Über Protoplasmaströmung bei Mucorineen.

Von **Alfred Schröter.**

Mit 9 Figuren im Text.

Einleitung.

Zu den interessantesten Erscheinungen im Pflanzenreiche gehört die Plasmaströmung.

Läfst sie doch selbst dem Laien verständlich erscheinen, dafs die Pflanze kein totes, starres Gebilde ist, sondern dafs sich in ihren Zellen Lebensvorgänge abspielen, die uns erst mit Hilfe des Mikroskops deutlich sichtbar gemacht werden.

Gar viele Forscher haben sie zum Gegenstande ihrer Untersuchungen gewählt; sie beschäftigten sich jedoch meistens mit der Protoplasmaströmung in Wurzelhaaren, Staubfädenhaaren, Zellen von Chara und Nitella, Vallisneria etc.; über die Bewegungen des Protoplasmas in Pilzhyphen sind bisher nur wenige Untersuchungen ausgeführt worden. — Doch erscheint es mir wichtig, auch diese Strömungsart genau zu erforschen und ihre Beeinflussung durch die verschiedensten äufseren Faktoren zu studieren, um, wenn möglich, Aufschlufs über das Zustandekommen derselben zu erhalten.

Fragen wir uns nun, wie es möglich ist, dafs bisher so wenig über die Strömung in Pilzhyphen bekannt war, so glaube ich, dafs dies daher kommt, weil man die Bedingungen noch nicht kannte, welche für ihr Zustandekommen nötig sind. Wohl ist sie gelegentlich von so manchem Forscher beobachtet worden, aber nur vorübergehend, so dafs darüber nichts näheres veröffentlicht werden konnte.

Im Jahre 1866 erschien Woronins[1]) Abhandlung über die Protoplasmaströmung in den Hyphen von Ascophanus pulcherrimus; auch die vor einigen Jahren veröffentlichten Arbeiten von Ternetz[2]) und Arthur[3]) behandeln solche Bewegungen des Plasmas.

Woronin gibt uns eine Beschreibung der Plasmaströmung bei Ascobolus pulcherrimus.

Sehr interessant ist die Abhandlung von Charlotte Ternetz über die Bewegungen des Plasmas in den Hyphen von Ascophanus

1) Woronin, Entwicklungsgeschichte des Asc. pulcherrimus Cr. Beitrag zur Morphol. und Physiol. d. Pilze, 1866, II. Reihe.

2) Charlotte Ternetz, Pringsh. Jahrb. Bd. 35, 1900, pag. 273 ff.

3) Arthur, Annals of Botany, 1897, Bd. 11 pag. 491 ff.

carneus; nach den Ergebnissen dieser Arbeit sollen dieselben durch lokale Wasserzufuhr bzw. lokalen Wasserverlust bedingt sein.

Die Abhandlung von J. C. Arthur ist in der Hauptsache eine Beschreibung der Strömung in einigen Schimmelpilzen, besonders Rhizopus nigricans (Mucor stol.). Dieser Forscher glaubt, dafs eine derartige Plasmaströmung auf osmotischen Bedingungen beruhe, doch wird diese Vermutung nicht genügend durch Experimente bewiesen. Ferner weist Arthur auf die Schwierigkeit hin, längere Zeit Präparate in lebhafter Strömung zu erhalten. Monatelang mufste er sich vergeblich bemühen, ehe es ihm gelang, seine Präparate so zu kultivieren, dafs er sie experimenteller Behandlung zugänglich machen konnte.

Hauptsächlich durch die Ternetz'sche Arbeit sind wir auf ganz neue Gesichtspunkte betreffs der Ursache der Strömung geleitet worden.

Gern folgte ich daher einer Anregung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Geheimrat Prof. Dr. Pfeffer, welcher mich gütigst veranlafste zu prüfen, ob die Ternetz'schen Resultate auch für die Strömung des Plasmas in den Hyphen anderer Pilze Giltigkeit hätten. Es gelang mir leider nicht, trotz mannigfacher Bemühungen, keimfähiges Sporenmaterial von Ascophanus carneus zu bekommen, weshalb ich meine Untersuchungen gleich mit Mucor stol. und Phycomyces nitens anstellen mufste.

Ich studierte zunächst den Vorgang der Strömung und untersuchte darnach den Einfluſs äufserer Faktoren auf dieselbe.

Von diesen kamen besonders folgende in Betracht:

Licht, Temperatur, Verletzungen, Einfluſs der Partiärpressung des Sauerstoffs, osmotische und chemische sowie Transpirationseinflüsse.

Nach meinen Untersuchungen waltet bei Mucor stol. und Phycomyces nitens analoges Verhalten ob, wie sich nach Ternetz bei Ascophanus carneus findet, d. h. es läfst sich durch schwach osmotische Wasserentziehung Plasmaströmung erzielen. Doch ist auch die Transpiration wesentlich am Zustandekommen derselben beteiligt, wie aus meinen Versuchen hervorgeht.

Versuchsmaterial und -methode.

Die zu nachstehenden Versuchen benutzten Sporen von Mucor stol. waren $1^1/_2$ bis 2 Jahre alt, während Phycomyces-Sporen 1 bis 3, höchstens 4 Monate alt sein durften, um kräftig entwickelte Mycelien mit lebhafter Strömung zu erhalten.

Meinen Untersuchungen liegt folgende Methode zugrunde: Für die Versuche selbst wurden Deckglaskulturen im Hängetropfen in

feuchten Kammern angelegt. Alle hierbei auszuführenden Manipulationen, besonders das Aufsetzen des Tropfens auf das Deckglas sowie das Impfen, wurden im Dampfkasten vorgenommen, um stets bakterienfreie Kulturen zu haben. Zu den später beschriebenen submersen Versuchen und denen mit Äther wurden feuchte Kammern benutzt, die aus einem Objektträger mit aufgekittetem Glasring von ca. 5 mm Höhe bestanden. Hierauf wurde zu letzteren Versuchen das Deckglas mit dem Hängetropfenpräparat mittels Vaselin luftdicht aufgelegt.

Um den Einfluſs von Sauerstoff, Luft etc. auf die Plasmaströmung studieren zu können, sowie zur Beobachtung der Präparate bei Sauerstoffdepression wurden Gaskammern benutzt, wie sie in Pfeffers[1]) Pflanzenphysiologie abgebildet und beschrieben sind.

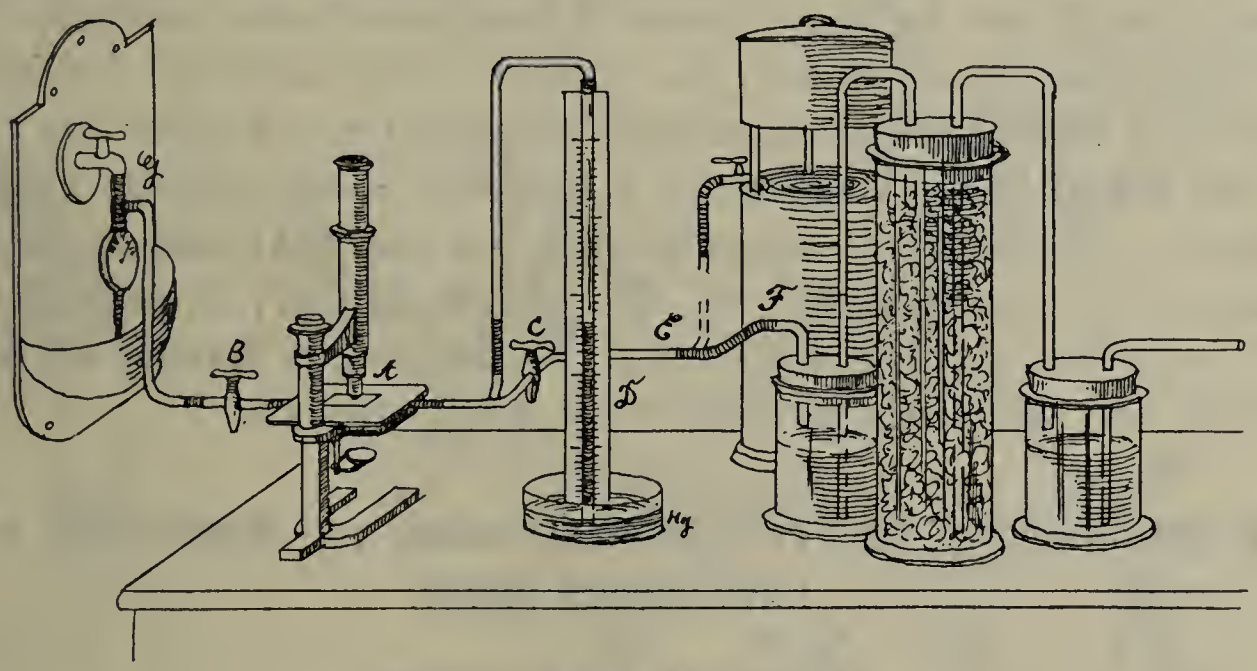


Fig. 1.

Eine solche Gaskammer wurde mit einem Apparat in Verbindung gebracht, der sowohl die Ausführung von Evakuationsversuchen als auch die Einwirkung von Sauerstoff, Luft etc. auf die Strömung zu prüfen gestattete.

Zur besseren Erklärung desselben dient die Abbildung Fig. 1. In dieser Skizze ist *A* die Messingkammer mit dem Hängetropfenpräparat; *B* und *C* sind Glashähne. Ist *B* geöffnet, *C* hingegen geschlossen, so läſst sich der ganze Raum evakuieren, sobald die Wasserstrahlpumpe bei *G* in Tätigkeit gesetzt wird. Am Quecksilbermanometer *D* wird der Grad der Evakuation abgelesen.

Will man irgend ein Gas resp. Gasgemisch hindurchsaugen, so öffnet man beide Hähne und verbindet das Glasrohr bei *E* mit dem betreffenden Gasometer.

1) Pfeffer, Pflanzenphysiol. 2. Aufl. Bd. II pag. 794.

Bei Hindurchsaugen von gewöhnlicher Zimmerluft hat man nur nötig beide Hähne zu öffnen und bei *E* eine Waschflasche mit flüssigem Paraffin vorzulegen, um die Stärke des Stromes an den aufsteigenden Luftblasen feststellen zu können. Regulieren läfst sich der Strom dadurch, dafs man den Hahn *B* soweit öffnet, als es die gewünschte Schnelligkeit des Stromes erfordert.

Um völlig dampfgesättigte Luft hindurchzuleiten, wurde ein mit Fliefspapier ausgekleideter und mit feuchten Bimssteinstücken gefüllter Turm mit dem Apparat bei *E* in Verbindung gebracht. Vor diesen Turm hatte ich zwei Waschflaschen mit Wasser von ca. 4° höherer Temperatur als die des Zimmers geschaltet.

