

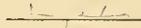
## Untersuchungen über den Bau der Crinoiden

mit besonderer Berücksichtigung der Formen aus dem Solenhofener Schiefer und dem Kelheimer Diceraskalk.

Von

**Dr. Johannes Walther.**

(Mit Tafel XXIII—XXVI.)



Vorliegende Arbeit wurde im Januar und Februar des Jahres 1885 auf den Rath des Herrn Professor Dr. von Zittel im palaeontologischen Museum der Universität München begonnen. Durch die hohe Munifizienz der königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin konnte ich in den Monaten April bis Juni an der zoologischen Station des Herrn Professor Dr. A. Dohrn zu Neapel arbeiten und die begonnenen palaeontologischen Studien an lebenden Crinoiden fortsetzen. Im November vollendete ich die Bearbeitung des palaeontologischen Materials in München und ging darauf nach Berlin, wo es mir durch die Liberalität des Herrn Geheimrath Dr. Beyrich gestattet wurde, das Material der königlichen Universitätssammlung zu studiren. Allen den Genannten ebenso wie den Herren Professoren Dr. Hertwig und Dr. Groth in München, Dr. Dames in Berlin und Herrn Dr. Eisig in Neapel sei für die hohe und liebenswürdige Unterstützung meinem ehrfurchtsvollen und verbindlichsten Danke öffentlicher Ausdruck gegeben. Ganz besonderen Dank aber möchte ich meinem Lehrer Herrn Professor Dr. K. v. Zittel aussprechen. Mit seiner vielbekannten Liberalität stellte er mir alle Hilfsmittel seines Institutes und seiner Privatbibliothek zur Verfügung, er unterstützte mich oft mit seinem Rath, und wenn es mir in der vorliegenden Studie gelungen sein sollte, einen Werkstein zum Bau der Wissenschaft beizutragen, so schulde ich meinem Lehrer, der mir die Anregung zu dieser Arbeit gab, den grössten und herzlichsten Dank.

Der Körper der Crinoiden besteht aus dem Kelch und den darauf sitzenden Armen. Beide haben verschiedene Functionen und zeigen daher in ihrem Bau wesentliche Verschiedenheiten. Der Kelch umschliesst die wichtigsten vitalen Organe, welche möglichst unabhängig sein müssen von zufälligen Einflüssen der Aussenwelt. Um diesen Zweck zu erreichen, ist die Leibeswand des Kelches umgeben von einem Gerüste

enggefügtter Skeletelemente, welche ihm Festigkeit und den umschlossenen Organen Schutz gewähren. Je fester und inniger die Verbindung dieser Skeletelemente im Kelche untereinander ist, desto besser wird jener Zweck erreicht. Die Arme vermitteln den Verkehr des Thieres mit der Aussenwelt. Sie theilen einerseits Veränderungen in den Existenzbedingungen dem Thiere mit und führen ihm die Nahrung zu, andererseits vollstrecken sie die Willensimpulse des Individuum. So sind die Arme auf einen möglichst lebhaften Verkehr mit der Aussenwelt angewiesen und müssen im Stande sein, ihre Eigenschaften möglichst vielseitig mit denen der Umgebung in Beziehung zu bringen. Je grösser die Summe der Veränderungen ist, welche die Arme auszuführen vermögen, um so grösser ist die Möglichkeit, den Forderungen des Lebens gerecht zu werden. Mit anderen Worten: die Arme müssen beweglich sein und die stützenden Skeletelemente der Arme müssen möglichst locker mit einander verbunden sein.

Wenn das Thier gestorben ist, so vermag es den zersetzenden Angriffen der im Meerwasser enthaltenen Mikroorganismen nicht mehr Widerstand zu leisten. Die Fäulnissbakterien, die Feinde des Palaeontologen, zersetzen die Weichtheile und lockern den Verband zwischen den Kalktafeln des Skeletes. Aus den oben berührten Gründen werden die Arme diesem Zersetzungsprocess leichter unterliegen und rascher zerfallen als der Kelch.

So erklärt es sich, dass die Kelche der meisten Crinoiden in grösserer Menge gefunden werden, dass dagegen ganze Arme und solche Exemplare, bei denen die Arme in Zusammenhang mit dem Kelche blieben, nur in sehr seltenen Fällen erhalten wurden. Nur dann, wenn das Wasser sehr rein, das Sediment aber sehr feinkörnig ist und die Ablagerung desselben so rasch erfolgte, dass die vorhandenen Fäulnissbakterien in ihrem Zerstörungshandwerk gestört und verhindert wurden, findet man zusammenhängende Skelete von wohlerhaltenen Crinoiden. Wenn man abgestorbene Echinodermen in ein Bassin legt, das von einem Strom frischen Seewassers gespeist wird und dessen Boden mit reinem Sande belegt ist, so halten sich dieselben je nach ihrer Grösse 3—6 Tage, ehe sie zu zerfallen beginnen. Liegen sie aber in einem Bassin, dessen Boden mit Schlamm bedeckt wurde und dessen Wasser stagnirt, so zerfallen sie in der halben Zeit. Solche Versuche haben zwar nur einen beschränkten Werth, da man unmöglich alle Verhältnisse des Meeresgrundes nachahmen kann, allein sie zeigen immer, dass in bewegtem frischen Wasser bei reinem Sediment der Zusammenhang der Echinodermenskelete länger erhalten bleibt, als in stagnirendem Wasser auf putridem Schlamm; dass aber auch dort die Reste zerfallen und zerstört werden, wenn die Ablagerung des Sedimentes nicht mit einiger Geschwindigkeit erfolgt oder aber das Sediment so feinkörnig ist, dass die Thierreste sofort darin einsinken und auf diese Weise dem zerstörenden Einflusse der Meeresbakterien entzogen werden. Solche Verhältnisse mögen zu Ende der Jurazeit im mittleren Bayern geherrscht haben, denn die Sedimente der Diceraskalke von Kelheim und der Plattenkalke von Solenhofen, welche so manche wunderbare Thierreste erhalten haben, bewahren auch eine Reihe von Crinoiden in einem so seltenen Zustande auf, dass fast alle Organe im Zusammenhang und die feinsten anatomischen Merkmale an denselben in der trefflichsten Weise zu beobachten sind und der Untersuchung zugänglich wurden.

Allein die meisten der hier bearbeiteten Objecte waren noch ziemlich tief im Gestein vergraben und ich muss an dieser Stelle mit grösstem Danke des Vertrauens gedenken, mit dem mir Herr Professor von Zittel und Herr Geheimrath Beyrich eine ziemlich tiefgreifende Präparation der Stücke erlaubten. Ohne gewisse Präparationsmethoden wäre jedoch die Aufdeckung mancher Einzelheiten un-

möglich oder wenigstens sehr gefährlich gewesen und so mögen einige Worte über die von mir angewandten Methoden vorausgeschickt werden.

Alle Präparate wurden vor der Bearbeitung drei Tage in Wasser gelegt. Hierdurch wird dem Gestein eine Art Bergfeuchtigkeit wiedergegeben und die Sprödigkeit desselben vermindert. Ist das Object zu gross, um es bequem unter Wasser legen zu können, so genügt es schon, wenn man feuchte Watte mehrere Tage lang auf den zu präparirenden Stellen liegen lässt. Die Präparation selbst geschah ebenfalls stets unter Wasser. Erstens werden in dem dichteren Medium unbeabsichtigte Sprünge vermieden, zweitens werden die Objecte durch die stärkere Lichtbrechung des Wassers besser beleuchtet und viele Einzelheiten, die man in der Luft nicht wahrnimmt, erkennt man ohne Mühe, wenn das Object unter Wasser liegt. Ein Blechbecken, dessen Boden mit Wachs ausgegossen ist, bildet die günstigste, etwas nachgiebige Unterlage; der Vorsicht wegen legte ich das Stück noch auf ein Polster von Watte. Unter solchen Umständen kann man dann mit der Stahlnadel sehr rasch und sicher präpariren; bei einiger Vorsicht wird jeder Sprung vermieden und die Objecte werden sehr gut frei und blossgelegt. War die eine Seite des Objectes vollständig präparirt, so trocknete ich sie, tränkte sie eine Stunde in Terpentinöl und befestigte sie mit viel Canadabalsam auf einer Glasplatte. Dann wurde die andere Seite (wieder unter Wasser) weiter präparirt und auf solche Weise vollständig und allseitig freie Kronen erzielt, wie sie auf Taf. XXV, Fig. 2 u. 6 abgebildet werden konnten.

Eine etwas andere Methode wandte ich an, wenn die Versteinerung selbst krystallinisch hart, das Gestein aber nicht krystallinisch war (wie die meisten Solenhofener Platten). Ich legte das Stück wie oben unter Wasser und brachte dann mit einer sehr feinen kurzen Pipette 50% Salzsäure unter Wasser an das Object. In das obere Ende der Pipette steckte ich einen dünnen Gummischlauch, durch den ich vorsichtig Bruchtheile eines Tropfens aus der Pipette herausblasen konnte. Auf diese Weise kann man Punkt für Punkt des Gesteins weglösen. Mit einem feinen Pinsel entfernt man das angesäuerte Wasser immer vom Object und kann es vortrefflich herauslösen, ohne dass es selbst von der Säure angegriffen wird, wenn man nur das Wasser im Becken öfter wechselt. Dass alle diese Manipulationen unter der Lupe vorgenommen werden müssen, bedarf keiner Erwähnung. Kelchstücke, deren Oberflächenskulptur zerstört war, habe ich mit einem kleinen Schleifsteine abgeschliffen, aber auch hier sieht man unter Wasser bedeutend mehr als in der Luft. Ich empfehle die angegebenen Methoden dringend, denn wenn sie mit aller Vorsicht angewandt werden, erzielt man überraschende Resultate. Schliesslich möchte ich noch hinzufügen, dass ich die Zeichnungen alle auch nach den in Wasser liegenden Objecten machte, weil die Licht- und Schattenwirkung dann eine viel deutlichere wird.

---

In seiner Palaeontologie française <sup>1)</sup> schreibt L Oriol: „Le genre *Millericrinus*, établi par d'Orbigny en 1840 est extrêmement voisin du genre *Apiocrinus*, et n'en diffère, au fond, que par le seul fait d'avoir des premières pièces radiales, dont la facette articulaire constitue une véritable articulation, parfaitement normale, et permettant un mouvement proprement dit à la pièce articulée, tandis que dans l'*Apiocrinus* cette articulation est fort rudimentaire et de nature à ne permettre qu'une flexion à peine perceptible. Les secondes et les troisièmes radiales ainsi qu'il a été dit, ne font donc, à proprement parler, pas parti de la cavité du calice dans les *Millericrinus*.“ Auf Grund vorstehender Diagnose müssen wir das auf

Taf. XXIII, Fig. 1 abgebildete Exemplar mit Stiel und Armen zu *Millericrinus* rechnen und werden es beschreiben als *Millericrinus nobilis*.

Das Exemplar befindet sich in der Münchener Sammlung, es stammt aus Kelheim und liegt auf einer Platte sehr weichen und feinkörnigen gelben Kalkschiefers. Kelch und Arme sind vortrefflich erhalten und theilweise noch im Zusammenhang; der Stiel, aus dem zwei Stücke fehlen, liegt fast gerade, wurde aber auf der Zeichnung wegen Raummangels in zwei Biegungen dargestellt. Die Verwachsung der Kelchtafeln ist eine überaus feste und nur nach Anätzen konnte auf der einen Seite desselben das Gefüge der Skeletelemente studirt werden. Das Exemplar scheint demnach völlig ausgewachsen und differirt als solches in seiner Grösse und Form so wesentlich von *M. mespiliformis*, dass eine spezifische Unterscheidung von dieser in Malm's häufigsten Form gerechtfertigt erscheint.

Grösster Durchmesser des Kelches . . . . .	24 mm
Durchmesser des Centrodorsals . . . . .	7,5 mm
Höhe vom letzten Stielgliede bis zur Gelenkfläche der Axillaren	25 mm.

Der Kelch erhebt sich konisch, die Seitenwände werden von den 5 Basalia gebildet, welche sich umschlagen und auch die obere orale Fläche des Kelches bedecken.

Oberhalb der Radialia I schnürt sich der Kelch ein; Radialia II, III biegen sich wieder nach aussen und bilden einen kronenartigen Aufsatz des Kelches.

Das Centrodorsale, ein einheitliches Stück, zeigt bei gewisser Beleuchtung die Andeutung von radialen Nähten (s. S. 189); in die einspringenden Winkel lenken die 5 Basalia ein. Bei *M. mespiliformis* begrenzen sie nur die äussere Kelchwand, bei *M. nobilis* dagegen biegen sie sich um und bilden einen Theil der oralen eingeschnürten Fläche; sie endigen gegen die Radialia mit fast horizontalen ( $175^\circ$ ) Achselflächen, während die Basalia von *M. mespiliformis* unter Winkeln von  $130^\circ$  zusammenstossen. Dem entsprechend zeigen die Radialia I bei *M. mespiliformis* dachförmige untere Endflächen, während bei *M. nobilis* eine fast ebene untere Gelenkfläche der Radialia I vorhanden ist. Die Radialia I und die darauf sitzenden Radialia II sind schmale Leisten. Die obere Gelenkfläche des Radiale II zeigt zwei rundliche Vertiefungen, denen ähnliche Gruben auf der Unterseite von Radiale III entsprechen. Dieses letztere besitzt auf seiner oberen Fläche eine charakteristische Sculptur zur Insertion der Arme. (Taf. XXIII, Fig. 2a.) Von der Mitte des Aussenrandes divergiren zwei schmale Seitenzähne, in deren Winkel ein medianer knopfähnlicher Mittelzahn steht. Wie wir weiter unten zeigen werden, entspricht der letztere wahrscheinlich einer embryonalen primären Pinnula, welche mit dem Achselstück verschmolzen ist, in ähnlicher Weise wie der Körper des Atlas als Dens epistrophæi mit dem zweiten Halswirbel verschmilzt. Auf dem Radiale III (dem Radiale axillare), inseriren sich die 5 Doppelarme.

Das unterste Armglied ist einheitlich, dann gabelt sich jeder Arm, so dass *M. nobilis* 10 wohl entwickelte, aber nicht weiter sich gabelnde Arme besitzt. Die Glieder der Arme sind kurz, glatt, auf dem Rücken rundlich, die ventrale Ambulacralfurche ist sehr tief, Saumblättchen scheinen vorhanden gewesen zu sein, sind aber abgefallen. Je zwei Glieder stossen seitlich unter einem stumpfen Winkel zusammen, auf dessen oberer Fläche die Pinnula inserirt, weshalb jene Winkel alterniren. Syzygialverbindungen sind häufig; das Epizygone trägt den Pinnulaansatz. Die Arme verlaufen mit ziemlich gleichmässigem Querschnitt, scheinen dann aber sich rasch zu verzüngen. Die Gesamtlänge des Armes

ist nach dem vorliegenden Stück nicht mit Sicherheit anzugeben, dürfte aber nicht mehr als 12 cm betragen haben.

Dass die Pinnulae alterniren, ist an mehreren Stellen sehr gut zu sehen. Sie bestehen aus kurzen cylindrischen Gliedern und mögen 12—15 mm lang gewesen sein. Der Stiel verjüngt sich etwas unter dem Centrodorsale, verläuft aber dann mit gleichmässigem Durchmesser, 33 cm lang. Die einzelnen cylindrischen Glieder desselben sind oben 0,8 mm, am unteren Ende des Stieles aber 2,5 mm hoch; sie greifen mit zarten Zickzacknähten in einander. Das Wachstum der Stielglieder erfolgte, wie man es auch bei anderen Crinoiden zu beobachten gewohnt ist, insofern nicht regelmässig, als am oberen Ende des Stieles höhere und niedere Glieder mit einander abwechseln; erst am unteren Stielende wurden die Glieder gleichmässig dick. Ich fasse die Speciesdiagnose folgendermassen zusammen:

**Millericrinus nobilis** Walther. sp.

Kelch regulär, fast kugelig, an der Basis sich rasch in den Stiel verjüngend, auf der oralen Fläche eingeschnürt. Tafeln sehr fest verschmolzen. Centrodorsale einheitlich (?). 5 Basalia bedecken die Seiten und die orale Fläche, greifen dort mit den Radialia I unter  $175^{\circ}$  in einander. Radiale I, II, III Gelenkfläche des Radiale III mit zwei Seitenzähnen und einem medianen Knopf. Arme  $5 \times 2$ . Glieder kurz, Syzygialnäthe vorhanden, Pinnulae alternirend. Stiel lang, rund. Wurzel unbekannt. Fundort Kelheim. Ob. Jura  $\zeta$ , weicher Kalkschiefer.

Die Aehnlichkeit der Arme des eben beschriebenen *M. nobilis* mit dem von Quenstedt<sup>2)</sup> S. 170 beschriebenen Arm *Comatula longimana* ist so gross, dass ich diesen letzteren für einen Arm von *Millericrinus* erklären möchte, umso mehr, als Quenstedt dort sagt: „Da an den vielen Stücken, welche mir zu Gebote standen, sich nie die geringste Andeutung von Nebenarmen, sondern immer nur Pinnulae von gleichmässiger Grösse finden, so ist an Pentacrinitenarme nicht zu denken, es müssen Comateln oder Apicriniten (cf. *mespiliformis*) gewesen sein.“ Da nun die Kelche von *Millericrinus mespiliformis* in denselben Schichten ziemlich häufig sind, so liegt es nahe, an eine Beziehung beider zu denken. Die mir zu Gebote stehenden Stücke von *C. longimana* der Wetzler'schen Sammlung im Münchener Museum zeigen nur insofern eine Abweichung von Quenstedt's Figur und Beschreibung, als ihre seitlichen Endflächen wie bei *M. nobilis* schräg abgestutzt sind, während Quenstedt pag. 169 sagt: „seitlich schneiden sie gerade ab.“ Die mir vorliegenden Stücke gehören nicht zu *M. nobilis*, dagegen glaube ich sie hier unter dem Namen

**Millericrinus cf. mespiliformis**

beschreiben und Taf. XXIV, Fig. 3 abbilden zu dürfen. Der abgebildete Arm ist 13 cm lang, die einzelnen Glieder sind 1—1,4 mm hoch. An mehreren Gliedern sind Syzygialstücke eingeschaltet, welche 0,8 mm hoch sind. Die Ambulacralrinne konnte nicht blosgelegt werden. Die Pinnulae alterniren. Sie inseriren sich wie bei *M. nobilis* auf einer schräg abgestutzten Fläche des Gliedes. Die Pinnulae mögen 15 cm lang gewesen sein und bauen sich auf aus 1—1,5 mm hohen Gliedern, welche einen dreiseitigen Querschnitt zu haben scheinen. Neben dem grossen Armstück liegt ein zweites Armfragment (Fig. 3a), von dem ich vermute, dass es das Endstück desselben Armes sei. Die Glieder desselben sind 3 mm breit, 1 mm hoch von halbkreisförmigem Querschnitt und zeigen einen Besatz von kleinen Pinnulae, welche aus 0,5 mm breiten kubischen Gliedern aufgebaut sind. Ich muss noch erwähnen, dass auf derselben Platte drei

Exemplare von *Ophiurites crinites* liegen, welche nach Quenstedt l. c. S. 170 als charakteristischer Begleiter seiner *Comatula longimana* vorkommt.

### **Pentacrinus Sigmaringensis** Quenstedt.

Zu den unter diesem Namen bekannten Stielen scheint eine Krone zu gehören, welche mit einem solchen Stiel zusammen auf ein und derselben Platte liegt. Es sind in München zwei Kronenstücke aus der Wetzler'schen Sammlung von Sotzenhausen Malm  $\zeta$ , auf zwei Platten vertheilt. Die Zusammengehörigkeit ist nicht mit voller Sicherheit zu beweisen, aber aus der übereinstimmenden Lage sehr wahrscheinlich. Ich habe daher beide Stücke nebeneinander auf Taf. XXIV, Fig. 1 abgebildet. Der Kelch fehlt, ebenso die ersten Gabelstücke der Arme. Das vorliegende Exemplar beginnt an den 10 ersten Gabelarmen I. Dieselben bestehen aus 8 Gliedern von je 1 mm Höhe, welche alternirend je eine gegliederte Pinnula von 1,2 mm Dicke tragen. Das nun folgende Achselstück ist schräg abgestutzt zur Insertion der 20 Gabelarme II, welche 20 Glieder mit ebenso viel alternirenden Pinnulae besitzen. Die Arme gabeln sich wieder. Im Verlaufe dieser Arme III glaube ich einige Syzygialverbindungen unter den Gliedern mit Sicherheit nachweisen zu können. Drei dieser Arme gabeln sich nochmals in Arme IV. Ordnung, während 5 andere, unzweifelhaft ungegabelt einzeilig weiter verlaufen. Auch an ihnen sind mehrere Syzygialnäthe zu beobachten. Der Pinnulabesatz der Arme ist vortrefflich erhalten. Dort, wo man eine Pinnula in ihrem ganzen Verlauf verfolgen kann, besteht sie aus 10—12 sich verjüngenden Gliedern von über 15 mm Gesamtlänge. Im Anschluss an die von Quenstedt, l. c. S. 260 gegebene Beschreibung der Säule ist über die mir vorliegenden Stielstücke nur wenig hinzuzufügen. Der Stiel ist glatt, fünfkantig, die Glieder sind 1,8 mm hoch und überall von gleichmässigem Durchmesser. Das auf Taf. XXIV, Fig. 4 abgebildete Stück ist 15gliedrig; d. h. es schalten sich zwischen je zwei mit Cirrhen besetzte Glieder 14 glatte ein. Die Cirrhen inseriren sich auf einer kreisförmigen flachconcaven Narbe, sind aufgebaut aus fünfkantigen Gliedern von 1,3 mm Dicke und 1,6 mm Breite und verjüngen sich langsam. Die ganze Länge derselben ist nicht mit Sicherheit zu messen, da sie nach 42 mm abgebrochen sind. Ein anderes Säulenstück (welches mit der Krone auf derselben Platte liegt) scheint dem oberen Stieltheile anzugehören. Der zwischen den Cirrhenwirteln interponirten Glieder sind hier nur 11; sie sind schmaler und niedriger als die oben beschriebenen und ihre Cirrhen sind aus kleineren Stücken aufgebaut. Links von dem gefiederten Kronenstück liegt ein Armfragment von *Millericrinus cf. mespiliformis*, welches scheinbar ein pinnulabesetztes Armende trägt. Doch stellte sich bei näherer Untersuchung heraus, dass beide nur zufällig übereinander liegen.

Ebenfalls zu *Pentacrinus* gehört eine Krone, welche ich auf Taf. XXIV, Fig. 5 abbildete. In seiner Petrefactenkunde weist Quenstedt, S. 234 auf die grosse Formenzahl hin, welche man mit dem Namen *Pent. pentagonalis* umfasse. Da der allgemeine Habitus der vorliegenden Krone in die *Pentagonalis*-Gruppe gehört, die Zusammengehörigkeit der Krone mit dem dabeiliegenden Stiel nicht sicher zu beweisen ist, so muss ich vorläufig auf eine genauere Speciesdiagnose verzichten und ziehe vor, das Stück als

### **Pentacrinus cf. pentagonalis** Goldfuss

zu beschreiben. Wie schon erwähnt, liegen mit der Krone zusammen einige Säulenstücke in der Münchener Sammlung, allein die Krone ist verkieselt, die Säule dagegen nicht. Wie und warum beide Stücke zu-

sammengestellt worden sind, kann nicht bestimmt werden, wenn auch die Zusammengehörigkeit beider auffallend ist und gerechtfertigt erscheint. Die Stielglieder stimmen ziemlich überein mit den von Quenstedt, l. c. Taf. 99, Fig. 18 aus dem Muggendorfer Malm  $\epsilon$  abgebildeten; das mag den obigen Namen rechtfertigen. Das Stück stammt von Kelheim-Winzer. Das Centrodorsale ist nur in Resten erhalten, 6 mm im Durchmesser. Auf ihm sitzen die 5 Basalia von pentagonalem Umriss, 4 mm breit, 3 mm hoch. Mit denselben alterniren unter Winkeln von  $135^{\circ}$  die Radialia I. Diese, sowie die darüber folgende Radialia II und III schliessen seitlich fest zusammen und bilden einen wohlgefügteten Kelch. Die Radialia III als Achselstück sind seitlich 2 mm, mitten 4 mm hoch und dabei 8 mm breit. Es inseriren sich auf ihnen 10 Arme, die sich in verschiedener Höhe gabeln.

Von links ausgehend sind Arm I und II gleichmässig gebaut. Das erste Armglied ist mit dem zweiten ziemlich fest verschmolzen, 3, 4, 5 sind frei beweglich, 6 ist mit (dem Axillare<sup>2</sup>) 7 verschmolzen, der Arm ist hier 5 mm breit.

