

- Fig. 19–22. Uredosporen, Vergr. 765.  
„ 23–31. *Uromyces Heimerlianus* P. Magn. auf *Vicia hirsuta* von Brixen (oder var. von *Uromyces Jordianus* P. Magn.).  
„ 23–26. Teleutosporen, Vergr. 765.  
„ 27. Uredospore mit 6 Keimporen, Vergr. 765.  
„ 28. Uredosporen, zum Teil schematisch gezeichnet, mit verschiedener Anzahl von Keimporen.  
„ 32–38. *Uromyces Jordianus* P. Magn. auf *Vicia Cracca* bei Brixen.  
„ 33–37. Teleutosporen, Vergr. 765. — In Fig. 33 liegt der Keimporus auf der Seite statt am Scheitel.  
„ 38. Uredospore, Vergr. 765.  
„ 39–41. *Uromyces striatus* Schroet. auf *Medicago sativa* von Orange in Südfrankreich.  
„ 39–41. Uredosporen, Vergr. 765.  
„ 42–45. *Uromyces striatus* Schroet. auf *Trifolium arvense* von Westend bei Berlin.  
„ 42–44. Teleutosporen, Vergr. 765.  
„ 45. Uredospore, Vergr. 765.

### 39. G. Ritter: Über Kugelhefe und Riesenzellen bei einigen Mucoraceen.<sup>1)</sup>

Mit Tafel X und einer Textfigur.

Eingegangen am 29. Mai 1907.

Die Kugelhefebildung der *Mucor*-Arten wird bekanntlich durch zwei Prozesse eingeleitet; erstens durch eine lebhaftete Septierung des Mycel und zweitens durch kugelförmige Anschwellung der dadurch entstandenen kurzen Zellen. Diese beiden Prozesse, welche normalerweise nur in zuckerhaltigen Medien und bei Luftabschluss erfolgen, lassen sich, wie KLEBS (96, S. 512 ff.) gezeigt hat, auch künstlich nachahmen. Man kann nämlich auch in zuckerfreien Lösungen und bei vollem Luftzutritt ein stark septiertes Mycel erhalten, wenn man z. B. *Mucor racemosus* in einer 1prozentigen Peptonlösung (oder auf Peptonagar) mit genügenden Mengen osmotisch wirksamer Stoffe kultiviert. KLEBS benutzte z. B. 15prozentigen Kalisalpeter, nach meinen Erfahrungen bewährt sich noch besser Natriumchlorid (6–8 pCt.). Andererseits können die

1) Eine ausführliche Abhandlung mit mikrographischen Aufnahmen soll bald veröffentlicht werden.

Sporen von *Mucor racemosus* durch Kultur auf Pflaumensaft mit 3 pCt. Zitronensäure zur Bildung von Anschwellungen von ganz beträchtlichen Dimensionen (0,5 mm nach KLEBS) veranlasst werden.

Diese von KLEBS festgestellten Tatsachen bildeten den Ausgangspunkt für meine Untersuchungen. Zunächst schien es geboten, durch die Kombination der beiden Faktoren (konzentrierte Salzlösungen einerseits und Zitronensäure andererseits) die Kugelhefebildung künstlich nachzuahmen.

Weiter erschien das Problem der Riesenzellenbildung unter Einwirkung von Zitronensäure interessant genug, um zu einer genaueren Untersuchung der Einwirkung von organischen und anorganischen Säuren auf die Entwicklung der *Mucor*-Sporen aufzufordern.

Was die Erzeugung der *Mucor*-Hefe durch kombinierte Wirkung von Salz- und Säurelösungen anlangt, so konnte dieselbe erst nach einer ganzen Reihe vorläufiger Untersuchungen erreicht werden. Es stellte sich nämlich heraus, dass die Kombination von Zitronensäure und anorganischer Salzlösung (z. B. Natriumchlorid) ganz unerwartet starke Giftwirkungen hervorzurufen imstande ist.

Wenn man die Keimung der Sporen von *Mucor racemosus* in einer Nährlösung von 1 pCt. Pepton, 0,1 pCt.  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  und 0,05 pCt.  $\text{MgSO}_4$  mit verschiedenen Mengen von Zitronensäure und Natriumchlorid beobachtet,<sup>1)</sup> so lässt sich feststellen, dass die Sporenceimung absolut verhindert wird in Nährlösungen ohne Zitronensäure — durch  $9\frac{3}{4}$  pCt. NaCl, in solchen

mit $\frac{1}{2}$ pCt. Zitronensäure		— durch $9\frac{1}{2}$ pCt. NaCl	
„ 1	„	„	$5\frac{1}{4}$ „
„ $1\frac{1}{2}$	„	„	$3\frac{1}{4}$ „
„ 2	„	„	2 „
„ $2\frac{1}{2}$	„	„	$1\frac{1}{4}$ „
„ 3	„	„	1 „
„ 4	„	„	$\frac{1}{2}$ „
„ 5	„	„	0,3 „
„ $6\frac{1}{2}$	„	„	0 „

Dieses Verhältnis lässt sich auch graphisch veranschaulichen, wenn man die Konzentrationen der Zitronensäure auf die Abscissenachse, diejenigen des Natriumchlorids auf die Ordinatenachse aufträgt (vgl. die Kurve Fig. 1a).