Der Einflufs höherer Temperaturen wurde im Wärmezimmer oder mittels des Schulze'schen Mikroskopiertisches ermittelt, der allerdings den Nachteil hat, dafs die von dem damit in Verbindung stehenden Thermometer angezeigte Temperatur etwas höher (ca. 4° C.) ist als die wirkliche Temperatur, in der sich das betreffende Präparat befindet. Weitere Erläuterungen sind bei den Erklärungen der einzelnen Versuche zu finden. — Die Originalfiguren, ursprünglich in 550- und 350facher Vergröfserung, wurden wegen Mangel an Raum in 350- und 250facher Vergröfserung wiedergegeben.

A. Beschreibung der Protoplasmaströmung von Mucor stol. und Phycomyces nitens.

a) Verlauf der Strömung.

Die Bewegungen des Plasmas in den Hyphen dieser Schimmelpilze kommen gewöhnlich erst dann zustande, wenn die Enden derselben oder Teile des Mycels über den Rand des Hängetropfens ins umgebende Luftmedium gewachsen sind. Sie bestehen im wesentlichen aus einem Hin- und Herfluten des ganzen Protoplasmas in den Hyphen.

Die Strömung beginnt meist allmählich, erreicht ein Maximum und wird darnach wieder langsamer, oder sie bleibt plötzlich stehen, und dann erfolgt in beiden Fällen meist ein Umschwung, d. h. die ganze Plasmamasse schlägt nun entgegengesetzte Richtung ein. Wenn also vorher acropetale Strömung vorhanden war, so ist jetzt alles Plasma in basipetaler Strömung begriffen. Bisweilen fliefst jedoch das Plasma nach eingetretenem Stillstand auch in derselben Richtung weiter. — An dieser Strömung beteiligen sich Cytoplasma, Mikrosomen, Zellkerne und Vakuolen. Eine ruhende Hautschicht ist bisweilen zu beobachten, doch ist sie meistens so dünn, dafs sie ge-

wöhnlich unsichtbar ist. Nach analogen Fällen im Pflanzenreiche ist jedoch das Vorhandensein derselben als sicher anzunehmen.[1])

Einige Phasen der Strömung.

Von einzelnen Phasen dieser Strömung ist besonders diejenige zu erwähnen, wenn ein rasch dahinströmender Hauptstrom Zufluſs erhält durch einen ihn im spitzen Winkel treffenden Nebenstrom. Es werden dann fast regelmäſsig die groſsen Vakuolen des Hauptstroms von den daraufstoſsenden Plasmamassen des seitlichen Zuflusses in zwei oder mehrere Partien geteilt. (Siehe Fig. 3.)



Fig. 2. Hyphenstück (Phycomyces nitens) mit groſsen Vakuolen (konvexes und konkaves Ende). Vergr. 350.

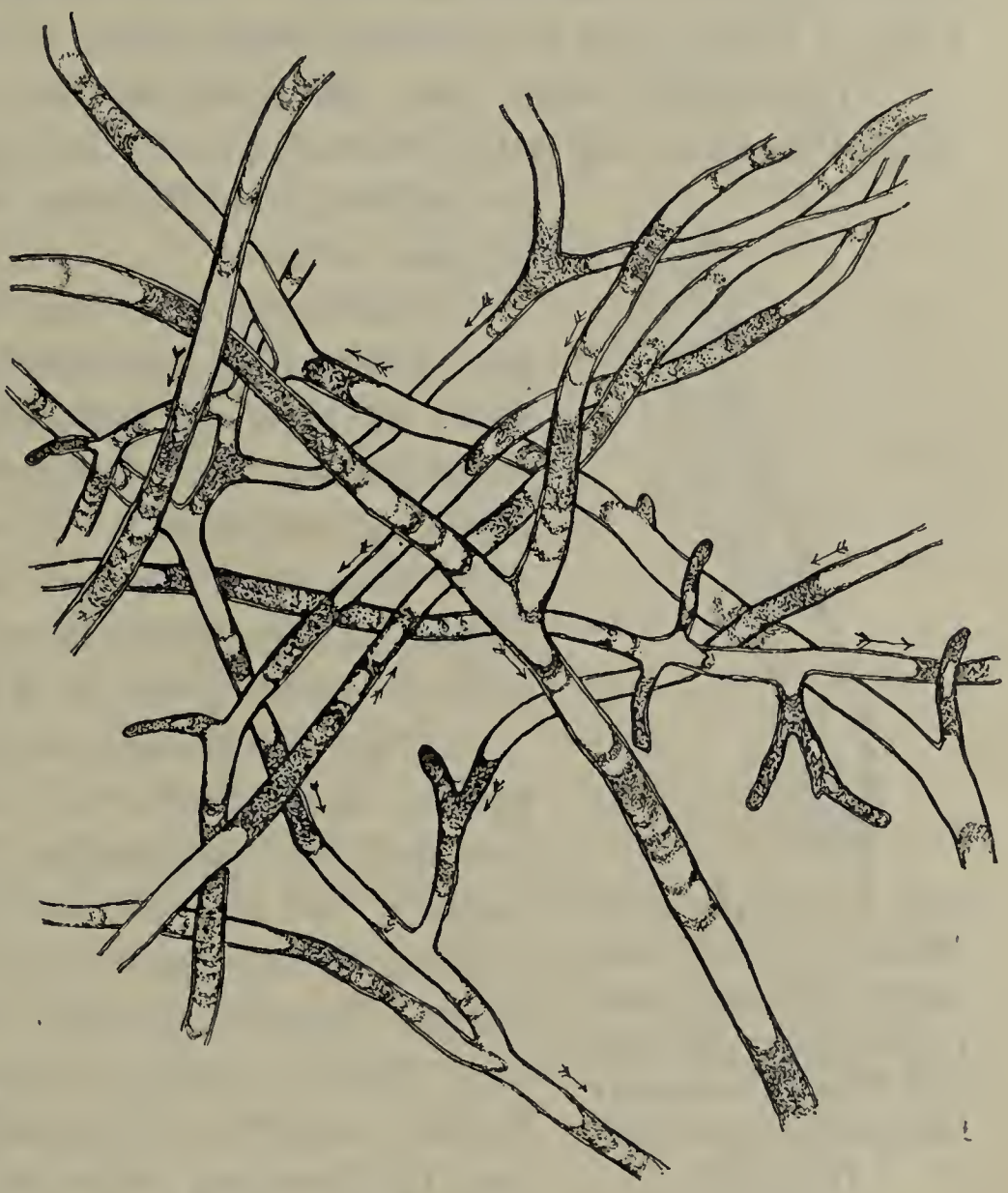


Fig. 3. Mycel von Mucor stol. Hyphen mit lebhaft strömendem Protoplasma. Vergr. 250.

Einen sonderbaren Anblick gewährt es auch, wenn der Strom in raschem Laufe durch eine Hyphe geht, die durch Zufall mehrfach geknickt oder gar spiralig gewunden ist, wie ich häufig bei Präparaten, die in Nährgelatine gezogen waren, beobachten konnte.

1) Pfeffer, Plasmahaut und Vakuolen, pag. 269. — Arthur, Annals of Botany, 1897, Bd. 11 pag. 493.

Noch viele ähnliche Erscheinungen im Verlaufe der Strömung liefsen sich hier anführen, doch würde das zu weit gehen. Einen Überblick dieser Strömung gewinnen wir aus der von mir mittels des Abbé'schen Apparates nach der Natur gezeichneten Abbildung Fig. 3.

Rückströmung.

Bisher habe ich nur von einem Hin- und Herfluten der ganzen Plasmamasse gesprochen. Bei der grofsen Schnelligkeit, mit der diese Bewegungen vor sich gehen, würde jedoch sehr bald eine einseitige Anhäufung des Plasmas stattfinden. Eine längere Dauer eines einseitigen Transportes von Plasmamassen wäre also gar nicht möglich.

Tatsächlich findet auch ein Rücktransport der vorwärtsgeschobenen Plasmamassen statt. Es ist dies jedoch nur gelegentlich zu sehen, besonders gut bei Phycomyces nitens, der breiten Hyphen wegen.

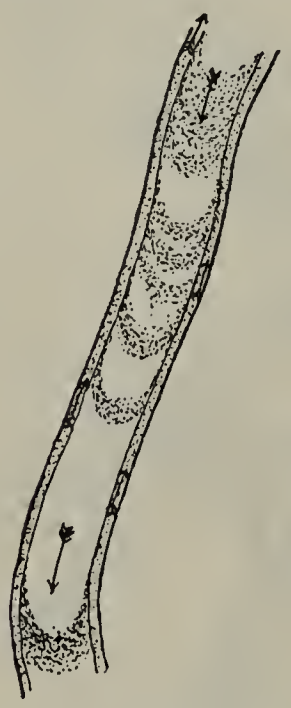


Fig. 4. Hyphenstück (Mucor stol.) mit akropetaler und basipetaler Strömung (der Deutlichkeit halber als medialer Längsschnitt gezeichn.). Vergr. 350.

Man sieht hier den Zellsaft (= Vakuolen plus Plasma) als Centralcylinder akropetal strömen, während die äufseren Plasmapartien, gewissermafsen der Cylindermantel, basipetale Richtung innehaben.[1]) Dieser basipetale Strom dient dem Rücktransport der im Centrum der Hyphe vorwärts geschobenen Plasmamassen. So entsteht ein Bild, wie es Fig. 4 veranschaulicht.

Zwischen diesen beiden Strömen, dem akropetalen des Zellsaftes mit einem Teile des Plasmas und dem basipetalen des dünnen Cylindermantels, der aus vakuolenfreiem Körnerplasma besteht, befindet sich ein ruhender Teil Protoplasma. Diese ruhende Schicht ist zuweilen sehr dünn, so dafs sie kaum erkennbar ist. — Solche basipetale Strömung bringt alles durch den Centralstrom vorwärtsgeschobene Plasma, soweit es nicht zum Wachstum der Hyphenenden verbraucht wird, zurück. Diese Rückströmung besitzt niemals die Schnelligkeit der erstgeschilderten Strömung, die in hin- und herflutenden Bewegungen besteht. Sie geht jedoch in dieselbe über, sobald die centralen Plasmaschichten derart an Schnelligkeit zunehmen, dafs die peripheren Schichten mit in die Strömung hineingerissen

---

1) Vgl. Arthur, Annals of Botany, 1897, Bd. 11 pag. 505—506.

werden, so dafs nunmehr alles Protoplasma nach derselben Richtung strömt. Auch nach plötzlicher Temperaturerniedrigung ist sie zu finden.

b) Vergleich der Protoplasmaströmung von Mucor stol. und Phycomyces nitens mit der des Ascophanus carneus.

