

Die Richtung der Molekeln im Kalkskelett der Stachelhäuter und ihre mutmaßliche Ursache.

Von **Dr. E. Merker**, Brämerhaven.

Mit 2 Abbildungen.

Die einzelnen Skelettstücke der Echinodermen und die Nadeln der Calcispongien verhalten sich so, als ob sie — um einen Ausdruck von v. Ebner zu gebrauchen — aus einem Kalkspatkristall herausgeschnitten worden seien. Jedes einzelne Stück dieser Skelette ist optisch als ein einheitliches Kristallindividuum zu betrachten. Dabei fehlt ihnen jedoch die bezeichnende äußere Kristallform des Kalkspatkristalles. An ihrer Stelle haben sie eine biologisch modellierte Gestalt erhalten, die ihre Herkunft nicht verkennen läßt. Gerade bei den Stachelhäutern kommt dies besonders deutlich zum Ausdruck. Es sei nur an die Stacheln, an die seltsamen Skelettstücke der Laterne des Aristoteles und etwa an die Wirbel eines Ophiuridenarmes erinnert. Bei den Echinodermen ist die einheitliche Kristallnatur der einzelnen Kalkstücke um so auffälliger, als diese Skelettstücke nicht vollständig von Kalkspat erfüllt sind, sondern aus einem Netzwerk feinsten Bälkchen bestehen und völlig von Lücken und Hohlräumen durchsetzt sind. Diese Lücken und Hohlräume, die den Skelettstücken einen schwammigen Charakter verleihen, sind im unversehrten Tier von syncytialem Protoplasma ausgefüllt. Neben der kristallographisch nicht erklärbaren äußeren Form der hier erwähnten Skelettstücke kommt also für die Echinodermen auch noch die nicht-mineralische innere Bälkchenstruktur hinzu. Aber trotzdem verhalten sich die Stücke optisch wie einheitliche Kristalle und trotz der verschiedenen Lage, die die Bälkchen dank der Schwammstruktur in einem Skelettstück einnehmen, sind die optischen Achsen in allen Bälkchen unter sich gleichgerichtet. So kann es vorkommen, daß die optische Achse durch das eine Bälkchen quer hindurchgeht, während sie das Bälkchen nebenan der Länge nach durchsetzt, um in einem dritten wieder eine andere Lage einzunehmen.

Noch seltsamer und gänzlich rätselhaft ist die Tatsache, daß bei allen Echinodermen am Skelett als Ganzem eine eigentümliche und auffallende Ordnung in der optischen Achsenlage seiner einzelnen Teilstücke zu beobachten ist. Die einzelnen Stücke sind also innerlich in ihrer Mikrostruktur untereinander ähnlich gerichtet wie die Kristalle einer Mineralstufe. Dabei ist aber zu beachten, daß das bei der Kristallstufe verständlich sein kann, weil die einzelnen Kristalle dicht nebeneinander stehen und sich häufig auf einheitlichem Grunde erheben. Für die betrachteten Skelettstücke trifft das nicht zu; sie sind in ihrer Entstehung von einander völlig unabhängig.

In manchen Fällen ist die optische Achse der Skelette gleichgerichtet mit der Körperachse, in anderen nicht. So liegt sie z. B. in den Stielgliedern der Crinoiden in gleicher Richtung mit der morphologischen Stielachse. Jeder Querschliff durch ein Stielglied eines Crinoiden zeigt daher in konvergent polarisiertem Licht das Achsenbild

des einachsigen Kalkspates. Auch in den Armen dieser Tiere fällt die optische Achse mit der Wachstumsrichtung, das ist der morphologischen Achse, zusammen. Diese Erscheinungen erregen fraglos ein weitgehendes biologisches Interesse, denn es liegt darin ein seltsames Problem verborgen.

Ehe aber darauf näher eingegangen wird, sei noch kurz auf folgenden Umstand hingewiesen. Bisher haben wir der Kürze halber stets von der „Anordnung der optischen Achse“ geredet. Dieser Ausdruck ist vielleicht geeignet, falsche Vorstellungen über den Mechanismus dieser Anordnung zu erwecken, denen begegnet werden muß: Man darf nicht vergessen, daß die optischen Achsen nichts Stoffliches, sondern etwas Gedachtes, etwas Mathematisches sind. Sie bieten daher auch für den Organismus nichts „Anfaßbares“ dar, womit er „richten“ könnte. Der Körper hat überhaupt mit den optischen Achsen nichts zu tun. Wenn ich mehrere Kalkspatkristalle unter sich in gleicher Lage aufstelle, so erhalte ich als Dreingabe auch noch die gleiche Richtung der optischen Achse dieser Kristalle, obwohl mir die Richtung der optischen Achsen gänzlich gleichgültig sein kann.

