

**Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse
vom 27. April 1950**

Sonderabdruck aus dem Anzeiger der math.-naturw. Klasse der
Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Jahrgang 1950, Nr. 7

(Seite 152 bis 158)

Folgende kurze Mitteilung ist eingelangt:

„Über den submikroskopischen Aufbau der Coccolithen.“ Von Erwin Kamptner (Wien, Naturhistorisches Museum).

Der Berichtsteller brachte unlängst eine größere Untersuchung über den submikroskopischen Aufbau der Skelettelemente der Kalkflagellaten, der sogenannten Coccolithen, zum Abschluß. Die Arbeit ist hauptsächlich mit Hilfe des polarisierten Lichts durchgeführt; doch sind in ihr auch einige im Elektronen-Mikroskop gewonnene Beobachtungen mitverwertet.

Bereits um die Jahrhundertwende machte der dänische Forscher O. B. Bøggild einen Versuch, den Feinbau bestimmter Coccolithen, die ihm aus marinen Grundproben des nördlichen Atlantischen Ozeans vorlagen, im polarisierten Licht aufzuklären. Seit damals vergrößerte sich aber unser Einblick in den Formenbestand der Coccolithen derart, daß es schon längst als eine erfolgverheißende Aufgabe erscheinen mußte, das Thema Bøggild's von neuem aufzugreifen und zu einer umfassenden, vergleichenden Betrachtung zu erweitern. Schon die Bedeutung, die dem Feinbau der Coccolithen für die systematische Gruppierung der Coccolithineae beizumessen ist, bot zu dessen Erforschung einen hinlänglichen Beweggrund.

Als Rohmaterial für die Gewinnung der zu untersuchenden Objekte dienten Bodenproben aus dem Atlantischen Ozean („Challenger“-Stationen 5 und 338) und dem Roten Meer („Pola“-Station 92).

Die angewandte polarisationsoptische Untersuchungsmethode bedarf hier keiner besonderen Besprechung; nur über gewisse Voraussetzungen, wie sie speziell den Coccolithen als Studienobjekten zukommen, seien einige Worte gesagt.

Die Coccolithen sind Aggregate submikroskopischer Teilchen (Micelle, Submikronen), die eine für jede Form charakteristische räumliche Anordnung aufweisen. In chemischer Hinsicht bestehen sie aus Calciumcarbonat; aber es ist heute noch unentschieden, ob es sich um Calcit oder Aragonit handelt. Übrigens ist es nicht unwahrscheinlich, daß manche Spezies aus Calcit, andere wiederum aus Aragonit aufgebaut sind. Den submikroskopischen Kriställchen ist eine anisodiametrische, offenbar stäbchenartige Gestalt zuzuschreiben. Sie können wohl nur rhombisch oder trigonal sein, so daß wir an ihnen gerade Auslöschung in der Längsrichtung anzunehmen haben. Ihrer mineralischen Beschaffenheit gemäß müssen sie optisch negativen Charakter besitzen. Die meisten Coccolithenformen zeigen zwischen zueinander senkrechten Nicols ein Auslöschungskreuz von der Art, wie wir es an Sphärolithen beobachten.

Bei der Auswahl der Formen für die Untersuchung galt das Bestreben, alle wichtigsten, für die einzelnen Teilgruppen der Coccolithineae besonders bezeichnenden Kalkkörper Typen heranzuziehen, freilich in jenen Grenzen, wie sie durch das Material, welches zur Verfügung stand, von vornherein gegeben waren. Im ganzen wurden 16 Beispiele eingehend analysiert; vier dieser Formen erscheinen gleichzeitig als neue Arten, von denen zwei auch in generischer Hinsicht neu sind.

