

(Aus dem Zoologischen Institut Gießen.)

Über die Doppelbrechung der Trichocysten von *Paramecium*.

Von

W. J. Schmidt.

Mit Tafel 27.

In seinen eindringenden Untersuchungen über die Trichocysten von *Paramecium* hat Fr. KRÜGER¹⁾ diese Gebilde auch auf ihre Doppelbrechung geprüft (p. 106—109 a. a. O. 1930), getragen von der gewiß berechtigten Erwartung, daß so ausgeprägte Anisotropie der Gestalt und Streckungsfähigkeit in bestimmter Richtung auch in der Optik ihren entsprechenden Ausdruck erfahren würde. Jedoch konnte dieser Forscher trotz aller dahingehenden Bemühungen keine Spur von Doppelbrechung an ihnen beobachten: weder die Grenzmembran des Schaftes noch die Spitze — bei denen er am ehesten Doppelbrechung erwartete — leuchteten zwischen gekreuzten Nikols auf. Das bringt KRÜGER mit der geringen Größe und zu schwacher Doppelbrechung der Trichocysten in Zusammenhang, Umständen, die in der Tat den Nachweis optischer Anisotropie bedeutend erschweren können. Nur bei Trichocysten, die durch konzentrierte Pikrinsäure zum Ausschleudern gebracht waren, sah der genannte Forscher gelegentlich Doppelbrechung und zwar von negativem Vorzeichen in bezug auf die Länge („längere Achse der Indexellipse senkrecht zur Längsachse der Trichocyste“). Jedoch legt er auf diese Beobachtung, die immerhin anzeige, daß der geringe Durch-

¹⁾ Untersuchungen über den Bau und die Funktion der Trichocysten von *Paramecium caudatum*, Arch. Protistenkde 72, 91—134 (1930). Dunkelfelduntersuchungen an den Trichocysten von *Paramecium caudatum*, Verh. d. Zool. Ges. 1929, 267—272.

messer nicht als ausschlaggebend für negativen Befund gelten könne, keinen besonderen Wert, da die Doppelbrechung Folge abnormer Zug- oder Druckwirkung bei der künstlich ausgelösten Explosion sein könne, zumal so behandelte Trichocysten auch stärkere Lichtbrechung als die normalen darbieten. Dichroismus der Trichocysten nach Behandlung mit Methylenblau, Fuchsin, Eosin, Goldchlorid und Silbernitrat war ebenfalls nicht erkennbar.

Demgegenüber gelang es mir, an frischen und fixierten ausgeschleuderten Trichocysten von *Paramecium* in Wasser und Balsam Doppelbrechung mit Sicherheit zu erkennen, sei es, daß die Trichocysten durch Druck oder aber Zugabe von Osmium- bzw. Pikrinsäure zu dem Wasser, in dem sich die Tiere befanden, zur Streckung gebracht wurden. Während nun Pikrinsäure, wie KRÜGER des näheren schildert, nicht ohne Einfluß auf strukturelle Einzelheiten der Trichocysten bleibt, läßt Osmiumsäure, deren sich schon SCHUBERG zu diesem Zwecke bediente, das Bild der Trichocyste im Dunkelfeld, dessen Analyse KRÜGER vor allem beschäftigte, ungeändert (1930 a. a. O. S. 100).

Für die Herstellung der Balsampräparate gab ich zu einem Wassertropfen mit zahlreichen Paramecien auf dem Objektträger einen kleinen Tropfen 1proz. Osmiumtetroxydlösung; dann saugte ich die Flüssigkeit größtenteils vorsichtig mit Fließpapier ab und führte das Präparat mit den am Glas haftenden Paramecien und Trichocysten nach Trocknen oder aber durch steigenden Alkohol und Xylol in Balsam.

