

ÖFFNUNGSMECHANICK VON GEASTRACEEN UND ASTRAEUS

POR H. LOHWAG

(ALEMANIA)

RESUMEN

Mecanismo de la dehiscencia en las « Geastráceas » y « Astraeus ». — La apertura del cuerpo fructífero de los *Geaster* es provocada por la dilatación de la capa pseudo-parenquimática, de la cual solamente es activo el contenido celular. Al encorvarse hacia atrás los lóbulos estrellados, la capa mecánica es la activa, mientras que la capa pseudo-parenquimática, directa o indirectamente, funciona como capa de resistencia. La curvatura hacia atrás de los lóbulos estrellados se deben a un proceso de contracción por deshidratación. Con el aumento del agua, se nota una marcada dilatación de las paredes de las hifas.

Los movimientos higroscópicos de los lóbulos en los *Astraeus* tienen su causa en la capacidad de dilatación de las paredes de las hifas, en los cuales la capa en empalissadas y la capa blanca, ambas compuestas por elementos de paredes gruesas, funcionan como capa dilatadora, mientras la capa mecánica obra como tejido de resistencia. Aparte del espesor de paredes, tiene también importancia la dirección de las hifas: cada una de las tres capas está construida por hifas paralelas entre sí, pero la dirección de ellas en cada una de las capas es diferente: en la capa mecánica se disponen en forma meridional, en la empalissada con disposición radial, y en la capa blanca se doblan en forma curva del sentido meridional hacia el radial.

Am 24. Sept. 1922 fand *R. Hamperl* in einem Eschenwald bei Greifenstein (nicht weit von Wien) einen grossen Erdstern von ganz ungewöhnlichem Aussehen: zentrale Glebakugel nicht, wie bei allen anderen Geastraceen, von einer Endoperidie eingehüllt sondern nackt und einen dunkelbraunen, aus Capillitiumfasern und Sporen bestehenden Wattebausch darstellend,

die Innenseite der Sternstrahlen von einem kurzen Haarfilz bekleidet, der ebenfalls aus Capillitiumfasern und Sporenmassen besteht. Infolge der unbedeckten Glebakugel und des zarten Haarkleides der Sternlappen findet man selten ein unversehrtes Exemplar und lässt sich ein solches auch nur sehr schwer transportieren. Dieser grosse, oberirdisch wachsende Erdstern ist *Trichaster melanocephalus* Czern. Die mit der Glebawatte gleichartige haarige Bekleidung der Sternlappen liessen mich vermuten, dass dieser Haarfilz der äusserste Teil der Gleba ist und von ihr beim Aufspalten abgerissen wird. Da ferner nach meiner Erfahrung (s. Lohwag, 1934) die Endoperidie der Geastraceen von den Capillitiumfasern gebildet wird, so musste die Unterlage des Haarfilzes der Sternlappen Endoperidie sein. Die mikroskopische Untersuchung (Lohwag, 1925) ergab, dass meine Annahmen richtig waren: die Endoperidie ist sehr zart und mit der Innenschichte der Exoperidie so fest verbunden, dass sie mit ihr aufspaltet (vgl. Lohwag, 1926, b). Das Zerreißen der Capillitiumfasern in einer parallel und nahe der Endoperidie verlaufenden Zone erfolgt noch im geschlossenen Zustand. Seit Erscheinen von Lindau-Ulbrich, Die höheren Pilze (1928), wo *Trichaster* mit von der mir 1924 gegebenen Beschreibung angeführt wird, ist der Pilz in den verschiedensten Teilen Europas festgestellt worden.

Der Pilz zeigt deutlich, wie eine Art trotz des ganz gleichen Aufbaues von seinen nächsten Verwandten durch eine geringfügige Aenderung so deutlich verschieden wird, dass sie zum Vertreter einer eigenen Gattung wird.

1923 sammelte ich am gleichen Standorte zwei noch geschlossene Exemplare, welche ich durch häufige Befeuchtung zum Springen zu bringen hoffte. Dabei setzte ich mehr Hoffnung in das Exemplar, das apikal eine Papille zeigte. Das andere Exemplar war völlig rund. Da jedoch das mit der Papille versehene Exemplar immer mehr schrumpfte, während das rundliche bei gleicher Behandlung prall blieb, umgab ich letzteres wiederholt mit einem vollgesaugten Schwamm. Endlich, nach 3 Wochen, sprang dieses Exemplar auf und entfaltete sich. Es ist das Exemplar, das (Lohwag, 1925) und in Fig. 53, A in *Die natürlichen Pflanzenfamilien* Bd. 7^a, 1933 zur Abbildung gelangte.

Das Exemplar benötigte zu seiner Entfaltung zwei Tage, was nach meinen späteren Erfahrungen eine langsame Entwicklung darstellt. In den folgenden Jahren besuchte ich noch öfters die Fundstelle, um den Pilz in seinem Verhalten gegenüber den verschiedensten Witterungseinflüssen kennen zu lernen. Dabei fiel mir auf, dass die nackte Glebamasse trotz ihrer Zartheit dem Regen verhältnismässig zähen Widerstand leistet. Erst längere Regenfälle waschen die Glebamasse bis auf ihren zäheren Innenteil Columella, der dann als schmaler Zapfen bestehen bleibt, ab. Mit der Zeit erlangt man die nötige Erfahrung, um Exemplare, die knapp vor dem Aufspringen stehen, zu erkennen und daher konnte ich vor einen Jahren daran gehen, von der Entfaltung eines *Trichaster* einen Film zu drehen, ohne Gefahr zu laufen, unnötig viel Film bis zum Eintreten des Aufreissens zu verbrauchen. Nachdem ich ein Exemplar bis zur völligen Entfaltung gefilmt hatte, fiel mir ein, es künstlich beregnen zu lassen und diesen Vorgang auch zu filmen. Es zeigte sich, dass durch das Auffallen der Regentropfen auf den nackten Flockenschopf riesige Sporenstaubwolken entstehen, dass aber die Tropfen infolge des reichlichen Luftgehaltes des Flockenschopfes nicht in diesen eindringen, und dieser daher sehr lang in seiner Form bestehen bleibt, wenn er auch deutlich kleiner wird. Bei dieser Aufnahme bestand die grosse Gefahr, dass durch Auffallen auch nur weniger Sporen auf die Linse des Filmapparates alle weiteren Bilder durch Kreisflecke unschön bis unbrauchbar werden. Der Film gelang aber ausgezeichnet.

Schon früher hatte ich bei der Anfertigung eines Radialschnittes durch ein grosses Exemplar des Pilzes eine ähnliche Erfahrung bezüglich der schweren Benetzbarkeit des Flockenschopfes gemacht. Das Durchschneiden des Pilzes ist deswegen schwierig, da die äussere Schichte der Exoperidie lederzäh ist, die innere, schneeweisse Schichte (die Pseudoparenchymsschichte) apfelhart und daher besser schneidbar ist. Von hier gelangt das Messer in den wattigen Glebateil, dessen innerster Teil jedoch eine sehr zähfilzige Masse darstellt. Diese verschiedene Konsistenz wirkt sich beim Schneiden sehr unangenehm aus. Nach Durchführung des Schnittes war die weisse Schnittfläche der Pseudoparenchymsschichte durch die mit dem Messer

dariübergeführte Sporenmasse ganz verschmutzt. Ich liess nun über die so erhaltene Pilzhälfte Wasser auf der Schnittfläche laufen und dieses spülte die Schnittfläche völlig sauber, ohne in den Flockenschopf einzudringen (Lohwag, 1924, Taf. XI, fig. 7).