Die Tatsache, daß die optischen Achsen der Skelettstücke sich so eigentümlich geordnet erweisen, scheint eine vom Organismus offenbar gar nicht erstrebte Begleiterscheinung einer anderen nicht wahrnehmbaren Tatsache zu sein. Sie ist dann nur insofern für uns wichtig, weil sie uns zum Hilfsmittel geworden ist, diese andere Tatsache jederzeit zu erschließen. Und diese andere Tatsache ist eben die calcitisch angeordnete Feinstruktur des Skelettstoffes und ihre gleiche und unabhängig von einander entstandene Richtung in den einzelnen Skelettstücken.

Das Letztgenannte ist für uns hier das Problem. Es wäre viel eher zu verstehen, wenn die optischen Achsen gänzlich verschiedene Richtung in den einzelnen Skelettstücken besäßen. Deshalb könnten die Skelettstücke doch einheitliche Kalkspatstücke bleiben, denn das großkristalline Gefüge der verschiedenen Skeletteile entsteht nach rein kristallographischen Gesetzen. Irgendwelche nichtkristalline Kräfte kommen dafür nicht in Betracht. Die Kristallkräfte aber vermögen nur innerhalb eines Kristallbaues zu wirken. Sie können nicht über ihn hinausgreifen und dadurch andere, entfernte Kristallanlagen beeinflussen, die nicht mit ihm in Verbindung stehen. Daher hat die einheitliche Gesamtordnung der optischen Achsen wohl kaum ihre Ursache in kristallinischen Kräften. Jedenfalls ist nicht ersichtlich, wie kristallinische Kräfte eine derartige Ordnung hervorrufen könnten. Nun hat die Erscheinung der optischen Achse sicherlich ihren Grund in der Anordnung der Molekeln des kristallisierten kohlensauren Kalkes oder gar, wie man neuerdings anzunehmen geneigt ist (wegen des Aufgehens der Molekel als solcher im kristallisierten Stoff), in der Anordnung der Atome. Werden die Atome oder Molekeln des Calciumcarbonates beim Auskristallisieren in bestimmter calcitischer Weise gelagert, so entstehen dabei für durch-

tretendes Licht verschiedene Verhältnisse, deren eines die optische Achse darstellt.

Man muß sich stets gegenwärtig halten, daß schon die allererste und kleinste Ablagerung des kohlensauren Kalkes irgendwie mit den andern Urabscheidungen gleichgerichtet werden mußte, weil darin schon die optische Achse festliegt. Denn das weitere Anwachsen der Anlage ändert an der Richtung der einmal festgelegten optischen Achse ebensowenig etwas, wie das Weiterwachsen eines Kristalls seine Uranlage stört. Da nun dieser Einfluß auf die Mikrostruktur des Skelettkalkes absichtlich oder unabsichtlich offenbar nur vom Körper ausgeübt werden kann, so müssen wir fragen: Werden die ersten sich kristallinisch zusammenlegenden Molekeln des kohlensauren Kalkes im Tierkörper vom Plasma „erfaßt“ und in die irgendwie vorbestimmte Richtung der späteren Skelettform eingestellt, oder bestehen in dem skelettproduzierenden Plasma Spannungen, durch die die Kristallmolekeln gerichtet werden wie etwa die Eisteilchen in der Eiskecke eines Sees? (1916.)

