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

DAS STRUKTURPROBLEM DER FUSULINENSCHALE.

Von

H. Yabe.

(Mit zehn Textfiguren.

Die Schalenstruktur der Fusulinen ist neuerdings zu wiederholten Malen viel besprochen worden, nachdem die ältere Ansicht, die Fusulinen seien mit einer perforierten Schalenwand versehen, gegenwärtig verworfen wird. Die Ansicht, die Fusulinenschalen seien ähnlich wie jene von *Orbitolina* gebaut, also nicht perforiert, mag vielleicht richtig sein, doch bin ich selbst davon noch nicht genug überzeugt.

Alle Forscher sind insofern einig, daß die bisher als Schalenwand angenommenen Teile von einer augenscheinlich kompakten Schicht verdeckt sind; über die wahre Beschaffenheit dieser Schicht besteht aber große Meinungsverschiedenheit. Die Hauptschwierigkeit bei der Lösung dieser Frage liegt wohl in erster Linie in der Kleinheit und ungenügenden Erhaltung dieses Strukturdetails.

Theoretisch sind folgende Fälle möglich:

1. Das anscheinend kompakte »Dachblatt« ist bloß scheinbar kompakt, und zwar entweder wegen einer optischen Täuschung [1]) oder wegen der Kleinheit der Poren oder auch wegen der kombinierten Wirkung beider.

2. Es ist wirklich kompakt und erscheint entweder als primäre Schalenwand oder sekundär in Form von Kalkabsätzen teils als besondere Schicht oder als Infiltration in den Poren oder schließlich nur zufällig, je nach dem Erhaltungszustand.

Während meiner früheren Studien hatte ich erst angenommen, daß das Dachblatt infolge der Kleinheit der Poren fast wie kompakt erscheine. Bald hernach hatte ich mich scheinbar überzeugt, daß das Dachblatt und der übrige Teil der Schalenwand ganz verschieden voneinander gebaut seien und daß ersteres überhaupt nur ein schaliger, sekundärer Kalkabsatz sei [vgl. meine Arbeit: A Contribution to the Genus *Fusulina*, with Notes on a *Fusulina*-Limestone from Korea, pag. 7, Taf. III, Fig. 3 [2])]. Später aber kam ich zur Erkenntnis, daß diese Auffassung nicht richtig war, denn, stellt sich heraus, daß das Dachblatt wirklich fein perforiert ist, dann ergibt sich von selbst, daß es nachträglich leicht eine anorganische, farbige Lösung aufnehmen kann.

[1]) Ein interessantes Beispiel der optischen Täuschung wurde von M. Neumayr bei einer japanischen Tabulatenart *Chaetetopsis crinita* Neumayr erwähnt.

[2]) Journ. Sc. Coll. Imp. Univ. Tokyo, Bd. XXI, Heft 5, 1906.

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

Neuerdings ist von H. H. Hayden[1]) die Ansicht aufgestellt worden, daß das Dachblatt nur scheinbar kompakt ist und sich dagegen durch die Feinheit seiner Poren auszeichnet. Er schrieb folgendes:

»In very thin transverse section of the shell the perforations can often, though not invariable, be seen to run completely through the wall« und weiter »I have no doubt that the comparative opacity of the supposed exogenous layer is to be attributed largely to the fact that towards the outer surface the perforations appear to dichotomise«.

Ich hatte auch nicht selten jenen Fall angetroffen, in welchem die feinen Poren des sogenannten Dachblattes wirklich erscheinen. Also insofern bin ich mit Hayden einig.

Es ist vielleicht nötig, meine Methode der Untersuchung hier zu skizzieren. Sie besteht vorwiegend darin, gut angefertigte Schliffe günstig erhaltener Fusulinenreste bei möglich stärkster Vergrößerung zu untersuchen; besonders wichtig ist ferner die Verwendung der Mikrometerschraube, um verschiedene Teile der immerhin relativ dicken Schliffe gut zentrieren zu können. Ist also die Schicht wirklich mit feinen Poren versehen, dann kann sie beim Einstellen des Mikroskops in mehr oder weniger klare sowie dunkle Partien geteilt werden.

Es ist schwer oder beinahe unmöglich, bei einer derartigen Untersuchung Bestimmtes über die Wandstruktur der Fusulinen zu erfahren und deshalb müssen noch andere Mittel angewendet werden.

Ein großes Verdienst von Hans von Staff[2]) und Günter Dyrenfurth[3]) für die Kenntnis der Fusulinen ist ihre Erklärung der anscheinend dicken Septen durch »Drehung«. Es ist zweifellos, daß manchmal, ja sogar meistens die Septen wegen der Drehung im Schliffe so dick erscheinen. Nach Staff und Dyrenfurth ist kein Fall erwiesen, in dem die Septen so dick wie die Wand selbst sind, außer wenn sie von der »Wabenstruktur« begleitet sind.

