

## Zum Problem der Samenpilze und ihrer Entstehung

Von Hanna Schwartz-Kraepelin\*)

### Einleitung

Um die Jahrhundertwende wurde heftig über die These diskutiert, ob der von verschiedenen Wissenschaftlern bei *Lolium temulentum* aufgefundene Pilz die Ursache für die Giftigkeit dieses Grases sei. Das Fazit dieser Arbeiten läßt sich in folgende Punkte zusammenfassen: 1. Der Pilz ist nicht immer vorhanden. 2. Sein Vorkommen ist ein Rassenmerkmal. 3. Auch in den Früchten anderer *Lolium*-Arten wurden Hyphen festgestellt. 4. Sie finden sich hier an der gleichen Stelle wie bei *Lolium temulentum*, nämlich in der sogenannten „haylinen Schicht“. 5. Was die Giftigkeit betrifft, so gibt es noch andere Gramineen und zwar Getreide, deren Früchte gelegentlich giftig sein können und die beim Genuß ähnliche Zustände bei Mensch und Tier hervorrufen können wie Taumelolch. Ferner untersuchte Hiltner (1899), ob *Lolium temulentum* bzw. sein Pilz freien Stickstoff binden kann; das Ergebnis war negativ.

Nachdem sich die Pilze weder eindeutig als Krankheitserreger auswiesen, noch für den Samen selbst pathogen waren, aber wegen ihres zeitweiligen Fehlens auch keine obligaten Symbionten sein konnten, blieb die Frage nach ihrer Herkunft und ihrer Funktion ungeklärt. 1942 stellte dann Marcus auch in einem Teil der untersuchten Körner von Weizen, Roggen und Hafer Hyphen fest. Damit war *Lolium temulentum* kein Sonderfall mehr\*\*).

1944 hatte auch ich, ohne Kenntnis der Untersuchungen von Marcus, die Pilze in den Früchten von Getreide festgestellt und die Frage geklärt, weshalb nicht in allen Körnern Hyphen vorhanden sind. Es ergab sich nämlich, daß sich die Hyphen erst im allerletzten Reifestadium entwickeln; daher besitzen nicht ganz vollreife keine und notreife nur sehr wenig Hyphen. Auch war kleines und minderwertiges Saatgut ärmer an Hyphen als großes und kräftiges. Weiterhin stellte sich heraus, daß diese zunächst für einige Gramineen erkannte Eigentümlichkeit ganz allgemein für diese Familie zutrifft, und daß sogar darüber hinaus bei Samen von Vertretern verschiedener anderer Pflanzengattungen unter den gleichen Bedingungen Hyphen gefunden werden können.

Es lag auf der Hand, die Entstehung der Pilze zu verfolgen, doch

---

\*) 8709 Würzburg, Betpfad 8 a.

\*\*) Eine eigene Untersuchung der besonderen Verhältnisse bei *Lolium temulentum* ist z. Z. noch nicht ganz abgeschlossen.

standen die Ergebnisse in so krassem Widerspruch zu den herrschenden Ansichten, daß es unmöglich schien, sie zu veröffentlichen. Es soll nun aber doch versucht werden, an Hand des inzwischen gesammelten Materials diese interessanten Vorgänge zu beschreiben. Die Erfahrungen, die ich an Rindenpilzen gewinnen konnte, und die viele Ähnlichkeiten damit zeigen, werden hierbei als Stütze dienen können.

#### Methodisches

Es wurde bereits gesagt, daß unreife und kleine Körner nur wenig Hyphen besitzen; man sollte daher von vorneherein nur große und gut ausgebildete Früchte auswählen. Vor der Präparation sollten die Körner mindestens einige Minuten in Wasser eingeweicht werden. Roggen wird sehr kurz im Wasser belassen, damit nur die äußeren häutigen Schichten geschmeidig werden, der innere Teil aber noch nicht aufgequollen ist. Gerste, wenn es sich nicht um Nacktgerste handelt, und Hafer werden entspelzt. Am besten läßt sich die Fruchtwand (Fruchthülle) bei Weizen abziehen; auch bei Roggen erhält man größere zusammenhängende Stücke der pilzführenden Schicht. Die abgezogenen Teile betrachtet man mit der Innenseite zum Beschauer. Gerste und Hafer — hier das apikale Ende — muß man leicht abschaben, um brauchbare Präparate zu erhalten.

Das schwierigste Problem besteht heute darin, genügend ausgereiftes Saatgut zu bekommen. Von 36 jetzt untersuchten Proben aus verschiedenen Gegenden Deutschlands, aus europäischen und außereuropäischen Ländern war keine völlig und 9 nur unvollständig ausgereift; bei 8 Proben fehlten die Pilze noch ganz. Interessanterweise waren von den 7 aus Amerika stammenden Proben 6 so unreif, daß noch keinerlei Hyphen zu finden waren; nur bei einer einzigen Probe ließen sich hier und da die ersten Pilzfäden erkennen. Durch die Ernte mit dem Mäh-drescher entfällt die Nachreife am Halm in den geschnittenen Garben. Diese Tage sind aber gerade entscheidend für die Ausbildung der Hyphen. Aus wirtschaftlichen Gründen wird zudem der Erntetermin immer weiter vorverlegt.

Makroskopisch war die Unreife dieser Körner schon an der helleren, mehr zitronengelben Tönung und an den häufigen Bruchstellen im Inneren zu erkennen. Da gleichzeitig mit der Nachreife der Samen auch die Pilze eine weitere Entwicklung durchmachen, findet man heute auch sehr viel seltener als in früheren Jahren braune Hyphen, d. h. solche, die ihre Entwicklung vollständig abgeschlossen haben. Andererseits macht es gerade dieser Umstand möglich, die verschiedenen Stadien der Hyphenbildung zu beobachten. Die Pilze bleiben nämlich auf der Entwicklungsstufe stehen, auf der sie sich zum Zeitpunkt des Ausdreschens befinden, ohne sich (bei trockener Lagerung) in der Folgezeit weiter zu verändern (Tafel XVII/2 a, b).

## A. Die Abbauprozesse in der Getreidefrucht

Für die mehr oder weniger abgebauten Zellen werden in der Literatur verschiedene Ausdrücke gebraucht wie zerdrückt, resorbiert, verschleimt, obliteriert, verschwunden, doch ist man sich dabei wohl nicht immer bewußt, daß diese Prozesse wichtige Glieder des Entwicklungsganges sind. Auch über den Sinn dieser Erscheinungen wissen wir recht wenig. Wenn z. B. ein Gewebe als „zerdrückt“ bezeichnet wird, so handelt es sich dabei keinesfalls um eine rein mechanische Wirkung, sondern primär um einen von der Pflanze gesteuerten Abbau des Zellinhaltes, der Zellwandauflagerungen; dies macht ein „Zerdrücken“ überhaupt erst möglich.