Die von mir mit Erfolg angestellten Versuche, den Fruchtkörper von *Trichaster melanocephalus* nach dem Ablösen von seiner Unterlage zum Aufspringen zu bringen, waren deswegen leichter anzustellen, weil *Trichaster* ein sehr grosser Pilz ist und oberirdisch wächst, wodurch das Auffinden von geeigneten jugendlichen Exemplaren sehr erleichtert ist. Die infolge des unterirdischen Wachstums schwierige Auffindung von jugendlichen Exemplaren anderer Geaster-Arten und die damit verbundene Schwierigkeit des Experimentierens hat wahrscheinlich die Ansicht aufkommen lassen, dass ein von seiner Unterlage abgelöster Erdstern nicht mehr zum Aufspringen zu bringen ist. 1924 fand ich in Oberwölz in Steiermark noch geschlossene Fruchtkörper von *Geaster triplex*. Ich nahm sie in trockenem Zustand nach Wien mit und erst einige Tage später kam ich dazu, sie durch Auflegen eines stark befeuchteten Schwammes in den zum Aufspringen geeigneten Zustand zu versetzen. Auch bei diesem *Geaster* erzielte ich auf diese Weise das Aufspringen des Fruchtkörpers und konnte mehrere Stadien im Lichtbilde (s. Lohwag, 1929) festhalten.

Geaster triplex hat seinen Namen von der flachen Becherschale, in welcher die Endoperidie sitzt. Es sieht also so aus, als ob hier drei Hüllen vorhanden wären. In Wirklichkeit handelt es sich auch hier nicht um einen bedeutenden Unterschied im Aufbau des Fruchtkörpers gegenüber den anderen Geastraceen, sondern nur um eine mit der Grösse der Sternlappen in Zusammenhang stehenden Erscheinung. Um dies zu verstehen, wird es zweckmässig sein, die morphologischen Verhältnisse eines geschlossenen Fruchtkörpers im Meridianschnitt zu studieren. Fig. 1 b ist die lederzähe Faserschichte, welche an der Basis am dicksten ist, während sie hinauf zu schwächer wird. Die Fasern dieser Schichte, laufen der Hauptsache nach meridional. Bei vielen *Geastraceen* ist die Faserschicht aussen noch von einer lockerhyphigen Schichte, der mycelialen Hülle (a), umgeben. Auch *Trichaster* ist aussen von

einer lockeren, wirrfaserigen Schichte bedeckt, welche beim Wachstum des Pilzes felderig zerreißt (vergl. Fig. 3), wodurch der Pilz einem Scleroderma sehr ähnlich wird. Sofern ein noch geschlossener Fruchtkörper keine Papille besitzt, kann er tatsächlich leicht für diesen Pilz gehalten werden. Innerhalb der Faserschichte liegt die weisse Pseudoparenchymsschichte (c), welche aus dünnwandigen, $\pm$ isodiametrischen Zellen besteht. An der Basis erscheint die Pseudoparenchymsschichte vom Strunk des Flockenschopfes durchbrochen. Richtiger ist zu sagen, die Pseudoparenchymsschichte reicht bis zum Strunke des Flockenschopfes. Gegen die Spitze des Fruchtkörpers hin wird auch diese Schichte schmaler, doch ist sie im Gegensatz zu den meisten Bildern und Beschreibungen, an der Spitze nicht unterbrochen. Die Pseudoparenchymsschichte ist mit der Faserschichte so innig verbunden, dass sie mit ihr gemeinsam aufspaltet. Da der aufspaltende Teil bei *Geaster Exoperidie* heisst, so bestehen die Sternlappen von aussen nach innen aus (der Mycelialschichte), der Faserschichte und der Pseudoparenchymsschichte. Während die Pseudoparenchymsschichte anfangs sehr dick ist, schrumpft sie bei Trockenheit zu einer ganz dünnen Haut zusammen. Die Faserschichte stellt infolge ihrer Mächtigkeit und der Dickwandigkeit ihrer Hyphen die feste Unterlage der Sternlappen dar. Im geschlossenen Fruchtkörper folgt nun nach innen von der Pseudoparenchymsschichte die Endoperidie. Diese ist in jüngeren Stadien innig mit der Pseudoparenchymsschichte verbunden. Letztere lockert ihren Verband meist noch im geschlossenen Zustand, so dass die Loslösung bei der Aufspaltung meist glatt vor sich geht. Manchmal haftet sie aber sogar noch bei der Aufspaltung so fest, dass die Endoperidie in Falten gezogen wird. (Lohwag, 1929). Innerhalb der Endoperidie liegt der Flockenschopf, der einen dicht koralloid verzweigten Fruchtkörper darstellt, dessen Aeste mit einander anastomosieren (Lohwag 1926 u. 1934). Dadurch erscheinen auf Schnitten geschlossene Glebakammern, die mit Hymenium ausgekleidet sind, während in Wirklichkeit die Räume um die Aeste herumlaufen und mit einander in Verbindung stehen. An ihrem Ende verschwinden die Zweige in das Bildungsgeflecht, das durch Neubildung die Verlängerung

der Zweige und damit die Neubildung von «Kammern» bewirkt, während es nach aussen die Pseudoparenchymsschicht bildet. Dieses Gebilde ist natürlich eine gemeinsame tramale Lage, welche in derselben Weise die Verlängerung der Hymenophore bewirkt wie dies bei den Boletaceen die Schneide der Röhren und bei den Agaricaceen die Schneide der Lamellen vollführt. Stellt das Bildungsgeflecht seine Tätigkeit ein, so wird es ebenfalls deutlich tramal, und laufen daher die Capillitiumfasern kontinuierlich aus der Gleba in diese Tramalperidie (s. Lohwag, 1934) hinein, womit sie zur faserigen Endoperidie wird.

Es liegen also kurz folgende Verhältnisse vor: Auf einem Strunk sitzt die Columella, die sich koralloid verzweigend die Gleba bildet. Die Hymenophore werden von einem peripheren Bildungsgeflecht erzeugt, das nach aussen die Pseudoparenchymsschicht bildet und beim Abschluss der Entwicklung zur Endoperidie wird. Von der Basis des Strunkes geht eine den Fruchtkörper umschliessende Becherhülle aus (= Faserschie).

Nunmehr können wir zum eigentlichen Thema übergehen, nämlich zum Öffnungsmechanismus der Geastraceen.

Guttenberg (1926) bespricht im Kapitel über Turgormechanismen unter den Explosionsbewegungen die Öffnungs- und Schleuderbewegung von *Sphaerobolus stellatus* und anschliessend daran die hygroskopische Öffnungsbewegung von *Geaster hygrometricus*. Wir werden später sehen, dass dieser Pilz im Aufbau der Peridie bedeutende Unterschiede gegen *Geaster* aufweist. Er steht auch heute in der von *Geaster* weit entfernten Gattung *Astraeus*.

