Über die Entwickelungsgeschichte von Monascus.

(Mit 1 Tafel und 3 Textfiguren.)

Von

Walter Schikorra.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN.

I. Einleitung.

Die Gattung *Monascus* ist seit ihrer Entdeckung zu wiederholten Malen untersucht. Trotzdem herrscht über verschiedene Punkte ihres Entwickelungsganges noch keineswegs Klarheit. Eine kurze historische Übersicht über die Ansichten der verschiedenen Forscher wird das zeigen.

van Tieghem (1884) beschrieb im Jahre 1884 zwei Arten einer Ascomycetengattung, deren Perithecien nach seiner Meinung einen einzigen vielsporigen Ascus enthielten. Wegen des Vorhandenseins nur eines Ascus nannte er die Gattung *Monascus*. Das Perithecium entsteht nach van Tieghem durch Anschwellung einer Hyphenendzelle, deren Inhalt in viele Portionen, Sporen, zerfällt und die durch mehrere aus der Zelle unter ihr hervorsprossende Hyphen mit einer dichten Hülle umgeben wird.

Nach Went (1895) geht das Perithecium nicht aus einer terminalen, sondern aus einer subterminalen Zelle hervor. Im übrigen stimmt seine Meinung im Wesentlichen mit der van Tieghems und Uyedas (1901) überein. Alle drei Autoren halten das Monascusperithecium für ungeschlechtlich entstanden.

Dagegen kommt Barker (1903) in einer interessanten und ausführlichen Arbeit zu der durch cytologische Untersuchungen gestützten Auffassung, daß *Monascus* ein sexueller Ascomycet sei. Nach ihm sollen eine weibliche und eine männliche Sexualzelle kopulieren und aus der ersteren nach der Kopulation eine Anzahl von ascogenen Hyphen hervorgehen, die achtsporige Asci in größerer Zahl liefern. Kurz gesagt, der Entwickelungs-

gang von *Monascus* soll mit dem durch die Untersuchungen Tulasnes, de Barys und Kihlmanns bekannt gewordenen von *Pyronema confluens* übereinstimmen.

Ikeno (1903) tritt der Ansicht Barkers über die Sporenbildung entgegen und ist der Meinung, daß die Frucht nichts anderes als ein Sporangium sei, in dem die Sporen durch freie Zellbildung entständen, und daß *Monascus* zu den Hemiasceen Brefelds gerechnet werden müsse, wohin ihn schon Went gestellt hatte.

Der Gedanke der Bildung freier Zellen innerhalb des Ascogons kehrt bei Kuyper (1905) wieder.

Die Unterschiede zwischen den Angaben Barkers und Ikenos sucht Dangeard (1903) damit zu erklären, daß er meint, es handle sich bei den von den beiden Forschern untersuchten Pilzen um zwei verschiedene Arten.

In demselben Jahre wie Kuyper veröffentlichte Olive (1905) eine kurze Arbeit, deren Ergebnisse teilweise mit denen Barkers übereinstimmen. Für ihn ist aber die Endzelle diejenige, welche fruchtbare ascogene Hyphen erzeugt (Barkers Trichogyne), während die Barkersche Zentralzelle (das Ascogon) nur eine Nährzelle darstellt.

Zuletzt erscheint noch einmal Dangeard (1907) mit einer wiederum gänzlich neuen Auffassung der Dinge: Barkers Antheridium ist eine Nährzelle für das Ascogon, seine Trichogyne stellt eine sterile Zelle dar. Das Ascogon teilt sich in 2—4 Zellen, diese sprossen zu zweikernigen Zellen aus. Nach Verschmelzung der beiden Kerne findet die Bildung der Asci statt.

Aus diesen kurzen Darlegungen geht die große Unklarheit über die Entwickelung der Gattung *Monascus* hervor. Ich stellte mir daher die Aufgabe, sie näher zu erforschen.

II. Untersuchung von Monascus.

Ich untersuchte zwei Arten von *Monascus*:

1. *Monascus purpureus Went*, den ich auf meinen Wunsch von der Pilzstelle der Association internationale des Botanistes in Amsterdam erhielt.

2. eine andere Spezies, die Herr Professor Lindner vom Institut für Gärungsgewerbe in Berlin in mißfarbener Reisstärke fand, die ihm zur Untersuchung eingesandt worden war. Dieser Pilz stellt vermutlich eine neue Art vor. Ich vermochte ihn jedenfalls nicht mit dem von Dangeard aufgestellten *Monascus Barkeri* zu identifizieren, was um so mehr nicht möglich war, als Dangeard für diese Spezies keine genaue Diagnose gibt. Ich will daher im folgenden diese zweifelhafte Art vorläufig mit *Monascus X* bezeichnen.

A. Technik.

Ich erhielt beide *Monascus*-Arten bereits in Reinkultur, hatte also nur nötig, sie in geeigneter Weise weiter zu züchten. Nach einigen Versuchen verwandte ich ein Substrat aus 2% gut gereinigtem Agar, 2% Malzextrakt und 96% Leitungswasser. Auf diesem Nährboden wuchsen beide Arten sehr gut.

Als Kulturgefäße wurden Petrischalen angewandt. Für die Beobachtung von lebendem Material setzte ich feuchte Kammern an, in denen ich den Pilz in einem hängenden Tropfen von Malzextrakt-Agar oder einer wenig prozentigen Malzextraktlösung kultivierte. Die Kultur geschah in Thermostaten bei 28° C im Dunkeln. Die Kulturen auf Agarplatten in Petrischalen dienten hauptsächlich dazu, um aus ihnen Material zur Fixierung zu gewinnen, das sich mit Leichtigkeit in kleinen Stücken herausschneiden läßt. Bisweilen wurde aber auch aus einer Schale mit einer sterilen Nadel ein wenig Material herausgenommen und direkt auf dem Objektträger in Wasser beobachtet. Die Beobachtung von lebendem Material in feuchter Kammer läßt sich nur in den ersten Stadien der Entwickelung mit stärkeren Objektiven ausführen, da der Pilz seine Perithecien und Conidien außerhalb des Substrates bildet. Um ältere Entwickelungsstufen verfolgen zu können, wurde daher, wie oben erwähnt, aus einer Plattenkultur etwas Material herausgehoben und unter dem Deckglas, oft nach Quetschung untersucht.

Weitaus am meisten aber wurde die Beobachtung durch die Untersuchung fixierten und gefärbten Materials gefördert. Als Fixierungsmittel diente ausschließlich Alkohol-Eisessig,

nachdem ich einige andere Lösungen mit weniger gutem Erfolge angewandt hatte.

Ich nahm 100 Teile 70prozentigen Alkohols, 4 Teile Eisessig und fixierte möglichst kleine Blöcke ca. 6 Stunden lang. Auf diese Weise erhielt ich eine vorzügliche Fixierung. Die so behandelten Objekte wurden in 70prozentigen Alkohol gebracht und nach der üblichen Methode durch die höheren Alkoholstufen und Xylol in Paraffin übergeführt. Mikrotomschnitte von 5 μ Dicke zeigten alle Einzelheiten. Für manche Zwecke erwiesen sich Schnitte von 10 μ Dicke als vorteilhafter. Was die Färbung betrifft, so habe ich nach vergeblichen Versuchen mit dem Flemmingschen Dreifarbenverfahren ausschließlich nach Heidenhain mit Hämatoxylin-Eisenalaun gefärbt. Gebeizt, gefärbt und differenziert wurde in bekannter Weise, dann ausgewaschen, mit Alkohol absolutus entwässert, eine bis wenige Minuten mit Eosin- oder Orange G-Nelkenöl gegengefärbt, die überschüssige Farbe mit Xylol abgespült und schließlich in Kanadabalsam eingeschlossen. Nach diesem Verfahren erhielt ich eine gute Kern- und Plasmafärbung.

B. Entwickelungsgeschichte.

1. *Monascus purpureus Went.*

a) Äußere Morphologie.

Der Pilz zeigte, bei 28° C im Thermostaten kultiviert, schon nach etwa 40 Stunden einen kleinen weißlichen Rasen, der am dritten Tage eine geringe orangerote Färbung bemerken ließ. Bald wird die Färbung stärker, bis der Pilz auf einer 10 Tage alten Kultur prächtig rot erscheint.

Das Mycel besteht aus unregelmäßig verzweigten, durch Querwände gegliederten Hyphen. An einem 2 Tage alten Mycel findet man schon einige an der Spitze angeschwollene Hyphen, die bald Conidien abschnüren. Die Conidien entstehen einzeln oder zu Ketten in basipetaler Folge. Sie treten unter den angewandten Kulturbedingungen nicht sehr zahlreich auf, sind kugelig oder birnenförmig. Fig. 1 Tafel II zeigt eine vom Tragast durch eine Wand abgegliederte, zum Abfallen reife Conidie, c. Die Keimung der Conidien und die Mycelbildung sind bereits von Went ausführlich beschrieben worden, dessen

Angaben ich in diesem Punkte bestätigen kann. Nach etwa 3 Tagen zeigen sich die ersten Anfänge der Fruchtkörperbildung. Während die Zellen der Hauptfäden große Vacuolen enthalten, findet man kürzere Seitenäste mit dichtem, stark ölhaltigem Plasma. An solchen Zweigen wird eine kleine Endzelle durch eine Querwand abgeschnitten. Unmittelbar unter dieser Querwand wächst eine kleine Vorstülpung hervor, die durch weiteres Wachsen, da die Endzelle ihr Wachstum bald einstellt, fast die Länge der zuerst erwähnten Zelle erreicht. Dieses Stadium der Entwickelung finden wir in Fig. 1 auf Tafel II abgebildet. Zur Erleichterung der Beschreibung will ich gleich hier eine Benennung einführen, die durch das später Mitzuteilende ihre Rechtfertigung finden wird. Die zuerst an der Spitze des Fadens abgeschnittene Zelle fungiert als männliches Organ, Antheridium, (♂ in Fig. 1 Tafel II). Der ihr parallele Ast wird bald darauf durch eine Wand von der Traghyphe getrennt. (Vgl. auch im folgenden die Textfig. 1.) Beide Zellen, die männliche und die ihr anliegende, die Ascogonmutterzelle, krümmen sich sehr häufig, so daß sie mit dem Stiel der Anlage einen Winkel bilden. Der nächste Schritt in der Entwickelung ist der, daß die Ascogonmutterzelle durch eine Querwand in eine terminale und eine subterminale Zelle geteilt wird. Die Anlage ist jetzt aus 3 Zellen zusammengesetzt, dem schon erwähnten Antheridium, der terminalen Trichogyne und dem subterminalen Ascogon (Tafel II Fig. 2 *anth.*, *tr.*, *ascg.*; Textfig. 1 f). In diesem Stadium findet man an dem Antheridium, der Trichogyne zugewandt, eine kleine papillenförmige Vorwölbung, durch die eine Verschmelzung zwischen Antheridium und Trichogyne herbeigeführt wird. Es bildet sich ein Loch zwischen Antheridium und Trichogyne und beide treten in offene Kommunikation (Tafel II Fig. 3). Schon nach dem ungefähren Überblick, den man durch die Lebendbeobachtung gewinnt, wird es wahrscheinlich, daß die Fusion zwischen Antheridium und Trichogyne ein Sexualakt ist. Da beim Sexualakt nach unseren sonstigen Erfahrungen aus dem männlichen Sexualorgan Kerne in das weibliche Sexualorgan überwandern, fragt es sich, wie dies geschehen kann. In die Trichogyne können die Kerne mit Leichtigkeit gelangen, denn sie ist durch ein Loch mit dem