Zum Verständnis meiner Befunde ist es erforderlich, den Bau der Trichocysten von *Paramecium* ins Gedächtnis zurückzurufen. Nach KRÜGER¹⁾ sind bei den Trichocysten der Ciliaten, abgesehen von einigen weniger verbreiteten Typen, Nesselkapsel-, Spindel- und Protrichocysten zu unterscheiden. Bei den ersten wird ein Faden aus einer Kapsel ausgeschleudert, während bei den übrigen die Explosion wesentlich in einer Längsstreckung des Ruhestadiums besteht. Protrichocysten (nach KLEIN, Tektinstäbchen nach BRESSLAU) sind solche, die ausgeschleudert ohne Färbung im Hell- und Dunkelfeld unsichtbar bleiben, was auf den Mangel einer Trichocystenmembran zurückgeführt wird; bei diesen fehlt nach Streckung die ausgesprochen stäbchenförmige Gestalt, bei *Prorodon*²⁾ z. B. ist sie torpedoförmig.

¹⁾ Die Trichocysten der Ciliaten im Dunkelfeldbild, Zoologica, Heft 91 (1936).

²⁾ F. KRÜGER, Untersuchungen über die Trichocysten einiger *Prorodon*-Arten Arch. Protistenkunde 83, 275—320 (1934).

Die ruhende Trichocyste von *Paramecium caudatum* erscheint nach KRÜGER (a. a. O. 1930) als ein etwa apfelkernförmiges (H. N. MAIER) von einer Membran umschlossenes Gebilde, das an seinem vorderen Pol in einem Fortsatz ausgezogen ist, der freilich am lebenden Tier nicht sichtbar ist (vielleicht infolge starker Hydradation), vielmehr erst zutage kommt, wenn die Trichocyste mit körperfremden Medien in Berührung gelangt. Gemäß Dunkelfeldbeobachtungen — auch nach Einfluß von Salzlösungen (Ferrocyankalium) — geht bei der Explosion aus dem Fortsatz die „Spitze“ hervor, der Rest wird zum „Schaft“. Die Spitze, welche sich an der Basis verdickt, ist von einer Kappe umscheidet (einem Teil der Membran) und vermutlich von ihr durch eine Substanz getrennt, deren Quellung die Kappe abhebt. Die Membran der ruhenden Trichocyste spaltet sich am Hinterende in zwei Lamellen, deren innere zugeschärft endet, den hinteren „Spitzenapparat“ darstellt. Die Streckung geht unter Volumvermehrung, also Wasseraufnahme des Gebildes, vor sich und wird auf einen in der Trichocyste befindlichen Querkörper zurückgeführt. Erst bei der Streckung prägt sich die Spitze aus, während sie im Ruhestadium gewissermaßen nur latent vorhanden ist, aber schon bei unvollkommener Explosion (in Ferrocyankaliumlösung) hervortreten kann; die Ausbildung der Spitze leitet die Explosion ein. Das Fortschnellen der Trichocyste beruht auf ihrer raschen Streckung: das hintere Ende stößt sich vom Widerlager des Körpers ab.

Schon hier möchte ich bemerken, daß ich die Schilderung des Dunkelfeldbildes ausgeschleuderter Trichocysten, die KRÜGER gegeben hat, bestätigen kann: der Schaft erscheint beiderseits von einer hellen Linie eingefasst, die Spitze leuchtet einheitlich auf und gelegentlich konnte ich auch die Spitzenbasis und die Kappe wahrnehmen (Taf. 27 Fig. 1).

Untersucht man durch Druck oder Osmiumsäure ausgeschnellte Trichocysten in Wasser bei starker Beleuchtung (Bogenlampe) polarisationsmikroskopisch, so erscheinen sie deutlich erhellt, wenn ihre Länge diagonal zu den Schwingungsrichtungen der Nikols steht, und sie verlöschen, wenn sie in Normallage gebracht werden. Aus diesen Erscheinungen ist auf Doppelbrechung zu schließen. Freilich ist der Gangunterschied sehr gering, er beträgt höchstens einige $m\mu$. Daher gelingt es auch nicht, den optischen Charakter der Gebilde mit der Gipsplatte Rot I zu bestimmen; jedoch erlaubt das einwandfrei eine drehbare $\frac{1}{16}$ λ -Glimmerplatte, bei deren Betätigung sich das Sehfeld aufhellt, während das Objekt heller oder dunkler als dieses wird, je nachdem es sich in Additions- oder Subtraktions-

lage befindet. Unter Beachtung des Drehungssinnes der Platte und der Lage ihrer Indexellipse ergibt sich aus den genannten Erscheinungen, daß die Trichocysten positiv in bezug auf die Länge wirken. Hat man eine größere Anzahl Trichocysten von verschiedener Lage im Sehfeld, so verrät sich ihre Doppelbrechung bei dem Betätigen der Glimmerplatte weit auffallender als im dunklen Sehfeld; denn die in Subtraktionslage befindlichen erscheinen dunkel, die dazu senkrecht verlaufenden in Additionsstellung hell (Taf. 27 Fig. 2 und 3). Nach solchen Feststellungen ist also an der Doppelbrechung der Trichocysten und an ihrem positiven Vorzeichen in bezug auf die Länge nicht mehr zu zweifeln.

