©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Sonderfälle von Samenpilzen

Von Dr. Hanna Schwartz-Kraepelin*)

Mit Tafel I—V

Einleitung

In zwei vorangehenden Arbeiten (Schwartz-Kraepelin 1947; 1969) konnte gezeigt werden, daß in voll ausgereiften Samen mit großer Regelmäßigkeit Pilze vorhanden sind, die kaum als Infektion gewertet werden können. Speziell bei den Getreidearten mit ihren großen Karyopsen ist es verhältnismäßig einfach, die zugehörigen Samenpilze aufzufinden. Bei den Früchten und Samen anderer Pflanzen gelingt es indessen meist nicht so leicht. Dies hat verschiedene Gründe:

1. Schon für das Getreide wurde hervorgehoben, daß gutes Wachstum und eine vollständig abgeschlossene Reife Vorbedingungen für die Entwicklung der Pilze sind. Ein so gutes und völlig ausgereiftes Saatgut ist jedoch nur ausnahmsweise zu bekommen. Einesteils stammt es meist aus botanischen Gärten, also nicht vom natürlichen Standort, anderenteils muß es notgedrungen etwas vorzeitig geerntet werden.

2. Manche Samen, insbesondere diejenigen mehrjähriger Pflanzen, scheinen eine Nachreife durchmachen zu müssen, während der sich dann die Pilze erst entwickeln. Stauden, Sträucher und Bäume keimen ja im allgemeinen nicht so schnell wie einjährige Pflanzen.

3. Bei einem Teil der Samen sorgt die halbgeöffnete Frucht für eine solche Nachreife bei einem so niedrigen Feuchtigkeitsgrad, der noch keine Keimung erlaubt. Ein Versuch, die notwendige Nachreife und damit die Entwicklung der Pilze künstlich herbeizuführen, indem man die Samen einige Tage bei ganz geringer Feuchtigkeit in einem Cellophanbeutel aufbewahrt, brachte bei *Colchicum autumnale* und *Plantago psyllium* sowie *Pulsatilla vulgaris*, den erwünschten Erfolg.

4. Die Art der Frucht ist entscheidend dafür, ob schon zu dem Zeitpunkt der vollen Ausbildung des Samens Pilze vorhanden sind oder ob sie sich erst später entwickeln. Man wird daher mit einigem Erfolg nach Samenpilzen suchen, wenn man eine Schließ- oder Spaltfrucht vor sich hat. Unter den Springfrüchten machen, wie bereits erwähnt, wahrscheinlich die Balg- und die Kapselfrüchte eine Nachreife an der Pflanze durch, sodaß sich hier die Entwicklung der Pilze

---

*) Derzeitige Anschrift: 507 Bergisch-Gladbach, Im Eichhölzchen 3, Deutsche Bundesrepublik.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.a

verzögern dürfte. Auch bei den Hülsen und Schoten trennt sich im Gegensatz zu den Karyopsen und Achänen die Fruchtschale, in der sich sonst die Samenpilze entwickeln, vom Samen. Dementsprechend muß die Entwicklung der Pilze in der Samenschale erfolgen. Es scheint jedoch, daß bei solchen Pflanzen eine Ersatzlösung vorhanden ist, auf die später eingegangen werden soll.

Methodische Schwierigkeiten

Zu den angegebenen Punkten, die bei der Untersuchung berücksichtigt werden müssen, kommen noch zwei technische Schwierigkeiten: Einmal ist ein Teil der Samen zu klein, als daß ein Abschaben von Untersuchungsmaterial möglich ist. Manchmal gelingt es dann, durch Zerdrücken und Durchsaugen von Wasser etwas von der Schicht freizulegen, in der man Hyphen vermutet (z. B. *Nicotiana tabacum, Papaver argemone, Orobanche crenata*). Zum anderen kommen zu harte Samen vor, die nach eigenen Erfahrungen keine Samenpilze besitzen, es sei denn, ihre Fruchtschale ist ganz oder teilweise saftig ausgebildet. Bei den meisten beerenartigen Früchten erfolgt die Entwicklung der Hyphen über „Hefestadien" (z. B. *Cucurbita melo, Ruscus aculeatus*).

