Zur Kenntnis der Verbindungsweise der Skelettstücke der Arme und Ranken von Antedon rosacea Linck (Comatula mediterranea Lam.).

Von

Heinrich Bosshard.

Hierzu Tafel III—VIII.

I. Allgemeine Organisation.

Die Comatulidae, zu denen Antedon rosacea gehört, sind die einzige Crinoideenfamilie, deren Vertreter nur auf einem gewissen Jugendstadium mit einem Stiele auf dem Meeresboden befestigt sind, im geschlechtsreifen Zustande aber durch rudernde Bewegungen ihrer Arme sich frei schwimmend fortzubewegen vermögen. Antedon gehört der marinen Küstenfauna an und ist z. B. im Golfe von Neapel, woher das von uns untersuchte Material stammt, sehr verbreitet.

Der äußerlich radiär symmetrische Körper besteht aus einem centralen Becher oder Kelche und den von ihm ausstrahlenden 5 Armpaaren und ihren Verzweigungen, den Fiederchen oder Pinnulae. Der von Kalkplatten gebildete Becher tritt hinsichtlich seiner Größe gegenüber den Armen stark zurück. Sein Durchmesser schwankt zwischen 1,2 und 1,5 cm, während die Arme eine Länge von ca. 10 cm erreichen können. Er birgt die Eingeweidemasse des Tieres; ihre Fortsetzungen finden wir in den Weichteilen der Arme und Pinnulae wieder. Den Grund des Bechers bildet die Centrodorsalplatte, deren Randpartie dicht mit gegliederten Anhängen, den Cirren oder Ranken, besetzt ist, die den Stengelgebilden der festsitzenden Crinoidea homolog sind (vergl. Taf. III, Fig. 1). Die Mitte der Centrodorsalplatte stellt das eine Ende der Hauptachse des Tieres, den apicalen, aboralen oder dorsalen Pol dar. Das andere Ende der Hauptachse, der ventrale oder orale Pol, liegt in der Mundöffnung, die nahezu central die häutige Kelchscheibe durchbricht. Während der kurzen Zeit, da die Larve von Antedon, als sogen. Pentacrinusstadium, eine seßhafte Lebensweise führt, ist sie mit ihrem aboralen Pol an einem Stiele be-

festigt und wendet ihre Mundöffnung nach oben. Der orale Pol ist auch nach erfolgter Loslösung vom Stiele nach oben gerichtet, und es kann daher die orale Seite auch als Oberseite, die aborale dagegen als Unterseite bezeichnet werden.

Während die Mundöffnung in der häutigen Kelchdecke eine fast centrale Lage hat, erhebt sich die Afterröhre excentrisch in einem Interradius derselben. Vom Munde aus verlaufen in der Richtung der 5 Hauptradien als rinnenförmige Vertiefungen an der Kelchdecke die 5 Nahrungsfurchen (Taf. VI, *Nf.* Fig. 15), um nachher auf die Arme und Pinnulae überzutreten. Die gabelartige Teilung eines jeden der 5 Arme bedingt auch eine Zweiteilung einer jeden Nahrungsrinne in der Nähe des Scheibenrandes. Zur Aufnahme dieser rinnenartigen Vertiefungen des Integumentes sind die einzelnen Kalksegmente, welche das Skelett der Arme bilden, auf ihrer oralen Seite ebenfalls gefurcht; auf diese Weise kommen die Ambulacralfurchen der Arme zustande (vergl. Taf. IV, Fig. 8). In den Skelettstücken der Pinnulae ist auf der oralen Seite ebenfalls eine Furche aufgespart, um die Integumentrinne aufzunehmen. Die oralen Pinnulae — als solche bezeichnen wir die ersten äußeren Fiederchen jedes Armpaares (Taf. III, Fig. 1 u. 2 *Po*) — besitzen dagegen weder eine Ambulacralfurche noch eine Integumentrinne. Sie stehen auch in keinerlei Beziehung zu dem Geschlechtsapparate wie die übrigen Armfiederchen, die als Bildungsstätten der Geschlechtsprodukte die letzten Verzweigungen desselben darstellen. Die Annahme Perrier's, daß diesen oralen Pinnulae die Funktionen von Tastorganen zukommen, ist wohl durchaus berechtigt. Man sieht sie nämlich bei Berührung der Kelchdecke mit einer Nadelspitze sich energisch gegen die Mundöffnung hin zusammenneigen.

Um einen Einblick in die allgemeinen Organisationsverhältnisse von Antedon zu gewinnen, ist es wohl zweckmäßig, von einem Querschnitte durch einen Arm auszugehen, wie er beispielsweise in Taf. VI, Fig. 15 u. 16 dargestellt ist. (Vergl. auch die Erklärungen zu obigen Figuren.) Der Querschnitt ist so gezeichnet, daß die orale Seite des Armes nach oben, die aborale dagegen nach unten gerichtet ist. Der orale Teil der Arme wird von Weichteilen occupiert, die mit den entsprechenden Weichteilen des Kelches im Zusammenhange stehen. Auf der aboralen oder unteren Seite der Arme dagegen dominiert der Kalk, er steht an der Ursprungsstelle der Arme mit den Kalkpartien des Kelches in Verbindung. Auf dem Armquerschnitte treffen wir, von der Oralseite zur

Apicalseite fortschreitend, die Weich- und Hartteile in folgender Anordnung:

a) die in die Ambulacralfurche der Skelettstücke eingesenkte, vom Integumente gebildete Nahrungsfurche (*Nf*) mit ihrer epithelialen Auskleidung und den ihre seitlichen Wände begleitenden Tentakeln (*T*);

b) in der Tiefe des Epithels den radiären Strang des oberflächlichen oralen Nervensystems (*Rn*);

c) unter dem Epithel einen nicht auf allen Schnitten sichtbaren Kanal, der von den einen Autoren als radiäres Blutgefäß (Ludwig), von den anderen als Schizocöl-Längskanal (Hamann), oder als Gewebelücke (Vogt und Yung) bezeichnet wird. Wieder andere (wie z. B. Perrier), führen ihn in ihren Darstellungen der Armquerschnitte gar nicht auf;

d) den Radialkanal des Wassergefäßsystems (*Rk*);

e) die 3 radiären Sinusse des Armcöloms, von denen der dorsale (*Ds*) durch den Genitalsinus (*Gs*) von den beiden ventral gelegenen (*Vs*) getrennt ist;

f) den Genitalkanal mit der Genitalrhachis (*Gs* und *Gr*);

g) das Paar der ventralen Muskeln (*M*);

h) den Strang des aboralen oder apicalen Nervensystems (*San*);

i) die dorsale, den ventralen Muskeln der Armgelenke antagonistisch entgegenwirkende Fasermasse (*Df*) oder den Kalkkörper des Armgliedes (*Kgs*).

In der Bezeichnung dieser auf dem Querschnitte zu Tage tretenden Gebilde haben wir uns an die von A. Lang (14, S. 1004) vorgeschlagene Terminologie gehalten. Wie früher schon hervorgehoben worden ist, gehen die Nahrungsfurchen der Arme an der Birfurkationsstelle der letzteren in die zum Munde hinziehenden 5 Hauptfurchen der Scheibe über. Den Nahrungsfurchen schließen sich in ihrem Verlaufe die Kanäle des Wassergefäßsystems aufs engste an. Die Radialkanäle der Pinnulae, der Arme und der Scheibe vereinigen sich in einem Centralkanal, der ringartig die Mundöffnung umgiebt. Die letzten Verästelungen des Wassergefäßsystems sind die Tentakelkanäle (*Tk*). Sie entspringen als seitliche Abzweigungen alternierend den Radialkanälen. An den seitlichen Rändern der Nahrungsfurchen erheben sich die Tentakeln (*T*), von denen je 3 zu einer Gruppe vereinigt sind. Jede dieser Triaden steht durch einen Tentakelkanal mit einem Radialgefäße in Verbindung. Die Tentakeln sind der lokomoto-

rischen Funktion völlig entfremdet, sie vermitteln hauptsächlich die Respiration und Nahrungszufuhr. Die Frage nach dem Verhalten derjenigen Organe, denen die Zuleitung des Meerwassers in das Ambulacralsystem obliegt, kann noch nicht als definitiv entschieden betrachtet werden, da die Ansichten der Forscher nicht in allen Punkten miteinander übereinstimmen. Ludwig (15) betrachtet die Schläuche, die dem Ringkanal des Ambulacralsystems anhangen und nach seiner Darstellung frei in die Leibeshöhle münden, als Gebilde, die den Steinkanälen der übrigen Echinodermen als morphologisch gleichwertig zu setzen sind, und homologisiert fernerhin die die Kelchdecke durchsetzenden Kelchporen mit den Madreporenöffnungen der anderen Echinodermen. Nach seiner Ansicht ist also das Wassergefäßsystem der Crinoidea in der für alle Echinodermen typischen Weise ausgebildet. Perrier (20) unterscheidet periphere Kelchporen (entonnoirs périphériques), welche das Meerwasser in das Innere der Arme leiten, und centrale Kelchporen (entonnoirs centraux), die das Wasser einem ganz bestimmten Körperbezirke zuführen und nicht einfach an irgend einer beliebigen Stelle die Verbindung der Außenwelt mit der allgemeinen Leibeshöhle vermitteln. Ueber die Beziehungeu zwischen den Kelchporen und den Steinkanälen äußert er sich (l. c., S. 256) folgendermaßen: „En somme chez les Comatules adultes les tubes hydrophores puisent dans la cavité générale l'eau qui remplit le canal tentaculaire et ses dépendances; mais cette eau n'arrive que de seconde main, en quelque sorte, aux tubes hydrophores. Chez l'animal adulte, contrairement à ce qui a lieu chez les jeunes, on ne peut donc réclamer aucun rapport particulier, fonctionnel ou autre, entre les tubes hydrophores et les entonnoirs vibratiles.“ Eine direkte Beziehung zwischen den Steinkanälen und den Kelchporen, namentlich auch in Bezug auf ihre Zahl, würde demnach nach der Ansicht des französischen Zoologen nur auf gewissen Jugendstadien zu konstatieren sein.

Wie die Kanäle des Ambulacralsystems, so folgen nun auch die Radiärstränge des oberflächlichen oralen Nervensystems (*Rn*) dem Verlaufe der Nahrungsfurchen, mit deren Epithelzellen ihre Elemente in innige Beziehung treten. Das Centrum dieses oberflächlichen oralen Nervensystems, dessen Verbreitungsbezirk die oberflächlichen Partien des Körpers, die aborale Seite ausgenommen, und der Darmkanal und seine Anhangsgebilde darstellen, liegt in einem den Mund umgebenden, ringförmigen Strange. Ohne auf

die Meinungsverschiedenheiten näher einzutreten, die sich über die Natur des Radiärstranges erhoben haben, wollen wir doch kurz darauf hinweisen, daß Ludwig (l. c.) zuerst denselben als Nerven in Anspruch genommen hat.

Die auf dem Querschnitt durch einen Arm als Radiärsinusse des Armcöloms bezeichneten Hohlräume stehen mit der Leibeshöhle des Kelches, bezw. mit den verschiedenen Abteilungen derselben in Verbindung. Die beiden ventralen oder subtentaculären Kanäle (*Vs*) sind durch ein vertikales (*Vsp*) Septum von einander getrennt und münden in den axialen Teil des Kelchcöloms. Der Dorsalkanal ist durch ein horizontales Septum (*Hsp*) und den Genitalkanal (*Gs*) von den Ventralkanälen geschieden und kommuniziert mit der Periintestinalhöhle des Kelches. Die allgemeine Leibeshöhle des Kelches zerfällt nämlich in einen centralen Teil, der den Darmkanal enthält und als Periintestinalhöhle bezeichnet wird, und in einen peripheren Abschnitt, für den die Bezeichnung periphere oder subtegumentäre Höhle eingeführt worden ist (Lang, l. c.). In der Periintestinalhöhle lassen sich wiederum zwei konzentrisch angeordnete Abschnitte unterscheiden: ein axialer Teil, der den Genitalstolo enthält und mit dem im Grunde des Bechers gelegenen „gekammerten Organ“ und durch letzteres auch mit den Kanälen der Ranken in Beziehung steht, und ein peripherer äußerer Teil, der den spiralig gewundenen Darm enthält.

Der Genitalstrang (*Gr*) liegt auf dem Armquerschnitte zwischen den ventralen Kanälen und dem Dorsalkanal in einem besonderen Sinus, der in Bindegewebsmassen eingebettet ist. Joh. Müller (18) hat ihn als Nervenstrang betrachtet. Seine wahre Natur ist dann von W. B. Carpenter erkannt worden. Der Genitalstrang der Arme folgt in seinem Verlaufe der Nahrungsfurche, er verästelt sich wie diese, und seine Zweige treten in die Fiederchen ein, wo, wie früher schon erwähnt wurde, die Geschlechtszellen gebildet werden.

Die Genitalstränge lassen sich auch in der Kelchdecke bis in die Nähe des Mundes verfolgen, ohne daß sich jedoch ein direkter Zusammenhang mit dem Axialorgane nachweisen läßt, wie dies für die übrigen Echinodermen mit Ausnahme der Holothurioidea der Fall ist. Aus diesem Grunde sind wohl dem Axialorgane der Crinoidea die verschiedenartigsten Funktionen zugeschrieben worden. Daß es auch mit einer stattlichen Reihe von Benennungen bedacht worden ist, dürfte nicht überraschen.

Das aborale oder apicale Nervensystem, dessen radiärer Strang (*San*) auf dem Armquerschnitte ebenfalls getroffen wird, ist bei den Crinoidea überhaupt in hohem Grade ausgebildet. Trotzdem ist seine wahre Natur und Bedeutung verhältnismäßig erst spät festgestellt worden. Joh. Müller hielt merkwürdigerweise den apicalen Armnerven für einen Kanal und bezeichnet ihn als Centralkanal. Ludwig (l. c.) führt ihn als radiäre Fasermasse auf, und auch Perrier (21) stellt seine nervöse Natur noch entschieden in Abrede, obwohl W. B. Carpenter schon 1866 den Strang als Nerven aufgefaßt hatte. Nachdem er die von W. B. Carpenter zu Gunsten seiner Auffassung des Stranges als Teil des Nervensystems ins Feld geführten Argumente allseitig geprüft und erwogen, kommt Ludwig (l. c. S. 335) zu folgendem Schlusse: „Bei dieser Lage der Sache vermag ich Carpenter's Ansicht, daß die Faserstränge Nerven seien und folglich den Crinoideen im Gegensatz zu den übrigen Echinodermen außer dem ambulacralen noch ein antiambulacrales Nervensystem zukomme, nicht zu teilen, sondern halte zunächst fest an der anderen vorhin geäußerten Auffassung der Faserstränge", und fügt (l. c. S. 340) hinzu: „Die Faserstränge sind zu betrachten als unverkalkt gebliebene Teile der bindegewebigen Grundlage der Kalkglieder, deren Aufgabe es ist, aus dem Blutgefäßsystem, genauer aus den 5 Kammern, die ernährende Flüssigkeit aufzunehmen und den Arm- und Pinnulagliedern zuzuführen." Es blieb dann Semper (24) und P. H. Carpenter, (5, 6), Marshall (16) und Jickeli (11) vorbehalten, die Auffassung W. B. Carpenter's hinsichtlich des Apicalstranges histologisch und experimentell zu bestätigen. Die Apicalstränge der Arme und Pinnulae verlaufen in den Axialsträngen (*Aa* u. *Ar*), die für sie in den Skelettstücken aufgespart sind, in jedem der letzteren ein dorsales und ein ventrales Paar Aeste abgebend. Bevor sich die Stränge eines jeden Armpaares im Costale primum zu einem primären Strange vereinigen, kommt es zur Bildung eines komplizierten Chiasmas im Bereich des Costale secundum (C_2 Fig. 1). Dann ziehen die primären Stränge konvergierend zum Grunde des Kelches hin, um daselbst in die nervöse Hülle einzutreten, die die Wandung des „gekammerten Organs" bildet und als Centrum des aboralen Nervensystems zu betrachten ist. Im Axialkanal der Kalksegmente der Ranken (Fig. 9, 11 u. 12 *Ar*) verläuft eine Röhre, die mit dem Hohlraumsystem des gekammerten Organs kommuniziert und deren Wandung von der Fortsetzung der nervösen

Hülle desselben gebildet wird. Die Rankenkanäle besitzen demnach Nervenscheiden als Wände. Der Vollständigkeit halber wollen wir hier noch das dritte Nervensystem der Crinoidea erwähnen. Dasselbe ist auf der oralen Seite der Kelchscheibe und der Arme entwickelt. Es hat eine subepitheliale Lage und setzt sich aus einem Schlundring und 5 Paaren von Armnerven zusammen, die zwischen den Ventralkanälen und dem Subtentaculärkanal (*Rk*) verlaufen und mit den ventralen Verzweigungen des apicalen Stranges in Beziehung treten. Lang spricht (l. c.) die Ansicht aus, dieses dritte Nervensystem der Crinoidea sei als ein Homologon zum tiefliegenden oralen System der übrigen Echinodermen zu betrachten.

Es folgt auf dem Armquerschnitte das Paar der ventralen Muskeln (*M*), und unter denselben die Masse der Dorsalfasern (*Df*), die auf der Dorsalseite der Arme die Artikulationsflächen zweier Kalkglieder miteinander verbindet.