Was die Ursache dieser auffallenden Verschiebung des Giftwertes der Säure betrifft, so möchte ich nur betonen, dass dieselbe

1) Die Beobachtungen erstreckten sich auf eine Periode von vier Tagen bei 20° C.

jedenfalls nicht in der einfachen Kombination zweier schädlicher Einflüsse — Giftigkeit der Säure und hoher osmotischer Druck der Salzlösung — liegen kann. Wenn man nämlich in einer beliebigen Kombination, z. B. 2 pCt. Zitronensäure und 2 pCt. NaCl, das NaCl durch andere Salze ersetzt, so erweisen sich nur anorganische Salze (z. B.  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) in isosmotischer Konzentration annähernd ebenso wirksam, Natriumbimalat dagegen ruft noch in 15prozentiger

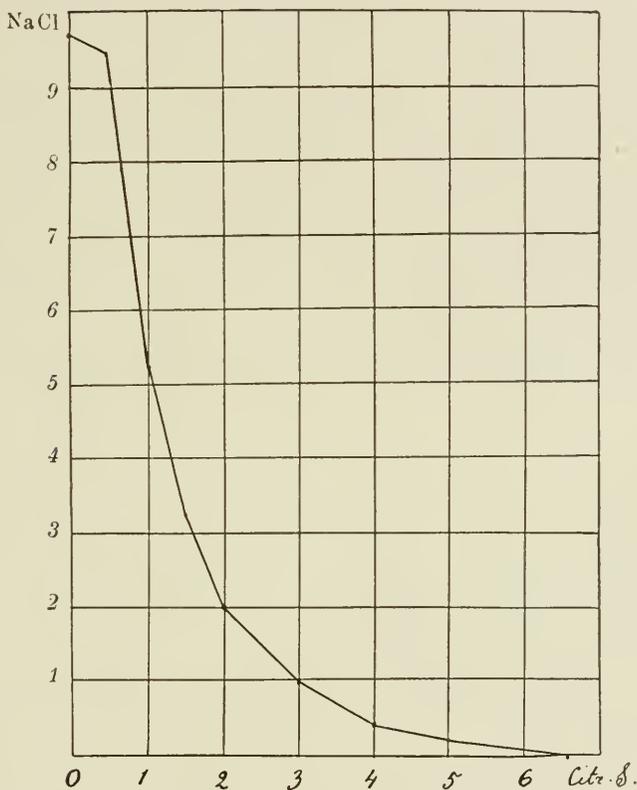


Fig. 1a.

Lösung (isosmotisch mit etwa 5,8 pCt. NaCl) keine nennenswerte Verzögerung in der Keimung der Sporen und Entwicklung des Mycels hervor. Der Grund der hier besprochenen Erscheinungen dürfte eher in der besonders von ARRHENIUS (99) studierten Veränderung der Dissociationskonstante schwacher Säuren durch Salzzusatz gesucht werden.

Jedenfalls lassen uns diese Resultate deutlich erkennen, dass eine Kombination von etwa 3 pCt. Zitronensäure und 6—8 pCt. NaCl (oder 10 pCt.  $\text{NaNO}_3$ ), an welche man auf Grund der KLEBS'schen

Daten am ehesten denken könnte, sich als ganz erfolglos herausstellen musste, weil die Sporen von *Mucor racemosus* in einer solchen Lösung überhaupt nicht keimen. Dagegen lassen sich in Lösungen von 1 pCt. Pepton (mit 0,1 pCt. Kaliumphosphat und 0,05 pCt. Magnesiumsulfat),  $\frac{1}{2}$  pCt. Zitronensäure und  $9\frac{1}{4}$  pCt. NaCl Mycelformen erzielen, welche der Kugelhefe von *Mucor racemosus* ganz ähnlich sind (Taf. X, Fig. 1). Die Sporen keimen zu kurzen, eng septierten Hyphen aus, deren einzelne Zellen kugelförmig anschwellen und schliesslich nur lose zusammenhängen. Auch hefeartig sprossende Auswüchse fehlen nicht.

Ähnliche Resultate lassen sich auch beim Übertragen stark septierter Mycelstückchen in isotonische Lösungen organischer Verbindungen (z. B. Glyzerin) mit Zitronensäurezusatz erzielen. Freilich wird in diesen Versuchen die Kugelhefebildung nur nachgeahmt; ein wirkliches Einsehen in die reale Natur der in normalen Verhältnissen wirkenden Faktoren ist durch sie noch nicht gewonnen.