Antheridium verbunden. Wie wandern aber die männlichen Kerne von der Trichogyne in das Ascogon? Beide Organe sind ja, wie ich oben auseinandersetzte, durch eine Wand voneinander getrennt. Barker nahm an, daß die Wand zwischen Trichogyne und Ascogon erst nach dem Übertritt der Antheridialkerne in das Ascogon gebildet werde. Dem ist aber nach meinen Beobachtungen nicht so. Um diese Tatsache festzustellen, brachte ich je eine ganz junge, in feuchter Kammer wachsende Anlage unter je ein Mikroskop und hielt die Mikroskope, samt den feuchten Kammern in der Zeit zwischen je zwei Beobachtungen im Thermostaten. Von Zeit zu Zeit

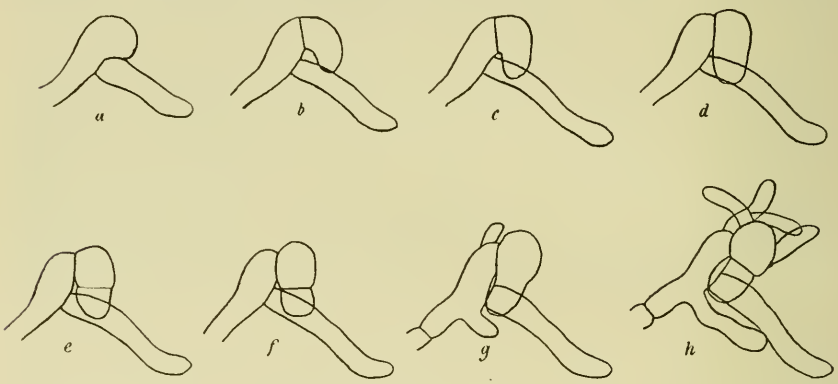


Fig. 1.
Verschiedene Entwickelungsstufen der Sexualorgane von *Monascus purpureus*.
Vergr. 840 : 1. Weitere Erklärung im Text.

wurde der Fortschritt des Wachstums beobachtet. Auch diese Art der Beobachtung ist mit Schwierigkeiten verknüpft. Denn oft dreht sich eine in günstiger Lage fest eingestellte Fruchtanlage nach einiger Zeit derart, daß es unmöglich ist, die Bildung der Wände zu verfolgen. Immerhin erhielt ich nach dieser Methode eine Serie von Bildern, wie sie in der Textfigur 1 wiedergegeben ist. Angesetzt wurde die Kultur vormittags 8^{30} h. Sie zeigt, daß die spätere Ascogonmutterzelle vom Stiel noch nicht abgetrennt ist (Fig. 1 a). In Fig. 1 b, die das Aussehen der Anlage um 9 h. darstellt, sieht man eine noch dünne Wand zwischen Stiel und weiblichem Organ. Um 9^{25} h. (Fig. 1 c) ist die »Stielwand« erstarkt, die Ascogonmutterzelle ist etwas in die Länge gewachsen und hat sich über das Antheridium ge-

schoben. 70 Minuten später hat die Anlage nur wenige unbedeutende Veränderungen erfahren, die sich aus der Fig. 1 d ohne weiteres ergeben. In Fig. 1 e, um 11 h. gewahrt man eine anfangs noch schwache Wand, die die Ascogonmutterzelle in Trichogyne und Ascogon teilt. Um 11^{35} h. war diese Trennung vollendet, die Wand zwischen Trichogyne und Ascogon ausgebildet (Fig. 1 f). Auf dieser Entwickelungsstufe blieb die Anlage eine Zeit lang stehen, bis um 1^{25} h. (Fig. 1 g) der entscheidende Moment eingetreten war, wo die das Ascogon von ihrem Empfängnisorgan, der Trichogyne, trennende Wand aufgelöst, und das Ascogon schon ein wenig angeschwollen war. Gleichzeitig waren schon die ersten Anfänge zweier Hüllhyphen hervorgesproßt. Um 4 h. nachmittags war die Wand zwischen Trichogyne und Ascogon neugebildet, das Ascogon selbst war stärker angeschwollen, die Hüllhyphen schon weiter entwickelt (Fig. 1 h). Dieses selbe Bild, weiter ausgeführt, ist auch auf Tafel II in Fig. 4 dargestellt. Eine Stunde später konnte ich noch feststellen, daß das Antheridium, arm an Plasma, schon zusammenzuschrumpfen begann. Durch fortwährende Beobachtung einer und derselben Anlage, die wiederholt ausgeführt wurde, glaube ich gezeigt zu haben, daß nicht, wie Barker annahm, der Übertritt der Antheridialkerne in das Ascogon vor der Bildung der Trennungswand von Trichogyne und Ascogon stattfindet, sondern nach Bildung dieser Wand. Die männlichen Kerne gelangen von der Trichogyne in das Ascogon dadurch, daß die trennende Wand aufgelöst wird.

Die weitere Entwickelung betrifft fast ausschließlich das Ascogon. Bald nach der Verschmelzung zwischen Antheridium und Trichogyne schwillt das Ascogon, also die eigentlich weibliche Zelle, zuerst wenig, dann immer stärker an. Inzwischen sind aus der Stielzelle kleine Hyphen hervorgewachsen, die bei ihrem weiteren Wachstum das Ascogon, soweit es nicht mit anderen Zellen in Verbindung steht, umhüllen. (Fig. 3 und 4, Tafel II). Bald darauf wird das Antheridium plasmaarm, schließlich leer und kollabiert. Dasselbe Schicksal erleidet die Trichogyne. Nachdem diese Zellen degeneriert sind, umgeben die Hüllhyphen von allen Seiten das Ascogon. Die nächsten Stadien sind nur mit vieler Mühe und am lebenden Material

nicht kontinuierlich zu verfolgen, da durch die inzwischen dicht gewordene Hülle der Inhalt der Frucht verdeckt ist. Das folgende Bild (Textfig. 2[1]), ist nach vielen ergebnislosen Versuchen durch Quetschen eines jungen Fruchtkörpers erhalten. Man sieht, daß aus dem Ascogon 3 noch kurze und dicke hyphenartige Aussprossungen herauskommen, die nichts anderes darstellen, als ascogene Hyphen. In Textfigur 3 ist eine dieser auswachsenden Hyphen im Begriff sich zu verzweigen. Noch weiter die Entwickelung der ascogenen Hyphen zu verfolgen ist mir am lebenden Material nicht gelungen. Schließlich findet man schon beinahe reife Perithecien, in denen die Sporen in kleinen Gruppen, manchmal sieht man deutlich 8, entstanden sind. Eine Gruppe von 8 Sporen befindet sich innerhalb einer Membran, der Ascuswand. Durch Quetschen gelingt es leicht, die Wandung der Asci hier und da freizulegen. Die Hülle

Fig. 2.

Fig. 3.

Aussprossen ascogener Hyphen aus dem Ascogon. Weitere Erklärung im Text.

der Perithecien besteht aus hellen, farblosen, ein wenig durchscheinenden Hyphen.

Was den Farbstoff betrifft, so muß ich noch bemerken, daß nicht alle Zellen gleichmäßig rot gefärbt sind, sondern, daß unter vielen farblosen sich hier und da eine den roten Farbstoff speichernde findet. Besonders prächtig rote Rasen erhält man, wenn man den Pilz auf sterilisiertem Reis kultiviert. Beim Absterben der Hyphen wird der Farbstoff nicht aufgelöst, sondern das Substrat bleibt schön rot gefärbt. Aus einer solchen Reiskultur extrahierte ich mit Alkohol den Farbstoff, wodurch ich eine herrlich dunkel weinrote Lösung bekam, die in auffallendem Licht fluoreszierte. In Kulturen in Malzextraktlösung, in der der Pilz untergetaucht wuchs, wurde kein Farbstoff gebildet. Später gelangte in älteren Kulturen ein Teil des Mycels an die Luft und färbte sich dann sofort rot.

[1]) Die Textfiguren 2 und 3 wurden nach Quetschpräparaten aus freier Hand gezeichnet.

b) Cytologie.

Die Zellverhältnissse bieten keine Besonderheiten. Membran und Plasma verhalten sich wie bei vielen anderen Pilzen (auf die Membran der Ascosporen komme ich später noch zu sprechen). Darauf, daß die älteren Zellen des Mycels große Vakuolen zeigen, während die jungen Fruchtanlagen von dichtem Plasma erfüllt sind, habe ich schon im vorigen Teil hingewiesen. Die Zellen des Mycels und auch die Conidien sind vielkernig. Die Kerne sind ziemlich klein und zeichnen sich oft durch die exzentrische Lage ihres Nukleolus und große Chromatinarmut aus. Das Sichtbarmachen der Kerne durch die Heidenhainsche Färbung gelingt nicht überall gleichmäßig. Während die Kerne des vegetativen Mycels gut differenziert sind, sind die Kerne der generativen Zellen in dem dichten sich sehr stark färbenden Plasma fast gänzlich verborgen. Man muß also je nach der Beschaffenheit der Zellen verschiedene Zeiten bei der Färbung innehalten. Trotz sorgfältiger Differenzierung gelingt es nicht immer, die Kernmembran als scharfe Abgrenzung des Kernes zu erhalten, fast immer aber kann man um den sich scharf als tiefschwarzen Punkt abhebenden Nukleolus einen hellen Hof nachweisen.