Die eben genannte Beobachtung trifft auch für die Strömung des Ascophanus carneus zu, auf die wir in folgendem kurz unser Augenmerk richten wollen. Ternetz[1]) vergleicht die Strömung des Ascophanus carneus mit derjenigen von Phycomyces nitens in nachstehenden Worten: „Die Protoplasmaströmung bei Ascophanus carneus (sowie bei Ascophanus pulcherimus) ist am ehesten mit der Protoplasmabewegung gewisser Mucoraceen, z. B. derjenigen von Phycomyces nitens, zu vergleichen. Aber abgesehen davon, dafs bei Phycomyces das Mycel der Querwände entbehrt, also eine einzige reich verzweigte Zelle darstellt, liegt auch darin ein Unterschied, dafs wenigstens bei hoher und tiefer Einstellung in einem Phycomyces-Faden an ein und derselben Stelle zwei entgegengesetzt läufige Bewegungen wahrnehmbar sind. Die eine kann allerdings dominieren, aber es wird dennoch eine Unterströmung stattfinden. Es handelt sich also in diesem Falle um eine eigentliche Rotation. — Dies trifft für Ascophanus carneus niemals zu. Das Plasma einer Zelle strömt immer einheitlich in der einmal angenommenen Richtung.“

Hier wird also die Strömung bei Phycomyces als Rotationsströmung angesehen. — Dies ist jedoch nach meinen Beobachtungen, sowie nach Arthur[2]), nicht der Fall. Sie ist im wesentlichen dieselbe wie die des Ascophanus carneus, mit der Einschränkung, dafs den Hyphen des Phycomyces die Querwände fehlen. Es besteht aber darin ein Unterschied, dafs bei Ascophanus carneus nach Ternetz niemals gleichzeitig zwei einander entgegengesetzt gerichtete Strömungen auftreten, wie sie bei Phycomyces nitens und Mucor stol. bisweilen zu erkennen sind.

c) Zeitangaben über Beginn und Dauer der Strömung.

In ganz jungem Entwicklungsstadium, wenn die Hyphe noch mit dichtem, körnigem Protoplasma erfüllt ist, besteht noch keine Strömung. Erst nachdem der Zellfaden einige Verzweigungen gebildet hat, und mehrere Hyphenenden oder Teile des Mycels aus dem

---

1) Ternetz, Pringsh. Jahrb. Bd. 35 pag. 281 und 283.
2) Arthur l. c. pag. 493 ff.

Hängetropfen in die Luft gewachsen sind, lassen sich meistens Bewegungen des Plasmas erkennen.

Inzwischen haben auch die Safträume (Vakuolen) an Zahl und Gröfse zugenommen, und wir erhalten ein Bild, wie es Fig. 3 (vgl. auch Fig. 5) zeigt.

Hier sehen wir, wie das Plasma in den Hyphenenden stets körnige Beschaffenheit besitzt, von da allmählich in Schaum und endlich in vakuolenreiches Plasma übergeht. Die kleinen Vakuolen haben meist Kugelgestalt. In gröfserem Abstande von den Hyphenenden finden wir im allgemeinen mehr grofse, cylindrische Vakuolen, an denen man deutlich beobachten kann, dafs das der Stromrichtung nach vordere Ende stets konvexe, das hintere Ende mehr oder weniger konkave Form besitzt. Bei Umkehren der Strömung ändert sich, der Richtung entsprechend, auch diese Gestalt der Vakuolenenden (Fig. 2).



Fig. 5. Hyphenende (Phycomyces nitens) mit körnigem Plasma und kleinen Vakuolen angefüllt; basipetal allmählich in Schaum und endlich in vakuolenreiches Plasma übergehend. Vergr. 350.

In den Ausläufern von Mucor stol. und in Fruchtträgern desselben, wie auch des Phycomyces nitens, herrscht ebenfalls Strömung.

Man kann also sagen, dafs sich bei den genannten Versuchsobjekten, falls die Bedingungen für die Strömung vorhanden sind, das Plasma in allen Teilen des Mycels in einem gewissen Lebensabschnitte in Strömung befindet. Die Ausläufer und Fruchtträger sind vakuolenarm und in der Hauptsache nur mit körnigem Plasma angefüllt. —

Was die Zeit betrifft, die vergeht von Beginn der Strömung bis zum Umkehren derselben, so lassen sich hierüber keine genauen Angaben machen. Die Perioden des Strömens sowohl wie der Ruhe können Stunden oder auch nur wenige Minuten dauern. Es hängt dies gar wesentlich von der Schnelligkeit ab, mit welcher das Protoplasma sich fortbewegt. Je rascher dies geschieht, um so eher ist im allgemeinen ein Umkehren der Strömung zu erwarten.

Die Schnelligkeit, mit der alle diese Bewegungen vor sich gehen, ist sehr verschieden. Nach Arthur[1]) strömt das Plasma in

1) Arthur, Annals of Botany, 1897, Bd. 11 pag. 495.

Hyphen von Mucor stol. bei 28° C. mit einer Geschwindigkeit von durchschnittlich 3,3 mm pro Minute, also mit einer viel gröfseren Schnelligkeit als die Rotationsströmung bei Nitella oder die Circulationsströmung bei Tradescantia stattfindet. Auch ich habe bei einer Temperatur von 26 bis 28° C. gleiche Geschwindigkeit in Hyphen meiner Versuchsobjekte konstatieren können; bei 19° C. beträgt sie jedoch gewöhnlich nur 1 bis 2 mm pro Minute.

Auch die Zeitdauer der Strömung von ihrem ersten Auftreten bis zum gänzlichen Aufhören ist in den einzelnen Pilzmycelien sehr wechselnd und bedingt in der Beschaffenheit des Substrates, äufseren Einflüssen und individuellen Eigenschaften. Meist dauert sie 24 bis 48 Stunden. — Ebenso ist es mir unmöglich, genau anzugeben, wann, von der Aussaat an gerechnet, das erste Auftreten der Strömung zu erwarten ist. Dies ist hauptsächlich abhängig vom Alter der zur Aussaat benutzten Sporen und von der Temperatur, in der die Kulturen gezogen werden.

Konstatiert habe ich nur, dafs sie sowohl in Mycelien aus frischen Sporen als in solchen, die aus alten entstanden waren, gewöhnlich erst dann beginnt, wenn Hyphenenden oder Teile des Mycels über den Rand des Hängetropfens ins umgebende Luftmedium gewachsen waren.

d) Zweck der Strömung.

Die Strömung ist zu Beginn akropetal. In der Hauptsache herrscht anfangs mit kürzeren Unterbrechungen diese Art der Strömung vor. Es wird auf die Weise Material nach den Hyphenenden befördert. Während des Einströmens in die Enden findet das stärkste Wachstum statt; viel geringeres Wachstum fand ich in Hyphen, deren Plasma im Ruhezustand war, und bei basipetaler Strömung liefs sich überhaupt kein Wachstum der Hyphenenden konstatieren. —

Ist so das Pilzmycel entwickelt, dann wird Material zur Anlage der Fruchtträger gebraucht, und allmählich wird die Strömung nach dieser Seite stärker und anhaltender, besonders in dem Mafse, wie sich dieselben in die Luft erstrecken und an Gröfse zunehmen. All die körnigen Massen werden nach den Fruchtträgern befördert, wo sie sich anhäufen und zur Bildung der Sporen benutzt werden. 24 bis 48 Stunden nach Beginn der Strömung enthalten fast alle Hyphen nur noch eine Wandschicht von Plasma und Zellsaft; nur die Fruchtträger, bei Mucor stol. auch die Stolonen, sind dicht mit körnigem Plasma angefüllt. Noch später, wenn die Sporen ihre Reife erlangt

haben, enthalten auch die Fruchtträger nur noch eine Wandschicht von Plasma und Zellsaft.[1])

Die Strömung hört zuerst in den Hyphen des Mycels auf, dann in den Stolonen; in den Fruchtträgern jedoch ist bis zuletzt ganz langsame Strömung vorhanden. —

So haben wir denn die beiden Arten der Protoplasmaströmung, die in den Hyphen von Mucor stol. und Phycomyces nitens vorkommt, kennen gelernt und ihren Unterschied von derjenigen festgestellt, die sich bei Ascophanus carneus findet; wir haben die Strömung in all ihren Phasen verfolgt, uns mit ihren Eigenschaften vertraut gemacht, über die Zeitverhältnisse, soweit als möglich, informiert und über den Zweck derselben Aufschlufs verschafft.

Es bleibt mir nun am Schlusse dieser Beschreibung der Plasmabewegung nur noch eine Aufzählung der Pilze übrig, die diese Strömung besitzen. Eigener Anschauung nach konnte ich sie bei folgenden Arten konstatieren: Mucor stolonifer, Phycomyces nitens, Mucor Mucedo L., Aspergillus niger, Thamnidium elegans und Pilobolus crystallinus.

Nach Arthur[2]) soll diese Strömung noch vorkommen in Hyphen von Mucor racemosus Fries, Rhizopus elegans und Sporodinia. —

B. Beeinflussung der Strömung durch äufsere Faktoren.

Alle Arten von Protoplasmaströmung lassen sich mehr oder weniger durch die verschiedensten äufseren Faktoren in irgend einer Weise beeinflussen.[3])

Ich werde in folgendem eine Schilderung dessen geben, was mir bei den verschiedensten Einwirkungen auf die Strömung dieser Schimmelpilze aufgefallen ist, und inwieweit diese Bewegungen von äufseren Faktoren abhängig sind.

I. Einfluſs des Lichtes.

Das Licht, das im Leben fast aller Organismen eine bedeutungsvolle Rolle spielt, übt auch auf die Protoplasmaströmung einen gewissen Einfluſs aus.

Bevor ich auf meine eigenen Untersuchungen eingehe, will ich zum Vergleich einen kurzen Hinweis auf das geben, was über die

---

1) Vgl. Hofmeister, Pflanzenzelle, 1867, pag. 45—46.
2) Arthur l. c. pag. 506.
3) Pfeffer, Pflanzenphysiologie II. Aufl. Bd. II pag. 748 ff.

Einwirkung des Lichtes auf die Bewegungen des Plasmas in anderen Objekten bekannt ist:

Der Einfluſs des Lichtes auf die Protoplasmaströmung ist als Reizwirkung aufzufassen. Diese kann entweder in geringer oder starker Verzögerung resp. Beschleunigung, bisweilen sogar in Hervorrufung der Bewegungen des Plasmas bestehen, je nach der Intensität der angewandten Lichtquelle; aufserdem hängt sie von individuellen Eigenheiten der in Betracht kommenden Objekte ab. Eine Bedingung zur Erhaltung einer schon vorhandenen Strömung scheint jedoch das Licht nicht zu sein.

Besonders diffuses Licht kann bisweilen Strömung hervorrufen, während sehr intensive Beleuchtung Aufhören der Strömung und Desorganisationserscheinungen zur Folge hat.[1])

Sicher ist den konzentrierten Sonnenstrahlen eine unbedingt tötliche Wirkung zuzusprechen; schon kurze Zeit nach ihrer Einwirkung tritt eine Verlangsamung und Sistierung der Protoplasmaströmung ein. Wie jeder Reiz, so ist eben auch der Lichtreiz an bestimmte Grenzen gebunden.

Durch Wechsel von Dunkelheit und Licht wurde von Ewart[2]) eine gewisse Beschleunigung der Plasmaströmung konstatiert. Besonders deutlich machte sich diese Erscheinung nach Josings[3]) Untersuchungen dann bemerkbar, wenn die Objekte gleichzeitiger Einwirkung von Äther oder Chloroform ausgesetzt waren. —

Welchen Einfluſs hat nun das Licht auf die Protoplasmaströmung von Schimmelpilzen?

