendung des Ammoniummolybdats in der histologischen Technik.

Die Application des Methylenblau's erfolgt in gewöhnlicher Weise, indem man entweder dem zu färbenden Thier eine nicht zu schwache Lösung von Methylenblau injicirt, oder dadurch, dass man die zu färbenden Gewebsstücke in eine dünne Lösung von Methylenblau hineinlegt. Ich für meinen Theil ziehe für alle Objecte, welche gut vascularisirt und daher leicht injicirbar sind die vitale Injection, wie sie von Ehrlich angegeben ist, vor. Die Dogiel'sche Einlegemethode wende ich nur da an, wo man mit der andern Methode keine oder schlechte Resultate erhält z. B. bei der Retina von Wirbelthieren. Besonders beim Centralnervensystem habe ich die Einlegemethode als ziemlich unbrauchbar gefunden, weil man immer nur kleine Stücke einlegen kann und dadurch die topographische Uebersicht verliert.

Bei Crustaceen wandte ich mit dem besten Erfolge eine $1\frac{1}{2}\%$ Methylenblaulösung in physiologischer Kochsalzlösung an, die ich nicht wie Retzius (2) und vom Rath (3) in die Körperhöhle injicire sondern nach Abtragung eines kleinen Stückes des Rückenpanzers tropfenweise direct auf die venösen Ostien des Herzens bringe. Der Farbstoff geht mit deren nächsten Diastole ins Herz und wird von da schnell durch den ganzen Organismus geführt, so dass man schon in wenigen Minuten eine vollständige Farbstoffüberschwemmung des ganzen Körpers bewerkstelligen kann.

Bei Wirbelthieren tritt nun bekanntlich postmortal sehr bald eine Reduction des Farbstoffs zum Leukoprodukt ein, mit Ausnahme der Organe, welche schon im Leben den Farbstoff reduciren, wie Leber und Lunge. Bei wirbellosen Thieren wird schon im Leben das ganze Methylenblau unter Wasserstoffaddition reducirt, da diese Thiere unter beständiger Sauerstoffunterbilanz leben. Man kann nun die zu untersuchenden Gewebsstücke direct in das später anzugebende Gemisch werfen und nacher feststellen, ob Farbstoff an den Nerven localisirt gewesen ist, oder man kann sie auch dem Luftsauerstoff aussetzen und vor der Fixation zusehen, ob sich etwas gefärbt hat. Letzteres ist besonders bei wirbellosen Thieren angebracht, bei denen die Localisation des Farbstoffs meist nicht so schnell stattfindet und nicht so schnell verschwindet wie bei den Wirbelthieren. Besonders beim

Centralnervensystem von Wirbelthieren ist es zu empfehlen, gleich nach der Herausnahme zu fixiren, da man meist zusammenhängende Serien haben will und daher nicht das ganze Centralorgan zum Luftaussetzen zerpfücken kann.

Bei Wirbelthieren entsteht häufig, wie schon Ehrlich (4) angiebt, und wie ich selbst unabhängig von ihm gefunden habe, eine Verbindung des Methylenblau's an den Axencylindern der Nerven, vielleicht mit einer organischen Säure. Diese Verbindung wird nun, wie mich verschiedene Misserfolge lehrten, durch das käufliche Ammoniummolybdat nicht gespalten, wohl aber durch saurere Salze wie sie beim Zusatz von Salzsäure, oder Salpetersäure entstehen. Daher ist bei Wirbelthieren die Anwendung saurer Gemische nothwendig, welche bei wirbellosen Thieren, bei denen eine derartige Verbindung nicht zu entstehen scheint, überflüssig ist.

Ich empfehle für die Methylenblaufixation bei Wirbelthieren folgendes Gemisch:

Ammoniummolybdat 1 gr
 Aqua destillata 10 ccm
 Wasserstoffsuperoxyd 1 ccm
 Acidum hydrochloricum offic. 1 Tropfen.

Beim Zusatz der Wasserstoffsuperoxydlösung färbt sich die Flüssigkeit gelb; beim Zusatz der Salzsäure fällt ein weisser Niederschlag (Molybdänsäure), der sich beim Schütteln löst.

Für wirbellose Thiere:

Ammoniummolybdat 1 gr
 Aqua destillata 10 ccm
 Wasserstoffsuperoxyd $\frac{1}{2}$ ccm.

Ich wende die Lösung, welche sich nicht länger als 8 Tage hält, ohne Niederschläge zu geben, also am besten frisch bereitet wird, gewöhnlich in der angegebenen Concentration an, man kann sie aber auch ohne wesentlichen Nachtheil auf die Hälfte verdünnen.

Die zu fixirenden Gewebstheile werden ohne weitere Vorbehandlung, nur dass man bei der Einlegemethode mit Kochsalzlösung den übermässigen Farbstoff abzuspülen hat, in die Fixirungsflüssigkeit gebracht. Diese soll zur Erzielung guter Präparate möglichst kalt sein; man thut daher am besten, wenn man die Schale mit dem Fixirgemisch vorher in ein Gefäss mit Eis

und Salz oder Schnee und Salz stellt und die Flüssigkeit sich darin auf $+2^{\circ}$ bis -2° abkühlen lässt. Kleinere Gewebstücke bleiben 2—3 Stunden in dem Gemisch, grössere bis zur Ausdehnung von einem Cubikcentimeter 4—5 Stunden. Nach Ablauf dieser Zeit thut man gut, das Präparat noch einige Zeit bei Zimmertemperatur im Gemisch zu lassen.

Danach wäscht man $\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden mit destillirtem Wasser aus, um das Ammoniummolybdat, welches sich im Alkohol nicht löst, daher leicht Trübungen giebt, zu entfernen, und entwässert mit Alkohol. Entsprechend dem vorher beschriebenen Verhalten des Farbsalzes zu Alkohol darf derselbe nicht zu warm sein, und es ist angebracht, den Entwässerungsprozess möglichst abzukürzen. Jedoch können grössere Stücke, bei denen zur vollkommeneren Entwässerung längeres Verweilen in Alkohol nöthig ist, ohne dass die Färbung Schaden erleidet, wenn sie genügend fixirt sind, 12 bis 24 Stunden im Alkohol verbleiben. Die Entziehung des Alkohols geschieht mit Nelkenöl, besser mit Xylol. Es ist darauf zu achten, dass aller Alkohol entfernt wird, besonders, wenn in Paraffin eingebettet werden soll, da das Salz, wie wir vorher gesehen, in warmem Alkohol löslich ist. Der Einschluss der Präparate erfolgt in Canadabalsam. Die Einbettung in Paraffin oder Cellodin geschieht wie sonst.

Bei der Behandlung der Präparate sind, wie sich aus den vorstehenden Betrachtungen ergibt, starke Mineralsäuren und Alkalien auszuschliessen, ebenso Seifen.

Daher fällt die Nachfärbung der Präparate mit Boraxcarmin und Ammoniakcarmin von vornherein weg.

Die Nachfärbung der ganzen Stücke oder der Schnitte geschieht am Besten mit Alauncarmin oder Alauncocnille. Ausserdem sind alle Anilinfarben zulässig. Haematoxylin, welches auch anwendbar wäre, giebt wegen der blauen Farbe mangelhafte Resultate.

Zur Nachbehandlung der fixirten Stücke ist folgendes zu bemerken:

Eine Nachbehandlung mit Chromsäure, Kaliumbichromat (beides zu Zwecken der Maceration) und mit Pikrinsäure ist ohne weiteres möglich.

Will man mit Holzessig maceriren, so muss man zu Folge der obigen Betrachtungen dem Holzessig eine reichliche Menge Ammoniummolybdatlösung zufügen.

Will man mit *Argentum nitricum* die Epithelien sichtbarer machen, so ersetzt man zweckmässig die Salzsäure in der Fixirflüssigkeit durch Salpetersäure. Nach der Fixation muss man gut mit Wasser waschen, weil sich sonst im Präparat weisses, später dunkel werdendes Silbermolybdat bildet. Darauf lässt man die Silberlösung einwirken, hat dabei aber Erwärmung zu vermeiden. Nachher wird wieder mit Wasser gewaschen und nochmals mit der Fixirungsflüssigkeit behandelt. Alles übrige geschieht dann in der gewohnten Weise.

Bei der Nachbehandlung mit Osmiumsäure entsteht, wie oben angegeben, eine Methylenblauverbindung, welche das einfache pentamolybdänsaure Methylenblau an Alkoholbeständigkeit weit übertrifft. Diese Verbindung erfordert aber zu ihrem Entstehen einen Ueberschuss von Molybdänsäure, weswegen die Nachbehandlung mit Osmiumsäure in der Weise geschieht, dass man zur Fixirungsflüssigkeit, in der das Präparat schon einige Zeit gelegen hat, Osmiumsäure zusetzt. Fettreiche Gewebe sind von einer derartigen Behandlung ausgeschlossen, doch kann man etwaige Schnitte mit Erfolg mit Osmiumsäure nachbehandeln.

Die Haltbarkeit der Präparate, die mit der einfachen Fixation hergestellt sind, ist keine unbedingte. Sehr dicke Präparate zeigen oft schon nach zwei bis drei Monaten zuerst ein Dunkelwerden des Canadabalsams, auf den Trübung des Protoplasmas und Diffuswerden der Färbung folgt. Jedoch besitze ich einige recht dicke Präparate, welche jetzt gerade ein Jahr alt sind und doch noch das meiste von dem gut erkennen lassen, was sie vor einem Jahre gezeigt haben.

Schnitte halten sich besser, vielleicht deswegen, weil hier der Ueberschuss von Ammoniummolybdat, von dem in Verbindung mit Resten von Alkohol die Zerstörung auszugehen scheint, besser ausgewaschen wird.

Ueber die Haltbarkeit der Molybdänosmium-Präparate liegen noch keine genügend langen Erfahrungen vor.

Die Vorzüge dieser Methode, die nicht zum kleinsten Theile darin bestehen, dass das entstehende Farbsalz sehr dunkelblau ist und das salzsaure Salz, besonders aber das Pikrat, an Dunkelheit bei Weitem übertrifft, liegen auf der Hand. Allerdings ist sie ja nicht ganz einfach, aber ich hoffe doch, dass sie sich bald Freunde erwerben wird.

Das Centralnervensystem von *Carcinus Maenas* untersucht mit Hilfe der Ehrlich'schen Methylenblaufärbung.

Wenn heut zu Tage Arbeiten über den feineren Bau des Nervensystems irgend welcher Thiere mit Hilfe der Golgi'schen oder Ehrlich'schen Methode gemacht werden, so thun das die ernsteren Arbeiter zu dem Zweck, wirkliche Aufklärungen über den Bau dieser Gebilde zu geben, auf deren Grundlage es gestattet ist, Schlüsse über ihre physiologische Wirkungsweise zu ziehen, und nicht aus dem Grunde, zierliche Präparate herstellen und abbilden zu können. Diesem Zwecke wird man aber am ehesten da folgen können, wo die Organisationsverhältnisse und somit die physiologischen Vorgänge noch möglichst einfacher und primitiver Natur sind und wo das Object durch seine Kleinheit und Einfachheit gestattet, grosse Theile oder gar das ganze Nervensystem mit einmal zu übersehen. Aus diesem Grunde kommen mir histologische Arbeiten am Centralnervensystem der Wirbelthiere immer wie eine Sysiphus-Arbeit vor, welche es auch solange bleiben wird, als nicht die Haupt-Principien der Nervenleitung und der Centrenverbindung an niedrigeren und einfacheren Wesen aufgeklärt sind, denn ich bin der festen Ueberzeugung, dass in den Hauptzügen die anatomischen Verhältnisse und die physiologischen Vorgänge des Nervensystems der wirbellosen Thiere denen der Wirbelthiere ähnlich sind. Die ursprünglichsten Verhältnisse von den in Betracht kommenden wirbellosen Thieren würde man bei den Würmern zu erwarten haben. Wenn ich nun meine Untersuchungen nicht mit diesen Thieren begonnen habe, so liegt der Grund dafür zum Theil in technischen Schwierigkeiten, zum Theil darin, dass sie der physiologischen Untersuchung ziemlich unzugänglich sind und wenige Vergleichspunkte mit den uns verständlichen biologischen Vorgängen zeigen. Viel günstiger liegen in dieser Beziehung die Verhältnisse bei den Arthropoden, und darum habe ich in erster Linie auf diese mein Augenmerk gerichtet.