Bei einiger Übung und Geduld wird man wenigstens einige im Pflanzengewebe verlaufende Hyphen unter Einschränkung der vorgenannten Bedingungen feststellen können. Seltener wird einem ein geschlossenes Pilzhäutchen wie bei den Gramineen begegnen, d. h. die Reste abgebauter Zellschichten mit Pilzhyphen. Als Beispiel kann das Präparat eines isolierten Stückes von *Chenopodium quinoa* dienen (Taf. I, 1). Man sieht hier, besonders an den Rändern, daß die Hyphen von einem Häutchen zusammengehalten werden. Das gleiche ist auch an einem Präparat von *Gladiolus edulis* erkennbar (Taf. I, 2). Die Tatsache, daß der gradlinige Verlauf der in Bildung begriffenen Hyphen durch die benachbarten Zellwände nicht gestört wird, deutet darauf, daß sich die Pilzfäden in einer nicht mehr sichtbaren abgebauten Schicht befinden. In anderen Fällen schienen sich jedoch, wie bei den Rinden, die Pilze innerhalb der Pflanzenzellen zu entwickeln (Taf. I, 3; vgl. hierzu Schwartz-Kraepelin 1967). Es gelang bisher bei etwa 100 Pflanzenarten aus 30 Familien, die auch in Deutschland heimische Pflanzen umfassen, Samenpilze nachzuweisen, sodaß man wohl berechtigt ist, von einem allgemeinen Prinzip zu sprechen.

In der vorliegenden Arbeit sollen nun verschiedene vom „Gramineentypus" abweichende Formen der Pilzentwicklung besprochen werden. Sicher ist damit die Anzahl der Sonderfälle noch nicht erschöpft; doch zeigen sie zumindest, daß es noch andere Möglichkeiten gibt. Allgemein betrachtet, können die Samenpilze in dreierlei Hinsicht von dieser Norm abweichen: 1. Im Ort ihrer Entwicklung, 2. in ihrem Nährsubstrat und 3. in ihrer Erscheinungsform.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.a

Besondere Lokalisation der Samenpilze

Bei der Spaltfrucht von *Ranunculus acer* erstarrt der gesamte Zellinhalt zu meist olivfarbenen Brocken. Auch die abgerundeten Oxalatdrusen, die sich in den Außenschichten befinden, sind hier durch teilweise Abschmelzung verändert. Die Hyphen der Samenpilze sind nur in den kleinen dornartigen Spitzen des Samens vorhanden. Vielleicht wäre es hier möglich, durch geeignete Maßnahmen auch die olivfarbenen Brocken als Pilze nachzuweisen, da hie und da rundliche Gebilde darin zu beobachten sind. Ein ähnliches Verhalten zeigt im übrigen *Anthriscus silvestris.*

Die Samen von *Succisella inflexa,* einer Dipsacacee, tragen an ihren Spitzen ein schirmartiges Köpfchen, das aus recht unregelmäßig angeordneten Zellen aufgebaut ist. Hier und nur hier ist eine starke Hyphenentwicklung festzustellen, die schließlich das ganze Gewebe ersetzen kann. Das mikroskopische Bild ist dann dem von der Hyphenentwicklung in Rinden sehr ähnlich.

Schließlich sei noch eine Umbellifere, *Angelica archangelica,* erwähnt, bei der sich die Hyphenbildung ebenfalls auf das apikale Fruchtende konzentriert. Auf den Doppelachänen sitzt hier eine kleine Kappe, die den Samenpilz beherbergt. Ohne erkennbare Verbindung damit sind außerdem noch die äußeren Schichten der Fruchtschale von Hyphen durchzogen.

Während die genannten Fälle Konzentrierung des Pilzes an der Samenspitze kennzeichnet, umschließt bei *Colchicum autumnale* das Gewebe, das die Hyphen enthält, das basale Ende. Bei noch nicht ganz abgeschlossener Reife ist es weißlich. In diesem Zustand enthält es noch reichlich Stärke. Nur ganz vereinzelt trifft man auf Samen, bei denen bereits Hyphen vorhanden sind (Taf. I, 4). Bei einer künstlichen Nachreife im Cellophanbeutel entwickelten sie sich jedoch recht gut; in Taf. I, 5 sind solche Anfänge zu erkennen. Die Stärke, welche hier von der Pflanze gespeichert ist, wird allmählich abgebaut und das übrige Gewebe aufgelöst. Das Zellmaterial wird für die Ernährung des kräftigen, im Endstadium braunen Pilzes verwandt.

