

gesuchten Art zu tun hat. Derartige Untersuchungen sollen in Zukunft mit aufgenommen werden.

Es ist ja schon länger bekannt, daß die Schnallen nicht an allen Teilen eines Pilzes in gleichem Maße auftreten. So berichtet Singer darüber, daß das Myzel von *Cantharellula cyathiformis* zahlreiche Schnallen besitzt, am Fruchtkörper aber keine vorhanden sind — doch auch der umgekehrte Fall wurde schon bei *Basidiomyceten* gefunden. Will man also eine Aussage darüber machen, ob bei einer Art Schnallen wirklich vorkommen oder fehlen, so ist es wichtig, alle Teile des Pilzes zu untersuchen; denn das Auftreten der Schnallen kann in einzelnen Fällen auf einen bestimmten Teil des Pilzes beschränkt sein. Nach Singer ist aber eine Art, wenn auch nur in einem Teil Schnallen sicher nachgewiesen werden, als schnallenbildend zu bezeichnen.

Die vorstehenden Untersuchungen brachten den Nachweis, daß innerhalb der Gattung *Suillus* Schnallen noch bei einer ganzen Anzahl von Arten vorkommen. Die Schnallen konnten in der Trama des Fruchtkörpers nicht nachgewiesen werden, traten aber am Myzel in Reinkultur, wenn auch nicht häufig, so doch deutlich entwickelt auf.

#### Literatur:

- Benedix, E. H.: *Boletus rubinus* Sm. in Mitteleuropa. — Zeitschr. f. Pilzk. 23/3—4; Bad Heilbrunn 1957.
- Hammarlund, C.: *Boletus elegans* Schum. und *Larix*-Mykorrhiza. — Bot. Notiser; 1923.
- Kühner, R.: Place des Bolets dans l'ensemble des *Basidiomycètes*. — Bull. Soc. Nat. d'Oyonnax 2; 1948.
- Singer, R.: System der *Agaricales*, I. — Ann. Mycol. 34; 1936.
- Singer, R.: The *Agaricales* (Mushrooms) in modern Taxonomy. — Lilloa 22; Tucumán 1949.

## Untersuchungen zur Öffnungsweise der *Geastraceen*-Fruchtkörper

Von S. Fricke und H. H. Handke\*

Mit 5 Abbildungen und 1 Tabelle

In systematischer und geographischer Hinsicht sind die Erdsterne (*Geastraceae*) bisher recht eingehend studiert worden, wie eine große Anzahl von Arbeiten beweist. Aber nur sehr wenig hat man sich mit einer besonders auffallenden Erscheinung dieser Pilzgruppe beschäftigt, nämlich mit dem Vorgang der Spaltung und Ausbreitung junger, noch ungeöffneter Fruchtkörper, der sogenannten „Erdsternknollen“.

In der älteren Literatur (Tulasne 1842, Fischer 1884, de Bary 1884, Rehsteiner 1892, v. Guttenberg 1926 u. a.) sind zumeist nur kurze Hinweise enthalten, die sich zum Teil auch auf den damals noch zu den *Geastraceen* gestellten Wetterstern, *Astraeus hygrometricus* (Pers.) Morg., beziehen. Eingehender hat sich — soweit wir sehen — nur Lohwag (1925 a, 1925 b, 1929, 1938, 1941) mit den Fragen der Öffnungsweise von *Geastraceen* beschäftigt, wobei vor allem *Geastrum triplex* Jungh. wie auch *Trichaster melanocephalus* Czern. Gegenstand der Untersuchungen waren. Auf Grund seiner Studien

\* Aus dem Institut für Allgemeine Botanik der Universität Halle (Direktor: Prof. Dr. K. Mothes).

und Beobachtungen kam Lohwag zu Vorstellungen, die von da ab als allgemein zutreffend galten und Eingang in die verschiedensten Lehr- und Handbücher gefunden haben.

Zum besseren Verständnis seien hier zunächst der allgemeine Bau eines noch ungeöffneten Erdsternfruchtkörpers und die eine Spaltung und Ausbreitung bewirkenden Faktoren — den Auffassungen Lohwags entsprechend — kurz dargestellt:

Die äußere Hülle (Exoperidie) der Fruchtkörper ist bekanntlich dreischichtig. Ganz außen liegt die Mycelialschicht, deren Hyphen mehr oder weniger unregelmäßig verlaufen und bei vielen Arten mit Bodenteilchen verfilzt sind. Nach innen folgt die Faserschicht aus dickwandigen Hyphenelementen, deren Zell-Lumen nur etwa ein Drittel des gesamten Durchmessers beträgt; sie verlaufen hauptsächlich meridional, d. h. von der Basis zum Scheitel (auf den ungeöffneten Fruchtkörper bezogen). Die dritte — also die innerste — Schicht der Exoperidie wird von mehr oder weniger blasigen Hyphenelementen gebildet, wobei die einzelnen Zellen teils lückenlos aneinanderschließen, teils Zwischenräume aufweisen; sie wird als sogenannte Pseudoparenchymsschicht bezeichnet. Nach Lohwag (1938, 1941) vollzieht sich die Spaltung der Fruchtkörper, die Ausbildung der Sternlappen und deren Ausbreitung etwa so:

