FLORA.

56. Jahrgang.

№ 25. Regensburg, 1. September 1873.

Inhalt. Dr. Oskar Brefeld: Mucor racemosus und Hefe, nebst einigen Bemerkungen zur Systematik der Pilze.

Mucor racemosus und Hefe,

nebst einigen Bemerkungen zur Systematik der Pilze.

Von Dr. **Oskar Brefeld.**

Meine Untersuchungen über *Mucorinen*, welche ich zum Zwecke einer monographischen Behandlung dieser Pilze seit 4 Jahren fortsetze, haben bei den einzelnen Arten im Wesentlichen nur zur Wiederholung der Thatsachen geführt, die ich in dem ersten Hefte der „Schimmelpilze" beim *Mucor Mucedo* ausführlich mitgetheilt habe. Nur bei einer kleinen Abtheilung, die durch den *Mucor racemosus* am besten repräsentirt wird, begegnete ich einer Abweichung vom normalen Entwickelungsgange der *Mucorinen*, welche ich schon früher andeutete [1]) und hier mit einigen für die Systematik daraus zu ziehenden Consequenzen zum Gegenstande einer kurzen vorläufigen Mittheilung machen will.

Es ist bekannt, dass aus einer *Mucor*-Spore bei geeigneter Cultur ein Mycelium hervorgeht, welches, abgesehen von seinen mächtigen Dimensionen und seinem schnellen Wachsthum, von den Mycelien der meisten übrigen Schimmelpilze dadurch ausgezeichnet ist, dass es bis zum Beginne der Fructification einzellig bleibt. Aus dem einzelligen Mycelium geht eine Fruchtanlage in der Einzahl hervor, für welche der Inhalt des Myceliums verwendet wird. Nur bei grossen Mycelien findet beim Eintritt der Fructification erst eine Theilung der Mycelien durch Scheidewände statt in so

1) Zygomyceten. *Mucor Mucedo* S. 24. Leipzig 1872.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0387-5

viele Abtheilungen, als einzelne Fruchtanlagen gebildet werden sollen; für sie wird dann je der Inhalt der einzelnen Theilabschnitte aufgeboten. Die Mycelien fructificiren gewöhnlich nur ungeschlechtlich in Form eines Fruchtträgers, welcher oben mit einem Sporangium abschliesst. In selteneren Fällen bilden sich durch geschlechtlichen Vorgang Zygosporen, die nach längerer Ruhe direct je einen Fruchtträger erzeugen, welcher von dem ungeschlechtlich gebildeten nicht wesentlich verschieden ist.

Von diesem hier kurz angedeuteten, für die *Mucorinen* im Allgemeinen geltenden Entwicklungsgange weicht nun der *Mucor racemosus* unter gewissen Bedingungen in einem Punkte etwas ab.

Dieser durch seine Kleinheit ausgezeichnete *Mucor* wurde zuerst von Fresenius (Beiträge zur Mycologie) unterschieden und benannt; später untersuchte ihn Hoffmann, der in seinen Icon. analyticae in sehr zahlreichen Abbildungen die Structur der Sporangien klar zu machen strebte.

Werden die Sporen des *Mucor racemosus* auf angefeuchtetes Brod oder sonst auf festes feuchtes Nährsubstrat gesäet, so bilden sich die normalen Mycelien und Fruchtträger; es fällt dabei nur auf, dass der *Mucor* sich viel schneller noch als die übrigen entwickelt, und dass die mit der Fructification im Mycelium auftretenden Theilungen sehr zahlreich sind, mithin die Theilabschnitte für die einzelnen Fruchtträger kleiner ausfallen. Dadurch erklärt es sich leicht, wesshalb auch die Fruchtkörper kleiner sind, aber dafür um so zahlreicher erscheinen. — Wird hingegen der *Mucor* statt auf festes Substrat in Flüssigkeiten versenkt, wo die normale zeitgemässe Fructification, wie sie an der Luft vor sich geht, nicht erfolgen kann, so tritt eine etwas modificirte Entwickelungsform an ihre Stelle. Zunächst wachsen aus den Sporen Mycelien hervor wie in allen anderen Fällen. Nach 12—24 Stunden, wenn das Bedürfniss der Mycelien zur Fructification, zur Sporangienbildung (die aber hier unter Flüssigkeit nicht stattfinden kann) herannaht, zertheilen sich die Mycelien ihrer ganzen Länge nach durch Scheidewände, die an den Enden zuerst auftreten und mehr oder minder regelmässig centripetal fortschreiten. Die Scheidewände stehen ganz unregelmässig, hier dicht zusammen, dort weiter von einander entfernt. Die durch sie gebildeten (Mycelabschnitte) Zellen haben folglich durchaus keine regelmässige Gestalt; sie sind bald etwas kürzer als breit, bald übertrifft ihre Länge um das 10—20fache