Von den Zellen der Fruchtanlage hat das Antheridium etwa 4—8 Kerne, die noch ungeteilte weibliche Zelle weist einige mehr auf (Tafel II, Fig. 5). Nach der Zerlegung der Ascogonmutterzelle in Trichogyne und Ascogon enthält das Empfängnisorgan etwa 3—4, das Ascogon 4—6 Kerne. Selten treten auch mehr Kerne auf. Schon im vorigen Abschnitt war die Vermutung ausgesprochen, daß der Bildung der Sporen ein Sexualakt vorhergehe. Der Vorgang der Befruchtung findet in folgender Weise statt. Nach der Entstehung des das Antheridium mit der Trichogyne verbindenden Loches wandern die Antheridialkerne durch die Öffnung in die Trichogyne ein. Die Kerne der Trichogyne sind schon vorher zugrunde gegangen. Ein Bild, das dieses Stadium der Entwickelung deutlich zeigt, findet sich in der Figur 6 der Tafel II. Man sieht, wie der letzte männliche Kern im Begriffe ist, durch das Loch in die Trichogyne überzutreten. Nachdem alle Antheridialkerne in der Trichogyne angelangt sind, findet die im ersten Teil der Unter-

suchung ausführlich verfolgte Auflösung der das Ascogon von der Trichogyne trennenden Wand statt. Hierdurch ist den männlichen Kernen die Möglichkeit gegeben, in das weibliche Organ einzudringen. Ist der Übertritt der männlichen Kerne erfolgt, so wird das Ascogon wieder durch eine Wand von der Trichogyne abgegliedert. Daß tatsächlich in das Ascogon Kerne eingewandert sind, kann man an der größeren Anzahl der jetzt im Ascogon vorhandenen Kerne feststellen. Das Ascogon ist jetzt mit dichtem, sich stark färbenden Plasma angefüllt. Trotzdem gelingt es verhältnismäßig leicht, die Kerne sichtbar zu machen (Taf. II, Fig. 7). Diese Figur zeigt auch, daß das Antheridium, das sich nur noch ganz schwach färbt, schon plasmaärmer geworden ist. Hierauf folgt dann die immer mehr zunehmende Schrumpfung der Trichogyne und des Antheridiums, die ihren Zweck erfüllt haben. Die in das Ascogon gewanderten männlichen Kerne liegen anfangs ziemlich unregelmäßig neben den weiblichen, ordnen sich aber bald derart an, daß je ein männlicher und ein weiblicher Kern paarweise zusammenliegen. Eine Verschmelzung der männlichen und weiblichen Kerne, wie Barker[1]) sie anzunehmen geneigt war, findet auf dieser Stufe der Entwickelung noch nicht statt. Während dieser Vorgänge im Ascogon sind aus dem Stiel Hüllhyphen hervorgesproßt. Die Bildung der Hülle geschieht in der Weise, daß aus dem Stiel der Anlage an verschiedenen Stellen Hyphen hervorwachsen, die sich an das Ascogon anlehnen; diese Hyphen verzweigen sich oft unter rechtem Winkel und durch erneutes Einschieben von Hyphen wird die Hülle immer dichter. Inzwischen sind schon wieder neue Hyphen aus dem Tragfaden herausgesproßt, die sich zwischen Ascogon und die äußere Hüllschicht eingeschoben haben. Dadurch, daß nun diese Hyphen das Spiel der ersten wiederholen, kommt eine zweischichtige Hülle zustande, deren äußere Schicht zuerst entstanden ist. Die Paarigkeit der Kerne im Ascogon und die junge Hülle zeigen die Fig. 8 und 9 auf Tafel II. In Fig. 8 ist der erste Anfang der zweiten inneren Hülle sichtbar, der erste Faden schiebt sich gerade innerhalb der jungen äußeren Hülle ein. In Fig. 9 ist in der Mitte des Ascogons ein Kern

[1]) l. c. p. 182.

weggeschnitten. Betreffs der beiden Fig. 8 und 9 muß noch gesagt werden, daß in Fig. 8 die ganzen Kerne (mit Kernkörper) schwarz gefärbt sind, während in Fig. 9 nur der Nukleolus schwarz erscheint. Nach diesen Beobachtungen im Ascogon liegt die Annahme nahe, daß in dieses Organ ebenso viel männliche Kerne einwandern, als weibliche vorhanden sind. Den nächsten Schritt, das Aussprossen der ascogenen Hyphen, habe ich an gefärbten Präparaten nicht beobachten können; ich möchte daher auf das unten für *Monascus X* gezeichnete Bild (Tafel II, Fig. 24) verweisen. Man sieht, daß aus dem Ascogon 2 noch kurze ascogene Hyphen hervorsprossen, von denen jede ein Kernpaar enthält. Dieses Bild entspricht den im ersten Teil nach Quetschpräparaten gezeichneten Textfiguren 2 und 3. Ob die ascogenen Hyphen nur je ein Kernpaar erhalten und weitere Kerne aus ihnen durch konjugierte Teilung entstehen, oder ob gleich von Anfang an mehrere Paare in sie einwandern, die sich weiter teilen, kann ich nicht mit Sicherheit sagen. Wie man aus der Textfigur 3 ersieht, sind die ascogenen Hyphen verzweigt. Sie dürften kaum eine beträchtliche Länge erreichen, denn selten bekommt man längere Stücke zu Gesicht. Nur ein einziges Mal ist es mir gelungen, eine ascogene Hyphe mit 3 über ihre Länge verteilten Kernpaaren zu sehen. Die Beobachtung der ascogenen Hyphen gestaltet sich sehr schwierig, da man bei der kugeligen Anordnung im Perithecium meist nur Querschnitte oder schiefgehende Längsschnitte erhält, fast nie aber Bilder, die mediane Längsschnitte der Hyphen zeigen (Tafel II, Fig. 10). Mit ihrer Verzweigung und ihrem weiteren Wachstum muß eine konjugierte Teilung der Kernpaare Hand in Hand gehen. Denn immer findet man auch in alten Perithecien, die schon reife Sporen enthalten, noch Schnitte durch diese auffallenden zweikernigen Zellen. Wir hätten dann hier genau die Verhältnisse, wie sie Claussen (1907) für *Pyronema confluens* Ende 1907 klar gelegt hat. Wenn die ascogene Hyphe ihre endgültige Länge erreicht hat, so krümmt sie sich hakenförmig. Der eine der ursprünglich an ihrem Ende gelegenen beiden Kerne wandert in die Hakenspitze, während der andere im Stiel des Hakens liegen bleibt. Darauf teilen sich die beiden Kerne konjugiert

und je ein Abkömmling jedes von ihnen rückt in die Krümmung des Hakens ein (Tafel II, Fig. 11). Die beiden, aus der Teilung des im Stiel gelegenen Kernes hervorgegangenen Teilprodukte sind noch durch einen schmalen dunklen Streifen verbunden, der wahrscheinlich der letzte Rest der Kernteilungsfigur ist. Diese beiden Kerne, also ein männlicher und ein weiblicher, verschmelzen nun zum primären Ascuskern. Einen solchen Verschmelzungskern, der noch zwei Nukleolen aufweist, findet man in Fig. 12 auf Tafel II. Hier sind auch die in Stiel und Spitze des Hakens liegenden Kerne zu sehen. Etwas ältere einkernige Asci nach vollendeter Kernverschmelzung zeigen die Fig. 10 und 11 der Tafel II. Hierauf folgt nun die Sporenbildung, die vermutlich genau so vor sich geht, wie bei den andern bisher nach dieser Seite hin gut untersuchten Ascomyceten. Von den drei Zweiteilungen des primären Ascuskernes, die offenbar schnell aufeinander folgen, habe ich leider nichts beobachten können. Das Endresultat ist aber immer das, daß ein Ascus mit acht breitellipsoidischen Sporen entsteht. Jede Spore enthält einen Kern. Die Ascospore hat eine dicke Membran, die ungefärbt bleibt, nur selten kommt es vor, daß sie sich mit Eosin schwach rötet. In jungen Sporen läßt sich der Kern leicht sichtbar machen, die älteren aber enthalten so viele, sich stark mit Hämatoxylin tingierende Körper, daß der Inhalt einer Spore fast gleichmäßig schwarz erscheint, selbst bei außergewöhnlich langem Differenzieren mit Eisenalaun. Die Sporen werden durch Auflösen der Ascuswand frei und werden hierdurch in den Hohlraum des Peritheciums befördert. Ein fast reifes Perithecium, das neben einer großen Anzahl freier Sporen noch zwei angeschnittene Asci enthält, ist in Fig. 13 Tafel II abgebildet. Einzelne lose Sporen zeigt die folgende Fig. 14. Aus dem Perithecium können die Sporen erst durch Zerfall der Hülle an die Außenwelt gelangen. Eine Öffnung des Peritheciums wurde nicht beobachtet.

2. *Monascus X.*

a) Äußere Morphologie.

Diese vermutlich neue *Monascus*-Art wurde zuerst, wie oben erwähnt, auf Reisstärke gefunden. Ich erhielt sie bereits auf

einer Agarkultur. Der Pilz zeigt äußerlich einen auffallenden Unterschied von *Monascus purpureus.* Während dieser auf Malzextraktagar wie auf Reis eine schön orangerote Farbe zeigt, ist das Mycel der neuen Art rein weiß und bildet einen schönen, vom Substrat abstehenden Rasen. Auch hierin liegt eine kleine Abweichung von der äußeren Gestalt des *M. purpureus,* der nur anfangs etwas in die Höhe ragt und sich später dem Substrat, besonders der Agarplatte, anzuschmiegen pflegt. Auf Reis verhalten sich beide Spezies hinsichtlich des Wachstums — von der Farbe natürlich abgesehen — annähernd gleich. Auch diesen Pilz kultivierte ich unter denselben Bedingungen wie den *M. purpureus* im Thermostaten. Die fast kugeligen oder an ihrer ursprünglichen Ansatzstelle abgeplatteten Conidien keimen schnell, indem an beliebiger Stelle ein oder mehrere Keimschläuche die Membran durchbrechen. Fig. 15 Tafel II zeigt sechs in verschiedener Lage befindliche Conidien, von denen eine mit einem aus ihrem Gipfel — in Bezug auf die Lage, die die Conidie an ihrer Traghyphe einnahm — hervorbrechenden Faden keimt. Eine andere sendet nach 2 Seiten Keimschläuche aus. Die weitere Mycelbildung weicht in keiner Weise von der bei *Monascus purpureus* ab. Zwei Tage nach der Impfung des Nährbodens werden an den Spitzen zahlreicher Mycelfäden massenhaft Conidien abgeschnürt. Die Conidien entstehen in der bekannten Weise dadurch, daß die Spitze eines Fadens keulig anschwillt (Tafel II Fig. 16). Die Anschwellung wird stärker und das nunmehr fast kugelige Gebilde wird durch eine Wand von dem Mycelfaden abgeschnürt. Die so gebildete Conidie fällt dann sofort ab oder aber unter ihr entsteht wieder eine Anschwellung, eine neue Conidie wird abgeschnürt usw. So entstehen Ketten von Conidien, wie eine solche in Fig. 17 der Tafel II abgebildet ist. Die fünfte Conidie ist gerade im Entstehen begriffen und eben durch eine Wand vom Tragfaden abgetrennt. Das Aussehen der Conidien dieses Pilzes weicht insofern von dem bei *Monascus purpureus* ab, als die älteren Conidien eine ziemlich dicke, gelblichbraune Membran aufweisen. Auch die riesige Menge der erzeugten Conidien steht in keinem Verhältnis zu der geringen Anzahl dieser Gebilde bei *Monascus purpureus.*

