Ueber "Krystallkörper" bei Seesternen und über die Wachsthumserscheinungen und Verwandtschaftsbeziehungen von Goniodiscus sebae.

Von

Dr. L. Döderlein

Professor in Strassburg i. E.

Mit Tafel XXXVIII-XL,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.ar

1. Ueber "Krystallkörper" bei Seesternen.

Bei der Besprechung der von Prof. Semon bei Thursday Island gesammelten Exemplare von Goniodiscus pleyadella (Lam.)¹) habe ich auf eigenthümliche halbkugelförmige Buckel von glasigem Aussehen aufmerksam gemacht, welche in grösserer Anzahl auf den Dorsalplatten dieser Art sichtbar werden und ihnen das Aussehen verleihen, als seien sie porös. Aehnliche Körper waren bereits von de Loriol²) beobachtet worden bei Goniodiscus articulatus (L.).

Diese eigenthümlichen Gebilde, welche ich als "Krystallkörper" bezeichnen will, habe ich nun näher untersucht und konnte ihr Vorhandensein bei vielen Arten aus den Familien der Pentagonasteridae, Antheneidae, Gymnasteriidae und Pentacerotidae feststellen. Am eingehendsten konnte ich sie bei Goniodiscus sebae M. T. beobachten und wende mich zunächst zu einer Schilderung der hierbei gefundenen Verhältnisse.

Die "Krystallkörper" erscheinen bei dieser Art als kleine halbkugelförmige Buckel, die in grösserer Zahl die Oberfläche der Platten des Dorsalskelets bedecken und infolge ihrer dunkel erscheinenden Färbung diesen Platten ein poröses Aussehen verleihen. Alle grösseren Platten des Dorsalskelets sind von ihnen bedeckt mit Ausnahme der meist etwas aufgeschwollenen den Marginalia benachbarten Dorsalplatten, der mittleren Interradialplatten und der zwei oder drei äussersten Radialplatten jedes Armes. Bei den den Marginalia benachbarten Platten sind sie aber öfters noch in geringer Zahl auf der der Scheibenmitte zugewandten Hälfte der Platten zu sehen. Sie fehlen aber jedenfalls vollständig den Reticularia (Connectivplättchen), ferner den Marginalplatten und allen Platten der Bauchseite. Wo sie vorkommen, bedecken sie, ziemlich dicht stehend, den grössten Theil der äusseren Oberfläche einer Platte, eine meist nur schmale Zone längs des Plattenrandes frei lassend (Taf. XL, Fig. 4 u. 7).

Finden sich Warzen oder die Alveolen von Pedicellarien auf den Platten, so fehlen Krystallkörper in der nächsten Umgebung dieser Gebilde (Taf. XXXVIII, Fig. 7). Solange die mit Granulae gleichmässig durchsetzte Oberhaut die Platten bedeckt, sind die Krystallkörper, obwohl sie zwischen den Granulae durchscheinen, nur schwer zu erkennen, werden aber nach deren Entfernung deutlich sichtbar. Die Anzahl der auf einer Platte vorkommenden Krystallkörper ist ausserordentlich verschieden; bei manchen Exemplaren lassen sich über 100 solcher Gebilde auf einer grösseren Platte zählen, bei anderen stehen sie viel spärlicher.

Ein Querschliff durch eine mit Krystallkörpern besetzte Platte bietet ein höchst eigenthümliches Bild (Taf. XXXVIII, Fig. 6 u. 6a); das gleichmässige Maschenwerk von Kalkfasern, aus denen jede Echinodermenplatte sonst besteht, erscheint im inneren Theile eines solchen Schliffes, bis auf eine gewisse Entfernung vom Rande, siebförmig durchlöchert von zahlreichen ungefähr kreisrunden Lücken verschiedener Grösse, die durchschnittlich um nicht viel mehr als ihren Durchmesser von einander entfernt stehen; die runden Lücken entsprechen den Querschnitten des in die Platten eingesenkten Theiles der einzelnen Krystallkörper.

¹⁾ DÖDERLEIN, 1896, Bericht über die Asteroidea in: SEMON, Zoologische Forschungsreisen, Bd. V, p. 308 und Fig. 34 c.

²⁾ DE LORIOL, Notes pour servir à l'étude des Échinodermes in: Recueil Suisse de Zoologie, T. I.

Auf Längsschliffen (Taf. XXXVIII, Fig. 3 u. 4) lässt sich nun nachweisen, dass die Krystallkörper ziemlich gerade, zapfen- oder stabartige Gebilde darstellen, deren Länge die Hälfte bis zwei Drittel der Plattendicke erreicht, und dass sie etwa senkrecht zur Oberfläche in die Tiefe der Platte eingesenkt sind. Alle diese Zapfen nehmen ihren Ursprung in einer bestimmten Schicht im Innern der Kalkplatte, die etwa parallel zur Oberfläche liegt, und zwar bei Goniodiscus sebae meist näher der ventralen als der dorsalen Oberfläche der Platte. Die zapfenförmigen Krystallkörper erheben sich ungefähr parallel zu einander von dieser ihrer Ursprungsstelle bis an die Oberfläche, über diese in Gestalt von halbkugelförmigen Buckeln noch etwas hervorragend. Aus Taf. XXXVIII, Fig. 3 geht hervor, dass die Schicht, von welcher die Krystallkörper ausgehen, keineswegs eine ebene Fläche sein muss. Da nämlich die Ränder der Schicht, aus der sie sich erheben, der dorsalen Oberfläche meist etwas näherliegen als die mittleren Theile, so bietet eine Platte mit Krystallkörpern den Eindruck eines flachen, muldenförmigen Vogelnestes, dessen Inneres von einem Packet parallel zu einander gestellter Krystallstäbe erfüllt ist, die sämmtlich mit dem einen Ende auf dem Boden der Mulde aufstehen.

Ist die Oberfläche der Platte gewölbt, so bilden die Längsrichtungen der einzelnen Zapfen einen entsprechenden Winkel mit einander, so dass alle senkrecht zur Oberfläche stehen. Das unterste Ende der Zapfen kann leicht gekrümmt sein und ist gewöhnlich etwas verjüngt. Zwischen Krystallkörpern, welche die Oberfläche der Platte erreichen, trifft man auf Längsschliffen vielfach andre an, denen dies nicht gelingt, und die gewissermaassen im Innern der Kalkplatte stecken geblieben und rudimentär sind. Es ist dies der Fall unterhalb solcher Stellen der Platten, wo die Oberfläche von einer Warze oder von einem Pedicellar eingenommen ist. Taf. XXXVIII, Fig. 4 stellt einen derartigen Längsschliff dar, auf dem sich die Anlage zahlreicher Krystallkörper in der gleichen Schicht erkennen lässt. Von diesen sind aber nur die äussersten bis an die Oberfläche getreten, die mittleren, die unter einer von einer Warze eingenommenen Stelle sich entwickelten, sind rudimentär geblieben. Es entspricht dieser Schliff einem Längsschliff durch eine in Taf. XXXVIII, Fig. 7a dargestellte Platte.

Ueber das Verhältniss der Krystallkörper zu dem normalen Maschengewebe der Kalkplatte geben Dünnschliffe Aufschluss, die mit stark verdünnter Salzsäure so vorsichtig geätzt wurden, dass das Fortschreiten der Aetzung unter dem Mikroskop verfolgt und zur rechten Zeit unterbrochen werden konnte. Taf. XXXVIII, Fig. 5 u. 5a stellen derartige geätzte Schliffe dar. Es geht aus ihnen hervor, dass das feinmaschig ausgebildete Kalkgewebe ganz unvermittelt in die Krystallkörper übergeht, welche aus homogen ausgebildetem kohlensaurem Kalk bestehen. An keiner Stelle auf der ganzen Erstreckung der Krystallkörper lässt sich die geringste Aenderung im Aufbau des anstossenden Maschengewebes erkennen; es findet sich der gleiche Bau an den Stellen des Innern, wo die Krystallkörper beginnen, wie da, wo sie an der Oberfläche erscheinen. Der directe Uebergang des Maschengewebes in den homogenen Krystallkörper zeigt sich auch in dem Umstande, dass es nicht gelingt, einen Krystallkörper mit glatter Oberfläche zu isoliren; er zeigt stets allseitig, oft nur wie Narben, die von ihm ausgehenden Fasern des Maschengewebes, in dem er steckte.

Den unmittelbaren Zusammenhang zwischen dem Maschengewebe und den Krystallkörpern ergab auch die Untersuchung im polarisirten Licht. Die ganze Kalkplatte, das Maschengewebe sammt den darin befindlichen Krystallkörpern, verhält sich wie ein einheitlicher Krystall, bezw. wie ein System von Krystallfasern, die parallel zu einander orientirt sind. Im gleichen Momente wird bei der Drehung des Nikols der ganze durch eine Platte geführte Schliff hell, und im gleichen Momente erscheint er dunkel.

Die Krystallkörper sind daher als integrirende Bestandtheile des Maschengewebes selbst aufzufassen, bei dem an Stelle der normalerweise sehr fein ausgebildeten homogenen Fasern solche von verhältnissmässig kolossaler Dicke angelegt sind. Der einzige bisher bei Asteroidea beobachtete Fall, dass das gewöhnliche Maschengewebe von Skelettheilen durch Ausbildung von gröberen Massen homogener Krystallsubstanz von glasartigem Aussehen ersetzt wird, wurde neuerdings von Ludwig bei den Stacheln von Chaetaster longipes (Retz.) geschildert 1).

¹⁾ LUDWIG, 1897, Die Seesterne des Mittelmeers, in: Fauna und Flora des Golfs von Neapel.

Auch Schnitte, die durch entkalkte Platten von Goniodiscus sebae und anderen Krystallkörper enthaltenden Arten geführt wurden, ergaben ein durchaus analoges Bild (Taf. XXXVIII, Fig. 2); die organische Grundsubstanz der Platten erscheint wie ein zartes, gleichmässiges Maschenwerk, ein Negativ des aus Kalkfasern bestehenden Maschenwerks der Platten; darin erscheinen, der Gestalt der Krystallkörper entsprechend, parallel zu einander, senkrecht zur Oberfläche verlaufende, zapfenförmige Lücken, die halbkreisförmig über die Oberfläche hervorragen, aber von der gleichen Membran, welche die ganze Platte umhüllt, bedeckt sind; an keiner Stelle in der Nähe der Krystallkörper zeigt die organische Grundsubstanz ein anderes Verhalten, als da, wo Krystallkörper nicht vorhanden sind.