Ich möchte hier speziell auf die Möglichkeit einer scheinbar größeren oder geringeren Dicke der Septen hinweisen: sie ergibt sich daraus, daß die Septen je nachdem senkrecht oder schief durch den Schnitt getroffen werden.[4])

Hayden hat neuerlich zwei lehrreiche mikrophotographische Bilder seiner Fusulinenschliffe gegeben (Taf. XVII, Fig. 6, 7). Diese Bilder, welche von einem Tangentialschnitt herstammen, zeigen ausgezeichnet erhaltene Wandporen oder Wabenstruktur je nach der Erklärungsweise; sie zeigen aber auch die Schmelzungsstelle der Septen mit der Wand, und an einer Stelle wird, nach Haydens Angabe, eine schwarze Linie sichtbar, die die Fortsetzung des Dachblattes ist. Weiter sieht man auf den Abbildungen ganz klar, daß die Septen allmählich gegen die Oberfläche der Wand zu dünner oder schmäler werden. Die Figuren 4 und 5 zeigen dieselbe Erscheinung noch mehr ausgesprochen, so daß die Septen schließlich fast zu einer schmalen schwarzen Linie (also Fortsetzung des Dachblattes allein) reduziert werden. Wo die Septen in der Wand noch breit aussehen, ist nur die eine Seite mit schwarzer Linie deutlich von der Wand abgegrenzt, während die andere Seite nicht nur deutlich unbegrenzt ist, sondern auch von Wandporen nach und nach bedeckt erscheint. Die zwei letzterwähnten Tatsachen sind sehr wichtig; sie zeigen uns entweder, daß das Septum, welches am Anfang nur eine direkte Fortsetzung des Dachblattes ist, unten allmählich mit kompakter, porenfreier Kalkschicht gestützt wird, also die Septen wirklich dick sind oder daß sie eigentlich nur ein Dachblatt sind, aber als Resultat der Faltung an manchen Stellen dick erscheinen. Kurz, die Haydenschen Abbildungen ohne weitere Erklärung sprechen nicht für, noch auch gegen seine Ansicht.

---

[1]) H. H. Hayden: Fusulinidae from Afghanistan. Rec. Geol. Surv. India, Bd. XXVIII, Heft 3, 1909.

[2]) Günter Dyrenfurth: Monographie der Fusuliniden: II. Die asiatischen Fusulinen, 1909, pag. 156.

[3]) Hans von Staff: Zur Entwicklung der Fusuliniden, 1908.

[4]) Die scheinbare Dicke (S) einer von zwei parallelen Ebenen begrenzten Lamelle eines beliebigen mikroskopischen Dünnschliffes steht, wie bekannt, nicht nur mit der wirklichen Dicke derselben (D) und dem Winkel (α) zwischen der Schnittfläche und Lamellenachse in Beziehung, sondern auch mit der Dicke des Dünnschliffes (d) selbst wir müssen also setzen:

$$S = \frac{D}{\cos \alpha} + \frac{d}{\tan \alpha}$$

Im folgenden wird die Breite $\frac{d}{\tan \alpha}$ kurz als »Schatten« bezeichnet werden.

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

Das wichtigste für unser Problem ist also die Dicke des Septums. Zum Studium derselben werden wir am besten die tangentiellen Schliffe verwenden, weil die Septen meistens in der Wand (Wabenstruktur) oder in der Nähe derselben nach der Längs- und Sagitalachse zu wenig gefaltet sind. Unzweckmäßig sind die Tangentialschliffe für die Artbestimmung der Fusulinen, doch besonders wichtig für das Studium der Schalenstruktur.

Wie schon erwähnt, haben Staff und Dyrenfurth ganz recht, wenn sie die Wichtigkeit des Einflusses der Schliffdicke auf die gefalteten Septen hervorheben. Wie kommt es aber, daß bei tangentiellen Schliffen das Dachblatt als dickes, porenfreies Band, ähnlich wie die Septen nicht zum Vorschein kommt? Staff hat angegeben, es sei wegen Dünnheit des Dachblattes unmöglich, eine Beobachtung über seine kompakte Beschaffenheit zu machen. Die Auffassung scheint schwer erklärbar.

Wir finden oft zahlreiche kleine Substanzen im Dünnschliff, und gerade die Verteilung derselben ist eigenartig. Sie sind in den meisten Fällen ganz gleichmäßig verteilt, aber es kommt nicht selten vor, daß sie mehr oder weniger regelmäßig auf beiden Seiten der anscheinend dicken Septen angeordnet sind (vgl. die folgende Zeichnung Fig. 1). Wenn die Septen wirklich so dünn wie ein Dachblatt und ihre Breite nur durch den Schatten der schief unter dem Fokus liegenden Septenpartien wären, dann ist es schwer, eine Erklärung der oben erwähnten Erscheinung zu finden. Ich habe deshalb bei starker Vergrößerung und unter konvergierendem Lichte die Schliffe mit schwarzem Staub genau untersucht und konnte schließlich die wirkliche Breite der Septen von ihren Schatten unterscheiden. Durch diese Beobachtung konnte ich endlich feststellen, daß in der Tat die Septen auf solchen Dünnschliffen, welche gewöhnlich zu unserer Verfügung stehen, oft wegen der Schatten dicker als sie tatsächlich sind erscheinen und daß außerdem dieselbe Erscheinung auch für die Kammerwände ihre Anwendung findet.

Fig. 1. Tangentialschnitt durch ein Septum (X 164). S = Septum; M = Matrix.

Jedenfalls hat aber der Schatten keinen maßgebenden Einfluß auf die mögliche irrige Auffassung der Dicke der Septen oder Kammerwände; je schiefer die Septen oder Kammerwände gegen die Gesichtsebene gestellt sind, desto leichter kann man den Schatten von eigentlichem Septum unterscheiden und im Gegenteil je steiler sie stehen, desto weniger gefährlich wird das Versehen sein.