Es ist nicht einfach, aus der Literatur ein klares Bild von der Entwicklung der Getreidefrucht zu gewinnen. Lehmann und Aichele (1931) weisen darauf hin, daß es manche widersprüchliche Auffassungen gibt, die geklärt werden müßten. Seither scheint auf diesem Gebiet keine eingehendere Untersuchung mehr erfolgt zu sein. Soweit aus den vorhandenen Angaben sowie eigenen Beobachtungen geschlossen werden konnte, ergibt sich für Weizen folgendes: Die innerste Schicht der Fruchtwand besitzt starke Wandverdickungen; diese werden in der letzten Entwicklungsphase von beiden Seiten ausgehend zonenweise aufgelöst und bekommen durch Neubildung oder Verbreiterung (?) von Tüpfelkanälen ein rosenkranzförmiges Aussehen. Die in mehreren Lagen vorhandenen Parenchymzellen werden von innen nach außen abgebaut, wodurch Lücken entstehen. Nach innen schließt sich daran die „Querzellenschicht“ an, die bei der Reife noch aus einer zusammenhängenden Decke rechteckiger Zellen besteht, die in einzelne Gruppen runder Zellen eingestreut sind. Die Wände der Schmalseiten sind stark verdickt. Der Zellinhalt ist erstarrt und an einer meist an einem Ende liegenden Stelle gelblich gefärbt. Die Querzellen sind aus einer chlorophyllführenden Schicht entstanden. Unmittelbar an die Querzellen schließen sich nach innen die „Schlauchzellen“ an. Sie entstehen durch lokale Auflösung der Mittellamelle und Auseinanderweichen der Zellen. Sie verlaufen senkrecht zu den Querzellen und stehen mit ihnen in Verbindung. In der reifen Frucht sind an einzelnen Stellen noch große sackartige und recht unterschiedlich geformte Zellen vorhanden, deren Lage zu den vorangehenden Schichten ich bisher nicht eindeutig klären konnte; sie scheinen sich ebenso wie die Schlauchzellen durch Verschleimen aufzulösen.

Das nach innen folgende äußere Integument ist in der reifen Frucht nicht mehr vorhanden. Nach Schnarf (1926) soll es schon sehr früh verschleimen; es sind jedoch, besonders bei Roggen, braune löchrige Reste eines Integumenthäutchens noch zu erkennen. Bei amerikanischem Weizen, der ja sehr viel unreifer war, befand sich an dieser Stelle ein gut erhaltenes farbloses Integument. Ob es sich dabei um das äußere

oder innere Integument handelt, könnte allerdings nur entwicklungs-  
geschichtlich geklärt werden.

Nach innen folgt nun die „Hyalinschicht“; sie besteht aus auf-  
gelöstem Zellmaterial, das zumindest zur Hälfte aus dem Nucellar-  
gewebe stammt. Der Ausdruck „Glas-“ oder „Silberhäutchen“ ist nach  
den Angaben in der Literatur damit identisch. Etwa in der Mitte der  
Hyalinschicht ist auf dem Querschnitt eine unterbrochene Linie zu er-  
kennen, die manchmal als Reihe lichtbrechender Punkte erscheint.  
Hansen (1956) bezeichnete sie daher als Poren; sie soll den Resten  
der äußeren Nucellarschicht entsprechen. Die Hyalinschicht stößt  
schließlich an die „Aleuronschicht“. In ein Schema zusammengefaßt  
ergäbe sich im reifen Zustand für die einzelnen Schichten etwa fol-  
gendes:

vorhanden oder höch- stens das Plasma abge- baut oder erstarrt:	teilweise abgebaut:	abgebaut:
Epidermis der Frucht- wand (Abbau der Zell- wandverdickungen be- ginnt)		
Pilzschicht	Parenchym	Parenchym (Häutchen als Rest und „luftfüh- rende Lücken“
Querzellen	Wände mit „Zellulose- tropfen“ (manchmal pilzhaltig)	
Schlauchzellen und stel- lenweise sackartige Zel- len	verschleimen (manch- mal pilzhaltig) Reste des äußeren In- tegumentes an der Naht (?) Inneres Integument (braunes Häutchen oder Reste)	
		Hyalinschicht
Aleuronschicht		
Endosperm		



Obwohl die hier gegebene Darstellung in ihren Grundzügen längst bekannt ist, sollte doch damit gezeigt werden, wie umfangreich die Abbauprozesse in diesem Bereich sind.

Als ich vor Jahren auf das pilzführende Häutchen in verschiedenen Samen stieß, war ich zunächst der Meinung, es handle sich um das sogenannte „Silberhäutchen“. Auf Grund erneuter Untersuchungen stellte sich jedoch heraus, daß das nicht zutrifft; zum mindesten ist das Pilzhäutchen nicht der Hyalinschicht gleichzusetzen, auch wenn sie beide auf einem Abbauvorgang beruhen. Das Pilzhäutchen, bei dem es sich tatsächlich um ein häutiges Gewebe handelt, bzw. um einen Geweberest, geht auf die Auflösung von Parenchymschichten zurück, die unter der Epidermis der Fruchtwand liegen. Durch das Schwinden dieser Schichten entstehen die „luftführenden Lücken“, die später durch das Wachstum des sich entwickelnden Samens wieder verringert werden.

Zieht man ein Weizenkorn ab, so zerreißt die Fruchtwand bevorzugt an den, durch den Abbau geschwächten Schichten. Betrachtet man nun das abgezogene Stück von der Innenfläche, so wird man bei schwächerer Vergrößerung die Hyphen erst wahrnehmen, wenn sie bereits braun gefärbt sind, was erst am Ende der Entwicklung der Fall ist. Mustert man einige solcher Präparate bei starker Vergrößerung durch, so wird man beobachten, daß sich die nach innen, d. h. oben liegenden Schichten in etwas anderer Weise verändert haben als die äußeren, d. h. im Präparat tiefer liegenden: Während sich bei hoher Objektiv-einstellung die erstgenannten oft wie „Spinnengewebe“ mit kantigen Löchern hinziehen (Taf. XVII/1), erscheint das Cytoplasma darunter eher abgerundet, buchtig oder lappig, wenn es überhaupt Anzeichen einer Struktur aufweist. Zuunterst befindet sich dann noch die Grenzschicht der Fruchtwand, deren Zellen durch ihre rosenkranzförmigen Verdickungen der Zellwände gekennzeichnet sind (Taf. XIX/9). Während bei Roggen die Verhältnisse etwa die gleichen sind, weichen Gerste und besonders Hafer davon ab.

#### B. Wachstumsformen der Pilze

Was die Verteilung der Pilze betrifft, so ist ihre Entwicklung am apikalen Ende des Kornes in der Regel stärker als auf der übrigen Fläche. Dies mag zum Teil damit zusammenhängen, daß anscheinend hier die Hyphenbildung ihren Anfang nimmt. In manchen Fällen ist außer dem apikalen Ende auch das basile gefördert oder das Hyphen-netz zieht sich ziemlich gleichmäßig dicht über das ganze Korn hinweg.