Welche Function diesen eigenthümlichen Krystallkörpern im Leben der damit versehenen Seesterne zukommt, ist mir nicht gelungen herauszufinden. Die am nächsten liegende Vermuthung, dass es sich um eigenthümliche Sehorgane handeln könnte, ist dadurch hinfällig geworden, dass in der Nähe von ihnen weder auf Schliffen noch auf Schnitten jemals auch nur die geringste Spur einer Pigmentanhäufung bemerkt werden konnte; Sehorgane sind daher vollständig auszuschliessen. Immerhin möchte ich die Krystallkörper nicht für blosse Verzierungen der Platten halten, die nur der Abwechslung halber einmal in dieser unerwarteten Weise auftreten. Ohne Frage sind sie in hervorragendem Maasse befähigt, Lichtstrahlen fortzuleiten, und ihre allerdings nicht ausnahmslose Beschränkung auf die Dorsalseite der Seesterne ist dazu angethan, die Ansicht zu bestärken, dass ihre Aufgabe doch in dieser Richtung zu suchen ist.

Was die Verbreitung der Krystallkörper bei den Seesternen betrifft, so habe ich sie unter den 4 von Perrier und von Sladen angenommenen Familien der Pentagonasteridae, Antheneidae, Pentacerotidae und Gymnasteriidae (inclus. der Poraniidae Perrier) bei keiner der darauf untersuchten Arten vermisst, soweit diese sich im Besitze von inneren Septenpfeilern befinden. Speciell konnte ich sie nachweisen bei Stellaster incei, Goniodiscus articulatus, pleyadella, sebae, Anthenea tuberculosa, Pentaceros muricatus, Nidorellia armata, Pentaceropsis obtusatus, Culcita schmideliana, Asteropsis vernicina, Gymnasteria carinifera. Bei allen zu diesen Familien gezählten Formen aber, denen Septenpfeiler mangeln, habe ich Krystallkörper vermisst, so speciell bei verschiedenen Arten von Pentagonaster wie P. auratus, granularis, placenta, Gnathaster singularis, Hippasteria plana. Ich war schon der Ueberzeugung, dass sich der Besitz oder Nichtbesitz von Krystallkörpern als sehr brauchbarer und entscheidender Charakter bei Feststellung der natürlichen Verwandtschaftsverhältnisse innerhalb der betreffenden Familien verwerthen lasse, bis die Entdeckung von Krystallkörpern bei einer Art, welche keine Septenpfeiler besitzt, Phaneraster (Pentagonaster) semilunatus, vor zu weitgehenden Speculationen dieser Art warnte. Bei Untersuchungen von Vertretern anderer Familien, wie der Linckidae, Asterinidae, Archasteridae ist es mir nicht gelungen, auch nur eine Spur von Krystallkörpern aufzufinden.

Das Auftreten der Krystallkörper zeigt aber grosse Verschiedenheiten bei den Arten, wo sie vorkommen. Die anderen Arten von Goniodiscus zeigten mir keine nennenswerthen Unterschiede von Goniodiscus sebae; ebenso fand ich grosse Aehnlichkeit in dieser Beziehung bei Stellaster; nur erwiesen sich hier die Krystallkörper als durchschnittlich kürzer, so dass sie nicht bis zur Mitte der Plattendicke'reichten (Taf. XXXVIII, Fig. 1), und kamen auch auf der Bauchseite, auf Ventrolateralplatten, vor. Bei Phaneraster semilunatus verhalten sich die Krystallkörper in ihrer Gestalt ähnlich wie bei Stellaster, nur sind sie viel spärlicher, aber dicker und divergiren sehr stark (Taf. XXXIX, Fig. 3). Anthenea zeigt ganz ähnliche Verhältnisse wie Goniodiscus sebae. Unter den Pentacerotidae schienen Krystallkörper zunächst zu fehlen, da sich die mir bekannten glasigen Buckel auf der Oberfläche der Platten nicht zeigten; nachdem aber ein auf gut Glück an einer Dorsalplatte von Culcita schmideliana vorgenommener Querschliff mir das charakteristische siebartige Aussehen des Querschliffes von Goniodiscus-Platten gezeigt hatte (Taf. XXXVIII, Fig. 10), konnte ich auch bei jeder Art, die ich in dieser Familie vornahm, die Krystallkörper nachweisen. Sie erwiesen sich hier aber als rudimentär, indem sie mehr oder weniger vollständig im Innern der Platte stecken geblieben sind und nur vereinzelt bis zur Oberfläche der Platte kommen. Ein typisches Verhalten in dieser Hinsicht zeigt gerade Culcita schmideliana, wie ein Längsschnitt durch eine Platte bei dieser Art darthut (Taf. XXXVIII, Fig. 9). Im Innern der stark verdickten Platte, etwas näher der ventralen als der dorsalen Oberfläche, findet sich eine förmliche Nestmulde, aus der zahlreiche Zapfen aufwärts streben; aber lange, ehe sie die Semon, Zoolog. Forschungsreisen. V. Jenaische Denkschriften. VIII. 18

Oberfläche erreicht haben, sind sie schon zu Ende und verlieren sich in dem normalen feinen Maschengewebe der Kalkplatte. Besser entwickelt als bei *Culcita* sind die Krystallkörper bei *Nidorellia armata*, wo noch viele an die Oberfläche der Platte gelangen (Taf. XXXVIII, Fig. 8 u. 8 a). Dagegen fand ich sie viel mehr verkümmert bei *Pentaceros muricatus* und *Pentaceropsis obtusatus*; hier liessen sich auf einem Querschliff (Taf. XXXIX, Fig. 2) nur wenige homogene Stellen erkennen, die weitaus nicht mehr so scharf sich von dem umgebenden Maschengewebe abhoben, wie noch bei *Culcita* beobachtet wurde; auf dem Längsschliff (Taf. XXXIX, Fig. 1) wurde nur eine einzige lichtere Stelle in der Nähe der ventralen Oberfläche der Platte wahrgenommen, die nach der dorsalen Oberfläche zu verlief, aber allmählich ganz verlosch, ehe noch das obere Drittel der Plattendicke erreicht war.

Bei Gymnasteria carinifera und bei Asteropsis vernicina sind es aber nicht nur die Dorsalplatten, welche Krystallkörper zeigen, sondern viel auffallender sind sie an den oberen und unteren Marginalplatten; hier sind sie aber im Gegensatz zu den bisher besprochenen Formen nur wenig in die Tiefe der Platte eingesenkt, sondern bilden eine ziemlich oberflächlich aufsitzende Kruste (Taf. XXXIX, Fig. 4). Die Oberfläche ist mit zahlreichen kegelförmigen Buckeln (Fig. 4b) versehen, die gegen unten breiter werden und oft in ein paar wurzelartige Ausläufer im Maschengewebe der Platte enden. Zwischen den einzelnen Krystallkörpern ist wenig Zwischenraum, und dieser ist mit sehr dickmaschigen, groben, homogenen Kalkfasern erfüllt (Taf. XXXIX, Fig. 4a).

Hier geht also das feinmaschige Gewebe der Kalkplatte nicht plötzlich in die Krystallkörper über, sondern in der Nähe derselben wird das Gewebe auf einmal grobmaschiger, die Fasern dicker, es bilden sich von innen herkommende wurzelartige, dicke Krystallzapfen, die dicht unter der Oberfläche zu einer breiten Krystallplatte verschmelzen, welche sich kegelförmig über die Oberfläche erhebt. Diese Krystallkörper erinnern oft an Zähne, die mit mehreren Wurzeln in der Alveole eines Knochens stecken. Auch bei Asteropsis vernicina verhält sich im polarisirten Licht die ganze Platte mitsammt den Krystallkörpern wie ein einheitlicher Krystall.

2. Ueber die Wachsthumsverhältnisse von Goniodiscus sebae.

Als ich gelegentlich der Untersuchung einiger Skeletplatten von Goniodiscus sebae das Dorsalskelet bei einem grossen Exemplar dieser Art von Mauritius frei präparirte, konnte ich die Beobachtung machen, dass die das Dorsalskelet zusammensetzenden sternförmigen Platten nicht unmittelbar zusammenstossen, sondern durch Reticularia ("Trabeculae" oder Connectivplatten), welche die Fortsätze der Sternplatten von aussen her bedecken, mit einander verbunden sind, wodurch das Rückenskelet einen ausgesprochen netzartigen Charakter erhält. Es ist das ein Befund, wie ihn Müller und Troschell") in der Originalbeschreibung von Goniodiscus sebae angegeben haben, und das mir vorliegende Exemplar entsprach auch in jeder anderen Beziehung dieser Beschreibung. Aus den trefflichen Abbildungen, welche De Loriol²) von Goniodiscus sebae giebt, ist deutlich zu erkennen, dass auch ihm dieselbe von Müller und Troschell beschriebene Form vorlag, die sich durch das Vorhandensein der Reticularia auszeichnet. Derartige Exemplare mit einem Durchmesser von 61-66 mm habe ich vor mir von Mauritius, den Seychellen und Ceylon (Taf. XL, Fig. 6 u. 7).

Um so auffallender war es mir, in den zwei neueren Werken von Perrier und von Sladen, wo die Systematik der Asteroidea eingehender behandelt wird, übereinstimmend als wesentlichen Charakter der Familie, zu der die Gattung Goniodiscus gestellt wird — der Pentagonasteridae — den mosaikartigen Bau des Dorsalskelets aufgestellt zu finden im Gegensatz zu dem netzartigen Bau des Rückenskelets, durch den die Pentacerotidae unterschieden werden.

MÜLLER und TROSCHEL, 1842, Das System der Asteriden, p. 58.
DE LORIOL, 1885, Catalogue raisonné des Échinodermes de l'isle Maurice. Stellérides in: Mém. Soc. phys. Genève T. XXIX, tab. 15, fig. 6.