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0388-0

ihren Breitendurchmesser. Die Zellen nehmen schnell an Ausdehnung zu, und da dies allseitig zu geschehen pflegt, so runden sie sich an ihren Berührungspuncten ab und trennen sich von selbst oder bei der leisesten Berührung von einander. Mit diesem Wachsthum verändert sich auch ihr Inhalt; die Vacuolen verschwinden, das Protoplasma wird körnchenfrei und nimmt ein gleichmässiges stark lichtbrechendes Ansehen an. Schliesslich verdicken sich auch noch die Membranen, und aus dem früher einzelligen Mycelium sind durch die Verhinderung normaler Fructification eine Masse von Ruhezellen hervorgegangen, die vorläufig ihre Stelle zu vertreten scheinen. Der Dauerzustand der Zellen pflegt jedoch nur kurze Zeit zu währen, wenn die Nährflüssigkeit ein weiteres Austreiben derselben gestattet. Schon nach wenigen, spätestens 6 Stunden treiben sie von Neuem aus. Hierbei wird ihre äussere glatte Haut gesprengt und in Continuität mit der inneren Membran kommen Keimschläuche hervor, genau denen gleich, welche aus einer gewöhnlichen Spore auskeimen. Da die Keimschläuche sich in der Nährflüssigkeit unter denselben Bedingungen befinden wie die früheren und wieder nicht fructificiren können, so gehen aus ihnen wiederum Ruhezellen hervor; und dieser Vorgang kann sich mit jeder neuen Generation von Ruhezellen so lange wiederholen als überhaupt noch Nährlösung vorhanden ist. Er wiederholt sich aber in den späteren Generationen nicht genau in derselben, sondern in einer allmählig modificirten Weise. Die Keimschläuche werden nämlich mit der Zunahme der Vegetation in der Flüssigkeit immer kürzer und gehen allmählig in eine Sprossung über, wie wir sie bei der Hefe *(Saccharomyces)* kennen. Die schon in ihrer Anlage kugeligen Sprosse gehen wieder in Dauerzellen über, wobei sie sich an ihrem kurzen Isthmus von einander trennen und in eine Masse kugeliger Zellen zerfallen. — Werden junge Keimlinge von *Mucor racemosus* in magerer Nährflüssigkeit schlecht ernährt, so sind sie protoplasmaärmer und dünner als gewöhnlich. Wenn nun später die Theilung im Mycelium eintritt, wandert mit der Theilung der Inhalt in einzelne Zellen, die zu Ruhezellen werden, während die zwischenliegenden Zellen (Myceltheile) leer bleiben. In diesem Falle haben die Mycelien von den einzelnen inhalterfüllten Ruhezellen einen rosenkranzförmigen Character; diese trennen sich natürlich nicht, weil sie weit von einander gelegen sind. Aehnliche Bildungen beobachtet man auch an solchen Mycelien, die nur theil-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0389-9

weise normal fructificiren können z. B. an der Oberfläche von Nährflüssigkeit, und zwar hier an den untergetauchten Theilen.

Diese hier in ihrer Entstehung und Form beschriebenen Gebilde sind seit lange bekannt. Berkeley[1]) hat sie schon im Jahre 1838 gesehen, später sind sie von Zabel und Bail[2]) beschrieben. Sie haben den unglücklichen Namen „Kugelhefe oder Gliederhefe" bekommen, sind ferner auch „Gemmen" genannt worden.

Bail führt sie auf *Mucor* zurück. Dieser hängt aber nach seiner Ansicht mit *Saccharomyces*, der eigentlichen Hefe, genetisch zusammen. Hierdurch kam es, dass sie später von dieser nicht mehr unterschieden wurden. Hoffmann bezeichnet sie als „*Mucor*-Hefe" verschieden von gewöhnlicher Hefe, die von *Penicillium* etc. abstammt.[3]) Nach ihm ist Hefe nur als besonderer Zustand verschiedener Schimmelpilze anzusehen. — War hiernach ihre Abstammung von *Mucor* auch ausser Frage gestellt, so blieb eine weitere Unklarheit darüber, welchem *Mucor* sie entstammten. De Bary und Woronin[4]) schreiben sie dem *Mucor Mucedo* und dem *Mucor racemosus* zu, ebenso Rees[5]) und noch ganz neuerdings leitet Fitz[6]) sie vom *Mucor Mucedo* ausschliesslich ab.

Um über den morphologischen Werth und die wahre Bedeutung dieser eigenthümlichen Zellen klarer zu werden, genügt es ihren Ursprung festzuhalten und ihrer weiteren Entwicklung unter anderen Bedingungen nachzugehen als sie in Flüssigkeiten obwalten. — Die Gliederung der Mycelien durch Scheidewände findet, wie oben angedeutet, vor dem Beginne der Fructification behufs Anlage der verschiedenen Fruchtträger bei allen *Mucorinen* statt, wenn ihre Mycelien sehr gross sind. Bei dem *Mucor racemosus* ist diese Gliederung auch normaler Weise weit zahlreicher wie bei den andern Mucorarten, ein Grund wesshalb seine Fruchtträger ausnehmend klein sind. Die Theilung der Mycelien unter der Nährflüssigkeit und der Zeitpunkt, wann sie eintritt, sind also normal, abweichend ist nur die etwas grös-

---

1) Magaz. of Zoolog. and Botany Vol. II. p. 340.

2) Flora 1857 p. 417.

3) Botanische Zeitung 1869. Ueber Bacterien.

4) Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze, *Mucor Mucedo.*

5) Botanische Untersuchungen über die Alkoholgährungspilze. Leipzig 1870.

