

17. G. Hieronymus: Ueber die Organisation der Hefezellen.

Mit Tafel XI.

Eingegangen am 24. Februar 1892.

Die Hefezelle ist ein bereits von vielen Forschern untersuchtes Object. Trotzdem aber ist man noch zu keinem abschliessenden Urtheil über die Organisation derselben gelangt. NAEGELI¹⁾, SCHLEIDEN²⁾, SCHMITZ³⁾, STRASBURGER⁴⁾, ZALEWSKY⁵⁾, ZACHARIAS⁶⁾, MÖLLER⁷⁾, ZIMMERMANN⁸⁾ und HANSEN⁹⁾ sind durch ihre Untersuchungen zu der Ansicht gelangt, dass die Hefezellen je einen Zellkern besitzen, während das Vorkommen desselben von BRÜCKE¹⁰⁾, KRASSER¹¹⁾, RAUM¹²⁾ und neuerdings abermals von KRASSER geleugnet wird.

KRASSER hat erst kürzlich eine Mittheilung über diesen Gegenstand in der Oesterreichischen botanischen Zeitschrift, 43. Jahrgang, 1893, p. 14—22 gemacht und in dieser ziemlich eingehend über die Untersuchungen und Ansichten seiner Vorgänger berichtet. Ich kann daher hier auf seine Abhandlung verweisen. KRASSER selbst kommt zu dem Resultat, „dass auf alle Fälle bei Bierhefe ein Archiplasma im Sinne WIESNER's vorliegt“ und dass es natürlicher ist, den

1) NAEGELI, Zellenbildung und Zellenwachsthum bei Pflanzen in SCHLEIDEN und NAEGELI, Zeitschr. f. wissensch. Bot. I., 1. p. 45.

2) SCHLEIDEN, Grundzüge 1849. S. 207.

3) SCHMITZ, Untersuch. über den Zellkern der Thallophyten in Sitzungsber. d. Niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde zu Bonn. Sitzungsber. 4. Aug. 1879. S.-A. S. 18.

4) STRASBURGER, Bot. Practicum. 2. Aufl. 1887, S. 339.

5) ZALEWSKI, Ueber Sporenbildung in Hefezellen in Verhandl. und Berichte d. Krakauer Akad. d. Wissensch. Math. Naturw. Sect. Bd. XIII. 1885 nach Referat im Bot. Centralblatt, 1886. No. 1.

6) E. ZACHARIAS, Beiträge zur Kenntniss des Zellkerns und der Sexualzellen in der Bot. Zeitung, 45. Jahrg. No. 19, p. 298 u. f.

7) MÖLLER, Ueber den Zellkern und die Sporen der Hefe. Centralbl. f. Bacteriologie und Parasitenkunde. Bd. XII. Nr. 16 1892.

8) ZIMMERMANN, Die Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle. 1887. p. 26.

9) HANSEN, Rech. sur la morphol. d. ferm. alcool. VI. Rés. d. c. r. d. trav. du labor. d. Carlsberg. vol. II. p. 126.

10) BRÜCKE, Die Elementarorganismen in Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wissensch. Wien 1862.

11) F. KRASSER, Ueber das angebliche Vorkommen eines Zellkernes in den Hefezellen (Oesterr. botan. Zeitschr. 1885. No. 11).

12) RAUM, Zur Morphologie und Biologie der Sprossspitze in Zeitsch. f. Hygiene. Bd. X. 1891, p. 1 ff.

Zellenleib der Presshefe als Archiplasma zu bezeichnen, als die darin nachweisbaren Nucleinkörner als die Producte einer Kernfragmentation aufzufassen.

Durch die KRASSER'sche letzte Mittheilung bin ich nun angeregt worden, mich der Zahl der Untersucher der Hefezellen anzureihen. Ich untersuchte bisher nur Presshefe, und zwar benutzte ich dabei die ZEISS'schen apochromatischen Oel-Immersionen bei Gasglühlichtbeleuchtung, nachdem ich mein Auge nach und nach an diese verhältnissmässig grelle aber doch die Leistungsfähigkeit der neuen Systeme ausserordentlich erhöhende Beleuchtung genügend gewöhnt hatte.

Da ich mich vor kurzer Zeit damit beschäftigt habe, die Organisation der Phycchromaceenzelle¹⁾ zu untersuchen und meine Resultate dieser Untersuchungen von Seiten des Herrn Prof. Dr. E. ZACHARIAS in absprechender Weise beurtheilt worden sind²⁾, hatte ich ein besonderes Interesse daran, die ja auch von ZACHARIAS untersuchten Hefezellen auf ihre Organisation zu prüfen, zumal ich vermuthen konnte, dass die von mir bei den Phycchromaceen gefundene Organisation der Zelle möglicher Weise ihr Analogon bei niederen Pilzen finden würde. Zu den niederen Pilzen gehört die Hefe aber sicherlich, mag dieselbe nun ein auf niederer Stufe seit Urzeiten beharrender oder aber von einer höheren Stufe herabgestiegener, reducirter Organismus sein.

