

optrischer Licht-Büschel; 1, 2, 3 = Beugungs-Büschel erster, zweiter und dritter Ordnung.

Fig. 3, 4. Farbenblendung. Beleuchtung bei schwachen Systemen.

Fig. 5, 6. Farbenblendung. Beleuchtung bei starken Systemen. *D* = Farben-Blendung; *C* = Condensor; *S* = Objekt; *O* = Objektiv; *G* = Diaphragmen; *B* = dunkler Raum.

Die punktirten Linien in Fig. 3, 4, 5 zeigen den Strahlengang, doch ist zu bemerken, dass in Fig. 4 und 6 Brechung und Beugung durch das Objekt *S* eine ungleiche Vertheilung des Lichts über demselben verursachen, welche in der Zeichnung nicht klar wieder zu geben ist.

Tafel XXIV.

Vier Mikrophographien von Diatomeen (von Patuxent Huss, U. S. A.); aufgenommen unter Anwendung einer Doppelbild-Farbenblendung, unter genau denselben Bedingungen, jedoch mit allmählich vergrößerter Apertur des vom Condensor gelieferten Beleuchtungs-Kegels, mit Hülfe eines 1zölligen (25 mm) Objektivs von .21 N.A.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Strassburg.)

Das Nervensystem von *Carcinus Maenas*.

Ein anatomisch-physiologischer Versuch.

I. Theil. — I. Mittheilung.

Von

Albrecht Bethe.

Hierzu Tafel XXV—XXX.

Inhaltsübersicht.

	Seite
Vorwort	462
I. Anatomischer Theil	463
A. Die nervösen Elemente des Bauchmarks	464
Motorische Elemente	465
Commissur-Elemente	467
Receptorische (sensible) Elemente	469

	Seite
B. Das Gehirn	469
Die einzelnen nervösen Elemente des Gehirns	474
Die Elemente des Opticus	474
Die Elemente des Oculomotorius	477
Die Elemente des Tegumentarius	478
Die Elemente des Antennarius I	478
Die Elemente des Antennarius II	479
Die Commissurelemente	480
I. Verbindungen des Gehirns mit dem Bauchmark	480
II. Verbindungen der Theile des Gehirns untereinander	482
II. Physiologischer Theil	486
Litteratur über <i>Carcinus Maenas</i>	486
Einleitende Betrachtungen und Nomenclatur	486
Physiologische Versuche an <i>Carcinus Maenas</i>	493
Das normale Thier	493
1. Kopfreflexe	493
Compensationsbewegungen der Augen	497
Bewegungen der Augen bei passiver Rotation um die Verticalaxe	499
Bewegungen der Augen beim Laufen	499
3. Ruhelage. (Negativer Phototropismus und Kalypotropismus.)	500
4. Gang. (4 Gangarten, Reactionen auf der Drehscheibe.)	500
5. Aufbäumreflex	508
6. Starrkrampfreflex	510
7. Eierschutzreflex	511
8. Vertheidigungsreflex und Autotomie	511
9. Umdrehreflex	513
10. Schwimmen	514
11. Putzen	514
12. Nahrungsaufnahme	515
13. Copulation	519
Das Verhalten der Thiere nach Schwärzung der Cornea	520
Das Verhalten der Thiere nach dem Abschneiden beider erster Antennen mit Ausnahme des Basalgliedes	521
Die Fortnahme beider Statocysten. (Fortfall der Compensationsbewegungen. Störung in der Correlation des Ganges.)	521
Ein Vergleichsversuch an <i>Palaemon</i>	525
In welcher Weise ist die Wirkung der Statocyste zu erklären?	528
Exstirpation einer Statocyste. (Herabsetzung des Muskeltonus und Schwächung der Muskulatur auf der operirten Seite.)	531
Die Methode zur Freilegung des Gehirns und der Gehirnnerven, Wundverschluss, Wundheilung und Instrumente	534

	Seite
Die Qualitäten der peripheren Nerven. (Der Tegumentarius der einzige ungemischte Nerv; auch der Opticus führt motorische Fasern.)	540
Litteraturverzeichniss	543
Tafelerklärung	544

V o r w o r t.

Als ich vor zwei Jahren einige histologische Beobachtungen am Centralnervensystem von *Carcinus Maenas* (1) mittheilte, kündigte ich an, dass ich diese Untersuchungen nach der anatomischen Seite, vor allem aber auch in physiologischer Richtung weiterführen wollte. Was ich dabei herausgebracht habe, übergebe ich jetzt der Oeffentlichkeit.

Es war von Anfang an mein Plan, das Nervensystem eines Thieres, das in anatomischer und physiologischer Beziehung genügende Differenzirung zeigt, ohne allzu complicirt zu sein, soweit es irgend anging, anatomisch und physiologisch zu bearbeiten, in der Hoffnung, wenigstens einen Theil der physiologischen Vorgänge auf Grund der gewonnenen anatomischen Basis erklären zu können. Dies ist bis zu einem gewissen Grade erreicht; in mancher Beziehung sind allerdings meine Resultate hinter dem Erwarteten zurückgeblieben; denn jemehr ich in den Bau und die Function des Centralorgans eindrang, umso mehr zeigte es sich, wie hochgradig verwickelt die Verhältnisse auch schon bei dem gewählten Object liegen.

In diesem Theil sind die Resultate der anatomischen Untersuchung (mit Ausnahme des Verhaltens der Primitivfibrillen) und der physiologischen Experimente niedergelegt. Im zweiten Theil werden die Beschreibung der Primitivfibrillen und die Schlussfolgerungen mitgetheilt werden.

Begonnen wurde die Arbeit in der biologischen Anstalt auf Helgoland, wo mir der Director Herr Professor Heinke einen Arbeitsplatz gewährte. Von dort wurde ich auch im Laufe der letzten beiden Jahre reichlich mit Material zur histologischen Untersuchung versorgt. — Der grössere Theil der physiologischen Versuche an *Carcinus* wurde auf der zoologischen Station zu Plymouth, ausgeführt, wo ich auf die freundliche Einladung des Direktors der Anstalt Herrn E. d. J. Allen den Sommer 1895 verbrachte.

Ich sage ihm für alle seine mir erwiesenen Freundlichkeiten nochmals meinen besten Dank.

Ein anderer Theil der Versuche an *Carcinus* wurde auf der zoologischen Station zu Neapel in der physiologischen Abtheilung des Herrn Professor Schönlein gemacht. Ihm und allen anderen Herrn der Station sage ich für die vielfache Unterstützung meinen Dank. Der Aufenthalt in Neapel wurde mir durch eine Reiseunterstützung der kgl. preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin ermöglicht.

I. Anatomischer Theil.

Die Anatomie des Centralnervensystems von *Carcinus Maenas*.

Das Centralnervensystem ist in zwei Abschnitte gesondert: das vor dem Oesophagus (also dorsal) hinter dem Ansatz der Augen und Antennen liegende Gehirn (Oberschlundganglion) und das hinter dem Oesophagus an der ventralen Seite zwischen den Ansatzpunkten der Gangbeine gelegene Bauchmark (Tafel XXV, Fig. 1). Beide sind miteinander durch zwei Längscommissuren, die Schlundcommissuren, die ich schlechtweg als Commissuren bezeichnen werde, verbunden. Sie laufen rechts und links um den Oesophagus herum und zeigen an den Seiten des Oesophagus je eine kleine Anschwellung das Oesophagal- oder Schlundganglion (Fig. 1). Von diesem aus gehen Nervenstämmchen an den Oesophagus und zu dem sogenannten sympathischen Nervenplexus, der hauptsächlich auf der Oberfläche des Magens angebracht ist, uns hier aber nicht weiter beschäftigen soll. Beide Schlundganglien sind durch eine quere Commissur mit einander verbunden (Fig. 1), welche ein Stück weit mit den Schlundcommissuren nach hinten läuft. (Diese Einrichtung ist offenbar deshalb getroffen, weil bei dem Durchtritt von grossen Nahrungsstücken durch den Oesophagus die quere Commissur zerreißen würde, wenn sie direkt hinter dem Oesophagus verlief.)

Das Bauchmark ist eine ovale Platte, welche in der Mitte von einem Loch durchbohrt wird, durch welches das grosse ventrale Blutgefäss von dem über dem Bauchmark liegenden Herzen kommend tritt. Die Bauchmarksplatte ist deutlich in eine Anzahl von Ganglien getheilt. Gut von einander abge-

grenzt sind die Ganglien des Scheerenbeinpaars (Scheerenganglion) und die der vier Schreitbeinpaare (Beinganglien) (Taf. XXV, Fig. 2). Eine mehr einheitliche und nur unter dem Mikroskop als in Ganglien differenziert erscheinende Masse bilden die Ganglien der Mundwerkzeuge (1 Paar Mandibeln, 2 Paar Maxillen, 3 Paar Maxillarfüsse) und die Ganglien der 7 Abdominalsegmente, diese wieder beim Weibchen deutlicher von einander abgesetzt als beim Männchen (Fig. 2). Von jedem Bauchmarksganglion gehen nach beiden Seiten Nervenstämmen ab (bei den Beinganglien in der Regel fünf), die von dem Scheeren- und den Beinganglien leicht in die betreffenden Extremitäten der entsprechenden Seite verfolgt werden können.

Die Nerven der Mundganglien sind etwas schwerer zu den einzelnen Mundextremitäten und ihren Muskeln, soweit sie in der Körperhöhle liegen, zu verfolgen. Die Nerven der Abdominalganglien sammeln sich zu einem Strang, der zum Abdomen nach hinten läuft und sich dann theilt. Die Ganglienhälften sind durch quere Commissuren verbunden. Die quere Commissur des 2ten Beinganglions läuft auf der Vorderseite des Mittellochs, die des 3ten und 4ten auf der Hinterseite. Längscommissuren durchziehen das ganze Bauchmark. Die Ganglienzellen liegen vorwiegend seitlich in den Zwischenräumen der Ganglien, eine geringere Anzahl nahe der Mittellinie. Das Neuropil (die Aufsplitterung der Nervenfasern) ist an vielen Stellen deutlich in einen lateralen und medialen Ballen getheilt, das seitliche und mittlere Neuropil (1).

A. Die nervösen Elemente des Bauchmarks.

Zum Studium der einzelnen nervösen Elemente wurde wie bei der früheren Gelegenheit die Ehrlich'sche Methylenblau-methode angewandt. Ich öffne zu diesem Zweck den Carapax am hinteren Rande auf der rechten Seite mit einer Scheere, so dass das rechte hintere Viertel des Herzens sichtbar wird und gebe zuerst 1—3 Tropfen, nach je 2—3 Minuten wieder dieselbe Portion einer 1% Methylenblaulösung (in 0,3% Kochsalzlösung) in die Wunde. Die Farblösung wird schnell vom Herzen durch die venösen Oeffnungen aufgenommen und durch den Körper geführt. Nur sehr selten passirt es, dass der Farbstoff sich nicht verbreitet. Nach etwa 15 Minuten zeigen die

Thiere nur noch wenig Reactionen. Es wird dann die ganze Oberseite des Carapax mit der Scheere geöffnet, die Leisten, welche den hinteren Theil des Körpers durchziehen und auf einer Seite die Kiemen, auf der anderen die innere Beinmuskulatur tragen, abgeschnitten und von vorne anfangend mit einer Pincette die Eingeweide herausgezogen; das Gehirn und das Bauchmark müssen gut frei liegen. Mit einer feineren Pincette wird dann noch Gehirn und Bauchmark vom Bindegewebe befreit und für 1—2 Stunden der Luft ausgesetzt. Darauf wird Gehirn und Bauchmark, herausgenommen unter dem Mikroskop nachgesehen, ob eine brauchbare Färbung eingetreten ist und entweder gleich frisch gezeichnet oder nach einer der beiden von mir beschriebenen Methoden (1 u. 2) fixirt. Präparate, die frisch gezeichnet sind, müssen immer noch nach dem Fixiren controlirt werden; bei der Hast, die das Zeichnen des frischen Objects erfordert, kommen zu leicht Fehler vor. — Mit Vortheil wandte ich auch bisweilen eine Methode an, zu der ich die Anregung Herrn Direktor Allen von der zoologischen Station zu Plymouth verdanke. Die Thiere werden nach der Injection in einen Wärmekasten, der auf 30—40° erhitzt ist, gesetzt. Sie gerathen hier bald in tetanische Zuckungen und verenden nach etwa 15 Minuten. Die Färbung tritt dabei schneller und oft vollständiger ein als sonst. Einen Antheil mag dabei die beschleunigte und verstärkte Herzthätigkeit haben, die sich leicht constatiren lässt.

Alle hier beigegebenen Zeichnungen von Methylenblaupräparaten halten sich möglichst streng an das mikroskopische Bild. Die Dickenverhältnisse der Fasern sind nur an einigen Stellen zum Ausdruck gebracht. Um Figuren zu sparen sind die Abbildungen aus zahlreichen Präparaten combinirt und der Uebersichtlichkeit halber Strichelung und Punktirung angewandt. Der Hauptwerth ist auf die Verzweigungen der Neurone gelegt und diese sind immer naturgetreu gehalten. Alle mit einem * versehenen Elemente sind schon in meiner ersten Arbeit beschrieben worden.

Motorische Elemente (roth).

Als motorische Elemente beschreibe ich nach dem Vorgang anderer Forscher Neurone, deren Ganglienzellen im Ganglion

liegen und welche einen Fortsatz durch einen peripheren Nerv zur Peripherie senden. (Für einige derartige Neurone konnte Allen (3) direct den Zusammenhang mit Muskeln constatiren. Immerhin ist es aber nicht unmöglich, dass auch nicht motorische Elemente dieselben Charactere aufweisen.)

*Typus 1 (Tafel XXV, Fig. 3 rothes Neuron m_1 im 2. Beinganglion).

Die Ganglienzelle liegt in der seitlichen Zellmasse. Der Axenfortsatz giebt Verzweigungen in das seitliche und mittlere Neuropil beider Hälften des zugehörigen Ganglions und Verzweigungen in das seitliche und mittlere Neuropil des vorhergehenden und des nächstfolgenden Ganglions, aber nur ungekreuzt ab. Diese Art motorischer Elemente ist die häufigste, in den Abdominalganglien die einzig vorkommende.

Typus 2 (Tafel XXV, Fig. 3 rothes Neuron m_2 im Scheerenganglion). Die Ganglienzelle liegt in der mittleren Zellmasse; die Verzweigung des Axenfortsatzes ist wie beim vorigen Typus, nur dass ein Ast zur vorhergehenden Ganglienhälfte nicht beobachtet werden konnte.

*Typus 3 (Tafel XXV, Fig. 3 m_3 im 1. Beinganglion links). Die Ganglienzelle liegt in der seitlichen Zellmasse, die Verzweigungen des Axenfortsatzes beschränken sich auf das seitliche und mittlere Neuropil der zugehörigen Ganglienhälfte.

Typus 4 (Tafel XXV, Fig. 2 rothes Element m_4 im Scheerenganglion links). Ob dieses Element wirklich mit einer Zelle verbunden ist, die in der seitlichen Zellmasse des Scheerenganglions liegt, wage ich nicht mit voller Sicherheit zu behaupten. Ich habe das Element selbst zwar öfter gesehen, die Verbindung mit der Zelle aber nur einmal und diesmal nicht mit absoluter Deutlichkeit. Von der Zelle geht der Axenfortsatz nach hinten und sendet durch die peripheren Nerven von 4 Ganglien je einen Fortsatz. Durch die quere Commissur des ersten Beinganglions geht ein Ast auf die gekreuzte Seite und verzweigt sich hier im mittleren Neuropil. Dieses wunderbare Neuron, das mehrere periphere Fortsätze entsendet, steht nicht vereinzelt bei Crustaceen da. Allen (4) hat am embryonalen Hummer Elemente mit centraler Ganglienzelle gesehen, welche zwei und drei periphere Fortsätze entsenden.

Commissurelemente. (Schwarz.)

Ich setzte das Wort Commissurelemente an die Stelle von dem früher von mir nach dem Vorgang anderer gebrauchten Wort Associationselemente für solche Neurone, deren Ausbreitungsgebiet sich auf die Centralsubstanz beschränkt.

*Typus 1 (Tafel XXV, Fig. 3 a_1 im 4. Beinganglion links). Das Verzweigungsgebiet ist auf das seitliche Neuropil eines Ganglions beschränkt. Vorkommen: in den Beinganglien.

Typus 1a (Tafel XXV, Fig. 2 a_{1a} im 6. Mundganglion rechts). Verzweigungen im seitlichen und mittleren Neuropil einer Ganglienhälfte. Vorkommen: 5. u. 6. Mundganglion.

*Typus II (Tafel XXV, Fig. 2 a_2 punktirt im Scheerenganglion rechts). Verzweigungen im seitlichen Neuropil zweier benachbarter Ganglienhälften. Vorkommen: Scheerenganglion.

*Typus 3 (Tafel XXV, Fig. 2 a_3 im 2. Mundganglion rechts). Verzweigungen im seitlichen Neuropil des 3. und 4. Mundganglions und im mittleren Neuropil des 4. und 5.

*Typus 4 (Tafel XXV, Fig. 2 a_4 —·—·— im 4. Mundganglion links). Verzweigung im seitlichen und mittleren Neuropil der zugehörigen Ganglienhälfte und im mittleren der beiden vorhergehenden Ganglien. Vorkommen: 3. Mundganglion bis 4. Beinganglion.

*Typus 5 (Tafel XXV, Fig. 2 a_5 punktirt, 3. Mundganglion rechts). Der Axenfortsatz der in der seitlichen Zellmasse liegenden Zelle geht, ohne Seitenzweige abzugeben, auf die gekreuzte Seite und läuft hier nach hinten anscheinend bis in die Abdominalganglien, allenthalben Verzweigungen in das mittlere und seitliche Neuropil aller Ganglienhälften dieser Seite abgehend.

*Typus 6 (Tafel XXV, Fig. 3 a_6 punktirt, 7. Mundganglion). Die Zelle liegt in der Mittelmasse. Der Axenfortsatz wendet sich auf eine Seite und läuft, sich T-förmig theilend, nach vorne und nach hinten, in die seitlichen Neuropile aller Ganglien Verzweigungen abgehend. Vorkommen: in den Mundganglien.

*Typus 7 (Tafel XXV, Fig. 3 a_7 gestrichelt im Scheerenganglion). Die Zelle liegt in der mittleren Zellmasse. Der Axenfortsatz theilt sich in einen rechts und einen links der Länge nach durch's ganze Bauchmark verlaufenden Ast, von dem aus

in die mittleren Neuropile aller Ganglien Verzweigungen abgehen. Vorkommen: in allen Thorakalganglien.

*Typus 8 (Tafel XXV, Fig. 2 a_8 gestrichelt). Die Faser tritt durch die Schlundcommissur ein, verläuft durch das ganze Bauchmark an der Grenze zwischen seitlichem und mittlerem Neuropil, kleine Zwischenäste in jedem Ganglion abgebend.

*Typus 9 (Tafel XXV, Fig. 2 a_9 gewellt). Die durch die Schlundcommissur eintretende starke Faser gibt ausgedehnte Verzweigungen in die seitlichen Neuropile aller Ganglien auf einer Seite ab.

*Typus 10 (Tafel XXV, Fig. 3 a_{10} gestrichelt, 5. Mundganglion). Die Zelle liegt in der seitlichen Masse des 5. Mundganglions. Der anfangs dünne Axenfortsatz schwillt bei der Theilung mächtig an und verzweigt sich dann auf beiden Seiten im mittleren Neuropil beider Seiten des 3.—5. Mundganglions.

Typus 10 a (Tafel XXV, Fig. 3 a_{10a} 6. Mundganglion). Auch hier ist der Axenfortsatz anfangs dünn und verdickt sich sehr stark bei der ersten Theilung. Auf jeder Seite zieht ein Ast nach vorne und verzweigt sich sehr stark im mittleren Neuropil des 4. bis 6. Mundganglions. Auf der gekreuzten Seite zweigt sich ausserdem ein Ast ab, der in der Tiefe nach hinten zieht und bis an den hinteren Rand des Scheerenganglions mit Sicherheit verfolgt werden kann. Er scheint hier und in den Beinganglien sich zu verzweigen.

Typus 11 (Tafel XXV, Fig. 3 a_{11}). Die Faser tritt durch die Schlundcommissur ein, läuft ohne Seitenzweige bis zum 6. Mundganglion und findet hier im mittleren Neuropil ihre Endverzweigung.

Typus 12 (Tafel XXV, Fig. 2 a_{12} 6. Beinganglion). Die Lage der Zelle konnte mit voller Sicherheit nicht festgestellt werden. Wie es scheint, liegt sie in der hinteren seitlichen Zellmasse des Scheerenganglions. Das Element besteht aus zwei sehr starken Längsfasern, welche durch eine quere Faser, die durch die quere Commissur des 1. Beinganglions geht, verbunden sind. Die beiden Längsfasern geben in die seitlichen Neuropile des Scheeren- und der Beinganglien starke Verzweigungen. Auf einer Seite erstreckt sich die Längsfaser dann noch in die Mundganglien hinein, in das mittlere Neuropil des 4. Mundganglions auf beiden Seiten Verzweigungen abgebend,

und kann bis zum 1. Mundganglion verfolgt werden. Vielleicht geht sie durch die Commissur bis zum Gehirn.

Typus 12 a (Tafel XXV, Fig. 2 a_{12a}). Dieses Element unterscheidet sich vom vorigen nur dadurch, dass die quere Commissur im Bereich des 2. Beinganglions liegt.

Typus 13 (Tafel XXV, Fig. 2 a_{13}). Die Faser tritt durch die Schlundcommissur ein, läuft ohne Verzweigungen abzugeben bis zum Scheerenganglion, tritt hier auf die gekreuzte Seite und verzweigt sich im mittleren Neuropil.

Receptorische (sensible) Elemente (blau).

Aus später auseinanderzusetzenden Gründen gebe ich das Wort sensibler Nerv und sensibles Element auf und setze an seine Stelle das Wort receptorisches Element. Die Zellen dieser Elemente liegen, wie aus den Arbeiten von Claus (5), Rath (6), Allen (3), mir (7), Retzius (8) und anderen hervorgeht, an der Peripherie unter dem Epithel. Die Fasern treten also in das Bauchmark ein, ohne hier mit Zellen in direkter sichtbare Verbindung zu treten. Die Hauptmasse derselben tritt auf der Unterseite der Ganglien ein, verzweigt sich hier T-förmig und zieht nach hinten und nach vorne wahrscheinlich bis in's Gehirn, in den mittleren Neuropilen kleine Seitenzweige abgebend (1) (Taf. XXV, Fig. 3 s_1 .) Andere (Tafel XXV, Fig. 2 s_2) verzweigen sich nur auf der Unterseite eines Ganglions.

B. Das Gehirn.

Das Gehirn ist eine etwa rechteckige Masse, von der aus 6 Paar Nerven zu verfolgen sind. Am vorderen Rand nahe der Mittellinie treten zwei kleine Faserbündel aus, welche nach den Autoren zum sympathischen Plexus ziehen (Tafel XXVI). An der Vorderecke tritt auf jeder Seite ein starker Nervenstamm aus, der in den Augentiel und hier zum peripheren Augenganglion zu verfolgen ist (Tafel XXV, Fig. 1). Dies ist der Opticus. Dicht dahinter tritt ein parallel verlaufender Nerv, den ich auf Grund einer irrthümlichen Präparation an zu kleinen *Carcinusexemplaren* in meiner vorigen Mittheilung mit dem von den Autoren beschriebenen Nerf tégumentaire (*Tegmentarius*) identificirt hatte, aus dem Gehirn aus und zieht gleichfalls in

den Augenstiel. Es ist dies der Oculomotorius (Taf. XXV, Fig. 1). Von der Unterseite des Gehirns geht ein Nerv ab, der aus zwei Bündeln besteht. Er zieht nach vorne und tritt durch eine Spalte im Chitin in die erste Antenne ein. Hier kann man das eine Bündel sich im Basalglied an der Otocyste verzweigen sehen, während man das andere Bündel zu den Muskeln und in die mit vielen Endorganen versehenen Endglieder verfolgen kann. Diesen Nerv der ersten Antenne nenne ich Antennarius I. Von der hinteren Ecke des Gehirns lösen sich zwei Nervenbündel ab, die ich früher beide als zur 2. Antenne gehörig beschrieben habe. Wie ich aber jetzt sehe, hatte bereits Milne Edwards (9) ihre wahre Bedeutung richtig erkannt. Nur der untere tritt durch ein kleines Loch (Tafel XXV, Fig. 1) zur zweiten Antenne (Antennarius II). Der obere stärkere Nerv vertheilt sich an der Haut des Kopfes (Fig. 1) und ist der Nerf tégumentaire der Autoren, wie ich ihn nennen werde der Tegumentarius.

Ich bin in meiner vorigen Mittheilung der Eintheilung der einzelnen Neuropile und Ganglienzelllager, welche Krieger (10) für *Astacus* aufgestellt hat, gefolgt. Da nun diese Eintheilung für *Carcinus* nicht ganz zutreffend ist, ausserdem die Bezeichnung einzelner Theile durch Zahlen für den Leser sehr störend ist, gebe ich hier eine neue Eintheilung, bei der die einzelnen Theile mit Namen belegt sind, welche von den eintretenden Nerven und der Lage der betreffenden Theile genommen sind.

Zum Studium des Faserverlaufs und der Lagebeziehungen der einzelnen Neuropilmassen und Ganglienzelllager wurden Weigertpräparate und andere Serien verwandt, die nach einer neuen Methode, welche ich in einiger Zeit in einer anderen Zeitschrift publiciren werde, gefärbt sind. Die beigegebenen Zeichnungen stammen von Präparaten nach dieser Methode. Die Faserzüge treten auf denselben mit Deutlichkeit hervor; die Neuropile erscheinen bei schwacher Vergrößerung als mehr oder weniger dunkle Ballen; bei starker Vergrößerung lösen sie sich in ein Gewirr feiner und feinsten Fasern auf, welches je nach seiner Dichtigkeit dem Neuropil bei schwacher Vergrößerung die differente Schattirung giebt.

Auf beiden Seiten des Gehirns liegt eine kugelförmige Masse, vorne umschlossen vom Opticus, von hinten vom Tegumentarius und dem Antennarius II. Auf der Oberseite läuft der

Oculomotorius darüber hin auf der Unterseite des Antennarius I (Tafel XXIX, Fig. 11). Diesem Organ hat Dietl bei den Insekten den Namen „pilzhutförmiger Körper“ gegeben und er ist auch für Crustaceen aufgenommen worden. Ich glaube, dass ein lateinischer Name für den Gebrauch angenehmer ist, und nenne es daher *Globulus*.

Der *Globulus* besteht aus einer kleineren vorderen und einer grösseren hinteren Halbkugel, welche bei anderen Decapoden (*Astacus*) deutlich von einander abgesetzt sind (das Neuropil I u. II Krieger's), dem Hemiglobulus anterior und posterior (Tafel XXIX, Fig. 3—6 und 9—11, Tafel XXVI und XXVIII). Zwischen den Optici ist schon mit schwacher Lupe auf der Oberseite eine vierlappige Figur zu erkennen (Tafel XXVI), welche ein in der Mitte befindliches Loch einschliesst, durch welche Blutgefässe in's Gehirn treten. Auf der Unterseite zeigt sich eine ähnliche Figur, welche aber nicht das Mittelloch erreicht (Tafel XXVIII). Auf Schnitten zeigt sich, dass dieses Gebiet aus vier grossen Neuropilballen, welche wieder aus einzelnen dunkleren Kernen bestehen, zusammengesetzt ist, einem vorderen oberen, einem hinteren oberen, einem mittleren und einem unteren. Da der Opticus in diesem ganzen Gebiet ausstrahlt, bezeichne ich die Theile nach ihm: Das Neuropilum optici anterius superius ist der vordere Ballen der Oberseite (Tafel XXVI, Tafel XXIX, Fig. 2 u. 3).

