

Zur Physiologie niederer Pilze.

Von

Dr. E. Loew zu Berlin.

Vorgelegt in der Sitzung vom 5. Juni 1867.

Wenn in dem Folgenden auf einem noch wenig betretenen Felde der Pilzkunde Schritte versucht werden, so mag als Entschuldigung der Wunsch des Verfassers gelten, Andere zu Untersuchungen auf diesem Gebiete zu veranlassen. Zwar liegt das Hauptinteresse des gegenwärtigen Standpunktes der Mykologie in der fortschreitenden Kenntniss der morphologischen Entwicklung der Pilze und ihres eigenthümlich verschlungenen Generationswechsels und eigentlich physiologische Fragen werden, wie ein unbekanntes Land, gern vermieden. Allein diese niedrigsten Pflanzengebilde, in ihren Lebensbedingungen genau studirt, werden uns manche Einsicht auch in die Natur höherer Gewächse gewinnen lassen. Eine Reihe trefflicher Arbeiten hat die Bahn nach dieser Richtung hin eröffnet. So Pasteur's epochemachende Forschungen über die Ernährung der Schimmelpilze, Hoffmann's Keimungsversuche, de Bary's überall Licht verbreitende Untersuchungen.

Auf den folgenden Blättern wird nur wenig Neues geboten; es sollen Fragen mehr angeregt, als abschliessend beantwortet werden. Nur eine grosse Menge von Beobachtungen kann auf physiologischem Gebiete entscheiden.

I. Ueber die Wachstumsgeschwindigkeit der Pilzfäden.

Die Ermittlung der Geschwindigkeit des Wachsthum einer Pflanze erfordert:

1. eine auf längere Zeit constante Temperatur,
2. Berücksichtigung der verschiedenen Entwicklungsphasen, die von der Pflanze durchlaufen werden,
3. eine grosse Menge von Beobachtungen.

Sachs (vgl. Experiment. Physiol. d. Pfl. p. 68) zeigte, dass wenn es darauf ankommt, die Vegetationsvorgänge als Funktion der Temperatur darzustellen, ermittelt werden muss, wie das Wachsthum in einer gegebenen Zeit verläuft, wenn die zugehörige Temperatur constant 10° , 15° . . . u. s. w. beträgt. Ferner wies er darauf hin, dass Pflanzen in verschiedenen Stadien und an verschiedenen Organen mit verschiedener Geschwindigkeit wachsen und deshalb dieser Punkt nicht unberücksichtigt bleiben darf.

Endlich ist es wichtig, durch eine grosse Zahl von Beobachtungen, die den Mittelwerth liefern, die Grösse des Beobachtungsfehlers mehr und mehr zu verkleinern.

Alle diese Anforderungen müssen ebenso an die Aufgabe gestellt werden, dem Schritt der Vegetation der Pilze mit dem Maasstabe zu folgen.

Zunächst ist es demnach von Wichtigkeit einen Mittelwerth für ihre Wachsthumsgeschwindigkeit bei nahezu constanter Temperatur zu erhalten.

Man hat bei Schimmelpilzen, die man in dem Gesichtsfelde des Mikroskopes bequem cultiviren kann, zwei Wege zur Auffindung der Wachsthumzunahmen. Entweder man misst mikrometrisch die Länge der in einer bestimmten Zeit aus ausgesäeten Sporen entstandenen Myceliumfäden und dividirt die verschiedenen, summirten Längen durch die Anzahl der gemessenen Individuen oder man stellt in beliebig kleinen Zeitintervallen an denselben Individuen, die unter möglichst normalen Verhältnissen im Gesichtsfelde des Mikroskopes cultivirt werden, mikrometrische Messungen an, die das Vorrücken fortwachsender Fadenspitzen bestimmen. Ich fand es dazu bequem, ein gewöhnliches Okularmikrometer zu benutzen und irgend ein Fadenende A genau an einen bestimmten, z. B. den 20. Theilstrich des Mikrometers zu bringen; darauf wird nach einer bestimmten Zeit der Theilstrich bestimmt, zu dem das Fadenende A durch sein eigenes Wachsthum gelangt ist, es sei z. B. der 30. Theilstrich; hieraus ergibt sich sogleich das Vorrücken der Fadenspitze und die erhaltene Zahl, in Millimetern ausgedrückt und für eine zu Grunde gelegte Zeiteinheit berechnet, liefert die Wachsthumsgeschwindigkeit.