Durch Wasseraufnahme erfolgt eine starke Schwellung der Pseudoparenchymsschicht; dadurch wird ein Druck auf die außerhalb liegende Faserschicht ausgeübt, die sich etwas dehnt, wie es vergleichsweise bei der Lederhülle eines Fußballes infolge des von der Gummiblase ausgehenden Innendruckes geschieht. Da die dickwandigen Hyphen der Faserschicht vornehmlich meridional verlaufen, entstehen zunächst feine Risse, dann Spalten, die sich scheidelwärts verlängern; treffen sie dort zusammen, so werden die Lappenenden „herausgeschnitten“. Infolge bestehender Turgescenz der Pseudoparenchymzellen beginnen sich die Lappenenden nach außen zu biegen, wodurch sich die Spalten basalwärts etwas verlängern. Bei der nun von Lohwag angenommenen Austrocknung der Faserschicht-Außenseite verkürzen sich durch Entquellung deren meridional verlaufende Hyphenelemente. Da die Pseudoparenchymsschicht — und auch die daran unmittelbar angrenzenden, inneren Teile der Faserschicht — als „Widerstandsgeflecht“ wirksam sind, tritt eine Längskrümmung der Lappenenden ein, das heißt: Diese Enden biegen sich weiter nach außen, wodurch sich die Spaltung basalwärts verlängert, bis die Sternlappen ihre endgültige Form und Größe erreicht haben. Da die Entquellung der Faserschichthyphen noch weiterläuft, rollen sich die Lappenenden nun nach unten ein, so daß bei vollgeöffnetem Fruchtkörper der meisten *Geastraceen* die Endoperidie emporgehoben, gleichsam „auf Stelzen“ gestellt ist, wie das besonders stark bei der Gruppe *Quadrifidum* (Štaněk 1958), d. h. *Geastrum quadrifidum* Pers. und *Geastrum fornicatum* (Pers.) Hook., der Fall ist (Abb. 1).

Als aktives Element für diese Ausbreitungsbewegung sieht Lohwag also die Faserschicht an, während er der Pseudoparenchymsschicht eine aktive Rolle bei dem ersten Öffnungsschritt, dem Aufspringen des Fruchtkörpers, zuschreibt; bei der anschließenden Ausbreitung der Lappen funktioniert sie nur als Widerstandsschicht.

Als Hauptargumente für seine Auffassung führt Lohwag an:

a) Bei Wasseraufnahme schwellen die Hyphen der trockenen Faserschicht innerhalb weniger Sekunden um etwa ein Drittel ihres bisherigen Durchmessers an, das heißt: Ein aus einem Lappen herausgeschnittenes Faserschichtstück wird durch Quellung breiter und dicker. Verbunden damit ist zugleich eine Verlängerung der Faserschicht um etwa 5 bis 10 %. Bei Wasserentzug kommt es infolge Entquellung zur umgekehrten Erscheinung.

b) Beim Zurückbiegen der sternförmigen Lappen treten Querrisse in der Pseudoparenchymsschicht auf; bei *Geastrum triplex* vereinigen sich diese zu einem die Basis der Endoperidie umgebenden „Ringriß“, was die Bildung der für diese *Geastrum*-Art so kennzeichnenden „Halskrause“ bewirkt.

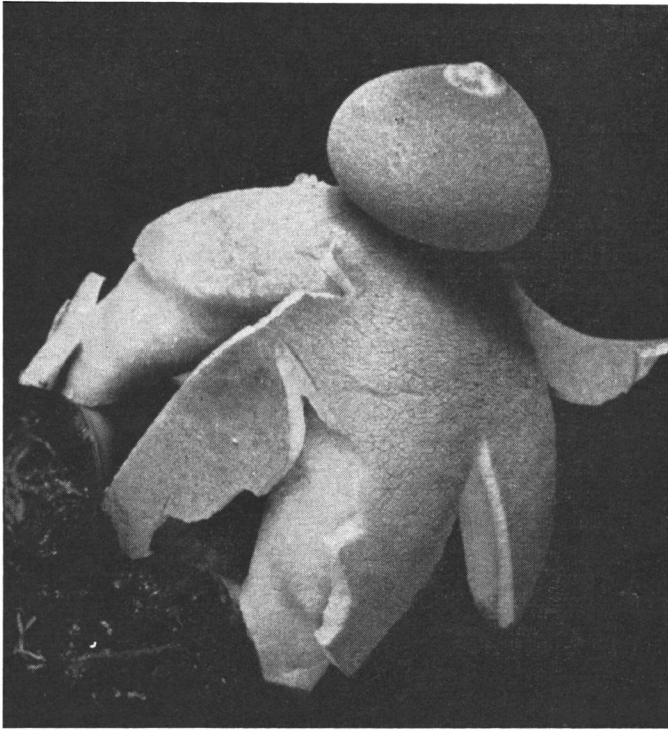


Abb. 1

*Geastrum fornicatum* (Pers.) Hook.: Frischgeöffneter Fruchtkörper. —  
Aufn.: H. H. Handke.