Auch hier ruft die Einwirkung des Lichtes ähnliche Erscheinungen hervor, wie bei anderen Versuchsobjekten. Meine Untersuchungen beschränkten sich auf Einwirkung verschiedener Lichtintensitäten, Wechsel von Dunkelheit und Licht bei gewöhnlicher und höherer Temperatur, sowie bei gleichzeitiger Äthereinwirkung.

Bezüglich der Intensität der Lichtquelle stellte ich fest, daſs die Bewegungen regelmäſsig vor sich gingen bei diffusem Lichte.

Eine Steigerung der Lichtintensität beschleunigte die Strömung bis zu einem Maximum, über welches hinaus dieselbe in stoſsweises Strömen verwandelt wurde.

---

1) Pringsheim, Jahrb. f. wiss. Bot. 1882, Bd. XII pag. 326—346 und 1879 Bd. IX pag. 334.

2) Ewart, On the Physics and Physiol. of Protoplasmic Streaming in plants 1903.

3) Josing, Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 36, 1901, pag. 226.

Starkes Sonnenlicht führte zu Kontraktion des Plasmas. Hierbei trat eine eigentümliche Veränderung des Plasmas ein, die besonders in sphärischer Umgestaltung und plattenförmiger Anordnung der Vakuolen bestand (Fig. 6 und 7). Das Mycel restituierte sich von dieser Desorganisation erst nach 1 bis 2 Stunden. Zu lange Belichtung durch starkes Sonnenlicht tötete die Versuchsobjekte. — Ähnliche Folgeerscheinungen stellten sich ein bei Einwirkung von Gasglühlicht, das mittels des Mikroskopspiegels auf das Objekt geworfen wurde.

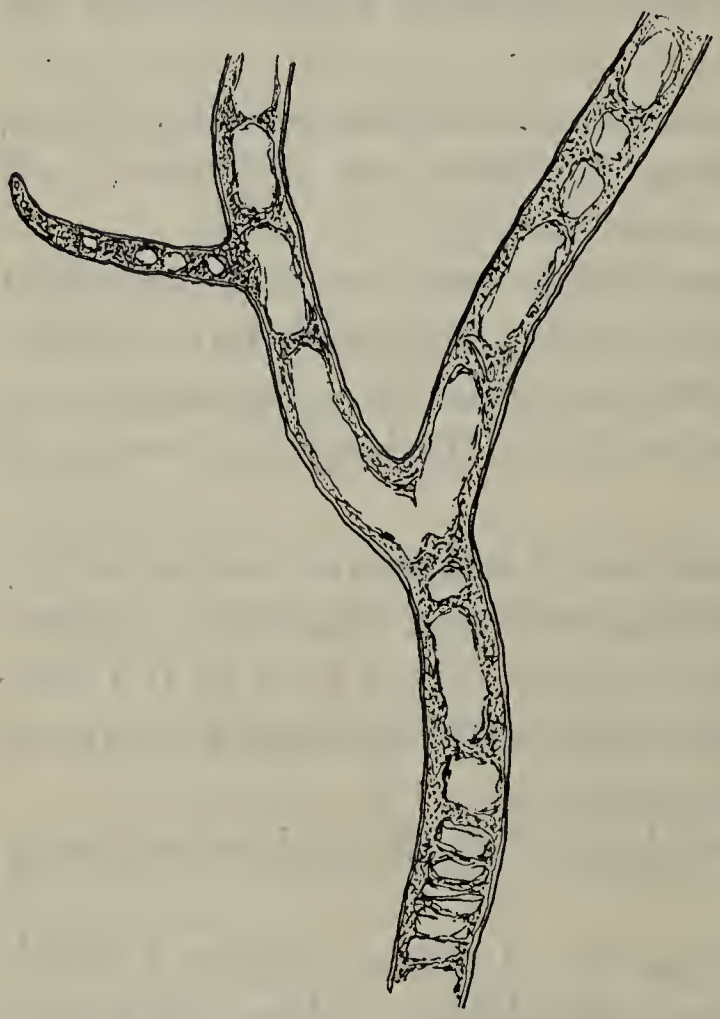
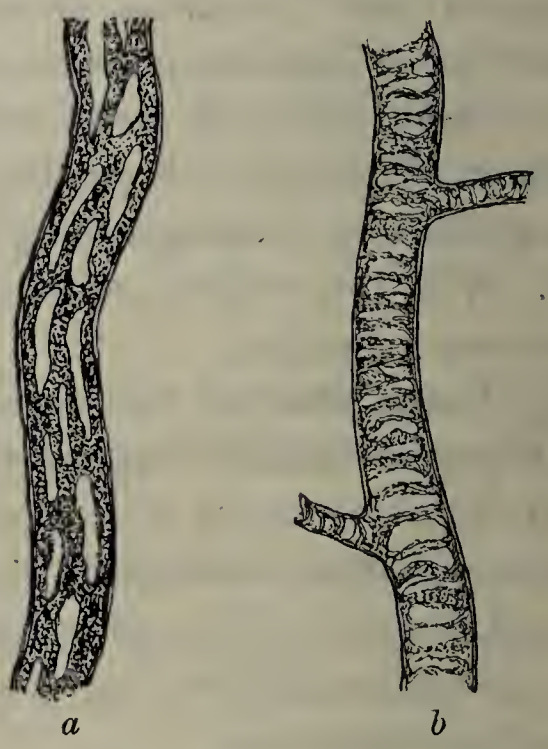


Fig. 6. Mucor stol. Durch starkes einseitiges Licht verändertes Plasma. Vergr. 350.



a *b*

Fig. 7. Mucor stol. *a* Degenerierung und *b* plattenförmige Anordnung der Vakuolen, besonders infolge starker, einseitiger Beleuchtung (hauptsächlich durch Gasglühlicht). Vergr. 350.

Was diese Veränderungen betrifft, so erhalten wir zunächst ein Bild, wie es Fig. 7 *a* veranschaulicht. Das Plasma erscheint eigentümlich verändert, und die scharfen Konturen der Vakuolen nehmen unregelmäfsige Gestalt an. Allmählich werden die Vakuolen zu Sphäroiden umgestaltet und gehen endlich in plattige (d. h. abgeflachte) Formen über, wie Fig. 7 *b* zeigt. Nach 12 bis 24 Stunden ist diese Veränderung des Protoplasmas verschwunden und fast überall wieder reguläre Strömung eingetreten.

Wenn nur ein Lichtpunkt einwirkte, war Verlangsamung der Strömung nicht nur in der Hyphe, die sich gerade über dem Licht-

punkte befand, sondern im ganzen Mycel zu bemerken. Diese Verlangsamung der Strömung war jedoch nur eine Folgeerscheinung der Verdunkelung des ganzen Mikroskops.

Eine solche lokale Beleuchtung, wie sie der Lichtpunkt bietet, hat also keinen Einfluſs auf diese Protoplasmaströmung. —

Im Dunkeln kamen die Bewegungen des Plasmas dieser Pilze bei ca. 19° C. zum Stillstand, durch Belichten wurden sie nach 2 bis 3 Minuten wieder hervorgerufen und sehr intensiv. Nach längerem Verweilen am Lichte nahmen sie allmählich wieder ihre frühere Schnelligkeit an. Auch bei Kulturen, die direkt im Dunkeln angelegt wurden, war nach Entwicklung des Mycels zunächst keine Strömung zu sehen. Dieselbe trat erst nach 2 bis 3 Minuten ein. —

Das Plasma solcher Schimmelpilze scheint also für den Lichtreiz noch empfänglicher zu sein, als das anderer Pflanzenzellen, bei denen sich der Wechsel zwischen Licht und Dunkelheit wohl bemerkbar macht, jedoch nicht gänzliches Einstellen der Strömung im Dunkeln zur Folge hat [1]).

Die Strömung meiner Versuchsobjekte lieſs sich durch wiederholte Verdunkelung beliebig oft zum Stillstand bringen und wurde bereits nach zweistündiger Verdunkelung eingestellt, kehrte jedoch bei darauffolgender Belichtung schon nach 2 bis 3 Minuten zurück.

Bei höherer Temperatur (ca. 26° C.) wurden die Bewegungen des Plasmas im Dunkeln zwar nicht ganz eingestellt, doch bedeutend verlangsamt. Am Lichte trat starke Beschleunigung ein, und nach 1 bis 5 Minuten erreichten sie wieder ihre frühere Schnelligkeit. Eine Beeinflussung durch das Licht ist also auch hier nicht zu verkennen.

Was endlich meine Versuche über Wechsel von Licht und Dunkelheit bei gleichzeitigem Ätherisieren betrifft, so ergab sich folgendes:

Während es Josing [2]) gelang, seine Versuchsobjekte durch Ätherisieren in einen für Lichtreiz empfänglicheren Zustand zu versetzen, so daſs dieselben dann im Dunkeln die Strömung aufhören lieſsen, schienen sich meine Schimmelpilze, wie oben geschildert, bereits normaler Weise, ohne Ätherisieren, in einem derartigen reizempfänglichen Zustande zu befinden.

Bei vorherigem Verdunkeln und gleichzeitiger Äthereinwirkung ($^1/_4$ %) trat die Strömung erst nach $^1/_4$ stündiger Belichtung langsam wieder auf und kehrte nur ganz allmählich wieder zurück.

---

1). Vergl. Kretzschmar, Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot., 1903, Bd. 39 pag. 285.

2) Josing, Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 36, 1901, pag. 226.

Beschleunigung der Bewegungen des Plasmas bei Belichten ätherisierter Objekte liefs sich also hier nicht konstatieren. Der Äther scheint also auf das Protoplasma in Hyphen solcher Schimmelpilze stärker einzuwirken als auf das anderer Pflanzenzellen.

II. Einfluſs der Temperatur.

Auch die Einwirkungen der Temperatur auf die Protoplasmaströmung sind Reizerscheinungen. Sie wurden noch eingehender als die des Lichtes von den verschiedensten Forschern studiert [1]).

Die Untersuchungen ergaben, dafs die Strömung nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen [2]) stattfindet, und dafs eine Steigerung der Temperatur bis zu einem gewissen Grade für die Bewegungen förderlich ist, ja bisweilen sogar dieselben hervorruft [3]).

Man hat für die Strömung der einzelnen Pflanzen Minimal- sowie Optimaltemperatur ermittelt [4]) und festgestellt, dafs bei Überschreitung der oberen und unteren Temperaturgrenze das Plasma in den Zustand der „Wärmestarre“ resp. „Kältestarre“ eintritt [5]). Abnorme Temperaturen bewirken Desorganisationserscheinungen des Protoplasmas [6]).

Auch Temperaturschwankungen üben einen gewissen Einfluſs auf die Strömung aus. Sie vermögen dieselbe in nichtströmenden Objekten hervorzurufen oder zu sistieren und wandeln regelmäfsige Strömung bisweilen in stofsweises Strömen um [7]).