Arm III hat 8 Glieder. Die beiden letzten sind verschmolzen. Das achte Glied ist Axillare<sup>2</sup>, der linke Gabelast gabelt sich im fünften Glied ein zweites Mal, der rechte verläuft ungetheilt.

Arm IV hat 10 Glieder, dann gabelt er sich, die Gabeläste theilen sich nicht mehr.

Arm V gabelt sich im fünften Glied, der rechte Gabelast theilt sich sofort ein zweites Mal.

Arm VI und VII sind undeutlich, die übrigen gar nicht erhalten.

Das Vorhandensein von Pinnulae ist nicht sicher zu beweisen, aber an mehreren Stellen der Armglieder angedeutet. Der mit der Krone Taf. XXIV, Fig. 5 zusammen abgebildete Stiel besteht aus 2 mm hohen Gliedern von 4 mm Durchmesser. Sie greifen mit schwach gekerbtem Rande in einander. Die Kanten sind stark abgerundet, der Querschnitt, Fig. 5a, daher fast rund. Die Narben der Sehnen auf den Gelenkflächen sind wie bei dem oben citirten Stielglied von *P. pentagonalis* aus dem  $\epsilon$  von Muggendorf Ueber den Erhaltungsstand der Krone möge noch hinzugefügt werden, dass nur die Wand der Kelch- und Armglieder verkieselt ist, das Innere aber von einem kieseligen Kalk ausgefüllt erscheint.

Bei den bisher behandelten gestielten Crinoiden konnten wir nur eine Nachlese halten und im Anschluss an wohlbekanntere Formen einige neue, besser erhaltene Exemplare beschreiben und abbilden. Anders bei den ungestielten Palmatozoen, zu denen wir uns nun wenden. Von diesen lag mir ein Material zur Untersuchung vor, wie es bisher noch nicht bekannt war, und selbst die bekannt gewordenen Stücke haben nach sorgfältiger Präparation eine überraschende Summe neuer Thatsachen ergeben. Eine vergleichende Untersuchung und Bearbeitung der Formen liegt noch nicht vor, in der Literatur sind sie nur theilweise bekannt. Ehe ich mich jedoch zur näheren Beschreibung der Fossilien wende, scheint es mir gut, einige Thatsachen aus der Entwicklungsgeschichte des *Antedon rosaceus* hervorzuheben. Als ich im April 1885 wieder nach Neapel kam, fand ich durch die lebenswürdige Freundlichkeit des Herrn Cav. Salvatore Lobianco, Conservators der zoologischen Station, eine ganze *Antedon*-Brut in meinen Bassins vor. Dem eben Genannten sei dafür auch an dieser Stelle der herzlichste Dank für seine Mühewaltung ausgesprochen. Indem ich dann selbst trüchtige *Antedon* weiter einsetzte, hatte ich zu gleicher Zeit die verschiedensten Stadien der *Pentacrinus*-Larven vorrätzig und konnte in der Zeit, die mir von meinen sonstigen Aufgaben

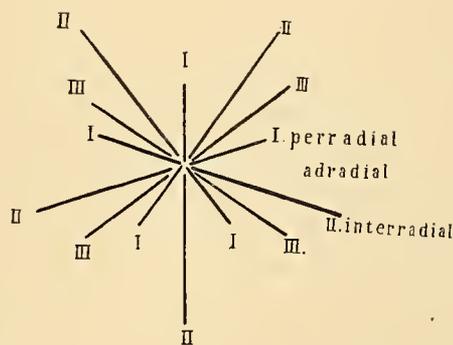
freiblieb, die Entwicklung dieser interessanten Larven noch einmal genauer studiren und auf Detailfragen merken, welche bisher etwas nebensächlich geachtet worden sind, die aber im Zusammenhang mit palaeontologischen Thatsachen eine gewisse Bedeutung erhalten. Bei meinem Weggang von Neapel conservirte ich mir das übrige Material. Mit der an der zoologischen Station jetzt viel verwendeten Chloral-Methode wurden die kleinen Larven in situ betäubt, dann in Alkohol conservirt und gehärtet, so dass ich dann im Herbst die entkalkten und gefärbten Thierchen in Paraffin einbetten und mit dem Mikrotom in 0,01 mm Schnittserien horizontal, vertikal und schräg zerlegen konnte. Nach den schönen Untersuchungen von W. Thomson<sup>3)</sup>, Ludwig<sup>4)</sup> und Götte<sup>5)</sup> ward mir die Arbeit leicht, denn die Hauptstadien der Entwicklung waren festgestellt und ich konnte mich allen den Fragen zuwenden, die mich als Palaeontologen näher interessirten. Und so sei es mir erlaubt, in Folgendem auch auf Bekanntes zurückzukommen, denn die Bedeutung der Thatsachen liegt nicht in ihnen selbst, sondern in den Gesichtspunkten, unter welchen man sie betrachtet und beurtheilt.

Als Ausgangspunkt meiner Darstellung wähle ich das Stadium in der Entwicklung des *Antedon rosaceus*, welches W. Thomson<sup>3)</sup> auf Taf. XXVI, Fig. 1 abbildet und welches ich nochmals auf Taf. XXVI, Fig. 3 zur Darstellung gebracht habe. Die Larve ist etwa vier Wochen alt und sitzt auf einem 2—3 mm hohen Stiel. Bekanntlich bleiben die befruchteten Eier noch einige Zeit in den Pinnulis des Mutterthieres. Dort erleiden sie die ersten Furchungsprocesse. Die wimpernde Larve schlüpft dann aus, schwärmt einige Zeit im Wasser umher und setzt sich endlich mit ihrem aboralen Pole fest. Ich fand die ersten Larven an den Glaswänden meiner Bassins sitzend. Da ich sie aber beim Loslösen immer etwas verletzen musste, so gab ich der späteren Brut Gelegenheit, sich an andere Fremdkörper festzusetzen. An Korkstücken hing ich die Chitingerüste von Gorgonidenästen in das Bassin. Bald waren dieselben mit ganzen Colonien von Embryonen bedeckt, welche täglich aus dem Wasser genommen und lebend untersucht werden konnten. Auf diese Weise war es mir möglich, an denselben Individuen die fortschreitende Entwicklung zu studiren und dieselben in jedem gewünschten Stadium abzutöden.

Die Larven sind überaus empfindlich gegen Reize. Bei der geringsten Erschütterung des Objectträgers schlagen sie ihre Embryonal-Pinnulae über der Munddecke zusammen und entfalten sie erst nach einiger Zeit zögernd und langsam. Gegenüber der grossen Empfindlichkeit und Beweglichkeit der Pinnulae habe ich niemals Bewegungen des Stieles beobachten können. Ich muss das ausdrücklich erwähnen, weil eine Angabe des älteren Thomson<sup>6)</sup>, dass die Larve ihren Stiel spiralig rollen könne, von Joh. Müller<sup>7)</sup> aufgenommen worden ist. Ich habe das nie beobachten können und auch meine conservirten Embryonen, deren Mund und Pinnulae die verschiedensten Contractionszustände erkennen lassen, zeigen niemals eine spirale Stellung, ja auch nur eine stärkere Krümmung des Stieles. Die Larven leben hauptsächlich von Infusorien. Fast regelmässig sind sie vergesellschaftet mit Colonien von Vorticellen, welche oft den ganzen Stiel der Larve überwachsen. Sobald sich eine Theilzelle von den Infusorien löst und in spiraligen Bahnen einen Ausflug unternimmt, kommt sie in Gefahr, von den zusammenschlagenden Pinnulis der Pentacriniten gefangen und dem Munde zugeführt zu werden. Die Embryonal-Pinnulae sind mit zarten seitlichen Aesten besetzt, welche hohl sind wie die Hauptstämme. Feine (Muskel-) Fibrillen verlaufen in der Wand und durchbrechen die Sarkode um mit einem Knöpfchen frei zu enden. Die Fibrillen der Aestchen entspringen aus einem basalen Polster, ob sie aber sich direct abzweigen von den Fibrillen in der Wand der Pinnulae, habe ich trotz Oelimmersion nicht mit voller Sicherheit beobachten können.

An den Embryonen des vorliegenden Stadium fallen zwei seltsame Charaktere auf. Erstens: Der Mangel der Arme; zweitens: der Mangel des Radiale, also derjenigen Organe, welche im Kelch des erwachsenen *Antedon* und der meisten lebenden und fossilen Crinoiden die morphologisch höchste Rolle spielen.

Um eine streng wissenschaftliche Grundlage für die Beurteilung der folgenden Entwicklungsprozesse zu gewinnen, werde ich nach dem von E. Haeckel<sup>8)</sup> für den Organismus der Medusen angewandten Axenschema die verschiedenen Stadien orientiren. Nicht als ob ich dadurch jenen durch Leuckart definitiv überwundenen Standpunkt von der nahen Verwandtschaft der beiden „Radiaten“-gruppen auch nur für denkbar erklären möchte, sondern weil eine folgerichtige Beurteilung zweier Organe von der richtigen Orientirung allein abhängig ist. Ebenso wie man zwei Krystalle nur dann vergleichen kann, wenn man beide parallel orientirt und ihre Axen in der genau correspondirenden Weise aufstellt, so kann man zwei Typen aus einer Thiergruppe nur dann richtig vergleichen, wenn sie nebeneinander in derselben Orientirung aufgestellt wurden. Nun hat sich Haeckel's Schema von den Axen I., II. und III. Ordnung bei der Beurteilung des Medusenorganismus als ebenso einfach wie bequem bewiesen, dass ich auch die Skelettelemente des Crinoidenkelches formal nach demselben Princip hier betrachten werde. Die Basis meines Schema's bildet die Entwicklungsgeschichte und ich nenne diejenigen Radialen perradial, bezeichne diejenigen Axen als Axen I. Ordnung, auf welchen sich die ersten Skelettelemente des Antedonkelches entwickeln. Zwischen den 5 Axen I liegen die 5 Axen II und die daselbst entstehenden oder gelagerten Organe heissen interrarial. Zwischen den Axen I und II liegen die 10 Axen III und die adradialen Organe. Verlängert man eine perradiale Axe über den Mittelpunkt hinaus, so fällt sie mit einer interrarialen Axe zusammen und umgekehrt; nur die adradialen Axen kann man auch als Durchmesser des Schemakreises betrachten. Es liegt hierin ein wesentlicher Unterschied gegenüber dem Axenschema der Coelenteraten, bei denen der Radius jeder Axe zugleich als Durchmesser betrachtet werden darf. Beistehendes Schema mag das Gesagte besser erläutern und die Grundlage bilden für die nun folgenden Schilderungen aus der Ontogenies des *Antedon rosaceus*.



Nachdem der Embryo sich festgesetzt hat, erkennt man innerhalb desselben den Unterschied von Krone und Stiel schon sehr deutlich. Die Krone besteht aus zwei Kreisen von durchbrochenen Kalkplatten, der Stiel aus einer Reihe zarter Kalkringe. Alle Skelettelemente entstehen als vielfach durch-

brochene löcherige Platten; sie vergrössern sich, indem an ihrer Peripherie spitze Zacken hervorwachsen und endlich seitlich verschmelzen. Bei mit alkalischem Carmin gefärbten, gut ausgezogenen Exemplaren bemerkt man in den meisten Löchern der Skelettplatten je einen Zellkern, der nur selten darin fehlt. Entkalkt man Embryonen sorgfältig in 0,5 % Salzsäure, so zeigen sich dann auf dem Querschnitt an den Stellen, wo die Kalkplatten in der Leibeswand sassen, keinerlei entsprechende Lücken (vergl. auch den Holzschnitt S. 187), sondern ein lockeres Bindegewebe mit verstreuten Kernen durchzieht ziemlich gleichmässig die ganze Leibeswand. Die Löcher in den Skelettplatten werden dadurch verständlich, denn diese letzte Beobachtung lehrt, dass sich die Kalkplatten zwischen den Maschen eines zelligen Gewebes anlegen und dass die Löcher den Zusammenhang des Protoplasma gestatten. Die Kalkgerüste der *Antedon*-Larve sind eine Secretion zwischen den Maschen eines lockeren Bindegewebes in der Leibeswand.

Das Wachsthum der Stielglieder zeigt gewisse Sonderheiten. Sowohl bei ihrer ersten Anlage, als später bei der Entstehung neuer Stielglieder unter dem Centrodorsale bildet sich zuerst ein zarter, viel durchlöcherter Ring. Derselbe ist nach oben und unten in einen kurzen Cylinder ausgezogen. Die Vergrösserung des Gliedes erfolgt so, dass sich diese cylindrischen Ansätze allmählig erhöhen und zugleich etwas erweitern. Zuerst wächst die untere (dorsale) Seite rascher, dann erst ergänzt sich auch die obere Ventralseite des Gliedes. S. Taf XXVI, Fig. 3. Zwischen je zwei Gliedern erkennt man an gefärbten Längsschnitten eine Platte gehäufter Zellkerne, welche eine ähnliche Rolle spielen mag, wie die Osteoblastenschicht zwischen Epiphyse und Diaphyse. Das Gesamtwachsthum des Crinoidenstieles hätte dann einige Aehnlichkeit mit dem der Wirbelsäule.

Die Formenähnlichkeit der embryonalen, von einem ringförmigen Wulst umgebenen Stielglieder des *Antedon* mit gewissen fossilen Stielgliedern (*Eugeniocrinus*, *Millerocrinus*) ist eine auffallend grosse. Durch ihren runden Querschnitt gleichen sie den meisten fossilen Stielen, denn wenn auch die fünfkantigen Stiele schon bei silurischen Crinoiden vereinzelt auftreten, so glaube ich doch den fünfkantigen Typus als einen später erworbenen betrachten zu dürfen, da durch Quenstedt für verschiedene Crinoiden nachgewiesen wurde, dass die unteren (zuerst entstandenen) Glieder fast immer rund sind, selbst wenn die später entstehenden Glieder 5 scharfe Kanten zeigen. Es prägt sich auch hierin ein phylogenetischer Vorgang palingenetisch aus.

Doch wir wenden uns nun zum Kelche. Indem sich die Larve in Stiel und Kelch differenzirt, erhält der letztere zwei Kreise von Skelettplatten, die Basalia und Oralia. Dieselben alterniren nicht, sondern stehen in denselben Axen und fixiren die Radien I. Ordnung als perradial. Aber kurz nachdem sich der Embryo festgesetzt hat, sprossen auf der Peripherie der Mundscheibe zwischen den Oralia 5 hohle Zapfen hervor, die sich zu den primären Embryonal-Pinnulae entwickeln. Ich bezeichne dieselben als Embryonal-Pinnulae, da sie noch keine Kalkgerüste haben und da man als Pinnulae jene Armäste der ausgewachsenen Crinoiden bezeichnet, welche durch gegliederte Kalkstücke gestützt sind und die Geschlechtsdrüsen enthalten. Beides trifft für die besprochenen Tentakel natürlich nicht zu, und wenn auch verschiedene Autoren die Embryonal-Pinnulae direct als Pinnulae bezeichnen, so dürfte doch eine Unterscheidung dieser beiden Organe besser erscheinen. Bisher ist es noch nicht gelungen, den Process näher zu verfolgen, durch welchen die Embryonal-Pinnulae in die definitiven Pinnulae umgewandelt werden, allein es ist mehr als wahrscheinlich, dass jene die Jugendstadien dieser letzteren darstellen, man müsste sonst ebenso den

Embryonalstiel und die Embryonalarme für andere Organe halten, da auch sie noch nicht ihre definitive Ausbildung erlangt haben. Obgleich also noch nicht mit absoluter Sicherheit feststeht, dass die Embryonal-Pinnulae den definitiven Pinnulis homolog sind, so halte ich mich doch berechtigt, von dieser Annahme auszugehen, umso mehr, als wir später palaeontologische Beweise hierfür zu bringen im Stande sind. Mit den sogenannten „Tentakeln“ des ausgewachsenen Armes haben sie keine grosse Aehnlichkeit, nicht in ihrer Form, am wenigsten in ihrer Anordnung; denn jene Tentakel sind Wucherungen des Randes der Ambulacralrinne, eine solche fehlt den Embryonalarmen aber vollständig. Das betreffende Stadium zeigt also:

5 perradiale Basalia.

5 perradiale Oralia.

5 interradiane primäre Embryonal-Pinnulae.

Die interradiane Stellung der primären Embryonal-Pinnulae also auf den Radialen II. Ordnung hebe ich nachdrücklich hervor.

Von den Radialia oder den Armen ist noch keine Spur vorhanden. Ich nenne das eben diagnosticirte Stadium der Kelchentwicklung archicyclisch.

An der Basis jeder primären Pinnula bemerkt man nur einen gelblichen Körper (glandular masses W. Thomson's). Seine Function ist nach der mir zugänglichen Literatur noch unbekannt, doch vermute ich auf Grund folgender Beobachtungen: starke Lichtbrechung, starke Farbstoffaufnahme, Mangel einer zelligen Structur, Aufbau aus polygonalen oder rundlichen Plättchen, Lage an den Punkten stärkeren Wachstums und eine gewisse fremdartige Einlagerung im Gewebe — dass es Reservematerial (Nahrungsdotter) ist; während ich eine secretorische Function wegen der umgebenden undurchbrochenen Kapsel für ausgeschlossen halte.

Beiderseits der primären interradianen Pinnula sprossen dann adradial zwei secundäre Pinnulae hervor. Das folgende Stadium besitzt also 15 Embryonal-Pinnulae, aber noch keine Arme oder armtragende Radialia. Das frühe Auftreten der Pinnulae, das späte Erscheinen der Arme ist eine bedeutsame Thatsache, auf die wir später eingehend zurückkommen werden. Denn erst jetzt, nachdem 2 Serien von Pinnulae entstanden sind, legen sich die Radialia an und beginnen die Arme emporzuwachsen.

Die Radialia entstehen in den Axen II. Ordnung, also interradianal. An der Stelle, wo zwei Basalia und zwei Oralia mit ihren Spitzen zusammenstossen, entwickelt sich ein kleines rhombisches Plättchen, welches allmählig an Grösse zunimmt und bestimmt ist, die wichtigste morphologische Rolle im Kelche des erwachsenen *Antedon* zu spielen. Wie wir oben schilderten, waren die morphologischen Hauptaxen des armlosen, Pinnula tragenden, archicyclischen Stadium perradial, sie lagen in, oder besser sie fixirten die Axen erster Ordnung. Jetzt entstehen die später wichtigsten Skelettheile in den Radialen zweiter Ordnung und die morphologischen Hauptaxen des Kelches werden interradianal. Die morphologischen Hauptaxen verlagern sich also um 36°. S. Taf. XXVI, Fig. 9. Zu gleicher Zeit findet aber

---

Es liegt ein gewisser Widerspruch darin, wenn ich hier von interradianalen Radialia spreche. Allein dieser Widerspruch ist nicht zu vermeiden, da ich eine feststehende eingebürgerte Terminologie, welche ohne Rücksicht auf die Entwicklungsgeschichte aufgestellt wurde, mit einem terminologischen Schema in Beziehung bringe, welches sich in der Wissenschaft eingebürgert und als bequem erwiesen hat. Eine consequente Terminologie der Crinoidenbasis ist mit grossen Schwierigkeiten verknüpft und vielleicht unpraktisch — wir werden später darauf zu sprechen kommen.

eine weitere tiefgreifende Veränderung in der Morphologie des Antedon-Kelches statt, denn der unterste Tafelkreis der Basalia, welche in dem archicyclischen Stadium die dominirende Rolle als Stützelemente des Kelches spielten, büßen diese Function ein, bleiben in ihrem Wachstum zurück. Sie werden ersetzt durch einen Tafelkreis, welcher in einem höheren Horizont liegt. Die morphologische Hauptebene des Kelches verschiebt sich also gleichzeitig vertikal in die Höhe und bei dem ferneren Wachstum des Antedon-Kelches bis zum Typus der monocyclischen Basis verschwinden die Platten des unteren Tafelkreises immer mehr, während sich die Tafeln eines höheren Tafelkreises, die Radialia, zur morphologischen Hauptebene des Kelches vergrössern.

Ich formulire diese beiden Entwicklungsprocesse, die uns später noch einmal beschäftigen werden, in zwei Wachstumsgesetze folgendermassen:

1. Das Gesetz von der Drehung der Axen:

In der Entwicklung des *Antedon rosaceus* drehen sich die morphologischen Hauptaxen horizontal um  $36^{\circ}$ .

2. Das Gesetz von der Verschiebung der Hauptebene:

In der Entwicklung des *Antedon rosaceus* verschiebt sich die morphologische Hauptebene von einem tieferen in einen höheren Horizont.

Zugleich mit den Radialia entstehen die Arme. Auf Querschnitten erkennt man, dass sie blosse Wucherungen der Munddecke sind. In Rücksicht auf die Embryonal-Pinnulae müssen wir sagen: Die Arme entstehen unter den Pinnulae, nicht die Pinnulae auf den Armen. Wenn die 15 ersten Embryonal-Pinnulae vollständig ausgebildet sind und als Greiforgane functioniren, und während 10 weitere Pinnulae auf der Munddecke hervorsprossen, entsteht unter jeder der fünf Pinnulaegruppen eine blindsackartige Wucherung der Munddecke, durch welche die drei daselbst stehenden Pinnulae emporgehoben werden. Kaum hat sich der interradiale Armzapfen etwas über die Mundscheibe erhoben, so beginnt er sich wie Taf. XXVI, Fig. 3a 3b zeigen zu gabeln. Die dadurch entstehenden 10 Gabelarme gelangen so in die Axen III, d. h. sie werden adradial. Folgerichtig nehmen sie die secundären adradialen Embryonal-Pinnulae auf ihre Aussenseite, während die interradiale primäre Embryonal-Pinnula in der Achsel der Gabel stehen bleibt. Ich hebe sie hervor als die primäre mediane Pinnula, welche uns noch einigemal beschäftigen wird.

Das eben geschilderte Stadium, welches ich auf Taf. XXVI, Fig. 9 abbildete, charakterisirt sich also folgendermassen:

- 5 perradiale Basalia.
  - 5 interradiale Radialia.
  - 5 interradiale Arme, deren
  - 10 Gabeläste adradial stehen.
  - 5 interradiale primäre
  - 10 adradiale secundäre
  - 10 weiter entstandene tertiäre
  - 5 obliterirende perradiale Oralialia.
- } Embryonal-Pinnulae.

Die Oralialia nämlich werden durch das starke Wachstum der Radialia und das Hervortreten der Arme auf die Mundscheibe gedrängt und verschwinden bekanntlich später bei fast allen Crinoiden.

Von Werth für den weiteren Gang dieser Untersuchung ist schliesslich die Lage und Bildung des Darmes. Von dem centralen Mund, der bei den mit Chloral und Alkohol conservirten Larven bald weit dilatirt, bald eng contrahirt ist, verläuft der Darm in einer links gerichteten Windung zum After und beschreibt in der Leibeshöhle etwa einen vollen Kreisbogen. Wie der Holzschnitt auf S. 187 zeigt, befestigen ihn feine bindegewebige Mesenterialfäden am Peritoneum, welche besonders häufig an der Stelle sind, wo später das dorsale Organ gelegen ist. Hier verläuft ein Bündel kernhaltiger Fasern aus dem Axentheile der oberen Stielglieder an die innere Seite der Darmwindung, um sich dort zu inseriren. Diese Insertion ist nicht gerade, sondern es inserirt sich das Dorsalaxial-Mesenterium der Larve in schrägem Verlauf (etwa unter  $20^{\circ}$ ) an der Innenseite der Darmspirale. Ich habe beim Studium der Längsschnitte durch verschieden alte Stadien den Eindruck gewonnen, dass diese schräge Insertion des Axenstranges eine Folge der drehenden Bewegung des wachsenden Darmrohres ist, dass aber auch die Erweiterung des einen Darmabschnittes zum Magen einen beeinflussenden Werth besitze. Die Richtung der Darmspirale bei ventraler Ansicht nach links (wie der Zeiger der Uhr) ist durch Ludwig<sup>4)</sup> als ein Charakter aller Echinodermen, mit Ausnahme der Holothurien, festgestellt worden. Bei der nicht unbedeutenden Verschiedenheit, welche die Stachelhäuter sonst in ihrem Bau zeigen, erscheint dieses gemeinsame Merkmal als ein nicht zufälliges, sondern als ein in dem Gesamtbau des Thieres begründeter Charakter.