Wie gesagt, ich untersuchte nur Presshefe. Immerhin glaube ich, dass die aus der Untersuchung dieser erhaltenen Resultate allgemeinere Gültigkeit für sämmtliche unter die Gattung *Saccharomyces* gestellten Organismen haben werden.

Wenn man Presshefe einen Tag im Thermostaten bei etwa 25° C. oder in einem entsprechend erwärmten Raume etwa 24 Stunden in einer ca. 20 pCt. Rübenzuckerlösung oder auch in Milch cultivirt, so bilden sich an den isolirten Zellen der Presshefe zahlreiche, wenn auch in der Zuckerlösung nicht besonders üppige Sprossverbände. Die Zellen dieser Sprossverbände zeigen bei Betrachtung mit ZEISS' apochromatischem Objectiv von 3 mm Brennweite und 1,30 Apertur und dem Compensationsocular, welches 12 Mal die Objectivvergrösserung vermehrt, ein fast völlig homogen erscheinendes Protoplasma, in welchem zahlreiche mehr oder weniger eckige, Licht stark brechende Körnchen eingebettet sind.

In den meisten Zellen findet sich ausserdem eine grössere (selten zwei oder mehrere) Vacuole, die bisweilen ausser dem Zellsaft noch ein ebenso wie die im Protoplasma befindlichen Körnchen gestaltetes,

1) G. HIERONYMUS, Beiträge zur Morphologie und Biologie der Algen in COHN's Beiträgen zur Biologie der Pflanzen. Bd. V. S. 471.

2) E. ZACHARIAS, Ueber die Zellen der Cyanophyceen in Botan. Zeitung. 1892. No. 38.

bisweilen auch verhältnissmässig grosses Körnchen (vergl. Fig. 4) in selteneren Fällen auch mehrere Körnchen enthält. Es ist nun leicht zu erkennen und auch wohl schon früher von anderen Beobachtern bemerkt worden, obgleich ich keine litterarische Notiz darüber auffinden konnte, dass die im Protoplasma liegenden eckigen Körnchen stets in Reihen liegen und dass diese Reihen fadenförmig in einer mehr oder weniger regelmässigen Spirale oder auch einem Knäuel zusammengewickelt erscheinen. Oft ist dieser Knäuel ziemlich dicht, bisweilen aber auch ziemlich locker und kann dann über einem grossen Theil des Zelllumens sich ausbreiten (vergl. Fig. 1—4).

Ich will für diesen Knäuel im Weiteren den Namen Centrifaden anwenden, da es mir gelungen ist, wie ich weiter unten genauer erörtern werde, nachzuweisen, dass die eckigen glänzenden Körper in der That in einem fortlaufenden protoplasmatischen Faden eingelagert sind. —

Fixirt man die Presshefezellen mit irgend welcher Fixirungsflüssigkeit, so treten auch in dem vorher homogen erscheinenden Protoplasma Körnchen auf, die in ganz ähnlicher Weise stets in Reihen gelagert sind, welche mehr oder weniger regelmässige Spiralen, hin und her gewundene Fäden oder auch dichte Knäuele bilden (vergl. Fig. 5—6). Zugleich bemerkt man, dass die vorher sichtbaren eckigen Körnchen (Fig. 5 bei c) beim Fixiren auf ein viel geringeres Volumen reducirt werden und einander näher als vorher gelagert erscheinen, ja bisweilen einander so nahe rücken, dass man glaubt, einen continuirlichen, glänzenden, stark lichtbrechenden Faden zu sehen. Wenn man die Procedur des Fixirens mit schnell fixirenden Mitteln, z. B. Chromsäure, unter dem Mikroskop vornimmt und dabei eine bestimmte vorher ausgewählte Zelle, welche einen möglichst lockeren Centrifaden besitzt, im Auge behält, so kann man bemerken, dass der vorher lockere Centrifaden zu einem verhältnissmässig dichteren Knäuel sich zusammenzieht. Deutlicher noch werden diese Verhältnisse, wenn man das fixirte Präparat färbt. Als verhältnissmässig schnell färbendes Mittel — und ein solches muss angewendet werden, da es sich darum handelt, auch die Procedur des Färbens unter dem Mikroskop durchzuführen und dabei eine bestimmte Zelle im Auge zu behalten — benutzte ich mit Vortheil SCHNEIDER'sches Essigkarmin. Wenn der Farbstoff zu der betreffenden Zelle unter dem Deckglas vorgedrungen ist, so ist bald eine diffuse Färbung in der Zelle zu bemerken. Es erscheinen jedoch zugleich meist nicht deutlich umschriebene röthere Flecken in der Nähe des Centrifadens, die eckigen Körnchen haben auch nach Verlauf einer Viertelstunde noch nicht deutlich Farbstoff aufgenommen, wohl aber kann man jetzt schon constatiren, dass die Grundmasse des Centrifadens sich stärker zu färben beginnt und den Farbstoff mehr speichert als die im übrigen

