

4. Otto Müller: Die Ortsbewegung der Bacillariaceen VII.

(Mit Tafel II und 1 Textfigur.)

(Eingegangen am 14. Januar 1909.)

In meinem Aufsätze Ortsbewegung VI¹⁾ habe ich die Einwände besprochen, die OTTO HEINZERLING aus den Erscheinungen der Verschiebung von Fremdkörpern an der Rhaphe gegen meine Bewegungstheorie herleitet. In dieser Arbeit werde ich seine anderweitigen, den Bau der Rhaphe betreffenden Aussetzungen erörtern. Bevor ich darauf jedoch näher eingehe, teile ich meine Untersuchungen über die topographischen Verhältnisse der Pinnularienrhaphe mit. Um darüber ein möglichst richtiges Bild zu gewinnen, habe ich über 700 Messungen an mehreren Arten der größeren Pinnularien gemacht.

Die Rhaphe betrachte ich als ein einheitliches Organ; Zentral-, Endknoten, Spalten bzw. Kanäle sind Teile der Rhaphe. Die Bezeichnung „Kanal“ will ich nicht, wie HEINZERLING annimmt, in dem Sinne verstanden wissen, daß der Kanal stets allseitig geschlossen ist; der Kanal, der aber einen rundlichen oder eckigen Querschnitt haben muß, kann auch einen Schlitz besitzen, wie die Kanalrhaphe oder die Kanalteile der Strombahnen der Pinnularienrhaphe unmittelbar vor dem Zentral- und den beiden Endknoten. Die zwischen diesen Teilen der Rhaphe liegenden Durchbrechungen der Zellwand dringen schief und spaltartig ein, deshalb bezeichne ich sie als Spalt.

Bekanntlich ist der Zellkörper der Pinnularien und anderer Naviculeen gegen die Valvar- und Apikalebene diagonalsimil infolge der entgegengesetzten Verschiebung der Rhaphe auf der Epi- und Hypovalva²⁾. Um die Topographie der Rhaphe leichter verständlich zu machen, mag es bezüglich der Abweichungen von der Apicalachse gestattet sein, die Ausdrücke dorsal und ventral zu gebrauchen. Ich bemerke aber ausdrücklich, daß sich dorsal und ventral nicht auf den Zellkörper als Ganzes beziehen sollen, sondern nur auf die Gestaltung der Schalen; infolge der Diagonalsimilie liegt die Dorsalität der Epi- und der Hypovalva auf ent-

1) Sitzungsber. d. Deutsch. Bot. Gesellschaft. 1908 S. 676 ff.

2) O. MÜLLER, Über Achsen und Ebenen. Sitzungsber. 1895, S. 232; und Ortsbewegung IV. Sitzungsber. 1896. Taf. VIII, Fig. 1.

gegengesetzten Seiten des Zellkörpers. Diejenige Seite der Schale, nach welcher der Zentralknoten in transapikaler Richtung verschoben ist, die Zentralknotenporen und der äußere Endknotenkanal umbiegen, nenne ich ventral, die andere Seite dorsal. Das stimmt mit dem Bau des dorsiventralen Zellkörpers der Cymbelleen und Amphoreen überein, deren Zentralknoten ventral verschoben ist. Dagegen biegen die Zentralknotenporen des dorsiventralen Zellkörpers der Encyonemen in dorsaler Richtung um.

An dem Zentralknoten unterscheide ich von außen nach innen

1. die Zentralknotenporen; die zentral gelegenen Mündungen der beiden äußeren Strombahnen in die Zentralknotenkanäle,
2. das obere Knie dieser Kanäle,
3. das untere Knie derselben; zugleich Mündung in die offene Rinne,
4. die offene Rinne; eine offene Verbindung der beiden Kanäle am dorsalen Rande der Gipffläche des Zentralknotens,
5. den dorsalen Spalt.

Von dem oberen und unteren Knie geht je eine feine Linie in der Richtung nach den Polen aus, die in der Horizontalprojektion scheinbar zusammentreffen und sich dann decken.

Als Projektion dieser Strukturverhältnisse des Zentralknotens auf die Valvarebene (Horizontalprojektion), habe ich, von der Apikalachse ausgehend, gefunden für

Pinnularia gigas Ehr.

1. Zentralknotenporen, ventral $0,5 \mu$; apikaler Abstand 13μ .
2. Oberes Knie, ventral $1,1 \mu$; apikaler Abstand $10,7 \mu$.
3. Unteres Knie, ventral $2,8 \mu$; apikaler Abstand $13,4 \mu$.
4. Offene Rinne, dorsal $1,14 \mu$.
5. Dorsaler Spalt, dorsal $3,9 \mu$.

Hiernach ist das Diagramm Tafel II Fig. 10 bei der angenommenen Vergrößerung 2000 konstruiert, das also der Schalenansicht des Zentralknotens entspricht. Die horizontale stärkere Linie ist die Apikalachse, die verticale die Transapikalachse der Schale.

Ich habe ferner die Tiefendimensionen bei *P. gigas*, *dactylus*, *major* und *nobilis* von der Ebene der Zentralknotenporen ausgehend gemessen.

Diese Dimensionen wurden mittels der Mikrometerschraube des Stativs I von ZEISS bestimmt; jedes Intervall entspricht einer Verschiebung von 2μ und läßt noch eine Schätzung auf Zehntel zu. Die wirklichen Tiefen sind dann unter Annahme des Brechungskoeffizienten 1,434 berechnet. Den Abstand von der

Porenebene bis zur Ebene der offenen Rinne auf der Gipffläche habe ich als Dicke des Zentralknotens angenommen; den sich über diese Rinne noch erhebenden Rand ließ ich unberücksichtigt. Die aus zahlreichen Einzelmessungen hervorgehenden Mittelwerte sind in der nachstehenden Tabelle I verzeichnet. Die Ziffern bedeuten die vertikalen bzw. horizontalen Abstände in μ . Die darüber stehenden kleineren Ziffern sind Positionszahlen, die die Lage im Verhältnis zur Dicke des Knotens = 100 bedeuten und daher die unmittelbare Vergleichung der entsprechenden Strukturen bei den verschiedenen Arten ermöglichen. Wird die Dicke des Knotens in 100 Teile geteilt, der Nullpunkt in die Porenebene verlegt, so stehen die oberen Knie von *Pinnularia gigas* auf Teilstrich 53, von *P. dactylus* auf 50 usw.; die offene Rinne auf 100.

Tabelle I.

	Zentralknoten- poren	Oberes Knie	Unteres Knie	Dorsaler Spalt	Dicke des Zentralknotens	Apikaler Abstand der beiden			Knoten- durchmesser	
						Ztrkn - poren	oberen Knie	unteren Knie	apical	trans- apical
<i>Pinn. gigas</i>	0	53 7,6	70 10,0	76 10,9	100 14,3	13,0	10,7	13,4	18,8	10,0
<i>Pinn. dactylus</i>	0	50 6,5	73 9,5	76 9,9	100 13,0	8,3	7,8	10,0	14,5	10,0
<i>Pinn. major</i>	0	55 6,6	74 8,9	73 8,2	100 12,0	9,1	9,1	10,3	15,0	9,1
<i>Pinn. nobilis</i>	0	52 4,0	69 5,3	69 5,3	100 7,7	5,9	5,8	7,0	un- deutl.	un- deutl.

Das Diagramm, Taf. II, Fig. 11, ist nach den Werten der vorstehenden Tabelle für *Pinnularia gigas* bei 2000 maliger Vergrößerung konstruiert; es entspricht der Vertikalprojektion auf die Apikalebene oder der Ansicht des Zentralknotens von der Gürtelbandseite. Die stärkere Linie ist die Pervalvarachse. — Das Diagramm, Taf. II, Fig. 12, ist die Vertikalprojektion auf die Transapikalebene; die stärkere Linie ist die Pervalvarachse.