Nach Perrier 1) sind die Familien der Pentagonasteridae und Gymnasteriidae charakterisirt durch ein Dorsalskelet, das aus mosaikartig an einander stossenden Tafeln besteht, gegenüber den Familien der Antheneidae und Pentacerotidae, deren Dorsalskelet netzartig ist. Die Unterfamilie der Goniodiscinae besitzt nach ihm sternförmige flache Rückenplatten, die bei der Gattung Goniodiscus selbst nacht sein sollen.

Nach SLADEN ²) sind die Pentagonasteridae gleichfalls durch ein mosaikartig getäfeltes (tesselate) Rückenskelet ausgezeichnet, dessen Platten rund, polygonal oder sternförmig sind, während es bei den Pentacerotidae netzförmig ist. Die Goniodiscinae sind bei ihm ebenfalls imit sternförmigen, flachen Rückenplatten versehen, aber von einer gleichförmigen, körnigen Membran bedeckt, während die Pentagonasterinae durch runde oder polygonale Platten ausgezeichnet sind. Goniodiscus selbst ist nach SLADEN charakterisirt durch ein Rückenskelet mit sternartigen Platten, die weite Zwischenräume lassen für die Papulae.

In der That finde ich eine Anzahl Seesterne von Ceylon, Amboina und den Tonga-Inseln, die bei einem Durchmesser von 39—45 mm in ihrem ganzen Habitus sonst durchaus den Charakter von Goniodiscus sebae zeigen, deren Dorsalskelet aber nicht netzartig ist, wie in der MÜLLER und TROSCHEL'schen Beschreibung angegeben, sondern ganz den von Perrier und Sladen der Unterfamilie der Goniodiscinae zugeschriebenen Charakter zeigt; es besteht aus sternförmigen Platten, die mit ihren Fortsätzen einander direct berühren, aber dazwischen weite Lücken lassen zum Durchtritt der Papulae (Taf. XL, Fig. 4 u. 5). Die Rückenplatten scheinen bei diesen Exemplaren, solange sie in Alkohol liegen, nackt zu sein; bei genauerer Untersuchung aber, oder wenn man ein derartiges Exemplar trocknet, überzeugt man sich leicht von dem Vorhandensein einer feinen, in einer dünnen Membran gelegenen Körnelung; dadurch erklärt sich wohl der scheinbare Widerspruch zwischen der Perrier'schen und Sladen'schen Angabe.

Endlich liegen mir noch aus Ceylon eine Anzahl kleiner Seesterne mit einem Durchmesser von 15—29 mm vor, die ebenfalls ganz den Habitus von Goniodiscus sebae haben, und die ohne Frage mit Hosea spinulosa Gray 3) identisch sind. Nach dem Vorgang von Perrier wird von de Loriol 4) diese Form bei Pentagonaster untergebracht und sehr deutlich beschrieben und abgebildet, während Sladen sie, allerdings mit Vorbehalt, zu Anthenea stellt. Ihr Rückenskelet besteht aus polygonalen, meist sechseckigen Tafeln, die mosaikartig an einander stossen, ohne grössere Lücken zwischen sich zu lassen (Taf. XL, Fig. 1—3). Diese Formen haben ganz den Charakter der Pentagonasterinae, wie sie von Perrier und Sladen charakterisirt sind, und zwar den der Gattung Calliaster.

Nach dem mir vorliegenden Material ist es aber nicht mehr zu bezweifeln, dass diese verschiedenen Formen von Seesternen nur die verschiedenen Alterszustände einer einzigen Art, und zwar von Goniodiscus sebae M. T., darstellen. Die jüngsten der zur Beobachtung gekommenen Exemplare zeigen den Charakter der Pentagonasterinae, die mittelgrossen den der Goniodiscinae und die ältesten den der Familie der Pentacerotidae nach der SLADEN'schen und PERRIER'schen Auffassung.

Einige der auffallenderen beim Wachsthum von Goniodiscus sebae auftretenden Veränderungen sollen auf den folgenden Seiten geschildert werden. Einige der bemerkenswerthesten Aenderungen während des Wachsthums sind auf einer Tabelle (Seite 140) übersichtlich zusammengestellt.

Die äussere Gestalt ändert sich im Verlauf der Entwickelung bei Exemplaren von 15 mm an bis zu solchen von 66 mm Durchmesser nicht bemerkenswerth; es beruht auf individueller Variabilität, dass bei manchen Exemplaren die Seiten des etwa pentagonalen Seesterns fast gerade sind, bei anderen sehr stark concav, sowie dass die Arme bei einigen Exemplaren auffallend spitz enden, bei anderen stark abgerundet sind (Taf. XL); auch die Höhe des Seesterns am Rande ist variabel, insofern manche

¹⁾ Perrier, 1894, Expédition scientifique du Travailleur et Talisman, Échinodermes, p. 327.

²⁾ SLADEN, 1894, The voyage of H. M. S. Challenger, Zoology, Vol. XXX, Asteroidea, p. XXXI u. 262.

³¹ GRAY, 1866, Synopsis of the species of Starfish in the British Museum, p. 9, tab. 4, fig. 2.

	Goniodiscus sebae											Culcita schmideliana			
	Ceylon				Amboina		Ceylon	Seych.	Maur.	Ceylon	Ceylon	Mauritius		Zanzi- bar	
	*a	b	_ c	*d	*e	f	*g	*h	*i	*k	*1	*a	*b	c	1 *e
Durchmesser in mm .	15	21,5	23	25,5	29	39	44	45	62	65	66	60	75	74 8	8 109
R in mm	9	12	13	15	17	23	27	26	36	37	39	35	41	40 4	7 61
r in mm	6,5	9	IO	H	12	16	17	19	26	28	28	25	34	34 4	2 48
Radialia	5	6	6	6	6	6	7	7	8-9	8	7	8	8	8	
Adradialia	5	5	5 - 6	6	6	6	7	7	8	8	7	7-8	8	8	
Dorsolateralia	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Ventrolateralreihen	3	4	4	4	4	5	5	6	7	7	6	7	7 - 8	7	8 9
♥ Ventrolateralia der															
로 I. Reihe	7	10	10	11	11	12	14	14	16	18	15	16	18	16 1	7 21
N Dorsomarginalia .	4	5	5	6	6	6	7	6	7	7	7	7	7	8	9 9
Ventromarginalia .	4	5	5-6	6	6	7	78	8	9	9-10	9	9	10	11 1	1 13
inn. AmbPapillen	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5-6	6	6	5-6	6	5 5
Papulae in 1 Porenf.	1	1-2	2	2-3	3-4	8	9-12	15	20	15-30	25-30	2025			60
Breite der Dorsomar-															
ginalia in mm	2,3	2,8	2,9	3	3,6	4,4	4,5	4,5	5,5	6,2	5	4,8		6,2	

Die mit * bezeichneten Exemplare sind auf Taf. XXXIX u. XL abgebildet.

Stücke auffallend niedrig sind, andere ziemlich hoch. Einigermaassen constant ist die Wölbung der Randplatten, die meist auffallend geschwollen erscheinen und durch tiefe Furchen von einander getrennt sind; gewöhnlich ist auch an den den oberen Randplatten angrenzenden Dorsalplatten eine kugelige Aufblähung bemerkbar; alle Exemplare aber zeigen ferner an den Winkeln zwischen den oberen und unteren Randplatten trichterförmige bis punktförmige Vertiefungen oder förmliche Löcher. Alle zeigen auch die Dorsalseite verhältnissmässig spärlich mit spaltförmigen Pedicellarien versehen, deren Alveolen in den Platten des Dorsalskelets selbst liegen, während die Ventrolateralplatten reichlicher damit besetzt sind. Den Randplatten fehlen Pedicellarien stets ganz. Stets findet sich auch eine Anzahl von Höckern oder Warzen auf den Marginalplatten in wechselnder Menge (2—10, Charakter der Gattung Calliaster); im Durchschnitt scheinen diese bei den grossen Exemplaren etwas weniger zahlreich zu sein als bei den kleinen; bei den meisten Exemplaren sind sie spitz, öfter aber auch stumpf. Die Platten des Dorsalskelets zeigen stets zahlreiche Krystallkörper.

Die die Dorsalseite bedeckende Membran ist bei den kleineren Exemplaren zart und äusserst fein granulirt, so dass die Rückenplatten leicht für nackt gehalten werden können; bei den grösseren Exemplaren tritt allmählich eine gröbere Körnelung auf, und die grössten Exemplare zeigen eine auffallend gekörnelte Rückenfläche und eine dicke Membran, unter der die Platten des Dorsalskelets und zugleich auch ein Theil der oberen Randplatten völlig verborgen sind (Taf. XL, Fig. 2 u. 6).

Höcker oder gröbere Warzen sind bei den kleinsten Exemplaren kaum wahrzunehmen auf den Rückenplatten; beim Grösserwerden werden solche allmählich deutlicher; die älteren Exemplare zeigen stets eine grössere Anzahl stumpfer oder spitzer, niedriger Warzen, sie sind aber immer spärlich vorhanden und zeigen wenig Constanz in ihrem Auftreten; gern erscheinen sie auf einigen der den Randplatten benachbarten aufgeschwollenen Dorsalplatten, ohne sich darauf zu beschränken; mitunter trägt die Mehrzahl der dorsalen Skeletplatten einen oder zwei dieser Höcker.

Die Ventrolateralplatten sind schon bei den jüngsten Exemplaren deutlich gekörnelt, und stets findet sich über der Mitte jeder Platte eine Anhäufung etwas gröberer Körner.

Die Zahl der inneren Ambulacralpapillen nimmt mit dem Grösserwerden nur wenig zu; die 10. Ambulacralplatte zeigt bei den jüngsten Exemplaren etwa 4 innere Furchenpapillen, bei den grössten kann diese Zahl auf 6 steigen.