In diese Gruppe einer abweichenden Lokalisation gehört auch *Malva moschata* mit ihren Spaltfrüchten. Hier liegt bekanntlich die restliche Fruchtschale als nicht ganz geschlossener Wulst um die Mitte des Samens. Die beiden Teile sind nicht ganz fest miteinander verbunden und können daher beim reifen Samen auseinanderfallen. Bei der untersuchten Samenprobe enthielt nur dieser Wulst den Samenpilz.

Bei den Leguminosen endlich, deren Fruchtschale sich vom eigentlichen Samen trennt, muß sich der Samenpilz in der Samenschale ausbilden. Die Speicherung der Nährstoffe, die für den Embryo bestimmt sind, wird nun ebenfalls weiter nach innen in die Kotyledonen verlegt und dadurch vom Bereich des Samenpilzes getrennt. Abweichend vom

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.a

üblichen Verhalten entwickeln sich hier die Pilze erst bei der Keimung. Wenn bei *Phaseolus* überhaupt Hyphen auftreten, so breiten sie sich als feines Mycel in dem lockeren Gewebe am Nabel aus. Hier ist aber auch gerade die Stelle, wo die für Leguminosen charakteristischen Schichten als harter Wulst zu finden sind. Er besteht aus einem Sternparenchym, dessen dickwandige Zellen einen braunen Plasmarest enthalten. Es handelt sich dabei um abgewandelte Epidermiszellen mit stundenglasförmigen Übergängen. Bei *Cicer* ist die harte Spitze des Samens von diesem Sternparenchym erfüllt. Beim Aufquellen wird die Cuticula bakteriell aufgelöst und die äußerste Epidermisschicht freigelegt. Die Zellen nehmen Wasser auf und verschleimen an ihrem apikalen Ende (*Phaseolus vulgaris* und *multiflorus*, *Pisum sativum*, *Vicia*-Arten, *Cicer*); eine pilzführende Schicht fehlt. In Erde entwickeln sich, nachdem die Samen gequollen sind, in dem Sternparenchym kräftige Hyphen, die sich später im ganzen Samen ausbreiten.

Es ist möglich, daß auch die Elaiosomen mit den Samenpilzen zusammenhängen. Allerdings waren bei *Chelidonium majus* beim Aufspringen der Früchte noch keine Pilze vorhanden. Sowohl bei Nachreifung als auch bei Objektträgerkultur entwickeln sich zwar braune Hyphen, doch war ein Zusammenhang mit den Elaiosomen nicht klar zu erkennen.

Gallerthüllen und Schleimhaare

Eine Gallerthülle, wie sie bei einer Reihe von Samen ausgebildet ist, stellt bereits teilweise abgebaute Zellschichten dar, da ja der Zellinhalt und zum Teil vielleicht auch die Zellwände aufgelöst sind. Bei vier *Plantago*-Arten (*P. lanceolata*, *media*, *major* und *psyllium*) konnten, allerdings nur bei sehr gut ausgereiften Samen, die gewohnten braunen Hyphen gefunden werden. Bei *Plantago psyllium* traten sie erst bei künstlicher Nachreife auf. Es handelt sich bei den Gallerthüllen allerdings nicht um längere Pilzfäden sondern um isolierte Hyphenstücke; Taf. II, 6 gibt eine entsprechende Entwicklung bei *Linum grandiflorum* wieder. Wie bei den Rindenpilzen folgen die sich bildenden Hyphen deutlich den zarten, in Auflösung begriffenen Zellwänden. Man kann die feinen Anfänge erkennen; später bräunen sich die Hyphen. Die Abbildung eines Ausschnittes aus der Schleimhülle von *Datura stramonium* (Taf. II, 7) zeigt in der Schleimmasse die noch schwachen Konturen sich entwickelnder Pilzfäden.