Nach der übereinstimmenden Ansicht aller Forscher, die sich mit der Organisation von Antedon befaßt haben, wird die Verbindung zweier aufeinander folgenden Skelettstücke auf der oralen oder ventralen Seite der Arme durch echte Muskeln (*M*) bewerkstelligt. Hinsichtlich der Natur der Fasern aber, die auf der Dorsalseite der Arme den echten ventralen Muskeln antagonistisch entgegenwirken, gehen die Meinungen der Zoologen so sehr auseinander, daß eine neue Prüfung dieser Frage gerechtfertigt erscheint. Während nämlich die älteren Forscher das Beugen der Arme nach unten, d. h. gegen den Apex des Kelches hin, der Wirkung der elastischen Interartikularsubstanz (*Df*) zuschreiben und gleichzeitig den Ranken die Fähigkeit, willkürlich sich zu bewegen, absprechen, betrachten neuere Zoologen die Dorsalfasern der Arme und die Fasern in den Gelenken der Ranken (Taf. VIII, Fig. 24 *Rf*) unbedenklich als Muskeln. Nach diesen orientierenden Bemerkungen über die allgemeine Organisation von Antedon und die Stellung der Echinodermenforschung zur Frage der Verbindungsweise der Skelettstücke der Arme und Ranken wenden wir uns den von uns angestellten Untersuchungen und ihren Resultaten zu. Untersucht wurde das Skelett der Arme und Ranken und teilweise auch dasjenige des Kelches, namentlich in Bezug auf die Artikulationsverhältnisse, sowie die Verbindungsweise der Skelettstücke durch die verschiedenen Fasermassen. Zunächst mögen einige Angaben über die technischen Mittel und Wege, die der Arbeit zu Grunde liegen, Platz finden.

II. Technik.

Ein 5-monatlicher Aufenthalt an der zoologischen Station in Neapel setzte uns in den Stand, Beobachtungen an einer großen Zahl lebender Individuen anzustellen und nicht unwesentliche Erfahrungen über zweckmäßige Konservierung und Entkalkung des Untersuchungsmateriales zu sammeln. Der hochverehrten Anstaltsleitung, deren überaus liebenswürdiges Entgegenkommen uns diesen längeren Aufenthalt an der Station ermöglichte, sei an dieser Stelle aufrichtigster Dank gesagt. Die Entfernung des die Weichteile des Tieres durchsetzenden Kalkskelettes erwies sich als besonders schwierig und in hohem Grade zeitraubend. Gelingt es aber nicht, die Kalkmasse bis auf ihre letzten Spuren zu entfernen, ohne durch die angewendeten Reagenzien die Gewebe allzusehr in Mitleidenschaft zu ziehen, so ist die Herstellung brauchbarer Mikrotomschnitte eine Unmöglichkeit. Soweit möglich, wurde das Material nicht bloß an Schnitten und Zupfpräparaten, sondern auch in toto und zwar vor und nach erfolgter Entkalkung und Färbung mit der Lupe untersucht. Als Fixierungsmittel haben sich konzentrierte wässerige Sublimatlösung und Kalium bichromicum (4-proz.) sehr gut bewährt. Für die Herstellung der Skelettpräparate wurde eine ca. 25-proz. Lösung von Kalium causticum und zur Entkalkung konzentrierte Salpetersäure mit Erfolg angewendet. Die Fixierung mit Kal. bichromic. erwies sich nach zwei Richtungen hin als vorteilhaft: einmal wurden die Weichteile, namentlich die Dorsalfasern, sehr gut fixiert, und andererseits wurde gleichzeitig noch ein beträchtlicher Teil der Kalkmasse aufgelöst. Die Anwendung dieses Fixatives machte allerdings ein langes (mindestens 24-stündiges) Auswaschen in fließendem Wasser nötig. Die zu entkalkenden Ranken und Armstücke wurden in relativ große Mengen Alkohols von 70 Proz. gelegt, dem nur wenige Tropfen konzentrierter Salpetersäure auf einmal zugesetzt wurden. Häufige Erneuerung der Entkalkungsflüssigkeit mit jeweiligem Zusatz von nur wenigen Tropfen Salpetersäure und wochen-, ja selbst monatelanges Ausdehnen der Entkalkungsprozedur auf dasselbe Objekt ermöglichten allein die schen Mikrotome in verschiedenen Dicken angefertigt und nach Herstellung genügend dünner und überhaupt brauchbarer Schnittpräparate. Als Einbettungsmasse wurde stets Paraffin angewendet. Sämtliche Schnitte und Schnittserien sind mit einem Zimmermann-

schen Mikrotome in verschiedenen Dicken angefertigt und nach der Kapillarattraktionsmethode auf dem Objektträger befestigt worden. Diese Methode, die Schnitte aufzuheften, liefert bei richtiger Handhabung sehr zuverlässige Resultate und gestattet gleichzeitig ein rasches Arbeiten. Die Objektträger mit den aufgezogenen Schnitten sollten mindestens eine Woche an einem trockenen, mäßig warmen Orte aufbewahrt werden, bevor sie einer weiteren Behandlung unterworfen werden, sonst riskiert man, daß beim Färben der Schnitte besonders in wässerigen Farbstofflösungen und nachherigen Auswaschen in Wasser einzelne Schnitte, oder wenigstens Teile von solchen, sich ablösen und verloren gehen. Stück- und Schnittfärbung sind nebeneinander zur Anwendung gekommen; doch muß der Schnittfärbung entschieden der Vorzug gegeben werden, da sie auch bei nicht allzu reichlichem Material zahlreichere und damit auch mannigfaltigere Tinktionen gestattet und eine beständige Kontrolle der Farbstoffwirkung ermöglicht. Den einfachen Färbungen reihten sich Doppel- und Mehrfachfärbungen an, über deren Resultate später berichtet werden soll.

III. Das Skelett im allgemeinen.

Das Kalkskelett, das im Integumente der Echinodermen zur Ausbildung gelangt, ist für den ganzen Stamm ebenso charakteristisch wie der strahlige Bau des Körpers oder das Wassergefäßsystem, und ist auch von ganz eigenartiger mikroskopischer Struktur. Das Gefüge dieser Skelettbildungen ist nicht kompakt, sondern maschenartig oder schwammig. Die Kalkmasse bildet stets die Balken des Gitterwerkes, während die Maschen von Gewebemassen ausgefüllt werden. Die Thatsache, daß gewisse Platten in den Skeletten aller Echinodermenabteilungen wiederkehren, berechtigt wohl dazu, sie als homologe Bildungen und als Bestandteile eines ursprünglichen hypothetischen Echinodermenskelettes zu betrachten. Das letztere setzt sich nach A. Lang (l. c.) zusammen aus den Platten des oralen und aboralen Systems. Das orale System besteht aus 5 Platten, die, kranzartig und interradial gestellt, den Mundpol umgeben. Das aborale System gelangt im Umkreis des aboralen Poles zur Ausbildung und nimmt bei den Crinoidea einen hervorragenden Anteil an dem Aufbau des die Eingeweidemasse enthaltenden centralen Bechers. Der aborale Pol wird von der Centralplatte occupiert. Um sie herum

legt sich bei den Crinoidea mit dicyklischer Basis zunächst der Kranz der 5 radial gestellten Infrabasalia, an welche sich nach außen hin die 5 interradial angeordneten Basalplatten anlegen. An die Basalia schließen sich die 5 Radialplatten (*R* Fig. 3), die den Abschluß des aboralen Systems gegen das perisomatische Skelett hin bilden. Bei den Crinoidea mit monocyklischer Basis unterbleibt die Bildung der Infrabasalia. Diesem durchaus hypothetischen Echinodermenskelette kommt dasjenige der Larve von Antedon in ihrem Pentacrinusstadium am nächsten. So fehlen der erwachsenen Antedon die Oralplatten, während sie auf gewissen Jugendstadien deutlich entwickelt sind. Auch die Centralplatte verschwindet später als selbständige Skelettplatte, indem sie bei der Loslösung der Antedonlarve von ihrem Stiele mit dem obersten, rankentragenden Stengelgliede und den Infrabasalia zur Centrodorsalplatte (*Zd* Fig. 1) verschmilzt.

A. Das Skelett des Kelches.

Am Aufbau des Kelchskelettes der erwachsenen Antedon beteiligen sich neben den bereits erwähnten Platten des aboralen Systems auch noch zwei perisomatische Skelettstücke. Es sind dies die auf die Radialia (*R*) des Kelches folgenden zwei Armstücke. Man hat sie früher als Radiale II und Radiale III bezeichnet, wir wollen sie nach dem Vorschlage Lang's (l. c.) fixierte Costalia oder Costale I und Costale II nennen. Vergl. die Erklärungen zu Taf. III, Fig. 1, 2 und Taf. IV, Fig. 4. Wird nach Entfernung des Eingeweidesackes der Kelch mit den ersten Armsegmenten mit einer Aetzkalilösung behandelt, so erliegt die ventrale Muskulatur in den Gelenken zuerst der Einwirkung des Reagens, während die Armstücke auf ihrer Dorsalseite durch die dem Aetzkali gegenüber viel resistentere Fasermasse noch längere Zeit im Zusammenhange bleiben. Schließlich löst sich auch die Verbindung zwischen den Radialia und Costalia, und es bleibt vom Kelch eine Skelettmasse übrig, in der Centrodorsalplatte (*Zd*), Basalia und Radialia (*R*) vereinigt sind und die von W. B. Carpenter (3) als „Pentagonal Base of the Calyx“ bezeichnet wird. Die dorsale Seite der pentagonalen Basis (Fig. 1) wird von der Centrodorsalplatte (*Zd*), ihre obere oder orale Seite von den oralen Flächen der 5 Radialia (*R*) gebildet (Fig. 3). An den 5 Seitenlinien des Pentagons artikulieren die Costalia I. Basalia

und Infrabasalia sind in der Skelettmasse der pentagonalen Basis eingeschlossen und dem Auge nicht sichtbar. Die Centrodorsalplatte ist auf ihrer dorsalen Seite konvex gekrümmt, ihre Randpartie ist dicht mit Ranken besetzt, die in 2—3 übereinander liegenden Reihen angeordnet sind. Nur der centrale Teil bleibt frei von Ranken. Da, wo eine Ranke am Centrodorsale befestigt ist, zeigt letzteres eine pfannenartige Vertiefung zur Aufnahme der proximalen Artikulationsfläche des ersten Cirrensegmentes (vergl. Fig. 1 u. 9). Da zwischen den die pentagonale Basis zusammensetzenden Skelettstücken eine gelenkige Verbindung nicht besteht, verzichten wir hier auf eine detaillierte Beschreibung derselben und verweisen auf die höchst zuverlässigen Angaben und Darstellungen W. B. Carpenter's (l. c.).

Die 5 Radialia (*R*), deren orale Flächen in der ventralen Ansicht der pentagonalen Basis (Fig. 3) dargestellt sind, haben die Form eines regulären Dreieckes. Die Spitzen der 5 Dreiecke sind dem Centrum des Pentagons zugekehrt, ihre leicht konvexen Grundlinien bilden die 5 Seiten des letzteren. Die äußere oder distale Fläche eines Radiale artikuliert mit der proximalen Fläche eines Costale I und zeigt folgende Gliederung (Fig. 3 u. 5): In jedem Radiale verläuft von dem einen Eckpunkte der distalen Fläche zum anderen in gerader Linie eine vorspringende Leiste (Articular Ridge W. B. Carpenter's) und teilt somit die ganze Artikulationsfläche in zwei ungleich große Partien. Der dorsal von der Querleiste liegende Teil ist wie ein Kreissegment konturiert und namentlich gegen die Mitte hin ziemlich stark vertieft. Die ventrale Partie der Fläche ist bedeutend größer und wird von einer vertikal gestellten Leiste halbiert. Jede Hälfte zeigt zwei ungleich tiefe Gruben zur Aufnahme der Fasermassen, welche die Verbindung zwischen Radiale und Costale I vermitteln. Die distale Fläche der Radialia weist also eine horizontale und eine vertikal gestellte, vorspringende Leiste auf, dorsal von der Querleiste eine unpaarige Gelenkgrube, ventral von der Querleiste und zu beiden Seiten der Vertikalleiste 2 paarige ungleiche Artikulationsfelder. Vergl. Taf. IV, Fig. 3 und 5 und die dazu gehörenden Erklärungen. Die der distalen Fläche der Radialia zugewendete proximale Fläche der Costalia I ist genau von derselben Konfiguration, so daß wir hier auf ihre Beschreibung verzichten können. Nach W. B. Carpenter dient die unpaare dorsale Gelenkgrube zur Aufnahme der „Elastic Ligaments" (*Df*), die mittlere, unmittelbar an die Querleiste stoßende Grube nimmt die „Interarticular Ligaments" (*Lf*)

auf, und in der oberen, ventralen Vertiefung verlaufen von einer Fläche zur anderen die „Flexor Muscles“, d. h. die echten ventralen Muskeln aller Autoren (*M*). Wir sind in der Lage, die Angaben Carpenter's über die Beschaffenheit der Artikulationsflächen der Radialia zu bestätigen. Der Axialkanal, in welchem der Strang des apicalen Nervensystems (*San*) verläuft, öffnet sich in der distalen Fläche der Radialia an der Kreuzungsstelle zwischen der vertikalen und der horizontalen Kalkleiste (*Aa*). Auf der Innenseite der Radialia ist seine Mündung doppelt. An die Radialia schließen sich die Costalia I, deren distale Flächen mit den proximalen Flächen der Costalia II artikulieren. Die beiden Gelenkflächen der Costalia I sind nahezu parallel, so daß auch der innere und äußere Rand des Segmentes gleich lang erscheinen. Vergl. Taf. III Fig. 1. Die distale Fläche des Costale I ist, wie Fig. 6 zeigt, wesentlich verschieden von seiner proximalen Fläche, welche, wie bereits hervorgehoben worden ist, mit der ihr gegenüberstehenden Fläche des Radiale übereinstimmt. Die nahezu elliptische Fläche wird durch eine Vertikalleiste in ein linkes und rechtes Feld abgeteilt. Beide Felder sind grubenartig vertieft und mit vorspringenden Rändern eingefaßt. Ungefähr in der Mitte der Vertikalleiste befindet sich die Oeffnung des Axialkanales (*Aa*). Gegenüber der proximalen Fläche des Costale I ist also seine distale Fläche von auffallend einfacher Gestalt. Die zwei einzigen seitlichen Gelenkgruben sind nach W. B. Carpenter nur zur Aufnahme von „interarticular ligaments“ aufgespart, und es würden diesem Gelenke zwischen Costale I und Costale II demnach „elastic ligaments“ und echte Muskeln fehlen, („no muscular bands being here interposed“, l. c. S. 715). Auch Joh. Müller (l. c. S. 206) sagt in Bezug auf dieses Gelenk: „Aber das Gelenk zwischen dem 2. und 3. Gliede (gemeint sind C_1 und C_2) hat bei Alecto europaea keine Muskeln, dies ist das Gelenk, welches nur Seitenbewegungen oder seitliches Hin- und Herwiegen des 3. Radiale (Costale II) zuläßt. Dem Gelenk zwischen dem 2. und 3. Radiale fehlt also die Muskelbewegung.“ Das Costale II hat, vom aboralen Pole von Antedon aus gesehen (Fig. 1), nahezu die Form eines Dreieckes mit distal gerichteter Spitze. Es hat 3 Gelenkflächen, von denen die proximale mit dem Costale I artikuliert, und 2 distale, von denen jede mit einem Brachiale I (Fig. 1) gelenkig verbunden ist. Die proximale Fläche verhält sich analog wie die distale Fläche des Costale I, während die 2 distalen Flächen kompliziertere Gebilde sind (vergl. Fig. 7). Sie sind von-

einander getrennt durch eine Leiste, die vertikal von der ventralen zur dorsalen Mitte des Segmentes verläuft. In jeder Fläche ist wieder eine Querleiste vorhanden, die aber nicht horizontal gerichtet ist, sondern vom dorsalen oder unteren Ende der Mittelleiste unter einem Winkel von ca. 30° schräg nach oben und außen zieht. Jede Fläche zeigt wiederum eine dorsal von der Querleiste liegende unpaarige Grube, und ventral von derselben 2 paarige Vertiefungen, wie wir sie in der distalen Fläche der Radialia kennen gelernt haben. Im Costale II erfährt der Axialkanal eine dichotomische Teilung, daher ist auch jede der beiden Flächen mit einer Oeffnung desselben versehen (*Aa* Fig. 7). Das Gelenk zwischen Costale II und Brachiale I ermöglicht also eine Drehung um eine von unten und innen schräg nach oben und außen gerichtete Achse.