Im besonderen handelt es sich um Vertreter aus der Familie der *Syracosphaeraceae*, also um Discolithen von elliptischer, einfach plattenförmiger Gestalt (*Discolithus scutellum* nov. spec.), dann um untertassenförmige Typen mit aufgerichteter Seitenwand (cf. *Syracosphaera pulchra* Lohm.), Lopadolithen (*Scyphosphaera Apsteini* Lohm.) und Zygolithen (*Corisphaera ponticulifera* Kpt.). Dazu kommen Formen aus der Familie der *Coccolithaceae*, also manschettenknopfartige Tremalithen, zunächst solche von elliptischem (*Coccolithus pelagicus* [Wall.] Schill.) und elliptisch-spiraligem Umriß (*Cocc. Carteri* [Wall.] Kpt.), dann aber auch kreisrunde manschettenknopfartige Formen mit zwei Randscheiben (*Cocc. mirabilis* [Lohm.] nov. comb. = *Umblicosphaera mirabilis* Lohm.; *Cocc. leptoporus* [Murr. & Blackm.] Schill.) und endlich Typen mit einer einzigen kreisrunden Scheibe (*Calcidiscus medusoides* nov. gen. nov. spec.; *Calc. quadriforatus* nov. gen. nov. spec.). Zuletzt sind aus dieser Familie auch Rhabdolithen (*Rhabdosphaera claviger* Murr. & Blackm.) anzuführen. Im übrigen wurden auch folgende Formen untersucht: Die parallelogrammförmigen Plättchen der Gattung *Calciosolenia* Gran; die prismatischen,

mit einer axialen Pore ausgestatteten Gehäuseelemente von *Thoracosphaera Heimi* (Lohm.) Kpt.; die einem asymmetrischen Hufeisen gleichenden Kalkgebilde von *Ceratolithus cristatus* nov. gen. nov. spec.; die merkwürdigen regulär-fünfeckigen Plättchen von *Braarudosphaera Bigelowi* (Gran & Braar.) Defl.; die dickwandigen eiförmigen Dauersporen von *Pontosphaera Steuerei* Kpt.

Zunächst war die Frage zu lösen, ob man es bei den Coccolithen mit Mischkörpern (im Sinne der Theorie von O. Wiener) zu tun habe, an denen sich die vorhandene Doppelbrechung aus der Eigendoppelbrechung der Micelle und der Formdoppelbrechung des micellaren Verbandes zusammensetzt. Es wurde der Versuch unternommen, dies mit Hilfe der Ambronn'schen Imbibitionsmethode zu entscheiden. Bestimmte Coccolithenformen, die infolge ihrer massiveren Beschaffenheit polarisationsoptische Effekte deutlich zeigen, wurden in einer Mehrzahl von Präparaten nebeneinander in Luft, Wasser, Xylol und Canadabalsam, also in Medien von sehr differenten Brechungsindizes, eingebettet und untersucht. Aber es ergab sich keine bemerkliche Verschiedenheit im Grad der Doppelbrechung. Es sei hier erwähnt, daß der Berichterstatter früher einmal das Fluoreszenzmikroskop in den Dienst der Coccolithenforschung stellen wollte. Die Kalkkörper ließen indes jegliche Eigenfluoreszenz vermissen und erwiesen sich auch nicht als befähigt, Fluorchrome in einem verwendbaren Ausmaß zu adsorbieren. Auch dies spricht sicherlich dafür, daß keinerlei Hohlräume zwischen den Feinbauteilchen vorhanden sind. Offenbar durchdringt eine kolloidale Kittsubstanz die Räume zwischen den Micellen, wie dies insbesondere aus Beobachtungen beim langsamen Auflösen gewisser Coccolithenformen sowie der Dauersporen von *Pontosphaera Steuerei* hervorgeht. Ein radialstrahliges Aggregat vom Modus der Coccolithen sollte nach Wiener's Theorie im Fall des Vorhandenseins intermicellarer Räume positive Formdoppelbrechung aufweisen. In der Tat aber lassen die Coccolithen in den verschiedensten Medien das volle Ausmaß der negativen Eigendoppelbrechung ihrer Feinbauelemente in Erscheinung treten. So muß man wohl annehmen, daß Formdoppelbrechung gänzlich fehlt oder doch nur in einem verschwindenden Anteil vorhanden ist.

Es gelang, einen elliptischen, einfach plattenförmigen Discolithen (cf. *Discolithus scutellum*) im Elektronenmikroskop bei 24.600 facher Vergrößerung zu photographieren. Infolge seiner hohen Auflösung läßt das Bild mit größter Deutlichkeit die

stäbchenförmigen Feinbauelemente erkennen, deren Dimensionen, wie ein Nachmessen lehrt, unterhalb der Auflösungsgrenze selbst der stärksten Lichtmikroskop-Objektive liegen. Die Micelle bilden bogenförmige Reihen, welche von den beiden Brennpunkten der Coccolithen-Ellipse und deren Verbindungslinie ausstrahlen und ihre Konkavseite (bei Draufsicht) in die Bewegungsrichtung des Uhrzeigers wenden. Die nämliche Struktur vermochte der Berichterstatter vorher an ebenso gestalteten Coccolithen lediglich aus den polarisationsoptischen Effekten zu erschließen; und es muß als ein Erfolg dieses Verfahrens angesehen werden, wenn dem Resultat eine so offenkundige Bestätigung zuteil wird.