Die erste Methode der Bestimmung ist höchst ungenau, da die Biegungen der Myceliumfäden die Messung ihrer Länge erschweren. Die zweite Methode, directe Bestimmung einzelner, kleiner Wachsthumzunahmen ist ungleich genauer. Da die Zeitintervalle zwischen den Beobachtungen beliebig klein gemacht werden können und in so kurzer

Zeit die Fadenenden fast immer in gerader Linie fortschreiten, wird man den Messungsfehler, der durch Biegung der Myceliumfäden veranlasst wird; völlig eliminiren. Die vermittelt der angegebenen Methode erhaltenen Zahlen, in Theilstrichen des Okularmikrometers ausgedrückt, sind relativ unter sich bei weitem genauer, als sie es absolut genommen und auf Millimetermaasstab reducirt sind. Die wesentlichste Fehlerquelle dieser Methode ist die Ungenauigkeit der Zeitbestimmungen.

Die unten mitgetheilten Zahlenwerthe sind nach der zweiten Methode ermittelt.

Diese Methode erfordert für die Cultur des in Untersuchung stehenden Pilzes möglichst normale Verhältnisse und zugleich die Möglichkeit, sein Wachsthum im Gesichtsfelde des Mikroskopes zu beobachten. Man kann dazu v. Recklingshausen's feuchte Kammer (vgl. de Bary, Beitr. z. Morph. u. Phys. d. Pilze II. Reihe p. 31) benutzen, die auf der Objectplatte einen rings geschlossenen feuchten Raum herstellt. Ich habe einen etwas modificirten Apparat in Anwendung gebracht. Er ist im Wesentlichen ein Glaskasten, der seitliche, schmale Fenster hat; diese Fenster werden durch dicke Lagen feuchten Löschpapiers ausgefüllt. Die obere Wand hat eine Oeffnung zum Durchtritt des Objectivs. Zwei seitliche schmale Spalten gestatten das Einschieben jedes beliebigen Objectträgers, auf dem sich ein im Wachsthum begriffener Pilzrasen befindet. Ich setze den Apparat aus Glasplatten von der Grösse des Objecttisches und schmalen Glasstreifen zusammen, die auf einander gekittet die Seitenwände des Kastens bilden. Ich habe mittelst dieses Apparates die Entwicklung einer Reihe von Hyphomyceten im Gesichtsfelde des Mikroskopes mehrere Tage hindurch verfolgt.

Für jede einzelne Beobachtung wurde die betreffende Temperatur verglichen. Das Thermometer hing neben dem Glasapparat an dem Mikroskope selbst. Die Temperatur war die eines regelmässig geheizten Zimmers und schwankte zwischen 13° und 16° R., die Mitteltemperatur (sämmtlicher Beobachtungen) betrug $14,4^{\circ}$ R.

Die nach verschieden grossen Zeitintervallen bestimmten Wachsthumszunahmen müssen, um unter sich verglichen werden zu können, auf eine bestimmte gleiche Zeiteinheit gebracht werden. Es wurde hier die Minute gewählt, um den begangenen Messungsfehler möglichst zu verkleinern.

Zum Verständniss der Tab. I und II diene Folgendes:

Die untereinander und nebeneinander stehenden Zahlen einer Beobachtungsreihe beziehen sich auf einander. Z. B. das 1. Individuum aus der I. Beobachtungsreihe wurde um 11 U. 45 M. (Column. C.) an einen bestimmten Theilstrich des Okularmikrometers gebracht; dann

wieder nach 1 Stunde 45 Min. um 1 U. 30 M. beobachtet; es hat um 2 Theilstriche zugenommen (Columnne D.); diese Zunahme, auf eine Minute berechnet, gibt die Zahl 0,03, die man in der Columnne F findet; dabei war die Temperatur von 13° auf 16° gestiegen (Columnne H). — Für die Zunahme der Columnne E findet man die daraus für 1 Min. berechneten in der Columnne G.

An den Stellen, die durch Striche ausgefüllt sind, gilt die vertikal zunächst darüberstehende Zahl; wo eine Stelle nicht ausgefüllt ist, ist auch die betreffende Beobachtung ausgefallen.

Unter der Rubrik Bemerkungen ist die Zeit angegeben, die nach der Aussaat der Sporen auf die Nährflüssigkeit verstrichen ist; daneben Anfang und Ende einer Beobachtungsreihe.

Die Messungen sind behufs Auffindung eines Mittelwerths

1. nach Verlauf grösserer oder kleinerer Zeiträume nach der Aussaat und zwischen den einzelnen Beobachtungszeiten, ferner sowohl bei Tage, als bei Nacht angestellt;
2. an verschiedenen Individuen gemacht;
3. unabhängig von einander.

Sämmtliche Beobachtungen wurden an **Penicillium crustaceum** Fr., das auf Traubensaft vegetirte, gemacht.

Tab. I. Wachstum der Myceliumfäden.

