

Die Keimung der Sporen und die Entstehung der Fruchtkörper bei den Nidularieen.

Von

Dr. Eduard Eidam.

Mit Tafel X.

Einleitung. Die zur Gruppe der *Nidularieen* gehörigen Pilze sind schon oftmals beschrieben worden; das sonderbare Aussehen der reifen Fruchtkörper dieser den *Gasteromyceten* sich anschliessenden Gebilde musste frühzeitig zu näherer Beobachtung auffordern. Dennoch sind die tiefer eingehenden entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen über die *Nidularieen* verhältnissmässig neueren Datums. Es war zuerst J. Schmitz¹⁾, der den merkwürdigen Bau des in Laubwäldern häufigen *Cyathus striatus* Willd. von seinen jugendlichen Zuständen an bis zur völligen Reife studirt hat und bereits zwei Jahre darauf erschien eine Arbeit der Gebrüder Tulasne²⁾, welche die Untersuchungen von Schmitz in ausgezeichneter Weise fortgesetzt und vervollständigt, zugleich auch die erste monographische Bearbeitung der *Nidularieen* und deren Reduction auf die Gattungen *Cyathus*, *Crucibulum* und *Nidularia* unternommen hatten. Endlich ist von Sachs³⁾ eine vorzügliche Entwicklungsgeschichte des *Crucibulum vulgare* Tul. veröffentlicht worden.

Die genannten Forscher gingen bei ihren Untersuchungen von den bereits fertig gebildeten Pilzen aus, sie stellten sich die Aufgabe, jene interessanten Gewebsdifferenzirungen kennen zu lernen, welche mit dem Erscheinen der Fruchtkörper als sandkorngrösse

¹⁾ *Linnaea* Band 16 Heft 2. 1842.

²⁾ *Annal. des scienc. naturell. Sér. 3. Tom. 1.* 1844.

³⁾ *Botan. Zeitung* 1855 No. 48. vgl. auch dessen *Lehrbuch der Botanik*, 4. Aufl. 1874 S. 338.

Knötchen beginnen, um mit den reifen zierlichen Bechern abzuschliessen, deren Inneres von zahlreichen linsenförmigen Sporangien angefüllt wird.

Während wir also über die in den heranwachsenden Fruchtanlagen vor sich gehenden Umbildungen wenigstens bei *Cyathus* und *Crucibulum* sehr genau unterrichtet sind, ist dies um so weniger mit der Keimung der Sporen, sowie mit dem Verhalten des aus letzteren hervorgehenden Myceliums der Fall und ferner bedarf die Art, wie die allererste Gestaltung der Fruchtkörper stattfindet, noch näherer Beobachtung. Alles, was wir von der Sporenkeimung wissen, beschränkt sich auf einige lückenhafte Angaben über *Cyathus striatus*, bei welchem Pilze sie bereits Hoffmann¹⁾ im Jahre 1859 und Hesse²⁾ kürzlich auf's Neue beschrieben und abgebildet haben. Die Keimung der Sporen von *Crucibulum* aber ist überhaupt bis jetzt nicht gelungen und noch jüngst von Reess³⁾ ohne Erfolg versucht worden.

Während des vergangenen Winters stellte ich im pflanzenphysiologischen Institut der Universität Breslau zahlreiche Culturversuche mit den Sporen von *Crucibulum vulgare* Tul. und *Cyathus striatus* Willd. an, ich beobachtete deren Keimung, sowie die Ausbildung der Mycelien auf künstlichen und natürlichen Nährsubstraten, endlich verfolgte ich den Aufbau ihrer Fruchtkörper von den allerjüngsten Zuständen an bis zur Sonderung der Gewebsschichten im Innern derselben.

Methode. Da alle bisherigen Versuche der Forscher, die Sporen von *Nidularieen* und von *Gasteromyceten* überhaupt zur Keimung anzuregen, theils gar nicht, theils nur mangelhaft das gewünschte Ziel erreichen konnten, so suchte ich eine andere Methode in Anwendung zu bringen, welche geeignet wäre, ein kräftiges Mycel zu erziehen und dabei die unausgesetzte Beobachtung mit dem Mikroskop zu gestatten. Denn die Erfolglosigkeit der früheren Bemühungen musste eben nur darin zu suchen sein, dass die Sporen nicht in die für ihre Keimung und weitere Entwicklung erforderlichen Umstände gebracht worden waren, so dass sie kurz vor oder nach der Keimung zu Grunde gingen. Das von mir benutzte Verfahren bestand darin, dass ich die Sporen bei gleichzeitiger Gegenwart passender Nähr-

¹⁾ Botan. Zeitung 1859 No. 25.

²⁾ Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik von Pringsheim 1875. 10. Bd. 2. H.

³⁾ Ueber den Befruchtungsvorgang bei den *Basidiomyceten*. Pringsheim's Jahrbücher 10. B. 2. H. S. 185.

verhältnisse einer Tag und Nacht anhaltenden Temperatur von 20 bis 25 ° C. aussetzte unter Glasglocken, deren Innenraum ganz und gar mit feuchtem Fliesspapier überkleidet war. Durch diese, vermittelt eines Wärmkastens erzielten höheren Wärmegrade wurde die Lebensthätigkeit der ausgesäten Sporen gefördert und die rasche Mycelentfaltung erheblich begünstigt. Uebrigens stellte ich auch während der Monate October bis December 1875 bei gewöhnlicher Zimmertemperatur Keimungsversuche an, welche ebenfalls, nur viel langsamer und unregelmässiger, von Erfolg begleitet waren.

Als Culturflüssigkeit verwendete ich neben Abkochungen von Pflaumen, Rinde, Heu, zersetztem Holz etc. am meisten krystallklar filtrirtes, nach Brefeld'scher Methode dargestelltes Pferdemicistdecoct, welches wegen seiner Bestandtheile und seiner Haltbarkeit nach meinen Erfahrungen am besten zu derartigen Versuchen geeignet ist.

Alle künstlichen Culturflüssigkeiten haben aber neben dem Vortheil der jederzeit ermöglichten mikroskopischen Beobachtung immer den Nachtheil, dass wir bei Anwendung derselben nicht allein die Pilze zwingen, in einem ihren natürlichen Bedingungen der Regel nach nicht entsprechenden Medium sich anzusiedeln, sondern dass wir auch bei unserer noch mangelhaften Kenntniss über die physiologischen Wachstumsverhältnisse dieser Organismen ihnen eine Nahrung darreichen, von der wir nicht wissen, ob sie alle Stoffe enthält, welche diese Pflanzen in der Natur für sich verwenden. Wenn der Pilz üppig wächst, so können wir zwar annehmen, dass ihm die gebotene Nahrung zusagt, dennoch aber sind nur selten alle Umstände vorhanden, um seine sämmtlichen Entwicklungsstadien und Fruchtformen hervorzurufen, so dass wir in dieser Beziehung eben sehr häufig wieder zu natürlichen, d. h. nicht flüssigen Substraten zurückgreifen müssen.

Zum Zweck der Aussaat brachte ich die harten und spröden Sporangien, nachdem bei *Crucibulum* die äussere pergamentartige Hülle durch Schälcn mit der Nadel entfernt worden war, zunächst einige Minuten in absoluten Alkohol, um etwa anhängende fremde Pilzsporen zu tödten, darauf legte ich sie in einen Tropfen destillirten Wassers und liess sie so eine Viertelstunde lang mazeriren. Nach dieser Zeit waren sie völlig erweicht und durch Zerdrücken mit reinen Nadeln erhielt das Wasser eine milchweisse Farbe, von den in ihm suspendirten zahlreichen Sporen herrührend. Die Reste des schleimigen Funiculus wurden entfernt und das so gewonnene möglichst reine Sporenmaterial zur Aussaat verwendet. Sobald die Keimlinge etwas an Grösse zugenommen hatten, vertheilte ich sie

zu einem oder wenigen in frische Culturtropfen und erneuerte letztere, um die Ansiedelung von Hefe und Baeterien möglichst zu hindern, nach täglich wiederholtem mittelst Fliesspapier ausgeführtem vorsichtigem Wegwischen.

Cyathus striatus Willd.

Das von mir zu den Aussaatversuchen angewendete Material entstammte *Cyathus*-Bechern, welche im October vorigen Jahres gesammelt und seitdem trocken aufbewahrt worden waren.

Sporenkeimung. Frisch aus den Sporangien genommen und in Wasser vertheilt sind die Sporen farblos, mehr oder weniger regelmässig, von länglich ovaler Gestalt, oft beiderseits eingedrückt; sie besitzen ein vollständig glattes Epi- und Endosporium. Ihre durchschnittliche Länge beträgt 18 Mikr., ihre Breite 9—10 Mikr. Als ich sie in Mistdecoct bei einer Temperatur von etwa 25° C. aus säte, nahmen sie bald von aussen Flüssigkeit ins Innere auf, sie schwellen prall an, ihr gleichmässig feinkörniges Protoplasma sonderte sich in Folge der regen Endosmose in dichtere Parteen, welche vereinzelt oder mehrere mit dünnerem Inhalt erfüllte Hohlräume netzartig umgaben. In seltenen Fällen theilte sich die Spore kurz vor der Keimung durch eine Scheidewand in zwei etwa gleich-grosse Hälften.