Die Marginalplatten nehmen mit dem Alter an Zahl zu; die Zahl der oberen Marginalplatten ist bei den kleinsten Exemplaren von 15 mm Durchmesser nur 4 jederseits; sie steigt allmählich mit dem Wachsthum des Seesterns, bei den grösseren Exemplaren auf 7 jederseits; die äussersten sind natürlich von sehr geringer Grösse; die Zahl der unteren Marginalplatten ist bei den kleinsten Exemplaren die gleiche wie die der oberen oder höchstens um eine voraus, solange die Ambulacralfurche auf die Ventralseite beschränkt

bleibt. Bei Exemplaren von ca. 50 mm aber beginnt die Furche sich an der Armspitze aufwärts zu ziehen, so dass sie auf der Dorsalfläche endet, und bei den grössten Exemplaren wendet sie sich auf der Dorsalseite wieder nach der Mitte der Scheibe, so dass die Terminalplatte nicht mehr die Spitze bildet. An dieser Aufwärtsbiegung der Ambulacralfurche nehmen die unteren Randplatten in erheblichem Maasse Theil, während die oberen Randplatten weniger davon berührt werden. Infolge dessen tritt eine stärkere Vermehrung in der Zahl der letzten unteren Randplatten ein, so dass, während die ersten 5, selbst 6 Randplatten sich oben und unten fast genau entsprechen, auf die letzte obere Randplatte plötzlich eine grössere Zahl unterer Randplatten kommt (vergl. Tabelle).

Auch die Grösse der Marginalplatten, verglichen mit der Grösse des ganzen Seesterns, zeigt auffallende Veränderungen beim Wachsthum; bei den kleinsten Exemplaren von 15 mm ist die Entfernung des Innenrandes der oberen Marginalplatten vom Centrum der Scheibe nur 1²/3 mal so gross wie die Breite der mittleren Marginalplatten jeder Seite; dieses Verhältniss wird beim Wachsthum immer grösser, bis bei den grössten Exemplaren diese Entfernung etwa das Vierfache von der Breite der Randplatten beträgt; das Breitenwachsthum der oberen Randplatten hält eben durchaus nicht Schritt mit der Grössenzunahme der Scheibe. Noch auffallender scheint dieses Zurückbleiben des Breitenwachsthums an den unteren Randplatten; während die unteren Randplatten bei den jüngsten Exemplaren eine breite Zone um den Seestern bilden (Taf. XL, Fig. 1a u. 3a), sind sie förmlich verschwunden von der Unterseite bei den grössten Exemplaren; doch ist dieses Verschwinden nicht nur auf das schwächere Breitenwachsthum der Randplatten, sondern zum Theil auf Rechnung der Ventrolateralplatten zu setzen, welche sich ganz allmählich über die unteren Randplatten schieben und deren Unterseite schliesslich grösstentheils verdecken (Taf. XXXIX, Fig. 5 u. 5a).

Sehr auffallend ist die beim Wachsthum allmählich stattfindende Vermehrung der Ventrolateralplatten; diese bilden stets sehr regelmässige Längsreihen, die den Ambulacralfurchen ungefähr parallel laufen, und gleichzeitig regelmässige Querreihen, die von den Ambulacralfurchen zu den Randplatten verlaufen; während bei den kleinsten Exemplaren von 15 mm Durchmesser aber auf jeder Seite der Furche nur 3 Längsreihen von Ventrolateralplatten vorhanden sind, von denen die den Adambulacralplatten benachbarte aus 7 Platten besteht, finden sich bei den grössten Exemplaren von Ceylon (66 mm) 6 Längsreihen, deren erste aus 15 Platten besteht; bei Exemplaren von Mauritius steigt die Zahl der Längsreihen auf 7, die der Platten in der ersten Reihe auf 16 und 18.

Nur den 3 ersten Längsreihen von Ventrolateralplatten jederseits in jedem Interradialraum entspricht je eine unpaare im Interradius gelegene Platte als Scheitelplatte. Die erste unpaare Platte, die Scheitelplatte der ersten Längsreihe, ist jedoch bei den kleinsten Exemplaren noch kaum sichtbar, während die Scheitelplatte des 2. und 3. Paares von Längsreihen mindestens die Grösse der ersten paarigen Platte der entsprechenden Längsreihe hat. Diese erste Scheitelplatte nimmt aber allmählich an Grösse zu und wird schliesslich die grösste von allen Ventrolateralplatten. Dem vierten Paare von Längsreihen, wie den folgenden, entspricht keine unpaare Ventrolateralplatte.

Dass die äussersten, kleinsten Ventrolateralplatten sich allmählich mehr und mehr über die unteren Randplatten schieben und zuletzt diese Randplatten fast ganz verdecken, ist bereits oben erwähnt.

Die auffallendsten Veränderungen beim Wachsthum zeigt aber das Dorsal-Skelet, bei dessen Darstellung ich mich der von Ludwig¹) angewandten Terminologie bedienen werde. Bei den jüngsten Exemplaren (15 mm Durchm.) bilden die Platten des Rückenskelets ein mosaikartiges Pflaster, bestehend aus flachen, polygonalen, meist 6-eckigen Platten, unter denen 10 merklich grössere einen geschlossenen Ring um die Mitte der Scheibe bilden; sie lassen sich leicht als die 5 primären Radialplatten und die 5 primären Interradialplatten erkennen. Von den primären Radialplatten aus verläuft nach der Spitze jedes Armes zu eine Reihe von weiteren 4 Radialplatten, deren äusserste durch das zusammenstossende letzte Paar von Randplatten von der Terminalplatte getrennt ist. Etwa parallel zu der Reihe der Radialia verläuft beiderseits eine Reihe von Adradialplatten, und nach aussen von diesen eine Reihe von Dorsolateralplatten. Die erste Adradialplatte und die erste Dorsolateralplatte

¹⁾ Ludwig, 1897, Seesterne des Mittelmeeres, p. 455.

berühren einander und grenzen längs des Interradius an die entsprechenden Platten des benachbarten Armes. Nach der Scheibenmitte zu grenzen diese 2 ersten Adradialplatten an die primäre Interradialplatte, die als unpaare Scheitelplatte der Adradialreihen erscheint; an das erste Paar von Dorsolateralplatten grenzt nach aussen eine unpaare Platte, die als unpaare Scheitelplatte einer nicht weiter entwickelten zweiten Reihe von Dorsolateralplatten angesehen werden kann, und die direct an das mittlere Paar von Randplatten stösst; sie ist als 3. unpaare Interradialplatte zu bezeichnen.

Wo je 3 von den Rückenplatten an einander stossen, findet sich ein Porus zum Austritt von einer Papula (Taf. XL, Fig. 1). Nur längs des Interradius, und zwar zwischen den beiden Interradialplatten und den von ihnen eingeschlossenen ersten Paaren von Adradialia und Dorsolateralia, sind keine Oeffnungen für Papulae vorhanden.

Die Weiterentwickelung des Dorsalskelets hängt direct mit der Ausbildung der Papulae zusammen; bei weiterem Wachsthum vermehrt sich die Zahl der in den Plattenwinkeln austretenden Papulae so, dass bei Exemplaren von etwa 20 mm Durchmesser etwa je 2, bei solchen von 30 mm etwa 4, bei 40 mm etwa 8, bei den grössten Exemplaren (60—65 mm) 15—30 Papulae neben einander auftreten, Porenfelder (Papularien) bildend, die zuletzt Neigung zeigen, mit einander zu verschmelzen. Infolge dessen müssen die zwischen den Platten vorhandenen Lücken zum Austritt der Papulae allmählich grösser werden, doch so, dass der Zusammenhang der Platten gewahrt bleibt. Zunächst geschieht das durch sternförmige Ausbildung der Platten, indem jede Platte nach jeder der angrenzenden Dorsalplatten hin einen Ausläufer bildet, und da die meisten Platten mit je 6 anderen in Berührung stehen, stellen sie meist sechseckige Sterne vor (Taf. XL, Fig. 4). Mittelst dieser Ausläufer wird eine Zeitlang die gegenseitige Verbindung der Dorsalplatten erhalten. Zuletzt, wenn die grösser werdenden Porenfelder die Platten allzu weit auseinanderdrängen, verlängern sich die Ausläufer nicht weiter, sondern es beginnen sich besondere Verbindungsstücke anzulegen, die eine Brücke bilden zwischen je 2 benachbarten Platten; dieselben legen sich oberflächlich an, und zwar jedesmal über je 2 an einander stossenden Ausläufern von 2 benachbarten Sternplatten, die sie von oben her bedecken.

Diese Verbindungsstücke, Reticularia oder Connectivplatten, werden zuerst als ganz kleine Körnchen gebildet, die von den der Rückenhaut allenthalben eingelagerten Granulae nur dadurch zu unterscheiden sind, dass sie etwas mehr in die Tiefe eingesenkt gefunden werden; sie sind aber offenbar auf solche Granulae zurückzuführen; sie wachsen nun allmählich zu balkenartig verlängerten Gebilden aus in dem Maasse, als die Sternplatten weiter und weiter auseinandergeschoben werden. Bei der ersten Anlage von Reticularia finden sich oft mehrere Körner neben einander über den Ausläufern von zwei an einander stossenden Sternplatten; nur eines davon wird aber zum definitiven balkenartigen Reticulare. Erst spät legen sich augenscheinlich Reticularia an zwischen den Scheitelplatten in der Mitte der Scheibe, noch später zwischen den äussersten (admarginalen) Platten des Dorsalskelets und zuletzt zwischen diesen und den Marginalplatten selbst; an der Armspitze bilden sich zwischen den jüngsten Platten keine Reticularia.

Während dieser Vorgänge vermehrt sich langsam die Zahl der Radialia, die an jedem Arm von 5 auf 6-8 steigen kann. Die jüngste Radialplatte ist stets durch ein Paar, mitunter durch zwei Paare in der Mittellinie zusammenstossender Marginalplatten von der Terminalplatte getrennt.

Ebenso vermehrt sich die Zahl der Adradialplatten und zwar von 5 nach und nach bis auf 8; die der Dorsolateralia erreicht sehr früh das Maximum von 3 Platten jederseits; sehr bald tritt auch ferner für die Dorsolateralreihe eine unpaare Scheitelplatte, die 2. oder mittlere Interradialplatte, auf, welche sich interradiar zwischen die ersten Paare der Adradialia und der Dorsolateralia einschiebt und sie beim Grösserwerden allmählich auseinanderdrängt; doch bleibt diese zweite Interradialplatte immer klein. Nie legen sich paarige Platten einer zweiten Reihe von Dorsolateralia an; diese Reihe bleibt stets auf die einzige dritte Interradialplatte beschränkt.