Auf Grund von Standort- und Laboratoriumsuntersuchungen sich öffnender *Geastrum*-Fruchtkörper kamen uns gewisse Zweifel an der allgemeinen Gültigkeit der Vorstellungen Lohwags, die außerdem zu einseitig von den Verhältnissen bei *Geastrum triplex* und *Trichaster melanocephalus* — den beiden einzigen Arten, die Lohwag näher untersucht hat — bestimmt wurden. Nimmt man mit Lohwag eine Verkürzung der Faserschicht als vornehmlich aktives Element für die Ausbreitung der Lappen an, so müßte diese bei hoher Luftfeuchtigkeit gehemmt sein oder unterbleiben. Das aber ist nicht der Fall. Der eine von uns hat das Öffnen und Ausbreiten von Erdsternfruchtkörpern unter kontrollierten Bedingungen selbst bei ca. 98 % Luftfeuchtigkeit bzw. bei dauernder Durchfeuchtung der Faserschicht festgestellt. Weiterhin können für die Erdsternarten mit hygrometrischem Verhalten (z. B. *Geastrum recolligens* (Sow.) Desv., *G. floriforme* Vitt., *G. campestre* Morg.) die von Lohwag entwickelten Vorstellungen einer aktiven Rolle der Faserschicht beim Ausbreiten überhaupt nicht zutreffen; denn bei diesen Vertretern vollziehen sich die Ausbreitung und das Herabkrümmen der Lappenenden unter die Waagerechte nur bei vollendeter Wasser-sättigung, d. h. unter Verhältnissen, bei denen eine Verkürzung der Faserschichtthyphen gar nicht eintreten kann. Das gilt auch für den ebenfalls hygrometrischen Wetterstern. Für diesen ist durch die Untersuchungen der Brüder Tulasne (1842) bereits bekannt, daß er sich im Bau der Exoperidie sehr wesentlich von nichthygrometrischen *Geastrum*-Arten wie *Geastrum fimbriatum* Fr. und *Geastrum vulgatum* Vitt. sens. Palmer (= *G. rufescens* Pers.) unterscheidet, die von Tulasne ebenfalls studiert wurden.

So soll zunächst hier geprüft werden, ob und wie weit etwa Unterschiede im Bau der Exoperidie zwischen hygrometrischen und nichthygrometrischen Arten vorhanden sind. Insgesamt wurden von uns die 12 nachfolgend genannten Erdsterne untersucht, wobei nach Möglichkeit bei jeder Art Aufsammlungen von mehreren Standorten verwendet wurden:

- Geastrum nanum* Pers.\*  
*Geastrum striatum* DC. (= *Bryantii* Berk.)  
*Geastrum fimbriatum* Fr.  
*Geastrum triplex* Jungh.  
*Geastrum quadrifidum* Pers. (= *coronatum* Schroet.)  
*Geastrum fornicatum* (Pers.) Hook.  
*Geastrum vulgatum* Vitt. sens. Palmer (= *rufescens* Pers.)  
*Geastrum coronatum* Pers. (= *limbatum* Fr.)  
*Geastrum campestre* Morg. (= *asperum* Lloyd)  
*Geastrum pseudolimbatum* Holl.\*  
*Geastrum recolligens* (Sow.) Desv. (= *mamosum* Chev.)  
*Geastrum floriforme* Vitt.

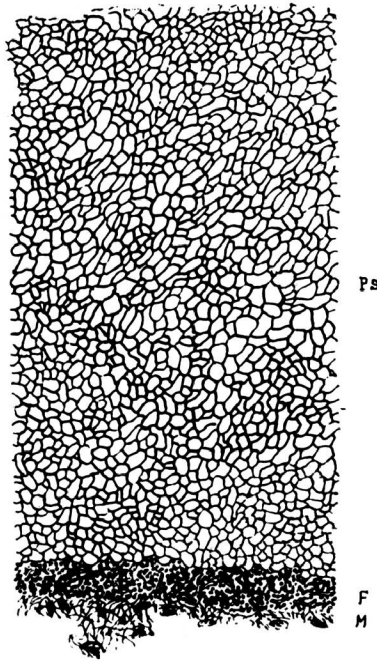


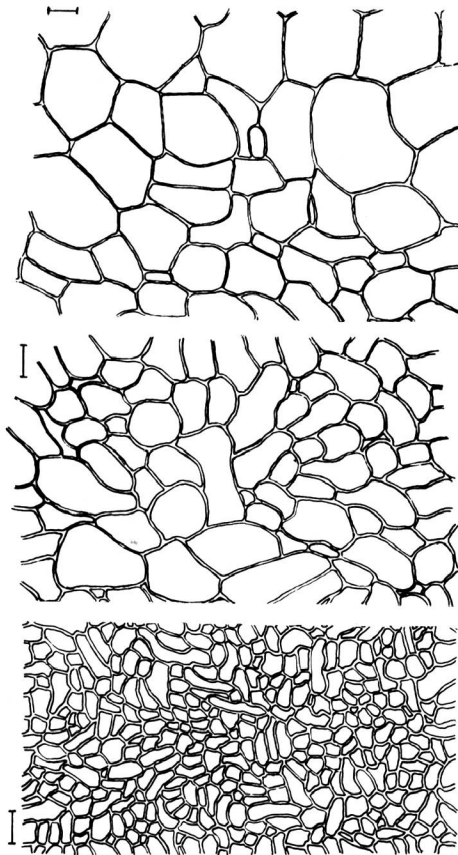
Abb. 2

Querschnitt durch die Exoperidie von *Geastrum nanum* Pers.: Ps = Pseudoparenchym-schicht, F = Faserschicht, M = Mycelialschicht. — Orig.-Zeichng.: H a n d k e.

