

Polarisationsoptische Untersuchungen des leptonischen Bauplans von „Donnerkeil“-Cystolithen

Von

Hans H. PFEIFFER

(Laboratorium für Polarisationsmikroskopie Bremen)

Eingelangt am 27. Dezember 1948

1. So oft auch schon durch SCHACHT, KNY, MELNIKOFF, RICHTER, STRASBURGER, CHAREYRE, KOHL, GIESENHAGEN, BERG, KÜSTER und BEYRICH die Doppelbrechung von Cystolithen behandelt worden ist, so sind doch ihr leptonischer Bauplan und allgemein die Inkrustation von Cellulose durch Calcit bislang — sehr zum Unterschied von den polarisationsoptisch oft studierten Stärke-Sphäriten — überhaupt noch nicht bearbeitet worden. An dieser Stelle kann daher auch noch nicht eine abgeschlossene Analyse des Problems erwartet werden. Vielmehr beschränken sich die Untersuchungen auf einige Vorprüfungen und grundlegende Entscheidungen. So gilt es zu zeigen, daß die Doppelbrechung der Cystolithen auf der kristallinen Einlagerung von Calcit, wie schon von KOHL ausgesprochen, nicht aber auf ihrem Cellulosegehalt, wie noch GIESENHAGEN behauptet hat, beruht. Ferner muß eine befriedigende Erklärung für das Vorkommen auch isotroper Cystolithen neben doppelbrechenden gefunden werden. Ihr weiterhin behandelter leptonischer Bauplan kann nur erst in diesem Sonderfalle nämlich bei ihrer Ausbildung in Form von „Donnerkeilen“ bei gewissen Acanthaceen (*Sanchezia*, *Ruellia*, *Rostellularia*) und Urticaceen (*Pilea muscora*, *densiflora* und *decora*) geklärt werden. Behandelt werden soll auch die orientierte Adsorption des kristallinen Inkrustationsmaterials und die Frage, ob wir derartige Cystolithen den HÄCKELschen „Biotkristallen“ zurechnen dürfen.

2. Die langen „Donnerkeile“ bei den benutzten Objekten lassen sich außer in der Längsansicht in ihren Zellen und in der Aufsicht von der Spitze aus besonders gut an Querschnitten untersuchen. Hierbei zeigen frisch isolierte „Donnerkeile“ keine wesentlichen Dickenunterschiede (s. Tab. I). Eine tangential Schichtung infolge rhythmisch wechselnden Calcitgehalts und eine radiale Streifung werden oft erst nach Entkalken sichtbar. Wenn diese an älteren „Donnerkeilen“ nicht schon eingetreten ist, wird die Entkalkung durch vorsichtige Säurebehandlung vorgenommen. Vielfach ist dazu Carbolsäure benutzt worden. Ich habe als schonendstes Mittel eine 5% wässr. Lösung von Trichloroessigsäure gefunden, welcher 10—20% Formol zugesetzt wird, und Übertragen nach ½stündiger Einwirkung in 96% oder absoluten Alkohol. Bei unausgereiften, noch ganz verkalkten „Donnerkeilen“ wechseln ähnlich wie in Korrosions-

versuchen mit Stärkekörnern (MEYER) leichter angreifbare mit widerstandsfähigeren Schichten ab. Manchmal entweicht die beim Entkalken entstehende H_2CO_3 nicht aus den Cystolithen, sondern sammelt sich darin in Form grauer oder schwärzlicher Gasbläschen an (PRIEMER). Entkalkte Schnitte der „Donnerkeile“ ergeben nach Behandlung mit Salicylsäurealdehyd, Nelkenöl o. a. eine Umkehr des sonst negativen Charakters der Doppelbrechung (Phenolreaktion v. EBNERs).