Hierauf wurde das Episporium von den hervordringenden Keim-schläuchen durchbrochen, Fig. 1, 2, 3, 4. Gewöhnlich kamen letztere zu einem oder zwei, Fig. 2, an den abgerundeten Enden der Spore zum Vorschein, in anderen Fällen jedoch entstanden sie in unbestimmter Gegend seitlich, Fig. 1, und zwar liessen einzelne Sporen bis drei Keimschläuche erkennen, Fig. 3. Sehr häufig verzweigten sich letztere unmittelbar an der Austrittsstelle, Fig. 4, worauf jeder Zweig in entgegengesetzter Richtung weiter wuchs und durch diesen Umstand gewann es den Anschein, als ob zwei Keim-schläuche gleichzeitig von demselben Punkt aus sich entwickelt hätten. Letzteren Vorgang hat Hoffmann¹⁾ bereits richtig beschrieben, und wenn auch nicht gut, so doch deutlich erkennbar abgebildet, was ich hier ausdrücklich bemerke, weil Hesse²⁾ in Folge seiner

¹⁾ l. c. Taf. 11. Fig 21.

²⁾ l. c. Anm. Ich bemerke, dass die von Hesse für seine Figuren angegebene Vergrösserung von 300 unmöglich richtig sein kann; der Grösse dieser Abbildungen nach muss sie mehr als das Doppelte betragen. Wahrscheinlich sind die Bilder, ebenso wie die meinigen, mit dem Zeichenprisma entworfen und hat Hesse die je nach der Entfernung des Papieres vom Objecttisch bedeutend gesteigerte Vergrösserung nicht in Rechnung gezogen.

Beobachtung der Ansicht ist, als ob Hoffmann's Keimversuche „in ihrem Resultate der Wirklichkeit fern geblieben wären.“ Hesse säte die Sporen überhaupt nur in destillirtes Wasser aus, so dass sie auch von aussen keine Nahrung weiter anzunehmen im Stande waren und¹ keine Rede von der Erziehung eines kräftigen Myceliums sein konnte. So beschränkt sich denn das Ergebniss seiner Versuche allein darauf, dass er einen oder selten zwei kümmerliche Keimschläuche erhielt, welche höchstens die zwei- bis dreimalige Länge der Spore erreichten, „mitunter ein ganz kurzes Seitenzweiglein bildeten,“ dann im Wachsthum stillstanden und in kurze cylindrische Zellehen auseinanderfielen.

In die entstehenden Keimschläuche nun fliesst fast das gesammte Plasma der Spore über; letztere nimmt immer mehr Wasser von aussen her auf, in Folge dessen wird ihr Volumen vergrössert, die Vacuolen im Innern werden vermehrt und das Plasma auf einige strangartige Reste beschränkt, Fig. 1—4.

Die Keimschläuche selbst sind ihrem ganzen Verlauf nach von gleichmässiger Dicke, höchstens an der äussersten Spitze verjüngen sie sich etwas, sie wachsen rasch in die Länge und zeichnen sich durch die fast gerade, nur schwach wellenförmig oder in weitem Bogen verlaufende Richtung aus, welche sie einschlagen. Immer an ihrem Ende findet sich das dichteste Protoplasma, weiter zurück treten mehr und mehr Vacuolen auf und die Zellmembran erscheint deutlicher. Nicht immer jedoch ist der Vorgang so regelmässig, und als ich die Sporen in ungünstige Nährflüssigkeiten oder bei gewöhnlicher Zimmertemperatur im Februar und März aussäte, entwickelten sich spärliche Keimschläuche, welche nur wenig und langsam sich verlängerten, knorrig hin und her gebogen waren und an verschiedenen Stellen Dilatationen erkennen liessen, die später in kurze verdünnte Aeste übergingen.

An den normalen Keimschläuchen aber entstehen sehr bald zahlreiche Verzweigungen und Scheidewände. Letztere befinden sich oft dicht an der Austrittsstelle, sie sind nur da deutlich sichtbar, wo das Protoplasma bereits die Vacuolenbildung begonnen hat. Wo eine Scheidewand zu bemerken ist, entsteht gewöhnlich unterhalb derselben ein Seitenast, obwohl letztere auch oberhalb der Septa oder mitten von der Zelle aus ihren Ursprung nehmen können, Fig. 2 bis 6. Die Verzweigung geschieht theils durch reichliche Verästelung des Hauptfadens, theils durch directe Gabelung desselben, bisweilen kommen unmittelbar neben einander auf derselben Seite des Fadens Aeste zum Vorschein, die nach entgegengesetzten Richtungen

wachsen und sich so kreuzen; in andern Fällen entstehen zwei Aeste auf gleicher Höhe einander gegenüber. Eine besondere Anordnung in der Astbildung ist nicht zu erkennen, alle Aeste aber gleichen in ihrem Durchmesser dem Hauptfaden und wie dieser wachsen sie nur schwach gebogen entweder parallel mit ihm oder in mehr oder weniger senkrechter Richtung abgewendet, weiter, Fig. 5.

Verhalten des Myceliums auf flüssigem und festem Nährboden.

So breitet sich schon nach drei Tagen ein äusserst zarter spinnwebenartiger Filz in dem Culturtropfen aus, dessen einzelne Fäden sehr klebrig sind und beim Herausziehen der Nadel als schleimige Masse anhängen. Das junge Mycelium schwimmt auf der Oberfläche der Flüssigkeit, während am Grunde derselben die ungekeimten und todtten Sporen entleert als Häute mit dicken zusammengefallenen Membranen herumliegen. Man muss mit Isolirung der Keimlinge beginnen, wenn dieselben noch möglichst klein sind, denn später verwirren sie sich unter einander und können nur unter Verletzung wieder getrennt werden. Nach Verlauf von etwa sechs Tagen durchzieht bereits ein reichliches Mycelium, von einer Spore ausgegangen, welche demselben als aufgeblasener Sack anhängt, die Nährlösung, mit zahlreichen nach allen Richtungen abgehenden Verästelungen ausgestattet. Ist der Tropfen klein, so kommen die Endausläufer des Myceliums aus demselben heraus, sie kriechen theils über seine Ränder auf den Objectträger, theils erheben sie sich in die Luft und so entsteht über der Flüssigkeit ein weisswolliges Filzgewebe. Aber nicht in allen Fällen kommt es zur Ausbildung eines so reichlichen fädigen Myceliums, viele Keimlinge zeigen vielmehr ein verschiedenes und sehr merkwürdiges Verhalten.

Während nämlich die meisten Aeste derselben in gewöhnlicher Weise weiterwachsen, bekommen andere zahlreiche Septa, sie gliedern sich in Folge dessen in länglich cylindrische Zellen, winden sich hin und her und häufig rollen sie sich spiralig zusammen, Fig. 5 und 6. Nach kurzer Zeit fallen die gebildeten Zellen von den Tragfäden ab, Fig. 6, sie liegen in Menge theils zwischen dem Mycelium, theils in dem gesammten Culturtropfen zerstreut umher, theils isolirt, theils in verschiedener Anzahl spiralig, zickzack- oder kettenartig längere oder kürzere Zeit mit einander in Zusammenhang bleibend. Die eben beschriebene Bildung ist die gewöhnliche: nur einzelne Seitenäste, wohl auch die Enden von Hauptästen, zerfallen, Fig. 5, während das übrige Mycel weiter wächst und fortgesetzt neue Verzweigungen hervorbringt. Ein Theil der letzteren erhebt

sich senkrecht vom Mutterfaden aus über die Oberfläche der Flüssigkeit, entwickelt seitliche oder dichotome Aeste, welche kurz bleiben, und diesen Gebilden ein zierliches, baumartiges Ansehen verleihen. Bald aber gliedern sich die Aestchen ihrem gesammten Verlauf nach ebenfalls in kurze Zellen von derselben Beschaffenheit, wie sie oben beschrieben wurden und nur mit dem einen Unterschied, dass sie in solchen Fällen frei in der Luft entstanden sind. Aber noch andere Abweichungen sind zu bemerken. Befinden sich die Sporen in ungünstigen Nährverhältnissen, wohin auch der Fall zu zählen ist, dass ihrer zu viele in einem Culturtropfen vorhanden sind, so tritt bereits an den jungen, noch ganz kurzen Keimfäden die auffallende Neigung hervor, sich zu zergliedern und auseinanderzufallen, wie dies auch Hesse¹⁾ bereits angegeben hat. Ich beobachtete Sporen, welche mehr oder minder verästelte Keimschläuche getrieben hatten, aber schliesslich gänzlich in Gliedzellen auseinanderfielen, so dass also eine vollständige Zerbröckelung der Haupt- und Nebenäste eintrat, Fig. 7. Sobald aber das Mycelium kräftig gedeiht, so entstehen diese Zerfallprodukte viel seltener, auch wohl gar nicht, ersteres nimmt vielmehr dann Formen an, welche weiter unten beschrieben werden sollen.

Was die abgegliederten Zellen betrifft, so ist die Mehrzahl derselben dicht mit stark lichtbrechendem feinkörnigem Protoplasma angefüllt; die an einem Faden gemeinsam entstandenen sind oftmals so ziemlich von der nämlichen Länge, welche letztere wieder dem Breitendurchmesser gleich oder denselben um das Doppelte und mehr übertreffen kann, Fig. 6. Sie gleichen in diesem Zustande in hohem Grade den von mir²⁾ an *Agaricus*arten beschriebenen Bildungen, welche bei Sporenculturen am Mycel dieser Pilze zum Vorschein kommen und welche ich seitdem in gleicher Weise bei *Agaricus pleopodius* Bull. erzielt habe und bei *Coprinus atramentarius* Bull., wo sie auf stattlichen Trägern sich entwickeln. Sehr häufig jedoch, zumal wenn das ganze oder der grösste Theil des aus einer *Cyathus*-spore hervorgegangenen Myceliums zerbröckelt, sind die Zerfallzellen von ganz ungleicher Länge: bald zerbricht der Faden unter vielfachen Zickzackkrümmungen in eine Reihe grösserer, dann wieder kleinerer Stücke, bald finden sich diese beiden Formen gemischt vor.