Aus meinen Untersuchungen geht hervor, dafs Wärme auch für die Protoplasmaströmung unserer Schimmelpilze ein bedeutender Faktor ist. Auch hier war eine gewisse Erhöhung der Temperatur für die Bewegungen förderlich und vermochte sie sogar in nicht mehr strömenden Präparaten wieder hervorzurufen.

Zu hohe Temperatur erzeugte Störungen, die sich in ruckweiser Strömung bemerkbar machten.

Bei ca. 55° C. trat gänzliches Aufhören der Strömung, plötzliche Kontraktion des Plasmas und Tod des Präparates ein.

---

1) Siehe Pfeffer, Pflanzenphysiol. II. Aufl. Bd. II pag. 751.

2) Hofmeister, Pflanzenzelle, pag. 47.

3) Corti, vergl. Dutrochet, Annal. d. sc. nat. 1838, Bd. 9 pag. 24.

4) Sachs, Flora 1863 pag. 39. — Cohn, Bot. Zeitung 1871 pag. 723. — Velten, Flora 1876 pag. 198 und 199 und pag. 210 ff.

5) Sachs, Flora 1864 pag. 68.

6) Klemm, Jahrb. Bd. 28, pag. 635 ff.

7) Pfeffer, Pflanzenphysiologie II. Aufl. Bd. II pag. 751 ff. und pag. 765. — Hörmann, Studien über die Protoplasmaströmung bei den Characeen pag. 45.

Das Optimum der Strömung liegt für Mucor stol. bei 26° C., für Phycomyces nitens bei 28° C.

Das Minimum der Strömung für Mucor stol. ist 10 bis 12° C., für Phycomyces nitens 13 bis 15° C.

Bevor ich auf den Einfluſs von Temperaturschwankungen näher eingehe, will ich hier folgende Beobachtungen erwähnen:

Bei Präparaten, die bei gleichmäſsiger Temperatur von 26° C. kultiviert wurden, trat die Strömung bereits in ziemlich jungem Stadium auf, d. h. immer erst, nachdem eine Verzweigung stattgefunden hatte; bei solchen jedoch, die erst aus einem einzigen Faden bestanden, lieſs sich auch bei dieser Temperatur keine Strömung nachweisen.

Dieselbe trat aber auch bei 26° erst dann auf, wenn die Hyphen nicht mehr völlig mit körnigem Plasma angefüllt waren, und sich bereits einige Vakuolen gebildet hatten.

Sicher ist somit, daſs Wärme sehr förderlich für die Protoplasmaströmung ist, da sie bei einer Temperatur von 26° schon in jüngeren Stadien eintritt, als es bei 18 bis 19° der Fall ist, und da Präparate, die bei 18 bis 19° C. nicht strömten, durch Temperaturerhöhung auf 26° bereits nach Verlauf einer halben Stunde lebhafte Strömung zeigten.

Auch Temperaturschwankungen sind für die Protoplasmaströmung von Mucor stol. und Phycomyces nitens von gewisser Bedeutung, und zwar übt plötzlicher Wechsel von niederer Temperatur (19°) zu höherer (26°) auf das Protoplasma einen Reiz aus, wodurch Strömung ausgelöst wird. Im umgekehrten Falle tritt Stillstand ein, auſser wenn über das Optimum erhitzt und plötzlich bis ca. 26° abgekühlt wurde.

Es ist dann wieder lebhafte Strömung zu sehen. Ein und dasselbe Präparat vermochte auch mehrmals auf Temperaturschwankungen zu reagieren. Bei Präparaten, deren Plasma nicht mehr strömte, lieſs sich durch starke Abkühlung (+ 5°) und darauffolgende Erwärmung (19° C.) die zum Stillstand gekommene Strömung wieder hervorbringen.

Wir finden also durch diese Versuchsergebnisse, die den Einfluſs der Temperatur auf die Bewegungen des Plasmas betreffen, die von den verschiedenen Forschern für die Strömung chlorophyllhaltiger Pflanzen gewonnenen Resultate in der Hauptsache auch für die Bewegungen in Pilzhyphen bestätigt.

III. Einfluſs von Verletzungen.

Bekanntlich werden alle Bewegungen im Pflanzenreiche mehr oder weniger durch mechanische Eingriffe (Druck, Stoſs, Verwundung)

beeinflufst [1]). Zwar verträgt der Protoplasmakörper vermöge seiner plastischen Eigenschaften [2]) ansehnliche Deformationen, die ohne Tötung bis zum Abreifsen einzelner Partien und bis zu weitgehender Zerklüftung gesteigert werden können, so dafs die Plasmaströmung bei derartigen Eingriffen häufig fortgesetzt wird [3]); doch tritt zuweilen auch bei solcher Behandlung transitorisch eine Verlangsamung oder Sistierung [4]) ein, worauf eine allerdings nur vorübergehende Beschleunigung folgen kann.

Den stärksten Einfluſs übt eine Verwundung auf die Plasmaströmung aus, mag sie durch mechanische Eingriffe oder auf andere Weise bewirkt werden. Tatsächlich entsteht durch eine Verletzung vielfach eine Beschleunigung oder Erweckung einer sichtbaren Protoplasmaströmung, wie aus den Arbeiten von Frank [5]), Velten [6]), Keller [7]), Hauptfleisch [8]) und Kretzschmar [9]) hervorgeht. —

Wie verhält sich nun die Plasmaströmung in Pilzhyphen gegen derartige mechanische Eingriffe?

Nach Ternetz [10]) stockt die Strömung bei Ascophanus carneus in verletzten Zellen augenblicklich. Nicht nur die verletzte Zelle, sondern auch die an diese angrenzenden sterben ab und die infolge der Verletzung sistierte Bewegung wird nicht wieder aufgenommen.

Meine Untersuchungen über den Einfluſs von Verletzungen auf die Plasmaströmung in Hyphen von Mucor stol. und Phycomyces nitens bestanden im Zerschneiden der Hyphen, Abtrennen eines Mycelstückes und Abschneiden der Köpfchen; ferner versuchte ich durch Druck auf das Deckglas Strömung zu erzielen.

Aus meinen Versuchen ging hervor, dafs sich Mucor stol. und Phycomyces nitens verschieden gegen Verletzungen verhielten; letzterer erwies sich gegen mechanische Eingriffe viel empfindlicher als Mucor stol.

---

1) Pfeffer, Pflanzenphys. II. Aufl. Bd. II § 153.

2) Pfeffer, Pflanzenphys. II. Aufl. Bd. II §§ 137, 140.

3) Pfeffer, Pflanzenphys. II. Aufl. Bd. II pag. 817.

4) Dutrochet, Annal d. science nat. 1838, II. sér., Bd. 9 pag. 32. — Hofmeister, Pflanzenzelle pag. 50. — Hauptfleisch, Jahrb. für wiss. Bot. 1892, Bd. 24 pag. 217. — Hörmann, Studien über d. Protoplasmastr. b. d. Characeen, 1898.

5) Frank, Jahrb. f. wiss. Bot. 1872, Bd. 8 pag. 220, 292.

6) Velten, Bot. Zeitung 1872, pag. 672.

7) Keller, Über Protoplasmaströmung im Pflanzenreich.

8) Hauptfleisch, Jahrb. f. wiss. Bot., 1892, Bd. 24 pag. 190.

9) Kretzschmar, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 39 pag. 279 ff.

10) Ternetz l. c. pag. 282 und 283.

A. Verletzung durch Zerschneiden der Hyphen.

Zerschneiden des Mycels hatte bei Mucor stol. sofort schnelles, ruckweises Strömen zur Folge, das sich mindestens in $^1/_3$ der Hyphen des Mycels bemerkbar machte, also ziemlich weit zurückgriff. Nach wenigen Sekunden hörte die Strömung auf und kehrte erst nach Verlauf mehrerer Stunden wieder. Momentan ist hier freilich eine Beschleunigung vorhanden, doch kommt dies daher, dafs infolge des Schnittes das Plasma durch die vorher straff gespannte und nun plötzlich zusammenfallende Zellwand zu raschem Austreten gezwungen wird; eine länger dauernde Beschleunigung konnte ich nie beobachten.

Phycomyces nitens war viel empfindlicher gegen Zerschneiden der Hyphen als Mucor stol. Bei Phycomyces wurde zwar das Wachstum nur relativ beeinträchtigt, indem Gemmenbildung eintrat, die normale Strömung aber gänzlich zum Aufhören gebracht.

Durch Temperaturerhöhung über das Optimum konnte ich auch in solchen verletzten Präparaten ruckweises Strömen hervorbringen. Da dies jedoch bei unverletzten Präparaten ebenfalls eintritt, ist es nicht als Folge der Verletzung zu betrachten.

B. Verletzung durch Abschneiden eines Stück Mycels.

Während es nach den Untersuchungen von Ternetz[1]) bei Ascophanus carneus nicht möglich war, dafs sich ein abgetrenntes Mycelstück wieder zu einem strömenden Individuum entwickelte, indem die Verletzung den Tod desselben zur Folge hatte, liefs sich Mucor stol. durch die Verletzung nur wenig beeinträchtigen. Zwar stockte die Strömung, ging nach der Verletzung in ruckweises Strömen über und hörte endlich ganz auf.

Nach 24 Stunden war jedoch die Wundstelle des alten Mycels vernarbt, und das abgetrennte Teilstück zu einem strömenden Exemplar herangewachsen, das sich in keiner Weise von einem unverletzten Präparate unterschied. Gemmen, wie bei verletzten Phycomycesmycelien, waren nicht gebildet worden. Von einer Beschleunigung resp. Hervorrufung der Strömung durch Verletzung, wie sie Keller[2]), Kretzschmar[3]) etc. bei Verletzungen chlorophyllhaltiger Pflanzen konstatierten, ist also bei verletzten Pilzmycelien nichts zu bemerken.

---

1) Ternetz l. c. pag. 282 und 283.

2) J. Keller, Über Protoplasmaströmung im Pflanzenreich, 1890, pag. 17 und 18.

3) Kretzschmar, Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. 1903, Bd. 39 pag. 279ff.

C. Verletzung durch Abschneiden der Köpfchen.

Eine solche Verletzung war als der stärkste mechanische Eingriff zu betrachten; denn die Strömung hörte darnach sofort auf und das Präparat ging in den meisten Fällen tot.

D. Druck auf das Deckglas.

Durch Druck auf verschiedene Stellen des Deckglases mittels einer feinen Nadelspitze liefsen sich in strömungslosen Hyphen keine merklichen Bewegungen erzielen.

In Hyphen, deren Plasma lebhafte Strömung zeigte, hörte die selbe auf, solange der Druck ausgeübt wurde. Gleich darauf kehrte sie jedoch stets wieder zurück.

Verletzungen beeinflussen somit die Plasmaströmung in Pilzhyphen in der Weise, dafs sie plötzlich einen Teil des Plasmas aus den Hyphen austreten lassen und hiernach die Strömung für einige Zeit oder für immer zum Stillstand bringen. Regelmäfsige, länger anhaltende Strömung, wie z. B. bei Vallisneria, wird durch derartige mechanische Eingriffe nicht hervorgebracht.