Es wird gewiss manchen Zoologen befremden, dass ich von der grossen Anzahl zu Gebote stehender Repräsentanten dieses Thierkreises ein verhältnissmässig so stark modificirtes Thier, wie *Carcinus Maenas*, für meine Untersuchung gewählt habe, ein Thier, bei dem gerade das Centralnervensystem vom

allgemeinen Typus durch die enorme Concentration der Bauchganglien abweicht. Aber gerade diese Concentration ist es, deren wegen ich gerade einen Brachyuren wählte. Wie ich schon oben hervorhob, ist bei derartigen Untersuchungen ein Hauptaugenmerk darauf zu richten, dass man das Nervensystem als ein Ganzes untersuchen und die einzelnen Fasern in ihrem ganzen Verlauf auf einem Präparat verfolgen kann. Das ist bei den meisten Arthropoden sehr schwer, da sich der Herausnahme des ganzen Centralapparates durch die meist langen leicht zerreisbaren Commissuren ausserordentliche, technische Schwierigkeiten in den Weg stellen und andererseits die Verfolgung von Fasern durch die cylindrischen Commissuren ausserordentlich schwierig ist. Das fällt bei den Brachyuren fort. Die Herausnahme des ganzen Bauchmarks, welches eine solide eiförmige Platte bildet, ist sehr leicht, und bei einiger Uebung kann man auch das Gehirn im Zusammenhang mit dem Bauchmark als ein Präparat erhalten. Auch dadurch ist das Bauchmark der Brachyuren sehr günstig, dass die Ganglienzellmassen zum grössten Theile auf den Seiten und nicht unter den Fasermassen liegen.

(Von denselben Gedanken scheint Allen (7) bei seinen letzten Arbeiten ausgegangen zu sein, in denen er das Nervensystem embryonaler Hummern behandelt, bei denen die Commissuren auch noch sehr kurz und flach sind.)

So auffallend der Unterschied zwischen dem Centralnervensystem der Brachyuren und dem der meisten andern Arthropoden auch äusserlich ist, so wird doch die Verbindung der Centren und das Verhalten der einzelnen nervösen Gebilde sich schwerlich anders gestalten als bei andern Repräsentanten.

Von den beiden am häufigsten bei Helgoland, wo ich das Material zu dieser Arbeit sammelte, vorkommenden Brachyuren *Carcinus Maenas* und *Cancer pagurus* verhält sich der letztere gegenüber dem Methylenblau sehr ablehnend, während bei *Carcinus Maenas* sehr leicht schöne Färbungen erzielt werden, und so wurde denn dieses Thier ausschliesslich zu dieser Arbeit verwandt.

Die nach vorstehender Methode fixirten Methylenblaupräparate wurden ohne Nachfärbung in Canadabalsam untersucht. Eine Faser wurde nur dann als ganz sicher in ihrem Verlauf angenommen und zur Zeichnung und Beschreibung verwandt, wenn

sie vier- oder fünfmal mit genau dem gleichen Resultat verfolgt wurde. Es ist so leicht möglich bei der Verfolgung in eine andere daneben liegende Faser zu gelangen, dass man mit äusserster Vorsicht zu Wege gehen muss. Eine genaue Verfolgung mit schwachen Vergrösserungen ist ganz unmöglich; man kann sie lediglich zur Aufzeichnung anwenden und muss dann mit Anwendung starker Vergrösserungen die Details eintragen.

Die genaue Untersuchung eines Präparates nimmt oft mehrere Tage in Anspruch und nicht selten wurden mehrere Stunden auf die genaue Verfolgung einer einzigen Faser verwandt. Ich halte es daher für unmöglich, in der kurzen Zeit, die bei der Untersuchung unfixirter Präparate gegeben ist, genaue Resultate zu erzielen.

Nachdem die Fasern eines Präparates genau in eine Zeichnung eingetragen waren, wurde es in der Regel in 0,02 bis 0,04 mm starke Schnitte zerlegt und diese mit Alauncocnille oder Alauncarmin zur Orientirung nachgefärbt. Diese Schnittserien geben bei der Vergleichung mit Präparaten, die mit der Weigert-Pahl'schen Markscheidenfärbung hergestellt sind, manchen Aufschluss, der bei der einseitigen Untersuchung von Totalpräparaten nicht möglich ist. Eine Reconstruction des Verlaufs einer Faser aus den Schnittbildern ist sogar unter diesen Verhältnissen, wo man den Verlauf schon kennt, bei gleichzeitiger Färbung mehrerer in derselben Gegend liegender Fasern unmöglich, und diese Schwierigkeit resp. Unmöglichkeit ist es in der Hauptsache, welche mir ein genaues Eindringen in die Verhältnisse des Wirbelthiercentralorgans, wo man fast ausschliesslich auf die Untersuchung von Schnittserien angewiesen ist, vor der Hand unmöglich erscheinen lässt.

Die Markscheidenfärbung wurde, wie gesagt, mit der Pahl'schen Modification der Weigert'schen Hämatoxylinfärbung hergestellt. Dabei ist zu bemerken, dass die Färbung der einzelnen Fasern viel weniger distinct wird, als bei Wirbelthieren und, dass die Ganglienzellen den Farbstoff ebensostark zurückhalten wie die Fasern, was an sich kein Fehler ist. Die Neuropile färben sich dunkel und diffus, so dass man gut erkennen kann, wo eine Auffaserung stattfindet. Zur Technik ist zu bemerken, dass die Färbung dann am Besten wird, wenn man nach der Behandlung mit der Hämatoxylinlösung die Schnitte noch

einmal für 1 bis 2 Stunden in das Alkohol-Chromsäure-Gemisch bringt und nachher die Differenzirung mit sehr viel verdünnteren Lösungen vornimmt, als Pahl sie angegeben hat.

Die ältere Literatur über das Centralnervensystem der Arthropoden ist sehr umfangreich und von Retzius (2) in hervorragender Weise referirt. Ich will deswegen hier nur auf einige Punkte eingehen. Es handelt sich bei den meisten Arbeiten um die Morphologie unseres Organs und um die Frage, in welcher Weise die Ganglienzellen mit den Nerven verbunden sind. Nach der einen Ansicht, die zuerst von Leydig vertreten wurde, sollten der Ausläufer der meist unipolaren Ganglienzellen sich in der Punktsubstanz (Leydig), dem Neuropil (His) der Ganglien auflösen und aus dieser erst die Nerven hervorgehen. Diese Ansicht, die sich übrigens auf das Verhalten der Nervelemente aller wirbellosen Thiere erstreckt, wurde besonders von Dietl, Hans Schultze und Krieger aufgenommen und vertheidigt.

Die andere Ansicht, welche hauptsächlich von Claus und Berger (5) vertreten wurde, ging darauf hin, dass der Ausläufer der Ganglienzellen direkt in den Nerven überginge ohne Dazwischentreten der Punktsubstanz. Retzius (2) hat das unbestrittene Verdienst, durch die ersten Methylenblauversuche an Arthropoden und Würmern diesen Meinungskampf entschieden zu haben. Er zeigte an einer grossen Anzahl von Abbildungen in überzeugendster Weise, dass der Nerv ein directer Fortsatz der Ganglienzelle ist, und dass das Neuropil aus fein verzweigten Seitenästen der Axenfortsätze besteht. Zugleich stellte er fest, dass ausser den Fasern, welche die Ganglien durch die Nervenstämmen verlassen, andere in jedem Ganglion vorhanden sind, welche von Ganglienzellen ausgehend zum Theil durch die vordere, zum Theil durch die hintere Commissur das Ganglion verlassen und es so mit den andern Ganglien in Verbindung setzten. (Auf einige Einzelheiten werde ich später eingehen.)

Einen grossen Schritt vorwärts in der Erkenntniss des Centralnervensystems der Arthropoden machte Allen (7) dadurch, dass er nicht einzelne Ganglien, sondern das Centralnervensystem des embryonalen Hummers als Ganzes untersuchte. Er fand mehrere Arten in typischer Weise verzweigter motorischer Zellen, dann eine ganze Anzahl von Associantionsfasern, welche zum Theil einzelne Ganglien unter einander verbinden, zum Theil

die Ganglien des Bauchmarks mit dem Gehirn und andererseits das Gehirn mit dem Bauchmark in Connex bringen. Ueber den Faserverlauf im Gehirn von Arthropoden liegen einige werthvolle ältere Arbeiten von *Berger* (5) und *Krieger* (6) vor, welche an späterer Stelle besprochen werden sollen.

Die vorliegende Untersuchung ist erst ein Anfang einer grösseren Arbeit, gewissermaassen eine vorläufige Mittheilung.

Bis jetzt ist es mir erst gelungen, einen kleinen Theil der vorhandenen Fasern und ihrer Verzweigungen klarzustellen und ich gebe von den bisherigen Resultaten nur das, was mir ganz sicher zu sein scheint. Eine ganze Anzahl meiner bisherigen Beobachtungen sind hier noch nicht niedergelegt, weil sie mir selbst noch unverständlich oder zu wenig feststehend erscheinen, und es hat wenig Zweck, derartiges der Oeffentlichkeit zu übergeben. Ich gedenke mich im Sommer dieses Jahres von neuem und eingehender mit demselben Thier zu beschäftigen, neue Methylenblau- und *Weigert*präparate zu machen und zu versuchen, experimentell tiefer in die Sinnesphysiologie dieses Krebses einzudringen.

Besonders mangelhaft waren die bisherigen Resultate über die seitlichen Kugeln des Gehirns (Pilzhutförmige Körper) und die Verbindung der Elemente des Gehirns mit denen des Bauchmarks. Ich schweige deshalb vorläufig über diese beiden Punkte ganz.

Das Bauchmark.

Das Bauchmark der Brachyuren hat wie bekannt eine länglich eiförmige Gestalt; die Spitze ist nach vorn gerichtet. Die einzelnen Ganglien sind durch seitliche Einbuchtungen von einander abgegrenzt und sind besonders bei gefärbten Präparaten deutlich von einander getrennt sichtbar. Die Spitze nehmen die Ganglien der Mundwerkzeuge ein (Fig. 2), die Hauptmasse bilden die grossen Ganglien der Thorakalbeine. Zwischen den beiden letzten Thorakalganglien eingekeilt liegen die fünf Ganglien des Abdomens, deren letztes ganz rudimentär ist (Fig. 1). Von den Ganglien treten am seitlichen Rand die peripheren Nerven aus. Am vorderen Ende verlässt ausserdem die zum Gehirn führende Schlundcommissur das Bauchmark. Zwischen den hinteren Tho-

rakalganglien bleibt ein grosses Loch frei zum Durchtritt grosser Gefässe.

Ehe ich zur Besprechung der einzelnen Elemente, wie sie sich mittelst Methylenblau darstellen, übergehe, ist es nöthig, noch einige Worte über das Neuropil der Bauchganglien zu sagen.