Am meisten ähnelt das beschriebene Verhalten des *Cyathus*-Myceliums in Nährlösungen — denn auf festen Substraten konnte

¹⁾ l. c.

²⁾ Botan. Zeitung 1875 No. 40, 41, 45.

ich es nie beobachten — den bei dem gemeinen *Oidium lactis* schon längst bekannten Erscheinungen, welchen Pilz Haberlandt ¹⁾ kürzlich auf's Neue beschrieben und abgebildet hat. Auch bei *Oidium* treffen wir in ausserordentlicher Regelmässigkeit diese Zergliederung des gesammten Myceliums oder einzelner Zweige desselben.

Ich suchte das weitere Verhalten der von dem *Cyathus*-Mycel abgegliederten Zellen zu beobachten. Es zeigte sich, wie ein Theil dieser Zerfallzellen, die kürzeren sowohl wie die längeren, anschwell, ihre Ecken sich abrundeten und sie am Ende oder in ihrer Mitte einen Keimfaden entwickelten, Fig. 8 bis 12. Dabei liess sich noch sehr gut die kettenförmige Anordnung der aus einem Faden hervorgegangenen Glieder erkennen. Die Keimfäden wuchsen in die Länge, sie bildeten neue Verzweigungen, Fig. 10 und 11, und manchmal erschien es, als ob zwei vorher getrennte Glieder vollständig mit einander verschmolzen und anastomosirten, Fig. 8, 12. Doch konnte ich mir über letzteren Punkt durch directe Beobachtung keine Gewissheit verschaffen.

Jedenfalls kann aber keine Rede davon sein, die beschriebenen Zellen als „Spermation“ in unserem bisherigen Sinne anzusehen, ebensowenig wie dies fernerhin bei obigen *Agaricus*zellen zulässig ist; denn nicht allein dass bei letzteren van Tieghem ²⁾ die Keimung gesehen und sie daher als Conidien bezeichnet hat, so scheint auch in Folge der neuerdings von diesem Forscher sowohl als von Brefeld (s. weiter unten) gemachten Entdeckungen über Entstehung der Hutpilze die Annahme einer Spermationbefruchtung durchaus unzulässig.

Den *Cyathus*zellen scheint vielmehr ebenfalls die Rolle von Propagationsorganen zuzukommen und ich bin der Ansicht, dass sie überhaupt nur unter solchen Umständen entstehen, wo nicht alle dem Mycel zum andauernd kräftigen Gedeihen nothwendigen Bedingungen erfüllt sind. Ich betrachte sie daher als eine unter abnormen Verhältnissen eintretende Erscheinung, dazu bestimmt, das

¹⁾ F. Haberlandt, Wissenschaftlich-practische Unters. auf dem Gebiete des Pflanzenbaues, Wien 1875. Haberlandt erhielt bei seinen Culturen den von Brefeld 1869 entdeckten Myxomyeten *Dictyostelium mucoroides*, erkannte denselben jedoch nicht, sondern hielt ihn für eine besondere Entwicklung von *Oidium lactis*. In Folge dieses Irrthums glaubt er damit die bis jetzt vergeblich gesuchte Aescosporenform des *Oidium lactis* gefunden zu haben!

²⁾ Bot. Zeitung 1876 No. 11. Annal. des scienc. naturell. Sér. VI. Tom. II. p. 361.

Mycel auch unter ungünstigen Bedingungen zu erhalten und fortzupflanzen.

Wenn in den Culturetropfen nur wenige keimende Sporen vorhanden sind, so dass die entstehenden Mycelien frei nach allen Richtungen sich ausbreiten können, wenn man ferner für öftere Erneuerung der Nährflüssigkeit Sorge trägt, so tritt die beschriebene Zergliederung nur selten an vereinzelt Aesten hervor. Das Mycel wächst vielmehr kräftig heran, es zeichnet sich durch die grosse Länge seiner einzelnen Zellen aus und die zahlreichen Verzweigungen wachsen oft so eng neben- und durcheinander hin, dass sie sich gegenseitig umschlingen und dadurch zu mehr oder minder dichten strangartigen Particeen gestalten. Ausserdem beginnt eine überaus reichliche Schnallenzellenbildung über die ganze Mycelfläche hin, und demselben ein sehr charakteristisches Ansehen verleihend. Bekanntlich entstehen die Schnallenzellen an Hyphen gewöhnlich in der Nähe von Scheidewänden durch Ausstülpungen, welche sehr kurz bleiben und nicht wie die Aeste vom Mutterfaden weg wachsen, sondern unter bogenförmiger Krümmung demselben sich alsbald wieder anlegen, wobei eine mehr oder weniger deutlich hervortretende Oese zu Stande kommt. Diese Bildungen habe ich an den Mycelien der untersuchten *Nidularieen* stets massenhaft und unter mancherlei Abänderungen auftreten sehen; ihr Aussehen am Mycel ist ein ganz anderes, als an den eigenthümlichen Zellen des *funiculus*, wo sie schon Schmitz¹⁾ und Tulasne²⁾ beschrieben haben.

Die zu den Schnallenzellen sich gestaltenden Ausstülpungen entstehen an der Hyphe bald einseitig, bald auf beiden Seiten, Fig. 18 bis 22; in letzterem Falle kommen bisweilen fast regelmässig hakenartig in der Mitte sich verbindende Gebilde zur Entwicklung, Fig. 21. Durch Verästelung der Mycelfäden und durch oftmalige Wiederholung dieser Schnallenzellenbildung in kurzen Zwischenräumen an den neuen Aesten gewinnt das Gesamtbild noch mehr an Mannigfaltigkeit, Fig. 19. Vielmals jedoch wuchsen die ursprünglich zu Schnallenzellen bestimmten Anlagen in wirkliche Seitenzweige aus, während sie in andern Fällen zur Entstehung von Anastomosen Veranlassung gaben. Denn in so weit vorgeschrittenem Zustand des Myceliums sind Anastomosen durchaus nicht selten. Ich beobachtete, dass in jenen Fällen, wo zwei Mycelfäden gekreuzt übereinander lagen, an der Berührungsstelle entweder die jungen Schnallenzellenanlagen selbst sich nicht ihrem eigenen, sondern dem

¹⁾ l. c. ²⁾ l. c.

fremden Faden anlegten und mit ihm verwachsen, Fig. 18, oder dass andere Ausstülpungen ebenfalls die Anastomose zweier fremder Fäden einleiteten, Fig. 17. Eine sonderbare Bildung habe ich in Fig. 15 aufgezeichnet, die wohl in der Weise entstanden ist, dass ein Mycelfaden sich unmittelbar an die bereits gebildete Schnallenzelle eines andern Fadens anlegte, worauf letztere drei neue Hervortreibungen gebildet hatte.

Alle diese Anastomosen und Schnallenzellenbildungen begünstigen sehr die strangartige Ausbildung des Myceliums und sie dürften wohl auch durch Plasmazufuhr eine Kräftigung einzelner Parteen herbeiführen, welche zur Entstehung einer Menge neuer Verästelungen die Veranlassung abgibt. Man erkennt, wie manche Mycelenden oder Seitenäste in bizarrer Weise rechts und links theils sich ausbuchten, Fig. 13 und 17, theils unter Anschwellung kurze Hervorragungen erzeugen, Fig. 14. Dabei sind nicht selten gekrümmte oft dichotome Auswüchse aus den Mycelfäden zu bemerken, Fig. 16 und 22, welche bald von einzelnen, bald von mehreren neben einander verlaufenden Hyphen entstehen. Diese endständig oder im Verlauf der Hyphen zum Vorschein kommenden Auswüchse bilden neue und kurz bleibende Verzweigungen aus, sie verwirren und umschlingen sich dicht und knäuelartig und treten auch wohl über die Oberfläche der Flüssigkeit in die Luft hervor.

Soweit konnte ich die Mycelentwicklung aus den Sporen von *Cyathus striatus* auf dem Objectträger verfolgen, sie blieb trotz anscheinend bisher guten Gedeihens und trotz fortgesetzter Erneuerung der Nährlösung auf dem zuletzt geschilderten Zustand der Ausbildung. Auch nach wochenlanger Frist, wo die überhandnehmende Ansiedelung von Hefe und Bacterien nicht mehr vermieden werden konnte, zeigte sich an dem Mycelium keine besondere Formwandlung mehr, auch die zuletzt erwähnten knäuelartigen Bildungen entwickelten sich nicht weiter und viele Fäden wurden unter Verlust des Protoplasmas augenscheinlich lebensunfähig. Wenn also auch keine eigentlichen Fruchtkörper auf diesem Wege erzielt werden konnten, so bin ich doch geneigt, auf Grund der folgenden Untersuchungen jene Knäuel, die oft kurz hintereinander unter Bethheiligung einzelner oder mehrerer Mycelfäden entstanden, als primitive Einleitungen zur Fruchtkörperbildung zu betrachten.

Ich versuchte nun die Sporen auf festen Substraten zur Entwicklung zu bringen und wählte für diesen Zweck gut ausgekochten Pferdemist, welchen ich in Uhrschildchen vertheilte und darauf die Aussaaten bewerkstelligte. Die Keimung erfolgte bei gewöhnlicher

Zimmertemperatur, und nach etwa 8 Tagen überzog ein feinfädiges Mycelium den Mist, wobei man erkennen konnte, wie dasselbe von den Sporen aus seinen Ursprung nahm. Dieses Mycel verhielt sich durchaus wie das eben beschriebene, es zeigte ebenfalls sehr reichliche Schnallenzellen, nie aber zerfiel dasselbe in die oben geschilderten Gliederungen, auch sah ich keine Fruchtkörper an demselben hervorkommen.