Die Anlage und Entwickelung des Peritheciums ist der der ersten *Monascus*-Art ganz ähnlich. Die Anlagen entstehen am Ende kurzer plasmareicher Seitenzweige in der bei *Monascus purpureus* ausführlich beschriebenen Weise. Die ersten Stadien der Fruchtkörperbildung erreichen nicht ganz die Größe, wie die bei *M. purpureus*. Der Verlauf und die Entstehungsweise der Wände in der jungen Fruchtanlage, sowie auch die Bildung der Papille am Antheridium, die nach der Bildung des Loches zwischen Trichogyne und Antheridium die Außenwandung für den Kanal darstellt, durch den die männlichen Kerne wandern, zeigen dieselben Verhältnisse, wie der im ersten Teil untersuchte Pilz. Eine Eigentümlichkeit, die bei *Monascus purpureus* in ausgedehntem Maße vorkommt, fällt hier so gut wie fort, nämlich, daß das weibliche Organ sich oft stark über das Antheridium schiebt, ja oft zu einem Kreise zusammengerollt ist. Männliche und weibliche Zellen liegen hier einander fast parallel. Das Ascogon wird befruchtet und Hyphen, die aus dem Stiel hervorgehen, fangen an, das weibliche Organ zu umhüllen. Antheridium und Trichogyne gehen zu Grunde. Die Bildung und Entwickelung der ascogenen Hyphen habe ich hier an Quetschpräparaten gar nicht verfolgen können, da die Hülle bald anfängt, braun und undurchsichtig zu werden. Die Hüllhyphen sterben frühzeitig ab und verwehren fast jeden Einblick in das Innere des Fruchtkörpers. Durch sehr starkes Quetschen kann man es allenfalls erreichen, in älteren Perithecien ein paar Asci mit je 8 Sporen sichtbar zu machen.

Betreffs des äußeren Aussehens der Kulturen auf Agar muß ich noch bemerken, daß 10—14 Tage alte Kulturen ein von der Impfstelle ausgehendes, dunkelbraunes, kreisförmiges Feld aufweisen. Geht man der Ursache dieser Erscheinung nach, so findet man, daß die dunkle Färbung der Kultur von den mit brauner Hülle versehenen Perithecien herrührt, die fast dem Substrat anliegen. Die Farbe ist am jungen Rande des Mycels, wo noch keine Fruchtkörper gebildet sind, verschwunden. Hin und wieder findet man bei der Untersuchung lebenden Materials mitten im Mycel Zellen oder Hüllhyphen des Peritheciums oder Ascosporen, die rot gefärbt sind. Diese Färbung einzelner weniger Zellen hat aber auf die Gesamtfärbung des

Mycels keinen Einfluß, es erscheint trotzdem dem unbewaffneten Auge rein weiß, nur ganz selten findet man kleine rote Stellen.

b) Cytologie.

Auch bei *Monascus X* wurde die meiste Arbeit auf die cytologische Untersuchung verwandt. Mycel und Conidien sind vielkernig. Die Kerne färben sich in gleicher Weise, wie bei *Monascus purpureus*. Die Kerne der Conidien sind sehr schwer deutlich zu machen, da die Conidien in ihrem Plasma viele andere sich stark färbende Bestandteile enthalten. Zellwände und Plasma bieten keine Besonderheiten. Auch hier findet sich naturgemäß der Unterschied zwischen den dicht plasmareichen Zellen, aus denen die Fruchtkörper hervorgehen und den plasmaärmeren, große Vakuolen enthaltenden, vegetativen Zellen des Mycels.

Die Fruchtkörperanlage enthält weniger Kerne als bei *Monascus purpureus*. Im Antheridium und im Ascogon habe ich nie mehr als je 5 Kerne beobachtet, wohl aber oft weniger. Die Trichogyne enthält noch weniger. Fig. 18 Tafel II zeigt eine junge Anlage, bei der die Ascogonmutterzelle noch ungegliedert ist. Nachdem durch eine Querwand Trichogyne und Ascogon differenziert sind, findet zwischen Antheridium und Trichogyne die Bildung eines Loches statt, und die Kerne der Trichogyne degenerieren. Jetzt erfolgt der Übertritt der männlichen Kerne in das Empfängnisorgan. Das Überwandern ist bereits vollzogen in dem Stadium, das Fig. 19 Tafel II zeigt. Ein Bild, an dem man sehr deutlich und schön die Verschmelzung von Antheridium und Trichogyne erkennt, stellt die Fig. 20 der Tafel II dar. Man bemerkt hier eine ausnahmsweise große Öffnung, durch die beide Organe in Verbindung stehen. Nach Auflösung der die Trichogyne von der weiblichen Zelle trennenden Wand gelangen die männlichen Kerne in das Ascogon. Auch hier legt sich je ein männlicher Kern an einen weiblichen, so daß mehrere Kernpaare entstehen. Die Paarigkeit der Kerne im Ascogon und in den ascogenen Hyphen ist sehr auffällig, und es war diese Art des *Monascus*, bei der ich die Zweikernigkeit zuerst fand. Dargestellt sind

drei solcher befruchteten, stark plasmahaltigen Ascogone in den Fig. 21—23 der Tafel II. Umgeben sind sie von den wieder zwei Schichten bildenden und noch lebenden Hüllhyphen. In den Fig. 21 und 22 erblickt man 3 Kernpaare im Ascogon, während in Fig. 23, in dem etwas kleineren Ascogon, nur zwei Kernpaare im Schnitt gefunden wurden. Die Bildung der Hülle geht in derselben Weise vor sich, wie bei *Monascus purpureus* ausführlich beschrieben ist. Das nächste Stadium besteht in dem Aussprossen der jungen ascogenen Hyphen (Fig. 24 Tafel II). Dieses Ascogon zeigte offenbar ursprünglich gleich nach der Befruchtung 5 Kernpaare, von denen je eines in jede der beiden ascogenen Hyphen gewandert ist. Die ascogenen Hyphen zeigen hier dichteres, stärker färbbares Plasma, während der Inhalt des Ascogons an Plasma verloren hat. Andere Bilder lassen auch deutlich erkennen, daß offenbar der Inhalt des Ascogons in die ascogenen Hyphen überwandert, derart, daß schließlich das Ascogon fast ganz sein Plasma verliert. Später sinkt dann das Ascogon etwas zusammen und es ist von ihm kaum noch etwas zu erblicken. So sah ich oft Bilder, bei denen die ascogenen Hyphen aus dem Ascogon herauskamen, wie etwa die gekrümmten Finger aus der Handfläche. Das Ascogon zeigt sich hier fast ganz plasmaleer, während die ascogenen Hyphen dichtes Plasma enthalten und immer an ihrer auffallenden Zweikernigkeit zu erkennen sind. Durch eine Zeichnung lassen sich diese Verhältnisse nicht gut deutlich machen, da die ascogenen Hyphen in so verschiedenen Ebenen liegen, daß eine Projektion in eine Ebene ein unverständliches Bild ergeben würde. Man muß die Fruchtanlage unter dem Mikroskop unter fortwährender Bewegung der Mikrometerschraube an nicht zu dünnen, mindestens 10 μ dicken Schnitten beobachten, um eine Einsicht in die Art der Bildung der ascogenen Hyphen und des Verhaltens des Ascogons zu gewinnen. In diesem Stadium ist die Hülle bereits bräunlich gefärbt und abgestorben. Sie erscheint als strukturlose Masse, in der nur selten die ursprünglich vorhanden gewesenen zwei Schichten zu erkennen sind.

Die weitere Entwickelung der ascogenen Hyphen ist nicht ganz zweifelsfrei festzustellen, da man, wie schon bei der zu-

erst beschriebenen *Monascus*-Art angedeutet wurde, meist nur Querschnitte dieser Gebilde erhält. Aber auch hier dürften sich die ascogenen Hyphen verzweigen und durch konjugierte Teilung die Zahl ihrer Kernpaare vermehren. Ein Bild, das Querschnitte ascogener Hyphen zeigt, ist in Fig. 25 dargestellt. Man gewahrt hier Schnitte durch 10 dieser Hyphen, von denen 6 deutlich die Kernpaare erkennen lassen, während in den übrigen der eine der beiden Kerne fortgeschnitten ist. Die Bildung des jungen Ascus habe ich hier an Längsschnitten durch die Enden ascogener Hyphen nicht beobachten können, zweifellos geschieht dies aber genau so, wie ich es für *Monascus purpureus* beschrieben habe. Denn auch bei dieser Art habe ich an Querschnitten durch das Ende der ascogenen Hyphen Verschmelzungskerne mit 2 Nukleolen beobachten können. Einen jungen einkernigen Ascus im Querschnitt mit dem großen Verschmelzungskern und einem großen Nukleolus in ihm erblickt man links oben in dem Perithecium Fig. 25. Dieses Perithecium ist, offenbar durch die Präparation, an der rechten Seite etwas aufgerissen. Man nimmt in ihm außer den ascogenen Hyphen und dem jungen Ascus noch freie Sporen wahr. Die Asci enthalten je 8 Sporen, die wieder in der üblichen Weise entstehen und durch Zerfall des Ascus in das Perithecium entleert werden. Die Sporen sind lang ellipsoidisch, haben eine dicke Membran, die die angewandten Farbstoffe nicht speichert, und einen Kern. Für die reifen Sporen gilt betreffs der Färbung dasselbe, was für die von *Monascus purpureus* gesagt wurde. Ein reifes Perithecium mit einem Ascus und vielen freien Sporen zeigt Fig. 26 auf Tafel II.

Es sei noch bemerkt, daß bei beiden Arten Fälle vorkommen, in denen der eine der Sexualzweige, entweder der männliche oder der weibliche, sich um den anderen schraubig herumwindet. Es kommt höchstens zu 1—2 Windungen.