Indem ich mich jetzt zum Problem der Riesenzellenbildung wende, möchte ich zunächst betonen, dass die Entstehungsbedingungen und Eigenschaften der Riesenzellen hauptsächlich an *Mucor spinosus* van Tiegh. erforscht worden sind, welcher ein viel günstigeres Objekt als *Mucor racemosus* ist. Was diese letztere Art betrifft, so möchte ich nur erwähnen, dass die von KLEBS beschriebenen Erscheinungen (Anschwellen der Sporen zu Blasen von  $500 \mu$  usw.) sich nicht nur in Pflaumensaft mit Zitronensäure, sondern auch in künstlichen Nährlösungen, z. B. in einer Lösung von 3 pCt. Traubenzucker, 1 pCt. Ammoniumcitrat und etwa 6 pCt. Zitronensäure erzeugen lassen. Die meistens kugelförmigen Riesenzellen erreichen dabei ganz gewaltige Dimensionen — bis  $800 \mu$  —, sind also mit blossem Auge sehr gut erkennbar. Sie sind aber so dünnwandig und zart, dass von weiteren Versuchen mit ihnen Abstand genommen werden musste, um so mehr als *Mucor spinosus* sich als ein vorzügliches Objekt für derartige Untersuchungen herausstellte.

Zunächst mögen die Entstehungsbedingungen der Riesenzellen von *Mucor spinosus* genauer präzisiert werden. Um klare Resultate zu erhalten, ist es notwendig, ausschliesslich künstliche Nährlösungen von genau bekannter Zusammensetzung anzuwenden. Zahlreiche Versuchsserien mit verschiedenen Kohlenstoff- und Stickstoffquellen in Kombination mit verschiedenen organischen und anorganischen Säuren führten zu folgenden Resultaten. Erstens erwies sich der Zucker, welchem bei der Kugelhefebildung eine so wichtige Rolle zukommt, für die Entstehung der Riesenzellen durchaus nicht prinzipiell notwendig. Sowohl in Pepton-Zuckerlösungen, als auch in Pepton-Mannit, Pepton-Glyzerin und reinen Peptonlösungen keimen die Sporen bei entsprechendem Zitronensäurezusatz zu

kugel- oder birnförmigen Riesenzellen aus. Schon bei einem Zusatz von 3 pCt. Zitronensäure zeigen sich an den verdickten Hyphen auch blasenförmige Anschwellungen; erhöht man die Konzentration der Säure bis auf 3,4–4 pCt., so schwellen die Sporen direkt zu mehr oder weniger grossen, durchsichtigen Blasen mit feinkörnigem plasmatischen Wandbelag an. Die Grösse dieser Riesenzellen ist verhältnismässig bescheiden (selten über 150  $\mu$ ).

Dagegen lassen sich ganz enorme und besonders charakteristische Riesenzellen in zuckerhaltigen Lösungen mit anorganischen Ammonsalzen als Stickstoffquelle und geringen Mengen organischer Säuren erzeugen.

Am leichtesten erhält man solche Riesenzellen in Lösungen von 2–4 pCt. Zucker, 0,7 pCt. Ammonnitrat und 0,5–0,7 pCt. Zitronensäure oder 0,3–0,4 pCt. Weinsäure. Bei vollkommen ungehindertem Luftzutritt entwickeln sich die Sporen von *Mucor spinosus* im Laufe von 5–8 Tagen zu birnförmigen Riesenzellen, welche eine Länge von über 650  $\mu$  bei einer Breite von über 400  $\mu$  erreichen können (Taf. X, Fig. 2). Ehe ich zu einer kurzen Besprechung der morphologischen und physiologischen Eigenschaften dieser merkwürdigen Gebilde übergehe, möchte ich noch einige Tatsachen anführen, welche ganz entschieden für die Abhängigkeit ihrer Entstehung von den H-Ionen sprechen.

Schon der Umstand, dass in einer Lösung von Zucker und Ammonnitrat geringe Mengen verschiedener organischer Säuren (0,5 pCt. Zitronensäure, 0,3 pCt. Weinsäure, 0,8 pCt. Apfelsäure) ganz ähnliche Wirkungen hervorbringen, spricht dafür, dass weder der osmotische Druck, noch die spezifischen molekularen Eigenschaften der verschiedenen Säuren für diese auffallenden Chemomorphosen massgebend sind. Entscheidend waren aber in dieser Richtung Versuche mit anorganischen Säuren, nämlich Salz- und Salpetersäure. Die Konzentrationen, in welchen diese beiden Säuren zur Entstehung von Riesenzellen bei *Mucor spinosus* führen, liegen hart an der Grenze des entwicklungshemmenden (obgleich noch nicht tödlichen) Wertes, wie folgende Tabelle zeigt:

	Salzsäure	Salpetersäure
0,004 norm.	kleine Mycelflocken mit Anschwellungen	kleine Mycelflocken, keine Anschwellungen
0,005 norm.	desgleichen, Anschwellungen bis 220 $\mu$	—
0,006 norm.	sehr schwache Entwicklung, kleine Blasen	kleine Mycelflocken und Blasen bis 220–275 $\mu$
0,008 norm.	nicht gekeimt	keine Hyphen: die Sporen schwellen direkt zu Blasen (bis 220 $\mu$ ) an.
0,01 norm.	—	nicht gekeimt

Zu dieser Tabelle muss bemerkt werden, dass die Salpetersäure in Gegenwart von Ammonnitrat, die Salzsäure von Ammonchlorid angewandt wurde. In beiden Fällen enthielten die Lösungen 4 pCt. Traubenzucker.