Wäre für die erste Möglichkeit der Beweis zu erbringen, so müßte wohl eine sehr seltsame, kaum recht ausdenkbare Fähigkeit des Protoplasmas festzustellen sein. Zunächst ist in dieser Richtung nicht weiterzukommen, und man wird versucht sein, mit Hilfe einer anderen Vorstellung der Lösung dieser Frage auf den Grund zu kommen. Denn diese Vorstellung hier läuft auf jeden Fall auf eine im hohen Grade individuelle Erfassung, Richtung und Anordnung der Molekel hinaus. Das ist es gerade, was sich so schlecht vorstellen läßt, nicht nur wegen der Kleinheit der Molekel, sondern auch deshalb, weil man nicht die mindesten Vorrichtungen im Protoplasma zu solcher Tätigkeit kennt und auch bei den Milliarden von Molekeln anscheinend kein Fehler in der Aufstellung vorkommt. Der Einwurf, daß es doch dem Organismus gegeben sei, seine Skeletteile da entstehen zu lassen, wo er sie nötig hat, und daß er bei der Modellierung der ausgesprochen organischen Form es „in der Hand“ haben müsse, hier den kohlensauren Kalk auszuschcheiden und eine Molekelbreite nebenan schon nicht mehr, führt ebenfalls nicht weiter. Denn diese letztgenannte Tätigkeit des skelettbildenden Protoplasmas ist als psychochemisches Problem aufzufassen, was aber die individuelle Erfassung und Richtung der Molekel nicht ist. Sie ist vielmehr, wie es scheint, ein durchaus molekular-mechanisches Problem.

Es ist auf jeden Fall klar, daß dem offenbar mechanischen Bedürfnis unserer Vorstellung in der Erklärung dieser Tatsache Rechnung getragen werden muß. Dem sucht die zweite angedeutete Denkmöglichkeit gerecht zu werden. Nach ihr könnten in der kolloidalen Protoplasmanasse, in der die Ausscheidung des kohlensauren Kalkes vor sich geht, bestimmt gerichtete Fältelungen oder Fibrillenspannungen oder Strömungen unbekannter Art vorhanden sein, die durch ihr Spiel die entstandenen winzigen Skelettanlagen in ihrer Lage beeinflussen. Bei näherem Zusehen stellt sich heraus, daß zunächst diese Fältelungen oder Protoplasmaabewegungen stets in gleicher Weise in der Reihe der

Nachkommen wiederkehren müßten. Und dann wäre auch hier durchaus mit ultramikroskopischen Größen zu rechnen. Da ist es recht fraglich, ob nicht den Molekeln gegenüber auch solche winzigen Fältelungen als Riesenfurchen ihre Wirksamkeit verlieren. Auch folgendes ist noch zu beachten: Die Urablagerungen oder gar die Molekeln selbst müßten von länglicher Gestalt sein und die optische Achse, oder besser die Mikrostruktur, müßten zu dieser Längsgestalt in ein bestimmtes, festes stets wiederkehrendes Verhältnis getreten sein. Dann erst könnten wohl die länglichen Molekeln oder Urabscheidungen durch eine andauernde Tätigkeit von Fältelungen oder Strömungen gerichtet werden, ähnlich wie etwa langgestreckte Holzstücke, die beweglich befestigt auf fließendem Wasser schwimmen, sich alle in die Stromrichtung einstellen.

Ohne die Möglichkeit der vorstehenden Erklärungsversuche bestreiten zu wollen, — die Entscheidung kann ja nur durch das Experiment herbeigeführt werden — sei noch eine andere Denkmöglichkeit hier angeführt, auf die bisher nicht aufmerksam gemacht worden ist. Sie ist der experimentellen Prüfung recht zugänglich, was von den andern nicht gerade behauptet werden kann. Im Gegensatz zu den beiden besprochenen Möglichkeiten wird bei ihr die Ordnung der Molekeln und damit der optischen Achsen einer außerhalb des Organismus liegenden einheitlich und dauernd wirkenden Ursache zugeschoben. Und zwar der Schwerkraft. Gerade wegen der experimentellen Bedeutung sei dieser Gedanke hier mitgeteilt und etwas näher begründet.