Bemerkenswerterweise unterscheidet sich das Bild der Trichocysten in polarisiertem Licht wesentlich von dem im Dunkelfeld (vgl. Taf. 27 Fig. 1 mit Fig. 4): Es erweist sich nämlich, wenn wir zunächst den Schaft ins Auge fassen, nicht etwa die im Dunkelfeld erscheinende Grenzlinie (Membran) als doppelbrechender Anteil der Trichocyste, sondern der Schaft leuchtet zwischen gekreuzten Nikols einheitlich auf. Man erkennt das sowohl im dunklen Sehfeld des Polarisationsmikroskops (Taf. 27 Fig. 4a) als auch bei Kompensation des Schaftes mittels drehbarer Glimmerplatte (Taf. 27 Fig. 4b). Und zwar gilt das für die gleiche Optik, mit der man im Dunkelfeld (Taf. 27 Fig. 1) die helle Begrenzung des Schaftes auf das schönste wahrnehmen kann: ich benutzte meist LEITZ-Ölimmersion $\frac{1}{7}$ a mit Periplanokular 15 mal (Vergrößerung 650:1) und als Dunkelfeldeinrichtung den Helldunkelfeldkondensor von LEITZ. Es ist also nicht etwa Auflösung oder Vergrößerung im Polarisationsmikroskop zu gering, als daß die Strukturen, welche im Dunkelfeld erscheinen, nicht grundsätzlich auch zwischen gekreuzten Nikols wahrgenommen werden könnten, wenn sie doppelbrechend wären.

Untersucht man ungefärbte Trichocysten in Balsam, die im Hellfeld ganz unsichtbar sind, so treten im Dunkelfeld — von einzelnen Ausnahmen abgesehen, bei denen anscheinend die Trichocysten nicht völlig vom Balsam durchtränkt wurden — die hellen Randlinien des Schaftes sehr stark zurück; sie sind höchstens angedeutet wahrnehmbar, während jetzt die Masse des Schaftes leichtes Aufleuchten darbietet. Da nun an Balsampräparaten die Doppelbrechung der Trichocysten, wenn auch merklich gesenkt, erhalten bleibt, und die Gebilde sich in allen Einzelheiten genau so verhalten wie in Wasser, so kann das Verschwinden der hell aufleuchtenden Grenzlinie des Schaftes im Dunkelfeld nicht etwa

auf Strukturänderungen bezogen werden, die der Einschluß in Balsam verursacht hätte; sondern er läßt sich wohl nur auf den erfolgten Ausgleich der Brechzahlen von Objekt und Medium beziehen, der die Abbeugung von Licht an der Objektgrenze so gut wie ganz beseitigt. Bemerkenswert ist, daß der Schaft in polarisiertem Licht bedeutend schmaler erscheint als im Dunkelfeld; es verhält sich fast so, als ob die im Dunkelfeld nicht leuchtende axiale Partie des Schaftes zwischen gekreuzten Nikols hervorträte (Taf. 27 Fig. 1 und 4).