Wahrscheinlich haben auch die verschiedenen Schleimhaare eine gleiche Funktion wie die Gallerthüllen. Es wären hier beispielsweise die recht unterschiedlich gestalteten Formen von *Senecio vulgaris*, *Cuphea viscosissima*, *Ocimum basilicum*, *Polemonium coeruleum*, *Draba verna* und *Capsella bursa pastoris* zu nennen. Allerdings war es bisher nur in seltenen Fällen bei gekeimten Samen möglich, Pilze aufzufinden. Besonders hervorheben möchte ich *Ocimum basilicum*, dessen dicke

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.a

Schleimhaare anfänglich im Zentrum Stärke besitzen, die sich dann mit dem Altern und Verquellen der Haare verteilt (Taf. II, 8). In Analogie zu anderen Samen müßte die Stärke der Ernährung des Samenpilzes dienen.

Ein Nachweis der Beziehung zwischen inneren Schleimzellen und Hyphen gelang bei *Cnicus benedictus.* In Taf. II, 9 sind die ersten dünnen Hyphen an den Schleimzellen zu erkennen. Später verdicken sich diese und bilden eine geschlossene Pilzschicht. In unreifem Zustand, wenn noch keine Hyphen ausgebildet sind, tritt bei Wasserzusatz der Zellinhalt in schaumigen Blasen aus.

Ernährung der Samenpilze

Da ja die Samenpilze im allgemeinen unter der Epidermis entstehen und wachsen, müssen sie sich von den Stoffen ernähren, die sich in den äußeren Schichten von Frucht oder Samen befinden. Es ist daher nötig, die hier gespeicherten Reserven zu untersuchen. Wie bereits für einige Sorten von Weizen und Roggen festgestellt wurde, wird in dieser Zone manchmal Stärke abgelagert, die vom Embryo nicht verbraucht wird. Während sie bei bestimmten Samen (z. B. *Conium maculatum*) in großer Menge vorhanden sein kann, kommt sie bei den Liliifloren nach Angaben von Huber (1969) sowie eigenen Untersuchungen nur in unreifen und notreifen Samen vor. Sie wandelt sich bei der völligen Reife später in Öl um. Offensichtlich wird die Stärke schon vor der Entwicklung des Samenpilzes aufgelöst und das Material zu seinem Aufbau verbraucht. Das erklärt, warum sich in dieser Zone überhaupt Reservestoffe befinden, die ja bei der Keimung zurückbleiben und vom Embryo nicht ausgenützt werden können. Dies bedeutet aber auch, daß den Samenpilzen eine lebenswichtige Funktion zukommt. Taf. II, 10 zeigt die Entwicklung von Pilzfäden bei *Ixolirion montanum* in der Nähe eines großen Stärkekornes. Erwähnenswert scheint mir eine Beobachtung bei einer guten Saat von *Conium maculatum* zu sein: Entgegengesetzt zu zwei anderen Proben war hier sehr viel Stärke abgelagert. Die ersten Anfänge der Pilzentwicklung waren zartwandige Blasen mit lichtbrechenden Tröpfchen. Später erschienen dann die Hyphen (Taf. III, 11). Ein großer Teil der Blasen wurde jedoch inhaltsleer und ging offenbar zugrunde; meiner Ansicht nach haben sie die Funktion von „Verdauungszellen". Immerhin ist zu bedenken, daß sowohl die Stärke der benachbarten Schichten als auch das von der Pflanze produzierte Öl nicht unmittelbar aufgenommen werden können und daher eine Umwandlung notwendig sein könnte. Diese Auffassung stützt sich in erster Linie auf analoge Erscheinungen („Verdauungsamöben") bei Wasserpflanzen, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen werden soll.