Beobachtungsreihe	Datum	Zeit	Wachstumszunahme				Temperatur R ^o	Bemerkungen
			Beobachtet		Berechnet für 1 Minute			
			bei Individ. 1 in Theilstr.	bei Individ. 2 in Theilstr.	bei Individ. 1 in Theilstr.	bei Individ. 2 in Theilstr.		
A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	I.
1. Beobacht.	4. Jän.	11 h. 45 m.					13 ^o	11 ³ / ₄ Stunden nach der Aussaat. Die Beobachtung begann um 11 h. 45 m. Vormittags und wurde um 10 h. 30 m. Abends beendet.
	—	1 „ 30 „	2	2	0,03	0,03	16 ^o	
	—	5 „ 15 „	6,5		0,03		15 ^o	
	—	5 „ 55 „	2		0,05		—	
	—	6 „ 40 „	1	2	0,02	0,04	—	
	—	7 „ 15 „	1	2	0,03	0,05	—	
	—	8 „ „	2	4	0,04	0,08	—	
	—	8 „ 30 „	1	2	0,03	0,06	15,5 ^o	
	—	9 „ „	2	2	0,06	0,07	16 ^o	
	—	9 „ 30 „	1	2	0,03	0,06	—	
—	10 „ „	1	2	0,03	0,06	—		
—	10 „ 30 „		2		0,06	—		
2. Beobacht.	—	11 „ „					—	Die Beobachtung begann um 11 h. Abends, wurde bis 1 h. 45 m. fortgesetzt und am andern Morgen um 10 h. wieder aufgenommen.
	—	11 „ 15 „	1		0,07		16 ^o	
	—	12 „ „	5		0,11		—	
	—	12 „ 45 „	4		0,08		—	
	5. Jän.	1 „ „	2		0,13		—	
	—	1 „ 15 „	1		0,07		—	
—	1 „ 45 „	2,5		0,08		15,2 ^o		
—	10 „ „	47		0,09		13 ^o		
3. Beobacht.	6. Jän.	7 „ „					14 ^o	Die Beobachtung begann um 7 h. Abends und wurde bis 2 h. Nachts fortgesetzt.
	—	7 „ 45 „	6,5	4	0,14	0,08	—	
	—	8 „ 45 „	6	5	0,1	0,08	—	
	7. Jän.	1 „ 15 „	32		0,11		14,7 ^o	
—	2 „ „	5	3,5	0,11	0,07	—		
4. Beobacht.	8. Jän.	11 „ 15 „					14 ^o	23 Stunden nach der Aussaat. Die Beobachtung begann um 11 h. 15 m. Vorm. u. die Wachstumszunahme wurde um 11 h. Nachts bestimmt.
	—	11 „ „	49		0,06		—	
5. Beobacht.	10. Jn.	10 „ 55 „					13 ^o	33 Stunden nach der Aussaat. Die Beobachtung begann um 10 h. 55 m. Vorm. und wurde um 4 h. Nachm. beendet.
	—	11 „ 40 „	10	8	0,22	0,18	—	
	—	12 „ „	6	3	0,3	0,15	—	
	—	12 „ 45 „	10	8	0,22	0,18	—	
	—	1 „ „	5	3	0,33	0,2	—	
	—	4 „ „	40	40	0,22	0,22	—	

Tabelle II. **Wachstum des Conidienträgers.**

Beobach- tungsreihe	Datum	Zeit	Wachsthumszunahme				Temperatur R°	Bemerkungen	
			Beobachtet		Berechnet				
			bei Individ. 1 in Theilstr.	Individ. 2 in Theilstr.	für 1 Minute bei Individ. 1 in Theilstr.	Individ. 2 in Theilstr.			
A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	I.	
6. Beobacht.	19. Jn.	12h. 45m.							Der Conidienträger
	—	10 „	5		0,19				hatte etwa die
	—	10 „ 30 „	5		0,16				Hälfte seiner spä-
									tern Grösse er-
									reicht.
7. Beobacht.	20. Jn.	9h. 30m.					13°		Der Conidienträger
	—	1 „ 5 „	5	6	0,25	0,3	—		befand sich um 12h.
	—	9 „ 30 „		37		0,07	—		45 m. Vorm. in leb-
	—	10 „ 30 „		3		0,05	—		haftem Wachs-
	—	10 „ 45 „		0,5		0,03	—		thum, dasselbe ver-
	—	11 „ 15 „		1		0,03	—		langsamt sich.
	—	11 „ 45 „		0		0,00	—		hörte um 11 h. 45m.
	21. Jn.	3 „ 15 „					—		Nachts auf; um 3h.
									15 m. Nachts hatte
									er die Anlage einer
									Conidie gebildet.

Aus den Columnen F und G der voranstehenden Tab. I ergibt sich für die Wachstumsgeschwindigkeit des Fadenendes von **Penicillium** innerhalb einer Minute bei einer Temperatur von 14,4° die Zahl 0,1, die in Theilstrichen des Okularmikrometers ausgedrückt ist. Es ist 0,1 Th. = 0,00036 Millimeter.