Diese Feststellungen haben bei mir Zweifel erweckt, ob der ausgeschleuderte Schaft tatsächlich eine Membran besitzt, oder ob nicht vielmehr seine helleuchtende Umrandung im Dunkelfeld nur der optische Ausdruck der Grenze des Gebildes gegen das umgebende Wasser ist. Jedoch begründet KRÜGER seine Auffassung, daß eine Membran vorliege, vor allem mit der Beobachtung (a. a. O. 1930, S. 105), daß Bruchstücke von Trichocysten im Dunkelfeld nur die seitlichen Grenzlinien erkennen lassen, während die Bruchflächen dunkel bleiben; weiter verweist er darauf, daß die Oberfläche der Trichocyste, freilich nur in minimal dicker Schicht mit Eosin anfärbbar ist. Die erste Beobachtung (es war mir leider nicht möglich, sie nachzuprüfen, da ich keine abgebrochenen Trichocysten fand) dürfte sich in der Tat nur erklären lassen, wenn die Oberfläche des Schaftes gegenüber dem Inneren einen Unterschied der Brechzahl darbietet, wobei man freilich nicht notwendigerweise an eine vom Quellkörper chemisch verschiedene Schicht, sondern auch an eine besondere Oberflächenbeschaffenheit (etwa Verdichtung) des Quellkörpers selbst denken kann (KRÜGER 1936 a. a. O. S. 73). Immerhin mögen die Beobachtungen im polarisierten Licht, vor allem auf Trichocysten verschiedener Formen ausgedehnt, zu einer erneuten Prüfung dieser Frage Veranlassung geben.

Die Fadengestalt des ausgeschleuderten Trichocysten-schaftes, seine positive Doppelbrechung und deren Senkung durch Einschluß in Balsam, die für Beteiligung von Stäbchen-doppelbrechung, also für Anwesenheit nach der Trichocystenachse gestreckter Submikronen spricht, legen die Annahme von Faserstruktur nahe. Dahin weisen auch gelegentlich vorkommende, anscheinend geschädigte Trichocysten, deren Schaft zwischen gekreuzten Nikols undeutliche Anzeichen von Längsstreifung erkennen läßt. — Beim Zugeben von Kalilauge zu Trichocysten erlischt ihre Doppelbrechung und zwar bevor sich Änderung an den doppelbrechenden Cilien von *Paramecium* bemerkbar macht.

Offenbar sind die Trichocysten besonders quellungsempfindlich gegenüber KOH.

Auch die Spitze der ausgeschleuderten Trichocyste leuchtet zwischen gekreuzten Nikols auf, und zwar sowohl bei Beobachtung des Objektes in Wasser (Taf. 27 Fig. 4a) als auch in Balsam wenn auch hier schwächer; dabei erscheint die Basis der Spitze merklich dicker als der Schaft. Die Quergrenze zwischen Schaft und Spitze ist freilich in frischem Zustande und an Osmiumsäurepräparaten nur schwer in polarisiertem Licht zu erkennen, weil sie außerordentlich fein erscheint, viel besser aber an Trichocysten, die mit Pikrinsäure zur Explosion gebracht wurden; und nur aus diesem Grunde wurde für die photographische Wiedergabe (Taf. 27 Fig. 4) Pikrinsäurematerial gewählt.

Das Vorzeichen der Doppelbrechung ist bei der Spitze, ebenso wie beim Schaft, positiv in bezug auf die Länge, wie man leicht daran erkennt, daß Spitze und Schaft beim Drehen der Glimmerplatte sich zugleich erhellen oder verdunkeln (Taf. 27 Fig. 4b). Das positive Vorzeichen der Doppelbrechung gilt auch für Pikrinsäurematerial. Wenn KRÜGER gelegentlich an solchen Trichocysten negative Doppelbrechung fand (s. hier S. 527) und zwar von solcher Stärke, daß sich mit einer Gipsplatte Rot I das Vorzeichen bestimmen ließ, so könnte das vielleicht auf geordnete Einlagerung oder Auskristallisieren von Pikrinsäure in der Trichocyste bezogen werden. Mir begegnete negative Doppelbrechung niemals bei Pikrinsäurematerial.

Auch an ruhenden Trichocysten, die sich am Rande lebender Paramecien in Längsansicht beobachten lassen, macht sich Doppelbrechung gerade noch bemerkbar, ebenfalls von positivem Vorzeichen in bezug auf die Länge. Beim Blick auf die Fläche eines *Paramecium* sah ich am optischen Querschnitt der Trichocyste zwischen gekreuzten Nikols öfter eine dunkle Barre, deren Bedeutung mir rätselhaft blieb.