6) Bericht der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin 1873. Ueber alcoholische Gährung durch *Mucor Mucedo.*

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0390-3

sere Zahl der Scheidewände, sie ist aber von untergeordneter Bedeutung. Der Theilung der Mycelien folgt sonst bei *Mucor* unmittelbar die Fructification, die Anlage von Fruchtträgern aus den Theilabschnitten der Mycelien. Diese Fructification kann nun aber hier *unter Flüssigkeiten* nicht vor sich gehen und so haben sich die hierzu vorbereiteten Mycelstücke die Fähigkeit angeeignet in einen Ruhezustand überzugehen, aus dem sie durch weiter obwaltende Keimungsbedingungen innerhalb der Nährlösung zu neuen Aussprossungen vorzugehen vermögen. Soll diese Deutung richtig sein, so muss nothwendig dann, wenn die Zellen aus der Flüssigkeit, welche sie an der normalen Fructification hindert, heraus an die freie Luft gebracht werden, eine directe Sporangienbildung aus ihnen vor sich gehen. Dies ist in der That der Fall. Werden die Zellen abfiltrirt und von aller Nährlösung abgewaschen der Luft ausgesetzt, so tritt in 1—3 Tagen eine massenhafte Auskeimung ein. Aus jeder Zelle entwickelt sich direct ein kleiner Fruchtträger mit einem kleinen Sporangium. Seine Grösse wechselt nach der Grösse der Dauerzellen, ebenso die Zahl der Sporen. Ich fand winzig kleine Sporangien mit 4 Sporen, andere hatten bis 24. Die gebildeten Fruchtträger sind mit allen Eigenthümlichkeiten der Fruchträger von *Mucor racemosus* ausgerüstet. Im Sporangium eine kleine, oft kaum sichtbare d. h. fast horizontal gestellte Columella (Scheidewand, welche den Fruchtträger vom Sporangium trennt), und in einzelnen Fällen hatte sogar die Sporangienmembran kleine Verzierungen aus oxalsaurem Kalk. Aus jeder Spore eines Sporangiums ging wieder ein gewöhnliches Mycelium hervor. — Fassen wir die Thatsachen kurz zusammen, so lassen sie sich dahin deuten, dass die in Rede stehenden Zellen des *Mucor racemosus* zur Fructification bestimmte Myceltheile sind, welche in einen Dauerzustand überzugehen vermögen, wenn sie nicht normal fructificiren d. h. nicht mit der freien Luft in Berührung kommen können. Werden sie ohne jegliche Nährflüssigkeit dieser ausgesetzt, so geht bald die Fructification vor sich.[1]) — Sie vermögen auch ohne Fructification

1) Natürlich findet dies nur im feuchten Zustande im dunstgesättigten Raume statt. Trocken aufbewahrt behalten die Dauerzellen ihre Keimkraft länger wie ein halbes Jahr.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0391-9

die Vegetation fortzusetzen, wenn sie unter Flüssigkeit weiter ernährt werden.

Die beschriebenen Dauerzellen im Mycelium von *Mucor racemosus* kommen (ausser bei dessen Verwandten) bei den übrigen *Mucorinen* nicht vor[1]). Ihre Mycelien gliedern sich zur Fructification auf weite Strecken und diese vermögen nicht einen scharf ausgeprägten Ruhezustand anzunehmen. Beim *Mucor Mucedo* fand ich vereinzelt, ganz kleine Mycelien in einem Zustande, der an die Dauerzellen des *M. racemosus* erinnerte, er währte aber nur wenige Tage, dann platzten die Schläuche, entleerten einen dicken bald dunkel werdenden Klumpen Protoplasma und starben ab. — Diese *Mucorinen* leben in Nährflüssigkeiten versenkt nur mangelhaft, um so mangelhafter je tiefer sie eingesenkt sind. Am Boden einer 6 Zoll hohen Flasche, die bis zur engen Oeffnung ganz gefüllt, sonst aber nicht verschlossen war, starben die sehr kleinen oft kaum über einen Keimschlauch hinausgekommenen Keimlinge schon nach einigen Tagen ab. Sie müssen um gut zu gedeihen mit freier Luft in Berührung sein auf feuchtem festem Substrate oder an der Oberfläche von Flüssigkeit. Hierin macht der *Mucor racemosus* eine Ausnahme, er lebt und gedeiht in Flüssigkeit ganz vortrefflich.

Es wurde oben schon kurz angedeutet, dass die Form der Aussprossung des *Mucor racemosus*, wenn er in Flüssigkeit lebt, mit der Länge seines Aufenthalts in dieser, allmählig eine Aenderung erfahre, dass die Fadenform des Schlauches sich langsam modificire und schliesslich genau die Sprossung ächter Hefe *(Saccharomyces)* nachahme. Diese Veränderung der Sprossung rührt daher, dass unter der Lebensthätigkeit des *Mucor* die Flüssigkeit allmählig sauer wird, und die saueren Eigenschaften der Flüssigkeiten sind es, welche die Keimschläuche des *Mucor* in ihrer Gestalt beeinflussen, bis sie schliesslich ihre Fadennatur vorlieren und in kurze kugelige Sprosse übergehen. Die Flüssigkeit wird nämlich sauer von Kohlensäure, mit der sie sich bei der Zunahme der Vegetation allmählig sättigt. Dass es hier wirklich die Kohlensäure ist, welche mit ihrer Zunahme in der Flüssigkeit die hefe-