Die Anschwellungen in den anorganischen Säurelösungen hatten ganz dasselbe charakteristische Aussehen, wie die in organischen Säurelösungen + Ammonnitrat oder Chlorid (und Zucker) gebildeten und standen ihnen nur an Grösse nach (Taf. X, Fig. 3). In beiden Fällen muss also dieselbe Ursache gewirkt haben. Nun sind aber die beiden Säuren in den oben angeführten stark verdünnten Lösungen so weitgehend dissoziiert, dass wir mit Bestimmtheit von Ionenwirkungen sprechen können, und zwar muss wegen der bekannten Unwirksamkeit der  $\text{NO}_3^-$ - und  $\text{Cl}^-$ -Ionen die entscheidende Bedeutung den  $\text{H}^+$ -Ionen zukommen.

Es ist aber sehr wahrscheinlich, dass die günstigsten Bedingungen für die Bildung typischer Riesenzellen dann geschaffen werden, wenn die giftigen  $\text{H}^+$ -Ionen sich allmählich ansammeln (wie das in Ammonnitrat und organische Säuren enthaltenden Lösungen der Fall ist), und nicht von Anfang an in maximaler Konzentration enthalten sind. Aus den später angeführten Übertragungsversuchen scheint ausserdem zu folgen, dass die wirksamen  $\text{H}^+$ -Ionen sich nicht ausserhalb, sondern innerhalb der Zellen ansammeln.

In diesem Falle ist es also gelungen, mit voller Klarheit die Ursachen der Riesenzellenbildung aufzudecken. Mit grosser Wahrscheinlichkeit lässt sich derselbe kausale Zusammenhang für die Entstehung der kugelförmigen Riesenzellen (und traubenförmigen Riesenzellenkolonien) von *Mucor racemosus* behaupten, welche Klebs in Pflaumensaft mit Zitronensäure, und ich in Zucker-Ammoncitratlösungen + 6 pCt. Zitronensäure beobachtet haben. Allerdings muss aber bemerkt werden, dass die für *Mucor spinosus* besonders günstigen Bedingungen (organische und anorganische Säuren mit Ammonnitrat oder Chlorid) bei *Mucor racemosus* nur zur Bildung von verhältnismässig kleinen Blasen (nicht über  $100 \mu$ ) führten, welche alsbald nach allen Richtungen Hyphen auszutreiben begannen. Nur ab und zu konnte ein Anlauf zur Bildung von grösseren birnförmigen Zellen beobachtet werden.

Schliesslich muss ich erwähnen, dass *Mucor racemosus* auch ohne direkten Säurezusatz Riesenzellen auf seinem Mycel bilden kann. Das geschieht, wenn der Pilz in einer Lösung von 4 pCt. Traubenzucker und 0,7 pCt. Ammoniumnitrat mit einem Zusatz von 7 bis 9 pCt.  $\text{NaCl}$  kultiviert wird. Nach zweiwöchentlicher Kultur ist das Mycel von einer Menge meistens kugelförmiger Riesenzellen durchsetzt, welche durch septierte und unseptierte Hyphen untereinander verwachsen sind. In Kulturen mit  $8\frac{1}{4}$ — $8\frac{3}{4}$  pCt.  $\text{NaCl}$  erreichen

diese Blasen einen Durchmesser von  $300 \mu$  und mehr (Taf. X, Fig. 4 u. 5). Diese Erscheinung tritt nur in Lösungen auf, welche neben NaCl auch  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$  enthalten; deshalb ist es nicht wahrscheinlich, dass die Konzentration der Lösung massgebend sei.<sup>1)</sup>

Wenden wir uns jetzt zur Besprechung der morphologischen und physiologischen Eigenschaften der typischen Riesenzellen von *Mucor spinosus*. In den mehrfach erwähnten Bedingungen (anorganische Stickstoffquelle) bilden die Sporen innerhalb bestimmter Konzentrationsgrenzen der Säuren (z. B. 0,3–0,4 pCt. Weinsäure oder 0,5 bis 0,7 pCt. Zitronensäure) meistens überhaupt keine Hyphen, sondern wachsen direkt in eigentümlich gestaltete Riesenzellen aus. Ein Teil des Spore bleibt aber an diesem enorm gesteigerten Flächenwachstum unbeteiligt; immer ist am schnabelförmig verjüngten Ende der Zelle (welches der Ausgangspunkt für ihre Entwicklung war), eine starke Verdickung der Membran vorhanden. Die typische Form dieser Zellen ist eine birnförmige (Taf. X, Fig. 2) oder luftballonähnliche; man kann sie auch mit einem Botrydium vergleichen. Viele Zellen sind auch hornartig gebogen. Sie erreichen, wie schon erwähnt, eine Länge von  $650 \mu$  bei einer Breite von  $400 \mu$ . Oft bilden sich an ihrer Oberfläche kleine runde Auswüchse, welche aber niemals zu grösseren lebensfähigen Zellen auswachsen.