Bei dem ihm näher stehenden *Sphaerobolus* setzt sich auf Grund der Untersuchungen von Pitra (1870) und E. Fischer (1884) aus 4 Schichten zusammen: Zu äusserst liegt die locker und regellos verflochtene Mycelialschicht, deren Wände verquellen. Dann folgt die Pseudoparenchymsschicht, der sich nach innen die derbfaserige Faserschicht anschliesst und darauf die Palisadenschicht (Collenchymsschicht Pitra's), deren Zellen lückenlos an einander schliessen und radial gestreckt sind. Guttenberg führt näher aus, wie die Öffnungs- und Schleuderbewegung auf einem Turgormechanismus beruht. Im unreifen Fruchtkörper sind die Elemente der Palisadenschicht isodia-

metrisch, kurz vor der Reife strecken sie sich plötzlich in radialer Richtung. Ihr Inhalt ist mit Glykogen erfüllt. Nach den Untersuchungen von Walker und Andersen (1925) ist die Ursache, welche den Turgor in der Palisadenschichte in die Wege leitet, die Verwandlung von Glykogen in Zucker. Buller (V) ist ebenfalls ihrer Ansicht da Glykogen keinen osmotischen Druck ausübt, während Maltose und verwandte Zucker einen hohen osmotischen Druck ausüben, so dass anzunehmen ist, dass bei *Sphaerobolus* der Druck bei der Umwandlung von Glykogen in Maltose im Zellsaft auf mehrere Atmosphären anwächst. Da sich *Sphaerobolus* am Morgen öffnet und dann schleudert, glaubt Buller, dass Licht und Wärme einen mächtigen Einfluss auf die Umwandlung von Glykogen in Zucker haben. Nach Errera (1884) kommt Glykogen im ungestreckten Stiel von *Phallus impudicus*, nach Walker und Andersen und Borriß (1934) in den Stielen der Coprini vor ihrer Verlängerung und in den Asci der Disco-myceten vor.

Aus all dem geht hervor, sagt Guttenberg, dass die Spannung durch ein Ausdehnungsbestreben der Palisadenschichte bedingt wird und keinesfalls durch Schrumpfung der äusseren Mycelialschichte, wie Reinke (1880) angenommen hat. Doch handelt es sich auch nicht um «Wachstum», wie Ed. Fischer vermutet hat, sondern um eine bei Wasserzutritt stattfindende Inhaltsvermehrung der Palisadenhyphen⁽¹⁾. Die Faserschichte ist das Widerstandsgewebe.

Guttenberg erklärt also den ganzen Vorgang folgendermassen: «Die radiale Streckung der Palisaden zur Zeit der Fruchtreife spannt alle Aussenschichten in tangentialer Richtung. Am schwächsten Punkt — dem Scheitel — erfolgt Einreissen, es bilden sich Zähne, die sich durch Kontraktion der Aussenschicht strecken. Haben die Palisaden ihre grösstmögliche Streckung erreicht, so macht sich ein weiteres Ausdehnungsbestreben senkrecht zu ihren Längswänden geltend — derselbe Vorgang,

⁽¹⁾ Guttenberg setzt hinzu, dass es sich vorläufig nicht feststellen lässt, ob es sich um Quellung des Inhalts oder um osmotische Saugung handelt. Die reversible Schrumpfung bei Alkoholzusatz würde für ersteres sprechen. Nach dem Schleudervorgang erscheint der Inhalt verändert, er ist jetzt durchsichtig «wässrig».

den wir als Abrundungsbestreben langgestreckter Elemente bei *Impatiens* und anderen Explosionsmechanismen kennen gelernt haben. Diese tangential (zum Fruchtkörper gedacht) Ausdehnung biegt die Zähne noch weiter zurück. Eine Verlängerung der Risse nach unten wird durch die hier stärkere Faserschicht verhindert, daher macht sich das Ausdehnungsbestreben in anderer Weise Platz. Wie bei *Oxalis* kommt es zur Umstülpung, wobei das Schwellgewebe auf die Konvex, das Widerstandsgewebe auf die kürzere Konkavseite gelangt. Die Faserschicht wirkt also genau so wie die Kutikula des *Oxalis* Samens, sie ist dem Pseudoparenchym nur lose verbunden, trennt sich daher leicht von diesem. Die ganze umgestülpte Innenhaut ist starr, wird aber bei Wasserverlust weich, weil, wie *Fischer* hier richtig bemerkt, « die Kollenchymschicht (Palisadenschicht) ihren Turgor verliert ». Bei der Umstülpung wird die Sporenkugel bis 1 m weit fortgeschleudert. Sie unterliegt am Grunde des Bechers zunächst dem durch die Palisaden ausgeübten Radialdruck. Da sie auf der Aussenseite feucht-schleimig ist, gleitet sie bei der Umstülpung zwischen den Innenwänden der Palisaden und schafft so den Platz für die Umstülpung des Becherbodens. Es liegt also eine typische Quetschschleuder vor ». Zu den letzten Behauptungen möchte ich nur bemerken, dass die Kugel viel höher als 1 m geschleudert wird. Dass die Glebakugel einem Radialdruck unterliegt und hier mithin eine Quetschschleuder vorliegt, ist nach meinen Beobachtungen und den meisten Bildern nicht richtig. Ausserdem hat Buller (1933) und K. Lohwag (1938) gezeigt, dass die Glebakugel auch abgeschleudert wird, wenn man den aus Faserschicht und Palisadenschicht bestehenden Becher von den übrigen Hüllen lospräpariert und allein auf eine Unterlage legt. Der Becher ist vor dem Schleudern nicht viel mehr vertieft als ein Suppenteller, und die Glebakugel liegt frei am Grunde desselben.

Das Vorkommen von Glykogen bei verschiedenen Pilzen und seine Bedeutung für die Erhöhung des Turgors lassen es nicht als unmöglich erscheinen, dass auch die Pseudoparenchym-schicht der Geastraceen Glykogen enthält, was noch nicht geprüft ist. Es schwillt zwar auch eine alte Palisadenschicht durch Einlegen in Wasser bedeutend auf, doch ist bei *Trichas-*

ter und bei *Phallus* das Aufspringen völlig reif erscheinender Fruchtkörper durch starkes Befeuchten nicht immer zu erzwingen, was ebenfalls für die oben erwähnte Annahme spricht.

Zum besseren Verständnis der folgenden Ausführungen seien noch einige Erläuterungen über Turgor- und hygroskopische Mechanismen gegeben:

Innerhalb des pflanzlichen Bewegungssystems unterscheidet Haberlandt (1918) die passiven und die aktiven Bewegungsge- webe. Die aktiven Bewegungen unterteilt Guttenberg in solche mit toter und solche mit lebendiger Mechanik. Von der ersten Gruppe interessieren uns hier die hygroskopischen Mechanismen, von der zweiten die Turgormechanismen, zu welchen auch die bekannten Spritzmechanismen (Sporenverbreitung durch Ausschleudern) gehören. Bei den hygroskopischen Krümmungen handelt es sich um Quellung einer aus dickwandigen Zellen zusammengesetzten Schichte, welche als «Quellschichte» dient. Ist dieses Gewebe aus dickwandigen, langen Fasern zusammengesetzt, so muss es bei Befeuchtung quer zur Faserrichtung stärker anschwellen als in der Längsrichtung, und ebenso muss es sich bei Wasserverlust quer zur Faser stärker zusammenziehen. Ein aus solchen Fasern zusammengesetztes Blatt Papier muss sich daher, auf Wasser gelegt, nach oben einrollen und zwar müssen die sich aufrollenden Ränder parallel zur Faserrichtung liegen. Wenn diese Quellschicht mit einer nicht so quellenden, festen Schichte verbunden ist, so stellt die letztere das Widerstandsgewebe dar. Wenn sich ein Organ in seiner Längsrichtung krümmt, mithin die Krümmungsebene parallel zur Längsrichtung des Organes liegt, während die Krümmungsachse quer zur Längsrichtung liegt, so handelt es sich um eine Längskrümmung. Diese liegt also beim Zurückschlagen (und beim Aufrollen) der Sternlappen der *Geaster* vor. Bei einer Querkrümmung liegt die Krümmungsebene normal, die Krümmungsachse parallel zur Längsrichtung des Organes. Auch diese Erscheinung tritt bei den Sternlappen in Erscheinung, wenn sich bei weiterem Wasserverlust die Ränder jedes Sternlappens nach unten krümmen. Dadurch werden die Sternlappen auch in der Quer- richtung konvex. Längs- und Querkrümmung eines Organes kann durch Xerochasia oder Hygrochasia erfolgen. Bei

ersterer tritt die Bewegung (Oeffnung) durch Schrumpfung der Konkavseite (Aussenseite), bei Hygrochasia durch Quellung der konvex werdenden Innenseite ein.