\* Den Herren J. T. Palmer (Liverpool) und Dr. H. Kreisel (Greifswald) danken wir verbindlichst für freundliche Hilfe bei der Materialbeschaffung.

Durchgeführt wurden die Untersuchungen zum Teil an Frischmaterial, zum größeren Teil an ausgewähltem Herbarmaterial, das — in frischem Zustand gesammelt — schonend und bei niedriger Temperatur getrocknet worden war. Zwischen frischem und herbarisiertem Material der gleichen *Geastrum*-Art sind keine wesentlichen Unterschiede vorhanden, die die nachfolgenden Ergebnisse hätten beeinflussen können. Studiert wurde der Bau der Exoperidie mit Hilfe von Handschnitten (Längs-, Quer- und Flächenschnitten); trockenes Herbarmaterial wurde zuvor etwas eingequollen.

Abb. 2 zeigt den Querschnitt durch einen Lappen von *Geastrum nanum* mit der bekannten dreischichtigen Exoperidie. Ganz unten ist die relativ dünne, mit Bodenteilchen verfilzte Mycelialschicht zu erkennen, die aus locker verflochtenen Hyphen im äußeren Bereich besteht, während die weiter innen liegenden Hyphen eine stärkere Tendenz zur meridionalen Anordnung aufweisen, wie das kürzlich von Dissing and Lange (1961) als charakteristisch für die Untergattung *Perimyceliata* (Staněk 1958) angegeben wurde. Die Mycelialschicht ist etwa 200  $\mu$  dick.



- Schnitte durch die Pseudoparenchymsschicht

Abb. 3 (oben): *Geastrum nanum* Pers.; Abb. 4 (Mitte): *G. campestre* Morg.; Abb. 5 (unten): *G. recolligans* (Sow.) Desv.; sämtl. im gleichen Größenverhältnis (I—I = 10  $\mu$ ). — Orig.-Zeichnungen: Handke.

Die nach innen folgende Faserschicht erreicht eine Stärke von ca. 130  $\mu$ , was etwa einem Elftel der gesamten Exoperidiendicke entspricht. Ihre fast ausschließlich meridional verlaufenden Hyphen sind sehr lang, dickwandig, mit einem Durchmesser von ca. 2  $\mu$ , wobei das Lumen höchstens ein Drittel davon einnimmt.

Die fleischige, dicke Pseudoparenchymsschicht — im mittleren Bereich der Lappen etwa 1100  $\mu$  dick — macht durchschnittlich vier Fünftel der Peridiendicke aus. Ihre Hyphen-elemente zeigen fast parenchymatischen Charakter, sind weitlumig, kugelförmig bis blasig oder zylindrisch-gestreckt, im Mittel 23—67  $\mu$  lang und 12—23  $\mu$  breit; die Wanddicke beträgt etwa 0,5—0,7  $\mu$ . Die Zellen liegen dicht aneinander, Zwischenräume sind aber vorhanden (Abb. 3). Im ganzen entspricht der Aufbau der Exoperidie bei *Geastrum nanum* durchaus den von Tulasne (1842) gegebenen Abbildungen für *Geastrum fimbriatum*. Eine sehr ähnlich gebaute Exoperidie haben nach unseren Untersuchungen auch *Geastrum striatum*, *fimbriatum*, *triplex* und *quadrifidum*, weshalb auf eine gesonderte Darstellung hier verzichtet werden kann. Auch die Exoperidie von *Geastrum fornicatum* ist praktisch gleichgebaut; doch soll darauf verwiesen werden, daß bei dieser Art die Wände des Pseudoparenchyms sehr dünn sind (weniger als 0,5  $\mu$ ), woraus eine gewisse Besonderheit während des Ausbreitungsvorganges verständlich ist, von der unten noch die Rede sein wird. Bei allen bisher erwähnten *Geastrum*-Arten liegt also die Wanddicke der Pseudoparenchymzellen bei etwa 1  $\mu$  oder darunter. Deutlich dicker — etwa 1,5  $\mu$  — sind die Wände der Pseudoparenchymzellen bei *Geastrum coronatum*. Etwa gleichdick — doch bei erheblich geringerer Zellgröße — sind sie bei *Geastrum campestre* (Abb. 4). Noch stärker ausgeprägt ist dies bei *Geastrum floriforme* und *Geastrum recolligens*; bei der letzten Art beträgt die Wanddicke etwa 2  $\mu$ , die Zellgröße dagegen nur 30  $\times$  7  $\mu$  im Mittel (Abb. 5).