K r i e g e r (6) beschreibt die Neuropilmassen (Punktsubstanzballen) der Bauchganglien von *Astacus* als ellipsoide Körper, welche auf der Unterseite der Ganglien durch eine Punktsubstanzbrücke mit einander verbunden sind. Besondere Unterabtheilungen in der Punktsubstanz macht er nicht, aber in seinen Querschnittsbildern kann man deutlich innerhalb der Punktsubstanz- oder Neuropilballen verschiedene Bezirke unterscheiden. Besonders auf *Weigert* präparaten, aber auch schon auf gewöhnlichen Hämatoxylinquerschnitten, kann man in der Punktsubstanz oder dem Neuropil, wie man sich wohl treffender ausdrückt, zwei Hauptabschnitte unterscheiden, welche zum Theil durch Bindegewebs- und Faserzüge von einander getrennt sind (Fig. 4). Der eine, grössere Abschnitt liegt seitlich und nimmt den kugeligen Theil des Neuropils ein, der andere, kleinere Abschnitt liegt nach der Mitte zu und schliesst mit zwei Lappen einen Theil des grösseren Neuropilabschnittes ein. Ich nenne den grösseren Abschnitt das seitliche Neuropil, den kleineren das mittlere Neuropil. In beiden Theilen lassen sich wieder kleinere Bezirke erkennen, welche sich dunkler tingiren und an denen die feinsten Auffaserungen stattfinden (Fig. 4). Solche dunkleren Kerne machen sich im seitlichen Neuropil besonders in der unteren Ecke, und im mittleren Neuropil im unteren Lappen, im oberen Lappen, und unterhalb und oberhalb der Längscommissur bemerkbar. Vier starke von Bindegewebe und Faserzügen umgebene Bündel der Längscommissur liegen in der Mittellinie. Ein starkes Bündel liegt ferner unter der Commissur im Neuropilkern (Fig. 4 s) und eine grössere Anzahl kleinerer im übrigen Neuropil zerstreut. Die Quercommissur geht durch das mittlere Neuropil auf der Oberseite der Längscommissur. Ein Theil der peripheren Nerven tritt ins seitliche Neuropil, ein anderer in den unteren Lappen des mittleren Neuropil.

Motorische Elemente. (Roth).

Von motorischen Elementen beschreibt *Allen* fünf verschiedene Arten, von denen drei ihre Zellen in der Mitte der

Ganglien, zwei am Rande der Ganglien liegen haben. Augenscheinlich ist bei dem von ihm gewählten Object, dem embryonalen Hummer, die Ausbildung der feineren Zweige noch nicht weit vorgeschritten und es sind erst die stärkeren Zweige vorhanden. Daher lassen seine Zeichnungen darüber im Unklaren an welchen Stellen der Ganglien die Hauptaufaserung stattfindet. Ich unterlasse es daher die von mir gesehenen, motorischen Elemente mit den von ihm abgebildeten zu vergleichen. Diejenigen Zellen, welche in meinen Präparaten als unzweifelhaft motorisch erschienen, liegen alle in den seitlichen oder oberen Zellmassen, niemals aber in der Mittelmasse. Ich habe kein einziges Mal beobachten können, dass ein Ausläufer einer der mittleren Zellen in einen peripheren Nerv eintrat. Damit ist allerdings nicht ausgeschlossen, dass es auch bei *Carcinus* derartige motorische Zellen giebt.

Der Typus der häufigsten motorischen Elemente färbt sich am Besten in den Abdominalganglien und ist hier wegen der Kleinheit derselben am deutlichsten zu übersehen. (Siehe die rothen Elemente in Fig. 1). Verfolgen wir eine Zelle genau in ihrem ganzen Verlauf! Die zum Abdominalganglion I gehörige und ganz ausserhalb der Fasermasse liegende Zelle „a“ sendet ihren einzigen Fortsatz auf die Oberseite des zugehörigen seitlichen Neuropils. Hier giebt der Stammfortsatz drei bedeutende Seitenzweige ab, wendet sich dann nach hinten und links und verlässt als motorische Faser m_1 das Ganglion. Bevor er aus dem seitlichen Neuropil austritt, giebt er nach allen Seiten eine grosse Anzahl schwacher Seitenzweige ab, welche sich im seitlichen Neuropil in überaus reichlicher Weise verzweigen (in der Abbildung kommt nur ein ganz kleiner Theil dieser Verzweigungen zur Darstellung).

Der eine der drei starken Seitenzweige (v) giebt noch einen oder mehrere feine Aestchen in das seitliche Neuropil, verlässt dann nach vorne hin (also kopfwärts) verlaufend das Ganglion, um sich zuerst im mittleren Neuropil des vorhergehenden Ganglions, des letzten Thorakalganglions, zu verzweigen und dann im seitlichen Neuropil dieses Ganglions mit einer Auffaserung zu enden.

Ein zweiter starker Nebenzweig (f) nimmt den entgegengesetzten Verlauf. Er verlässt ebenfalls das seitliche Neuropil

des linken Ganglion abdominale I, wendet sich dann nach hinten in das linke, seitliche Neuropil des Ganglion abdominale II und findet hier unter lebhafter Verzweigung sein Ende.

Der dritte und in der Regel stärkste Ast (*g*) giebt noch einige Zweige ins seitliche Neuropil und verläuft dann durch die quere Commissur auf die gekreuzte, in unserm Fall die rechte Seite. Noch auf der linken Seite giebt er zwei wichtige Nebenaeste ab, von denen sich der eine (*n*) in dem mittleren Neuropil der linken Seite des Ganglion abdominale I verzweigt, während der andere seinen Lauf nach hinten richtet und in dem mittleren Neuropil des folgenden Ganglions, des Ganglion abdominale II, endigt. Der auf die rechte Seite hinüber gegangene Hauptast bleibt im Ganglion und endet mit Verzweigungen im mittleren und seitlichen Neuropil der rechten Seite.

An den übrigen motorischen Zellen der Abdominal-Ganglien, welche in der Figur zur Abbildung gelangten, sind die gleichen Verhältnisse mehr oder minder deutlich zu erkennen. Die Art und Weise, in der die Zweige abgegeben werden, variiert stark, aber die Art der Verbindung bleibt überall dieselbe.

Jede motorische Zelle dieses Typus hat also nicht nur Verbindung mit den Neuropilen des zugehörigen Ganglions, sondern auch mit den ungekreuzten der nächstbenachbarten Ganglien. Im selben Ganglion giebt sie die meisten Aeste in das seitliche Neuropil derselben Seite und geringe Verästelungen in das mittlere Neuropil derselben Seite und das mittlere und seitliche Neuropil der gekreuzten Seite. Ausserdem ist sie also noch mit dem mittleren und seitlichen Neuropil derselben Seite des vorhergehenden und des nächstfolgenden Ganglions verbunden.

Diese Art von motorischen Elementen wiegt, so weit bisher festgestellt werden konnte, im ganzen Bauchmark vor; in den Abdominalganglien konnte ich eine andre Form überhaupt nicht nachweisen. In den grösseren Ganglien gelingt die Darstellung dieser Elemente in ihrer ganzen Ausdehnung nur sehr sehr selten; gemeiniglich erhält man hier nur die sehr mannigfachen Verästelungen im seitlichen Neuropil und den Anfang der grösseren Seitenäste (Fig. 1 Zelle t_1 , t_2 u. t_3). In den vordersten, kleineren Ganglien erzielt man an ihnen wieder gute Färbungen (Fig. 2 *m*).

Der Typus der zweiten bei weitem seltener beobachteten motorischen Elemente ist in Figur 2 bei *e* abgebildet. Der Axenfortsatz

dieser motorischen Zellen theilt sich in zwei Aeste, von denen der eine unverzweigt als motorischer Nerv das Ganglion verlässt, während der andere vielfache Verzweigungen in das seitliche Neuropil derselben Seite des zugehörigen Ganglions abgibt und dann im mittleren Neuropil seine Endverzweigung findet. Es tritt also keine directe Verbindung mit dem benachbarten Ganglion und der gekreuzten Seite ein.

Das ist alles, was ich im Bauchmark von unzweifelhaft motorischen Elementen habe auffinden können.

Sensible Elemente. (Blau).

Ueber die sensiblen Elemente, soweit sie ausserhalb des Centralnervensystems liegen, werde ich an anderer Stelle genauer berichten. Hier sei zum Verständniss nur folgendes bemerkt: In Uebereinstimmung mit vom Rath (3) und Allen (7) fand ich, dass unterhalb jedes Sinneshaares eine oder mehrere bipolare Zellen (Sinnesnervenzellen) liegen, deren peripherer Ausläufer unverzweigt (im Gegensatz zu Retzius (2), der Verzweigungen angiebt) bis in die Spitze des Haares zu verfolgen ist. Der andere Ausläufer wendet sich zum Centralorgan und tritt in dasselbe, wie Allen direct beobachten konnte, mit T-förmiger Theilung ein. Freie Endigungen konnte ich ebenso wenig, wie die beiden vorher erwähnten Forscher finden. Es ist daher wohl erlaubt, vorläufig diejenigen Fasern, welche durch periphere Nerven in das Centralnervensystem eindringen und innerhalb desselben nicht mit Zellen in directer Verbindung stehen, als sensibel zu bezeichnen.

Die Hauptmasse derartiger Elemente tritt auf der Unterseite der Ganglien ein (Fig. 4 s f). Hier theilen sie sich T-förmig (Fig. 3), und die dadurch entstehenden Aeste wenden sich nach hinten und nach vorne, wobei sie in die unteren Längscommissuren (Fig. 4 s) eintreten. In diesen kann man sie oft auf weite Strecken durch viele Ganglien hindurch verfolgen. In ihrem Verlauf geben sie hin und wieder kleine Collateralen ab, welche nach oben steigen und sich hier in dem dunklen unter der grossen Längscommissur gelegenen Kern des mittleren Neuropils verzweigen, vielleicht auch noch weiter hinaufsteigen. Dieses Verhalten tritt wieder am klarsten an den Abdominalganglien zu Tage (Fig. 1 blaue Faser s), weil diese dünn genug sind, um

den Verlauf der Fasern von obenher verfolgen und zu gleicher Zeit die Ausläufer der sich hier verzweigenden motorischen Fasern im Auge behalten zu können.

Ein anderes Bündel von Fasern, welche augenscheinlich auch sensibel sind, verläuft durch die Spalten zwischen je zwei Ganglien des Bauchmarkes zur Oberseite bis zur Längscommisur derselben Seite, also zur Gegend der mittleren Neuropile. Hier wendet sich ein Theil der Fasern nach vorne (kopfwärts), indem sie in die mittleren Neuropile ein oder mehrere Aestchen entsenden (Fig. 1, s_2). Der andere grössere Theil der Fasern theilt sich T-förmig und verläuft, ebenfalls Aeste in die mittleren Neuropile abgebend, nach vorne und nach hinten. (Fig. 1 u. 2, s_3 .)

Eine dritte Art von Fasern, die keine Verbindung mit centralen Zellen haben, weicht von den beiden vorigen im Verhalten wesentlich ab. Sie treten auf der Unterseite der Ganglien ein (Fig. 2, s_4), theilen sich hier sehr bald T-förmig und verästeln sich in sehr regelmässiger Weise wahrscheinlich im untern Lappen der mittleren Neuropile. Das Gebiet ihrer Endigung beschränkt sich aber ganz auf das eine Ganglion, in das sie eintreten.

Associationselemente. (Schwarz.)

Die einfachste Form derjenigen Zellengebilde, deren Verlauf sich ganz auf das Centralorgan beschränkt und die keine direkte Verbindung mit der Peripherie und ihren Organen aufweisen, ist wohl die, welche sich auf den kleinsten Raum beschränkt, und ich fange daher mit dieser die Betrachtung an.

Typus 1 (Fig. 1 a_1).

Das Ausbreitungsgebiet dieser Zellen, welche nur wenige Male und zwar in Thorakalganglien beobachtet wurden, beschränkt sich ganz auf ein seitliches Neuropil. Der Axenfortsatz der Zelle giebt sehr bald eine grosse Anzahl von Zweigen ab, welche sich im hintern Theil des seitlichen Neuropils verästeln. Dann geht er hinüber zum vorderen Theil des Neuropils und findet hier seine Endverzweigung. Es verbinden also diese Elemente die beiden Hälften der grossen Neuropilmasse.

Typus 2 (Fig. 2, a_2).

Die Ausbreitung dieser Elemente dehnt sich schon auf zwei Ganglien aus. (Nicht in den Abdominalganglien beobachtet.)