Die Wachstumsgeschwindigkeit beträgt also

für 1 Minute	0,00036 Millim.
„ 1 Stunde	0,0216 „
„ 1 Tag	0,518 „
„ 3 Tage	1,554 „

Ein **Penicillium**keimschlauch würde somit fortwährend in gerader Linie fortschreitend nach 3 Tagen einen Faden von 1½ Mill. Länge erzeugen.

Um dies Resultat mit dem, von der andern, oben angeführten Methode, geliefert zu vergleichen, seien hier die Zahlen hingesezt, die ich erhielt, wenn die nach längerer Zeit aus ausgesäeten **Penicillium**-Sporen entstandenen Myceliumfäden gemessen wurden. Um nicht durch lange Zahlenreihen zu ermüden, stehen hier nur immer die Mittelwerthe von je 30 Beobachtungen. Die Temperatur war dieselbe, wie bei den

Beobachtungen der Tabelle I. (15—16^o). Das zu Grunde gelegte Maas ist wieder ein Theilstrich des Okularmikrometes, die Zeiteinheit die Minute.

Tab. III. **Penicillium** auf Citronensaft.

		Mittlere Länge der Fäden in Theilstr.	Daraus für 1 Minute berechnete Wachs- thumszunahme.
13 Stund.	nach der Keimung . . .	2,5	0,003
25 St. 30 Min.	„ „ „ . . .	20,7	0,024
35 St. 30 Min.	„ „ „ . . .	61,2	0,067
47 St. 30 Min.	„ „ „ . . .	126,7	0,100

Hieraus ergibt sich als mittlere Wachstumsgeschwindigkeit in einer Minute die Zahl 0,058 (in Theilstr.)

Die Wachstumszunahme beträgt also

in 1 Minute . . .	0,0002 Millim.
in 1 Stunde . . .	0,012 „
in 1 Tag . . .	0,288 „
in 3 Tagen . . .	0,864 „

Das Resultat beider Methoden zusammengestellt:

Die Wachstumsgeschwindigkeit in 1 Minute nach der ersten Methode aus der mittleren Länge der Myceliumfäden.	nach der zweiten Methode durch directe Messung der Wachstums- zunahme.
0,0002 Mill.	0,00036 Mill.

Diff. 0,00016 Mill.

Die Abweichung wird durch die Ungenauigkeit der ersten Methode wohl hinreichend erklärt.

Bemerkenswerth ist, dass die letzten Zahlen für die Wachstumszunahme aus der Tab. III, nämlich 0,067 und 0,1 ziemlich gut mit denen in der Tab. I in der Columnne F und G gefundenen übereinstimmen.

Eine Beschleunigung des Wachstums bei constanter Temperatur scheint sowohl aus den Zahlen der Tab. I., als auch der Tab. III hervorzugehen. Kurze Zeit nach der Keimung ist die Wachstumsgeschwindigkeit weit geringer, als nach Verlauf längerer Zeit. Bestätigt sich dies, — und dafür müsste die Zahl der Beobachtungen bedeutend vergrößert werden — so könnte eine solche Acceleration des Wachstums der Pilze etwa durch Folgendes erklärt werden. In der Umgebung eines in Vegetation begriffenen Pilzes ändere sich nur die chemische Zusammensetzung der Nährstoffe; die übrigen äussern Bedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit etc.) werden constant erhalten. Die chemische Verwandtschaftskraft der Stoffmolecüle innerhalb der Nährflüssigkeit setzt der Assimilation des Pilzes einen gewissen Widerstand entgegen;

er muss diesen aufheben, um zu assimiliren. Sobald er assimirt, tritt Zersetzung in der Nährflüssigkeit ein; er wird aber um so schneller assimiliren und damit um so schneller wachsen, je weniger Widerstand er in der die Elemente des Nahrungsmediums chemisch zusammenhaltenden Kraft findet. Dieser Widerstand ist nun grösser bei Beginn der Assimilation, als nach längerer Dauer derselben; denn anfangs bewirkt die Vegetation des Pilzes allein die Zersetzung der ihm dargereichten Stoffe, später aber veranlasst die Gegenwart schon zersetzter Substanz, ähnlich einem Ferment, eine zunehmende Zerfallstendenz des übrigen, noch unzersetzten Stoffs und der von den chemischen Kräften der Assimilation entgegengesetzte Widerstand nimmt fortwährend ab. Der Ausdruck dieses verringerten Widerstands ist die Beschleunigung des Wachsthums.

II. Die directe Aufnahme organischer Nährstoffe.

Es ist ein wesentlicher Unterschied zwischen den chlorophyllführenden Pflanzen, die ihren Stoffbedarf allein der unorganischen Natur entnehmen, und den chlorophyllfreien, wie Pilzen und einigen Schmarotzerpflanzen, die assimilirte, vorgebildete, organische Substanz zu ihrer Existenz verlangen.