In diesen drei Projektionen auf drei Ebenen des Raumes ist der Bau des Zentralknotens bzw. der Verlauf seiner Kanäle zwar stereographisch festgelegt, doch ist es trotzdem schwierig, sich eine richtige Vorstellung von den körperlichen Verhältnissen zu machen. Die Windungen der Kanäle und die Verkürzungen, die

sie auf den Projektionsebenen erfahren, werden räumlich und gleichzeitig am leichtesten anschaulich durch ein Drahtmodell, welches in den verschiedenen Positionen den nacheinander sichtbaren Schnittbildern entspricht. Ich habe ein Modell gefertigt, welches diesen Forderungen genügt und bin bereit, es Interessenten vorzuzeigen.

Die Ziffern der Tabelle ergeben die interessante Tatsache, daß die Lage der Knie und des dorsalen Spalts bei den untersuchten Arten im wesentlichen übereinstimmt. Wenn man die unvermeidlichen Fehler der Abmessungen in Betracht zieht, so sind die Differenzen bei den Arten sehr gering. Die Positionsziffern der oberen Knie schwanken von 50—55, die der unteren Knie von 69—74, des dorsalen Spalts von 69—76, letzterer liegt also mit den unteren Knien annähernd auf gleicher Höhe. Als Mittelzahlen ergeben sich für die oberen Knie Teilstrich 52,5; die unteren 71,5, den dorsalen Spalt 72,5.

Tabelle II.

	Apikal- achse	Größ. Durch- messer trans- apikal	Zentral- knoten- poren	Aus- buch- tung	Tiefere Gerade
<i>Pinn. gigas</i>	50 30,0	60,0	50,8 v. 0,5	45,8 d. 2,5	51,5 v. 0,9
<i>Pinn. major</i>	50 25,0	50,0	52,0 v. 1,0	44,8 d. 2,6	50 0
<i>Pinn. nobilis</i>	50 19,5	39,0	51,8 v. 0,7	41,5 d. 3,3	50 0
<i>Pinn. lata</i>	50 16,5	33,0	52,4 v. 0,8	37,5 d. 4,1	52,7 v. 0,9
<i>Pinn. flexuosa</i> (?)	50 16,75	33,5	53 v. 1,0	40 d. 3,7	51,6 v. 0,6

Ich habe ferner durch Messungen die Lage der Zentralknotenporen, der auf der äußeren Schalenfläche verlaufenden größten dorsalen Ausbuchtung der Strombahn, sowie der tiefer gelegenen, auf der inneren Schalenfläche verlaufenden Geraden, innere Strombahn, siehe auch Taf. II, Fig. 6, bei *Pinnularia gigas*, *P. major*, mit sogenannt „einfacher“ Strombahn und bei *Pinnularia nobilis*, *P. lata*, *P. flexuosa* oder *streptorhapse* (?) mit „komplexer“ Strombahn festzustellen versucht und die Ergebnisse in Tabelle II zusammengestellt. Die Ziffern bedeuten die ventralen und dorsalen

Abweichungen von der Apikalachse in μ ; die darüber stehenden kleineren, die Positionszahlen, bezogen auf 100 Teile des transapikalen größten Durchmessers, den dorsalen Anfang = 0 gesetzt.

Aus diesen Ziffern ergibt sich, daß die Zentralknotenporen nicht genau in der Apikalachse liegen, sondern ventral abweichen. Im Durchschnitt stehen sie auf Teilstrich 52 von 100 der Länge des größten Durchmessers, weichen also um 2 vom Hundert ventral ab. Die tiefer gelegene Gerade (innere Strombahn) verläuft im Durchschnitt auf 51 vom Hundert. Die Ausbuchtung der Strombahn auf der äußeren Schalenfläche erreicht bei *P. gigas* und *major* durchschnittlich den Teilstrich 45,3, weicht also um 4,7 vom Hundert dorsal von der Apikalachse und um 6,7 von den Zentralknotenporen ab. — Bei den komplexen *P. nobilis*, *lata*, *flexuosa* (?) erreicht die dorsale Abweichung durchschnittlich den Teilstrich 40, bei *P. lata* sogar 37,5. Die Strombahn weicht also 10 vom Hundert von der Apikalachse und 12 vom Hundert von den Zentralknotenporen dorsal ab.

Der diagonalsimile Bau bedingt nun, daß die in der Tabelle II enthaltenen Werte für die Zentralknoten und Ausbuchtungen auf der Epi- und Hypovalva sich verdoppeln. Bei *P. gigas* beträgt der transapikale Abstand der Zentralknotenporen auf beiden Schalen 1 μ , der Ausbuchtungen 5 μ , bei *P. major* Zentralknotenporen 2 μ , Ausbuchtungen 5,2 μ . Bei den komplexen *P. nobilis*, Zentralknotenporen 1,4 μ , Ausbuchtungen 6,6 μ ; *P. lata*, Zentralknotenporen 1,6 μ , Ausbuchtungen 8,2 μ ; *P. flexuosa* (?), Zentralknotenporen 2 μ , Ausbuchtungen 7,4 μ . — Eine solche Anordnung der Strombahnen muß sich mechanisch betätigen, worauf ich wiederholt hinwies. Auf Taf. VIII, Fig. 1, Ortsbewegung IV, hatte ich bereits ein entsprechendes Diagramm einer komplexen *Pinnularia* gegeben, doch erschien mir die ziffernmäßige Feststellung der Abweichungen wenigstens an einigen Beispielen wünschenswert.

Was nun den Verlauf des Spaltensystems innerhalb des nach und nach flacher werdenden und in die Zellwand übergehenden Zentralknotens betrifft, so zeigt ein Blick auf Taf. II, Fig. 1, die Schwierigkeiten, die sich der Lösung dieses Problems entgegenstellen; diese sind um so größer, als der Linienverlauf in den verschiedenen Ebenen bei jeder veränderten Einstellung sich verschiebt. Die Figur ist eine möglichst genaue Zeichnung des Zentralknotens und der von ihm ausgehenden Spalten von *Pinnularia dactylus*, in geneigter Lage, die dorsale Seite nach abwärts gerichtet; die Linie auf der ventralen Seite bedeutet die Riefengrenze. Die Zentral-

knotenporen biegen scheinbar dorsal um, weil bei der schrägen Lagerung der Schale die Depression der Oberfläche an dieser Stelle zur Geltung kommt. Nach meiner Auffassung begrenzen die von den Zentralknotenporen und dem oberen Knie ausgehenden Linien das äußere Stromgebiet; der dorsale Spalt und die vom unteren Knie ausgehende Linie dagegen das innere Stromgebiet. Letztere treten in natura, daher auch in der Zeichnung, deutlicher hervor. Zwischen diesen Grenzlinien der äußeren und inneren Bahnen treten aber bei genügender Vergrößerung mit Apochromaten noch andere zarte Konturen hervor, die dann das Liniengewirr im Zentralknoten bis zum Übergang in die Schalenwandung noch mehr komplizieren.

Die Zellwand der Schale, zwischen dem Zentralknoten und den Endknoten, besteht aus zwei ineinander geschobenen Teilen, einem dorsalen und einem ventralen. Der dorsale besitzt an seiner apikalen Kante einen mehr oder weniger tief eindringenden keilförmigen Falz; der ventrale dagegen eine entsprechend breitere oder schmalere Schneide, die in den Falz bis zur Scheitellinie des keilförmigen Raumes vorspringt.