Da die verschiedenen *Geastrum*-Arten naturgemäß verschieden groß sind — auch innerhalb einer Art kommen sehr unterschiedlich große Exemplare vor —, besagen die absoluten Maße der Zellgrößen und Wanddicken, für sich allein betrachtet, noch nicht allzu viel. Deshalb sollen hier die mittlere Zellgröße und Wanddicke ins Verhältnis zueinander gesetzt, d. h. die mittlere Zellgröße durch die Wanddicke dividiert werden (Tabelle). Wir sind uns bewußt, daß ein solches Verfahren nicht ohne Bedenken ist, solange die Zahl der jeweils untersuchten Einzelstücke, auf die sich die Mittelwerte begründen, noch begrenzt ist:

Verhältniszahlen (mittlere Zellgröße : Wanddicke) des Pseudoparenchyms bei den untersuchten *Geastrum*-Arten

I		Ia		II	
<i>G. nanum</i>	130	<i>G. coronatum</i>	50	<i>G. campestre</i>	25
<i>G. striatum</i>	140			<i>G. pseudolimbatum</i>	22
<i>G. fimbriatum</i>	240				
<i>G. triplex</i>	130			<i>G. recolligens</i>	15
<i>G. quadrifidum</i>	95			<i>G. floriforme</i>	11
<i>G. fornicatum</i>	120				
<i>G. rufescens</i>	145				

Bei der Zusammenstellung ergeben sich zwei entgegengesetzte Gruppen: eine, bei der die Verhältniszahl bei 100 oder darüber liegt, und eine andere mit Zahlen zwischen 11 und 25. Es muß auffallen, daß in der ersten Gruppe durchweg die nichthygrometrischen Arten stehen; höchstens *G. vulgatum* (= *rufescens*) kann nach unseren Beobachtungen gelegentlich ein sehr schwach hygrometrisches Verhalten zeigen. Die Gruppe II dagegen enthält nur solche Arten, die deutlich (*G. campestre*, *pseudolimbatum*) oder ausgesprochen hygrometrisch (*G. recolligens*, *floriforme*) reagieren. *Geastrum coronatum* ordnet sich mit dem Wert 50 etwa in die Mitte ein; ob diese Art in eine besondere Gruppe gestellt werden kann — wir haben sie vorläufig als Ia bezeichnet —, soll offen bleiben. Hier muß noch mehr Material geprüft werden. Immerhin ist bemerkenswert, daß *G. coronatum* nach unseren Beobachtungen ein schwach hygrometrisches Verhalten zeigen kann.

Zum Vergleich soll noch kurz auf den Bau der Exoperidie von *Astraeus hygrometricus* eingegangen werden, der zwar nicht zu den *Geastraceen* gehört, sich aber ebenso wie ein hygrometrischer Erdstern verhält. Zum Unterschied von den *Geastraceen* hat die Exoperidie bei *Astraeus* nicht drei, sondern vier Schichten. Die beiden äußersten (Mycelialschicht und Faserschicht) gleichen im Aussehen und im Bau ihrer Elemente weitgehend den entsprechenden Schichten bei den Erdsternen. Die darauf folgende sogenannte „weiße Schicht“ erreicht etwa die Hälfte der Gesamtdicke der Exoperidie und besteht aus langen, dickwandigen Faserhyphen, die bogig bis wellenförmig verlaufen und in der Anordnung weder ausgesprochen meridional noch radial sind. Die Hyphen sind stark miteinander verflochten und lassen zwischen sich zahlreiche große und luftegefüllte Räume frei; die totale Reflexion des Lichtes an diesen „Lufträumen“ bewirkt die auffallend weiße Färbung dieser Schicht. Die innerste Schicht bilden radial verlaufende, palisadenartig dicht aneinanderschließende Hyphen von etwa  $3,5 \mu$  Durchmesser, die ein kaum sichtbares Lumen aufweisen, also ungewöhnlich dickwandig sind. Der Innenseite der Exoperidie liegt bei frischgeöffneten Fruchtkörpern noch eine Schicht aus sehr dünnwandigen, kleinen, blasigen Hyphenzellen auf, die wohl ein Trenngeflecht darstellt, das nach Lohwag (1925 b) der Pseudoparenchymsschicht der Erdsterne homolog sein soll. Die von uns beobachteten Verhältnisse des Exoperidienbaues bei *Astraeus* stehen in voller Übereinstimmung mit den Untersuchungen von Tulasne (1842), de Bary (1884) und Lohwag (1925, 1938).

Die bei *Astraeus* vorhandene „weiße Schicht“ und die Palisadenschicht fehlen den *Geastraceen* — soweit wir diese bisher untersucht haben — vollständig; doch ist insofern eine gewisse Übereinstimmung festzustellen, als bei *Astraeus* und bei den hygrometrischen *Geastrum*-Arten die innerste Schicht der Exoperidie jeweils von auffallend dickwandigen Elementen gebildet wird. Für *Astraeus* nehmen von Guttenberg (1926) und Lohwag (1938, 1941) als die beim Öffnen und Schließen der Fruchtkörper aktiven Elemente die „weiße Schicht“ und die Palisadenschicht an, während die Faserschicht als „Widerstandsflecht“ angesehen wird. Es steht eigentlich nichts im Wege, auch bei den hygrometrischen Erdsternen den dickwandigen, relativ kleinen Zellen des Pseudoparenchyms eine gleiche Rolle zuzusprechen, das heißt, als aktives Element die Pseudoparenchymsschicht und als „Widerstandsflecht“ die Faserschicht anzusehen.

Welche Gründe können — außer den oben dargelegten Bauverhältnissen der Exoperidie — für eine solche Auffassung noch geltend gemacht werden?