Eine gewisse Einheitlichkeit in der Ausbildung der Pilze ist zweifellos innerhalb einer Kulturvarietät vorhanden, wenn auch kleine Unterschiede bestehen. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß bei Pflanzen aus schlechten Kulturen und bei Notreife auch die Entwicklung der Samenpilze vermindert ist. Außerdem ist das Wachstum auch verschieden, je nachdem in welchem Teil des sich zersetzenden Gewebes der Pilz

auftritt. Bei günstigen Bedingungen ist in dem inneren Teil, wo sich die Gewebefetzen befinden, entweder ein Geflecht von etwa gleichdicken Hyphen vorhanden oder es ziehen sich kräftigere Hauptstränge darüber hin, von denen meist im rechten Winkel dünne Äste seitlich abgehen. Nach außen zu kommen öfter „fächerförmige“ Thalli vor, deren Äste sich vorzugsweise quer zur Kornachse erstrecken (Taf. XVIII/6 a—6 c). Schließlich begegnet man noch ganz außen plectenchymatischen Formen, die entweder auf den Umriß einer Zelle der „Rosenkranzschicht“ beschränkt sind und deren Lumen völlig ausfüllen oder zu Lagern auswachsen können, die bevorzugt längs orientiert sind (Taf. XIX/9, 10).

Auch bei Roggen sind die drei unterschiedlichen Wuchsformen des Pilzes vertreten. Wie bereits gesagt, verläuft auch der Abbau des Gewebes in gleicher Art; lediglich die „Rosenkranzschicht“ hat hier weniger und unregelmäßiger verdickte Wände. Plectenchymatische Ausbildung der Pilze kommt hier auch vor, doch sehr viel seltener. Dagegen haben die Pilze bei Gerste einen einheitlicheren Charakter: Sie neigen zur Fächerbildung, machen einen etwas knorrigten Eindruck und scheinen sich früher zu bräunen (Taf. XVII/2 a, b). Deutlich anders verhalten sich die Pilze beim Hafer, wo offenbar zwei kreuzweise übereinanderliegende Schichten abgebaut werden und einen schwammigen Geweberest ergeben. Die zarten Hyphen liegen in einem verbindenden feinen Häutchen, bis alles verbraucht ist und die Zellwände der Hyphen sich bräunen. Eigentümlich sind bei Hafer die braungelben Pigmentflecken von gallertiger Beschaffenheit, die zwischen die Zellreste mit einer gewissen Regelmäßigkeit eingestreut sind. Mit dem Altern der Pilze verschwinden sie (Taf. XXI/16).

### C. Weitere Elemente des Pilzhäutchens

Eine auffallende Erscheinung im Pilzhäutchen sind kleine tüpfelähnliche Porenkanäle, die in eindeutiger Beziehung zu den Pilzzellen stehen. Sie sollen später noch besprochen werden.

Besonders interessant ist das Vorkommen einer Art Stärke, die bei manchen Sorten zu beobachten ist. Sie befindet sich meist am basalen Fruchtkende in den Gewebefetzen, selten in kleinen Gruppen auf die ganze Frucht verteilt oder einzeln als etwas größere Stärkekörner. Von der Reservestärke im Endosperm unterscheidet sie sich durch die etwas geringere Größe und vielleicht durch stärkere Lichtbrechung. Zum Zeitpunkt der Hyphenentwicklung wird sie langsam abgebaut. Auffallend viel Stärke dieser Art enthielt die Weizensorte „Felix“ (Holland) und ein Roggen aus Schleswig-Holstein. Bei der Besprechung der Hyphenentstehung wird von dieser Stärke noch die Rede sein.

Für eine dritte Erscheinung, nämlich die Anwesenheit von braunem Pigment, ergab sich eine Beziehung zu den Hyphen; es soll daher im nächsten Abschnitt besprochen werden. Es sei jedoch bemerkt, daß auch

hier die Sorte eine Rolle spielt: Bei dem Winterweizen „Chinese“ kam der Farbstoff ziemlich regelmäßig an kleine kristalline Partikel gebunden vor und zwar zwischen den inneren Geweberesten. Bei anderen Sorten trat der Farbstoff gelegentlich in größeren runden Flecken auf.

Bei einem Hochzuchthafer sah ich hie und da Ansammlungen von Eiweißkristallen und ein paarmal bei verschiedenen Getreideproben Ring- und Schrauben-Versteifungen des im übrigen abgebauten Gewebes.

#### D. Die Entstehung der Samenpilze

Es muß vorausgeschickt werden, daß ich weder bei den Samenpilzen, noch bei den Rindenpilzen jemals ein Eindringen von Keimschläuchen oder eine Pilzentwicklung aus Sporen feststellen konnte, wie eigentlich zu erwarten wäre. In der Innenschicht gelingt es mit einiger Geduld, solche Stellen ausfindig zu machen, wo man mit Sicherheit den Zusammenhang der Hyphen mit den Gewebefetzen erkennen kann. Die einzelne Hyphe geht dann entweder ohne weitere Abgrenzung in den Fetzen über (Taf. XVII/1) oder sie hängt noch mit einigen plectenchymatischen zarten Pilzzellen zusammen, deren feine Umrisse sich in dem pflanzlichen Plasma abzeichnen (Taf. XVII/3). Vermutlich haben solche Zellen die Funktion von Haustorien. Sehr viel leichter als hier ist es, in der Außenschicht die ersten Anfänge der Pilzentstehung zu beobachten. Die Bilder, welche man zu sehen bekommt, sind allerdings äußerst überraschend. Es zeigt sich nämlich, daß wir es, entgegen allen Gewohnheiten, bei den Samenpilzen nicht mit einer von einem Punkt ausgehenden fortlaufenden Entwicklung zu tun haben, sondern daß alles aus zarten Anfängen auf einmal entsteht. Am ehesten könnte man den Vorgang mit einer Kristallisation vergleichen.

Man kann mehrere Arten dieser Entstehungsweise unterscheiden, die z. T. ineinander übergehen. Wahrscheinlich beruht dies auf der verschiedenen Beschaffenheit des pflanzlichen Zellmaterials, das jeweils abgebaut und als Ausgangspunkt verwendet wird. Am häufigsten differenzieren sich Einzelhyphen oder Hyphengruppen aus einer „plasmatischen Vorstufe“. Auch hierbei gibt es zwei Varianten: Entweder das pflanzliche Plasma ordnet sich so an, daß es durch Verdichtungen längs bestimmter Linien helle Umgrenzungen hervortreten läßt, die bereits den späteren Verlauf der Hyphen ahnen lassen (Taf. XVIII/4); oder die Konturen sind unregelmäßig ausgezackt, sodaß das Bild an Eisblumen erinnert (Taf. XVIII/5). Auch diese so sich abzeichnenden Linien deuten schon die zukünftigen Hyphen an.

Noch eindrucksvoller als die Bildung einzelner Pilzfäden ist die Entwicklung eines fächerförmigen Thallus, soweit man sie aus den einzelnen Stadien herauslesen kann. Auch in diesem Fall geht wieder eine plasmatische Vorstufe voraus, bei der die Umrisse anfangs kaum zu erkennen sind. Während erst der gallertige Rand die Hyphen noch umschliesst, enden sie später mit offenen Spitzen und Substrat (Taf.