Protoplasma durch die Fixirung erschienenen Körnchen. Die erwähnten rötheren, meist nicht deutlich umschriebenen Flecken muss ich nach genauer Untersuchung für den Farbstoff speichernde Vacuolen, welche durch die Zusammenziehung des Centralfadens und der übrigen protoplasmatischen Bestandtheile in Folge der Fixirung entstanden sind, halten. Es ist aus verschiedenen Gründen ersichtlich, dass es sich hier um künstlich entstandene Vacuolen handelt. Vorerst konnte ich constatiren, dass auch die bei den meisten ausgewachsenen Zellen normal vorhandenen Vacuolen oft den Farbstoff speichern. Dann aber verschwindet die Färbung sowohl des Inhaltes der normalen Vacuolen, wie auch die der künstlich entstandenen leicht, wenn man mit Glycerin auswäscht und dann das Glycerin nach und nach durch Alkohol ersetzt. Zu völliger Klarheit gelangt man, wenn man nun den Alkohol durch Nelkenöl verdrängt und dann möglichst via Toluol oder Xylol das Object in Canadabalsam einbettet. Mit einiger Vorsicht lässt sich dies alles unter dem Mikroskop und Deckglas machen, so dass man also von Anfang der Fixirung an bis zur vollzogenen Einbettung in Canadabalsam einen bestimmten Sprossverband oder doch wenigstens eine bestimmte vorher ausgewählte Zelle im Auge behält. Hat man das Essigkarmin genügende Zeit einwirken lassen — eine Stunde dürfte als Minimalzeit für ein sicheres Resultat zu betrachten sein —, so erscheinen schon im Nelkenöl, noch deutlicher im Canadabalsam, die eckigen Körnchen des Centralfadens deutlich gefärbt. Die Färbung der protoplasmatischen Grundmasse des Centralfadens ist nicht mehr besonders hervortretend. Etwas deutlicher gefärbt erscheinen die nach der Fixirung hervorgetretenen, auch in spiraligen Reihen angeordneten Körnchen des übrigen Protoplasmas. An günstigen Objecten sind nun auch die Fäden des im Leben homogen erscheinenden, übrigens den Centralfaden und die Vacuole stets umlagernden Protoplasmas deutlich zu verfolgen nach der Lagerung der Körnchen in Reihen, doch ist die fädige Grundmasse, in welche diese Körnchen eingelagert sind, nicht oder kaum gefärbt und darum nicht deutlich erkennbar. Bei den lebenden Zellen ist die mannichfaltige Gestaltung des Centralfadenknäuels fast noch deutlicher erkennbar, als bei fixirtem und gefärbtem und in Canadabalsam eingebettetem Material. Die Verhältnisse sind grösser, zumal nicht nur die eckigen Körnchen des Centralfadens, sondern die Zellen selbst, also die Zellmembran mit dem ganzen protoplasmatischen Inhalt oft auf die Hälfte ihres Volumens durch die zur Fixirung angewendeten Flüssigkeiten zusammenschrumpfen. In vielen Fällen ist der Centralfaden zu einem dichten und dann häufig mehr oder weniger kugeligen Knäuel zusammengerollt (vergl. Fig. 4), der nicht selten mit einer Seite der Vacuole anlagert. Bisweilen sind auch zwei durch einen mehr oder weniger geschlängelten Faden verbundene Knäuele desselben vorhanden (vergl. Fig. 3). Bei der Fixirung derartiger Zellen passirt es nicht

selten, dass der verbindende Faden reisst und sich die beiden Enden an der Rissstelle in verschiedenen Richtungen zurückziehen. Man kann dann sehr leicht zu der Annahme gelangen, dass zwei Centralfäden in der betreffenden Zelle vorhanden sind. Uebrigens ist die Möglichkeit vorhanden, dass auch in der lebenden Zelle der Centralfaden sich in zwei Theile theilt, ohne dass dabei eine neue Sprossgeneration gebildet wird. Immerhin konnte ich nicht mit Sicherheit zwei Centralfäden in einer Zelle constatiren. Dagegen war das beide Knäueltheile verbindende Fadenstück oft sehr körnchenarm. Weite Entfernungen trennten die einzelnen Körnchen desselben, während in den Theilknäueln dieselben desto dichter gelagert waren. Körnchenarme Fadenstücke sind übrigens auch sonst bisweilen in dem Centralkörper vorhanden. Da dieselben dann schwer erkennbar sind, so kann man leicht zu der Ansicht kommen, dass der Centralkörper nicht nur aus einem fortlaufenden Faden, sondern mehreren solchen gebildet ist. Immerhin scheint letzteres mir sehr unwahrscheinlich nach den Erfahrungen zu schliessen, welche ich bei der Fixirung von dergleichen Centralkörpern unter dem Mikroskop gemacht habe. Hier wurden nämlich die durch die körnchenlose Fadenstrecke getrennten beiden benachbarten Körnchen im Verhältniss einander ebenso nahe gerückt, als wie die übrigen.

Die Länge des Centralfadenknäuels ist eine sehr verschiedene, ebenso wie die Art und Weise der Aufwicklung desselben. Nicht selten kommen fast regelmässige Spiralen vor. Bisweilen findet sich eine innere Spirale, um welche eine äussere herumläuft. Die Windungen verlaufen meist in demselben Sinne nach rechts oder links aufsteigend, ohne deshalb parallel sein zu müssen, doch konnte ich auch besonders, wenn der Faden zwei verschieden getrennte Knäuele zeigte, einen Wechsel in dieser Beziehung bei den beiden Knäueln constatiren.