Ebensowenig war dies der Fall, als ich im Oswitzer Wald bei Breslau an einem abgehaunenen bemoosten Buchenstumpf im April gesammelte und unversehrt sammt ihrem Substrat nach Hause gebrachte *Cyathus striatus*-Becher in einem Glasgefäss unter Glocken bei gewöhnlicher und bei höherer Temperatur feucht erhielt. Hier aber zeigte sich eine andere, schon von Tulasne¹⁾ kurz hervorgehobene Erscheinung. Während nämlich das eigentliche in der modernden Humuserde befindliche *Cyathus*-Mycel kein Wachsthum erkennen liess, waren die am Innenrand der Becher befindlichen Zellen energisch fortbildungsfähig und schon nach wenigen Tagen strahlte von denselben allseitig ein neu entstandenes Hyphengewebe aus, dessen ältere Fäden anfangs vollkommen farblos waren, bald aber sich bräunten, ihre Membran beträchtlich verdickten und ihren Protoplasmavorrath auf Kosten der jüngsten Zweige verloren. Die so aus reifen Fruchtkörpern entstandenen Fäden besitzen ausserordentlich lange Zellen, sie verflechten sich bald zu dichten Hauptsträngen, von denen dünnere ausgehen, die selbst wieder in ein zartes, mehr kurzzelliges Fadengeflechte sich auflösen. Auch hier zeigte sich die Schnallenzellenbildung in ausgeprägtester Weise, fast an jeder Scheidewand erschienen sie, oft von geringerem Durchmesser als der Mutterfaden. Sehr häufig erreichten auch hier die ursprünglich zu Schnallenzellen bestimmten Auswüchse die Nachbarzellen nicht, sie wuchsen vielmehr vom Mutterfaden ab und in langgestreckte Hyphen aus, die wohl mitunter schmaler als der Mutterfaden waren, im Uebrigen aber den Wachsthumstypus desselben fortsetzten. Von den am Rande der Schale befindlichen Bechern kroch das Mycel längs der feuchten Glaswand selbst empor, ein zierlich verästeltes weisses Filzgewirre auf derselben darstellend. Dieses neugebildete Mycel wuchs und erhielt sich längere Zeit hindurch frisch, endlich aber verlor es seine Lebensthätigkeit, es trocknete aus und fiel in sich zusammen. Von den in den Bechern enthaltenen Sporangien gingen nur vereinzelte Hyphenbündel aus, die in ihrem Wachsthum ebenfalls bald stillstanden.

¹⁾ l. c. p. 49.

hervortreiben. Auch diese verästeln sich aufs Neue und behalten bald ihre den übrigen ähnliche Normalgestalt, bald verjüngen sich ihre Enden, bald spalten sie sich in gabelartige kurze Zweige und Ausstülpungen, bald schwellen sie in ihrem Verlauf oder endständig an und erhalten löffel- oder kolbenförmige Gestalten. Sämmtliche Hyphen sind plasmastrotzend, kurzellig, fast an jeder Scheidewand mit Schnallen versehen, sie besitzen eine sehr zarte Membran, die ich einigemal mit Krystallen innerstirt fand. Letztere geben sich in Folge ihrer Unlöslichkeit in Essigsäure und Löslichkeit ohne Aufbrausen in Salzsäure als aus oxalsaurem Kalk bestehend zu erkennen; ähnliche Krystallablagerungen habe ich auf den in Nährlösungen cultivirten Mycelien beobachtet, besonders an Fäden, welche in die Luft hineinragten.

Durch die erwähnten Verästelungen der Hyphen und durch die Verwirrung derselben kommen bald dicht verflochtene Knäuel zu Stande, deren allerdings sehr kümmerliche und unvollkommene Zustände ich, wie oben erwähnt, bei Cultur der Mycelien aus Sporen in Nährlösungen erhalten hatte. Hier, wo alle natürlichen Bedingungen ihres guten Gedeihens vorhanden waren, zeigten sie sich äusserst kräftig und vollkommen entwickelt. Sowie die knäuel- oder knotenartige Verflechtung gebildet ist, wächst dieselbe ausserordentlich rasch heran, ihre Zellen vermehren sich in rapider Weise, so dass es schwierig wird, dem weiteren Verhalten derselben zu folgen. Doch ist zu erkennen, dass das Knäuel in sich selbst fortbildungsfähig ist, dass durch Auswachsen der bereits bestehenden Elemente sowie durch Einschiebung neuer Aeste zunächst das von Schmitz erwähnte schneeweisse Pünktchen zur Ausbildung gelangt, welches anfangs so klein ist, dass es nur mit der Loupe bemerkt werden kann, sehr bald aber sein Volumen vergrössert.

Diese Pünktchen sind also rundliche oder ovale, auch hie und da etwas plattgedrückte Hyphenvereinigungen, welche mit den ihnen als Ausgangspunkt dienenden Muttersträngen zwar in Verbindung stehen, sich aber bereits durchaus selbstständig individualisirt haben; sie sind mit einem Worte die primitiven Anfänge der merkwürdigen *Cyathus*-Becher.

Wenn diese Gebilde am Ende der Mycelstränge entstehen, so sieht man sie theils vereinzelt, theils büschel- oder besenförmig oft dicht beieinander, zur Ausbildung kommen; der in kürzere oder längere Seitenstränge sich verzweigende Hauptmycelstrang trägt in letzterem Falle fast an jedem auch noch so kurzen Ast einen jungen Fruchtkörper, so dass das Ganze, zumal wenn dieselben etwas grösser

werden, ein traubenartiges Ansehen gewinnt. Entstehen die jungen Fruchtkörper aber auf Mycelflöckchen, welche an die Oberfläche des Nährbodens herausgewachsen und daselbst ausgebreitet sind, so erkennt man, wie die Verflechtung der Hyphen zu dem Knötchen von dem Centrum eines eng verschlungenen, ebenfalls überaus reich Schnallenzellen tragenden und auf's vielfachste verzweigten Fadenconglomerats aus stattfindet. In dem Verlauf der Mycelstränge endlich wird diese Bildung derartig eingeleitet, dass die zur Vereinigung bestimmten jungen Hyphenelemente im Innern der Stränge sich ansammeln, dieselben wulstig auftreiben und bald den älteren Theil der umgebenden braunen Hyphenschicht durchbrechen; sie breiten sich dann auf derselben aus oder constituiren sich wohl auch mehr seitlich, auf einen Blatt- oder Stengelrest gestützt. Direct auf dem Mycelstrang festsetzend, befinden sie sich alsdann unmittelbar auf der meist deutlich sichtbaren Anschwellung, welche von den ihre Entstehung durch Verzweigung einleitenden ersten Hyphen hervorgebracht wurde, und welche letztere selbst im weiteren Verlauf zu dem kräftig entwickelten Fadengeflecht des Pilzes heranwachsen.

Die blendendweisse Farbe aber, welche das junge Fruchtkörperflöckchen auszeichnet, rührt von einem beträchtlichen Luftvorrath her, welcher zwischen den Interstitien der Hyphen sich befindet und die Benetzung derselben unmöglich macht. Es ist dies ein Umstand, welcher der Untersuchung als bedeutendes Hinderniss sich in den Weg stellt, und um die bisher geschilderten Vorgänge auszumitteln, war es vor Allem nothwendig, die eingeschlossene Luft zu entfernen. Als bestes Mittel hierzu diente mir absoluter Alkohol, nach dessen Einwirkung ein Zusatz von Ammoniak erfolgte, welcher das Wiederaufquellen und das ursprüngliche Ansehen der Hyphen herbeiführte. Erst nach dieser Behandlung war das Präparat in allen Theilen erkennbar und die Knäuel erwiesen sich als durchweg aus ganz gleichartigen dicht verflochtenen, nur mit den schon oben erwähnten Formverschiedenheiten in den Dimensionen ausgestatteten und unmittelbar den Mycelzellen entspringenden Hyphen zusammengesetzt. Von irgend welchen Zellencomplexen, welche sich etwa durch besondere Grösse und abweichenden Bau auszeichneten und als weibliche Organe — Carpogonien — gelten könnten, ist keine Spur zu bemerken. Wir haben es in der That, wie Brefeld¹⁾ sagt, mit einer reichlichen Verzweigung von morphologisch und physiologisch gleichartigen Hyphen zu thun.

¹⁾ l. c. Absatz 19.

Sobald einmal die junge Fruchtkörperanlage besteht, wächst dieselbe in überaus energischer Weise heran und zwar von der Basal- und Mittelregion aus; die Randhyphen divergiren bei vielen der jüngsten nach allen Richtungen, und während die Basis sehr bald sich bräunt, bleibt die obere Partie am längsten farblos oder gelblich gefärbt. Uebrigens bildeten sich von den in meiner Cultur entstandenen Fruchtkörperanlagen durchaus nicht alle weiter aus: ein Theil derselben blieb vielmehr rudimentär, während ein anderer bis zur völligen Reife im Wachsthum vorschritt und dabei in auffallender Weise dem Lichte sich zuwendete. Wenn die Pilze an unterhalb der Oberfläche des lockeren Nährbodens verlaufenden Mycelsträngen entstanden sind, kommen sie bei ihrer weiteren Entwicklung mit der oberen Hälfte als bereits feste hellgelbe Knöllchen hervor. Besonders der Basaltheil, woselbst die Nahrungsaufnahme geschehen muss, wird mit vorschreitender Ausbildung sehr verdickt, er wird ganz dunkel und an den reiferen Exemplaren bildet er eine dichte fast Sclerotium-artige Masse, welche nach oben unmittelbar in das Gewebe der Peridienhüllen übergeht.