---

Indem wir uns nun zur Behandlung der ungestielten Crinoiden des süddeutschen obersten Jura wenden, muss ich vorausschicken, dass die von mir untersuchten Formen unter die beiden Gattungen *Solanocrinus* (Goldf.) und *Antedon* (Link) fallen; ich muss vorausschicken, dass ich *Solanocrinus* für eine volle Gattung halte, welche trotz grosser Formenfüssigkeit typische gemeinsame Merkmale erkennen lässt. Das gesammte Material stammt aus den obersten Schichten der Jura Malm  $\epsilon$  und  $\zeta$ ; einerseits aus den Diceraskalken von Kelheim, andererseits aus den lithographischen Schieferen von Solenhofen. Durch Gumbel's<sup>9)</sup> Arbeiten sind diese beiden Sedimente als heteropische Facies derselben Periode erkannt worden. Es ist von Interesse zu sehen, wie die kräftigeren, stämmigen Formen des *Solanocrinus* auf die harten detritogenen, spongiogenen und koralligen Sedimente der Diceraskalke, die zarteren Formen des *Solanocrinus* aber und die Gruppe des *Antedon* auf die feinkörnigen Plattenkalke beschränkt sind. Ob aber dieser Unterschied in den Lebensverhältnissen oder in den Vorgängen bei dem Versteinerungsprocess begründet sind, das ist eine Frage, die ich hier noch nicht zu entscheiden in der Lage bin.

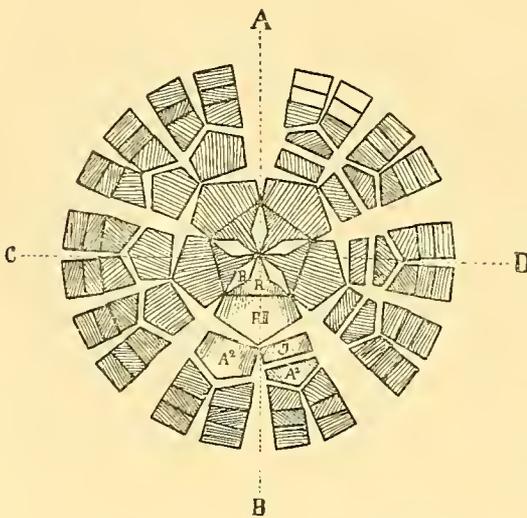
---

Das auf Taf. XXV, Fig. 3 abgebildete Exemplar wurde schon einmal von Zittel<sup>10)</sup>, S. 396 abgebildet und kurz beschrieben. Durch eine sorgfältige und langwierige Präparation gelang es mir, die im Gestein vergrabenen Arme fast vollständig freizulegen und den Pinnulabesatz an mehreren derselben aufzudecken, so dass eine abermalige Abbildung und Beschreibung wünschenswerth erschien. Das Fossil stammt aus Oberau bei Kelheim aus der Oberndorfer'schen Sammlung. Es liegt in einem grobkörnigen detritogenen Kalk, der zum grösseren Theil aus Echinodermenfragmenten besteht, welche krystallinisch geworden sind. Auch die einzelnen Glieder des Fossils sind unkrystallisirt und haben ihre Oberflächen-

sculptur verloren. Wahrscheinlich wurden sie später von den Tagwässern angeätzt und dadurch die Krystallstructure der einzelnen Glieder überaus klar aufgedeckt — sie wird uns weiter unten beschäftigen.

### *Solanocrinus imperialis* Walther.

Das Centrodorsale fehlt. (Dasselbe fehlt leider auch an allen anderen mir vorliegenden Stücken. So bin ich auch nicht im Stande, die hier beschriebenen Kronen und Armstücke auf schon bekannte Centrodorsalknöpfe zu beziehen, und muss selbstständige Arten aufstellen, deren Zusammengehörigkeit zu den von anderen Arten, besonders von Natthheim bekannten Knöpfen erst durch spätere glückliche Funde wird festgestellt werden können.) Die Basalia sind schmale, lanzettförmige Leisten, 4,5 mm lang und in der Mitte 1,5 mm breit, welche vom Centrum des Kelches ausstrahlen und sich wie ein fünfstrahliger Stern als Schaltstücke zwischen die Nähte der Radialia einlagern. Die fünf Radialia I sind fest mit einander verbunden, sie bilden den wesentlichen Stützapparat im Bau des Kelches, denn alle anderen Skeletttheile legen und inseriren sich an die fast einheitlich verschmolzene pentagonale Radialplatte — die morphologische Hauptebene des Kelches. Jedes einzelne Radiale I ist dreieckig von 5,5 mm Grundlinie, 5 mm Seitenlänge und 4 mm Höhe. Auf der Grundlinie inserirt sich das Radiale II, welches in einer gewissen lockeren Verbindung gewesen sein mag, da die Radialia II beim Verwesen des Thieres etwas verschoben worden sind. Die Radialia II sind pentagonale Stücke von 6 mm Grundlinie, 2 mm Seitenhöhe, 4 mm Mittelhöhe und 5 mm Gelenkfläche.



Bis hierher ist der Bau des Thieres vollständig regelmässig. Aber auf den 10 Gelenkflächen der Radialia II. (= Axillare<sup>1</sup> vergl. d. Anmerkung\*) stehen direct nur 5 Axillaria<sup>2</sup>, während sich zwischen die fünf anderen Gelenkverbindungen 5 trapezförmige Stücke einschalten, für welche ich hier den indifferenten Ausdruck Intercalare wähle. Wie beistehendes Schema zeigt, giebt es keine Linie, welche die vorliegende Krone in zwei gleiche oder symmetrische Hälften theilt; denn die Linie A B, welche die inneren Kronentheile symmetrisch halbirt, grenzt von den äusseren Kronentheilen eine linke reguläre Seite von einer rechten Hälfte ab, auf der 5 Intercalaria eingeschaltet sind, während die Linie C D, welche die äusseren Kronenstücke und Arme symmetrisch theilt, die innere Krone in zwei ungleiche Theile zerlegt.

Die Intercalaria sind trapezförmige Leisten von 2,5 mm Höhe und 4,5—5,5 mm Breite.

Die Axillaria<sup>2</sup> sind nicht von gleicher Grösse, denn diejenigen fünf, welche direct auf den Axillare<sup>1</sup> gelenken, sind grösser als die fünf anderen Axillaria<sup>2</sup>, welche auf einem Intercalare sitzen.

\* Diese Kelchplatte ist mit Rücksicht auf den Kelchbau Radiale II, mit Rücksicht auf die Armgabelung Axillare<sup>1</sup>. Ich habe durch römische bez. arabische Zahlen beide Bedeutungen im Folgenden unterschieden. Wenn sich ein Arm mehrmals gabelt, sollten die unter jedem Achselstück eingeschalteten Brachialia ebenfalls durch arabische Zahlen (Brachiale<sup>1</sup>, <sup>2</sup>, <sup>3</sup>) unterschieden werden, es würde die Uebersicht wesentlich erleichtern.

Die Axillaria<sup>2</sup> ohne Schaltstück sind 3,5 mm hoch und 6 mm breit. Die Axillaria<sup>2</sup> auf einem Schaltstück sind nur 3 mm hoch und 5,5 mm breit.

Auf die Axillaria<sup>2</sup> folgen die 20 Arme, welche in ihren Gliedern ein wechselndes Verhalten zeigen. Die untersten Armglieder sind ungefähr cylindrische Stücke von 4,5 mm Durchmesser. Das erste Armglied wird in Anpassung an die schräge Gelenkfläche der Axillare<sup>2</sup> von nicht parallelen Ebenen begrenzt; dass es auch sonst eine gewisse Ausnahmestellung, oder besser eine Mittelstellung zwischen Kelchglied und Armglied einnimmt, soll weiter unten besser begründet werden. Die drei folgenden Glieder sind cylindrisch, 2 mm hoch. Allein schon am 4. Glied macht sich eine Neigung zur Zickzackverbindung geltend. Im weiteren Verlauf der Arme werden dann die einzelnen Glieder immer keilförmiger, so dass vom 10. Glied ein wechselzeitiges Ineinandergreifen derselben vorhanden ist. Auch werden die Glieder 7,5 mm breit, dann aber wächst die Dicke des Armes noch etwas mehr, indem die schmale Seite der Keilglieder nicht mehr die Armoberfläche erreicht. An ihrer breiten Seite zeigen die Glieder eine knotige dorsale Verdickung, der ein ventraler Pinnulaeansatz entspricht. Syzygialnähte fehlen vollständig. Vom 26. Glied verjüngen sich die Arme und scheinen ziemlich spitz zu enden.

Von den 20 Armen sind nur 16 erhalten. Ich beginne in der Beschreibung mit dem rechtsgelegenen Arm 1, der eingerollt in seiner ganzen Länge entblösst werden konnte. Ein Theil der Mittelpartie (äusserste Windung) ist abgebrochen, doch unschwer zu ergänzen, so dass die Gesamtlänge auf 15 cm. (circa) bestimmt und auf dem Schema der Taf. XXVI Fig. 6 restaurirt dargestellt werden konnte.

Arm 2 war ebenfalls eingerollt, aber auch hier ist ein Theil der ersten Windung abgebrochen, die folgende aber ist wohl erhalten.

Arm 3, 4, 5 sind nach 2,5 cm abgebrochen, scheinen sich aber, wie man auf der Seite der Steinplatte erkennt, umzubiegen. 3 liegt annähernd parallel mit 1; 2, 3, 4 gehen senkrecht ins Gestein, vom 5. ab legen sich die Arme schräg nach der entgegengesetzten Richtung.

Arm 6 und 7 sind nicht eingerollt, aber nach 4,5 cm umgeschlagen.

Arm 8 ist nach 5,5 cm umgebogen und in trefflicher Weise mit alternirenden kurzgegliederten Pinnulae besetzt, welche sich an der breiten Seite der keilförmigen Glieder ventral inseriren und durch ihre Anordnung und Lage beweisen, dass sie ziemlich beweglich waren.

Arm 9 zeigt ebenfalls in ausgezeichneter Weise den Pinnulaebesatz. Eine Pinnula scheint (pathologisch?) kolbig verdickt zu sein.

Arm 10 und 11 liegen wieder ziemlich senkrecht in das Gestein hinein, doch konnten die beiden äusseren Pinnulareihen auch hier freigelegt werden.

Arm 12 ist wie 10 und 11 stark gekrümmt, während sich 13, 14, 15 etwas freier strecken; an 13 sind Pinnulae frei gelegt.

Arm 16 ist abgebrochen; ebenso 17 und 18 mitsammt ihrem Axillare<sup>2</sup>, während das Interealare in einem Fragment erhalten blieb.

Von Arm 19 ist ein Armglied, von 20 sind 4 Armglieder erhalten; und einige auf der Platte liegende isolirte Stückchen werden noch zu denselben gehören.

Ich fasse die Speciescharakteristik des eben beschriebenen Fossils folgendermassen zusammen:

**Solanocrinus imperialis** Walther. sp.

S. costatus Zittel.

Centrodorsale unbekannt, 5 Basalia, schmale lanzettförmige Leisten, 5 Radialia I eng verbunden zu einer gemeinsamen Radialplatte. 5 Radialia II (= Axillare<sup>1</sup>) mit 2 Gelenkflächen, auf denen 5 Axillare<sup>2</sup> direct, 5 Axillare<sup>2</sup> vermitteltst je eines Intercalare gelenken. 20 Arme, cylindrisch, in ihrer ganzen Länge frei beweglich. Armglieder proximal cylindrisch, distal keilförmig. Pinnulae alternirend, aus kurzen Gliedern bestehend. Syzygialverbindungen, fehlen. Fundort: Oberau bei Kehlheim, in detritogenem grobkörnigem Kalk des oberen Jura ζ.

Wie schon oben erwähnt wurde, sind die Glieder alle krystallisirt, später aber angeätzt worden und die krystallographische Orientirung ist in der vortrefflichsten Weise möglich. Durch Schraffirung der Glieder auf dem obenstehenden Holzschnitt wie auf dem Schema der Taf. XXVI Fig. 6 wurde die Richtung der Krystallaxen angedeutet.

Ich konnte nach sorgfältigem Studium folgende Thatsachen feststellen:

1. Jedes Glied entspricht einem Krystallindividuum, denn die Skalenoederflächen, welche innerhalb jeden Gliedes herausgeätzt sind, befinden sich durchgehends in paralleler Lage.

2. Die Richtung der krystallographischen Hauptaxen der morphologisch gleichwerthigen Glieder ist gleich, die der verschiedenwerthigen Glieder ist verschieden.

Man vergleiche die Schraffirungen des obenstehenden Holzschnittes. S. 168.

3. Die Axe der Kelchglieder ist radial gerichtet.

4. Die Axe der Armglieder steht tangential.

Durch Hessel's<sup>11)</sup> überaus genaue Untersuchungen ist festgestellt worden, dass bei den Stielgliedern der gestielten Crinoiden die Axe des Kalkspathkrystals mit der Axe des Stieles zusammenfalle. Wir schalten daher hier ein: Die Axe der Stielglieder bei gestielten Crinoiden steht vertikal.

Man könnte die eben aufgestellten Sätze, welche sich nur auf die Beobachtung eines einzigen Individuum beziehen, für isolirte, vielleicht zufällige erklären, aber eine andere Beobachtung giebt ihnen einen tieferen Werth, denn:

5. Bei Abweichungen von dem Grundschema in der morphologischen Ausbildung der Kelchglieder, verändert sich correspondirend die Lage der krystallographischen Axe des betreffenden Gliedes, denn an den Stellen, wo sich ein Intercalare zwischen Axillare<sup>1</sup> und Axillare<sup>2</sup> einschaltet, divergiren die beiden Axen der beiden Glieder. Die Abweichung ist aber keine regellose, sondern wenn man die abnormen Glieder in paralleler Stellung so orientirt, dass die Radien des Kreises parallel werden, so entspricht die Richtung der Krystallaxe des Axillare<sup>2</sup> an dem einem Arm der Richtung der Axe des Intercalare an dem folgenden Arme und umgekehrt.

Aber ein Thier ist kein Krystall, sondern ein innerhalb gewisser Grenzen biegsames Gebilde. Die Organe desselben entwickeln sich aus gemeinsamer Anlage oder aus einander. Und solche aus einander entstandene, verwandte Organe haben auch verwandte Eigenschaften. Auch dieser Satz prägt sich in den Krystallaxen an unserem *Solanocrinus* aus, denn:

6. Die zwei ersten Armglieder bilden in der Richtung ihrer Krystallaxen einen Uebergang von der radialen Stellung der Kelchglieder zu der tangentialen Stellung in den Armgliedern.

Ich darf aber schliesslich nicht unerwähnt lassen:

7. Das Schema der Axenrichtung erleidet in einzelnen Gliedern geringe Abweichungen, welche unter der Voraussetzung des Satzes 5 leicht verständlich werden.

Die hier aufgestellten Sätze eröffnen in Beziehung zu anderen Thatsachen, besonders zu der Wachstumsrichtung der Skelettheile interessante Perspektiven über die Promorphologie und Entstehungsgeschichte des Crinoidenkörpers. Allein es kommt mir in dieser vorliegenden Arbeit wesentlich auf die einfache Feststellung der Thatsachen an, und ich versage mir, auf eine spekulative Diskussion derselben hier einzugehen.

Drei andere Kronenstücke glaube ich gemeinsam behandeln zu dürfen unter dem Namen *Solanocrinus costatus*. Als solchen hat Quenstedt<sup>2)</sup> ein Armstück beschrieben und l. c. Taf. 96 Fig. 26 abgebildet. Die hier zu besprechenden Kronen sind so übereinstimmend mit jener Figur, dass ich glaube, beide als ident betrachten und den alten Namen auf meine Exemplare anwenden zu können. Zugleich werden sich bei der Beschreibung spezifische Unterschiede von dem oben beschriebenen *S. imperialis* ergeben, so dass ein besonderer Name für diesen gerechtfertigt erscheint. Quenstedt sagt über sein Exemplar l. c. S. 171: „Mein vollständigstes Stück lieferte Fig. 26; hier setzt sich auf den vorhandenen Knopf nicht bloß das erste Radial, sondern es sind ausser dem zweiten und dritten noch von einem Arm 6 Glieder vorhanden. Man sieht wie die eine Furche der Gabel des Doppelgelenkes sich unmittelbar zur Armfurche entwickelt und gleich das erste Armgelenk hat rechts an seiner Aussenseite die Narbe für den Ansatz einer Pinnula . . . . . Von Aussen schwellen die Glieder wechselweise rundlich an und von der Seite zeigten nur das erste und zweite Armglied eine breitere Fläche, die mit dem dritten plötzlich schmal wird und alsbald ganz verschwindet, zum Zeichen, dass mit dem vierten Glied die Arme schon ganz getrennt waren und sich mit ihren Innenrändern nicht mehr berührten. Das zweite und dritte Radial sind stets innig mit einander verwachsen.“ Dann weiter S. 175: „In der Münchener Sammlung liegt von Oberau bei Kelheim aus dem dortigen W. J. ε. ein Prachtexemplar mit 20 Händen (es ist das oben als *S. imperialis* beschriebene!) . . . . . nach meinem Material glaubte ich immer, *costatus* habe wie die gabelförmigen Comateln nur 10 Arme gehabt.“ Ich freue mich, diese letztere Vermuthung unseres berühmten Juraforschers bestätigen zu können, denn auch meine drei Exemplare von *S. costatus* haben nur 10 Arme.

Das erste, Tafel XXV Fig. 1 abgebildete Exemplar stammt von Kelheim-Winzer aus der Oberndorfer'schen Sammlung. Es liegt auf Kalkschiefer, ist aber mit Kieselsäure infiltrirt, welche besonders zwischen den Kalkgliedern ausgeblüht war. Das Stück beginnt mit dem aus Radiale II und Radiale III verschmolzenen Axillare, welches eine Verwachsungsnath wohl erkennen lässt. Die Unterseite zeigt eine merkwürdige Sculptur, welche aus Fig. 1a ersichtlich ist. Der rechte Arm ist abgefallen und nur in drei Gliedern erhalten, welche nebeneinander liegen, der linke Arm besteht aus 13 Gliedern, ist aber damit nicht vollständiger. Man sieht sehr deutlich, dass, wie bei dem Stück von Quenstedt die drei untersten Armglieder mit seitlichen Gelenkflächen eng verbunden sind und einen brachialen Pseudo-

kelch bildeten, dass sich also die Arme erst vom vierten Glied an bewegen konnten. Jedes Armglied zeigt ein Loch, in welchem sich wahrscheinlich die Sehnen inserirten. Alternirende seitliche Verdickungen der Arme deuten auf einen Pinnulabesatz, welcher noch wahrscheinlicher wird durch die vielen kleinen Kalkglieder, welche neben dem Arm die Platte bedecken, aber auf der Zeichnung weggelassen wurden, weil sie wirr durcheinander liegen. Die Ambulacralrinne ist von eben solchen Gliedern verdeckt. Ausserdem liegt längs derselben ein gegliedertes 4 mm breites Stück, von dem ich nicht sagen kann, ob es eine Pinnula, oder das obere Ende des Armes sei, weil nur die Rückenseite desselben sichtbar ist.

Ein zweites Exemplar ist auf Taf. XXV Fig. 5 abgebildet. Dasselbe stammt aus Neukelheim und wurde von Herrn Dr. G. Böhm der Münchener Sammlung geschenkt. Eingebettet in einen sehr grobkörnigen Kalk, war ursprünglich von dem Fossil nur wenig zu sehen. Durch Präparation unter Wasser wurden vier Arme freigelegt, leider ohne sicher nachweisbaren Pinnulabesatz. Das ganze Stück musste schon lange den Atmosphärien ausgesetzt gewesen sein, da der anatomische Bau sehr schwer herauszukennen ist. Die Arme, deren es 10 gewesen sind, waren unten seitlich verbunden, oben frei. Die Glieder greifen dort wechselzeilig in einander, die dickere Seite jeden Gliedes trägt eine dorsale knotige Verdickung. Bei der Präparation wurden einige Pinnulaglieder in lockerer Verbindung an der Innenseite der Arme sichtbar; doch konnten sie nicht im Zusammenhang präparirt werden.

Das dritte, beste Stück stammt von Kelheim und wurde auf Taf. XXV Fig. 3 abgebildet. Es war eingebettet in eine Breccie von Pinnulae und Armgliedern, doch konnte es ziemlich gut entblösst und allseitig frei präparirt werden; leider ist durch unvorsichtiges Arbeiten eines früheren Präparators ein grosser Theil der Oberflächenskulptur verloren gegangen. Von dem Radiale I ist ein Fragment erhalten, darauf sitzen die Radiale II, welche mit dem Radiale III verschmolzen, aber durch eine Rinne davon abgegrenzt sind. Das Radiale III wurde Fig. 6a von Innen abgebildet und zeigt einen medianen zapfenähnlichen Fortsatz, der sich zwischen die beiden ersten Armglieder einschiebt. Von den 10 Armen sind nur 4 wohl erhalten mit trapezförmigem Querschnitt. Die untersten 4 Glieder legen sich zu einem brachialen Pseudokelech aneinander, erst die weiteren sind frei beweglich. Die ersten 6 Armglieder sind von parallelen Gelenkflächen begrenzt, dann werden die folgenden allmählich keilförmig und verschränken sich zickzackartig. Das dickere Ende trägt einen dorsalen Knoten und einen seitlichen Fortsatz zur Insertion der Pinnula. Vom zwölften Armglied verschmälert sich der Arm etwas, scheint aber ziemlich lang gewesen zu sein, denn bei der Präparation wurde auf der Innenseite des grösseren Armes ein langes schmales Armstück von annähernd rundem Querschnitt freigelegt, welches allem Anschein nach dem eingeschlagenen Ende des betreffenden Armes angehört. Wie man sich an dem links stehenden Arm überzeugen kann, alternirten die Pinnula, deren drei vorhanden sind (auf meiner Ansicht nicht darzustellen). Sie waren ziemlich kräftig, 2 mm im Durchmesser und setzten sich aus ungefähr quadratischen Gliedern zusammen. Die längste Pinnula ist 10 mm lang erhalten und etwas gebogen. Syzygialnähte fehlen an allen drei Stücken. Die Ambulacralrinne ist tief. Auf Taf. XXVI Fig. 11 wurde eine Restauration nach den vorhandenen Resten versucht. Das Punktirte ist ergänzt.

Ich fasse schliesslich die Speziescharaktere folgendermassen zusammen:

**Solanocrinus costatus** Goldfuss em. Walther.

(Centrodorsale fünfkantig ohne Radialgruben — Schlüter. —) Basalia unbekannt. Radiale I seitlich eng verbunden. Radiale II mit Radiale III verschmolzen, doch durch eine Nahtlinie getrennt. Radiale III mit

medianem Fortsatz. 10 Arme, die ersten 4 Armglieder seitlich zu einem brachialen Pseudokelch verbunden, die oberen Theile der Arme beweglich, aus keilförmigen Gliedern mit dorsalen Knoten bestehend. Pinnulae kräftig, alternirend. Syzygialnäthe fehlen. Fundort: Kelheim, ob. Jura ε, detritogene Kalkbreccie.

Wir konnten schildern, wie die beiden *Solanocrinus* sich erstens in der Zahl der Arme, zweitens in deren Form und Verbindung wesentlich unterscheiden. *S. imperialis* hatte cylindrische Arme, welche, an ihrer Insertion am dünnsten, sich erst später verdickten. Dadurch ward eine hohe Beweglichkeit derselben möglich, welche sich noch in der ganzen Lage der Fossils ausprägt. Wie elastische Springfedern sehen wir die Arme neben einander liegen und es ist mehr als wahrscheinlich, dass sich *S. imperialis* in ähnlicher Weise wie der lebende *Antedon* durch abwechselndes Heben und Senken der Arme sehr rasch von der Stelle bewegen konnte. Die Comateln sind unter den lebenden Echinodermen des Mittelmeeres meinen Erfahrungen nach die physiologisch höchststehende Ordnung. Ihre Empfindlichkeit gegen Reize ist höher als die der Ophiuren (z. B. *Ophioglypha lacertosa*) und wenn man sie auch gewöhnlich regungslos in den Bassins hängen sieht, oder auf einem Fremdkörper mit ihren Cirrhen angeklammert beobachtet, so vermögen sie doch sehr lebhaft Bewegungen auszuführen. Die Arme oder die Munddecke kann man beliebig reizen, ohne dass eine Reaction stattfände, aber sobald man die Pinnulae berührt, bewegen sie ihre umgeschlagenen Arme, wie eine grosse Spinne ihre Beine, auf und ab und suchen der drohenden Gefahr zu entlaufen. Sie leben ausschliesslich auf festem Untergrund, bei Neapel am liebsten auf den Seccen und zwar in Tiefen von 30—90 m. Oft bringt die Dredge oder noch mehr das grosse Schleppnetz ganze Schaaren mit herauf; in ein Wassergefäss gesetzt, gewähren die in schönen Schlangenlinien sich wiegenden rothen oder gelben Arme und die Pinnulae, die ihnen angeschmiegt folgen, ein anziehendes Bild.