Kehren wir nun zu *Trichaster* zurück, so können wir sagen, dass sich die zuerst konkaven Sternstrahlen gerade strecken und sich dann zurückbiegen, also konvex werden, wobei die Pseudoparenchymschichte quer zerbricht. Sie kann also nicht aktiv an der Zurückrollung beteiligt sein. Die äusserste Schichte der Sternlappen kann infolge ihres Aufbaues nicht in Betracht kommen: sie besteht aus verhältnismässig dünnwandigen, locker und wirr verflochtenen Hyphen von 2-7 μ Breite. Gemäss ihrem lockeren Aufbau zerreisst sie bei der Vergrösserung des Fruchtkörpers felderig, was den Pilz sclerodermaartig erscheinen lässt. (Es gibt aber Exemplare, die aussen völlig glatt sind.)

Als aktive Schichte kann also nur die Faserschichte wirken. Um über ihr Verhalten gegen Wasser Klarheit zu erhalten, habe ich kleine Schnitte parallel zur Achse des Sternstrahles ausgeführt und sie zuerst trocken unter dem Deckglas gemessen und hierauf Wasser zugeführt. Die lockere Aussenschichte, wir wollen sie Mycelialschichte nennen, und die Faserschichte schwellen innerhalb weniger Sekunden um beiläufig die Hälfte ihrer Dicke an und ändern sich dann kaum mehr, während die Pseudoparenchymschichte nur allmählich zu ihrer mehrfachen Dicke anschwillt. Auch eine Verlängerung der Faserschichte konnte ich bei Wasseraufnahme feststellen und zwar beträgt diese ca 5-10 %. Die Verbreiterung der aus Fasern zusammengesetzten Schichten bei Wasseraufnahme beruht auf Quellung der Wände. So vergrössert sich der Durchmesser der Hyphen der Faserschichte beiläufig um 1/3. Da bei Fasern die Quellung in der Querrihtung viel bedeutender ist als in der Längsrichtung, wird sich eine Schichte, die aus parallel verlaufenden Hyphen zusammengesetzt ist quer zur Faserrihtung stark verbreitern, in der Richtung derselben aber nur wenig. Je weniger geordnet jedoch der Verlauf ist, desto mehr tritt durch Quellung der Hyphenwände auch in anderen Richtungen Verbreiterung beziehungsweise Verlängerung der ganzen Lage ein. Dazu kommt noch, dass die Hyphen im trockenen

Zustand einen geschlängelten Verlauf aufweisen und sich bei der Quellung gerade strecken. Bei einem *Geaster*-Fruchtkörper wird von der Mycelialschichte gegen innen zu der Verlauf der Hyphen immer mehr meridional und im allegemeinen immer dichter. Die innerste Schichte der Faserschichte zeigt daher bei Wasseraufnahme vorzüglich Verbreiterung, nach aussen zu tritt aber auch noch (infolge des Hyphenverlaufes) Verlängerung auf. Ist hingegen die Verflechtung nicht nur wirr sondern auch locker, wie es in der Mycelialschichte allein der Fall ist, so kann sich die Quellung der Wände oft nicht als Verlängerung auswirken.

Das Aufschwellen der Pseudoparenchymsschichtetoter Fruchtkörper beruht auf Wasseraufnahme in das Innere der dünnwandigen, vollständig verschrumpften Zellen. Nun wurden zwei bis mehrere Centimeter lange und einige Milimeter breite Längsstreifen aus den Sternstrahlen geschnitten und deren Verhalten bei Wasserzufuhr geprüft. Da diese Streifen aus noch nicht geöffneten Fruchtkörpern geschnitten wurden, so waren sie bogig gekrümmt und zwar mit der Pseudoparenchymsschichte auf der Bogeninnenseite. Sie liessen sich leicht mit der Aussenseite auf einen Objektträger, auf den mit einem Pinsel Wassertropfen zugeführt wurden auflegen. In umgekehrter Stellung, als kleiner Torbogen aufgestellt, blieben sie natürlich nicht stehen, sondern fielen um, daher mussten sie über ein so hohes Klötzchen gelegt werden, dass ihre Enden eventuell die befeuchtete Glasfläche berührten. Wegen der besseren Anschaulichkeit sei die erste Stellung als Schaukelstellung, die zweite als Torbogenstellung bezeichnet.

1. Peridienstreifen in Schaukelstellung, mit Pseudoparenchymsschichte nach oben auf benetzten Objektträger aufgelegt: der Streifen rollt sich zuerst noch stärker ein, nach einiger Zeit geht diese Bewegung wieder zurück.

2. Pseudoparenchymsschichte wegpräpariert, sonst wie 1): es tritt Einrollung und schwache Verlängerung ein.

2^a. Derselbe Versuch ergab in anderen Fällen: Zuerst Einrollung, dann Zurückrollung bis fast zur ursprünglichen Weite und dann wieder Einrollung. Am dünneren (apikalen) Ende erfolgte die Krümmung stärker.

3. Pseudoparenchymsschichte und die daran schliessende Hälfte der Faserschichte wegpräpariert: die Bewegungen wechseln, schliesslich rollt sich das Stück stärker ein.

4. Peridienstreifen aus allen drei Schichten bestehend torbogenartig aufgestellt und von aussen befeuchtet: deutlich sichtbare Einrollung, wodurch der Bogen höher und schmaler wird.

5. Faserschichte, von den anderen Schichten befreit, stark befeuchtet und dann von der Aussenseite erwärmt: sie streckt sich.

Aus allen Versuchen geht hervor, dass durch Wasseraufnahme eine Verdickung und eine Verlängerung der Faserschichte erfolgt. Bei Wasserverlust verkürzt sie sich daher. Wenn bei Versuch 1. und 4., also bei Vorhandensein der Pseudoparenchymsschichte, durch Befeuchten der Faserschichte eine Einrollung erfolgt, so zeigt dies, dass durch Wasseraufnahme auf der benetzten Aussenseite eine Verlängerung derselben bewirkt wird, während die geschrumpfte Pseudoparenchymsschichte, von wachziger bis horniger Konsistenz, hier die Widerstandsschichte abgibt.

Wenn dann allmählich von der Faserschichte in die Pseudoparenchymsschichte Wasser eindringt und diese zur Schwellung bringt, wodurch sie zu einer immer weicheren Substanz wird, so hört ihre Wirkung als Widerstandsgeflecht auf, wodurch sich natürlich die Faserschichte wieder zurückrollen muss. Wenn sich in Versuch 2 (ohne Pseudoparenchymsschichte) der Streifen auch einrollt, so erklärt sich dies daraus, dass die äusseren Peridienstschichten lockerer und wirrer verflochten sind und sich daher mehr verlängern, während die dichteren Innenpartien eine Widerstandsschichte abgeben. Die gleichzeitig beobachtete Verlängerung des Streifens beweist, dass diese Schichte nicht so widerstandskräftig ist, wie wenn sie durch die geschrumpfte Pseudoparenchymsschichte verstärkt ist. Das allmähliche Eindringen des Wassers in die verschiedenen Schichten in axialer Richtung dürfte die hin und hergehenden Bewegungen bewirken (Vers. 2a und 3). Auch die Einrollung bei Fehlen der Pseudoparenchymsschichte und der inneren Hälfte der Faserschichte ist verständlich, da sich die lockere

Mycelialschichte samt der etwas mehr aufgelockerten Aussen-schichte der Faserschicht mehr verlängern als die nach innen dichter und geordneter werdende Faserschichtlage. Versuch 5 zeigt die durch Erwärmen von aussen her bewirkte kräftigere Verkürzung der Aussenlage der Faserschichte.