Wie schon Netolitzky (1926) hervorhebt, besteht zwischen den beiden Geweben, in denen die Pilze zur Entwicklung kommen,

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

nämlich denen von Rinde und Same, eine große Ähnlichkeit. Diese beruht auf der Ablagerung von braunen Pigmenten, Kristallen und Harz sowie der Ausbildung von Netztracheiden. Wir können daher diese Substanzen bzw. Zellelemente in beiden Fällen ebenso wie die Stärke, die sich im Samen außerhalb des für den Embryo zugänglichen Endosperms befindet, als bereitgestelltes Nährsubstrat für die Pilze auffassen. Zu dieser Frage seien einige nähere Angaben gemacht:

Auffallend ist immer wieder die Beziehung des Samenpilzes zu braunen oder olivfarbenen Pigmenten. Wie für die Rindenpilze möchte ich auch hier annehmen, daß diese pflanzlichen Pigmente bei der Reifung der Pilze, die ja zu einer Bräunung führt, in die Hülle derselben eingebaut werden. Abweichend ist bei *Tropaeolum speciosissimum* anstelle eines braunen Pigmetes ein blauer Farbstoff eingelagert. Weiterhin findet man häufig wie in den Rinden, so auch in den Samen eine Kristallschicht. Sie könnte in irgendeinem Zusammenhang mit den Abbauvorgängen stehen. Es wäre dabei an eine eventuelle Konservierung von Enzymen in den Kristallen zu denken. Vielleicht handelt es sich aber auch um eine weitere Sicherung des Abbaues, denn ich konnte in der Rinde von *Ribes sanguinea* mehrere Kristalldrusen beobachten, an denen sehr kleine Pilzzellen unmittelbar ansaßen. Auch Harz wird entschieden als Reservestoff verwendet und bei der Bildung von Pilzen aufgelöst. Es ist darin ebenfalls das zum Aufbau der Hyphen notwendige braune Pigment enthalten. Die Harze liegen als rundliche Körper im Flügel des Samens und füllen oft die apikalen Randzellen vollständig aus. Die Pilze beginnen sich erst nach dem Öffnen der Zapfen zu entwickeln. Bei folgenden Samen konnte ich Pilze feststellen: *Pinus montana, P. silvestris, P. mugo* und *P. laricio* (Taf. III, 12) sowie *Pseudotsuga Douglasii* und *Larix europaea.*

Als letztes möchte ich auf die Netztracheiden hinweisen, die sich in immer wieder wechselnder Form in der Nähe der Samenpilzschicht befinden. Auch hierin besteht eine Analogie zu den Rinden. Bei *Nemesia strumosa* ist vermutlich der aus einer Zellage bestehende Rand selbst die Pilzschicht, wie das im übrigen wohl allgemein für geflügelte Samen bzw. Früchte zutrifft. Auch die für die Leguminosensamen charakteristische, mit vielen Namen belegte „Spulenschicht" möchte ich zu den Netztracheiden rechnen.

Die leicht verquellenden Wände der Netzracheiden stellen eine für den Samenpilz notwendige Reserve dar. Dies läßt sich gut bei *Crambe maritima* verfolgen, wo die Netztracheiden von sehr feinen und verästelten Hyphen durchzogen sind, während sich dickere Pilzfäden wie gewöhnlich unmittelbar unter der Epidermis befinden. Auch in den Rinden werden die Auflagerungen der Zellwände bei der Entwicklung der Pilze abgetragen und verbraucht.

Erwähnen möchte ich noch das Vorhandensein von halbabgebautem Chlorophyll in einer Schicht der Samenschale von *Cannabis sativa*

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.a

und *Cucurbita pepo*. Die benachbarte Schicht enthält Netztracheiden. Offenbar wiederholt sich bei *Cucurbita pepo* der gleiche Vorgang wie bei der Frucht, nämlich ein Zellabbau, der aber erst bei der Keimung vollendet wird. Er dient offenbar dazu, das Lösen und Herausschlüpfen des Keimlings zu erleichtern. Es ist möglich, daß sich auch in diesem Fall Hyphen entwickeln, da man, allerdings selten, schon im ruhenden Samen kleine Pilzfäden beobachten kann.

Samen mit Ölzellen

Verschiedene Samen haben in der Epidermis Ölzellen. Ihre Lage in diesen äußeren Schichten deutet an, daß sie nicht der Ernährung des Embryos dienen. Bei *Satureja hortensis* waren hier auch tatsächlich Hyphen vorhanden; Taf. III, 13 zeigt mehrere Ölzellen, von denen eine von Pilzfäden umwachsen ist.