Betrachten wir die Atome genauer, die den kohlen-sauren Kalk zusammensetzen! Vermutlich bildet das Kohlenstoffatom das Zentrum der Molekel. Die vier tetraedrisch angeordneten Wertigkeiten binden die drei Sauerstoffatome. Das zweiwertige Calciumatom bildet gewissermaßen ein Anhängsel an den Säurerest CO_3 . Durch die übrig bleibenden zwei Wertigkeiten zweier Sauerstoffatome wird es an den Kohlen-säurerest gekettet. Beim Vergleich der Atomgewichte dieser Verbindung stellt sich heraus, daß das Ca-Atom (40,1) zweieinhalb mal so schwer als das O-Atom (16) und dreieindrittelmal so schwer als das C-Atom (12) ist. Wenn man nun bedenkt, daß gerade das Ca-Atom das schwerste Atom der ganzen Molekel ist und dabei vermutlich nicht im Zentrum sitzt, so kann man sich recht gut vorstellen, daß dieser Unterschied im Gewicht der Atome sehr wohl die Ursache einer gewissen, ständig wiederkehrenden räumlichen Anordnung der aller-kleinsten Kalkspatteilchen ist. Sicherlich ist die Molekel des kohlen-sauren Kalkes durch den großen Gewichtsunterschied des Calciumatoms irgendwie polar gebaut. Man braucht für unsere Zwecke nicht einmal anzunehmen, daß die Schwerkraft auch eine Schichtung der Atome innerhalb der Molekel hervorrufen könnte. Es genügt völlig, wenn man sich vorstellt, daß die Molekel im Augenblick des kristal-linischen Auseinanderlegens, beim Übergang des Kalkes in den festen Zustand also, gewisse Bewegungen aufgibt und sich so einstellt, daß ihr schwererer Teil nach unten sinkt. Auf diese Weise wäre schon eine

für unsere Zwecke genügende Richtung bewerkstelligt worden. Wir hätten es also gewissermaßen mit einem molekularen Stehaufchen zu tun. Das ist nun aber nicht so zu verstehen, daß das Ca-Atom unbedingt in der Molekel zu unterst liegen muß, sondern es kann sich recht gut eine andere Gleichgewichtslage zwischen den Kristallisationskräften und der Schwerkraft herausbilden. Nur müßte diese Gleichgewichtslage eben ständig wiederkehren.

Müßte oben von einer Art individuellen Richtung der Molekel die Rede sein, so kann man hier von einem summarischen Verfahren bei der Richtung und Ordnung der Calciummolekeln durch die Schwerkraft sprechen. Das Problem der ersten gleichmäßigen Anlage in der Richtung aller Skelettstücke des Körpers löste sich durch diese Auffassung sehr einfach.

Man darf nicht aus dem Auge lassen, daß die Richtung nur der allerersten sich kristallinisch verbindenden Molekeln durch die Schwerkraft festgelegt zu werden braucht. An den so gebildeten Kristallisationskern schießen die andern Molekeln schon richtig an. Sie wird natürlich die Schwerkraft auch richten. Ist ein Kriställchen entstanden, so wird daran die Schwerkraft gewiß nicht ausgeschaltet sein; aber es ist wahrscheinlich, daß die kristallinischen Anziehungskräfte sie über-tönen. Es erscheint also theoretisch durchaus möglich, daß ein Kalkspatkristall in jeder Lage in der Mutterlauge weiterwachsen wird. Somit wäre es auch verständlich, daß ein Skelettstück, das nach der ersten Anlage seine biologische Stellung ändern muß, dennoch nicht am einheitlichen kristallinischen Weiterwachsen gehindert ist. Die kristallinische Anziehungskraft macht es recht gut denkbar, daß die Molekeln sich späterhin an der Skelettanlage in einer Stellung absetzen können, die der von uns angenommenen molekularen Richtkraft der Schwere entgegengesetzt wäre. Aber noch etwas! Ist die Anhäufung der Molekeln des kohlensauren Kalkes bis zu einem gewissen Grade gediehen, dann muß die Wirkung der Schwerkraft mehr und mehr gelähmt werden. An einem Kristall wird sie völlig aufhören in dem angedeuteten Sinn zu wirken, weil ja der Kristall mit seiner Molekelmasse kein für die Schwerkraft polares Gebilde mehr ist. Wenn auch die Schwerkraft die erste Molekel oder die ersten Molekeln zu richten imstande ist und durch diese Grundsteinlegung die räumliche Lage des sich darüber erhebenden Kristallgebäudes bestimmt, so kann der Kristall nach seiner Ausbildung doch in jeder Lage, ohne spontan sich aufzustellen¹⁾, auf den Tisch gelegt werden; denn die ursprüngliche Wirkung der Schwere auf die Molekel ist in der Molekelmasse verwischt. Also ist die hier ange-deutete Wirksamkeit der Schwerkraft nur auf die einzelne Molekel möglich, dank ihres besonderen Baues, und zwar im Augenblick des kri-

1) Das könnte nur dann stattfinden, wenn bei der Kristallisation die schweren Atome sich aus dem Molekularverband lösten und nach unten sanken. Auf diese Weise allein könnte eine schwerere Zone im Kristall hergestellt werden, die die gleiche Wirkung wie die Bleimasse bei einem Stehaufchen hätte.

stallinischen Aneinanderlegens, im Augenblick des Festwerdens des kohlensauren Kalkes.