Aus den Beobachtungen und Schlußfolgerungen, die sich bei der vergleichenden Untersuchung der Kalkkörper ergaben, sei das Wichtigste im folgenden herausgegriffen.

Zu *Discolithus scutellum* gesellen sich hinsichtlich des strukturellen Bauplanes die untertassenförmigen Hartteile von *Syracosphaera pulchra*, die Lopadolithen von *Scyphosphaera Apsteini* und die Zygolithen von *Corisphaera ponticulifera*. Aber auch die elliptischen manschettenknopfartigen Tremalithen (*Coccolithus pelagicus*), einschließlich jener von spiraligem Bau (*Cocc. Carteri*), zeigen die grundsätzlich gleiche strukturelle Anlage.

Ein Auslöschungskreuz von verhältnismäßig einfacher Gestalt findet sich bei den kreisförmigen Doppelscheiben von *Cocc. mirabilis*. Es ist unter einem bestimmten Winkel gegen den Uhrzeigersinn verwendet und bleibt, wenn wir das Objekt samt dem Objektisch um dessen Achse drehen, unverändert stehen. Ein ähnliches dunkles Kreuz, wenn auch mit einigen Abänderungen, zeigen *Cocc. leptoporus* und der aus einer einzigen Scheibe bestehende *Calcidiscus quadriforatus*. In allen diesen Fällen ziehen die Reihen der Submikronen von der Mitte des Scheibchens zum Rand, weichen aber dabei um einen bestimmten Winkel im Uhrzeigersinn von der radialen Richtung ab.

Calcidiscus medusoides fällt mit seinem Feinbau stark aus diesem Rahmen heraus. Er zeigt kein eigentliches Auslöschungskreuz. Denn wenn die Scheibe waagrecht liegt, so unterbleibt jegliche Aufhellung; sobald sie aber geneigt liegt, dann ergibt sich eine polare Auslöschungsfigur, deren Beschaffenheit je nach der Lage des Scheibchens zu den Nicols in gesetzmäßiger Weise wechselt. Wir kommen zu dem Resultat, daß die Feinbauelemente zwar im Umkreis des Kalkkörpers drehsymmetrisch angeordnet sind, aber sehr steil aufgerichtet, nur in einem kleinen Winkel zur Achsenrichtung desselben stehen. Einen ziemlich

ähnlichen Feinbau treffen wir an der Basalscheibe der Rhabdolithen von *Rhabdosphaera claviger*. Die Homologie dieser Scheibe zu der proximalen Randscheibe der manschettenknopfartigen Tremalithen ist nicht zu bezweifeln. Im stabförmigen Teil indes sind die Submikronen nicht, wie man füglich hätte erwarten können, radial, sondern tangential angeordnet.

Die übrigen zum Studium herangezogenen Kalkkörpertypen haben einen ganz anders gearteten Feinbau als die bisher besprochenen. Unter ihnen sind vor allem *Calciosolenia* und *Thoracosphaera Heimi* zu nennen. Bei beiden ist der Feinbau parallelstrahlig anstatt radialstrahlig, so daß ein Vergleich mit Sphärolithen nicht in Frage kommt. Es tritt kein Auslöschungskreuz auf, sondern nur Auslöschung in einer einzigen Richtung, als ob der Kalkkörper aus einem einheitlichen Kristallindividuum herausgeschnitten wäre. Die Genera unterscheiden sich aber in der Orientierung der Feinbauteilchen; diese liegen in den Plättchen der *Calciosolenia* lotrecht, in den prismenförmigen Kalkkörperchen von *Thoracosphaera* aber horizontal.