Anders liegen die Verhältnisse offenbar bei *Veronica anthelmintica*, wo ich bisher keine Hyphen finden konnte. Es fiel dagegen bei diesen Samen die außerordentlich lebhafte Molekularbewegung in den verstreut liegenden Ölzellen auf, sowie sie mit Wasser in Berührung kamen. Die kleinen Teilchen können offenbar austreten und stellen eventuell einen Ersatz für den Samenpilz dar.

Einbeziehung des Pollens

Die eigenartigsten Fälle sind wohl diejenigen, bei denen eine Verbindung des Samenpilzes zu dem nicht zur Befruchtung gelangenden Pollen besteht. Dies trifft vor allem für die rote Rübe zu und in geringerem Maß für die anderen Varietäten von *Beta vulgaris*, die Futter- und Zuckerrübe. Schabt man die sogenannten „Samenknäuel" vorsichtig ab, so entdeckt man mehr oder weniger große Ansammlungen von einheitlichen *Beta*-Pollen. Er ist durch eine dünnhäutige Schicht verbunden, die hier als Pilzhäutchen aufgefaßt werden kann. Vielleicht geht diese Schicht auf das klebrige Gewebe zurück, das als Nektarium dient und an dem der Blütenstaub hängen bleibt. Es könnte sich dabei auch wie sonst beim Pilzhäutchen um einen vorangehenden teilweisen Abbau bestimmter Zellschichten handeln. Später, wenn dieses Häutchen aufgebraucht ist, bleibt der Pollen durch Hyphen zusammengehalten zurück (Taf. III, 14). Erst bei der Keimung wird dann auch der Pollen aufgelöst.

Sehr merkwürdig verhält sich *Carlina acaulis:* Obwohl hier eine räumliche Trennung von Same und Pilz vorliegt, zweifle ich nicht daran, daß es sich auch in diesem Fall um den Samenpilz handelt. Die absterbende Blütenkrone verklebt mit Stempel und Blütenstaubresten zu einem ziemlich festen Gebilde. Wie sonst bei den Samenpilzen entwickeln sich nun darin Hyphen, die sich von den Geweberesten ernähren und die Pollenkörner umwachsen und verbinden.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.a

Zu dieser Gruppe von Pflanzen, bei denen eine Beziehung zwischen Pilz und Pollen besteht, möchte ich noch *Valerianella olitoria* stellen. Untersucht man eine größere Anzahl von Samen, so fällt die große Unterschiedlichkeit auf: Neben den übliche braunen Hyphen kommen noch verschnörkelte Formen vor, die etwas dicker sind. Weiterhin runde braune Körper mit einer deutlichen Hülle (Taf. III, 15) und schließlich noch Pyknidien. Vereinzelt findet man auch noch braune oder farblose Dauerzellen mit lichtbrechedem Inhalt. Uns interessieren besonders die braunen Körper, weil sie vielleicht durch Umwandlung von Pollen entstanden sind. Taf. IV, 16 zeigt drei dieser Gebilde, bei denen mehr oder weniger deutlich noch die Zacken des Pollenkornes erkennbar sind. Auch hier verflechten sich Hyphen und Pollenkörner eng miteinander.

Abweichende Pilzformen und Bakterien

In allen Samen können wie bei den Rinden *Alternaria*-artige Konidien vorhanden sein. Auch ein- bis zweizellige ovale Sporen, die farblos oder braun sein können, sind dem Samenpilz zuzuordnen. Besonders große *Alternaria*-Formen enthielt eine Samenprobe von *Datura alba* (Taf. IV, 17).