Die Zelle liegt am vorderen Theil des Ganglions. Ihr Axenfortsatz theilt sich in zwei Äeste, von denen der eine sich im hintern Theil des seitlichen Neuropils desselben Ganglions, der andere im hintern Theil des seitlichen Neuropils des nächstvorhergehenden Ganglions verzweigt. Diese Elemente verbinden also die hinteren Theile der seitlichen Neuropile einer Seite zweier nebeneinander liegender Ganglien.

Typus 3 (Fig. 2, a_3).

Der von der Zelle nach hinten verlaufende Axenfortsatz spaltet bald einen grösseren Ast ab, welcher sich im seitlichen Neuropil des Ganglions verzweigt und zum seitlichen Neuropil des nächsten Ganglion weiterläuft. Der Axenfortsatz giebt Zweige ins mittlere Neuropil des folgenden Ganglions (also des zweiten von der Zelle gerechnet) und endet im mittleren Neuropil derselben Seite des dritten Ganglions. Diese Zelle verbindet also das seitliche Neuropil eines Ganglions mit dem seitlichen und mittleren des folgenden und dem mittleren des dritten ein und derselben Seite.

Diese Elemente entsprechen möglicher Weise den Elementen *C* von Allen, bei denen sich allerdings der Axenfortsatz mehr der Mitte zuwendet, während er bei meinen *Carcinus*-Präparaten seitlich an der Grenze zwischen mittlerem und seitlichem Neuropil verläuft.

Typus 4 (Fig. 2, a_4).

Während der Axenfortsatz des vorigen Typus nach hinten gerichtet ist, verläuft er bei diesem nach vorne. Diese Form findet sich entsprechend ihrem Verhalten zum erstenmal im dritten Ganglion, von da an nach hinten in jedem weiteren. In den Abdominalganglien fehlt sie. — Ganz in der Nähe der Zelle, welche in der seitlichen Zellmasse gelegen ist, tritt vom Axenfortsatz ein Zweig in die seitliche Fasermasse. Der Axenfortsatz läuft dann nach innen bis zum mittleren Rand des mittleren Neuropils derselben Seite, giebt hier Verzweigungen ab, wendet sich dann nach vorne und verästelt sich im mittleren Neuropil der beiden vorhergehenden Ganglien. Diese Zellen, welche dem Typus *D* von Allen entsprechen, verbinden also das seitliche Neuropil eines Ganglions mit dem mittleren Neuropil desselben und der beiden vorhergehenden Ganglien.

Typus 5 (Fig. 2, a_5).

Der Axenfortsatz dieser seitlich liegenden Zellen, welche nur im zweiten und dritten Ganglion bisher beobachtet wurden, geht ohne Verzweigung auf die gegenüberliegende Seite hinüber, biegt da nach hinten um und verläuft unter Abgabe starker Seitenzweige, welche in den mittleren und seitlichen Neuropilen ihr Ende finden, wahrscheinlich bis ins letzte Abdominalganglion. Diese Elemente verbinden also alle mittleren und seitlichen Neuropilen einer Seite.

Typus 6 (Fig. 2, a_6).

Die Zellen dieses und des folgenden Typus (Typus 7) liegen zum Unterschied von den bisher beschriebenen in der mittleren Zellmasse. Der Axenfortsatz theilt sich ganz in der Nähe der Zelle in einen Ast, welcher sich auf die linke Seite des Bauchmarks wendet, und einen, der nach rechts geht. Beide theilen sich wieder bald in einen aufsteigenden, nach vorne laufenden, und einen herabsteigenden, nach hinten ziehenden Ast. Von diesen parallel laufenden Nervenfasern treten in sehr variirender Weise Seitenzweige ab, die sich in parallel laufende Zweigchen in sehr eigenartiger Weise in den mittleren Neuropilen auflösen. Häufig werden auch Seitenzweige zur gekreuzten Seite hinübergesandt. Die Zellen dieser Elemente, welche die mittleren Neuropile beider Seiten des ganzen (?) Bauchmarks mit einander verbinden, finden sich in allen Thorokalganglien mit Ausnahme der beiden ersten.

Typus 7 (Fig. 2 u. Fig. 1, a_7).

Der Axenfortsatz theilt sich wie beim vorigen Typus in einen rechts und einen links verlaufenden Ast. Der eine verzweigt sich im seitlichen Neuropil des zugehörigen Ganglions, der andere theilt sich auf der entgegengesetzten Seite in einen aufsteigenden und einen absteigenden Ast, von denen aus in jedem Ganglion nach rechts und nach links Zweige zu beiden seitlichen Neuropilen verlaufen. (Vergleiche Figur 1, a_7 .)

Diese Zellen verbinden also mittelst ihrer Ausläufer alle seitlichen Neuropile des ganzen Bauchmarks.

Typus 8 (Fig. 1 u. Fig. 2, a_8).

Die Zellen dieses Typus liegen im Gehirn; wo und in welcher Weise sie sich da verhalten, kann ich noch nicht an-

geben. Die Fasern dieses Typus treten durch die Schlund-Commissur ein und verlaufen bis ins letzte Abdominalganglion. Hierbei geben sie eine grosse Menge kurzer Seitenverzweigungen in alle mittleren Neuropile einer Seite. Es verbindet diese Faser also einen Theil des Gehirns, der noch unbekannt ist, mit allen mittleren Neuropilen des Bauchmarks, welche auf einer Seite liegen.

Typus 9 (Fig. 1 u. Fig. 2, a_9).

Die Zellen müssen hier, wie beim vorigen Typus, im Gehirn liegen. Die Fasern treten durch die Schlundcommissur ein und verlaufen über die mittleren Ränder der seitlichen Neuropile bis ins Abdomen. Auf diesem Wege geben sie in die seitlichen Neuropile derselben Seite je einen sich stark verzweigenden Nebenast.

Durch diese Elemente werden Hirntheile mit allen seitlichen Neuropilen der einen Hälfte des Bauchmarks in Verbindung gebracht.

Typus 10 (Fig. 2, a_{10}).

Die Elemente dieses Typus sind mir noch ziemlich unklar, da ich ihren Verlauf immer nur zum Theil verfolgen konnte. Sie sind aber verhältnissmässig häufig, und daher glaube ich sie doch erwähnen zu müssen. Das eine Ende der sehr starken Faser senkt sich in die Tiefe und wird hier sonderbarer Weise nie gefärbt angetroffen; man kann nur einige oberflächliche Verzweigungen im mittleren Neuropil wahrnehmen. Der quer verlaufende Stamm giebt eine Menge höchst sonderbar verlaufender Zweige ab, welche sich im Gebiet von zwei bis drei Ganglien zum Theil im mittleren, zum Theil im seitlichen Neuropil verzweigen. Offenbar ist es ein Associationselement, das die Neuropile einer beschränkten Zahl von Ganglien in querer Richtung verbindet.

Wir haben also Verbindungen in querer Richtung (a_6 , a_7 und a_{10}) und Verbindungen in longitudinaler Richtung, welche nur die Elemente einer Seite des Bauchmarks in Connex bringen (a_1 — a_5 und a_8 — a_9). Ein Theil dieser Associationsfasern verbindet eine beschränkte Zahl von Ganglien (a_1 — a_4 und a_{10}) miteinander, der andere Theil alle untereinander, resp. alle mit dem Gehirn. Schliesslich kann man sie noch dahin unterscheiden, dass einige nur seitliche Neuropile mit einander vereinigen (a_1 , a_2 , a_7 und a_9).

andere nur mittlere Neuropile (a_6, a_8) und der Rest (a_3, a_4, a_5 und a_{10}) beide Arten von Neuropilen in Verbindung setzt.

Das Gehirn (Oberschlundganglion).

Krieger giebt eine sehr eingehende Beschreibung des Gehirns von *Astacus*, bei der er ein besonderes Gewicht auf die Vertheilung von Neuropil und Ganglienzellmassen legt. Diese Beschreibung passt in den Hauptpunkten auch auf das Gehirn von *Carcinus*, nur, dass hier einige Verschiebungen stattgefunden haben. Ich benütze in der folgenden kurzen Beschreibung der topographischen Verhältnisse des Gehirns von *Carcinus* dieselben Bezeichnungen, welche Krieger anwandte.

Das Gehirn hat ungefähr die Form eines Rechtecks, dessen kurzer Durchmesser in der Längsaxe des Thieres orientirt ist. An den vorderen Ecken treten die beiden starken Opticusnerven ein. Ein wenig weiter nach hinten tritt der Oculomotorius auf die Oberseite der Gehirns. Die beiden hintern Ecken nimmt der Eintritt der Nerven der zweiten Antennen in Anspruch. Zwischen dem Eintritt des Opticus und des Antennarius II tritt auf die Oberseite der von der Haut des Kopfes kommende Nerv tégumentaire und auf die Unterseite der Nerv der ersten Antenne. Zwischen den beiden Optici treten noch zwei zarte Faserbündel in den vorderen Rand des Gehirns, welche nach den Autoren zum Plexus des Magens führen sollen. Zwei gleiche Nerven oder ein unpaarer wurde an der hinteren Seite des Gehirns beobachtet, konnte von mir bei *Carcinus* aber nicht gefunden werden. Zwischen den beiden Nervi antennarii II treten die beiden starken Schlundcommissuren, die das Gehirn mit dem Bauchmark verbinden, ins Gehirn ein (Fig. 11).

Von Neuropilen unterscheidet Krieger sieben Paare. Ich behalte sie vor der Hand bei und werde in einzelnen an späterer Stelle Unterabtheilungen machen. Am auffallendsten ist eine grosse Fasermasse auf jeder Seite des Gehirns, welche bei den meisten Arthropoden schon äusserlich als aus zwei Theilen bestehend erkannt wird. [Pilzhutförmige Körper (Dietl) der Insecten.] Bei *Carcinus* sind diese beiden Massen zu einer grossen Kugel zusammengezogen (Fig. 5 u. 11 I u. II). Auf Schnitten zeigen sich diese Massen, zusammengesetzt aus einer grossen Anzahl einzelner pyramidenförmiger Kerne (Fig. 7 u. 8). Nach

Krieger (6) und Berger (5) soll ein Bündel von Opticus-Fasern unter Kreuzung in diese Masse eintreten. Ausserdem tritt nach Krieger ein Bündel des Antennarius I und nach Berger ein Bündel aus der Schlundcommissur in diese Neuropile ein.

Zwischen den Eintrittsstellen der beiden Nervi optici liegen zwei Paar Neuropile (Fig. 5 u. 6, III u. IV), die unter sich in Verbindung stehen.

Nach hinten zu liegt ziemlich oberflächlich ein weiteres, aber bedeutend kleineres Neuropilpaar (Fig. 5, 6 u. 8 V), in das der Nerve tégumentaire eintritt. Seitlich und weiter nach hinten in den Ecken zwischen Schlundcommissur und Antennarius II liegen auf der Oberseite zwei grosse Neuropile, die ungefähr die Form von Africa in der Aufsicht haben (Fig. 5, 6, 8, 9 u. 10 VII). Das sechste Neuropilpaar Krieger's liegt auf der Unterseite des Gehirns unter V und VII (Fig. 8, 9 u. 10, VI a u. VI b).

Von Ganglienzellmassen unterscheidet Krieger fünf. Das grösste Lager (Fig. 5, 6 u. 12 gz_1) liegt vor und zum Theil unter Neuropil III. Das zweite füllt langgestreckt den vorderen Raum zwischen Neuropil III und IV einerseits und Neuropil I und II andererseits (Fig. 5, 6, 7 u. 8 gz_2). Das folgende Zelllager liegt bei *Astacus* zwischen Neuropil I und II, bei *Carcinus* umgiebt es Neuropil II von hinten und vorne mantelförmig (Fig. 8 gz_3). Das vierte Ganglienpolster befindet sich hinter und über dem Eintritt des Antennarius II (Fig. 5 u. 10 gz_4). Das fünfte Lager liegt auf der Unterseite in zwei Polstern in der Mittelfurche (Fig. 8, 9 u. 10 gz_5). Ich möchte hier noch ein sechstes Zelllager hinzufügen, das bei *Astacus* mit gz_2 zum Theil zusammenhängt — bei *Carcinus* thut es das nicht —, das aber durch die bedeutendere Kleinheit der Elemente und durch einen grossen Unterschied in der Verbindungsweise die Trennung erfordert. Es liegt auf der Unterseite des Gehirns zwischen Neuropil I und IV (Fig. 7 gz_6).