IV. Einfluſs des Substrats.

Beschaffenheit des Substrats in bezug auf die Strömung.

Da nach Pfeffer[1]) alles vitale Geschehen vom Stoffumsatz abhängt, so ist es natürlich, dafs das Substrat, auf dem die Schimmelpilze wachsen, auf alle Lebensfunktionen[2]) somit auch auf die Plasmaströmung derselben einen gewissen Einflufs haben mufs. Dies suchte ich in folgendem zu entscheiden:

Der Weg war ganz natürlich gegeben. Ich brauchte zu meinen Untersuchungen eine Nährlösung, der ich in verschiedenem Prozentsatze die einzelnen Stoffe zufügte.

Als geeignetste Nährlösung, welche gut strömende Präparate lieferte, wurde nach vielen Versuchen die folgende erkannt. Sie enthielt in 100 ccm:

0,06 % Kaliumnitrat,
0,06 % Magnesiumsulfat,
0,06 % Kaliummonophosphat,
4 % Glyzerin,
1 % Pepton.

---

1) Pfeffer, Pflanzenphysiologie Bd. I Kap. VII. — Pfeffer, Pflanzenphysiologie Bd. II pag. 793 und 794.

2) Eschenhagen, Einflufs der Lösungen verschied. Conc. auf Schimmelpilze, 1889.

Auf dieser Nährlösung entwickelten sich die Pilzmycelien ziemlich kräftig, zeigten starkes Wachstum und waren weniger fein verästelt als auf anderen, so dafs sich die Bewegungen des Plasmas sehr deutlich beobachten liefsen.

Aufserdem benutzte ich bisweilen noch eine Zuckerlösung, der ich statt Glycerin zirka 5 % Rohrzucker zufügte.

Auch auf dieser erhielt ich gut wachsende Präparate mit lebhafter Strömung.

Wandte ich Nährgelatine an, so wurden der oben genannten Nährlösung 8,5 % Gelatine zugegeben.

Was die Stickstoffquelle anbetrifft, so war es gleich, ob ich Pepton oder dieselbe Quantität Fleischextrakt benutzte. Zusatz von Pepton resp. Fleischextrakt in gröfserer Menge hatte zwar stärkere Ausbildung der Hyphen zur Folge, aber keinen Einfluſs auf die Strömung. Ebenso hatte Weglassen oder Zufügen einiger Tropfen von Eisenchloridlösung keine Einwirkung auf dieselbe.

Auf Mistdekokt, Pflaumensaft, stark verdünntem Zitronensaft gewachsene Präparate lieferten ebenfalls Mycelien mit mehr oder weniger starker Plasmaströmung, falls diese Lösungen nicht zuviel Säure enthielten.

Im allgemeinen läfst sich sagen, dafs bei normaler Ernährung und gutem Wachstum lebhaftes Strömen eintritt, dafs aber, wie bekannt ist, dasselbe auch bei mangelhafter Ernährung möglich sein kann.

Desgleichen lieferten höhere Konzentrationen (mit Zusatz einer gröfseren Quantität Zucker oder Salpeter), soweit sie Wachsen der Hyphen gestatteten, noch Objekte mit Plasmaströmung.

V. Osmotische Einwirkungen.

(Konzentrationsdifferenzen.)

Bereits Keller[1]) konnte dadurch, dafs Elodea-Sprosse in zweiprozentige Salpeterlösung gebracht und nach einiger Zeit in Wasser übertragen wurden, lebhafte Strömung konstatieren.

Arthur[2]) erhielt in einer Kultur von Mucor stol. bei Anwendung eines Tropfens 20- (oder 15-)prozentiger Kalinitratlösung eine lebhafte Bewegung für einige Zeit gegen die Stelle, wo der Tropfen zugefügt war.

Was nun die Ternetz'schen Versuche betrifft, so galt es, die Untersuchung zu führen, inwieweit die dort für Ascophanus carneus

1) Keller l. c. pag. 20.

2) Arthur, Annals of Botany 1897, Bd. XI pag. 506.

gewonnenen Resultate für meine Versuchsobjekte, also besonders Mucor stol. und Phycomyces nitens Geltung hätten. Gern hätte ich die Versuche zunächst mit Ascophanus carneus ausgeführt, doch waren meine Bemühungen, keimfähiges Sporenmaterial dieses Pilzes zu erhalten, leider erfolglos. Auch das Ausgangsmaterial der Ternetzschen Arbeit, das mir gütigst von Herrn Professor Dr. Klebs überlassen wurde, erwies sich nicht mehr keimfähig. Alle möglichen angesetzten Mistkulturen führten ebenfalls nicht ans Ziel.

So blieb mir denn nichts anderes übrig, als von vornherein mit Mucor stol. und Phycomyces nitens zu experimentieren und die Ternetz'schen Angaben zu Vergleichen heranzuziehen.

Die von Ternetz[1]) mit Ascophanus carneus angestellten Versuche bestanden im wesentlichen in Hervorrufung von Konzentrationsdifferenzen in der Umgebung der Hyphe resp. eines Mycelstückes. Dies geschah durch Zusatz von Lösungen osmotisch wirkender Substanzen, besonders Rohrzuckerlösung (10 %).

Als Resultat ergab sich, dafs stets Zuströmen des Plasmas nach der Stelle erfolgte, an der diese Lösungen zugesetzt wurden. Es liefs sich hierdurch die Strömung in ihrer Richtung beeinflussen und in strömungslosen Hyphen sogar hervorrufen.

Zusatz von Wasser an der Spitze einer Hyphe mit starker basipetaler Plasmabewegung bewirkte Beschleunigung, auf die Basis gebracht, Stockung des Stromes.

Wurden Lösungen verschiedener Konzentration angewendet, so erfolgte ein Zuströmen nach der Stelle, an der sich die höher konzentrierte Lösung befand, falls nicht der Prozentsatz derselben an osmotisch wirksamer Substanz so hoch war, dafs Plasmolyse eintrat.

Meine Versuche ergaben die Tatsache, dafs bei Mucor stol. und Phycomyces nitens die Resultate ganz dieselben sind wie bei Ascophanus carneus. Auch mit Lösungen von Salpeter, Dextrose und anderen wasserentziehenden Substanzen liefsen sich die Versuche ausführen und gelangen ebenso gut, wenn die Stoffe in geeigneter Konzentration angewandt wurden.

Somit ist mit Sicherheit nachgewiesen, dafs sich in Pilzmycelien durch wasserentziehende Medien Strömung erzielen läfst. Es war nur noch zu ermitteln, ob dies unter allen Umständen der Fall ist.

Zunächst wollte ich feststellen, ob auch bei Ausschlufs der für die Plasmaströmung sehr günstigen Wärme bei Präparaten, die bei

---

1) Ternetz, Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. 1900, Bd. 35 pag. 286/287.

19° C. noch strömten und bei 10° C. die Strömung eingestellt hatten, durch 10proz. Zuckerlösung Zuströmen bewirkt wurde.

Zu diesem Zwecke brachte ich strömende Präparate aus Zimmertemperatur (19° C.) in einen Raum von + 7° und liefs, nachdem die Strömnng aufgehört hatte, vom Rande her 10proz. Rohrzuckerlösung zuströmen. Nach wenigen Sekunden kam auch hier die Strömung wieder zustande, zwar viel langsamer als bei Zimmertemperatur, doch immerhin so, dafs man ganz deutlich Zuströmen nach der Zuckerlösung beobachten konnte.

Noch ein anderer Fall sei hier erwähnt, wo Zuckerlösung Strömung bewirkte, d. i. bei ätherisierten Objekten:

In einer mit $^1/_2$proz. Ätherlösung gefüllten Kammer hört, wie schon früher erwähnt, die Plasmaströmung auf (siehe Einflufs des Lichtes); doch kann man sie, wenn man seitlich Zuckerlösung zufliefsen läfst, stets wieder hervorbringen und sogar umkehren, wenn man auswäscht und Zuckerlösung von der andern Seite zusetzt.

Somit scheint sich nach all den Versuchen bei diesen Schimmelpilzen durch wasserentziehende Medien stets Strömung erzielen zu lassen.

Da jedoch dieses Hervorrufen von Plasmaströmung und Beeinflussen in ihrer Richtung nur kurze Zeit anhält[1]), nämlich bis der Turgor, welcher durch Wasserentzug lokal vermindert worden war, sich im Zellfaden wieder ausgeglichen hat, lag es mir daran, auch länger andauernde Strömung mittels wasserentziehender Medien zu erhalten. Zu diesem Zwecke stellte ich einen kontinuierlichen Strom von Rohrzuckerlösung und Wasser, d. h. ein ständiges Konzentrationsgefälle her und erhielt auf diese Weise längeres Strömen nach der Zuckerlösung.

Ich liefs nun beständig von einer Seite Rohrzuckerlösung, von der anderen Wasser zuströmen und sorgte für regelmäfsigen Zu- und Abflufs, den ich mittels Filtrierpapierstreifen bewirkte. Zu diesem Versuche benutzte ich ein lebhaft strömendes Mucor-Präparat und erzielte wie immer Strömung nach der Zuckerlösung. Wurden die Schälchen mit Rohrzuckerlösung und Wasser stets nach ca. 5 Minuten vertauscht, so liefs sich dieser Versuch beliebig oft ausführen. Man kann somit hier durch Zuckerlösung, so oft man will, eine Umkehr erzielen. Bisweilen ist auch hier vor dem völligen Umkehren akropetale Strömung der centralen Schichten zu sehen, während die peripheren basipetale

---

1) Siehe Ternetz l. c. pag. 288.

Richtung zeigen. Sogar direkt unter Deckglas läfst sich auf diese Art Strömung hervorrufen, während sonst direkt unter Nährlösung keine Strömung zu sehen ist (siehe submerse Versuche, pag. 23 und 24).

Wurden bei Verwendung eines anderen Präparates die beiden Uhrgläschen nicht vertauscht, so erhielt ich ca. $^1/_4$ Stunde lang Strömung nach der Zuckerlösung. Dann traten jedoch Stockungen und stofsweises entgegengesetztes Strömen ein, bis plötzlich ein Teil des Mycels zerrifs und aus verschiedenen Hyphen Plasmamassen herausgepreſst wurden (siehe Fig. 8); hiernach hörte die Strömung ganz auf.



Fig. 8. Mucor stol. Bei raschem Hindurchsaugen von Luft geplatzte Hyphe. Vergr. 350.

Wurden nun die Schälchen in der Weise vertauscht, dafs die mit Rohrzuckerlösung gefüllte Schale an die Seite kam, von woher Wasser zuströmte, und die mit Wasser gefüllte an die andere Seite, so liefs sich die gänzlich eingestellte Strömung auf kurze Zeit (ca. 2 Minuten) wieder hervorbringen, und zwar strömte das Plasma auch hier wieder nach der Zuckerlösung. Doch war die Strömung mit Stockungen verknüpft und hörte schliefslich ganz auf, da abermals einige Hyphen zerplatzten. Bei nochmaligem Wechsel der beiden Schälchen liefs sich bei diesem Präparat begreiflicherweise keine Strömung wieder hervorbringen.