Die Elemente der jugendlichen Fruchtkörper sind überaus zart; wenn man die Knäuel vorsichtig unter dem Deckglas zerdrückt, erkennt man, wie die Randhyphen nicht besonderen Ursprungs, sondern nur die Ausläufer der centralen Fäden sind.

Mit fortschreitendem Wachsthum aber differenziren sich die Hyphen der Randpartieen mehr und mehr von dem mittleren Theil, sie färben sich zuerst gelblich, dann braun, ihre einzelnen Zellen werden zu langen, oft torulös aufgeschwollenen Schläuchen, dichotomiren sich wohl auch, sie enden rundlich oder zugespitzt, haben verdickte Wände, sind inhaltsleer und schliessen das centrale Gewebe von der Aussenseite ab, wie ein schützender zottiger Mantel dasselbe bekleidend. Dadurch aber werden die innerhalb der Fruchtanlage befindlichen Hyphen noch viel empfindlicher gegen äussere Einflüsse, so dass sie schon unter Wasser wie corrodirt aussehen, auch wohl gänzlich zerfliessen.

Der junge Pilz vergrössert sich von Tag zu Tag, besonders wenn seinem Gedeihen, wie in meinen Culturen, fortdauernd günstige Feuchtigkeitsverhältnisse zu Gebote stehen, und bald beginnt in seiner Innenmasse der sonderbare Verschleimungsprocess, welcher die Trennung in seine verschiedenen Gewebsschichten zur Folge hat. Ich konnte bequem sowohl die unter der Glasglocke fort und fort sich vollziehende Entstehung neuer Fruchtkörper verfolgen, als auch die Ausbildung der bereits vorhandenen bis zur völligen Reife beobachten,

welche letztere nach etwas mehr als vier Wochen stattgefunden hatte. Es ist jedoch unnöthig, näher die während des weiteren Wachsthum's der Fruchtkörper erfolgenden Veränderungen zu besprechen, da die Arbeiten von Schmitz¹⁾ und Tulasne²⁾ unmittelbar sich hier anschliessen.

Crucibulum vulgare Tul.

Ich benützte zu meinen während der vergangenen Wintermonate ausgeführten Sporenaussaaten Pilze, welche im Herbst 1875 an verschiedenen Orten zur Reife gelangt waren.

Sporenkeimung. Die Sporen von *Crucibulum vulgare* sind länglich oval, 8 Mikr. lang, 4 Mikr. breit, an einem Ende gewöhnlich etwas spitzer, mit glattem Episporium, Fig. 23a; das Endospor ist an den ungekeimten kaum zu unterscheiden; sie sind farblos, mit feinkörnigem Protoplasma angefüllt. Vor der Keimung schwellen sie sehr bedeutend, fast um das Doppelte ihrer ursprünglichen Grösse an, ihre Membran wird nach allen Seiten hin ausgedehnt, ihr Inhalt lichtbrechend, dann körnig, sie erhalten meist vollständige Kugelgestalt, Fig. 23b—26.

Die Spore verlängert sich nun an einem Ende oder an beiden, bisweilen an drei Stellen zugleich, in einen dicken, reich mit Protoplasma erfüllten, gewöhnlich nicht mit parallelen, sondern mit hin- und hergebogenen Wänden versehenen Keimschlauch, Fig. 24 und 25; sehr häufig spaltet sich derselbe sofort nach seinem Austritt in zwei Aeste, die meist in völlig entgegengesetzter Richtung abgehen. Manchmal hat die Spore einseitig bereits einen langen Keimschlauch getrieben, worauf an der anderen Seite eine dünne, fingerförmige Ausstülpung zum Vorschein kommt, die später ebenfalls weiterwächst. So geschieht es, dass an dem einen Ende ein dickerer Keimschlauch sich zeigt, als am andern, Fig. 26, und ersterer kann fast die Dicke der Spore erreichen, zumal wenn diese auch nach dem Anschwellen noch annähernd ovale Gestalt beibehalten hat. Es ist also der Keimungsanfang bei *Crucibulum* abweichend von demjenigen bei *Cyathus*: während dort die Spore fast immer ihre ovale Gestalt beibehält, rundet sich dieselbe hier ab und die der *Crucibulum*-Spore entspringenden Fäden sind nicht überall von gleichem, sondern von sehr verschiedenem Durchmesser. Auch das weitere Verhalten ist dementsprechend verschieden.

Verhalten des Myceliums auf künstlichem und natürlichem Nähr-

1) l. c. 2) l. c.

boden. Der Keimschlauch verzweigt sich sehr bald, die Aeste biegen sich hin und her, sie geben neuen den Ursprung und das so entstehende Mycel ist von etwas geringerem Durchmesser als der ursprüngliche Keimschlauch; es enthält dichtes und feinkörniges Protoplasma, die Scheidewände sind nur bei scharfer Einstellung deutlich zu sehen. In den Culturtropfen keimen auch bei diesem Pilz die ausgesäten Sporen sehr ungleichmässig: eine Anzahl derselben bleibt ohne Veränderung auf dem Boden des Objectträgers liegen, während die gekeimten auf der Oberfläche der Flüssigkeit schwimmen und rasch weiterwachsen. In den sich entwickelnden Mycelhyphen erscheinen mehr und mehr Vacuolen; von den Hauptästen gehen oft dicht hintereinander Verzweigungen ab, welche sich an der Spitze gabeln und unter Verlängerung neue Auswüchse bilden; sie verleihen so dem Faden ein sehr sonderbares geweihartiges Aussehen, Fig. 26. Manche der Seitenäste sind bischofstabartig umgebogen und viele derselben treten im Verlauf der Cultur aus dem Tropfen heraus, auf demselben einen dünnfädigen weissen Filz darstellend. Diese in der Luft befindlichen Hyphen verzweigen sich, sie bekommen wohl auch mit zunehmendem Alter hinter einander zahlreiche Gliederungen.

Niemals bemerkt man jedoch am *Crucibulum*-Mycel jenes Zerfallen in Theilzellen, welches bei dem in Nährlösungen cultivirten Mycel von *Cyathus striatus* so auffallend hervortritt. In weiterem Wachsthum aber gleichen sich die anfänglichen Unterschiede am Mycel beider Pilze in mancher Hinsicht an: auch bei *Crucibulum* erscheinen bald Schnallenzellen in ebenso reichlicher und verschieden sich gestaltender Weise wie bei *Cyathus*; auch das *Crucibulum*-Mycel lässt Anastomosen erkennen und gestaltet sich zu strangartigen Vereinigungen. Zur Darstellung dieser Verhältnisse können daher die auf unserer Tafel für *Cyathus striatus* gegebenen Zeichnungen, Fig. 18—21, ebenfalls dienen. Dabei vermehren sich die dem *Crucibulum*-Mycel eigenthümlichen geweih- oder arabeskenartigen Ausstülpungen, doch bleiben dieselben an den Mycelien noch ziemlich einfach, während sie die grösste Mannigfaltigkeit der Gestaltung in den Fruchtkörpern erlangen.

Trotzdem ich die herangezogenen Mycelien so viel wie möglich frisch zu erhalten suchte, trotzdem sie auch durch reichliche Verästelung sich ansehnlich vergrösserten, so gingen sie doch schliesslich zu Grunde, ohne dass Fruchtkörper auf ihnen zur Ausbildung gelangten. Wohl aber waren auch hier wie bei *Cyathus* Verflechtungen einzelner kurzer Seitenäste erkennbar.

Ich fand in der Nähe von Breslau reife Fruchtkörper des *Crucibulum vulgare* auf dem Stamm anscheinend kräftiger Weiden am Oderstrand in der Höhe von ein Meter über dem Boden, deren Entwicklung an solch ungewöhnlichem Standort jedenfalls auf während Ueberschwemmungen abgelagerte Sporangien zurückgeführt werden muss. Die Rinde, in deren Spalten der Pilz festsass, trennte ich in grösseren Stücken von den Bäumen; ich durchtränkte dieselbe mit Wasser und hielt sie fortdauernd feucht unter Glasglocken. Schon nach ein bis zwei Tagen kamen an den verschiedensten Stellen farblose zarte Mycelfäden hervor, die sich überaus reich verzweigten und über die ganze Oberfläche der Rinde hinwuchsen.