XVIII/6 a—c). Mit zunehmender Reife werden die Konturen dann deutlicher und im letzten Entwicklungsstadium braun.

Eine völlig andere Art der Pilzentstehung läuft auf eine plectenchymatische Ausbildung hinaus. Allerdings sind solche Formen noch seltener anzutreffen als die fächerförmigen Thalli. Man findet die sich eng aneinander schließenden Pilzzellen in der Grenzschicht mit ihren charakteristischen rosenkranzförmigen Wandverdickungen. Der Pilz scheint sich innerhalb einzelner Zellen zu entwickeln, die er völlig ausfüllt (Taf. XIX/7 a, b, 8). Die Vorstadien können verschieden sein: In einem Fall bekommt das etwas erstarrte pflanzliche Plasma Sprünge und zerklüftet zu Brocken (Taf. XVIII/8). Ähnlich verläuft im übrigen die Entstehung der Rindenpilze (Schwartz-Kraepelin 1968). Im anderen Fall degeneriert das Plasma offenbar blasig. Eine weitere Möglichkeit ist die, daß der Pilz sich unmittelbar aus der pflanzlichen Zellwand bildet. Dabei können Verquellungen und Abschnürungen vorausgehen (Taf. XVIII/9, 10; XXI/20). Die Pilzzellen grenzen bei dieser plectenchymatischen Ausbildung so unmittelbar an die pflanzliche Zellwand, dass sie oft selbst keine eigene Wand zu haben scheinen.

Obgleich die Zellwände der Pilze nicht selten nur in Ansätzen zu sehen sind, ist wahrscheinlich schon eine dünne Membran vorgebildet, die lediglich verstärkt wird. Auch bei den an vielen Punkten gleichzeitig entstehenden Gruppen von Pilzzellen bei Gerste sind diese noch nicht ganz ausgebildeten Wände erkennbar (Taf. XVIII/6 a; XX/14).

Wie schon erwähnt, sind ein weiterer Bestandteil der Gewebereste bei einigen Weizen- und Roggensorten Ansammlungen von Stärke. Auch sie wird im letzten Reifestadium abgebaut. Man erkennt dies dann an der rund-löchrigen Struktur des Plasmas. Vor Jahren konnte ich bei einer geeigneten Roggensorte beobachten, daß der Inhalt eines Teiles der Stärkekörner vom Rand her „abschmolz“, d. h. hyalin wurde, und ein leeres zelliges Gerüst zurückblieb (Taf. XX/11 a, b). Dieses schien sich in der weiteren Entwicklung zu kleinen Pilzzellen umzuwandeln (Taf. XX/12, 13). Auch bei dem mir jetzt zur Verfügung stehenden Material sah ich hie und da dieses merkwürdige „Abschmelzen“; ich mußte jedoch feststellen, daß die frühere Beobachtung nicht die Regel, sondern nur ein Sonderfall war. Nur bei zwei Körnern von verschiedenen Weizensorten lag höchstwahrscheinlich etwas Derartiges vor. Es wäre natürlich für das ganze Problem sehr aufschlußreich, wenn sich eine solche Beobachtung nochmals bestätigen ließe. Auch die damals oft gesehene Angliederung von Stärke an die Hyphen konnte ich bei dem vermutlich durchwegs zu unreifen Untersuchungsmaterial nicht mehr mit Sicherheit feststellen.

Es soll noch einiges über die Beziehung des braunen Farbstoffes zu den Pilzen gesagt werden: Bei Hafer befindet sich ein solches Pigment als ständiger Bestandteil in den Geweberesten, welche die Pilze enthalten (Taf. XXI/16). Bei anderen Getreidearten ist dies nur aus-



nahmsweise der Fall. Von einem solchen Objekt stammt das Präparat in Taf. XXI/17. Man sieht hier, wie sich das Pigment eng an die Hyphen anlegt. Noch besser konnte ich dies bei dem Samenpilz einer *Iris* beobachten, wo es in kleinen, ziemlich regelmäßig verteilten Tröpfchen an den Hyphen saß (Taf. XXI/18). Aus den Erfahrungen mit Kulturen von Samenpilzen konnte ich ebenfalls schließen, daß die Hüllsubstanz der Pilzhyphe eine gewisse Selbständigkeit besitzt. Sie kann sich von außen her kristallin anlagern und führt dann in der Folge zur Bräunung der Hülle. Bei dem oben geschilderten Fall hätten wir es wahrscheinlich mit einem Farbstoff zu tun, welcher unmittelbar der Pflanze entstammt und nicht vom Pilz selbst gebildet wurde.

Unbedingt sicher ist der Zusammenhang zwischen dem Pilz und den tüpfelähnlichen Porenkanälchen. Diese kleinen Kanälchen haben entweder eine den Tüpfeln ähnliche Aufgabe oder sind sogar Reste der pflanzlichen Tüpfel. Daß sie auch dem Pilz zugeordnet werden könnten, geht aus ihrer wechselnden Verteilung hervor und ihrer Häufung an den Stellen, an denen der Pilz gerade im Entstehen ist (Taf. XX/15). Die jungen Pilzzellen besitzen dabei, wenn überhaupt, in der Regel jeweils nur einen Porenkanal, bei älteren sind keine mehr vorhanden.

#### E. Das Vorkommen von Hyphen außerhalb des Pilzhütchens

Wenn auch die gut ausgebildeten Hyphen auf das Pilzhütchen beschränkt sind, so findet man doch manchmal zwischen, auf und in den Querzellen, sowie in den benachbarten sackartigen Zellen sehr kleine zartwandige Hyphen. Ob sie einwandern oder sich hier ebenfalls neu bilden, ist nicht leicht zu entscheiden (Taf. XXI/19). Vielleicht trifft beides zu. Ebenso wie bei den Wandverdickungen der „Rosenkranzschicht“ werden auch hier Zellulosetröpfchen abgeschieden (Taf. XIX/9; V/20). Es handelt sich also um die gleichen Abbauerscheinungen. Außer der Auflösung mit Hilfe der Pilze scheint auch, besonders bei den Schlauchzellen, ein Verschleimen stattzufinden.

#### F. Kultur der Samenpilze

Die Samenpilze treiben meist bei Zugabe von etwas Glucose auf dem Objektträger aus und bilden nach wenigen Tagen Konidienträger von *Cladosporium* oder *Alternaria*. Welche von den beiden Formen entsteht, scheint vom Grad der Reife abhängig zu sein und zwar in dem Sinn, daß sich *Cladosporium* bei einem geringeren Reifegrad entwickelt als *Alternaria*. Auch in der Art der Konidien stimmen demnach die Samenpilze weitgehend mit den Rindenpilzen überein (Schwartz-Kraepelin 1967).