Mit 5proz. Rohrzuckerlösung konnte ich diese Versuche ebenfalls ausführen, doch waren die erzielten Erfolge weniger deutlich.

Während bei den Ternetz'schen Versuchen das Zuströmen nach der Zuckerlösung immer nur wenige Sekunden dauerte, war es mir somit möglich, durch ständiges Konzentrationsgefälle die Strömung ca. $^1/_4$ Stunde lang nach der Zuckerlösung zu dirigieren. Der Unterschied liegt nur in der Verschiedenheit der Versuchsanstellung.

In vorstehendem habe ich gezeigt, dafs sich durch Konzentrationsdifferenzen, die dadurch hergestellt waren, dafs zur ursprünglichen Nährlösung Zuckerlösung (10 %) entweder allein oder unter gleichzeitiger Zufuhr von Wasser zugesetzt wurde, Strömung erzielen läfst. — Die geschilderten osmotischen Effekte konnte ich jedoch auch

schon erreichen durch einseitiges Zusetzen von Wasser zum Nährsubstrat oder durch Übertragen der Präparate in Wasser, da auch dies Konzentrationsdifferenzen bewirkt.

In strömungslosen Objekten wurde durch einseitigen Wasserzufluſs Strömung hervorgerufen und bereits bestehende stark beschleunigt. Übertragen in Wasser hatte zumeist ruckweises Strömen zur Folge, das nach 5 bis 10 Minuten ganz aufhörte. Bei Präparaten, die auf hochkonzentrierten Nährlösungen gezogen waren, trat bei Übertragen in Wasser zunächst ruckweises Strömen ein, worauf ein Teil der Hyphen des Mycels zerplatzte, und Desorganisationen des Plasmas entstanden (siehe Abbildung 7 a und b), die denen, die durch Licht hervorgerufen waren, glichen.

Auch Übertragen von Präparaten in Nährlösungen von höherer oder geringerer Konzentration hatte ruckweises Strömen zur Folge.

Aus den erwähnten Versuchsergebnissen geht hervor, daſs bei völliger Homogenität des Nährsubstrats bei submersen Objekten keine Strömung besteht. Eine solche ist immer erst möglich durch Konzentrationsänderung.

Nun möchte ich noch einiges nachtragen über die Wirkung des Wassers bei strömenden Präparaten.

Wir hatten bereits erfahren, daſs in Hyphen mit starker basipetaler Plasmabewegung Wasser, an der Spitze zugesetzt, Beschleunigung hervorruft, wenn auf die Basis gebracht, jedoch Stockung.

In solchen Hyphen, in denen also durch Zusatz von Wasser Beschleunigung erfolgte, zeigte sich ferner, daſs dieselben bisweilen an einigen Stellen um ca. 0,0038 mm breiter wurden.

Bei Wasserzufuhr wurden die Vakuolen länger und nahmen aufserdem, besonders am Vorderende, an Breite zu. Die Breitendifferenz zwischen Vorder- und Hinterende betrug ca. 0,004 mm (Mittelwert) bei einer Dicke der Hyphen von 0,08 mm.

Es wurde hierdurch die pralle Hyphenwand bald erweitert, bald wieder zusammengezogen, so oft eine groſse Vakuole die von mir beobachtete Hyphe durchströmte.

Diffuses Zuführen von Wasser ergab zunächst ebenfalls Beschleunigung, doch gar bald trat ruckweises Strömen ein und nach 20 Minuten völliges Aufhören. Die Vakuolen verkleinern sich mit dem Schwächerwerden der Strömung immer mehr, so daſs das Plasma fast überall als schäumige Masse erscheint. Zuletzt ist das ganze Plasma nur noch als Körnerplasma vorhanden. — Der Umstand, daſs bei diffusem Zutritt von Wasser die Vakuolen kleiner werden und

zuletzt fast ganz verschwinden, beweist, dafs hier allmählich Wasser ins umgebende Medium (Wasser) austritt. — Nach alledem ist also die Protoplasmaströmung durch die Folgen einseitiger Wasserentziehung bewirkt.

Solche Wasserentziehung, die auch durch eine Verkleinerung der Vakuolen bemerklich wird, hat naturgemäfs eine nach der konzentrierteren Lösung hin gerichtete Wasserbewegung in den Zellen zur Folge.

Offenbar wird aber durch diese Wasserentziehung das zähflüssige Plasma mitgerissen und in die besagte Bewegung versetzt.

VI. Transpirationswirkungen.

Im vorigen Kapitel habe ich erörtert, wie durch osmotische Wirkungen Plasmaströmungen entstehen.

Solche osmotisch wirksame Konzentrationsdifferenzen sind jedoch nicht die einzige Ursache von Strömungen.

Meine Untersuchungen ergaben, dafs sich Bewegungen des Plasmas auch auf andere Weise hervorbringen lassen.

Ein nicht unwesentlicher Faktor am Zustandekommen von Strömungen in Hyphen von Schimmelpilzen ist in der Transpiration gegeben.

Bei den bisher geschilderten Versuchen handelte es sich immer um Präparate, die vollkommen in Flüssigkeit eingebettet waren. Hier liefs sich durch Konzentrationsdifferenzen Strömung hervorbringen. Bei Homogenität des Nährsubstrates findet jedoch submers keine Strömung statt, wie aus folgenden Versuchen hervorgeht.

Wurde zu einem lebhaft strömenden Präparate tropfenweise Nährlösung zugefügt bis sich das ganze Mycel in submersem Zustande befand, so trat ruckweise Strömung ein, nach 5 bis 10 Minuten hörte dieselbe überall auf.

Dies liefs sich auf folgende Weise erkennen:

Das Immersionsobjektiv wurde entweder in die über den Hyphen befindliche Nährlösung eingetaucht oder das Präparat wurde von unten mittels umgekehrtem Mikroskop betrachtet.

Auch direkt unter Deckglas konnte ich bei Sporen, die mittels Gelatine fixiert und rings von Nährlösung umgeben waren, keine Strömung und schlechte Entwicklung konstatieren. Nur am Rande des Deckglases befindliche Sporen waren kräftig entwickelt und lieferten Exemplare mit lebhafter Strömung, da die Enden der Hyphen mit der Luft in Berührung waren, also transpirieren konnten.

Da ich den Strömungserfolg anfangs dem lebhaften Sauerstoffbedürfnis zuschrieb, so legte ich zunächst Deckglaskulturen an, die sich derart von den vorigen unterschieden, dafs sich eine Luftblase unter dem Deckglase befand, erhielt jedoch auch auf diese Weise keine strömenden Objekte.

Die Plasmaströmung dieser Schimmelpilze trat also gewöhnlich immer erst ein, sobald die Hyphen über den Rand des Hängetropfens ins Luftmedium hinausgewachsen waren.



Fig. 9. Phycomyces nitens. Bei raschem Hindurchsaugen von Luft (durch die Gaskammer, in der sich das Präparat befand) infolge starker Transpiration eingefallene Hyphen. Vergr. 350.

Für diese Erscheinung waren zwei Ursachen denkbar. Sie konnte erstens durch Transpirationswirkungen zustande kommen und zweitens durch lebhaftes Sauerstoffbedürfnis bedingt sein. — Da für die Transpiration mehr Gründe sprechen, will ich zuerst darauf eingehen.

Ich will zunächst nochmals hervorheben, dafs submers bei Homogenität des Nährsubstrates keine Strömung besteht. Desgleichen kommt in völlig dampfgesättigtem Raume bald jegliches Strömen zum Stillstand.

Dies zeigte sich sowohl in sogenannten feuchten Kammern, die aus Objektträgern mit Glasring bestanden, als auch z. B. in der dem Durchleiten von Gasen dienenden Messingkammer (siehe Fig. 1), die mit feuchtem Fliefspapier ausgekleidet war. Auch hier wurde die Strömung alsbald merklich langsamer und hörte schliefslich ganz auf.

Selbst bei Präparaten, die ich in Kammern aus Papprähmchen kultivierte, war zunächst, wenn ich diese unter der mit dampfgesättigter Luft erfüllten Glasglocke hervornahm, keine Strömung zu beobachten. Dieselbe trat nach 2 bis 3 Minuten ein, sobald Transpiration stattfand.

Übertragen von Präparaten aus einem dampfgesättigten Luftraum in ungesättigte Luft, also schon in gewöhnliche Zimmerluft, rief Strömung hervor, die durch gesteigerte Transpiration immer lebhafter wurde.

Zu trockene Luft und zu langes Verweilen in Zimmerluft hatte wohl zunächst Beschleunigung, nach 5 bis 15 Minuten jedoch infolge zu starker Transpiration Zusammenschrumpfen der Hyphen zur Folge (s. Fig. 9).

Wiederholt konnte ich beobachten, dafs gesteigerte Transpiration und demgemäfs ein trockener Luftstrom bereits bestehende Strömung stark beschleunigte und in nicht strömenden Präparaten Strömung hervorrief, wenn ich durch die obenerwähnte Messingkammer Zimmerluft hindurchleitete.

Bei raschem Hindurchsaugen von Zimmerluft wurde die Strömung zu sehr ansehnlicher Schnelligkeit veranlafst. Dieselbe endete mit dem Zusammenschrumpfen einiger und Platzen einer ganzen Anzahl Hyphen des Mycels (siehe Fig. 8 und 9).

Da diese Erscheinung noch näherer Erklärung bedarf, will ich hier nur die Tatsache des Platzens erwähnen und mich auf keine Erörterung einlassen.

Hindurchsaugen eines dampfgesättigten Luftstromes hatte Einstellen jeglicher Plasmabewegung zur Folge.

Aus dem Nichtströmen in einem dampfgesättigten Luftstrome ergibt sich, dafs Luftströmung als solche nicht nötig ist für die Plasmabewegung.

Nach obigem ist es verständlich, dafs Plasmaströmung auch eintrat, wenn die im Hängetropfen befindlichen Präparate auf eine Glaskammer gelegt wurden, deren Boden mit Gemischen von Wasser und Glycerin bedeckt war; denn hierdurch wurde ja die Menge des Wasserdampfes in der Kammer herabgedrückt und somit Transpiration von seiten der Pilzhyphen erwirkt.

Alle bisher erwähnten Versuche haben also ergeben, dafs Plasmaströmung durch Transpirationswirkungen zustande kommen kann.

Die Erscheinung, dafs die Strömung gewöhnlich erst dann auftrat, wenn Hyphenenden oder Teile des Mycels über den Rand des Hängetropfens ins umgebende Luftmedium hinausragten, liefs mich ferner vermuten, dafs die Strömung aufser auf Transpirationswirkungen auch auf lebhaftem Sauerstoffbedürfnis beruhen könnte.