Nach diesen Vorbemerkungen gehe ich zur Besprechung der Methylenblauresultate über und beginne mit den Fasern des Opticus.

Elemente des Opticus.

Die Mannigfaltigkeit von Elementen, welche der Opticus mit sich führt, ist erstaunlich gross. Bis jetzt habe ich neun

verschiedene Arten in typischer Weise sich verzweigender Fasern beobachtet, bin aber der festen Ueberzeugung, dass damit die Zahl der thatsächlich vorkommenden noch nicht erreicht ist, dass vielmehr noch eine ganze Anzahl in anderer Weise sich verhaltender Elemente mir bisher entgangen ist. Zu dieser Annahme berechtigenden vor allem Präparate, die mit der Weigert'schen Methode angefertigt wurden, indem in denselben nicht nur die meisten der mit Methylenblau dargestellten Fasern wiedererkannt wurden, sondern auch noch eine ganze Anzahl fremdartiger Elemente vorgefunden wurden.

Typus 1 (Fig. 5 und 11 *oc*₁).

Die Anzahl dieser Fasern ist sehr bedeutend, ich taxire sie auf 40 bis 50, und ihr Verlauf ist sowohl auf Methylenblau, wie auf Weigertpräparaten leicht zu erkennen. Sie nehmen das vorderste Bündel der Opticusfasern ein, verlaufen unter dem Zellpolster *gz*₁ bis zur Mitte, biegen nach hinten um und verlassen, ohne Seitenzweige abzugeben, durch die Schlundcommissur das Gehirn. Berger hat schon derartige Fasern beobachtet, sie aber nicht in die Commissur hinein verfolgen können.

Typus 2 (Fig. 11 *oc*₂).

Diese Fasern verlaufen ebenfalls auf der Unterseite des Gehirns bis zur Mitte, gehen dann in geschlängeltem Verlauf auf die gekreuzte Seite über und verlassen, ohne Seitenzweige abzugeben zu haben, durch die gekreuzte Schlundcommissur das Gehirn, um zum Bauchmark zu ziehen.

Typus 3 (Fig. 5 und 12 *os*).

Diese Fasern, deren Zellen vermuthlich im peripheren Opticusganglion liegen, treten in erheblicher Anzahl auf die Oberseite des Gehirns, versenken sich in die Mitte des Neuropils III und verzweigen sich hier auf einem beschränkten Gebiet, das auf Weigertpräparaten als dunkler Fleck sichtbar ist (Fig. 12 *osc*), in lebhafter Weise; ich nenne diese Stelle der Kürze wegen den innern Opticuskern.

Typus 4 (Fig. 5 *ok*₁).

Die Zellen dieser Fasern werden ebenfalls im peripheren Opticus-Ganglion liegen. Sie treten auf die Oberseite des Gehirns zur Grenze zwischen Neuropil III und IV, geben gleich

bei ihrem Eintritt einen Ast ab, der sich nach hinten wendet und sich im Neuropil IV verzweigt, und einen oder mehrere, die sich im seitlichen, unteren Rand von Neuropil III auffasern, und laufen dann, sich nach vorne wendend, auf die gekreuzte Seite, um mit grosser Endarborisation in Neuropil III der gekreuzten Seite zu enden.

Typus 5 (Fig. 5 *ok*₂).

Diese Fasern treten ebenfalls auf der Oberseite des Gehirns ein und laufen ziemlich grade bis zur Mitte der Grenze zwischen Neuropil III und IV. Ehe sie an das Neuropil III gelangen, geben sie nach vorne zwei Seitenzweige ab, die sich ausserhalb des eigentlichen Neuropils verzweigen, dann ins Neuropil III eintreten, um hier im innern Opticuskern ihre Endarborisation zu finden. Der Hauptstamm theilt sich an der vorher beschriebenen Stelle in zwei Aeste, von denen der eine auf die gekreuzte Seite übergeht und sich im gekreuzten Neuropil IV stark verzweigt, während der andere auf der ungekreuzten Seite verbleibt, sich nach hinten wendet und im vordern Theil von Neuropil VII mit einer Verzweigung sein Ende findet.

Typus 6 (Fig. 6 *ok*₃).

Die Zellen dieser Elemente liegen wie die der bisher beschriebenen wahrscheinlich im peripheren Opticusganglion. Der Axenfortsatz läuft auf der Oberseite des Gehirns dahin und giebt dabei einen Ast ab, der sich nach vorne wendet und in Neuropil III seine Endverzweigung findet. Weiterhin giebt er mehrere Aeste nach hinten ab, die sich im Neuropil IV verzweigen. Dann tritt er vor dem Loch, durch welches die grossen Blutgefässe treten, auf die gekreuzte Seite über und theilt sich hier in drei Zweige. Das Schicksal der beiden vorderen ist mir unbekannt geblieben, vielleicht geht der eine ins Neuropil III der gekreuzten Seite, der andere in die seitliche Faserkugel. Der dritte Ast wendet sich nach hinten, um sich in reichlicher Weise im vorderen Theil von Neuropil VII zu verzweigen.

Die bisher beschriebenen Elemente standen mit keiner centralen Ganglienzelle in Verbindung, die drei noch zu beschreibenden Elemente haben ihre Zellen im Gehirn selbst liegen.

Typus 7 (Fig. 5 und 12 *og*₁).

Die Zellen dieser Elemente liegen in der vorderen Ganglienzellmasse *gz*₁. Sie sind nicht gross und liegen als einheitliche Gruppe neben einander (Fig. 12 *og*₁). Der Axenfortsatz verläuft nach hinten und theilt sich sehr bald in einen rechten und linken Ast, welche beide durch den Opticus, der eine durch den linken, der andere durch den rechten das Gehirn verlassen und zum peripheren Opticusganglion verlaufen. Ehe sich der Axenfortsatz theilt, giebt er einen kleinen Seitenzweig ab, welcher sich nach unten senkt und sich hier in einer besondern kleinen Fasermasse verzweigt, die sich auf Weigertpräparat sehr dunkel färbt und die mit Neuropil III in Verbindung steht (Fasern dieser Art wurden bereits von Berger gesehen).

Typus 8 (Fig. 6 *og*₂).

Von den Zellen, welche im vorderen Ganglienzellpolster (*gz*₁) gelegen sind, läuft der Axenfortsatz direct nach hinten bis etwas über den Rand von Neuropil III hinaus, von wo er einen Seitenzweig in den mittleren oberen Theil von Neuropil III sendet. Bald darauf theilt sich der Axenfortsatz in einen nach rechts und einen nach links verlaufenden Zweig. Der eine, im abgebildeten Exemplar der linke, geht auf die gekreuzte Seite über und verzweigt sich hier im mittleren Theil von Neuropil III. Der rechte Zweig giebt eine Seitenverzweigung in die Gegend des innern Opticuskerns und verlässt dann durch den Opticus das Gehirn.

Typus 9 (Fig. 6, 8 und 12 *og*₃).

Die Elemente dieses Typus sind in grosser Anzahl vorhanden und auf Flächenschnitten, die mit der Weigert'schen Methode gefärbt sind, sehr gut nachzuweisen (Fig. 12 *og*₃). Die Zellen liegen im vorderen Ganglienzelllager *gz*₁ in einer Gruppe zusammen (Fig. 12). Der Axenfortsatz wendet sich nach unten und theilt sich gleich nach dem Eintritt ins Neuropil III in einen rechten und einen linken Ast. Der eine, in der Figur der rechte, verzweigt sich im oberen Theil von Neuropil III. Der linke verlässt durch den Opticus das Gehirn, giebt aber vorher einen sehr starken Ast ab, welcher ein sehr complicirtes Verhalten zeigt. Zunächst wendet er sich nach unten und giebt dabei eine sehr grosse Anzahl von kräftigen Seitenzweigen ab,

die sich im ganzen Neuropil III aufs reichhaltigste verzweigen. Dann läuft er durch das Neuropil II, ohne Seitenzweige in dasselbe zu geben und steigt bis zum vorderen Rande des Neuropil VII herab. Hier wendet er sich nach aussen (in der Figur links) und giebt dabei eine grosse Anzahl typischer Seitenäste ab. Ein Theil derselben verzweigt sich im oberen Theil von Neuropil VII, ein oder mehrere laufen an der inneren (rechten) Seite des Neuropils herab und verzweigen sich an der inneren Ecke. Ein dritter Zweig verästelt sich in der äusseren Ecke des Neuropil VII und dringt weiterhin bis in den unteren Zipfel vor. Der Hauptstamm aber wendet sich, einem starken Faserbündel folgend (Fig. 8 *og*₃), nach unten, giebt auf diesem Verlauf noch einige Zweige ab, welche von der Seite her ins Neuropil VII eindringen, und endet schliesslich mit einer Verzweigung in Neuropil VI b. (Einen Theil dieser Faser bildet Retzius vom Flusskrebs ab.)

Nerv tégumentaire.

Dieser ziemlich schwache Nerv tritt auf der Oberseite des Gehirns ein, läuft über Neuropil I und IV fort und tritt ins Neuropil V ein. Das Neuropil ist durch Bindegewebs- und Faserzüge begrenzt (Fig. 8 V) und birgt in sich mehrere Bündel der Längscommissuren. Nach Krieger (6) sollen Ausläufer der Ganglienzellen vom Lager *gz*₃ in dies Neuropil gelangen. Ich habe dies Verhalten aber weder mit Methylenblau, noch auf Weigertpräparaten bis jetzt feststellen können. Der Nerv führt zwei Arten von Elementen mit sich. Die einen (Fig. 6 *t*₁) finden gleich nach ihrem Eintritt ins Neuropil ihre Endaborisation. Die andern Elemente (Fig. 6 *t*₂) gabeln sich nach ihrem Eintritt ins Neuropil. Der eine Ast verzweigt sich im Neuropil und tritt dann nach hinten aus demselben heraus, konnte dann aber nie weiter verfolgt werden. Der andere Ast (vergleiche auch Fig. 8) geht durch die quere Commissur auf die gekreuzte Seite und verzweigt sich dort. Bevor er auf die gekreuzte Seite übergeht giebt er noch nach vorne einen Ast ab, der das Neuropil verlässt, über dessen Schicksal ich aber nichts angeben kann.

Die Elemente des Nervus antennarius II.

Der Nerv der zweiten Antenne tritt in zwei gesonderten, übereinander liegenden Portionen, die nur nach hinten hin durch

eine dünne Brücke mit einander verbunden sind, ins Gehirn ein. Die obere Portion hat auch ihren Eintritt ins Centralorgan etwas mehr nach vorne als die untere. (Fig. 9 *ao*, obere Portion, Fig. 9 u. 10 *au*, untere Portion.)

Weiter fort vom Gehirn vereinigen sich die beiden Portionen mehr, trennen sich aber nach einer gewissen Strecke ganz von einander, indem sich die obere Portion nach vorne zur Antenne II wendet, während die untere Portion in geradem Verlauf zu den Muskeln der Antenne zieht.

Die obere Portion ist aus zwei verschieden starken Bündeln zusammengesetzt. Jedes dieser Bündel besteht aus einheitlichen Elementen.