Das dorsale Fragment Taf. II, Fig. 2, der komplexen *Pinnularia flexuosa* (?) ist rechts von der schrägen Bruchkante a isoliert, d. h. von dort bis zum Pole fehlt der ventrale Teil der Schale. Der dorsale besitzt die sehr zarte, schräg nach innen abbiegende Lamelle b, die nach dem Endknotenkanal und dem Zentralknotenporus schmaler wird; darüber liegt das Blatt der Ausbuchtung c, welches mit der Lamelle b den keilförmigen Falz bildet. In diesen dringt die Schneide b des ventralen Schalenteils (Taf. II, Fig. 3, nach einem anderen Fragment) bis zur Scheitellinie ein. Entsprechend dem Blatte c der Ausbuchtung des dorsalen Teiles besteht der Ausschnitt e auf der Oberfläche des ventralen Teiles. Bei diesem Fragment ist vom dorsalen Teile nur das kleine Stück O vorhanden. In Fig. 2 und 3 bedeuten die Linien R die Grenzen der Riefenkammern. — Bei den Pinnularien mit „einfacher“ Rhaps, *gigas*, *dactylus*, *major*, besteht nur der Unterschied, daß das Blatt der dorsalen Ausbuchtung schmaler ist und der entsprechende Ausschnitt auf dem ventralen Teile fehlt, Taf. II, Fig. 4.

Durch diese Strukturverhältnisse entstehen zwei, durch die Schneide des ventralen Teiles getrennte Strombahnen, der äußere und der innere Rhaphespalt; der äußere wird, wie ich dies bereits früher vermutete¹⁾, durch die Schneide des ventralen Teiles

¹⁾ Durchbrechungen. Sitzungsber. 1889, S. 170.

nach dem Zellinnern abgeschlossen, er besitzt nur einen Schlitz an der Oberfläche der Zellwand, der innere dagegen hat den Schlitz an der inneren Zellwandfläche, s. den idealen Querschnitt Fig. 8. — Die Lamelle des dorsalen und die Schneide des ventralen Teiles werden nach dem Zentralknotenporus und den Polen zu zwar schmaler, verschwinden aber nicht völlig. Dies zeigt auch das Fragment des ventralen Teiles einer *Pinnularia* mit „einfacher“ Rhapshe, Taf. II, Fig. 4, dessen Schneide b sich bis zur Umbiegung des äußeren Endknotenkanals fortsetzt. — Es verbleibt also auch hier bei zwei übereinander liegenden Strombahnen, dem äußeren Endknotenkanal und dem inneren Rhaphespalt, siehe den Querschnitt Taf. II, Fig. 9, der im Endknoten zu dem tief liegenden Trichterkörper führt.

Das Fragment von *Pinnularia alpina* W. Sm. Taf. II, Fig. 5 zeigt einen Zentralknotenporus mit dem angrenzenden Kanalteil; es besteht aus dem dorsalen Teil d und dem ventralen v, deren Kanten beim Übergang in den Porus miteinander verwachsen sind. Die Unterfläche des ventralen Stücks v bildet mit der Oberfläche einen sehr flachen Winkel, wodurch die zarte Linie e entsteht. Die Lamelle c des dorsalen Teils schiebt sich unter die Schneide b des ventralen bis zu dem vor der Linie e verlaufenden Schlitz des inneren Rhaphespalts; der Abschluß des äußeren Kanals an dieser Stelle ist nicht deutlich zu erkennen, weil die Verwachsung der Kanten beider Teile ihre Isolierung nicht zuläßt. Der Abschluß ist jedoch aus den S. 38/39 besprochenen Erscheinungen sehr wahrscheinlich und würde dann durch die Schneide des ventralen Teils, nach Maßgabe des idealen Querschnittes Taf. II, Fig. 7 erfolgen. Von der Strombahn unmittelbar vor dem Zentralknoten abgesehen, habe ich auf den Abschluß der äußeren Strombahn nach innen durch die in den keilförmigen Spalt eingeschobene Schneide zahlreiche Fragmente untersucht und überall das Vordringen der Schneide bis zur Scheitellinie gefunden.

O. HEINZERLING will die völlige Durchbrechung der Zellwand auf dem Wege der „optischen Reaktion“ beweisen. Diesen Weg halte ich für ungangbar. Ein die Zellwand schräg in gebrochener Linie durchsetzender kapillarer Spalt, auf den man von der Fläche der Zellwand blickt, läßt die optische Reaktion überhaupt nicht erkennen, weil sie von den darüber und darunter liegenden Teilen der Zellwand verdeckt wird. Durchsetzt der Spalt bzw. der Kanal die Zellwand aber vertikal, so ist die optische Reaktion genau dieselbe, ob der Spalt nach dem Zellinnern offen oder ob er durch eine Membran geschlossen ist, sofern nur

das umgebende Medium in den Spalt eintreten kann; das ist hier der Fall, da er sicher nach außen offen ist. Früher bereits führte ich aus¹⁾, daß wir kein Mittel besitzen, einen Porus von einem Poroid zu unterscheiden, sofern die Schließhaut des Poroids homogen ist, d. h. keine erkennbare Struktur aufweist, wie sie die Tüpfel mancher *Coscinodiscus*-Arten zeigen. Die optische Reaktion ergibt nur, daß ein Hohlraum vorhanden ist, in den das umgebende Medium Zutritt hat.

O. HEINZERLING berichtet nun, die innerste Linie des Spalts reagiere bei der Betrachtung von der Innenseite der Schale, nach Einschluß in Styresin, ebenso wie die Öffnungen der Riefenkammern, bei hoher Einstellung dunkel. Hieraus zieht er den Schluß, der Spalt müsse, wie diese Öffnungen, nach dem Zellinnern offen sein und die Zellwand von außen nach innen frei durchbrechen. — Dieser Schluß ist nach zwei Richtungen unzutreffend. Mit der Öffnung des Spalts nach dem Zellinnern, die ja auch ich annehme, ist keineswegs die völlige Durchbrechung der Zellwand erwiesen, da die den äußeren und den inneren Rhapsospalt trennende Schneide in der Mitte der Zellwand liegt. Aber auch die Angabe über die optische Reaktion der Riefenkammern ist im hohen Maße auffallend und unwahrscheinlich.

Die Riefenkammern sind Hohlräume, die nach dem Zellinnern eine große ovale Öffnung besitzen; Styresin muß also die Öffnung ausfüllen und in den Hohlraum der Kammern eindringen. Wenn nun der Brechungsexponent des Styresins höher als 1,434 der Diatomeenmembran ist, so muß die optische Reaktion den Angaben HEINZERLINGs genau entgegengesetzt erfolgen, denn die Öffnung ist mit einem Medium erfüllt, welches stärker brechend ist als die umschließende Membran; die Öffnung muß daher sammelnd wirken, d. h. bei Hebung der Einstellungsebene heller, bei Senkung dunkler erscheinen; dabei ist es völlig gleich, ob auf die Öffnung von der Innenseite der Zellwand oder von der Außenfläche eingestellt ist. Diese Reaktion der Öffnungen und zugleich der Kammern vollzieht sich auch nach Einschluß in jedem stärker brechenden Medium, Kanadabalsam 1,535, Styrax 1,630, Monobromnaphthalin 1,658 mit aller Deutlichkeit. Auch vom Styresin mußte ich voraussetzen, daß es stärker brechend sei, da O. HEINZERLING dasselbe zur Erkennung feiner Strukturverhältnisse verwendet. Um diese auffallende Divergenz aufzuklären, bezog ich das Styresin, wie auch O. HEINZERLING, von Dr. GRÜBLER in Leipzig; dieser

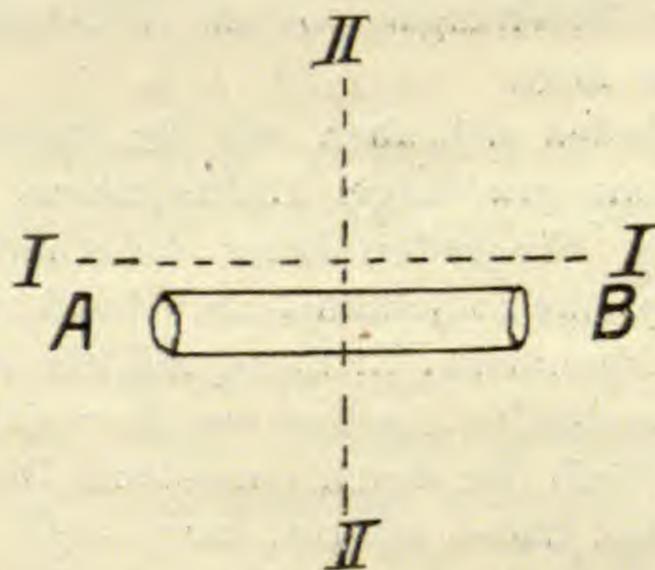
1) Kammern und Poren. Sitzgsber. II. 1900, S. 424 ff.

gibt den Brechungsexponenten zu 1,582—1,630 an. Dementsprechend fand ich denn auch die Reaktion der Riefenkammern und ihrer Öffnungen bei höherer Einstellung hell, bei tieferer dunkel, also den Angaben O. HEINZERLINGS entgegengesetzt.