Ganz anders *Solanocrinus costatus*. Der plumpe Bau der Arme, ihre seitliche Verbindung zum brachialen Pseudokelch, die knotigen Verdickungen des Armrückens verhindern jede rasche Beweglichkeit, und wenn wir nicht annehmen wollen, dass *S. costatus* allen Erfahrungen zuwider, sich mit seinen Cirrhen habe activ bewegen können, so müssen wir die Anschauung gewinnen, dass er nur sehr unbedeutende und langsame Ortsbewegungen ausführen konnte, vielleicht wie *Holopus* sessil war. Jedenfalls waren *S. imperialis* und *S. costatus* wie durch ihren Bau, so auch durch ihre Lebensweise nicht unwesentlich verschieden.

Ganz verschieden von den bisher behandelten beiden Formen sind zwei andere Armstücke, welche ebenfalls aus Kelheim kommen, aber aus einem sehr feinkörnigen, dem Solenhöfener Gestein sehr ähnlichen Plattenkalk. In ihrem Bau sind es echte Solanocrinen, doch haben sie ein ganz verschiedenes Aussehen. Und wenn man die so verschieden gestalteten Knöpfe von *Solanocrinus* aus Nattheim<sup>12)</sup> vergleicht, so wird man schon auf die Spur geleitet, dass die dazugehörigen Kelche ebenso verschieden gewesen sein möchten. Das bestätigt am besten der

#### **Solanocrinus gracilis.**

Das eine Exemplar lag auf einer Platte sehr feinen Kalkschiefers und konnte von beiden Seiten entblösst werden. Ich bildete es ab auf Taf. XXV, Fig. 2. Von den ursprünglich 20 Armen sind 15 mehr oder weniger erhalten. Der Erhaltungszustand ist überaus schön, die Näthe sind hellroth gefärbt und ein matter rother Farbton durchdringt das ganze Fossil, so dass man geneigt ist anzunehmen, dass die ursprüngliche Farbe des Thieres hier erhalten geblieben sei. Die Oberfläche ist spiegelnd glatt, wie es

leider die Zeichnung nicht wiederzugeben vermag. Auf Taf. XXVI, Fig. 1 wurde in Umrissen ein Schema desselben Armes von der Unterseite gegeben mit einigen restaurirten Pinnulae und unter Weglassung der auf der Unterseite zerstreuten Pinnulaeglieder. Ob die Reste an der Basis des Stückes dem Radiale II angehören oder dem Radiale I, wobei dann das folgende Stück als verschmolzenes Radiale II + Radiale III aufgefasst werden könnte, das wage ich nicht zu entscheiden. Eine Nahtverbindung ist nicht zu erkennen. Nur das zweite Radiale-Axillare<sup>1</sup> (von links gerechnet) zeigt zwei schräg verlaufende Nähte, wodurch es aus 3 isolirten Verkalkungscentren entstanden erscheint. (Möglicherweise war auch das embryonale Axillare<sup>1</sup> hier zerbrochen und erhielten sich deshalb die Näthe.) Von innen betrachtet fällt an den Axillare<sup>1</sup> besonders der sehr kräftige mediane Zapfen auf Taf. XXV, Fig. 2a, 2b, welcher sich zwischen die ersten Armglieder einschiebt. Auf dem Radiale-Axillare<sup>1</sup> sitzt direct das Axillare<sup>2</sup> mit 2 Gelenkflächen für die Arme und mit einem, wenn auch kleineren medianen Fortsatz.

Das erste linke Axillare<sup>2</sup> trägt nur eine einzige Gelenkfläche, auf welcher auch nur ein einziger Arm entspringt. Doch sind die Glieder 3—6 durch schräge Nähte getheilt und man darf den Arm somit als Doppelarm betrachten. Leider kann man den eigentlich entscheidenden Beweis hierfür nicht bringen, da die Pinnulaeansätze auf der Ventralseite von verstreuten Gliedern bedeckt sind. Die übrigen Axillare<sup>2</sup> besitzen sämmtlich zwei Gelenkflächen und tragen zwei Arme. Die Armglieder werden vom 3. an keilförmig. Die Pinnulaeansätze alterniren. Leider sind die Pinnulae selbst meist zerfallen und verdecken die Sculptur der Unterseite. Nur eine einzige Pinnula (Fig. 2a) blieb erhalten, sie ist aus 10 cubischen Gliedern aufgebaut. Syzygialnähte fehlen. Die Arme sind abgeplattet; ob dieses Verhalten ein ursprüngliches sei, ist nicht mit aller Bestimmtheit zu sagen.

Von einem zweiten Exemplar liegt ein einziger Arm vor. Taf. XXV, Fig. 4 und Taf. XXVI, Fig. 4. Grösse und Form desselben stimmt so völlig mit dem eben beschriebenen überein, dass ich kein Bedenken trage, auch diesen Arm als *S. gracilis* zu beschreiben, wenn auch die Gabelung der Arme etwas anders geschieht, als sie bei dem eben beschriebenen gewesen sein muss. Denn zwischen Axillare I und Axillare II sind je 4 Glieder eingeschaltet. Wir haben oben bei *S. imperialis* gesehen, dass die Einschaltung von Brachialia zwischen die beiden Axelstücke als Abnormität vorkommt und daraus erschen, dass die Zahl der eingeschalteten Brachialia nicht zu specifischen Unterschieden benutzt werden darf. Ich beschreibe daher das genannte Stück als *Solanocrinus gracilis* var. Es liegt in einem sehr harten Kalkschiefer von Kelheim-Winzer (aus der Oberndorfer'schen Sammlung). Der Axillartheil des Armes war oberflächlich zerstört, so dass er nur durch Anschleifen sein Gefüge klarlegte. Der Arm aber wurde durch Anätzen unter Wasser freipräparirt. Das Radiale-Axillare<sup>1</sup> trägt zwei Gelenkflächen und bei Betrachten unter Wasser kann man zwei Nähte erkennen, welche ein rhombisches Stück (dem oben beschriebenen zapfenartigen medianen Fortsatz der Taf. XXV, Fig. 2a, 2b) abtheilen. Es folgen je drei eingeschaltete Brachialia<sup>1</sup>, welche sehr eng mit einander verbunden gewesen sein dürften. Dann das Axillare<sup>2</sup>, welches median die Ansätze je einer zarten Pinnula erkennen lässt. Die anderen Armglieder, anfangs leistenartig, werden allmählich keilförmig und tragen auf ihrer breiten Seite einen charakteristischen Knoten zur Insertion der Pinnulae. Die letzteren standen alternirend, sind aber nicht erhalten. Auch an diesem Stück fehlen die Syzygialnähte. Wir fassen zusammen:

**Solanocrinus gracilis** Walther.

Centrodorsale u. Basalia unbekannt. Radiale axillare<sup>1</sup> trägt zwei Gelenkflächen, auf denen sich entweder direct, oder mit eingeschalteten Brachialia das Axillare<sup>2</sup> inserirt. Radiale axillare<sup>1</sup> u. Axillare<sup>2</sup> hatte einen medianen Zapfen, statt dessen besass *S. gracilis* var. auf Axillare<sup>2</sup> eine kurze gegliederte Pinnula in der Achsel der zweiten Gabelung. Armglieder unten leistenförmig, oben keilförmig, ohne dorsale Knoten. 20 Arme, dünn. Pinnulae alternirend, aus cubischen Gliedern bestehend. Syzygialnähte fehlen. Fundort: Kelheim Ob. Jura ε. feinkörniger Plattenkalk.

Ich habe die oben beschriebenen Crinoiden *Solanocrinus* genannt und muss jetzt diesen Namen rechtfertigen, weil von mehreren Autoren besonders von H. Carpenter<sup>12)</sup> der Name gestrichen worden und die unter diesem Namen bekannten Reste mit der Gattung *Antedon* vereinigt worden sind. Die Vereinigung wurde hauptsächlich und ausschliesslich auf Grund der Centrodorsalia vorgenommen, denn Kronen waren bisher so gut wie unbekannt, dennoch hat Schlüter<sup>13)</sup> sich für die Aufrechterhaltung der Gattung *Solanocrinus* ausgesprochen, indem er l. c. S. 36 sagt: „Gleichwohl würde man vielleicht *Solanocrinus* aufrecht erhalten können, wenn man damit diejenigen Comateln bezeichnet, welche keine Radialgruben, aber einen runden Nahrungscanal besitzen, während die dieser gegenüberstehende Gruppe *Antedon* durch Vorhandensein von Radialgruben und gelapptem Nahrungscanal ausgezeichnet ist.“ Dieser Unterschied hat schon Zittel l. c. S. 396 bewogen, die Gattung *Solanocrinus* als Subgenus von *Antedon* aufrecht zu erhalten. Meine Untersuchung der schönen Kronen mit so wohlerhaltenen Armen hat mich endlich dahin geführt, dass *Solanocrinus* als echte Gattung betrachtet werden muss. Denn dasjenige Merkmal, worauf Joh. Müller<sup>14)</sup> die Speciesunterscheidung von *Antedon* gründete, ein Merkmal, das wir an den Armen der meisten Articulatengeschlechter beobachten, es fehlt bei allen Arten von *Solanocrinus* vollständig. Es sind dies die Syzygialnähte. An keinem der untersuchten Arme konnte ich eine Spur derselben auffinden, was um so auffälliger wird, als der Formenkreis von *Solanocrinus* ein überaus variirender und flüssiger ist. Die Zahl der Arme, die Zahl der Radialia und Brachialia schwankt, einzelne Glieder werden eingeschaltet, andere fehlen, nur die Arme haben niemals Syzygialnähte. Sie unterscheiden sich dadurch so gründlich von den meisten ihrer Verwandten, dass ich unter Berücksichtigung der Schlüter-Zittel'schen Diagnose das Genus folgendermassen bestimme:

**Solanocrinus.** Goldf. em. Walther.

Ungestielte Crinoiden von sehr variirender Form, Centrodorsale mit rundem Nahrungscanal ohne Radialgruben, mit schmalen lanzettförmigen Basalia, mit 2 oder 3 Radialia, 10 oder 20 Armen, ohne Syzygialnähte.

---

Ebenso scharf wie sich *Solanocrinus* von dem lebenden *Antedon* unterscheidet, so scharf ist er geschieden von den Comateln des oberen Jura. Es war mir bei der Untersuchung eines sehr reichen Materials aus Solenhofen eine überraschende Beobachtung, dass der Bau des *Antedon* in allen seinen Einzelheiten sich seit der fernen Jurazeit so wenig verändert habe. Das wunderbare Sediment der Solenhofener Plattenkalke bewahrt uns Reste von *Antedon* auf, welche dem heutigen Meere entnommen zu sein scheinen. Die zartesten Saumblättchen liegen noch unverrückt über der Armrinne. Wir sehen, dass abgebrochene Arme sich damals genau ebenso regenerirten wie zur heutigen Zeit, und es ist schwer, die Einzel-

heiten zu erkennen, durch welche sich jene längst verstorbenen Geschöpfe von ihren lebenden Nachkommen unterscheiden. Wie die Arme des lebenden *Antedon* bald nach dem Tode des Thieres sich ablösen und durcheinander krümmen, so geschah es auch damals. Gewöhnlich verdeckt daher ein Gewirr von Armstücken den ganzen Kelch, und solche Stücke, an denen Kelch und Cirrhen wohl erkennbar sind, gehören zu den Seltenheiten. Unter den 33 Exemplaren der Münchener Sammlung fand ich 4 wohlerhaltene Kronen, unter den 48 Exemplaren des Berliner Museums 7 Kelehe. Aber unter diesen 81 schönen Platten ist keine einzige, an der man alle Organe mit gleicher Sicherheit diagnosticiren könnte. Das Centrodorsale ist einmal, der Kelchbau 8 mal, einzelne Cirrhen etwa 15 mal zu sehen, aber kein einziges Exemplar vereinigt alle Organe. Wie bei *Solanocrinus* muss ich auch hier verzichten, auf Grund der Centrodorsalia eine spezifische Trennung durchzuführen. Ebenso wenig konnte ich die J. Müller'sche<sup>14)</sup> Eintheilung der Comateln nach der Anordnung der Syzygialnähte hier durchführen, weil alle Arme abgebrochen sind und ihr Zusammenhang mit dem Kelch überaus selten zu erkennen ist.

Gewisse Unterschiede zeigen die Form der Cirrhen und die Zusammensetzung des Kelches. Ich glaubte auf die letztere mehr unterscheidendes Gewicht legen zu sollen, und gewann auch die Anschauung, dass man die Cirrhen höchstens zur Unterscheidung von Varietäten verwenden dürfe. Aber wenn die Cirrhen gut zu sehen sind, ist gewöhnlich Kelch und Arm mangelhaft erhalten, kurzum, ich habe eine Durchführung dieses Eintheilungsprincipes vergeblich versucht. Bei genauer Vergleichung des Materials fallen aber zwei verschiedene Typen auf. Der eine Typus ist der in Solenhofen häufigste (*Antedon pinnatus*). Der andere ist wohlerhalten in der alten Localität Zand und vereinzelt auch in Solenhofen (*Antedon formosus*). Sie unterscheiden sich durch Grösse, durch das Gefüge der Armglieder, die Form der Saumblättchen und den Bau des Kelches. Anfangs war ich versucht, beide Typen für blosse Altersunterschiede zu halten. Als ich aber den Kelchbau näher studirt hatte, ergaben sich Verschiedenheiten, welche unmöglich aus einander entstehen können, denn das eine Mal ist Radiale I mit Radiale II, das andere Mal Radiale II mit Radiale III verschmolzen. *Antedon pinnatus* Goldfuss ist die weitaus häufigere Form. Ein Exemplar des Berliner Museums Taf. XXVI, Fig. 7 zeigt das flache mit Gruben bedeckte Centrodorsale, von dem noch die Reste von 5 Cirrhen ausgehen. Die Cirrhen mögen 40 mm lang gewesen sein, die längste beobachtete mass 35 mm. Die Glieder anfangs 1 mm lang und 0,5 mm breit, werden allmählich 2,5 mm lang, wobei sie sich verjüngen; ihre Gelenkflächen sind verdickt. Terminalglied in eine feine, gerade Spitze ausgezogen. Basalia nicht nachzuweisen.

Die Radialia I, dreieckige Stücke, sind seitlich mit einander verschmolzen zur pentagonalen Radialplatte. Dass auch die Basalia in dieser Platte verschmolzen sind, deuten fünf Paar Linien an, welche beim Anschleifen einer Krone der Münchener Sammlung auf der Radialplatte erschienen. Bei weiterem Schleifen kamen periphere Nähte zum Vorschein (Taf. XXVI Fig. 10), welche die Radiale II abgrenzen. Doch ist die Verbindung von Radiale I und Radiale II eine so feste, so dass man beide als ein Stück bezeichnen darf.

Dagegen articulirten die Radiale III ziemlich locker auf Radiale II, denn wie Taf. XXVI Fig. 10 zeigen, sind sie durch eine breite Zone getrennt, welche von Eisenoxydul infiltrirt und gefärbt ist; auch sind die Radiale III nicht unmerklich verschoben. Sie sind 0,7 mm hoch und 3 mm breit und tragen

eine dachartig doppelte Gelenkfläche. Auf dem Kamm derselben inserirt sich eine mediane unpaare Pinnula Fig. 10a, bestehend aus zwei 1 mm langen Gliedern.

Auf den Gelenkflächen der Radiale III stehen die 10 Arme. Der längste gemessene Arm hatte 14 cm. Sie sind durchaus gestaltet wie die des lebenden *Antedon rosaceus*, die Glieder, anfangs 1,5 mm breit, verjüngen sich sehr langsam. Die Tentakelrinne ist eingefasst von ziemlich kräftigen, flügelartig dreieckigen Saumblättchen, welche an den proximalen Armgliedern zu seitlichen Flügeln den Gliedern angewachsen erscheinen, 0,8—1,2 mm gross.

Syzygialverbindungen sehr zahlreich. Das Epizygale trägt die Pinnulae, welche alterniren; ihre Glieder sind 1,5—0,6 mm gross, verjüngen sich allmählich und enden spitz. Die Pinnulae sind am kleinsten am Ende des Armes, werden rasch im ersten Drittel des Armes 25 mm lang, während sie am Proximaltheil nur 15 mm Länge besitzen.

An einzelnen Armen beobachtet man, dass ein Theil abgebrochen war und sich regenerirt, wie Taf. XXVI, Fig. 5 zeigt. Die Ambulacralrinne des neu entstehenden Endes ist sehr flach, Saumblättchen scheinen noch zu fehlen. Ich habe in Neapel öfters *Antedon*-Individuen an den Armen verstümmelt und festgestellt, dass nach 3 Monaten das neue pfropfreisähnliche Ende 2 cm lang war. So lang dürfte auch das vorliegende regenerirte Armende sein, das sich unter Pinnulis der anderen Arme verliert.

#### *Antedon pinnatus* Goldf. em. Walther.

Centrodorsale mit radialen Gruben bedeckt, in denen sich lange Cirrhen inseriren, deren Terminalglied spitz ist. Radiale I mit Radiale II und den Basalia zu einer Radialplatte verschmolzen. Radiale III mit medianer kurzer Pinnula. 10 Arme lang. Syzygialnäthe häufig. Pinnulae alternirend, Saumblättchen flügelartig. Fundort: Solenhofen Ob. Jura  $\zeta$  (Plattenkalk).

Die zweite kleinere Form nenne ich: *Antedon formosus*. Der Habitus desselben ist durchaus zierlicher und zarter. Der Centrodorsalknopf an dem einen Exemplar des Berliner Museums Taf. XXVI, Fig. 12 in Resten erhalten. Von ausgezeichnete Erhaltung sind zwei Exemplare der Münchener Sammlung (Leuchtenberg'sche Sammlung) von Zand. Taf. XXVI, Fig. 2 und der beistehende Holzschnitt (etwas vergrößert).



Arme von *Antedon formosus* Walther.

Die Cirrhen besitzen  $\frac{1}{3}$  der Armlänge, einzelne Glieder 1,5—2 mm lang, an den Gelenkflächen stark verbreitert, verjüngen sich rasch und enden nach 30 mm mit einem schlanken zugespitzten Glied.

Die Radialia I sind zu einem fünfseitigen Stern verwachsen, Taf. XXVI, Fig. 2. Da ich nicht wagen konnte, die zarten Glieder anzuschleifen, so ist die Lage der Basalia nicht sicher zu ermitteln, doch scheinen ihnen fünf perradiale Rippen zu entsprechen. Der Radialstern ist von einem grossen runden Axencanal durchbohrt.

Radiale II und Radiale III sind mit einander verschmolzen, doch lässt eine ausgesprochene Nahtlinie die Zusammensetzung deutlich erkennen. Auf dem dachförmig zugespitzten Axillare inseriren sich je 2 Arme; über das Vorhandensein der medianen Pinnulae können Zweifel walten. Die Arme sind 8,5 cm lang, Armrinne von zarten

sichelförmigen Saumblättchen halb verdeckt, deren gewöhnlich zwischen zwei Pinnulae 3 vorhanden sind, auf dem vierten inserirt sich die letztere.

Syzygialverbindungen scheinen zwischen Glied 1—2 und 12—13, dann aber am oberen Armende häufiger vorzukommen. Pinnulae 12 mm lang, zart, alternirend; die einzelnen Glieder 1—1,2 mm lang, haben ventral eine zarte Ambulacralrinne. Gelenkflächen nur wenig verbreitert.

#### **Antedon formosus** Walther.

Centrodorsale in Resten (Berliner Museum). Cirrhen zart, mit schlankem spitzen Terminalglied. Basalia und Radialia I zu einem Stern verschmolzen, Radiale II mit Radiale III verwachsen, 10 Arme, zart, Pinnulae alternirend, Syzygia 1—2, 12—13, Saumblättchen sichelförmig. Fundort Zand und Solenhofen (?). Ob Jura ζ weicher Plattenkalk.

Ich hätte gern an dieser Stelle meine Anschauungen über die verwandtschaftliche Stellung der *Solanocrinus* und ihre eventuellen genetischen Beziehungen zu *Antedon* ausgesprochen. Aber das von mir untersuchte Material, trotzdem es das vollständigste bisher bekaunte darstellt, ist meiner Meinung nach viel zu unvollständig, als dass ich wagen dürfte, daraufhin einen kleinen Stammbaum zu entwerfen. Das geologische Auftreten des *Antedon* und *Solanocrinus* mit wohl erhaltenen Kelchen in den Sedimenten des süddeutschen obersten Jura ist meiner Ansicht nach nicht so sehr ein historisches als vielmehr ein zufälliges, denn wenn die Lebensbedingungen von Solenhofen und Kelheim im untersten Lias vorhanden gewesen wären und im obersten Malm fehlten, so würden wir mit hoher Wahrscheinlichkeit die Vertreter dieser beiden Geschlechter aus dem Lias kennen. Es ist in dieser Hinsicht von hohem Interesse, dass Fraas<sup>15)</sup> nachgewiesen hat, wie in der Kreide von Hackel am Libanon ein dem Solenhofener Plattenkalk sehr ähnliches Gestein eine grosse Anzahl Comateln (*Antedon pinnulatus* Fraas) enthält. Durch die Güte des Herrn Dr. Nötling in Berlin konnte ich mich sowohl von der Aehnlichkeit des Sedimentes, wie von der ziemlich nahen Verwandtschaft der darin enthaltenen *Antedon* mit den Solenhofener Exemplaren überzeugen. Die Frage ist nur die, ob jene hypothetischen liassischen Vertreter anders gestaltet sein würden, als die uns bekannten Formen des weissen Jura. — Diese Frage zu entscheiden halte ich mich auf Grund der hier vorgelegten Studien nicht für competent.

Dass *Antedon* und *Solanocrinus* nahe verwandt seien, ist allgemein anerkannt, welches von beiden den gemeinsamen Stammeltern näher steht, kann ich nicht mit Sicherheit bestimmen. Für mich persönlich habe ich die Anschauung gewonnen, dass die *Solanocrinus* jenen hypothetischen Stammeltern näher stehen als *Antedon*; aber meine Beweise hierfür sind etwas schwankender Natur. Ich gehe bei der Beurtheilung dieser Frage von dem Gedanken aus, dass solche Formen, aus denen sich andere ableiten und entwickeln sollen, eine hohe Formenflüssigkeit besitzen müssen. Jeder Anpassungsprocess fixirt aus der Summe der für jede Form begrenzten (?) Anpassungsmöglichkeiten eine oder mehrere der letzteren zu angepassten Eigenschaften. Nehmen wir an, dass ein Thier potentia 100 Anpassungsmöglichkeiten habe, und lassen wir es durch Selection 5 Anpassungseigenschaften erhalten, so ist seine Anpassungsmöglichkeit im Ganzen nur noch = 95 und die Formenflüssigkeit ist dadurch vermindert. Umbildung, Entstehung neuer Formen ist aber nichts anderes als die Verwandlung der Anpassungsmöglichkeiten eines Thieres in angepasste Eigenschaften. Aber diese Verwandlung führt eine Form allmählich einem senilen Stadium entgegen, wo die Formen-

flüssigkeit immer geringer wird; und rasch und unvorbereitet sich ändernde Existenzbedingungen, welche in Transgressionen oder in den vulkanischen Folgen von Dislocationen ihre Ursachen haben können, bereiten der allmählich unbiegsam gewordenen Form ihren Untergang. Nun könnte man ja meine These: „die Anpassungsmöglichkeit eines Thieres ist begrenzt“, bezweifeln, oder man könnte annehmen, dass durch die Erwerbung neuer Anpassungseigenschaften auch die Zahl der Anpassungsmöglichkeiten nach anderen Richtungen gesteigert würde, dann frölich wäre kein Grund vorhanden, dass irgend eine Thiergruppe ausgestorben sei, und das beinahe „ewige Leben“ der *Lingula* und einiger anderer Formen könnte solche Gedanken bestätigen. Doch solche Dauerformen sind verschwindende Ausnahmen gegenüber der unendlichen Zahl von im Verlauf der geologischen Perioden ausgestorbenen Thieren. Und diese Thatsache lässt den Rückschluss berechtigt erscheinen, dass die Anpassungsmöglichkeiten eines Thieres begrenzt sind und dass die durch Anpassung erworbenen neuen Anpassungsmöglichkeiten den Verlust an solchen nicht zu ersetzen im Stande sind.