Das stärkere der beiden Bündel (Fig. 5 u. 9 *aos*) dringt in gradem Verlauf ungefähr bis zur Mitte des Neuropil VII vor und endet hier in einem kugeligen Neuropilkern, der sich auf Weigertpräparaten sehr dunkel abhebt. Die einzelnen Fasern finden in diesem Kern (Fig. 5, 6 u. 9, VII s_1) unter sehr lebhafter bäumchenförmiger Verzweigung ihr Ende. (Diese Elemente hat Retzius schon bei *Actacus* gefunden.)

Das dünnere Faserbündel der oberen Portion (Fig. 5, 6 und 9 *aom*) wendet sich beim Eintritt ins Gehirn auf die Oberseite des Neuropil VII, läuft quer hinüber und verzweigt sich in einem an der inneren Ecke des Neuropils gelegenen dunklen Kern (Fig. 5, 6, 9 u. 10 VII m_1). In diesen Kern strahlt ein Bündel von Fasern aus, welche vom hinteren Ganglienzelllager (gz_5) ausgehen; ausserdem steht er mit dem Kern VII s_1 durch ein Faserbündel in Verbindung (Fig. 9 u. 10), doch konnte der direkte Zusammenhang dieser Elemente untereinander mittelst Methylenblau bisher nicht nachgewiesen werden.

In der unteren Portion konnten ebenfalls zwei Arten von Fasern nachgewiesen werden.

Das kleinere Bündel (Fig. 6 u. 10 *aus*) dringt bis in die Mitte des Neuropil VII vor, biegt hier nach hinten und endet im unteren Zipfel des Neuropils (Fig. 6 VII s_2) mit einer ausgedehnten Endarborisation.

Das stärkere Bündel zeigt einen complicirteren Verlauf und steht mit centralen Ganglienzellen des Lagers gz_4 in Verbindung. Ich gehe von diesen bei der Beschreibung aus. Der Axenfortsatz der Zellen (Fig. 5 rothe Zellen in gz_4 , Fig. 10 blaue Zellen

in gz_4) tritt in den äusseren Zipfel des Neuropil VII und theilt sich hier in seine beiden Hauptäste, welche sich nach rechts und links wenden. Der nach aussen gehende Ast wird zum peripheren Nerven. Ehe er das Neuropil verlässt, giebt er eine grosse Menge von Zweigen ab, welche sich sehr reichlich in einem Neuropilkern verzweigen, der die äussere Ecke und die Ausbuchtung des Neuropil VII einnimmt (Fig. 5 u. 10 VII m_2). Ausser dieser grossen Anzahl kleiner Zweige, von welchen häufig auch der andere Hauptast einen grossen Antheil abgiebt, lösen sich dicht am Austritt aus dem Neuropil ein bis drei starke Seitenzweige ab (Fig. 10 u. 11 *aumh*), welche einem grossen Faserbündel folgend, sich auf die Unterseite des Gehirns wenden, auf diesem Verlauf von der Seite und von unten Aeste in den unteren Theil des Neuropil VII schicken und schliesslich im Neuropil VIa ihr Ende finden.

Der andere Hauptast verzweigt sich bei seinem Verlauf nach innen über den grössten Theil des Neuropil VII; hierbei ist besonders zu bemerken, dass er regelmässig Aeste in die Neuropilkerne VII s_1 und VII m_1 entsendet. (Auch Elemente dieses Typus wurden von Retzius bei *Astacus* gefunden, aber nicht in ihrem ganzen Verlauf erkannt.)

Antennarius I.

Ueber diesen Nerven sind meine Kenntnisse noch sehr im Argen. Wie schon erwähnt, tritt er auf der Unterseite ins Gehirn und zwar unterhalb des Ganglienzelllagers gz_6 (Fig. 7 ant. I). Hier gelangt ein Theil seiner Fasern ins Neuropil VIb, ein anderer ins Neuropil VIa (Fig. 8). Mit Methylenblau habe ich an diesem Nerven bisher sehr wenig erreicht. Das einzige, was ich als sicher angeben kann ist, dass ein Theil seiner Fasern bis in den hintersten Zipfel des Neuropil VIa hinabsteigt und sich hier bäumchenförmig verzweigt (Fig. 11 VIa).

Oculomotorius.

Bei *Carcinus* gelingt es nicht leicht, den Oculomotorius als gesondertes Bündel darzustellen, so dass es oft schwer ist zu sagen, welche Elemente gehören dem Opticus an und welche dem Oculomotorius. Ich glaube aber sicher, dass das, was

ich hier als Oculomotorius-Elemente beschreibe, auch wirklich solche sind.

Das Nervenbündel tritt hinter dem Opticus auf die Oberseite des Gehirns. Die einzelne Faser läuft glatt bis zum Ganglienzelllager gz_2 . Hier giebt sie (Fig. 5 *ocm*) einen starken Seitenzweig ab, der sich bald in drei Aeste theilt. Der eine wendet sich rückwärts und in die Tiefe, wo er mit der Oculomotoriuszelle (Fig. 5 u. 7 *ocmz*) in Verbindung tritt. Die beiden andern gehen ins Neuropil IV, wo sie sich am Rand verzweigen. Der Hauptstamm geht weiter und theilt sich kurz vor dem Neuropil IV in einen nach vorne verlaufenden Ast, der sich ins Neuropil III biegt und sich hier im innern Opticuskern verzweigt, und in einen nach hinten ziehenden Ast, welcher sich schon vor dem Neuropil VII verzweigt, die Hauptarborisationen aber in den oberen Theil des Neuropil VII und besonders in den Neuropilkern VII s_1 abgiebt.

Die vorderen Mediannerven.

Die Elemente dieser beiden dünnen Nerven, welche zwischen den beiden Nervi optici an der Vorderseite ins Gehirn eintreten (Fig. 6 *mn*), färben sich in jedem Methylenblau-Präparat und zwar meist auffallend intensiv und vollkommen. Wie sich aus Weigertpräparaten ergibt, ist die Zahl der Fasern nicht bedeutend, etwa 10 bis 15. Die Elemente dieser Nerven sind alle nach demselben Typus gebaut und haben ihren Ursprung von centralen Ganglienzellen, welche zusammen vereinigt in einer kleinen Gruppe liegen, die zur Gruppe gz_2 gehören mag, von dieser aber ganz getrennt ist (Fig. 6 u. 7 *mnz*). Der zuerst verhältnissmässig dünne Axenfortsatz dieser grossen Ganglienzellen verläuft nach der Medianlinie zu und theilt sich ungefähr auf der Mitte des Neuropil IV in seine beiden sehr starken Hauptäste, die schräg nach vorne und hinten verlaufen. Vorher giebt er nach vorne und hinten eine grosse Anzahl von Zweigen ab, die sich lebhaft im Neuropil III und IV verzweigen. An denselben Stellen verzweigen sich eine stattliche Anzahl von Seitenzweigen der beiden Hauptäste. Der vordere Hauptast verlässt dann ohne weitere Zweige abzugeben als peripherer Nerv das Gehirn (Fig. 6).

Der absteigende Hauptast theilt sich am oberen Rande des Neuropil VII in zwei grosse Zweige, welche reichliche Arborisationen in den vorderen Theil des Neuropil VII geben und schliesslich im Neuropilkern VII m_1 und VII m_2 ihr Ende finden.

Associationselemente.

Wir müssen hier unterscheiden zwischen solchen Elementen, welche die Theile des Gehirns unter sich verbinden und solchen, welche das Gehirn mit dem Bauchmark oder das Bauchmark mit dem Gehirn in Verbindung setzen.

Verbindungen des Gehirns mit dem Bauchmark.

a) Mit Zellen im Gehirn.

Typus 1 (Fig. 5 cz_1).

Die Zellen liegen in der seitlichen Zellmasse gz_2 (vergleiche Fig. 8 cz_1). Der Axenfortsatz läuft gerade nach hinten unter den Nerven der oberen Portion des Nervus Antennarius II fort, giebt eine Seitenverzweigung in den untern, seitlichen Theil des Neuropil VII und verlässt dann geraden Wegs durch die Commissur das Gehirn.

Typus 2 (Fig. 6 cz_2).

Die Zelle liegt in der vorderen Ganglienzellmasse gz_1 . Der Axenfortsatz läuft auf der Oberseite von Neuropil III nach hinten, giebt dabei eine grössere Anzahl von Zweigen in den seitlichen Theil des Neuropil III und verlässt dann unter vielfach gekrümmtem Verlauf durch die Schlundcommissur derselben Seite das Gehirn.

Typus 3 (Fig. 5 cz_3).

Ich habe die Ausläufer dieser in grosser Anzahl auf jeder Seite der vorderen Zellmasse gz_1 liegenden Zellen (Fig. 12 cz_3) auf Methylenblaupräparaten nie weiter verfolgen können, weil sie sich sehr in die Tiefe senken, und habe sie deshalb vor der Hand als unsicher mit blauer Farbe gezeichnet, glaube aber aus Weigertpräparaten mit ziemlicher Sicherheit schliessen zu können, dass sie durch die Schlundcommissur das Gehirn verlassen.

b) Mit Zellen im Bauchmark.**Typus 1 (Fig. 6 cm_1).**

Die Faser steigt in der Schlundcommissur nach oben und findet im vorderen Theil des Neuropil VII ihre Endverzweigung.

Typus 2 (Fig. 6 cm_2).

Diese Elemente verbinden irgendwelche Theile des Bauchmarks mit dem inneren Neuropilkern VII m_1 .

Typus 3 (Fig. 5 cm_3).

Die Faser steigt auf der Seite der Commissur in die Höhe, biegt in der Mitte des Neuropil VII rechtwinklig um, verläuft unter Abgabe einiger Seitenzweige zum Neuropilkern VII m_1 und entschwindet hier den Blicken.

Typus 4 (Fig. 5 cm_4).

Die Faser läuft glatt bis zum Neuropil III, um sich hier zu verzweigen.

Als Curiosum führe ich noch die Faser cm_5 in Fig. 5 auf, welche in der Commissur nach oben steigt, in der Mitte des Neuropil VII ohne Verzweigungen abzugeben umwendet und in die Commissur zurückkehrt.

Auch die Elemente vom Typus, wie er in Fig. 6 cm_6 wiedergegeben ist, scheinen hierher zurechnen zu sein, doch konnte ihre Verbindung mit der Schlundcommissur nie deutlich beobachtet werden.

Verbindungen der Theile des Gehirns untereinander.**Typus 1 (Fig. 5 ao_1).**

Der Axenfortsatz der im vorderen Ganglienzelllager gz_1 gelegenen Zellen läuft nach hinten auf die Oberseite von Neuropil III. Hier theilt er sich in einen rechten und linken Ast, welche quer durch das Neuropil verlaufen und nach allen Seiten Verzweigungen in dasselbe schicken. Von dem einen Hauptzweige oder direkt vom Axenfortsatz löst sich ein grösserer Ast ab, welcher zur gekreuzten Seite verläuft und sich hier in sehr variabler Weise im ganzen Neuropil III verzweigt. Es kommt vor — und dieser Fall ist in der Figur zur Abbildung gelangt — dass die auf die gekreuzte Seite übergegangene Faser, nachdem sie dort

ihre Verzweigungen abgegeben hat, auf die ungekreuzte Seite zurückkehrt und ihre Endarborisation abgibt. Doch scheint dies Verhalten nicht die Regel zu sein. Es verbinden also die Elemente dieses Typus die beiden Neuropile III.

Typus 2 (Fig. 5 u. 6 ao_2).

Die Elemente dieses Typus sind in grösserer Anzahl vorhanden und treten auf Weigertpräparaten deutlich hervor (Fig. 12 ao_2). Das typische Verhalten, dieser Elemente ist in Fig. 6 abgebildet (ao_2); das Verhalten wie es in Fig. 5 abgebildet ist kommt weit seltener vor. Der Axenfortsatz der im vorderen Ganglienpolster gz_1 gelegenen Zellen läuft nach hinten zum mittleren Theil von Neuropil III und theilt sich hier in drei Zweige. Der eine geht auf die gekreuzte Seite über; der zweite läuft auf der Vorderseite von Neuropil III entlang und giebt dabei verschiedene Endverzweigungen ins Neuropil; der dritte Zweig läuft nach hinten, giebt dabei noch einige Seitenzweige ins Neuropil III und endigt mit einer Verzweigung im Neuropil IV. Der auf die gekreuzte Seite übergehende Ast theilt sich gabelförmig am mittleren Rande des Neuropil III der gekreuzten Seite und die beiden so entstandenen Aeste verhalten sich ganz ebenso zu Neuropil III und IV der gekreuzten Seite, wie der zweite und dritte Hauptast des Axenfortsatzes der Zelle auf der ungekreuzten Seite.