Zwischen den an den Interradius grenzenden, zwischen dem ersten und dritten Interradiale gelegenen Platten legen sich auch später nie Papulae an, die sonst überall, wo je 3 Platten auf der Dorsalseite zusammenstossen, sich finden einschliesslich der Winkel, welche die Marginalplatten mit den benachbarten Dorsalplatten bilden. Auch Reticularia bilden sich längs des Interradius nur zwischen dem primären

Interradiale und dem ersten Paare von Adradialia, sowie zwischen dem dritten Interradiale und dem ersten Paare von Dorsolateralplatten, um die Vergrösserung der seitlichen Porenfelder zu ermöglichen. Nie zeigen sich aber bei Goniodiscus sebae Reticularia zwischen dem ersten Paare von Adradialia oder von Dorsolateralia oder zwischen ihnen und dem von ihnen eingeschlossenen mittleren Interradiale, so dass diese 5 Platten in jedem Interradialraum ein charakteristisches Bild geben, da es die einzigen Platten im Dorsalskelet sind, welche stets ihre Seiten dicht an einander gepresst halten und nie Ausläufer oder Reticularia zur gegenseitigen Verbindung besitzen.

Das späte Erscheinen der ersten unpaaren Ventrolateralplatte auf der Bauchseite und der mittleren Interradialplatte auf der Rückseite des Seesterns hängt offenbar mit der Ausbildung des interradialen Septenpfeilers zusammen, der eine innere Verbindung zwischen Rücken- und Bauchskelet darstellt. Das erste unpaare Ventrolaterale dient hauptsächlich als Fussplatte für diesen Pfeiler; durch Vermittelung mindestens von einem Paar von Zwischenstücken erreicht der Pfeiler das zweite Interradiale des Dorsalskelets, das ventralwärts stark verlängert ist; erst wenn sich der Pfeiler bei weiterem Wachsthum kräftigt, schiebt sich das erste unpaare Ventrolaterale an die Oberfläche des Bauchskelets und seine Gipfelplatte, das zweite Interradiale an die Oberfläche des Rückenskelets. Der Fuss des Pfeilers wird nun durch Theilnahme der benachbarten Platten beträchtlich verstärkt, desgleichen durch das Auftreten einer grösseren Zahl von Zwischenstücken, die nach und nach dazutreten; die Verbindung mit dem Rückenskelet wird aber ausschliesslich durch das dritte Interradiale hergestellt.

Die ursprünglich tafelförmige Gestalt der Dorsalplatten, die bei jüngeren Gomiodiscus sebae eine verhältnissmässig geringe Dicke und ungefähr parallele Aussen- und Innenfläche besassen, macht im Laufe des Wachsthums allmählich einer mehr oder weniger kugelförmigen Gestalt Platz, die dadurch entsteht, dass bei geringem Flächenwachsthum ein verhältnissmässig bedeutendes Dickenwachsthum eintritt, und dass die nicht mehr aneinanderstossenden Seiten sich abrunden; an diesen kugeligen Skeletplatten treten die sternartigen Ausläufer als kurze Warzen hervor.

3. Verwandtschaftsbeziehungen von Goniodiscus sebae.

Das Bild, welches das Dorsalskelet eines erwachsenen Goniodiscus sebae darbietet, erinnert nun in ganz überraschender Weise an das, welches das Dorsalskelet einer kleinen Culcita schmideliana etwa von der Grösse der älteren Exemplare von Goniodiscus sebae (Taf. XL, Fig. 8) zeigt. Der einzige nennenswerthe Unterschied ist der, dass bei Culcita zwischen den 5 Platten in jedem Interradius, zwischen denen bei Goniodiscus sebae nie Reticularia sich zeigten, auch solche angelegt werden; es sind aber die kleinsten und offenbar am spätesten angelegten; auch stellen sich dabei keine neuen Porenfelder ein, sondern längs des Interradius fehlen die Porenfelder auch hier, genau wie bei Goniodiscus sebae. Das Auftreten von weiteren Reticularia wird hier wohl nothwendig durch das Grösserwerden der benachbarten Porenfelder, durch das schliesslich auch die Platten auseinandergedrängt werden, die keine Porenfelder zwischen sich selbst dulden. Die Zahl der Papulae in einem Porenfeld ist bei solchen Culcita ca. 20—25; wenn wir annehmen, dass sich Goniodiscus sebae in der gleichen Richtung weiter entwickeln würde, wie es sich während seines individuellen Wachsthums entwickelt hat, müsste es genau den Zustand des Dorsalskelets zeigen, den die junge Culcita schmideliana darbietet.

Noch überraschender wo möglich ist die Aehnlichkeit von Culcita mit Goniodiscus sebae, wenn wir das Ventralskelet und die Marginalplatten betrachten. Bis ins Einzelnste stimmen hier die beiden Formen überein, welche man in 2 verschiedenen Familien untergebracht hat. Die Beschreibung eines erwachsenen Goniodiscus sebae ist fast Wort für Wort die Beschreibung der jungen Culcita von etwa gleicher Grösse (vergl. die Tabelle auf Seite 140).

Selbst die Oberflächengebilde bieten zum Verwechseln ähnliche Verhältnisse dar. Die inneren wie die äusseren Furchenpapillen, die Granulae der Ventrolateralplatten, die in der Mitte einer jeden Platte etwas gröber erscheinen, die gleichmässige Körnelung der Dorsalfläche, unter der nur vereinzelte grobe, spitzige Warzen auftreten, die Anordnung der groben, spitzigen Warzen auf oberen wie unteren Marginalplatten, die Vertheilung und Gestalt der Pedicellarien zeigen durchaus den Typus von Goniodiscus sebae. Auch die Krystallkörper sind vorhanden wie bei Goniodiscus sebae, erreichen aber die Oberfläche der Platte nicht mehr. (Vergl. Taf. XXXIX, Fig. 5 u. 6 und Taf. XL, Fig. 6-8).

Ueberhaupt ist es gar nicht einfach, die beiden Formen auseinanderzuhalten. Culcita zeigt die Aufblähung der Marginalplatten nicht, die für Goniodiscus sebae charakteristisch ist, sie treten trotz ihrer Grösse etwas mehr zurück, vor allem aber fehlen in Folge dessen der Culcita die lochartigen Vertiefungen in der Mitte zwischen den beiden Reihen von Marginalplatten, und die Körperhaut lässt die Grenzen der beiden Randplattenreihen kaum erkennen; ohne Berücksichtigung der letzteren, doch recht unbedeutenden Unterschiede würde es sehr misslich sein, eine junge Culcita von einem Goniodiscus sebae zu unterscheiden. Die Hauptmerkmale der Gattung Culcita treten erst später auf, vor allem die kolossale Verdickung der Körperhaut auf der Rückenseite, infolge deren es so ausserordentlich erschwert ist, einen Einblick in den Aufbau ihres Dorsalskelets zu thun.

Ich stelle als Resultat dieser Darlegung die Ansicht auf, dass wir in der Gattung Culcita nichts anderes vor uns haben als eine weiter entwickelte Form vom Charakter des Goniodiscus sebae, und dass wir in dem lebenden Goniodiscus sebae eine Form haben, die der Stammform von Culcita schmideliana und überhaupt der Stammform der Gattung Culcita ausserordentlich nahe steht. Die Verbreitung von Goniodiscus sebae scheint etwa dieselbe zu sein wie die der Gattung Culcita.

Wenn wir die Weiterentwickelung von Culcita schmideliana verfolgen, so finden wir darin in den meisten Punkten eine Fortsetzung der Entwickelungsrichtung, die wir bei Goniodiscus sebae verfolgen konnten. Die Körperhaut wird dicker, bis zuletzt das ganze Skelet schliesslich völlig dadurch verdeckt wird; die Granulirung der Bauchseite wird immer gröber; die Pedicellarien werden spärlicher; die Warzen an den Randplatten verschwinden; die Ambulacralfurchen erstrecken sich mehr oder weniger weit auf die Dorsalfläche; die oberen Randplatten nehmen nur langsam an Zahl zu, die unteren viel rascher infolge der verstärkten Aufwärtsbiegung der Ambulacralfurchen; die unteren Randplatten werden fast völlig von den immer zahlreicher werdenden Ventrolateralplatten überwallt. Die Papulae treten in immer grösserer Zahl auf, die Porenfelder werden immer grösser und fliessen in einander; das Dorsalskelet bleibt aber in Zusammenhang; eine Vermehrung der bei Goniodiscus sebae vorhandenen Dorsalplatten scheint aber wie bei Goniodiscus nur in ganz unbedeutendem Maasse stattzufinden, während die Reticularia stark in die Länge wachsen. Die bereits bei Goniodiscus mehr oder weniger aufgeblähten admarginalen Platten des Dorsalskelets sind auch bei Culcita noch von auffallender Grösse und Dicke, so dass sie auf Hartlaub den Eindruck machten, wie wenn eine dritte Marginalplattenreihe entwickelt wäre (Taf. XXXIX, Fig. 6b).

Einen Charakter noch finden wir bei Culcita sehr viel weiter entwickelt als bei Goniodiscus: die interradiären Septenpfeiler sind bei Goniodiscus noch verhältnissmässig einfach und von unbedeutender Beweglichkeit. Bei Culcita finden wir schon bei den kleineren Exemplaren eine beträchtlichere Anzahl von Zwischenstücken entwickelt, gegenüber Goniodiscus sebae; davon sind die den Fuss bildenden sehr zahlreich, aber klein, während sie dorsalwärts viel spärlicher werden, aber beträchtliche Grösse erreichen (Taf. XXXIX, Fig. 7). Ferner sind nicht nur am Bauchskelet eine Anzahl von benachbarten Platten zur Verstärkung der Fussplatte beigezogen, sondern auch am Rückenskelet genügt nicht mehr die Befestigung durch die einzige mittlere Interradialplatte, denn auch hier sind die benachbarten Platten mit dem Septenpfeiler verwachsen, der sich marginalwärts bis zum dritten Interradiale fortsetzt; die meisten der den Pfeiler zusammensetzenden Stücke sind leicht gegen einander beweglich, so dass er nunmehr den mannigfaltigsten Formveränderungen des Seesterns von Kugel- bis Plattengestalt zu folgen vermag (Taf. XXXIX, Fig. 6 b u. 7).