Damit wäre dieser Punkt erledigt, wenn O. HEINZERLING nicht nebenbei bemerkte, das Styresin sei doppelbrechend, ohne jedoch diese Eigenschaft als Ursache der umgekehrten Reaktion zu bezeichnen. Ich konnte keine Spuren von Doppelbrechung entdecken. Ich fragte daher bei CARL ZEISS in Jena nach dem Brechungsexponenten und der Doppelbrechung des Styresins, eventualiter, ob diese Eigenschaft auf die optische Reaktion unter Umständen einen umkehrenden Einfluß ausüben könne. Herr Dr. A. KÖHLER hatte die Güte, mir eingehend zu antworten, wofür ich ihm hiermit meinem verbindlichsten Dank ausspreche.

Die in Jena befindliche Probe des Styresins, ebenfalls von Dr. GRÜBLER stammend, ergab den Brechungsexponenten $n_D = 1,613$ und zeigte, zwischen Objektträger und Deckglas ausgebreitet, in der Dicke, wie man Einschlußmittel verwendet, keine Doppelbrechung. Ob es nach später erfolgender Erhärtung etwa doppelbrechend wird, bleibt unentschieden. Mit Erlaubnis des Herrn Dr. A. KÖHLER teile ich in der Anmerkung ¹⁾ die Bedingungen

1) Die sogenannte optische Reaktion kann durch die Doppelbrechung des Einschlußmittels beeinflußt werden, falls die Beleuchtung durch polarisiertes Licht erfolgt. Wird z. B. ein Zylinder A B aus einer einfach brechenden



Substanz vom Brechungsexponenten n in eine doppelbrechende Substanz eingeschlossen, deren Brechungsexponent für die in der Richtung I I polarisierten Strahlen n_I und für die in der Richtung II II polarisierten n_{II} ist, und ist ferner $n_I > n > n_{II}$, so ist die optische Reaktion des Stäbchens die eines in ein dünneres Medium eingeschlossenen Zylinders, wenn das einfallende Licht in der Richtung II II polarisiert ist; sie ist dagegen die eines in ein dichteres Medium eingeschlossenen Zylinders, wenn das einfallende Licht in der Richtung I I polarisiert ist. Ganz ähnliche Erscheinungen beobachtet man,

mit, unter denen eine Beeinflussung der optischen Reaktion durch Doppelbrechung erfolgen kann, weil sie für die Beurteilung feiner Strukturverhältnisse von großer Bedeutung sind. Herr Dr. A. KÖHLER bemerkt aber ausdrücklich, daß sie im wesentlichen bereits von ABBE selbst aus seiner Theorie der mikroskopischen Bilderzeugung gefolgert wurden.

Hiernach könnten die Angaben O. HEINZERLINGS, die Öffnungen der Riefenkammern betreffend, nur erklärt werden, wenn

1. die Beobachtung mit polarisiertem Lichte erfolgt wäre, wovon HEINZERLING nichts erwähnt;

2. das Styresin beim Erhärten doppelbrechend wird, was nachzuweisen ist; sollte diese Eigenschaft aber eintreten, so wäre der Fall gegeben, daß ein doppeltbrechendes Medium (Styresin) in ein einfach brechendes (Zellwand) eingeschlossen ist;

3. alsdann das einfallende Licht in einer bestimmten Richtung polarisiert wird und die drei verschiedenen Brechungsexponenten in dem erforderlichen Verhältnis zueinander stehen.

Wenn aber alle diese Bedingungen zuträfen und die Beobachtungen O. HEINZERLINGS, die Reaktion der Öffnungen der Riefenkammern betreffend, unter diesen Voraussetzungen richtig wären, so könnte er daraus noch keinen Schluß auf die Abschlußlinie der inneren Spaltöffnung ziehen, weil deren Abmessungen sich jedenfalls der Wellenlänge nähern, daher die Bedingungen der Abbildung andere

wenn ein doppeltbrechender Zylinder in ein einfachbrechendes Medium eingeschlossen ist, dessen Brechungsexponent zwischen den beiden Brechungsexponenten des Zylinders liegt.

Diese Schlüsse gründen sich aber, wie die ganze Theorie der optischen Reaktion, auf die Annahme gradliniger Lichtstrahlen, ohne Rücksicht auf die Natur der Lichtbewegung. Sie gelten daher nur innerhalb der Grenzen, innerhalb deren das Mikroskop eine „objektähnliche“ Abbildung liefert. Für Objekte, deren Abmessungen in irgendeiner Richtung auf kleine Vielfache oder Bruchteile der Wellenlänge herabgehen, gelten sie aber nicht mehr. Die Lichtverteilung, die in und außerhalb der durch ein solches Objekt gelegten, zur Achse des Mikroskops senkrechten Ebene eintritt, kann nicht mehr aus der Brechung der Lichtstrahlen an den Flächen des Objekts, die etwa zerstreugend oder sammelnd wirken könnten, ermittelt werden, denn es findet keine Brechung mehr statt, sondern nur eine Verzögerung — oder Beschleunigung — der durch das Objekt hindurchgehenden Wellen, die dann mit den am Objekt vorbeigegangenen interferieren. Außerdem werden auch noch die am Objekt vorbeigegangenen Wellen beeinflusst und das Ganze stellt schon in den einfachsten denkbaren Fällen ein außerordentlich kompliziertes Problem vor. Auch Polarisationserscheinungen können beobachtet werden. Falls es sich bei den in Rede stehenden Strukturen der Rhaphe um solche handelt, die von der Größenordnung der Lichtwellen sind, wird es schwer sein, etwas Sicheres zu ermitteln.

sind, als die der Öffnung der Riefenkammern, von denen das Mikroskop eine objektähnliche Abbildung durch Brechung liefert. Ich habe diese Verhältnisse eingehender behandelt, weil die Erkennung der an sich schon so schwierigen Struktur der Rhaphe durch Schlüsse auf unsicherer Basis nur erschwert wird und ich die Angaben O. HEINZERLINGS bezüglich jener Öffnungen nicht für richtig halte.

Auch das Eindringen parasitischer Pilze, welches ich ebenfalls gesehen und beschrieben habe ¹⁾, ist kein Beweis für einen durchgehenden Spalt. Die trennende Schneide ist nur eingeschoben, nicht mit der Scheitellinie des Spalts verwachsen und kann unter pathologischen Verhältnissen durch eindringende Rhizoiden verschoben werden, wie ja auch die Isolierung der Teile durch äußere Einflüsse, Bruch, Druck, so häufig erfolgt.