Nach hinten daran liegt das Neuropilum optici posterius (Tafel XXIX, Fig. 4 u. 5). Der Ballen der Unterseite erstreckt sich vom vorderen Rande bis gegen das Mittelloch (Tafel XXVIII); ich nenne ihn Neuropolum optici inferius. Zwischen den beiden oberen und dem unteren Opticusneuropil liegt das Neuropilum optici mediale (Tafel XXIX, Fig. 2—6, Tafel XXVI, Fig. 2), welches vorne das Neuropilum optici inferius überragt (Tafel XXVIII). Zwischen das Neuropilum optici inferius und mediale schiebt sich an einer Stelle eine langgestreckte, sehr dichte Neuropilmasse ein, welche ich als „Balken“ bezeichne (Tafel XXIX, Fig. 3, Tafel XXVII, Fig. 2).

Auf beiden Seiten des Neuropilum optici posterius liegen zwei dunkle Neuropilmassen, die laterale durch eine breite Neuropilbrücke mit ihm verbunden, die mediale im oberen Theil von ihm überdeckt. In diese Ballen hinein ist der Oculomotorius

zu verfolgen (Tafel XXIX, Fig. 5 u. 6) ich nenne sie daher *Neuropilum oculomotorii laterale* und *mediale*.

Auf der Unterseite des Gehirns liegen etwa an den entsprechenden Stellen zwei andere Neuropilpaare. In das laterale kann leicht der eine Theil des Bündels des *Antennarius I* verfolgt werden, welches von der *Otocyste* kommt, in das mediale das andre Bündel. Ich nenne sie *Neuropilum Antennarii primi (I) laterale* und *mediale* (Tafel XXIX, Fig. 5 u. 6). Sie sind bei Betrachtung des Gehirns von der Unterseite leicht zu erkennen (Tafel XXVIII). Nach hinten zu liegt nur noch eine grosse Neuropilmasse, welche von der Oberseite etwa die Form von *Africa* zeigt und in die *Schlundcommissur* hineinragt. Diese Masse besteht aus fünf einzelnen Neuropilen. Den hintersten Zipfel nimmt ein ziemlich loser Kern ein, in den ein kleiner Theil der Fasern des *Antennarius II* verfolgt werden kann, *Neuropilum Antennarii secundi posterius*. Darüber liegen dicht beieinander die vier übrigen Kerne, 2 vordere und 2 hintere, von denen der laterale vordere und der mediale hintere übereinander liegen. In diese beiden sind Fasern des *Tegmentarius* zu verfolgen, *Neuropilum Tegmentarii superius* und *inferius* (Tafel XXIX, Fig. 7 u. 8). In den beiden anderen Neuropilen tauchen Fasern des *Antennarius II* unter, *Neuropilum Antennarii secundi laterale* und *mediale*.

Von *Ganglienzellen* findet sich zunächst ein mächtiges Lager an dem vorderen oberen Rande des Gehirns, *Cellulae superiores mediales* (Tafel XXVI, Tafel XXVII, Tafel XXIX, Fig. 1). Ein zweites Polster zieht sich auf beiden Seiten zwischen dem *Globulus* einerseits und dem *Neuropilum optici anterius superius* und dem *Neuropilum optici posterius* andererseits hin, *Cellulae superiores laterales* (Tafel XXVI und XXIX, Fig. 4—6). Dem *Globulus* liegen zwei Zellpolster an, die aus zahlreichen und sehr kleinen Zellen bestehen und ihre Ausläufer in den *Globulus* hineinsenden. Das eine liegt vorne und unten, *Cellulae Globuli anteriores*, das andere hinten und oben, *Cellulae Globuli posteriores* (Tafel XXIX, Fig. 2, 3, 6, 7, 9, 10 und 11). Auf der Unterseite des Gehirns liegen noch zwei Zellpolster, eines lateral, *Cellulae inferiores laterales*, und eines medial, *Cellulae inferiores mediales*, (Tafel XXIX, Fig. 3, 4, 6 u. 7). Schliesslich liegt noch ein

kleines Polster im Winkel zwischen dem Antennarius II und der Schlundcommissur (Tafel XXVII, Fig. 1 und Tafel XXVIII), Cellulae angulares.

Im Opticus lässt sich ein dickes, feinfaseriges Bündel erkennen, welches von beiden Seiten der Mittellinie zuläuft und dabei zwischen dem Neuropilum optici mediale und inferius nach hinten zieht, sich in der Mitte kreuzt und dann in die Globuli eintritt (Tafel XXIX, Fig. 2—5). Die Kreuzungsstelle bezeichne ich als Decussatio. Dieses Bündel wurde zuerst von Berger (11), danach von Krieger (10) beschrieben. Berger sah, dass die Fasern nicht alle gekreuzt, sondern theilweise ungekreuzt seien, dass also nur eine Semidecussatio stattfände. Krieger bestreitet dies. Auf Horizontalschnitten kann man wohl öfter ungekreuzte Fasern erkennen; sicherer wird es aber, dass auch ungekreuzte Fasern vorhanden sind, durch die Degenerationsmethode. Bei Carcini, denen ich das Gehirn der Länge nach in der Mitte gespalten hatte, fand sich das Bündel nach 12 Tagen etwa auf die Hälfte zusammengeschrumpft; ein ansehnlicher Theil war aber erhalten und dieser konnte continuirlich vom Opticus jeder Seite bis in den Globulus verfolgt werden. Ich nenne dieses Bündel Tractus optico-globularis.

Ein anderes Bündel von Opticusfasern kann auch schon auf Schnitten bis zu den Schlundcommissuren auf der Unterseite des Gehirns verfolgt werden, Tractus optico-commissuralis (Tafel XXIX, Fig. 4). Ein drittes Bündel zieht zum Neuropilum oculomotorii mediale auf der Oberseite hin.

Ausser dem Bündel des Oculomotorius, welches in das Neuropilum oculomotorii laterale und mediale eintritt, steigt noch eins tiefer herab, konnte aber nicht mit Sicherheit verfolgt werden.

Ein beträchtlicher Theil der Fasern des Antennarius I, welche von der Otocyste kommen, tritt in den Globulus (Tafel XXIX, Fig. 11).

Längsfaserbündel durchziehen das Gehirn an vielen Stellen, besonders auf der Oberseite und Unterseite. Von der Gegend des Neuropilum tegumentarii superius zieht ein starker Faserzug nach unten zum Neuropilum Antennarii I laterale, Tractus ad Neuropilum Antennarii I laterale (Tafel XXIX, Fig. 6).

Quere Commissuren giebt es zwischen allen Neuropilen.

Sehr stark ist von diesen eine Commissur zwischen den beiden Neuropila opt. ant. sup. die Commissura magna. Besonders zu erwähnen ist die starke quere Commissur, welche dicht vor dem Mittelloch auf der Oberseite die Neuropila optici posteriora und medialis verbindet, da durch dieselbe Fasern laufen, welche theilweise vom Globulus direkt kommen, theilweise durch einen kleinen Kern, Neuropilum parvum, gehen (Tafel XXIX, Fig. 5), welcher auch mit dem lateralen Neuropil der ersten Antenne in Verbindung steht, Commissura ante foramen. Ausserdem scheinen noch Fasern von Globulus zu Globulus durch eine kleine, ebenfalls dicht vor dem Mittelloch gelegene Commissur (*Fig. 4, Tafel XXIX) zu gehen.

Auf Horizontalschnitten kann man ein feinfaseriges und ein grobfaseriges Bündel vom Globulus aus zur ungekreuzten Schlundcommissur verfolgen, Tractus globulo-commissuralis.

Die einzelnen nervösen Elemente des Gehirns.

Die Elemente des Opticus.

a) Solche die mit Zellen im Gehirn zusammenhängen.

*Typus 1 (Tafel XXVII, Fig. 1 o_1 blau). Von der Zelle geht ein Fortsatz durch den einen Opticus, ein anderer durch den anderen Opticus aus dem Gehirn heraus. Dicht an der Zelle giebt ein kleiner Seitenzweig eine Verästelung in einen dichten Neuropilkern, den Nucleus commissurae optici (Tafel XXIX, Fig. 2), welcher nur mit dem Neuropilum opt. ant. sup. zusammenhängt. Diese Fasern bilden ein starkes Bündel, die „obere quere Opticuscommissur“.

*Typus 2 (Tafel XXIX, Fig. 1 o_2 blau). Die Zelle gehört zu den Cellulae superiores mediales. Der Axenfortsatz geht durch den Opticus hinaus, nachdem er Zweige in den vorderen Theil des Neuropilum opt. ant. sup. beider Seiten abgegeben hat.

*Typus 3 (Tafel XXVII, Fig. 1 o_3 roth). Die Zelle liegt im Vorderpolster, der dünne Axenfortsatz schwillt bei der ersten Theilung stark an. Ein Zweig geht als periphere Faser durch den Opticus. Sehr zahlreiche Verzweigungen finden statt im Neuropilum optici anterius beider Seiten, dem Neuropilum Antennarii II mediale, laterale und posterius und dem Neuro-

pilum tegumentarii superius der Seite, auf der die Zelle liegt. Ausserdem zweigt ein Ast ab und senkt sich lateral vom Neuropilum tegumentarii superius in die Tiefe (dies wird durch einen Punkt am Ende der Faser in der Figur angedeutet). Auf Schnitten kann dieser Ast bis in das Neuropilum Antennarii I laterale verfolgt werden, wo er seine Endverzweigung findet (Tafel XXIX, Fig. 6 roth).

b) Elemente, deren Zelle nicht im Gehirn liegt oder wenigstens hier nicht nachgewiesen werden kann. (Vermuthlich liegt hier die Zelle im peripheren Opticusganglion.) (Alle diese sind blau gezeichnet.)

*Typus 1 (Tafel XXVIII o_4 vorne). Die Fasern treten auf der Unterseite in's Gehirn ein und laufen hart am vorderen Rande zum anderen Opticus, wo sie es wieder verlassen, ohne Verzweigungen in's Gehirn zu geben.

*Typus 2 (Tafel XXVIII o_5). Die Faser giebt einen kleinen Seitenzweig in das Neuropilum optici inferius (seitlich und vorne), läuft zur Mitte und verlässt das Gehirn durch die ungekreuzte Commissur.

*Typus 3 (Tafel XXVIII o_6). Die Faser kreuzt vor dem Mittelloch auf der Unterseite des Gehirns und verlässt es ohne seitliche Zweige abzugeben durch die gekreuzte Commissur.

Typus 4 (Tafel XXVIII o_7). Verzweigung im seitlichen Theil des Neuropilum optici inferius in einem circumscriphten Kern.

*Typus 5 (Tafel XXVI o_8 gestrichelt). Verzweigt sich im seitlichen Theil des Neuropilum optici anterius superius in einen circumscriphten Kern.

Typus 6 (Tafel XXVIII o_9). Verzweigungen am Vorderande des Neuropilum optici mediale lateral und medial.

Typus 7 (Tafel XXVII, Fig. 1 o_{10}). Verzweigung im vorderen Winkel des Neuropilum optici anterius superius und im Neuropilum optici posterius.

Typus 8 (Tafel XXVII, Fig. 1 o_{11}). Verzweigt sich im Neuropilum optici posterius der Seite, auf welcher die Nervenfasern in das Gehirn tritt und im gekreuzten medialen Theil des Neuropilum optici mediale (siehe Tafel XXIX, Fig. 4 o_{11}).

Typus 9 (Tafel XXVI o_{12}). Geht auf die gekreuzte Seite und verzweigt sich im vorderen Winkel des Neuropilum optici anterius superius.

*Typus 10 (Tafel XXVI o_{13} punktirt). Zunächst beim Eintritt eine Verzweigung im selben Kern wie Typus 5 (o_8), dann tritt ein Ast in das Neuropil der zweiten Antenne und ein anderer in das gekreuzte Neuropilum optici posterius.

*Typus 11 (Tafel XXIX, Fig. 1 o_{14}). Verzweigungen im Neuropilum optici anterius superius und posterius derselben Seite und dem Neuropilum optici anterius superius und Antennarii secundi (?) der gekreuzten Seite.

Typus 12 (Tafel XXVIII o_{15} gestrichelt). Verzweigungen am Vorderrande des Neuropilum optici inferius beider Seiten (Tafel XXIX, Fig. 2 o_{15}).

Typus 13 (Tafel XXVIII, o_{16} punktirt). Verzweigungen im selben Kern wie Typus 4 (o_7) aber auf beiden Seiten.

Typus 14 (Tafel XXVIII o_{17}). Ein Ast geht in die Tiefe und verzweigt sich anscheinend im Neuropilum optici mediale, ein Ast geht zum Neuropilum Antennarii I laterale und zum Neuropilum Antennarii II laterale. Der Hauptstamm läuft der Commissur zu, konnte aber in den beiden Fällen, in denen ich dies Element gefärbt fand, nicht weiter verfolgt werden.

Typus 15 (Tafel XXVII, Fig. 1 o_{18} gestrichelt). Kleine Verzweigungen im Neuropilum optici anterius und grössere im Vorderzipfel des Neuropilum oculomotorii mediale.

Die bisher betrachteten Elemente verzweigen sich wenigstens zum Theil in den Opticusneuropilen, die folgenden thun dies nicht.

Typus 16 (Tafel XXVI o_{19}). Verzweigung im Neuropilum oculomotorii mediale.

Typus 17 (Tafel XXVII, Fig. 2 o_{20}). (Ein Theil der Gehirnfasern lässt sich nicht dadurch darstellen, dass man das Gehirn von oben oder unten der Luft aussetzt. Man muss die obere Schicht mit einem scharfen Messerchen nach dem Injiciren abtragen, sodass das Neuropilum optici superius anterius und posterius, und die obere Schicht des Globulus und des Neuropilum tegumentarii superius und Antennarii II mediale fortgenommen werden.) Die Faser läuft im Tractus optico-globularis bis zum Globulus.

*Typus 18 (Tafel XXVII, Fig. 1 o_{21}). Verzweigungen im Neuropilum oculomotorii mediale beider Seiten.

Typus 19 (Tafel XXVII, Fig. 2 o_{22} gestrichelt und Tafel XXVI o_{22}). Ob diese beiden Elementen ganz identisch

sind kann ich nicht genau sagen. Sie verzweigen sich im Neuropilum tegumentarii superius; das auf Tafel XXVI abgebildet strahlt aber auch gegen das Neuropilum Antennarii II laterale aus

Typus 20 (Tafel XXVII, Fig. 1 rechts, ohne Bezeichnung)
Verzweigung im Neuropilum Antennarii II mediale.

Der Opticus führt also nachweislich **23** verschiedene in typischer Weise sich verhaltender Elemente. Es ist nicht unmöglich, vielmehr wahrscheinlich, dass er noch mehr verschiedener Elemente enthält.

Elemente des Oculomotorius.

*Typus 1 (Tafel XXVI und Tafel XXVII, Fig. 2 *ocm*₁ roth). Diese Elemente hängen mit Ganglienzellen zusammen, die den Cellulae superiores laterales angehören. Der dünne Axenfortsatz giebt Seitenzweige in das Neuropilum oculi motorii laterale (Tafel XXIX, Fig. 5), eventuel auch in das Neuropilum optici mediale und geht dann in den dickeren Hauptstamm über, welcher lateralwärts als periphere Faser durch den Oculomotorius austritt und nach der Mitte zu sich gabelt. Der eine dieser Aeste zieht nach vorne zu dem Kern des Neuropilum optici anterius superius, in welchem die Opticuselemente *o*₈ vom Typus 5 ihr Ende finden, von hier begiebt er sich auf die gekreuzte Seite, um dort wahrscheinlich im selben Kern sein Ende zu finden. Ein oder mehrere Seitenzweige dieses Astes senken sich seitlich in die Tiefe und begeben sich auf die Unterseite des Gehirns. Der andere Hauptast zieht nach hinten und verzweigt sich im Neuropilum tegumentarii superius und im Neuropilum Antennarii II laterale, mediale und posterius. An Präparaten, bei denen die oberen Schichten des Gehirns abgetragen sind, zeigt sich, dass hiermit das Ausbreitungsgebiet dieser Elemente nicht erschöpft ist. Es tritt von jedem der beiden Hauptäste ein Zweig in die Tiefe (Tafel XXVII, Fig. 2 *ocm*₁ *a* und *b*), von denen der erstere sich in das Neuropilum optici mediale begiebt, der andere nach hinten verläuft und im Neuropilum Antennarii I mediale und laterale sein Ende findet.

Typus 2 (Tafel XXVI und Tafel XXVII, Fig. 1 u. 2 *ocm*₂ roth gestrichelt). Auch diese Elemente scheinen mit Ganglienzellen zusammenzuhängen, welche aber zu den Cellulae inferiores mediales gehören, doch konnte der Zusammenhang nicht

direct nachgewiesen werden. Der auf Tafel XXVI mit *ocm_{2z}* bezeichnete Fortsatz senkt sich nämlich in die Tiefe und ist bis in die Nähe des Zelllagers zu verfolgen. Verfolgt man die Faser von Oculomotorius her, so tritt sie zunächst in die Tiefe, biegt dann nach oben um (Tafel XXIX, Fig. 6) und tritt in das untere Horn des Neuropilum oculo motorii mediale, verzweigt sich hier auf beiden Seiten und sendet einen Zweig in das Neuropilum optici mediale (Tafel XXVII, Fig. 2). Vorher giebt sie aber nach zwei Seiten Zweige ab, von denen der eine dem Neuropilum tegumentarii superius, der andere dem Neuropilum Antennarii II laterale und posterius zustrahlt (Tafel XXVII, Figur 2).

Elemente des Tegumentarius.

*Typus 1 (Tafel XXVI, XXVII, Fig. 1 u. 2 *t₁* blau). Sie verzweigen sich im Neuropilum tegumentarii superius (Tafel XXIX, Fig. 7).

Typus 2 (Tafel XXVII, Fig. 2 *t₂* blau punktiert). Verzweigungen im Neuropilum tegumentarii inferius und auch superius mit rückläufigem Ast (Tafel XXIX, Fig. 8).

Typus 3 (Tafel XXVII, Fig. 2 *t₃* blau ----). Verzweigung im Neuropilum oculomotorii mediale (Tafel XXIX, Fig. 6₂).

Elemente des Antennarius I.

Typus 1 (Tafel XXVIII *an₁* blau punktiert). Feine Fasern mit Verzweigung im Hemiglobulus anterior auf Ober- und Unterseite.

Typus 2 (Tafel XXVIII *an₂* blau gestrichelt). Feine Fasern mit ausgedehnter Verzweigung im Hemiglobulus posterior.

Typus 3 (Tafel XXVIII *an₃* blau). Feine Fasern mit Verzweigung im Neuropilum Antennarii I laterale (Tafel XXIX, Figur 6).

Typus 4 (Tafel XXVIII *an₄* blau). Dickere Fasern mit Verzweigung im Neuropilum Antennarii I mediale.

Typus 5 (Tafel XXVIII *an₅*). Dicke Fasern mit centraler Zelle, die den Cellulae inferiores mediales angehört. Verzweigungen im Neuropilum Antennarii I mediale, tegumentarii inferius und Antennarii II laterale. Ausser diesen giebt es wahrscheinlich noch andere mit centralen Zellen verbundene

Elemente, deren Zellen aber *Cellulae inferiores laterales* sind und deren Hauptverzweigungen im hinteren, oberen Theil des Neuropilum Antennarii I laterale stattfindet, ein Neuropilballen der ziemlich deutlich abgesetzt ist. Mit Methylenblau habe ich sie nicht darstellen können, doch scheint mir ihre Existenz aus anderen Präparaten mit Sicherheit hervorzugehen.

Elemente des Antennarius II.

*Typus 1 (Tafel XXVI *ant_I* blau). Verzweigung im Neuropilum Antennarii II posterius.

*Typus 2 (Tafel XXVII, Fig. 1 und Tafel XXVIII *ant_{II}* roth). Diese Elemente haben Ganglienzellen, die zu den *Cellulae angulares* gehören. Der Axenfortsatz entsendet lateral die periphere Faser und ausserdem zwei Hauptstämme, von denen der eine auf der Oberseite verläuft und sich im Neuropilum Antennarii II laterale, mediale und posterius und im Neuropilum tegumentarii superius verzweigt, der andre in mehrfacher Theilung auf der Unterseite hinstreicht und Seitenäste in das Neuropilum Antennarii laterale, tegumentarii inferius und auch in das Neuropilum Antennarii mediale abgiebt (siehe Tafel XXIX, Figur 7).

*Typus 3 (Tafel XXVI und XXVII, Fig. 1 *ant_{III}* roth). Diese Elemente scheinen ebenfalls mit Ganglienzellen zusammenzuhängen (Tafel XXIX, Fig. 7). Die Fasern laufen vom Antennarius II ausgehend auf der Oberseite des Gehirns hin (Tafel XXIX, Fig. 8), geben Seitenzweige in das Neuropilum Antennarii II laterale (Tafel XXVII, Fig. 1) und finden ihre Hauptaufspaltung im Neuropilum Antennarii II mediale. Von dort ist ein starker Faserzug zu den *Cellulae inferiores mediales* und zum Neuropilum Antennarii II laterale und tegumentarii inferius zu bemerken (Tafel XXIX, Fig. 7).

Die Elemente der Mediannerven.

Typus 1 (Tafel XXVI *m* roth punktirt). Diese Elemente sind sehr leicht darzustellen. Ich habe sie schon früher ausführlich beschrieben. Die Zelle liegt unter den *Cellulae superiores laterales* in einer besonderen Gruppe. Verzweigungen finden einseitig in allen Neuropilen der Oberseite statt mit Ausnahme des Neuropilum oculomotorii mediale.

Commissurelemente (schwarz).

I. Verbindungen des Gehirns mit dem Bauchmark.

a) Mit Zellen im Gehirn.

*Typus 1 (Taf. XXIX, Fig. 1 links cz_1). Die Zelle gehört zu den Cellulae superiores laterales; der Axenfortsatz geht durch die Commissur nach Abgabe eines Seitenzweiges ins Neuropilum Antennarii II laterale.

*Typus 2 (Taf. XXIX, Fig. 1 cz_2). Die Axenfortsätze von 10—20 Cellulae superiores mediales gehen ohne Seitenzweige bis zum Neuropilum Antennarii II laterale in beträchtlicher Tiefe, geben dort nur einen Seitenzweig ab und verlassen das Gehirn durch die Commissur.

*Typus 3 (Tafel XXIX, Fig. 1 cz_3 schwarz gewellt). Cellula superior medialis. Verzweigung im Neuropilum optici anterus superius.

Typus 4 (Taf. XXIX, Fig. 1 cz_4). Der Zusammenhang mit einer Zelle der Cellulae anteriores mediales konnte nicht mit voller Sicherheit constatirt werden. Das Element ist ausserordentlich dick. Verzweigungen auf der Seite, wo die Zelle vermuthlich liegt, im Neuropilum optici superius anterus und posterius und tegumentarii superius, auf der gekreuzten Seite, wo der Fortsatz das Gehirn durch die Schlundcommissur verlässt, im Neuropilum optici anterus superius und tegumentarii superius.

Typus 5 (Taf. XXVII, Fig. 1 cz_5 -----). Cellula superior medialis. Der Axenfortsatz verlässt das Gehirn durch die Schlundcommissur derselben Seite nach Abgabe von Seitenzweigen in die Neuropila optici superiora anteriora und posteriora beider Seiten.

Typus 6 (Tafel XXVI cz_6 punktirt). Von der Cellula superior medialis geht der Axenfortsatz in der Tiefe nach hinten, giebt Verzweigungen in den medialen und lateralen Theil des Neuropilum optici mediale und verlässt das Gehirn durch die gekreuzte Commissur.

Typus 7 (Tafel XXVII, Fig. 2 cz_7). Die Zellen gehören zu den Cellulae globuli anteriores; der Axenfortsatz verzweigt sich im Hemiglobulis anterior und verlässt durch den Tractus globulo-commissuralis das Gehirn (?).

Typus 8 (Tafel XXVIII cz_8 - - - - links). Cellula inferior medialis. Verzweigung im Neuropilum Antennarii I laterale.

b) Mit Zellen im Bauchmark oder Zellen im Gehirn, wo aber die Verbindung mit der Zelle nicht nachweisbar war.

*Typus 1 (Tafel XXVI cb_1 rechts). Verzweigung im Neuropilum Antennarii II mediale.

Typus 2 (Tafel XXVI cb_2 gestrichelt rechts). Verzweigung im selben Neuropil, aber von da ein Fortsatz gegen das Neuropilum oculomotorii mediale zu verfolgen.

Typus 3 (Tafel XXVI cb_3 links). Verzweigung im Neuropilum Antennarii II laterale.

Typus 4 (Tafel XXVI cb_4 links punktiert). Verzweigungen im Neuropilum Antennarii mediale und laterale.

Typus 5 (Tafel XXVII, Fig. 1 cb_5 links). Verzweigungen im Neuropilum tegumentarii superius und Antennarii II (?).

Typus 6 (Tafel XXVII, Fig. 1 cb_6 ———). Ist von der Commissur bis zum Neuropilum oculomotorii mediale zu verfolgen.

*Typus 7 (Tafel XXVII, Fig. 1 cb_7 gewellt, links). Läuft von der Commissur nach vorne, geht durch dieselbe quere Commissur wie Optionselement o_{11} (in derselben Figur) (vergl. auf Tafel XXIX Fig. 4 cb_7) auf die gekreuzte Seite und gibt hier Zweige ins Neuropilum optici mediale und Antennarii II (?).

Typus 8 (Tafel XXVI cb_8 rechts). Die Faser zieht zum Globulus und theilt sich hier in zwei Aeste, von denen der eine (cb_{8a}) auf der Aussenfläche des Globulus sich verzweigt, während der andere (cb_{8b}) mit dem Tractus globulo-commissuralis in den Globulus eintritt und sich am lateralen Ende auf der Innenseite verzweigt.

*Typus 9 (Tafel XXIX, Fig. 1 cb_9 rechts, punktiert). Verzweigungen im Neuropilum optici superius anterius und posterius beider Seiten und im Neuropilum Antennarii II der Seite, wo die Faser eintritt.

Typus 10 (Tafel XXVIII cb_{10} gestrichelt). Die Faser tritt auf der Unterseite in das Gehirn, läuft nahe der Mittellinie bis gegen den vorderen Rand des Neuropilum optici inferius, geht hier auf die gekreuzte Seite und läuft durch die Commissur dieser Seite wieder aus dem Gehirn heraus. Auf diesem Wege gibt sie in ausserordentlich symmetrischer Weise je einen kleinen Ast in das Neuropilum Antennarii II und I mediale und sehr

reichliche Verzweigungen in den mittleren, vorderen und hinteren Theil des Neuropilum optici inferius.

II. Verbindungen der Theile des Gehirns untereinander.

*Typus 1 (Tafel XXVII, Fig. 1 c_1). Cellula superior medialis. Verzweigungen in beiden Neuropila optici anteriora superiora. Die quer verlaufende Faser geht durch die Commissura magna.

*Typus 2 (Tafel XXVII, Fig. 1 c_2 gewellt). Verzweigungen im selben Gebiet, die quere Faser läuft aber durch die Commissur des Neuropilum optici posterius (Tafel XXIX, Fig. 4).

*Typus 3 (Tafel XXIX, Fig. 1 c_3 rechts). Cellula superior medialis. Verzweigungen im Neuropilum optici superius anterior und posterius beider Seiten. Die quere Faser läuft in der Commissura magna.

*Typus 4 (Tafel XXIX, Fig. 1 c_4). Quere Verbindung zwischen beiden Neuropila optici posteriora.

*Typus 5 (Tafel XXIX, Fig. 1 c_5). Quere Verbindung zwischen beiden Neuropila Antennarii II.

Typus 6 (Tafel XXVII, Fig. 2 c_6). Quere Verbindung, welche durch die Commissura ante foramen geht, zwischen den Neuropila optici posteriora und medialis, vielleicht auch den Globuli (siehe Tafel XXIX, Fig. 5).