¹⁾ HARTLAUB, 1892, Ueber die Arten und den Skeletbau von Culcita, Notes from the Leyden Museum, Vol. XIV, p. 111.

In dieser Beziehung hat sich die Gattung Culcita hoch über den Zustand erhoben, an den die Gattung Goniodiscus und ihre näheren Verwandten noch gefesselt sind, die ihre plattenförmige Körpergestalt nicht zu ändern vermögen.

Nachdem auf diese Weise dargethan wurde, dass Goniodiscus sebae aufs innigste an die Gattung Culcita sich anschliesst, und beide jedenfalls in eine natürliche Fumilie zu stellen sind, erhebt sich die Frage, wie sich die bisherigen Gattungs- und Familiengenossen zu diesen beiden Formen thatsächlich verhalten. Da eine ausführliche Betrachtung hier zu weit führen würde und ausserhalb des Rahmens meiner gegenwärtigen Arbeit liegt, werde ich mich nur mit einigen kurzen Andeutungen begnügen. Ich beschränke mich auf die Besprechung einiger zu den Familien der Pentagonasteridae und Pentacerotidae, sowie der jedenfalls nahe verwandten Antheneidae und Gymnasteriidae gerechneten Formen, also derjenigen Familien von Valvulatae (Perrier), bei denen ich im Stande war, das Vorkommen von Krystallkörpern nachzuweisen. Zu diesem Zwecke möchte ich noch einige zur Beurtheilung von verwandtschaftlichen Beziehungen vielleicht brauchbare Charaktere in Betracht ziehen.

Dass ein zur Unterscheidung von Familien und Unterfamilien mit in erster Linie verwandtes Merkmal, die Ausbildung des Rückenskelets, eine absolut ausschlaggebende Bedeutung nicht besitzt, konnte ich bei Goniodiscus sebae nachweisen, der im erwachsenen Zustand ein netzförmiges Rückenskelet mit wohlausgebildeten Reticularia zeigt, die den jüngeren Exemplaren fehlen, unter denen die kleinsten Exemplare polygonale Rückenplatten haben, während diese bei mittelgrossen sternförmig werden. Die verschiedene Ausbildung des Rückenskelets charakterisirt in diesem Falle verschiedene Stadien im Verlaufe der individuellen Entwickelung; es gilt das nicht nur für die genannte Art; da bei den verschiedensten Formen von Seesternen schon nachgewiesen ist - in neuerer Zeit besonders durch Ludwig 1) - dass die Reticularia sich sehr viel später anlegen als die Hauptplatten des Dorsalskelets, so ist wahrscheinlich für alle Seesterne mit netzförmigem Dorsalskelet anzunehmen, dass sie Jugendstadien mit mosaikartigem und schuppenartigem Dorsalskelet ohne Reticularia besitzen. Dieser Grundsatz ist für die Feststellung phylogenetischer Beziehungen unter den Seesternen sehr wichtig; diejenigen Seesterne, welche wie viele Pentagonasterinae zeitlebens ein mosaikartiges Rückenskelet haben mit runden oder polygonalen Platten, in deren Winkeln die Papulae nur einzeln oder in sehr geringer Zahl beisammen Platz finden, sind phylogenetisch als die ältesten Formen anzusehen; eine phylogenetisch höhere Entwickelungsstufe stellen Formen wie die Goniodiscinae dar, welche den Zustand erreichen, dass ihre Rückenplatten sternförmig werden, so dass eine grössere Zahl von Papulae zu einem Porenfeld zusammentreten kann; die phylogenetisch höchste Stufe stellt ein netzförmiges Skelet dar mit ausgebildeten Reticularia und weiten Lücken zwischen den Hauptplatten, in denen sich umfangreiche Porenfelder entwickeln, die Neigung zeigen, mit einander zusammenzufliessen.

Das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Reticularia ist auf jeden Fall ein Charakter, der bei der Diagnose selbst einer Art nur mit Vorsicht verwendet werden darf; abgesehen von Fällen, wie Goniodiscus sebae, wo Reticularia erst sehr spät sich einstellen, konnte ich die Beobachtung machen, dass offenbar sehr nahe verwandte Arten innerhalb einer Gattung sich in dieser Beziehung ganz verschieden verhalten können. Während ich nämlich bei verschiedenen grossen Exemplaren von Pentaceros muricatus keine Spur von Reticularia nachweisen konnte, fand ich sie bei dem allem Anscheine nach ganz nahe verwandten Pentaceros alveolatus regelmässig vor. Bei den meisten Arten von Pentaceros scheinen sie vorhanden zu sein; bei Nidorellia armata aber kommen Reticularia nicht vor.

Wichtiger als Vorhandensein und Fehlen von Reticularia scheint mir der Unterschied zu sein, ob Reticularia, wenn sie auftreten, äussere oder innere sind, d. h. ob sie von aussen oder von innen her sich an die Hauptplatten des Dorsalskelets anlegen. Bei Goniodiscus sebae wie bei der Gattung Culcita kommen nur äussere Reticularia vor; dasselbe gilt für die Gattung Anthenea; von den übrigen Arten von Goniodiscus, die ich beurtheilen kann, scheint G. studeri sich in dieser Beziehung an G. sebae anzuschliessen; die anderen mir bekannten Arten (G. articulatus und pleyadella) besitzen keine Reticularia. Wo ich solche

LUDWIG, 1897, Seesterne des Mittelmeeres.
Jenaische Denkschriften. VIII.

sonst unter den in Betracht gezogenen Familien auffand, waren es stets innere, so bei *Hippasteria plana*, *Gymnasteria carinifera* und bei *Pentaceros*. Bei *Pentaceros reticulatus* jedoch fand ich, dass neben inneren auch äussere Reticularia auftreten können.

Ein Charakter, dem in den neuesten Classificationsversuchen der Asteroïden nach meiner Meinung eine viel zu geringe Wichtigkeit beigemessen wurde, ist das Vorhandensein und Fehlen von interbrachialen Septenpfeilern. Die zu den Pentacerotidae und Gymnasteriidae gezählten Formen besitzen sie meines Wissens alle; unter den Antheneidae ist Anthenea damit versehen, die auch im Uebrigen sehr abweichende Hippasteria jedoch nicht; unter den Pentagonaster idae fehlen sie bei den meisten Gattungen, wie Pentagonaster, Astrogonium, Gnathaster, während sie bei Stellaster und Goniodiscus vorhanden sind. Dass das Vorhandensein der Septenpfeiler bei Aufstellung der Verwandtschaftsbeziehungen unter den hier betrachteten Formen wohl zu berücksichtigen ist, beweisen die Erfahrungen, die ich über die Verbreitung der Krystallkörper machte (s. o.); bei allen mit Septenpfeilern versehenen Formen, die ich aus den erwähnten 4 Familien untersuchte, liessen sich Krystallkörper nachweisen; fehlten die Septenpfeiler, so waren auch Krystallkörper nicht vorhanden mit Ausnahme einer einzigen Art, Phaneraster semilunatus.

Bei Aufsuchung von Verwandtschaftsbeziehungen scheint mir noch ein Charakter Beachtung zu verdienen, den ich in der Vertheilung der alveolären Pedicellarien auf der Dorsalseite finde. Bei Goniodiscus sebae sind diese Pedicellarien auf die Hauptplatten des Dorsalskelets beschränkt; ähnlich scheint es mir bei Culcita zu sein, wo derartige Pedicellarien aber sehr zurücktreten. Bei Goniodiscus pleyadella finde ich aber nur ausnahmsweise in den Hauptplatten des Dorsalskelets winzige Grübchen für diese Pedicellarien; dagegen ist in jedem Porenfeld ein besonderes kleines Kalkplättchen ausgebildet, das die Alveole für ein Pedicellar trägt (Taf. XXXIX, Fig. 9); bei einer verwandten Art, die mir mit Goniodiscus articulatus identisch zu sein scheint (Taf. XXXIX, Fig. 8), finde ich die grossen als Porenfelder dienenden Lücken zwischen den Hauptplatten des Dorsalskelets erfüllt von einer Menge kleiner Kalkplättchen, deren jedes sich als Träger eines alveolären Pedicellars erweist durch die in seiner Mitte befindliche Alveole, während sich derartige Alveolen nur ganz vereinzelt auf den Hauptplatten befinden. Diese kleinen Kalkplättchen sind nur als Basalplatten der Pedicellarien zu betrachten, und ich glaube sie für homolog ansehen zu dürfen den Basalstücken der sogenannten gestielten Pedicellarien der Asteriidae. [An Asterina hat Ludwig 1) kürzlich besondere Basalstücke für sitzende Pedicellarien nachgewiesen, während Perrier 2) bei Gymnasteria carinifera gleichfalls Basalstücke für sitzende Pedicellarien gekannt hat, aber sie nicht als Homologa der entsprechenden Stücke von gestielten Pedicellarien deuten wollte. Solche Basalstücke mit Alveolen für Pedicellarien finden sich nun in grosser Menge bei den verschiedensten Pentaceros-Arten, während man an den Hauptplatten selbst nur sehr spärlich Alveolen antrifft.

Wenn den genannten Charakteren in der That einige Bedeutung zukommt, die sie meines Erachtens auch haben dürften, so könnte dies in der Classification derartig zum Ausdruck kommen, dass aus den Pentagonasteridae alle diejenigen Formen ausgeschieden werden, denen Septenpfeiler zukommen, also vor allem Stellaster und Goniodiscus; dafür könnte in diese Familie Hippasteria aufgenommen werden, die bisher in sehr unnatürliche Verbindung mit Anthenea gebracht wurde.

In eine Familie Culcitidae wären die Formen mit Septenpfeilern zu vereinigen, die nur äussere Reticularia erhalten, also Goniodiscus sebae, Goniodiscus studeri, die Gattungen Culcita, Asterodiscus und Anthenea; diese bisher in 3 verschiedene Familien getrennten Formen gehören jedenfalls eng zusammen und bilden mit einander eine sehr natürliche Gruppe.