Meine Auffassung vom Bau des Zentralknotens bezeichnet O. HEINZERLING als nicht zutreffend. Aus dem Wortlaut seiner Entgegnung geht aber nicht klar hervor, was er für unrichtig hält. Wahrscheinlich, sagt er, habe ich (MÜLLER) das erweiterte Ende des Rhaphespalts für einen Kanal (Röhre) gehalten. Dies, also das erweiterte Ende, stehe aber in der ganzen Dicke der Schale mit der Rhaphe in Verbindung, wovon er sich speziell bei *Pinnularia nobilis* mit Sicherheit überzeugt habe. — Ich habe stets einen äußeren und einen inneren Rhaphekanal bzw. -Spalt unterschieden und darin stimmt O. HEINZERLING ausdrücklich zu. Welchen der beiden meint er? Doch wohl das zentrale Ende des äußeren Spalts, also das, was ich als Zentralknotenporus auffasse. Wie man sich aber vorstellen soll, daß dieses „erweiterte Ende“ in der ganzen Dicke der Schale mit der Rhaphe (also auch mit dem inneren Rhaphespalt) in Verbindung stehen soll, wenn nicht durch den Zentralknoten, ist mir nicht verständlich. Nach OTTO HEINZERLING endigt der äußere Spalt am Zentralknoten, während der innere Spalt durch die offene Rinne die beiden Rhaphehälften direkt verbindet; in Bezug auf den inneren Spalt stimmt er mir also zu. Nach O. HEINZERLINGS Auffassung wird die Verbindung der beiden Hälften der Strombahnen aber nur durch die beiden inneren Spalten vermittelt, die beiden äußeren dagegen werden durch den Zentralknoten, an dem sie endigen, getrennt; auch aus seinen Zeichnungen ziehe ich diese Folgerung.

Demgegenüber bemerke ich, daß ich vor wie nach an der Verbindung auch der beiden äußeren Kanäle bzw. Spalten mittels

1) Ortsbewegung III. S. 58, Taf. III, Fig. 9—10.

der von mir beschriebenen Zentralknotenkanäle festhalte. Das Eindringen der Zentralknotenporen in den Körper des Zentralknotens als Kanal, wie es die Bilder meiner Figuren 7 und 8, insbesondere auch 13, 14, Tafel VII meiner Arbeit „Durchbrechungen der Zellwand“ (Sitzungsberichte 1889) und mein Diagramm, Fig. 11, zeigen, ist das Ergebnis meiner zahlreichen Beobachtungen. Wenn O. HEINZERLING ausspricht, die von mir vertretene Auffassung vom Bau des Rhapsystems, die er doch in den meisten Punkten bestätigen mußte, scheine ihm im ganzen von meiner Theorie der Diatomeenbewegung beeinflußt zu sein, so muß ich das zurückweisen. Ich habe anatomische, physikalische, physiologische, mit möglichster Sorgfalt ausgeführte Beobachtungen durch eine Theorie in kausalen Zusammenhang zu bringen versucht; glaubt HEINZERLING, diese Beobachtungen seien unrichtig, so mag es das überzeugend nachweisen, es ist aber eine unzulässige Vermutung, als könne ich umgekehrt diese Grundlagen meiner Theorie zuliebe gestaltet haben.

Ob die Zentralknotenkanäle allseitig geschlossene Röhren sind, oder ob sie, wie der in den Porus übergehende äußere Kanal einen seitlichen Schlitz besitzen, durch den sie mit dem Spaltensystem des Zentralknotens kommunizieren, ist schwer zu entscheiden. Jedenfalls aber stehen die beiden äußeren Strombahnen durch die Zentralknotenkanäle miteinander und zugleich mit den inneren in Verbindung.

Der Widerspruch, den O. HEINZERLING gegen meine Auffassung des Rhaphebaues erhebt, richtet sich also im wesentlichen darauf, daß er das Eindringen der Poren in den Zentralknoten bestreitet; er läßt die äußeren Strombahnen am Knoten endigen.

Gesetzt nun, die äußeren Kanäle endigen am Zentralknoten, wie kommt dann ein Strom zustande? Ein Strom kann nur entstehen, wenn in der Stromrichtung dasselbe Quantum Stromsubstanz abfließt, welches der Strombahn zugeführt wird. Endigt nun die äußere Strombahn am Zentralknoten, wo verbleibt dann der Abfluß? Das Plasma muß doch in den Zellkörper zurückfließen. O. HEINZERLING könnte entgegnen, die äußere Strombahn ist ein durchgehender Spalt, das Plasma tritt durch diesen zurück. — Dem widerspricht zunächst der vorher besprochene Befund an Fragmenten, wonach die äußere Strombahn nach innen abgeschlossen ist. Überzeugender noch weist aber das Phänomen des vorderen Körnchenstroms und des an den Zentralknotenporen abgeschobenen Körnchenfadens darauf hin, daß der Rückfluß unmittelbar in die Zentralknotenporen erfolgt. Der vordere Körnchenstrom fließt, worauf ich wiederholt aufmerksam gemacht habe, stets bis zu den

Zentralknotenporen¹⁾; die Körnchen sammeln sich in dem Winkel an, der durch die Gestaltung der Rhaphekante über der Zentralknotenöffnung gebildet wird (Taf. II, Fig. 5) und werden von dort, so oft der nachrückende Strom an der nach außen umbiegenden Kante anstaut, seitwärts als Körnchenfaden abgeschoben²⁾. Träte der Strom, bevor er die Zentralknotenöffnung erreicht hat, in das Innere zurück, so müßten die Körnchen sich auch an dieser Stelle ansammeln, ein Wölkchen bilden und als Faden abgestreift werden. Die Beobachtung ergibt aber ausnahmslos, daß die Körnchen bis zu den Zentralknotenporen selbst geführt werden; erst durch den Eintritt des zurückfließenden Stromes in den Zentralknotenkanal bilden sie an dieser Stelle zuerst ein Wölkchen, aus dem sie dann als Körnchenfaden seitlich und nach hinten abgeschoben werden. Dies habe ich bereits LAUTERBORN erwidert, der das Zurückfließen des Stromes bezweifelte und falls es doch statffinde, den Rückfluß im Verlaufe der Strombahn erfolgen ließ³⁾. Die angeführten Tatsachen sind mit der Auffassung O. HEINZERLINGS, daß die äußere Strombahn an dem Zentralknoten endigt, unvereinbar.

Ganz anders verhält es sich mit der Kanalrhaphen der Nitzschien, Bacillarien, Hantzschien, der Surirellen, Cymatopleuren und anderen. Bei diesen verläuft der Kanal auf einem Kiel und steht durch eine große Zahl den Kiel durchsetzender Röhrchen unmittelbar mit dem Cytoplasma in Verbindung⁴⁾. Der Strom kann daher an jeder beliebigen Stelle seiner Bahn durch die Röhrchen nach innen treten, während ein entgegengerichteter Strom auf einer anderen Bahnstrecke fließt; die Erscheinung der Bewegung von Fremdkörpern auf der Rhaphen sind deshalb auch in einigen Punkten von denen an der Pinnularienrhaphen verschieden, worauf ich bereits hingewiesen habe. — Die großen Zellkörper der Surirellen und Cymatopleuren besitzen anstatt einer, auf jeder Schale zwei Kanalrhaphen, im ganzen also vier; deren Plasmaströme befähigen die Zellkörper vom Grunde aufzusteigen und zeitweise im Plankton zu leben⁵⁾.

Die Endknoten betreffend, verweise ich auf meine früheren ausführlichen Mitteilungen, die ja auch O. HEINZERLING nicht zu

1) Ortsbewegung II. Sitzungsber. 1894, S. 141.

2) Ortsbewegung III. Sitzungsber. 1896, S. 62. Taf. IV, Fig. 24, 26, 28.

3) Ortsbewegung V. Sitzungsber. 1897, S. 83.