Was die letztgenannte Form anbetrifft, so ist die frühere Meinung des Berichterstatters (1928), daß hier ein primitiver Ausgangstypus der Tremalithen vorliege, durchaus hinfällig. Dies geht schon aus der Existenz einer porenlosen fossilen Stammform (*Thor. imperforata* Kpt.) hervor, die den geringen taxonomischen Wert der Pore augenscheinlich macht. Dazu kommt nun die Tatsache, daß der Feinbau bei *Thoracosphaera* und bei den echten Tremalithen ganz verschiedenartig ist. Schließlich wird die Heranziehung von *Thoracosphaera* für die Erklärung des Zustandekommens der echten Tremalithen dadurch entbehrlich, daß zwischen diesen und den elliptischen Discolithen in letzter Zeit mancherlei vermittelnde Formen bekannt geworden sind, die uns die Herkunft der Tremalithen aus dem Typus der Discolithen beweisen.

Zu allen Coccolithenformen im Gegensatz steht jedoch *Braarudosphaera Bigelowi*. Es handelt sich um regulär fünfstrahlige Plättchen, die je aus fünf drehsymmetrisch angeordneten kristallartigen Teilen zusammengesetzt sind. Solche Plättchen sind dem Berichterstatter bereits vor vielen Jahren in Grundproben aus der Meeresstraße von Otranto (Aufsammlungen des österreichischen Forschungsdampfers S. M. S. „Najade“) begegnet. Zunächst schienen sie in keinerlei Beziehung zu den Kalkflagellaten zu stehen. Später erbeuteten H. H. Gran & T. Braarud (1935) in Planktonproben von der atlantischen Küste Nordamerikas merkwürdige Coccolithineen-Gehäuse, die

aus derartigen regulär-fünfeckigen Plättchen nach Art eines Pentagondodekaeders aufgebaut waren. G. Deflandre (1947) endlich fand in jüngster Zeit die gleichen Gebilde im Bodenschlamm unweit der atlantischen Küste Nordafrikas und stellte für sie das neue Genus *Braarudosphaera* auf. Die fünf Teilkristalle dieser Coccolithen sind an deutlichen Nähten miteinander verbunden und zeigen, jeder für sich, bei gekreuzten Nicols Auslöschung in einer einzigen Richtung. Die Schwingungsrichtungen der rascheren und der langsameren Lichtwelle lassen sich an ihnen bequem bestimmen. Der regulär-fünfeckige Umriß der isolierten Kalkelemente, deren biogene Natur bei der Auffindung im Bodenschlamm zunächst fraglich erscheinen mußte, schloß aber von vornherein den Gedanken aus, daß man es mit einer Art von Wendezwillingen zu tun haben könne, obwohl die Körperchen mit solchen eine gewisse habituelle Ähnlichkeit aufweisen. Ihre Rolle als Skelettkörper von Flagellaten steht heute außer Zweifel.

Zum Schluß ist noch der Dauersporen von *Pontosphaera Steuri* zu gedenken. Diese geben bei gekreuzten Nicols ein streng orthogonales Auslöschungskreuz. Daraus folgt, daß die Submikronen hier genau senkrecht zur Wandfläche orientiert sind. Darin bedeuten diese Ovoide eine bemerkenswerte Analogie zu den Kalkgehäusen der perforaten Foraminiferen.

Wenn wir nun alle die geschilderten Tatsachen überblicken, so sehen wir, daß die Gehäusebausteine der *Syracosphaeraceae*, also die Calyptrolithen, Discolithen, Lopadolithen und Zygolithen, dazu jene der *Coccolithaceae*, also die manschettenknopfförmigen und die einfach scheibenförmigen Tremalithen samt den Rhabdolithen, einen geschlossenen, stammesgeschichtlich enge zusammenhängenden Formenkreis bilden. Die Abstammung der zweitgenannten Familie aus dem Typus der einfach plattenförmigen Discolithen darf man als genügend verbürgt ansehen. Allen diesen Formen stehen die Kalkkörper von *Calciosolenia*, *Ceratolithus* und *Braarudosphaera* durchaus fremd gegenüber, wenn auch das letztgenannte Genus zufolge der drehsymmetrischen Anlage seines Feinbaues einen gewissen Anklang an die Kalkkörper jenes großen Formenkreises erkennen läßt. Die vier Typen scheinen auch untereinander jeder näheren Beziehung zu entbehren. Obendrein ist die Zugehörigkeit des *Ceratolithus* zu den Coccolithineen noch keineswegs sichergestellt.