Wir sagten: Stammformen, d. h. solche Organismen, welche die Fähigkeit in sich tragen, neue abgeleitete Formen zu erzeugen, müssen eine hohe Formenflüssigkeit besitzen. Unter diesem Gesichtspunkt darf man *Solanocrinus* für die Form halten, welche den Stammeltern der hier behandelten ungestielten Crinoiden am nächsten stand, denn die Vergleichung der beschriebenen Kronen lehrte uns, dass die Formenflüssigkeit der Gattung *Solanocrinus* eine sehr hohe sei. Die Zahl, Form, Grösse der Arme und der Kelehtafeln, vielleicht auch die Lebensweise der drei bekannten Formen war eine überaus verschiedene und der Mangel der Syzygialnähte ist das eigentliche einzige Merkmal, das sie von ihren nächsten Verwandten unterscheidet. Die Syzygia, welche bei *Solanocrinus* fehlen, sind bei *Antedon* stets vorhanden und so constant, dass Joh. Müller das System der Comateln darauf begründete. Doch welches ist die Function dieser Trennungsebenen im Arm der Crinoiden?

Die Literatur welche mir zugänglich war, hat mir keinen Aufschluss über diese Frage gegeben, und trotz mancherlei Versuche kann ich die Ansicht, welche ich mir selbst darüber gebildet habe, nicht mit voller Sicherheit beweisen. Bekanntlich sind die Syzygia des *Antedon* nicht Gelenke wie die übrigen Nähte am Arm. Wir wissen durch J. Müller, dass die Armglieder, welche durch ein Syzygium zweigetheilt erscheinen, nur eine Pinnula besitzen, wir wissen durch J. Müller und Carpenter<sup>15)</sup>, dass die Gelenkflächen zweier Syzygialglieder keinerlei Gelenkskulptur zeigen, welche eine Beweglichkeit möglich machen, sondern zwei ebene Flächen sind, durch eine zarte Scheibe von Bindegewebe-fasern verbunden und zwar so fest, dass eine Bewegung daselbst ausgeschlossen ist. Dieses Verhalten erinnerte mich sehr an den Lacertenschwanz, wo bekanntlich die Wirbel durch eine intravertebrale Scheibe weicherer Knorpelmasse in zwei Hälften zerlegt werden, so dass der leicht zerbrechliche Schwanz regelmässig an dieser Stelle durchbricht. Diese Einrichtung steht in Beziehung zur leichten Regenerationsfähigkeit des Schwanzes. Auch in anderen Thiergruppen kommen Einrichtungen vor, welche ein leichtes Abbrechen der angegriffenen Extremitäten erlauben und so das Thier in den Stand setzen, mit geringem Verlust einer drohenden Lebensgefahr zu entrinnen. Ich erinnere daran, dass Krabben ihre verletzten Beine im nächsten Glied abwerfen, und dass man durch Anschneiden der Beine ein solches Thier veranlassen kann, binnen 10 Minuten seine sämtlichen Beine abzuschütteln. Nun habe ich eine Reihe von Versuchen bei *Antedon rosaceus* angestellt, um zu erfahren, ob die

Arme leichter in den Syzygien abbrechen. Ich habe dabei festgestellt, dass in  $\frac{2}{3}$  der Fälle der Arm im Syzygale abbrach, in  $\frac{1}{3}$  der Fälle aber in einer Gelenknaht. Solche Arme, welche sich regeneriren und auf denen das zarte Pfropfreis des jungen Armes steht, zeigen stets ein kleines Polster, welches ich für den Rest des Hypozygale halten möchte. Mit aller wünschenswerthen Sicherheit kann ich aber nicht das aussprechen, was ich vermüthe: dass die Syzygialnähte in den Crinoidenarmen Einrichtungen sind, um das Abbrechen der Arme zu erleichtern und dadurch das Thier mit geringem Verlust aus Lebensgefahr zu befreien.

Während ich also auf Grund des von mir untersuchten Materials von oberjurassischen Crinoiden eine genetische Beurtheilung desselben wegen seiner relativen Unvollständigkeit mir versagen muss, so setzt mich andererseits der meist tadellose Erhaltungszustand in die Lage, über ihren anatomischen Bau und dessen Beziehungen zu den der andern Articulatengeschlechter einige neue Thatsachen zu eruiren und dieselben mit den Entwicklungsvorgängen der lebenden Crinoiden des Mittelmeeres in vergleichende Beziehung zu bringen.

Bei Besprechung der Ontogenie des *Antedon rosaccus* hatten wir einige Thatsachen feststellen können, an die wir hier wieder anknüpfen wollen.

Die primären 5 Embryonal-Pinnulae und die secundären 10 Embryonal-Pinnulae sind vorhanden, bevor sich die Arme anlegen und bevor die Radialia entstehen.

Erst während die 10 tertiären Pinnulae entstehen, also wenn der Embryo deren 25 besitzt, entwickeln sich die Arme als Wucherungen der oralen Leibeshaut und heben die drei daselbst stehenden Pinnulae mit empor.

Wenn sich hierauf der Arm zu gabeln beginnt, so rücken die adradialen secundären Pinnulae auf die adradialen beiden Gabeläste, die interradiale primäre Pinnula dagegen kommt in die Gabel des Armes median zu stehen.

Indem die Gabelarme weiter wachsen, heben sie die weiter auf der Mundscheibe entstehenden Pinnulae mit empor.

Die vorstehenden Sätze sind als schlichte Thatsachen nicht uninteressant, aber sie eröffnen weit-schauende Durchblicke, wenn man sie vom „biogenetischen Grundgesetz“ aus beurtheilt.

Bekanntlich formulirten Fritz Müller und E. Haeckel eine Summe von Erfahrungen und Erörterungen in dem Satz: „Die Keimesentwicklung (Ontogenie) ist eine kurze Wiederholung der Stammesentwicklung (Phylogenie).“ Eine Rechtfertigung dieses Gesetzes ist heutzutage nicht mehr nöthig, denn die Resultate der modernen Biologie geben täglich neue Beweise von der Fruchtbarkeit dieses Gedankens, der das ganze Räthsel der Vererbung einschliesst. Ein wissenschaftliches Axiom besteht seine Feuerprobe in der Anwendung, und je mehr es sich dort bewährt, um so grösser ist die Wahrscheinlichkeit seiner Richtigkeit. Die Entwicklungslehre aber, ebenso wie das genannte Gesetz, leiten sich im Grunde genommen ab aus dem grossen Weltgesetz von der Erhaltung der Kraft, denn die Entwicklungslehre geht von dem Satze aus: Neues kann nicht spontan entstehen, sondern es bildet sich allmählich aus dem Vorhandenen um. Das biogenetische Grundgesetz aber gründet sich auf den Satz: Keine Kraft kann

spurlos und auf einmal verschwinden; und die Wirkung der Kräfte, welche eine Form umbildeten, vergeht nicht, sondern beeinflusst auf unendliche Generationen die Formbildung der Nachkommen.

Auf Grund des biogenetischen Grundgesetzes und unter der Voraussetzung, dass die Embryonal-Pinnula sich in die echte Pinnula verwandelt, sind wir berechtigt zu schliessen: Dass die Pinnulae historisch und somit morphologisch eine höhere Dignität besitzen als die Arme; dass die Pinnulae nicht Aeste der Arme sind, sondern dass die Arme als Träger der Pinnulae aufgefasst werden müssen.

Die älteste bekannte Crinoidengattung *Macrocyrtella* (Callaway) aus dem Cambrium von Shropshire besitzt keine Arme, wohl aber um den Mund herum einen Kranz von gegliederten gleichlangen Tentakeln. Diese Thatsache gestattet uns einen andern Schluss aus der Ontogenie des *Antedon* zu ziehen und berechtigt uns, da Paläontologie und Entwicklungsgeschichte sich ergänzen und gegenseitig bestätigen, auch einen andern Satz auszusprechen: Die Vorfahren der Crinoiden haben wohl Pinnulae aber keine Arme besessen; die Arme entstanden erst im Verlaufe der weiteren Stammesentwicklung.

Die Thatsachen stehen fest, allein die Deutung, die ich denselben gegeben habe, könnte gewisse Zweifel wachrufen und hierdurch auch den Werth meiner Folgerungen einschränken. Man könnte mir in erster Linie einwerfen, dass es Crinoiden giebt, welche keine Pinnulae besitzen. Es wäre unwissenschaftlich, wenn ich diesem Einwurf mit der Annahme begegnen wollte, dass jene Pinnulae „häutig“ gewesen seien und daher nicht versteinern konnten. Nein, zugegeben, dass eine kleine Anzahl Crinoiden wirklich keine Pinnulae besessen habe, so mag diese Ausnahme (denn in der Regel sind überall Pinnulae nachzuweisen) mit einer ähnlichen Ausnahme aus einer anderen Thiergruppe belegt und dadurch unschädlich gemacht werden. Bekanntlich unterscheidet man eine Gruppe der Krebse als „Stieläugige“. Hier sitzt das Auge auf einem mehr oder minder langen Stiel und Niemand wird im Zweifel sein, dass das Auge eine höhere Dignität besitze als der Stiel desselben. Dennoch haben die neueren Tiefseeuntersuchungen gelehrt, dass es Podophthalmen giebt mit wohlentwickelten Augenstielen, aber ohne darauf sitzende Augen. Will man schematisch dasjenige Organ für höher schätzen, welches fehlen kann, wenn ein anderes persistirt, so ergeben sich seltsame Resultate. Solche Thatsachen lehren nur, dass jedes Schema in der Naturbetrachtung eine Unwahrheit enthält, denn die Natur ist immer mannigfaltiger als unsere Gedanken über die Natur.

Man könnte mir auch einwerfen, dass die Pinnulae functionell nur etwas modificirte Armäste seien, dass der Augenschein lehre, dass sie nur Theile des Armes, Endorgane des Armes repräsentiren. Somit sei gar kein Unterschied zwischen Arm und Pinnulae zu machen, selbst wenn die Entwicklungsgeschichte einen solchen zulasse. Dem gegenüber behaupte ich: gerade morphologisch wie functionell bestehen tiefgreifende und wesentliche Unterschiede zwischen Arm und Pinnula. Der Arm ist ein Theil der Munddecke, er entsteht als solcher, er hat wie diese Skelettelemente, Ambulacralrinnen und Gefässe; ob er aber einen irgendwie bemerkenswerthen Nervenplexus, oder etwa einen kräftigen Nervenstrang wie die Asteridenarme enthalte, ist mehr als zweifelhaft, denn der früher für einen Nerven gehaltene Strang ist neuerdings als nicht nervös nachgewiesen worden; dass der Arm fast nicht sensibel ist, davon kann man sich leicht durch das Experiment überzeugen. Dem gegenüber muss hervorgehoben werden, dass die Pinnulae überaus empfindlich sind, dass sie die Nahrungsaufnahme vermitteln, dass sie allein die Fortpflanzungsorgane

enthalten. Die drei wichtigsten vitalen Processe: Empfindung, Nahrungsaufnahme, Fortpflanzung, sind einzig und allein an die Pinnulae gebunden. Der Arm theilt seine vegetativen Functionen mit der Munddecke, und nur die Bewegungen des *Antedon* werden von den Armen ausgeführt, aber diese nachträglich erworbene Function kann den Mangel der drei anderen nicht aufwiegen.

Aber auch morphologisch besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen Arm und Pinnula. Bronn<sup>16)</sup> sagt S. 224 bei Besprechung der Regenerationsvorgänge der Echinodermen: „Nur die Bildung der Pinnulae, welche nicht mehr durch Gabelung aus den Armen und ihren Verzweigungen entstehen, folgt einer eigenthümlichen Regel“. Die Arme können sich theilen, so oft sie wollen. Ich verweise auf Beyrich's<sup>17)</sup> *Encrinus*, auf Carpenter's<sup>18)</sup> *Actinometra*, ich verweise auf den oben beschriebenen fast regellosen Verlauf der Gabelung bei *Pentacrinus cf. pentagonalis*, auf *Solanocrinus gracilis* mit seinem abnormen Armverlauf. Wer sich je mit Crinoiden beschäftigt hat, der wird wissen, wie wenig specifischen Werth die Gabelungen der Arme besitzen. Während sich so die Arme beliebig vermehren können, werden einzelne verlorene Pinnulae nicht wieder ersetzt, (dass abgebrochene Armstücke der *Antedon* mit den Pinnulis wieder nachwachsen, beeinträchtigt diesen Satz nicht) können neue Pinnulae auf den Armen nicht eingeschaltet werden.

Auf die letztere Thatsache möchte ich ein besonderes Gewicht legen, weil sie in dem Wachsthum aller bekannter Crinoiden wiederkehrt und von Joh. Müller in einem Wachsthumsgesetz zusammengefasst worden ist. Auf jedem Armglied steht nur eine Pinnula. Die Arme erscheinen dadurch mit alternirenden Aesten besetzt. Eine Vermehrung der Pinnulae auf einem bestimmten Armabschnitt kann nur dadurch entstehen, dass die Armglieder keilförmig werden und wechselzeilig in einander greifen. Dagegen kann eine Vermehrung der Armglieder durch Syzygia stattfinden, ohne dass neue Pinnulae an diesen Gliedern entstünden, denn Joh. Müller hat als durchgreifendes Gesetz gefunden, dass bei Syzygialgliedern nur das Epizygone eine Pinnula trägt, dass aber das Hypozygone nie eine solche erhält. Wenn die Pinnulae nun aber secundäre Aeste der Arme wären, so könnten sich solche wechselzeilige Arme endlich ganz theilen und auf ihrer Innenseite einen neuen Besatz von Pinnulae erhalten. Auch das ist noch nie beobachtet worden, denn Joh. Müller formulirte in einem zweiten Gesetz: Zweizeilige Arme theilen sich nicht mehr. Alle diese Thatsachen, die wir kurz referirten, beweisen nur das eine: Die Pinnulae zeigen wesentliche physiologische und morphologische Unterschiede gegenüber den Armen, sie haben nach beiden Richtungen eine höhere Dignität als die Arme; die Arme repräsentiren das variirende schwankende, die Pinnulae, das feststehende, bestimmende Element im Bau des Crinoidenarmes.

Aber noch ein letzter, schwerwiegender Einwurf bleibt zu discutiren übrig, ein Einwurf, der geeignet ist, das Fundament meiner ganzen Folgerungen zu erschüttern und meine darauf fussenden Schlüsse werthlos zu machen. Man könnte sagen, dass die Embryonal-Pinnulae, die ich an den *Antedon*-Larven beobachtete, nur vorübergehende Embryonalorgane seien und als solche keinen Werth für genetische Schlüsse besitzen. Denn, so könnte man rasonniren, die primäre Pinnula, welche also zuerst entsteht, verschwindet beim ausgewachsenen *Antedon* vollständig, sie wird abgeworfen wie die Wimperstreifen des Pseudembryo. Also wenn das grundlegende Organ verloren gehen kann, so ist es eben nicht grundlegend.

Ich mache dem gegenüber nochmals nachdrücklich darauf aufmerksam, dass die älteste Crinoiden-Gattung *Marcocystella* keine Arme, wohl aber einen Kranz gleichlanger Pinnulae auf der Munddecke trägt und dass diese Thatsache schon für sich vollständig genügen muss, um den Satz auszusprechen, dass die Pinnulae früher vorhanden sind als die Arme; dass die Thatsachen der Ontogenie folglich eine einfache Bestätigung dieser sicheren palaeontologischen Thatsache abgeben.

Die primäre Pinnula des *Antedon rosaceus* ist freilich binfällig, aber glücklicherweise hat der Solenhofener Schiefer bessere Beweise aufbewahrt, als das Mittelmeer uns bietet. Denn *Antedon pinnatus* besitzt noch auf dem Radiale III die mediane primäre Pinnula. Ich entdeckte sie zuerst durch Anschleifen auf der Taf. XXVI, Fig. 10a abgebildeten Krone der Münchener Sammlung. Dann fand ich sie in unverkennbaren Resten an einer zerfallenen Krone des Berliner Museum. Taf. XXVI, Fig. 8. Auf dem Radiale III sitzt eine kurze unpaare Pinnula, welche bei dem Münchener Exemplar noch drei Glieder erkennen lässt. Ich suchte nun auch bei meinen Kronen von *Solanocrinus* nach der medianen primären Pinnula und fand dort an Stelle derselben einen wohl abgegrenzten Zapfen auf dem Radiale Axillare, der sich schon äusserlich als etwas sui generis erkennen lässt. Man vergleiche *Solanocrinus costatus*, Taf. XXV, Fig. 6a und *S. gracilis*, Taf. XXV, Fig. 2a, 2b. An den letzteren war ausserdem auf der Gelenkfläche mit aller Sicherheit zu erkennen, dass dieser Zapfen sich auch innerlich durch zwei Nähte deutlich abgrenzt von der Kalkmasse des Axillare. Sogar Quenstedt, l. c. bildet diesen Zapfen auf Taf. 96, Fig. 26 von *S. costatus* mit aller Deutlichkeit ab. Die erwähnten Verwachsungsnähte konnte ich auch an dem angeschliffenen Armstück, Taf. XXV, Fig. 4, von *S. gracilis* var. beschreiben. Gabelt sich der Arm ein zweites Mal, so scheint sich auch das Spiel der medianen Pinnula zu wiederholen, welche in der Gabel sitzen bleibt und als Zapfen auf dem Axillare<sup>2</sup> anschmilzt, wie *S. gracilis*, Taf. XXV, Fig. 2a, 2b recht deutlich erkennen lässt; oder aber die Gliederung bleibt erhalten, wie bei *S. gracilis* var., wo beim Anschleifen dieser Zapfen als aus mehreren Gliedern aufgebaut nachgewiesen werden konnte, Taf. XXVI, Fig. 4.

Nachdem ich bei *Antedon* und *Solanocrinus* die primäre mediane Pinnula überall wiedergefunden hatte, versuchte ich mein Glück bei den übrigen Articulaten mit dem nämlichen Erfolg. Auf den Abbildungen von Loriol<sup>21</sup>) sind sie so vortrefflich charakterisirt, dass ich mir erlaubt habe, einige der typischen Formen zu copiren, nämlich:

<i>Eugeniocrinus Deslongchampsii</i>	l. c. T. 10. F. 13b . . .	Taf. XXIV, Fig. 2a.
<i>Cotylecrinus docens</i>	. . . . l. c. T. 20. F. 15c . . .	„ XXIV. „ 2b.
<i>Apiocrinus Parkinsoni</i>	. . . . l. c. T. 30. F. 2c . . .	„ XXIV, „ 2c.
„ <i>elegans</i>	. . . . l. c. T. 32. F. 1b . . .	„ XXIV, „ 2d.
„ <i>polyciphys</i>	. . . . Loriol <sup>20</sup> ) T. V. F. 1d . . .	„ XXIV, „ 2e.

Und dass die Gattung *Pentacrinus* die primäre mediane Pinnula in recht auffälliger Weise bis zum heutigen Tage erhalten hat, das lehrt Carpenter<sup>19</sup>), Taf. 26, Fig. d, welche ich auf Taf. XXIV, Fig. 2f copirte.

Da ich mich in dieser Arbeit ausschliesslich mit Articulaten beschäftigte und mir nur ein relativ geringes Material von Tesselaten zur Durchsicht vorlag, kann ich hier auf diese nicht näher eingehen, und will nur beiläufig erwähnen, dass ich den medianen Zapfen auch an ihnen beobachtete. Ich glaube aber mit diesen palaeontologischen Thatsachen die Annahme wiederlegt zu haben, dass die primären

Pinnulae der *Antedon*-Larve nur hinfällige Embryonalorgane seien, und wenn ein Organ in der Entwicklung der Larve eine gewisse dominirende Rolle spielt, wenn es bei allen verwandten Gattungen, den recenten wie den jurassischen, nachzuweisen ist, so hat ein solches Organ eine gewisse Werthigkeit und darf nicht als secundär erworbener Larvencharakter gedeutet werden.

Aber neben ihrer interessanten morphologischen Stellung haben die der primären Pinnula homologen Gelenkzapfen des Radiale axillare vielleicht noch eine andere systematisch formale Bedeutung. An Stelle der früher herrschenden Unsicherheit über die Grenze zwischen Arm und Kelch trat erst Klarheit, seit Zittel das Schultze'sche<sup>22)</sup> Gesetz durchführte: die Arme beginnen an der ersten, durch eine erhabene Skulptur charakterisirten Gelenkfläche. Für die Artikulaten habe ich mich überzeugt und glaube auf Taf. XXIV, Fig. 2 nachgewiesen zu haben, dass dieser Horizont der Gelenkfacetten ident ist mit dem Horizont der angeschmolzenen primären Pinnula. Wir haben nun soeben auseinander gesetzt, dass die Pinnulae das Wesentliche am Arm des Crinoiden darstelle, dass ein Arm ohne Pinnulae eine ähnliche Rolle spiele wie ein Krebsaugenstiel ohne Auge. Angewandt auf das Schultze-Zittel'sche Gesetz gewinnt dieses eine überraschend naturgemässe Begründung, denn dasselbe besagt dann nichts anderes als: Der Arm beginnt mit der ersten Pinnula. Eine consequente Durchführung dieser Regel dürfte allen formalen Anforderungen genügen. Aber ich glaube nicht, dass morphologisch eine scharfe Trennung von Arm und Kelchglied möglich ist, nachdem wir zeigen konnten, welche indifferent vermittelnde Rolle die ersten Armglieder des *Solanocrinus imperialis* spielen. Ich glaube nicht, dass man zwei Crinoiden nach diesem Princip genauer vergleichen darf, dass die Kelcharmgrenze ein Horizont des Crinoidenkörpers überhaupt sei, besonders sofern es sich um die Vergleichung der monocyclischen und dicyclischen Basis handelt. Die Verhältnisse und Beziehungen dieser beiden Typen sind meines Erachtens verwickelter als man bisher anzunehmen geneigt war — im Folgenden muss ich Gelegenheit nehmen, dieses Thema kurz zu behandeln. Denn als ich oben sagte, dass alle Articulaten ein Rudiment der primären Pinnulae besäßen, habe ich eine Ausnahme verschwiegen.

Das Radiale von *Encrinus* besitzt, wie Taf. XXIV, Fig. 2g zeigt, wohl einen scharfen medianen Kamm, aber keinerlei Sculptur, welche sich dem medianen Gelenkzapfen der anderen Axillaria gleichstellen liesse. Ich verdanke es der hohen Liebenswürdigkeit des Herrn Geheimrath Beyrich, dass ich das Original-exemplar zu meiner Copie in dem Berliner Museum selbst studiren durfte. Wie ich schon aus Beyrich's Abhandlung<sup>1)</sup> Fig. 6 ersehen hatte, ist ein einfacher schmaler Kamm vorhanden, an dem ich keinerlei Nähte entdecken konnte, und den für das Rudiment oder ein Homologon der primären medianen Pinnula zu halten ich einiges Bedenken trage. Es ist recht wohl möglich anzunehmen, dass die primäre Pinnula hier wie bei *Antedon rosaceus* hinfällig war und, wenn nicht andere That-sachen vorlägen, würde ich mich mit dieser ganz plausibeln Annahme behelfen. Allein es scheint mir das Fehlen der primären interradianen Pinnula auf dem Radiale des *Encrinus liliiformis* doch ein ursprüngliches zu sein, und es sei mir gestattet, meine Anschauungen hierüber darzulegen.

Wir hatten oben gezeigt, dass die Entwicklung des *Antedon*-Kelches von zwei Wachsthumsgesetzen bestimmt sei, welche wir folgendermassen formulirten:

Die morphologischen Hauptaxen drehen sich horizontal um 36°.

Die morphologische Hauptebene verschiebt sich vertical aus einem tieferen in einen höheren Horizont.

Die Worte „drehen“ und „verschieben“ sind nicht ganz wörtlich zu nehmen, denn es handelt sich in den ersten Falle darum, dass die perradiale Axe allmählich an morphologischem Werth verliert, dass die Skelettelemente, welche in den Axen erster Ordnung liegen, in ihrem Wachstum zurückbleiben, während zu gleicher Zeit ein Skeletttheil auf der interradianalen Axe entsteht, stark wächst und allmählich den wichtigsten Theil des Kelches bildet. So verlagert sich das morphologische Schwergewicht von der perradialen auf die interradianale Axe. In der gleichen Weise ist die „Verschiebung der Hauptebene“ eine abgekürzte Formel für den Vorgang, dass der unterste zuerst entstandene Tafelchenkreis, welcher in dem archicyclischen Stadium der Larve die dominirende Rolle spielt, dieses Uebergewicht allmählich einbüsst, indem das Flächenwachsthum der Basalia aufhört. Dafür entsteht über dem ersten Tafelkreis ein zweiter Kreis von Skelettplatten, die Radialia, welche ein sehr rasches, kräftiges Wachstum besitzen und dadurch die dominirende Rolle anstatt des untersten Tafelkreises übernehmen.