Bei den hygrometrischen *Geastrum*-Arten erfolgt die Ausbreitung der Lappen bekanntlich nur bei Feuchtigkeitzufuhr. Das gilt nach unseren Beobachtungen an *Geastrum recolligens* und *Geastrum campestre* auch für die Sprengung des geschlossenen Fruchtkörpers und die erstmalige Ausbreitung der Lappen (*G. pseudolimbatum* und *G. floriforme* konnten infolge Fehlens junger Fruchtkörper daraufhin noch nicht untersucht werden). Da beim Öffnen und Ausbreiten alle Elemente der Exoperidie optimal gequollen sind, kann Austrocknung und damit verbundene Verkürzung der Faserschicht-Hyphen als aktives Moment der Bewegung im Sinne von Lohwag überhaupt nicht in Frage kommen, sondern die Ausbreitung — auch das Herabbiegen der Lappenenden unter die Waagerechte — muß durch die Quellung der Pseudoparenchymsschicht mit ihren kleinen, dickwandigen Zellen bewirkt werden. Dafür spricht auch das im Vergleich zur Faserschicht stärkere Quellungsvermögen des Pseudoparenchyms (etwa zwei- bis fünffach). Hierbei erreichen die Faser- und Mycelialschicht den Maximalwert ihrer Quellung sehr schnell, während sich diese bei der Pseudoparenchymsschicht über einen Zeitraum von einigen Minuten erstreckt.

Sieht man die Pseudoparenchymsschicht als das aktive Element an, so müßte bei teilweiser Entfernung dieser Schicht der Grad der hygrometrischen Bewegung nachlassen, oder diese müßte ganz aufhören. Schon bei Beobachtungen am Standort oder beim Sammeln von Material ist festzustellen, daß Lappen mit mehr oder weniger geschädigter Pseudoparenchymsschicht (z. B. durch Schneckenfraß) im feuchten Zustand nicht normal ausgebreitet, im trockenen Zustand nicht vollständig nach oben gekrümmt sind. Entfernt man an Exemplaren, die in frischgeöffnetem Zustand gesammelt und getrocknet wurden, schichtweise das Pseudo-

parenchym — wobei so viel belassen wird, daß es als Widerstandskomponente noch ausreichen muß —, so läßt die hygrometrische Bewegung dieser so behandelten Lappen nach, bzw. hört sie ganz auf. Versucht man andererseits durch vorsichtiges „Dünnerschneiden“ die Faserschicht zu „schwächen“, so bleibt das hygrometrische Bewegungsvermögen erhalten.

Nimmt man zu dem vorstehend Dargelegten noch die Tatsache hinzu, daß abnehmende Zellgröße und zunehmende Wanddicke des Pseudoparenchyms mit einer Verstärkung des hygrometrischen Reaktionsvermögens gekoppelt sind (s. Tabelle: *G. campestre* bzw. *G. pseudolimbatum* zu *G. recolligens* und *G. floriforme!*), so ist wohl die Auffassung gerechtfertigt, daß als wesentlich treibende Kraft für das Ausbreiten und hygrometrische Verhalten bei allen hygrometrischen *Gastrum*-Arten die Pseudoparenchymschicht und ihr Quellungsvermögen in Frage kommen. Bei *Astraeus* treten an die Stelle des Pseudoparenchyms funktionell die weiße und die Palisadenschicht.

Wie liegen nun die Verhältnisse bei den nichthygrometrischen Arten? Kann auch hier dem Pseudoparenchym die Hauptrolle bei der Ausbreitung, die ja nur einmal erfolgt — wenn man von einem ganz schwachen, gelegentlichen hygrometrischen Verhalten zweier großer Arten mit dicker Exoperidie absieht —, zugesprochen werden?

Als ein besonders wesentlicher Umstand erscheint uns — wie schon oben erwähnt —, daß eine vollständige Ausbreitung der Lappen auch dann erfolgen kann, wenn man bei hoher Luftfeuchtigkeit arbeitet, bzw. für eine dauernde Feuchthaltung der Exoperidie sorgt. Wenn dies nicht immer gelingt, so ist zu berücksichtigen, daß es auch bei entsprechender Erfahrung und Auswahl des Materials keineswegs immer möglich ist, frischgesammelte, ungeöffnete Fruchtkörper unter Laboratoriumsbedingungen zum Aufspringen und zum vollständigen Ausbreiten zu bringen; häufig treten dabei Störungen und Anomalitäten auf. Schon der erste Schritt des Aufspringens ist wohl nicht nur ein rein physikalischer Quellungs Vorgang, sondern vermutlich eine Wasseraufnahme in die zu diesem Zeitpunkt noch voll lebensfähigen Zellen des Pseudoparenchyms durch Erhöhung des osmotischen Wertes (von Guttenberg 1926, Lohwag 1941), wie das nach den Untersuchungen von Walker (1927), Walker and Andersen (1925), Buller (1933) für den Kugelschneller (*Sphaerobolus stellatus* Pers.) zutreffen dürfte, wo ein Abbau von Glykogen eintritt.