Die Verhältnisse in der Peridie sind nicht an allen Stellen gleich. So fanden sich an einer Stelle folgende Verhältnisse vor (die Massangaben beziehen sich auf den wasserdurchtränkten Zustand der Mikroschnitte): 1. Mycelialschichte, 300 μ dick. 2. eine Schichte von 200 μ Breite aus 2-4 μ breiten, dünnwandigen Hyphen, die der Mehrheit nach meridional verlaufen. 3. die Faserschichte 600 μ mächtig aus 3-6 μ breiten und dickwandigen Hyphen (Lumenbreite $1/3$ der Hyphenbreite) bestehend, welche teils wellig gewunden, teils gerade, hauptsächlich meridional verlaufen. 4. Die Pseudoparenchymsschichte, 450 μ breit. Diese Breite ist nur ein Teil der Breite, welche die Pseudoparenchymsschichte im frischen Zustand aufweist, da sie nach dem Schrumpfen nicht mehr so prall wird. Die Schichte 2 fehlte aber an anderen Stellen des Fruchtkörpers vollständig. Hingegen besass ein anderer Teil der Peridie mehrere solche Lagen wie Schichte zwei, jede einzelne sehr schmal und durch Faserschichtlagen von einander getrennt. Es wird sich hier vielleicht um nicht völlig in Faserhyphen differenzierte Hyphen der Peridie handeln.

Es geht aus den geschilderten Versuchen hervor, dass sich die mächtige Faserschichte durch Wasserverlust verkürzt und durch Wasseraufnahme verlängert. Auf ihre Verkürzung ist das Zurückbiegen der Sternstrahlen zurückzuführen. Die Pseudoparenchymsschichte, die bei der Entfaltung sehr wasserreich ist, wirkt als Widerstandsschichte, da sie aber aus zartwandigen Hyphen aufgebaut ist, wird sie bei weiterer Zurückbiegung zerbrochen. Da sie aber durch ihren grossen Wassergehalt auch die innerste, sehr fest geflochtene Lage der Faserschichte längere Zeit hindurch mit Wasser versorgt, und so vor dem Vertrocknen schützt, so wirkt diese Innenlage der Faserschichte als Widerstandsschichte gegenüber der sich durch Wasserverlust verkürzenden Aussenperidie und es muss so ein Zurückrollen der Strahlen erfolgen.

Dass sich ausser dieser Längskrümmung durch Schrumpfung der Aussenseite der Sternstrahlen auch eine Querkrümmung einstellen muss, ist viel einfacher zu erklären. Da sich dickwandige Fasern in ihrer Querrichtung viel stärker bei Wasserverlust zusammenziehen als in ihrer Längsrichtung, so muss auch hier die Wanddicke jeder Hyphie bei Wasserverlust abnehmen, und da die Hyphen hauptsächlich meridional verlaufen, und da die Aussenseite viel rascher das Wasser verliert als die gegen die Pseudoparenchymsschichte grenzende Seite, so muss sich die Aussenseite quer zum Strahl zurückkrümmen.

Bei den Pilzen haben wir es zumeist mit Entfaltungsbewegungen zu tun. Ueber diese schreibt Guttenberg: « Diese Bewegungen werden im allgemeinen nicht wiederholt, die Schwellung geht einmalig vor sich ». Sofern die Schwellung der Geflechte auf Umwandlung von Glykogen in stark osmotisch wirksame Substanzen beruht, wird eine Wiederholung nicht möglich sein. Da bei den Geastraceen die Entfaltung mit einer Sprengung von Geflechten verbunden ist, so ist schon aus diesem Grunde eine völlige Wiederholung der Entfaltung unmöglich.

Wenn wir nun wieder zu unseren geschlossenen *Geaster*-Fruchtkörpern zurückkehren, so beruht auch hier wie bei *Sphaerobolus* die Zerreißung der Faserschichte in Sternlappen auf dem Anschwellen der innerhalb gelegenen Schichte, die infolge ihrer isodiametrischen, dünnwandigen Elemente Pseudoparenchymsschichte heisst. Da die Hyphen der Faserschichte der Hauptsache nach meridional verlaufen, so entstehen durch Anschwellen der Pseudoparenchymsschichte meridional verlaufende Sprünge in der Faserschichte, die sich bei weiter andauerndem Innendruck gegen die Spitze zu verlängern müssen, da die Faserschichte nach oben hin immer schwächer wird. Dabei wird sicherlich die Faserschichte gedehnt, besonders am dünnwandigen Scheitel (Papille). Wenn sich am Scheitel zwei Risse treffen (es muss nicht immer genau an der Papillenspitze sein) und somit ein Sternlappen herausgeschnitten, so streckt sich der Lappen, wodurch sich die Spitze vom Scheitel entfernt und im weiteren Verlauf eine Verlängerung der Sprünge nach unten bewirkt, worauf sich der vergrösserte Sternlappen wieder

streckt, wodurch die Spitze wieder weiter vom Scheitel abrückt usw. Man könnte der Meinung sein, dass das Zurückschlagen der Sternlappen auf der Turgescenz der Pseudoparenchym-schichte beruht. Diese kann aber im besten Fall höchstens bis zu dem Punkte wirksam sein, wo sich die horizontal abstehen-den Lappen nach unten einzurollen beginnen. Denn mit dieser Erscheinung tritt binnen kurzer Zeit ein queres Zerbrechen der Pseudoparenchymschicht ein. Damit zeigt sich klar, dass jetzt nicht die Pseudoparenchymschichte durch Ausdehnung wirksam sein kann, sondern dass sie passiv so stark gebogen wird, dass sie zerbricht.

Die so entstandenen Querbrüche in der Pseudoparenchym-schichte führen bei *Geaster triplex* zu einer auffälligen Erscheinung (Fig. 2). Zunächst erfolgen hier die Aufspaltungsvorgänge gleich mit denen anderer Geastraceen. Doch reißen die Sternlappen nicht so weit hinunter ein. Wenn sie sich nun nach aussen zu krümmen beginnen, so bricht die Pseudoparenchym-schichte jedes einzelnen Strahles am Grunde desselben durch. Die getrennt von einander entstandenen Klüfte vereinigen sich (s. Lohwag, 1929) zu einer (natürlich unregelmässig geschwun-genen) Ringklüft, die immer breiter werden muss, je mehr sich die Sternlappen zurückbiegen. Die auf den Sternlappen ver-bliebene Pseudoparenchymschichte zerbricht beim weiteren Zurückrollen der Strahlen in Schollen, die je nach Witterungs-verhältnissen entweder abfallen oder zu unscheinbaren Häuten zusammenschrumpfen. Der innerhalb der Ringklüft liegende, nicht aufgespaltene Teil der Pseudoparenchymschichte rollt sich nun infolge eintretenden Wasserverlustes auf der Oberseite und der damit verbundenen Schrumpfung nach oben auf, wobei sich natürlich die Pseudoparenchymschichte von der Faser-schichte mehr oder weniger weit ablöst. Durch diese Aufrollung entsteht der für *Geaster triplex* charakteristische Becher, der ort für eine besondere und dritte Peridienhülle angesehen wird. Doch kann diese Erscheinung, wie ich beobachtet habe, aus-nahmsweise in ähnlicher Form auch bei anderen *Geaster*-Arten in Erscheinung treten (s. Lohwag, 1929, *Geaster coronatus* (Schaeff.) Schröter.).