d (μ)	r (μ)	$1,122 \cdot r$	i (Grad)	10000 f (i)	Γ_{\max} (m μ)	$\Delta n \cdot 10^{-4}$
49,2	24,6	27,6012	4,0	48,4	37,6	13,6
51,8	25,9	29,0598	4,1	51,2	39,8	13,7
55,4	27,7	31,0794	4,2	53,7	41,7	13,4
54,4	27,2	30,5184	4,2	53,7	41,7	13,7
62,4	31,2	34,0064	4,5	61,6	47,9	13,8
59,6	29,8	33,4356	4,4	58,9	45,8	13,6
64,4	32,2	36,1224	4,4	58,9	45,8	12,7
57,2	28,6	32,0892	4,3	56,3	43,7	13,6
58,8	29,4	32,9868	4,2	53,7	41,7	12,6
53,6	26,8	30,0696	4,1	51,2	39,8	13,2
Durchschn.						13,39

Tab. I. Messungsreihen (BEREK-Kompensationen) an einem quer geschnittenen „Donnerkeil“-Cystolithen von *Ruellia spec.* zur Bestimmung der Doppelbrechung ($\Delta n \cdot 10^{-4}$)

Bei den nach Vorschriften von POLICARD und OKKELS dargestellten Spodogrammen von „Donnerkeilen“ durch Glühen der Schnitte behält man zwar den anorganisch-mineralischen Anteil der Gebilde übrig; doch ist der Prozeß so tiefgreifend für ihren leptonischen Aufbau, daß die Objekte nach dem Glühen zu allermeist isotrop geworden sind. Oft springen die „Donnerkeile“ beim Glühen unter leisem Zischen auseinander, und einzelne wenig oder nicht zerstörte Anteile beweisen sicher, daß durch den Versuch der sphäritische Aufbau verloren geht, so daß oft mehrere verschieden große Abschnitte wechselnder Auslöschung entstehen. — Hingegen gelingt nach Durchkochen der Objekte mit Eau de Javelle die Umkehr ihres optischen Charakters (s. unten). Das Reagens kann durch Glycerin mit Zusatz von 1 oder $\frac{1}{2}$ Plätzchen Kalium hydricum purum in rotulis ersetzt werden; hernach wird in aq. dest. ausgekocht und an der Luft getrocknet. Durch diese Versuche werden die Präparate zur Durchführung des AMBRONNSchen Imbibitionsversuches (Bestimmung von Eigen- und Formdoppelbrechung; s. unten) geeignet (PFEIFFER 1949, S. 29 f.).

Die optische Anisotropie kann, da es sich bei den „Donnerkeilen“ um Gebilde handelt, welche sich in bestimmten Richtungen als sphäritisch erweisen, nicht in der gewöhnlichen Weise aus Bestimmungen des Gangunter-

schieds (Γ) und der Objektstärke (d) nach der bekannten Beziehung: $\Delta n = \Gamma/d$ entnommen werden. Doch hat FREY-WYSSLING (1940) für dieses Ziel für Sphäritkugeln aus optisch einachsigen Leptonen den Ausdruck

$$\Delta n = \Gamma_{\max} / 1,122 r$$

entwickelt, worin Γ_{\max} den maximalen Gangunterschied auf einem bestimmten Querschnitt des „Donnerkeils“, r den mikrometrisch zu ermittelnden Radius des Objekts darstellt (PFEIFFER 1949, S. 38 f.). Sobald beim Drehen des BEREK-Kompensators der vom Rande des „Donnerkeil“-Querschnittes näherkommende Kompensationsstreifen mit dem von der Achse des Objekts (im Zentrum) aus entgegenwandernden gerade verschmilzt, ist die Einstellung Γ_{\max} erreicht. (Vgl. einen aus 10 Einzelmessungen erhaltenen Wert der Doppelbrechung in Tab. I).

3. Obgleich der Calcit der „Donnerkeile“ im allgemeinen ziemlich *hyalin* ist, sehen die Gebilde in Luft *opak* aus, in auffallendem Licht meist schneeweiß. Das liegt daran, daß eintretendes Licht infolge vielfachen Wechsels von Calcitbalken und luftgefüllten Gerüstlücken in mannigfacher Weise unregelmäßig gebrochen, reflektiert und im Innern des Körpers zerstreut wird.