Es werden also durch diese Elemente Neuropil III und IV der einen Seite mit Neuropil III und IV der anderen Seite verbunden.

Typus 3 (Fig. 5 ao_3).

Die Lage der Zellen dieser Elemente kann ich nicht angeben. Die Fasern verlaufen quer zwischen den beiden Neuropilen IV, indem sie an jedem Ende Verzweigungen in dieselben geben. Diese Elemente verbinden also die Neuropile IV beider Seiten mit einander.

Typus 4 (Fig. 5 aan).

Lage der Zellen unbekannt. Die Elemente verbinden die beiden Neuropile VII mit einander.

Typus 5 (Fig. 6 at).

Lage der Zellen unbekannt. Die Elemente setzen die beiden Neuropile V mit einander in Verbindung.

Typus 6 (Fig. 6 *ata*).

Die Lage der Zellen wahrscheinlich im seitlichen Zellenlager, worauf der daher kommende, aber niemals mit Zellen in Verbindung gesehene Axenfortsatz deutet. Der Axenfortsatz theilt sich zwischen dem Neuropil VII und V. Der eine Ast verzweigt sich im mittleren Theil des Neuropil VII; der andere läuft auf die gekreuzte Seite und verzweigt sich hier im Neuropil V. Diese Elemente verbinden also das Neuropil VII einer Seite mit dem Neuropil V der anderen Seite.

Typus 7 (Fig. 6 *aoan*₁).

Leider ist auch die Lage der Zellen dieser Elemente bisher unbekannt geblieben. Sie verbinden den oberen Theil des Neuropil VII einer Seite mit Neuropil IV derselben und der gekreuzten Seite.

Typus 8 (Fig. 5 *aoan*₂).

Die Zellen dieser Elemente liegen im vorderen Zellenlager *gz*₁. Der Axenfortsatz tritt nach hinten und verläuft über Neuropil III und IV hinweg in den mittleren Theil von Neuropil VII, wo er hauptsächlich im Neuropilkern VIII *m*₁ eine Endverzweigung findet. Während seines Verlaufs giebt er sowohl ins Neuropil III als auch ins Neuropil IV eine grosse Menge von Seitenzweigen. Diese Elemente verbinden also die Neuropile III und IV mit einem Theil von Neuropil VII.

Theoretische und zusammenfassende Betrachtungen.

Ich bin an die vorliegende Arbeit ohne irgendwelche Vorurtheile oder eine directe Fragestellung herangegangen und habe erst, als die meisten hier beschriebenen Thatsachen schon für mich feststanden, meinen Gedanken gestattet, das Gefundene in hypothetischer Richtung zu verarbeiten. Ich glaube dadurch der Gefahr des Hineinsehens in die Objecte zum grössten Theil entgangen zu sein. Hier möge es mir gestattet sein einen kleinen Theil der Gedanken niederzulegen, welche sich mir jetzt nach der Sichtung des vorliegenden Materials aufgedrängt haben. Ich will mich dabei auf das nächstliegende beschränken und nicht auf Hypothesen bauend eine haltlose Theorie aufstellen, wie jüngst Schleich (8) anknüpfend an die lückenhaften Beobachtungen über das Centralnervensystem der Wirbelthiere eine Theorie des Schlafes construiert hat.

Was die Auffassung der Nebenfortsätze des Stammfortsatzes oder Axenfortsatzes der Ganglienzellen anbetrifft, so muss ich mich unbedingt der Meinung von Retzius (2) und Lenhossék (9) anschliessen, welche letzterer in folgenden Worten formulirt hat:

„Die Nebenfortsätze des Stammfortsatzes sind als Analogen der Dendriten aufzufassen, die hier nicht, wie bei den Vertebraten, dem Zellkörper selbst entströmen, sondern auf den Anfangstheil des Fortsatzes gerückt sind.“

Dafür sprechen vor allem die Uebergänge von unipolaren zu multipolaren Ganglienzellen, wie sie Retzius bei *Astacus* dargestellt hat.

Die andere Ansicht, dass den Evertibraten Homologe der Dendriten und Seitenfibrillen ganz abgehen und dass die Nebenfortsätze höchstens den Collateralen der Vertebraten entsprechen, ist deswegen haltlos, weil dann, unter der Voraussetzung, dass Collaterale centripetal leiten, überhaupt keine Reize auf die Ganglienzellen übertragen werden könnten, da sie zum grössten Theil ganz ausserhalb der Fasermassen liegen, also auch durch Umspinnung keine Induction erfahren können (Ich bemerke hier, dass auch bei *Carcinus* im vorderen Zelllager gz_1 des Gehirns häufig Uebergänge zu multipolaren Zellformen gefunden werden [Fig. 4]; leider konnte das Verhalten der Ausläufer bis jetzt nicht festgestellt werden.) In wieweit nun die Seitenzweige der Axenfortsätze als centripetal leitende Elemente aufgefasst werden müssen, mag bei Zellen mit peripherem Fortsatz vielleicht nicht schwer erscheinen, bei Associationselementen ist aber häufig nicht leicht eine Grenze zu setzen. Wo soll man zum Beispiel bei den Elementen ao_2 und $aoan_2$ (Fig. 5 u. 6) die Grenze ziehen?

Ich glaube nun, dass auch bei den motorischen Elementen nicht alle Seitenzweige centripetal, sondern dass auch ein Theil centrifugal leitet:

Ich habe oben gezeigt, dass das Verzweigungsgebiet der sensiblen Elemente des Bauchmarks sich ganz und gar auf die mittleren Neuropile der Ganglien beschränkt; wir können also mit Recht das mittlere Neuropil als sensibles Centrum in Anspruch nehmen. Wie ich an anderer Stelle gezeigt habe, entsendet jede motorische Zelle einen Fortsatz in das zugehörige mittlere Neuropil und es ist augenscheinlich, dass auf diesem Wege der einfache Reflex, z. B. die Zurückziehung des Beines bei seiner

Reizung, erfolgt. In derselben Weise kann ein Reflex ausgelöst werden, wenn eine Stelle derselben Seite in einem andren Segment gereizt wird, da ja die meisten sensiblen Fasern mittels ihrer Collateralen mit der Mehrzahl, wenn nicht mit allen, mittleren Neuropilen derselben Seite in Verbindung stehen.

Zur Erreichung derartiger Reflexe mögen auch die Seitenzweige der motorischen Elemente dienen, welche in die mittleren Neuropile der beiden benachbarten Ganglienhälften und in das gekreuzte mittlere Neuropil entsandt werden. Demselben Zweck können aber nicht die Seitenfortsätze dienen, welche in die seitlichen Neuropile derselben und der gekreuzten Seite abgegeben werden, da sich hier gar keine sensiblen Elemente vorfinden. Ich meine, dass durch diese Aeste die motorische Zelle gewissermaassen in Kenntniss davon gesetzt wird, was die benachbarten motorischen Zellen thun; dazu ist es aber nothwendig anzunehmen, dass ein Theil der Seitenzweige, welche sich im zugehörigen seitlichen Neuropil verzweigen, centrifugal leiten, um den Erregungszustand zu vermitteln. Ein anderer Theil dieser kleinen Zweige mag, indem sie centripetal leiten, dazu dienen, durch Vermittelung der oben präcisirten, die motorischen Zellen der einen Ganglienhälfte in Connex zu setzen. Ich betrachte also alle Zweige der motorischen Zellen, welche sich in den seitlichen Neuropilen verzweigen, in erster Linie dazu bestimmt, die Correlation der Bewegungen zu vermitteln. Wer einmal einen Krebs beim gewöhnlichen Gehen beobachtet hat, wird finden, dass diese Erklärung etwas für sich hat.

Es verzweigen sich nun in den seitlichen Neuropilen auch sogenannte Associationselemente, welche zum Theil mit dem Gehirn in Verbindung stehen, zum Theil sich auf das Bauchmark beschränken. Diese dienen offenbar dazu, geordnete Bewegungsimpulse abzugeben und den ganzen Bewegungsmechanismus zu überwachen. Wenn aber von ihnen die Correlation der Bewegung allein ausginge, so schiene das ganze complicirte Verzweigungsverhältniss der motorischen Elemente als unnöthig.

Des weitem hier auf die Function der Associationselemente des Bauchmarks einzugehen, scheint mir bei der Lückenhaftigkeit der von mir auf diesem Gebiet bisher gemachten Beobachtungen zwecklos zu sein.

Welche Elemente sind nun im Gehirn als motorisch zu bezeichnen?

Unzweifelhaft scheinen mir die Elemente *aum* (Fig. 5), welche die untere Portion des Nervus Antennarius II mit sich führt, und die Elemente *ocm* (Fig. 5) des Oculomotorius motorische Function zu besitzen. Ausserdem halte ich die Elemente *aom* (Fig. 5) der oberen Portion des N. Ant. II, welche ich vorsichtshalber noch blau gezeichnet habe, für motorisch. Zwar habe ich ihren Zusammenhang mit centralen Zellen nicht direct nachweisen können — doch sprechen die Querschnittsbilder Fig. 9 und 10 für diesen Zusammenhang — auch habe ich keine Elemente der oberen nach vorne sich wendenden Portion zu Muskeln treten sehen, aber andererseits glaube ich mit Bestimmtheit sagen zu können, dass die untere Portion sich ungetheilt zu den nach hinten liegenden Retractoren der zweiten Antenne begeben, und man muss doch annehmen, dass auch die vor der Antenne liegenden Erectoren vom Centrum innervirt werden, was von der oberen Portion aus sehr gut möglich wäre. Man würde dann nach den vorhergegangenen Erörterungen den Neuropilkern VII m_2 für das motorische Centrum der Elemente *aum* und den Neuropilkern VII m_1 für das der Elemente *aom* halten müssen. Das motorische Centrum der Elemente *ocm* scheint im seitlichen, unteren Rande des Neuropil IV zu liegen, konnte aber nicht bestimmt nachgewiesen werden.

Dass auch die Elemente der vorderen Mediannerven, denen ich aus technischen Rücksichten voreilig die rothe, motorische Farbe gegeben habe, motorisch sind, scheint mir bei der Art ihrer Verästelung nicht unwahrscheinlich, da sie sich nicht in einem sensiblen Centrum verzweigen, sondern ihre Ausbreitung über unzweifelhaft sensible und motorische Centren ausdehnen, ein Verhalten, das nach den bisherigen Kenntnissen nur motorischen und höchstens noch Associationselementen zukommt. Um dies zu entscheiden, ist es aber nothwendig, ihre periphere Endigungsweise genau klarzulegen, was mit einigen Schwierigkeiten wegen der verwickelten topographischen Verhältnisse verknüpft sein möchte.

Im Nerve tégumentaire hat man auf motorische Elemente wohl kaum zu fahnden und man kann daher wohl die sich in so sonderbarer Weise verzweigenden Elemente getrost für sensibel halten.

Dass die Elemente *aus* und *aos* (Fig. 5, 6 u. 9) der zweiten Antenne sensibel sind, ist klar. Dass letztere sich in einem ganz bestimmten Neuropilkern VII s_1 verzweigen, den sie nicht verlassen und den man wohl als eigentliches sensibles Centrum der zweiten Antenne bezeichnen kann, habe ich schon oben erwähnt.