Pasteur fand bekanntlich (vgl. de Bary Morph. und Phys. d. Pilz. p. 213) für **Penicillium**, dass es normal vegetirt bei Darreichung der nöthigen Mineralstoffe, organischer, stickstoffhaltiger Substanz (oder eines Ammoniaksalzes) und eines stickstofffreien organischen Stoffes (wie Zucker). Ihm widerspricht Jodin, der auf stickstofffreien Lösungen von Zucker, Glycerin etc. normale Schimmelpilze erzog. Noch übler stellen sich gegen die Pasteur'sche Ansicht die Angaben, nach denen **Penicillium** auf Lösungen von arseniger Säure, Kupfer- und Eisenvitriol vegetiren kann. Ich habe selbst auf dem hiesigen Laboratorium des Hrn. Prof. Karsten 'grosse **Penicillium**rasen auf einer Lösung gesehen, die Thonerde, Eisen und freie Salzsäure (!) enthielt.

Diese Angaben sind offenbar zu widersprechend, um eine abschliessende Meinung über die Stoffaufnahme der Pilze zu gestatten. Es mag genügen, auf einen Punkt aufmerksam zu machen. Pilzsporen, die in grösserer Menge zusammen in eine Flüssigkeit gelangen, bleiben in Häufchen nahe an einander an der Oberfläche der Flüssigkeit suspendirt; indem nun ein Theil der Sporen untergeht, liefert er durch seine Zersetzung das Nährmaterial für die übrigen. Von diesem Zugrundegehen der Sporen auf ungenügendem Nahrungsmedium, etwa Wasser, kann man sich durch directe Beobachtung überzeugen. Auf diese Weise gelangen organische Stoffe ohne absichtliches Hinzuthun in die Umgebung der keimenden Spore. In Culturversuchen, die ich mit Lösungen anor-

ganischer Stoffe, wie Kupfervitriol etc. auf Objectträgern anstellte, erhielt ich immer nur negative Resultate. Die Nährflüssigkeit war chemisch rein und bedeckte in dünner Schicht die Objectplatte; die Sporen wurden sorgfältig überall hin vertheilt; nirgends lag, wie die Musterung mit dem Mikroskop zeigte, ein grösserer Sporenhaufen beisammen. Bei so geleitetem Culturversuche mit **Penicillium** trat nicht einmal Keimung der Spore ein.

Dagegen fand ich, dass **Penicillium**, wenn auch spärlich, doch mit Conidienbildung vegetirt auf Lösungen, die Aschenbestandtheile (darunter kein salpetersaures — und kein Ammoniaksalz) und stickstofffreie Substanz, wie Rohrzucker, Traubenzucker oder Milchzucker enthalten. Die Aussaat wurde auf Objectträger gemacht und ebenso controlirt, wie vorhin. Die Lösungen waren 5–9 procentig. Eine Anzahl der ausgesäeten Conidien gelangte jedoch nicht zur Keimung. Vielleicht lieferten sie den nöthigen Stickstoff. Die erzielten Conidien der Cultur-schimmelpflanzen waren keimfähig.

Die Verschiedenartigkeit der Stoffe, denen die **Hyphomyceten** die nöthige Nahrung zu entnehmen vermögen, erhellt aus folgender Zusammenstellung; bei jeder Cultur ist die Art der Vegetation bemerkt.

Penicillium crustaceum Fr.

Cultur auf Pflanzensäften aller Art (Traubensaft etc.)	}	Ueppige Entwickl.
„ „ Bier		
„ „ Brod	}	Spärlich.
„ „ ölhaltigen Emulsionen		
„ „ Harn	}	Normal.
„ „ Milch		
„ „ Speichel		
„ „ Faeces		

Penicillium cladosporioides Fres.

„ „ Zuckerlösung	}	Normal.
„ „ Brod		
„ „ Pflanzensäften		Ueppige Entwicklung.
„ „ Milch		Spärlich.
„ „ Faeces		Normal.

Trichothecium roseum Lk.

* „ „ Traubensaft	Keimung nicht beobacht.
„ „ Brod	Ueppige Vegetation.
* „ „ Harn	Fast nur Keimungsstadien beob.; selten weitere Entwicklung.
„ „ Milch	Spärlich.

Mucor Mucedo L.

Cultur auf Zuckerlösung	Normal; viel Brutzellen. Nach de Bary Sporangien und Sporangien tragend. Vgl. de Bary u. Woronin Beitr. zur Morph. u. Physiol. der Pilze II. Reihe p. 13.
" " Brod	Ueppig.
" " Milch	Normal.
" " Harn	Spärlich.
" " Faeces	Ueppig. (Nach de Bary hier auch mit Conidien. a. a. O. p. 18).

Mucor stolonifer Ehrbg.