Die Zellen sind durchsichtig, ganz von Zellsaft erfüllt; das Plasma bildet nur einen dünnen Wandbelag, in welchem eine sehr zarte maschen- oder netzförmige Struktur bemerkbar ist, welche zuweilen vor dem Absterben der Zelle mit grosser Schärfe hervortritt (Taf. X, Fig. 2) und dann oft der Vorbote eines vacuoligen Zerfalls des Plasmas ist. Jüngere, lebenskräftige Zellen erscheinen (besonders bei schwächerer Vergrösserung) zart gestreift oder gesprenkelt (Taf. X, Fig. 3), da dieses plasmatische Netzwerk unregelmässig und ziemlich durchsichtig ist. Durch geeignete Fixier- und Färbemethoden (z. B. Eisenalaun und Hämatoxylin) lassen sich in jeder Zelle eine Menge kleiner Zellkerne nachweisen, welche im plasmatischen Wandbelag eingebettet sind.

Derartige typische einzelligende Riesenzellen entstehen aber nur in Lösungen von ganz bestimmtem Säuregehalt. Nimmt man schwächere Konzentrationen, so keimen die Sporen zunächst zu kleinen Mycelfloeken aus, an welchem sich alsbald kugel- oder birn-

---

1) *Basidbolus ranarum* bildet nach RACIBORSKI (1896, S. 112 u. 113) Riesenzellen in einer Zucker-Peptonlösung mit 10 pCt. Glycerin bei  $30^\circ \text{C}$ . Indessen ist aus seinen Angaben nicht zu ersehen, welchem von den drei Faktoren (spezifische Wirkung des Glycerins, Konzentration, Temperatur) dabei die Hauptrolle zuzuschreiben ist.

förmige Auswüchse zeigen, welche nach Struktur und Grösse<sup>1)</sup> den typischen Riesenzellen ganz ähnlich werden. Dieser Umstand lässt uns schon erkennen, dass nicht nur die Sporen, sondern auch ein entwickeltes Mycel von *Mucor spinosus* unter Einwirkung von Säuren typische Anschwellungen zu bilden vermag. Das lässt sich auch durch direkte Versuche mit Übertragung junger, normal gewachsener Mycelfföckchen in eine Lösung von 0,5–0,7 pCt. Zitronensäure, 0,7 pCt. Ammonitrat und 4 pCt. Zucker nachweisen. Auf Fig. 6 ist ein Teil eines solchen Mycelräschen nach zweitägigem Verweilen in einer Lösung von oben angeführter Zusammensetzung abgebildet. Dasselbe Vermögen zeigen auch die Kugelhefezellen von *Mucor spinosus*; die dabei entstehenden Formen erinnern teilweise an die eben erwähnte Figur.

Sich selbst überlassen, sterben die typischen birnförmigen Riesenzellen allmählich ab, nachdem sie über eine Woche gewachsen und eine Länge von 400–650  $\mu$  erreicht haben. Doch können sie durch rechtzeitige Übertragung zum Austreiben von ganz normalen Hyphen an ihrer gesamten Oberfläche veranlasst werden. Dieses Auskeimen lässt sich durch Übertragen in' annähernd isotonische Lösungen erreichen, in welchen die Säure entweder ganz fehlt oder mit anderen Stoffen kombiniert ist. Der osmotische Druck spielt dabei keine entscheidende Rolle; nur wird das Übertragen in isotonische und hypertonische Lösungen besser vertragen, als in hypotonische. Ein Teil der Zellen geht bei diesen Versuchen regelmässig zu Grunde. Das Auskeimen geht ziemlich rasch vor sich, indem die kleineren, noch annähernd runden Zellen ihre Keimschläuche schon nach 2 $\frac{1}{2}$  bis 3 Stunden, die grösseren nach 5 $\frac{1}{2}$ –6 Stunden (bei etwa 20° C.) auszutreiben beginnen. Fig. 7 stellt den Beginn der Hyphenbildung an einer beinahe 300  $\mu$  langen, in 0,3 pCt. Weinsäure + Zucker + Ammonitrat entstandenen Zelle nach Übertragung in eine säurefreie Lösung dar. Manchmal ist die Zahl der austreibenden Hyphen so gross und ihre Verteilung an der Oberfläche so regelmässig, dass die Zelle in einem gewissen Stadium einem Seeigel ähnlich aussieht. Im weiteren Verlauf ihrer Entwicklung verzweigen sich die Hyphen immer mehr und hüllen bald die Mutterzelle in ihrem Gewirr ein.

Das Auskeimen der Riesenzellen wird also einerseits durch einfaches Ausschliessen der betreffenden Säure veranlasst. Andererseits lässt sich dasselbe Resultat dadurch erreichen, dass die Konzentration der Säure nicht vermindert (sogar erhöht), dabei aber die Zusammensetzung der Lösung verändert wird. Das Ammonitrat muss nämlich in diesem Falle durch ein organisches Salz (Citrat oder Malat), Asparagin oder Pepton ersetzt werden. Es genügt sogar das

1) Ihre Dimensionen bleiben freilich hinter den maximalen zurück.