III. Allgemeines.

Überblicken wir die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen, so kann es keinem Zweifel unterliegen, daß *Monascus* ein typischer Ascomycet mit sexueller Fortpflanzung ist. Und

es erscheint auffallend, daß diese verhältnismäßig einfache und mit anderen gut untersuchten Ascomyceten in allen wichtigen Punkten übereinstimmende Entwickelung nicht früher erkannt worden ist. Daß die ersten Autoren, van Tieghem, Went, nicht zu rechter Klarheit kamen, läßt sich wohl verstehen. Da sie den Pilz nur an lebendem Material untersuchten, konnten sie zu einer richtigen Ansicht über die Einzelheiten der Entwickelung seines Fruchtkörpers kaum gelangen. van Tieghem[1]) faßte ihn als vielsporigen Ascus auf. Went[2]), der *Monascus purpureus* zuerst beschrieb, hielt die Frucht für ein von einer Hülle umgebenes Sporangium und stellte den Pilz zu *Thelebolus*[3]) unter die Hemiasci Brefelds. In der Tat hat das reife Perithecium des *Monascus,* äußerlich betrachtet, mit einem auf einem Stiel sitzenden Phycomycetensporangium viel Ähnlichkeit, und so erklärt sich der Irrtum Wents sehr leicht.

Der erste, der zur Untersuchung des Pilzes die Methoden der modernen Mikrotom- und Färbetechnik anwandte, um auch über die cytologischen Verhältnisse Klarheit zu schaffen, war Barker. Ihm verdanken wir eine ausführliche Arbeit, in der er in nahezu zweifelsfreier Weise die Sexualität bei dem von ihm untersuchten Pilz feststellt. Zwar stimmen seine Beobachtungen mit meinen nicht in allen Punkten überein, aber auch er kam auf Grund seiner dankenswerten Untersuchungen zu dem Resultat, daß *Monascus* — und zu dieser Gattung gehört ohne Zweifel sein Pilz — ein geschlechtlich sich fortpflanzender Ascomycet sei, bei dem die Sporen zu je acht in Ascis entstehen, die in einem Perithecium eingeschlossen sind. Die hauptsächlichsten Abweichungen von meinen Ergebnissen bestehen darin,

1. daß Barker die männlichen Kerne durch die Trichogyne in das Ascogon vor der Bildung der beide Zellen trennenden Wand überwandern läßt[4]),
2. daß er dem damaligen Stande der Ascomycetenforschung

[1]) l. c. p. 226, 228.

[2]) l. c. p. 13.

[3]) Inzwischen ist durch die Untersuchungen Ramlows festgestellt, daß auch *Thelebolus* zu den höheren Ascomyceten zu rechnen ist.

[4]) l. c. p. 181.

entsprechend eine paarweise Verschmelzung der männlichen und weiblichen Kerne im Ascogon annahm[1]).

Dieser Punkt erklärt sich also ohne weiteres. Was den ersten Punkt betrifft, so habe ich, wie oben ausführlich beschrieben, mit Sicherheit nachgewiesen, daß die Wand zwischen Trichogyne und Ascogon zuerst gebildet, dann für den Übertritt der männlichen Kerne aufgelöst und schließlich wieder gebildet wird. Trotz dieser Verschiedenheiten ist Barkers Arbeit zweifellos die beste von allen über *Monascus*.

Ganz abweichend von Barker stellte, wie schon in der Einleitung erwähnt, Ikeno seine Resultate dar. Auch er scheint zwar Sexualität anzunehmen, aber die Sporenbildung geht nach ihm in folgender Weise vor sich. Nachdem sich die Kerne des Ascogons durch Teilung vermehrt haben, zieht sich um eine bestimmte Anzahl von ihnen das Plasma zusammen, so daß wenige rundliche »Cytoplasmaballen« entstehen. Jeder dieser Ballen ist zuerst einkernig. Die Kerne teilen sich, der Plasmaballen wird durchschnürt, so daß viele »Sporenmutterzellen« entstehen. Nach weiterer Teilung in jeder »Sporenmutterzelle« und wabiger Anordnung des Plasmas um je einen Kern entstehen dadurch, daß sich das Plasma abrundet und von der Wabenwand zurückzieht, die Sporen. Es ist verwunderlich, daß Ikeno zu einem derartigen, offenbar ganz irrigen Ergebnis kam. Er scheint überhaupt keine junge Anlage eines Fruchtkörpers gesehen haben, denn seine Fig. 2, die er für ein derartiges Stadium ausgibt, möchte ich für ein bereits befruchtetes Ascogon und sein »Pollinodium« für eine Hüllhyphe halten. Vergleicht man seine Fig. 6 und 7 mit meiner Fig. 25 der Tafel II, so wird man zwischen beiden eine auffallende Ähnlichkeit feststellen. Daraus ergibt sich, daß seine »Cytoplasmaballen« nichts anderes, als Querschnitte zweikerniger ascogener Hyphen oder junger einkerniger Asci sind. Damit fällt die Behauptung Ikenos, die Sporen entständen durch freie Zellbildung aus dem Inhalte des Ascogons, in sich zusammen.

Auf die kurze Mitteilung Dangeards aus dem Jahre 1903 soll nicht genauer eingegangen werden, da er erst in ganz

[1]) l. c. p. 182.

neuer Zeit eine umfassende Arbeit über *Monascus* veröffentlicht hat, die reich an seltsamen Ergebnissen ist.

Kuyper, der sowohl *Monascus purpureus*, als auch *M. Barkeri* untersuchte, leugnet ebenso, wie sein Vorgänger Dangeard, jede Sexualität bei diesen Pilzen und zwar besonders deswegen, weil die Ascogonmutterzelle schon in die häufig erwähnten zwei Zellen geteilt wird, bevor die Spitzenzelle (Barkers Trichogyne) mit dem Pollinodium (Antheridium) in Berührung gekommen ist. Daß dies kein Grund gegen die Annahme der Sexualität ist, geht aus meinen Ergebnissen hervor. Seine weiteren Ausführungen, wie die Bildung freier Zellen aus dem Plasma des Ascogons, Kernverschmelzungen in den freien Zellen, also Verschmelzung von je zwei Ascogonkernen, Teilung dieser Verschmelzungskerne bei *M. purpureus* in viele, bei *M. Barkeri* in acht, sind so abenteuerlich, daß es sich nicht lohnt, darauf mehr Raum zu verwenden.

Der nächste Autor, Olive, ist geneigt, im Gegensatz zu Dangeard und Kuyper, *Monascus* für einen sexuellen Ascomyceten zu halten. Er spricht die Vermutung aus, daß die Verschmelzung von Antheridium und Trichogyne nach der Bildung der Querwand im Ascogon erfolge[1]). Diese Beobachtung hat sich nun als richtig erwiesen. Im übrigen ist Olive der Ansicht, daß die ascogenen Hyphen, statt aus dem Ascogon (der Barkerschen Zentralzelle) aus dem trichogynenähnlichen Ende des Ascogonialzweiges ihren Ursprung nehmen. Nach ihm ist dann die eigentlich fruchtbare, sich weiter entwickelnde Zelle die Endzelle des weiblichen Zweiges (unsere Trichogyne), wohingegen die vorletzte Zelle (Barkers Zentralzelle, unser Ascogon) eine Nährzelle darstellt, deren Inhalt durch die sich in ihr entwickelnden ascogenen Hyphen absorbiert wird[2]). Bilder, die dies erläutern könnten, gibt Olive nicht. Ich glaube, hinreichend gezeigt zu haben, daß es die vorletzte (Ascogon-) Zelle ist, die sich allein weiter entwickelt und die ascogenen Hyphen erzeugt, was ja auch schon aus den Figuren Barkers zur Genüge hervorgeht.

Die zuletzt erschienene längere Arbeit über die Frucht-

[1]) l. c. p. 59.
[2]) l. c. p. 60.

entwickelung bei *Monascus* stammt von dem schon oben erwähnten Dangeard. Er hat außer *Monascus purpureus* auch den von ihm aufgestellten *Monascus Barkeri* untersucht. Auf die beschriebene Mycelentwickelung soll nicht näher eingegangen werden, aber auf die sich ihm höchst merkwürdig darstellende Perithecienentwickelung muß ich einige Worte verwenden. Ihm ist unser Antheridium ein »Trophogon«, eine Nährzelle für das Ascogon, unsere Trichogyne eine »cellule stérile«. Einen Sexualakt in der von mir angenommenen Weise leugnet er. Auch er macht hiergegen, wie Kuyper, geltend, daß die Trichogyne und Ascogon trennende Wand vor der Kommunikation von Antheridium und Trichogyne gebildet werde; es findet also nie eine direkte Verbindung zwischen »Trophogon« und Ascogon statt, außerdem degenerieren die Kerne des Trophogons und der sterilen Zelle. Die Hülle des Peritheciums besteht bei ihm aus drei Schichten, von denen die beiden inneren degenerieren. Barker soll nun die Masse des Protoplasmas dieser desorganisierten Hüllhyphen für seine Zentralzelle gehalten haben. Auf die ganz offenbare Irrigkeit dieser Annahme braucht nicht erst hingewiesen zu werden. Die weitere Entwickelung des Ascogons geht nach Dangeard in der Weise vor sich, daß es sich in einige Zellen teilt, welche dann zu zweikernigen, kurzen Zweigen aussprossen. In diesen »Diplogameten« verschmelzen die beiden Kerne. Ich will, um Irrtümer zu vermeiden, über den Rest der Entwickelung den Autor selber sprechen lassen: »Nous avons pu suivre ainsi, ..., la formation des œufs par fusion des noyaux dans les diplogamètes et le développement de ces œufs en sporogones, c'est à dire en asques«[1]). Diese Verschmelzung findet tatsächlich statt, aber es handelt sich, wie oben gezeigt ist, um Verschmelzung von je einem Antheridiumkern mit je einem Ascogonkern.

Die mannigfachen abweichenden Ergebnisse der früheren Autoren finden teilweise ihren Grund in dem Pilze selbst. Die Schwierigkeiten, auf die man bei der Untersuchung von *Monascus* stößt, liegen zum großen Teil in der Kleinheit des Objektes und in der eigenartigen Anordnung der Organe im Perithecium

[1]) l. c. p. 205.

bei weiter entwickeltem Zustande. So erklären sich wenigstens einige der falschen Resultate früherer Forscher.