Cultur auf Pflanzensäften (Traubensaft etc.) .	Ueppig. (Ohne Wurzelmycelien und ohne Zygosporen).
" " Pflanzentheilen	
Citronenscheiben	} Ueppig (m. Wurzelmycelien; ohne Zygosporen).
Rettigscheiben	
" " säuerlichen Früchten im abgesperr-	
ten Raume	Nach de Bary mit Zygosporen (a.a O. p. 31).
" " Brod	Ueppig.
" " Harn	Spärlich.
" " Zuckerlösung	Spärlich.

In allen, nur die mit * bezeichneten Fälle ausgenommen, wurde Fructification der Versuchspilze erzielt.

Die Zusammenstellung zeigt z. B. für **Penicillium** eine gewisse Unabhängigkeit von der qualitativen chemischen Beschaffenheit der Nahrung; Kohlenhydrate, Fette, Eiweißstoffe, organische Säuren scheinen sich hier in gewisser Weise vertreten zu können, wenn nur überhaupt stickstoffhaltige und stickstofffreie organische Stoffe vorhanden sind. Dagegen ist spärliches oder üppiges Wachstum offenbar abhängig von der Quantität der in der Nahrung dargebotenen zersetzungs-fähigen organischen Substanz. Es erscheinen ferner gewisse Pilze in der Wahl der Nährstoffe beschränkter als andere (vgl. **Trichothecium**), manche endlich in der Art ihrer Fructification von der Natur der Nährsubstanzen abhängig. (Vgl. **Mucor**).

Bemerkenswerth erscheint das Verhalten von **Penicillium** und **Trichothecium** auf ölhaltigen Medien wie es z. B. mit zerriebener Nuss vermengtes Wasser darstellt. In dem Zellinhalt der Hyphen von **Peni-**

cellium, das auf fettlosen Stoffen cultivirt wurde, zeigen sich nur spärlich hie und da kleine Oeltröpfchen; ganz anders bei Cultur auf Nussflüssigkeit. Hier sind die Fäden dicht erfüllt mit zahlreichen Oelkugelchen, die bisweilen fast die Breite der Zelle selbst erreichen. Am auffallendsten tritt dieser Oeltropfeninhalt hervor, wenn die Bildung der Conidienträger an den Penicilliumpflanzen durch Cultur im engen, von der Luft abgeschlossenen Raume verhindert wird. Selbst die Keimschläuche des **Penicillium** und **Trichothecium** sind schon reich an Oeltröpfchen. Ich habe in einem früheren Aufsätze (über *Arthrotrrys oligospora* *). Bot. Zeit. 1867, p. 73) schon einmal auf diesen Oeltropfeninhalt der **Hyphomyceten**fäden bei Cultur auf ölhaltigen Medien aufmerksam gemacht und auf Tab. 2. B. fig. 3. der bot. Zeit. einen Keimschlauch des **Trichothecium** mit auffallendem Oeltropfeninhalt abgebildet.

Man wird fast zu der Annahme gedrängt, dass der Fettgehalt des Zellinhaltes stammt aus den Fetttropfen der Nahrung; es würde das ein Beweis sein für die directe Aufnahme eines organischen Stoffes durch den Assimilationsprocess des Pilzes; zugleich wäre bemerkenswerth, dass in dem aufgenommenen Fette ein Stoff vorliegt, der vor und nach der Aufnahme in den Pflanzenorganismus ähnliche chemische Constitution (die eines Fettstoffes) besitzt. Doch mag eine solche Hypothese vor der Hand zurückgewiesen werden; es lag nur daran, die Thatsache selbst zu erwähnen.

Für die Assimilation und die Stoffmetamorphose der Pilze haben die bisherigen Beobachtungen noch wenig Material geliefert. Wir wissen, dass in manchen Fällen die in der Spore aufgespeicherte Substanzmenge in den ersten Keimungsstadien zu dem Weiterwachsthum das nöthige Material hergibt bis zum völligen Verbrauch desselben (Vgl. de Bary Morphol. und Physiol. d. Pilze p. 212). Sporen von **Penicillium** keimen z. B. im reinen Wasser und bringen kurze Keimschläuche hervor; sichtbar wird dabei das Protoplasma des Zellinhaltes aufgezehrt. Bei andern z. B. **Mucor stolonifer** beginnt der Assimilationsprocess mit der Keimung selbst.

Die Sporen solcher Pilze keimen nicht im Wasser. (Vgl. de Bary u. Woronin Beitr. z. Morph. u. Physiol. der Pilze. II. Reihe p. 15).

Durch die Assimilation wird bei Zufuhr geeigneten Nährstoffes dieser unter Zersetzung zur Bildung neuen, membranbildenden Protoplasma's verwendet; damit verbunden erscheint ein Oxydationsprocess; denn die Pilze nehmen den Sauerstoff der Luft auf und geben dafür Kohlensäure ab.