Diese Hyphen zeigten alle Eigenschaften der auf dem Objectträger erzogenen: sie waren äusserst reichlich mit Schnallenzellen versehen, anastomosirten hier und da und entwickelten die oben erwähnten baum- oder geweihartig verzweigten End- und Seitentriebe. Ihre Zellen verlängerten sich unter Verlust des Protoplasmas und bedeutender Verdickung der Zellmembran ausserordentlich, sie associirten sich sehr bald an ihrem Ausgangspunkt zu dichten Strängen, welche schnell eine intensiv gelbe Färbung annahmen. Je weiter von der Austrittsstelle entfernt, desto mehr waren die Hyphen farblos, kurzzelliger und unter vielfacher Verzweigung strahlig über die Rindenoberfläche ausgebreitet. Schon Sachs¹⁾ erwähnt, dass das Mycel von *Crucibulum* aus zweierlei Hyphenformen bestehe, die aber durchaus auf den nämlichen Ursprung zurückgeleitet werden müssen. Derselbe Faden, welcher am untern Ende gelb und langzellig ist, verästelt sich am obern und wird farblos, entwickelt wohl auch hie und da farblose Seitenzweige; ein Verhalten, wie wir es auch beim *Cyathus*-Mycel angetroffen haben. Auf Durchschnitten durch die frisch vom Baume genommene und völlig ausgetrocknete Rinde konnte ich in dem Zellengewebe derselben nur die gelben stark verdickten Mycelfäden des *Crucibulum* erkennen; sie sind in grosser Menge vorhanden und stellen ein resistentes, perennirendes, anscheinend abgestorbenes Mycel dar, dessen Zellen, sobald ihnen hinreichende Wasserzufuhr gesichert ist, sich aufs Neue beleben und an den Enden und seitlich junge und zarte Mycelfäden hervorbringen, die mit zunehmendem Alter wiederum in den Dauerzustand übergehen. Ganz die nämlichen Eigenschaften sind auch an dem *Cyathus*mycel zu bemerken.

Keimung der Sporen innerhalb der Sporangien. Aber nicht blos

¹⁾ l. c. p. 838.

das in der Rinde bereits vorhandene Mycel entwickelte sich in meinen Culturen, sondern ich sah während des Monats Mai auch direct Sporangien auskeimen, welche zahlreich isolirt der Rinde aufgeklebt waren. Die äussere Umbüllung und das ganze Innengewebe derselben erweichten vollständig unter dem Einfluss der Feuchtigkeit, die Sporen begannen in Masse zu keimen und nach etwa 14 Tagen hatten sich an vielen Sporangien theils basal, theils von ihrer Oberfläche aus dichte Mycelstränge gebildet, deren Enden in farbloses, zierlich verästeltes Hyphengewebe übergingen. Beim Zertheilen der Sporangien in Wasser konnte ich viele keimende Sporen erkennen mit der nämlichen Entwicklung wie auf den Objectträgerculturen, die also hier beim Weiterwachsen direct die Sporangialgewebe durchbohrt hatten, um ins Freie herauszukommen, Fig. 27.

Entstehung der jungen Fruchtkörper. Ausser der ungemein kräftigen Neubildung des Myceliums kamen nun aber auch auf der Rinde eine grosse Menge von neuen Fruchtkörpern, oft dicht gedrängt neben einander, zum Vorschein, so dass ich Gelegenheit hatte, die Entstehung derselben von den allerjüngsten Zuständen an durch alle Entwicklungsstufen hindurch kennen zu lernen.

Sachs¹⁾ hat in seiner mustergültigen Arbeit ebenfalls diesen Gegenstand berücksichtigt, er erwähnt, „dass sich die Entstehung des Pilzes im Mycelium durch das Erscheinen eines gelben Knötchens ankündige, welches im Centrum eines aus dicht verschlungenen Mycelfäden gebildeten weissen Flöckchens auftrete. Durch Vermehrung der Fadenäste und durch dichteres Verschlingen derselben individualisire sich das centrale Fadenconvolut des Flöckchens zu dem Knötchen, schliesse sich von aussen ab und werde selbstständiger in dem Maasse als es dichter und grösser werde.“

Durch diesen Ausspruch hat Sachs eigentlich bereits im Jahre 1855 die Frage nach den Vorgängen bei der Fruchtkörperentstehung beantwortet und auch durch Abbildungen erläutert. Sachs macht ferner nähere Angaben über den Bau der Hyphenelemente an den jungen Fruchtanlagen, welche ich durchaus bestätigen muss, so dass mir nur übrig bleibt, besondere Einzelheiten ins Auge zu fassen.

Die Fruchtkörper entstehen nicht allein an den Enden der Mycelstränge, sondern auch im Verlaufe derselben und öfters beobachtete ich ihre Entwicklung auf den oberflächlichen zuerst intensiv und rein gelb, später schmutziggelb gefärbten Mycelsträngen, welche unter der Glocke auf der ausgelegten Weidenrinde sich gebildet hatten.

¹⁾ l. c. p. 837.

So bewahre ich das Präparat von einem Mycelstrang, aus dessen centralen Hyphenelementen hinter einander drei Fruchtanlagen hervorgekommen waren. In diesem Falle und auch sonst häufig fehlte das strahlige Hyphenflockchen gänzlich, welches Sachs als die Fruchtkörperchen umgebend beschrieben hat. Es entstanden sogar in meinen Culturen mehrere Fruchtanlagen auf dem Becherrande eines völlig durchweichten alten und längst ausgereiften Pilzes in Folge stattgefundener Neubelebung von Hyphenelementen, deren Zweige sich zu einem jugendlichen Pilze agglomerirt hatten. So wird auch von Schmitz¹⁾ und Tulasne²⁾ angegeben, wie sie bei *Cyathus* und bei *Crucibulum* im Schoosse älterer Becher einen neuen in den alten eingeschachtelten beobachtet hätten, der allerdings auch aus keimenden Sporen entstanden sein konnte. Die dem alten proliferirenden Mutterpilz aufsitzenden Tochteranlagen erreichten übrigens in meinem Versuch nur einen halben bis einen Millimeter im Durchmesser und es dürften solche Fälle der Entstehung überhaupt zu den Ausnahmerscheinungen gehören. Sie beweisen aber auf's Neue, dass die älteren vorher lange ausgetrockneten Fäden der *Nidularieen* dennoch nicht abgestorben sind, sondern beim Nasswerden ihre Lebensthätigkeit unter Umständen energisch wieder aufnehmen können. Die Regenerationsfähigkeit konnte ich bei *Crucibulum* in noch anderer Weise beobachten. Als ich nämlich durch Zufall mit der Nadel einen schon weiter vorgeschrittenen kleinen Fruchtkörper zerstört und in mehrere Stücke getrennt hatte, bemerkte ich Tags darauf, wie der grösste Theil dieses Fruchtkörpers zwar abgestorben war, wie sich aber aus dem Centrum der zerstörten Anlage ein neuer Pilz zu entwickeln begann. Ich zertheilte nun in der Folge mehrere andere bereits bestehende jugendliche Fruchtanlagen und hatte so Gelegenheit, diese merkwürdige Erscheinung wiederholt eintreten zu sehen.

Die zuletzt erwähnten Vorgänge reihen sich wohl den auffallenden Entdeckungen van Tieghem's³⁾ und Brefeld's⁴⁾ an, welche fanden, dass reife Früchte von *Agaricus*-Arten oder von Sclerotien derselben, sobald sie in Stücke zerschnitten und feucht erhalten wurden, aus den oberflächlichen Zellen eines jeden solchen Theilstückes durch Verästelung der Hyphen neue Fruchtanlagen hervorbringen können. Brefeld wischte die an Sclerotien entstandenen Fruchtkörperanlagen täglich ab und täglich entstanden dann neue,

¹⁾ l. c. ²⁾ l. c. p. 49 Taf. 6.

³⁾ Botan. Zeitung 1876 No. 11. ⁴⁾ l. c. sub Absatz 13.

so dass also nach ihm jede beliebige Zelle eines Sclerotiums zur Bildung des Fruchtkörpers auf rein vegetativem Wege befähigt ist.

Die Fruchtkörper des *Crucibulum vulgare*, welche ich beobachtete, kamen im Ganzen seltener an den freiliegenden Mycelsträngen zur Entwicklung, sie entstanden vielmehr der Regel nach aus feinen Hyphengeflechten, welche direct aus der Rinde hervorkamen. Sie sassen entweder diesem oberflächlich ausgebreiteten Mycelgespinnste oder in anderen Fällen auch scheinbar frei unvermittelt und ohne erkennbares Mycel dem Substrat auf. Es kann natürlich keinem Zweifel unterliegen, dass sie auch in letzterem Falle, wo sie häufig zu mehreren dicht nebeneinander sich gruppirten, durch wiedererwachtes Wachstum von Hyphen ausgegangen waren, welche in der unteren Schicht der Weidenrinde sich befanden und neue verästelte Zweige an die Oberfläche gesendet hatten. Mit Vorliebe siedelten sie sich auf Querschnitten der feuchten Rinde an.

Die allererste Entstehung der Fruchthäufchen kündigt sich durch zarte, neben einander aus einer Anzahl von Mycelhyphen entspringende farblose Zweige an, welche dicht mit Protoplasma erfüllt sind und alsbald eine überaus reichliche Verästelung beginnen, Fig. 28 und 29. Durch Ineinanderflechten, durch fortgesetztes Neueinschieben zunächst kurz bleibender Seitenzweige und dadurch bewirkte Volumenzunahme entsteht sehr bald ein aus eng verschlungenen Fäden zusammengesetztes zartes Knäuel, welches sich immer mehr verdichtet und dann als schneeweisses, kaum sichtbares Pünktchen hervortritt. Dasselbe ist durchweg aus den erwähnten, aufs reichlichste verästelten, aber völlig gleichartigen Hyphen zusammengesetzt. Es sind an letzteren besonders viele Schnallenzellen, mitunter auch Anastomosen zu beobachten.

Die Hyphen sondern sich aber alsbald nach der ersten Gruppirung des Knäuels, und zwar in der Weise, dass es, wie Sachs bemerkt, erkennbar bleibt, wie sie nicht verschiedenen Ursprungs sind, sondern nur „die Associationen der homologen Zweige derselben polymorphen Fäden darstellen.“

Es constituirt sich in dem entstandenen Knötchen ein centrales Markgewebe — Primordialmark (Sachs) — und eine Rindenschicht, welche die ganze Anlage überzieht. Beide Schichten aber sind, wie eben angegeben wurde und wie dies auch bei *Cyathus* der Fall ist, von denselben Fäden entstanden, deren Zweige theils nach der Peripherie zuwachsend sich zu einem Bestandtheil der Rinde umgestalten, theils dem Centraltheil sich einschieben und das Markgewebe bilden helfen.