Auf sehr unterschiedliche Weise läßt sich die optische Achse der „Donnerkeile“ bestimmen. Zuerst seien ein paar Methoden angegeben, welche mit gewöhnlichem, nicht polarisiertem Licht arbeiten und Gesetze der Refraktion anwenden. Da danach die „Donnerkeile“ senkrecht zur optischen Achse weit schwächer *konturiert* sein müssen als bei Durchsicht parallel zur optischen Achse (SCHMIDT 1929, S. 1382), erkennt man diese bei Einschließen in Canadabalsam gar bald in ihrem Verlauf in der maximalen Längenausdehnung. Wenn der Einschuß noch frisch ist, lassen sich die „Donnerkeile“ durch geringes Verschieben des Deckglases auf dem Objektträger um ihre optische Achse „rollen“. Dabei behalten sie unverändert die zarte Konturierung.

Ein anderes Verfahren, das zugleich etwas mehr in die Natur der Gebilde einführt, besteht in dem Auskochen mit Eau de Javalle (s. oben) und optischen Homogenisieren nach BECHER. Die ausgekochten Präparate werden nach Kochen in aq. dest. und Trocknen auf Vorschlag BECHERs in eine Mischung aus 22 Vol. Terpeneol und 1 Vol. Methylsalicylat (n_D 1,486) gebracht. Nach DEUTLER soll letzteres besser durch Methylbenzoat (n_D 1,51692) ersetzt werden, und SCHMIDT hält schon Xylol (n_D 1,497) für geeignet zum optischen Homogenisieren. Da die optische Achse senkrecht zu den Richtungen der Durchsichtigkeit liegt, läßt sie sich durch deren Aufsuchen auf dem Tisch eines Präpariermikroskops trotz der geringen Größe der Objekte nach einigen Versuchen als die Richtung maximaler Längenerstreckung der „Donnerkeile“ ermitteln.

Weitere Methoden zum Auffinden der optischen Achse benutzen das Polarisationsmikroskop als Ortho- oder als Konoskop (SCHMIDT 1929, S. 1394, 1397). Die *orthoskopische* Beobachtung erfolgt, um Täu-

schungen durch Depolarisationen an gekrümmten Randflächen infolge von Reflexen möglichst auszuschließen, in Medien hoher Refraktion, wie Nelkenöl (n_D 1,533) Canadabalsam (n_D 1,535) oder α -Monobromnaphthalin (n_D 1,64948). — Zur konoskopischen Beobachtung des Achsenbildes wird das Objekt zuerst in gewöhnlicher Weise mit dem Okular eingestellt, dieses herausgehoben und die Austrittspupille auf volle, gleichmäßige Ausleuchtung geprüft, und dann werden die Nicols gekreuzt. Benutzt werden Objektive hoher Apertur, aber auch der Kondensator soll eine hohe Apertur aufweisen. Da auf dem Querschnitt durch einen „Donnerkeil“ die Achsenspur zentrisch in der Austrittspupille liegt, verläuft die optische Achse des Objekts zu der des Mikroskops parallel; sie steht also senkrecht auf dem Querschnitt und durchzieht den „Donnerkeil“ in seiner Längsrichtung.

4. Untersucht man isolierte „Donnerkeile“ orthoskopisch in der Aufsicht zwischen gekreuzten Nicols, so erkennt man unregelmäßige bucklige Vorsprünge, denen die Schichtung in ihrem Verlaufe folgt; beim Drehen des Objektisches ergeben sie im allgemeinen das Wandern eines dunklen Mittelstreifens. Dessen Bewegung erfolgt so, als ob er den Drehungspunkt in der mittleren Spitze des Vorsprunges hätte. Offenbar handelt es sich um ein Aggregat doppelbrechender Elemente, welche in einer keilförmigen Gruppierung vereinigt sind. Die Auslöschung erfolgt parallel den Rändern der Kugel, als deren Sektor man den Keil formal betrachten muß.