B. Das Skelett der Arme.

Jeder der 10 Arme besteht aus einer größeren Zahl aneinander gefügter Kalksegmente, deren Durchmesser mit der Entfernung von der Ursprungsstelle des Armes abnimmt. Die Zahl dieser einen Arm zusammensetzenden Kalkglieder läßt sich nicht wohl genau angeben, da komplette, ganz unversehrte Arme nicht allzu häufig zur Verfügung stehen. In den meisten Fällen hat man es mit unvollständigen Gebilden zu thun, deren letzte Segmente abgefallen oder noch nicht ausgebildet sind. W. B. Carpenter giebt für einen Arm von 4″ Länge 140 Segmente an. Alle Segmente haben auf ihrer ventralen Seite die schon früher erwähnte, als Ambulacralfurche bezeichnete, rinnenförmige Vertiefung; in der Richtung ihrer Längsachse sind sie vom Axialkanal durchbohrt, ihre proximalen und distalen Flächen sind, wenn wir von den Syzygien (*Sg* Fig. 1 u. 2) absehen, zu Gelenkfacetten ausgebildet und zeigen die zur Aufnahme der Muskeln, Dorsalfasern und Ligamente notwendigen Vertiefungen. Die Artikulationsflächen des einzelnen Segmentes stehen nicht vertikal, sondern schief zur Längsachse des Gliedes (Fig. 1). Sie sind daher auch nicht parallel, sondern konvergieren abwechselnd nach der Innen- und Außenseite des Armes hin (Fig. 2). Jedes Segment hat daher auch einen kürzeren und einen längeren Seitenrand. Die Segmente sind im Arme derart angeordnet, daß z. B. der kürzere Seiten- bezw. Innenrand des ersten mit dem längeren Seiten- bezw. Innen-

rand des nächsten, der längere Seiten- bezw. Außenrand des ersten mit dem kürzeren Seiten- bezw. Außenrand des folgenden zusammenstößt. Nur die Flächen, die eine Syzygie bilden, stehen vertikal zur Längsachse des Armes und sind untereinander parallel (Fig. 2).

Was die Verbindungsweise der Armglieder untereinander betrifft, so kommen neben den Gelenken noch die schon mehrfach erwähnten Syzygien vor. Gelenke und Syzygien wechseln in gesetzmäßiger Weise miteinander ab (Fig. 2 u. Erklärung). Der Ausdruck „Syzygie" wird nicht von allen Autoren in demselben Sinne angewendet. Es mag hier am Platze sein, diese Thatsache an einigen Beispielen zu illustrieren. Joh. Müller giebt (l. c. S. 215) folgende Definition der Syzygie: „Unter Syzygie verstehe ich die unbewegliche Nahtverbindung zweier Glieder. In diesem Falle fehlen an dieser Stelle sowohl die Muskeln als die elastische Interartikularsubstanz. Die Verbindungsflächen dieser Glieder sind radiiert." Daraus geht klar hervor, daß der Ausdruck „Syzygie" für Müller nur den Modus einer Verbindung zwischen zwei Segmenten und zwar eine unbewegliche Verbindung angiebt und daher im Gegensatze zu „Gelenk" zu verstehen ist. Wie aus verschiedenen Stellen seiner Arbeiten „Ueber den Bau des Pentacrinus Caput Medusae" und „Ueber die Gattung Comatula und ihre Arten" hervorgeht, hält sich Müller selbst nicht immer streng an seine Definition in der Anwendung des Wortes „Syzygie". Noch weniger konsequent scheint P. H. Carpenter in der Verwendung des Wortes zu sein, wie die von Bather (2) citierten Stellen aus seinen Arbeiten darthun. Lang (l. c. S. 964) unterscheidet, die ältere Ansicht über die Verbindungsweise der Skelettstücke vortragend, zwischen Suturen oder Synostosen, Syzygien und Muskelgelenken. Der Begriff „Sultur", wie er hier angewendet wird, würde sich zum Teil mit der von Joh. Müller für Syzygie gegebenen Definition decken, da für beide Unbeweglichkeit der Verbindung und Mangel jeglicher Faserverbindung (bei Müller's Definition wenigstens der elastischen Faserverbindung) zwischen den Skelettstücken als wesentlich charakteristisch hervorgehoben wird. Mit dieser Erklärung Lang's steht der folgende Passus (l. c. S. 1006) nicht im Einklang: „Wo zwei Skelettstücke durch eine Sutur vereinigt sind, wird diese Sutur durch dicht gedrängte, parallel verlaufende Fasern gebildet, welche das Grundgewebe des einen Stückes mit demjenigen des anderen verbinden." Nach der citierten Auffassung würden in den Syzygien elastische Fasermassen die Skelettstücke

verbinden und eine wenigstens passive Beweglichkeit der letzteren ermöglichen. Als Syzygien müßten nach derselben Ansicht betrachtet werden die Verbindungen der Stiel- und Rankenglieder, ferner die Verbindungen zwischen Costale I und II, Brachiale I und II, wo ja die echten, ventralen Muskeln ebenfalls fehlen und gleichzeitig auch die von Joh. Müller, W. B. Carpenter etc. als Syzygien bezeichneten Verbindungen zwischen Brachiale III und IV, Brachiale IX und X etc. Diese letzteren Verbindungsweisen dürfen aber mit den Ranken- und Stielgelenken nicht identifiziert werden. Angesichts dieser verschiedenen Anwendungen des Begriffes „Syzygie" ist es wohl gerechtfertigt, den Vorschlägen Bather's zu folgen und den Ausdruck „Syzygie" nur in seiner ursprünglichen, von Joh. Müller vorgeschlagenen Bedeutung anzuwenden, d. h. für die unbewegliche, durch Fasermassen vermittelte Verbindung zweier Skelettstücke. Demgemäß kommen Syzygien vor (Fig. 2): zwischen Br. 3 und 4, 9 und 10, 14 und 15, 18 und 19, 22 und 23, 26 und 27, 30 und 31, 34 und 35, 38 und 39, 42 und 43, 46 und 47 u. s. f. In den Endpartien kann dieses gesetzmäßige Auftreten der Syzygien gelegentlich eine Störung erfahren; doch haben wir nur einen einzigen derartigen Fall konstatieren können.

Konstant ist auch die Verteilung der Pinnulae auf die Armglieder (Fig. 2). Von den beiden Kalkgliedern, die durch eine Syzygie miteinander verbunden sind, trägt das proximale, d. h. das sogen. „hypozygale" niemals eine Pinnula, wohl aber das distale oder „epizygale" Glied. Bei der Anordnung der Pinnulae kommen demnach die zwei durch eine Syzygie verbundenen Kalkstücke stets nur als eine Einheit in Betracht. Aeußere Fiederchen finden sich z. B. an folgenden Brachialia: 2, 5, 7, 10, 12, 15, 17, 20, 23, 25, 28, 31, 33, 36 u. s. f. Innere Pinnulae tragen die Brachialia 4, 6, 8, 11, 13, 16, 19, 21, 24, 27, 29, 32, 35 u. s. f. Wenn wir das erste Brachiale vom aboralen Pol aus betrachten (Fig. 1), so fällt in erster Linie der beträchtliche Längenunterschied auf, der zwischen seinem inneren und äußeren Seitenrande besteht. Seine proximale Fläche stimmt in ihrer Konfiguration überein mit der ihr zugewendeten distalen Fläche des Costale II. Hingegen ist seine distale Fläche wesentlich verschieden gestaltet. Sie ist nach demselben Typus gebaut, wie die distale Fläche des Costale I, d. h. das ganze Artikulationsfeld ist durch eine vertikale oder dorso-ventral verlaufende Leiste in zwei seitliche Vertiefungen abgeteilt, die nach Carpenter nur Interartikularligamente,

aber keine Muskeln aufnehmen können („the distal face is formed on the plan of that of the second Radial; being simply divided by a vertical ridge into two lateral fossae, in which are lodged interarticular ligaments, but no muscles", l. c. S. 720). Perrier erwähnt das Fehlen von „muscles réfringents" im Gelenk zwischen Costale I und II, unterläßt es aber, darauf hinzuweisen, daß dieselben Verhältnisse auch für die Gelenkverbindung zwischen Brachiale I und Brachiale II bestehen. Diesen beiden Gelenken kommt gegenüber allen anderen Armgelenken demnach eine Ausnahmestellung zu. Diese letztere bezieht sich sowohl auf die Gestaltung der miteinander artikulierenden Flächen, als auch auf die Art der Faserverbindung zwischen den beiden Skelettstücken.

Die Dorsalansicht des Brachiale II (Fig. 1) hat insofern einige Aehnlichkeit mit derjenigen des Brachiale I, als auch hier der innere Seitenrand gegenüber dem äußeren beträchtlich kürzer erscheint. Seine proximale Fläche entspricht der distalen des vorausgehenden Segmentes und weist wieder die dorsoventral verlaufende Leiste und die seitlich von ihr gelegenen zwei Vertiefungen auf. Die distale Fläche ist im ganzen ähnlich der proximalen Fläche des Brachiale I, das Auftreten der ersten Pinnula verleiht ihr allerdings ein etwas verändertes Aussehen.

Im Gegensatz zu Brachiale I und II hat nun Brachiale III einen längeren Innenrand, so daß die erheblich schiefe Richtung seiner proximalen Fläche wiederum kompensiert und eine zur Längsachse vertikale Richtung seiner distalen Fläche ermöglicht wird. Seine distale Fläche bildet mit der proximalen Fläche des Brachiale IV die erste Syzygie (Taf. III, Fig. 1, 2 und Taf. IV, Fig. 8). Es ist früher schon hervorgehoben worden, daß diese unbeweglichen Skelettverbindungen niemals schief, sondern stets vertikal zur Längsachse verlaufen. Daß die proximale Fläche im wesentlichen mit der distalen Fläche des Brachiale II, mit der sie artikuliert, übereinstimmen muß, ist einleuchtend; nur fehlt ihr eine Ansatzstelle für eine Pinnula, da sie ja einem „hypozygalen" Gliede angehört. Eine ganz andere Formation weist nun die distale Fläche des Brachiale III auf (Fig. 8). Von der Oeffnung des Axialkanales (*Aa*) strahlen radienartig Kalkleisten, welche gegen die proximale Fläche des Brachiale IV vorspringen, zum aboralen Rande und zu den Seitenrändern der Fläche aus. Diesen vorspringenden Leisten ent-

sprechen analoge Gebilde an der proximalen Fläche des vierten Brachiale. Zwischen je zwei Leisten liegt eine Vertiefung. Da eine Vertiefung in der Fläche des Brachiale III mit einer analogen Bildung in der Fläche des Brachiale IV korrespondiert, so entstehen auf diese Weise Kanäle, die von den Oeffnungen des Axialkanales radienartig sich zur Peripherie der Flächen begeben und mit ihren Mündungen an der aboralen und seitlichen Oberfläche der verbundenen Segmente zu Tage treten. Mit Recht hebt W. B. Carpenter (l. c. S. 721) hervor, daß zwei durch eine Syzygie verbundene Skelettstücke sich erst unter der Einwirkung kochender Lösungen von Kal. caust. trennen. Ihr gegenseitiger Zusammenhang ist demnach ein sehr fester. Seine weitere Bemerkung "No ligamentous substance is interposed between them; but an examination of decalcified specimens shows that the canals are occupied by radial extensions of the ordinary sarcodic basis-substance" dürfte dagegen weniger einwandfrei sein, wie aus den Ausführungen S. 101 ff. hervorgeht. Das Brachiale IV hat einen längeren Innen- und einen kürzeren Außenrand und trägt, wie Fig. 2 zeigt, die erste innere Pinnula. Seine distale, dem Brachiale V zugewendete Fläche weist die nämliche Konfiguration auf wie die proximale Fläche des Brachiale III, nur daß sie durch die Ansatzstelle der ersten inneren Pinnula ausgezeichnet ist. Am Brachiale V ist der Längenunterschied zwischen Innen- und Außenrand sehr gering, so daß seine beiden Artikulationsflächen nahezu parallel laufen. Letztere weisen im übrigen keine besonderen Merkmale auf, sondern zeigen die typische Gliederung. Für die Brachialia der nun folgenden Armpartien ist charakteristisch in erster Linie die allmähliche Abnahme ihres Querdurchmessers ohne entsprechende Reduktion ihrer Länge, ferner das Auftreten der Syzygien in gleichen Zwischenräumen und die regelmäßige Verteilung der Fiederchen.

C. Das Skelett der Ranken.

Forbes und W. B. Carpenter weisen darauf hin, daß die Zahl der Ranken bei verschiedenen Individuen keineswegs konstant und ihre Form auch nicht einheitlich sei. Wir sind im Falle, diese Angaben bestätigen zu können. Die völlig entwickelte Dorsalcirre besteht nach W. B. Carpenter in der überwiegenden Zahl der Fälle aus 15 Kalksegmenten. Jede einzelne Cirre ist als

Ganzes im wesentlichen gekrümmt wie die Endklaue ihres letzten Segmentes, d. h. die Konvexität der Ranke ist ventral oder nach oben gerichtet, während ihre Konkavität der Spitze des Kelches zugekehrt ist, also nach unten schaut. In den Endpartien ist überdies die Krümmung stärker als im Basalteile und in der Mitte (Fig. 14). Die drei Basalsegmente einer Ranke sind gegenüber den folgenden Stücken in ihrer Längsachse stark verkürzt (Fig. 13). Sie stellen cylindrische Scheiben dar, deren Längendurchmesser gegenüber dem Querdurchmesser bedeutend zurücktritt. Mit dem 4. Segmente nimmt die Länge der Glieder zu, während gleichzeitig der Querdurchmesser eine Reduktion erfährt. Das 8. Segment ist so ziemlich das längste, während das 7. den kleinsten Querdurchmesser hat. Die Segmente 9, 10, 11 und 12 sind nahezu gleich lang. Der obere oder orale Rand der einzelnen Segmente bildet, wenn wir 1—5 ausnehmen, nahezu eine gerade Linie, der aborale Rand ist dagegen deutlich konkav. Das letzte Glied einer Ranke trägt stets eine Klaue und an der Basis der letzteren auf ihrer aboralen Seite einen kurzen und spitzen Fortsatz (vergl. Taf. V, Fig. 14). Sämtliche Glieder sind in der Richtung ihrer Längsachse von dem Axialkanal durchzogen, der von Joh. Müller als Nahrungskanal bezeichnet worden ist (vergl. Allgem. Organ. S. 71 und Taf. V, Fig. 9, 10, 11, 12, 13, 14). In den 4 ersten Segmenten folgt der Axialkanal in seinem Verlaufe genau der Längsachse jedes einzelnen Gliedes, um sich dann später mehr und mehr dem oralen Rande der Ranke zu nähern. Wir werden sehen, daß auch der Gelenkwulst der Artikulationsflächen in den mittleren und letzten Gliedern eine ähnliche Verlagerung erfährt.

Die pfannenartigen Vertiefungen, in welche das 1. Glied jeder Ranke eingelenkt ist, sind in 2—3 Reihen am Rande der Centrodorsalplatte angeordnet. In ihrer Kontur nähern sie sich meist einem regulären Fünfecke, doch sind Abweichungen von dieser typischen Form keine Seltenheiten (vergl. Taf. III Fig. 1). Durch die Gelenkgrube hindurch zieht sich in der Richtung einer Diagonale der Gelenkwulst, welcher der proximalen Artikulationsfläche des 1. Basalsegmentes der Ranke gegenübersteht. In der Mitte ist er von der elliptischen Oeffnung des Axialkanals durchbrochen und nimmt nach beiden Seiten hin bei gleichzeitiger Verjüngung auch an Höhe ab. Das 1. Rankenglied ist das kürzeste und hat Cylinderform. Dem Centrodorsale wendet es seine proximale, dem 2. Rankengliede seine distale Fläche zu. Beide Flächen sind Gelenkfacetten, aber von verschiedener Beschaffenheit. Während

die distale Fläche von dem oben schon erwähnten queren Gelenkwulste durchzogen ist und dorsal und ventral von demselben erhebliche Vertiefungen zur Aufnahme der die Glieder verbindenden Fasermassen aufweist, zeigt die proximale Fläche viel weniger prägnante Erhebungen und Vertiefungen. Das 2. Rankenglied unterscheidet sich vom ersten nur durch seine etwas größere Länge, ebenso verhält sich auch das 3. Glied gegenüber dem zweiten (vergl. Taf. V, Fig. 11, 12 und 13). Joh. Müller äußert sich folgendermaßen über die Gelenkflächen der Cirrenglieder (l. c. S. 191 u. 192): „Die Gelenkfacetten der Cirrenglieder, wodurch sie unter sich in Verbindung stehen, beschreibt Miller (17) also: „„Sie sind von einem erhabenen Saume umgeben. Das Innere ist ausgehöhlt in 2 runde Vertiefungen von ungleicher Größe. Beide Vertiefungen sind getrennt durch einen queren Riff, der in der Mitte von dem Nahrungskanal durchbohrt ist.““ Ich finde die Gelenkfläche der unteren deprimierten Glieder von einem queren Riffe durchzogen, worin die Centralöffnung. Weiterhin verändert sich die Gelenkfläche, so daß sie sich der von Miller bezeichneten Form nähert. Ich sehe immer einen kleinen erhabenen Kreis in der konkaven Gelenkfläche, dieser Kreis liegt zwischen dem Rande und der Centralöffnung, oder richtiger, der kreisförmige Wulst geht durch die Centralöffnung durch. Der Raum innerhalb des kleinen Wulstes ist wieder vertieft. Der Raum zwischen 2 Gliedern wird von der Interartikularsubstanz eingenommen. Durch den Wulst, den sie dem ähnlichen Wulste des nächsten Gliedes zuwenden, sind sie in den Stand gesetzt, sich aufeinander zu wiegen.“ Diese Darstellung der Artikulationsflächen durch Miller und Joh. Müller befriedigt insofern nicht, als beide Autoren im ungewissen lassen, ob ihre Angaben sich allgemein auf die Facetten aller Segmente oder nur einzelner derselben beziehen. Im weiteren ist auch der Unterschied nicht erwähnt, der thatsächlich zwischen der proximalen und distalen Fläche eines und desselben Gliedes besteht (vergl. Taf. V, Fig. 11, 12 u. 13). W. B. Carpenter giebt Plate XXXIII in Fig. 8 a die Artikulationsfläche eines Basalgliedes und in 8 b diejenige eines Segmentes aus der mittleren Region einer Ranke wieder, ohne anzugeben, ob seine Darstellungen sich auf die proximale oder distale Fläche des betreffenden Segmentes beziehen. Es ist wohl der Schluß berechtigt, daß die genannten Autoren die Unterschiede in der Konfiguration der beiden Flächen entweder übersehen oder dann als zu geringfügig betrachtet haben, um sie durch Zeichnung besonders hervorzuheben.