Unsere Beobachtungen besagen also, daß der Schaft der Trichocyste ein einheitlich positiv doppelbrechendes Material enthält, das seiner Lage nach nur dem Querkörper verglichen werden kann, während die bei Dunkelfeldbeobachtung hervortretende „Membran“ zwischen gekreuzten Nikols nicht sichtbar ist; sie wäre also — wenn vorhanden — einfachbrechend. Daß sie doppelbrechend, aber von dem axialen Teil des Schaftes polarisationsoptisch nicht trennbar sei, dünkt sehr unwahrscheinlich, weil die Trichocyste in polarisiertem Lichte um die Dicke der Membran verschmälert erscheint.

Aber, wie es sich auch damit verhalten möge, jedenfalls kommt dem Quellkörper gemäß seiner Doppelbrechung gerichteter Feinbau zu.

Eine nähere Erörterung der Art dieses Feinbaues und seiner Beziehung zum Streckungsvorgang stößt auf nicht geringe Schwierigkeiten. Rechnet man mit einem Quellungsvorgang, so wird dieser nur bei geordnetem Material zur Ausdehnung des Gebildes nach einer Richtung führen; denn bei wirrem Feinbau verläuft Quellung isodiametrisch. KRÜGER¹⁾ hat — angesichts der damals vorliegenden Befunde — richtig ausgeführt, daß man am ehesten plättchenförmige Micelle annehmen könne, die quer zur Länge der Trichocyste gelagert seien und daher, wenn Wasser zwischen sie eindringe, sich voneinander abheben und demnach die Trichocyste verlängerten. Das quere Abbrechen der Trichocysten scheint ihm für solchen Feinbau und gegen Faserstruktur zu sprechen, da man an den Bruchstellen niemals Fibrillen oder ähnliches hervortreten sehe (KRÜGER a. a. O. 1931, S. 231). Es mag aber darauf hingewiesen werden, daß an manchen Fasergebilden sehr scharfe Abknickungen auftreten können, so z. B. bei Zellulosefasern, bei denen diese Erscheinung früher als „Gleitflächen“ gedeutet wurde, während es sich tatsächlich um Stauchungen handelt²⁾. Ebenfalls an Elastoidinfäden und kollagenen Fasern kann man solche Erscheinungen beobachten; und den Trichocysten fehlt derartiges Verhalten auch nicht ganz, da ich mehrfach solche sah, die unter einem scharf ausgeprägten Winkel geknickt waren. Querbruch wird man also nicht unbedingt gegen Faserstruktur ins Feld führen können.

Vielmehr erscheint es angesichts der positiven Doppelbrechung und ihrer Senkung beim Einschluß in Balsam (s. S. 530) als das gegebene, mit Faserstruktur des Quellkörpers (mindestens im gestreckten Zustand) zu rechnen, und man muß also einen Vorgang erwägen, der unter Verlängerung des Gebildes zu Faserstruktur führt. Hierfür lassen sich verschiedene Analogien beibringen. Z. B. stellt das Auswachsen eines Filopodiums³⁾ bei Rhizopoden einen ziemlich rasch erfolgenden Aufbau von Faserstruktur dar, der aus

¹⁾ Dunkelfelduntersuchungen über den Bau der Trichocysten von *Frontonia leucas*, Arch. Protistenkde **74**, 207—235 (1931).

²⁾ A. FREY-WYSSLING, Über die Verschiebungsfiguren zellulöser Zellwände, Z. wiss. Mikr., **51**, 29—36 (1934).

³⁾ W. J. SCHMIDT, Über den Feinbau der Filopodien, insbesondere ihre Doppelbrechung bei *Miliola*, „Protoplasma“, **27**, 587—498 (1937).