Auf dem Querschnitt der „Donnerkeile“ erkennt man zwischen gekreuzten Nicols ein Sphäritenkreuz mit vier kreuzweise gestellten hellen Sektoren. Bei Einschalten eines Gipsplättchens Rot I werden die Arme des Kreuzes rot, zwei der Sektoren lebhaft blau, die anderen gelb. Erstere Sektoren sind jene, durch welche die längere Achse der Indexellipse hindurchstreicht. Zum Unterschied von dem Sphäritenkreuz von Stärkekörnern weist dieses hier danach einen negativen Charakter auf. Mit diesem Urteil wird freilich nur erst die Lage der Indexellipsenachse zur Orientierung des Objekts bestimmt und noch nichts über den optischen Charakter seiner Leptonen ausgesagt. Indem sich aber die Anisotropie beim Einschließen des Querschnittes in Canadabalsam und anderen Einschlußmedien nicht merkbar ändert, muß sie ganz oder überwiegend auf Eigendoppelbrechung beruhen und auf negativ einachsige Leptonen bezogen werden, welche mit der optischen Achse parallel zum Radius des Querschnittes stehen. Das dem Interferenzbild eines einachsigen Kristalls im Konoskop ähnliche (BREWSTERsche) Sphäritenkreuz beweist, daß die Auslöschung parallel zur Längsrichtung der radial gestellten Leptonen liegt. Gelegentlich treten infolge Druck oder Drilling auch Störungen in der Anordnung der Leptonen auf. Eine dann vorkommende geringe Schiefe der Auslöschung zeigt sich darin, daß das Sphäritenkreuz um den Winkel jener

schiefen Auslöschung gegen die Schwingungsrichtungen der Nicols gedreht ist. Daß keine Durchsetzung des Sphäritenkreuzes mit konzentrischen Interferenzringen auftritt, welche bei Gebrauch eines Drehkompensators (wie des nach M. BEREK) in zwei der Quadranten aufeinander zu, in den beiden benachbarten voneinander fort wandern (sogen. BERTRANDsches Kreuz), wodurch dann schon im Orthoskop völlig das konoskopische Bild eines einachsigen Kristalls vorgetäuscht werden würde, ist ein zuverlässiger Beweis dafür, daß die zentrisch-faserigen Leptonen nur innerhalb der Ebene des Querschnittes, nicht aber nach allen drei Raumrichtungen sphäroitisch ausgerichtet sind.

Manchmal tritt an den „Donnerkeilen“ als Ausdruck ihres sukzessiven Wachstums eine schalige Ausbildung stark hervor; dann kann man mit nur einem der beiden Nicols ein dunkles Doppelbüschel beobachten (Pseudodichroismus), weil ein feines, paralleles Spaltensystem in der Struktur infolge Gitterpolarisation wie ein Nicol mit senkrecht zum Spaltenverlauf ziehender Schwingungsrichtung wirkt.

In seltenen Fällen findet man „junge“, noch unentwickelte „Donnerkeile“ auch partiell positiv zu den Radien der Querschnitte. Bisweilen sind sie dann durch schmale isotrope Zonen von den negativ wirkenden Partien getrennt. Daß es sich hierbei um erst unvollständig mit CaCO_3 inkrustierte Anteile der Cystolithen handelt, ergibt sich aus Versuchen experimenteller Entkalkung, bei welchen sich die Befunde wiederholen. Durch eine bis vier Tage hindurch fortgesetzte Einwirkung des Entkalkungsreagens lassen sich leicht derartige Übergangsstufen bis zu polarisationsoptisch positiven Querschnitten darstellen. Mit ungleichen Orientierungsgraden (PFEIFFER 1948) hängen diese Schwankungen nach Intensität und Charakter der Doppelbrechung der „Donnerkeile“ jedenfalls kaum zusammen. Darauf gerichtete Versuche sind aber bereits in Angriff genommen worden.