Der in Fig. 11 dargestellte, elliptische Gelenkwulst kehrt, wie Fig. 13 zeigt, in der distalen Artikulationsfläche aller Basalsegmente wieder. Die proximalen Gelenkflächen der letzteren sind, wie Fig. 12 zeigt, ebenfalls stark konkav und zeigen in ihrer Vertiefung auch einen elliptischen Querwulst, der aber in seiner mittleren, die Centralöffnung umgebenden Partie so vertieft ist, daß seine Grube den konvexen Wulst der distalen Fläche des vorausgehenden Segmentes aufnehmen kann. Die Beschaffenheit der Artikulationsflächen ermöglicht eine wiegende Bewegung der Segmente in dorso-ventraler Richtung. Die Gelenkgruben, die dorsal und ventral vom Gelenkwulste zur Aufnahme der verbindenden Fasermasse aufgespart sind, sind vollständig gleich, folglich ist auch die Exkursionsfähigkeit eines solchen Gelenkes in dorsaler und ventraler Richtung dieselbe.

Wie schon an anderer Stelle hervorgehoben worden ist, sind in der Mittel- und Endregion der Ranke die Segmente von anderer Form als in dem Basalteil; auch die Artikulationsverhältnisse zwischen den einzelnen Gliedern erfahren dort eine nicht geringe Modifikation. Die Segmente werden länger, gleichzeitig wird ihre dem aboralen Pole zugekehrte seitliche Randlinie gegenüber der ventralen Randlinie erheblich verkürzt, so daß die beiden Artikulationsflächen eines Segmentes nicht mehr parallel sind, sondern in aboraler Richtung konvergieren, während zwei einander zugekehrte Gelenkflächen in derselben Richtung divergieren.

Von der Seitenfläche gesehen, präsentieren sich in diesen Regionen die Segmente als Trapeze, deren kürzere Parallelseite aboral gerichtet ist. Die Gelenkwülste und mit ihnen auch der Axialkanal erfahren eine deutliche Verschiebung nach oben, wodurch eine Ungleichheit der Gelenkgruben und eine verschiedene Länge der sie erfüllenden Fasern bedingt ist (Taf. VIII, Fig. 24). Durch diese Einrichtung wird die Exkursionsfähigkeit der Gelenke auf der dorsalen Seite erheblich vergrößert und damit auch die Faßkraft der Ranke und namentlich ihrer Endklaue wesentlich erhöht.

IV. Histologische Untersuchung.

Die Frage nach der histologischen Natur der Dorsalfasern in den Armgelenken und der Fasermasse in den Rankengelenken ist seit dem Erscheinen von Joh. Müller's grundlegender Arbeit

eifrig diskutiert worden. Dieser Autor spricht sich hinsichtlich der Rankenfasern (l. c. S. 186) folgendermaßen aus: „Die Stengelgebilde der Pentacrinen sind ohne alle Muskeln, sowohl die Glieder der Säule als die Cirren oder Ranken. Dasselbe gilt von den Dorsalcirren der Comatulen. Die Ranken sind bei den Comatulen sowohl als bei den Pentacrinen nicht einmal an ihren Befestigungsstellen mit Muskeln versehen.“ Von der Artikulation der Armglieder sprechend, äußert er sich (l. c. S. 214) wie folgt: „Die Riffe der Glieder sind untereinander durch ein unelastisches Band verbunden, der ganze übrige Teil der Artikulationsflächen wird aber von der schon beim Stengel beschriebenen elastischen Interartikularsubstanz eingenommen, die man nach Ausziehen der Kalkerde als ein dickes elastisches Kissen zwischen den Gliedern erhält, ihre Oberflächen sind nicht krausenartig gefaltet, wie es am Stengel der Fall ist. Sie hat sonst durchaus denselben Bau wie am Stengel und an den Cirren. Durch diese Art von Verbindung ist ein Wiegen der Glieder in abwechselnd schiefen Richtungen auf den Riffen möglich, wobei die elastische Substanz an der einen Seite zusammengedrückt, an der anderen ausgedehnt wird.

Da nun bei Pentacrinen und Comatulen die Muskeln nur an dem ventralen Teile der Artikulationsflächen oder zwischen den ventralen Fortsätzen der Glieder liegen, so ergiebt sich hieraus, daß diese Tiere durch Muskelkraft nur die Beugung der Arme bewirken können, und daß die Streckung derselben der elastischen Interartikularsubstanz anvertraut ist, welche sogleich wirkt, sobald ihre Zusammendrückung aufhört.“ W. B. Carpenter sagt (l. c. S. 703 ff.): “From the position and action of the ligaments connecting the pieces of the skeleton of Antedon, I think it is clear that some of them are simply interarticular, having for their function to tie these pieces together, but allowing a certain freedom of movement between them; whilst others are decidedly elastic, their action being to antagonize muscles, as in many other well-known cases among Vertebrate and Invertebrate animals” und (l. c. S. 709) “Between the segments (der Dorsalcirren) is interposed a ligamentous (not muscular) substance; this is seen in the basal joints to be as thick on the oral side as it is on the aboral; but as we advance towards the middle of the cirrhus, the thickness of the interarticular substance is seen to be much greater on the aboral side, the form of the segments being so modified as to admit considerable flexure in that direction, whereby the prehensile power of the claw is much increased.”

Nach der Angabe Joh. Müller's soll Miller (l. c.) von Muskeln im Stengel von Pentacrinus sprechen, bemerkt aber dazu (l. c. S. 187): „Wenn Miller in seinen Crinoiden von Muskeln spricht, so darf man sich darunter nichts anderes als weiche Teile überhaupt vorstellen, denn in diesem Sinne braucht er den Ausdruck auch sonst sehr oft.“ Wir haben von Miller's Arbeit keine Einsicht nehmen können und daher darauf verzichten müssen, die Angabe Joh. Müller's auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Unter den älteren Autoren haben Heusinger (10) und Leuckart darauf hingewiesen, daß die Comatulen die Cirren zum Kriechen benützen können, und Thompson (25) erwähnt die Fähigkeit der noch gestielten jungen Comatulen, ihren Stengel in jeder Richtung biegen und sogar spiralförmig zusammenzuziehen.

Unter den neueren Autoren teilt Ludwig (l. c.) auch noch den Standpunkt Joh. Müller's in Bezug auf die Ranken, ohne jedoch seine Ansicht auf eigene Beobachtungen und Untersuchungen zu stützen. Jickeli (l. c.) schreibt den Cirren die Fähigkeit zu, sich aktiv zu bewegen, und betrachtet die Fasern der Rankengelenke und die Dorsalfasern der Armgelenke als Muskeln, die sich von den echten ventralen Muskeln wesentlich nur durch den Mangel jeglicher Schrägstreifung unterscheiden. Ihm schließt sich Hamann an, der die in Frage stehende Gewebemasse als „spindlige Muskelfasern“ bezeichnet. Er äußert sich darüber wie folgt (9): „Als Antagonisten der Armmuskeln treten uns eigentümliche Fasergruppen entgegen, welche mit den in den Cirren vorkommenden Fasern übereinstimmen. Den Cirren, den beweglichen Ranken des Kelches, welche an ihrer Spitze große, gekrümmte Haken tragen, kommt diese Art von Muskulatur allein zu. Was mich dazu führt, diese Fasern als muskulös in Anspruch zu nehmen, ist folgendes: Ihr Bau stimmt ganz überein mit den in den Cirren auftretenden Fasern, und diese sind unzweifelhaft muskulös.“ Daß Vogt und Yung von der muskulösen Natur dieser Fasern vollends überzeugt sind, geht daraus hervor, daß sie (26, S. 534) die Cirrengelenke einfach als Muskelgelenke bezeichnen und bei der Darstellung einer Syzygie (l. c. S. 567) von einem muskulösen oder elastischen Fasergewebe sprechen, welches die strahlenförmig angeordneten, die Höhlung der Syzygie durchsetzenden Kanäle bilden soll. Auf S. 568 wird dieses Gewebe nicht mehr als muskulös oder elastisch bezeichnet, sondern es heißt dort: „Die sehr feinen Fasern dieses elastischen Gewebes färben sich intensiv durch Pikrokarmin.“ Auch aus l. c. S. 530 scheint mit

Sicherheit geschlossen werden zu dürfen, daß diese Autoren jede Faserverbindung zwischen 2 Skelettstücken als muskulös betrachten. Auffallend ist auch, daß sie des ganz verschiedenen Farbentones nicht erwähnen, den echte Muskeln, Dorsalfasern und Syzygialfasern bei der Färbung mit Pikrokarmin annehmen.

Perrier (l. c. 3me série t. 1, S. 187) äußert sich in Bezug auf diese Frage wie folgt: „Il est incontestable que le tissu fibreux intercalé entre les régions calcifiées des bras prend deux formes bien différentes; mais pourquoi appelle-t-on ligamenteux le tissu qui se colore peu, et musculaire celui qui se colore fortement sous l'action de l'éosine ou du carmin?“ und (l. c. S. 189) „En raison des plus faibles dimensions des bandelettes protoplasmatiques qui les constituent, nous appellerons les muscles dorsaux des bras et les muscles analogues des cirrhes et de la tige muscles fibrillaires ou encore muscles hyalins; les muscles du côté ventral peuvent être désignés sous le nom de muscles fibreux ou sous celui de muscles réfringents, qui fait allusion à la grande réfringence de leurs fibres.“ In „Etudes morphologiques sur les Echinodermes“ bemerkt Cuénot (7) S. 338: „Chez les Crinoïdes seulement, le tissu musculaire présente des caractères vraiment inexplicables; voici les faits: les articles calcaires des bras et des pinnules sont unis du côté de la rainure ambulacraire par une paire de muscles, parfaitement caractérisés, en tout semblables aux muscles des autres Echinodermes (muscles réfringents de M. Perrier); du côté opposé, par une masse unique de tissu fibrillaire spécial (spindlige Muskelfasern d'Hamann, muscles hyalins de M. Perrier), complètement différent d'aspect, que la plupart des auteurs, sauf Jickeli, Hamann et Perrier, ont considéré comme ligamenteux. Dans les cirrhes et la tige, il n'ya plus du tout de muscles réfringents, les articles sont simplement unis par des paquets de ce tissu fibrillaire. Les seules raisons qui puissent faire considérer ce tissu fibrillaire comme musculaire sont des raisons physiologiques. . . . . Mais, si au point de vue physiologique comme Jickeli l'a bien prouvé, et comme M. Perrier le fait remarquer avec raison, on est bien forcé d'admettre que ce tissu agit comme un tissu musculaire, il faut avouer qu'il y a d'énormes différences histologiques.“

Nach der älteren Ansicht würden demnach in den Gelenkverbindungen der Arme 3 differente Fasermassen vorkommen; nach der Ansicht der neueren Untersucher würde die Verbindung zweier Skelettstücke der Arme durch ventrale und dorsale Muskeln be-

werkstelligt und eine besondere, nur ligamentöse Fasermasse nicht vorhanden sein.

Schon bei einer makroskopischen Untersuchung der in Frage stehenden Gewebemassen fällt ihre verschiedene Farbe sofort auf. Die echten ventralen Muskeln sind stets gelb oder braun; während die Dorsalfasern dem Auge weiß und glänzend erscheinen. Sind nach längerem Verweilen der Armstücke in verdünnter Aetzkalilösung die ventralen Muskeln verschwunden, so wird in der Tiefe der Gelenke eine Fasermasse sichtbar, die im auffallenden Lichte eine bläuliche Färbung mit deutlichem Perlmutterglanze aufweist. Diese Fasermasse tritt namentlich deutlich zu Tage im Gelenk zwischen den Radialia und Costalia I, sodann wieder zwischen Costalia II und Brachialia I und zwischen Brachialia II und Brachialia III, während sie zwischen Costalia I und Costalia II und dann wieder zwischen Brachialia I und Brachialia II fehlt (vergl. Fig. 4). Diese Fasermasse fehlt demnach in allen denjenigen Gelenken, deren Drehachse eine dorso-ventrale Richtung hat und dürfte den Carpenter'schen „Interarticular Ligaments" und dem „unelastischen Bande" Joh. Müller's identisch sein. Ihrer großen Resistenz gegenüber der Aetzkalilösung ist es wohl zuzuschreiben, daß die Skelettstücke auch trotz längerer Einwirkung dieses Reagens noch im Zusammenhange bleiben. Das Resultat unserer makroskopischen Prüfung würde demnach eine Bestätigung der Angaben W. B. Carpenter's hinsichtlich der 3 Gelenkgruben und der sie occupierenden 3 differenten Fasermassen in den Gelenkverbindungen zwischen Radiale und Costale I, Costale II und Brachiale I, und Brachiale II und Brachiale III sein. Wir werden sehen, daß auch die mikroskopische Untersuchung zu denselben Ergebnissen führt.

Durch zahlreiche Färbungsversuche haben wir das Verhalten der in Frage stehenden Gewebemassen gegenüber den in der Mikrotechnik gebräuchlichen Tinktionsmitteln festzustellen gesucht. Um möglichst viele Variationen in den Färbungen zu erzielen, wurde die Stückfärbung bald aufgegeben und durch die Schnittfärbung ersetzt. Den einfachen Färbungen mit Hämalaun, Hämatoxylin, Karmin, Goldchlorid-Ameisensäure und Eisenhämatoxylin (n. M. Heidenhain) reihten sich nachstehende Doppelfärbungen an:

1) Pikrokarmin,
2) Hämatoxylin und Eosin,
3) „ „ Orange,
4) „ „ Säurefuchsin,
5) „ „ Pikrinsäure.

Ferner wurden zahlreiche Schnitte nach den Angaben Cuénot's (l. c. S. 316 und 317) gefärbt. Die Ergebnisse, zu denen uns diese Methode der Färbung führte, waren teilweise gut, schienen uns aber doch noch zu wenig überzeugungskräftig zu sein, um darauf ein abschließendes Urteil zu bilden. Dasselbe gilt auch zum Teil in Bezug auf die Resultate der Anwendung des Ehrlich-Biondischen Farbengemisches. Bei Anwendung einer einzigen Farbe zeigen ventrale Muskeln und Dorsalfasern ein verschiedenes Verhalten hinsichtlich der Intensität der Färbung, die sie erlangen. Die verschiedenen Hämatoxyline (ausgenommen das nach Apathy) färben beispielsweise die ventralen oder echten Muskelfasern nur schwach blau, während gleichzeitig Dorsalfasern und Syzygialfasern sehr intensiv dunkelblau erscheinen. Heidenhain's Eisenhämatoxylin färbt die echten Muskeln tief schwarz, während Dorsalfasern und Bindegewebe mit Ausnahme der rundlichen Kerne, die ebenfalls schwarz sind, gar nicht gefärbt werden. Apathy's Hämatoxylin tingiert die Muskelfasern dunkelbraun, Dorsalfasern, Syzygialfasern und Bindegewebe nehmen dagegen nur eine äußerst schwache Färbung an. Bei Anwendung von Goldchlorid-Ameisensäure erscheinen die Muskeln dem Auge in einem Farbentone, der demjenigen der reifen Kirschen sehr nahe steht, Dorsal- und Syzygialfasern erscheinen schwarz, der Axialstrang des apicalen Nervensystems hell rotbraun. Auf Schnitten, die mit Pikrokarmin (n. Ranvier) behandelt worden sind, erhält die ventrale Muskulatur einen fleischfarbenen Ton, während die Dorsalfasern eine schöne rosarote Färbung annehmen. Vogt und Yung, die ihre Präparate ebenfalls mit Pikrokarmin behandelt haben, erwähnen auffallenderweise die verschiedenen Färbungen nicht, welche Muskeln und Dorsalfasern durch Pikrokarmin erhalten. Wird mit Hämalaun oder Böhmer'schem Hämatoxylin vorgefärbt und nachher mit Säurefuchsin nachgefärbt, so tingiert das Hämatoxylin die Dorsalfasern tief dunkelblau, die ventrale Muskulatur dagegen erscheint schön rot. Werden Hämatoxylin- und Orangefärbung kombiniert, so nimmt die Dorsalfasermasse die Farbe des Hämatoxylins, die Muskulatur diejenige des Orange an. Perrier (l. c. S. 186) erwähnt das verschiedene Verhalten der Muskel- und Dorsalfasern zum Eosin wie folgt: „Entre la 1re et la 2e radiales (Radiale und Costale I), le tissu calcifère est remplacé par un tissu avec lequel sa substance fondamentale est également en continuité absolue; que l'on peut, à première vue, considérer comme résultant d'une simple différenciation de cette substance; mais ici la différenciation est beaucoup

plus avancée que celle de la substance constituant la suture des premières radiales entre elles. Les matières colorantes accusent, en effet, deux couches bien nettes dans ce nouveau tissu. La couche inférieure correspondant à la moitié inférieure (dorsal) de la surface d'articulation, entre les deux radiales (Radiale und Costale I) se colore faiblement par l'éosine, fortement au contraire, et en violet, sous l'action combinée du bleu de méthylène et du picro-carminate d'ammoniaque. . . . La couche supérieure (ventral), beaucoup plus nettement arrêtée que l'inférieure dans son contour, se distingue encore de cette dernière parce qu'elle se colore très énergiquement sous l'action de l'éosine, faiblement au contraire et en bleu sous l'action combinée du bleu de méthylène et du picro-carminate d'ammoniaque." Wir haben Eosin- und Hämatoxylinfärbung kombiniert und gefunden, daß die Dorsalfasern die blaue Farbe des Hämatoxylins, die Muskeln dagegen die Farbe des Eosins annehmen.