Die Familie der Pentacerotidae würde durch Septenpfeiler, durch innere Reticularia, soweit sie nicht ganz fehlen, und durch das regelmässige Vorkommen von selbständigen, nicht auf die Hauptplatten beschränkten alveolären Pedicellarien ausgezeichnet sein; hierher gehört Pentaceros, Nidorellia und einige der bisherigen Goniodiscus-Arten, wie Goniodiscus pleyadella und Goniodiscus articulatus, denen dann natürlich ein neuer Gattungsname zukäme.

¹⁾ Ludwig, 1897, Seesterne des Mittelmeeres.

²⁾ Perrier, 1869, Recherches sur les Pédicellaires etc., in: Ann. Sc. nat., 5. Sér., Zool., T. XII, p. 285.

Die Gymnasteriidae, deren neuerliche von Perrier vorgeschlagene Trennung von den Poraniidae ich nicht empfehlen möchte bei dem gleichartigen Charakter ihrer Krystallkörper, würden im bisherigen Sladen'schen Sinne erhalten bleiben.

An welche der genannten Gruppen die Gattung Stellaster anzuschliessen wäre, ist mir vorläufig nicht möglich zu entscheiden; sie zeigt jedenfalls in vieler Beziehung primitiven Charakter.

Ueber diese hier angegebenen Andeutungen kann ich zur Zeit nicht wagen hinauszugehen, da ein entschiedeneres Vorgehen in dieser Richtung auf ein viel reicheres Untersuchungsmaterial gestützt sein müsste, als mir bisher zu Gebote stand.

Zusammenfassung der Resultate.

- I) Die in den Skeletplatten gewisser Seesterne vorkommenden "Krystallkörper" sind unter einander parallele zapfenähnliche Gebilde aus homogenem, kohlensaurem Kalk; diese stehen in unmittelbarer Verbindung mit den aus gleicher Substanz bestehenden, das normale feine Maschenwerk der Skeletplatten zusammensetzenden Kalkfasern, von denen sie sich nur durch ihre Dimensionen unterscheiden. Das feinmaschige Kalkfasergewebe einer Skeletplatte sammt den darin steckenden Krystallkörpern verhält sich im polarisirten Licht wie ein einfacher Krystall.
- 2) "Krystallkörper" liessen sich in den dorsalen Skeletplatten (selten in anderen Platten) aller darauf untersuchten Arten aus den Familien der Pentagonasteridae, Antheneidae, Pentacerotidae, Gymnasteriidae (incl. Poraniidae) nachweisen, soweit diese mit interbrachialen Septenpfeilern versehen sind. Nur bei einer Art ohne Septenpfeiler (*Phaneraster semilunatus*) wurden Krystallkörper gefunden.
- 3) Goniodiscus sebae aus dem Indo-Pacific zeigt in jungen Exemplaren (Pentagonaster spinulosus) die Charaktere der Unterfamilie der Pentagonasterinae, in mittelgrossen Exemplaren die der Unterfamilie der Goniodiscinae, in erwachsenen Exemplaren die der Familie der Pentacerotidae, wie diese Gruppen von Perrier und Sladen aufgefasst werden.
- 4) Die Gattung Culcita ist aufs innigste verwandt mit Goniodiscus sebae; die wahrscheinliche Stammform der Gattung ist von dem noch lebenden Goniodiscus sebae specifisch kaum zu unterscheiden.
- · 5) In der Gruppe der Valvulatae (Perrier) sind die mit mosaikartiger Ausbildung des Rückenskelets versehenen Formen phylogenetisch die ältesten, die mit sternförmigen Rückenplatten sind jünger, die mit besonderen Reticularia (Connectivplättchen) versehenen Arten, deren Rückenskelet netzartig ist, die jüngsten Formen. Bei den ersteren stehen die Papulae vereinzelt, bei den anderen in kleinen Gruppen, bei letzteren sind die Porenfelder gross mit Neigung zur Verschmelzung.
- 6) Die Reticularia legen sich bei gewissen mit einander verwandten Formen nur von aussen her an die Hauptskeletplatten an, bei anderen Formen nur von innen her. Die äusseren Reticularia lassen sich von den die Oberfläche bedeckenden Granulae ableiten.
- 7) Die alveolären Pedicellarien der Dorsalseite finden sich bei gewissen Formen auf die Hauptskeletplatten beschränkt, bei anderen finden sie sich wesentlich oder ausschliesslich auf besonderen in den Porenfeldern gelegenen Kalkplättchen, die den Basalstücken der gestielten Pedicellarien homolog zu achten sind.
- 8) Eine natürliche Classification der zu den Valvulatae gezogenen Seesterne hat mehr, als es bisher geschah, Rücksicht zu nehmen auf das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von interbrachialen Septenpfeilern, auf das Vorkommen von äusseren oder inneren Reticularien, auf das Vorhandensein von alveolären Pedicellarien der Dorsalseite mit besonderer Basalplatte.

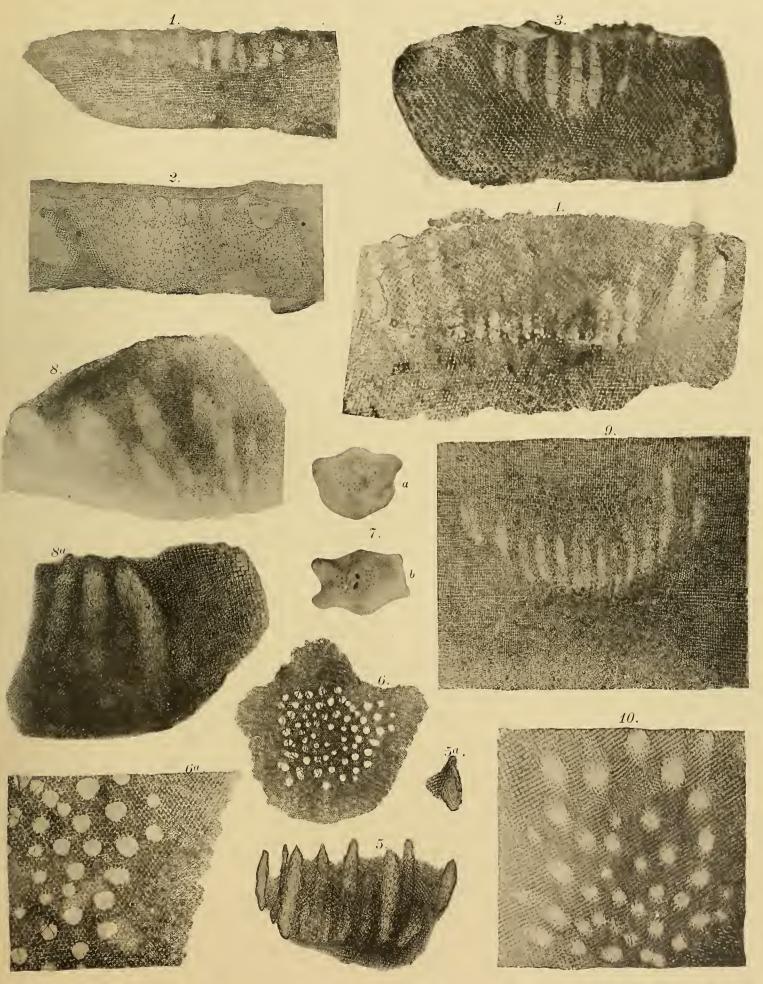
Tafel XXXVIII.

- Fig. 1. Stellaster incei. Längsschliff durch eine Dorsalplatte mit Krystallkörpern. Vergr. 50 fach.
 - " 2. Stellaster incei. Längsschnitt durch eine entkalkte Dorsalplatte; der obere Theil der Platte zeigt verschiedene Lücken an Stelle der Krystallkörper, über welche die Granulae enthaltende Rückenhaut sich hinzieht; die grosse Lücke rechts oben entspricht einer Zerreissung des Gewebes in Folge der bei der Entkalkung auftretenden Gasentwicklung. Vergr. 50 fach.
 - " 3. Goniodiscus sebae. Längsschliff durch eine Dorsalplatte mit Krystallkörpern. Vergr. 50 fach.
 - " 4. Ebenso. Der mittlere Theil der Platte trug eine Warze (wie Fig. 7a), unter der die Krystallkörper verkümmert sind. Vergr. 50 fach.
 - " 5. Ebenso. Der Schliff ist durch verdünnte Salzsäure stark geätzt, so dass die Krystallkörper selbst angegriffen sind. Vergr. 50 fach.
 - " 5a. Ein einzelner stark geätzter Krystallkörper mit anhängendem Maschengewebe. Vergr. 50 fach.
 - " 6. Goniodiscus sebae. Querschliff durch eine Dorsalplatte mit Krystallkörpern. Vergr. 24 fach.
 - " 6a. Ein Theil desselben Querschliffes. Vergr. 50 fach.
 - ,, 7. Goniodiscus sebae. Zwei Dorsalplatten, auf deren Oberfläche Krystallkörper sichtbar sind; a) mit einer Warze in der Mitte; b) mit der Alveole eines Pedicellars. Vergr. 6 fach.
 - " 8 u. 8a. *Nidorellia armata*. Theile von Längsschliffen durch eine Dorsalplatte mit Krystallkörpern. Vergr. 50 fach.
 - ,, 9. Culcita schmideliana. Mittlerer Theil eines Längsschliffes durch eine Dorsalplatte mit rudimentären Krystallkörpern. Vergr. 45 fach.
 - " 10. Culcita schmideliana. Mittlerer Theil eines Querschliffes durch eine Dorsalplatte mit Krystallkörpern. Vergr. 50 fach.

Doderlein, Krystallkörper bei Seesternen etc.

JEN. DENKSCHRIFTEN Bd. VIII.

Semon, Forschungsreisen, Bd. V, Taf. XXXVIII.



Döderlein phot.

Verlag v. Gustav Fischer, Jena.

Phototypie Elsäss, Druck., Strassburg.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/: www.zobodat.at

Tafel XXXIX.