Da sich die Pseudoparenchymschichte aus dem oben erwähn-

ten peripheren Bildungsgeflecht, das schliesslich zur Endoperidie wird, entwickelt, so kann sie gar nicht weiter reichen als bis zum Strunk. Sie wird also, wie schon oben bemerkt, nicht vom Strunk «durchbrochen», sondern sie reicht bloss bis zu ihm hin. An diesem Strunke scheinen sich ganz bedeutende Druckverhältnisse zu entwickeln. Denn die Fasern des Stieles sind stark zusammengedrängt und der Stiel der entfalteten Fruchtkörper erscheint oft stark zusammengepresst. Dies lässt sich leicht verstehen, wenn man vor Augen hält, dass an der Basis die Pseudoparenchymsschichte am stärksten ist und bei ihrer Anschwellung auf jeden Fall von allen Seiten auf den eingeschlossenen Strunk einen Druck ausüben muss.

Der Strunk wird nach dem Öffnen des Fruchtkörpers zum Stiel der Endoperidie. Er muss daher im allgemeinen um so länger sein, je dicker die Pseudoparenchymsschichte ist und tritt noch deutlicher in Erscheinung, wenn die Pseudoparenchymsschichte schrumpft oder noch mehr, wenn sie abfällt. Bei manchen *Geaster*-Arten endet die Pseudoparenchymsschichte nur schwach ansteigend am Strunk. Bei anderen biegt sie am Strunke scharf in die Höhe und keilt allmählich nach oben aus. (Dies ist oft auch bei *Trichaster* zu sehen). Aus solchen Verhältnissen muss sich der für *Geaster Bryantii* charakteristische Kragen an der Basis der Endoperidie erklären lassen, doch habe ich leider noch keine geschlossenen Exemplare dieses Pilzes finden und studieren können, um die Richtigkeit meiner Ansicht zu überprüfen. Wenn der scharf hinaufgebogene Teil der Pseudoparenchymsschichte lang ist und dabei die Pseudoparenchymsschichte verhältnismässig mächtig ist, so muss bei der Verbreiterung der Pseudoparenchymsschichte der sie innen säumende Teil der Endoperidie zusammengedrückt und endlich geradezu eingeklemmt werden (Fig. 3). Der eingeklemmte Teil wird dann der basale Kragen. Ein Mikrotomschnitt durch diesen Teil des Pilzes führt Fig. 4 vor Augen. Dass bei solchen Einklemmungsvorgängen, die bei der Vergrösserung der Pseudoparenchymsschichte infolge Raummangels eintreten, auch Faltungen der zarten Endoperidie eintreten müssen, ist aus den Lageverhältnissen sehr begreiflich. Tatsächlich finden wir nun die Endoperidie um den Kragen herum deutlich strahlig gefäl-

telt und zwar, wie es zu erwarten ist, bei den einzelnen Exemplaren etwas variierend, so bei dem einen nur unterhalb des Kragens, bei dem anderen oben, bei anderen beiderseits. Im allgemeinen scheint die Fältelung umso kräftiger zu sein, je grösser der Kragen ist. Man darf nicht glauben, dass solche Faltenbildungen nach dem Aufspalten leicht wieder ausgeglichen werden. Dies zeigt sich besonders gut an einem der Exemplare von *Geaster triplex*, deren Entfaltung ich in die Wege leiten konnte (Lohwag, 1929). Bei diesem war zur Zeit der Aufspaltung die Endoperidie noch fest mit der Pseudoparenchym-schichte der Exoperidie verbunden und hielt infolge zufälliger Entstehung von drei ziemlich gleichgrossen Sternlappen an drei Seiten des Fruchtkörpers mit grosser Zähigkeit an der Pseudoparenchymschichte fest. Dadurch entstand um die Mündung eine dreilappige Faltenfigur, welche auch noch nach gelungener Ablösung von der Pseudoparenchymschichte am völlig entfalteten Pilze sehr gut zu sehen war (s. Lohwag, 1929 Fig. 3-6). Dabei entstanden diese Falten erst während der Entfaltung, während die um den Basalkragen von *Geaster Bryantii* noch im geschlossenen Zustand gebildet werden.

Bei vielen *Geaster*-Arten und auch bei *Trichaster* liegt der Teil der Sternlappen, der sich am meisten zurückrollt, um die Basis herum und die Sternlappen selbst sind mässig zurückgekrümmt. Daher sitzt der Flockenschopf auf den Lappen wie auf Stelzen. Bei *Geaster fimbriatus*, dem bei uns wohl häufigsten *Geaster*, rollen sich die Sternstrahlen so stark zurück, dass die Endoperidie nicht so hoch in die Höhe gehoben wird sondern auf den eingerollten Lappen sitzt. Da mir bei diesem Pilz nur geöffnete (und trockene) Exemplare zur Verfügung standen, so war dementsprechend bei einem aus den Sternlappen längs herausgeschnittenen Streifen, die Pseudoparenchymschichte auf der Konvexseite des Bogens. Irgendwo auf der Aussenseite zugeführtes Wasser zieht sich ausserordentlich schnell in der lockeren Mycelialhülle und der Faserschichte weiter. Da sich diese beiden Schichten (unter dem Mikroskop gesehen) bei Wasserzusatz ruckartig verbreitern, während die Pseudoparenchymschichte nur allmählich auf das 2-5 fache anschwillt, so tritt bei der Befeuchtung von aussen eine Geradestreckung

der Strahlen ein. Bei Wasserverlust auf der Aussenseite tritt sehr bald wieder Zurückkrümmung ein. Es liegen hier ähnliche Verhältnisse vor wie bei *Trichaster*, nur ist hier die Myceliaschichte verhältnismässig sehr mächtig. So mass ich an einer Stelle: Mycelialschichte 600 μ , Faserschichte 60 μ , Pseudoparenchymsschichte 600 μ , alles im wasserdurchtränkten Zustand.

Während bei den meisten *Geaster*-Arten im trockenen Zustand die Strahlen zurückgerollt sind, rollen sich bei *Astraeus hygrometricus* die Sternstrahlen bei Trockenheit ein. Es muss hier also ein ganz anderer anatomischer Aufbau vorliegen. Wer durchaus überall in der Natur Zweckmässigkeit sehen will, der wird sich auch hier zu helfen wissen, indem er darauf hinweist, dass durch das scharfe Einrollen der Strahlen bei Trockenheit die Spitzen derselben auf die Endoperidie drücken und dadurch zur Entleerung des Sporenbehälters beitragen. Tatsächlich ist die Kraft der derben Strahlen ziemlich gross. Dies geht aus einer Beobachtung von K. Lohwag (1938) hervor, nach welcher ein *Astraeus*-Fruchtkörper beim Einrollen eine auf ihn gefallene Eichel so fest umkrallt hatte, dass nur durch Befeuchten die Strahlen die Eichel wieder freigaben.