1) Bei *Pilobolus* sammelt sich mitunter der Inhalt der Mycelien an einem Punkte zu einer monströsen Zelle an, die Dauerzustand annimmt, und später direct aus sich einen grossen Fruchtträger entwickelt.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0392-5

artige Sprossung herbeiführt, kann ganz direct bewiesen werden. Leitet man nämlich über die Culturflüssigkeit, in der sich die keimenden Zellen des *Mucor racemosus* befinden, einen Strom von Kohlensäure [1]) tagelang und hat man Apparat und Vorrichtungen hierbei so getroffen, dass man 14 Tage hindurch ein und dieselbe Zelle bei 300facher Vergrösserung verfolgen kann, so sieht man direct, wie nun die Sprossung vor sich geht, sieht bis in's Einzelne genau, wie nach einigen, im Winter erst nach 8 Tagen ein grosses Conglomerat hefeartiger Sprossungen aus einer Zelle hervorsprosst und endlich nach der Theilung am Isthmus in den Ruhezustand, in Dauerzellen übergeht. Auf das Schlagendste kann man nun darthun, dass nur die Kohlensäure mit ihren sauren Eigenschaften wirksam war, wenn man die Kohlensäure durch Wasserstoff ersetzt; es gehen dann aus den kugeligen Sprossen wieder normale Keimschläuche hervor.

Andere *Mucorinen* haben nicht die Eigenthümlichkeit hefeähnlicher Sprossung unter dem Einflusse der Kohlensäure. Doch vermögen sie ebenso wie *Mucor racemosus* durch vegetabilische Säuren ihre Sprossform zu Gunsten hefeartiger Sprossung abzuändern. — Kultivirt man *Mucor (Thamnidium) elegans*, *Mucor Mucedo* etc. in Citronensaft, dem man eventuell noch etwas Citronensäure zusetzen kann, so schwellen die Sporen zu enormen Kugeln an, welche mehrfach seitlich austreiben. Ihre Sprosse nehmen wiederum Kugelgestalt an und dies geht eine zeitlang fort, bis entweder dies so gebildete monströse Conglomerat von Kugeln abstirbt, oder an irgend einer Stelle zur mangelhaften Fructification kommt. Dies geschieht jedoch nur selten, weil die Sprossungen sichtbar unter dem Einflusse der Säure leiden und darum häufig nach kurzer Zeit zu Grunde gehen. Setzt man jedoch, ehe dies geschieht, soviel Ammoniaklösung zu dem Culturtropfen, dass die Flüssigkeit kaum noch sauer bleibt, so treiben die kurzen kugeligen Sprosse sofor wieder normal zu Fäden aus und lassen somit keinen Zweifel, dass auch hier nur die Säure die Form der Sprosse beeinflusste.

---

1) Es ist hier nicht von chemisch reiner Kohlensäure die Rede, sondern von einer solchen, die man aus Marmor und Salzsäure durch Waschen mit doppelt kohlensaurem Natron ohne weitere Vorsichtsmassregeln für ihre Reinheit gewinnt. — Ich werde über eine Reihe von Beobachtungen über Pilzentwicklung in Gasen gelegentlich einer späteren Arbeit über „Gährung" Näheres mittheilen, womit ich im pflanzenphysiologischen Laboratorium in Würzburg 2 Semester beschäftigt war.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0393-1

Diese hefeartigen Aussprossungen, welche bei den *Mucorinen*, speciell bei dem *Mucor racemosus* vorkommen können, sind wohl schon mehrfach gesehen worden und haben bei unrichtiger Deutung zu mancherlei Irrthümern und Verwirrungen geführt. Bail[1]) und andere geben an, dass der *Mucor* in gährungsfähige Flüssigkeiten versenkt hefeartig aussprosse, und da sie dabei Gährung eintreten sahen, so sagten sie, der *Mucor* geht in Hefe *(Saccharomyces)* über, wenn er in gährungfähige Flüssigkeit kommt. Dieser Schluss beruht auf einer Vermischung morphologischer und physiologischer Momente und ist nicht richtig. *Mucor* bleibt *Mucor*, ob er in gährungsfähiger oder nicht gährungsfähiger Lösung wächst und geht an keiner Stelle in Hefe über. Dies betont auch Rees[2]) ganz richtig, der sich eingehend mit Hefe und nebenbei mit Mucorinen beschäftigte. Doch fand auch Rees, dass der *Mucor Mucedo* und *racemosus* in gährungsfähiger Flüssigkeit z. B. Traubenzuckernährlösung aussprösst wie Hefe. Diese Angabe ist nun aber, wie aus dem Mitgetheilten hervorgeht, in dieser Fassung nicht zutreffend. Weder *Mucor Mucedo* noch *Mucor racemosus* sprossen dort hefeartig aus, sie bilden vielmehr ganz normale Keimschläuche, welche sich, aber nur bei dem *Mucor racemosus* welcher in Flüssigkeiten gut leben kann, aus den periodisch aus ihnen gebildeten Ruhezellen stets erneuern und mit der allmähligen Sättigung der Flüssigkeit durch Kohlensäure eine mehr und mehr hefeartige Sprossung annehmen. Es ist also nicht die gährungsfähige Flüssigkeit, welche hier einen directen Einfluss ausübt. — Hiermit sind zugleich die genetischen Beziehungen von *Mucor* zur Hefe, die aus einer irrthümlichen Identificirung der hefeartigen Aussprossungen von *Mucor racemosus* und deren Ruhezellen mit wirklicher Hefe „*Saccharomyces*" hervorgegangen, ein für allemal erledigt. Die sogenannte *Mucor*-Hefe hat mit der wirklichen Hefe nichts zu thun. — *Saccharomyces* bildet für sich eine eigene Gattung von Pilzen, deren Eigenschaften wesentlich darin bestehen, dass sie durch die typisch hefeartige Sprossform wachsen, dass die einzelnen fast kugeligen Sprosse sich von einander trennen und in Nährflüssigkeit unbegrenzt weitere Sprossungen treiben. Es kann nun die Frage entstehen, ob wirkliche Hefe ihre eigenthümliche Sprossform vielleicht auch nur unter dem Einflusse ihrer Nährflüssigkeit ange-

1) Mittheilungen über das Vorkommen und die Entwicklung einiger Pilzformen. Danzig 1867.