Das von uns beobachtete Öffnen und Ausbreiten der nichthygrometrischen Erdsternfruchtkörper auch unter hoher Feuchtigkeit widerspricht der oben dargelegten Vorstellung von Lohwag. Der gleiche Autor nimmt als wesentliches Argument für eine passive Rolle des Pseudoparenchyms die Erscheinung, daß die Lappen bei vielen Arten unter die Waagerechte herabgebogen werden können, wobei im Pseudoparenchym Querrisse auftreten; sinngemäß ist hier auch die Bildung der „Halskrause“ bei *Gastrum triplex* einzuordnen. Beide Erscheinungen können in der Tat nur mit einer Verkürzung der Faserschicht-Elemente durch Entquellung erklärt werden. Auch bei unseren Untersuchungen hat sich ergeben, daß Risse- und Schollenbildung im Pseudoparenchym ihre Ursache in Spannungszuständen haben, die durch eine Austrocknung der Faserschicht-Elemente erzeugt werden. Sie betreffen nach unserer Auffassung aber nicht — oder nur sehr unwesentlich — den eigentlichen Ausbreitungsvorgang, sondern sind eine Sekundärscheinung, die normal erst nach vollständigem Ausbreiten eines Fruchtkörpers — frühestens gegen Ende der Ausbreitung — eintritt. Jetzt beginnen alle Schichten der Exoperidie, Wasser zu verlieren, was bei größerem Sättigungsdefizit der Luft naturgemäß stärker und schneller erfolgt als bei hoher Feuchtigkeit. Die freiliegende Innenseite der Pseudoparenchymschicht wird oberflächlich feinrissig (Abb. 1); die Faserschicht-Elemente verkürzen sich infolge Entquellung, was schließlich bei den stark herabgeschlagenen Lappen zum Querbrechen des Pseudoparenchyms führt. Diese Vorgänge spielen beim Auftreten von Sekundärspaltungen — häufig ist die endgültige spätere Lappenzahl größer als bei der Sprengung der Peridie — wohl ebenfalls eine gewisse Rolle; doch auf diese Sekundärspaltungen soll hier nicht eingegangen werden.

Die Bildung von Querrissen und Schollen steht mit dem Ausbreiten der Lappen nicht unmittelbar in Beziehung. Denn eigene, eingehendere Untersuchungen an *Gastrum*



*fimbriatum* haben gezeigt, daß auch unter starker Feuchtigkeit die charakteristische „Herabrollung“ der Lappenenden unter die Waagerechte auftritt, daß es aber unter diesen Umständen kaum oder gar nicht zur Ausbildung von Querrissen kommt; selbst bei *G. triplex* kann die Bildung der „Halskrause“ stark verzögert werden, wie uns entsprechende Versuche mit sich öffnenden Fruchtkörpern bei ausgesprochen feucht-warmem Wetter bewiesen haben\*. Weiterhin soll das Verhalten von *Geastrum fornicatum* angeführt werden; dessen Lappen ja so stark herabgeschlagen werden, daß die Endoperidie „auf Stelzen“ steht. Selbst in dieser Stelzenstellung ist die Pseudoparenchymsschicht anfänglich meist völlig glatt und frei von Rissen. Erst nach der Stelzenstellung tritt eine Entquellung der Faserschicht auf, die bei dieser Erdsternart relativ rasch ablaufen wird, da durch die Stelzenstellung und das Verbleiben der Mycelialhülle als „Schale“ im Boden die Faserschicht freiliegt. Die aus der Entquellung der Faserschicht resultierenden Längs- und Querkrümmungen der Lappen führen jetzt zu einem scholligen Abblättern der obersten Schichten des Pseudoparenchyms (Abb. 1).

Bei der nahe verwandten Art *Geastrum quadrifidum* kann gelegentlich der dem Endoperidienstiel nächstgelegene Teil der Pseudoparenchymsschicht durch ringförmigen Querbruch eine „Halskrause“ ähnlich *Geastrum triplex* aufweisen, wie es Lohwag (1941) anführt. Auch wir haben das mehrmals am Standort beobachten können oder solche Stücke gesehen; es scheint besonders dann aufzutreten, wenn ein fast ausgebreiteter Fruchtkörper von *G. quadrifidum* der Trockenheit ausgesetzt wird. In der Regel bleibt aber die Pseudoparenchymsschicht länger glatt und erhalten, während sie bei *G. fornicatum* sehr bald schollig abblättert. Dieses unterschiedliche Verhalten findet seine Erklärung in der auffallend geringen Dicke der Zellwände des Pseudoparenchyms bei *G. fornicatum*, die meist noch unter  $0,5 \mu$  liegt, während die entsprechenden Werte von *G. quadrifidum* etwa  $1,0 \mu$  betragen. In diesem Zusammenhange soll noch auf die Tatsache verwiesen werden, daß die hygrometrischen Erdstern-Arten mit den kleinen, dickwandigen Pseudoparenchymzellen oft durch Monate hindurch eine völlig glatte, unversehrte Innenseite aufweisen; Risse treten erst bei stärkerer Abwitterung auf.

#### Zusammenfassung:

Sprengung und Ausbreitung der ungeöffneten Fruchtkörper der *Geastraceen* werden durch hohen Innendruck bzw. starke Quellung der Pseudoparenchymsschicht verursacht, die somit das aktive Element ist, während die Faserschicht zu diesem Zeitpunkt die Rolle eines Widerstandsgeflechtes spielt. Das Gleiche gilt für *Astraeus hygrometricus*, wobei Palisaden- und weiße Schicht funktionell die Rolle der Pseudoparenchymsschicht übernehmen. Bei den nichthygrometrischen Arten führen Entquellung der Faserschicht als Sekundärvorgang nach — bzw. gegen Ende — der Ausbreitung der Lappen zu Brüchen, Schollen- oder Krausenbildung im Bereich der Pseudoparenchymsschicht.