4) Ortsbewegung III. Sitzungsber. 1896, S. 55. Taf. III, Fig. 1–5a

5) O. MÜLLER. Nyassaland-Bacill. Erste Folge. Englers' Botan. Jahrb. Bd. 34, S. 18 u. 19.

bestreiten scheint. Seine Aussetzung bezüglich des Endknotenkanals habe ich bereits vorher S. 33 besprochen. Ich will hier nur noch einige Angaben über die Tiefendimensionen und die Lage der Falte des Trichterkörpers zufügen. Die Tiefen sind von der Oberfläche des äußeren Endknotenkanals aus gemessen und bei der Berechnung der Positionsziffern wurde die tiefste Stelle der Falte = 100 gesetzt.

Tabelle III.

	Äusserer Endknotenkanal	Ventral-Umbiegungsende	Innere Endknotenkanal	Tiefste Stelle der Trichterfalte	Apicalachse	Falte des Trichterkörpers
<i>Pinn. gigas</i>	0	32 5,0	76 11,8	100 15,5	50 30	46,7 d 2,0
<i>Pinn. dactylus</i>	0	34 4,3	67 8,5	100 12,6		
<i>Pinn. major</i>	0	28 3,4	66 8,2	100 12,5	50 25	45 d 2,5
<i>Pinn. nobilis</i>	0	35 3,8	74 8,1	100 11,0	50 19,5	45,4 d 1,8
<i>Pinn. lata</i>					50 16,5	44,5 d 1,8
<i>Pinn. flexuosa (?)</i>					50 16,75	44,6 d 1,8

Das ventrale Umbiegungsende des äußeren Endknotenkanals liegt bei den in der Tabelle III aufgeführten Arten auf Teilstrich 28—35 unterhalb der Oberfläche, im Mittel auf 31. Der innere Endknotenkanal auf Teilstrich 66—77, im Mittel auf 71. — Die Falte des Trichterkörpers liegt auf Teilstrich 44,6—46,7 des transapikalen Durchmessers = 100, im Mittel auf 45; sie weicht also um 5 vom Hundert dorsal von der Apikalachse ab.

Auf Taf. II, Fig. 4 habe ich eine Hälfte der Strombahn von *Pinnularia major* zur Erläuterung des Stromlaufes nach meiner Auffassung halbschematisch dargestellt¹⁾. Die stärkeren Linien beziehen sich auf das äußere, die schwächeren auf das innere Stromgebiet. Soll Plasma von dem Sammelbecken der Gipfelfläche des Zentralknotens in das Stromgebiet treten, so bieten sich ihm zwei Wege:

1) S. auch Ortsbewegung IV. Sitzungsber. 1896, Taf. VIII.

1. Das Plasma gelangt durch das untere Knie in den dorsalen Spalt bzw. den inneren Rhaphespalt, bis zur Fläche des Trichterkörpers des Endknotens, fließt von dort auf die ventrale innere Wand der Endknotenöhle und tritt am Pole nach außen; von hier wird es durch die halbmondförmige Polspalte in rückläufiger Richtung durch den Endknotenkanal und den äußeren Rhaphespalt bis zum zunächst liegenden Zentralknotenporus geführt, tritt in den Zentralknotenkanal ein und kann dann denselben Weg von neuem beginnen oder durch die offene Rinne in das zweite Stromgebiet übergehen.

2. Das Plasma tritt durch den Zentralknotenkanal bis zum Zentralknotenporus an die Oberfläche, geht hier in den Rhaphkanal und den äußeren Rhaphespalt und wird durch den ventral umbiegenden Endknotenkanal auf die Fläche des Trichterkörpers und von dort durch den inneren Rhaphespalt bis zum unteren Knie des Zentralknotens geleitet, um dann den Weg zu wiederholen, oder den ersten Weg einzuschlagen, oder aber durch die offene Rinne auf die zweite Hälfte der Strombahn überzugehen.

Auf diese Weise erklären sich die Erscheinungen des Stromlaufes an der Oberfläche und im Innern ungezwungen; sie stehen nirgends im Widerspruch mit dem Bau der Rhaphe, soweit diese außerordentlich schwierigen Strukturen bisher ermittelt werden konnten.

Sicherlich bestehen vielerlei Abweichungen vom Bau der Pinnularienrhaphe bei den Naviculeen im weiteren Sinne, den Cymbelleen, Gomphonemen, ebenso Verschiedenheiten der Kanalrhaphe bei den Amphiproren mit Zentralknoten, den Rhopalodien u. a. Nähere Kenntnis dieser Organe wäre sehr wünschenswert und würde wertvolle Schlüsse auch in physiologischer Richtung gestatten.

OTTO HEINZERLING erwähnt auch die sogenannten „Nebenlinien“ auf den Gürtelbändern der Pinnularien, die eine feine Querstreifung zeigen. HEINZERLING nimmt, den optischen Erscheinungen in Styresin zufolge, an, daß auch die Gürtelbänder innere Kammern, die nach Art der Riefenkammern der Schalen gebaut, aber von minimaler Größe sind, besitzen. Ich kann auch diese Angaben nicht bestätigen. Die Beobachtung in Styresin ergibt, wie in Monobromnaphthalin und anderen stark brechenden Medien, flache lineare Furchen, auf deren Grund sehr zarte Poren oder Poroiden sichtbar werden. Die Länge der Querstreifen beträgt 2–2,2 μ bei *Pinnularia dactylus*; ihre Zahl 22–24 auf 10 μ , wonach der Streifenabstand sich auf 0,46–0,42 μ berechnet. Da Furche

und Interstitium etwa gleich breit erscheinen, ist die Breite der Furche ca. $0,22 \mu$. Die Wellenlänge für weißes Licht zu $0,55 \mu$ angenommen, beträgt die Breite nur einen Bruchteil der Wellenlänge; die Struktur unterliegt daher nicht mehr der Abbildung durch Brechung, und ihre wirkliche Beschaffenheit bleibt unsicher. Doch findet man oft Bruchstücke in der Längsrichtung der Nebenlinien, aus denen dann einzelne Interstitien als Zacken hervorragen. Auch habe ich Gasbläschen in den Furchen bei lebenden Pinnularien, besonders aber Reihen von Furchen mit Bläschen, die mit Sublimat abgetötet waren, beobachtet; auch Luftbläschen bleiben häufig in den Furchen nach Einschluß in Styrax und anderen Medien. Hiernach halte ich die Übereinstimmung des optischen Bildes mit der wirklichen Struktur für wahrscheinlich. — Die Gürtelbänder von *P. alpina* W. Sm. besitzen eine Nebenlinie mit viel gröberen Querstreifen; deren Länge beträgt $1,5-1,7 \mu$; ihre Zahl ist $9,4-10$ auf 10μ , der Abstand daher etwa 1μ . Das mikroskopische Bild und Bruchstücke ergeben die gleichen Strukturverhältnisse wie die oben besprochenen. — Von Kammern im Sinne der Riefenkammern kann hiernach nicht die Rede sein. Nach meinem Dafürhalten dienen diese Furchen mit Poren oder Poroiden dem Gasaustausch.

Außer diesen gekörnten Querstreifen der Nebenlinien sind auch am freien Gürtelbandrande der Pinnularien stets mehr oder weniger zahlreiche Poren oder Poroide sichtbar.

Erklärung der Tafel II.

- Fig. 1. Zentralknoten von *Pinnularia dactylus* mit den angrenzenden Teilen der Rhaphe; etwas schräg gelagert, die dorsale Seite abwärts. Vergr. 1670.
- Fig. 2. Fragment einer komplexen *Pinnularia* vom Zentralknotenporus bis zum äußeren Endknotenkanal. Dorsaler Teil der Schale. Vergr. 1000.
- Fig. 3. Fragment einer komplexen *Pinnularia*, ventraler Teil. Vergr. 1000.
- Fig. 4. Fragment einer *Pinnularia* mit „einfacher“ Rhaphe; ventraler Schalenteil, den Verlauf der Schneide bis zum äußeren Endknotenkanal zeigend. Vergr. 1000.
- Fig. 5. Fragment des Zentralknotenporus von *Pinnularia alpina* W. Sm. mit angrenzendem Teil der äußeren Strombahn (äußerer Zentralknotenkanal). Vergr. 1670.
- Fig. 6. Verlauf der Strombahnen von *Pinnularia major*, nach einem Trockenpräparat. Vergr. 680.
- Fig. 7. Idealer Querschnitt der Fig. 5, in der Nähe des Porus.
- Fig. 8. Idealer Querschnitt der Zelloberfläche einer komplexen *Pinnularia*; Mitte der Strombahnen.
- Fig. 9. Idealer Querschnitt der Strombahnen vor dem Endknoten.