5. Der Charakter der Doppelbrechung der „Donnerkeile“ wird alsbald umgekehrt, wenn sie kurz in Eau de Javelle durchgekocht werden (s. oben). Nach Auskochen in aq. dest. und Trocknen in Luft bleiben nur die anorganischen Bestandteile zurück, zwischen denen fibrillenartige Räume ausgespart sind, welche statt mit der organischen Masse jetzt mit Luft gefüllt sind, die Cystolithen undurchsichtig erscheinen lassen und sich durch Imbibitionsmedien ausfüllen lassen. Wenn ein Querschnitt eines „Donnerkeils“ auf dem Objektträger in solcher Weise seiner organischen Masse beraubt worden ist, so erkennt man im Orthoskop jetzt ein positives Sphäritenkreuz mit gewöhnlich etwas verbreiterten Armen und nicht selten gewissen Störungen der Auslöschung. Auffällig ist die beträchtliche Steigerung der Lichtbrechung der Objekte nach der zu der Pseudomorphose führenden

topochemischen Reaktion mit der Lauge. Durch Untersuchung in einer Reihe verschiedener Einschlußmedien kann durch Beobachten der F. BECKESchen Lichtlinie (SCHRÖDER VAN DER KOLKsches Phänomen) verhältnismäßig einfach eine Zunahme der Lichtbrechung, die vorher unter jener von Nelkenöl (n_D 1,533) und wohl auch Anisol (n_D 1,516) lag, bis auf jene von Anilin (n_D 1,588) oder Anethol (n_D 1,558) festgestellt werden. Der Aufbau der Pseudomorphose aus lockeren feinen Nadelchen, zwischen welche diese und andere Medien nach genügender Einwirkungszeit einzudringen vermögen, ruft Stäbchen-doppelbrechung, und zwar positiv zum Radius des Querschnittes, hervor, sofern sich das Medium in der Refraktion von der Substanz der Pseudomorphose unterscheidet. Durch Ausführen des AMBRONNSchen Imbibitionsversuches und Messung der in den einzelnen Imbibitionsmedien auftretenden Gesamtdoppelbrechung ergibt sich ein gesetzmäßiger Wechsel derselben (Tab. II). Da die Doppelbrechung

Imbibitionsmedium		Γ_{\max} ($m\mu$)
Name	n_D^{20}	
KOH (sp. Gew. 1, 416) .	1,403	29,9
Chloralhydrat	1,427	27,1
Glycerin	1,456 ₁	18,8
Terpineol	1,483	14,6
Xylol	1,497	13,2
Cedernholzöl	1,510 ₀	12,7
Canadabalsam	1,535	10,8
Tetralin	1,545	8,8
Anisöl	1,558	8,2
Anilin	1,588	7,3
Schwefelkohlenstoff . . .	1,627 ₄	8,1
α -Monobromnaphthalin .	1,649 ₄₈	10,4
Methylenjodid	1,741 ₄	22,6

sp. Gew.	n_D^{20}	Γ_{\max} ($m\mu$)
1,6	1,437	21,8
1,8	1,473	17,4
2,0	1,509	12,9
2,2	1,546	8,7
2,4	1,583	7,2
2,5	1,602	7,8
2,6	1,621	8,2
2,8	1,658	11,0
3,0	1,696	13,9
3,2	1,733	21,1

Tab. IIa. Abhängigkeit des Gangunterschieds (Γ_{\max}) der Pseudomorphose mit Eau de Javelle von der Lichtbrechung (n_D^{20}) der Imbibitionsmedien.

Tab. IIb. Abhängigkeit des Gangunterschieds (Γ_{\max}) der Pseudomorphose von der Refraktion (n_D^{20}) verschieden konzentrierter Lösungen der THOULET-schen Flüssigkeit.

dabei in allen Medien den positiven Charakter behält, kann die (positive) Gesamtdoppelbrechung nur auf dem Zusammenwirken von Form- und Eigendoppelbrechung gleichen Charakters beruhen. Wie aus dem Minimum der Gesamtdoppelbrechung hervorgeht, welches der Eigendoppelbrechung der Lep-

tonen der Pseudomorphose gleichzusetzen ist, muß diese geringer als die negative Eigendoppelbrechung des unveränderten Calcits der „Donnerkeile“ sein (Γ 7,3 $m\mu$ nach Tab. II gegen Γ 13,4 $m\mu$ zufolge Tab. I).