Die letzten Färbeversuche wurden mit der van Gieson'schen Methode angestellt und lieferten die brauchbarsten Resultate. Die Differenzierungen, die wir mit dieser Methode in den Schnitten erzielten, sind so prägnant, daß wir nicht umhin können, einzelne Schnitte bezw. ihre Tinktionen in den Figuren 15, 16, 17 u. 18 Taf. VI u. VII wiederzugeben. Die Schnitte wurden zunächst in ziemlich stark verdünntem Böhmer'schen Hämatoxylin vorgefärbt und sorgfältig in Brunnenwasser und hernach in Aqua dest. ausgewaschen. Dann wurden sie für 1 Minute in das Gemisch von gesättigter, wäßriger Pikrinsäurelösung und Säurefuchsin gebracht und wiederum während 1 Minute in Aqua dest. ausgewaschen. Dann erfolgte allmähliche Härtung durch 2—3 Minuten langes Verweilen in 35-proz., 70-proz., 95-proz. und absolutem Alkohol, rasches Abspülen in Xylol und Einschluß in Kanadabalsam. Es ist für das gute Gelingen dieser Färbungen sehr wichtig, daß die ganze Färbungs- und Härtungsprozedur zeitlich auf ein Minimum eingeschränkt wird. Ebenso sehr fällt ins Gewicht das Mengenverhältnis, in dem Pikrinsäure und Säurefuchsin miteinander vermischt werden. Das richtige Mischungsverhältnis kann nur durch zahlreiche Proben eruiert werden. Wir setzten der Pikrinsäure das Säurefuchsin tropfenweise zu, bis die Mischung etwa die Farbe eines helleren Rotweines aufwies.

Wie die Figuren 15 und 16, welche Armquerschnitte darstellen und die Figuren 17 und 18, welche einen Längsschnitt durch einen Arm darstellen, zeigen, nehmen die echten oder ven-

tralen Muskeln den Farbenton der Pikrinsäure an. Alle anderen Partien der betreffenden Präparate werden von der Pikrinsäure in keiner Weise gefärbt. Die dorsale Fasermasse erscheint dagegen auf dem Armquer- und Längsschnitt intensiv violett gefärbt, ebenso die Grundsubstanz des Kalkkörpers (Fig. 16) und — was ganz besonders stark ins Gewicht fällt — auch die Fasermasse in den Syzygien, d. h. in den unbeweglichen Verbindungen zweier aufeinander folgenden Kalksegmente. Aber auch die Fasermasse, welche das Carpenter'sche Interartikularligament bildet, nimmt, wie Fig. 18 zeigt, eine spezifische Färbung an. Ihr Farbenton geht ins Dunkelviolette und hebt sich aufs schärfste von der Färbung der Muskeln und Dorsalfasern ab. Fassen wir die durch die zahlreichen Färbeversuche gewonnenen Resultate zusammen, so ergiebt sich kurz Folgendes: Ventrale Muskeln und Dorsalfasern verhalten sich den Farbstoffen gegenüber in allen von uns beobachteten Fällen verschieden, während Dorsal-Syzygialfasern und Bindegewebe in Bezug auf Färbung in ihrem Verhalten eine deutliche Uebereinstimmung an den Tag legen. Auf diese wichtige Thatsache hat bereits Cuénot in aller Kürze hingewiesen; doch gründet sich sein Hinweis wohl bloß auf die Resultate der Färbung, die er mit seinem Dreifarbengemisch gewonnen hat. Halten wir mit diesen Befunden die Thatsache zusammen, daß Dorsal-, Syzygial- und ligamentöse Fasern der Aetzkalilösung wochenlang erfolgreich zu widerstehen vermögen, so dürfte kein Zweifel mehr darüber bestehen, daß zwischen den beiden in Frage stehenden Fasermassen thatsächlich ganz enorme histologische Unterschiede existieren und der S. 87 citierte Ausspruch Cuénot's seine volle Berechtigung hat.

a) Die organische Grundsubstanz der Kalkkörper.

Die Kalkgrundsubstanz zeigt auf Längsschnitten, die durch Arme und Ranken geführt werden, dieselben Strukturverhältnisse (Fig. 23). Sie ist von zahlreichen Hohlräumen durchsetzt, die vor der Entkalkung mit Bestandteilen des Skelettes ausgefüllt waren. Diese Hohlräume sind meist kreisförmig oder elliptisch und stets scharf umrandet. Die Grundsubstanz selbst färbt sich nur schwach, sie ist nicht homogen, sondern es wechseln dunklere und hellere Stellen miteinander ab. Oft treten diese dunkler gefärbten Stellen als sehr feine Punkte auf und verleihen dann der

Grundsubstanz selbst ein etwas körniges Aussehen. Zahlreiche kugelige Körperchen sind gruppenweise in die letztere eingebettet, doch läßt sich hinsichtlich der Zahl und der Anordnung dieser Körperchen eine Regelmäßigkeit oder Gesetzmäßigkeit keineswegs erkennen. Nur in dem Bereiche der Gelenkflächen, wo die schon erwähnten Hohlräume kleiner werden, nimmt die Zahl der Körperchen zu. Die Körperchen sind meist von kugeliger oder elliptischer Form, stark tingiert und lassen keinerlei feinere Strukturverhältnisse oder Ausläufer erkennen. Offenbar sind diese kugeligen Körperchen nichts anderes als die Kerne der in der Cutis liegenden Bindegewebszellen. Dieser kurzen Darstellung der Kalkgrundsubstanz haben wir Fig. 23 Taf. VIII zu Grunde gelegt und verweisen auf die diesbezüglichen Erklärungen. Für die Angaben Perrier's (l. c. S. 184): „La forme générale des corpuscules colorés est arrondie, mais ils présentent toujours sur leur pourtour au moins deux prolongements et sont par conséquent fusiformes ou étoilés etc.“ haben wir in unseren Präparaten eine Bestätigung nicht finden können.

b) Die ventrale Muskulatur.

Die ventrale Muskulatur, deren Verhalten zu den verschiedenartigen Tinktionsmitteln wir bereits kennen gelernt haben, bietet einer genaueren histologischen Untersuchung weit weniger Schwierigkeiten dar als die dorsalen Fasern. Sie ist auch mehrfach genauer studiert worden und ihre feineren Strukturverhältnisse dürften im allgemeinen als hinreichend bekannt betrachtet werden. Wenn wir hier trotzdem noch etwas eingehender auf ihre Beschreibung eintreten, so geschieht dies wesentlich, um eine Beobachtung, die wir an unseren Präparaten gemacht haben, ergänzend anzufügen. Joh. Müller giebt (l. c. Taf. IV Fig. 9) eine Abbildung der Muskelfasern von Pentacrinus Caput Medusae bei 450-facher Vergrößerung. Er stellt die Fasern als bandartige Gebilde mit parallel verlaufenden Rändern dar. Von Kernen und Sarkolemm ist in seiner Abbildung nichts zu sehen. Vergebens haben wir im Texte seiner Arbeit nach einer detaillierten Beschreibung dieser Muskelfasern gesucht, während der Interartikularsubstanz in ausführlicher Weise gedacht ist. Eine gute Abbildung der Muskelfasern giebt W. B. Carpenter (l. c. Taf. XLIII Fig. 4 und 4 a). Die den einzelnen Fasern angehörenden Kerne, deren Gestalt richtig wieder-

gegeben ist, bezeichnet er in der betreffenden Tafelerklärung als „nuclear?¦ corpuscles“, deren histologischer Wert ihm nicht recht klar sei. Ferner erwähnt er als auffällig den Mangel jeglicher Querstreifung und die Unmöglichkeit, die Faser in feinere Elemente aufzulösen. Schwalbe (22) hat zum ersten Male die Muskelfasern der Echinodermen einer genauen Untersuchung unterzogen und bei Ophiuren eine doppelte Schrägstreifung beobachtet, die er ausführlich beschreibt und in Figuren veranschaulicht. Wir werden auf seine Ausführungen noch zurückzukommen haben. Ludwig bestätigt im allgemeinen die Angaben Carpenter's und ergänzt sie in Bezug auf die Kerne und die Bündelbildung. Hinsichtlich der von Schwalbe bei Ophiuren erwähnten Schrägstreifung äußert er sich (l. c. S. 294) wie folgt: „Vergeblich habe ich mich bemüht, in den Muskelfasern eine feinere Struktur, Querstreifung oder die von Schwalbe bei Ophiuren beschriebene Schrägstreifung, aufzufinden.“ Jickeli (11) erwähnt eine Schrägstreifung, die er an den Muskelfasern von Antedon gesehen haben will, unterläßt es aber, dieselbe genauer zu beschreiben und an einer Figur zu verdeutlichen, so daß seine Angaben über diesen Punkt unverständlich sind. Es ist wohl anzunehmen, daß ihm die Schwalbe'sche Arbeit nicht bekannt war. Die von Schwalbe beobachtete doppelte Schrägstreifung fand Hamann an Präparaten von Intervertebralmuskeln von Ophioderma longicauda und Ophiomyxa pentagona wieder, an den Fasern der ventralen Armmuskeln von Antedon nahm er stets nur eine Längsstreifung wahr. Perrier (20, 3me série t. 1 S. 194) bemerkt, die Strukturverhältnisse der Muskelfaser von Antedon darstellend: „La substance des fibres musculaires réfringentes est absolument homogène ou légèrement striée longitudinalement; on n'y observe pas de stries transversales.“

Wie wir uns an frischen Zupfpräparaten und Längsschnittpräparaten überzeugen konnten, giebt es in den ventralen Armmuskeln von Antedon glatte Fasern, Fasern mit deutlicher Längsstreifung und Fasern mit doppelter Schrägstreifung, ja es kommen sozusagen alle Uebergänge von der glatten Faser bis zur einfach und doppeltschräggestreiften Faser innerhalb desselben Muskelbündels vor. Die Ergebnisse unserer eigenen Beobachtung würden demnach berechtigen, die Angaben Schwalbe's und Hamann's über doppelte Schrägstreifung der Ophiurenmuskeln auch auf die Muskeln von Antedon auszudehnen. Sie zeigen ferner, daß die erwähnte, in ihrer Kürze unverständliche Mitteilung Jickeli's

immerhin auf einer wirklichen Beobachtung beruhte. Im weiteren decken sich unsere Befunde fast vollständig mit den Resultaten, zu denen Wackwitz (27), Ballowitz (1), Engelmann (8) und Knoll (12 u. 13) in ihren Untersuchungen über doppelt schräggestreifte Muskelfasern der Mollusken gelangt sind.

Während nach den übereinstimmenden Angaben aller derer, die sich mit der Histologie von Antedon befaßt haben, die dorsalen Fasern in den Armgelenken mit der organischen Grundsubstanz der Skeletteile in ununterbrochenem Zusammenhange stehen, sind die Fasern der ventralen Muskeln an ihren beiden Enden scharf abgegrenzt. Die einzelne Faser ist bandartig verbreitert, so daß ihr Querschnitt eine rechteckige Figur darstellt. Seitlich liegt ihr ein länglicher, elliptischer Kern auf, der häufig von einer etwas helleren körnigen Zone umgeben ist und über den das nicht immer leicht wahrnehmbare Sarkolemm hinwegzieht. Oft ist das letztere gerade im Bereiche des oder der Kerne etwas abgehoben, während es im übrigen Teile der Faser sich enge an die kontraktile Substanz der letzteren anschmiegt. Was nun die erwähnte doppelte Schrägstreifung anbetrifft, so ist ihre genauere Untersuchung, bezw. die Feststellung der ihr zu Grunde liegenden Strukturverhältnisse mit einigen Schwierigkeiten verbunden. Oft hält es schwer, sie überhaupt nur zu sehen, daher ist es verständlich, daß ihre Existenz so manchem Beobachter entgangen ist. Je nach der Färbung, Einstellung und Vergrößerung erhält man verschiedenartige Bilder, so daß Täuschungen nicht leicht zu vermeiden sind. Unsere Untersuchungen, zu denen wir durch die Schwalbe'sche Arbeit und den citierten Ludwig'schen Hinweis auf dieselbe veranlaßt wurden, erstreckten sich auf frische, ungefärbte Zupfpräparate und auf Längsschnittpräparate der ventralen Armmuskeln, die mit verschiedenen Tinktionsmitteln gefärbt waren. Zur Anwendung kamen: Reichert Objektiv 8a und Kompensationsokular 4, Zeiss homogene Immersion 3,0 und 2,0 und Kompensationsokular 6, 8 und 12. Am günstigsten erwiesen sich für die Feststellung dieser feinen Strukturen Längsschnitte, die mit Hämatoxylin vorgefärbt und in Ehrlich-Biondi'schem Gemische nachgefärbt waren. Diese kräftige Färbung erlaubte noch die erfolgreiche Anwendung sehr starker Vergrößerungen bei der Untersuchung. Nach einem solchen Präparate ist Figur 19 gezeichnet, die, mit Abbé'schem Zeichenapparate angefertigt, die Verhältnisse genau wiedergiebt, wie sie sich bei Beobachtung mit Zeiss homog. Immers. 2,0, Kompen-

sationsokular 8, Vergrößerung 1000 darbieten. Wenn SCHWALBE bemerkt, im Sarkolemm könne die Streifung nicht liegen, da dasselbe gerade an den Stellen der deutlichsten Streifung weit abgehoben sei, sondern sie müsse auf ein Strukturverhältnis der kontraktilen Substanz selbst zurückgeführt werden, so können wir ihm nur beipflichten. Es mag hier auch noch erwähnt werden, daß die seitliche Randlinie der Fasern nicht gebrochen verläuft, wie dies doch der Fall sein müßte, wenn die Streifung auf einer Faltungserscheinung im Sarkolemm beruhte. Seine weiteren Ausführungen stehen hingegen mit unseren Befunden nicht mehr im Einklang. Während er zwei sich kreuzende helle Liniensysteme abbildet, welche der isotropen Substanz entsprechen und dunkle quadratische Felder, der anisotropen Substanz entsprechend, einschließen sollen, sehen wir in unseren Präparaten umgekehrt dunkle Linien schräg von der einen Seite zur anderen hinüberziehen und helle Felder umrahmen. Unsere Abbildung steht also hinsichtlich der Verteilung der dunkeln und hellen Stellen in der Muskelfaser im schroffsten Gegensatze zu den Darstellungen SCHWALBE's und HAMANN's. Bei Beobachtung weniger günstig gefärbter Präparate und Anwendung schwächerer Vergrößerungen erhielten wir allerdings auch Bilder, die denen der genannten Autoren völlig entsprachen.

Das in Figur 19 dargestellte Bild zeigt zwei sich kreuzende Systeme dunkler Streifen, die nicht in derselben Ebene gelegen sind, so daß nicht beide gleichzeitig mit derselben Deutlichkeit zu Tage treten. Bei wechselnder Einstellung wird daher bald das eine und bald das andere der beiden Liniensysteme deutlicher gesehen. Die helle Substanz bildet rhombische oder rechteckige, von den dunkeln Streifen eingefaßte Felder. Nach unserer Ueberzeugung bilden die stärker lichtbrechenden Teilchen der Faser einen ununterbrochenen Faden, der in der Form einer Spirale die Faser in der Richtung ihrer Achse umgiebt. Die Faser selbst ist im Bereiche ihrer Streifung nicht abgeflacht, sondern ziemlich gewölbt, so daß ihr Querschnitt eine Ellipse ergiebt. Ob die beiden dunklen Liniensysteme einer einzigen Spirale angehören, deren dem Beobachter zugekehrte und abgewendete Hälften sich kreuzen, wie BALLOWITZ und WACKWITZ glauben annehmen zu müssen, oder ob die Ansicht, die ENGELMANN und KNOLL vertreten, richtig ist, dahingehend, es handle sich um Anordnung der anisotropen Substanz in 2 verschiedenen Spiralen, vermögen wir vorläufig noch nicht zu entscheiden, Ebenso unentschieden müssen

wir die Frage lassen, ob und wie weit diese doppelte Schrägstreifung sich auf einen Kontraktionsvorgang zurückführen läßt. Der Umstand, daß doppelt schräggestreifte Fasern mit glatten und längsgestreiften Fasern gemischt vorkommen und durch ihren elliptischen Querschnitt von den letztgenannten sich unterscheiden, würde allerdings zu Gunsten derjenigen Ansicht sprechen, die in der doppelten Schrägstreifung den Ausdruck eines Kontraktionszustandes erblickt. Knoll äußert sich über diese Frage (l. c.) wie folgt: „Wenn ich den Unterschied des Schließmuskels von Lima inflata im verkürzten und gedehnten Zustande mit Schlagworten kennzeichnen sollte, müßte ich den Muskel im ersten Falle als quergestreift, im letzteren als doppelt schräggestreift bezeichnen.“ Eine ausgesprochene Querstreifung haben wir bei Antedon allerdings nie beobachten können.

c) Die Dorsalfasern.