Ist es nun nicht etwas gewagt, der Schwerkraft eine derartige Wirksamkeit auf submikroskopische Massenteilchen einzuräumen? Der Einfluß der Schwerkraft auf Pflanzen und Tiere ist nichts Neues und Ungewohntes, und ihr Wirken in der anorganischen Natur ist so vielfältig und bekannt, daß das nicht näher erörtert zu werden braucht.

Ungewohnt ist vielleicht nur die Vorstellung ihrer Wirksamkeit auf die Molekeln selbst. Aber man wird diese Vorstellung doch nicht so ohne weiteres als ungereimt ablehnen können, weil wir bereits aus dem täglichen Leben — mutatis mutandis — die Wirkung der Schwerkraft auf kleinste Stoffteilchen und Molekeln kennen. Wir brauchen uns nur eine folgerichtige Vorstellung davon zu machen, was geschehen muß, wenn zwei verschieden schwere, sich nicht lösende Flüssigkeiten (z. B. Öl und Wasser) durcheinander geschüttelt und dann ruhig sich selbst überlassen werden. Die Schichtung, die dann eintritt, ist das Werk der Schwerkraft. Sie hat dabei nur auf ganz winzige Teilchen wirken können. In Lösungen, wo die Teilung eines schweren Stoffes noch weiter getrieben ist, kann man bei längerem Stehen deutliche Konzentrationsunterschiede zwischen oben und unten erkennen. Es ist eine altbekannte Regel der Chemiker, die Reagenzien „vor dem Gebrauch zu schütteln“. Die unten sich ansammelnden schweren Massen sollen wieder gleichmäßig durchgemischt werden. Nach diesen Beispielen kann man ohne Zweifel von einer molekularen Wirksamkeit der Gravitation reden. Nun erscheint es auch nicht mehr als Schwierigkeit, sich vorzustellen, daß die Schwerkraft auf ungleichmäßig gebaute Molekeln auch ungleich d. h. richtend zu wirken vermag. Unser Gedankengang würde nur einen neuen Wirkungsbereich der Schwerkraft erschließen, der auch recht verblüffend ins Organische übergreift.

Nach der vorgetragenen Auffassung hätte der Organismus mit der Richtung und Anordnung der Molekeln des kohlensauren Kalkes nichts zu tun. Damit soll aber nicht zugleich gesagt werden, daß jede Lagerung der Kalkspicula auf die genannte Einwirkung der Schwerkraft zurückzuführen sein wird. Es können gröbere mechanische Umlagerungen und Anordnungen der schon größer gewordenen Skelettstücke recht gut — wie später dargetan wird — das Werk des Organismus selbst sein. Vielleicht greift beides, die Schwerkraft und die biologische Richtung der Skelettstücke, bei dem vielgestaltigen und mannigfach geordneten Gerüstwerk der Echinodermen ineinander über.

Wenn aber die Richtung der Molekeln des Skelettkalkes eine rein anorganische Angelegenheit ist, so erscheint es notwendig, daß diese Richtung auch außerhalb des Tierkörpers, im Reiche des Anorganischen, am Kalkspatmineral vorgefunden werden muß. In der Tat unterstützen uns hier die Beobachtungen an anorganischen Kalkspatgebilden. Es ist längst bekannt, daß in einer Kalkspatstufe die Kristalle in räum-

licher Anordnung ungefähr gleichartig aufgewachsen sind. Daher kommt es auch, daß ihre optischen Achsen in gleicher Richtung stehen. Sehr häufig sind die Kristalle so gewachsen, daß ihre optischen Achsen senkrecht oder nahezu senkrecht zur Unterlage gestellt sind. Das scheint die natürlichste Lage zu sein. Diese Regelmäßigkeit ist an und für sich schon auffällig genug, und man fragt sich: Woher mag diese Richtung kommen? ²⁾