Aber diese beiden Entwicklungsprocesse, welche von bestimmendem Einfluss in der Ontogenie des *Antedon* sind, sie stehen nicht vereinzelt da, denn die Entstehung der dicyclischen Basis der Crinoiden aus der monocyclischen Basis ist nichts weiter als eine Fortsetzung derselben beiden Entwicklungsprocesse.

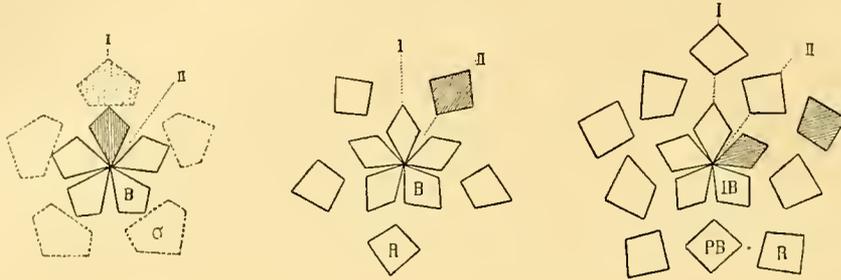
Es giebt wohl wenig Fragen aus der Echinodermenmorphologie, welche gleiche Aufmerksamkeit beansprucht, gleiche Meinungsverschiedenheiten hervorgerufen hätten, als die Deutung der dicyclischen Basis. Ich betrachte es nicht als meine Aufgabe, eine historische Uebersicht der Anschauungen darüber mitzutheilen, sie sind Jedem bekannt. Die Frage muss möglichst unbefangen und ohne jede vorherige spekulative Meinung behandelt werden und ich lasse die Thatsachen für sich sprechen. Aber wie wir schon oben sagten, zwei Krystalle kann man nur dann vergleichen, wenn man sie parallel orientirt; so kann man die beiden Basen nur dann wissenschaftlich vergleichen, wenn man die gleichen Axen parallel aufstellt. Die einzige Möglichkeit auf dem sicheren Boden der Thatsachen zu gehen, ist dann, wenn man die Entwicklungsgeschichte als Norm betrachtet, jede andere Voraussetzung ist nicht berechtigt. Und als eine solche gänzlich unbeweisbare Voraussetzung muss man den Satz von „der Constanz der ersten Armgabelung“ halten, denn das ist das übliche, stillschweigend anerkannte Axiom.

Das Basale entsteht beim Embryo des *Antedon* zuerst; es ist kein Grund vorhanden anzunehmen, dass es bei den fossilen Crinoiden anders gewesen sei, und durch Wachsmuth ist nachgewiesen worden, dass das Basale der fossilen paläozoischen Crinoiden an jugendlichen Exemplaren immer die grösste Kelchtafel ist, und indem wir die dadurch fixirten Axen als I. Ordnung oder perradial bezeichnen, orientiren wir die Basen nach der Lage des ersten untersten Tafelkreises.

Nun hat man früher angenommen, dass die oft kleinen, rudimentären Basalglieder (Infrabasalia) der dicyclischen Basis aus dem Zerfall eines letzten Stielgliedes entstanden seien. Aber auch diese Annahme kann durch gar keinen Beweis gestützt werden. Beyrich hat sie mit aller Schärfe widerlegt, und als unbewiesene Annahme ist sie vorläufig, bis nicht Beweise für die Möglichkeit dieses Vorganges gebracht werden können, unhaltbar. Ich halte mich aus diesem Grunde für vollständig berechtigt, die Axen des untersten Tafelkreises auch in der dicyclischen Basis als perradial zu bezeichnen.

Beistehende Schemata sind nach dem schon oben angewandten Axenschema so orientirt, dass eine perradiale Axe oben in die Mitte zu stehen kommt.

Das Schema links stellt den archicyclischen Bau des Kelches der Antedonlarve dar. B sind die Basalia, O die Oralia, welche punktirt gezeichnet wurden, weil sie in der Anatomie des Crinoidenkelches die nebensächlichste Rolle spielen und meistens obliteriren (doch vergl. unten S. 186).



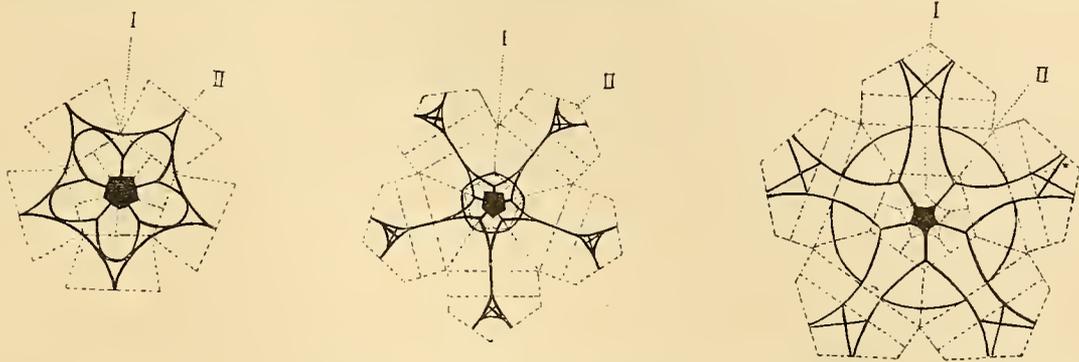
Wie schon erwähnt wurde, liegen die Basalia perradial in der Axe I, während auf der interradianalen Axe II noch keine Skelettelemente vorhanden sind.

Das mittlere Schema entspricht dem beinahe erwachsenen Antedonkelch, oder jeder beliebigen monocyclischen Basis. Wie das nebenstehende Schema, wurde auch dieses so orientirt, dass die Basalia perradial liegen. Dass hierdurch die Radialia interradianal zu stehen kommen, ist leicht einzusehen. Während die morphologisch wichtigsten Platten der archicyclischen Basis perradial liegen, finden wir die morphologisch wichtigsten Theile der monocyclischen Basis interradianal gelegen; mit anderen Worten beim genetischen Uebergang aus jener zu dieser Basis haben sich die morphologischen Hauptaxen um  $36^{\circ}$  gedreht.

Wir wenden uns nun zu dem rechtsstehenden Schema einer dicyclischen Basis des *Encrinus*. Auch hier wurde consequent die Axe des ersten Tafelkreises oben senkrecht gedacht. Wir sehen die Homologen der Basalia in den Infrabasalia, die Homologen der monocyclischen Radialia in den Parabasalia. Ein neuer wieder perradial stehender Tafelkreis hat sich entwickelt: die Radialia der dicyclischen Basis. Und wie beim Uebergang der archicyclischen zur monocyclischen, so erkennen wir aus den Beziehungen der monocyclischen zur dicyclischen Basis, dass sich auch hier die morphologischen Hauptachsen um  $36^{\circ}$  gedreht haben. Jeder dieser Vorgänge für sich allein genommen ist wunderbar und räthselhaft, zusammen bilden sie eine einfache Entwicklungsreihe.

Allein nicht nur die Skeletttheile lassen das Walten dieses Entwicklungsgesetzes erkennen, nein auch das Gefässsystem ist demselben unterworfen. In derselben Orientirung wie oben folgen hier die Schemata des Gefässverlaufes. Das Schema links (nach W. B. Carpenter und H. Ludwig) stellt das Stadium in der Entwicklung des *Antedon rosaceus* dar, wo in dem substituierenden Wechselspiel der beiden morphologischen Hauptaxen ein gewisser Gleichgewichtszustand erreicht ist. Die Skelettelemente, ebenso wie die Gefässe des ersten Tafelkreises, haben ungefähr die gleiche Dignität wie die des zweiten. Das Vorwalten aber der interradianalen Hauptaxen und das allmählich immer stärkere Zurücktreten der perradialen Organe bringt das mittlere Schema, ein ausgewachsener Kelch von *Antedon rosaceus* (nach H. Ludwig), zur Darstellung. Indem man beide vergleicht, fällt der Reductionsprocess des untersten innersten (Basal-) Kranzes deutlich in die Augen, ein Prozess, der in dem rechtsstehenden Schema der dicyclischen Basis von *Encrinus liliiformis* (nach Beyrich) seinen Höhepunkt erreicht hat. Hier enthalten die Tafeln des

ersten Kreises überhaupt keine gesonderten Gefässstämme mehr, sondern diese sind zu einem axialen Sinus verschmolzen. Aber auch die interradianalen Stämme des zweiten Tafelkreises haben ihre Bedeutung

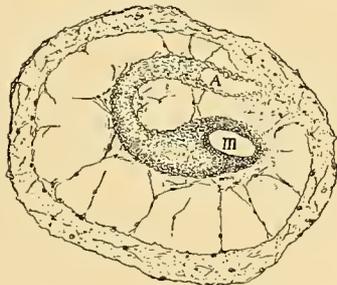


eingebüsst und übertragen ihre Functionen auf die perradianalen Gefässstämme des äussersten Tafelkranzes. Hier, wie bei den Skeletttafeln constatiren wir, dass bei der Entwicklung der monocyclischen aus der archicyclischen und der dicyclischen aus der monocyclischen Basis die morphologischen Hauptaxen sich jedesmal um  $36^\circ$  drehen, in der Weise, dass die Organe auf den einen Axen in ihrem Wachsthum zurückbleiben, die auf den anderen Axen aber sich kräftig entwickeln.

Wir stellten zweitens fest, dass mit diesen beiden Prozessen jedesmal eine Verlagerung der morphologischen Hauptebene in einen höheren Tafelkreis stattfindet.

Eine Frage nur ist noch zu untersuchen, nämlich die, ob das Austauschen der morphologischen Hauptaxen beide Male in der gleichen Richtung erfolge?

Um diese Frage zu entscheiden, muss ich auf ein letztes Capitel aus der Ontogenie des *Antedon* zurückgreifen, das wir oben erläutert haben. Beistehende Figur ist nach einem entkalkten Dickschnitt



(0,2 mm) gezeichnet. Das Darmrohr ist unterhalb des Mundes (m) und der Afteröffnung (A) geschnitten. Vom Munde aus erweitert es sich etwas, um dann in einer links gerichteten spiralen Windung mit engerem Lumen zu verlaufen. Die Darmwand besteht aus rundlichen kleinen Zellen. Das Darmrohr ist durch zarte bindegewebige Fasern an der Leibeswand befestigt; diese Mesenterialfasern zeigen vereinzelte Kerne und entspringen aus dem Bindegewebe der Leibeswand am Peritoneum. Die links gewundene Richtung des Darmrohres bei *Antedon* könnte ein zufälliges Merkmal sein; allein wir wissen durch Ludwig, dass das Darm-

rohr aller Echinodermen (excl. der Holothurien) links gewunden verlaufe. In diesem Zusammenhang gewinnt die Richtung der Darmwindung schon bei so jungem Larvenstadium einen höheren Werth, und ich stehe nicht an, sie mit der Drehung der morphologischen Hauptaxen in einen ursächlichen Zusammenhang zu bringen und die Vermuthung auszusprechen: Die links gewundene Richtung des Darmrohres bei *Antedon* ist bedingt durch die drehende Bewegung der morphologischen Hauptaxen. Andererseits glaube ich auf Grund der vorgebrachten Thatsachen (und unter

der Voraussetzung, dass der centrale Mund der Larve den Fixpunkt der Darmdrehung repräsentire) mich zu sagen berechtigt: Die Drehung der morphologischen Hauptaxen des Crinoidenkelches erfolgt bei ventraler Betrachtung von links nach rechts (wie der Zeiger der Uhr). Wir zeigten, dass ebenso wie das Gesetz von der Drehung der Axen, so auch das Gesetz von der Verschiebung der Hauptebene in gleicher Weise von der archicyclischen zur monocyclischen und von dieser zur dicyclischen Basis sich verfolgen lasse, denn statt des zweiten Tafelkreises tritt ein neuer, dritter Tafelkreis in die Function des armtragendes Horizontes. Berücksichtigt man also, dass mit der zweifachen horizontalen Drehung der Axen zugleich eine zweimalige verticale Verschiebung der Ebene stattfindet, so können wir uns diese beiden Processe vereinigt denken, indem wir sie in einer linksgewundenen Spirale darstellen.

Obgleich ich nummehr alles Rüstzeug besitze, um den Mangel der primären Pinnula auf dem Axillare des *Enerinus liliiiformis* zu erklären und als einen wirklichen ursprünglichen Mangel zu charakterisiren, so will ich doch noch kurze Zeit bei dem eben angeregten und kurz skizzirten Ideenkreise verweilen; ich darf einige Consequenzen nicht verschweigen, welche von tieferer Bedeutung sind für die Morphologie des Crinoidenkelches. Denn die Consequenz meiner hier vorgetragenen Anschauungen ist die: dass die erste Gabelung der Arme ein schwankender Punkt sei, dass die Doppelarme der monocyclischen Basis an einer anderen Stelle des Kreises entspringen, als die der dicyclischen Basis; dass das Radiale (axillare) der monoc. Basis homolog sei dem Parabasale der dicycl. Basis, dass das Radiale der letzteren ein ganz neues Skeletttheil ist. — Ich habe es mir lange und reiflich überlegt, habe jede Möglichkeit geprüft, wie man sich die dicycl. Basis durch Einschaltung aus der monoc. Basis herleiten könne; ich bin aber zu dem Schlusse gekommen, dass dieses kaum möglich ist. Die wenigen Thatsachen, welche wir zur Stütze dieser Anschauung weiter unten bringen werden, lassen sich auch in anderer Weise recht gut erklären. — Man könnte auch annehmen wollen, dass der unterste Tafelkranz der dicyclischen Basis aus dem Zerfall eines Stielgliedes entstanden sei. Aber es giebt bis heute noch keinen Beweis für diese Anschauung, während Beyrich die Ungereimtheit derselben schon längst dargethan hat. Wir müssen uns daher hineinfinden, dass das Radiale der dicycl. Basis ein neu hinzugekommener Skeletttheil sei.\*)

Man kann einige Thatsachen hier erwähnen, welche den Weg dieses Vorganges andeuten: Auf Seite 170 schilderte ich die Anordnung der Krystallaxen in den Kalkplatten des *Solanocrinus imperialis* und sagte Satz 6: Die ersten Armglieder bilden in der Richtung ihrer Krystallaxen einen Uebergang von der radialen Stellung der Kelchglieder zu der tangentialen Stellung der Armglieder. Dass fast alle ersten Glieder der 20 Arme symmetrisch diese Erscheinung zeigen, scheint mir dafür zu sprechen, dass es keine zufällige, sondern eine morphologisch begründete Erscheinung ist. Es zeigt nur diese Beobachtung, dass der Gegensatz zwischen Kelch- und Armglied kein ganz scharfer sei und dass unter Umständen Armplatten in den Verband des Kelches treten können und als Kelchplatten aufgenommen werden. Der brachiale Pseudokelch des *Solanocrinus costatus* giebt in diesem Sinne auch zu denken. Die principielle Schwierigkeit der hier vorgetragenen Anschauung

\*) Man müsste denn annehmen, dass dieses Radiale der dicycl. Basis dem Orale des Antedonembryo entspreche, eine Annahme, die sich wohl vertheidigen und mit gewissen Daten stützen liesse.

von dem peripheren oder terminalen Hinzutreten neuer Kelchtafeln ist also keine grosse; um so mehr als bekanntlich die genaue Bestimmung der Grenzen von Kelch und Armen immer grosse Meinungsverschiedenheiten hervorgerufen hat. Und eine Thatsache, die in zweierlei Weise betrachtet werden kann, muss doch auch zwei Gesichter haben. Dagegen ist die Anschauung von der Einschaltung neuer Kelchtafeln schwer zu vertheidigen, und die Anschauung, dass die Infrabasalia aus dem Zerfall eines Stielgliedes entstanden seien, ist auf keine einzige Beobachtung begründet.

Dass nun die praktischen Consequenzen der hier vorgetragenen Auffassung ziemlich tiefgreifende sind, kann ich nicht laegnen, denn sie führt zu der Ansicht, dass die übliche Homologisirung der Kelchtafeln unrichtig ist.

Wenn man zoologisch consequent sein will, so müsste man folgendermassen homologisiren:

monocyclische Basis	dicyclische Basis
Basale . . . . .	Infrabasale
Radiale . . . . .	Parabasale
erstes Armglied . . . . .	Radiale
zweites Armglied . . . . .	erstes Armglied

und dem entsprechend müsste für das Radiale der dicyclischen Basis ein neuer Name, vielleicht Epiradiale, geschaffen werden.

Allein ich zweifele, ob eine solche puritanische Benennung den Forderungen der praktischen Paläontologie entspricht. Denn der erste Tafelkreis der dicyclischen Basis ist gewöhnlich so versteckt und von den anderen Platten überwachsen, dass er nur durch Präparation sichtbar gemacht werden kann. Vielleicht ist manche Centrodorsalplatte eines bisher für monocyclisch gehaltenen Kelches nur verschmolzen aus den Basalia (Infrabasalia) einer dicyclischen Basis (s. o. *Millericrinus nobilis*).

Demgegenüber fällt die Insertion der Arme, welche wir als schwankend bezeichneten, dem Beobachter zuerst in die Augen. Schwierigkeiten findet man unter allen Umständen und wir müssen es daher als einen glücklichen Griff bezeichnen, dass Zittel sich in seiner Systematik für die indifferenten Namen der Infrabasalia und Parabasalia entschieden hat; das ist die beste und naturgemässeste Lösung der Frage.

Die Dinge würden anders liegen, wenn man die Zahl der Tafelkreise systematisch benutzen könnte und zwei grössere Gruppen von: monocyclischen und dicyclischen Crinoiden aufzustellen im Stande wäre. Aber das ist unmöglich, denn die Entstehung der dicyclischen Basis ist die Fortsetzung eines Bildungsprocesses, welcher in der Embryonalentwicklung des Antedon eine hervorragende Rolle spielt. Ein solcher Charakter kann und darf keinen hohen systematischen Werth haben. Und wenn man einen Blick in Zittel's Handbuch wirft, so überzeugt man sich, dass sehr nahe verwandte Gattungen monocyclisch bez. dicyclisch sind — der beste Beweis für die Richtigkeit unserer Auffassung.

Welche Schwierigkeiten eine consequente Homologie des Kelches bietet, das lernen wir am besten von Beyrich, der bei Beurtheilung des *Encrinus*-Kelches sagt: „Eine Uebertragung der terminologischen Ausdrücke der monocyclischen Basis auf die entsprechenden Theile des *Encrinus* würde dahin führen, bei nächstverwandten Gattungen Gleichwerthiges mit ungleichen Benennungen zu belegen.“ Ich schliesse mich mit ganzem Herzen diesem Urtheil an; dass die übliche Benennung der Kelchtheile unsequent ist und Homologie mit Analogien verwechselt, ist vom zoologischen Standpunkte nicht zu verschweigen,

dass sie aber überaus praktisch ist, das lehrt ein Blick in Zittel's Palaeontologie oder eine andere systematische Crinoidenarbeit. Da also die heute übliche Benennung der Tafelkreise des Kelehes allen Anforderungen der praktischen Paläontologie entspricht und sich als bequem und einfach bewiesen hat, da hingegen eine zoologisch richtigere und consequentere Benennung nur mit grossen Schwierigkeiten durchgeführt und angewandt werden könnte, so glaube ich, dass vorläufig keine zwingenden Gründe vorliegen, eine Aenderung vorzunehmen. Es genügt, dass man sich bewusst bleibe, dass die Radialia der monocyclischen Basis und der dicyclischen Basis nicht homologe, sondern nur analoge Gebilde sind, dass sie sich nur physiologisch, nicht morphologisch entsprechen.

Durch die Vergleichung der Kelehbasisen sind wir somit von einem ganz anderen Ausgangspunkt und auf einem ganz anderen Wege zu einem Resultat gekommen, dass wir schon oben unabhängig, aus der Entstehung der Arme und ihrer morphologischen wie physiologischen Stellung geschlossen hatten: die Arme der Crinoiden besitzen eine untergeordnete Dignität. Wir zeigten nun hier, dass die erste Gabelung der Arme das eine Mal interrarial, das andere Mal perrarial erfolge, die 10 primären Armäste stehen in beiden Fällen in den Axen III. Ordnung, also adradial, was ich hier nochmals ausdrücklich hervorhebe. Es findet keine Wanderung der Arme statt. Schwankend ist nur der Punkt, an dem sich die Arme zum ersten Male gabeln. Da wir nun schon oben S. 161 darauf aufmerksam gemacht haben, dass die zweite und folgende Gabelung der Arme eine überaus regellose sein kann, so enthält der eben aufgestellte schwerwiegende Satz keine principiellen Bedenken. Nur eine Consequenz enthält er — und endlich kommen wir auf den Ausgangspunkt unserer Erörterungen zurück.

Wir haben S. 165 festgestellt, dass die primäre Pinnula interrarial entsteht. Wie wir weiter sahen, entsteht der Doppelarm des *Antedon* ebenfalls interrarial und wenn er sich dann gabelt, steht natürlich die interrariale primäre Pinnula in der Gabel darin.

Wir haben dann auseinander gesetzt, dass der Doppelarm auf der dicyclischen Basis perrarial entsteht und sich folglich auch perrarial gabelt. Wenn sich nun, was man mit hoher Wahrscheinlichkeit annehmen darf, die Larve des *Encrinus* ebenso entwickelt wie die des *Antedon*, so stand auch hier die primäre Pinnula interrarial. Indem sich aber der Arm perrarial entwickelte, fand er bei seiner Gabelung die primäre Pinnula nicht über sich, sondern nur zwei benachbarte adradiale secundäre Pinnulae. Die beiden adradialen Gabeläste nahmen die beiden adradialen Pinnulae mit empor, die primäre Pinnula aber kam auf der Gelenkebene zwischen den beiden Axillaria (Epiradialia) zu stehen, also an einer Stelle, wo ihr jede Gelegenheit fehlte, mit irgend einem Skeletttheil zu verschmelzen. Dass sie hier ein hinfälliges und vergängliches Dasein geführt hat, darf uns nicht Wunder nehmen. Deshalb glaube ich annehmen zu sollen, dass das Axillare der dicyclischen Basis von *Encrinus* tatsächlich niemals eine primäre mediane Pinnula getragen habe, und dass der Mangel eines homologen Gelenkzapfens als ein wohlbe gründeter nachgewiesen werden konnte.

Ebenso consequent wie ich die eine Anschauung soeben durchgeführt habe, will ich aber nun auch die gegentheilige Anschauung beleuchten. Es kann nicht meine Aufgabe sein, hier ein endgültiges Urtheil abzugeben, sondern nur eine kritische Discussion zu versuchen. Wenn man entgegen der soeben auseinandergesetzten Theorie das Radiale der dicyclischen Basis homolog dem Radiale der monocyclischen Basis erklären will, so muss man zwei Sätze voraussetzen: 1) Die Entwicklung der fossilen Crinoiden

erfolgte in völlig anderer Weise als die des lebenden *Antedon*. 2) Die erste Armgabelung ist ein morphologisch feststehender Punkt und die Arme sind der grundlegendste Theil des Crinoidenkörpers.

Der erste Satz ist nicht zu beweisen und hat weniger Wahrscheinlichkeit als das Gegentheil. Der zweite Satz erregt Bedenken, weil die älteste Crinoidengattung *Macrocystella* keine Arme, wohl aber Pinnulae besitzt, und weil alle Armgabelungen bei Crinoiden überaus regellos erfolgen. Immerhin darf ich nicht verkennen, dass diese beiden Sätze wohl unwahrscheinlich, aber doch denkbar sind und dass dann die Homologie des monocyclischen und dicyclischen Radiale zu retten wäre.

Wir führten schon oben im Anschluss an Beyrich aus, dass ein Zerfall des obersten Stielgliedes zu den 5 rudimentären Infrabasalia eine willkürliche unbeweisbare Annahme sei. Es bleibt somit nur die eine Möglichkeit, dass in umgekehrter Richtung nach unten, unter den Parabasalia, vollständig neue „autochthone“ durch keine andere Anlage vorbereitete Skelettplatten entstanden. Es würden in diesem Falle ebenso leicht 6 wie 3, 4 oder 2 Infrabasalia haben entstehen können, da die ganze Anlage durch keine Wachstumsregel beeinflusst war. Für diese Ansicht könnte man die Taxocriniden mit 3 Infrabasalia, die Ichthyocriniden mit 3 Infrabasalia, die Polypeltiden mit 8 Infrabasalia, die Glyptocriniden mit 3 Infrabasalia anführen. Dann aber würde der Mangel der medianen Pinnula als Gelenkfortsatz des Axillare bei *Encrinus* sich als eine ähnliche Erscheinung darstellen, wie derselbe Mangel bei *Antedon rosaceus*, und die übliche Homologisierung der beiden Crinoidenbasen wäre gerechtfertigt. Aber selbst in diesem Falle glaube ich daran festhalten zu müssen, dass die Pinnulae keine Armäste sind und dass dieselben eine höhere Dignität besitzen als der Arm. Ich begründete diese Anschauung nicht so zweifellos durch die Thatsachen der *Antedon*-Ontogenie (welche ja immer gegen den Vorwurf der „Fälschung“ zu vertheidigen ist) als vielmehr durch die morphologischen Erscheinungen an lebenden und fossilen Armen, durch die Gesetze von Joh. Müller und die Autorität Bronn's. Ausserdem erwähnte ich schon früher, dass die älteste Crinoidengattung *Macrocystella* ein sprechender Beweis für diese Ansicht sei; und so darf ich nicht versäumen, zum Schlusse diese Seite der Frage näher zu beleuchten.