Fig. 10. Projektion des Zentralknotens von *Pinnularia gigas* auf die Valvarbene (Horizontalprojektion). Vergr. 2000.

Fig. 11. Projektion des Zentralknotens von *Pinnularia gigas* auf die Apikalebene (erste Vertikalprojektion). Vergr. 2000.

Fig. 12. Projektion des Zentralknotens von *Pinnularia gigas* auf die Transapikalebene (zweite Vertikalprojektion). Vergr. 2000.

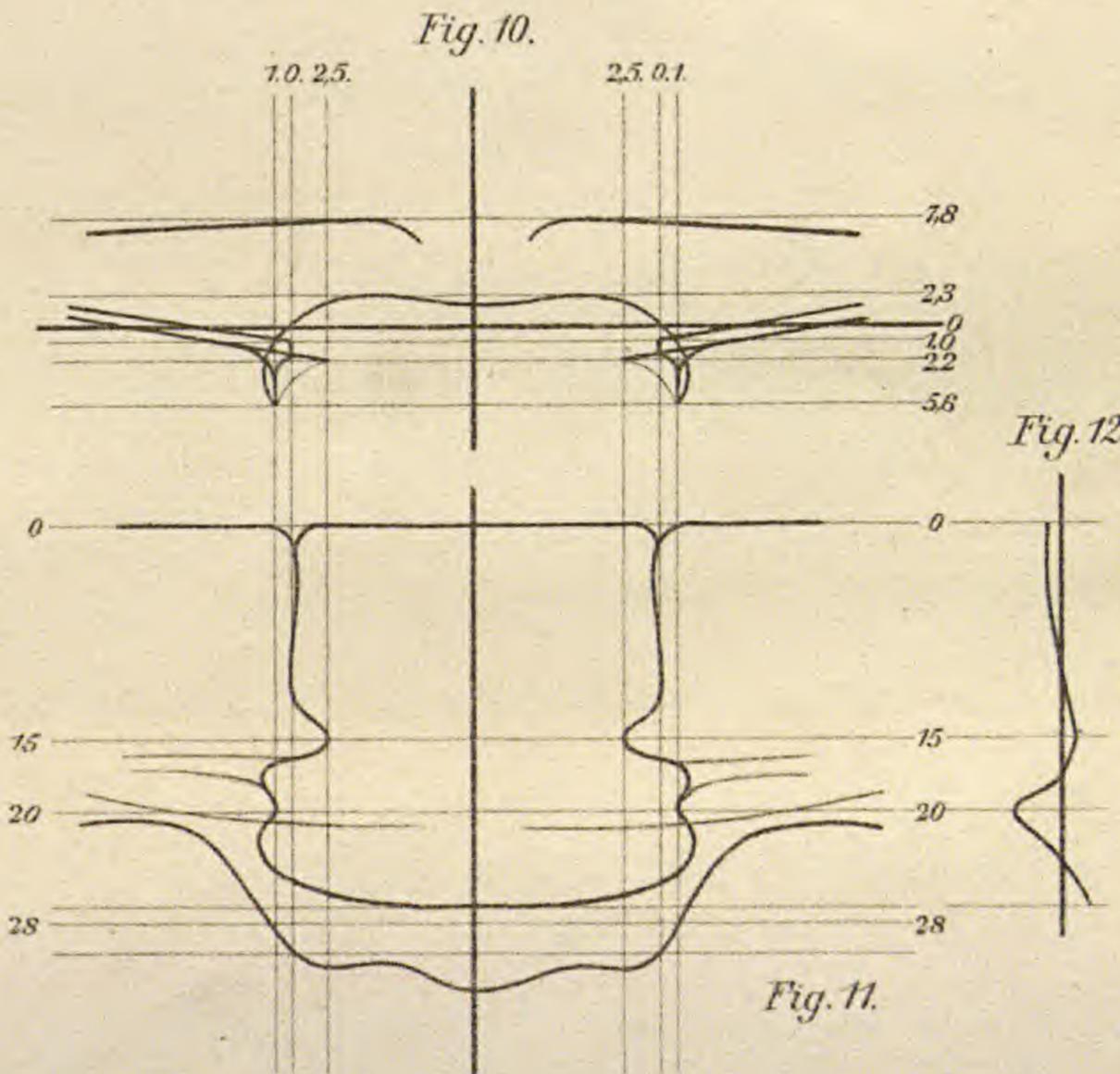
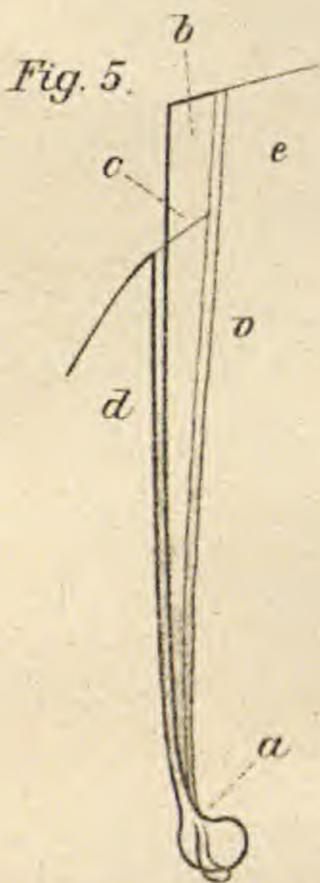
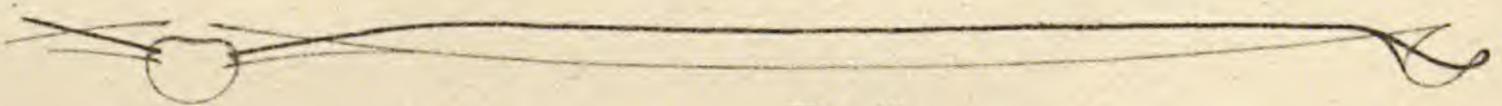
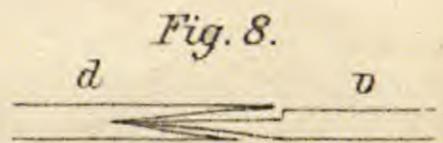
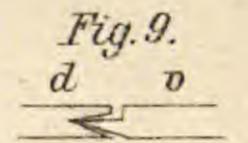
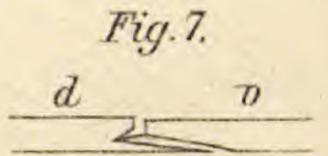
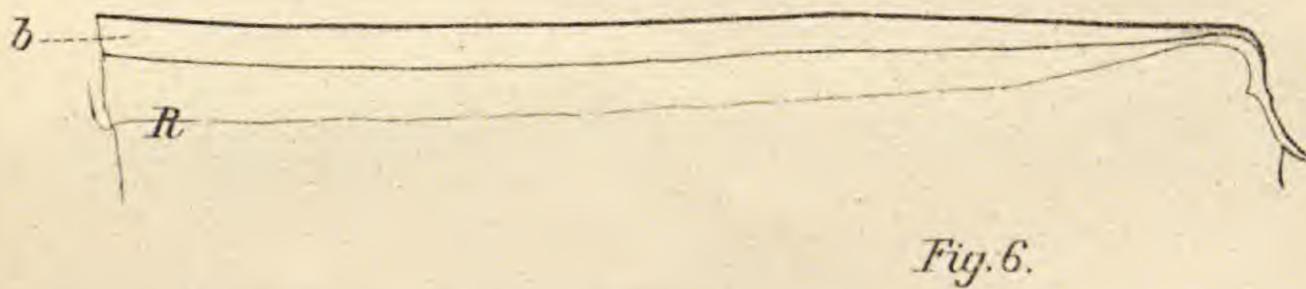
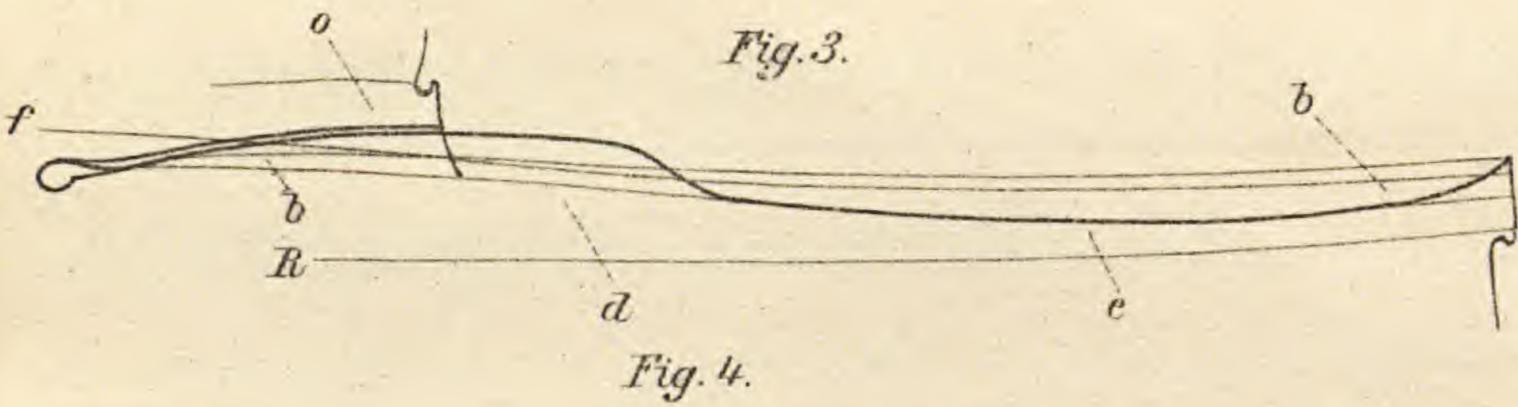
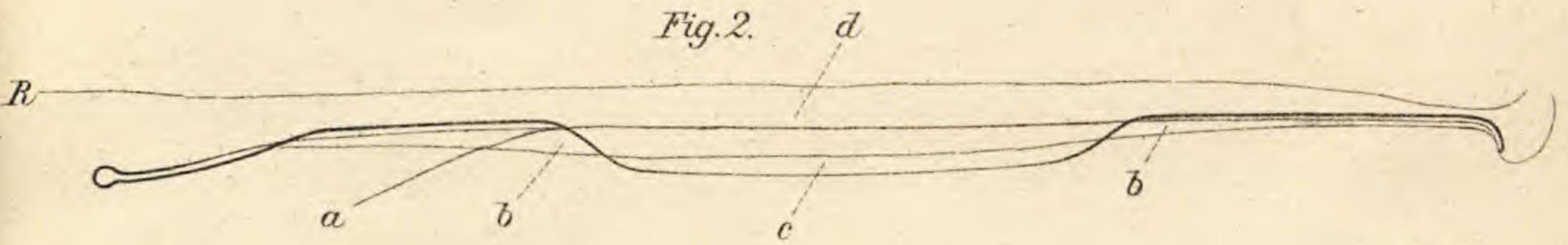
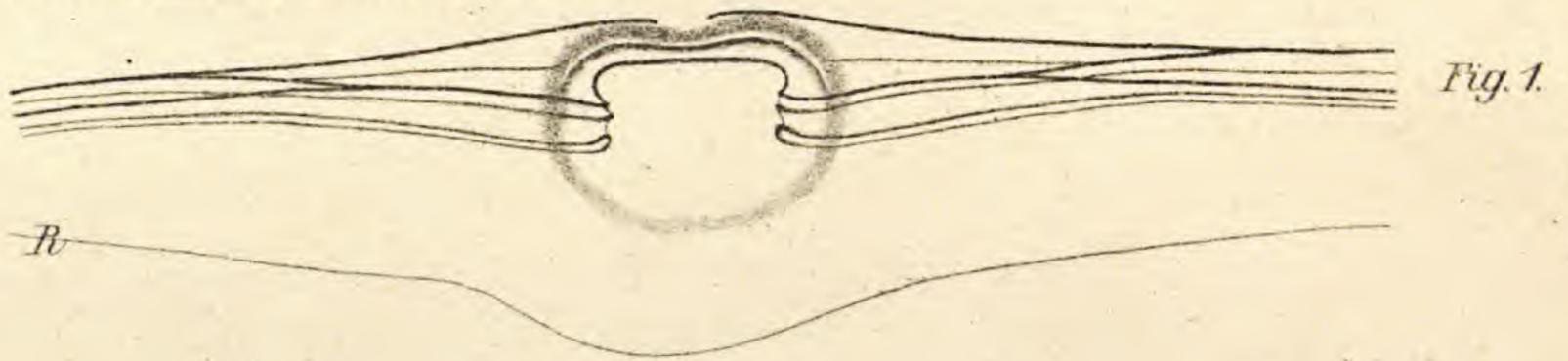
5. B. N ě m e c : Zur Mikrochemie der Chromosomen.