Bei *Eremurus stenophyllus* waren keine „Schwärzepilze" vorhanden, sondern die auf Taf. IV, 18 dargestellten braunen Konidien. Sie entstehen in nächster Nachbarschaft einer Schicht, deren Zellen mit Raphiden angefüllt sind; im Bild sind diese durch die Präparation freigesetzt. Geht man dem Ursprung dieser Sporen nach, so findet man an den als Samenpilz dienenden Hyphen keulenförmige Anschwellungen, an denen die *Acremoniella*-Konidien gebildet werden. Sie stehen an kurzen dicken, etwas gebogenen Trägern, die sich an der Ansatzstelle der Sporen stark verjüngen, sodaß diese leicht abfallen. Welchem Pilz die Sporen bei *Capsicum annuum* zuzuordnen sind, konnte bisher nicht geklärt werden. Sie sind grau mit feinen hellen Linien (Taf. IV, 19). Ähnliche Sporenformen fand ich auch bei den Liliifloren *Eustrephus latifolius* und *Chinodoxa sardensis* sowie bei der Papaveracee *Argemone mexicana,* wo sie an kurzen Hyphen standen. Bei zwei Samen von *Colchicum autumnale* war zwischen normalen Hyphen ein Konidienstand von *Aspergillus;* auch kommt hie und da bei anderen Pflanzen ein Same vor, bei dem man *Penicillium*- oder *Mucor*-Sporen beobachten kann. Meine Vermutung geht dahin, daß es sich in diesen Fällen um nicht mehr keimfähige, bereits abgestorbene Samen handelt. Nach meinen Erfahrungen entwickeln sich typische „Schimmelpilze" ganz allgemein nur dann, wenn der natürliche Abbauvorgang durch irgendwelche innere oder äußere Einwirkung gestört und unterbrochen wurde. Bei acht Jahre altem Saatgut von Weizen wuchs z. B. außer einigen braunen Hyphen nur *Penicillium* in der Objektträger-Kultur.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.a

Bei den Samen zweier Pflanzen, nämlich *Fagara* spec. und *Cucurbita pepo* begegneten mir Bakterien neben braunen Hyphen. Wo sie sich im Samen genau befanden, war bei *Fagara* nicht zu ersehen, doch müssen sie wohl in Gruppen zusammegefaßt gewesen sein, was bei ihrer Ausbreitung in Wasser noch erkennbar war. Bei *Cucurbita* waren rundliche Kolonien vorhanden neben den normalen Pilzhyphen. Es ergibt sich nun die Frage, ob wir hier die Pforte zu suchen haben, durch die sich parasitäre Elemente in den Stoffwechsel der Pflanze einschleichen können, indem sie diejenigen Organellen besiedeln oder in ihrem Sinn umwandeln, die der Ernährung der Pflanze dienen. In seltenen Fällen trifft man auf einzelne oder gehäufte Fusarien mit erstarrtem Plasma (z. B. *Crambe maritima, Medicago prostrata*). Auch sie dürften als Anzeichen eines krankhaften Abbaues zu deuten sein.

Braune Fruchtkörper, die etwas herausragten, hatten sich an den Samen von *Thalictrium dipterocarpum* aus den sich unter der Epidermis hinziehenden Hyphen gebildet. Besonders instruktiv war eine Probe von *Crambe tatarica:* In das lockere Gewebe des Schötchens sind farblose Zellgruppen mit lichtbrechendem Inhalt eingelagert. Sie gleichen oft den „Trauben" der Rindenpilze. Taf. IV, 21 zeigt einen kleineren Komplex mit einigen noch nicht vollständig ausgebildeten Zellwänden, kurzen, sich gerade entwickelnden Hyphen sowie zwei dunkle Pigmentflecken. Außer diesen farblosen Zellen können daraus aber unter Aufnahme von braunem Pigment auch noch dickwandige *Alternaria*-artige Konidien entstehen, also mehr vom Typ *Stemphylium* (Taf. V, 24). Haben sie die eigentliche *Alternaria*-Form, so sind sie anscheinend an Hyphen entstanden. In Taf. V, 22 sind Hyphenanfänge im Geweberest zu erkennen. Bei ganz ausgereiften Samen ist das ganze pflanzliche Gewebe aufgelöst und durch Pilzelemente ersetzt.

In alten Samen von *Pinus* und *Larix* kann man ebenfalls hie und da kleinere oder große Algenanlagen beobachten. Wie bei den Rinden liegen sie meist etwas tiefer als die Pilzelemente (Taf. V, 23).