Das gebildete Protoplasma wird fort und fort zur Erzeugung neuer Zellmembran verwendet; wir sehen es beständig an den fort-

*) *Arthrotrrys oligospora* Münt. hat sich durch Prof. de Bary als *Trichothecium roseum* Lk. herausgestellt; ich hatte denselben Irrthum wie Münter begangen.

wachsenden Fadenenden thätig und überall zu den Verbrauchsstätten hinwandern. Je mehr die assimilirende Thätigkeit des Pilzes fortschreitet, desto mehr ändert sich der Inhalt der gebildeten Zellen; er erscheint zuerst vacuolenhaltig, körnig und endlich sondern sich Oeltropfen mehr oder minder zahlreich in ihm aus. Bisweilen zeigt sich eine fortschreitende Cellulosebildung in der Verdickung der Zellwandungen oder eine neue Stoffänderung in dem Auftreten von Farbstoffen.

Die Bildung der Cellulose (oder eines verwandten Stoffes) der Membran und des Fettes im Zellinhalt aus plastischem Eiweissstoff (Protoplasma) könnte vielleicht mit der Spaltung der Eiweissstoffe überhaupt durch oxydirende Agentien verglichen werden. Aehnlich tritt das Fett als Spaltungsprodukt des sich zersetzenden Caseïns auf.

Das Verständniß der Aufnahme der Nährstoffe und der damit verbundenen Zersetzung derselben vermittelt folgende Vorstellung.

Durch die Assimilation des Pilzes wird gleichsam das Gleichgewicht innerhalb der Stoffmolecüle seiner Umgebung gestört; sie gerathen in Bewegung, indem einzelne von ihnen in die Sphäre des Organismus gelangt, in andere Stoffcomplexe zerlegt werden. Diese Bewegung theilt sich andern Molecülen mit und gibt sich in dem zunehmenden Zerfall der Nährsubstanzen zu erkennen.

III. Die Unentbehrlichkeit des Sauerstoffs für die Keimung der Pilzsporen.

Die Bedingungen der Keimung der Pilzsporen sind bekanntlich im Allgemeinen:

1. eine zwischen oberer und unterer Grenze eingeschlossene Temperatur.
2. Vorhandensein von Wasser im flüssigen oder gasförmigen Aggregatzustande.

Und in gewissen Fällen

3. Vorhandensein bestimmter Nährstoffe.

Es schliesst sich daran die Frage über die Bedeutung der atmosphärischen Luft für die Keimung. Da der Stickstoff der Luft für das Leben der Pilze gleichgültig ist, so ist es nur der Sauerstoff, der in Betracht kommt. Bekanntlich ist er für den Lebensprocess der Pilze von derselben Bedeutung, wie für alle andern Organismen.

Ich stellte Versuche an über seine Bedeutung für die Keimung der Sporen.

Ein geräumiges, verschliessbares Glasgefäss diente als Keimapparat; in demselben wurde durch verdunstendes Wasser ein feuchter Raum hergestellt; eine quer zwischen die Seitenwände des Gefässes eingeklemmte Holzbrücke trug die Objectträger, die mit der Nährflüssigkeit (Nusseml-

sion) bedeckt zur Aussaat von **Penicillium**sporen benutzt wurden. In dem Gefäße wurde anhaltend Kohlensäure entwickelt, dann dasselbe verschlossen und zugekittet.

Zu gleicher Zeit wurden in einem gewöhnlichen, atmosphärische Luft enthaltenden Keimapparat auf dieselbe Nährflüssigkeit, wie vorhin, Aussaaten gemacht und beide Keimapparate neben einander an einen warmen Ort gestellt.

Nach drei Tagen war die Entwicklung des **Penicillium** in dem gewöhnlichen Keimapparate völlig beendet und die Pilzrasen hatten zahlreiche Conidienträger mit langen Sporenketten gebildet.

In dem mit Kohlensäure gefüllten Apparate war auf den Objectträgern nicht eine einzige Spore gekeimt, obgleich die letztern durch Wasseraufnahme angeschwollen waren.

Die Objectträger wurden darauf aus der Kohlensäureatmosphäre entfernt und in einen gewöhnlichen, atmosphärische Luft enthaltenden Keimapparat gebracht.

Hier keimten die Sporen sogleich nach wenigen Stunden und an den Myceliumfäden entstanden nach 2 Tagen normale Conidienträger; nach 3 Tagen war auch hier die Entwicklung beendet.

Ich glaube keinen andern Grund für das Nichtkeimen der Sporen in dem Kohlensäureapparate annehmen zu können, als eben die Gegenwart der Kohlensäure und das Fehlen des Sauerstoffes.

Die Feuchtigkeit des verschlossenen Apparates war hinreichend, da die Nährflüssigkeit auf dem Objectträger nicht im Geringsten verdunstet war. Die Nährflüssigkeit selbst genügte für die Entwicklung des Versuchspilzes, wie die nachfolgende Cultur in dem mit Luft gefüllten Apparate bewies.