Die Erklärung der Opticuselemente macht Schwierigkeiten. Aus ihrer Reichhaltigkeit ist wohl mit Sicherheit zu folgern, dass schon im peripheren Opticuscentrum die Sehempfindung stattfindet und dass die ins Gehirn eintretenden Elemente schon Bilder, also verarbeitete Retinaeindrücke, übermitteln.

Betrachten wir zuerst die Elemente, deren Zellen ausserhalb des Gehirns in den peripheren Opticusganglien gelegen sind. Zuerst fällt hier der starke Faserstrang ins Auge, welcher seine Endverzweigungen ausschliesslich in den Neuropilkern *ocs* (Fig. 12) des Neuropil III abgibt. Die Aehnlichkeit des Verhaltens mit den sensiblen Elementen *aos* der zweiten Antenne legen es nahe, dass wir es in ihnen nicht mit Elementen der Sehempfindung, sondern der Tastempfindung zu thun haben, und dass das Auge und der Augenstiel ein Sitz von Tastempfindungen ist, beweist unzweifelhaft die lebhaft Reaction, welche, hauptsächlich in der Einziehung des Auges bestehend, stattfindet, wenn man die Augen einer durch Ueberlackiren mit undurchsichtigem Lack geblendeten Krabbe berührt.

Die übrigen Elemente dieser Gruppe mögen Scheindrücke vermitteln. Die Elemente von Typus 1 u. 2 (Fig. 11 oc_1 u. oc_2) gehen, ohne Verzweigungen ins Gehirn abzugeben, durch die Schlundcommissur ins Bauchmark, wohin sie nicht weiter verarbeitete Scheindrücke auf dieselbe und die gekreuzte Seite übertragen. Die Elemente vom Typus 4, 5 u. 6 verzweigen sich zunächst gekreuzt oder ungekreuzt in den Neuropilen III und IV, die ich als die eigentlichen Centren der Sehfunction betrachte, indem in ihnen die Eindrücke der Augen weiter verarbeitet werden. Ausserdem verzweigen sich die Elemente vom Typus 5 (Fig. 5 ok_2) im Neuropil VII derselben Seite und die vom Typus 6 (Fig. 6 ok_3) im Neuropil VII der gekreuzten Seite, wohin sie also ebenfalls Scheindrücke vermitteln.

Ob nun die drei Typen der Opticuselemente, welche mit Zellen im Gehirn zusammenhängen, Scheindrücke vermitteln, ist

nicht leicht zu entscheiden. Man müsste in diesem Fall von der geläufigen Ansicht abgehen, dass die Axenfortsätze centrifugal leiten. Bei den Elementen vom Typus 8 (Fig. 6 *og*₂) erlaube ich mir kein Urtheil. Bei den Elementen vom Typus 7 (Fig. 5 *og*₁) wird man aber nicht umhin können, von der erwähnten Ansicht eine Ausnahme zu machen. Sie bilden ohne Zweifel eine Commissur zwischen den beiden peripheren Opticusganglien, und man muss unbedingt annehmen, dass der eine Fortsatz cellifugal und der andere cellipetal leitet, könnte allerdings auch diese Elemente in den allgemeinen Leitungstypus hineinzwängen, indem man einfach den cellipetal leitenden Fortsatz als Nebenfortsatz und nicht als Stammfortsatz auffasst. Physiologisch werden diese Elemente die Bedeutung haben, dass sie die Augen untereinander von dem „in Kenntniss“ setzen, was sie sehen.

Bei den Elementen vom Typus 9 (Fig. 6 *og*₃) halte ich es nicht für nöthig, den Axenfortsatz für cellipetalleitend zu halten, denn nach ihrem ganzen Verhalten scheinen sie nicht sensibel, sondern motorisch zu sein. Zwar hat wohl Niemand bisher gefunden, dass Fasern des Opticus zu Oculomotoriusmuskeln treten, aber ich glaube mich sicher aus meinen Präparationen zu erinnern, dass die Fasern des Oculomotoriusnerven nur zu den nach hinten gelegenen Adductoren oder Einziehern des Augenstiels laufen. Und die Abductoren wollen doch auch innervirt sein!

Wie ich oben gezeigt, verzweigen sich die Nebenäste unserer Zellen ausser im sensiblen Neuropil III auch im gemischt motorisch und sensiblen Neuropil VII der zweiten Antenne und zwar hier nicht nur wie die sensiblen Fasern des Opticus in den indifferenten mittleren Theilen, sondern auch in den motorischen Centren VII *m*₁ und VII *m*₂, weiterhin auch im Neuropil VI *b* der ersten Antennen. Dieses Verhalten ist das einer motorischen Zelle und es spricht für diese Auffassung auch die Beobachtung, dass ein Decapode bei der Werthschätzung eines ihm vor die Augen tretenden Gegenstandes diesen vorsichtig betrachtet und mit den Antennen abtastet und dass dabei die Augen und Antennen der in Function getretenen Seite fast immer in einer bestimmten Coordination zu einander bewegt werden. Dies kann, wenn die Betrachtungen, die ich vorher bei den motorischen Elementen des Bauchmarks gemacht habe, richtig sind, unter

den vorliegenden anatomischen Verhältnissen sehr leicht erklärt werden.

Für die Erklärung derselben Erscheinung könnte eventuell auch die Associationsfaser *aoan*₂ in Anspruch genommen werden.

Kehren wir noch einmal zu den andern motorischen Elementen zurück!

Berührt man eine zweite Antenne, so wird sie reflectorisch zurückgezogen, und dieser Vorgang wird leicht dadurch erklärt, dass die Elemente *aum* durch den aufsteigenden Nebenast direct mit dem sensiblen Centrum VII s₁ verbunden sind. Erst bei sehr intensiver Reizung wird auch die Antenne der anderen Seite eingezogen, und dies erklärt sich dadurch, dass immer erst bei diesem Reflexvorgang die quere Commissur *aan* durchlaufen werden muss.

Berührt man das eine Auge, so wird es eingezogen, indem durch Erregung des Tastcentrums(?) des Auges (Fig. 12 *osc*) der Reiz auf den aufsteigenden, sich hier verzweigenden Ast der Elemente *ocm* (Fig. 5) übertragen wird. Die Zurückziehung des andern Auges tritt, wie bei den Antennen, erst später und schwerer ein. Das Auge wird aber auch sofort reflectorisch zurückgezogen, wenn man eine Antenne derselben Seite berührt, und der Weg, den der Reiz bei Berührung der zweiten Antenne derselben Seite vom sensiblen Centrum VII s₁ zur motorischen Zelle *ocmz* nimmt, erhellt leicht aus Fig. 5.

Ueber die Function der Assotiations-Elemente des Gehirns lohnt es sich noch nicht recht zu reflectiren. Ich hoffe aber im kommenden Sommer an neuem Material genauere Beobachtungen machen und interessantere Resultate fördern zu können.

Literatur.

1. Baerwald: Berichte d. chem. Gesellsch. 1884, S. 1206.
2. Retzius: Biolog. Untersuch., neue Folge I.
3. vom Rath: Berichte der Naturforscher-Gesellschaft in Freiburg i. Br. Band IX, 2.
4. Ehrlich: Deutsche medicin Wochensch. 1890, No. 23.
5. Berger: Ber. aus d. zoolog. Inst. zu Wien Bd. I.
6. Krieger: Zeitschrift f. w. Zoologie. Bd. XXXIII.

7. Allen: Quart. Journal of mikrosk. science 1894.
8. Schleich: Schmerzlose Operationen. Berlin 1895.
9. Lenhossék: Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschungen. Berlin 1895.

Erklärung der Figuren auf Tafel XXXIV, XXXV und XXXVI.

Alle Figuren wurden mit Ausnahme von Fig. 4 mit dem Abbé'schen Zeichenapparat von Leitz entworfen. Gezeichnet wurde mit Obj. 3 und Oc. I von Leitz. Die genauere Verfolgung der Fasern geschah mit Obj. 7 und Oc. I von Leitz, zuweilen mit Oelimmersion $\frac{1}{16}$ und Oc. I vom selben Fabrikanten.

Alle Figuren beziehen sich auf Carcinus Maenas.

Roth = motorische Elemente.

Schwarz = Associationselemente.

Blau = sensible Elemente und solche, deren Funktion nicht feststeht.

- Fig. 1. Hinterer Theil des Bauchmarks nach Methylenblauinjection von oben. I—V die fünf Abdominalganglien, davor die Kugeln des letzten Thorakalganglions. Fasern a_7 , a_8 und a_9 aus einem Präparat, alles übrige aus einem andern. Störende und mangelhaft gefärbte Elemente sind meist fortgelassen; ebenso sind die allerfeinsten Fasern nicht eingetragen. Erklärung der Buchstaben im Text.
- Fig. 2. Die fünf vordersten Ganglien des Bauchmarks von oben. Bezeichnungen im Text. (Auf $\frac{2}{3}$ verkleinert.)
- Fig. 3. Letztes Thorakalganglion rechter Seite von unten. Alle Fasern gehören dem zahlreichsten Typus der sensiblen Elemente an. (Verkleinert.)
- Fig. 4. Schematischer Querschnitt durch ein halbes Bauchganglion nach Weigertpräparaten. Rechts von der geknickten Linie *g* seitliches Neuropil, links davon mittleres Neuropil. *gc* grosse Längscommissur. *Kc* kleinere Längscommissurbündel. *sf* sensible Fasern. *s* sensible Längscommissur. (Auf $\frac{1}{2}$ verkleinert.)
- Fig. 5. Mittlerer Theil des Gehirns nach Methylenblauinjection von oben. Alles aus einem Präparat mit Ausnahme von Zelle *aoan*₂.
- Fig. 6. Gehirn nach Methylenblauinjection von oben. Aus 3 Präparaten combinirt.
- Fig. 7. Querschnitt durch das halbe Gehirn in der Richtung *d—e* auf Fig. 5 nach einem Weigert-Pahl'schen Präparat; die blauen Elemente sind in dieser wie in den folgende Figuren nach Schnitten durch Methylenblaupräparate eingetragen. (Verkleinert.)

- Fig. 8. Querschnitt durch das Gehirn in der Richtung $f-g$ in Fig. 6 Weigert-Pahl. (Verkleinert.)
 Fig. 9. Querschnitt durch das halbe Gehirn in der Richtung $h-i$ in Fig. 5. Weigert-Pahl. (Verkleinert.)
 Fig. 10. Querschnitt durch das halbe Gehirn in der Richtung $k-l$ in Fig. 5. Weigert-Pahl. (Verkleinert.)
 Fig. 11. Gehirn nach Methylenblauinjection von unten. (Verkleinert.)
 Fig. 12. Frontalschnitt (etwas schräg) durch den oberen und vorderen Theil des Gehirns. Weigert-Pahl. (Verkleinert.)

Die Retina der Vögel.

Von

A. S. Dogiel,

Professor der Histologie an der Universität zu Tomsk (Sibirien).

Erste Mittheilung.

Hierzu Tafel XXXVII und XXXVIII.

Meine ersten Untersuchungen über die Nervelemente der Retina der Vögel habe ich als vorläufige Mittheilung bereits 1888, bald nach Einführung der neuen Färbungsmethode der Nerven mittelst Methylenblau durch Ehrlich, veröffentlicht¹⁾. Seit der Zeit habe ich meine Beobachtungen in dieser Richtung fortgesetzt und ein ziemlich umfangreiches Material gesammelt, die Ordnung desselben aber zur Drucklegung aus Mangel an Zeit bis jetzt verschieben müssen.

Die Veröffentlichung der Arbeit von Ramon y Cajal²⁾

1) Ueber das Verhalten der nervösen Elemente in der Retina der Ganoiden, Reptilien, Vögel und Säugethiere. Anatomischer Anzeiger No. 4 u. 5, 1. Februar 1888.

Über die nervösen Elemente in der Netzhaut der Amphibien u. Vögel. Anat. Anz. No. 11 u. 12, 1. Mai 1888.

2) La Rétine des vertébrés. La Cellule, t. IX, 1^r fascicule. 1892.