2) Alcoholgährungspilze. Leipzig 1870.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0394-7

nommen habe, ob sie vielleicht unter anderen Bedingungen, an der freien Luft oder in sehr dünner Schicht ganz neutraler Lösungen, ihre Gestalt ändern und etwa in die Fadenform übergehen könne. Ich habe Versuche nach dieser Richtung in allen Variationen gemacht, aber immer nur mit negativem Erfolge. Ich will sie nicht einzeln anführen, sondern nur andeuten, dass ich bei diesen Versuchen stets die einzelne Hefezelle beobachtete, und dass Verwechselungen mit eingeschlichenen oder der Hefe beigemengten Pilzen und dadurch entstehende Beobachtungsfehler ausgeschlossen waren. Die wirkliche Hefe nimmt niemals Fadenform an, die hefeartige Sprossung ist ihr unter jeglicher Lebensbedingung eigenthümlich, ist ihr besonderer Character. — Dagegen konnte ich mich, wenn ich den Entwicklungsgang des *Mucor racemosus* mit dem der Hefe verglich, wenn ich dabei die Schnelligkeit des Wachsthums, die Aehnlichkeit der Lebensbedingungen beider berücksichtigte, des Gedankens nicht erwehren, dass dieser *Mucor*, von den mir bekannten der einfachste seiner Art, in systematischer Beziehung dem *Saccharomyces* nicht fern stehen könne. — Die Hefe sprosst ohne Ordnung und Regel, die Sprosse theilen und trennen sich mit der Zeit an den engen Berührungstellen von einander und sprossen dann von Neuem aus, und dieser Vorgang dauert fort so lange, als die Lebensbedingungen, d. h. die Nährflüssigkeit dieselbe bleibt. Werden die einzelnen Sprosse aber von der Nährflüssigkeit befreit, treten sie mit der Luft in Berührung, ohne dass ihnen zugleich die Möglichkeit des Wachsthums gegeben ist, so verwandelt sich jede Hefezelle in ein Sporangium mit 2 oder 4 Sporen. Aus diesen gehen in Flüssigeiten wieder gewöhnliche Hefesprossungen hervor. [1]) — Diese Thatsachen stimmen genau mit dem, was wir jetzt vom *Mucor racemosus* kennen. Die fadenförmigen Keimschläuche und Mycelien sind im morphologischen Aufbau nicht verschieden von den sprossähnlichen, dies beweist schon der Umstand, dass sie unter gewissen Bedingungen in einander übergehen können. Die Zertheilung der Sprosse findet bei der Hefe und den hefeartigen Sprossungen des *Mucor racemosus* in gleicher Weise statt. Ruhezustände sind relative aber keine morphologischen Begriffe, und es ist eine geringe Modification, wenn sie der Hefe nicht in dem ausgezeichneten Grade

1) Auf festem Nährsubstrat gedeiht die Hefe nur mangelhaft, sie unterliegt bald gegen andere Pilze; ihr eigentliches Element ist die Flüssigkeit.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0395-2

(fehlen thun sie auch hier nicht) zukommen. Aus der Nährflüssigkeit entfernt der Luft ausgesetzt bildet jede Hefezelle ein kleines Sporangium mit wenigen Sporen; dasselbe geschieht bei den einzelnen Sprossen des *Mucor racemosus*, wenn sie mit Luft in Berührung kommen. Das Sporangium ist bei letzterem complicirter gebaut und diese grössere Complication des Baues entspricht der höheren Entwickelung, die der *Mucor* gegen den *Saccharomyces* erreicht hat. — Nach diesen hier kurz recapitulirten Daten herrscht vollkommene Uebereinstimmung im Entwickelungsgange beider Pilze und ich glaube, wir sind auf Grund derselben genügend berechtigt, den *Saccharomyces* in die Nähe der *Mucorinen* zu stellen und zwar als einfache Form.

Es steht nun die hier getroffene und begründete Classification von *Saccharomyces* im Widerspruche mit der seitherigen systematischen Stellung, welche ihm Rees[1]) gegeben; es bedarf darum noch des Nachweises, dass und warum diese letztere weniger oder nicht berechtigt ist. — Rees, der die Sporenbildung in einer Hefezelle zuerst gefunden hat, fasst sie als Ascus auf, indem er vorzugsweise, wie man seither bei dem Begriffe des Ascus gethan, auf die freie Zellbildung der Sporen im Innern der Mutterzelle Gewicht legt. Er sieht hiernach in der Hefe einen einfachen Ascomyceten, den Ausgangspunct dieser Gruppe. Diese Auffassung ist zunächst bezüglich der freien Zellbildung nicht stichhaltig, in der darauf gegründeten Deutung eines Ascus zur Zeit wohl nicht mehr zutreffend. Als Ascus oder Asci müssen wir doch jetzt die in ihrem Innern Sporen erzeugenden Schläuche auf der zweiten ungeschlechtlichen Generation bezeichnen, welche aus einem befruchteten Ascogon hervorgeht bei einer sehr hoch entwickelten Pilzgruppe, den Ascomyceten. Wo ist nun aber bei der Hefe das Ascogon? Wo ist die ascentragende ungeschlechtliche aber geschlechtlich erzeugte 2. Generation? Die Sporangienbildung ist hier nur eine ungeschlechtliche Fortpflanzung, eine blosse Propogation. Sie kann wohl nicht auf Grund freier Zellbildung mit einem Ascus identificirt werden, beide sind nicht morphologisch und physiologisch vergleichbar. Zudem ist die Sporenbildung in einer Hefezelle von der im *Mucor*-Sporangium gar nicht verschieden. Ich habe den Vorgang in den „*Zygomyceten*" beim *Mucor Mucedo*[2]) ausführlich beschrieben und gezeigt, dass