Da sich Guttenberg (p. 138) mit der Mechanik von *Astraeus* befasst, so wollen wir ihm zuerst das Wort erteilen: «An die Mechanik von *Sphaerobolus* schliesst sich die der Gattung *Geaster* an, bei welcher allerdings kein Schleudervorgang, sondern nur eine Oeffnungsbewegung vorliegt. Doch sei diese gleich hier besprochen, da sie eine Vorstufe des Verhaltens von *Sphaerobolus* darstellt. Die Peridie des Erdsterns (*G. hygrometricus*) besteht aus einer flockigen Aussenschichte, auf welche eine typische Faserschichte, die eine braune Haut darstellt, folgt. Sie setzt sich aus fest verflochtenen, derbwandigen, faserförmigen Hyphen zusammen, die im allgemeinen in der Richtung der Oberfläche verlaufen. Dann folgt eine, besonders im unteren Teil des Fruchtkörpers mächtige, weisse Schichte, deren Elemente ein weiteres Lumen und dünnere Wände besitzen und ein Pseudoparenchym bilden. An dieses schliesst sich eine Palisadenschichte an. Sie besteht aus radial orientierten, lückenlos geschlossenen Hyphenzweigen, die aus dem Pseudo-

parenchym hervortreten. Die Zellwände sind hier stark verdickt, geschichtet und in hohem Masse quellbar. Nun folgt eine trockene Spaltschichte und darauf die innere Peridie, die die Gleba einschliesst. Das Aufreissen der Aussenschichten erfolgt unter dem durch die Palisadenschicht bewirkten Druck bei Wasserzufuhr. Wie weit sich an deren Ausdehnungsbestreben Quellung der Wände und des Inhalts oder osmotische Vorgänge beteiligen, ist nicht bekannt. Doch bleibt die zum Stern geöffnete Peridie « hygroscopisch », sie öffnet sich beim Befeuchten, schliesst sich bei Trockenheit. Die Ursachen dieser Hygrochastie sind gleichfalls unbekannt; wirksam ist die weisse Schicht mit den Palisaden, die Faserschichte bildet das Widerstandsgewebe ».

Als wichtigster Unterschied gegenüber den bisher besprochenen *Geaster*-Arten fällt das Vorhandensein einer Palisadenschichte auf, deren Elemente dickwandig sind. Denn bei den bisher besprochenen *Geaster*-Arten nahm diese Stelle die aus dünnwandigen, $\pm$ isodiametrischen Zellen bestehende Pseudoparenchymschichte ein. Der Pilz unterscheidet sich aber auch im Aufbau der Gleba ganz bedeutend von den *Geaster*-Arten, so dass der Pilz seit langem in einer ganz anderen Unterreihe der *Gastromyceten* steht als die *Geastraceen*. Guttenberg gibt von den Elementen der weissen Schichte an, dass sie ein weiteres Lumen und dünnere Wände besitzen und ein Pseudoparenchym bilden. Ich habe schon 1926 darauf hingewiesen, dass die weisse Schichte falsch beschrieben worden ist. Sie setzt sich, wie ich immer wieder beobachten konnte, aus derbwandigen Hyphen zusammen, die zwischen sich Lücken aufweisen, wodurch diese Schichte beim Trocknen weiss wird. Diese Schichte ist um die Basis wirrfaserig, während sie schon in geringer Entfernung von ihr parallelfaserig wird und zwar verlaufen die Hyphen bogenförmig, da sie die Verbindung herstellen zwischen den im allgemeinen meridional verlaufenden Fasern der Faserschichte und den radial gestellten Elementen der Palisadenschichte. Ich konnte nun unter dem Mikroskop beobachten, dass sich alle Schichten bei Wasserzufuhr durch Quellung der Wände vergrössern. So nehmen die Hyphen der weissen Schichte im allgemeinen um $1/3$ bis $1/2$ ihrer Dicke zu; eine Faser

verdickte sich von 3 μ auf fast 5 μ . Unter der Poldi-Lupe stellte ich fest, dass sich ein Stück eines Sternstrahles, das trocken 1,8 mm mass, nach Wasserzufuhr die Länge von 2 mm erreichte. Wenn nun die Palisadenschichte aus langen, dicken Elementen besteht, die normal auf der Ebene des Sternstrahles stehen, so muss bei Quellung der Wand eine Vergrösserung dieser Fläche des Sternstrahles zustande kommen. Dadurch muss sich der Strahl aus der einwärts gekrümmten Form gerade strecken, denn die Hyphen der Faserschichte verlaufen hauptsächlich meridional und die Faserschichte kann daher bei Quellung der dicken Wände nur eine ganz geringe Verlängerung, wohl aber eine merkliche Verdickung dieser Schichte erfahren. Da nun die Hyphen der weissen Schichte im grössten Teil des Strahles bogig verlaufen, so muss sich eine Verdickung ihrer Wände auch als Verlängerung auswirken. Es ist also völlig richtig, wenn Guttenberg sagt, dass die weisse Schichte mit der Palisadenschichte wirksam ist und die Faserschichte als Widerstandsgeflecht wirkt. Dass nicht allein die Palisadenschichte tätig ist, geht aus folgenden Erscheinungen hervor: Wenn sich die Strahlen stärker zurückbiegen, zerbricht die Palisadenschichte quer zur axialen Richtung, was nicht der Fall sein könnte, wenn sie auch weiterhin die dehnende Schichte wäre. Ferner stellte ich durch einen Versuch, bei dem die Palisadenschichte entfernt war, fest, dass sich bei Wasserzufuhr auch in diesem Falle der Strahl streckte. Durch den in den einzelnen Schichten der Peridie streng eingehaltenen Hyphenverlauf erfolgen die Bewegungen der Sternstrahlen mit grosser Gleichmässigkeit, während bei den *Geaster*-Arten öfters Verdrehungen der Sternstrahlen zu beobachten sind.

Da bei *Astraeus hygrometricus* die Bewegungen auf Quellung der Hyphenwände beruhen, so können sie immer wiederholt werden. Der Pilz ist also « hygroskopisch ». Dass sich bei *Astraeus* keine osmotischen Vorgänge an der Bewegung beteiligen, geht daraus hervor, dass auch völlig getrocknete und tote Exemplare diese Bewegungen ausführen.

Zusammenfassung — Das Aufspringen der *Geaster*-Fruchtkörper wird durch Schwellung der Pseudoparenchymschichte bewirkt, wobei nur der Zellinhalt wirksam sein kann. Bei der Zurückbiegung der Sternlappen ist die Faserschichte die aktive Schichte, während die Pseudoparenchymschichte direkt als Widerstandsschichte funktioniert. Das Zurückbiegen der Sternlappen ist ein Schrumpfungsvorgang infolge Wasserverlustes. Bei Wasserzufuhr ist eine deutliche Quellung der Wände der Faserhyphen festzustellen.

Die hygroscopischen Bewegungen der Lappen von *Astraeus* beruhen auf der Quellungsfähigkeit der Wände der Hyphen, wobei die Palisadenschichte und die weisse Schichte, beide aus dickwandigen Elementen zusammengesetzt als Quellschichte, die Faserschichte als Widerstandsgeflecht funktionieren. Ausser der Wanddicke kommt noch der Verlauf der Hyphen in Betracht: Jede der drei Schichten ist aus parallel verlaufenden Hyphen aufgebaut, doch in drei Schichten in jeder Schichte anders: in der Faserschichte meridional, in der Palisadenschichte radial, in der weissen Schichte bogig aus der meridionalen in die radiale umbiegend.