Das Gelingen dieser Cultur nimmt zugleich den Einwand fort, dass die ausgesäeten Sporen etwa zufällig nicht keimfähig gewesen seien.

Der Sauerstoff ist hiernach für die Keimung der **Penicillium**sporen ebenso nothwendig, als für den ganzen Lebensprozess desselben überhaupt. Es ist jedoch dabei zweifelhaft, ob der Mangel des Sauerstoffes die Zersetzung der Nährsubstanz und damit die Vegetation des Pilzes verhindert oder ob er in der Spore selbst den bei der Keimung nothwendig eintretenden Stoffwechsel unmöglich macht.

IV. Die Unabhängigkeit der Schimmelpilze vom Licht.

Der Mangel des Chlorophylls bei den Pilzen macht es von vorn herein unwahrscheinlich, dass sie des Lichtes bei ihrer Assimilation bedürfen.

Doch scheinen einige, von Jul. Sachs (vgl. *Experim. Physiol. d. Pfl.* p. 31) zusammengestellte Beobachtungen darauf hinzudeuten, dass

Tag und Nacht nicht überall den gleichen Einfluss auf die Entwicklung der Pilze haben: **Pilobolus** soll nach Cohn am Abend die Sporenbildung beginnen und in der Nacht vollenden, die Sporen von **Peronospora macrocarpa** keimen nach de Bary besser im Finstern, als im Lichte etc.

Seit längerer Zeit bekannt sind ferner die Krümmungen der jungen Sporangienträger einiger **Mucorineen** unter der Einwirkung des Lichtes; sie kommen jedoch nicht allen Mucorineen zu und fehlen z. B. bei **Mucor stolonifer** Ehrb. (Vgl. de Bary u. Woronin Beitr. z. Morph. und Phys. d. Pfl. II. p. 31).

Für die Conidienbildung einiger **Hyphomyceten**, wie **Penicillium**, **Trichothecium** etc. muss ich nach meinen Erfahrungen behaupten, dass sie sowohl am Tage wie bei Nacht stattfindet.

Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Wachthumsgeschwindigkeit kann ich nach der geringen Zahl der oben (unter I) angeführten Beobachtungen kein Gesetz aufstellen.

Ich prüfte zunächst durch Versuche, ob die Entwicklung von Hyphomyceten bei Ausschluss von Licht ebenso von Statten geht, als im Wechsel von Tag und Nacht.

Dazu benutzt wurden zwei Keimapparate — Glasschalen, mit Wasser gefüllt und mit Glasglocken bedeckt; — in den Apparat hinein wurden auf eine feste Unterlage Objectträger gebracht; auf diese die Nährflüssigkeit*) gethan und Sporen von **Penicillium** darauf ausgesät.

Der eine Keimapparat wurde dem Wechsel von Tag und Nacht ausgesetzt; der andere in einen rings verschlossenen Kasten gestellt und darauf in das Fach eines verschlossenen Schrankes gebracht. In beiden Keimapparaten befanden sich auf den Objectträgern die Sporen des **Penicillium** unter sonst gleichen Bedingungen.

Nach 5 Tagen wurden die Objectträger herausgenommen und untersucht.

In beiden Apparaten hatte eine völlig gleiche Entwicklung des **Penicillium** stattgefunden; die Conidienträger, ihre Verzweigung, die Länge der Conidienketten stimmte überein; der blaugrüne Farbstoff der letztern war bei beiden vorhanden; und Aussaats-Versuche zeigten, dass die im Dunkeln erzeugten Conidien ebenso keimfähig waren und neue fructificirende Individuen hervorbrachten, als die im Wechsel von Tag und Nacht gebildeten.

Für **Penicillium** zeigte sich somit eine völlige Unabhängigkeit vom Licht.

Eine zweite, ähnliche Versuchsreihe machte ich mit **Mucor stolonifer**. Es wurden dieselben äussern Bedingungen, wie vorher angewandt. Nur säete ich die im Dunkeln erzeugten Sporen immer wieder unter denselben Bedingungen aus und prüfte so, 4 Generationen hindurch die Entwicklung derselben. Jede Generation zeigte sich der vorigen ähnlich; die mäusegraue Farbe der Sporen war bei allen vorhanden.

Auch für **Mucor stolonifer** stellte sich, 4 Generationen hindurch, Gleichgültigkeit gegen den Lichteinfluss heraus.

Berlin, im April 1867.

*) Traubensaft.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Früher: Verh. des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"](#)

Jahr/Year: 1867

Band/Volume: [17](#)

Autor(en)/Author(s): Loew Ernst

Artikel/Article: [Zur Physiologie niederer Pilze. 643-656](#)