## D i s k u s s i o n

Mehrfach wurde in dieser Arbeit die Übereinstimmung der Samenpilze mit den Rindenpilzen hervorgehoben. Man muß sich daher fragen, was denn das gemeinsame Merkmal zwischen diesen beiden Organismengruppen ist, die in Bezug auf ihr Vorkommen so verschieden sind. In beiden Fällen ist die Vorbedingung ihrer Bildung ein von der Pflanze eingeleiteter und gesteuerter Zellabbau: Bei den Rinden werden stets die äußeren Gewebeschichten abgebaut und schließlich abgestoßen; bei den Samen sind es zwar nicht immer die gleichen Schichten, die abgebaut werden, doch ist auch hier eine Zellauflösung Vorbedingung für die Pilzentwicklung. Der Charakter der Rindenpilze, der in manchen Fällen als spezifisch für die betreffende Pflanze bezeichnet wurde, sprach für eine Zusammengehörigkeit von Rinde und Pilz. Für die Samenpilze kann der Umstand, daß sich die beschriebenen Vorgänge im Innern der Frucht oder des Samens abspielen, als Zeichen für eine solche innige Beziehung gelten. Eine Infektion von außen ist hier sehr viel weniger leicht vorstellbar als bei der Rinde.

So einfach es wäre, die Bilder der Präparate mit dem Selbstabbau der Pflanzenzelle und einer damit verbundenen Umbildung des pflanzlichen Plasmas in „Zersetzungsorganismen“ zu erklären, so schwierig gestaltet sich die Antwort auf der Grundlage unserer wissenschaftlichen Einstellung zu dieser Frage. Um daher die Hypothese eines Selbstabbaues nicht von vorneherein als sinnlos verwerfen zu müssen, ist es notwendig, die Stützen der allgemein gültigen Auffassung zu überprüfen. Damit ergeben sich folgende Fragen:

1. Auf welchen Beobachtungen und experimentellen Erfahrungen beruht die Annahme, daß die Zersetzung stets von außen her durch Infektion, also zufällig erfolgt?
2. Welches sind die biologischen Vorgänge bei der Zersetzung einer Pflanzenleiche oder bei der Auflösung von Teilen, die von der Pflanze abgestoßen werden?
3. Sind zur Zersetzung stets niedere Organismen notwendig?
4. Sind Aufbau und Abbau gekoppelte Prozesse?
5. Sind Bakterien und Pilze Ursache oder Träger einer Krankheit bei Pflanzen und Tieren?
6. Ist die Symbiose-Theorie richtig oder sind die betreffenden Erscheinungen auch anders zu deuten?
7. Welche neueren Arbeiten könnten den Gedanken eines Selbstabbaues stützen?

Ohne den Anspruch zu erheben, alles anzuführen, was vielleicht zu den einzelnen Fragen zu sagen wäre, möchte ich auf einige Punkte hinweisen, um eine Diskussion anzuregen.

Zu 1.: Wir müssen hier auf die jedem bekannten Versuche P a s t e u r ' s zurückgehen. Bei kritischer Betrachtung entdecken wir

in ihnen einen grundlegenden Fehler, den Pasteur bereits erkannte, wir jedoch vernachlässigten. Bei seinen Experimenten brachte er außer den vermuteten Bakterien auch Staub auf seine Nährböden. Da er diese beiden Dinge nicht trennen konnte, sprach er sich dahin aus, die Keime befänden sich „an Staub gebunden“ in der Luft. Es handelt sich also nicht um eine direkte Beobachtung, sondern um eine Schlußfolgerung, die er zog, als die Bakterienkolonien nach der Bebrütung sichtbar wurden. Was ging jedoch in der Zwischenzeit in den Kulturen vor? Bei der Annahme eines Selbstabbaues der Materie würde schon die Anwesenheit von pflanzlichen und tierischen Teilchen, wie sie im Staub vorhanden sind, für die Entwicklung von Bakterien genügen. Die organischen Staubpartikel sind in der Luft durch Trockenheit und vielleicht auch durch die Belichtung in ihrer Auflösung gehemmt. Bei der Einwirkung von Feuchtigkeit und Wärme, wie sie bei der Bebrütung erfolgt, kann einmal die Zersetzung wieder in Gang kommen und zum anderen müßten sich allerdings diese, vermutlich unter den Bakterien stehenden kleinsten organischen Teilchen in dem umgebenden Nährboden zu Bakterien „aufbauen“ können.

Zu 2.: Unsere Kenntnis über diesen Punkt ist so mangelhaft, daß wir bereits überfragt wären, wenn wir genau den Zeitpunkt angeben sollten, wann beispielsweise der von der Pflanze begonnene Abbau eines herbstlichen Blattes von Mikroorganismen übernommen wird.

Zu 3.: Es ist bekannt, daß es außer der Zersetzung unter Mitwirkung von Mikroorganismen auch eine Autolyse gibt. Im Zusammenhang mit dieser Frage wäre auch eine Bemerkung von Rippe (1920) zu erwähnen, die sich auf den Abbau pflanzlicher „Zellmembranen“ im Darm von Haustieren bezieht. Bei den Untersuchungen gewann Rippe den Eindruck, daß es nicht die Enzyme des Tieres sind, die die Zellwand auflösen, sondern daß es sich um autolytische Vorgänge handelt, die auf eine bereits im ruhenden Samen vorhandene oder als „Zymogen“ präformiertes Enzym zurückzuführen sind. Dies würde mit anderen Worten bedeuten, daß hier ein Selbstabbau vorliegt.

Zu 4.: Wenn wir uns überlegen, unter welchen Grundbedingungen ein Aufbau stattfindet, so sind vor allem Feuchtigkeit und Wärme zu nennen. Unter den gleichen Voraussetzungen vollzieht sich aber auch der Abbau. Außerdem wäre noch darauf hinzuweisen, daß ohne einen Abbau auch kein Aufbau möglich wäre, weil die Zersetzung die Grundlage für jegliches Leben ist. Im Bereich der Stoffwechselphysiologie ist das Gleichgewicht zwischen beiden Vorgängen ein ganz entscheidender Faktor.

Zu 5.: Hierzu gibt uns die gelegentliche Pathogenität von Getreide, die eingangs behandelt wurde, einen Fingerzeig. Es wäre denkbar, daß die Mikroorganismen, von denen wir die Pilze in Rinden und Samen als obligate Begleiter des sich auflösenden Gewebes kennen gelernt haben in anderen Fällen nicht die wirkliche Ursache, sondern nur Träger einer

Krankheit und Vollstrecker eines notwendig gewordenen Abbaues der erkrankten Zellen sind. Dabei könnten auch diese Abbauorganismen eine pathologische Veränderung durchmachen, sodaß ihre eigentliche Natur nicht mehr erkennbar ist.