Daß die Septen schief geschnitten werden und deshalb dicker erscheinen, muß auch hier berücksichtigt werden. Wenn sie wirklich so dünn, wie das Dachblatt selbst gewesen wären, dann wäre der Unterschied zwischen der scheinbaren Dicke der Septen und jener des Dachblattes bedeutend kleiner.

Ob das Septum außerdem beinahe senkrecht geschnitten ist oder nicht, läßt sich leicht auf dem obenerwähnten Schliffe mit kleinen schwarzen Partikeln erkennen; wo es umbiegt, ist es von einer ganz schmalen dunklen Zone begleitet (Fig. 1) und an ihr kann man erkennen, daß der Schnitt schief geführt ist. Kurz, in diesem Falle haben wir wirklich die Dicke des Septums vor uns.

Diese interessante Tatsache, welche durch die Wabenstrukturhypothese schwer zu erklären ist, veranlaßte mich einen Schliff des Fusulinenkalkes von Pontafel zu untersuchen, welche das Paläontologische Institut der Wiener Universität besitzt. Der Schliff war bei B. Sturtz in Bonn gemacht worden und ist sehr dick, was gewöhnlich die Untersuchung erschwert; in diesem Falle war aber die Dicke (wegen des eigentümlichen Erhaltungszustandes) zur Kenntnis der Schalenstruktur besonders günstig.

Im folgenden werden einige Abbildungen jenes Schliffes gebracht, die ich selbst angefertigt habe. Ich ziehe die Zeichnung der Mikrophotographie in diesem Falle vor, denn obwohl sie von subjektivem Einflusse frei ist, hat sie doch gewisse Nachteile; es ist z. B. unmöglich, auf jenen ausgezeichneten Mikrophotographien, welche den Arbeiten von Schellwien, Staff und Dyrenfurth beiliegen, einen Unterschied zwischen Septen, Kammerwände und den diese begleitenden Schatten zu finden. Es ist begreiflich, daß bei derartig dicken Schliffen die Mikrophotographie ihren Zweck nicht ganz erfüllt.

Der vorliegende Schliff stammt von einem schwarzen bituminösen Kalk, welcher aus einer Anhäufung von Fusulinenschalen besteht; außerdem finden sich Crinoidenstielglieder und Barchiopodenschalenfragmente, aber Schwagerinen und andere jüngere Repräsentanten dieser Foraminiferengruppe

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

fehlen. Die Arten der Fusulinen zu bestimmen, bin ich vorläufig nicht im stande, hoffe dies aber später nach einer neuen Arbeit Hans von Staff tun zu können.

Fig. 2 zeigt zwei oder drei ziemlich stark gefaltete Septen, von einer schief geschnittenen *Fusulina* sp., welche merkwürdigerweise mit einigen Poren versehen sind. Diese Septen erscheinen im Querschnitt mehr oder weniger mattweiß mit schwarzem Rande versehen, innerhalb einer farblosen, grobkristallinen Grundmasse. Löst man jenen dunklen Rand mikroskopisch auf, dann findet man, daß er aus einzelnen fein kristallisierten Kalzitpartikeln mit schwarz gefärbten Grenzlinien besteht.

Mit S_1—$_3$ bezeichne ich alle sichtbaren Stadien der Septen, welche wir auf dem Querschnitt finden können; S_1 stellt ein mehr oder weniger senkrecht zu seinen Seitenflächen geschnittenes Septum dar. Bei S_2 dagegen ist das Septum gedreht und infolgedessen zum Teil schief geschnitten. Bei der Verschiebung des Tubus sieht man, daß die undeutliche Begrenzungslinie dieses Teiles gegen den Schatten des tieferliegenden Teiles des Septums von oben rechts nach unten links allmählich verschoben wird. Als S_3 liegt drittens ein Teil des Septums in dem Schliff und deshalb sehen wir an dieser Stelle von oben aus seine Seitenfläche durch die mehr oder weniger dicke Schicht der grobkristallinischen Grundmasse; der Schatten dieser dunkleren Seitenfläche läßt diese Stelle bedeutend dunkler erscheinen als die anderen Teile, und zwar erscheint sie desto dunkler, je steiler sie zur Gesichtsebene steht, nämlich in der Nähe von S_1.

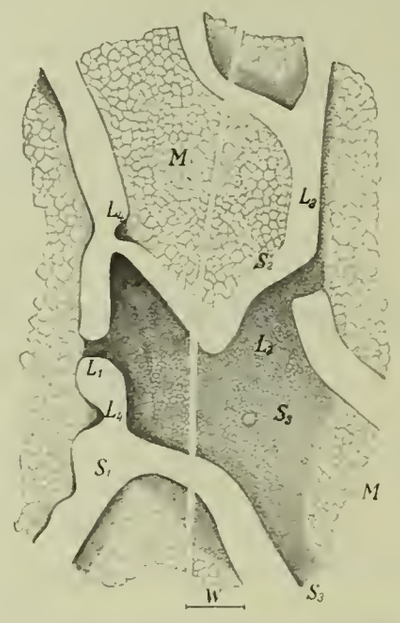

Fig. 2. Querschnitt durch *Fusulina* sp., alle sichtbaren Stadien der Septen zeigend (X 82). S_1—$_3$ = Septen; L_1—$_4$ = Spiralverbindungskanal; M = Matrix; W zeigt die Dicke der beistehenden Kammerwand.