(Eingegangen am 19. Januar 1909.)

Es gibt nicht viele Arbeiten über die Mikrochemie der Chromosomen, so daß wir sehr wenig über ihre Natur wissen. Sie werden für gewöhnlich als aus Nukleoproteiden bestehend betrachtet, oder als reich an Nuklein bezeichnet. Die mikrochemischen Reaktionen der Chromatinkörperchen in ruhenden Kernen einiger Pflanzen werden meist ohne weiteres auf die Chromosomen übertragen, da man der Meinung ist, daß beide aus dem sogenannten Chromatin bestehen, oder wenigstens sehr viel Chromatin enthalten. Besonders häufig wurde in dieser Beziehung *Phajus grandifolius* untersucht. Mir stand diese Pflanze nicht zur Verfügung, daher ich das Verhalten der Chromatinkörperchen ruhender Kerne mit Chromosomen an *Cucurbita Pepo* verglichen habe.

Da den Chromosomen eine große Wichtigkeit für die Vererbung zugeschrieben wird, so hat ihr mikrochemisches Verhalten einiges Interesse. Mir hat es sich hauptsächlich darum gehandelt, festzustellen, ob die erwähnten Chromatinkörner, auf deren mutmaßliche Bedeutung ROSENBERG (1904) hingewiesen hat, sowie kleine Chromatinkörner im Kernretikulum, oder wenn solche nicht hervortreten, das Retikulum selbst mit den Chromosomen mikrochemisch übereinstimmen. Diese Frage ist nämlich in mancher Hinsicht für die Vererbungstheorien wichtig.

Die Chromosomen der von mir untersuchten Pflanzen zeichnen sich dadurch aus, daß sie sich in heißem Wasser verhältnismäßig sehr leicht lösen. Taucht man lebendige Wurzelspitzen von *Vicia Faba* oder *Allium Cēpa* in Wasser von 96—99° C, läßt sie hier fünf Sekunden und untersucht gleich darauf in Wasser, oder nach einer



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1909

Band/Volume: [27](#)

Autor(en)/Author(s): Müller Otto Georg Ferdinand

Artikel/Article: [Die Ortsbewegung der Bacillariaceen. 27-43](#)