Zu 6.: In den Erscheinungen, die wir als „Symbiose“ auffassen, müßten vor allem erst einmal die von der Pflanze gesteuerten Abläufe und Symptome eines normalen Abbaues wie z. B. „Verschleimung“, „zerdrückte Zellen“ usw. von denen eines krankhaften Abbaues (z. B. „Zellvergrößerung“, „Kappenbildung“ bei Mykorrhiza usw.) unterschieden werden. Weiterhin wäre eine Überprüfung nach anderen Gesichtspunkten notwendig: Aus den Untersuchungen über die Rindenpilze ging hervor, daß die „Flechte“ kein Zusammenleben von Pilz und Alge zu sein braucht, sondern die Alge vom Pilz gebildet wird. Zu dem selben Ergebnis kam *Elfvig* (1934) auf Grund seiner Untersuchungen an höheren Flechten. Außerdem wurde durch den Nachweis, daß auch in der oberirdischen Rinde Pilze vorhanden sind, die Theorie der Mykorrhiza in Frage gestellt. Aus der Zoologie wäre zu erwähnen, daß bei symbiontenfrei gezüchteten Insekten Darmzellen abgelöst werden (*Buchner* 1953). Dies könnte bedeuten, daß eben diese abgestoßenen Zellen infolge der (unnatürlichen) Behandlung nicht weiter zu „Symbionten“ aufgelöst werden konnten, da der Abbau behindert war. Hühner, die von amerikanischen Wissenschaftlern steril, d. h. ohne Darmflora, aber unter Zufuhr von Vitaminen aufgezogen worden waren, zersetzten sich nach dem Tode nicht, sondern mumifizierten. Man schloß daraus, daß die Bakterien bei der Verwesung vom Darm her in die Leiche einwandern. Man könnte dieses Phänomen aber auch so erklären, daß durch die bei der Anzucht verwendeten abnormen Methoden gleichzeitig mit dem natürlichen Aufbau auch der Abbau gehemmt wurde. Vitamingaben konnten dann zwar das Wachstum ermöglichen, der Abbau blieb hingegen gehemmt.

Zu 7.: Es wären hier die Untersuchungen zu nennen, die sich mit den tierischen Lysosomen und den bei Pflanzen analogen Organellen beschäftigen. Man schreibt dieser Zellkomponente allgemein die Regulation der lytischen Prozesse in der lebenden Zelle zu sowie die Autolyse nach dem Absterben. Die Beobachtungen, welche *Santo* und *Rusch* (1951) über die Zersetzung des menschlichen Blutes machten, führten die beiden Mediziner zu dem Gedanken eines Selbstabbaues. Sie weiteten diese Resultate zu einer Hypothese aus, dem „Gesetz von der Erhaltung der lebendigen Substanz“. Ihre Vorstellungen fanden nur Ablehnung.

#### Nachwort

Zum Schluß halte ich es noch für wichtig, auf Probleme unserer Ernährung einzugehen, bei denen die Samenpilze des Getreides eine bedeutsamere Rolle zu spielen scheinen als uns bewußt ist. Es ist erfah-

rungsgemäß bekannt, daß reines Mehl nicht so zuträglich ist wie solches, das Reste der äußeren Schichten enthält. Geschälter Reis wirkt sogar toxisch. Es handelt sich hier meines Erachtens gerade um diese Pilzschicht, die nicht nur für den Samen zur Aktivierung der Reservestoffe wesentlich ist, sondern auch bei unserer Ernährung eine notwendige Enzymwirkung ausübt. Entgegen unserem biologischen Empfinden wird von seiten der Wirtschaft sehr viel Wert auf die „Frischhaltung“ (verhinderter Abbau) gelegt und dies sowohl durch Kälte und Sterilisieren, als auch durch Anwendung chemischer Konservierungsmittel erreicht. Neuerdings will man dazu übergehen, die Zersetzung durch radioaktive Bestrahlung zu unterdrücken. Man sollte dabei jedoch nicht vergessen, daß für die Aufnahme der Nahrung gerade Abbauprozesse notwendig sind, die wir ja durch Zerkleinerung, Durchfeuchtung und Erwärmung einleiten. Allerdings sollten sich diese Abbauprozesse erst im Brutschrank unseres Körpers abspielen. Die Konservierung, d. h. die Verhinderung der Zersetzung sollte keinesfalls zu einer Zerstörung der im Nahrungsmittel und wahrscheinlich in den Pilzen enthaltenen Enzyme führen oder, was vielleicht noch gefährlicher wäre, zu einer Umwandlung der physiologischen Eigenschaften. Die konservierende Wirkung dürfte keinesfalls länger anhalten, als biologisch vertretbar. Am meisten müßte man daher vor der radioaktiven Behandlung warnen, denn es könnte sich womöglich wie im Märchen dann „das Brot in Stein verwandeln“.

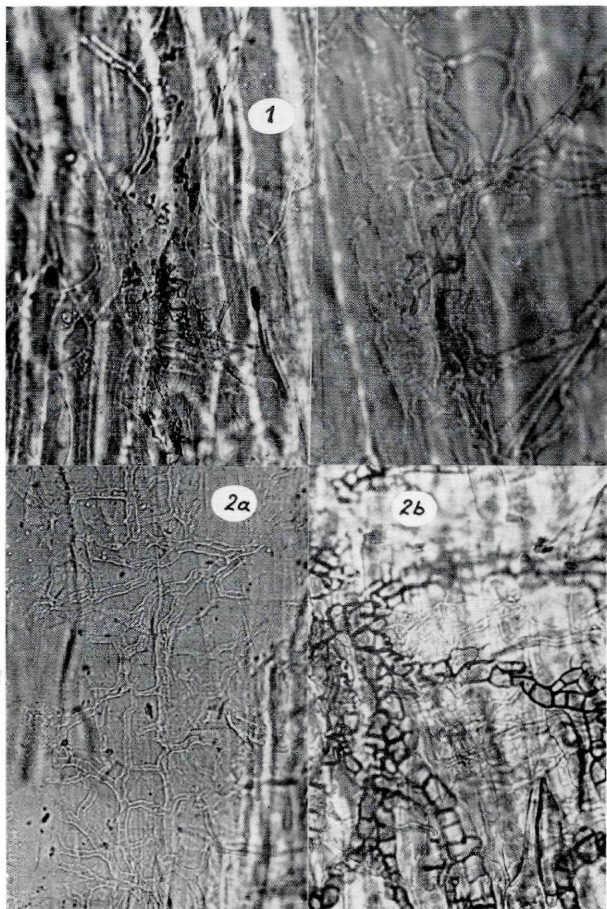
#### Z u s a m m e n f a s s u n g

Anwesenheit oder Fehlen der Samenpilze in Getreidefrüchten hängen nicht von der Rasse, sondern von der Reife und dem Zustand des jeweiligen Kornes ab. Die Pilze entwickeln sich nicht aus Sporen, sondern durch Herausbildung von Hyphen und Pilzcellgruppen aus dem pflanzlichen Material. Die Entstehung kann sich in verschiedenen Formen abspielen, die näher geschildert werden. Es handelt sich dabei um den Abbau von Plasma, Stärke und Zellwand. Braune Pigmente der Pflanze werden anscheinend in die Pilzhülle eingelagert. Das Verhalten der Samenpilze zeigt in vielen Punkten Ähnlichkeiten mit dem der früher beschriebenen Rindenpilze; in beiden Fällen ist ein pflanzlicher Abbau Vorbedingung für ihr Auftreten. Es werden einige Einwände erhoben gegen die Theorien, welche die Zersetzung als Folge einer zufälligen Infektion sowie die Symbiose betreffen.