Als L_1—$_4$ bezeichne ich gleicherweise verschiedene Öffnungsstadien der Kanälchen, welche die Sarcodemasse der nebeneinanderliegenden Kammern in direkte Verbindung miteinander gebracht hatte. Diese Poren halte ich für identisch mit jenen, welche Schellwien bei manchen Septen *Schwagerina princeps* Ehrenberg und *S. fusulinoides* Schellwien aus den Karnischen Alpen beobachtet hatte. Auf einem Tangentialschliff bei *Fusulina uralica* Krotow, welcher von Hayden neuerlich abgebildet worden ist (dass. Taf. XVII, Fig. 6), finden wir diese von ihm »Oral aperture« genannten Poren besonders deutlich hervortretend; aber diese Bezeichnung kommt mir unglücklich gewählt vor, weil diese Poren außer irgend einer Beziehung zur eigentlichen Mündung stehen und deswegen schlage ich die neue Bezeichnung »Spiralverbindungsporen« vor.

Auf die Erklärung meiner eigenen Zeichnung zurückkommend, stellt L_1 eine solche »Spiralverbindungspore« dar, welche in der Gesichtsebene der Länge nach fast halbiert worden ist. Wenn diese Pore in der Mitte des Schliffes flach liegt und nicht von der Gesichtsebene geschnitten wird, ist sie, wie bei L_3, als grauer, ihr entsprechend breiterer Schatten sichtbar; von der Seite gesehen, sind die Poren fast rund (L_2); sind sie schief geschnitten, dann erscheinen sie mehr oder weniger trompetenförmig (L_4).

Die Grundmasse M ist grobkristallinischer Kalzit; sie ist am besten dort durchsichtig, wo sie von den unterliegenden dunkleren Septen nicht abgedunkelt wird.

Nach dem Ebengesagten ist es zweifellos, daß das Septum bedeutend dicker (0·06 *mm*) ist als das sogenannte Dachblatt im Sinne Staffs und Dyrenfurths. Ist das letztere wirklich vorhanden, dann ist es immer so dünn, daß man nirgends direkt seine Porosität oder Nichtporosität bestimmen konnte; dagegen haben wir bei diesen und auch anderen Schliffen wiederholt kennen gelernt, daß das Septum mitunter $^1/_3$—$^1/_4$ der Kammerwanddicke erreicht.

Ich bezweifle daher, daß ein derartiger Fall, wie ihn Dyrenfurth abbildet (Fig. 6), wirklich vorhanden ist.

Als nächste Frage ist zu besprechen, wie Septen und Kammerwände sich vereinigen?

In den meisten Fällen erscheinen die Wandporen durchsichtiger als die Schalensubstanz; aber es kommt auch der gegenteilige Erhaltungszustand vor, in welchem die Poren dunkel und die Schalensubstanz

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

durchsichtig erscheinen. Im vorliegenden Schliffe des Pontafeler Fusulinenkalkes ist stellenweise auch der letzte Erhaltungszustand zu sehen. Der Vorteil dieser nachträglichen Veränderung für die mikroskopische Untersuchung liegt in der außerordentlich deutlichen Begrenzung der Schalensubstanz gegen die Zwischenräume. Gleichzeitig aber ist dieselbe zwischen den Septen des äußeren Umganges und der Kammerwand des inneren meistens ganz zerstört, ein großer Nachteil des Erhaltungszustandes, der manchmal eine merkwürdige Erscheinung verursacht, welcher später erwähnt werden wird.

Sonst läßt es sich schwer beurteilen, ob die dunkleren oder lichteren Partien in der Kammerwand die Schalensubstanz oder deren Zwischenräume darstellen. Nur auf Tangentialschnitt, vgl. Fig. 3, läßt sich dies deutlich unterscheiden.

Fig. 3. Tangentialschnitt durch *Fusulina* sp., die (schwarzen) Poren u. (durchsichtige) Schalensubstanz zeigend (X 164).

Man findet oft die Ansicht ausgesprochen, daß Textfigur 1—6 bei Schellwien verkehrt gezeichnet worden seien; ob der sonst so genaue Forscher hier einen Fehler begangen habe oder nicht, ist auch mir nicht ganz klar. Immerhin wäre es möglich, daß Schellwien als Grundlage seiner diagrammatischen Darstellung ein dem meinen ähnliches Material benützt hatte; wenn dies der Fall war, dann ist dennoch seine Zeichnung der Hauptsache nach richtig.

Heute jedoch bezweifelt niemand, daß das Septum einer Einbiegung der Kammerwand entspricht; ob es aus der ganzen Wand (Dachblatt und Wabenstruktur zusammen) oder nur aus deren Randpartie (Dachblatt) allein gebildet ist, bleibt noch eine offene Frage.