Durch Neumayr ist zuerst die Aufmerksamkeit der Palaeontologen auf die Cystoiden als Stammformen der Crinoiden gelenkt worden, und im Anschluss an Neumayr's Theorie suchte ich unter den bis heute beschriebenen Beutelstrahlern nach Formen, welche jenen Stammeltern der Crinoiden am nächsten stehen dürften.

In den tiefsten versteinierungsführenden Schichten treten schon Crinoiden auf, wenn auch die dort gefundenen Stielglieder auf keine sichere Gattung bezogen werden können. Die Vorfahren der Crinoiden müssen daher vorcambrische Formen gewesen sein. Allein es ist zu vermuthen, dass unter den cambrischen und untersilurischen Pelmatozoen sich wenigstens Formen befinden, welche den vermuthlichen Stammeltern nahe stehen und wenn gerade nicht alle, so doch einige Charactere von Jenen uns aufbewahrt haben.

Aber wo ist und welches ist der Masstab, nach dem wir beurtheilen können, welche unter jenen Charakteren von gemeinsamen Stammeltern geerbt, welche durch Anpassung neu erworben wurden? Giebt es ein Mittel, um diese erworbenen Eigenschaften der ältesten Pelmatozoen von den aus früheren Perioden vererbten zu scheiden?

Jeder neue Typus in einer Thiergruppe tritt nach den Erfahrungen der Paläontologie selten plötzlich, meist allmählich eingeleitet auf und nach einer gewissen Lebenszeit erreicht die neue Formengruppe mit

dem Höhepunkt ihrer Mengenentwicklung zugleich den Endpunkt ihrer Formenausbildung. Dass jene scheinbar unvermittelt auftretenden Typen aber in Wirklichkeit nicht so plötzlich entstanden, sondern dass ihre ersten Vertreter nur durch gewisse zeitlich und örtlich begrenzte Bedingungen erhalten wurden; dass mit anderen Worten die Unvollständigkeit geologischer Ueberlieferung in vielen Fällen der Grund eines scheinbar plötzlichen Auftretens war, ist mehrfach nachgewiesen worden und bestätigt somit: dass ein neuer Formentypus innerhalb einer Thiergruppe allmählich entsteht und dass die Charaktere eines solchen anfangs undeutlich entwickelt erst nach einer gewissen Zeit ihre endgültige Form, ihren Typus erhalten. Diejenigen Eigenschaften also, welche den vollendeten Typus einer Thiergruppe bestimmen, sind anfangs meistens nur wenig entwickelt und spielen eine bescheidene Rolle gegenüber den Eigenschaften, welche die Form schon besass, mit anderen Worten, welche sie von ihren Vorfahren ererbt hatte.

Im Silur finden sich aus der Gruppe der Pelmatozoen neben den Eucrinoideen nur noch Cystideen in reicher Formenentwicklung. Aber die dort auftretenden Cystideengattungen selbst können nicht die Vorfahren der Crinoideen gewesen sein, weil diese schon im Cambrium leben. Allein unter den ältesten Beutelstrahlern können sich Formen befinden, welche von dem Typus der gemeinsamen vorcambrischen Stammeltern nur in wenigen Charakteren abweichen.

Es tritt daher die Frage an uns heran, zu untersuchen, welche Eigenschaften der ältesten Beutelstrahler neu erworbene sind, und welche sie von ihren hypothetischen Vorfahren ererbt haben könnten. Wenn wir im Stande sind, die neuerworbenen Eigenschaften auszuscheiden und abzurechnen, so bleiben diejenigen Eigenschaften übrig, welche sie von ihren Ahnen überkommen haben müssen.

Die Cystoideen aus den mittleren und oberen Horizonten des Silur haben als charakteristisches Merkmal die gejochten oder in Rhomben angeordneten Poren der Kelchwand, und der vollendete Typus der Beutelstrahler wird durch diese Poren charakterisirt. Dem gegenüber ist es von hohem Interesse, dass dieses Kriterium eines typischen Cystoideen bei den cambrischen und untersilurischen Formen weniger ausgeprägt ist, so dass die Gruppe der Aporitiden fast nur untersilurische Formen enthält. Wir dürfen daher den oben ausgeführten Anschauungen entsprechend: diejenigen Cystoideen im Allgemeinen für älter, und den Stammformen der Pelmatozoen näherstehend halten, welche wenig entwickelte Poren besitzen. Allein die Lückenhaftigkeit und zufällige Ueberlieferung paläontologischer Funde wird mit Recht als Grund betrachtet, um einen Stammbaum, welcher nur auf Grund paläontologischer Erfunde aufgestellt wurde, für mehrdeutig zu halten. Erst dann, wenn die versteinerten Formen eine Kette bilden, welche den Stadien der embryologischen Entwicklung parallel geht; wenn die Thatsachen der Ontogenie und die der Paläontologie sich gegenseitig ergänzen und wechselseitig bestätigen, ist eine Bürgschaft der Wahrheit gewonnen. Darin liegt der hohe Werth der *Equus*-Entwicklung, wie der der Ammonoiten-Anfangskammer und anderer wichtiger Arbeiten.

Jeder nur embryologische ebenso wie jeder nur paläontologische Stammbaum ist unvollständig und berechtigten Zweifeln zugänglich.

Wir wiederholen daher zuerst noch einmal die allgemeinen Züge der *Antedon*-Entwicklung:

- 1) Die junge Larve ist bilateral-symmetrisch und freischwimmend. Bilaterales Stadium.
- 2) Die Larve setzt sich fest und wird allmählich radialsymmetrisch,
- 3) es entwickelt sich ein Stiel, der sich von dem Körper abgliedert,
- 4) Der radiale Bau wird fünfstrahlig durch die Anlage der Skelettelemente und
- 5) die Entstehung von 5 Embryonalpinnulae.
- 6) Indem 10 weitere Pinnulae entstehen, ist die orale Mundscheibe mit einem Kranz von zarten gleichlangen Tentakeln besetzt. archicyclisches Stadium.
- 7) Der fünfstrahlige Bau wird ausgeprägt, indem sich die Radialia bilden und 5 Wucherungen der Munddecke je drei Pinnulae emporheben.
- 8) Diese so spät entstehenden 5 Wucherungen unter den Pinnulaegruppen entwickeln sich zu den Armen und beginnen sich zum ersten Male zu gabeln. monocyclisches Stadium

Es ist eine schon oft betonte, merkwürdige Thatsache, dass die Larven aller Echinodermen aus einer bilateral-symmetrischen Form entstehen, und dass das auffälligste Merkmal dieser „Radiatengruppe“ in den ersten Entwicklungsstadien nicht vorhanden ist. Demgegenüber besitzen die Larven mancher bilateralen Thiere einen radialen Bau und die erstgenannte Erscheinung wird dadurch um so auffälliger. Aber neuere Untersuchungen haben gelehrt, dass auch die ausgewachsenen Formen in den meisten Fällen eine bilateral schneidende Symmetrieebene besitzen. Es prägt sich das am auffälligsten bei den Holothuriern und besonders bei den Echinoidea irregulares aus, aber auch bei den Regulares wurde durch Lovén eine Symmetrieebene überall nachgewiesen, so dass sogar ein *Echinus melo* als ein bilaterales Thier erkannt werden kann. Desgleichen haben J. Müller und E. Beyrich ein ähnliches Verhalten in der Organisation der Crinoideen nachzuweisen vermocht. Also, wenn auch mannigfach verdeckt und verwischt, ist bei 3 Hauptgruppen der Echinodermen auch im ausgewachsenen Zustande eine bilaterale Symmetrie vorhanden. Der radiale fünfstrahlige Bau erscheint somit als eine später erworbene Eigenschaft.

Aus dem Untersilur haben nun Hall, de Koninck und H. Woodward eine merkwürdige Cystideengruppe beschrieben, die Anomalocystiden. Kelchporen fehlen, die Gattung *Ateleocystites* würde somit in dieser Hinsicht unter die unvollkommenen, also ursprünglichen Beutelstrahler gehören, wofür das frühe Auftreten entschieden spricht. Dagegen zeigen alle Arten dieser Gattung einen ausgesprochen bilateralen Bau und ähneln in ihrem Habitus mehr einem Krebs als einem Echinodermen. Zittel charakterisirt die Gattung: Körper vierseitig, am Scheitel abgerundet, auf einer Seite convex, auf der anderen eben, aus einer mässig grossen Zahl von Tafeln zusammengesetzt, die nicht in regelmässigen Reihen angeordnet und mit schuppigen Querstreifen versehen sind. Auf der Convexseite befinden sich zwei

ziemlich tief gelegene Oeffnungen über einander. Vom Scheitel gehen gegliederte freie dünne Arme aus. Untersilur-Devon England, N.-Amerika.

Aber *Ateleocystites* kann die Stammform der Pelmatozoen selbst nicht gewesen sein, denn er findet sich erst im U.-Silur und die Annahme ist berechtigt, dass er erst im Untersilur entstand, Allein es ist von hohem Interesse, zu finden, dass zu den ältesten Pelmatozoen eine völlig bilaterale Form gehört. Indem wir diese Thatsache mit dem Satz 1) in Beziehung bringen, ist die Annahme berechtigt, dass sich die Crinoiden von bilateralen Thieren entwickelt haben und dass *Ateleocystites* seine bilaterale Gestalt von den bilateralen Urahnen der Pelmatozoen geerbt habe.

Der radiale holosymmetrische Bau des *Antedon* entsteht nachträglich, ich möchte fast sagen, indem sich die Larve festsetzt (Satz 2). Ein freilebendes, schwimmendes oder kriechendes Thier wird den Anforderungen des Nahrungserwerbes am besten genügen, wenn es bilateral gebaut ist. (Nur die Medusen machen von diesem Erfahrungssatz eine Ausnahme.) Denn der bilaterale Bau ist das Resultat einer Arbeittheilung und befähigt das Thier zu höheren physiologischen Leistungen. Festsitzende Lebensweise aber führt gewöhnlich zu Rückbildungen; und nur dann, wenn ein festsitzendes Thier radial angeordnete Organe erhält, wird jener degenerirende Einfluss der sessilen Lebensweise aufgehoben. Diesen Wandelprocess einer bilateralen Form bei festsitzender Lebensweise in einen radial gebauten Typus zeigt uns mit aller Sicherheit die Entwicklung der Korallen. Die palaeozoischen Tetrakorallen sind fast durchgängig bilateral gebaut und Kunth, Dybowsky, Lacaze-Duthier haben die bilaterale Anlage der Kammern ontogenetisch überall nachgewiesen. Dass das definitive Skelett der Madreporarier einen ganz radialen Typus zeigt, ist unter jenen Gesichtspunkten eine gewichtige Thatsache.

Somit ist es sehr wahrscheinlich, dass auch der Radialbau des Pelmatozoenkörpers durch die festsitzende Lebensweise entstand und dass die bilaterale Larve des *Antedon* durch den bilateralen untersilurischen *Ateleocystites* als palingenetisch erkannt wird. Der fünfstrahlige radiale Typus ist nachträglich erworben; zuerst wurde der Kelch diesem Wandel unterworfen, später auch der Stiel und auch hier prägt sich in den unteren, runden Stielgliedern vieler Crinoiden ein palingenetischer Vorgang aus, der zur Fünfkantigkeit des Stielquerschnittes allmählich führte. Wir fassen zusammen: Der radiale fünfstrahlige Bau der Crinoiden ist nachträglich erworben, wahrscheinlich in Folge der sessilen Lebensweise; der *Ateleocystites* des Untersilur bewahrt in seinem bilateralen Bau noch die Merkmale der vorcambrischen Ahnen.

Allein wir sagten schon oben, dass *Ateleocystites* unmöglich die Stammform selbst sein könne, weil sie erst im Silur auftritt, und die Annahme ist nicht ausgeschlossen, dass wir es hier mit einer Rückschlagerscheinung zu thun haben. Dagegen müssen wir unter den Formen des Cambrium den Typus der Ahnen besser und unzweideutiger ausgeprägt finden.

Im Cambrium sind freilich nur wenige Pelmatozoen bekannt und der fast gänzliche Mangel der Crinoiden in dem sonst so fossilreichen Böhmen ist merkwürdig genug. Aber in England findet sich eine wohlhaltene, wohlbekanntere Gattung *Macrocystella* (Callaway), deren Diagnose nach Zittel folgende ist: Kelch subcylindrisch, doppelt so lang als breit, in der Mitte am dicksten, aus ca. 4 Reihen sechsseitiger Tafelchen bestehend, welche mit erhabenen, vom Centrum ausstrahlenden Rippen bedeckt sind. Am Ober- rand steht ein Kranz feiner gegliederter kurzer Pinnulae? (Arme?). Säule sehr lang, oben dick, gegen unten verjüngt. Unterstes Silur (Cambrian) von Shropshire (nach Callaway, Quat. Journ. geol. Soc.

Bd. XXXIII, Taf. 24, Fig. 13). *Macrocystella* ist die älteste Pelmatozoengattung und musste als solche der vorcambrischen Stammform nahestehen. Poren sind unbekannt.

Nun sagt uns die Ontogenie des *Antedon*, dass auf die freischwimmende bilaterale Larve ein gestieltes, festsitzendes Stadium folgt, wo der eirunde Körper drei Reihen Kelchplatten in seiner Wand und auf der oralen Mundscheibe einen Kranz von 15 gleichlangen Pinnulae besitzt. Dieses archicyclische Stadium finden wir in der ältesten aller bekannten Crinoidenformen mit überraschender Uebereinstimmung dargestellt und bei solcher Formenähnlichkeit glaube ich mich zu dem Satze berechtigt:

*Macrocystella* aus dem Cambrium, ohne Arme, mit einem Kranze gleich langer Pinnulae steht dem Typus der Crinoidenahnen sehr nahe und gehört wahrscheinlich zu jener Thiergruppe, aus denen sich Crinoiden und Cystoiden entwickelten.

Zittel rechnet *Macrocystella* zu den Formen von zweifelhafter Stellung und mit gutem Grunde, denn *Macrocystella* hat ebenso viel Merkmale mit den Cystoiden gemein, wie mit dem archicyclischen Stadium der Crinoiden, während sie mit den höher stehenden armtragenden Formen der letzteren nur wenig Uebereinstimmung zeigt. Im Cambrium oder zu Beginn der Silurzeit scheiden sich die beiden Gruppen und beginnen sich nach verschiedenen Seiten zu entwickeln. Einerseits die Cystoiden mit Ovarialöffnungen, also mit inneren Geschlechtsdrüsen, mit regellosem Kelchgetäfel ohne höher entwickelte Arme, andererseits die Crinoideen mit äusseren Geschlechtsdrüsen in den Pinnulis, mit cyclisch regelmässig gebautem Kelche und wohlentwickelten Armen.

Diese drei genannten Charaktere scheinen zufällige zu sein; aber bei eingehendem Studium erkennen wir, dass sie in einem tiefen ursächlichen Zusammenhang stehen, den wir mit einigen Worten ausführen müssen: Indem sich eine Thierform höher entwickelt, erwirbt sie höhere physiologische Leistungen. Die physiologische Leistung eines vegetativen Organes ist abhängig von der Grösse seiner functionirenden Oberfläche. Der Höhenentwicklung der Organe geht daher meistens eine Grössenzunahme der Organe parallel, und ein gewisses Mittelmass ist für jede Thiergruppe bezeichnend. Ist der Körper eines Thieres aber von einem festen Skelett umgeben, so finden die Organe bei ihrer Vergrösserung nicht mehr Raum genug und entweder muss auch der Körper sich vergrössern, oder die Organe müssen heraustreten. Das letztere betrifft besonders solche Organe, die für gewöhnlich klein, nur zu gewissen Perioden unverhältnissmässig anschwellen, um dann wieder zum ursprünglichen Volumen zu collabiren: die Geschlechtsorgane. Daher sind in vielen Thiergruppen Einrichtungen vorhanden, dass sich die Geschlechtsdrüsen zur Zeit der Brunst aus dem Körper verlagern. Der fundamentale Unterschied nun zwischen den typischen Cystoideen und den echten Crinoiden beruht meiner Ansicht nach in der Anordnung der Geschlechtsdrüsen, welche bei den letzteren in den Pinnulis gelagert sind. Die Pinnulae entstehen als hohle Ausstülpungen der Munddecke, es ist daher nicht schwer, einzusehen, warum gerade die Geschlechtsdrüsen aus der Leibeshöhle in die Pinnulae traten. Was ursprünglich zufällig vorgekommen war, wurde allmählig Gewohnheit, endlich Regel. Eine Steigerung der Vermehrung der Nachkommen (der wichtigste und nächstliegende Vorgang bei fortschreitender Entwicklung) musste eine Vermehrung der Pinnulae bedingen. Aber der Raum auf der Mundscheibe ist begrenzt und die Anzahl der dort entstehenden Pinnulae beschränkt. Es bildeten sich daher Zapfen, blindsackartige Wucherungen der Munddecke, welche die vorhandenen Pinnulae emporhoben und Raum schafften für neu-

entstehende Ovarien bzw. Hoden enthaltende Tentakel. Der Gegensatz zu den Cystoiden war dadurch eingeleitet, denn dort fand eine stärkere Vermehrung der Geschlechtsproducte in einer Grössenzunahme des Kelches ihren Ausdruck, bei den Crinoiden in der Entstehung äusserer Körperanhänge den pinnulatragenden Armen.

Aber dieser Entwicklungsvorgang veränderte die ganze Statik, das vorher labile Gleichgewicht, des Kelches. Indem auf seiner Oberfläche fünf schwere und immer grösser werdende Organe entstanden, wurden 5 Fixpunkte gegeben, von denen nunmehr das ganze Wachstum des Crinoidenkörpers allmählich abhängig wurde. Es ist eine bedeutungsvolle Thatsache, dass im strengen Gegensatz zu den Cystoiden alle Crinoiden eine beschränkte Zahl von Kelchtafeln besitzen, dass die Entstehung neuer Tafelkreise nicht willkürlich, sondern nach bestimmten einfachen Gesetzen sich vollzieht, dass das Gesetz von der Horizontal-drehung der Axen und das Gesetz von der Verticalverschiebung der morphologischen Hauptebene sich beide zu einer spiralgedrehten Wachstumsform combiniren und dass auf dem Weg einer schiefen Ebene das lastende Gewicht der Arme gehoben und ein neuer Tafelkreis eingeschoben wird.

Ein mechanisches Problem war zu lösen; es galt unter einem schwerbelasteten Horizont einen neuen Tafelkreis zu bilden, um den Kelchinhalt zu vergrössern. Und mit denselben Mitteln, mit dem ein Physiker diese Aufgabe gelöst haben würde, mit Hülfe einer spiralen schiefen Ebene wurde die Aufgabe von der Natur gelöst.

Das archicyclische Stadium der *Macrocystella* ist jener Punkt der Entwicklungsreihe, wo sich die Crinoiden von den Cystoiden trennen und der Grund dieser Trennung ist die Verlagerung der Geschlechtsdrüsen in die Pinnulae und die Vergrösserung der Pinnulatragenden Fläche durch die Entstehung der Arme. Es wurde dadurch die Entwicklung der Crinoiden in eine überaus günstige und vortheilhafte Bahn geleitet, denn was hilft im Kampf ums Dasein mehr als die Steigerung der Zeugungsfähigkeit? Wie manches „veraltete“ Thier der recenten Fauna verdankt allein diesem Umstand sein Fortbestehen. Dadurch aber, dass bei den Crinoiden die Vermehrung der Pinnulae durch Verlängerung und Theilung der Arme in unbegrenzter Weise gesteigert wurde, dadurch allein gewannen die Crinoiden die Oberhand im Kampf ums Dasein. Die Gattung aber, welche die grösste Theilung ihrer Arme und somit die grösste Anzahl Pinnulae erhielt und sich am kräftigsten und stärksten fortpflanzen konnte, die Gattung *Pentacrinus*, ist die einzige gestielte Crinoidenform, welche heute noch wie zur Jurazeit in üppigen Formen und reicher Menge verbreitet ist — das ist ein bedeutungsvoller Beweis für unsere Anschauung.

In *Macrocystella* trennen sich die Cystoiden ohne terminale Fixpunkte mit anomalocyclischem Kelchwachsthum von den Crinoiden mit 5 Fixpunkten, wohlentwickelten Armen und nomalocyclischem Kelchwachsthum. Daher ist diese älteste bekannte Pelmatozoengattung ein so überaus wichtiges Document der Palaeontologie und bildet die Form, welche den gemeinsamen Stammeltern am nächsten steht.

*Macrocystella* aber besitzt noch keine geometrisch geordneten Kelchtafeln und wir werden somit zu der Anschauung geleitet, dass das archicyclische Stadium der Antedonlarve insofern cenogenetisch sei, als es 15 regelmässig angeordnete Kelchtafeln besitzt; wir müssen diesen Charakter als eine nachträglich erworbene Abkürzung der Ontogenie betrachten. Es dürfte vielleicht nicht schwer sein, nach den angeregten Gedankenkreisen die Gründe darzulegen, weshalb die Cystoiden nach kurzem Leben im Ober-silur gänzlich aussterben; die Eigenart ihrer Organisation hatte gewiss einen hervorragenden Einfluss auf

diesen raschen Tod. Allein das würde mich zu weit abführen von den Grenzen, die ich mir für diese Arbeit gestellt habe.

In dem ersten Theil meiner Abhandlung habe ich den untergeordneten morphologischen Werth der Arme gegenüber den Pinnulis hervorzuheben und darzulegen gesucht — jetzt will ich andererseits die hervorragende statisch-mechanische Bedeutung der Arme für den Bau des Crinoidenkörpers in das rechte Licht stellen.

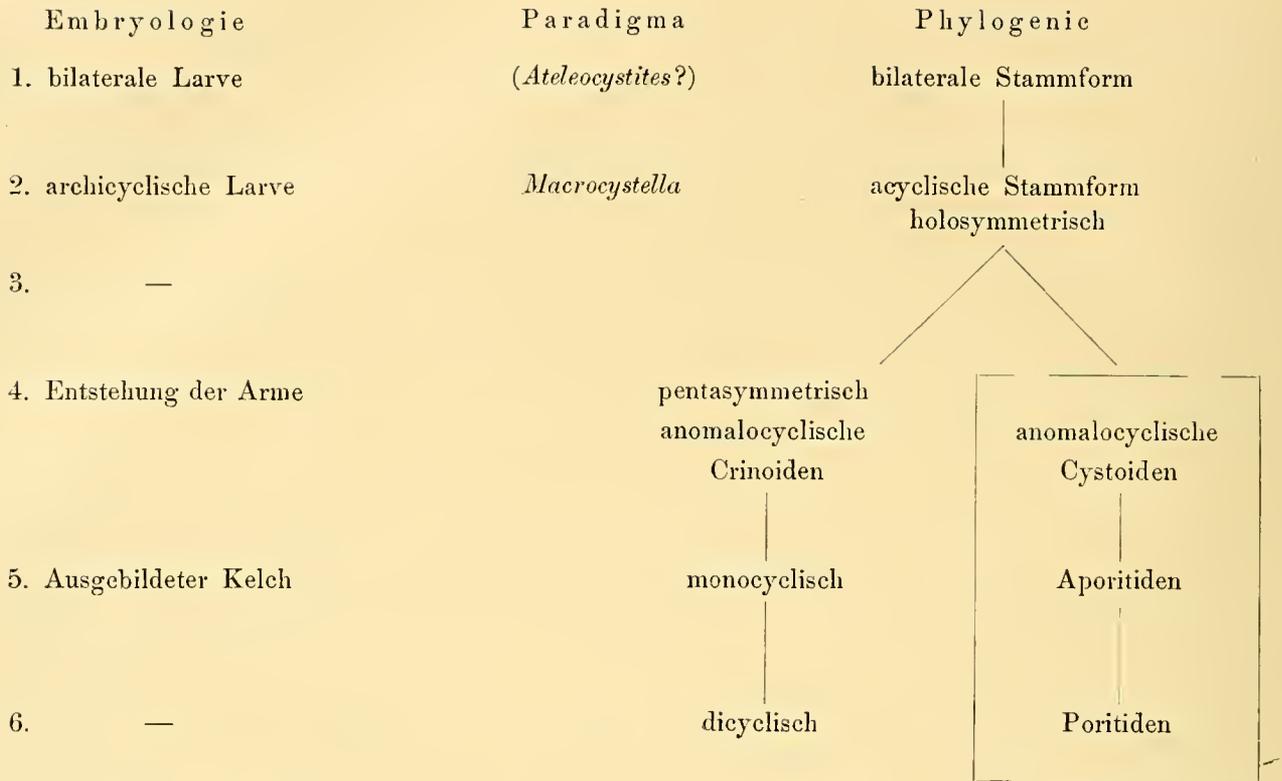
Durch die festsitzende Lebensweise hatte sich die ursprünglich bilaterale Form in eine radialgebaute umgewandelt. Aber weder in dem Pinnulakranz, noch in dem Kelchgetäfel des eirunden Körpers von *Macrocystella* ist der fünfstrahlige Typus ausgeprägt. Wir müssen die fünfstrahlige Anordnung der Kelchelemente im archicyclischen Stadium der *Antedon*-Larve vielmehr für cenogenetisch halten — der Querschnitt jenes radialgebauten Thieres war rund.