Noch auffälliger wird aber diese Tatsache, wenn man die Verhältnisse bei den Schwämmen und Echinodermen mit heranzieht. Schon v. Ebner hat in seiner grundlegenden Arbeit über die Skeletteile der Kalkschwämme das Kalkgerüst von *Sycandra elegans* abgebildet und darin durch kleine Pfeile die Lage der optischen Achsen angegeben. Die Hauptrichtung der optischen Achsen in den Kalknadeln dieses festsitzenden Tieres ist senkrecht wie beim anorganischen Kalkspat auch. Einige kleinere Abweichungen von der Senkrechten sind ganz zweifellos sekundärer, biologischer Natur. Ganz besonders gilt dies für die sogenannten plumpen Dreistrahler, die in der Figur durch den Buchstaben C bezeichnet sind. Ähnlich liegen die Verhältnisse auch bei den Crinoiden. Die Richtung der optischen Achse im Stiel ist durchaus senkrecht, wie beim Mineral. Erst in dem Kelch beginnt mit der Entwicklung der verschiedenen Arme auch die Aufspaltung der optischen Achsen in die verschiedenen Armrichtungen. Diese Richtungen, die unter spitzem Winkel auf die Senkrechte auftreffen, erscheinen wieder nachträglich durch das biologische Bedürfnis hervorgebracht. Das ist so zu verstehen: Beim jungen Tier (siehe Figur 16 der B e c h e r'schen Arbeit im Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Abschnitt: Die Stachelhäuter) liegen die Anlagen der Skelettstücke sehr dicht beisammen. Je jünger das Tier ist, umso weniger erscheinen die Skelettanlagen in ihrer optischen Richtung von der Senkrechten abweichend zu sein. So erscheint es einleuchtend, daß die Uranlagen der Kelch- und Armstücke in der Richtung der optischen Achsen den Stielanlagen gleichen. Beim Wachsen aber verursacht das biologisch bedingte Auseinandertreiben der Kelchwände die leichte Drehung der Kelchstücke nach außen und damit auch die Veränderung in der Lage der optischen Achsen. Für die Arme gilt das gleiche. In senkrechter Lage angelegt, können die Stücke leicht beim späteren Wachstum in andere Richtungen hinein mitgenommen werden.

Sehr auffällig und mit vorgetragener Ansicht übereinstimmend ist die Lage der optischen Achse in den Armstücken der Seesterne und Schlangensterne. Die optische Achse steht in allen Skelettstücken der flach auf dem Boden liegenden Arme senkrecht. Die beigegefügt Ab-

2) Anmerkung bei der Korrektur: Von kristallographischer Seite aus ist man neuerdings auch an diese Auffälligkeit herangetreten. Vgl. G. Kalb: Centralblatt für Mineralogie 1920, S. 65—70. Der Verfasser glaubt nach Beobachtungen an verschiedenen Mineralien sich zu dem Schluß berechtigt: „Der Kristall hat das Bestreben sich mit einer vorherrschenden rationalen Richtung senkrecht zur Unterlage zu stellen.“

bildungen mögen dies erläutern. Eine Ausnahme macht anscheinend nur die Basalplatte im Ophiuridenarm. Da sie aber nach Becher ursprünglich ein Stachelgebilde war, also aufgerichtet stand, fügt sie

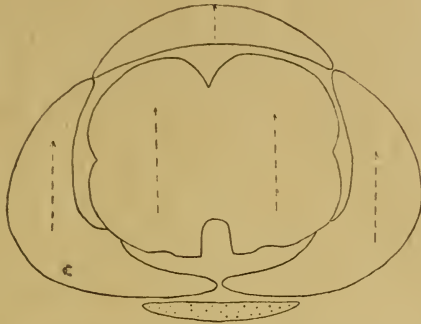


Fig. 1. Arm von *Ophioglypha lacertosa*, quer geschliffen. Nur die Skelettstücke sind dargestellt. Die Lage der optischen Achsen ist durch Pfeile angedeutet; in der Basalplatte sind sie durch Punkte angegeben. Kopie meiner Fig. M, 1916.

sich auch in unseren Gedankengang ein. Nebenbei ist sie ein Beweis für die oben angeführte nachträgliche Richtung und Aufstellung von Skelettstücken, die durchaus als biologisch-dynamischer Vorgang gedeutet werden kann. Auch im Kauapparat der Seeigel haben sicherlich solche Drehungen und Umlagerungen der Teilstücke stattgefunden.