Typus 7 (Tafel XXVII, Fig. 1 c_7). Dieses Element und das folgende werden nie vollständig gefärbt angetroffen, trotzdem sie sich leicht darstellen lassen. Es zieht unter dem Neuropilum oculimoterii mediale, in dieses auf beiden Seiten kleine Aeste hinaufschickend, quer durch's Gehirn und ist bis in die Nähe der Globuli zu verfolgen.

Typus 8 (Tafel XXVII, Fig. 1 c_8). Das Element verbindet, wie es scheint, die Neuropila optici superiora und Antennarii II medialis und lateralia beider Seiten mit einander; die quere Faser liegt in der Tiefe dicht hinter dem Mittelloch.

Typus 9 (Tafel XXVII, Fig. 2 c_9 punktiert). Verzweigt sich im ganzen Balken und im Neuropilum optici mediale einer Seite.

Typus 10 (Tafel XXVI c_{10} gewellt). Dies Element scheint mit Zellen der Cellulae superiores mediales mittelst des Astes c_{10a} zusammenzuhängen. Es verzweigt sich auf dieser Seite im Neuropilum optici posterius und Antennarii II. Ein Ast geht neben

dem Neuropilum Antennarii II mediale in die Tiefe, zwei andere neben dem Neuropilum optici posterius und verzweigen sich hier im Neuropilum oculomotorii laterale und optici mediale, vielleicht auch noch im seitlichen Theil des Neuropilum optici inferius. Auf der andern Seite verzweigt es sich im Neuropilum optici superius anterior und posterius, tegumentarii superius und Antennarii laterale und posterius.

Typus 11 (Tafel XXVII, Fig. 1 c_{11}). Die Lage der Zelle konnte auch hier nicht sicher gestellt werden; sie scheint zu den Cellulae inferiores mediales zu gehören, und der Ast c_{11a} dort hinab zu steigen.

Das Element verzweigt sich in beiden Neuropila oculomotorii medialis und sehr lebhaft im Neuropilum tegumentarii superius und Antennarii II mediale und laterale. Ausserdem tauchen an vier Stellen starke Aeste in die Tiefe, deren Endpunkt nicht festgestellt werden konnte.

Typus 12 (Tafel XXVI c_{12} gestrichelt). Verzweigung in beiden Neuropila oculomotorii medialis. Von hier laufen zwei Aeste (c_{12a}) über die Neuropile der zweiten Antenne fort und gehen mit dem Tractus ad Neuropilum Antennarii I laterale zu diesem Neuropil (Tafel XXIX, Fig. 6).

Typus 13 (Tafel XXVIII c_{13}). Es verzweigt sich diese Faser sehr lebhaft im mittleren, hinteren und seitlichen Theil des Neuropilum optici inferius beider Seiten und im Neuropilum Antennarii I laterale einer Seite. Hier steigt ein Ast (c_{13b}) mit dem Tractus ad Neuropilum Antennarii I auf die Oberseite, kann hier aber nicht weiter verfolgt werden. Zwei andere Aeste (c_{13a}) steigen zum Neuropilum optici mediale hinauf.

Typus 14 (Tafel XXVIII c_{14} -----). Die Zelle gehört zu den Cellulae inferiores mediales. Ein Ast verzweigt sich im Neuropilum Antennarii I mediale, einer steigt in die Tiefe und zieht lateralwärts vielleicht zum Globulus. Der dritte und stärkste geht auf die gekreuzte Seite, läuft nach vorne und sinkt vor dem Neuropilum optici inferius in die Tiefe, um auf die Oberseite zu gehen.

Typus 15 (Tafel XXVIII c_{15} rechts). Die Zellen gehören zu den Cellulae globuli anteriores und senden ihre Fortsätze in die Mitte des Globulus, wo sie sich verzweigen.

Typus 16 (Tafel XXVIII c_{16} rechts). Die Faser verzweigt

sich auf der ganzen Oberfläche des Globulus mit kleinen Bäumen an der Basis jeder Pyramide. Nach der anderen Seite kann sie bis zum Neuropilum Ant. II laterale verfolgt werden.

*Typus 17 (Tafel XXIX, Fig. 1 c_{17} —·—·—) Der Fortsatz der Zelle (Cellula superior medialis) verzweigt sich im Neuropilum optici superius anterior und posterior und Antennarii II mediale einer Seite.

Typus 18 (Tafel XXIX, Fig. 1 c_{18} gewellt). Die Faser kommt aus der Mitte eines Globulus und verzweigt sich im Neuropilum optici posterior derselben und im Vordertheil des Neuropilum optici superius anterior der anderen Seite.

Typus 19 (Tafel XXVII, Fig. 2 c_{19} —·—·— links). Verzweigungen finden im ganzen Globulus statt. Von hier zieht die Faser nach vorne und hinten und kann bis zum Neuropilum tegumentarii superius verfolgt werden.

Typus 20 (Tafel XXVII, Fig. 2 c_{20} gestrichelt). Das Element verbindet das Neuropilum oculomotorii mediale einer Seite mit dem Neuropilum optici mediale der anderen Seite.

Typus 21 (Tafel XXVI c_{21} links). Die Zelle gehört zu den Cellulae globuli posteriores. Ihr Fortsatz verzweigt sich auf der Oberfläche des Hemiglobulus anterior und posterior.

Typus 22 (Tafel XXVI c_{22} rechts). Die Cellula superior medialis sendet ihren Fortsatz nach hinten, überall auf dieser Seite Zweige in die Neuropile der Oberseite abgebend. Ein starker Seitenast geht durch die Commissura magna auf die gekrenzte Seite und verzweigt sich hier im Neuropilum optici anterior und posterior.

So manches nervöse Element des Gehirnes mag mir noch entgangen sein, vielleicht sehr viele, einen Theil konnte ich nur theilweise verfolgen, aber einiges glaube ich doch gefunden zu haben, was zur Erklärung der weiterhin folgenden physiologischen Befunde dienen kann.

Es ist mir leider nicht gelungen, die Fasern, welche vom Gehirn zum Bauchmark ziehen und umgekehrt auf ihrem Wege durch die Commissuren zu verfolgen. Dies hat zwei Gründe: Einmal ist sehr selten eine Faser durch die ganze Ausdehnung einer Commissur gefärbt und dann ist die Verfolgung der Fasern in den Commissuren so schwer, dass ein sicheres Resultat kaum zu erreichen ist.

Im Herbst des vorigen Jahres hatte Herr Prof. A p á t h y die Güte, mir einige seiner überraschend schönen Primitivfibrillenpräparate zu zeigen und mir die eine seiner Methoden zu ihrer Darstellung mitzutheilen. Es war nun selbstverständlich, dass ich diese Arbeit, die sich grade mit dem Zustandekommen nervöser Vorgänge beschäftigen soll, nicht in die Welt schicken konnte, ohne das Verhalten der Primitivfibrillen bei meinem Versuchsthier studirt zu haben. Einiges wusste ich bereits aus Methylenblaupräparaten, in denen häufig die Primitivfibrillen recht schön im Axencylinder zu verfolgen sind. Die Versuche mit der Methode A p á t h y 's führten leider zu keinen Resultaten. Ich habe dann auf Grund seiner Methode eine andere aufgebaut, welche bei *Hirudo*, dem günstigsten Object für Primitivfibrillen, recht Befriedigendes lieferte und auch bei *Carcinus* mancherlei erkennen lässt. Ich werde aber die Resultate, zu denen ich kam, erst im zweiten Theil dieser Arbeit mittheilen, da bis dahin die im Druck befindliche Arbeit von Herrn A p á t h y erschienen sein wird, auf die ich dann Bezug nehmen kann.

Hier noch einige Worte über die Nervenendorgane.

Ueber das Auge und Augenganglien liegen so vortreffliche Untersuchungen von Parker (12) vor, dass ich keine eignen Studien unternahm.

Die Untersuchungen über die Statocyste sind noch nicht abgeschlossen und sollen in einer späteren Arbeit, die sich speciell mit Statocysten befassen wird, abgehandelt werden.

Das Chitin des Carapax zeigt an den meisten Stellen ein rauhes Aussehen. Dieses rührt von kleinen Buckeln her (Tafel XXV, Fig. 6). In jedem Buckel steigt das Epithel empor, wie an Querschnitten leicht zu sehen ist, und der Buckel zeigt an der Spitze eine Durchbohrung. Ausser diesen Buckeln, die wohl Nervenendorgane darstellen, finden sich noch andere. Zunächst ist das ganze Chitin mit feinen kolbenförmigen Haaren besetzt, so dass das Chitin in der Aufsicht punktirt erscheint (Tafel XXV Fig. 6). Jedes dieser Härchen sitzt auf einem Porenkanal des Chitins (Tafel XXIX, Fig. 12). Ob nun Fortsätze von Nervenzellen in diese Härchen hineingehen, konnte ich nicht entscheiden. Zwischen den Buckeln zerstreut liegen einzelne gefiederte und geschlossene Haare, zu deren Schaft die Ausläufer von Nervenzellen zu verfolgen sind. Ausserdem bemerkt man schon mit

schwacher Vergrößerung kleine hellere Höfe in ziemlich grosser Anzahl. Es sind dies trichterförmige Einsenkungen im Chitin, in deren Mitte ein Bündel von feinen Haaren bemerkt wird. Auf Querschnitten zeigen sich diese Endorgane, wie es die Fig. 12 auf Tafel XXIX zeigt.

II. Physiologischer Theil.

Litteratur über *Carcinus Maenas*.

Die einzige Arbeit, in der Versuche am Centralnervensystem von *Carcinus* erwähnt werden, stammt von Young (13). Da sie zu gleicher Zeit auch über *Astacus* und *Homarus* handelt und die sehr allgemein mitgetheilten Resultate nicht für die drei Arten specificirt sind, so ist nicht genau zu ersehen, welche Angaben für *Carcinus* zutreffen sollen: Alle Nerven sind gemischt, motorisch und sensibel. Das „Unterschlundganglion“ ist das Centrum für alle Mundtheile. Das Gehirn ist an allen Flächen „sensibel“ und ist das Centrum für alle Anhänge des Kopfes. Jede Gehirnhälfte übt einen Einfluss auf die correspondirende Hälfte des Körpers aus. Kreuzungen im Verlauf der Nervenfasern existiren nicht. Einseitige Abtragung des Gehirns ruft Manegebewegungen nach der gesunden Seite hervor, welche auf Gleichgewichtsstörungen beruhen. Nach Abtragung des ganzen Gehirns treten noch Bewegungen auf, welche spontanen Charakter haben aber niemals coordinirt sind. Das Gehirn ist der Sitz des Willens und der Coordination der Bewegungen.

Einleitende Betrachtungen und Nomenklatur.

Ehe ich auf die Beschreibung der Versuche eingehe, muss ich einige Worte über die im folgenden gebrauchten Ausdrücke und in Verbindung damit über die Frage der Empfindung und des Bewusstseins vorausschicken.

Unter Empfinden verstehen wir das zum Bewusstsein gelangen eines äusseren Reizes. Für uns ist es hier gleichgültig, ob wir uns darunter das Produkt eines materiellen Vorganges oder eine Begleiterscheinung eines solchen vorstellen wollen. Ob nun ein äusserer Reiz, der einem Wesen applicirt wird, zum Bewusstsein gelangt ist, können wir nicht constatiren; das was wir sehen können, ist nur eine eventuelle Reaction, die das Wesen

auf den Reiz ausübt. Eine erfolgende Reaction hat nun vielen Forschern genügend erschienen, um auf eine stattgehabte Empfindung zu schliessen. Die Amöbe reagirt mit Bewegungen auf Licht, Berührung und chemische Stoffe, also sie sieht, fühlt und schmeckt — so wird gefolgert. Bei dieser Art der Argumentation ist nun aber kein Punkt zu sehen, an dem wir mit der Annahme der Empfindung und des Bewusstseins Halt machen sollen, ja wir sind danach gezwungen, dem Sonnenrädchen Lichtempfindung zuzuschreiben. Thatsächlich ist von den verschiedenen Forschern der Anfang der Empfindung in der Reihe der Organismen an die verschiedensten Stellen gesetzt worden. Auf diesem Wege gab es nur ein Ziel, die Annahme, dass jedem Atom, jedem Molekül Empfindung, Bewusstsein, Wille zukäme und diese Consequenz ist in der That von Häckel (14) gezogen worden. Dass Häckel hierbei mit den Worten „Empfinden, Wille und Bewusstsein“ entgegen jedem Sprachgebrauch und den Formulierungen der Philosophie in der willkürlichsten Weise umgeht, liegt auf der Hand. Mit Recht wirft ihm Du Bois-Reymond (15) die Verwechslung der Begriffe Wille und Kraft vor. „Er sündigt wider eine der ersten Regeln des Philosophirens: „„Entia non sunt creanda sine necessitate,““ denn wozu Bewusstsein, wo Mechanik reicht? Und wenn Atome empfinden, wozu noch Sinnesorgane?“ (Seite 74.)

Bei derartigen Hypothesen hat die exakte Wissenschaft aufgehört, die Phantasie längst begonnen.

Alle andern Forscher haben die Annahme einer Seelenthätigkeit auf die Lebewelt und hier wieder meist auf das Thierreich beschränkt. Es hat aber auch nicht an solchen gefehlt, die den Pflanzen wie das Volksmärchen und die Mythologie Empfindung und damit Bewusstsein zuschreiben. So hat vor Kurzem der Botaniker Noll (16) in einem Vortrag das Empfindungsleben der Pflanzen behandelt. Bei all den angeblich constatirten Empfindungen, die er anführt, handelt es sich aber nur um Bewegungsreaktionen auf äussere Reize. Wie oberflächlich es ist, daraus auf Empfindung zu schliessen, liegt auf der Hand.

Wundt (17) und auch andere Forscher setzen die Anfänge des Bewusstseins, der Empfindung und des Willens in die Protozoen. „Das objective Merkmal äusserer Willenshandlungen“, sagt Wundt, „welches namentlich bei längerer Beobachtung kaum

täuschen kann, ist nun die Beziehung der Bewegung zu den allverbreiteten thierischen Trieben, dem Nahrungs- und Geschlechtstrieb.“ „Die unter solchen Umständen sichergestellten Triebbewegungen, namentlich das Streben nach Nahrung, beweisen daher in der unzweideutigsten Weise die Existenz eines empfindenden Bewusstseins.“ Ob dieses „Merkmal“ nun wirklich „objectiv“ ist, scheint mir mehr wie zweifelhaft. Ist es denn undenkbar, alle Handlungen einer Amöbe mechanisch zu erklären? Ich kann mir sehr gut vorstellen, dass man eine Maschine construirte, welche selber das zu ihrer Unterhaltung nöthige Brennmaterial und Wasser aufsuchte und zu sich nähme, und dies nur dann, wenn es nöthig ist. Hat diese Maschine Bewusstsein, handelt sie mit Willen, empfindet sie Durst, wenn das Wasser zu Ende geht?

Auch Nagel (18) schreibt der Amöbe bereits Empfindungen zu.

Eimer (19) hält es für möglich, dass bei den Protozoen noch alle Lebenserscheinungen reflectorisch d. h. rein mechanisch ablaufen, setzt aber den Anfang von Empfindung und Bewusstsein, ja die höchsten geistigen Eigenschaften an eine sehr tiefe Stelle der Thierreihe. Schon Polypen (S. 364) zeigen Willensthätigkeit und Bienen und Ameisen leisten an Berechnung und Tugenden Nacheiferung würdiges. Aehnlich sind die Ansichten von Romanes, Büchner und der Mehrzahl der Bienen- und Ameisenforscher. Nur wenige sind mit dem Schliessen auf höhere geistige Eigenschaften sehr vorsichtig, so Forel, Emery, Lubbock, Wasmann. Wieder andere Forscher lassen erst das Bewusstsein und die Empfindungen in der Wirbelthierreihe auftreten.

Allen diesen gegenüber steht eine Gruppe von Gelehrten, welche erklären, dass die Frage nach Bewusstsein, Wille und Empfindung der Thiere garnicht dem Gebiet der exacten Wissenschaft angehöre, dass alle Forschung hier müssig sei, da wir nichts darüber wissen können, indem sie von der unzweifelhaft richtigen Thatsache ausgehen, dass unser eignes Empfinden, Wollen und Denken für uns das einzig Reale ist und wir schon zu wissen aufhören und zu glauben anfangen, wenn wir unserm Mitmenschen auch Empfindungen zuschreiben.

Am ausgeprägtesten hat diesen Standpunkt in neuerer Zeit v. Uexküll (20) vertreten (Seite 549): „Nicht allein eine oder

die andere Empfindung, sondern auch die Existenz einer Psyche überhaupt ist weder bei den Thieren noch bei meinen Mitmenschen für mich beweisbar, weil ihre Seele mir nicht unmittelbar zugänglich ist, und ihre Ausdrucksmittel rein reflectorisch in Thätigkeit gesetzt sein könnten.“

Er giebt zu, dass hinter einem Theil der Bewegungserscheinungen der Thiere psychische Vorgänge verborgen sind, hält aber dafür, dass sie nicht in das Gebiet der exacten Wissenschaft gehören und stellt die Forderung auf, von der Annahme einer Thierseele als unbeweisbar in der vergleichenden Sinnesphysiologie abzusehen.

Ich erkenne diesen Standpunkt an, glaube aber nicht, dass er für den Naturforscher der richtige ist. Wir dürfen uns nicht auf den Standpunkt des Philosophen stellen und jede Sache mit der Erkenntnistheorie beginnen. Die Frage nach den ersten Anfängen und der Entwicklung der Psyche ist nach meiner Meinung ebenso berechtigt, wie die nach der Phylogese des Wirbelthierskelets. Wir sind so vielfach auf Analogieschlüsse angewiesen, und ich glaube, dass sie auch auf diesem Gebiet, wenn sie mit der gehörigen Vorsicht angewandt werden, zu guten Resultaten führen können. Wenn ich einen Menschen eine Handlung vornehmen sehe, welche ich mir von mir selbst ausgeführt nur auf Grund von Ueberlegung, Erinnerung und bewussten Empfindungen vorstellen kann, so nehme ich als Naturforscher an, dass alles dies auch bei der Handlung des anderen Menschen voraufgegangen sein muss, wenn ich auch nicht anzunehmen brauche, dass diese psychischen Functionen ganz dieselben Qualitäten gehabt haben, die sie bei mir gehabt hätten. Betrachtete ich die Sache vom philosophischen Standpunkte, so würde ich sie ganz anders ansehen. Ebenso beim Thier: Sehe ich einen Hund eine complicirte Handlung vornehmen, welche ich mir von mir selbst ausgeführt nicht ohne bestimmte Ueberlegung vorstellen kann, so folgere ich, dass auch bei diesem Hunde eine Ueberlegung stattgefunden hat, und da ich von mir selbst weiss, dass diese bestimmte Ueberlegung nur möglich ist auf Grund vorausgegangener Erfahrungen und diese nur durch Empfindungen vermittelt werden können, so schliesse ich, dass auch der Hund durch Empfindungen zu Erfahrungen gelangt ist, dass er also empfindungsfähig ist, d. h. dass irgend welche äusseren Reize bei ihm zum Bewusstsein gelangen

können. Ich würde aber nicht aus irgend einer einfachen Reaction, die ich mir mechanisch erklären kann, auf Empfindung schliessen, wenn ihr eine solche auch wirklich zu Grunde liegen mag, und sehe als nothwendig zum Schluss auf Empfindung eine complicirtere Handlung an, die ich mir ohne Empfindung nicht erklären kann. Wenn ich z. B. einen Hund mit einer Zange kneife und er quikt und davon läuft, so würde ich nicht genöthigt sein, das als Zeichen von stattgehabter Empfindung aufzufassen. Wenn er aber das nächste Mal, wo ich wieder dieselbe Zange zur Hand nehme, schon vorher davon läuft, so scheint mir das ein genügender Beweis zu sein, dass er den Kniff gefühlt hat, denn sonst könnte er sich — von mir auf den Hund geschlossen — nicht des Instrumentes erinnern. Ich folgere also nicht nur, dass er gefühlt und das behalten hat, sondern auch, dass er die Zange gesehen und ein Gedächtnissbild von ihr davon getragen hat.

Wenn man unter Anlegung dieses Maassstabes die Thierreihe untersucht, erhält man zwei Gruppen von Thieren bei: den Vertretern der einen Reihe kann man psychische Functionen nachweisen, bei denen der andern nicht. Damit ist nun nicht gesagt, dass allen Arten, die zu der letzten Gruppe zu zählen sind, Bewusstsein, Gedächtniss und Empfindung abgeht, es ist vielmehr wahrscheinlich, dass auch unter diesen sich solche vorfinden, die diese Eigenschaften besitzen und bei denen spätere Untersuchungen Thatsachen entdecken, die sie in die erste Gruppe hinüberweisen. So lange sich aber ein Weg zeigt, die Lebenserscheinungen eines Thieres ohne Zuhilfenahme von psychischen Eigenschaften rein reflectorisch zu erklären, soll man nach meiner Meinung auch davon absehen, ihnen diese Eigenschaften zuzuschreiben. In der That ist es möglich, noch complicirte Erscheinungen als reine Reflexvorgänge zu deuten, Erscheinungen, bei denen die Anthropomorphisten es über jedem Zweifel erhaben finden, dass Bewusstseinsvorgänge zu Grunde liegen. So werde ich in einer anderen Mittheilung durch Experimente an Bienen und Ameisen zeigen, dass fast alle ihre so complicirt erscheinenden Thätigkeiten einer einfachen Erklärung zugänglich sind.

Dass die einfachsten Stufen der Empfindung bereits ein nothwendiges Attribut der niedrigsten Lebewesen sind, erscheint unwahrscheinlich. Es wäre dies eine Annahme, für die keine

zwingenden Gründe beizubringen sind, sie wäre also unwissenschaftlich. Vom Standpunkt der Entwicklungslehre müssen wir sagen: Die Natur schafft nichts Zweckloses. Sie wird also keinem Wesen Empfindung gegeben haben, das sie nicht verwerthen kann, das sie nicht im Kampf um's Dasein nöthig hat.

Einen Werth kann die Empfindung nur dann für ein Wesen haben, wenn auch Erinnerung, Combinationsvermögen und die Fähigkeit, nach dem Resultat dieser Combination zu handeln, zugleich vorhanden sind. Diese psychischen Eigenschaften setzen das Wesen in den Stand, sich den jeweiligen Verhältnissen bis zu einem gewissen Grade anzupassen, je nach Lage der Dinge auf Grund der früheren Erfahrungen bald so, bald so zu handeln; sie geben ihm im Kampf um's Dasein einen Vortheil gegenüber den Wesen, welche diese Eigenschaften nicht besitzen. Für ein Individuum, das vom ersten Tage seines Lebens bis zu seinem Tode auf denselben äusseren Reiz immer in derselben Weise reagiren muss, ist die feinste Empfindung unnütz. Da nun alle Organismen nicht so gut wie möglich, sondern so schlecht wie möglich angepasst sind, grade nur so, dass sie den Kampf um's Dasein noch bestehen können, so wird ihnen auch die Natur nicht diese unnütze Complication der Empfindung gegeben haben.

Aus dieser Betrachtung geht hervor, dass eben die Anpassungsfähigkeit des einzelnen Individuums an die äusseren Verhältnisse, die Möglichkeit des Lernens der einzige Prüfstein ist, um auf psychische Thätigkeiten zu schliessen. Thiere, denen bereits der ganze Lebenslauf im Ei prädisponirt ist, von denen jedes Exemplar so handelt wie das andere, die alle ihre Thätigkeiten bereits in Vollkommenheit ausführen können, ohne sie erst lernen zu müssen, besitzen keine psychischen Qualitäten.

Wenn die Rosengallwespe nach dem Auschlüpfen aus der Puppe ihre Flügel ausbreitet, sich begatten lässt und auf einen Rosenstock zuffliegt, an bestimmter Stelle in einen Stengel sticht und hier ihre Eier ablegt, so kann diese ganze complicirte Thätigkeit nicht auf psychischer Grundlage basiren. Zwar ist von Eimer (19) der Ansicht Ausdruck gegeben worden, dass Thiere, die in dieser oder ähnlicher Weise ohne Erziehung complicirte Handlungen ausführen, dies nicht rein mechanisch thäten, sondern Gedächtnissbilder (in diesem Falle vom Männchen, vom Rosenstock und seinen Theilen u. s. w.) von ihren Eltern ererbt hätten,

aber dies kann doch nicht gut als annehmbare Hypothese erscheinen. Welch complicirte Vererbungsprocesse würde das voraussetzen!

Da wir nun bei einigen Thieren psychische Processe nachweisen können, bei anderen nicht, so erschien es mir nothwendig, um Missverständnissen vorzubeugen, indifferente Ausdrücke zu besitzen, Ausdrücke, welche nicht wie alle diejenigen, die uns unsere Sprache bietet, bereits den Bewusstseinsprocess in sich schliessen.

Alle die Ausdrücke wie „sehen“, „fühlen“, „schmecken“, „riechen“ u. s. w. schliessen bereits in sich, dass der äussere Reiz zum Bewusstsein gelangt. Es mussten Worte gewählt werden, in denen dies nicht liegt. Das Wort „percipiren“ ist anfangs vielfach ohne jede Nebenbedeutung einfach dafür gebraucht worden, dass ein Reiz in's Centralorgan aufgenommen worden ist, von wo aus er dann zu motorischen Bahnen übergeleitet eine Reaction auslöst. Diese einfache Bedeutung ist aber fast ganz verloren gegangen, und jetzt wird es gleichbedeutend mit „apercipiren“ gebraucht, womit man andeutete, dass der Reiz nicht nur zum Centralorgan fortgeleitet, sondern auch über die Schwelle des Bewusstseins getreten ist. Das Wort „percipiren“ war also nicht zu gebrauchen. Ich wählte daher ein anderes Compositum von „capere“ nämlich „recipere“, das in gleicher Weise die Bedeutung „aufnehmen“ hat. Hiervon bilde ich das Hauptwort „Recipient“ für die Stelle, an der die Reizaufnahme stattfindet, was man sonst als „Sinnesorgan“ bezeichnet hat, ein Wort, das aber ebensowenig wie „sensibel“ und „sensibler Nerv“ in unzweideutiger Weise angewandt werden kann, da „Sinn“ und „sensibel“ bereits etwas über Bewusstseinsvorgänge aussagen. An Stelle von Sinnesorgan setze ich also das indifferenterere Wort „Recipient“ oder „Receptionsorgan“ und an Stelle der Worte „sensibler Nerv“ „sensible Wurzel“ „sensible Leitung“ die Worte „receptorischer Nerv“ u. s. w. Um dem Bewegungseffect, welcher nach Reizung auftritt, Ausdruck zu geben, gebrauche ich wie üblich das Wort „Reflex“ und als Verb „reflectiren“.

Diese Worte setze ich in folgender Weise zusammen: „Photorecipient“ = „Auge“ (dieses übrigens auch ein indifferentes Wort). „Photorecipiren“ = „sehen“ (aber ohne dass damit nothwendig ein Bewusstseinsvorgang einhergehen muss. Das gleiche

gilt für die folgenden). „Photoreflex“ eine Bewegungserscheinung, die auf photischen Reiz auftritt. Dazu „Photorelectiren.“

„Chemorecipienten“ = „riechen und schmecken“. Dazu „Chemorecipient“, „Chemoreflex“, „Chemorelectiren“.

„Tangorecipienten“ oder „Mechanorecipienten“ = fühlen. „Tangorecipient“, „Tangoreflex“. Diese Ausdrücke sagen nichts über einen begleitenden Bewusstseinsvorgang, schliessen ihn aber nicht aus. Ich empfehle sie zum Gebrauch — vielleicht findet ein anderer passendere — mir schien aber etwas der Art Bedürfniss zu sein.