Ammonitrat einfach wegzulassen; die Zellen also in eine Lösung von Säure + Zucker zu übertragen, um ebenfalls ein Auskeimen hervorzurufen.

Die auf den ersten Blick paradox erscheinende Tatsache, dass z. B. in 0,5 pCt. entstandenen Riesenzellen beim Übertragen in eine 1—2prozentige Lösung derselben Säure normal auskeimen, wenn das Ammonitrat durch eine andere (organische) Stickstoffquelle ersetzt wird, steht in vollkommenem Einklang mit einer von mir allgemein beobachteten Erscheinung. Für alle organischen und auch anorganischen Säuren gilt nämlich die Regel, dass ihre Giftigkeit durch die Gegenwart von anorganischen Salzen ganz bedeutend erhöht wird. Besonders klar tritt diese Regel beim Vergleich zweier Stickstoffquellen, z. B. Ammonitrat einerseits und Pepton, Asparagin oder Ammoncitrat andererseits, hervor. In folgender Tabelle sind die Konzentrationen angegeben, welche die Keimung der Sporen von *Mucor spinosus* unterdrücken, links in Zucker-Pepton, rechts in Zucker-Ammonitratlösungen. Eine ganz genaue Bestimmung dieses Hemmungswertes ist nicht möglich, erstens wegen der grossen individuellen Verschiedenheiten der Sporen, zweitens wegen der früh auftretenden Riesenzellenbildung (in der Tabelle abgekürzt auf R. Z.).

	Pepton	Ammonitrat
Zitronensäure . . . . .	>4 pCt. (R. Z. v. $3\frac{1}{4}$ pCt. an)	1,25 pCt. (R. Z. bei 0,5 pCt.)
Äpfelsäure . . . . .	>4 pCt.	1 pCt. (R. Z. bei 0,6 pCt.)
Weinsäure <sup>1)</sup> . . . . .	>3 pCt.	0,6 pCt. (R. Z. bei 0,3 pCt.)
Salpetersäure . . . . .	0,025 norm.	0,01 norm. (R. Z. bei 0,006 norm.)
Salzsäure . . . . .	0,03 norm.	0,008 norm. (R. Z. bei 0,005 norm.)

Eine ganz ähnliche Tabelle könnte ich für *Mucor racemosus* zusammenstellen; nur fallen alle Werte höher aus, da dieser Pilz bedeutend widerstandsfähiger als *Mucor spinosus* ist. Die Regel beschränkt sich keineswegs auf diese Mucorarten. In vielen Beziehungen interessant ist z. B. die Bestimmung der Grenzwerte für Oxalsäure und *Aspergillus niger*. In einer Lösung von 2 pCt. Zucker und 0,5 pCt. Chlorammonium wird die Keimung schon durch 0,02 Mol (= 0,18 pCt.) Oxalsäure deutlich beeinträchtigt, durch 0,13 Mol (1,17 pCt.) ganz gehemmt. In einer 1 pCt. Peptonlösung wird dagegen der schädliche Einfluss der Oxalsäure erst bei 0,04 Mol (0,36 pCt.) bemerkbar, und

1) Anschwellungen von 47—94  $\mu$  bei *Mucor spinosus* unter Einwirkung von  $1\frac{1}{2}$  pCt. Weinsäure mit Pflaumensaft hat BEAUVERIE (1900, S. 151) beobachtet. In Ammonitrat + Zuckerlösungen sah ich schon bei Zusatz von 0,1 pCt. Weinsäure ebensolche und noch grössere Erweiterungen am Mycel auftreten.

nur durch 0,22 Mol (1,98 pCt.) wird die Keimung ganz unterdrückt.<sup>1)</sup>

Die Ursache dieser Erscheinung dürfte in der Bildung freier Mineralsäuren aus den anorganischen Ammonsalzen gesucht werden. Es ist in der Tat bekannt, dass in Aspergilluskulturen auf anorganischen Ammonsalzen beträchtliche Mengen freier Mineralsäuren entstehen können (BUTKEWITSCH, 1902, S. 210—212; NIKITINSKY, 1904, S. 12—20). Aber im Gegensatz zu den eben zitierten Versuchen konnte in den meinigen eine Ansammlung freier Mineralsäuren in der Kulturflüssigkeit nicht konstatiert werden, besonders in den Fällen, wo nur wenig Sporen ausgesät wurden, oder wo die Keimung überhaupt ausblieb (Grenzkonzentrationen). Wenn also die Mucorsporen in Ammonnitratlösungen schon durch 0,5 pCt. Zitronensäure zur Riesenzellenbildung veranlasst werden, so scheint mir diese Tatsache nur durch die Annahme einer intracellularen Abspaltung freier Mineralsäure verständlich zu sein. Diese Annahme wird noch durch folgendes Experiment unterstützt. Überträgt man einige gut ausgebildete Riesenzellen aus der ursprünglichen 8—9 Tage alten Kulturflüssigkeit in eine identische, aber frische Nährlösung, so bleiben diese Zellen unverändert und zeigen keine Neigung zum Auskeimen; die Beseitigung von etwa vorhandenen Stoffwechselprodukten übt also keinen merklichen Einfluss auf die pathologisch veränderte Zelle aus.