Die Ergebnisse unserer zahlreichen Färbungsversuche zeigten, daß ventrale Muskeln und Dorsalfasern den Farbstoffen gegenüber sich wesentlich verschieden verhielten und daß die Dorsalfasern die Farbentöne der Bindesubstanzen annahmen. Wir verweisen hier in Bezug auf diesen Punkt auf früher Gesagtes und auf die diesbezüglichen Figuren 17, 18 Von einigen Beobachtern, wie J. Müller, Perrier, W. B. Carpenter, Cuénot, ist nachdrücklich der ununterbrochene Zusammenhang der Dorsalfasern mit dem organischen Grundgewebe der Kalksegmente hervorgehoben worden. Eine derartige Kontinuität ist in der That vorhanden und auch in unsern Präparaten aufs deutlichste ausgesprochen (vergl. Fig. 20). Durch dieselbe ist ein weiterer, nicht unwesentlicher Unterschied zwischen dieser Fasermasse und den ventralen Muskeln konstatiert, die, wie anderen Orts bemerkt worden ist, gegenüber der Kalkgrundsubstanz scharf abgegrenzt sind. Während die Fasern der ventralen Muskeln im allgemeinen geradlinig verlaufen und nur ausnahmsweise kleinere Krümmungen aufweisen, verfolgen die Dorsalfasern fast stets eine geschlängelte Richtung, in vielen Fällen zeigt die gesamte Fasermasse in ihrem mittleren Teile eine scharfe Krümmung, deren Konkavität dem Axialstrange zugekehrt ist, während ihre Konvexität sich nach dem aboralen Rande des Armes hinwendet. Der wellige Verlauf und der Umstand, daß den Konkavitäten einer Faser die Konvexitäten der benachbarten Faser entsprechen, be-

dingen das Zustandekommen von Hohlräumen, die wie von Schleifen eingefaßt erscheinen und zahlreichen Anastomosen innerhalb der gesamten Masse. In den Lücken zwischen den einzelnen Fasern bemerkt man ziemlich häufig rundliche, dunkel gefärbte Kerne, die mit den früher erwähnten, in das Maschenwerk der Kalkgrundsubstanz eingestreuten nach unserem Dafürhalten völlig identisch sind. Untersucht man eine etwas lockere Stelle im Faserwerk mit starken Vergrößerungen, z. B. Zeiss hom. Immers. 2,0, Okular 8, so sieht man um diese Kerne herum eine allerdings nur sehr schwach tingierte Plasmamasse, deren Kontur genau festzustellen, uns nicht gelungen ist. Aber daß es sich hier nicht, wie Perrier behauptet, um bloße Kerne handelt, sondern um vollständige Zellen, ist unsere durch viele Untersuchungen bekräftigte Ueberzeugung. Die Figuren 26 und 20, auf deren Erklärung wir hier verweisen, geben diese unsere Befunde wieder. Wir können uns nicht entschließen, der Darstellung Perrier's zu folgen, der in diesen Gebilden nervöse Elemente erblickt und aus dieser keineswegs einwandfreien Annahme die Berechtigung ableitet, die Dorsalfasern als echte Muskeln in Anspruch zu nehmen. Wir lassen hier die diesbezügliche Stelle aus der Arbeit Perrier's folgen: „Seuls les muscles hyalins nous ont paru richement innervés; la dénomination de ligament sous laquelle ils sont habituellement décrits est donc inexacte. Ce nom conviendrait beaucoup mieux aux muscles réfringents, les prétendus muscles des auteurs, dont les fibres se développent aux dépens de cellules spéciales et gardent chacune un noyau.“ Unsere Annahme geht dahin, diese Zellen mit den Bindesubstanzzellen der Kalkgrundsubstanz zu identifizieren.

In der Nähe des Axialstranges sind die Fasern länger und zeigen eine viel dichtere Anordnung als in der aboralen Randpartie, wo sie nach außen allmählich kürzer werden, während gleichzeitig die zwischen ihnen liegenden Hohlräume größer werden, wodurch das ganze Faserwerk ein lockereres Gefüge erhält.

Figur 20 endlich dürfte über die Herkunft der Dorsalfasern Aufschluß zu geben geeignet sein. Sie stellt ein Stück des Grenzbezirkes zwischen der Kalkgrundsubstanz und der Fasermasse dar. Die einzelnen Fasern entstehen durch Vereinigung von Fibrillen, die die Ränder der Hohlräume bilden, zwischen denen sich die Intercellularsubstanz ausbreitet, um dann im Bereiche der eigentlichen Fasern gänzlich zu verschwinden. Die die Fasern zu-

sammensetzenden Fibrillen erscheinen also hier als Fortsetzungen, bezw. Differenzierungen der Grundsubstanz der Kalkkörper. Gegen die Mitte der ganzen Fasermasse hin werden die einzelnen Fasern stärker, weil die Zahl der zu ihrer Bildung zusammentretenden Fibrillen zunimmt. So ist es auch begreiflich, daß manche Autoren die Dorsalfasern mit pinselförmig ausstrahlenden Enden dargestellt haben. An dieser Stelle mag auch noch ein Hinweis auf die Darstellung Platz finden, die Joh. Müller in seiner schon mehrfach erwähnten Abhandlung (18) über die elastische Interartikularsubstanz des Stengels und der Ranken von Pentacrinus caput Medusae gegeben hat. Das mikroskopische Bild, auf Grund dessen er die feinere Struktur der elastischen Interartikularsubstanz darstellte, muß in der Hauptsache mit Fig. 20 unserer Arbeit übereingestimmt haben. Ein Vergleich des nachfolgenden Passus der Müller'schen Abhandlung mit unserer Fig. 20 wird die Richtigkeit unserer eben ausgesprochenen Behauptung darthun. Joh. Müller (l. c. S. 195) sagt: „Untersucht man senkrechte Durchschnitte (vertikale Längsschnitte) dieser Substanz unter dem Mikroskop, so sieht man alsobald, daß dieselbe aus lauter senkrecht stehenden Fasersäulchen besteht, die durch Reihen bogenförmiger Schlingen einfacher Fasern verbunden sind. Dies wird sehr deutlich, wenn man die senkrechten Faserbündel von einander zieht. Sobald der Zug nachläßt, nähern sich die Säulchen einander wieder und dies geschieht durch bogenförmige Schlingen, welche mit den regelmäßigsten Arkaden in ganz gleichen Abständen aus einem Fasersäulchen in das andere übergehen. Jede Arkade wird nur aus einer einzigen glatten primitiven Faser von ungemeiner Feinheit gebildet, deren Schenkel sich in die Fasersäulchen verlieren. Merkwürdig ist ferner, daß die Arkaden in der oberen (distalen) und unteren (proximalen) Hälfte der Dicke der Interartikularsubstanz entgegengesetzt sind, die oberen Arkaden sind nach oben, die unteren nach unten konvex. Das Verhalten der Bogenschenkel in den senkrechten Fasersäulchen läßt sich nicht direkt aufklären; denn der Versuch, die Fasersäulchen selbst in Beziehung auf ihren Zusammenhang mit den Bogen zu zergliedern, mißlingt. Beim Zerlegen der Fasersäulchen überzeugt man sich nur, daß diese Säulchen nichts anderes sind als die Bündel aller Fasern, welche in den Arkaden sich entwickeln. Bei der weiter versuchten Isolierung der Fasern in den Säulchen verschieben sich die Arkaden, und die so wunderbar regelmäßige Figur wird verwirrt und unentwirrbar."

Endlich müssen wir hier noch derjenigen zelligen Elemente

gedenken, die sich in denjenigen Partien der Kalkgrundsubstanz vorfinden, die unmittelbar an die Dorsalfasermasse der Arme angrenzen und hier wegen ihres häufigen Auftretens den Ursprung der einzelnen Fasern verdecken, bezw. seine Feststellung ganz erheblich erschweren. Diese Zellen finden sich übrigens auch in den Partien der Kalkgrundsubstanz, die den Fasern der Syzygien und der Rankengelenke benachbart sind; dagegen haben wir sie auf der Höhe der echten ventralen Muskeln nie nachweisen können. Die einen dieser Zellen — sie sind in Fig. 22 dargestellt — sind meist von ovoider Gestalt und scharf konturiert. Das Plasma ist fast immer nur schwach gefärbt und verrät eine körnige Beschaffenheit. Sehr charakteristisch ist für diese Zellen die Lage des elliptischen, stark tingierten Kernes. Er befindet sich immer in einer hellen Zone in unmittelbarer Nähe des Zellrandes, in den meisten Fällen am spitzen Pole der Zelle selbst. Diese Zellen zeigen keine Spur von Fortsatzbildungen und stehen auch mit den Fasern resp. ihrem Ursprung nach unserer Ueberzeugnng in keinem Zusammenhang. Neben diesen Elementen, über deren Natur und Bedeutung wir uns ein abschließendes Urteil noch nicht haben bilden können, giebt es noch Zellen, die man wegen ihrer charakteristischen Gestalt als birnförmig bezeichnen könnte. An diesen Zellen ließ sich stets ein Fortsatz nachweisen und ein Stück weit in die Fasermasse hineinverfolgen. Zellplasma und Fortsatz sind sehr fein gekörnelt und nur schwach gefärbt. Der ebenfalls elliptische Kern liegt auch in einer hellen Plasmazone dem vorderen, seitlichen Rande der Zellen angeschmiegt. Perrier nennt diese in den Randzonen der Fasermasse auftretenden zelligen Elemente „gros éléments fortement colorés par l'éosine et le carmin" und erblickt in ihnen Gebilde nervöser Natur, die mit Nervencentren in Verbindung stehen sollen. Wir halten diese von Perrier vertretene Ansicht vorläufig noch als nicht genügend begründet, unsere Präparate vermögen uns nämlich nicht diejenigen Aufschlüsse zu geben, die berechtigen würden, uns den Schlußfolgerungen des französischen Autors anzuschließen. Wir enthalten uns daher mit Cuénot jeder bestimmten Meinungsäußerung über die erwähnten Gebilde und begnügen uns vorläufig damit, ihre Existenz bei Antedon zu konstatieren.

Die Resultate, zu denen uns unsere Untersuchungen über die Dorsalfasern von Antedon geführt haben, nötigen uns, uns der von den älteren Forschern vertretenen Ansicht anzuschließen, d. h.

die Dorsalfasermasse nicht als Muskeln im Sinne der ventralen Muskeln, sondern etwa als elastische Fasermasse aufzufassen.

d) Die ligamentöse Fasermasse.

Auf Armlängsschnitten, die den Axialstrang des apicalen Nervensystems treffen, beobachtet man zwischen der ventralen Muskulatur und der Masse der Dorsalfasern eine 3. Fasergattung, die von Joh. Müller als „Interartikularsubstanz", von W. B. Carpenter als „Interarticular Ligament" bezeichnet, von den neueren Untersuchern aber nicht besonders hervorgehoben und beschrieben worden ist. Diese Fasermasse hebt sich durch ihr dichtes Gefüge und die spezifische Färbung, die sie erlangt, scharf von den benachbarten Gewebepartien ab (vergl. Fig. 18). Bei Anwendung des nach van Gieson hergestellten Farbengemisches erhalten diese Fasern einen dunkelvioletten, fast blauen Ton, während, wie Fig. 18 zeigt, die ventralen Muskeln bräunlich und die Dorsalfasern rötlich erscheinen. Bei starker Vergrößerung (1000) untersucht, weist sie auch in ihrer feineren Struktur nicht unwesentliche Unterschiede gegenüber der Dorsalfasermasse auf. Vergl. Fig. 21 und die dazu gehörige Erklärung. Die einzelnen Fasern sind viel dünner und bedeutend kürzer als die Dorsalfasern. Sie sind ferner in eine Grundsubstanz eingebettet, die bekanntlich zwischen den letzteren fehlt. Neben stärkeren Fasern liegen noch zahlreiche schwache Fäserchen in der Grundsubstanz, so daß das Präparat als ganzes ein filzartiges Aussehen bekommt. Zwischen den stärkeren Fasern sieht man dieselben rundlichen Kerne, die sich auch in der Dorsalfasermasse vorfinden; nur gelingt es hier nicht, den dazu gehörigen Zellenleib nachzuweisen. Was die Beziehungen dieser Fasermasse zur organischen Grundsubstanz der Kalkkörper anbetrifft, so scheinen sie ebenfalls sehr enge zu sein; den gegenseitigen Zusammenhang genauer festzustellen, gelang uns nicht, weil das Gefüge des Faserwerkes gerade an den Ursprungsstellen sehr dicht ist. Die Fasermasse als Ganzes macht den Eindruck, als würde sie an ihren beiden, den Gelenkflächen zugekehrten Enden in einer zur Längsachse der Arme senkrechten Richtung mehr oder weniger stark gepreßt sein. Auffallend ist auch die Thatsache, daß die Längsschnitte im Bereiche dieser Fasermasse fast immer Risse bekommen, gelegentlich fällt sogar die gesamte Masse aus dem Schnitte heraus. Offenbar sind die Grenzzonen hier stark ver-

kalkt, und höchst wahrscheinlich setzt sich der Prozeß der Kalkausscheidung auch noch im Bereiche der Fasermasse selbst fort. Joh. Müller und W. B. Carpenter haben dieser Fasermasse die Bedeutung eines bloßen Ligamentes zugeschrieben. Wir unsererseits möchten ihr, wie der dorsalen Fasermasse, auch noch elastische Eigenschaften zuerkennen. Zu dieser Annahme veranlaßt uns in erster Linie die Lage, die sie zwischen den artikulierenden Flächen einnimmt. Ihre Fasern liegen nämlich nicht, wie W. Carpenter angiebt und in Fig. 6 Taf. XLIII l. c. darstellt, ausschließlich ventral vom Axialkanal, d. h. auf gleicher Seite mit den ventralen Muskeln, sondern, wie unsere Längsschnitte unzweifelhaft darthun, in ihrer Hauptmasse dorsal vom Axialstrang, bezw. zwischen ihm und den Dorsalfasern. Würden ihr nun elastische Eigenschaften vollständig abgehen, so würde sie die Kontraktionswirkung der ventralen Muskulatur sowohl als auch die Elasticitätswirkung der Dorsalfasern nicht unwesentlich beeinträchtigen. Besitzt sie aber Elasticität, was nach ihrer histologischen Struktur keineswegs ausgeschlossen ist, so summiert sich die Elasticitätswirkung stets mit derjenigen der Dorsalfasern, indem bei der Kontraktion der ventralen Muskeln der dorsal vom Axialstrang gelegene Teil ihrer Fasern mit den Dorsalfasern durch Zugwirkung gedehnt, der ventral gelegene Teil ihrer Fasern gleichzeitig zusammengepreßt wird. Hört die Wirkung der Muskelkontraktion auf, so ziehen sich alle dorsal vom Axialstrang gelegenen Fasern zusammen und zwar in dem Maße, wie sie durch die Muskelwirkung gedehnt wurden, während die ventral vom Axialstrang gelegene Faserpartie aus dem Zustande der Pressung in denjenigen der Dehnung übergeht, der Muskelkontraktion demnach ebenfalls antagonistisch entgegenwirkt. So lassen sich nach unserem Dafürhalten die apicalwärts wärts erfolgenden Armbewegungen von Antedon durch bloße Elasticitätswirkung der mittleren und dorsalen Fasermassen hinreichend erklären, ohne daß man genötigt ist, den in Frage stehenden Fasermassen den Charakter echter Muskeln zuzuschreiben und sich dadurch mit den histologischen Befunden und Thatsachen in schroffsten Gegensatz zu stellen.

e) Die Fasermasse in den Syzygien.