Ofters ist der Centralfaden aussergewöhnlich lang. Ist er dabei sehr locker aufgewickelt, so wird ein grosser Theil des Zelllumens von demselben eingenommen und einzelne Fadenschlingen scheinen sich sogar bis dicht an die Membran verschieben zu können, wenigstens habe ich wiederholt in Reihen gelagerte Körnchen dicht an der Membran beobachtet. Je umfangreicher der körnchenführende Centralfaden ist, desto mehr tritt das im Leben homogen erscheinende und körnchenfreie Protoplasma zurück. Ja bisweilen findet man Zellen, welche fast ganz von dem Centralfaden erfüllt zu sein scheinen.

Man kommt dadurch zu der Annahme, dass die Fadenschlingen des Centralkörpers sich in den übrigen protoplasmatischen Zellinhalt hinein verschieben können. Diese Thatsache zusammen mit dem Erscheinen einer Fibrillenstructur nach der Fixirung auch in vorher homogen erscheinenden Protoplasmen zwingt zu der Annahme, dass das in der lebenden Zelle dem Auge ziemlich gleichartig erscheinende Proto-

plasma diese Fibrillenstructur auch im Leben schon wirklich besitzt. Es kann sogar zweifelhaft sein, ob überhaupt zwischen dem als Centralfaden bezeichneten körnchenführenden Protoplasma und wenigstens einem Theil des übrigen Protoplasmas ein morphologischer Unterschied vorhanden ist und ob nicht vielmehr die Fibrillenstructur des Protoplasmas der Hefezelle in dieser Beziehung homogen ist, wobei jedoch bestimmten fädigen Theilen, welche mehr im Innern der Zelle liegen, die Fähigkeit zukommen würde, Reservesubstanzen in Gestalt der erwähnten eckigen Körnchen abzulagern. Der vorhandene Unterschied zwischen Centralfaden und übrigem Protoplasma würde also ein in der verschiedenartigen Function dieser Theile bestehender sein, wobei allerdings die Function des ausserhalb des Centralfadens liegenden Protoplasmas noch nicht erkannt ist.

Sicherlich aber muss eine dicht unter der Membran befindliche Protoplasmaschicht, welche bisweilen sehr dünn ist und dann zwischen Vacuole und Membran liegt, von dem Centralkörper unterschieden werden. In manchen Zellen verlaufen die in dieser Rindenschicht des Protoplasmas beim Fixiren erscheinenden Körnchenreihen und somit wohl auch die Fäden im lebenden Rindenprotoplasma fast in regelmässigen, nur hier und da unterbrochenen Spiralen parallel der Zellmembran und liegen dicht an dieser an (vergl. den oberen Theil der Fig. 6). In anderen Fällen konnte ich jedoch auch, und zwar an Stellen besonders, wo das im Leben homogen erscheinende Plasma (vgl. Fig. 4 unten) in sehr dicker Lage auftritt, nach dem Fixiren und Färben constatiren, dass gewisse, an der Innenfläche der Zellmembran verlaufende Körnchenreihen nach dem Innern des Zelllumens zu abbiegen, hier also wohl Fädenspiralen vorliegen, welche an der einen Seite der Zellwand anliegen, mit der anderen aber dem Innern der Zelle angehören (vergl. Fig. 6 unten).

Die in der Rindenschicht nach dem Fixiren erscheinenden Körnchen haben sehr verschiedene Grösse, meist sind sie sehr klein und dann schwer erkennbar, nicht selten erreichen sie jedoch eine Grösse, welche der mittleren Grösse der Körnchen des Centralkörpers, welche diese nach dem Fixiren besitzen, etwa entspricht (siehe Fig. 5).

Was nun aber die eckigen, glänzenden, in der lebenden Zelle schon sichtbaren Körnchen anbelangt, so finden sich bisweilen sehr grosse besonders in älteren Zellen. Allzu grosse werden nicht selten in die Vacuole ausgeschieden, in welcher sie dann ruhig liegen, oder aber tanzende sogenannte BROWN'sche Molecularbewegung zeigen. In Fig. 4 habe ich eine Zelle abgebildet, welche ein aussergewöhnlich grosses Körnchen zeigte. Dasselbe erschien dem Auge ziemlich regelmässig sechseckig, und glaube ich einen regulären Würfel in demselben erkannt zu haben. Gewöhnlich erscheinen die Körnchen mehr rundlich, die sechs Umrissecken abgestumpft. Hier dürften also vermuthlich