Topochemische Reaktionen, welche zu Pseudomorphosen führen, sind nach Einwirken von Laugen auf CaCO_3 schon mehrfach angegeben worden. Es sei hier nur erinnert an ein solches Verhalten der Nadeln der Calcispongia (BÜTSCHLI, SCHMIDT 1926; 1934, S. 577), der Eischale einer Geckonide (SCHMIDT 1943), der Kalkkörper aus der Holothurienhaut (BLAESS) oder der Spicula im Mantelgewebe von Nudibranchiern (SCHMIDT 1944).

6. Uns bleibt nun noch die Aufgabe, aus den Befunden den leptonischen Bauplan der „Donnerkeile“ abzuleiten und uns mit ihrem Wesen überhaupt zu befassen.

Alle Beobachtungen bei der Bestimmung der optischen Achse der Gebilde und alle Untersuchungsbefunde mit dem ortho- und dem konoskopisch benutzten Polarisationsmikroskop führen übereinstimmend zu dem Schluß, daß polarisationsoptisch negative Leptonen aus CaCO_3 (vermutlich Calcit) in den Querschnitten der „Donnerkeile“ radial zu der ihre Länge durchziehenden optischen Achse gestellt sind und mehr oder minder senkrecht auf dieser und auf dem zylindrischen Mantel der Gebilde stehen.

Darin unterscheiden sie sich grundlegend von den Stärkesphäriten (SPEICH), bei denen vielleicht sperrige Seitenketten der sonst auch bei Polysacchariden gefundenen Parallelisierung der Leptonen widerstreben. Während bei den Stärken mehrere Fadenmolekeln an einem Ende mit den Hauptketten zusammenhängen und die freien Enden der Seitenkette in entgegengesetzter Richtung radial nach außen gedrängt werden, das weitere Wachstum sich dann durch Verlängerung der Haupt- und Seitenketten unter Bildung neuer in sphäritischer (globulärer) Form vollzieht (FREY-WYSSLING 1938), dürften bei den weniger sperrigen Molekeln der „Cellulose“ als dem Muttermaterial cystolithischer Bildungen die Leptonen nicht in den drei Raumrichtungen, sondern in nebeneinander liegenden Querebenen (nämlich quer zur Längsstreckung der „Donnerkeile“) zentrisch-faserig um die Längsachse orientiert sein.

In die Interstitien des so gebildeten Grundgerüsts sind wohl die polarisationsoptisch negativ wirkenden CaCO_3 -Leptonen orientiert eingelagert, so daß sie jenen Bauplan bis in Einzelheiten als „Negativ“ wiederholen. Wie weit aber dieser Bauplan auch für andere, nicht als „Donnerkeil“ ausgebildete Cystolithen zutrifft, haben darauf gerichtete Untersuchungen erst noch zu zeigen.

Allgemein befaßt sich mit solchen anorganischen Skelettstrukturen, welche unter Führung organischer Bildungseinflüsse in Tier- und Pflanzenzellen (-geweben) deponiert werden, BATEMAN. Als ursprünglich nimmt er bei ihrer Morphogenese sphärische