#### Literatur:

- de Bary, A.: Vergleichende Morphologie der Pilze. — Leipzig 1884.  
 Buller, R.: Researches on fungi, V. — New York 1933.  
 Dissing, H., and Lange, M.: The Genus *Geastrum* in Denmark. — Botanisk Tidsskrift 57; 1961.  
 Fischer, E.: Die Entwicklungsgeschichte der *Gasteromyceten*. — Botan. Ztg. 42; 1884.  
 v. Guttenberg, H.: Die Bewegungsgewebe (in Linsbauer: Hdb. d. Pflanzenanatomie, Abt. I/2, Bd. 5). — Berlin 1926.

\* Für die Zusendung von geeignetem Frischmaterial sind wir Herrn van Eynhoven (Haarlem) zu großem Dank verpflichtet.

- Lohwag, H.: *Trichaster melanocephalus* Czern. — Arch. f. Protistenkunde 51; 1925 (a).
- Lohwag, H.: Zur Entwicklungsgeschichte und Morphologie der *Gasteromyceten*. — Beih. Bot. Centr.-Bl. 42, Abt. II; 1925 (b).
- Lohwag, H.: Mykologische Studien, II. *Geaster triplex* Jungh. — Arch. f. Protistenkunde 65; 1929.
- Lohwag, H.: Öffnungsmechanik von *Geastraceen* und *Astraeus*. — Lilloa 3; 1938.
- Lohwag, H.: Anatomie der *Asco-* und *Basidiomyceten* (in Linsbauer: Hdb. d. Pflanzenanatomie, Abt. II/3, Bd. 6/II). — Berlin 1941.
- Rehsteiner, H.: Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Fruchtkörper einiger *Gasteromyceten*. — Botan. Ztg. 50; 1892.
- Staněk, V. J.: *Geastraceae* (in Flora ČSR., Abt. B: *Gasteromycetes*). — Praha 1958.
- Tulasne, L. R. et C.: Sur les genres *Polysaccum* et *Geaster*. — Ann. Sci. Nat. Bot., Ser. II, 18; 1842.
- Walker, L.: Development and mechanism of discharge in *Sphaerobolus jowensis* n. sp. and *S. stellatus* Tode. — Journ. of Elisha Mitchell Scient. Soc. 42; 1927.
- Walker, L., and Andersen, E.: Relation of glycogen to sporeejection. — Mycologia 17; New York 1925.

## Forschungs- und Erfahrungsaustausch

### Volkstümliche Pilzkunde in der Schweiz

Von E. H. Weber

Die Schweiz ist ein Alpenland, das von Jura-, Voralpen- und Hochgebirgsketten gebildet und von unzähligen Tälern durchfurcht wird. Ein südlichblauer Himmel wölbt sich über grünen Wäldern und spiegelt sich in den tiefblauen Bergseen. Gletscher und ewiger Schnee schmelzen langsam in luftiger Höhe und stieben als Sturzbäche zu Tal, wo sie, in Seen aufgestaut und gebändigt und zu Flüssen vereinigt, den Landesgrenzen zufließen. Die Städte Bern, Zürich und Basel liegen in breiten Talmulden, umgeben von saftig-grünen Wiesen und sorgfältig gepflegten Äckern. Die Wälder, die sich oft an Abhängen ausbreiten, bestehen in tieferen Lagen hauptsächlich aus Tannen, Buchen und Fichten, die bis zu den knorrigen Bergbäumen und den geduckten Legföhren aufsteigen. Diese Wälder sind nur selten trocken und schenken uns eine reiche Pilzerte. Wenn die heißen Sommermonate Einzug halten, so steigen wir am Wochenende immer höher hinauf zu den stillen Bergwäldern, die uns dann oft mit einer Fülle prachtvoller Haarschleierlinge, mit dickfüßigen Röhrlingen und mit ganzen Teppichen farbenfreudiger Täublinge überraschen. Wie arm muß sich da der Naturfremde vorkommen, der „die Pilze“ nicht kennt!

Es ist deshalb verständlich, daß viele Schweizer begeisterte Pilzfreunde sind und das kleine Land mit nur 5 Millionen Einwohnern über 3000 Mitglieder zählt, die dem Verband Schweizerischer Vereine für Pilzkunde angehören. Unter diesen Mitgliedern finden wir Vertreter aller Berufe: Uhrmacher und Grobschmiede, Techniker, Kaufleute, Beamte, Lehrer, Ärzte — doch leider verhältnismäßig wenig Botaniker oder Berufsmykologen. Diese Menschen, die alle in ihrem Berufe fleißig arbeiten, wollen in ihrer freien Zeit die Geheim-

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für Pilzkunde](#)

Jahr/Year: 1961

Band/Volume: [27\\_1961](#)

Autor(en)/Author(s): Fricke S., Handke Horst-Herbert

Artikel/Article: [Untersuchungen zur Öffnungsweise der Geastraceen-Fruchtkörper 113-122](#)