Combinationen des Würfels mit dem Octaëder vorliegen. Ob andere Formen, besonders unter den kleineren Körnchen vorkommen, lässt sich schwer bestimmen. Bisweilen glaubte ich hemiëdrische Formen zu erkennen, wenigstens sah ich Umrissformen, die nur als solchen angehörig gedeutet werden konnten. Die mikrochemische Untersuchung über diese eckigen Körnchen, die ich nun, da sie quellbar sind, als Krystalloide bezeichnen will, ist noch nicht abgeschlossen. KRASSER hält sie nicht für Nucleïn, da sie sich auch in Hefe finden sollen, welche nach der Vorschrift von KOSSEL¹⁾, welcher dadurch, dass er dieselbe in sehr verdünnte Natronlauge brachte, den Auszug in verdünnte Salzsäure eintröpfelte und den gebildeten Niederschlag mit Salzsäure und Alkohol auswusch, Nucleïn darstellte, behandelt worden war, aus welcher also wirklich Nucleïn bereitet worden war. Ich fand dieselben, wie bereits andere Untersucher, unlöslich in Alkohol und Aether. Auch in Kochsalzlösungen verschiedener Concentration lösen sie sich nicht ebenso wie in Kalkwasser, das die ganzen Zellen quellen macht, auch nicht in gesättigter Lösung von schwefelsaurer Magnesia, Monokaliumphosphat, Kupfersulfat, Chloralhydrat. In Kalilauge sind sie schwer löslich. Selbst nach mehrtägigem Liegen in frisch bereiteter concentrirter Lösung fanden sich noch einige Körnchen vor. Sie werden jedoch in Kalilauge, auch in verdünnter, sogleich unsichtbar, treten aber wieder mit eben demselben Glanz und starkem Lichtbrechungsvermögen hervor, wenn man die Aetzkalklösung durch Wasser ersetzt. Die Anordnung der Krystalloide in Reihen ist auch nach stundenlanger Behandlung noch meist deutlich ersichtlich, obgleich das hyaline Protoplasma der Fäden, in welches sie eingebettet sind, fast ganz in Lösung übergegangen ist.

In Salpetersäure quellen die Körnchen etwas, aber sie lösen sich selbst in concentrirter nicht. Ebenso verhalten sie sich in Salzsäure. Dieselben quellen in schwefelsaurem Ammon, und ihre Umrisse werden undeutlich in dieser Flüssigkeit, jedoch treten dieselben wieder deutlich hervor nach dem Auswaschen. Schwefelsaures Ammon wirkt also ähnlich wie Aetzkalklösung. Verdünnte und concentrirte Essigsäure fixirt dieselben, sie verlieren dabei bedeutend an Volumen. Dasselbe ist der Fall bei Behandlung mit anderen Fixirungsmitteln, ja bei Chromsäure in noch stärkerer Masse, als bei Fixirung mit Essigsäure, so dass mit Chromsäure fixirte Körnchen, welche nach dem Auswaschen dieser mit Essigsäure behandelt werden, deutlich quellen, ohne jedoch ihre ursprüngliche Grösse wieder zu erhalten.

Durch concentrirte Schwefelsäure werden die Körnchen in tropfbar flüssigen Zustand übergeführt, die kleineren Tropfen vereinigen sich zu

1) KOSSEL, Ueber das Nucleïn der Hefe I. Zeitschrift für physiologische Chemie Bd. III. p. 284--291.

grösseren, und ehe die Zellen platzen, sind meist nur ein oder zwei grössere Tropfen sichtbar. Nach dem Platzen der Zellen verschwinden auch diese grösseren Tropfen, indem sie nach und nach an Glanz verlieren.

Die Körnchen sind färbbar ausser durch Essigkarmin, wie oben bereits erwähnt, durch LÖFFLER'sches Methylenblau, besonders, wenn die Zellen vorher mit schwacher Kalilösung oder Ammoniak behandelt werden, ferner mit Methylgrün-Essigsäure, die dieselben auch bei unfixirtem Material färbt. Bei fixirtem Material färben sich die Körnchen leicht durch Eosinlösung, Safranin, Säurefuchsin und auch noch andere Anilinfarben. Auch mit Haematin-Ammoniak gelang es mir, die Körnchen zu färben, doch war die Färbung nicht besonders intensiv.

Die Körnchen sind, wie ich schon sagte, zweifelsohne Krystalloide. Die eckige Gestalt und die Erscheinung, dass gefärbte Körnchen bei gewisser Einstellung des Mikroskops ungefärbt erscheinen, weist darauf hin, ebenso ihre Quellbarkeit in manchen Reagentien und das Zusammenschrumpfen derselben in Fixierungsflüssigkeiten. Die chemische Substanz ist eine noch unbekannte und müssen weitere Forschungen ergeben, ob das von KOSSEL aus der Hefe gewonnene Nuclein aus diesen Körpern stammt oder nicht. Ich vermute nur, dass doch die Nucleinpräparate KOSSEL's aus diesen Körnchen stammten und dass die benützte Hefe nicht genügend durch die verdünnte Natronlauge ausgezogen wird. Jedenfalls sind weitere Versuche zu machen.