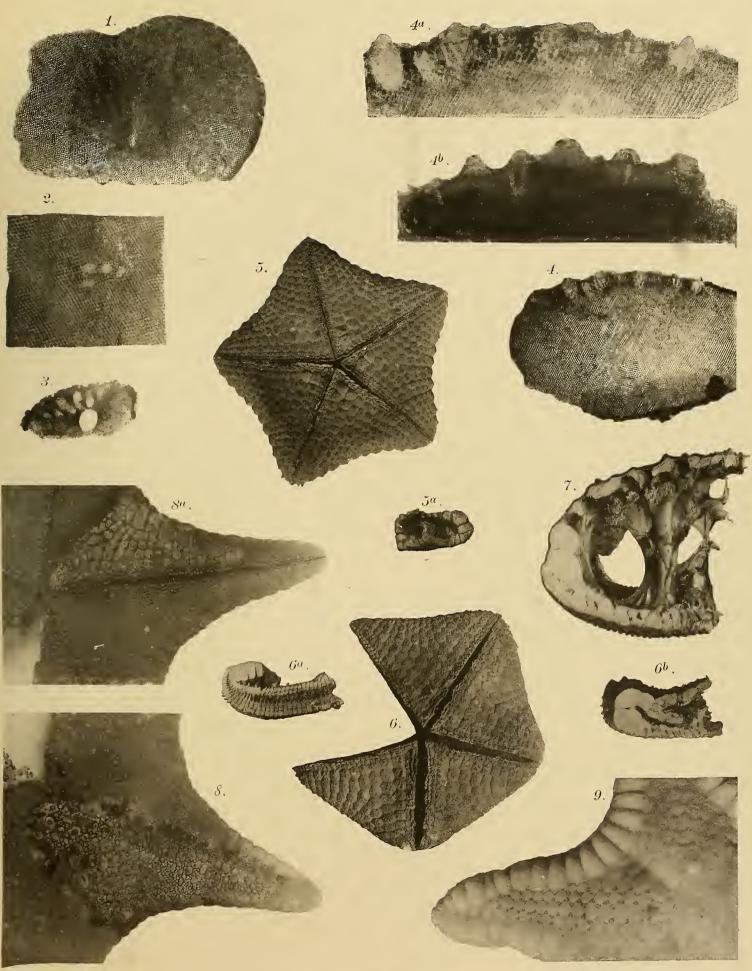
Tafel XXXIX.

- Fig. 1. Pentaceros muricatus. Längsschliff durch eine Dorsalplatte mit einem verkümmerten Krystallkörper. Vergr. 20 fach.
 - " 2. Pentaceros muricatus. Querschliff durch den mittleren Theil einer Dorsalplatte mit verkümmerten Krystallkörpern. Vergr. 32 fach.
 - " 3. Phaneraster semilunatus. Längsschliff durch eine Dorsalplatte mit Krystallkörpern. Vergr. 17 fach.
 - " 4. Asteropsis vernicina. Längsschliff durch eine Marginalplatte mit Krystallkörpern. Vergr. 20 fach.
 - " 4a. Oberster Theil desselben Schliffes. Vergr. 50 fach.
 - " 4b. Längsschliff einer anderen Marginalplatte mit den durch die Krystallkörper gebildeten vorragenden Buckeln auf der Oberfläche. Vergr. 50 fach.
 - " 5. Goniodiscus sebae von 65 cm Durchmesser, von Mauritius (Exemplar k der Tabelle); Bauchseite.
 - " 5a. Bruchstück eines jähnlichen Exemplars, die Ueberwallung der unteren Marginalplatte durch die Ventrolateralplatten zeigend.
 - " 6. Culcita schmideliana von 75 mm Durchmesser, von Mauritius (Exemplar b der Tabelle); Bauchseite.
 - " 6a. Die Ambulacralfurche desselben Exemplars von der Seite.
 - "6b. Interradiärer Längsschnitt durch dasselbe Exemplar, zeigt die Verbindung des Septenpfeilers mit der dritten Interradialplatte, die vollständige Ueberwallung der unteren Marginalplatte durch die Ventrolateralplatten und die wagrechte Lage des Septenpfeilers beim flachen Zustande des Seesternes.
 - " 7. Culcita schmideliana von 109 mm Durchmesser, von Zanzibar (Exemplar e der Tabelle); Längsschnitt, zeigt die aufrechte Lage des Septenpfeilers bei aufgeblähtem Zustande des Seesternes und die Ueberwallung der unteren Marginalplatte durch die Ventrolateralplatten.
 - 8. Goniodiscus articulatus. Rückenseite, ein Theil der Oberhaut ist weggenommen und das Dorsalskelet freigelegt, zwischen dessen Platten sich zahlreiche Kalkplättchen mit Alveolen für Pedicellarien zeigen.
 - " 8a. Dasselbe; Unterseite mit blossgelegtem Ventralskelet.
 - " 9. Goniodiscus pleyadella, von Thursday Island, mit blossgelegtem Dorsalskelet, in dessen Winkeln sich je ein Kalkplättchen mit der Alveole für ein Pedicallar zeigt.

Döderlein, Krystallkörper bei Seesternen etc.

JEN. DENKSCHRIFTEN Bd. VIII.

Semon, Forschungsreisen, Bd. V, Taf. XXXIX.



Döderlein phot.

Vertag v. Gustav Fischer, Jena.

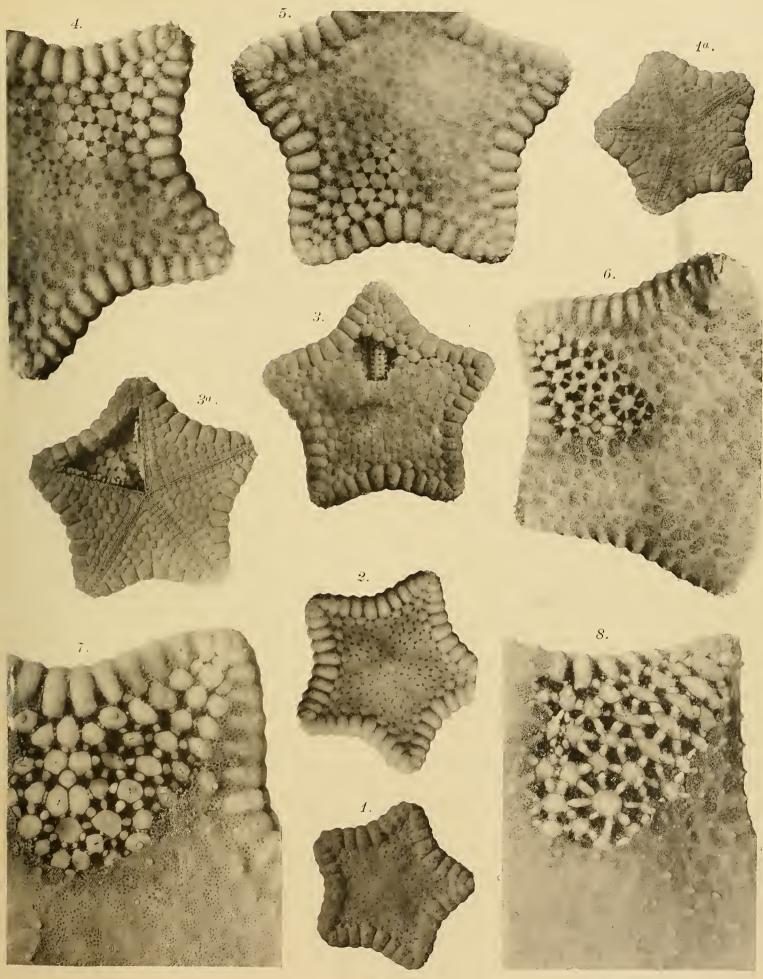
Phototypie Elsäss, Druck., Strassburg.

Tafel XL.

Tafel XL.

- Fig. 1. Goniodiscus sebae von 15 mm Durchmesser, von Ceylon (Exemplar a der Tabelle); Rückenseite.
 - na. Dasselbe, Bauchseite.
 - " 2. G. sebae von 25,5 mm Durchmesser, von Ceylon (Exemplar d der Tabelle); Rückenseite.
 - 3. G. sebae von 29 mm Durchmesser, von Ceylon (Exemplar e der Tabelle); Rückenseite mit theilweise freigelegtem Skelet.
 - " 3a. Dasselbe, Bauchseite; auf der Unterseite des zum Theil sichtbaren Dorsalskelets ist der Ansatz des Septenpfeilers an der 2. Interradialplatte kenntlich.
 - " 4. G. sebae von 44 mm Durchmesser, von Amboina (Exemplar g der Tabelle); Rückenseite mit theilweise freigelegtem Skelet.
 - " 5. G. sebae von 45 mm Durchmesser, von Ceylon (Exemplar h der Tabelle); Rückenseite mit theilweise freigelegtem Skelet. Zwischen 1. und 2., sowie zwischen 4. und 5. Radialplatte sind die ersten Anlagen von Reticularia kenntlich als kleine Körnchen.
 - " 6. G. sebae von 66 mm Durchmesser, von Ceylon (Exemplar l der Tabelle); Rückenseite mit frei gelegtem Dorsalskelet.
 - ,, 7. G. sebae von 62 mm Durchmesser, von den Seychellen (Exemplar i der Tabelle); Rückenseite mit freigelegtem Dorsalskelet.
 - 8. Culcita schmideliana von 60 mm Durchmesser, von Ceylon (Exemplar a der Tabelle); Rückenseite mit freigelegtem Dorsalskelet.

Anm. Die Exemplare aus Ceylon sind von den Herren Dres. Sarasin gesammelt.



Döderlein phot.

Verlag v. Gustav Fischer, Jena.

Phototypie Elsäss, Druck., Strassburg.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Denkschriften der medicinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena

Jahr/Year: 1894-1903

Band/Volume: 8

Autor(en)/Author(s): Döderlein Ludwig Heinrich Philipp

Artikel/Article: <u>Ueber "Krystallkörper" bei Seesternen und über die</u> Wachsthumserscheinungen und Verwandtschaftsbeziehungen von Goniodiscus sebae. 489-503