Jetzt entstanden fünf Wucherungen der Munddecke und wurden zu 5 schweren Armen, zu Organen, deren Masse sehr bald die des Kelches um ein Vielfaches überstieg. Jetzt wurde der radiale holosymmetrische Körper zu einem radial-fünfstrahligen pentasymmetrischen System. Warum gerade 5 Arme entstehen mussten, das ist eine für diese Untersuchung nebensächliche Frage und ebenso räthselhaft wie die nur zwei Extremitätenpaare der Wirbelthiere oder die sieben Halswirbel der Säugethiere. Aber von dem Momente an, wo 5 terminale Fixpunkte im Kelchbau durch die 5 Armzapfen gegeben wurden, gab es Crinoiden. Denn sobald die Arme palaeontologisch erscheinen, oder besser, sobald die 5 Arme eine dominirende statische Rolle im Kelchbau erhalten, so bei dem kleinen untersilurischen Beutelstrahler *Porocrinus*, so erscheint auch der fünfstrahlige Bau des Kelches, während bei den echten Cystoiden, deren Arme (wenn sie überhaupt vorhanden sind) immer als Anhänge des Kelches erscheinen, niemals ein fünfstrahliger Typus im Kelchgetäfel zum Ausdruck kömmt.

Je weiter die Crinoiden aber sich entwickeln, um so kräftiger werden die Arme, um so typischer und ausnahmsloser wird die fünfstrahlige pentasymmetrische Anordnung des Kelches. Sogar auf den Stiel erstreckt sich allmählich das fünfstrahlig sternförmige Schema, und im Obersilur, wo die Crinoiden den Höhepunkt ihrer Entwicklung erreichen, treten schon fünfkantige Stiele auf; wie sich in den unteren Stielgliedern aber dieser Vorgang palingenetisch ausprägt, haben wir mehrfach hervorgehoben.

Bei den Cystoiden bleiben die Pinnulae Tastorgane, also Tentakel, treten in keine Beziehung zum Fortpflanzungsprocess; bei den Crinoiden übernehmen sie die wichtigsten Funktionen: Empfindung, Nahrungsaufnahme, Fortpflanzung und geben dadurch ihrem Träger, dem Arm, einen bedeutenden Werth, der Arm wiederum beeinflusst die ganze Statik des Kelches und bedingt somit den Typus des Eucrinoideubaus. Aber dieser Werth ist kein ursprünglicher morphologischer, sondern ein nachträglich erworbener und wurde dem Arm erst durch die Pinnulae verliehen.

Im Anschluss aber an vorstehende Auseinandersetzungen will ich nicht versäumen, in einem übersichtlichen Schema diesen meinen Anschauungen Ausdruck zu geben.



Die Gruppe der Pelmatozoen entstand im Vorcambrium aus 1) einer bilateralen Stammform. Der untersilurische *Ateleocystites* ist wahrscheinlich ein Rückschlag in jene bilaterale Form der Ahnen.

Durch festsitzende Lebensweise entstand 2) die radial gebaute holosymmetrische Form, als deren nur wenig abgeleiteten Vertreter wir die älteste bekannte cambrische Pelmatozoengattung *Macrocybella* mit ihrem oralen Pinnulakranz betrachten dürfen.

Von diesem Stadium gehen in 3) zwei Formenreihen auseinander. Einerseits die Cystoiden, ohne entwickelte pinnulatragende Arme, meist mit inneren Geschlechtsdrüsen und anomalocyclisch-unbegrenztem Kelchwachstum, welche später als charakteristisches Merkmal die regelmässigen Kelchporen erhalten und im Obersilur aussterben. Andererseits die Crinoiden, indem die Geschlechtsdrüsen in die oralen Pinnulae treten und die Vermehrung dieser Genitaltentakel durch 5 zapfenartige Wucherungen der Mundscheibe unbegrenzt gesteigert wird.

Diese 5 Wucherungen gabeln sich in 4) und werden zu den Armen

Es wird dadurch dem Kelch der pentasymmetrische Typus aufgeprägt, die Vermehrung der Kelchtafeln wird begrenzt und erfolgt nach bestimmten geometrischen Gesetzen in einer spiraligen Drehung 6) Die Arme aber werden immer üppiger entfaltet und erreichen in dem heute noch lebenden *Pentacrinus* das höchste Maass ihrer Ausbildung zugleich mit der stärksten Intensität der Fortpflanzungsfähigkeit.

Bei den Cystoiden wird derselbe Entwicklungsgang in *Porocrinus* versucht, aber ohne dass er zur Herrschaft gelangen könnte.

Die Blastoiden treten erst am Schlusse der Silurzeit auf, also nachdem die Eucrinoiden und Cystoiden den Höhepunkt ihrer Entwicklung erreicht haben; sie dürfen daher bei einer Untersuchung über die Phylogenie und Verwandtschaft jener beiden Gruppen nicht berücksichtigt werden und verlangen eine besondere Behandlung.

Der Schluss meiner Arbeit hat mich allmählich auf viel verschlungenen Wegen an die letzten Probleme der Crinoidenmorphologie geleitet, Probleme, welche ich nur insofern berühren und behandeln durfte, als sie von Werth waren für die Erklärung und Deutung meiner Beobachtungen über die oberjurassischen Crinoiden von Süddeutschland. Eine Anzahl Fragen musste ich daher gänzlich übergehen, andere mit einiger Ausführlichkeit behandeln; sollte ich dennoch an manchen Stellen ausführlicher geworden sein, als es nöthig erscheinen mag, so dürfte Solches in der Schwierigkeit und Verwicklung der Probleme eine Entschuldigung finden.

---

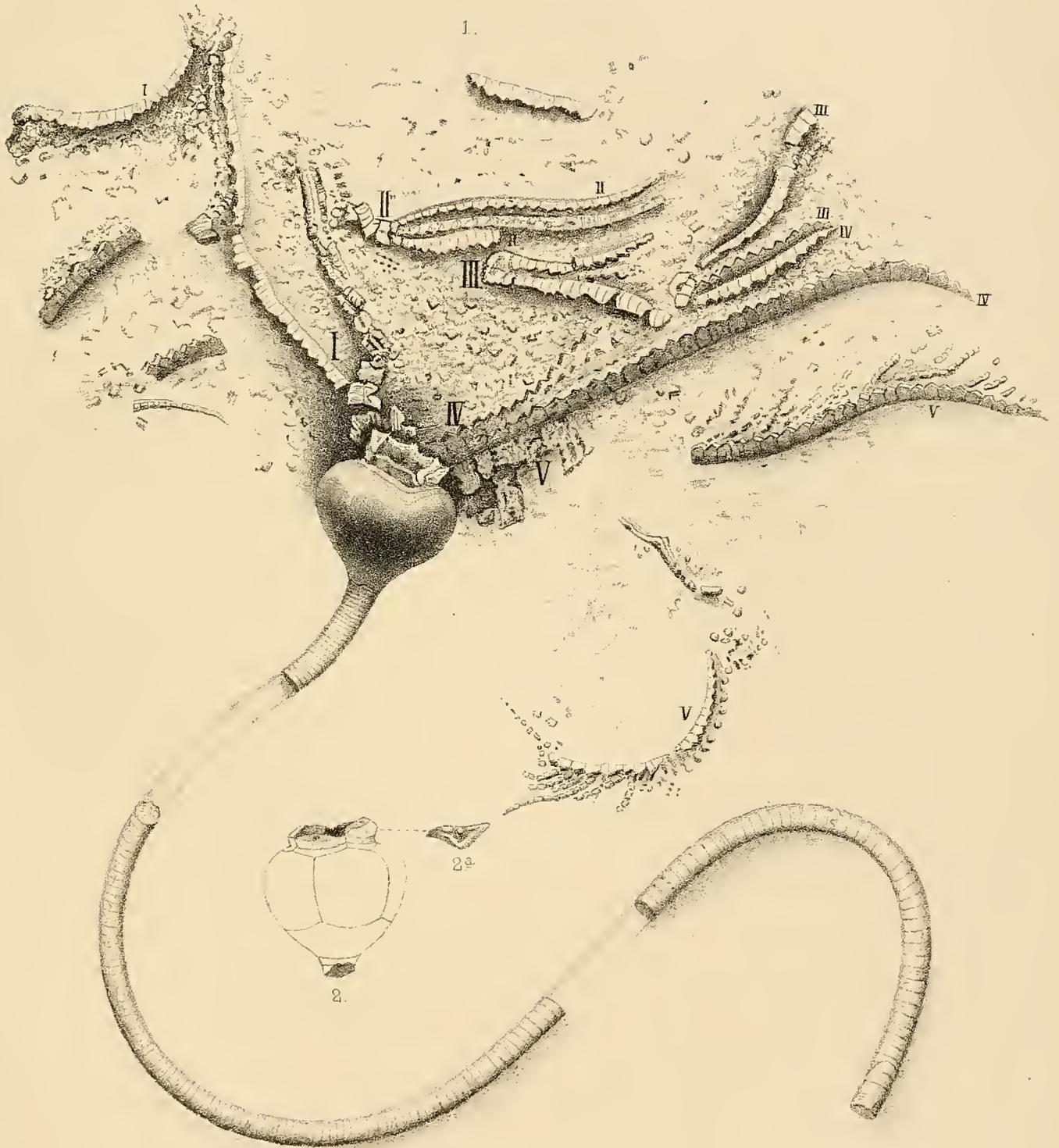


## Erklärung der Tafeln.

---

### Taf. XXIII.

- Fig. 1. *Millericrinus nobilis* von Kelheim. Münchener Museum, nat. Grösse. Der Stiel liegt im Original fast gerade. Die grossen Zahlen (I, II, III, IV, V) bezeichnen die Lage der Hauptarme, die kleinen Zahlen (i, ii, iii, iv, v) die Lage der Gabelarme.
- Fig. 2. Schema des Kelchbaues von *M. nobilis*, durch Anätzen des Kelches sichtbar gemacht.
- Fig. 2a. Obere Gelenkfläche des Radiale III (Axillare) von *M. nobilis*.
-





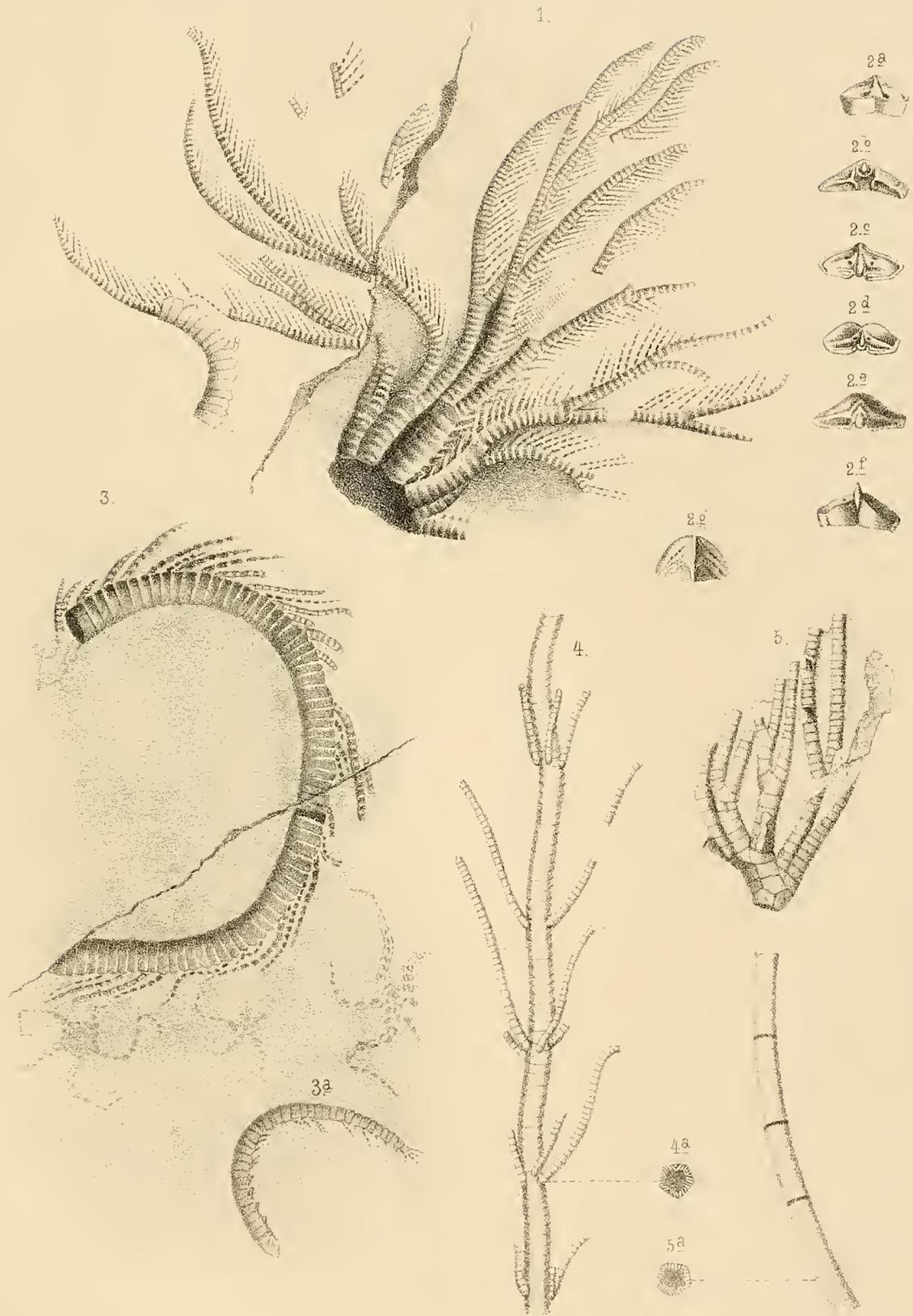


## Erklärung der Tafeln.

---

### Taf. XXIV.

- Fig. 1. *Pentacrinus Sigmaringensis* von Sotzenhausen. Münchener Museum, nat. Grösse. Krone aus zwei Stücken zusammengestellt; links unten liegt ein Armstück von *M. cf. mespiliformis*.
- Fig. 2. Radialia III (Axillaria) von artikulaten Crinoiden. Copien, meist vergrössert. 2a. *Eugeniocrinus Deslongchampsii*. 2b. *Cotylecrinus docens*. 2c. *Apiocrinus Parkinsoni*. 2d. *A. elegans*. 2e. *A. polycyphus*. 2f. *Pentacrinus Wyville Thomsoni*. 2g. *Encrinus liliiformis*.
- Fig. 3. *Millerocrinus cf. mespiliformis*. Münchener Museum, nat. Grösse. Armstück mit Pinnulabesatz.
- Fig. 3a. Endstück desselben Armes? Sotzenhausen.
- Fig. 4. *Pentacrinus Sigmaringensis* von Sotzenhausen. Münchener Museum, nat. Grösse. Stiel mit wohl-erhaltenen Cirrhen.
- Fig. 4a. Gelenkfacetten der Glieder desselben Stieles.
- Fig. 5. *Pentacrinus cf. pentagonalis*. Münchener Museum, verkieselte Krone und unverkieselter Stiel. 5a. Gelenkfacette der Stielglieder.
-





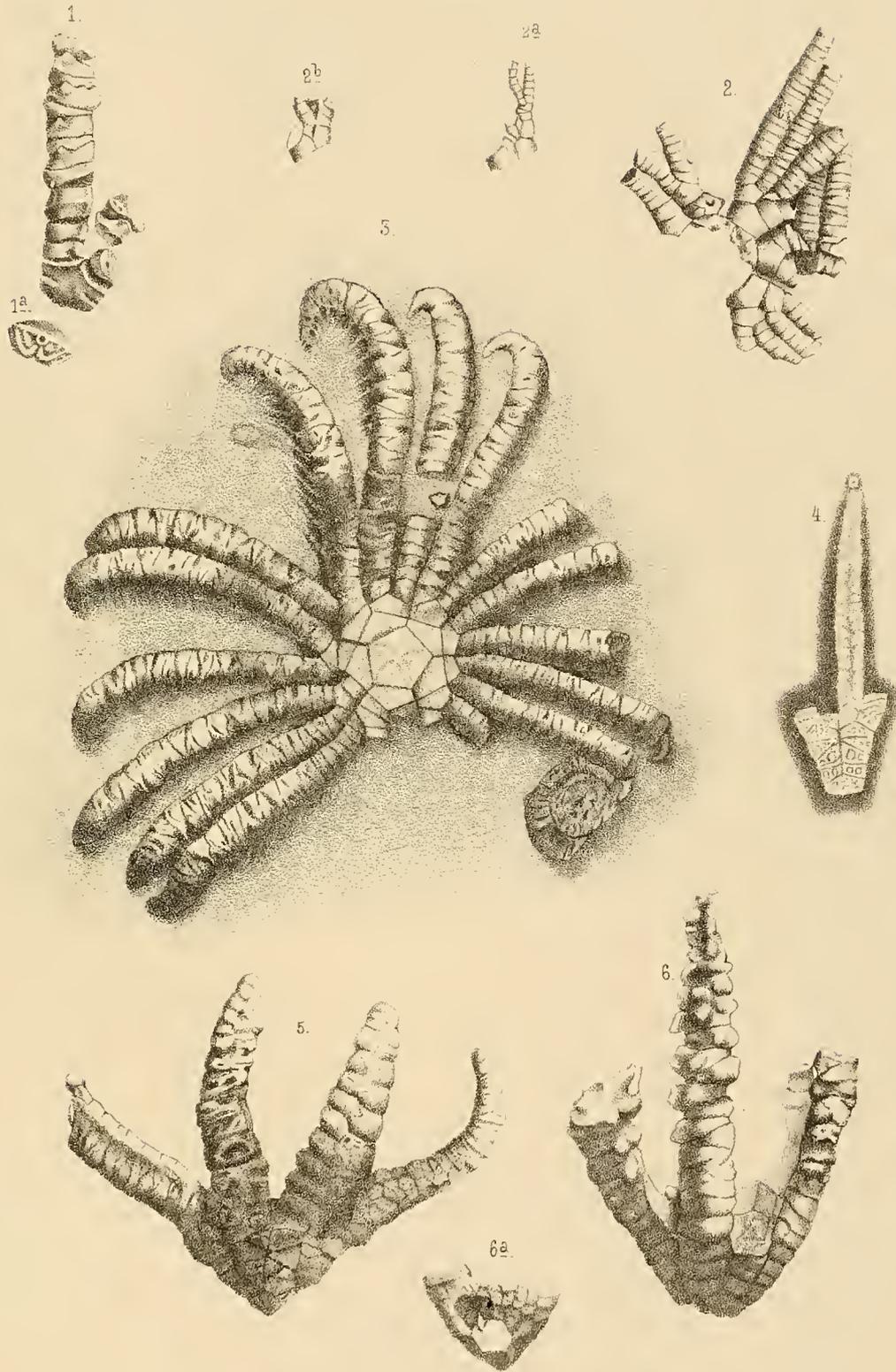


## Erklärung der Tafeln.

---

### Taf. XXV.

- Fig. 1. *Solanocrinus costatus* von Kelheim-Winzer. Münchener Museum, nat. Grösse, halbverkieselt  
Armstück. Die Pinnulaglieder, welche die Steinplatte überstreuen, wurden weggelassen.
- Fig. 1a. Untere Gelenkfacette des Radiale axillare desselben Stückes.
- Fig. 2. *Solanocrinus gracilis* von Kelheim. Münchener Museum, völlig freipräparirt, nat. Grösse, von  
aussen gesehen, aus drei Stücken zusammengesetzt.
- Fig. 2a. Radiale axillare desselben von innen mit dem medianen Gelenkzapfen und einer Pinnula.
- Fig. 2b. Desgleichen.
- Fig. 3. *Solanocrinus imperialis* von Neukelheim. Münchener Museum, nat. Grösse.
- Fig. 4. *Solanocrinus gracilis* var. Kelheim-Winzer. Münchener Museum, nat. Grösse, isolirtes Armstück.
- Fig. 5. *Solanocrinus costatus* aus Neukelheim, Münchener Museum, nat. Grösse.
- Fig. 6. *Solanocrinus costatus* aus Kelheim. Münchener Museum, allseitig freigelegt, nat. Grösse.
- Fig. 6a. Dasselbe Stück von innen, um den Gelenkzapfen des Radiale axillare zu zeigen.
-







## Erklärung der Tafeln.

### Taf. XXVI.

- Fig. 1. *Solanocrinus gracilis* der Taf. XXV, Fig. 2, von unten. Schema des Armbaues mit einem ergänzten Arm (punktirt).
- Fig. 2. *Antedon formosus* aus Zand. Münchener Museum, zerfallener Kelch, 2 mal vergr.
- Fig. 3. Archicyclische Larve des *Antedon rosaceus*, Vergr. 80 mal mit 15 Embryonalpinnulis ohne Arme. 4 Wochen alt, die dunklen Kugeln sind die gelben Körper, lebend.
- Fig. 3a. Beginn der Armbildung, wodurch die drei Embryonalpinnulae emporgehoben werden.
- Fig. 3b. Beginn der Armgabelung. Die primäre Embryonalpinnula rückt in die Achsel der Gabel.
- Fig. 4. Schema des Armbaues von *S. gracilis* var. der Taf. XXV, Fig. 4.
- Fig. 5. Arm von *Antedon pinnatus*, welcher regenerirt wird, aus Solenhofen. Münchener Sammlung 2 mal vergr.
- Fig. 6. Schema des Kelchbaues von *S. imperialis* der Taf. XXV, Fig. 3; ein Arm restaurirt, durch Schraffirung ist die Lage der krystall. Axen des Kalkglieder angedeutet, die Intercalaria sind schwarz gehalten.
- Fig. 7. Kelch von *Antedon pinnatus* aus Solenhofen. Berliner Museum. Das Centrodorsale mit 5 Cirrhen erhalten.
- Fig. 8. Kelch von *Antedon pinnatus* aus Solenhofen. Berliner Museum. Das Radiale III (Axillare) mit dem Rest einer medianen rudimentären Pinnula.
- Fig. 9. Kelch der *Antedon*-Larve, Vergr. 80 mal; nach Anlage der Arme, welche die Embryonalpinnulae mit emporgehoben haben; gelbe Körper in den Armen, lebend.
- Fig. 10. *Antedon pinnatus* Solenhofen. Münchener Museum, Vergr. 3 mal, angeschliffener Kelch mit den zur Radialplatte verschmolzenen Radialia I u. II. Das Radiale III (10a) trägt eine mediane unpaare Pinnula.
- Fig. 11. Schema des Armbaues von *S. costatus* der Taf. XXV, Fig. 6 mit ergänzten Pinnulis; in 11a. Schema der Taf. XXV, Fig. 6a.
- Fig. 12. *Antedon formosus* Solenhofen. Berliner Museum, Vergr. 2 mal, wohl erhaltenes Centrodorsale mit zwei Cirrhen.



G. Keller, gez. u. lith

Br. Keller, gedr.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Palaeontographica - Beiträge zur Naturgeschichte der Vorzeit](#)

Jahr/Year: 1885-86

Band/Volume: [32](#)

Autor(en)/Author(s): Walther Johannes

Artikel/Article: [Untersuchungen über den Bau der Crinoiden mit besonderer Berücksichtigung der Formen aus dem Solenhofener Schiefer und dem Kelheimer Diceraskalk. 155-200](#)