Hier mögen noch zwei zufällig gemachte Beobachtungen Platz finden. Die eine betrifft die Wirkung von Kalkwasser auf lebende Hefezellen. Lässt man sehr verdünntes käufliches Kalkwasser langsam unter dem Deckglas zu Hefezellen zufließen, so bemerkt man bald, dass von manchen Zellen einzelne Krystalloide in die vorhandenen Vacuolen ausgeschieden werden, wo sie sogleich lebhaft in sogenannter BROWN'scher Bewegung zu tanzen anfangen. Es kann dieses Austreten von Körnchen soweit fortgesetzt werden, dass der Centalkörper fast leer von Körnchen wird, und die Vacuole aber schliesslich ganz vollgestopft wird, wobei dann die tanzende Bewegung aufhört. Meist jedoch stirbt die Zelle vorher ab. Dieses Austreten der Körnchen aus dem Centalfaden der noch lebenden Zelle beweist, dass die Grundsubstanz des Centalfadens eine zähflüssige Masse darstellt, aus welcher die Körnchen vermuthlich überall ausgeschieden werden können.

Die zweite Beobachtung bezieht sich auf die Einwirkung von LÖFFLER'schem Methylenblau auf lebende Zellen. Lässt man eine schwache Lösung dieses Farbstoffes unter dem Deckglas an Hefezellen heranfließen, so nehmen dieselben nach und nach von dem Farbstoff auf. Es erscheinen kleine, den Farbstoff speichernde Vacuolen im Protoplasma sowohl zwischen den Fadenschlingen des Centalkörpers, wie auch im übrigen hyalinen Protoplasma. Bisweilen erscheint nur

eine Vacuole, die sich dann sehr bald stark vergrössert, oft aber sind auch mehrere kleinere derartige Vacuolen in einer Zelle vorhanden. Der Farbstoff wird durch diese Vacuolen ausserordentlich stark gespeichert. Derselbe erscheint nur am Rande, wo er mit dem Protoplasma in Berührung ist, blau, die Mitte der Vacuole erscheint dagegen roth. Man kann aus dieser Erscheinung auf die alkalische Reaction des lebenden Plasmas und die saure Reaction des Zellsaftes schliessen.

Schliesslich möge hier noch erwähnt werden, dass ich Presshefe auch noch in anderen Nährflüssigkeiten, als Rübenzuckerlösung und Milch cultivirt habe und zwar in einer Nährflüssigkeit, für welche ich das Recept aus W. DETMER's pflanzenphysiologischem Practicum (p. 57) entnahm. In dieser aus Traubenzucker und verschiedenen Salzen bestehenden Nährflüssigkeit bildeten sich sehr schnell zahlreiche Sprossverbände, aber merkwürdiger Weise bildeten sich in den einzelnen Zellen nur wenig Körnchen-Krystalloide im Centralkörper, so dass hier die Reibenlagerung dieser Körnchen nur in wenigen Zellen deutlich beobachtet werden konnte, da die Entfernungen von einem zum anderen verhältnissmässig bedeutend waren. Ebenso üppig wie in dieser Nährlösung vegetirt die Hefe, wie oben erwähnt, in der Milch. Hier aber bilden sich trotzdem ebenso zahlreiche Körnchen, wie in der Rübenzuckerlösung, in welcher die Hefe nur sehr langsam wächst. Weitere Culturversuche habe ich zur Zeit noch nicht angestellt. Doch vermute ich, dass solche die auf die Substanz der Körnchen bezügliche Frage beantworten werden, und als Resultat dieser Culturversuche sich ergeben wird, aus welchen Elementarstoffen die Hefe die Körnchen zu bilden vermag und aus welchen nicht.

An die vorstehende Mittheilung über die Organisation der Hefezellen möchte ich einige Betrachtungen über die sogenannte Structur des Protoplasmas überhaupt schliessen.

Die Hefe ist wie auch einige Phycochromaceen, besonders *Tolythrix*-Arten, ein aussergewöhnlich günstiges Object, um zu beweisen, dass die von manchen Seiten abgeleugnete Fibrillenstructur des Protoplasmas in der That auch in der lebenden Zelle vorhanden ist.

Was für das Protoplasma der Hefe Gültigkeit hat, dürfte für das Protoplasma aller übrigen Organismen Gültigkeit haben. Für den Zellkern und die Chromatophoren der Pflanzen werden unbefangene Beobachter mir dies a priori zugeben, dieselben werden an der fibrillären oder fädigen Structur dieser Inhaltsbestandtheile der Pflanzenzelle nicht zweifeln. Schwieriger ist es, sich mit dem Vorhandensein einer fibrillären Structur des hyalinen, Zellkerne und Chromatophoren umgebenden Protoplasmas, in welchem sich auch noch Vacuolen, Stärkekörner, Proteinkrystalloide und andere Zellinhaltsbestandtheile eingebettet finden, zu befremden. Es kann nicht abgeleugnet werden, dass in diesem hyalinen Protoplasma nach dem Fixiren mit irgend welchen Mitteln eine Fibrillen-

structur zum Vorschein kommt. Bezweifelt wird jedoch von mancher Seite, dass diese Fibrillenstructur auch im lebenden Protoplasma vorhanden ist, und es wird das durch die Fixirung entstandene „Gerinsel“ von denselben für ein Kunstproduct erklärt.