In diesem bereits mehr vorgeschrittenen Zustande ist die junge Fruchtkörperanlage von rundlicher, öfters abgeflachter Gestalt, über ihre ganze Oberfläche hin ziehen sich die gleich näher zu beschreibenden Rindenhyphen, und in Folge der Metamorphose letzterer erhält das anfangs als rein weisses Knötchen erscheinene Hyphenknäuel sehr bald eine hellgelbe, zuletzt ganz dunkel- oder orangegelbe Färbung.

Was zunächst die Verzweigung der Hyphen des Rindengewebes betrifft, so geschieht dieselbe entweder durch wirkliche Astbildung oder durch dichotome Gabelung, welch' letztere sich oftmals wiederholt, wobei die neuentwickelten Ausstülpungen in den verschiedensten Winkeln stehen, aber ganz kurz bleiben, von verschiedener Länge sind und insgesamt in Form von Zuspitzungen, hie und da auch von ebenfalls mit Spitzen versehenen sonderbaren Erweiterungen, endigen. In Folge dessen entstehen eigenthümliche Hyphenformen, mit einer grossen Anzahl zackiger Fortsätze versehen und letztere in so mannigfacher Anordnung, dass sich ein bestimmtes Verhältniss dafür nicht feststellen lässt. Diese auffallenden Zweige sind für die Fruchtkörper von *Crucibulum* sehr charakteristisch, sie sind weit vielgestaltiger als die Rindenhyphen bei *Cyathus*, sie sind von Sachs¹⁾ und Tulasne²⁾ ebenfalls beschrieben und abgebildet worden und ersterer hat sie ihrer Form nach mit gothischen Arabesken verglichen. Sehr bald verdicken sich die Membranen dieser Gebilde unter Verlust ihres Protoplasmas, und gleichzeitig damit färben sie sich zuerst blass gelblich, zuletzt braungelb. Dann stellen sie in ihrer Gesammtheit dunkelgelbe bis orangefarbene Ansammlungen dar, welche in diesem bereits älteren Zustand ihre ursprüngliche Zartheit vollständig verloren haben. Sie überkleiden allseitig die Fruchtanlage, in welcher ein reges Leben beginnt, denn der eigentliche Kern des jungen Pilzes, das Markgewebe, gewinnt durch Auswachsen der schon vorhandenen und durch fortgesetztes Sprossen neuer, farbloser Hyphen an Volumen; es wächst unter seiner mit Spitzen und Zacken aufs Reichlichste ausgestatteten Schutzdecke wohl geborgen kräftig weiter.

In einigen Fällen jedoch, wo das Substrat anfangs feucht, dann aber zu trocken gehalten worden war, sah ich das Markgewebe sich gar nicht entwickeln, blos die aus ursprünglich farblosen und zarten Fäden entstandene gelbe, flach ausgebreitete und erhärtete Arabeskendecke war vorhanden, welche lange Zeit hindurch in dem

¹⁾ l. c. Taf. 13 Fig. 2, 3, 9, 11.

²⁾ l. c. planche 8, fig. 13.

nämlichen Zustand verharrte; bei Zutritt grösserer Mengen von Feuchtigkeit aber begann auch hier durch Neubelebung der unter dieser Decke liegenden Hyphen das Markgewebe und damit ein normaler Fruchtkörper sich zu erzeugen.

Das Primordialmark der ersten Fruchtanlage ist aus reich plasmaführenden Hyphenverzweigungen zusammengesetzt, welche letztere in gleich hohem Grade wie die Rindenhyphen durch Mannigfaltigkeit der Formen sich auszeichnen, Fig. 30. Die Markhyphen aber sind überaus zart und empfindlich gegen äussere Einflüsse, schon im Wasser gerinnt ihr Protoplasma, wobei sie zum Theil gänzlich zerfliessen. Um nähere Einsicht in die mit Luft erfüllten jungen Hyphenknäuel zu gewinnen, benützte ich daher wie bei *Cyathus* Alkohol und Ammoniak, und es liess sich alsdann die morphologische Beschaffenheit der Fäden mit ihren ungemein zahlreichen, oft äusserst dünnen, wie fingerförmigen Ausstülpungen erkennen, Fig. 30, welche letzteren im weiteren Verlaufe zu neuen grösseren Zweigen auswachsen.

Während so das Markgeflecht aufs üppigste sich vervielfältigt, ist dies mit den gelben Hyphenelementen der Rinde durchaus nicht der Fall. Diese werden vielmehr mit der Vergrösserung des Pilzes, welche ihren Heerd zumal an der Basis hat, mehr und mehr in die Höhe gehoben, so dass sie demselben, der dann im unteren Theil weiss und von geradfädigen radialen Hyphen bekleidet ist, als gelbe Kappe aufsitzen; noch später schliessen sie, gemeinsam mit der unter ihnen liegenden Peridienschicht, den Innenraum der reifenden Becher in Gestalt eines dünnen vergänglichen Häutchens deckelartig von aussen ab. In diesem Verhalten der Fruchtkörper des *Crucibulum vulgare* zeigt sich also ein bedeutender Unterschied von demjenigen bei *Cyathus striatus*, denn letzterer bleibt während seines ganzen Wachstums von den sich später zu einem dicht zottigen Ueberzug gestaltenden peripherischen Hyphen allseitig umschlossen; nur bei der Reife tritt in Folge der ausserordentlichen Volumenzunahme des Pilzes diese Rindenschicht am Scheitel auseinander und unter ihr erscheint das schneeweisse und dünne Diaphragma über den ganzen Becherrand hin ausgespannt.

In meinen Culturen blieben zwar viele Fruchtkörper des *Crucibulum* klein, andere aber wuchsen wie in der Natur in normaler Weise heran, ja in Folge der unausgesetzt gegenwärtigen Feuchtigkeit noch weit günstiger und schneller; in dem soeben angegebenen Zustand glichen sie fast kleinen noch unvollkommenen Hutmilzen, gingen aber später in vollständige Cylindergestalt über. Einen der-

artigen Fruchtkörper liess ich völlig ausreifen, wozu er etwa vier Wochen gebrauchte.

So konnten an diesen cultivirten *Crucibulum*-Pilzen alle jene complicirten Gewebsveränderungen beobachtet werden, welche von der ersten Gestaltung an bis zu dem Oeffnen der reifen Becher sich geltend machen und welche für die weiter vorgeschrittenen Zustände von Sachs und Tulasne in erschöpfender Weise beschrieben worden sind.

Schlussbemerkungen. Wenn wir nun die geschilderte Entwicklungsweise der *Nidularicen* übersehen, so stellt sich dieselbe in sehr einfachem Lichte dar: diese Pilze besitzen als Fruchtform allein nur die längst bekannten Becher, es schaltet sich unter natürlichen Verhältnissen weder ein Conidienzustand, wie bei so vielen *Asco*- und *Basidiomyceten*, noch sonst eine andere ausgesprochene Vermehrungsart in ihren Lebensgang. Denn die bei *Cyathus* erwähnten Zerfallzellen sind nach Allem abnorme Erscheinungen, die in der Natur für gewöhnlich nicht auftreten, die aber, wo sie sich bilden, vermöge ihrer Keimungsfähigkeit das Mycel auch nach Einwirkung ungünstiger Verhältnisse erhalten. Das Mycel der *Nidularicen* ist überhaupt, wie letztere Eigenschaft ergeben hat und wie es durch seine perennirenden, bei vorhandener Feuchtigkeit aufs Neue sich belebenden Zustände weiter bewiesen wird, zum Ersatz fehlender Propagationsformen um so mehr mit der Fähigkeit, schädlichen Einflüssen gegenüber Widerstand zu leisten, ausgestattet. In zwei Modificationen haben wir es kennen gelernt: als zartes, farbloses, plasmareiches Hyphengewebe und in Gestalt derber, inhaltsleerer, verdickter und gefärbter Schläuche, in flockigen Ansammlungen oder zu dichten Strängen vereinigt und mit zäher Resistenzfähigkeit, in dieser Beziehung den Sclerotien anderer Pilze vergleichbar. Das zarte Mycel aber geht sowohl aus der Spore, wie aus dem Danermycel hervor, es verwandelt sich wieder in letzteres oder es ist bei günstigen Bedingungen der Ausgangspunkt für die jungen Fruchtanlagen.

Diese letzteren selbst in ihren ersten Zuständen sind nichts weiter als innige Verflechtungen neu erstandener, einer überaus reichen Verästelung fähiger Hyphenfäden, welche durch Ineinanderwachsen ein zunächst homogenes Flöckchen hervorbringen. Erst später erleidet dasselbe eine Differenzirung seiner ursprünglich gleichartigen Bestandtheile und es ist das Erzeugniss nur weniger Hyphen des Myceliums. Darum lassen sich zumal bei *Crucibulum* die Knäuel meist sehr leicht von ihrem Substrat abnehmen.