Es wäre auch die alte Ansicht zu erwähnen, daß anscheinend die Septen im Querschnitt in die Kammerwände »eingekeilt« sind. Schellwien hat dies folgendermaßen erklärt: »Die Poren, welche die Kammerwände durchziehen, stellen sich in der Nähe der Septen schräg und erwecken dadurch den Eindruck, als ob das Septum hier keilförmig zugeengt wäre.«[1])

Ich habe schon auf die Abbildungen (Fig. 4 und 5) bei Hayden hingewiesen, auf welchen das Septum in der Nähe der Oberfläche der Kammerwand sehr schmal erscheint. Dieselbe Erscheinung ist auch bei den tangentiellen Schnitten des Pontafeler Fusulinenkalkes zu finden. Wenn meine obenerwähnte Beobachtung über die Dicke des freien Teiles des Septums richtig ist, dann ergibt sich daraus, daß das Septum oder der undurchbohrte, sich einbiegende Teil der Kammerwand keilförmig gestaltet sein muß. In der Tat können wir die in der Kammerwand eingekeilten Septen auch auf dem besonders günstig erhaltenen Schliff des Pontafeler Fusulinenkalkes nachweisen.

Zum richtigen Verständnis des Verhältnisses zwischen Septum und Kammerwand, wie es Schellwien gedeutet hat, können wir nicht sofort gelangen, da zwei mögliche Ursachen der Tatsache des Verhaltens beider gedacht werden können: daß die Septen dem Dachblatt allein entsprechen oder daß sie der Kammerwand als ganzes (d. h. Dachblatt und Wabenstruktur zusammen) homolog sind?[2])

Diese wichtige Frage soll kurz berührt werden: Wenn die wahre Natur des sogenannten »Dachblattes« schon bekannt wäre, könnte sie ohne weiteres sofort beantwortet werden; aber es handelt sich um einen anderen Umstand. Wegen der Schwierigkeit, die wahre Natur des Dachblattes durch Beobachtung direkt zu ermitteln, müssen wir erst bestimmen, welcher von den beiden oben erwähnten möglichen Fällen wirklich vorhanden ist; dann erst können wir indirekt die Natur desselben einigermaßen erkennen.

Nach H. Douvillés Ansicht[3]) ist es eine selbständige Bildung und direkte Fortsetzung des unterstützenden Maschenwerkes. Diese Ansicht ist weiter von Staff und Dyrenfurth aufgenommen worden und in der Folge ergab sich notwendigerweise die Auffassung, daß die Septen durch Umbiegung des Dachblattes allein gebildet seien. Diese Hypothese setzt voraus, daß sie nur scheinbar dick, in Wirklichkeit aber dünn wie das Dachblatt selbst sind. Daß aber wirklich Septen von bedeutender Dicke vor-

[1]) E. Schellwien: Die Fauna des karnischen Fusulinenkalkes. II, pag. 241.

[2]) Ganz dieselbe Frage wird über das Verhältnis zwischen der Wand der Zentralkammer und den übrigen Kammerwänden bestehen. Ja, es ist so weit gewiß, daß die erstere undurchbohrt ist und die letzteren immer mit Maschenwerk versehen sind; aber es ist noch gar nicht überzeugend, daß das sogenannte Dachblatt der Wand der ersteren Kammer die direkte Fortsetzung der Zentralkammerwand sein muß.

[3]) H. Douvillé: Sur la structur du test dans les Fusulines, 1906; Les calcaires à Fusulines de l'Indo-Chine, 1906.

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

handen sind, ist oben nachgewiesen worden; jene Hypothese ist also nur dann haltbar, wenn die Septen ein verdicktes Dachblatt darstellen würden.

Eine charakteristische Eigenschaft des Dachblattes ist, daß es desto undeutlicher wird, je stärker die Vergrößerung ist. Wenn das Dachblatt unter dem Mikroskop scharf eingestellt ist, finden wir es dem äußersten Rande des Maschenwerkes als dunkle Linie entlang laufend und in den meisten Fällen bei der Septalbildung sich umbiegend. In der Regel wird das Ende dieser Linie in oder an den Septen allmählich undeutlich; daraus ergibt sich, daß Staff und Dyrenfurths Erklärung berechtigt erscheint.[1]) Aber, wie oben schon erwähnt, sind die Septen in der Tat bedeutend dicker als jene dunkle Linie; daraus nun müssen wir schließen, daß sie scheinbar aus zwei Teilen bestehen, einem dicken dunkleren, doch mehr oder weniger durchsichtigen Teil und einer darauf liegenden schwarzen Schicht. Wird dagegen ein ziemlich dünn angefertigter Schliff einer stärkeren Vergrößerung ausgesetzt, dann verschwindet jene dunkle Linie gänzlich oder teilweise. So konnte ich z. B. an einigen (nicht abgebildeten) Stellen des Schliffes (Original zu Fig. 4) eine dachblattähnlich dunkle Linie erkennen, welche aber unter der stärkeren Vergrößerung nicht als wirklich durchbohrte Schicht hervortrat.[2]) Wenn Douvillé recht hatte, müßte das Dachblatt beim Erhaltungszustand jenes Schliffes auch als durchsichtige Schicht erscheinen, genau wie einzelne Blätter des Maschenwerkes; aber das ist nicht der Fall.