zuvor ungeordnetem Protoplasma ein positiv doppelbrechendes Gebilde hervorgehen läßt, bei dessen Entstehung vielleicht das umgebende Wasser eine Rolle spielt. Freilich, verglichen mit der explosionsartigen Streckung der Trichocyste, vollzieht dieser Vorgang sich sehr langsam und die Doppelbrechung der ruhenden Trichocyste weist darauf hin, daß bereits in diesem Zustand eine gewisse Ordnung im Quellkörper besteht. Weiter sei daran erinnert, daß beim Einspritzen von 1—1,5 proz. EDSALLScher Myosinlösung in Wasser schwach positiv doppelbrechende Fäden entstehen¹⁾, die etwa 99 Proz. Wasser enthalten; die Fadenbildung ist so zu verstehen, daß die Molekeln oder Kolloidteilchen des Myosins durch das Ausspritzen gerichtet, und in diesem Zustande beim Zusammenkommen mit Wasser fixiert werden. Andererseits aber können gewisse Filopodien sich blitzschnell verkürzen, wie TH. W. ENGELMANN für die von *Acanthocystis* beobachtet hat, die sich augenblicklich bis auf $\frac{1}{50}$ ihrer Länge zusammenziehen, ein Vorgang, der als Verkürzung (Fältelung) vorher gestreckter Proteinmolekeln feinbaulich zu deuten ist. Das Gegenstück solchen Geschehens spielt sich bei der Erschlaffung kontrahierter Myofibrillen ab, die bei den quergestreiften sehr rasch abläuft und zur Streckung des Gebildes unter Erhöhung der Doppelbrechung führt. Ein ähnlicher Vorgang ist auch bei der Streckung thermisch oder chemisch verkürzter Elastoidinfäden bekannt: beim Abkühlen bzw. beim Auswaschen der Substanz, welche zur Kontraktur führte, streckt der Faden sich unter bedeutender Zunahme der positiven Doppelbrechung (in maximal verkürztem Zustande wirkt er negativ)²⁾. Derartiges feinbauliches Geschehen scheint mir am ehesten der Streckung der Trichocysten vergleichbar; und man könnte es sich so ausgelöst denken, daß das Wasser, mit den Trichocysten in Berührung kommend, die Substanz, deren Anwesenheit die Molekeln des Quellkörpers in gefälteltem Zustand erhält, auswäscht.

In diesem Zusammenhang ist von Interesse, darauf hinzuweisen, daß Anwesenheit von Wasser nicht unter allen Umständen Lockerung der Struktur durch Quellung zu bedeuten braucht, sondern Wasser auch notwendiger Baustein einer Struktur sein kann. Das Raumgitter von Proteinkristallen ist nur so lange stabil, als das Kristallwasser eingelagert bleibt, bei seiner Entfernung — und ein-

¹⁾ H. H. WEBER, Der Feinbau und die mechanischen Eigenschaften von Myosinfäden, Pflügers Arch. **235**, 205—233 (1934).

²⁾ Vgl. bei W. J. SCHMIDT, hier Anm. 3, p. 533.

faches Austrocknen kann dazu ausreichen — verschwindet das LAUE-Diagramm. Und, was hier noch näher liegt, die thermische und chemische Verkürzung der kollagenen Faser wird darauf zurückgeführt, daß ihre Faserstruktur nur so lange bestehen kann, als das Strukturwasser in der ursprünglichen Weise eingelagert bleibt¹⁾. Wird es aus dem Feinbau gelöst, so knicken die Molekeln zusammen; das Schmelzen von Gelatine bei Temperaturerhöhung läßt sich etwa mit dem Schmelzen eines anorganischen Salzes in seinem Kristallwasser vergleichen. Angesichts solcher Vorgänge erscheint es nicht ausgeschlossen, daß umgekehrt Zugabe von Wasser Streckung von Fadenmolekeln oder Verfestigung der Struktur herbeiführen könnte.

Gewiß bewegen sich alle diese Analogien in weitem Rahmen; sie beanspruchen auch nicht, eine Erklärung der Trichocystenstreckung zu geben, sondern sie wollen nur die Richtung aufweisen, in der — Faserstruktur vorausgesetzt! — nach einer solchen gesucht werden könnte.

Zusammenfassung.

Schaft und Spitze der ausgeschleuderten Trichocysten von *Paramecium* sind positiv doppelbrechend in bezug auf die Länge, und zwar leuchtet auch der Schaft einheitlich zwischen gekreuzten Nikols auf; eine Membran ist am Schaft im polarisierten Licht nicht erkennbar. Die Doppelbrechung mindert sich beim Einschluß der Trichocyste in Balsam, was darauf hinweist, daß an ihr Stäbchendoppelbrechung beteiligt ist. Dieser Umstand und auch gelegentlich zwischen gekreuzten Nikols wahrnehmbare Längsstreifung des Schaftes anscheinend geschädigter Trichocysten machen wahrscheinlich, daß der gestreckten Trichocyste Faserstruktur zukommt. Das muß auch für die Erklärung der Trichocystenstreckung beachtet werden und verschiedene feinbauliche Vorgänge, die als Analogien hierfür in Frage kämen, werden erläutert; vielleicht beruht die Streckung auf plötzlicher Verlängerung vorher gefälteter Fadenmolekeln. Auch die ruhende Trichocyste ist positiv doppelbrechend in bezug auf die Länge.