#### L i t e r a t u r.

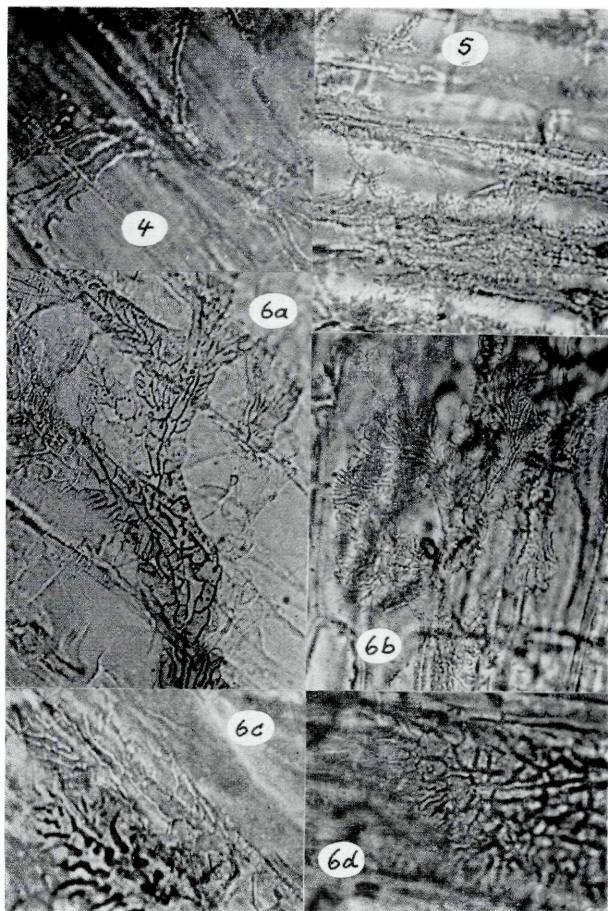
- B u c h n e r, P. Endosymbiose der Tiere mit pflanzlichen Organismen. Birkhäuser, Basel/Stuttgart, p. 676, 1953.  
 E l f v i n g, F. Zur Gonidienfrage. Ber. dtsh. Bot. Ges. 52, p. 208, 1934.  
 F r e e m a n, E. M. The seed-fungus of *Lolium temulentum*. Zbl. Bakt. 13, p. 657, 1904.  
 F u c h s, J. Beitrag zur Kenntnis des *Lolium* pilzes. Zbl. Bakt. II, 35, p. 577, 1912.