LITERATUR

- BORRIS, H. 1934. *Beiträge z. Wachstums- und Entwicklungsphysiologie der Fruchtkörper von Coprinus lagopus*. Planta. Bd. 22.
- BULLER, R. 1933. *Res. on fungi*. Bd. 5.
- ERRERA, L. 1885. *Sur le glycogène chez les Basidiomycètes*. Bull. Acad. roy. Belg., 3. Ser. Bd. 8.
- FISCHER, Ed. 1884. *Zur Entwicklungsgeschichte der Gastromyceten*. Botan. Zeitung. Bd. 42.
- 1933. *Engler & Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien*, Bd. 7 a, Gastromyceteae.
- GUTTENBERG, H. v. 1926. *Die Bewegungsgewebe*. Linsbauers Handbuch der Pflanzenanatomie. Bd. 5.
- HABERLANDT, G. 1918. *Physiologische Pflanzenanatomie*.
- LINDAU-ULBRICH, 1928. *Die höheren Pilze. Basidiomycetes*, in Kryptogamenkunde f. Anfänger.
- LOHWAG, H. 1925. *Trichaster melanocephalus* Czern. Arch. f. Prot. kunde. Bd. 51.
- 1926. *Zur Entwicklungsgeschichte und Morphologie der Gastromyceten. Ein Beitrag zur Systematik der Basidiomyceten*. Beih. z. Bot. Ztbl. Bd. 42 (Abt. II).
- 1926b. *Die Homologien im Fruchtkörperbau der höheren Pilze*. Biologia generalis. Bd. 2.

- 1929. *Mykolog. Studien II. Geaster triplex Jungh. Arch. f. Protokde.* Bd. 65.
 - 1934. *Mykolog. Stud. IX, Über die Fruchtkörperentwicklung der Geastraceen. Beihefte z. Bot. Ztbl. Bd. 52. Abt. A.*
- LOHWAG, K. 1938. *Gastromyceten-Notizen. Österr. Zeitschr. f. Pilzkunde.* Bd. 2.
- PITRA, A. 1870. *Zur Kenntnis des Sphaerobolus stellatus. Botan. Zeitung.* Bd. 28.
- REINKE, J. 1880. *Lehrbuch der allgemeinen Botanik mit Einschluss der Pflanzenphysiologie.*
- WALKER, LEVA B. and ANDERSEN. EMMA, N. 1925. *Relation of Glycogen to Spore-ejection. Mycologia.* Bd. 17.

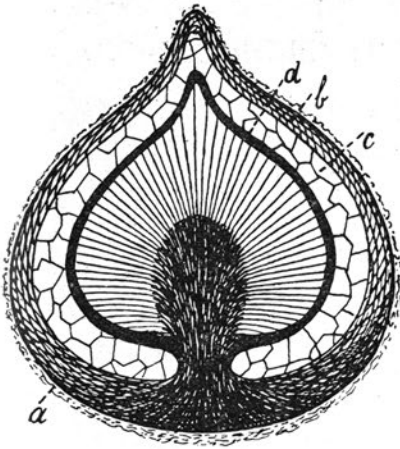
ERKLÄRUNG ZU DEN TEXTFIGUREN

Fig. 1. Medianer Durchschnitt durch einen noch geschlossenen *Geaster*-Fruchtkörper (schem.); zu äusserst die Mycelialschichte a, nach innen folgend die Faserschichte b, dann die Pseudoparenchymsschichte c und die Endoperidie d. Innerhalb der Endoperidie die Gleba, aus der sterilen Columella und dem fertilen Teil zusammengesetzt. (Auf die Darstellung der Kammern musste verzichtet werden). Die Columella nimmt ihren Ursprung aus der Faserschichte. Der von der Pseudoparenchymsschichte umgebene Teil wird nach dem Aufspalten und dem Abfallen der Pseudoparenchymsschichte zum sog. « Stielchen » der Endoperidie.

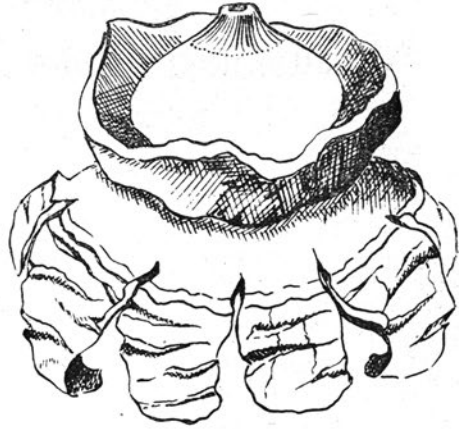
Fig. 2. Ein eben aufgespaltenes Exemplar von *Geaster triplex*. Es zeigt deutlich den Becher, durch Aufrollung der Pseudoparenchymsschichte entsteht, so dass bis zur Basis der Sternlappen die Faserschichte blossliegt. Die Pseudoparenchymsschichte auf den Sternlappen ist in Schollen zerklüftet und fällt bald ab. (aus Lohwag. 1929).

Fig. 3. Mikroaufnahme eines Medianschnittes durch den Kragen von *Geaster Bryantii*. Vergr. ca 25X. Der Kragen wurde von einem alten, offenen Exemplar genommen. Oben befand sich ursprünglich die Gleba, rechts und links, die weissen Teile, nahmen ursprünglich im jungen Fruchtkörper die Schenkel der Pseudoparenchymsschichte ein. Die Form des Querschnittes ist dreieckig. Die obere Begrenzungslinie soll Basis, die seitlichen Schenkel heissen. Die Spitze des Dreiecks sieht mithin nach unten. Der Hyphenverlauf verläuft im Hauptteil parallel zur Basis, also meridional, während im Spitzenteil der Verlauf wirt ist, an der Peripherie verlaufen die Hyphen im allgemeinen parallel zu den Schenkeln. Der rechte Schenkel ist ausgefranst. Dies kommt daher, dass manchmal die Pseudoparenchymsschichte und die Endoperidie so innig verbunden sind, dass bei der Trennung der Schichten von einander Hyphenfasern aus der Endoperidie herausgerissen werden. Daraus erklärt sich auch, wieso die Hyphen an der Spitze nicht von einem Schenkel in den anderen umbiegen, wie es ja zu erwarten wäre, sondern wie so sich die peripheren Hyphen vom linken Schenkel in ein Hyphenbündel fortsetzen, dessen Fasern alle freientigen: Dieser Teil fehlt nämlich an dem rechten Schenkel, daher dort der Schenkel etwas eingedellt erscheint. Diese Partie wurde beim Entfalten von der Pseudoparenchymsschichte mitgerissen und hinuntergezogen.

Fig. 4. Unterer Teil des Fruchtkörpers von *Geaster Bryantii* (schem.) Tb Faserschichte, Hp Pseudoparenchymsschichte, Tp Endoperidie. Diese bildet um den Strunk einen Kragen. Das Bild soll darstellen, wie ich mir den Kragen entstanden denke. Die Pseudoparenchymsschichte hatte sich zunächst bis zu einer Dicke entwickelt, welche durch die die punktierte Linie angegeben wird. Sie biegt am Strunk scharf aufwärts, einen Haken bildend. Wenn sie bei der Reife stark answillt, pressen die beiden den Haken bildenden Schenkel der Pseudoparenchymsschichte die Endoperidie dort zusammen. Wegen der Zusammendrückung dieses teiles müssen dort an der Endoperidie auch Falten entstehen. (Fig. 1-3 nach Skizzen gezeichnet von H. Guggenthall).



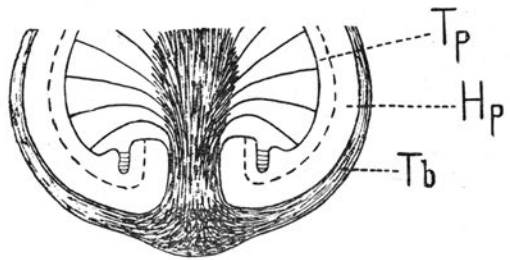
1



2



3



4