Bei meiner Figur 4 fehlt der Kammerwand vollständig die undurchbohrte Schicht und durch ihre ganze Dicke laufen die Poren resp. Zwischenräume des Maschenwerkes hindurch. Ob das Dachblatt an dieser Stelle von der Wand weggenommen ist, ist unmöglich zu beurteilen; aber für weitere Entwicklung des Strukturproblems nehme ich an, daß das wirklich der Fall ist. Nur an einer Stelle sind die Poren selbst schief geschnitten und erscheinen daher in zwei Reihen, welche sich nach beiden Seiten (oben und unten) der Kammerwand öffnen. Außerdem hier sehen wir, wie ununterbrochen die Schalensubstanz des Septums und der Wand fortgesetzt ist. Im Gegensatz ist ein anderes Septum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kammerwänden eingekeilt und beiderseits deutlich begrenzt. Offenbar läuft die Schnittfläche zur Längsachse der Wandporen parallel.

Fig. 4. Querschnitt durch *Fusulina* sp. Verhältnis zwischen den Septen und Wandporen zeigend (X 164). W = Wand; S = Septen.

Dieser scheinbar nicht übereinstimmende Umstand der beiden Septen findet seine Erklärung darin, daß die Schalensubstanz der Septen und des Maschenwerkes direkt verbunden sind. Zweifellos scheint mir diese Erklärung die einzig richtige, obgleich auch sie nicht ganz einwandfrei und ergänzungsbedürftig ist.

Ein flüchtiger Blick auf die Figuren 6 und 7 bei Hayden ruft den Eindruck hervor, als ob die Schalensubstanz der Septen mit jener des Maschenwerkes zusammenhängen würde. Außerdem haben wir gesehen, daß die eine Seite dieser Septen immer mit einer schwarzen Linie deutlich begrenzt ist. Der Erhaltungszustand jener Schliffe scheint aber nicht günstig, weshalb diese Beobachtung auch nicht ganz einwandfrei ist; denn man kann an eine Täuschung, eventuell durch die Dicke des Schliffes, denken.

Genau dasselbe Bild ergeben manche tangentiellen Schnitte von Pontafeler Fusulinenkalk; hier, wie oben schon wiederholt erwähnt wurde, sind die Septen u. s. w. in der Weise erhalten, daß ihre Schnittfläche mit den tiefer liegenden Teilen nicht leicht verwechselt werden kann; es ist also zweifellos, daß die beinahe 0·04—0·05 *mm* dicken Septen, nach der Oberfläche der Kammerwände zu, sich verengen und daß dort die Begrenzungslinie der einen Seite allmählich dunkler wird. Bei diesen Schnitten finden wir nicht nur, daß das Septenmaterial wirklich mit dem Maschenwerk ununterbrochen verbunden ist, sondern wir können auch schrittweise gerade dort, wo ein Septum in der Nähe der Kammerwand von der Schnittebene geschnitten wird, verfolgen, wie diese schwarze Linie des Septenrandes im tangentiellen Schnitt jener des Querschnittes entspricht. (Figur 5.)

[1]) Aber merkwürdigerweise läuft diese Linie niemals an der konkaven oder inneren Seite der Septen entlang; wenn jene Hypothese richtig gewesen wäre, müßte dies öfters zu sehen sein.

[2]) Ob diese Schicht mit dem wirklichen Dachblatt bei den anderen noch schlechter erhaltenen Schliffen identisch sei, fehlt mir noch der sichere Beweis; meiner Erfahrung nach scheint aber das ganz sicher.

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

Diese verschiedenen Tatsachen beweisen uns, daß das Septum der ganzen Dicke der Kammerwand (Dachblatt und Maschenwerk zusammen) homolog ist; die Verschiedenheit zwischen Septum und Kammerwand besteht nur darin, daß ersteres vorwiegend kompakt, letztere porös ist.

Damit erscheint auch die oben erwähnte Erklärung Schellwiens ebenfalls gerechtfertigt.

Außerdem steht die Bildungsweise der Septen bei *Neoschwagerina* mit jener bei den Fusulinen in bester Übereinstimmung. Bei ersteren bestehen bekanntlich die Septen aus doppelten Kammerwänden mit einer schwarzen Trennungslinie in der Mitte. Mit Ausnahme der untersten Partie sind die Septen bei *Neoschwagerina* stets mit Poren versehen und folglich hängt die Verschiedenheit beider Septenarten hauptsächlich von der vollständigen oder mangelhaften Entwicklung der Poren ab.

Am bedeutsamsten sind aber die Beziehungen zwischen Septenbildung und dem Kammerwandproblem. Wenn Staff und Dyrenfurths diesbezügliche Annahme richtig gewesen wäre, dann sind die Septen von dem Dachblatt allein gebildet und tatsächlich porenfrei; folglich kann man sicher daraus schließen, daß das Dachblatt auch porenfrei ist.

Fig. 5. Tangentialschnitt durch *Fusulina* sp. (X 164). Links ist das Septum frei, rechts das Septum in die Kammerwand eingeschaltet und von einer dunklen Linie begrenzt.

Fig. 6. Schnitt durch zwei aufeinanderfolgende Umgänge (X 164).
W = Kammerwand; S = Septen.

Dies ist aber hier nicht der Fall und deshalb ist auch die Ansicht Douvillés unbegründet. Wie von einem Anhänger dieser Ansicht erklärt wurde, ist es wegen Dünnheit des Dachblattes unmöglich, seine Kompaktheit durch direkte Beobachtung zu beweisen. Es ist ja eine unstreitbare Tatsache, daß in den meisten, wenn nicht in allen Fällen das Dachblatt im Schliff porenfrei erscheint; aber es ist auch gleichzeitig Tatsache, daß wir nicht selten die Breite eines einzelnen Blattes des Maschenwerkes messen und seine Kompaktheit konstatieren können, und doch existiert äußerlich kein wesentlicher Unterschied zwischen den Blättern des Maschenwerkes und dem Dachblatt.