Das Wort „spontan“ habe ich mehrfach angewandt, trotz der Einwendungen, die von Bickel(21) in neuester Zeit gegen den Gebrauch dieses Ausdrucks gemacht sind. Es soll weiter nichts sagen, als dass man den auslösenden Reiz einer Bewegung nicht kennt; in diesem Sinne ist es seit langem in der Physiologie angewandt worden, und ich sehe keinen Grund, es aus dem wissenschaftlichen Wortschatz zu streichen.

Physiologische Versuche an *Carcinus Maenas*.

Das normale Thier.

Da ich die Erscheinungen, die ein normaler *Carcinus* bietet, nicht als bekannt voraussetzen kann, und die überhaupt in der Litteratur vorhandenen Notizen ungenügend und schwer zugänglich sind, muss ich das, was ich am normalen Thier beobachten konnte, hier mittheilen.

1. Kopflexe. Von beweglichen Organen sind am Kopf drei Paare vorhanden, die Augen, die ersten Antennen und die zweiten Antennen. Die facettirten Augen, welche auf Stielen stehen, sind im mittleren Hintergrunde der Augenhöhlen fixirt. Sie stehen in Ruhelage schräg nach der Seite und nach oben und können lateralwärts, medialwärts, dorsalwärts und ventralwärts bewegt werden. Meist treten Combinationsformen dieser Bewegungen auf. Wenn sie ganz lateralwärts bewegt sind, liegen sie in den Augengruben (die Augen sind eingeklappt). — Die ersten Antennen, deren Basalglied die Otocyste enthält, sind in Ruhestellung mit dem zweiten Gliede nach vorn und etwas seitlich gerichtet; das dritte Glied mit den behaarten Endgliedern steht senkrecht dazu. Sie werden selten stillgehalten, vollführen vielmehr fast dauernd Bewegungen (Spielen der Antennen), indem sie bald abwechselnd, bald

gleichzeitig nach vorne schlagen, dann wieder die eine mehrere Schläge (2—4) ausführt und die gekrenzte nach kurzer Pause einen stärkeren Zwischenschlag ausführt, worauf wieder die erste ihre Schläge beginnt. Die distalen Glieder können in eine Grube des Basalgliedes eingeklappt werden. An der Luft bleiben sie immer eingezogen.

Die zweiten Antennen sind in Ruhelage schräg nach vorne gerichtet. Sie vollführen seltener spontane Bewegungen.

a) Kopfflexe auf Reiz des Verbreitungsgebietes des Nerv tegumentaire.

Am Kopftheil lässt sich ein Gebiet der Chitinbekleidung feststellen, von dem aus charakteristische Reactionen der Kopforgane ausgelöst werden können. Es dehnt sich zwischen den 3. Zähnen des Vorderrandes aus und erstreckt sich auf der Oberseite bis zu den halbmondförmigen Einsenkungen, auf der Unterseite bis zum Munde nach hinten. (Die Verbreitung auf der Oberseite ist auf Fig. 9 Tafel XXV durch eine punctirte Linie angedeutet). Während an anderen Stellen der äusseren Körperbedeckung ein ziemlich erheblicher Reiz nothwendig ist, um Reflexe der Kopforgane auszulösen, genügt hier eine leise Berührung. Durch die anatomische Untersuchung erweist sich dieser Theil der äusseren Bedeckung als das Ausbreitungsgebiet des Tegumentarius (Taf. XXV Fig. 1).

Berührt man einen Punkt dieses Gebietes auf einer Seite mit einer Borste, so tritt Einziehung der ersten Antenne und des Auges dieser Seite ein und zwar um so leichter, je mehr man den Reizort in die Nähe dieser Organe legt. (Am leichtesten werden diese Reflexe bei Reizung der Augengrube ausgelöst.) Bei etwas stärkerem Berühren werden beide erste Antennen, das Auge und die zweite Antenne derselben Seite eingeklappt. Bei noch etwas verstärktem Reiz (Berühren mit einer Nadel) werden beide erste Antennen, beide Augen und die zweite Antenne derselben Seite eingeklappt. Um auch die gekrenzte zweite Antenne zum Einziehen zu bringen, bedarf es ziemlich starker mechanischer Reize, bei denen Erschütterung nicht auszuschliessen ist. In der Mittellinie befindet sich zwischen dem Ausbreitungsgebiet des linken und rechten Tegumentarius eine etwa einen mm breite Zone, bei deren schwacher Reizung schon der Reflex der Kopforgane auf beiden Seiten eintritt.

b) Auf Reiz des Auges und Augenstieles.

a) Mechanisch.

Um diese Reflexe zu prüfen, muss das Zustandekommen von Photoreflexen ausgeschlossen werden. Dem Versuchsthier werden deshalb die Corneae mit Asphaltlack, der in Chloroform gelöst ist, überzogen.

Bei Berührung eines Auges werden immer beide erste Antennen und das betroffene Auge eingezogen. Stärkerer Reiz bewirkt daneben Einziehung der zweiten Antenne und seltener des gekreuzten Auges, niemals der gekreuzten zweiten Antennen. Nach mehrmals wiederholtem Reiz fährt die zweite Antenne eingemale über das gereizte Auge hin.

β) Photisch.

Um auch die ersten Antennen beobachten zu können, müssen die Versuche im Wasser angestellt werden. Da mechanische Reizung (Bewegung des Wassers) ausgeschlossen werden muss, verfähre ich in der Weise, dass ich entweder mit einem Spiegel Licht auf die Augen des im Dämmerlicht sitzenden Thieres werfe oder in der Luft in einer Entfernung von 10—20 cm über dem Wasserspiegel dunkle Gegenstände von Handflächengrösse bewege. Wirft man mit einem kleinen Spiegel plötzlich Licht auf die Augen, so werden die ersten Antennen immer eingezogen und meist die Augen schnell eingeklappt und wieder vorgestreckt, manchmal mehreremal schnell hintereinander, wie ein Mensch, der bei plötzlicher heller Beleuchtung mit den Augen zwinkert. Bewegt man einen dunklen Gegenstand über das Wasser hin, so tritt selten eine Einziehung der Augen ein, immer aber Einziehung der ersten Antennen. Nähert man den Gegenstand von der Seite her, so dass die Zustandsänderung hauptsächlich nur das eine Auge betrifft, so wird meist nur die erste Antenne dieser Seite eingezogen. Bei grossen Gegenständen kann die Bewegung ziemlich langsam sein, um noch eine Reaction auszulösen. Je kleiner der Gegenstand, desto schneller muss er bewegt werden. Bei langsamer Bewegung des Gegenstandes und geringem Unterschied in der Schattirung gegen die Umgebung tritt keine Reaction ein. Die zweiten Antennen können photisch nicht zu Reactionen veranlasst werden.

e) Auf Reiz der ersten Antennen.

Die ersten Antennen sind die am leichtesten reagirenden Organe des ganzen Thieres. Nähert man ihnen vorsichtig eine Borste, so kann man es allerdings dazu bringen, dass sie erst dann reagiren, wenn die Borste eine Antenne berührt. Sie werden dann immer beide blitzschnell eingezogen, kommen aber gleich wieder vor. Gewöhnlich werden sie aber schon zurückgezogen, ehe sie überhaupt berührt werden, allein durch die schwache Bewegung des Wassers gereizt, welche die Annäherung des Gegenstandes erzeugt. Sie werden dann gleich wieder ausgestreckt, fahren ein zweitesmal beim Berühren in ihr Versteck zurück und machen dann einige Schläge auf den Gegenstand zu, als „wollten sie ihn prüfen.“ Hin und wieder hat es mir geschienen, als ob auch die Augen ihre Stellung veränderten und etwas gegen den berührten Gegenstand hin gerichtet würden. Berührt man eine der ersten Antennen etwas derber, so wird auch das Auge derselben Seite, bei stärkerem Reiz auch das gekreuzte Auge eingezogen. Die ersten Antennen bleiben nach einem derartigen Reiz meist längere Zeit eingeklappt.

d) Auf Reiz der zweiten Antenne.

Bei leiser Berührung einer zweiten Antenne werden die ersten Antennen immer eingezogen, die gekreuzte etwas später als die derselben Seite. Eine Reaction der zweiten Antenne selbst und der Augen tritt dabei noch nicht ein. Bei stärkerer Berührung wird auch die gereizte Antenne selbst und das gleichseitige Auge eingeklappt. Die Thiere zeigen sich hierin aber sehr verschieden. Bei manchen Exemplaren findet eine Zurückziehung der Antenne erst statt, wenn sie gekniffen wird. Sie bleibt nie lange eingeklappt, sondern wird gewöhnlich gleich wieder ausgestreckt, aber immer langsamer als die Einziehung erfolgte. Bei starkem Kneifen einer Antenne wird auch das gekreuzte Auge eingezogen (immer deutlich später als das gleichseitige). Eine Reaction der gekreuzten zweiten Antenne habe ich nie bemerkt.

e) Auf Reiz des Thorax und seiner Anhänge.

Eine Einziehung der ersten Antenne kann durch Reiz des Thorax leicht hervorgerufen werden. Auch die Augen können durch starkes Kneifen einer Extremität zur Einziehung gebracht werden, doch mag dies auf der unvermeidlichen Erschütterung beruhen.

2. Die complicirteren Augenbewegungen.

a) Die Compensationsbewegungen.

Die Augen von *Carcinus* und aller auf diesen Punkt untersuchten Decapoden machen Compensationsbewegungen, wenn man den Körper gegen die Ebene des Horizonts verlagert. Diese Erscheinung und ihre Beziehungen zur Otocyste sind bereits von Clark (22) beobachtet und beschrieben worden. (Die zweite der Arbeiten Clark's erschien, nachdem ich dasselbe Phänomen unabhängig von seiner ersten vorläufigen Mittheilung gefunden hatte.) Sie wurden von ihm gesehen bei *Gelasimus pugilator*, *Platyonichus ocellatus* und einigen anderen. Ich beobachtete sie ausser bei *Carcinus* bei *Hommarus*, *Astacus*, *Polybius Henslowii*, *Portunus depurator*, *Maja* und *Palaemon* (bei letzterem sind die Ausschläge sehr gering.)

Bei der Ruhelage der Thiere, bei welcher die Queraxe des Thieres horizontal steht, die Längsaxe vorne gehoben etwa um 10° — 20° von der Horizontalebene abweicht, stehen die Augen schräg nach vorne, um 40° — 45° lateralwärts von der Longitudinalaxe abweichend (Taf. XXX Fig. 8), und schräg nach oben, dorsalwärts um 10° — 20° von der Longitudinalaxe abweichend (Taf. XXX Fig. 9). Dreht man ein Thier 90° um seine Transversalaxe nach vorne, so dass der Kopf bei senkrechter Stellung der Längsaxe nach unten gerichtet ist, so nehmen die Augen die dorsalste Lage ein, die möglich ist; die Stiele berühren den dorsalen Rand der Orbita und weichen somit um 60° — 70° von der Längsaxe dorsalwärts ab. (Taf. XXX Fig. 10.)

Dreht man das Thier in umgekehrter Richtung also nach hinten um 180° (das Thier liegt dann horizontal auf dem Rücken), so drehen sich die Augen wieder der Drehrichtung entgegen und nehmen die ventralste Stellung ein, indem die Augenaxen 15° — 25° ventralwärts von der Längsaxe abweichen (Taf. XXX Fig. 11). Die Drehungsamplitude der Augenaxen beträgt also bei Drehung um die Transversalaxe 75° — 95° . Stellt man die Axe des Thieres in einem andern Winkel dieses Kreisbogens von 270° ein, so nehmen die Augen eine entsprechende Stellung ein, z. B. stehen die Augen, wenn der Kopf bei senkrechter Stellung der Längsaxe grade nach oben gerichtet ist, grade in der Richtung der Längsaxe. Für den vierten Quadranten der Rotation um die Transversalaxe sind keine entsprechenden Augenstellungen möglich, da

schon bei der Drehung um 90° nach vorne und der Drehung um 180° nach hinten die äussersten möglichen Stellungen erreicht werden.

Dreht man das Thier in diesen Quadranten hinein, so bewahren die Augen eine Zeit lang die anfängliche Stellung und schlagen dann an einem bestimmten Punkt zu der andern extremsten Stellung um. (Meist geschieht dies in zwei Rucken.) Dieser Umschlagspunkt liegt in verschiedenen Winkeln, je nachdem man vorne herum oder hinten herum dreht, und zwar wird immer die beim Eintritt in den Quadranten eingenommene Axenstellung so lange wie möglich bewahrt.

Dreht man ein Thier um 90° um die Längsaxe nach links (vom Thier aus gerechnet), so dass also die Transversalaxe senkrecht steht und die rechte Seite unten, die linke Seite oben ist, so werden beide Augen so weit wie möglich nach oben gerichtet; das linke obere Auge steht beinahe senkrecht nach oben und berührt den lateralen Rand der Orbita, (es bildet in der Dorsalprojection einen Winkel von $70-75^\circ$ mit der Längsaxe), das rechte untere liegt mit dem Stiel dem medialen Rande der Orbita an und bildet nach links hin einen Winkel von $5-10^\circ$ mit der Längsaxe (Taf. XXX Fig. 12).

Bei Drehung um 90° nach rechts tritt die entsprechende Augenstellung ein. Die Drehungsamplitude der Augenaxen beträgt also bei Drehung des Körpers um die Longitudinalaxe $75-84^\circ$. Bei jedem Winkel zwischen 90° nach links und 90° nach rechts findet eine entsprechende Stellung der Augen statt. Auch bei Combinationen der Drehung um die Longitudinalaxe und die Transversalaxe treten entsprechende Augeneinstellungen ein. (Bei allen diesen Verlagerungen der Augenaxe findet eine Rotation des Auges um seine eigene Axe statt, auf die ich nicht weiter eingehen will. Einiges darüber ist aus den Figuren zu ersehen.)

Die Drehung der Augen geschieht im selben Tempo wie die Drehung des Körpers. Auch wenn man das Thier ganz langsam mit Hilfe eines Uhrwerks dreht (um 90° in $\frac{1}{2}$ Stunde), so ändern die Augen ganz langsam ihre Stellung. Bringt man sie in irgend einer Körperlage zur Einziehung, so nehmen sie, wenn sie wieder vorgestreckt werden, die vorherige Lage wieder ein. Es kommt somit jeder Stellung des Körpers im Raum (in

bestimmten Grenzen, die vorher angedeutet) eine bestimmte feste Stellung der Augen zu. Die Augen bewahren möglichst ihre Stellung im Raum, während der Körper unter ihnen gedreht wird, sie verhalten sich negativ geotropisch.

b) Die Bewegung der Augen bei passiver Rotation um die Verticalachse.

Bindet man ein Thier horizontal auf eine Drehscheibe und lässt diese rotiren, so drehen sich die Augen sofort beim Anfang der Rotation in der entgegengesetzten Richtung, nehmen also bei Drehung der Scheibe nach rechts etwa die Stellung an, welche in Fig. 12 Taf. XXX dargestellt ist. Beim Berühren des medialen resp. lateralen Orbitalrandes, durch welches Hinderniss eine Weiterdrehung der Augen verhindert wird, schlagen die Augen um einige Grade in der Richtung der Normalstellung zurück (also in der Drehrichtung) und drehen sich dann wieder etwas langsamer bis zur extremsten Stellung der Drehung entgegen, bis sie wieder anstossen. Auf diese Weise entsteht ein kleinschlägiger Compensationsnystagmus, der bei verschiedenen Thieren mehr oder minder ausgeprägt ist. Bei Aenderung der Drehungsrichtung drehen sich die Augen sofort nach dem anderen Orbitalrand herüber und der Nystagmus erfolgt nun in umgekehrter Richtung. Es findet also bei passiver Rotation eine Drehung der Augen entgegen der Drehrichtung statt, verbunden mit Nystagmus in der Drehrichtung. G. O. Clark (22) hat an *Gelasimus Pugilator* etwas ähnliches nicht nachweisen können.

c) Die Bewegungen der Augen beim Laufen.

Carcinus läuft wie die meisten Brachyuren fast nie vorwärts oder rückwärts sondern nach der Seite, rein nach rechts oder rein nach links. Bei der Ruhelage werden die Augen, wie oben erwähnt, auf beiden Seiten symmetrisch gehalten. Bringt man ein Thier nun dazu nach rechts zu laufen, indem man es links berührt, so stellen sich beide Augen sofort nach rechts ein. Dabei ist häufig zu beobachten, dass nach jedem Schritt die Augen etwas nach links (gegen die Normalstellung hin) sich zurück bewegen und sich beim nächsten Schritt wieder nach rechts bewegen, so dass sie hin- und herpendeln; hierbei ist aber, soweit ich das beobachten konnte, im Gegensatz zum Nystagmus bei passiver Rotation der Schlag nach rechts schneller, als der Rückschlag nach links. Sowie man das Thier zum Gang nach links

bewegt, so schnellen die Augen sofort nach links herüber. Es bewegen sich die Augen also bei aktiver seitlicher Verschiebung im Gegensatz zur seitlichen Verschiebung bei der passiven Rotation in der Bewegungsrichtung.

Irgend eine Reaction der Thiere auf Töne und Geräusche, auch auf die stärksten konnte nicht constatirt werden.

3. Die Ruhelage. Bei Tage liegen die Carcini, wenn nicht ein besonderer Reiz erfolgt, still auf einem Fleck. Sehr selten sieht man ein Thier ganz frei im Wasser liegen, gewöhnlich liegen sie mit dem Hinterrand des Thorax an einer Wand, einem Stein oder unter einem vorspringenden Stein verborgen, vor allem auch gern mit dem Hintertheil in einem Winkel; immer ist es jedenfalls ein Platz, der von hinten einigen Schutz gewährt und der sich durch Dunkelheit vor andern der Umgebung auszeichnet. Durch helle Beleuchtung ihres Verstecks z. B. mit einem Spiegel kann man sie zum Verlassen desselben bringen. Es zeigt sich hieraus und aus anderem ein ausgesprochener negativer Phototropismus und ein positiver Kalyptrotropismus (von ἡ καλύπτρα = die Decke, die Hülle und τρέπειν = wenden. Ich glaube, dass diese im Thierreich so weit verbreitete Eigenschaft, sich zu verhüllen oder zu verstecken, einen eigenen Namen verdient).

Thiere, denen die Augen geschwärzt sind, zeigen noch den Kalyptrotropismus unvermindert, aber nicht mehr den negativen Phototropismus. Man findet sie immer an der Wand oder in einem Winkel, aber ebenso in einem Winkel der aus Glasplatten gebildet ist, den photorecipirende Thiere vermeiden, wie in einem dunklen Winkel. (Ich habe dasselbe auch bei *Astacus* bestätigt gefunden und glaube daher, dass die Angabe, der Augen beraubte Krebse suchten noch die Dunkelheit, auf dem unbeachtet gebliebenen Kalyptrotropismus beruht.) In der Ruhelage sind die Beine meist dicht an den Körper angezogen (s e l t e n gespreizt) und der Körper liegt dem Boden auf. Die einzige sichtbare Bewegung ist das Spielen der Antennen.

4. Gang. In der Untersuchung von List (23) über den Bewegungsapparat der Decapoden finde ich keine Angaben über den Gang von *Carcinus*, nur über den anderer Brachyuren. Er kommt bei diesen zu folgenden Resultaten:

- „1. Die häufigste Gangart ist die schräg nach der Seite.“
- „2. Während des Ganges ist der 2.—5. Thoraxfuss in Thätig-

keit und zwar so, dass auf einer Seite der 2., 5., 3. und 4. Fuss nacheinander wirken (2 und 5 kommen auch oft in demselben Zeitmoment zur Thätigkeit).“

„3. Mit dem 2. und 5. Fuss der einen Seite sind der 3. und 4. der andern, und mit dem 3. und 4. der 2. und 5 zusammen thätig.“

„4. Nach ihrer Wirkungsweise sind die Thoraxfüsse einer Seite Zieher und die der anderen Seite Schieber (auch Demoor).“

In einigen Punkten stimmen diese Resultate auch für Carcinus. Es kommt bei diesem Thier auch eine ähnliche Gangart vor, wie sie von List beschrieben wird, sie ist aber nicht die einzige, und er selbst giebt auch zu, dass die Reihenfolge der Beinsetzung nicht bei allen Brachyuren in dieser Weise erfolge, nicht einmal bei derselben Form. Weiterhin versucht er aus der Richtung, in welcher die Beine vom Körper abstehen an einer schematischen Zeichnung, die Wirkungsweise begreiflich zu machen, indem er die Parallelogramme der Kräfte construirt. Dies kann aber keinen Werth haben, da die Kräfte, mit denen die einzelnen Beine ziehen resp. schieben, gar nicht bekannt sind und die Gleichheit, die er annimmt, sicher falsch ist, ausserdem der Winkel, in dem ein Bein zum Körper steht, nicht auch der Winkel ist, in dem es wirkt.

Der Gang von Carcinus ist vorwiegend rein seitlich (nicht schräg nach der Seite), und dies ist bei dem gedrungenen Körperbau, der nach der Seite weniger Widerstand leistende Flächen bietet als nach vorne, am zweckmässigsten. Er kann entweder spontan, also ohne sichtlichen äusseren Reiz (besonders Nachts) auftreten, oder durch mechanische, photische und chemische Reize ausgelöst werden. (Die chemischen Reize werden nachher S. 517 unter Nahrungsaufnahme besprochen werden.)

Bei mechanischer und photischer Reizung tritt der Gang (Fluchtreflex) immer nach der dem Reizort entgegengesetzten Seite ein. Berührt man ein Thier auf der rechten Körperhälfte (und dabei kann man sich der Mittellinie sehr weit nähern), so flieht es nach links (Linksgang), bei Reizung links nach rechts (Rechtsgang). (Ueber die Complicationen dieses Reflexes siehe Seite 508.) Ebenso: Nähert man etwas schnell von rechts einen grösseren Gegenstand, oder macht man eine schnelle Bewegung mit der Hand von rechts auf das Thier zu, so läuft es nach

links, führt man während des Laufens einen Gegenstand von links heran, so ändert sich der Gang plötzlich in Rechtsgang um. (Ein Umdrehen des Thieres wird dabei nie beobachtet.) (Bei diesen Versuchen ist darauf zu achten, dass die Beleuchtung eine ungefähr gleichmässige ist, da die Thiere bei ungleicher Beleuchtung vom Licht fortlaufen, und dadurch das Eintreten des Fluchtreflexes zwar nicht verhindert aber doch verwischt wird). Manchmal erfolgen beim Uebergange von Linksgang zu Rechtsgang oder umgekehrt einige Schritte nach vorne. Der Vorwärtsgang tritt überhaupt fast nur als Zwischenstufe zwischen dem Rechts- und Linksgang auf. Bei den vielen hunderten von Thieren die ich beobachtet habe, sah ich nur wenigmal Vorwärtsgang auf eine längere Strecke (etwa 20—30 cm). Verhältnissmässig häufiger kommt Gang schräg nach rechts oder links vorne vor.

Einige Schwierigkeiten bereitete es, den Gangmodus heraus zu bekommen, da die Setzung der Beine meist recht schnell geschieht, etwa 1—8 Schritte in der Secunde. Ich wandte zunächst ein Verfahren an, das zur Feststellung der Schrittzahl pro Secunde und für andre Zwecke sehr brauchbar ist, über den Rhythmus aber nur geringe Aufschlüsse gibt. Ich wickle um das Endglied jedes Schreitbeins einen ungewaschenen Zwirnfaden und tauche dann jedes Endglied in eine andre Farbe, so dass das Thier, wenn es jetzt auf ein Blatt Papier gesetzt wird, seinen Gang selbst aufschreibt, und es möglich ist, nachher die Einsetzpunkte jedes Beines von denen der anderen zu unterscheiden. Ein ähnliches Verfahren ist, wie ich bei der Durchsicht der Litteratur bemerke, bereits von List (33) bei *Astacus* angewandt worden. Man ersieht aus diesen Gangtafeln, dass die vorangehenden¹⁾ Beine mit der Spitze aufsetzen, beim Weitersetzen aber nicht vom Boden erhoben werden, sondern schleifen, während die folgenden Beine mit der ganzen Aussenfläche des Endgliedes auftreten und beim Weitersetzen vom Boden erhoben werden, dass schliesslich alle Schritte im Durchschnitt gleichgross und gleich an Zahl sind. Um über das Zusammenarbeiten der einzelnen Beine in's Klare zu kommen, muss man zur directen Beobachtung

1) Mit „vorangehenden“ Beinen meine ich bei Linksgang die linken, bei Rechtsgang die rechten Beine, mit „folgenden“ Beinen die Beine der anderen Seite.

greifen (oder zur photographischen Serienaufnahme). Es stellt sich heraus, dass von diesen Thieren vier Gangarten beim Gang nach der Seite ausgeübt werden: zwei Haupttypen, eine Abart und eine gemischte Form.

Gangart I. Sie tritt immer auf, wenn die Thiere sich sehr schnell fortbewegen. Im allgemeinen hält man Carcinus für ein träges Thier, man sieht ihn aber nach starker Reizung oft sehr schnell laufen und dann, wenn er im Wasser an hellen Tagen Palaemon jagt. Thatsächlich ist er im Stande, diese sehr schnell schwimmenden Krebse zu erhaschen, indem er mit grosser Geschwindigkeit (gewiss 1 m in der Secunde) hinter ihnen herläuft und sie im Sprunge erfasst. Bisweilen wird sie aber auch bei langsamerer Fortbewegung angewandt, so dass man sie gut beobachten kann.

Die Beine eines Paares arbeiten dabei immer zusammen (Bildung von Ganggabeln), die vorangehenden Beine ziehend, die folgenden Beine schiebend, und zwar sind immer zwei Paare gleichzeitig thätig.

Ich bezeichne die Beine der rechten Seite mit den römischen Zahlen I—IV, die der linken Seite mit den arabischen Zahlen 1—4. Es arbeiten zusammen I, III, 2 und 4 und andererseits II, IV, 1 und 3. (Siehe Taf. XXX Fig. 1 A. Die gleichzeitig arbeitenden Beine sind mit gleichen Zeichen an den Enden der Beine bezeichnet.) Die Bewegung geschieht in zwei Takten. (Siehe Taf. XXX Fig. 2) (Die Bewegungen während beider Takte in 9 schematischen Zeichnungen bei Rechtsgang. Die Beine sind gleich lang, mit nur einem Gelenk in vertikaler Projection gezeichnet. Die Beine, welche grade an der Fortschiebung des Körpers betheiligt sind, sind ausgezeichnet, die, welche vom Boden aufgehoben sind oder sich zu einem neuen Schritt vorbereiten, gestrichelt gezeichnet). Am Anfang des ersten Taktes (Fig. 2, O) haben die Beine II, IV, 2 und 4 eben ihren Schritt beendet, I, III, 1 u. 3 sind eben so weit wie möglich nach rechts auf den Boden gesetzt. Während des Taktes strecken sich 1 und 3 und krümmen sich I und III (1, 2 und 3), während II, IV, 2 und 4 nach rechts zu neuem Einsatz vorgesetzt werden. Im zweiten Takt geschieht dasselbe nur mit den andern Beinen. (Fig. 2: 4, 5, 6 und 7.) Während jedes Taktes wird der Körper etwas gehoben. Auf Taf. XXX Fig. 3 ist die Wirkung eines Beinpaars unter Andeutung dieser Hebung auf einem Querschnitt dargestellt. Wird

diese Gangart sehr schnell im Wasser ausgeführt (bei der Palaemonjagd), so findet nicht nur eine Hebung, sondern sogar ein Hochschleudern des Körpers statt, so dass sich das Thier in Sprüngen fortbewegt.

Gangart II. Diese Gangart ist sehr selten zu beobachten, da sie meist in einer Modification (Gangart III) geübt wird.

Die Beine eines Paares sind nicht gleichzeitig thätig, vielmehr bildet ein Bein der vorangehenden Seite mit dem nächstfolgenden Bein der gekreuzten Seite eine Ganggabel. Es bewegen sich nicht 2 Beine einer Seite gleichzeitig im selben Sinne, sondern alle 4 Beine treten hintereinander in Thätigkeit. Es folgen also die Bewegungen aufeinander: (Gang nach rechts) 1—I u. 2—II u. 3—III u. 4—IV u. s. w. (Taf. XXX Fig. 1 B).