Ich bin der Ueberzeugung, dass dieses „Gerinsel“ in der That auch schon in der lebenden Zelle in gewisser Weise vorgebildet ist. Ich stelle mir das Protoplasma allerdings als eine structurlose, helle, zähe, flüssige Masse vor, die jedoch gewisse Differenzirungen besitzt. Es wechsellagern in demselben festere, mehr Substanz in Lösung und auch mehr Ausscheidungsproducte wie z. B. Krystalloide enthaltende Stränge mit einer leichter flüssigen Grundsubstanz und bin in dieser Hinsicht einer Ansicht mit anderen Forschern z. B. A. BRASS.¹⁾

Ich bin jedoch nicht geneigt, in den festeren Fadensträngen des Protoplasmas oder gar in Theilen desselben den sogenannten Grana irgend welche Elementarorgane niederster Art zu sehen. Die Fibrillenstructur des Protoplasmas erklärt sich meines Erachtens nach einfach durch die Art und Weise, wie sich mischbare Flüssigkeiten, welche irgend wie verschieden geartet sind, durchdringen.

Ein leicht anzustellender Versuch²⁾ mag dafür zur Demonstration dienen: Man bringe ein Tröpfchen einer schwachen wässerigen Lösung von Säurefuchsin auf einem Objectträger unter Deckglas, lasse dann eine concentrirte wässrige Pikrinsäurelösung zufließen. Diese letztere durchdringt in bestimmten Bahnen bald die Säurefuchsinlösung. Der Farbstoff wird von dieser ausgeschieden und zwar in Gestalt von winzigen Körnchen. Diese Körnchen lagern sich stets in Reihen ab. Dringt die Pikrinsäurelösung schnell ein, so sind diese Reihen mehr oder weniger parallel; dringt sie aber langsam ein, so bilden sich parallel dem Deckglas und an diesem nach verschiedenen Richtungen verlaufende, hin und her gewundene Körnchenreihen, in der Flüssigkeit selbst zwischen Deckglas und Objectträger aber erscheinen die Körnchenreihen in Gestalt von mannichfaltig mehr oder weniger spiralig gewundenen oder zu Knäueln zusammengewickelten Fäden.

Das geschilderte Bild entspricht nun ganz und gar dem Bilde, welches man bei vielen protoplasmareichen, lebenskräftigen Zellen erhält, nachdem man dieselben irgend wie fixirt und dann mit Säurefuchsin den Inhalt derselben gefärbt hat. Als günstiges Vergleichsobject kann ich die Zellen der Epidermis von Zwiebelschalen empfehlen.

Dieselben Wege, welche die in die Säurefuchsinlösung eindringende Pikrinsäurelösung nimmt, wird meiner Ansicht nach der von Zelle zu

1) A. BRASS: Beiträge zur Zellphysiologie. Halle 1884, p. 2, Anmerkung.

2) Dieser Versuch lässt sich natürlich in mannichfaltiger Weise variiren; indem man andere Farbstoffe — diese eignen sich natürlich am besten — in der einen Flüssigkeit löst. Zum Niederschlagen derselben kann man nun als zweite Flüssigkeit eine solche verwenden, in welcher sich der betreffende Farbstoff nicht löst.

Zelle steigende Saft oder bei in Wasser oder sonst wässerigen Flüssigkeiten lebenden, ein- oder mehrzelligen Organismen, die von aussen in die Zellen eindringende Flüssigkeit nehmen, aus dem theoretisch a priori homogenen Protoplasma werden sich dickflüssigere, mannichfaltig gewundene Stränge in einer dünnflüssigeren, dieselben umgebenden Grundmasse herausdifferenzieren. In den dickflüssigeren Strängen werden, sofern die nöthige Substanz vorhanden, unter bestimmten, noch zu erforschenden Umständen, sich feste Ausscheidungsproducte ablagern. Zu diäsen letzteren gehören unter anderen die Kyanophycinkrystalle der Phycochromaceen und die oben genannten eckigen Körnchen der Presshefe, welche ich ebenfalls für Krystalloide halte und welche bereits im lebenden Protoplasma jüngerer Zellen deutliche Reihenlagerung zeigen.

Werden nun lebende Zellen abgetödtet und ihr Inhalt „fixirt“, so wird die eindringende Flüssigkeit zweifelsohne dieselben Wege nehmen, welche der Zellsaft oder von aussen in die Zelle eindringende wässerige Flüssigkeit in der lebenden Zelle genommen hat, die „fällbaren“ Theile des Protoplasmas werden sich in den mehr stabilen, strangförmigen, dichteren Theilen desselben ablagern. Daher das Auftreten von in Reihen geordneten Körnchen beim Fixiren von Protoplasma.

Es ist hier nicht der Raum, um weiter auf die Art und Weise, wie sich Flüssigkeiten durchdringen, — es sind hierüber darauf bezügliche Abhandlungen und die Lehrbücher über Molecularphysik nachzuschlagen, — einzugehen, und die Bewegungsercheinungen im Protoplasma, welche die sogenannte fibrilläre Structur des Protoplasmas, die schliesslich selbstverständlich auch festere Theile desselben, zu welchen ich Zellkern, Chromatophoren, das sogenannte Hartplasma in Samen und Rhizomen rechne, als die günstigste festhalten müssen, zu vergleichen. Ich hoffe jedoch hiermit zu weiteren Studien auf diesem Gebiete angeregt zu haben.