Eine Erklärung dieser Schwierigkeit ist vielleicht am besten bei jenen Schliffen zu finden, bei welchen die Schalensubstanz des Maschenwerkes lichter als die Zwischenräume selbst erhalten sind. Ich bringe daher im folgenden eine Abbildung, welche zeigt, wie bei einem derartigen Erhaltungszustand die Kammerwände sich präsentieren, also jener Fall, der schon oben von mir ausführlich beschrieben worden ist.

In einem anderen Schliffe des Pontafeler Fusulinenkalkes finde ich einen Querschnitt, welcher teils in diesem Zustand, teils in der meist vorkommenden gewöhnlichen Weise erhalten ist. Man kann daher das Vorhandensein des Dachblattes und seine Fortsetzung wenigstens teilweise konstatieren. Die nahestehende Fig. 6 zeigt uns zwei Septen zweier aufeinanderfolgender Umgänge und die dazwischen liegenden Kammerwände; die Schalensubstanz ist ganz verändert und alle Septen und Kammerwände erscheinen ganz homogen und gehen ineinander ohne Begrenzung über. Daraus sehen wir, daß die direkte Fortsetzung des Dachblattes als eine Kalkschicht erhalten ist, von welcher der äußerste Rand des Maschenwerkes bedeckt ist. Diese Kalkschicht ist aber nicht nur ziemlich unregelmäßig verbreitet, sondern fehlt an einer Stelle, wo das Septum gespaltet erscheint, gänzlich. Wenn nun das Dachblatt ein wesentlicher Bestandteil der Kammerwand wäre, dann müßte man erwarten, daß es an der Stelle, wo es fehlt, nachträglich abgerieben worden sei. Weil aber diese Abreibung vor der Bildung des äußeren Umganges geschehen sein muß, wie konnte dann das Dachblatt an einer anderen Stelle sich erhalten? Die natürlichere Erklärung dafür scheint mir die

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

zu sein, daß die Kalkschicht auf der Oberfläche der Kammerwände ein sekundärer Kalkabsatz war, der von der Sarkode der Außenseite ausgeschieden worden ist.

Außer diesem auffallenden Exemplar finden sich in Schliffen aus dem Pontafeler Fusulinenkalk viele andere, welche ohne Zweifel von feinen Poren durchbohrte Kammerwände besitzen: vgl. Fig. 7; in den meisten Fällen aber kann man auch annehmen, daß diese Exemplare ursprünglich mit einem dünnen Dachblatt versehen waren, das aber später abgerieben worden ist. Solche Beispiele sind daher für die endgültige Entscheidung dieser Frage bedeutungslos.

Jener oben erwähnte, außergewöhnliche Erhaltungszustand der Fusulinenschale ist wohl am besten als eine Art Pseudomorphose nach der ursprünglichen Schalensubstanz aufzufassen, aber ohne strukturelle Zerstörung des gewöhnlichen Erhaltungszustandes. Letzterer ist zumeist derartig, daß kein deutlicher Umriß der einzelnen Bestandteile der Schale mehr zu ermitteln ist. Je stärker aber die Vergrößerung, desto undeutlicher wird nicht nur der Umriß des Dachblattes, sondern auch jener der Septen und Blätter des Maschenwerkes. Unsere Beobachtung muß daher jenen Fällen sich zuwenden, bei denen die Veränderung weniger weit wie in den meisten Fällen fortgeschritten ist. In der Einleitung habe ich schon darauf hingewiesen, daß ich manchmal auch, wie neuerlich von Hayden betont wurde, das Dachblatt perforiert gefunden habe. Zweifellos ist dieser Fall nicht häufig, wenngleich er aber tatsächlich doch vorkommt (vgl. Hayden, Taf. XVII, Fig. 1, 2). Einen derartigen Fall bilden wir in Fig. 8 ab; sie stellt einen sehr kleinen Teil einer Fusulinenschale im Querschnitt dar. Der Querschnitt zeigt, wie gewöhnlich, deutlich das Dachblatt; aber der Versteinerungsprozeß ist noch nicht vollständig fortgeschritten und stellenweise können wir die Umrisse eines einzelnen Blattes des Maschenwerkes ganz deutlich erkennen; die Blätter sind im Querschnitt stabförmig, ein wenig durchsichtig und von einer feinen schwarzen Linie umgeben. Dieser schwarze Umriß ist so deutlich, daß man ihn sogar durch die ganze Dicke des Dachblattes bis an die Oberfläche verfolgen kann. Wenn das Dachblatt nun wirklich eine Kalkschicht gewesen wäre, welche direkt mit dem Maschenwerk in Verbindung gestanden ist, dann müßte diese schwarze Umrißlinie sich auf der unteren Fläche des Dachblattes horizontal erweitern. Außerdem muß es besonders betont werden, daß in diesem Querschnitt man leicht das Dachblatt von dem Kalkabsatz auf dem Boden des nächsten Umganges unterscheiden kann und daß ein derartiger Absatz aber gänzlich an dieser Stelle, wie Fig. 8 zeigt, fehlt.