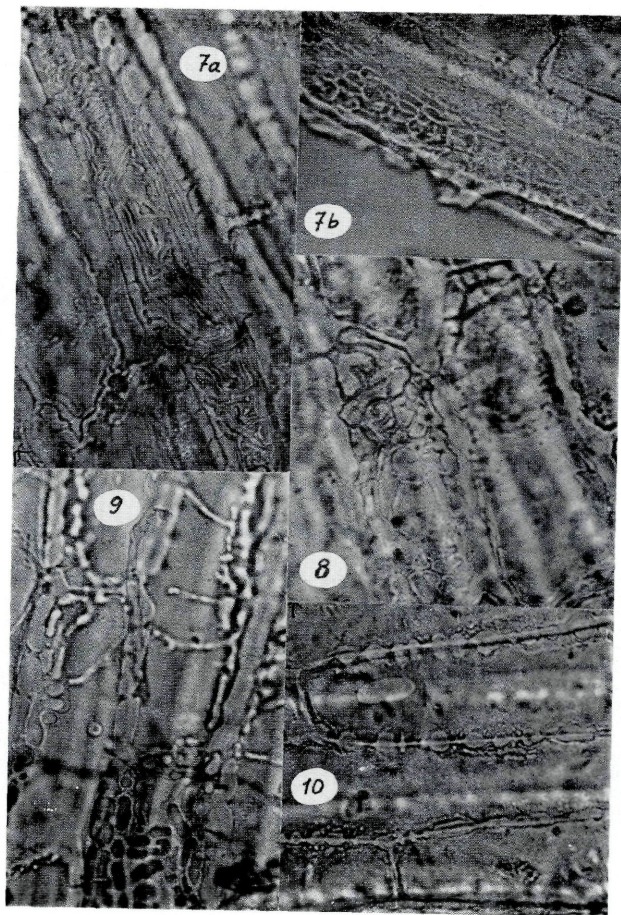






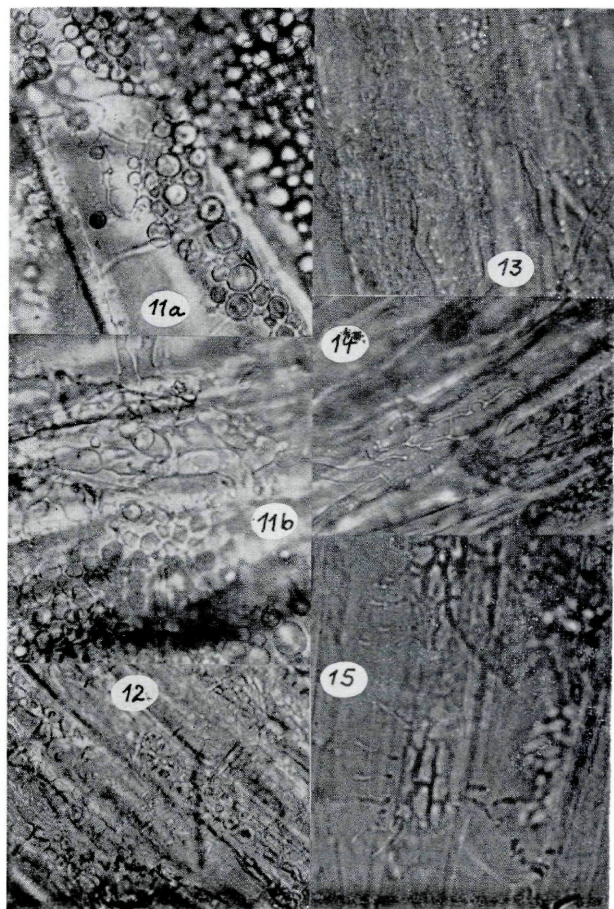




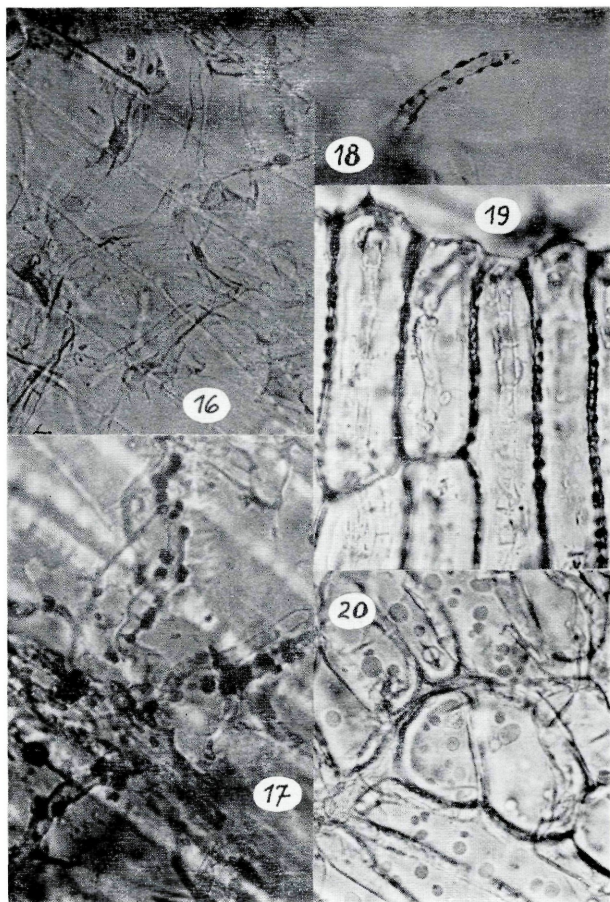














- H a n a u s e k, T. K. Vorläufige Mitteilung über den von A. Vogl in der Frucht von *Lolium temulentum* entdeckten Pilz. Ber. dtsh. Bot. Ges. 16, p. 203, 1898.
- H a n n i g, E. Über pilzfreies *Lolium temulentum*. Zbl. Bakt. II, 22, p. 156, 1909.
- H a n s s e n, E. Über eine porenartige Struktur im Nucellarrest von Weizen und Roggen. Naturwiss. 43, p. 90, 1956.
- H i l t n e r, L. Über die Assimilation des freien atmosphärischen Stickstoffs. Zbl. Bakt. 5, p. 835, 1899.
- D' I p p o l i t o, J. Recherches sur la presence de l'hyphomycete d'Endoconidium temulentum dans l'ivraie envirante. Zbl. Bakt. 60, p. 282, 1924.
- L e h m a n n, E. und F. A i c h e l e. Keimungsphysiologie der Gräser. F. Enke, Stuttgart, p. 18, 1931.
- M a r c u s, O. Vorkommen von Mikroorganismen in pflanzlichen Geweben. Arch. Mikrobiol. 13, p. 1, 1942.
- N e s t l e r, A. Über einen in der Frucht von *Lolium temulentum* entdeckten Pilz. Ber. dtsh. Bot. Ges. 16, p. 207, 1898.
- N e t o l i t z k y, F. Anatomie der Angiospermen-Samen. Gebr. Bornträger, Berlin, p. 5 (Pigment), p. 57—58 (Hyalinschicht), p. 16 (Roggen), p. 56 (Hafer), 1926.
- N e u b a u e r, H. Über die von Vogl entdeckte Pilzschicht in *Lolium*-Früchten. Zbl. Bakt. 11, p. 652, 1902.
- V o g l, A. Zschr. Nahrungsmitteluntersuchung, Hygiene und Warenkunde, 12, p. 28, 1898; zitiert bei Neubauer.
- R i p p e l, A. Der biologische Abbau der Zellmembran. Zbl. Bakt. 50, p. 194, 1920.
- S a n t o, E. und H. P. R u s c h. Das Gesetz von der Erhaltung der lebendigen Substanz. Wiener Med. Wochenschr. 101, Nr. 37 und 38, 1951.
- S c h n a r f, K. Über die Samenentwicklung einiger Gramineen. Österr. Bot. Zschr. 1926, p. 105; zitiert bei Lehmann und Aichele, p. 18.
- S c h w a r z - K r a e p e l i n, H. Über das Vorkommen eines Pilzhütchens in den Samen. Zschr. Naturforschg. 2 b, p. 450, 1947.  
— Vorkommen und Entwicklung von Pilzen und Algen in der Rinde. Im Druck, 1967 (ersch. 1968), XXI. p. 77—94, 8 Taf.
- W o r o n i n, M. Über das „Tamelgetreide“ in Süd-Ussurien. Bot. Ztg. 49, p. 81, 1891.

#### Legenden zu den Abbildungen.

(Die Abbildungen beziehen sich bis auf Abb. 2 b auf nicht völlig ausgereifte Früchte).

#### Tafel XVII.

Abb. 1 Weizen: Innerer Teil der Pilzschicht mit Gewebefetzen, in denen sich kantige Löcher abzeichnen.

Abb. 2 a Gerste: Die noch nicht völlig entwickelten Hyphen sind zartwandig und hyalin.

Abb. 2 b Vollreife Gerste: Die Hyphen haben ihre endgültige Entwicklung erreicht und sich gebräunt.

Abb. 3 Roggen: Haustoriale Pilzzellen in Gewebefetzen.

#### Tafel XVIII.

Abb. 4 Weizen: Plasmatisch vorgebildete Hyphen.

Abb. 5 Weizen: „Kristalline“ Anfänge von Hyphen.



Abb. 6 a Weizen: In isoliertem Pilzhütchen plasmatische Vorbildung eines Fächers. Die Begrenzungen heben sich vom umgebenden pflanzlichen Plasma ab.

Abb. 6 b Weizen (andere Sorte): Dasselbe wie Abb. 6 a; Vorstufe zur Fächerbildung.

Abb. 6 c Weizen: Die Spitzen der fächerigen Hyphen enden offen im pflanzlichen Substrat.

#### T a f e l X I X.

Abb. 7 a Weizen: Eigentümliche Aufgliederung des pflanzlichen Plasmas bei einer Zelle in der Nähe der Rosenkranzschicht.

Abb. 7 b Weizen: Plectenchymatische Ausbildung des Pilzes.

Abb. 8 Weizen: Brockige Konsistenz des pflanzlichen Plasmas, das sich zu Pilzzellen umbildet.

Abb. 9 Weizen: Vermutlich etwas anormaler Abbau der Zellulose aus den Zellwänden der Rosenkranzschicht. Die Zellulose quillt und wird zum Teil in rundliche Stücke aufgegliedert.

Abb. 10 Roggen: Rosenkranzschicht im Abbau begriffen.

#### T a f e l X X.

Abb. 11 a Weizen: „Abschmelzen“ der Stärke in der Pilzschicht.

Abb. 11 b Weizen: Dasselbe wie Abb. 11 a; das Gerüst aus den Plastidenmembranen ist noch erhalten.

Abb. 12 Weizen: Bildung kleiner Pilzzellen aus der Stärke.

Abb. 13 Roggen: Die aus der Stärke hervorgegangenen fertigen Pilzzellen.

Abb. 14 Roggen: Unfertige Zellwände in werdender Hyphe.

Abb. 15 „Porenkanäle“ und sich bildende Pilzzellen.

#### T a f e l X X I.

Abb. 16 Hafer: Pilzhütchen mit Hyphen und Pigmentflecken.

Abb. 17 Weizen: Das braune Pigment legt sich an die Hyphen an.

Abb. 18 Iris: Samenpilz mit Pigmenttröpfchen.

Abb. 19 Roggen: Querzellen mit zarten Hyphen.

Abb. 20 Weizen: „Zellulose Tropfen“ in der Querzellenschicht.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sydowia](#)

Jahr/Year: 1968/1969

Band/Volume: [22](#)

Autor(en)/Author(s): Schwartz-Kraepelin Hanna

Artikel/Article: [Zum Problem der Samenpilze und ihrer Entstehung. 254-268.](#)