Ich komme nun zur Frage nach der Stellung unserer Pilzgattung im Pilzreiche. Darauf, daß *Monascus* ein zweifelloser Ascomycet ist, war schon kurz hingewiesen. Die Fruchtkörperentwickelung geht hier von Organen ähnlicher Art aus, wie bei Pyronema, Boudiera u. a. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß bei der Anlage der zuerst gebildete Zweig wirklich dem Antheridium von Pyronema oder Boudiera entspricht; dasselbe gilt auch von den zum weiblichen Apparat gehörigen Zellen, die schon in meiner Schilderung mit den ihnen zukommenden Namen des Ascogons und der Trichogyne bezeichnet wurden. Hinsichtlich dieser Zellen des Sexualapparates stimmt *Monascus* mit Pyronema und Boudiera überein. Während aber bei unserem Pilz der Fruchtkörper aus einem Ascogon hervorgeht, läßt sich der Fruchtkörper bei den erwähnten beiden Formen nicht auf eine weibliche Zelle zurückführen. Um zu zeigen, daß trotzdem in der Entwickelung der Ascusfrucht zwischen *Monascus* und Pyronema, dem jetzt best untersuchten Ascomyceten, große Übereinstimmung herrscht, will ich kurz auf die Entwickelung dieses Pilzes eingehen. Die ausgezeichneten Untersuchungen Harpers (1900), die neuerdings durch Claussen ergänzt wurden, gestatten einen vorzüglichen Einblick in die Entwickelung von Pyronema. Nach ihnen gestaltet sich die Entwickelungsgeschichte folgendermaßen. Der Fruchtkörper geht hervor aus einer Anzahl von Anlagen, von denen jede aus einem keulenförmigen, oft etwas gedrehten Antheridium und einem kugelig angeschwollenen Ascogon besteht, dem ein Trichogynschnabel aufsitzt. Die Anlagen entspringen von derselben Basis. Jede ist einzellig und besitzt viele Kerne. Die Trichogyne legt sich mit ihrer Spitze dem Scheitel des Antheridiums fest an. Zwischen beiden Zellen entsteht an ihrer Berührungsstelle eine offene Kommunikation, worauf Antheridialkerne in die Trichogyne, deren Zellkerne inzwischen degeneriert sind, einwandern. Durch Auflösung der Wand zwischen Trichogyne und Ascogon gelangen die männlichen Kerne in das Ascogon, um nun hier, wie Claussen nachgewiesen hat, sich mit den weiblichen Kernen zu paaren. In den aus dem Asco-

gon aussprossenden ascogenen Hyphen finden sich dann immer wieder die paarigen Kerne, die sich durch konjugierte Teilung vermehren. Wenn die ascogene Hyphe sich verzweigt und die Zweige eine bestimmte Länge erreicht haben, krümmen sie sich hakenförmig. Der eine des am Ende der Hyphe gelegenen Kernpaares wandert in die Spitze des Hakens, während der andere im Hakenstiel liegen bleibt. Durch konjugierte Teilung dieser Kerne gelangt je ein Abkömmling von ihnen, also ein männlicher und ein weiblicher, in die Krümmung des Hakens, wo sie zum primären Ascuskern verschmelzen[1]). Aus diesem Verschmelzungskerne gehen nun durch dreimalige Zweiteilung 8 Kerne hervor, deren Polstrahlen die 8 Ascosporen ausschneiden.

Vergleicht man diese Verhältnisse bei Pyronema, wie sie sich durch die Untersuchungen von Harper und Claussen jetzt darstellen, mit den Ergebnissen bei *Monascus*, so wird man ohne weiteres Übereinstimmung im Entwickelungsgange in allen wichtigen Punkten feststellen. Ihrer systematischen Stellung nach aber gehört die Gattung *Monascus* offenbar nicht zu der Gruppe, die durch Pyronema und Boudiera gebildet wird, sondern zu den Plectascineen.

Schröter hat im Jahre 1884 in Engler und Prantls Pflanzenfamilien die Gattung *Monascus* zu der von Brefeld (1891) aufgestellten Gruppe der Hemiasci gestellt. Auch Went wies seinem neu beschriebenen *Monascus purpureus* diese Stelle im Pilzsystem an, indem er ihn speziell zu den Theleboleen rechnete. Die Hemiasci sollen nun bekanntlich nach Brefeld ein Mittelglied zwischen den Phycomyceten und den echten Ascomyceten darstellen. Alle höheren Pilze, die Ascomyceten und Basidiomyceten, sollen sich nach seinen umfangreichen Untersuchungen von den die niederste Stufe darstellenden Phycomyceten ableiten lassen. Die typische Fruchtform der Ascomyceten, der Ascus, ist nach Brefeld entwickelungsgeschichtlich aus dem Phycomycetensporangium hervorgegangen. Nach ihm ist die Bildungsweise der Ascosporen im Wesentlichen dieselbe, wie die der Sporen im Sporangium; so kommt er also dazu, den Ascus von dem auf ungeschlechtlichem Wege

[1]) l. c. p. 587—589.

entstandenen Sporangium der Phycomyceten abzuleiten. In seinem großen, bekannten Werke: Untersuchungen aus dem Gesamtgebiete der Mykologie, VIII. Heft, schreibt Brefeld auf Seite 248 wörtlich: »Können wir uns den Sporangiumträger mit bestimmter Gliederung, mit bestimmter Formausbildung und mit bestimmter Sporenzahl, also die der Basidie homologe Bildung, überhaupt nur anders denken, als sie in dem Ascus der Ascomyceten vorliegt? .... Es ist unmöglich«. Nun sind aber seit seinen damaligen, aus den Jahren 1888—1889 stammenden Untersuchungen so viele Arbeiten auf diesem Gebiete erschienen, die das Vorhandensein von Sexualität bei zahlreichen Formen schlagend beweisen und die auch deutlich zeigen, daß die Sporenbildung der Ascomyceten erheblich von der der Phycomyceten abweicht (Harper [1899] und Swingle [1903]), daß es Brefeld schon längst hätte aufgeben müssen, an seinem vor 20 Jahren eingenommenen Standpunkt festzuhalten. Daß Brefeld nicht im geringsten daran gedacht hat, dies zu tun zeigt zur Genüge das neueste Heft XIV seines Pilzwerkes, in dem er sich in äußerst persönlichen und wenig schönen Angriffen gegen die de Barysche Schule richtet. Nachdem es durch die neueren Untersuchungen erwiesen ist, daß der geschlechtlich entstandene Ascus in keiner Weise phylogenetisch von dem ungeschlechtlich erzeugten Phycomycetensporangium herzuleiten ist, hat auch die Ordnung der Hemiasci, die im Brefeldschen Sinne Übergangsformen von den Phycomyceten zu den Ascomyceten umfassen soll, keine Berechtigung mehr.

Hiernach und nach dem, was oben über die Ähnlichkeit unseres Pilzes mit typischen Ascomyceten gesagt wurde, ist es unhaltbar, *Monascus* noch weiterhin zu den Hemiasci zu rechnen. Er ist ein echter Ascomycet und als solchem ist ihm auch seine Stelle im System anzuweisen. Nach den neueren Untersuchungen kommt für die Einreihung der Gattung *Monascus*, wie schon oben gesagt wurde, nur die Unterreihe oder Ordnung der Plectascineae in Betracht, die dadurch charakterisiert sind, daß in den meist kugeligen, mit steriler Oberflächenschicht versehenen Fruchtkörpern die rundlichen Asci als Hervorsprossungen unregelmäßig verzweigter ascogener Hyphen entstehen, die das Innere des Fruchtkörpers ausfüllen. Was die Familie be-

trifft, so glaube ich, daß *Monascus* am meisten Ähnlichkeit mit den Aspergillaceae zeigt und ich bin denn auch geneigt, ihn aus noch näher zu erörternden Gründen in diese Familie einzureihen, deren verbreiteste Vertreter die Gattungen Aspergillus und Penicillium darstellen. Nun ist zwar die Ascusfruchtentwickelung weder von Penicillium noch von Aspergillus einwandsfrei festgestellt, aber es läßt sich immerhin aus den wenigen vorliegenden Arbeiten soviel entnehmen, daß man ein ungefähres Bild des Entwickelungsganges erhält. Über Penicillium haben wir eine ausgezeichnete und ausführliche Arbeit von Brefeld (1874) aus der Zeit, wo er noch zu den Anhängern der de Baryschen Lehre gehörte, und eine Mitteilung von Klöcker (1903), der eine neue Spezies eines ascusbildenden Penicillium beschreibt, aber auf die Art der Ascusentstehung nicht weiter eingeht. In hervorragender Weise stellt Brefeld uns den vollständigen Entwickelungsgang dieses bekannten Pilzes nach den Untersuchungen an lebendem Material dar. Da es uns hier besonders auf die Bildung und Entstehung der Ascusfrucht ankommt, will ich hierauf noch ein wenig eingehen. Nach Brefeld geht die Entwickelung des Fruchtkörpers aus von zwei kurzen, schlauchförmigen Ästen, die einem Mycelfaden entspringen und sich in 1—1$^1/_2$ Drehungen umeinander winden, so daß ihre Spitzen gegeneinander neigen. Eine Copulation dieser beiden Elemente findet vermutlich statt und von dem einen der beiden Zweige — wir haben ihn mit Brefeld als Ascogon zu bezeichnen — geht die weitere Entwickelung aus. (Eine Trichogyne ist nicht beobachtet worden.) Das Ascogon treibt Fäden aus (ascogene Hyphen), während von dem Tragfaden sterile Hyphen aussprossen, die ein außerordentlich starkes Wachstum zeigen. Diese sterilen Fäden hüllen das jetzt zu einem Fadenknäuel ausgewachsene Ascogon dicht ein. Während die Hülle immer stärker wird, so daß sie schließlich aus 8—10 Lagen besteht, wachsen die ascogenen Hyphen mit zahlreichen Zweigen in die Lücken des pseudoparenchymatischen Hüllgewebes hinein. Das Wachstum der kugeligen Frucht geschieht jetzt durch Vergrößerung der Zellen der Hülle. Durch Verdickung der Membranen der Hüllfäden entsteht ein widerstandsfähiger harter Körper, ein Sclerotium, das in diesem Zu-

stande eine Ruheperiode von einigen Wochen durchmacht, um dann sich weiter zu entwickeln. Nach der Wiederbelebung des Sclerotiums wird die Entwickelung der Ascusfrucht fortgesetzt, Die ascogenen Hyphen werden durch Querwände in kurze, zylinderische Zellen zerlegt, von denen einzelne mit einem kurzen dicken Sproß austreiben, der sich an seiner Spitze einrollt. Zugleich mit diesem Sproß ist aus derselben Gliederzelle ein langer, dünner, sich reichlich verzweigender Faden hervorgewachsen, der dazu dient, das sterile Gewebe des Sclerotiums um die ascogenen Hyphen herum aufzulösen und diese zu ernähren. Die dicken, aus den ascogenen Hyphen hervorgesproßten Äste wachsen langsam, aber verzweigen sich reichlich, Die Enden dieser rundlichen Aussprossungen werden zu Asci mit je 8 Sporen. Schließlich wird das sterile Gewebe fast ganz verzehrt, nur außen bleiben 2—3 Zellschichten bestehen, die Asci lösen sich aus dem Verbande, ihre Wände werden aufgelöst und wir haben im reifen Fruchtkörper nur die von der braunen Hülle umschlossene Masse der Sporen übrig.