Fig. 7. Querschnitt; die Beziehung zwischen den Septen und der Kammerwand zeigend. W = Kammerwand; S = Septum.

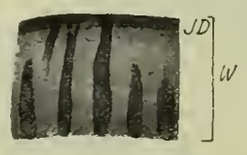

Fig. 8. Querschnitt durch die Kammerwand; die Porenkanäle u. das Dachblatt zeigend. D = Dachblatt; W = Wand; P = Poren.

Wenn jener Fall öfters beobachtet werden könnte, dann wäre vom ursprünglichen Vorhandensein eines dichten Dachblattes natürlich keine Rede mehr; aber derartige Fälle gehören zu den Ausnahmen und deshalb dürfte wohl unsere Beobachtung von anderen angezweifelt werden.

Zur Ergänzung unseres positiven Beweises aber kann ich noch einen negativen hinzufügen. Betrachten wir die gesamte Schalenwand, dann tritt deutlich hervor, daß die Blätter des Maschenwerkes nicht nach einem mechanischen Prinzip geordnet sind, wie es nach der Ansicht Douvillés sein müßte. Die Blätter stehen ohne Ausnahme senkrecht auf den Kammerwänden; wo sich die letzteren aber umbiegen, um die Septen zu bilden, dann hört diese Regel auf. Am oberen Teil der Septen, also in der Nähe der Umbiegungsstelle der Kammerwand, sind die Blätter immer mehr oder weniger gegen das Dachblatt schief gestellt. Diese Stellung ist sogar am Anfang der Bildung der nächsten Kammerwand derart extrem, daß dort die Blätter nicht nur an der Oberfläche der Septen schief stehen, sondern oft beinahe parallel laufen (Fig. 9 und 10).

Es ist eine Tatsache, daß, wie die Textfiguren 1—6 bei Schellwien zeigen, oft einige Blätter an die Septalfläche anzustoßen scheinen; ich nehme aber an, daß diese Erscheinung von der schiefen Stellung der Blätter gegen die Schnittfläche entstanden ist. Die schematische Darstellung, welche Dyrenfurth in seiner Arbeit gegeben hat (Textfigur 7), scheint mir in dieser Hinsicht viel zu übertrieben und nicht der

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

Tatsache zu entsprechen. Jene Stellung der Blätter (d. h. Schalenteil zwischen den Poren) ist nur so zu erklären, daß die Zwischenräume als Durchtrittsstelle für die Pseudopodien einmal gedient haben.

Nach den oben besprochenen verschiedenen Beobachtungen und aus Beweisen sowohl positiver wie negativer Natur ergibt sich klar, daß die Kammerwände der Fusuliniden perforiert gewesen sein müssen. Man kann einwerfen, daß die positiven Beweise allein nicht ausreichend sind; immerhin genügen sie zur Widerlegung der neuen Ansicht Douvillés, welche in der Folge von Staff und Dyrenfurth angenommen worden ist. Meine Beobachtungen, welche fast ausschließlich auf Material des Pontafeler Fusulinenkalkes basieren, sind aber für die weitere Verfolgung des Schalenstruktur-Problems noch nicht ausreichend. Betreffs der Schalenstruktur muß mein eigenes Neoschwagerinen-Material jedenfalls nochmals genau untersucht werden, da bei den Neoschwagerinen stets das Dachblatt besser erhalten ist.

Fig. 9. Querschnitt durch *Fusulina* sp., die Richtung der Poren zeigend (X 164). W = Wand; S = Septum. Richtung des Wachstums.

Fig. 10. Querschnitt durch *Fusulina* sp., die Richtung der Poren zeigend (X 164). W = Wand; S = Septum. Richtung d. Wachstums.

Wenn ich endlich die Resultate meiner bisherigen Beobachtungen kurz zusammenfasse, komme ich zu folgendem Schlusse:

1. Infolge Feinheit der Poren besonders in der Nähe der Oberfläche der Kammerwände und nur bei dicken Schliffen kann eine dunkel aussehende Schicht, des sogenannten »Dachblattes«, entstehen.

2. Es kommen immer sekundäre Kalkabsätze an der Oberfläche oder in den Poren vor; diese, besser als »Imprägnierung« bezeichnet, hat sicherlich viel zum Entstehen des »Dachblattes« beigetragen.

Es wurde in meiner früheren Arbeit erwähnt, daß das Dachblatt ein sekundärer Kalkabsatz sei. Diese Ansicht ist neuerlich von Hayden aufgegriffen worden; trotz seines Einwandes finde ich aber dennoch seine Ansicht von der meinen keineswegs so abweichend, wie er annehmen zu müssen geglaubt hatte.

Ich spreche hier Herrn Prof. Dr. C. Diener meinen aufrichtigen Dank für seine vielfache Anregung aus. Herr Prof. Dr. G. von Arthaber hat sich die mühevolle und zeitraubende Arbeit genommen, mein Manuskript zu korrigieren; dafür schulde ich ihm ganz besonderen Dank.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Beiträge zur Paläontologie von Österreich = Mitteilungen des Geologischen und Paläontologischen Institutes der Universität Wien

Jahr/Year: 1910

Band/Volume: 023

Autor(en)/Author(s): Yabe H.

Artikel/Article: Das Strukturenproblem der Fusulinenschale 273-281