Wenn wir nun aus dem vorliegenden Versuchsmaterial mit Bestimmtheit schliessen dürfen, dass die H-Ionen bei der Bildung der Riesenzellen direkt beteiligt sind, so bleibt uns doch der eigentliche Mechanismus dieses Vorgangs durchaus unklar. Man könnte freilich verschiedene Vermutungen darüber aussprechen, dass durch die Einwirkung der H-Ionen auf die Hautschicht des Plasmas die Regulation der osmotischen Verhältnisse und auch der Zellwanddehnbarkeit in ganz bestimmter Weise gestört wird und dass diese Störungen zu einem anormalen Flächenwachstum der Zellwand und folglich zur Bildung von Riesenzellen führen. Doch möchte ich von einem weiteren Ausmalen dieser Hypothese um so mehr absehen, als wir einerseits keine genügend begründete mechanische Theorie des Zellwachstums besitzen, andererseits aber meine diesbezüglichen Untersuchungen nicht abgeschlossen sind.

Zu den geschilderten Tatsachen mag aber noch zugefügt werden, dass ausser *Mucor spinosus* und *racemosus* auch andere Schimmelpilze zur

1) Die Keimung wurde nach CLARK's (1899, S. 301) Beispiel während 48 Stunden beobachtet; die Temperatur betrug 20° C. Nach 3—4 Tagen keimen allerdings einige Sporen auch in höheren Konzentrationen aus.

Bildung von Riesenzellen durch Säuren veranlasst werden können. So entwickelt *Rhizopus nigricans* in Ammonitrat-Zuckerlösung +  $1\frac{1}{4}$  pCt. Zitronensäure ein Mycel, welches eine Menge verschieden geformter Riesenzellen aufweist. Es erinnert dann vielfach an das von *Mucor racemosus* in Fig. 5 entworfene Bild, nur sind die Blasen kleiner und ihr Inhalt körnig und dunkel gefärbt. Auch *Aspergillus niger* zeigt in Lösungen von Chlorammonium und Zneker + 0,5—0,75 pCt. Oxalsäure eine ganz ausgesprochene Neigung zur Bildung von kugeligen Anschwellungen, welche einen Durchmesser von  $40\ \mu$  erreichen können<sup>1)</sup> (Taf. X, Fig. 8).

Herrn Prof. Dr. KLEBS, in dessen Laboratorium ein grosser Teil dieser Arbeit ausgeführt wurde, möchte ich für sein liebenswürdiges Entgegenkommen und mannigfache Anregungen meinen tiefempfundenen Dank aussprechen.

Nowo-Alexandria, Institut für Land- und Forstwirtschaft.

### Literatur.

1899. ARRHENIUS, Über die Änderung der Stärke schwacher Säuren durch Salzzusatz. (Zeitschr. für phys. Chemie, 1899, Bd. 31, S. 197.)  
 1900. BEAUVÉRIE, Etudes sur le polymorphisme des Champignons, Lion 1900.  
 1902. BUTKEWITSCH, Umwandlungen der Eiweissstoffe durch die niederen Pilze usw. (Jahrb. für wiss. Bot. 1902, Bd. XXXVIII.)  
 1899. CLARK, On the toxic effect of deleterious agents usw. (Bot. Gazette, 1899, Vol. XXVIII.)  
 1896. KLEBS, Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. 1896.  
 1904. NIKITINSKY, Über die Beeinflussung der Entwicklung einiger Schimmelpilze durch ihre Stoffwechselprodukte. (J. für wiss. Bot., 1904, Bd. XL.)  
 1896. RACIBORSKI, Über den Einfluss äusserer Bedingungen auf die Wachstumsweise des *Basidiobolus ranarum*. (Flora 1896, Bd. 32.)  
 1905. —, Einige Chemomorphosen bei *Aspergillus niger*. (Bull. Acad. des Sciences de Cracovie, Dec. 1905.)