Fig. 2. *Asteropecten aurantiacus*. Querschliff durch einen Arm. Er zeigt nur die Skelettstücke. Die Pfeile geben die Lage der optischen Achsen in den einzelnen Stücken an. Kopie meiner Fig. O, 1916.

Für den Biologen ist es nicht verwunderlich, daß wir gerade bei den primitiven Crinoiden eine so große Einheitlichkeit in der Lage der optischen Achsen vorfinden und daß erst bei den anderen Gruppen der Echinodermen die Abänderungen sich zeigen. Somit vermag das Studium der Feinstruktur in den Echinodermenskeletten wohl auch ein gewichtiges Wort in Bezug auf verwandtschaftliche Zusammengehörigkeit der Gruppen zu sprechen.

Nachdem nun einige für unsere Ansicht günstigen Beispiele erwähnt sind, darf nicht der Hinweis unterlassen werden, daß in vielen Fällen der Sachverhalt nicht so klar liegt d. h. daß sich die anzutreffenden Verhältnisse unserem Gedankengang nicht fügen. Es müßten alle optischen Achsen in allen Skeletteilen senkrecht zur Unterlage stehen.

Das ist aber nicht der Fall. Z. B. bieten schon die Körperplatten der Schlangensterne Schwierigkeiten dar, die noch wachsen, wenn wir die Verhältnisse bei den Seeigeln prüfen. Aber dennoch erscheinen diese Tatsachen nicht hoffnungslos unerklärlich. Davon sollte uns das eine Beispiel der Basalplatten am Ophiuridenarm überzeugen. Zur Aufklärung müssen hier unbedingt die Larven und Jugendstadien der Echinodermen herangezogen werden. Erst wenn die Genesis der einzelnen Skelettplatten, die räumliche Lage ihrer Uranlagen festgesetzt ist, läßt sich das letzte Wort in dieser Sache sprechen.

Neben der vorgetragenen biologischen Bedeutung unserer ange deuteten Auffassung und ihrer experimentellen Möglichkeiten sei die kristallographische Bedeutung nur gestreift.

Die Tatsache, daß der Feinbau der Skelettstücke aus Kalkspat im Körper häufig in der gleichen Anordnung erfolgt wie im Mineral in freier Natur, weist auf eine gemeinsame Ursache außerhalb des Körpers hin. Es erscheint nicht ausgeschlossen, diese Ursache in der Schwerkraft zu sehen, die die Molekeln des kohlensauren Kalkes zu richten vermag, wie der Magnet eine Schar kleiner Eisenstücke einheitlich richtet.

20. Juli 1920.

Literatur.

- 1913 Becher, S., Stachelhäuter, im Handwörterb. d. Naturwissenschaften Bd. 9, Fischer, Jena.
- 1914a — Über die Benutzung des Polarisationsmikroskops zur morphologischen Analyse der Echinodermenskelette, in: Zoolog. Jahrb., Bd. 38, Anatoms.
- 1914b — Über eine auf die Struktur des Echinodermenskelettes gegründete Methode zur Herstellung von polarisiertem Licht, in: Zoolog. Anz., Bd. 44.
- 1914c — Über statische Strukturen und kristalloptische Eigentümlichkeiten des Echinodermenskelettes, in: Verhandl. Deutsch. zoolog. Gesellsch. (Freiburg).
- 1887 v. Ebner, V., Über den feineren Bau der Skeletteile der Kalkschwämme nebst Bemerkungen über Kalkskelette überhaupt, in: Sitzber. Akad. d. Wiss., Wien, Bd. 95.
- 1916 Merker, E., Studien am Skelett der Echinodermen, in: Zoolog. Jahrb., Bd. 36, Allg. Zool. und Physiologie.
- 1917 Pfeiffer, P., Kristallographie u. Stereochemie. Sitzungsber. a. Abh. d. Naturforsch. Gesellsch. Rostock. Bd. VII.
- 1919 Schiebold, E., Die Verwendung der Lauediagramme zur Bestimmung der Struktur des Kalkspates. Abh. d. Math.-Phys. Kl. d. Sächs. Akad. d. Wiss. Nr. II. Bd. XXXVI.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1921

Band/Volume: [41](#)

Autor(en)/Author(s): Merker Ernst

Artikel/Article: [Die Richtung der Molekeln im Kalkskelett der Stachelhäuter und ihre mutmaßliche Ursache. 110-118](#)