Erklärung der Abbildungen.

Vergrösserung der Figuren etwa $\frac{5000}{1}$ linear.

Fig. 1—3. Lebende Hefezellen in optischer Durchschnittsansicht mit sehr lockeren Centralfäden in verschiedenen Verschlingungen.

- „ 4. Eine solche mit zu einem dichteren Knäuel verschlungenem Centralfaden und einem grossen Krystalloid in der Vacuole.
- „ 5. Hefezelle in optischer Durchschnittsansicht, fixirt und mit Essigkarmin gefärbt. An Stelle des homogenen Protoplasmas liegen Reihen von Körnchen. In der Mitte der sehr zusammengezogene Centralfaden, welcher die auch bei der lebenden Zelle sichtbaren Körnchen enthält, die bei der betreffenden Zelle im Verhältniss ungefähr doppelt so gross waren, als sie bei der fixirten Zelle in 5000facher Vergrösserung gezeichnet sind. Auch die in der Rindenschicht nach der Fixirung erschienenen Körnchen sind in der Regel kleiner.
- „ 6. Oberflächenansicht einer ähnlichen für die Beobachtung günstigen Zelle. Die Vacuole befand sich in der oberen Hälfte der Figur, der Centralfaden an der unteren Seite der Vacuole, dieselbe in mannichfachen Windungen halbmondförmig umgebend. Beide sind nicht in der Figur sichtbar.

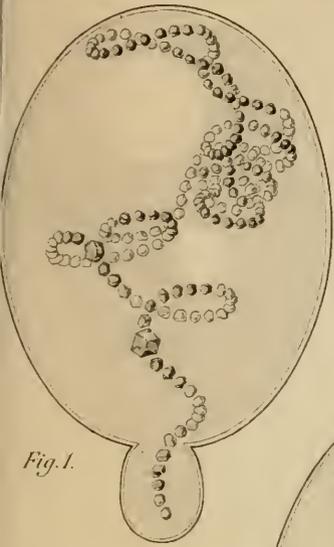


Fig. 1.

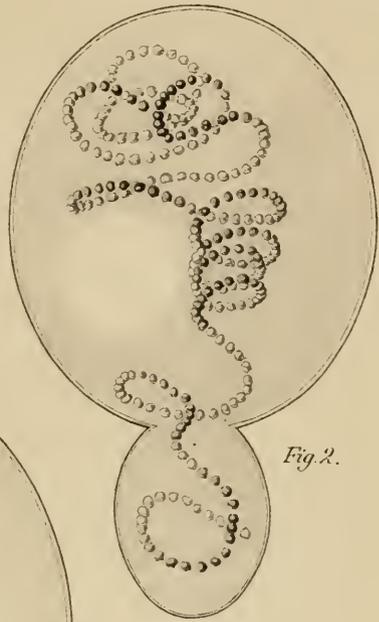


Fig. 2.

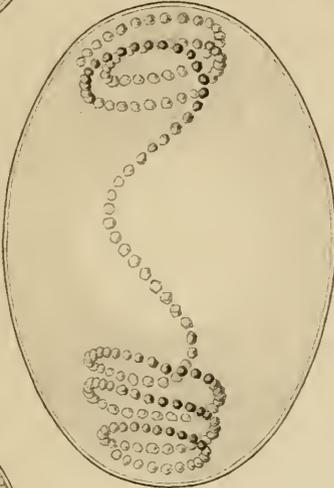


Fig. 3.

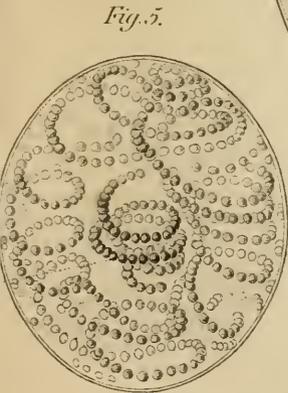


Fig. 5.

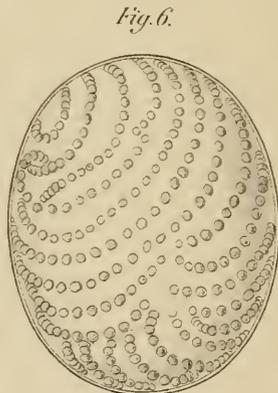


Fig. 6.

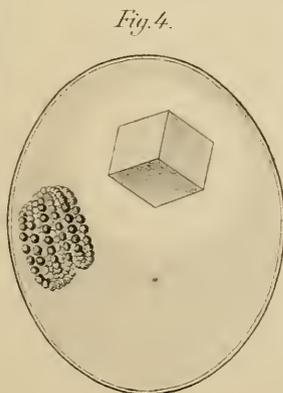


Fig. 4.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: [11](#)

Autor(en)/Author(s): Hieronymus Georg Hanns Emmo Wolfgang

Artikel/Article: [Ueber die Organisation der Hefezellen 176-186](#)