Von dem Vorhandensein blasenartiger, spiraliger oder sonst auffallend gestalteter Gebilde, welche den Knäueln vorhergingen und nach Einleitung eines Befruchtungsvorganges Erzeuger derselben wären, ist auch keine Spur zu bemerken; es kann also von einem Befruchtungsprocess in der uns geläufigen Weise überhaupt nicht die Rede sein. So oft und so viele der Anlagen von den ersten bis zu den folgenden Zuständen ich auch untersuchte, immer wieder bekam ich dasselbe Bild einer durch Sprossung gleichartiger Hyphen sich aufbauenden Zusammensetzung. Meine Untersuchung schliesst sich also den überraschenden Resultaten an, wie sie Brefeld und van Tieghem erhielten, sie ist eine Bestätigung der von diesen Autoren hervorgehobenen ungeschlechtlichen Entstehung des Fruchtkörpers der *Basidiomyceten*.

Breslau, den 28. Juni 1876.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel X.

Cyathus striatus Willd.

- Fig. 1. Keimende Spore von *Cyathus striatus* mit einem Keimschlauch, der seitlich heraustritt. Vergr. 870.
- Fig. 2. Ebenso mit zwei Keimschläuchen, von welchen der eine sich bereits ziemlich verlängert und verästelt hat. Vergr. 530.
- Fig. 3. Ebenso mit drei Keimschläuchen. Vergr. 870.
- Fig. 4. Ebenso mit unmittelbar nach dem Austreten sich verzweigenden Keimschläuchen. Vergr. 870.
- Fig. 5. Verästeltes Mycelium von *Cyathus striatus*, aus einer bei a liegenden Spore hervorgewachsen; einzelne Hauptäste verlängern sich unverändert weiter und entwickeln neue Seitenzweige, andere gliedern sich in kurze Theilstücke, die in Spiral- oder Zickzacklinien lose verbunden umherliegen. Vergr. 70.
- Fig. 6. Zweig eines solchen Myceliums stärker vergrössert; die Theilzellen sind von verschiedener Grösse und besitzen länglich-cylindrische Gestalten. Vergr. 530.
- Fig. 7. Spore von *Cyathus striatus*, deren Keimschläuche bald nach dem Austreten und kurzer Verästelung gänzlich in Theilstücke auseinandergefallen sind. Vergr. 870.
- Fig. 8. Solche Theilzellen in ihrem weiteren Verhalten; sie runden sich ab, einige treiben kurze Fortsätze — Keimschläuche — andere scheinen mit einander zu verschmelzen. Man erkennt noch die ursprüngliche kettenartige Anordnung. Vergr. 870.
- Fig. 9, 10, 11, 12. Keimschläuche einzelner Theilzellen mehr verlängert, bei 11 verzweigt. Vergr. 870.
- Fig. 13. Mit unregelmässig buchtigen Hervortreibungen versehene Endigung eines Mycelastes; bei a beginnende Schnallenzellenbildung. Vergr. 870.
- Fig. 14, 15, 16. Eigenthümliche Verästelungen des Myceliums. Vergr. 870.
- Fig. 17. Anastomose am Mycelium. Vergr. 870.
- Fig. 18, 19. Schnallenzellenbildung durch Ausstülpungen auf beiden Seiten eines Mycelastes; dieselbe kommt nur einseitig wirklich zu Stande, denn der andere Ast legt sich nicht an die Nachbarzelle an, sondern wächst in 19 zu einem gewöhnlichen Zweig aus, in 18 anastomosirt er mit einem benachbarten Mycelfaden. Vergr. 870.
- Fig. 20, 21. Andere Verschiedenheiten in der Schnallenzellenbildung. Vergr. 870.

Fig. 22. Sonderbare Hervortreibungen und dadurch eingeleitete Verwicklungen am Mycelium. Wenn diese Sprossen von mehreren benachbarten Hyphen durcheinander wachsen und sich verlängern, entstehen knäuelartige Bildungen. Vergr. 870.

Crucibulum vulgare Tul.

Fig. 23. a Sporen in ungekeimtem und ungequollenem Zustande, b gequollen theils unmittelbar vor der Keimung, theils mit schon entstandenem kurzem Keim Schlauch. Vergr. 870.

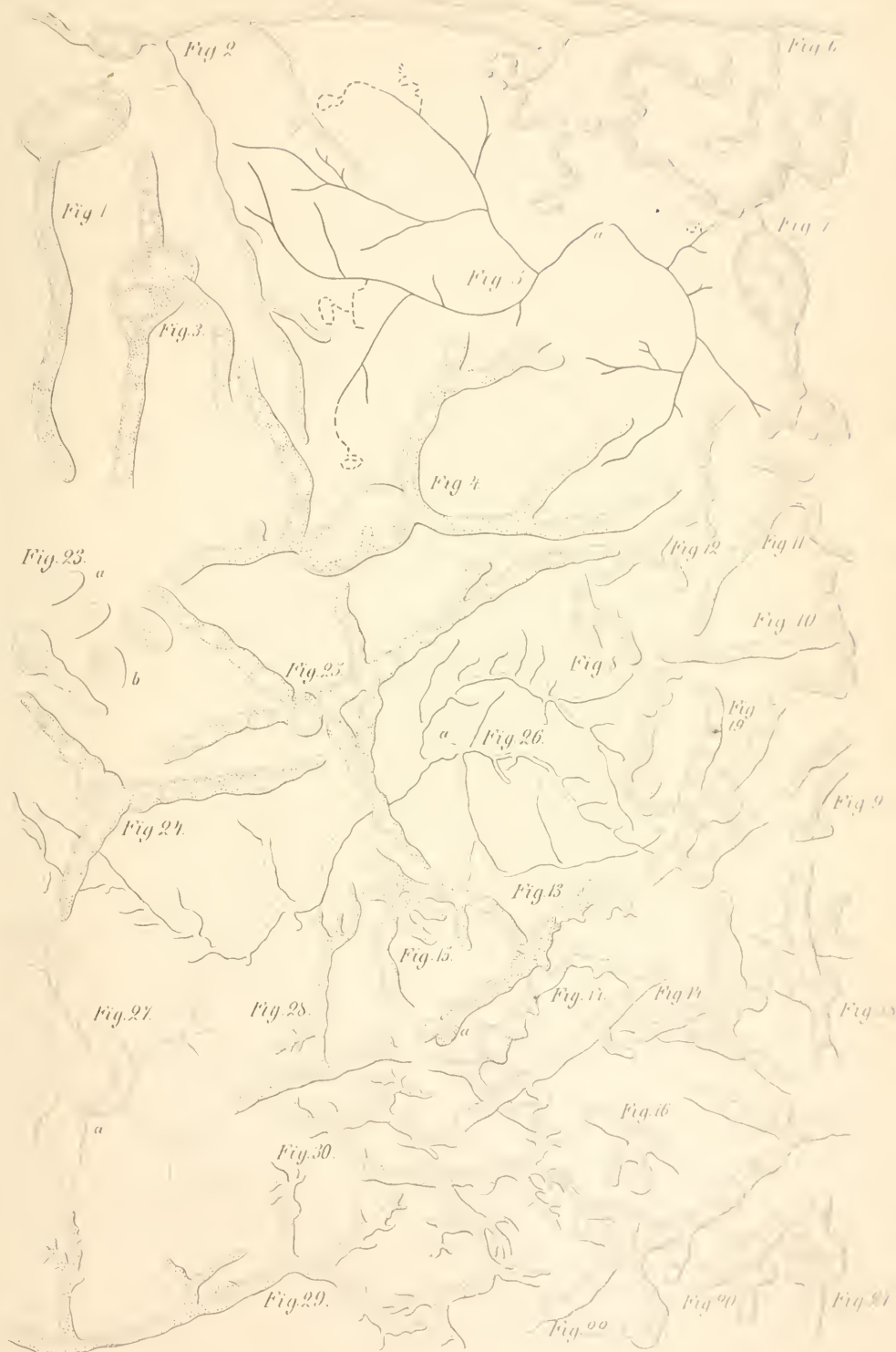
Fig. 24, 25. Keim Schlauch weiter gewachsen und verästelt. Vergr. 870.

Fig. 26. Aus einer Spore a hervorgegangenes Mycelium, Keim Schlauch auf einer Seite etwas dicker; überall zahlreiche Ausstülpungen, welche später zu Mycelästen auswachsen und dem Ganzen ein geweihartiges Ansehen verleihen. Vergr. 320.

Fig. 27. Der Sporenhalt eines auf Weidenrinde liegenden Sporangiums a hat gekeimt; es gehen vom Sporangium theils an der Ober-, theils an der Unterseite eine Menge dicht verflechtener gelber Mycelstränge aus, welche sich vielfach verästeln, besonders am Endverlauf, wo sie in einen zarten weissen Mycelfilz übergehen. Vergr. 12.

Fig. 28, 29. Junge plasmareiche Hyphen, deren sich eine oder zwei aus den einzelnen Mycelzellen erheben, an den Enden mit vielfachen oft diehtotomen Ausstülpungen versehen. Indem sich diese Gebilde mit anderen ähnlich gestalteten Nachbarhyphen verwirren, auch zuweilen anastomosiren und immer reichlicher verästeln, gruppirt sich das Ganze bald zu einem rundlichen schneeweissen Flöckchen, womit dann die Anlage eines neuen Fruchtkörpers zu Stande gekommen ist. Vergr. 870.

Fig. 30. Hyphen aus sehr jungen bereits entstandenen Fruchtanlagen; dieselben sind ungemein reichlich verzweigt, sehr zart und mit vielen Spitzen und Zacken versehen. An den letzten drei Figuren zahlreiche Schnallenzellen. Vergr. 870.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Beiträge zur Biologie der Pflanzen](#)

Jahr/Year: 1876

Band/Volume: [2_2](#)

Autor(en)/Author(s): Eidam Eduard

Artikel/Article: [Die Keimung der Sporen und die Entstellung der Fruchtkörper bei den Nidularieen 221-248](#)