Zwischen den Fasern, die in den Syzygien die organische Verbindung zwischen 2 Skelettstücken herstellen und den Dorsalfasern der Armgelenke vermögen wir einen wesentlichen Unter-

schied nicht herauszufinden. Die beiden Fasermassen sind nur in der Länge der einzelnen Fasern verschieden. Auf ihr übereinstimmendes Verhalten gegenüber Farbstoffen ist früher schon hingewiesen worden. Auch in den Syzygien bilden die Fasern an ihren Ursprungsstellen jene Schleifen, wie wir sie als Einfassungen von Hohlräumen früher schon kennen gelernt haben. Jene S. 99 erwähnten und in Fig. 22 dargestellten Zellen finden sich in den an die Syzygialfasern grenzenden Zonen der Kalkgrundsubstanz wieder. Wollte man also, dem Beispiele der neueren Forscher folgend, die Dorsalfasern als muskulöse Elemente auffassen, so müßte man diese Auffassung notwendigerweise auch auf die Syzygialfasern ausdehnen und die Definition der Syzygie als einer unbeweglichen Nahtverbindung vollends preisgeben. Hamann spricht sich (l. c. S. 127) über diesen Punkt folgendermaßen aus: „Ob man die Fasern in den Syzygien — das sind die Nahtverbindungen, welche 2 Armglieder an Stelle der Muskulatur verbinden können — ebenfalls für muskulös erklären will oder nicht, das hängt gänzlich vom Belieben ab. Eine strenge Grenze zwischen elastischer Faser und kontraktiler Faserzelle kann ich nicht auffinden. Natürlich erscheint es mir aber, wenn man die Armnähte als nur aus elastischen Fasern bestehend ansieht, denen allerdings ein gleicher Bau zukommt wie den kontraktilen Faserzellen.“ Diese vollkommene Uebereinstimmung, welche hinsichtlich der feineren Strukturverhältnisse zwischen Syzygial- und Dorsalfasern thatsächlich besteht, ist für uns ein Grund mehr, die letzteren nicht als Muskeln zu betrachten und der älteren Auffassung den Vorzug zu geben.

f) Die Fasern in den Rankengelenken.

Die Fasern, welche 2 Cirrensegmente miteinander verbinden, sind von jeher als mit den Dorsalfasern in jeder Beziehung übereinstimmend dargestellt worden. Da unsere Präparate und Untersuchungen nur eine Bestätigung dieser Auffassung ergeben haben, so können wir hier unter Hinweis auf die Ausführungen über die Dorsalfasern auf eine Beschreibung der Rankenfasern verzichten. Vom histologischen Standpunkte aus können daher diese Fasermassen ebensowenig als echte Muskeln in Anspruch genommen werden wie Dorsal- und Syzygialfasern.

V. Schlußbemerkung.

Die vorstehenden Untersuchungen haben ergeben, daß zwischen den ventralen Armmuskeln von Antedon einerseits und den Dorsal- und Rankenfasern andererseits in Bezug auf ihre feinere Struktur, ihr Verhalten gegenüber den Farbstoffen und chemischen Reagenzien so weitgehende, wichtige Unterschiede bestehen, daß es vom histologischen Gesichtspunkte aus durchaus unstatthaft ist, Dorsal- und Rankenfasern als Elemente des Muskelgewebes aufzufassen. Wie verhalten sich nun diese Befunde der mikroskopischen Untersuchung mit den physiologischen Thatsachen? Hält man an dem durch die histologischen Befunde gewonnenen Standpunkte auch bei der Beurteilung der physiologischen Erscheinungen fest, so kann nur die nach oben, d. h. oralwärts erfolgende Krümmung der Arme als Folge von Muskelkontraktionen betrachtet werden. Das Strecken und Krümmen der Arme gegen den Apex des Kelches hin, wie man es besonders schön beim Schwimmen der Tiere beobachten kann, darf dagegen, wie a. a. O. bereits angeführt worden ist, nur auf Elasticitätswirkung der ligamentösen und dorsalen Fasern zurückgeführt werden. Daß die Elasticität der in Frage stehenden Fasermassen vollkommen ausreicht, um die apicalwärts erfolgenden Armbewegungen der Tiere zu erklären, scheint uns außer Zweifel zu sein, giebt es ja doch unter den Lamellibranchiern Formen, wie Pecten, die durch abwechselndes Oeffnen und Schließen ihrer Schalenhälften ebenso elegant im Wasser schwimmen wie Antedon, und doch ist unseres Wissens das Oeffnen der Schale auch nur auf die elastische Wirkung des Schloßbandes und nicht auf Muskelkontraktion zurückzuführen. Daß bei der Abwärtsbewegung der Arme ihre eigene Schwere fördernd einwirkt, ist einleuchtend. Zur Stütze der von uns vertretenen älteren Ansicht dürfte auch die nachfolgende, mehrfach beobachtete Thatsache beitragen. Bei Reizung des Apicalstranges abgeschnittener Arme, die, beiläufig bemerkt, ihre Lebensfähigkeit oft erst nach 10—14 Tagen einbüßen, konstatierten wir als erste Reaktionserscheinung stets ein Einrollen des Armes in oraler Richtung und darauf ein Strecken. Niemals aber sahen wir auf einen Reiz hin die Arme sich apicalwärts beugen und einrollen und nachher sich ventralwärts strecken, was doch wohl ebenso gut der Fall sein müßte, wenn den ventralen Muskeln als Antagonisten auch Muskeln von derselben histologischen und physiologischen Natur gegenüber-

stehen würden. Gegen diese ältere Ansicht ist auch der Einwand erhoben worden, daß die Tiere mit weit ausgebreiteter Armkrone absterben müßten, wenn die Antagonisten keine echten Muskeln, sondern nur elastische Ligamente darstellten, indem ja die erschlaffenden Muskeln nicht mehr imstande wären, die Elasticitätswirkung der Bandmassen zu kompensieren. Nun zeige die Erfahrung, daß Antedon stets mit geschlossener Armkrone absterbe (Lang l. c.). Demgegenüber ist zu bemerken, daß bei Ueberführung der Tiere in Mischungen von Meer- und Süßwasser in zahlreichen Fällen ein Absterben nicht nur mit flach ausgebreiteter Armkrone, sondern sogar mit vollständig gegen den Kelch zurückgeschlagenen Tentakeln beobachtet werden konnte. Auch Perrier hat die nämliche Beobachtung gemacht, wenn er die Tiere lebend in Alkohol tauchte. Auffällig ist nun, daß derselbe Autor die beiden total verschiedenen Absterbeerscheinungen dazu benutzt, um die muskulöse Natur der Antagonisten nachzuweisen. Lassen wir ihm in Bezug auf diesen Punkt selbst das Wort. Er sagt (l. c. S. 187): „Lorsque l'animal meurt, les muscles se relâchant et ne contrebalançant plus les effets de l'élasticité des ligaments, il (l'animal) devrait mourir les bras largement étendus. Or, il n'en est rien" und weiterhin „quand on plonge brusquement une Comatule dans l'alcool, elle rabat volontairement tous ses bras du côté dorsal et meurt dans cette attitude; ce mouvement ne peut guère s'expliquer que par une contraction des prétendus ligaments, qui doivent, dès lors, être considérés comme des muscles." Im ersten Falle würde also die muskulöse Natur der Antagonisten die Ursache der Absterbens mit eingerollter Armkrone sein, im zweiten Falle würde dieselbe Eigenschaft der Antagonisten geeignet sein, das Absterben mit entfalteter Armkrone zu erklären. Wir vermögen in den angeführten Thatsachen keine Stütze für die neuere Ansicht zu erblicken. Sie zeigen vorläufig nur, daß das Verhalten der Armkrone bezw. der Muskeln und der Antagonisten beim Absterben bedingt ist durch die jeweilige Todesursache. Tritt der Tod unter normalen Bedingungen ein, so erhält sich die ventrale echte Muskulatur im Zustande der Kontraktion, sie erschlafft und erhält sich in diesem Zustande, sobald der Tod plötzlich und in Folge einer Vergiftung herbeigeführt wird. Nimmt man, wie die neueren Zoologen es thun, die Dorsalfasern als echte Muskeln in Anspruch, so wird man dasselbe auch gegenüber den Fasern in den Gelenken zwischen Costale I und Costale II und Brachiale I und Brachiale II thun müssen. Man

wird auch genötigt sein, diesen Fasermassen dieselben physiologischen Leistungen zuzuschreiben wie ihren Antagonisten in den übrigen Armgelenken. Man wird ferner nicht leicht eine befriedigende Antwort auf die Frage finden, warum gerade in jenen 2 Gelenken nur Muskeln der einen Art zur Ausbildung gelangen, während in allen anderen Armgelenken beiderlei Muskeln vorkommen. Ebenso unverständlich würde die Thatsache sein, daß bei physiologisch gleichen Leistungen an einem und demselben Tiere Muskeln vorkommen, die in Bezug auf ihre histologische Beschaffenheit und ihr chemisches Verhalten ganz enorme Unterschiede aufweisen. Der Umstand, daß in den vorhin genannten Gelenken echte Muskeln fehlen, scheint uns zu beweisen, daß die vermeintlichen Muskeln der neueren Zoologen auch hinsichtlich ihrer physiologischen Leistungen von ihren Antagonisten differieren. Jene Gelenke gestatten wegen der vertikalen Richtung ihrer Achse nur eine Drehung in horizontaler Richtung von zudem sehr geringem Ausmaß. Ein passiv erfolgendes seitliches Hin- und Herbewegen der Arme in diesen Gelenken, wie Joh. Müller es annimmt, reicht jedoch für die Bedürfnisse des Tieres hinsichtlich der Beweglichkeit seiner Arme vollständig aus. Da wo also aktive energische Bewegung nicht gefordert wird, fehlen die echten ventralen Muskeln. Nach unserer Ueberzeugung hat also die von den älteren Zoologen vertretene Auffassung gegenüber der neueren Ansicht entschieden die größere Berechtigung, wenn sie auch nicht auf alle sich aufdrängenden Fragen eine völlig befriedigende Aufklärung zu bieten vermag. So steht sie im Widerspruch mit der Beweglichkeit der Ranken. Was nämlich die Fähigkeit der letzteren anbetrifft, aktive Bewegungen auszuführen, so wird dieselbe, wie eingangs dieser Arbeit bemerkt worden ist, von den älteren Autoren entschieden in Abrede gestellt, von den neueren Untersuchern, wie Jickeli, Hamann, Perrier und Cuénot dagegen ebenso entschieden bejaht. Zahlreiche Beobachtungen, die wir in Neapel an lebenden Tieren zu machen die Gelegenheit hatten, brachten uns zu der festen Ueberzeugung, daß die Ranken in der That aktiv bewegliche Gebilde sind. Ihre Bewegungen erfolgen aber, wie übrigens Cuénot schon bemerkt, außerordentlich langsam und unterscheiden sich in dieser Beziehung in weitgehender Weise von denjenigen der Arme. Für diese Thatsache eine einwandsfreie Erklärung zu geben, ist für uns eine Sache der Unmöglichkeit.

Litteraturverzeichnis.

1) Ballowitz, E., Ueber den feineren Bau der Muskelsubstanzen. Schultze's Archiv, Bd. XXXIX.
2) Bather, F. A., The Term „Syzygy" in the Description of Crinoids. Zool. Anzeiger, Bd. XIX, 1896, No. 495 u. 501, Leipzig 1896.
3) Carpenter, W. B., Researches on the structure, physiology and development of Antedon rosaceus. Philos. Transactions, Vol. 156, Part II, 1866.
4) —, On the nervous system of Crinoidea. Proceed. Roy. Soc. London, Vol. XXXVII, 1884.
5) Carpenter, P. H., Remarks on the anatomy of the armes of the Crinoids. Journ. of Anat. and Physiology. Vol. 10, 1877.
6) — Report on the Crinoidea. I. The stalked Crinoids. Voyage of the „Challenger", Vol. XI, Part 32, London 1884. II. The Comatulae. Ibid., Vol. 26, Part. 60, 1888.
7) Cuénot, L., Etudes morphologiques sur les Echinodermes. Archives de Biologie, T. XI, 1891.
8) Engelmann, Th., Ueber den faserigen Bau der kontraktilen Substanzen, mit besonderer Berücksichtigung der glatten und doppeltschräggestreiften Muskelfasern. Pelüger's Archiv, Bd. XXV.
9) Hamann, O., Beiträge zur Histologie der Echinodermen. 4. Heft. Anatomie und Histologie der Ophiuren und Crinoiden, Jena 1889. (Separat aus d. Jenaischen Zeitschr. f. Naturwissenschaften.)
10) Heusinger, C. F., Anatomische Untersuchung der Comatula mediterranea. Zeitschr. für organische Physik, Bd. III, 1828.
11) Jickeli, C., Vorläufige Mitteilungen über den Bau der Echinodermen. Zoolog. Anzeiger, VII. Jahrgang, 1884.
12) Knoll, Ph., Zur Lehre von den doppeltschräggestreiften Muskelfasern. Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften. Mathem.-naturwissensch. Klasse, Bd. CI, Heft VII, Abt. 3, 1892.
13) — Zur Lehre von den Struktur- und Zuckungsverschiedenheiten der Muskelfasern. Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften. Math.-naturw. Kl., Bd. CI, Heft IX, Abt. 3, 1892.

14) Lang, A., Lehrbuch der vergleichenden Anatomie. IV. Abteilung, 1894.
15) Ludwig, H., Beiträge zur Anatomie der Crinoideen. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, Bd. XXVIII, Leipzig 1877.
16) Marshall, On the nervous system of Antedon rosaceus. Quart. Journ. Mic. Sc., Vol. XXIV, 1884.
17) Miller, J. S., A natural history of the Crinoidea or lily-shaped animals, Bristol 1821.
18) Müller, Joh., Ueber den Bau von Pentacrinus caput Medusae. Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften, Berlin 1841.
19) — Ueber die Gattung Comatula Lam. und ihre Arten. Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften, Berlin 1847.
20) Perrier, E., Mémoire sur l'organisation et le développement de la Comatule de la Méditerranée. (Antedon rosacea Linck), in Nouvelles Archives du Muséum d'hist. naturelle, Paris 1886—1892.
21) — Recherches sur l'anatomie et la régénération des bras de la Comatula rosacea. Archive de Zoologie expérimentelle, T. II, 1872.
22) Schwalbe, G., Ueber den feineren Bau der Muskelfasern wirbelloser Tiere. Archiv für mikroskopische Anatomie, herausgegeben von Max Schultze, Bd. V, Bonn 1869.
23) — Beiträge zur Kenntnis der glatten Muskelfasern. Archiv für mikroskopische Anatomie, herausgegeb. v. Max Schultze, Bd. IV, 1868.
24) Semper, C., Kurze anatomische Bemerkungen über Comatula. Arbeit. Zool. Institut Würzburg, Bd. I, 1874.
25) Thompson, J. V., Sur la Pentacrinus europaeus l'état de jeunesse du genre Comatula. L'institut, 1835.
26) Vogt und Yung, Lehrbuch der prakt. vergleich. Anatomie, Bd. I, Braunschweig 1888.
27) Wackwitz, Jul., Beiträge zur Histologie der Molluskenmuskulatur, speziell der Heteropoden und Pteropoden. Zool. Beiträge, Bd. III, Heft 3, Breslau 1892.

Figurenerklärung.

Bedeutung der Buchstabenbezeichnungen der Figuren.

Aa Oeffnung des Axialkanales der Armglieder.
Ar „ „ „ „ Rankenglieder.
Br_1, Br_2, Br_3, Br_4 1., 2., 3. und 4. Brachialglied.
Bz Bindesubstanzzellen.
C_1 Costale primum.
C_2 „ secundum.
Df Dorsalfasermasse.
Dfg Gelenkgrube zur Aufnahme der dorsalen Fasern.
Ds Dorsaler Sinus des Armcöloms.
Gs Genitalsinus.
Gr Genitalrhachis.
Hsp Horizontales Septum.
Kgs Kalkgrundsubstanz.
Lf Ligamentöse Fasermasse.
Lfg Gelenkvertiefung zur Aufnahme der ligamentösen Fasermasse.
M Muskulatur.
Mg Grubenförmige Vertiefung in den Gelenkflächen zur Aufnahme der ventralen Muskeln.
Nf Nahrungsfurche der Arme.
P Pinnula.
Po Orale Pinnula.
R Radiale.
Rk Radiärkanal des Wassergefäßsystems.
Rf Fasermasse der Rankengelenke.
Rn Radiärer Nerv des oberflächlichen oralen Systems.
S Sacculi.
San Strang des apicalen Nervensystems.
Sg Syzygie.
Sgf Fasern der Syzygie.
T Tentakel.
Tk Tentakelkanal.
Vs Ventraler Sinus des Armcöloms.
Vsp Vertikales Septum.
Zd Centrodorsalplatte.

Tafel III.

Fig. 1. Dorsalansicht des Kelches und der ersten Armglieder von Antedon rosacea nach Entfernung der Ranken. Die Ansatzstellen der letzteren im Centrodorsale sind zum Teil eingezeichnet. Vergrößerung ca. 18.

Fig. 2. Schematische Darstellung der Verteilung der Syzygien und Pinnulae in den Anfangsteilen eines Armpaares. Die durch eine Syzygie verbundenen Skelettstücke sind durch einen grauen Ton hervorgehoben.

Tafel IV.

Fig. 3. Ventralansicht der pentagonalen Basis des Kelches mit den ventralen Flächen der Radialia. Vergrößerung ca. 15.

Fig. 4. Ventralansicht der pentagonalen Basis des Kelches, der Radialia, Costalia I und II und der Brachialia I. Diese Figur zeigt ferner die großen, für die ventrale Muskulatur aufgesparten Gelenkgruben, sowie in der Tiefe gegen den Axialkanal hin die Konturen der von der ligamentösen Fasermasse, die ebenfalls eingetragen ist, occupierten Vertiefungen. Gezeichnet nach einem längere Zeit mit Aetzkalilauge behandelten Präparate. Die Muskeln sind der Einwirkung des Reagens längst erlegen, während die übrigen Fasermassen sich fast intakt erhalten haben.