Gangart III. (Modification von Gangart III.) Gemeinsam mit Gangart II ist, dass die Beine eines Paares nicht zusammenarbeiten. Das erste Bein der vorangehenden Seite, folgt dem letzten Bein dieser Seite so schnell, dass sie beinahe gleichzeitig gesetzt werden, ebenso das erste Bein der folgenden Seite. In Folge dessen wird der Gang zweitaktig. Im ersten Takt (Taf. XXX Fig. 1 C und Fig. 4) arbeiten I, IV und 2 (I und IV ziehend, 2 schiebend Fig. 4, O); einen halben Takt nach ihrem Einsatz kommt II und 3 hinzu (Fig. 4, $\frac{1}{2}$). Im zweiten Takt beenden II und 3 ihre Arbeit, während III, 1 und 4 hinzutreten. Dies ist die gewöhnlichste Form des Ganges bei langsamer und mittlerer Fortbewegung; beinahe so häufig ist:

Gangart IV. (Gemischter Gang.) Die vorangehenden Beine bewegen sich nach Gangart I die folgenden nach Gangart III. Die Bewegung läuft in zwei Takten ab (Taf. XXX Fig. 1 D und Fig. 5). Im ersten Takt arbeiten I, III, 1 und 4. In der Mitte des Taktes tritt 2 hinzu; im zweiten Takt beendet 2 seine Thätigkeit und II, IV und 3 treten in Aktion.

Dass bei dieser Verschiedenartigkeit die Gangtafeln keine bindenden Aufschlüsse geben können, liegt klar auf der Hand. Kennt man den Modus des Ganges, so lässt er sich allerdings meist auf den Gangtafeln wiedererkennen. Oft ist dies allerdings gar nicht möglich, z. B. habe ich nie eine wirklich gute Gangtafel von Gangart I bekommen, wenn ich auch direct bei der Aufzeichnung der Schritte durch das Thier beobachtete, dass es in Gangart I ging. Es müsste bei dieser Gangart I (1) und III (3)

übereinander liegen, ebenso übereinander und im Zwischenraum zwischen I (1) und III (3), II (2) und IV (4).

Bessere Gangtafeln erhält man von Gangart III und IV. Bei Gangart III muss der Einsatzpunkt von I (1) über IV (4) liegen und die Einsatzpunkte von II und III (bei Linksgang) dicht beieinander und näher an I als an IV und von 2 und 3 ebenfalls dicht beieinander und näher an 4 als an 1 stehen. Eine gute Fusschrift dieser Art ist in Fig. 4 Tafel XXV abgebildet. (Bei Rechtsgang II und III näher an IV, 2 und 3 näher an 1).

Bei Gangart IV (Rechtsgang) muss I über III, II über IV und 1 über 4, 2 und 3 zwischen 1 und 4 liegen. (Fig. 5 Taf. XXV).

Da die vorangehenden Beine mit den Spitzen einsetzen, ihr Endglied sich aber am Schluss der Bewegung (Tafel XXX, Fig. 3) umlegt, so gibt die Fussspur gewöhnlich mehrere Punkte (herrührend von der Umwicklung), von denen daher der von der Gangrichtung abgewandte (z. B. bei Rechtsgang der am meisten links gelegene) der Einsatzpunkt ist. Umgekehrt ist das Verhältniss bei den folgenden Beinen: Das Endglied setzt mit der Aussenseite auf und wird während des Schrittes aufgerichtet. Daher ist hier der der Gangrichtung zugewandte (also bei Rechtsgang der am meisten rechts gelegene) Punkt der Einsatzpunkt. Die Abbildungen sind der Einfachheit wegen statt mit 8 Farben mit 2 Farben wiedergegeben. Schwarz sind die Spuren der vorangehenden, roth die der folgenden Beine gezeichnet. Im Uebrigen halten sie sich genau an die Originale. Beide stammen vom selben Thier.

Die Gangart I scheint nur den Brachyuren zuzukommen. Bei allen übrigen Arthropoden, welche ja alle fast nur vorwärts und rückwärts gehen können, werden immer die Beine eines Paares abwechselnd vorgesetzt, sie arbeiten nie im selben Sinne. Tritt nun bei Carcinus Vorwärtsgang oder Rückwärtsgang ein, so treten niemals die Beine eines Paares wie bei Gangart I gleichzeitig in Thätigkeit. Genaueres konnte bei der Seltenheit dieses Ganges in normalem Zustande nicht eruirt werden, ich konnte nur soviel feststellen, dass die Beine eines Paares wie bei den Makruren abwechselnd nach vorne (resp. rückwärts setzen) und zwar gleichzeitig mit dem gekreuzten Bein des übernächsten Paares, so dass sich I und 3 und 1 und III gleichzeitig bewegen. Wie sich die übrigen Beine einreihen, weiss ich nicht, nur dass sie wie diese abwechselnd in Aktion treten. Wahrscheinlich werden sie aber in derselben Weise auf einander folgen, wie es List (33) für Astacus beschrieben hat. Fig. 7,

Tafel XXX zeigt eine Fusschrift vom Vorwärtsgang, die ich zufällig erhielt.

Zum Zustandekommen der Gangbewegungen ist die Berührung der Beine mit dem Boden nicht nothwendig. Hängt man nämlich ein Thier an einem Faden auf, so fängt es an mit den Beinen zu strampeln. Oefter lässt sich in diesen Bewegungen ein bestimmter Rhythmus mit Sicherheit nicht erkennen, andere Male erkennt man aber deutlich dieselbe Reihenfolge und Gleichzeitigkeit der Bewegungen der Beine, wie sie bei Gangart I und III zu beobachten sind; es kann dabei sogar zur vollkommenen Bildung von Ganggabeln kommen. Die Bewegungen können nicht in jeder beliebigen Form von Statten gehen, sondern es werden auch unter anormalen Verhältnissen die Bewegungen nach einem festen, im Centralorgan vorgebildeten Plan ausgeführt. (Dies Verhalten ist identisch mit dem eines Kaninchens, das man an den Ohren hochhebt und das nun mit den Hinter- und Vorderbeinen nach dem Rythmus des Kaninchengalopps strampelt, oder eines Kindes, das sich im Zorn auf den Boden geworfen hat und nun die Beine abwechselnd anzieht und streckt wie beim Laufen.)

Der vorhin erwähnte Reflex, dass ein Thier immer bei Reizung nach der Seite flieht, welche der Reizseite gegenüberliegt, ist überaus fest im Centralorgan vorgebildet. Amputirt man einem Thier auf einer Seite (sagen wir der rechten Seite) alle Beine und die Scheere, so ist der Gang nach dieser Seite hin ausserordentlich erschwert, während der Gang nach der gesunden Seite, indem die hier befindlichen Beine ziehen, noch ganz gut geht. Sich selbst überlassen geht das Thier auch immer nach links. Berührt man es aber auf der linken Seite, so arbeitet es mit den Beinen stehend nach der rechten Seite hin. Auf dem Trocknen ist dabei eine Fortbewegung nach dieser Seite kaum möglich; das Thier arbeitet mächtig mit den Beinen, vermag aber nicht den Körper vorwärts zu schieben. Im Wasser geht es wegen des verringerten Gewichtes leichter.

Auch auf photische Reize, wenn man z. B. die Hand wiederholt von links her gegen das Thier bewegt, tritt anhaltend der Versuch nach rechts zu fliehen ein, trotzdem kein Hinderniss im Wege ist nach links zu fliehen, was viel besser geht. Da die linken Beine nicht ganz nach rechts arbeiten, sondern etwas

schräg nach vorne, so dreht sich das Thier um 180° herum, während man mit den Bewegungen von links her fortfährt und flieht dann natürlich mit den Beinen ziehend.

Carcinus reagirt gut auf der Drehscheibe. Nach Kreidl (24) sollen dies Brachyuren allerdings nicht thun. Ich glaube aber, dass hier Kreidl ein zoologischer Irrthum untergelaufen ist. Er sagt an einer Stelle: „Ich habe nebst *Palaemon* noch andere Krebsarten, wie *Pagurus*, *Crangon* etc. rotirt“, und an anderer Stelle mit Bezug darauf: „einige andere Krebse (Brachyuren) zeigten, wie gesagt, keine Reaction gegen die Drehung.“ Es ist aber weder *Pagurus* noch *Crangon* ein Brachyure; und etc.?

Setzt man ein Thier in eine runde Schüssel voll Wasser und lässt sie rotiren, so läuft das Thier ganz an der Peripherie der Drehungsrichtung entgegen und, wenn die Drehung nicht allzu schnell ist, bewahrt es dabei seine Lage im Raum. Wechselt man die Drehrichtung, so wechselt das Thier nur den Gang um (z. B. von vorherigem Linksgang zu Rechtsgang, also ohne umzudrehen) und läuft wieder der Drehrichtung entgegen. Lässt man längere Zeit mit gleicher Geschwindigkeit rotiren, so hört das Thier allmählich auf, entgegen der Drehrichtung zu laufen, bleibt schliesslich stehen, beginnt dann wieder zu laufen, aber bald gegen die Drehrichtung, bald mit der Drehrichtung. Hält man, wenn das Thier still sitzt, plötzlich die Schale an, so fängt das Thier wieder an zu laufen und zwar immer entgegen der vorherigen Drehrichtung, oder läuft das Thier noch, so wird beim plötzlichen Anhalten der Schüssel die Bewegung des Thieres entgegen der Drehrichtung beschleunigt und dauert fort, bis das Wasser zu rotiren aufhört. — Lässt man das Thier nun in einer Schüssel rotiren, welche kein Wasser enthält, so erfolgt zwar auch immer das Laufen des Thieres entgegen der Drehrichtung, aber lange nicht so schnell, wie beim Rotiren in Wasser; schon bei einer verhältnissmässig langsamen Rotation bewahrt das Thier nicht seine Lage im Raum. Hält man plötzlich die Drehscheibe an, so erfolgt keine Beschleunigung, das Thier hört vielmehr gewöhnlich zu laufen auf; und wenn es beim Arretiren der Rotation still lag, so fängt es nicht wieder an, entgegen der Drehrichtung zu laufen, sondern bleibt still liegen oder läuft in irgend einer Richtung (über die Erklärung siehe Seite 527).

5. **Aufbäumreflex.** Die photische und mechanische Reizung wird nicht immer nur mit Fluchtreflex beantwortet, vielmehr tritt in vielen Fällen ein anderer Reflex, der Aufbäumreflex auf. (Es hängt dies vom Individuum und von der Art der Reizung ab.) Dieser Reflex tritt viel seltener bei Weibchen auf als bei Männchen, am stärksten bei kräftigen und lebensfrischen Exemplaren. Er besteht darin, dass sich das Thier mit dem Vordertheil symmetrisch oder unsymmetrisch aufrichtet, sodass die Körperaxe im Winkel von 45° und mehr zur Horizontalen geneigt ist. Die Beine strecken sich ganz aus, das erste Paar greift schräg nach vorne, das zweite und dritte nach der Seite und das vierte nach hinten, sodass sich das Thier in sehr stabilem Gleichgewicht befindet. Die Scheeren werden gespreizt und erhoben. Dieser Reflex tritt immer auf, wenn man den Rücken oder den Kopf in der Mittellinie berührt, oder wenn man einen Gegenstand von vorne grade auf das Thier zu bewegt. Der Reiz, welcher beide Augen trifft, ist gleich gross, sodass Flucht nach keiner Seite eintreten kann. (Manche Männchen, besonders kleine und die Mehrzahl der Weibchen, ist auch so nur schwer zum Aufbäumen zu bringen; viele ducken sich sogar.) Das Aufbäumen erfolgt in diesem Fall immer symmetrisch. Beim ersten Bewegen auf das Thier zu findet oft nur eine Zuckung in allen Gliedmaassen statt (wie Menschen, welche auf ein plötzliches Geräusch oder eine unerwartete Bewegung zusammenfahren); nähert man nochmal den Gegenstand, so tritt der Aufbäumreflex ein. Nähert man den Gegenstand bis auf einige Centimeter, so schlagen die Scheeren mit Gewalt auf ihn ein. Ja, der Reflex kann sich so steigern (bei mehrmaliger Annäherung und wieder Entfernung), dass das Thier hochspringt und nach dem Gegenstand schlägt; meist verfehlt jedoch der Scheerenschlag sein Ziel. Bewegt man den Gegenstand nach der Seite, so bleiben die Beine eingestemmt, aber der Körper dreht sich mit der Bewegung des Gegenstandes, indem er sich nach der Seite neigt, und die nähere Scheere sich senkt und die entferntere mehr gehoben wird (unsymmetrisches Aufbäumen). Schliesslich flieht der Carcinus dann nach der anderen Seite mit erhobenen Scheeren. Dasselbe unsymmetrische Aufbäumen meist gleich mit Flucht tritt ein, wenn man den Gegenstand schräg von oben und vorne heranzuführt, oder wenn man das Thier auf

einer Seite plötzlich reizt. (Dabei werden die Augen immer von dem herannahenden Gegenstand fort und nach der Fluchtrichtung hin gerichtet auch dann, wenn gar nicht Flucht eintritt, sondern nur unsymmetrisches Aufbäumen. Es spricht dies Verhalten dagegen, dass die Thiere überhaupt fixiren, denn wenn sie es thäten, würden sie doch wahrscheinlich die Augen dem bedrohenden Gegenstand zuwenden.)

Ganz identische Resultate erreicht man bei Reizung der Augen mit dem constanten Strom. (Reizung mit Inductionsströmen wurde nicht versucht.) Ich legte um beide Augenstiele je einen Platinreif, die mit einander durch einen Draht verbunden waren, der nach hinten auf dem Rücken isolirt befestigt wurde. Das Thier wurde auf eine Blechplatte gesetzt, die mit dem einen Pol einer Kette verbunden war. Wurde mit einem von dem anderen Pol kommenden Draht der Verbindungsdraht der Augenbleche berührt, so trat immer symmetrisches Aufbäumen (ohne Flucht), bei wiederholtem Schliessen und Oeffnen Hochspringen und Schlagen mit den Scheeren ein. Bei schwacher Reizung trat nur allgemeines Zucken in den Beinen mit schwacher Erhebung der Scheeren auf. Wurde nur das eine Auge mit Platinblech umlegt, so trat beim Schliessen des Stromes unsymmetrisches Aufbäumen und Flucht nach der ungereizten Seite ein. Ob es sich nun bei diesen Versuchen um Erregung photoreceptorischer oder tangoreceptorischer Organe handelt, bleibt dahingestellt.

Verklebt man einem Thier das eine (sagen wir linke) Auge, so ist es auf mechanischen Reiz noch im Stande, sich symmetrisch und rechts und links asymmetrisch aufzubäumen. Auf photische Reize bäumt es sich dagegen nie symmetrisch oder links stärker auf, sondern immer nur rechts stärker mit Flucht nach links, gleichgültig, ob der Gegenstand von rechts, links oder von vorne herangeführt wird. (Das Thier geht auch spontan im Hellen immer nach links, als ob es da dunkel wäre.) Dabei ist allerdings öfter zu bemerken, dass bei der Annäherung von links das Aufbäumen und die Flucht nach links etwas verzögert eintritt. Reizt man das Thier links mechanisch, so dass es nach rechts geht, und führt nun von links einen Gegenstand heran, auf welchen Reiz hin ein normales Thier nur noch schneller nach rechts entfliehen würde, so sistirt der Rechtsgang

und es tritt fliehen nach links ein, grade auf den Gegenstand zu. Aus diesem Versuch geht mit Evidenz hervor, dass es sich bei dem unsymmetrischen Aufbäumen und bei der Flucht nach der Seite auf photischen Reiz nicht darum handelt, dass der bewegte Gegenstand auf eine bestimmte Stelle der Retina projicirt wird und das projicirte Bild sich in bestimmter Richtung über die Retina hinbewegt, sondern nur darum, dass das eine Auge allein oder das eine stärker als das andere vom Reiz getroffen wird. Wäre es nicht so, so müsste auch beim einäugigen *Carcinus* symmetrisches Aufbäumen und Flucht nach der rechten Seite auf photischen Reiz eintreten können. Man sieht daraus klar, dass von einem „Sehen“ in unserem Sinne, von einer *Perception* der Lage und Entfernung des Gegenstandes, nicht die Rede sein kann.

6. Starrkrampfflex. Dieser Reflex ist mit dem vorigen in der Haltung der Gliedmaassen fast identisch. Die krampfartige Starre, unter der die Muskeln der Beine und der Scheeren stehen, welche sich auch schon beim Aufbäumreflex in schwacher Ausbildung zeigte, wird vollkommen. Der Reflex wird hervorgerufen, wenn man ein Thier über den Rücken fasst und vom Boden erhebt. Das Thier bäumt sich zunächst noch in Berührung mit dem Boden auf und krallt sich in den Sand fest. Ist es erhoben, so strecken sich Beine und Scheeren excessiv nach allen Seiten aus und verharren bewegungslos. Alle Muskeln sind so krampfartig angespannt, dass man die Beine oft kaum biegen kann, ohne sie zu zerbrechen. Kein Reiz bringt ein Bein zur Anziehung oder zu irgend einer Bewegung, wenn der Reflex in voller Ausbildung auftritt. Der krampfartige Zustand dauert oft lange Zeit an; man kann das Thier auf den Kopf stellen, auf den Rücken legen, es bleibt (oft Minuten lang) unbewegt mit den gespreizten Gliedmaassen liegen. (Auch wenn man das Thier in anderer Weise anfasst, tritt der Reflex oft ein.) — Dieser Reflex ähnelt sehr dem von Verworn (34) am Frosch beschriebenen „tonischen Reflexe“. Der Zweck dieses Reflexes ist, wie ich glaube, der, die Thiere vor dem Gefressenwerden von grösseren Thieren zu schützen. Haifische und andere Fische, welche *Carcinus* nachstellen, werden gemeiniglich das Thier vom Rücken fassen. Ein Exemplar, das sie bei angezogenen, schlaffen oder strampelnden Beinen noch gut verschlucken könnten, be-

kommen sie nicht mehr in ihr Maul herein, wenn der Starrkrampfreflex eingetreten ist. Ich konnte etwas Aehnliches einmal beobachten, als ich einige *Carcinus* in ein Bassin mit *Octopus* setzte. Ein kleiner *Octopus* erfasste einen grossen *Carcinus* und legte sich über ihn, konnte ihn aber mit seinem Mantel nach dem Eintritt des Reflexes nicht annähernd bedecken und liess ihn wieder los. (Im Allgemeinen wird der Reflex gegen Tintenfische wenig nützen, da sie die Nahrungsthierc nicht verschlucken, sondern im Mantelraum tödten und maceriren. Es sei hier bemerkt, dass man auf diese Weise ausgezeichnete Chitinpanzer-Präparate mit Erhaltung der dünnen Chitinbänder in 3 Stunden erhält, von einer Sauberkeit, die keine andere Methode bieten kann.)

7. Eierschutzreflex. Der Starrkrampfreflex tritt bei Weibchen nur sehr selten ein, vielmehr erhält man hier bei demselben Reiz (Fassen über den Rücken und Hochheben) einen Reflex, der in Bezug auf die Haltung der Extremitäten genau entgegengesetzt ist, mit dem Starrkrampfreflex aber die Reactionslosigkeit und die starke tonische Spannung der Muskulatur gemeinsam hat, wenn sie auch nicht so excessiv ist. Die Eier werden nach dem Austritt aus den Scheiden an den *Pedes spurii* angeheftet und hier (das Abdomen vom Körper abhebend) bis zum Ausschlüpfen der Larven geborgen. Es werden nun beim Hochheben oder auch bei anderen starken Reizen, besonders des Abdomens, ob die Thiere Eier haben oder nicht, die Beine und Scheeren über das Abdomen flectirt.

Wenn ich die Ansicht ausspreche, dass dieser Reflex den Zweck hat, die Eier zu schützen, welche vielfachen Angriffen ausgesetzt sind, so darf ich nicht verschweigen, dass man gelegentlich bei kleinen oder schwachen Männchen etwas Aehnliches sieht. Aber erstens ist die Haltung der Beine nicht ganz ebenso; sie werden vielmehr nur dicht an den Körper gezogen und dann fehlt das Krampfartige. Sie lassen sich leicht abheben, und die Thiere reagiren auf Reize während des Zustandes, wenn auch mit beträchtlicher Hemmung. Ich glaube also vor der Hand berechtigt zu sein, den beschriebenen Reflex als einen typisch weiblichen und dem Schutze der Nachkommenschaft dienenden zu bezeichnen.

8. Vertheidigungsreflexe und Autotomie. Hält

man einen Carcinus am Bein fest, so antwortet er zunächst mit energischen Fluchtversuchen nach der entgegengesetzten Seite. Darauf stemmt er mit den benachbarten Beinen gegen die Hand an und zieht zu gleicher Zeit das gefasste Bein an. Bleibt dies erfolglos, so kommt die Scheere derselben Seite hinzu und zwick die Hand. Wenn auch das ohne Erfolg bleibt, so dreht er sich halb nach vorne herum, sodass auch die gekreuzte Scheere an der Vertheidigung Theil nehmen kann. Festhalten einer Antenne oder eines Auges wird gleich mit Angriffen von Seiten beider Scheeren, bisweilen auch zugleich mit Anstemmen des ersten Beines beantwortet. Beim Reiz des Abdomens fahren alle Beine und beide Scheeren nach der gereizten Stelle hin und wehren heftig ab. Die Kraft, mit der die Scheeren zukneifen, ist eine bedeutende. Der Reflex des Zukneifens wird von der Innenseite der Scheerenarme ausgelöst; erst wenn ein fester Gegenstand die Innenseite eines Scheerenarmes oder die eine Scheerenspitze berührt, wird zugekniffen. Um diesen Zukneifreflex electricisch auszulösen, muss man sehr schwache Ströme anwenden. Geht die Stromstärke über ein gewisses Maass hinaus, so wird die Scheere nicht geschlossen, sondern noch mehr geöffnet und heftig zurückgezogen. Mechanisch habe ich das gleiche nur auf folgende Weise hervorbringen können: Ich liess ein Thier in ein Stück Holz hineinkneifen und kniff dann plötzlich mit einer Zange die Spitze der einen Scheere ab. Es wurde dann sofort das Holz losgelassen und die Scheere zurückgezogen. Blosses Kneifen eines Scheerenastes bewirkt nicht die gleiche Reaction.

Bindet man ein Thier mit mindestens zwei Beinen (eins auf jeder Seite) fest, so wirft es nach einiger Zeit die Beine an einer prädisponirten Stelle des ersten Gliedes ab. Diesen Selbstamputationsreflex kann man auch hervorrufen, wenn man ein Bein zwischen dem ersten und dritten Gliede abschneidet. Es wird dann der Stumpf bis zur prädisponirten, äusserlich gut erkennbaren Stelle abgeworfen. Die Amputationsstelle schliesst sich, sodass nur wenig Blut austritt. Frenzel (25) glaubt annehmen zu müssen, dass das Autotomiren der Decapoden und anderer Arthropoden nicht ein Reflex, sondern ein Willensvorgang ist. Die Gründe, die er für diese Annahme angiebt, sind zu schwach, um sie hier zu discutiren. Ohne jeden Grund nimmt er an, dass der centrale Sitz des Autotomirens bei Carcinus im Schlund-

ganglion gelegen ist. (Wir werden sehen, dass dies irrig ist.) Er stellte einige Versuche an, um herauszubekommen, wie das Abwerfen der Beine (und Scheeren) zu Stande kommt, konnte aber nur feststellen, dass ein Anstemmen des zu amputirenden Beines an die Thoraxwand nicht nothwendig ist, und dass der Austritt von Blut aus dem angeschnittenen Bein nicht der auslösende Reiz ist. Ich kann dies bestätigen. Ueber das „Wie“ der Autotomie habe ich keine weiteren Versuche gemacht und lasse diese Frage offen.

9. Der Umdrehreflex. Ist ein Thier umgefallen oder hat man es auf den Rücken gelegt, so wird sofort das letzte Beinpaar flach und ziemlich stark gekrümmt unter den Rücken gelegt, das vorletzte Paar greift nach beiden Seiten auf den Boden und indem nun beide Beinpaare gegen den Boden anstemmen, dreht sich der Körper über das Abdomen zur Bauchlage zurück. Dies Umdrehen geschieht im Wasser leichter als auf dem Lande, aber auch hier recht schnell. Der Reflex des auf den Rückenlegens der beiden letzten Beine tritt sofort auf, wenn der Rücken den Boden berührt. Es ist ein sehr starker Reflex, der nur schwer zu hemmen ist. Reizt man gleich nach seinem Eintritt das Abdomen, so fahren gleich alle Beine und die Scheeren zur Abwehr an die Reizstelle, die letzten Beine bleiben aber in Umdrehstellung, falls der Reiz nicht sehr stark ist. Da es sehr häufig vorkommt, dass ein Thier ein oder mehrere Beine verliert, so ist es nicht zu verwundern, dass nach Verlust der eigentlichen Umdrehbeine der Umdrehreflex in anderer als für das unverletzte Thier typischer Weise vor sich geht. Ich glaube bei dem häufigen Fehlen grade dieser Beine, dass der Umdrehreflex auch in anderer als der beschriebenen typischen Form bereits im Centralnervensystem vorgebildet ist und dass die fehl gehen würden, welche das Zustandekommen des Umdrehens unter diesen veränderten Bedingungen auf Ueberlegung oder, sagen wir allgemeiner, auf persönlicher, erst nach der Verstümmelung stattgefundener Neuerwerbung zurückführen wollten.

Ein Thier, dem die beiden letzten Beinpaare fehlen, dreht sich noch recht gut um, indem das zweite Bein, das beim normalen Thier nur selten thätig ist, weit nach vorne auf den Boden gesetzt wird und anstemmend den Körper umdreht. Ebenfalls leidlich gut geht die Umdrehung bei Thieren, denen alle Beine einer Seite fehlen. Das letzte Bein der gesunden Seite wird über normal weit

nach vorne unter den Rücken gelegt und die Scheere schwingt in der Luft oder dem Wasser und unterstützt so die Umdrehbeine.

Auch Thiere, welche auf einer Seite nur das erste Bein und die Scheere, auf der letzteren Scheere, erstes und zweites Bein haben, vermögen sich noch umzudrehen. Das zweite Bein und die Scheere der anderen Seite stemmen gegen den Boden, die andere Scheere schwingt. Ist auch das zweite Bein noch amputirt worden, so werden zwar noch beide Scheeren gegen den Boden gestemmt, eine Umdrehung kommt aber nicht mehr zu Stande. Hat ein Thier nur das letzte Beinpaar, so dreht es sich gut um. Ebenso ist noch eine Umdrehung mit einem letzten Bein und der gekreuzten Scheere möglich. Die eigentlichen Umdrehbeine sind also die des letzten Beinpaares, accessorische die des vorletzten Paares. Als Ersatz kann das zweite Beinpaar und die Scheere in Function treten, sind aber allein zur Drehung ungeeignet. Das erste Beinpaar hat keinen Antheil. Hin und wieder sieht man ein normales Thier sich statt über das Abdomen über den Kopf umdrehen, indem das letzte Beinpaar nicht unter den Rücken gesetzt wird, sondern nach hinten stemmt.