### Erklärung der Abbildungen.

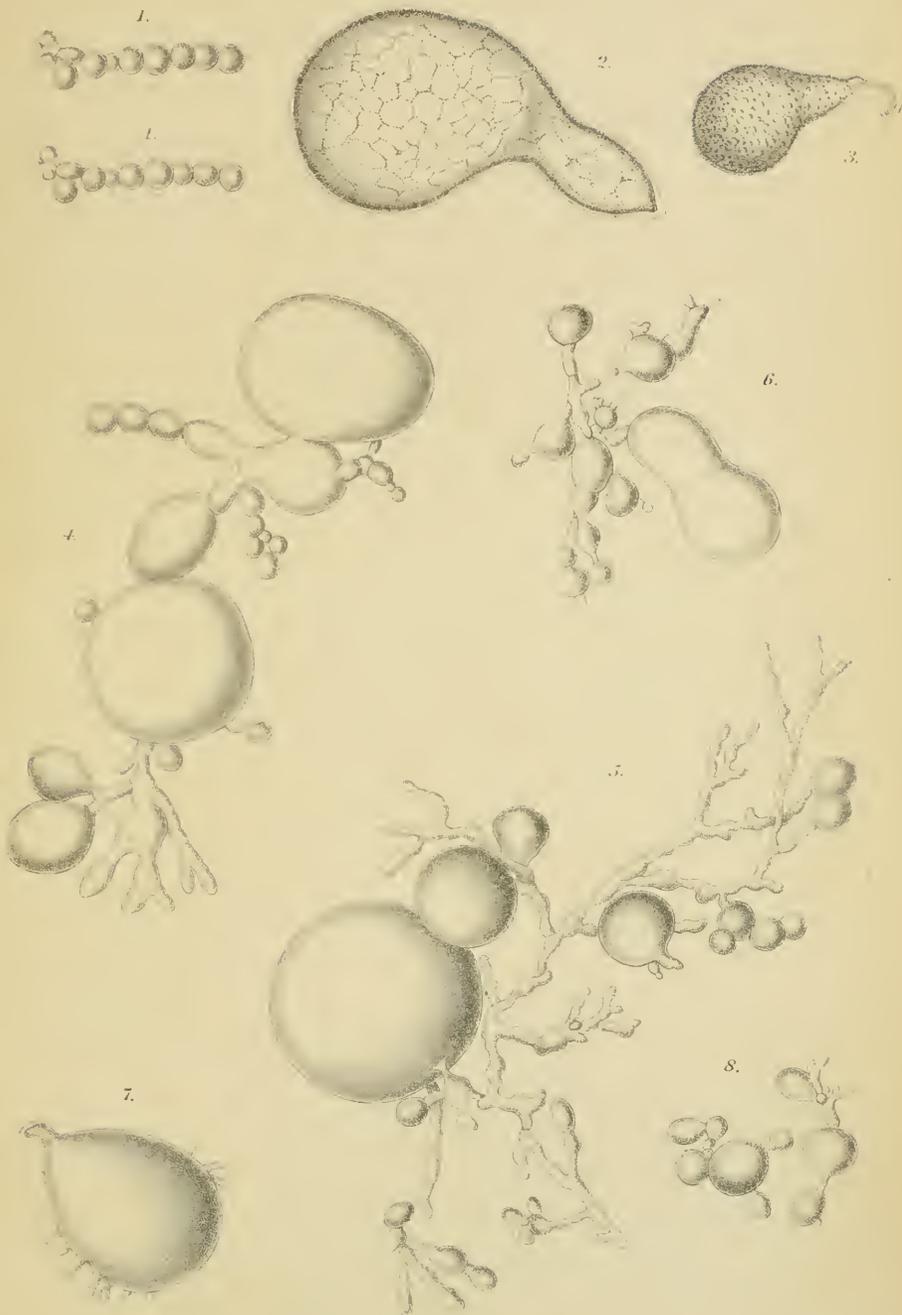
- Fig. 1. Kugelhefeähnliche Zellen von *Mucor racemosus* bei Luftzutritt in einer zuckerfreien Lösung von 1 pCt. Pepton,  $9\frac{1}{4}$  pCt. NaCl und  $\frac{1}{2}$  pCt. Zitronensäure entstanden. Vergr. 100.  
 „ 2. Riesenzelle von *Mucor spinosus* in  $\frac{1}{2}$  pCt. Zitronensäure mit Zucker-Ammonitrat nach acht Tagen entstanden. Vergr. 107.

1) Noch grössere Riesenzellen (bis  $50\ \mu$ ) hat bei *Aspergillus niger* RACIBORSKI (1905, S. 777) beobachtet, und zwar unter Einwirkung von molekularem Jod.

- Fig. 3. Riesenzelle von *Mucor spinosus*, in 0,008 norm Salpetersäure mit Zucker-Ammonnitrat. Vergr. 107.
- „ 4. *Mucor racemosus*, zweiwöchentliche Kultur in 4 pCt. Traubenzucker, 0,7 pCt.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 8,2 pCt. NaCl. Vergr. 107.
- „ 5. *Mucor racemosus*, ebensolche Kultur mit 8,8 pCt. NaCl. Vergr. 107.
- „ 6. Mycelstückchen von *Mucor spinosus* nach zweitägigem Verweilen in einer Lösung von 0,5 pCt. Zitronensäure und Zucker-Ammonnitrat. Vergr. 107.
- „ 7. Riesenzelle von *Mucor spinosus*, 7 Stunden nach Übertragung in eine isotonische Lösung ohne Zitronensäure. Vergr. 85.
- „ 8. *Aspergillus niger*, Mycelformen in einer Lösung von 2 pCt. Rohrzucker, 0,5 pCt.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  und 0,36 pCt. Oxalsäure. Vergr. 180.

Die Figuren 1 und 7 sind nach mikrophotographischen Aufnahmen, die übrigen mit dem Zeichenprisma gezeichnet.

---



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [25](#)

Autor(en)/Author(s): Ritter G.

Artikel/Article: [Über Kugelhefe und Riesenzellen bei einigen Mucoraceen. 255-266](#)