Fig. 5. Distale Fläche eines Radiale, mit der proximalen Fläche des Costale I artikulierend, zeigt die Oeffnung des Axialkanals (*Aa*), die vertikale und die horizontale Gelenkleiste, die grubenartigen Vertiefungen zur Aufnahme der ventralen Muskeln (*Mg*), der ligamentösen (*Lfg*) und der dorsalen Fasermasse (*Dfg*). Vergrößerung ca. 15.

Fig. 6. Distale Fläche eines Costale I, mit der proximalen Fläche eines Costale II gelenkig verbunden, zeigt wieder die Oeffnung des Axialkanales (*Aa*) in der vertikalen Gelenkleiste und jederseits eine grubenartige Vertiefung für die verbindenden Fasermassen (*Lfg*). Diese Gelenkverbindung hat keine echten Muskeln. Vergrößerung ca. 15.

Fig. 7. Distale Fläche eines Costale II, mit den proximalen Flächen der beiden Brachialia I artikulierend, zeigt die vertikal gerichtete Hauptleiste, die beiden schief von unten und innen nach außen und oben verlaufenden Querleisten, die zwei von der Mitte der Ventralseite schief nach unten gerichteten Leisten, die doppelte Mündung des Axialkanals (*Aa*) und 10 Vertiefungen zur Aufnahme von Muskeln (*Mg*), ligamentösen (*Lfg*) und dorsalen Fasern (*Dfg*). Die distale Fläche eines Costale II ist doppelt, da sie mit der proximalen Fläche eines jeden der beiden Brachialia I des Armpaares gelenkig verbunden ist.

Fig. 8. Ansicht einer Fläche, die mit der ihr zugekehrten Fläche des benachbarten Armgliedes eine Syzygie bildet. Von der

Oeffnung des Axialkanals strahlen radienartig vorspringende Leisten gegen die Peripherie des Gliedes aus. Auf der ventralen Seite ist die Vertiefung der Ambulacralfurche sichtbar.

Tafel V.

Fig. 9. Darstellung einer pfannenartigen Vertiefung im Centrodorsale zur Vermittelung der Artikulation mit der proximalen Fläche des 1. Basalgliedes einer Ranke. Quer durch die Vertiefung hindurch geht ein elliptisch konturierter Wulst, der in seiner Mitte die Oeffnung des Axialkanales der Ranke (*Ar*), umgeben von einer seichten Vertiefung, zeigt. Die Figur ist stark vergrößert.

Fig. 10. Seitenansicht eines Basalgliedes einer Ranke.

Fig. 11. Dasselbe von seiner distalen Fläche gesehen, zeigt den vorspringenden Wulst mit der Oeffnung des Axialkanals (*Ar*).

Fig. 12. Dasselbe von seiner proximalen Fläche gesehen, zeigt den Gelenkwulst, aber mit einer Vertiefung, in deren Mitte sich der Axialkanal (*Ar*) öffnet.

Fig. 13 stellt die Basalglieder einer Ranke, von der Seite gesehen, dar. Der Gelenkwulst der distalen Flächen erscheint als zapfenförmiger Vorsprung. Der Axialkanal, der hier noch streng der Achse eines jeden Gliedes folgt, schimmert durch.

Fig. 14. Seitenansicht der beiden Endglieder einer Ranke. Das letzte Glied zeigt die scharf zugespitzte, aboralwärts gekrümmte Klaue und ihr gegenüber den ebenfalls dorsal gerichteten, dornartigen Fortsatz. Auch hier ist der durchschimmernde Axialkanal in seiner Kontur angedeutet.

Tafel VI.

Fig. 15. Querschnitt durch einen entkalkten Arm, so geführt, daß die Dorsalfasermasse getroffen ist. Gezeichnet mit Camera, Reichert Obj. 4 b und Okular 3. Die Zeichnung giebt genau die Farbentöne wieder, die das Präparat durch Anwendung der S. 90 beschriebenen v. Gieson'schen Färbemethode erlangt hat.

Fig. 16. Querschnitt durch einen entkalkten Arm, so geführt, daß die Kalkgrundsubstanz quer getroffen ist. Die Farbentöne der Zeichnung entsprechen wiederum denen des nach v. Gieson'scher Methode gefärbten Präparates.

Tafel VII.

Fig. 17. Längsschnitt durch ein entkalktes Armstück, gezeichnet mit Camera, Reichert, Obj. 4 b, Okular 3. Die Farbentöne der Zeichnung entsprechen den Farben des nach v. Gieson'scher Methode gefärbten Präparates. *Kgs* Kalkgrundsubstanz, *Df* Dorsalfasern, *M* Ventrale Muskulatur, *Sgf* Fasermasse einer Syzygie, *Bg* unverkalkte Bindesubstanz.

Fig. 18. Armlängsschnitt, gezeichnet mit Camera, Reichert Obj. 4b, Okular 3. Der radiäre Strang des aboralen Nervensystems (*San*) ist in seiner ganzen Länge getroffen, ebenso ist die ligamentöse Fasermasse (*Lf*) in ihrer Längsrichtung geschnitten und sticht durch ihre intensivere Färbung von den Dorsalfasern (*Df*) ab. Die Farbentöne entsprechen wiederum den Farben des nach v. Gieson-scher Methode gefärbten Präparates. Das Präparat zeigt auch 2 Syzygien, bezw. ihre Fasermasse (*Sgf*). Die Figur soll nur die durch die Färbung erhaltenen Differenzierungen der verschiedenen Gewebepartien darstellen. Daher fehlt überall die Ausführung der Details.

Tafel VIII.

Fig. 19. Stücke von 2 Muskelfasern aus einem ventralen Muskelbündel mit doppelter Schrägstreifung. Gezeichnet mit Camera, Zeiss, homog. Immersion 2,0, Okular 8. Vergrößerung 1000. Das Präparat ist mit Hämatoxylin nach Böhmer vorgefärbt und mit Ehrlich-Biondi'schem Farbengemische nachgefärbt.

Fig. 20. Stück aus der dorsalen Fasermasse und dem angrenzenden Bezirke der Kalkgrundsubstanz, zur Darstellung der engen Beziehungen, die zwischen den beiden Massen bestehen. Die Figur zeigt auch den Ursprung der Fasern, ihre Beziehungen zu einander, die Hohlräume, die sie nach Art von Schleifen einfassen, die zwischen ihnen liegenden Zellen mit den rundlichen Kernen. In der Kalkgrundsubstauz treten dieselben Zellformen vermischt mit anderen rundlichen, fortsatzlosen, in ihrem Wesen noch dunklen Zellen, wie sie sich (vergl. Fig. 22) auch in der Nähe der Rankenfasermassen vorfinden, auf. Die rundlichen Hohlräume in der Kalkgrundsubstanz sind vor der Entkalkung mit Kalk ausgefüllt gewesen.

Gezeichnet mit Camera, Zeiss, homog. Immersion 2,0, Okular 6. Vergrößerung 750.

Fig. 21. Stück aus der ligamentösen Fasermasse. Die einzelnen Fasern sind viel kürzer als die Dorsalfasern und liegen in einer Grundsubstanz, die im Bereiche der letzteren fehlt. Die Fasermasse hat bei starker Vergrößerung ein filziges Aussehen. Die zu den rundlichen Kernen gehörenden Zellkörper sind nicht sichtbar. Die Fasermasse erhält durch Färbung mit dem v. Gieson'schen Gemisch einen dunkelvioletten Ton, während die Dorsalfasern rötlichviolett gefärbt sind. Gezeichnet mit Camera, Zeiss, homog. Immers. 2,0, Okular 6. Vergrößerung 750.

Fig 22. Zellen, die sich in denjenigen Bezirken der Kalkgrundsubstanz vorfinden, die unmittelbar an Dorsal-, Ligament- und Syzygialfassermassen grenzen. Offenbar sind diese Zellen identisch mit den Perrier'schen „masses ganglionnaires".

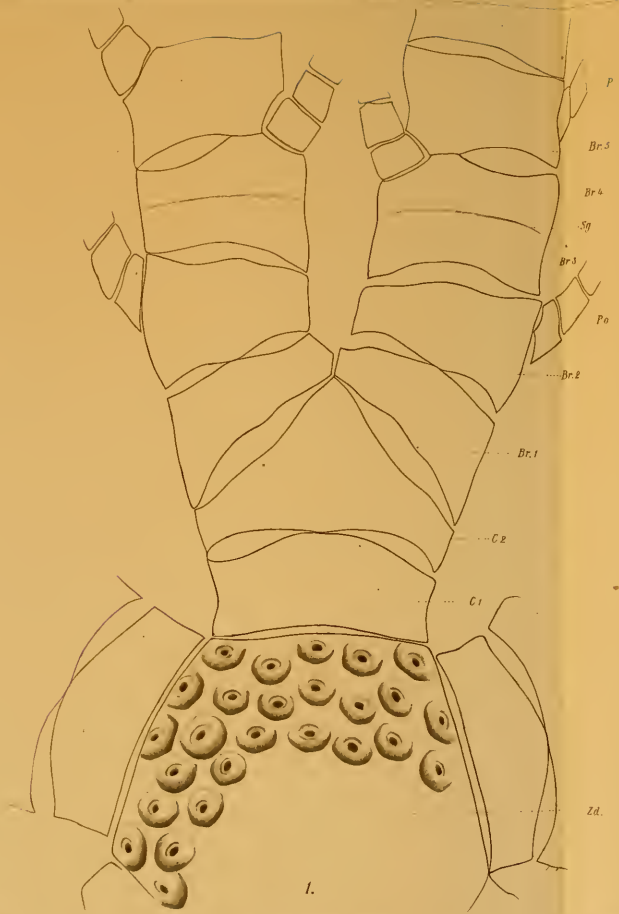
Gezeichnet nach einem mit Hämatoxylin und Eosin gefärbten Rankenlängsschnittpräparate mit Camera, Zeiss, homog. Immers. 2,0, und Okular 8. Vergrößerung 1000.

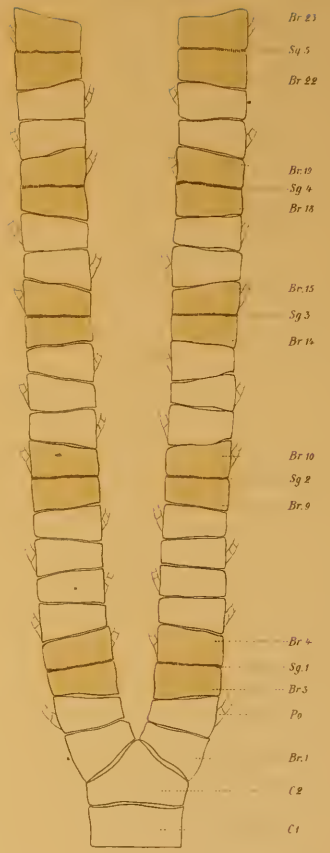
Fig. 23. Stück der Kalkgrundsubstanz einer Ranke. Nach einem mit Hämatoxylin und Pikrinsäure gefärbten Längsschnittpräparate gezeichnet mit Camera, Reichert, Obj. 8a und Okular 3.

Fig. 24. Rankengelenk, nach einem entkalkten, mit Pikrokarmin gefärbten Totalpräparat gezeichnet. Camera, Zeiss 8,0, Okular 2. Der Axialkanal ist gegen den ventralen Rand der Ranke hin verschoben. Die dorsal von ihm liegende Fassermasse ist mächtiger als die ventrale, und ihre Fasern sind bedeutend länger.

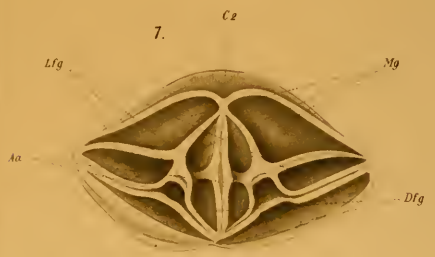
Fig. 25. Tangentialer Längsschnitt durch die Fasermasse eines Rankengelenkes und die Kalkgrundsubstanz der verbundenen Glieder. Gezeichnet mit Camera, Reichert, Obj. 4b und Okular 3.

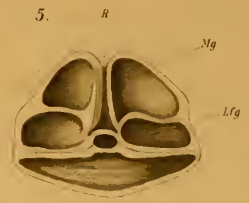
Fig. 26. Zellen, die zwischen den Bündeln der Rankenfasern liegen, von Perrier als bloße Kerne aufgefaßt und bezeichnet. Nach einem Längsschnittpräparate gezeichnet mit Camera, Zeiss, homog. Immers. 2,0 und Okular 6. Vergrößerung 750.





Verl. v. Gustav Fischer Jena





Verl. v. Gustav Fischer

Gustav Fisch

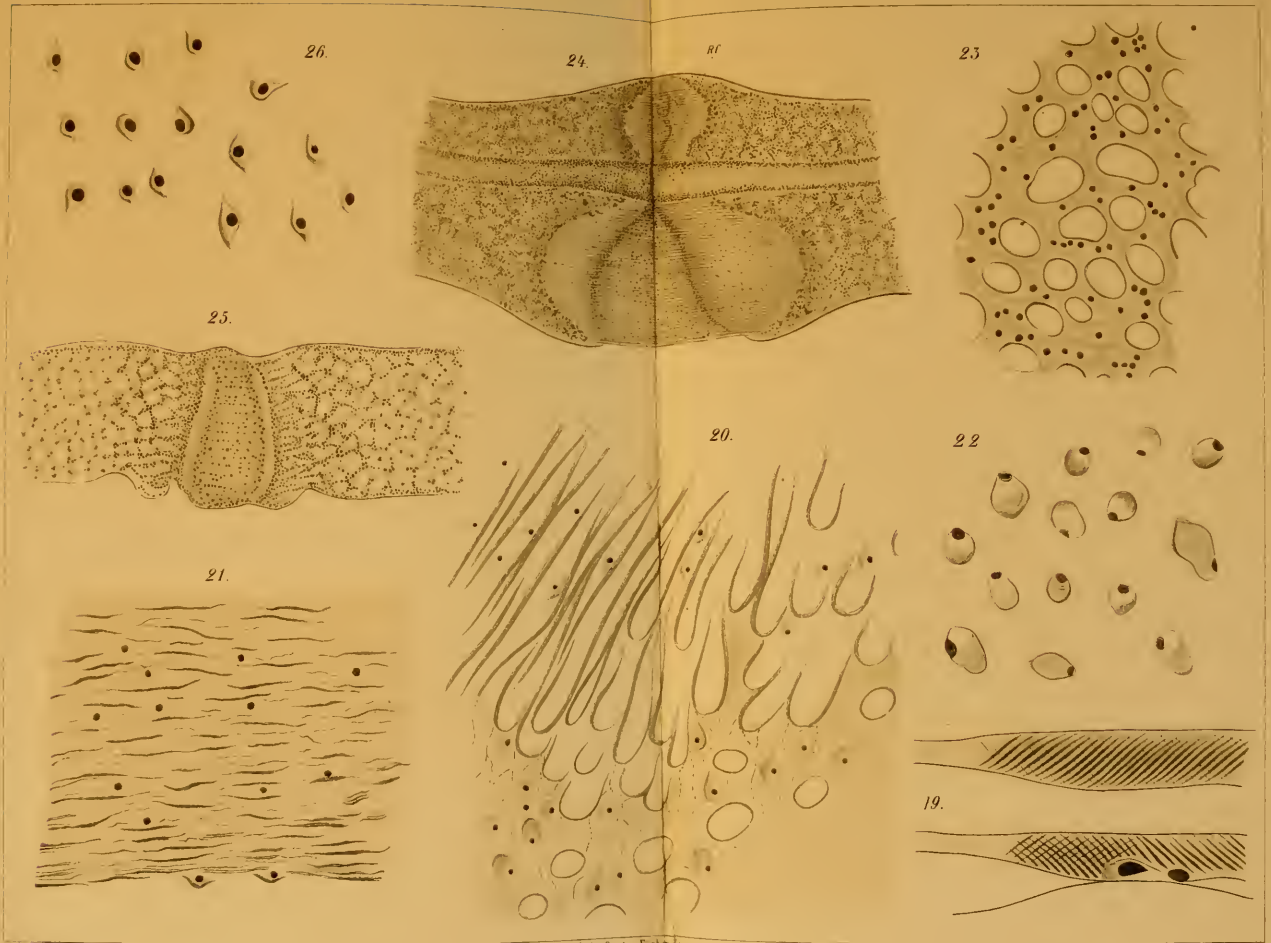
15.

16.

17.

18.

Gustav Fischer, Jena.
Lith. Anst. v. Arnold, Dresden.



Verl. v. Gustav Fischer Jena. Lith. Anst. v. J. Arndt, Jena.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: NF_27

Autor(en)/Author(s): Bosshard Heinrich

Artikel/Article: Zur Kenntnis der Verbindungsweise der Skelettstücke der Arme und Ranken von Antedon rosacea Linck (Comatula mediterranea Lam.). 65-112