Gießen, im Juni 1939.

¹⁾ A. KÜNTZEL und F. PRAKKE, Morphologie und Feinbau der kollagenen Faser, Biochem. Z. **67**, 243—295 (1933).

Tafelerklärung.

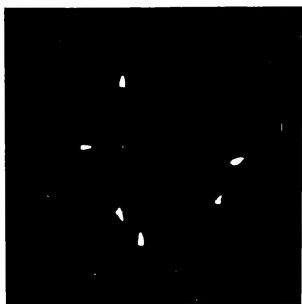
Tafel 27.

Fig. 1. *Paramecium*, Trichocysten, die durch Osmiumsäurebehandlung ausgeschleudert wurden, in Wasser, aufgenommen mit Dunkelfeldkondensor. 650:1.

Fig. 2. *Paramecium* umgeben von Trichocysten, die durch Osmiumsäurebehandlung ausgeschleudert wurden, in Wasser zwischen gekreuzten Nikols unter Wirkung einer $\frac{1}{16}$ λ -Glimmerplatte. 370:1.

Fig. 3. Durch Druck ausgeschleuderte Trichocysten von *Paramecium* in Wasser zwischen gekreuzten Nikols unter Wirkung einer drehbaren $\frac{1}{16}$ λ -Glimmerplatte. 370:1. Die Doppelbrechung der Trichocysten kommt darin zum Ausdruck, daß die in der einen Richtung verlaufenden dunkel, die dazu senkrecht gehenden aber hell erscheinen.

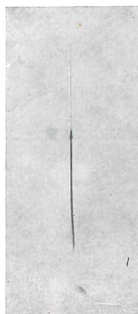
Fig. 4. Trichocysten von *Paramecium*, durch Pikrinsäure zur Streckung gebracht, in Wasser: a) zwischen gekreuzten Nikols, b) desgleichen kompensiert durch eine drehbare $\frac{1}{16}$ λ -Glimmerplatte. 650:1. Schaft und Spitze sind deutlich zu unterscheiden und zeigen gleiches (positives) Vorzeichen der Doppelbrechung.



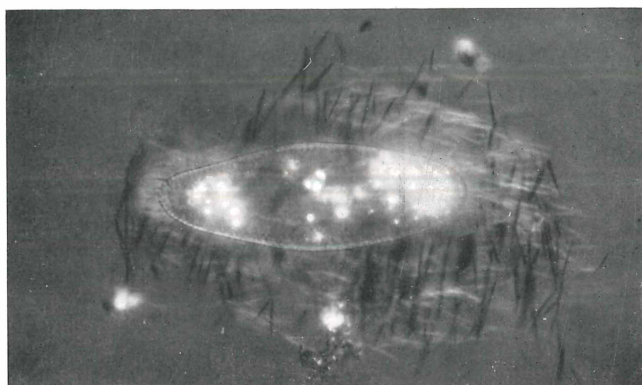
1



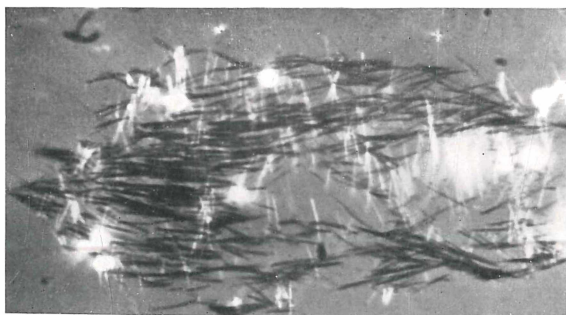
a



b



2



3

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Protistenkunde](#)

Jahr/Year: 1939

Band/Volume: [92_1939](#)

Autor(en)/Author(s): Schmidt Walter Josef

Artikel/Article: [Über die Doppelbrechung der Trichocysten von Paramecium n . 527-536](#)