Zwischenflächen an, welche durch Adsorption einer oberflächenaktiven Komponente deformiert und lokal als Ausgangspunkt für die Aggregation kristallinischer Fibrillen wirksam werden. Dann bilden neue Strukturen ihrerseits den Sitz metabolischer Tätigkeit und können entgegenstehende Einflüsse auf das Verhalten anderer Oberflächenteile durch Bildung diffusibler Substanzen gewinnen, bis das Muster fortgesetzten Niederschlagens des ausgerichteten anorganischen Materials fertiggestellt wird (BATEMAN, S. 148). Auch PICKEN tritt dafür ein, daß die Form derartig kristallisierter Zellbestandteile durch ähnliche Faktoren wie bei der echten Kristallisation entschieden werden dürfte, d. h. die Orientierung solcher leptonischer Fibrillen entspricht ganz jener bei molekularer Strukturierung, hängt aber zum Unterschied davon auch von den morphologischen Gegebenheiten der untersuchten Zelle (und vielleicht gar des Organismus) ab. Damit sind alle die aufgefundenen Störungen in der Auslösung und im Charakter der Doppelbrechung zugleich gedeutet und auf Mannigfaltigkeiten des organisierten Milieus zurückgeführt, die im Experiment nie ganz ausgeschlossen werden können.

Wenn HÄCKEL den Terminus „Biokristalle“ für einheitliche Kristallindividuen und den Übergang zwischen einem anorganischen Kristall und einem organischen Sekret prägte, so versteht SCHMIDT (1929), der auch die Literatur sammelte, in etwas modifizierter Weise darunter „intrazellulär entstandene Gebilde, deren kristalline Substanz sich wie ein Kristallindividuum verhält, ohne von Kristallflächen begrenzt zu sein“ (von ihm behandelte Beispiele: Skeletteile der Kalkschwämme und Echinodermen, Skleriten der Oktokorallen, Stacheln der Solenogastren, Spicula der Branchiopoden, Nadeln der Acanthometriden). Danach stehen die untersuchten „Donnerkeile“ den „Biokristallen“ nahe, insofern mindestens ihre Querschnitte einen „biokristallinen“ Aufbau zeigen.

Zusammenfassung

1. Die polarisationsoptische Negativität der „Donnerkeile“ der Acanthaceen- und Urticaceenzellen beruht auf ihrem CaCO_3 -Gehalt, nicht auf der organischen Grundlage. Zur experimentellen Entkalkung wird 5%ige wäßrige Trichloressigsäure mit Zusatz von 10–20% Formol und Übertragen in 96% oder absol. Alkohol empfohlen.

2. Durch das Glühen bei der Darstellung des Spodogramms geht die Doppelbrechung verloren, wie denn auch manchmal bei ungenügender Verkalkung positiv doppelbrechende oder isotrope „Donnerkeile“ vorkommen können.

3. Zum Messen der Doppelbrechung der Querschnitte von „Donnerkeilen“ dient der von FREY-WYSSLING entwickelte Ausdruck, zu dessen Anwendung nur der maximale Gangunterschied und der Radius (bzw. Durchmesser) der Gebilde an derselben Stelle ermittelt zu werden brauchen. Die Intensität der Doppelbrechung bleibt wie bei andern „biokristallinen“ Bildungen der Tier- und Pflanzenzelle hinter jener mineralogischen Calcits zurück.

4. Noch geringer ist die positive Doppelbrechung durch topochemische Reaktion mit Eau de Javelle oder andern Laugen entstehender Pseudomorphosen, die im Imbibitionsversuch AMBRONNs das Zusammenwirken positiver Gesamtdoppelbrechung aus Eigen- und Stäbchendoppelbrechung desselben Charakters ergeben.

5. Durch Aufsuchen der F. BECKE'schen Lichtlinie bei Gebrauch verschiedener Einschlußmedien, durch optisches Homogenisieren nach BECHER in Terpeneol-Methylsalicylatgemischen, sowie durch ortho- und durch konoskopische Beobachtungen mit dem Polarisationsmikroskop wird die optische Achse der „Donnerkeile“ übereinstimmend als die zentrale Längsachse der Gebilde gefunden, welche senkrecht zu den untersuchten Querschnitten liegt.

6. Diese Befunde und weitere orthoskopische Untersuchungen an Querschnitten und andern Präparaten der „Donnerkeile“ führen zu Vorstellungen über ihren leptonischen Aufbau, nach denen die polarisationsoptisch negativen CaCO_3 -Fibrillen auf den Querschnitten konzentrisch um die optische Achse orientiert sind und die Gebilde gewissermaßen einen „verlängerten Sphärokristall“ darstellen.