10. Schwimmen. Das letzte Beinpaar ist gegenüber den anderen durch breite Glieder und starke Behaarung ausgezeichnet, aber lange nicht in dem Maasse, wie bei den Schwimmkrabben (Portunus). Carcinus ist daher auch nur ein sehr mässiger Schwimmer. Ein eigentliches Erheben über den Boden mittelst Schwimmbewegungen kommt kaum vor. Nur ausnahmsweise, z. B. wenn ein Thier ein Stück Nahrung erfasst hat und vor anderen damit flieht, begiebt es sich halb schwimmend, halb an den Wänden des Aquariums oder Steinen in die Höhe kletternd in höhere Wasserschichten und vermag dann mit seinen Schwimmbewegungen sich einige Sekunden im freien Wasser zu bewegen und das Herabsinken zu verhindern, aber nicht höher hinauf zu steigen. Lässt man ein Thier im tiefen Wasser untersinken, so beginnt es immer (wenn es nicht durch Starrkrampfreflex oder Eierschutzreflex gehemmt ist) Schwimmbewegungen zu machen, um das schnelle Herabsinken dadurch zu retrahiren. Dabei ist nur das letzte Beinpaar thätig, alle anderen werden still gehalten. Sie schwingen gleichzeitig horizontal nach vorne über den Rücken fort (wie beim Umdrehreflex) und schlagen dann nach hinten.

11. Putzen. Carcinus ist nicht so „reinlich“ wie viele

andere Crustaceen, z. B. *Squilla*. Man sieht ihn nicht allzu häufig mit Putzen beschäftigt. Meistens werden dann mit den Scheeren die Mundtheile gereinigt oder mit den Beinen Abdomen und Thorax. Nach Reizung eines Beines oder des Abdomens wird die gereizte Stelle häufig mit einem Bein oder einer Scheere gescheuert. Hat ein Thier etwas am Auge (z. B. Lack), so wird es entweder mit einem ersten Bein oder der Scheere geputzt, oder das Auge biegt sich ganz ventralwärts und wird mit der Bürste des dritten Maxillarfusstasters, der nach vorne gestreckt wird, abgebürstet.

12. N a h r u n g s a u f n a h m e. *Carcinus* ist ein sehr gefräßiges Thier und kann täglich beträchtliche Quantitäten Nahrung zu sich nehmen und verdauen. Er kann aber auch Wochen lang ohne Nahrung auskommen. Die Nahrung ist ziemlich verschiedenartig: Fleisch von allen Seethieren in frischem und halb verdorbenem Zustande. Frisches Fleisch wird faulem vorgezogen, ganz faules nur nach langem Hungern genossen. Am Besten wird der Eierstock von *Pecten* und lebende *Palaemon* genommen. Ist die Nahrung knapp, so fressen sie sich (wie auch andere Arthropoden, z. B. *Pagurus*) gegenseitig auf; besonders sind die Exemplare, welche eben gehäutet haben, starken Angriffen ausgesetzt.

Ueber die Art und Weise, in welcher *Carcinus* auf die chemischen Stoffe der Nahrung reagirt, liegen einige Notizen von Nagel (18) vor: „Wenn man ein Stück Fleisch in etwa 1 cm Abstand vor dem Kopf des Thieres vorbeibewegt, gerathen die für gewöhnlich ruhig gehaltenen kleineren inneren Antennen sofort in heftige vibrirende Bewegung. Die Krabbe greift aber nie nach dem Fleische. Wird das Fleischstück so weit genähert, dass die Antennen dasselbe berühren können, so betasten sie das Fleisch rasch und lebhaft. Nur dann, wenn die Mundtheile direct berührt werden, greift das Thier mit den Scheeren nach dem Fleische und kaut daran. Dies ist indessen kein Zeichen von Schmeckvermögen der Mundtheile, denn das Verhalten ist nicht anders, wenn man sie mit geschmacklosen Stoffen berührt.“ Auf Reizung mit Glycerin wurde von den Antennulac und den Mundwerkzeugen reagirt, von den zweiten Antennen nicht. Nagel hält es daher für wahrscheinlich, dass die Antennulac und die Mundtheile Sitz von „Schmeckorganen“ sind, dass die inneren

Antennen aber auch (abweichend von *Astacus* und *Pagurus*) zum Tasten dienen. Er hält es für schwer festzustellen, wie weit die Krabben sich vom „chemischen Sinn“ leiten lassen. Er sah, wie man sie auf den Friesischen Inseln in grosser Zahl mit Schnüren angelt, an denen ein Wurm angebunden ist, der immer wieder benutzt wird, dass sogar der Wurm (der nach seiner Meinung beim längeren Aufenthalt in Wasser nur noch sehr wenig lösliche, schmeckbare Stoffe abgeben kann) unnötig ist und ein in's Wasser gehängter Bindfaden genügt. Daraus schliesst Nagel, dass die Krabben durch den „Tastsinn“ und allenfalls den „Gesichtssinn“ zum Anbeissen veranlasst werden, aber nicht oder mindestens nicht allein durch den „Geschmack“, da sie überhaupt nach jedem vorgehaltenen Gegenstand greifen, besonders wenn er sie berührt. Wenn die Thiere selbst auf Jagd gehen, so hält er es für möglich, dass hierbei der „chemische Sinn“ benutzt wird. Jedenfalls scheint er der Ansicht zu sein, dass *Carcinus Maenas* nur sehr wenig chemoreceptorisch ist.

Ich habe mich im Gegensatz dazu überzeugt, dass *Carcinus* eines von den Thieren ist, die am allerbesten auf chemische Reizstoffe, wenn sie adäquat sind, reagiren. Adäquat sind aber mit Sicherheit nur die chemischen Stoffe für ein Thier, welche von seiner Nahrung ausgehen und die im Geschlechtsleben eine Rolle spielen. Alle anderen (Vanillin, Pikrinsäure, Chinin, Glycerin u. s. w.) sind in ihrer Wirkung verdächtig. Wenn Nagel zu ziemlich negativen Schlüssen kam, so liegt dies einmal an dem ausserordentlich feinen Reactionsvermögen der Krabben und dann in seiner ersten Versuchsreihe wohl daran, dass die Thiere entweder übersättigt oder halb todt waren, denn nur in diesen beiden Zuständen kommt es vor, dass ein *Carcinus* nach einem vorgehaltenen Stück Nahrung nicht greift.

Bei der Aufsuchung der Nahrung folgt *Carcinus* nach meinen Versuchen hauptsächlich dem chemischen Reiz. Das Auge spielt dabei gar keine oder nur eine sehr geringe Rolle. Wirft man in ein grosses Bassin, in dem sich einige *Carcinus* befinden, ein Stück Fischfleisch oder *Pectenovarium*, so reagiren die Thiere, auch die, welche die Augen dem herabsinkenden Stück zugewandt haben, zunächst gar nicht. Nach einigen Secunden beginnen aber die zunächst sitzenden mit ihren Antennen schneller zu schlagen und die Maxillarfüsse hin und her zu bewegen. Je

weiter die Thiere von dem Fleischstück entfernt sind, desto später beginnen sie mit diesen Bewegungen; aber es genügt ein einziges 1 ccm grosses Fleischstück, um viele Dutzende *Carcinus*, welche sich in einem Bassin von etwa 1 Cubikmeter Wasserinhalt befinden, zur Reaction zu bringen. Ja man braucht nur einen Tropfen Fleischsaft hineinfallen zu lassen oder mit der Hand, die ein Stück Fleisch berührt hat, durch's Wasser zu fahren, um alle Thiere in Aufregung zu bringen. Am Besten liess sich constatiren, dass es thatsächlich nur die löslichen Stoffe der Nahrung, also chemische Reize sind, welche diese typische Reaction hervorbringen, wenn ich geblendete Thiere benutzte oder das Experiment in einer Aquarienanlage anstellte, welche Prof. Weldon aus London in Plymouth zu anderen Zwecken aufgestellt hatte.

Etwa 2 Liter Wasser fassende Glasbottiche waren in 7 oder 8 Reihen treppenförmig übereinander aufgestellt. Das Seewasser floss aus einer Rinne in die Gefässe der obersten Reihe ein, durchzog dann die 7 (oder 8) Gefässe, um aus dem untersten abzufliessen. In jedem Gefäss befand sich ein kleiner *Carcinus*. Brachte man in das oberste Gefäss, wenn die Thiere einer Reihe sich ganz ruhig verhielten, ein Stück Fleisch, so bemerkte man nach einigen Secunden, wie das Thier im zweiten Gefäss plötzlich anfang, mit den ersten Antennen schneller zu schlagen, die Maxillarfüsse hin und her zu bewegen und sich nach oben aufzurichten, von wo der Wasserzufluss erfolgte. Der Reihe nach in bestimmten Zeitabständen folgten die Thiere des dritten, vierten u. s. w. Gefässes nach, auch dann, wenn zwischen die einzelnen Gefässe Pappdeckel geschoben wurden, so dass ein Thier das andere nicht photorecipiren konnte.

Hat man in ein Bassin ein Stück Fleisch geworfen, so fangen die Thiere kurze Zeit nach Eintritt der beschriebenen Reaction zu gehen an und zwar meist in ziemlich direkter Linie auf das Fleischstück zu. Je näher sie ihm kommen, desto schneller laufen sie. Dass hierbei das Auge keine Rolle spielt, geht daraus hervor, dass auch geblendete Thiere ebenso sicher auf die Nahrung losmarschiren (oft auf eine Entfernung von $\frac{1}{2}$ Meter und mehr), und dass ungeblendete sehr häufig einige Centimeter über das auf dem Boden liegende Stück fortgehen. Sie machen dann gewöhnlich plötzlich Halt und fahren mit den Scheeren zwischen ihren Beinen hindurch nach hinten, um mit oft erstaunlicher

Sicherheit das Stück zu erfassen. Dieses zuerst sonderbar erscheinende Verhalten erklärt sich leicht daraus, dass, wie Milne Edwards (26) nachgewiesen hat, der Strom des Athemwassers durch zwei im vorderen Athemcanal gelegene Appendices valvulares des zweiten Maxillarfusspaares in Bewegung gesetzt von hinten nach vorne geht. Die von dem Fleischstück ausgehenden chemischen Stoffe treffen also erst dann am concentrirtesten die Antennen und Mundwerkzeuge, wenn die hinteren Oeffnungen der Athemkammern, durch die das Wasser einströmt, über dem Fleischstück sich befinden. Legt man in gleicher Entfernung ein Stück Fleisch vor und hinter das Thier, so wird immer das hinter dem Thier liegende ergriffen, auch dann sogar, wenn das vordere näher liegt.

Nachdem es erfasst ist, wird es mit den Scheeren zum Munde geführt, von den äussern Maxillarfüssen erfasst und nun durch Hin- und Herbewegen aller Mundgliedmaassen zum Oesophagus vorgeschoben. Ist das Stück zu gross, so werden entweder kleinere Stücke mit den Scheeren losgerissen, oder es wird mit den Mandibeln festgehalten und nun durch streichende Bewegungen der Maxillarfüsse und auch mit Hilfe der Scheeren in die Länge gezogen, sodass es den Mund passiren kann.

Aus der Reaction der Antennen schliesst Nagel, wie ich meine mit Recht, dass sie mit der Chemoreception etwas zu thun haben. In der Hauptsache sind aber — wie ich auch später noch zeigen werde — die Mundwerkzeuge selbst daran betheilig, denn die Thiere sind auch nach Abtragung der Antennenfahne und der ganzen Antennen im Stande, ihre Nahrung zu finden.

Ist nun der chemische Reiz die einzige Bedingung, um einen Carcinus zum Verschlucken eines Körpers zu bringen?

Schleift man ein Stück Fleisch auf den Steinen, die den Boden des Aquariums bedecken, hin, so folgt ein Carcinus dieser Spur und hebt oft jeden Stein, der in Berührung mit dem Fleisch gewesen ist, auf, führt ihn zum Munde, wirft ihn aber sofort nach Berührung der Maxillarfüsse fort, bis er schliesslich das Fleischstück findet. Auch dann, wenn man den Stein ganz in Fleischsaft wälzt, wird er immer fortgeworfen und nie verschluckt. Es genügt also der vom Stein ausgehende chemische Reiz zur Erfassung mit der Scheere (andere Steine werden nie genommen und das Ergreifen aller vorgehaltenen Gegenstände, wenn sie den

Körper berühren, das Nagel erwähnt, hat mit Nahrungsaufnahme gar nichts zu thun, denn sie werden nie zum Munde geführt), um aber in den Mund aufgenommen zu werden, ist eine zweite Bedingung, die einer gewissen Consistenz zu erfüllen. Fliesspapier, das mit Fleisch in Berührung gewesen ist, wird ergriffen, gekaut und geschluckt. Der Körper muss also eine gewisse Weichheit haben, und zwar ist der Sitz dieser Tangoreception nicht das ergreifende Organ, die Scheere, sondern das kauende Organ, die Maxillarfüsse.

Nagel schliesst aus der Beobachtung, die ich selbst bestätigen kann, dass man *Carcinus* mit einem Bindfaden ohne Köder angeln kann, dass der chemische Reiz keine Bedingung zum Zustandekommen des Schluckreflexes ist. Dies ist aber irrig, denn es zeigt, dass die Schwelle für chemische Reize ausserordentlich niedrig ist, nicht aber, dass es ohne chemischen Reiz geht. Nimmt man einen Faden, der lange Zeit gewässert ist, so beisst nie eine Krabbe an. Hält man ein gut gewaschenes und gewässertes Stück Fliesspapier mit einer reinen Pincette auch noch so lange einem „hungrigen“ *Carcinus* vor, er nimmt es nie. Es genügt aber schon, das Papier nur mit dem Finger zu berühren, um das Thier zum Hingreifen zu bringen; es wird allerdings meist nach einigem Kauen wieder fortgeworfen; hatte man aber mit dem Finger vorher Fischfleisch angefasst, so wird es auch geschluckt.

13. Copulation. Die Copulation findet, wie bereits bekannt ist, nur statt, wenn das Weibchen eben gehäutet hat. Offenbar strömt es in diesem Zustand einen besonderen chemischen Stoff in's Wasser aus. Es spricht dafür die Thatsache, dass in einem Bassin, in dem viele Thiere untergebracht sind, die hartschaligen Weibchen ganz unbehelligt von den Männchen bleiben; so wie man aber ein eben gehäutetes Weibchen in's Wasser setzt, werden alle Männchen unruhig und oft, noch ehe das Weibchen den Boden erreicht hat, wird es von einem Männchen ergriffen. Das Männchen legt zunächst ein erstes oder zweites Gangbein um den Körper des Weibchens und läuft oft eine ganze Zeit so mit dem fest an den Bauch gedrückten Weibchen, das alle Beine an den Körper gezogen hat, umher, da die übrigen Männchen eifrig bemüht sind, ihm das Weibchen zu entreissen. Dabei verliert das Weibchen oft einige Beine, die dann verzehrt werden. Kommt das Männ-

chen zur Ruhe, so dreht es das Weibchen auf den Rücken, so dass sie jetzt Bauch an Bauch liegen; dabei hält er es immer mit einem oder mehreren Beinen umschlungen, ja nicht selten, besonders wenn ein anderes Thier versucht, das Weibchen an sich zu bringen, oder wenn das Weibchen Bewegungen macht, schlingt er alle Beine um ihren Körper und bedeckt sie von oben mit den Scheeren, kneift sie sogar recht derb, wenn sie nicht ruhig liegt. Einmal beobachtete ich, wie nun das Weibchen sein Abdomen lüftete und hinter den Hinterrand seines Körpers legte. Ob dies immer selbständig von Seiten des Weibchens geschieht, kann ich nicht angeben. Hierauf hebt auch das männliche Thier sein Abdomen und legt es mit seiner Aussenseite an die Innenseite des weiblichen Abdomens an; die zu Penes umgewandelten Pedes spurii werden in die Vulvae eingeführt, und das Weibchen, das mit engangezogenen, aber nicht wie beim Eierschutzreflex über dem Abdomen gekreuzten Extremitäten daliegt, fest umschlungen. Dabei drückt das Männchen gewöhnlich mit dem vierten Gangbeinpaar das Abdomen des Weibchens von hinten gegen das seine. So verharren sie 10 bis 16 Stunden. Die Ueberführung des Samens konnte ich nicht beobachten; sie scheint immer Nachts zu erfolgen. — Einmal beobachtete ich, wie ein normales Weibchen, das mit einem operirten Männchen copulirte, die Penes desselben, die nicht in den Vulvae steckten, mit Hilfe des vierten Beinpaars in die Geschlechtsöffnungen steckte, indem es mit den beiden dritten Beinen nach den Oeffnungen „tastete“.

Das Verhalten der Thiere nach Schwärzung der Cornea.

Die Schwärzung der Cornea wurde mit Maskenlack (nach Kreidl (24)) oder wenn die schwarze Farbe lange sitzen bleiben sollte, mit schwarzer Oelfarbe vorgenommen. (An verschiedenen Corneae, welche mit einem Messer nach der Schwärzung abgeschnitten und unter dem Mikroskop untersucht wurden, überzeugte ich mich, dass der Durchgang des Lichtes durch die Cornea vollkommen verhindert wird.)

Eine Veränderung in den Compensationsbewegungen, wie sie Clark (22) an Gelasimus feststellen konnte, war nicht zu bemerken, ebenso keine Abnahme der Bewegungen der Augen in

der Laufrichtung. Bei passiver Rotation um die vertikale Axe war eine geringe Verminderung der Ausschläge bisweilen zu constatiren. Wie schon erwähnt, fällt der negative Phototropismus vollkommen fort, ebenso alle Reactionen, welche sonst durch Veränderung der Lichtintensität hervorgerufen werden können (Aufbäumen, Einziehen der ersten Antennen, Flucht). Bei Annäherung eines Gegenstandes im Wasser werden die ersten Antennen bei grösserer Distanz eingezogen, als bei normalen Thieren. Es scheint mir dies darauf hinzudeuten, dass dieser Reflex, welcher durch die Bewegung des Wassers und die dadurch erfolgende Reizung der ersten Antennen hervorgerufen wird, beim normalen Thier von den Augen aus gehemmt wird.

Im übrigen verhalten sich die Thiere ganz normal. Sie laufen geschickt auch auf glatten Flächen, bäumen sich auf mechanischen Reiz gut auf, suchen ihre Nahrung auf weitere Strecken und betheiligen sich an dem Kampf um die Nahrung der im selben Bassin gehaltenen normalen Thiere in geschickter Weise.

Das Verhalten von *Carcinus* nach dem Abschneiden beider erster Antennen mit Ausnahme des Basalgliedes (in welchem die Otocyste liegt).

Es ist an diesen Thieren nur eins hervorzuheben: Die Chemoreception hat eine bedeutende Einbusse erlitten. Die Thiere gehen auf Nahrung, welche in einer Entfernung von mehr als 10 cm vor ihrem Kopf niedergelegt ist, nicht los. Erst dann, wenn man das Nahrungsstück dichter an den Mund oder dicht hinter das Thier legt (ohne das Thier selbst zu berühren), wird danach gegriffen und die Nahrung gekaut und geschluckt. Es geht daraus hervor, dass die ersten Antennen der Chemoreception dienen, wie dies ja auch Nagel (18) aus der Reaction der ersten Antenne beim Vorlegen von Nahrung geschlossen hat, dass sie aber nicht das einzige Organ der Chemoreception sind.

Die Fortnahme beider Statocysten (Otocysten).

Es kann diese Operation in der Weise gemacht werden, dass das Basalglied der ersten Antenne am lateralen Rande aufgebrochen und die Statocyste mit einer Pincette hervorgezogen wird. Eine Verletzung des Nerven, der in die Endglieder der Antenne hinaufsteigt,

ist dabei aber schwer zu vermeiden, sodass die einfache Exarticulation der ganzen ersten Antenne im ersten Gelenk vorzuziehen ist. Die Grube, welche sich schnell mit Blut füllt, wird mit einem Fliesspapierpfropf verstopft und dieser mit Modellirwachs überzogen, um weiteres Austreten von Blut zu verhindern.

2.¹⁾ Die complicirten Augenbewegungen.

a) Die Compensationsbewegungen.

Nach dieser Operation war bei der Mehrzahl der Thiere, welche zur Untersuchung gelangten, die Compensation der Augen vollkommen verschwunden, bei sonst ganz erhaltener Reflexerregbarkeit der Augen. Bei einigen Exemplaren waren die Compensationsbewegungen aber nur stark herabgesetzt und traten unregelmässig auf. Bald war ein geringeres Maass von Compensationsbewegungen zu bemerken, bald nicht, bald waren sie auf dem einen Auge deutlicher, bald auf dem andern. Es war also beim selben Thier eine Inconstanz der Erscheinung zu bemerken. (Es muss hier angeführt werden, dass auch bei ein und demselben normalen Thier die Ausschläge in verschiedenen Versuchen nicht immer gleich gross sind und bald das eine Auge, bald das andere etwas grössere Ausschläge macht.)

Clark (22), der vor mir, aber ohne dass ich von seinen Versuchen Kenntniss hatte, dieselben Versuche an *Gelasimus pugnator* machte, fand durchgehends, dass ein geringer Grad von Compensationsbewegungen nach Herausnahme beider Statocysten bestehen blieb, dass dieser aber verschwand, wenn beide Augen geschwärzt wurden.

In der That schwindet auch bei einigen der *Carcinusexemplare*, bei welchen noch nach Herausnahme der Statocysten ein Rest von Compensationsbewegungen bestehen bleibt, dieser vollkommen nach Schwärzung der Corneae, bei anderen bleiben aber trotzdem noch bemerkbare Spuren von Compensationsbewegungen übrig. Es deutet dies darauf hin, dass die Statocysten beim Zustandekommen der Compensationsbewegungen die Hauptrolle spielen, dass aber ausserdem noch die Einwirkung des Lichtes und ein dritter Factor, wenn auch nur in geringem Maasse, theiligt sind.

1) Die Zahlen beziehen sich auf die unter den gleichen Ueberschriften beschriebenen Reflexe des normalen Thieres.

b) Die Bewegungen der Augen bei passiver Rotation um die Vertikalaxe.

Diese Bewegungen sind nach Exstirpation der Statocysten immer herabgesetzt, sie verschwinden danach aber nie ganz, sondern es bleibt immer ein recht beträchtlicher Rest erhalten. Schwärzt man dann die Corneae, so bleiben Reactionen der Augen vollkommen bei passiver Rotation um die Vertikalaxe aus.

c) Die Bewegungen der Augen in der Laufrichtung erleiden nach Herausnahme der Otocysten nicht die geringste Einbusse, auch nicht, wenn zugleich die Augen geschwärzt werden.

4. Der Gang zeigt nicht unbedeutende Veränderungen. Auf einer glatten Unterlage vermögen die Thiere sich nur schlecht fortzubewegen und im Gegensatz zu normalen Thieren fallen sie leicht hinten über, besonders wenn sie etwas gereizt werden und sich beim Laufen aufbäumen.

Der rein seitliche und nur etwas schwankende Gang zeigt aber noch eine andere höchst auffallende Veränderung; es ist nämlich die Correlation in der Schrittzahl geschwunden. Es ist bereits erwähnt, dass beim normalen Thier die Zahl der Schritte auf beiden Seiten, wie sie leicht aus den Gangtafeln abgelesen werden kann, gleich oder wenigstens annähernd gleich ist. Ein Mehr von 1—8 Schritten auf 100 ist nichts seltenes. Bei diesen Thieren ist aber immer die Zahl der Schritte auf der folgenden Seite, d. h. auf der linken Seite bei Rechtsgang, auf der rechten bei Linksgang um 20—50 auf 100 vermehrt. Hat man die Fusschrift vor und nach der Operation genommen, so stellt sich heraus, dass die Beine der vorangehenden Seite ebenso grosse Schritte machen, wie vor der Operation, während die der folgenden Seite kleiner und unregelmässig sind.

Ich gebe hier die Resultate der Gangtafeln eines Thieres 6 Wochen nach der Operation, um einen Begriff davon zu geben, wie auch bei demselben Thier die Vermehrung der Schritte der folgenden Seite innerhalb breiter Grenzen schwankt. (Die Zahlen der Schritte sind auf die der vorangehenden Seite = 100 bezogen. l = Zahl der linken Schritte, r = Zahl der rechten Schritte):

Rechtsgang.	Linksgang.
$r:l = 100:146$	$l:r = 100:150$
$r:l = 100:135$	$l:r = 100:120$
$r:l = 100:140$	$l:r = 100:121.$

Auf der Drehscheibe reagiren die Thiere genau so gut wie normale Thiere, abgesehen davon, dass sie leicht hintenüber fallen.

9. Umdrehreflex. Hat man ein Thier auf den Rücken gelegt oder ist es, wie so häufig, selbst hintenüber gefallen, so dreht es sich in den seltensten Fällen in normaler Weise, d. h. über das Abdomen zur Bauchlage um. Gewöhnlich wird nicht das letzte Beinpaar wie bei der normalen Umdrehung unter den Rücken geschoben, sondern nach hinten fortgestreckt und gegen den Boden angestemmt und, indem das dritte Beinpaar in ähnlicher Weise verfährt, dreht sich das Thier über den Kopf zur Bauchlage zurück. Auf glattem Boden fällt es dann häufig in Folge des Schwunges wieder hintenüber, dreht sich wieder über den Kopf zur Bauchlage um und so fort. In dieser Weise sieht man die Thiere sich oft 10 mal und mehr um ihre Transversalaxe drehen. Die normale Umdrehung kommt bisweilen auch zu Stande, ist aber ebenso, wie beim normalen Thier die Umdrehung über den Kopf, eine Ausnahme.

Hebt man das Thier in Bauchlage in die Höhe, so dass die Füße den Boden nicht mehr berühren und legt nun die Hand oder ein kleines Brett auf seinen Rücken, so sieht man nicht selten, dass das letzte Beinpaar wie zur normalen Umdrehstellung (trotz der Bauchlage) auf den Rücken gelegt wird und auch Anstrengungen zur Umdrehung macht. Das normale Thier unter dieselben Bedingungen gebracht thut dies nicht, sondern ampelt mit den Beinen herum, langt dabei wohl auch mal mit den letzten Beinen auf den Rücken, legt sie aber nicht zu der charakteristischen Umdrehstellung, sondern greift nur nach festen Punkten, um los zu kommen. Es lässt dies darauffschliessen, dass mit der Fortnahme der Statocysten die Beziehungen des Thieres zur Anziehungskraft der Erde wenigstens theilweise aufgehoben sind.

10. Lässt man ein Thier in tiefem Wasser untersinken, so macht es mit den letzten Beinen die charakteristischen Schwimmbewegungen. Schwankungen sind dabei nicht zu constatiren, was

auch nicht zu besonderer Verwunderung Anlass geben kann, da das Gleichgewicht beim Sinken in Wasser recht stabil ist.

Ein Vergleichsversuch an *Palaemon*.

Nach den Versuchen von *Kreidl* (24) an *Palaemon*, bei denen nach seiner Beschreibung die Reaction auf passive Rotation nach Herausnahme der Otocysten verschwinden soll, musste das Fortbestehen der Reaction auf der Drehscheibe bei *Carcinus* sonderbar erscheinen. Ich habe deshalb die diesbezüglichen Versuche *Kreidl*'s an *Palaemon* nachgeprüft und gefunden, dass seine Beschreibung nicht den Thatsachen entspricht. Die Reaction auf der Drehscheibe hat bei *Palaemon* ebensowenig mit den Statocysten zu thun, wie bei *Carcinus*.

Kreidl sagt wörtlich:

„Wenn man ein normales Thier mit der oben angegebenen „Geschwindigkeit“ (2–3 Umdrehungen in der Secunde) „rotirt, so beginnt das Thier sofort gegen die Drehrichtung zu laufen, wobei es sich stets an die Peripherie der Schale hält; in dem Moment, wo man die Drehrichtung umkehrt, läuft das Thier kurze Zeit rückwärts, dreht sich dann um, um nun wieder gegen die neue Drehrichtung zu laufen. . . . Ist das Wasser einmal in rascher Rotation, wird das Thier mit fortgerissen.“

Ein *Palaemon* dem die Otolithen mittelst einer Nadel herausgenommen werden, benimmt sich nicht mehr so, sondern läuft bald in der Drehrichtung, bald gegen die Mitte der Schale oder er dreht sich einige Male um eine verticale, durch die Mitte seines Körpers gehende Axe.