1) Alkoholgährungspilze. Leipzig 1870.
2) Schimmelpilze. *Mucor Mucedo*. Leipzig 1872.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0396-8

hier bei den *Mucorinen* Beziehungen zwischen freier Zellbildung und simultaner Theilung bestehen, welche eine Unterscheidung beider nur in extremis zulässig erscheinen lassen. — Es geht hieraus hervor, dass die systematische Stellung der Hefe bei den Ascomyceten nicht zutreffend und nicht statthaft ist. Die höchst entwickelten Pilze haben, wie ich glauben möchte, gar keine natürlichen Endpunkte bei den jetzt lebenden niederen Pilzen, so wenig, wie wir solche bei anderen hoch organisirten Pflanzenabtheilungen kennen.

Es würde zur vollkommenen Sicherheit der systematischen Stellung der Hefe freilich noch ihrer geschlechtlichen Fortpflanzung bedürfen. Aber sie aufzufinden dafür scheinen mir wenig Hoffnungen vorhanden zu sein. Schon bei den Mucorinen ist die Sexualität sehr schwach ausgeprägt, so schwach als irgend möglich; dies geht aus der Gleichheit der sich befruchtenden Zellen, die jeder sexuellen Differenzirung baar sind und namentlich noch daraus hervor, dass das Endresultat der Befruchtung nicht wesentlich von der ungeschlechtlichen Fortpflanzung verschieden ist. Ist nun die Sexualität bei den *Mucorinen* schon so schwach, so wird sie bei einfacheren Formen, die diesen nach unten zu zunächst stehen, vielleicht noch schwächer sein und es ist nichts natürlicher, als dass sie in weiterer Ferne auch einmal aufhört. *Mucor* und *Saccharomyces* sind nun gewiss nicht sehr nahe verwandt, eine grosse Summe von Mittelgliedern existirt wohl gar nicht mehr; nur scheint es mir nicht zweifelhaft, dass sie beide aus ein und derselben Entwickelungsreihe hervorgegangen sind, dass *Saccharomyces* uns das Bild eines sehr einfachen, vielleicht gar nicht sexuellen Pilzes darbietet, dessen höher entwickelte Verwandten die *Mucorinen* sind. Jeder, der sich mit der Systematik niederer Organismen, in specie niederer Pilze eingehend beschäftigt hat, muss, denke ich, nothwendig bald herausfühlen, dass hier von einer Systematik, einer Verwandtschaft im Sinne höherer phanerogamischer Pflanzen unter einander gar nicht die Rede sein kann. Was uns zur Zeit an niederen Organismen vorliegt, sind, je weiter nach unten um so kümmerlichere Reste, eine so decimirte Schaar, dass es mitunter gar nicht mehr möglich wird, sie in einen natürlichen systematischen Verband zu

1) Darum scheint es mir auch geradezu absurd, hier von Uebergängen zu reden, in der Frist von 8 Tagen Verwandlungen von Pilzen in einander sehen zu wollen, die vielleicht ebensoweit von einander stehen, wie Anfang und Ende der phanerogamischen Pflanzenwelt.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0397-4

bringen, wie er uns im System der höheren Pflanzen vorliegt. Der systematische Maasstab, den wir hier anlegen müssen, ist darum ungleich länger als der gewöhnliche, und wir dürfen an seine Leistungen nicht zu feine Ansprüche machen. Mit einem kurzen Hinweise auf diese Umstände glaube ich, dass die hier dem *Saccharomyces* gegebene systematische Stellung neben den *Mucorinen* eine möglichst natürliche ist, und dass die Verbindung freizelliger und einfacher fadenförmiger Pilze in *Saccharomyces* ungezwungen hergestellt wird. Zugleich wird durch sie der lange Hader über die Beziehungen der Hefe zu *Mucor* in versöhnender Form einfach und natürlich zu Grabe getragen. [1])