Ist es doch erwiesen, dafs ohne Sauerstoff, Strömung auf die Dauer nicht bestehen kann.[1])

Um also zu ermitteln, welchen Anteil der Sauerstoff am Zustandekommen der Strömung hat, leitete ich zunächst reinen Sauerstoff durch die Gaskammer, in der sich meine Präparate befanden. Die Strömung erfuhr hierdurch eine geringe Beschleunigung, ebenso bei Gemischen desselben mit Luft.

Durchleiten von chemisch reinem Wasserstoff hatte Schwächerwerden und Aufhören der Strömung nach zirka 5 Minuten zur Folge; bei Anwendung von Gemischen von Wasserstoff mit Sauerstoff kam sie allmählich wieder.

Folglich ist ein gewisses Quantum Sauerstoff zur Aufrechterhaltung von Strömung nötig.

Nunmehr galt es zu entscheiden: Inwieweit hört diese Transpirationsströmung bei veränderter Partiärpressung auf oder nicht?

Mittels der Wasserstrahlpumpe hätte ich nun die ungefähre untere Grenze der wirksamen Sauerstoffpressung bestimmen können.

Mit der von mir benutzten war dies jedoch nicht möglich. Dieselbe gestattete mir nur mit Berücksichtigung der Wasserdampftension bis zirka 10 mm Druck auszupumpen. Bei dieser Sauerstoffpressung liefs sich immer noch langsame Strömung bemerken.

Nach Wieler[2]) ist ein Minimalluftdruck von 7 mm zur Erhaltung der Bewegungen des Plasmas in Hyphen von Phycomyces notwendig, was einer Partiärpressung des Sauerstoffs von 1,4 mm entspricht.

Wurde nun unter einem Druck von 10 mm, wo also die Strömung bereits viel langsamer geworden war, dampfgesättigte Luft durch die Gaskammer gesaugt, so hörte die Strömung auf, bei Durchsaugen von gewöhnlicher Zimmerluft trat sie nach 2 Minuten wieder ein und wurde sehr lebhaft.

Wie bei dem Hindurchsaugen von dampfgesättigter verdünnter Luft, so ist auch in diesem Falle die Sauerstoffzufuhr ganz dieselbe; es ergibt sich daher, dafs nicht der Sauerstoffzufuhr, sondern der relativen Trockenheit der Luft die Beschleunigung der Protoplasmaströmung zuzuschreiben ist.

Inwieweit also der Sauerstoff am Zustandekommen der Strömung beteiligt ist, diese Frage mufs offen bleiben; eine entscheidende Rolle kann er nach den in gewöhnlicher Luft erhaltenen Versuchsergebnissen nicht spielen.

Es bleibt mir nunmehr noch übrig zu erörtern, wie die Trans-

1) und 2) Wieler, Tübinger Untersuchungen, I, 1883, pag. 223.

piration wirkt: Diese Transpirationsströmung scheint kein rein mechanischer Vorgang zu sein, wie die auf osmotischem Wege hervorgerufene, sondern sie ist wahrscheinlich das Produkt von mechanischer Wasserentziehung und physiologischen Prozessen.

Als mechanischer Vorgang, ohne Berücksichtigung physiologischer Prozesse, liefs sich solche Transpirationsströmung etwa auf folgende Weise erklären: Wie durch osmotische Einwirkung seitens des Substrates, so wird durch die Transpiration den Hyphen Wasser entzogen. Die Stelle des wasserentziehenden Mediums nimmt hier die relativ trockene Luft ein.

Sobald Hyphenenden oder Teile des Mycels ins umgebende Luftmedium gewachsen sind, beginnen sie zu transpirieren. Diese Wasserverdunstung nimmt zu mit der Trockenheit der Luft.

Hierdurch wird Strömung erzeugt, und wie bei osmotischer Wasserentziehung findet Verkleinerung der Vakuolen statt, wodurch Raum für nachströmendes Plasma entsteht.

Der Wasserverlust wird dadurch gedeckt, dafs durch die Hyphen, die sich im Substrat befinden, fortwährend Flüssigkeit wieder aufgenommen und durch die Vakuolen weiter befördert wird.

Demnach läge die Sache ähnlich wie bei den osmotischen Strömungseinwirkungen. Ebenso wie dort finden auch hier nach einiger Zeit Anhäufungen von Plasmamassen an den Enden der Hyphen statt. Da aber das Plasma bei der Transpiration dauernd strömt, so ist auch hier ein Rückstrom vorhanden, von dessen Existenz ich mich oftmals überzeugen konnte.

Demnach kann die Einwirkung der Transpiration keine ganz rein mechanische sein; es müssen neue Momente hinzukommen, die den Rückstrom erzeugen. Diese könnte man zunächst vielleicht wieder in osmotischen Wirkungen seitens des Substrates suchen.

Wird durch starke Transpiration dem Substrat Wasser entzogen, so nimmt die Konzentration desselben zu und das Plasma, welches vorher akropetal strömte, wird nunmehr basipetale Richtung einschlagen und wieder Wasser aus der umgebenden Flüssigkeitsschicht oder der Atmosphäre aufnehmen.

Auch durch stärkeres Wachstum eines Mycelteils, wodurch mehr Hyphen über das Substrat hinausragen als an anderen Stellen, kann solche Rückströmung bewirkt werden.

Hierdurch werden die Hyphen dieses Teiles in den Stand gesetzt, stärker zu transpirieren, mithin lebhafte Strömung nach diesem Teile des Mycels zu bewirken.

Diese Transpirationsströmung kann aber auch als physiologische Reaktion angesehen werden, wie aus folgendem Versuche hervorgeht:

Wenn nämlich die Transpiration des im Hängetropfen befindlichen Objektes dadurch erhalten wurde, dafs sich Glycerin auf dem Boden der Glaskammer befand, so hörte die Strömung auf, wenn das Glyceringemisch $^1/_4$ % Äther enthielt.

Das deutet daher wohl auf irgend eine durch die Transpiration veranlafste physiologische Reaktion; denn die durch osmotische Wirkung erzielte Strömung wird durch Ätherisieren nicht sistiert (vgl. pag. 21).

Nach dem Mitgeteilten fehlt also die Strömung bei submersen Objekten in homogenem Fluidum. Dagegen wird sie erhalten durch Konzentrationsdifferenzen in der umgebenden Flüssigkeit, sowie durch Transpiration in den in Luft befindlichen Hyphenteilen.

Somit wird unter normalen Verhältnissen Strömung beim Einwachsen von Hyphen in Luft hervorgerufen.

Natürlich ist damit nur gesagt, dafs aufserdem keine auffällige Strömung besteht. Auch lasse ich offen, ob nicht doch unter gewissen Umständen bei einigen Pilzen Strömung auch ohne die besagten Einflüsse stattfindet.

Zusammenfassung der Resultate.

Zum Schlusse sei mir eine Zusammenfassung der hauptsächlichsten Ergebnisse gestattet:

1. Die Protoplasmaströmung von Mucor stol. und Phycomyces nitens beruht auf osmotischen und Transpirationswirkungen.

2. Bei Homogenität des Nährsubstrates, also submers, sowie in dampfgesättigtem Raume fehlt die Strömung. Sie tritt erst bei Konzentrationsdifferenzen oder Transpirationstätigkeit ein. Trockene Luft ruft lebhafte Strömung hervor und beschleunigt schon vorhandene infolge stärkerer Transpiration. Wird jedoch durch die Gaskammer, in der sich das Präparat befindet, trockene Luft in raschem Tempo hindurchgesaugt, so endet die hierdurch erzeugte oder stark beschleunigte Strömung mit dem Zusammenschrumpfen einiger und Platzen einer Anzahl Hyphen des Mycels (siehe Fig. 8 u. 9).

3. Die von Ternetz mit Ascophanus carneus angestellten Versuche, die in Hervorrufung von Konzentrationsdifferenzen mittels osmotisch wirksamer Stoffe, z. B. Rohrzuckerlösung, Kalisalpeterlösung etc., bestanden, ergaben für meine Versuchsobjekte dieselben Resultate, nämlich immer Zuströmen des Plasmas nach der Stelle, wo sie zugesetzt wurden.

Ferner zeigen meine Versuche, dafs die Strömung beliebig oft zur Umkehr gezwungen und zirka $^1/_4$ Stunde lang nach der Zuckerlösung ihre Richtung zu nehmen veranlafst werden kann, wenn dafür gesorgt wird, dafs ständig ein gewisses Konzentrationsgefälle herrscht.

4. Die Protoplasmaströmung von Mucor stol. und Phycomyces nitens ist in der Hauptsache ein Hin- und Herfluten des ganzen Protoplasmas. Sie ist weder als Rotations- noch als Zirkulationsströmung zu bezeichnen, sondern erinnert eher an Myxomyceten-Plasmodien, bei denen es sich um eine Massentranslokation des Plasmas handelt. Bei der Strömung dieser Schimmelpilze ist bisweilen auch ein Rücktransport der akropetal vorwärts geschobenen Plasmamassen zu erkennen. Man sieht dann den Zellsaft mit einem Teil des Protoplasmas als Centralcylinder akropetal strömen, während die äufseren Plasmapartieen, gewissermafsen der Cylindermantel, basipetale Richtung innehaben. Dieser basipetale Strom, aus vakuolenfreiem Körnerplasma bestehend, dient dem Rücktransport der im Centrum vorwärtsgeschobenen Plasmamassen (Unterschied der von Ternetz bei Ascophanus carneus beobachteten Strömung).

5. Während das Licht im allgemeinen wenig Einflufs auf die Bewegungen des Plasmas ausübt, kann es bei diesen Schimmelpilzen nach vorhergehender Verdunkelung Strömung veranlassen resp. beschleunigen; analog wie bei anderen Pflanzen nach Ätherisieren (Josing).

6. Erhöhung der Temperatur hat in bezug auf die Strömung dieselben Erscheinungen zur Folge wie bei anderen Pflanzen, desgleichen Temperaturschwankungen.

7. Verletzungen benachteiligen die Plasmaströmung von Schimmelpilzen. Sie bewirken nur ein plötzliches Ausfliefsen von Plasmamassen an der Verletzungsstelle, wonach sie für längere Zeit oder für immer zum Stillstand kommt.

8. Da die Strömung auch noch bei geringer Sauerstoffpressung stattfindet, wird dieselbe bei Zutritt von Luft nicht wesentlich durch das Sauerstoffbedürfnis modifiziert.

Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Untersuchungen wurden im Laufe des Sommers 1903 und des Winters 1903/04 im botanischen Institute der Universität zu Leipzig ausgeführt.

Auch an dieser Stelle erlaube ich mir, Herrn Geheimrat Professor Dr. Pfeffer für die gütige Überweisung dieser interessanten Arbeit und die wohlwollende Unterstützung meiner Studien meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Ebenso bin ich den Herren Dr. Nathansohn und Dr. Miehe zu grofsem Danke verpflichtet.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: 95

Autor(en)/Author(s): Schröter Alfred

Artikel/Article: Über Protoplasmaströmung bei Mucorineen. 1-30