Wenn man das Thier noch obendrein mit Lack blendet, so ist es ganz hilflos, überkugelt sich öfters, liegt längere Zeit auf dem Rücken, macht während der Rotation keine active Bewegung, hängt oft seitwärtsliegend am Rande der Schale, zeigt absolut keine Reaction gegen die Drehung.“

Dass das normale Thier sich bei Rotation gegen die Drehrichtung einstellt, ist richtig. Es läuft oft so schnell der Drehrichtung entgegen, dass es den Platz an der Peripherie der Schale bewahrt. (Bei schneller Rotation fängt es oft ebenfalls entgegen der Drehrichtung an zu schwimmen, mit den Beinen den Boden schleifend oder durch Laufschriffe das Schwimmen unterstützend.) Aendert man die Drehrichtung, so läuft das Thier entgegen der neuen Drehrichtung rückwärts, wie *Kreidl* richtig angiebt, und dreht dann um, immer mit dem Kopf nach dem Centrum zu. Je grösser die Geschwindigkeit ist, desto grösser ist der Kreis-

bogen bei dieser Umdrehung, bis es schliesslich die Schale ganz durchquert, also gegen die Mitte der Schale läuft, wie es nur die statocystenlosen nach Kreidl thun sollen. Bei sehr schneller Drehung kommt es überhaupt nicht herum, sondern wird nach der Durchquerung der Schale mit dem Strom fortgerissen.

Bei den statocystenlosen Thieren sind die Coordinationen der Bewegungen stark gestört; es ist daher nicht zu verwundern, wenn die Thiere auch auf der Drehscheibe nicht mehr die exacten Reactionen des normalen Thieres zeigen. Es ist deshalb auch sehr schwer zu sagen, ob bei diesen Thieren die Gleichgewichtstörungen auf der Fortnahme eines statischen Apparates beruhen oder auf der Fortnahme eines Organes, das mit der Correlation der Bewegung oder dem coordinirten Tonus der Muskeln, um im Sinne Ewalds (27) zu sprechen, etwas zu thun hat. (Ich will damit nicht die statische Function der Statocysten in Zweifel ziehen; ich sage nur, diese Frage ist schwer zu entscheiden, denn dass auch sonst die Correlationen der Bewegungen gestört sind ausser denen, welche bei der Gleichgewichtserhaltung in Frage treten, ist leicht bei der Nahrungsaufnahme zu beobachten.) Diese Störung der Correlationen nimmt noch zu nach Schwärzung der Augen. Auf das Verhalten der Thiere nach beiden Operationen scheint Kreidl besondern Werth zu legen. Es kommt hier ja aber gar nicht darauf an, zu zeigen, dass die Augenschwärzung die Bewegungscoordination stört, sondern, ob die Statocysten etwas mit der Reaction auf der Drehscheibe zu thun haben. Ein Mensch, der ohnehin schon nicht gehen kann, wird es auch auf der Drehscheibe nicht können.

Setzt man ein Thier nach dem Herausstechen beider Otocysten oder noch sicherer nach Abschneidung beider erster Antennen in die Drehschüssel mit Seewasser (ich benutzte eine Schale von 25 cm Durchmesser) und rotirt langsam, so läuft das Thier immer entgegen der Drehrichtung, fällt wohl gelegentlich dabei um, steht aber schnell wieder auf. Bei Umkehrung der Drehrichtung läuft es wie das normale Thier erst rückwärts und dreht dann mit Sicherheit nach der Mitte zu sich um 180° um, so dass es nun wieder mit dem Kopf voran gegen die Drehrichtung läuft. Je schneller die Drehung erfolgt, desto grösser wird der Kreisbogen und bei einer Geschwindigkeit, bei der das normale Thier noch im kurzen Bogen umdrehen kann, durch-

quert es schon die Schale. Bei noch schnellerer Bewegung erreicht es kaum die Mitte. Bei sehr schneller Bewegung wird es mit fortgerissen. Es tritt also alles genau so ein wie beim normalen Thier, nur bei viel geringeren Geschwindigkeiten als bei diesem. Ja sogar bei den obendrein noch mit Maskenlack geblendeten Thieren ist bei langsamer Drehung eine deutliche Reaction entgegen der Drehrichtung zu bemerken. Kreidl scheint immer zu schnell gedreht zu haben.

Mag dies nun noch nicht beweisend sein, dass die Statocysten mit der Drehscheibenreaction nichts zu thun haben, so sind es aber folgende Versuche sicher:

1. Lässt man ein normales Thier mit gleichmässiger Geschwindigkeit rotiren, so hört das Thier nach einiger Zeit, wenn das Wasser dieselbe Geschwindigkeit erreicht hat wie die Schüssel, wovon man sich durch Heraufwerfen eines Papierschnittzels überzeugen kann, auf, der Drehung entgegenzulaufen: es sitzt still und lässt sich Caroussel fahren, beginnt dann eventuell wieder zu laufen und nun wie es kommt, mal mit der Drehrichtung, mal entgegen, mal der Mitte zu u. s. w. Hält man plötzlich die Schale an, so rotirt das Wasser weiter und nun läuft das Thier wieder mit Sicherheit entgegen der Wasserströmung, also entgegen der vorherigen Drehrichtung.

2. Taucht man bei feststehender Schale eine Schaufel in das Seewasser und setzt durch Drehung derselben das Wasser in Rotation, so läuft der Palaemon immer, als wenn die Schale selbst rotirte, entgegen der Wasserströmung d. h. der Drehrichtung und hört nicht auf entgegen zu laufen (wie bei der gleichmässigen Rotation von Schüssel und Wasser) so lange das Wasser rotirt wird. Aendert man durch umgekehrtes Rühren mit der Schaufel die Strömungsrichtung, so dreht der Palaemon prompt um, sowie sich die Wasserströmung in der Tiefe, in der er läuft, umgedreht hat.

Aus diesen Versuchen, die in derselben Weise bei otocystenlosen Thieren gelingen, geht mit Sicherheit hervor, dass es nicht das Rotirtwerden ist, welches den Palaemon dazu veranlasst entgegen der Drehrichtung zu laufen, sondern die Strömung oder sagen wir besser ein ungleichmässiger Druck auf die verschiedenen Flächen des Körpers und die damit verbundene Verschiebung der Beine zum Körper. Auf dieselbe Ursache muss nach meiner

Meinung die Reaction auf der Drehscheibe bei *Carcinus* zurückgeführt werden, da hier die Reaction nicht durch Fortnahme des Statocysten aufgehoben wird und die Reaction bei geringem Widerstande (in der Luft) kleiner ist als bei grossem Widerstande (im Wasser).

In welcher Weise ist die Wirkung der Statocyste zu erklären?

Ich habe in einer früheren Publication die Ansicht ausgesprochen, dass der Stein in den Statocysten die Organe erst zu wirklichen Gleichgewichtsorganen macht und deshalb Versuche an Thieren, die keine Statolithen besitzen, für aussichtslos erklärt. Auf diese Aeusserung nimmt Clark (22) Bezug und erweist ihre Unrichtigkeit durch die Feststellung der Thatsache von den Compensationsbewegungen der Augen bei statolithenlosen Brachyuren und deren Beziehungen zu den Statocysten. Daneben weist er auch zur Entkräftung meiner Ansicht auf die „evidente Gleichgewichtsfuction der Canales semicirculares der Wirbelthiere“ hin. Dies geschieht nun nach meiner Meinung mit Unrecht. Unter einem Gleichgewichtsorgan verstehe ich ein Organ, das, in directer Beziehung zur Anziehungskraft der Erde stehend dem Thier „angibt“, wie es zum Horizont orientirt ist. Nach der herrschenden Ansicht (Breuer, Ewald, Kreidl) sind die halbcirkelförmigen Kanäle Organe, welche den Grad und die Richtung einer Bewegung, besonders einer Drehung durch Remanenzbewegungen der Endolympe zur Reception bringen. Sie sind also kein absolutes, sondern höchstens ein relatives Gleichgewichtsorgan, indem sie immer nur zur Reception bringen, wie steht der Kopf resp. der Körper nach der Rotation im Verhältniss zur Stellung vor der Rotation, nicht aber im Verhältniss zur Ebene des Horizonts.

Es wäre nun möglich, dass auch die Augenbewegungen der statolithenlosen Brachyuren, welche in Beziehung zu den Statocysten stehen (Compensationsbewegungen und die von mir beobachteten Bewegungen bei passiver Rotation um die Vertikalaxe), nur auf Remanenzbewegung des die Cyste ausfüllenden Wassers beruhten, dass also diese Statocysten doch nicht wirkliche d. h. absolute Gleichgewichtsorgane wären. Von den Augenbewegungen bei passiver Rotation um die Vertikalaxe scheint es

mir ziemlich sicher zu sein, dass sie nur auf Remanenzbewegung basiren, da sie nur auftreten, wenn die Rotation eine gewisse Schnelligkeit erreicht, sie können aber für die vorliegende Frage gar nicht in Betracht kommen, da die Gleichgewichtslage des Thieres dabei nicht verändert wird.

Die Beobachtung, dass statocystenlose Carcini häufig, wenn sie in Bauchlage in die Höhe gehoben werden und der Rücken gestrichen wird, das letzte Beinpaar zur Umdrehstellung auf den Rücken legen, als befänden sie sich in Rückenlage, spricht dafür, dass die Statocysten nicht nur durch Remanenzbewegung des Wassers wirken, sondern auch ein absolutes Gleichgewichtsorgan sind. Auch für die Compensationsbewegungen der Augen lässt sich mit ziemlicher Sicherheit nachweisen, dass sie nicht auf Remanenzbewegung beruhen. Wie auch Clark beobachtete, bewahren die Augen so lange die Compensationsstellung, als die geneigte Stellung des Körpers dauert. Verhindert man vor der Drehung des Körpers die Augen an der Vorstreckung aus den Augenhöhlen und lässt sie einige Stunden nach der Drehung des Körpers frei — eine Zeit, in der die Wirkung der Remanenzbewegung längst vorübergegangen sein muss — so nehmen sie doch sofort die der Körperneigung zukommende Stellung ein. Ich liess auch einige Exemplare mit geschwärtzten Augen sehr langsam (eine Umdrehung in $2\frac{1}{2}$ Stunden) sowohl um die Longitudinal- wie um die Transversalaxe rotiren; immer wurden bei jedem Stand des Körpers die entsprechenden Stellungen der Augen eingenommen. Es ist nicht gut denkbar, dass bei einer so langsamen Rotation die Remanenzbewegung noch stattfinden oder, wenn sie stattfindet, noch einen Einfluss ausüben kann.

Zu einem Gleichgewichtsorgan im engeren Sinne kann die Statocyste nur werden durch Vermittelung eines Körpers, welcher nur durch die Anziehungskraft der Erde beeinflusst wird. Als solcher könnte, da bei diesen Statocysten der Stein fehlt, das Wasser selbst dienen durch die Verschiedenheit des hydrostatischen Druckes, unter dem die verschiedenen Haare der beiden Cysten stehen. Hier sind wieder zwei Möglichkeiten vorhanden: Entweder kommt es nur auf die absolute Differenz des hydrostatischen Druckes an oder auf die relative.

Wenn wir annehmen, dass das oberste Haar der Cyste 4 mm vom untersten entfernt ist, so würde ausserhalb des

Wassers bei horizontaler Lage auf das oberste Haar eine Wassersäule von, sagen wir, 2 mm auf das unterste von 6 mm drücken, bei vertikaler Lage aber auf beide gleich viel. Würde das Thier 100 Meter, also 100000 mm unter Wasser gebracht, so würden bei horizontaler Lage, da der Druck sich durch den Körper fortpflanzt, auf das oberste Haar 100002, auf das unterste 100006 mm Wasser drücken. Diese jedesmalige Differenz von 4 mm wäre die absolute Differenz, das Verhältniss von 2:6 und von 100002:100006 wäre die relative Differenz. Für mein Begriffsvermögen ist die Wirksamkeit der absoluten Differenz, welche von Jensen (29) und Verworn (30) angenommen wird, undenkbar. Ich muss diese Möglichkeit für unsern speciellen Fall aber noch aus einem andern Grunde als unannehmbar bezeichnen. Unzweifelhaft sind die Haare in den Statocysten das receptive Element. Zur Reception verschiedenen hydrostatischen Drucks wären aber Nervenendigungen an der Wand der Cyste ebenso geeignet. Wozu diese complicirt gebauten Haare? Die Natur schafft nichts Unnützes! — Dasselbe wäre auch geltend zu machen gegen die Annahme der Wirkung der relativen Druckdifferenz; trotzdem habe ich nach dieser Richtung hin Versuche gemacht. Wäre es die relative Druckdifferenz, so müssten die Compensationsbewegungen bei starkem Wasserdruck schwächer werden und schliesslich aufhören. Soviel mir bekannt ist, halten sich nun Carcini nur in einer Wassertiefe bis zu 20 m auf. Sie würden also nur noch auf diesen Wasserdruck angepasst sein und müssten bei einem Druck, der darüber hinausgeht, Schwächung oder Ausfall der Compensationsbewegungen zeigen. Um den Einfluss des Lichtes auszuschalten wurden die Augen lackirt. Um einen eventuellen Einfluss von Remanenzbewegungen zu verhindern, musste langsam unter hohem Druck rotirt werden. Zu diesem Zweck wurde eine Trommel mit Glasseiben construirt, die durch einen Wassermotor mit stark verlangsamender Uebertragung etwa 1 mal in der Stunde rotirt werden konnte. Die Trommel wurde mit Seewasser gefüllt, der Carcinus auf ein Brettchen aufgebunden hineingebracht und die Trommel mittelst eines mit Seewasser gefüllten Druckschlauches mit der Strassburger Wasserleitung verbunden, welche laut Manometer bei den Versuchen einen Druck von 4,5 bis 4,7 Atmosphären lieferte, also von etwa 45—47 Meter Wasser. Die Compensations-

bewegungen der Augen erfolgten *mit derselben Präcision, wie ohne Druck.*

Die relativen Differenzen des hydrostatischen Druckes sind also nicht die Ursache der Wirkung der Otocysten, denn es ist nicht anzunehmen, dass die Thiere auf den vierzigfachen Druck, unter dem sie gewöhnlich leben (1 m unter dem Wasserspiegel ist die gewöhnliche Tiefe) und auf mindestens den doppelten Druck, unter dem sie eventuell noch leben, angepasst sind.

Als letzte Möglichkeit bleibt die, dass eine der drei Arten von Statocystenhaare ohne Hülfe von Statolithen, durch die Anziehungskraft der Erde so beeinflusst werden, dass sie die statische Function übernehmen können. Ich hoffe durch Versuche, die ich bald anzustellen gedenke, diese Möglichkeit, für die ich mich entschieden habe, stützen zu können.

Exstirpation einer Statocyste (der rechten).

2. Die complicirten Augenbewegungen.

a) Compensationsbewegungen. Die Resultate sind nicht ganz übereinstimmend, ein Einfluss der Operation auf die Compensationsbewegungen lässt sich aber immer constatiren. Bei den meisten Exemplaren ist vor allem das gekreuzte (also linke) Auge in seinen Compensationsbewegungen stark herabgesetzt, so dass oft kaum noch Ausschläge bemerkbar sind, das rechte weniger. Bei anderen Exemplaren ist die Störung auf beiden Augen ziemlich gleich gross. Niemals aber ist das rechte Auge mehr gestört als das linke.

4. Der Gang. Bei Linksgang zeigt der Gang keine Anormalität; die Zahl der Schritte ist auf beiden Seiten gleich gross. Beim Rechtsgang aber sind die Schritte auf der linken Seite kleiner als normal, unregelmässig und vermehrt.

Ich lasse hier die Resultate der Gangtafeln eines Thieres 5 Wochen nach der Exstirpation der rechten Otocyste folgen:

Linksgang.	Rechtsgang.
$r:l=100:100$	$r:l=100:150$
$r:l=100:100$	$r:l=100:120$
	$r:l=100:123$

Der Gang zeigt also normalen Charakter beim Gang nach der *gesunden* Seite, während beim Gang nach der *operirten* Seite die Beine der

gekreuzten Seite eine Störung nämlich eine Vermehrung der Schritte zeigen. Da, wie ich vorhin gezeigt, bei den doppelseitig statocystenlosen Thieren beim Gang die ziehenden Beine immer normale Schritte machen, während die Schritte der schiebenden Seite unregelmässig und vermehrt sind, so folgt, dass nur die jeweilig schiebenden (folgenden) Beine unter der Herrschaft einer Statocyste stehen und zwar unter der der gekreuzten Seite. Die Beine der vorangehenden Seite führen ihre Gangbewegungen *unabhängig* von den Statocysten aus. Damit die folgenden (schiebenden) Beine in Correlation mit den vorangehenden Beinen arbeiten, *ist die Existenz der Statocyste der vorangehenden Seite nothwendig*.

5. Der Aufbäumreflex erfolgt bei den meisten Exemplaren immer etwas unsymmetrisch und zwar so, dass die linke Seite sich stärker aufbäumt, die linke Scheere mehr erhoben wird.

6. Beim Starrkrampfreflex ist der Tonus der Extremitäten auf der rechten Seite schwächer als auf der linken Seite.

9. Umdrehreflex. Die Thiere drehen sich meist wie normale aus der Rückenlage zur Bauchlage um d. h. vorwiegend über das Abdomen und nur selten wie die doppeltoperirten über den Kopf. Hebt man sie in Bauchlage hoch und streicht den Rücken mit der Hand, so wird gelegentlich das rechte letzte Bein zur Umdrehstellung auf den Rücken gelegt. Natürlich tritt dies nur dann ein, wenn der Starrkrampfreflex aufgehört oder wenigstens nicht mehr excessiv ist. Uebrigens wirkt überhaupt das Streichen des Rückens hemmend auf den Starrkrampfreflex ein.

Die Schwächung der Muskelkraft auf der operirten Seite. Ich habe bereits beim Starrkrampfreflex erwähnt, dass der Tonus der Extremitäten der operirten (rechten) Seite herabgesetzt ist. Ebenso weist das fast immer unsymmetrisch erfolgende Aufbäumen auf eine Veränderung im Muskeltonus hin. Ich habe nun bei einigen Thieren die Kraft der Extremitäten direct mit einem kleinen Dynamometer gemessen und gefunden, dass die Muskelkraft der rechten Extremitäten nach der Herausnahme der rechten

Statocyste abnimmt. Leider konnte ich aus Mangel an Zeit nur eine geringe Anzahl von Versuchen machen, so dass diese Sache werth ist noch einmal nachgeprüft zu werden. Die Differenzen und die Anzahl der Versuche scheinen mir aber doch schon zu genügen, um eben behaupten zu können, dass eine Schwächung der gleichseitigen Muskulatur eintritt.

Die Thiere wurden horizontal in Bauchlage mit dem Carapax in eine an einem Stativ befestigte Klammer gespannt, so dass die Beine frei in der Luft schwebten. Als Dynamometer diente eine Spiralfeder, welche mit einem Schreibhebel verbunden war. An der Extremität, deren Kraft zu messen war, wurde am Endglied ein Faden angebunden, dieser horizontal über eine Rolle gezogen und mit dem andern Ende, das einen Haken trug, an einen endständigen Ring der Spiralfeder gehakt. Der Hebel schrieb mit Farbe auf ein Papier die Ausdehnung der Feder und so das gehobene Gewicht auf. Der Apparat wurde so aufgestellt, dass bei vollkommen gestreckter Extremität der Hebel auf dem Nullpunkt stand. Das Thier wurde dann durch Kneifen der Mundtheile oder des Abdomens zur äussersten Kraftanstrengung aller Extremitäten gebracht. Es ist dabei darauf zu achten, dass keins der andern Beine hinter den Faden hakt und vereint mit dem zu prüfenden Bein zieht. Es wurden nur Thiere ausgewählt, welche vor der Herausnahme der Statocyste auf der linken und rechten Seite gleiche Kraft und gleiche Ausbildung der Extremitäten zeigten.

Datum	Zweites Bein links	Zweites Bein rechts	Drittes Bein links	Drittes Bein rechts
5. X.			110	100
6. X.	115	112		
8. X.			80	65
11. X.	74	67		
19. X.	58	47		
3. XI.	50	39	32. 36	24. 28
26. X.	37	29	38	28
28. X.			43	45
30. X.	40	31		

(Die Zahlen bedeuten das gehobene Gewicht in Gramm.)

Jede Statocyste übt also ihre Wirksamkeit theils auf die gekreuzte, theils auf die ungekreuzte Körperhälfte, theils auf beide aus. Gekreuzt wirkt die Statocyste bei der Gang-coordination, ungekreuzt auf den Tonus der Muskeln, auf beide Seiten (aber auf die gekreuzte stärker) bei den Compensationsbewegungen.

Die Methode zur Freilegung des Gehirns und der Gehirnnerven, Wundverschluss, Wundheilung und Instrumente.

(Das Operationsbrett, die Magenpumpe, die Fingerschere, das Messer, die Beleuchtung.)

Um bei den kleinen Verhältnissen, wo es auf Bewegungen von $\frac{1}{10}$ Millimeter ankommt, mit Sicherheit operiren zu können, ist eine vollkommene Unbeweglichkeit des Operationstieres, eine starke Vergrößerung und eine gute Beleuchtung nothwendig. Das einzig brauchbare Instrument ist die von Westien (Mechaniker am physiologischen Institut zu Rostock) gefertigte binoculäre Lupe. Jede monoculäre Lupe ist unbrauchbar, da einmal die Focaldistanz meistens nur gering ist und dann die Tiefenverhältnisse, auf die es sehr ankommt, nicht beurtheilt werden können. Ich wende die Lupe in der von Ewald (27) (S. 64) beschriebenen Aufstellung an. Die Beleuchtung geschah wie dort meist mit drei Spiegeln, welche das Licht einer vor dem Operationstisch angebrachten Lampe auf das Object werfen. Gestattet die Oertlichkeit nur eine verhältnissmässig kleine Oeffnung, durch die man in grössere Tiefe vordringen muss, so gelangt das Licht der Spiegel nicht mehr bis in die Tiefe. Ich bediente mich in diesem Falle nur zweier Spiegel: eines grossen mit einer Linse versehenen, der hinter der Lupe mit einem Kugelgelenk befestigt ist, und eines kleinen Planspiegels von 1,5 cm Durchmesser, welcher an einem $2\frac{1}{2}$ mm starken und 10 cm langen Bleidraht am Vorderrand der Lupe angebracht ist. Der Bleidraht gestattet den Spiegel an jeden beliebigen Platz im Umkreise von 10 cm zu bringen. Das von der Lampe kommende Licht wird mit dem grossen Spiegel auf den kleinen geworfen und dieser an den vorderen Rand der Wundöffnung gebracht und nun so eingestellt, dass das vom grossen Spiegel kommende Licht nach unten in die Wundöffnung hinein reflectirt wird. Auf diese Weise kann man bis in grosse Tiefe helles Licht bekommen. — Die Fesselung geschieht leicht durch Aufbinden auf ein passendes Brett. Wie vorher erwähnt, werden die Beine, wenn sie festgebunden sind, leicht autotomirt. Das Thier ist hierzu aber nicht im Stande, wenn alle Beine und die Scheere einer Seite mit einem gemeinsamen Bande gefesselt sind. Ich lege daher zunächst um Beine und Scheere jeder Seite einen Bindfaden, welcher oberhalb der dritten Glieder mit einem einfachen Knoten zusammen-

gebunden wird, die Enden werden dann durch die Löcher A und B des Brettes (Fig. 8, Taf. XXV) gesteckt und mit einer Schleife auf der Unterseite des Brettes vereinigt. (Um das Durchstecken der Fäden zu erleichtern, bediene ich mich eines Drahtes, der an einem Ende eine Oese hat). Ist das Thier in dieser Weise in Rückenlage oder Bauchlage befestigt, so werden Fadenschlingen um das letzte Gelenk der Scheeren gelegt, das eine Ende des Fadens zwischen den Scheerenästen durchgezogen, mit dem andern zusammengebunden und unter Anziehung des Fadens um den Nagel *a* des Brettes geschlungen. Bei Bauchlage brauchen die Beine nicht noch weiter gefesselt zu werden, bei Rückenlage müssen sie aneinander gebunden an den Nägeln *e* ausgestreckt befestigt werden. Jetzt ist das Thier noch sehr wohl im Stande sich zu bewegen, da der Thorax noch nicht gefesselt ist. Es wird zu diesem Zweck ein Faden von unten her durch das Loch *C* und *D* gezogen, das durch *D* gesteckte Ende über den Thorax nach *E* und das andere ebenfalls über den Thorax nach *F* geführt. Dann werden sie durch diese Löcher durchgesteckt, die Fäden in die Kerben zwischen 1. und 2. Zahn des Vorderrandes des Thieres gelegt und auf der Unterseite gut angezogen und zusammen gebunden. Dadurch wird der Thorax unverrückbar an das Brett angedrückt.

Da das Blut im Körper unter einem positiven Druck steht, so würde beim Oeffnen der Körperhöhle eine nicht unbedeutliche Menge verloren gehen. Dies ist nun leicht zu vermeiden. Einen nicht unbedeutenden Raum der Körperhöhle nimmt der stets mit Nahrung oder Verdauungsssekret gefüllte Magen ein. Nimmt man nun den Inhalt des Magens heraus, so wird der Blutdruck, da der Körper ein nachgiebiger Kasten ist, herabgesetzt. Man erreicht dies leicht durch die Anwendung einer einfachen Magenpumpe. Da man mit derselben feste Nahrung nicht entfernen kann und bei einer Füllung des Magens mit festen Stoffen auch aus anderen Gründen das Herankommen an den Magen sehr erschwert ist, so lasse ich die zur Operation ausgewählten Exemplare 1—2 Tage vorher hungern. Der Magen ist dann immer nur mit Flüssigkeit gefüllt.

Die Magenpumpe besteht aus einem Glasrohr von etwa 10—15 cm Länge und einem Lumen von 6—7 mm, welches an einem Ende zu einer dünneren (aber nicht zu dünnwandigen) Röhre von etwa 3 mm Durchmesser ausgezogen ist. Der dünnere Röhrentheil ist 2 cm lang, 140—150° gegen den dickeren Theil geneigt und am Ende rund zugeschmolzen. Unterhalb des zugeschmolzenen Endes sind nach zwei Seiten zwei recht grosse Löcher in die Wand hineingeblassen. Auf das andere Röhrenende ist ein Schlauch mit einer Schlauchklemme aufgesetzt.

Nachdem das Thier gefesselt ist, breitet man die äusseren Maxillarfüsse auseinander, schiebt von vorne her die knopfartige Spitze der Kanüle unter die Mandibeln bis zur Mundöffnung und biegt die Röhre etwas nach unten um. Beim Berühren des Mundes öffnen sich reflectorisch die erst

stark zusammengepressten Mandibeln und man kann nun die Canüle bis zur Umbiegungsstelle durch den Oesophagus in den Magen schieben. Es muss dies ganz leicht und ohne Widerstand gehen. Nur bei den ersten Versuchen passirte es, dass man dabei den Oesophagus oder den Magen durchsticht. (Austritt von Magensaft in die Leibeshöhle hat baldigen Tod zur Folge.) So wie die Canüle mit den seitlichen Oeffnungen in den Magen gelangt ist, steigt eine Flüssigkeitssäule von 1—3 ccm in der Röhre empor. Dies ist der Ueberdruck des Blutes. Häufig sieht man die Flüssigkeitssäule rhythmisch hin und her schwanken als Ausdruck der vom Herzen kommenden Blutwelle. Ich verdünne nun durch Saugen die Luft im Schlauch, wobei noch etwas mehr Flüssigkeit in die Röhre tritt und klemme den Schlauch ab. Ist dann noch Magenflüssigkeit im Magen vorhanden, so tritt sie beim Oeffnen des Carapax in die Canüle aus.