Am Schlusse dieser wesentlich im Sinne systematischer Klarheit unternommenen Mittheilung will ich noch einen andern dunklen Punkt in der Mycologie kurz berühren. Ich meine die systematische Stellung der Entomophthoreen. Sie bilden im Pilzsystem einen verlorenen Posten, den man vergeblich anzubringen sucht. — Allherbstlich habe ich mich seit meinen früheren Untersuchungen [2]) bemüht bei der *Entomophthora Muscae* und *E. radicans* die geschlechtliche Fortpflanzung zu finden, um dadurch ihrer systematischen Stellung näher zu kommen. Es ist mir dies niemals gelungen und ich bin durch die vielen vergeblichen Versuche der Ansicht näher gekommen, dass hier die Aussichten sehr enge sind. Dagegen wurden mir manche Aehnlichkeiten und Uebereinstimmungen der Entomophthoreen mit einer anderen Familie nämlich den Ustilagineen immer mehr einleuchtend. — Die Vertreter beider Familien leben als Parasiten auf oder vielmehr in lebenden Organismen des Pflanzen- oder Thierreiches. Sie haben die Art des Eindringens, die Bildung von Secundärsporen, wenn der Ort der Bestimmung verfehlt ist, die schnelle Mycelbildung im Innern des Wirthes und dessen Erschöpfung in eine Unmasse an einer Stelle zum Vorschein kommender Sporen mit einander gemein. Von frappanter Aehnlichkeit ist ferner das Auftreten und die äussere Erscheinung beider Pilzformen. Die Anwesenheit der Pilze im Mycelzustande im Innern des Wirthes wird durch kein äusseres Zeichen verrathen, bis die Eruption, die Sporenbildung mit einemmale erfolgt und mit dem Verschwinden der Mycelien, zugleich aber auch mit einer theilweisen oder to-

1) Eine ausführliche Mittheilung des Gegenstandes nebst den entsprechenden Zeichnungen kann erst später in der Monographie der Mucorinen erfolgen.

2) Untersuchungen über *Entomophthora (Empusa) Muscae* und *E. radicans* Abh. der naturforschenden Gesellschaft in Halle 1871.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0398-0

talen Zerstörung des Wirthes endet. Hiernach glaube ich, kann man mit besserem Grunde als irgendwo die Entomophthoreen neben die Ustilogineen stellen. Beiden Familien fehlt vorläufig die geschlechtliche Fortpflanzung, ob sie sich bei der Einfachheit der Pilze finden wird, muss die Zukunft lehren. In eben diesem Punkte unterschieden sie sich aber wesentlich von den Uredineen, welche in den Aecidien zweifellos ihre geschlechtliche Fortpflanzung besitzen, wenn auch der directe Beweis hiefür wegen der Schwierigkeit des Objectes noch nicht beigebracht ist. Mit diesen haben sie nur den Parasitismus auf lebenden Pflanzen gemein, der zudem in wesentlich anderer Form sich äussert; im Uebrigen sind die Uredineen eine weit höher entwickelte Pilzgruppe, welche systematisch wohl weit von den Ustilagineen absteht. Es dürfte hiernach gerechtfertigt sein, die Uredineen, welche in den Hypodermieen mit den Ustilagineen vereint waren, wieder zu trennen, die Entomophthoreen an die Stelle der Uredineen zu bringen und diese dann, da es im Pilzsysteme gebräuchlich und zugleich am natürlichsten ist, die Familie nach der geschlechtlich erzeugten Fruchtform zu benennen, die Aecidienfrüchte aber zweifellos geschlechtlichen Ursprungs sind, als Aecidieen bei den Basidiomyceten neu zu placiren.

Ein Versuch, die Pilze in möglichst natürlichem Verbande übersichtlich zu classificiren, führte mich nunmehr zu folgendem Resultate:

Die *Schizomyzeten* bilden den Ausgangspunkt, sie sind einzellige Pilze ohne Fructification und Sexualität. Ihnen zunächst stehen *Saccharomyces* und *Mycoderma*, einzellige Pilze mit Fructification aber vorläufig ohne Sexualität. Sie vermitteln den Anschluss an die Zygomyceten, an die fadenförmigen Pilze mit Fructification und Sexualität; Fäden im vegetativen Zustande ungegliedert einzellig, Sexualität in der einfachsten Form ohne sexuelle Differenzirung der zwei sich befruchtenden Zellen, die in morphologischer und physiologischer Beziehung vollkommen gleich sind.[1]) (Neben die Zygomyceten sind wohl besser als irgend anderswo die *Myxomyceten* als besondere Reihe zu stellen. Ihnen fehlen die natürlichen Anknüpfungspunkte; nur besitzen sie eine Sexualität, bei der nicht 2, sondern viele gleiche Zellen zusammenwirken.) Die Zygomyceten bilden in Piptocephalis, (deren

1) Im Falle die Sexualität bei Saccharomyces aufgefunden wird, kann es keinem Zweifel unterliegen, dass sie mit der der Zygomyceten im Wesentlichen Uebereinstimmung zeigt.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0399-8

Zygospore einen einfachen Theilungsprocess erleidet), die Verbindung zu den noch ungegliederten einzelligen Peronosporeen und Saprolegnieen einerseits und den nicht mehr einzelligen sondern gegliederten *Ascomyceten* anderseits. Hier tritt eine sexuelle Differenzirung der sich befruchtenden Zellen auf, von denen die eine als weiblich, die andere als männlich fungirt. Als Anhang zu den Peronosporeen sind einstweilen provisorisch die Ustiagineen und Entomophthoreen, als Anhang zu den Saprolegnieen die Chytridieen zu stellen; bei ihnen ist die Sexualität vorläufig noch unbekannt. Der Anschluss an die grosse Abtheilung der Ascomyceten wird durch Gymnoascus vermittelt. Nach ihm beginnt bei den Ascomyceten eine sich immer mehr und mehr steigernde Complication des Fruchtkörpers, der durch den geschlechtlichen Act hervorgerufen wird und das befruchtete Ascogon umschliesst. Er ist nicht einzellig oder fadenförmig, sondern von complicirtem Baue, von pseudoparenchymatischer Structur. Von Gymnoascus geht die Richtung nach den Erysipheen, welche in Eurotium den Uebergang zu Penicillium, von da zu den Tuberaceen machen. Ferner schliessensich an die Erysipheen die Pyrenomyceten und Discomyceten an. Setzen wir an die Stelle des Ascus bei den Ascomyceten die sporenabschnürende Basidie, so haben wir die Basidiomyceten, die letzte sehr hoch entwickelte grosse Pilzgruppe. Die Fruchtkörper der Basidiomyceten sind unzweifelhaft geschlechtlichen Ursprunges, die Sexualität und die Entwickelung der Fruchtkörper durchsie aber noch nicht genügend bekannt. Wir haben Basidiomyceten mit reihenweiser (Aecidieen) und solche mit einmaliger Sporenabschnürung, (Gasteromyceten, Tremellini und Hymenomyceten).