Aspergillus, der andere Hauptvertreter der Aspergillaceen, weicht von Penicillium besonders dadurch ab, daß bei ihm ein Dauerzustand in Form eines Sclerotiums nicht beobachtet worden ist, sondern bei ihm entwickeln sich die ascogenen Hyphen ohne Ruhepause sofort weiter zu Asci. Die Perithecienentwickelung von Aspergillus geht nach de Bary (1870) in ganz ähnlicher Weise vor sich, wie bei Penicillium. Die Form des weiblichen Organs weicht von der bei Penicillium ab. Während der Ascogonast eine mehrfach gewundene Schraube darstellt, ist der Antheridialast ein einfacher Faden. Neuerdings wollen Fraser und Chambers (1907) an der weiblichen Schraube eine Trichogyne gefunden haben. Bei einer anderen Art von Aspergillus (Domaradsky, 1908) soll dagegen das Antheridium fehlen, so daß sich hier die Frucht apogam entwickeln würde. Nach de Bary wächst aus dem Stiel der Ascogonschraube ein Antheridialast empor und copuliert wahrscheinlich mit dem Scheitel des Ascogons. Andere aus dem Stiel der Anlage hervorgehende Hyphen hüllen dieselbe bald ein. Aus den Zellen der Außenschicht sprossen nach innen Fäden hervor, die sich verzweigen und so die Hülle ver-

stärken. Sie bewirken auch dadurch, daß sie in die Zwischenräume der Windungen des Ascogons eindringen, daß diese auseinander gedrängt werden. Dann findet das Aussprossen zahlreicher verzweigter ascogener Hyphen statt, die an ihren Enden die achtsporigen Asci entstehen lassen. Dadurch, daß der innere Verband der ascogenen Hyphen sich löst, werden die Asci frei, die dann nebst den Resten der ascogenen Hyphen und der inneren Wandschicht den Inhalt des von der äußeren Hülle umschlossenen Hohlraumes bilden. Nach dem Auflösen der Ascuswände erhalten wir ein nur von reifen Sporen erfülltes Perithecium.

Durch die Arbeit von Fraser und Chambers ist trotz der cytologischen Untersuchung nichts Wesentliches gewonnen worden. Ihre Ausführungen sowohl, wie ihre Bilder scheinen mir nicht ganz einwandsfrei zu sein. Auch die vorläufige Mitteilung von Domaradsky hat nicht erheblich Neues gebracht. So wäre denn eine Aufklärung über die cytologischen Verhältnisse von Penicillium und von Aspergillus nach wie vor dringend erwünscht.

Vergleicht man die Entwickelungsgeschichte von Penicillium und Aspergillus mit der von *Monascus,* so wird man viele Übereinstimmungen konstatieren können. In den Fällen, wo bei *Monascus* die Sexualorgane um einander gedreht sind, wird man sofort an die ähnlich gestaltete Anlage von Penicillium erinnert werden (auch bei einer anderen Plectascinee, bei Gymnoascus, finden wir diese Art des Beginnens der Fruchtkörperbildung). Wenn nun bei Aspergillus tatsächlich eine der Trichogyne entsprechende Endzelle des Ascogonzweiges vorhanden ist, was ich allerdings noch keineswegs für sichergestellt halte, so könnte auch noch hierin ein ähnliches Verhalten gefunden werden. Die Bildung der ascogenen Hyphen von *Monascus* scheint auch mit der bei Penicillium und Aspergillus in allen wesentlichen Punkten übereinzustimmen. Nur fallen natürlich für Aspergillus und *Monascus,* da sie keinen Dauerzustand bilden, die dünnen, langen und viel verzweigten Hyphen fort, die bei Penicillium dazu dienen, das sterile Gewebe des Sclerotiums aufzuzehren. Ob die Ascusbildung in allen drei Fällen dieselbe ist, läßt sich noch nicht mit Sicher-

heit sagen. Bei Aspergillus herbariorum geht nach Fraser und Chambers der Ascus meist aus der vorletzten Zelle der ascogenen Hyphe hervor, dasselbe habe ich ja auch bei *Monascus* gefunden. Ob auch Penicillium sich in dieser Beziehung ebenfalls so verhält, bedarf noch genauer Untersuchungen der Kernverhältnisse. Die kurze gedrungene Gestalt der Asci ist in allen drei Fällen dieselbe. Was die Hülle betrifft, so zeigen sich hierbei naturgemäß einige Verschiedenheiten. Auf die feste und dichte Ausbildung der Hülle bei Penicillium, die damit in Zusammenhang steht, daß Penicillium einen Dauerzustand bildet, möchte ich kein großes Gewicht legen, denn es ist bekannt, daß selbst innerhalb der Gattung Penicillium die Entwickelung der Hülle sehr verschiedene Ausbildungsstufen zeigen kann. Während also die Hülle bei Penicillium seiner Lebensweise entsprechend aus 8—10 Schichten mit zuletzt stark verdickten Zellwänden besteht, finden wir bei Aspergillus und *Monascus* nur zwei Lagen in der Perithecienhülle, so daß sich auch in diesem Punkte unser Pilz nahe an Aspergillus anschließt. Im Stadium der reifen Sporen finden wir wieder völlige Übereinstimmung zwischen den drei Formen. In jedem Falle haben wir eine wenigschichtige Hülle des Peritheciums, die eine Menge freier Sporen umschließt.

Wenn ich diese Ausführungen über die verwandtschaftlichen Beziehungen unseres Pilzes zu Penicillium und Aspergillus überblicke, so glaube ich mich nach alledem zu der Annahme berechtigt, daß *Monascus* zu der Ordnung der Plectascineae und zwar in die Familie der Aspergillaceen gehört.

IV. Zusammenfassung.

Die beiden untersuchten Spezies der Gattung *Monascus* zeigen nur unbedeutende morphologische Unterschiede, entwickelungsgeschichtlich stimmen sie vollständig überein.

Die Entwickelung des Peritheciums geht aus von einem mehrkernigen Ascogon, das durch Vermittelung einer Trichogyne mit dem männlichen Organ, dem mehrkernigen Antheridium in offene Verbindung tritt.

Es findet ein Übertritt der männlichen Kerne in das Ascogon

statt, und je ein männlicher Kern legt sich an einen weiblichen. Das befruchtete Ascogon wird durch Hyphen, die aus dem Tragfaden der Anlage hervorgehen, umhüllt. Die Hülle des Peritheciums besteht immer aus zwei Schichten.

Aus dem nach der Befruchtung angeschwollenen Ascogon sprossen ascogene Hyphen hervor, die immer paarige Kerne enthalten, welche sich durch konjugierte Teilung vermehren.

In der vorletzten Zelle der zuletzt hakenförmig gekrümmten ascogenen Hyphe verschmilzt das Kernpaar (ein männlicher und ein weiblicher Kern). Stiel- und Spitzenzelle des Hakens sind einkernig.

Der Verschmelzungskern ist der primäre Ascuskern.

Durch dreimalige Zweiteilung werden die 8 Sporenkerne erzeugt. Die Einzelheiten der Sporenbildung konnten bei der Kleinheit des Objektes nicht beobachtet werden.

Die reifen Asci sind fast kugelig und enthalten 8 ellipsoidische (bei *Monascus purpureus* schmälere, bei *M. X.* breitere) Sporen mit derber Membran und je einem Kern. Das reife Perithecium enthält die Masse der Sporen, die durch Auflösung der Ascuswände frei geworden sind.

Die Kernverhältnisse bei *Monascus* stimmen mit den durch die neuesten Untersuchungen für Pyronema confluens festgestellten Verhältnissen ziemlich weitgehend überein. Nur an einer Stelle im Entwickelungsgang findet Kernverschmelzung statt und zwar im jungen Ascus.

Die Gattung *Monascus* gehört zu den Ascomyceten. Sie ist zur Ordnung der Plectascineen und innerhalb dieser wegen ihrer Ähnlichkeit mit Penicillium und Aspergillus zu der Familie der Aspergillaceae zu stellen.

Literatur.

1903. Barker, B. T. P., The morphology and development of the ascocarp in *Monascus* (Annals of Bot. XVII, p. 167).

1870. de Bary, A., *Eurotium*, *Erysiphe*, *Cicinnobolus* nebst Bemerkungen über die Geschlechtsorgane der Ascomyceten. (Beitr. z. Morphol. u. Physiol. d. Pilze III, Frankf.) (Abhandlungen herausgeg. v. d. Senckenbergischen naturforschenden Ges. VII, Frankfurt a. M., p. 361.)

1874. Brefeld, O., Bot. Untersuchungen über Schimmelpilze.

1884. Brefeld, O., Unters. a. d. Gesamtgebiete d. Mykologie, 8. Heft, Leipzig.

1891. Brefeld, O., Unters. a. d. Gesamtgebiete d. Mykologie, 9. Heft, Münster, p. 91.

1908. Brefeld, O., Unters. a. d. Gesamtgebiete d. Mykologie, 14. Bd., Münster.

1905. Claußen, P., Zur Entwickelungsgeschichte der Ascomyceten. Boudiera (Bot. Ztg. I, 36, p. 1).

1907. Claußen, P., Zur Kenntnis der Kernverhältnisse v. *Pyronema confluens.* [Vorläufige Mitteilung.] (Ber. d. deutsch. bot. Ges. XXV, p. 586.)

1903. Dangeard, P. A., La sexualité dans le genre *Monascus.* (Compt. rend. de l'Acad. d. Sc. 136, p. 1281. Le Botaniste, Sér. IX, p. 28.)

1907. Dangeard, P. A., Recherches sur développement du périthèce chez les Ascomycètes. (Le Botaniste, Sér. X *Monascées*, p. 177.)

1908. Domaradsky, M., Zur Fruchtkörperentwicklung v. *Aspergillus* Fischeri Wehmer. [Vorläufige Mitteilung.] (Ber. d. deutsch. bot. Ges. XXVI, p. 14.)

1907. Fraser, H. C. J., and Chambers, H. S., The morphology of *Aspergillus herbariorum.* (Annal. mycolog. V, p. 419.)

1899. Harper, R. A., Cell-Division in Sporangia and Asci. (Annals of Bot. XIII, p. 467.)

1900. Harper, R. A., Sexual reproduction in *Pyronema confluens* and the morphology of the Ascocarp. (Annals of Bot. XIV, p. 321.)