Zur Freilegung des Gehirns ist die einzig brauchbare Methode die Eröffnung vom Rücken her. Wenn man von unten eröffnet, wie frühere Experimentatoren thaten, so muss man eine oder beide Antennen opfern und bekommt doch kein genügend grosses Operationsfeld. Ausserdem ist der Verschluss in diesem Fall schwierig. (Das Thier wird in Bauchlage gefesselt.) Zuerst wird der Carapax in seinem vorderen Theil mit Alkohol und dann mit Wasser gut gereinigt. (Ich habe Sauberkeit der Operationsfläche und der Instrumente bei diesen Thieren für nicht unwesentlich erkannt. Bei verschiedenen Thieren, die ich in der ersten Zeit operirte, wo ich noch nicht die Instrumente reinigte, schien der baldige Tod in Folge von Infection irgend welcher Art eingetreten zu sein.) Darauf setzte ich die scharfen Spitzen einer starken Zange mit 2 cm langen Branchen der Reihe nach in den Punkten *A—B*, *B—C*, *C—D*, *D—E* und *E—A* ein und schliesse die Zange unter ziemlich kräftigem Andrücken (Taf. XXV, Fig. 9). Bei einiger Uebung gräbt man so vier tiefe Rinnen in das Chitin ein, ohne das darunter gelegene Epithel zu verletzen. Bei der Strecke *E—A* springt dann gewöhnlich das eingeschlossene Chitinstück heraus, im andern Fall wird es herausgehobelt. Das Epithelhäutchen liegt dann unverletzt zu Tage, bedeckt mit einer Schicht austretenden Serums. In Folge des negativen Drucks in der Canüle sinkt es unter Austritt des Restes des Magensaftes ein. Ich schneide nun, nachdem kleine abgebrochene Chitinstücke mit einer Pincette und einem weichen Pinsel entfernt sind, mit einer Scheere das Epithelhäutchen an beiden Seiten und vorne dicht am Rande des stehen gebliebenen Chitins ein, wobei es sich etwas zusammenzieht. Man sieht dann am Vorderrande die beiden vorderen Magenmuskeln, welche sich über dem Gehirn an einem Wulst des Rostrums inseriren. Sie werden dicht an der Insertionsstelle durchschnitten und nun sinkt der ganze Magen, gezogen von den hinteren Magenmuskeln nach hinten und es entsteht vor dem Magen eine Lücke, welche mehr oder weniger mit Blut gefüllt ist. (Man kann dann, wenn es nöthig ist, den Magen noch etwas mehr

nach hinten drücken.) Durch den nach hinten gezogenen Magen werden die Blutgefäße ziemlich stark comprimirt, so dass sehr wenig Blut nach vorne tritt. (Bis dahin darf kein Tropfen Blut bei einer guten Operation verloren gegangen sein.) Hierauf wird mit einer reinen Glaspipette das Blut aus dem entstandenen Raum zwischen vorderer Magenwand und Vorderwand des Körpers herausgesogen, worauf man meist bereits die Tegumentarii in der Tiefe erblickt. (Fließpapier ist zum Aufsaugen des Blutes in der Leibeshöhle nicht zu verwenden, da zurückbleibende Fasern nach meinen Erfahrungen Schaden stiften.) Das Gehirn und die übrigen Nerven sind noch verdeckt von einer Lage Bindegewebe und zwei kleinen Muskeln. Das Bindegewebe wird mit einer *Ewald'schen* Pincette (27 Seite 69) abgezogen, ebenso die Muskeln. Es liegt dann Gehirn und Nerven zur Operation frei. Will man nur an den Nerven operiren, so ist die Abhebung der beiden kleinen Muskeln nicht nothwendig. Bei Weibchen ist das Bindegewebe gewöhnlich derber und schwerer vom Gehirn zu entfernen; hier reichen auch die Ovarien von beiden Seiten ziemlich dicht an das Gehirn heran, so dass das Operationsfeld beengt ist. Männchen eignen sich auf jeden Fall für die Operationen mehr als Weibchen, da sie eine beträchtlichere Grösse erreichen. In Plymouth bekam ich die grössten Exemplare. Die Neapler waren in der Regel bedeutend kleiner, noch kleiner die Helgoländer.

Die Luft, welche sich nach der Operation in der Operationshöhle befindet, muss entfernt werden, da sie sonst in die Blutgefäße übertritt und so den Tod des Thieres herbeiführt. Es geschieht dies auf die Weise, dass man vorsichtig den in der Canüle befindlichen Magensaft nach Lösung der Schlauchklemme in den Magen zurückbläst und den Schlauch wieder zuklemmt. Dadurch legt sich der Magen wieder nach vorne, die Spalten füllen sich mit zuströmendem Blut und das auf dem Magen liegende Epithelhäutchen kommt wieder an die alte Stelle, wo es noch etwas mit einer Pincette zurechtgeschoben wird. Ueber Magen und Epithel sammelt sich eine kleine Menge Blut an. Ich nehme dann ein Stück Modellirwachs, knete es zu einer Platte von 2—3 mm Dicke und der Grösse der Wundöffnung, sauge mit Fließpapier sorgfältig das über die Wundränder getretene Blut ab, bis das Chitin trocken ist, und lege die Wachsplatte mit sanftem Druck darüber. Man kann dies bei einiger Uebung so machen, dass kein Tropfen Blut über die Ränder tritt, das Wachs gleich auf dem Chitin haftet und doch keine Luft in der Höhle zurückbleibt. Es schadet aber nichts, wenn an einer oder der anderen Stelle etwas Blut unter dem Wachs vorquillt. Es wird mit Fließpapier abgesogen und dann das Wachs an dieser Stelle mit einem Fließpapierbausch von einer anhaftenden Stelle ausziehend festgepresst. Haftet das Modellirwachs ringsherum, so wird ein dicker Spatel über der Flamme so weit erwärmt, dass es zischt, wenn er an's Wachs kommt und mit diesem das Wachs 3—4 mm nach allen Seiten über das trockene Chitin gezogen. Dabei soll der

heisse Spatel dem Chitin aufgedrückt werden und an jeder Stelle einige Sekunden verweilen, damit das Chitin erwärmt wird und das Wachs besser haftet. Hierauf wird die Schlauchklemme gelöst und die Kanüle aus dem Mund gezogen.

Der Blutverlust beschränkt sich bei dieser Art zu operiren auf die Quantität, welche man aus der Operationshöhle heraussaugt. Das ist zwischen $\frac{1}{2}$ und $1\frac{1}{2}$ ccm Blut. Pumpet man den Magen nicht aus, so gehen 2, 3, ja 4 ccm verloren; ausserdem ist es dann sehr schwer, an das Gehirn heran zu kommen, da der Magen darüber liegt und schwer ohne zu zerreißen reponirt werden kann.

Die Methode des Wundverschlusses mit Modellirwachs ist bereits vor mir, wie ich nachträglich sehe, von Lemoine (31) angewandt worden. Spätere Forscher haben sie leider nicht angewandt. Sie hätten ihre Thiere dann länger am Leben erhalten können. Am Besten eignet sich das blaue Modellirwachs, das in England verkauft wird. Das hier in Strassburg fabricirte rothe haftet weniger gut auf nicht ganz trockenen Flächen. Ein gut aufgesetzter Wachsverband hält mindestens 2—3 Wochen bei lebhaften Bewegungen des Thieres, auch wenn sich das Thier oft auf dem Rücken wälzt. Da das Wachs auch bei niedriger Temperatur nie ganz hart wird, so ist es rathsam, nicht mehrere Thiere in einem Bassin zusammen zu halten, da sonst leicht beim Uebereinanderklettern das eine Thier mit dem Fuss durch den Verband des andern sticht. In einigen Fällen hielt der Wachsverband mehrere Monate.

Bei guter Ernährung halten sich die operirten Thiere Wochen und Monate lang. (Mein ältestes Thier überdauerte die Operation 86 Tage und starb dann in Folge einer zufälligen zu starken Erwärmung des Wassers.) Nur selten stirbt ein Thier am zweiten oder dritten Tag nach der Operation; meist ist dann irgend ein Fehler begangen, der Magen oder die Leber verletzt oder der Verband aufgegangen.

Nach einigen Wochen findet man, wenn der Epitheldefekt nicht zu gross war, die Epithelränder aneinander gewachsen und das frei unter dem Wachs liegende Epithel mit einer dünnen Chitinschicht überdeckt, welche aber nie verkalkt ist. In einigen Fällen verwuchs bei grösseren Epitheldefekten der Epithelrand mit dem Epithel des Magens. Das Magenepithel stiess sich dann an der Stelle, wo es nicht vom äusseren Hautepithel überdeckt war, ab, so dass nur die innere Chitinauskleidung des Magens übrig blieb. Die Körperwand wurde dann von normalem mit altem Chitin überzogenen, von altem mit jungem Chitin überzogenen Körperepithel und dem Chitin des Magens gebildet. In Fig. 7, Tafel XXV ist ein Schnitt durch eine solche Stelle abgebildet.

Die zu den Operationen verwandten Instrumente sind sehr einfach. Ausser der Zange zum Oeffnen des Chitinpanzers, einer gewöhnlichen kleinen graden Scheere zum Aufschneiden des Epithels, einiger graden und gebogenen Pincetten und einer stark gekrümmten und

spitz zugeschliffenen Ewald'schen Scheerenpincette (27 S. 69) wande ich noch drei besondere Instrumente zu den Operationen an:

1. Feine Haken. Eine 0,5 mm dicke Insectennadel ist in einen Holzstiel gesteckt (der nicht zu dünn sein soll) und 2–3 mm vor der Spitze dünn geschliffen, sodass der letzte Millimeter nur 0,15 mm dick ist und sich dann zu einer scharfen Spitze schnell verjüngt. Das dünne Ende wird über die Spitze einer feinen englischen Nähadel gelegt und mit einem harten Holz halbkreisförmig herum gebogen. Auf diese Weise erhält man einen halbkreisförmigen Haken von 0,2 bis 0,25 mm Breite. Nach der Fertigstellung wird der Haken, um ihn gegen Rost zu schützen, versilbert. Ein solcher Haken wird so montirt, dass er in der Ebene des Hakens am Ansatz des Holzstiels im Winkel von 150° nach oben gebogen ist, ein anderer so, dass er um den gleichen Winkel nach unten gebogen ist. Bei einem anderen Paar der ersten Gattung ist die Spitze des Hakens nach rechts und nach links aus der Ebene der Krümmung herausgebogen.

2. Das kleine Messer. Alle in den Handel kommenden Messer sind viel zu grob, um damit die feineren Operationen ausführen zu können. Ich habe mir deshalb Messer von sehr grosser Feinheit auf folgende Weise hergestellt. Eine feine englische Nähadel wird ihrer Spitze beraubt, in einen Feilkloben gespannt und auf eine Strecke von 5 mm so dünn wie möglich von zwei Seiten abgeschliffen. Eine Dicke des Blattes von 0,06–0,07 mm auf die letzten 2 mm lässt sich gut erreichen. Das Blatt wird dann durch Schleifen auf 0,2 mm verschmälert, die eine Seite scharf geschliffen und die Spitze im Winkel von $30\text{--}40^{\circ}$ zugeschliffen. Montirt wird das Messer, indem man es mit dem dicken Theil in eine endständige Bohrung von 1 cm Tiefe eines Bleidrahtes von 2,5 mm Dicke und 4–5 cm Länge versenkt, den Bleidraht von beiden Seiten mit einer Zange anpresst und mit dem andern Ende in einen Holzstiel befestigt. Bleidraht ist sehr wenig elastisch aber gut biegsam, sodass man dem Messer jede nöthige Stellung geben kann.

3. Die Fingerscheere. Um unter der Westien'schen Lupe in einem ziemlich kleinen und tiefen Loch noch in jeder Richtung, besonders aber senkrecht mit einer Scheere hantiren zu können, musste eine besondere Scheerenform construirt werden. An einem Ring, der über das Endglied des rechten Zeigefingers geschoben werden kann, ist auf der dem Daumen zugewandten Seite der eine Arm einer Scheere von 3,5 cm Länge mit 5 mm langen Schneidflächen befestigt. Eine Feder zwischen beiden Scheerenarmen öffnet sie. Der freie Scheerenarm ist kürzer, etwas nach innen gebogen und am Ende verbreitert und angeraut (Fig. 11, Tafel XXX). Die Scheere wird mit dem Zeigefinger leicht dirigirt und durch Druck des Daumens geschlossen. (Mechaniker Streissgut in Strassburg fertigt die Scheere auf Verlangen an.)

Die Qualitäten der peripheren Nerven.

Bei den Nerven, welche vom Bauchmark entspringen, habe ich mich darauf beschränken müssen, sie electricisch zu reizen, da das Operiren an denselben mit nachheriger Beobachtung durch die kurze Zeit, welche die Thiere nach derartigen Operationen am Leben bleiben, nutzlos gemacht wird. Das Thier wurde schnell von oben geöffnet, die Eingeweide herausgenommen, das Bauchmark mit den abgehenden Nerven freigelegt und der Thorax mit den beiden seitlichen Spitzen in einen dazu gebauten Halter gespannt, so dass die Beine frei herabhingen. Die meist in einer Zahl von 5—6 von einem Ganglion entspringenden Nerven wurden unter der Westien'schen Lupe der Reihe nach (so lange die Nerven noch erregbar waren, und dies währt nur wenige Minuten) durchschnitten und erst der centrale, dann der periphere Stumpf mit Inductionsströmen gereizt, welche durch zwei spitze Platinelectroden von 0,2 mm Abstand zugeleitet wurden. Der Stromkreis wurde mit einem Fusschlüssel geschlossen und geöffnet. Das Resultat der Reizung beobachtete ich entweder selber, indem ich mittelst eines Fadens, der über Rollen lief und einerseits an der Lupe andererseits an meinem linken Fusse befestigt war, die Westien'sche Lupe fortzog, oder liess es wenn möglich von einem Assistenten angeben. Ich kam dabei zu folgendem Resultat: 1. Bei der Reizung des centralen Stumpfes eines jeden Bauchmarksnerven tritt eine allgemeine Reaction des Thieres auf. 2. Bei der Reizung des peripheren Stumpfes tritt immer eine Bewegung in der zugehörigen Extremität derselben Seite auf und zwar fast immer in ganz bestimmten Muskelgruppen, so dass z. B. bei Reizung des hintersten Nerven des vierten Beinganglions sich nur das Endglied beugt, bei Reizung des vorletzten das Bein sich im zweiten Glied nach hinten bewegt, während es sich bei Reizung des vordersten Nerven nach vorne bewegt unter gleichzeitiger Hebung im ersten Glied u. s. w. Ich habe diese Verhältnisse nicht ganz genau studiren zu müssen geglaubt, da sie für die vorliegende Untersuchung von untergeordnetem Interesse sind und mich mit der Feststellung dieser beiden Thatsachen begnügt, aus denen hervorgeht, dass alle Nerven des

Bauchmarks gemischter Natur sind, dass sie nämlich zu gleicher Zeit Reize zum Centralorgan hinleiten und motorische Impulse vom Centralorgan zu den Muskeln befördern.

Die Nerven des Gehirns.

Tegumentarius. Durchschneidet man diesen Nerv und reizt den centralen Stumpf mechanisch oder electricisch, so erfolgt heftiges Einklappen der Augen und Antennen und eventuell bei stärkerem Reiz Strampeln mit dem Beinen. Reizt man den peripheren Stumpf, so erfolgt *keine* Reaction.

Durchschneidet man den Nerv z. B. auf der rechten Seite und verschliesst die Mundöffnung in der vorhin angegebenen Weise, so ist eine Lähmung in keinem Anhang des Kopfes zu bemerken, Antenne und Augen beider Seiten sind reflectorisch. Dagegen bleibt Berührung folgender Gebiete ohne Reaction von Seiten der Augen und zweiten Antennen (die ersten Antennen sind zu leicht durch Bewegung des Wassers und Erschütterung des Körpers zur Einziehung zu bringen, dass sie nicht gut zur Prüfung dienen können. Der Defect in der äusseren Haut hat diese Ausfälle nicht zur Folge): Reizung der Kopfhaut auf der rechten Seite von der Mitte bis zum dritten Zahn und nach hinten bis zur Furche, auf der Unterseite bis zu den Maxillarfüssen und der Haarreihe vor den Scheeren, auf Reiz der Augengrube* und der Umgebung der Antennen. Dagegen erfolgt nach wie vor Einklappen von Auge und zweiter Antenne bei Reiz des rechten Augenstiels und der rechten Antennen. Es ist also der Tegumentarius ein rein receptorischer Nerv, der Reize von der ganzen Kopfhaut mit Ausschluss des Augenstiels, der ersten und zweiten Antenne zum Gehirn leitet.

Antennarius secundus. Die Reizung des centralen Stumpfes ruft Einziehung aller Kopforgane und Nachvornegreifen mit den Scheeren hervor. Reizung des peripheren Stumpfes bewirkt Flexion der zweiten Antenne, bei stärkerem Reiz tetanisches Zucken. Eine reine Streckung kann nicht hervorgerufen werden, da offenbar die Flectoren die Extensoren bei weitem an Kraft übertreffen. — Nach Durchschneidung des Nerven ist die

zweite Antenne dauernd gelähmt, und ihre Reizung bewirkt keine Reactionen von Seiten des Thieres.

Oculomotorius. Die Reizung des peripheren Stumpfes bringt meist vollkommene Flexion des Auges hervor (Einklappen). Bei geeigneter Abstufung des Stromes gelingt es bisweilen das Auge zur Streckung zu bringen. Bei stärkerem Reiz tritt tetanisches Hin- und Herzucken zwischen einer mehr tendirten und einer mehr flectirten Lage ein. Nach Durchschneidung des Nerven und Verschluss der Wunde wird das Auge nicht mehr auf Reiz eingeklappt und wird auch nicht vorgestreckt. Es bleibt stehen, wie man es stellt. Trotzdem ist das Auge *nicht* vollkommen gelähmt. Dreht man das Thier um 90° nach unten um die Transversalaxe, so macht das Auge eine schwache Bewegung dorsalwärts, dreht man es um 90° um die Longitudinalaxe, so dass das Auge der operirten Seite unten ist, dann bemerkt man eine schwache Bewegung zur Mitte hin.

Da der Opticus und Oculomotorius eine gemeinsame Scheide haben, ist die Durchschneidung eines dieser Nerven nicht ganz leicht. Besonders macht es Schwierigkeiten den viel stärkeren Opticus zu durchschneiden, ohne den Oculomotorius zu verletzen. Ich spalte mit dem kleinen Messer nach Blosslegung beider Nerven die Scheide, durch welche beide Nerven durchschimmern, und durchschneide dann den betreffenden Nerven vorsichtig mit der Fingerscheere.

Opticus. Reizung des centralen Stumpfes gibt allgemeines Zucken des Thieres und Hinfahren mit den Scheeren. Reizung des peripheren Stumpfes gibt meist eine deutliche Bewegung des Auges nach oben-aussen, bisweilen eine Bewegung nach unten-innen. — Nach Durchschneidung des Opticus ist das Auge auf Reiz der Kopfhaut, der Augengrube und der Antennen gut einziehbar und es kommt von selbst wieder vor. Bei Drehung um 90° um die Transversalaxe wird das Auge zwar in der Richtung der Longitudinalaxe eingestellt aber *nicht* wie das Auge der unoperirten Seite dorsalwärts geführt. Es bleibt im Körperhorizont stehen, wird also nicht an den dorsalen Augenhöhlenrand angelegt. Bei Drehung um 90° um die Longitudinalaxe, so dass das Auge der operirten Seite unten ist, wird das Auge zwar der Mittellinie genähert, aber nicht so stark wie normal und es wird dabei nicht wie sonst zugleich dorsal bewegt. (Einseitige Blendung hat nicht die Ausfälle zur Folge.) Bei Reizung

des Augenstiels war in den meisten Fällen eine Reaction von Seiten des Auges oder der zweiten Antennen nicht zu bemerken. In einem Fall schien dagegen eine schwache Reaction zu bestehen. Nach Durchschneidung von Opticus und Oculomotorius fehlte immer jede Reaction auf Reiz des Augenstiels.

Demnach lässt sich nicht mit Sicherheit behaupten, ob nicht vielleicht auch der Oculomotorius centripetalleitende, tangoreceptorische Fasern vom Augenstiel zum Gehirn führt; jedenfalls läuft aber der Hauptantheil dieser Fasern im Opticus.

Somit ist von den Gehirnnerven der Tegumentarius rein receptorisch, als einziger Nerv des ganzen Thieres.

Rein motorisch ist vielleicht der Oculomotorius. Der Opticus führt ausser den photoreceptorischen auch tangoreceptorische und motorische Fasern.

Literaturverzeichniss.

1. Bethe, Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 44.
2. Derselbe, Anatom. Anzeiger. Bd. XII.
3. Allen, Edg. J., Quarterly Journal of mikrosk. Science Vol. 36. Part. 4.
4. Derselbe, Quarterly Journal of mikrosk. Science Vol. 39, Part. 1.
5. Claus, Zoolog. Anzeiger 1891.
6. vom Rath, Zoolog. Anzeiger 1891 u. 92 und Berichte d. naturf. Gesellsch. Freiburg i. B. Bd. IX.
7. Bethe, Zoolog. Jahrb. Abth. f. Anat. u. Ont. Bd. VIII.
8. Retzius, Biolog. Unters. Neue Folge. Bd. 7. Jena 1895.
9. Milne Edwards, Histoire naturelle des Crustacés.
10. Krieger, Zeitschr. f. wiss. Zool Bd. XXXIII.
11. Berger, Ber. aus d. zool. Inst. zu Wien. Bd. I.
12. Parker, Mittheil. d. zool. Station zu Neapel. Bd. XII.
13. Young, Comptes rendus 1879.
14. Haeckel, Die Perigenesis der Plastidule u. s. w. Berlin 1876. Derselbe, Der Monismus u. s. w. Bonn 1892.
15. Du Bois-Reymond, Ueber die Grenzen des Naturerkennens. Die 7 Welträtsel. Leipzig 1884.
16. Noll, Bericht üb. d. Senkenberg. naturf. Gesellschaft zu Frankfurt a. M. 1896.
17. Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie. Leipzig 1887.

18. Nagel, Bibliotheca zool. v. Leuckart u. Chun. Heft 18. I u. II. Stuttgart 1894.
19. Eimer, Die Entstehung der Arten auf Grund Vererbung erworbener Eigenschaften. Jena 1888.
20. v. Uexküll, Zeitschr. f. Biologie. Bd. XXXII.
21. Bickel, Pflügers Arch. Bd. LXV.
22. Clark, Centralblatt für Physiologie 1894.
Derselbe, Journal of Physiol. Vol. 19. 1896.
23. List, Mittheilungen der zool. Station zu Neapel. Bd. XII.
24. Kreidl, Sitzb. d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien. Bd. 102. 1893.
25. Frenzel, Pflüger's Archiv Bd. 50.
26. Milne Edwards, Annales d. scienc. natur. 2. Serie, T. XI. 1839.
27. Ewald, Physiol. Unters. über d. Endorgan d. Nervus octavus. Wiesbaden 1892.
28. Bethe, Biolog. Centralbl. 1894.
29. Jensen, Pflüger's Archiv. Bd. 53. 1893.
30. Verworn, Allgemeine Physiologie. Jena 1895.
31. Lemoine, Annal. d. scienc. natur. 1868.
32. Ward, Journal of Physiol. 1879.
33. List, Morphologisches Jahrbuch Bd. 22. 1895.
34. Verworn, Pflüger's Archiv Bd. 65. 1896.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XXV—XXX.

Alle Abbildungen beziehen sich auf *Carcinus Maenas*.

Tafel XXV.

- Fig. 1. Gehirn und Bauchmark zur Veranschaulichung des Verlaufs der Gehirnnerven (aus mehreren Zeichnungen nach frischen Präparationen combinirt und etwas schematisirt und vergrößert. Der Carapax ist von oben eröffnet und rechts bis zum Vorderrande fortgeräumt, das Gehirn nach hinten gezogen, um den Antennarius I sichtbar zu machen).
- Fig. 2 und 3. Bauchmark nach Methylenblaupräparaten (aus vielen Präparaten combinirt). Vergrößerung: Leitz Ocul. I, Obj. 1. Die Fasern wurden mit Obj. 3, 5 und 7 verfolgt. Das Ausbreitungsgebiet der einzelnen Fasern hält sich streng an die Originalae. Erklärung der Einzelheiten im Text Seite 464—469. Motorische Elemente roth, receptorische (sensible) blau, Commissurelemente (Associationselemente) schwarz.
- Fig. 4. Fusschrift auf $\frac{2}{3}$ verkleinert. Gangart III. Spuren der linken

- Beine schwarz (arabische Zahlen), der rechten roth (römische Zahlen).
- Fig. 5. Fußschrift auf $\frac{2}{3}$ verkleinert. Gangarl IV. Spuren der rechten Beine schwarz (römische Zahlen), der linken roth (arabische Zahlen).
- Fig. 6. Kopfcitin eines eben gehäuteten Weibchens in der Flächenansicht. Leitz Ocul. I, Obj. 3. Auf $\frac{2}{3}$ verkleinert.
- Fig. 7. Schnitt durch die Haut des Carapax und die Magenwand von einem operirten Thier, bei welchem Körperepithel und Magenepithel verwachsen waren. Leitz Ocul. I, Obj. 1.
- Fig. 8. Operationsbrett auf $\frac{1}{3}$ verkleinert.
- Fig. 9. Die Einsatzpunkte der Zange zur Eröffnung des Carapax.

Tafel XXVI.

Gehirn von oben, combinirt aus mehreren Methylenblaupräparaten. Leitz Ocul. I, Obj. 3, 5 u. 7.

Tafel XXVII.

- Fig. 1. Gehirn von oben, combinirt aus mehreren Methylenblaupräparaten. Leitz Ocul. I, Obj. 3, 5 u. 7.
- Fig. 2. Gehirn von oben nach Abtragung der oberflächlichen Schichten, combinirt aus mehreren Methylenblaupräparaten. Leitz Oc. I, Obj. 3, 5 und 7.

Tafel XXVIII.

Gehirn von unten, combinirt aus mehreren Methylenblaupräparaten. Leitz Oc. I, Obj. 3, 5 und 7.

Tafel XXIX.

- Fig. 1. Gehirn von oben, combinirt aus mehreren Methylenblaupräparaten. Leitz Ocul. I, Obj. 3, 5 und 7.
- Fig. 2–8. Schnitte einer Querschnittserie durch das Gehirn, gefärbt nach einer neuen Methode, mit Einzeichnung von Fasern aus Querschnittserien von Methylenblaupräparaten. Leitz Oc. I, Obj. 3. Auf $\frac{1}{2}$ verkleinert.
- Fig. 2, 180 μ vom Vorderrande des Gehirns entfernt, Fig. 3 250 μ , Fig. 4 330 μ , Fig. 5 380 μ , Fig. 6 460 μ , Fig. 7 580 μ und Fig. 8 610 μ (Zeichenapparat).
- Fig. 9 u. 10. Horizontalschnitte durch die linke Seite des Gehirns. Leitz Ocul. I, Obj. 3, auf $\frac{1}{2}$ verkleinert. (Zeichenapparat.)
- Fig. 11. Sagittalschnitt durch den rechten Globulus und die Gehirnnerven. Leitz Ocul. I, Obj. 3, auf $\frac{1}{2}$ verkleinert. (Zeichenapparat.)
- Fig. 12. Querschnitt durch das Chitin des Kopftheils des Carapax eines eben gehäuteten Weibchens. Leitz Ocul. I, Oelimmersion $\frac{1}{16}$, auf $\frac{1}{2}$ verkleinert.

Tafel XXX.

- Fig. 1. Schema der vier Gangarten. (Die gleichzeitig arbeitenden Beine mit gleichen Zeichen an den Enden der Beine versehen.)
Fig. 2 u. 3. Schema der Gangart I.
Fig. 4. Schema der Gangart III.
Fig. 5. Schema der Gangart IV.
Fig. 6. Fingerscheere.
Fig. 7. Fusschrift des Vorwärtsganges, auf $\frac{2}{3}$ verkleinert.
Fig. 8—12. Darstellung der Compensationsbewegungen.
-