Der Begriff der Fadenpilze und Schimmelpilze im Gegensatze zu den Pilzen mit complicirten Fruchtkörpern, den Ascomyceten und Basidiomyceten, welcher noch der vor kurzer Zeit von Oersted[1]) gegebenen Eintheilung der Pilze zu Grunde liegt, ist hier ausgeschaltet. Er lässt sich nicht festhalten, wie schon de Bary im Jahre 1866 in seiner Morphologie und Physiologie der Pilze hervorgehoben hat. Fadenpilze sind alle Pilze (von den Rhizomorphen kennt man ja vorläufig so viel wie nichts), die Geschlechtsgeneration hat immer Fadengestalt und diese ist bei den Pilzen so ausgeprägt, dass man dann, wenn man in das Prinzip der

1) System der Pilze, Lichenen und Algen. Deutsche Ausgabe von Grisebach und Reinke, Leipzig 1873.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0400-4

Eintheilung den Bau der Fruchtkörper der ungeschlechtlichen Generation mit hineinzieht, auf geradezu komische Widersprüche stösst. So ist z. B. *Penicillium crustaceum (glaucum)* der Faden- und Schimmelpilz par excellence, er musste jetzt aufhören Fadenpilz zu sein, weil er, wie ich mitgetheilt habe[1]), zu den trüffelartigen Pilzen gehört. Ausserdem behält die 2. Generation im engeren Sinne auch hier ihre Fadennatur; die Fruchtkörper selbst, wenigstens bei den Ascomyceten werden durch die Anregung in Folge des sexuellen Actes nicht aus der befruchteten Zelle, sondern aus dem Mycelium der Geschlechtsgeneration gebildet.

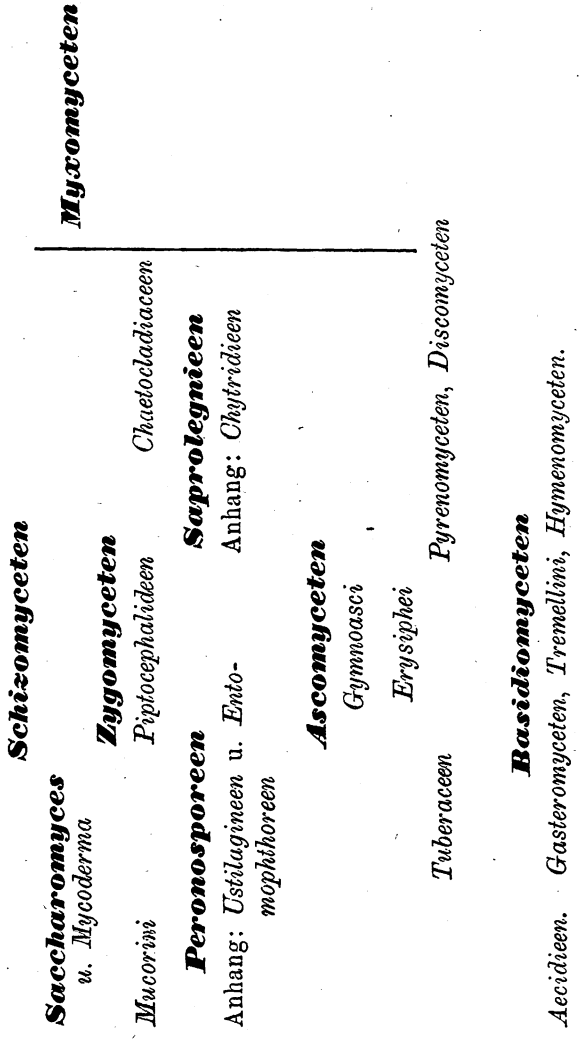
Ich habe die kurze nachfolgende Uebersicht in Form eines Stammbaumes geschrieben. Es geschah zur leichteren Uebersicht und zum besseren Verständnisse; es fällt mir aber von ferne nicht ein, sie als natürlichen Stammbaum hinstellen zu wollen, die Construction eines solchen bleibt wohl am besten dem Bedürfnisse und dem Privatvergnügen des Einzelnen überlassen.

1) Kurze Notizen über *Penicillium crustaceum*. Flora 1873.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0401-0

Uebersicht

in Form eines Stammbaumes.



Würzburg, im Juli 1873.

Redacteur: Dr. **Singer**. Druck der F. Neubauer'schen Buchdruckerei (**F. Huber**) in Regensburg.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0402-6

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1873

Band/Volume: 56

Autor(en)/Author(s): Brefeld Oscar Julius

Artikel/Article: Mucor racemosus und Hefe. Nebst einigen Bemerkungen zur Systematik der Pilze. 368-400