7. Neben Vergleichen verwandter organischer Kristallinkrustationen wird endlich das Wesen der „Donnerkeil“-Cystolithen in ihrem auf gerichtete CaCO_3 -Adsorption beruhenden „biokristallinen“ Charakter zu finden gesucht.

Literatur

- AMBRONN, H., 1916: Kolloid-Z, 18, 90.
 BATEMAN, J. B. in HÖBER, R., 1945: Physical Chemistry of Cells and Tissues (Philadelphia and Toronto) 93, 153.
 BECHER, S., 1914: Verh. Dtsch. Zool. Ges. 24, 307.
 BERG, A., 1932: Beih. Bot. Ctrbl. I 49, 239.
 BEYRICH, H., 1944: Protoplasma 33, 287.
 BLAESS, H., 1944: Z. Morph. u. Ökol. d. Tiere 40, 248.
 BÜTSCHLI, O., 1906: Zoolog. Anz. 29, 428, 640.
 CHAREYRE, K., 1884: Rev. sc. nat. Montpellier, 586
 DEUTLER, F., 1926: Zoolog. Jb., Abt. Anatomie 48, 119.
 EBNER, V. v., 1894: Sitz. Ber. Akad. Wien 103, 162.

- FREY-WYSSLING, A., 1938: Submikroskopische Morphologie des Protoplasmas und seiner Derivate. Berlin. (Die 2., engl., Aufl. 1948 in New York und Amsterdam.)
— 1940: Ber. Schweiz. bot. Ges. **50**, 321.
- GIESENHAGEN, K., 1890: Flora **73**, 1.
- HÄCKEL, E., 1872: Die Kalkschwämme. Berlin.
- KNY, L., 1876: Text zu Wandtafeln zur Pflanzenkunde. 2. Abth., Taf. XI. Berlin.
- KOHL, I. G., 1889: Anatomisch-physiologische Untersuchungen der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze, 120 Marburg.
- KÜSTER, E., 1935: Die Pflanzenzelle, 462. Jena.
- MEYER, A., 1895: Untersuchungen über die Stärkekörner, 228. Jena.
- MELNIKOFF, 1877: Untersuchungen über das CaCO_3 in Pflanzen. Dissertation Bonn.
- PFEIFFER, Hans H., 1948: Nature **162**, 419.
— 1949: Das Polarisationsmikroskop als Meßinstrument in Biologie und Medizin. Braunschweig.
- PICKEN, L. E. R., 1940: Biol. Rev. Cambridge **15**, 133.
- POLICARD, A. u. OKKELS, H., 1931: Handb. biol. Arbeitsmeth. (V) **2/2**, 1815.
- PRIEMER, J. E. F., 1893: Bot. Jb. **17**, 419.
- RICHTER, C., 1877: Sitz. Ber. Akad. Wien (I) **76**, 145.
- SCHACHT, H., 1854: Abh. Senkenberg. naturf. Ges. **1**, 133.
- SCHMIDT, W. J., 1926: Zool. Jb., Abt. Anat. **48**, 311.
— 1929: Handb. biol. Arbeitsmeth. (V) **2/2**, 1357.
— 1934: Handb. biol. Arbeitsmeth. (V) **10**, 435, 577.
— 1943: Zoolog. Anz. **142**, 58.
— 1944: Z. Morph. u. Ökol. d. Tiere **40**, 389.
- SPEICH, H., 1941: Dissertation Zürich; Ber. Schweiz. bot. Ges. **52**, 175 (1942).
- STRASBURGER, E., 1882: Bau und Wachstum der Zellhäute. Jena.

* * *

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn](#)

Jahr/Year: 1949

Band/Volume: [1_2-4](#)

Autor(en)/Author(s): Pfeiffer Hans H. (Heinrich)

Artikel/Article: [Polarisationsoptische Untersuchungen des leptonischen Bauplans von "Donnerkeil"-Cystolithen. 180-189](#)