1903. Ikeno, S., Über die Sporenbildung und systematische Stellung v. *Monascus purpureus Went.* (Ber. d. deutsch. bot. Ges. XXI, p. 259.)

1903. Klöcker, A., Sur la classification du genre *Penicillium* et description d'une espèce nouvelle formant des asques. (Comptes rend. des travaux du Laboratoire de Carlsberg, Copenhague, VI, p. 92.)

1905. Kuyper, H. P., Die Perithecienentwickelung v. *Monascus pupureus Went* und *Monascus Barkeri Dangeard*, sowie die systematische Stellung dieser Pilze. (Annal. mycolog. III, p. 32.)

1905. Olive, E. W., The morphology of *Monascus purpureus.* (Bot. Gaz. 39, p. 56.)

1906. Ramlow, G., Zur Entwicklungsgeschichte von *Thelebolus stercoreus Tode.* (Bot. Ztg. I, 64, p. 85.)

1903. Swingle, B. D., Formation of the spores in the Sporangia of *Rhizopus nigricans* and of *Phycomyces nitens.* (Bull. Bureau plant. industry. U. S. dept. of agric. p. 37.)

1884. van Tieghem, M., *Monascus*, genre nouveau de l'ordre des Ascomycètes. (Bull. de la soc. bot. de France XXXI, p. 226.)

1901. Uyeda, Y., Über den Benicoyi-Pilz aus Formosa. (Bot. Magazine Tokyo XV.)

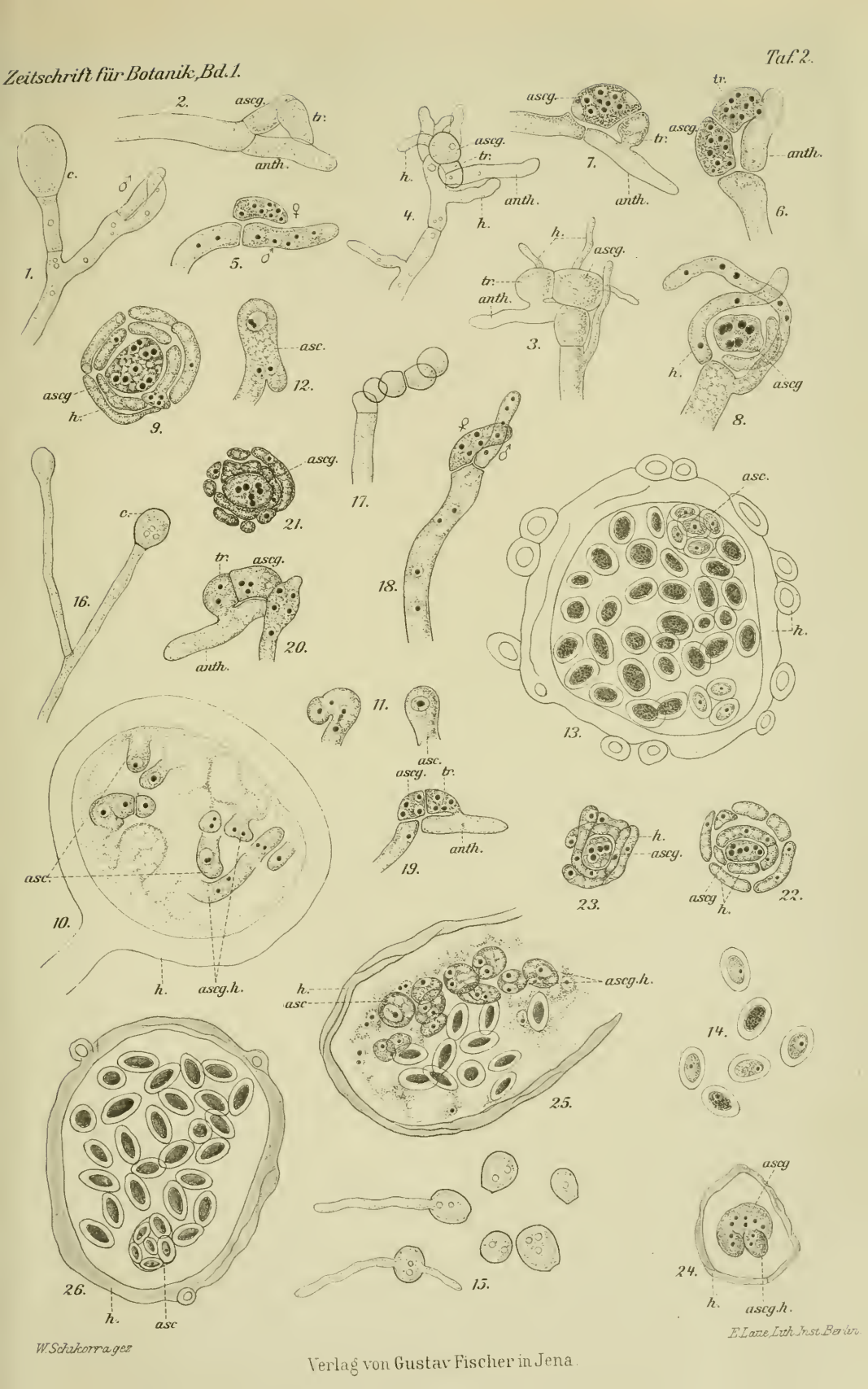
1895. Went, F. A. F. C., *Monascus purpureus*, le champignon de l'Ang — Quac une nouvelle Thélébolée. (Ann. des sc. nat. bot. sér. VIII, 1, p. 1.)

Figurenerklärung.

Die Figuren wurden sämtlich mit Hilfe des Zeichenapparates von Winkel (Göttingen) entworfen.

Fig. 1—14 beziehen sich auf *Monascus purpureus*,

Fig. 15—26 auf *Monascus X.*



W. Schakorragez

E. Lanz, Lith. Inst. Berlin.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Vergrößerung der Fig. 1—4 und 15—17 630 : 1 Zeiß Huygenssches Ocular 4. Objectiv E,

„ der Fig. 5, 10, 13, 14, 24—26 1090 : 1 Zeiß Comp. Ocular 8. Homog. Immers 2 mm. Ap. 1,3,

„ der Fig. 6—9, 11, 12, 18—23 1270 : 1.

Die Fig. 1—4 und 15—17 sind nach lebendem Material gezeichnet, die übrigen nach Schnitten.

Die Fig. 5—14, 18, 21 und 26 wurden gefärbt mit Eisenhämatoxylin und Eosin-Nelkenöl,

Fig. 19—20 und 22—25 mit Eisenhämatoxylin und Orange-G-Nelkenöl.

In den Figuren bedeutet:

c. = Conidie,
anth. = Antheridium,
ascg. = Ascogon,
tr. = Trichogyne,
ascg. h. = ascogene Hyphe,
h. = Hülle.

Monascus purpureus.

Fig. 1. Gabelig verzweigter Mycelast. Links eine Conidie, c., rechts eine Perithecienanlage. Weibliche Zelle noch nicht vom Tragfaden durch eine Querwand getrennt.

Fig. 2. Ältere Perithecienanlage. Weibliches Organ in Trichogyne, tr. und Ascogon, ascg. geteilt. Das Antheridium, anth. zeigt eine Papille.

Fig. 3. Anlage in noch vorgeschrittenerem Stadium. Zwischen Trichogyne und Antheridium hat sich an der Stelle der Papille ein Loch gebildet. Beginn der Hüllbildung.

Fig. 4. Perithecienanlage nach der Befruchtung. Die Figur zeigt dasselbe Bild, das in der Textfigur 1 h in den Umrissen gezeichnet ist.

Fig. 5. Schnitt durch eine junge Perithecienanlage. Weibliche Zelle noch ungeteilt.

Fig. 6. Übertritt der Antheridialkerne in die Trichogyne.

Fig. 7. Der Übertritt der männlichen Kerne in das Ascogon ist vollzogen. Antheridium und Trichogyne sind jetzt plasmaarm.

Fig. 8. Längsschnitt durch das Ascogon nach der Befruchtung. Man beobachtet die Paarigkeit der männlichen und weiblichen Kerne im Ascogon und die ersten Anfänge der Hüllbildung.

Fig. 9. Querschnitt durch ein befruchtetes Ascogon. Kernpaare. Die Hülle ist etwas weiter entwickelt.

Fig. 10. Längsschnitt durch ein älteres Perithecium. Man beobachtet zweikernige ascogene Hyphen und nach der Kernverschmelzung einkernige Asci.

Fig. 11. Links das hakenförmig gekrümmte Ende einer ascogenen Hyphe. Im Stiel des Hakens das letzte Stadium der Kernteilung. Rechts ein Ascus mit dem Verschmelzungskern. Beide Bilder sind in der Lage zueinander gezeichnet, die sie innerhalb eines und desselben Peritheciums einnahmen.

Fig. 12. Einkerniger Ascus im Längsschnitt. Der Ascuskern zeigt noch die beiden männlichen und weiblichen Nukleolen.

Fig. 13. Ein fast reifes Perithecium mit 2 angeschnittenen Ascis und vielen losen Sporen.

Fig. 14. Freie Sporen.

Monascus X.

Fig. 15. Ruhende und keimende Conidien.

Fig. 16. Ein Hauptast, der eine reife und ein Nebenast, der eine junge Conidie trägt.

Fig. 17. Kettenförmig abgeschnürte Conidien.

Fig. 18. Eine junge Perithecienanlage im Längsschnitt. Weibliches Organ noch ungeteilt.

Fig. 19. Die Antheridialkerne sind in die Trichogyne gewandert. Das Antheridium ist fast plasmaleer.

Fig. 20. Die Öffnung zwischen Antheridium und Trichogyne ist sehr deutlich sichtbar, sonst wie Figur 19.

Fig. 21—23. Befruchtete und umhüllte Ascogone mit deutlicher Paarigkeit der Kerne.

Fig. 24. Aussprossen ascogener Hyphen mit je einem Kernpaar. Die Hülle des Perithecums ist schon abgestorben.

Fig. 25. Schnitt durch ein Perithecium, das mehrere zweikernige ascogene Hyphen, einen einkernigen Ascus und einige freie Sporen zeigt. (Die Hülle ist durch die Präparation an einer Stelle aufgerissen.)

Fig. 26. Ein fast reifes Perithecium mit vielen freien Sporen und einem angeschnittenen Ascus.

Berlin, den 2. Januar 1909.

Botanisches Institut der Universität.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift für Botanik

Jahr/Year: 1909

Band/Volume: 1

Autor(en)/Author(s): Schikorra Walter

Artikel/Article: Über die Entwickelungsgeschichte von Monascus. 379-410