Nur bei einer sehr guten Probe von *Conium maculatum* waren unter etwa 40 untersuchten Samen zwei, bei denen sich außer Hyphen auch einige Algen befanden. Auch auf alten Staudenstengeln sind Algen und deren Entwicklungsformen weitaus seltener als bei den Rinden verholzter Gewächse.

Variabilität der Samenpilze

Interessant für die Frage der Veränderlichkeit der pilzführenden Zellschicht innerhalb nahe verwandter Pflanzen waren *Cucurbita pepo* und die verschiedenen davon abgeleiteten gärtnerischen Varietäten der „Zucchini" mit ihren kleineren Früchten. Bei *Cucurbita pepo* war die Gallerthülle reichlich mit Stärke versehen und enthielt bei den reifsten Samen dickere bräunliche Hyphen. Bei einer rein grünen Varietät durchzogen feine Hyphen unter der Epidermis die Gallerthülle, die

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.a

sehr wenig Stärke, einige Stützlamellen und die üblichen Pigmentkomplexe enthielt (Taf. V, 25). Eine hellere grüngestreifte Form besaß fast nur noch Stützlamellen. Die dritte Varietät endlich, mit gelb gestreiften Früchten, hatte ebenfalls nur Stützlamellen aber keine Sporen, was entweder mit dem natürlichen Reifegrad zusammenhängen konnte oder — und dies halte ich für wahrscheinlicher — auf eine erbbedingte Notreife zurückzuführen ist, worauf das vorzeitige Gelbwerden der Schale hindeutet. Das Gleiche gilt meines Erachtens auch für die anderen Unterschiede zwischen den Varietäten: Es besteht keine eigentliche Abwandlung der Samenpilze, sondern die verschiedene Ausbildung beruht viel eher darauf, daß die Entwicklung eine ungleich hohe Stufe erreicht. Darauf deutet die Tatsache hin, daß auch bei dem starkwüchsigen Kürbis sich anfangs zunächst feine Hyphen bilden können, wie sie bei den weniger wüchsigen „Zucchini" im reifen Zustand vorhanden sind.

Diskussion

Die Untersuchung von Stichproben aus Samen, die von verschiedenen Pflanzenarten stammten, ergab bei einer überwiegenden Mehrzahl die Anwesenheit von Pilzen. Soweit eine Beobachtung möglich war, verliefen die Hyphen in dem zu einem Häutchen abgebauten Rest einer bestimmten Zellschicht und folgten so dem „Graminen-Typ". Daneben traten jedoch mannigfache Abweichungen auf, die aber im Prinzip die Auffassung vom Wesen dieser Samenpilze nicht verändern, sondern lediglich erweitern. Es ergeben sich daher folgende Tatsachen:

1. Wie schon für Getreide festgestellt wurde, sind Pilzhyphen gerade in gesunden und ausgereiften Samen zu beobachten.
2. Bei eingehender Prüfung findet man, besonders in bestimmten Pflanzenfamilien (z. B. Umbelliferen), Hyphen bei einem hohen Prozentsatz der Samen.
3. In der Regel liegen die Pilzhyphen u n t e r der Epidermis.
4. Die Beschränkung der Hyphen auf eine bestimmte Schicht oder sogar auf eine bestimmte Region spricht für einen von der Pflanze vorgegebenen Entstehungsort.
5. Der Bildung von Hyphen geht der Abbau von Zellschichten voraus, der artspezifisch festgelegt und von der Pflanze gesteuert wird. Solche „zerdrückten" Schichten sind offenbar in allen Samentypen vorhanden.
6. Reservestoffe (Stärke, Öl, Harz, Wandsubstanzen), die für den Embryo nicht erreichbar sind und im Samenrest verbleiben, befinden sich an denjenigen Stellen, die für die Pilzentwicklung jeweils charakteristisch sind.
7. Pflanzliches braunes Pigment wird in die Zellwand der Pilze eingebaut.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.a

8. In den Fällen, in denen die ersten Anfänge der Hyphenbildung beobachtet werden konnten, entwickelten sich diese auf verschiedene Weise im pflanzlichen Material, jedoch höchstens sekundär aus Sporen.
9. Trotz der verschiedenen Varianten kann angenommen werden, daß es sich bei den Samenpilzen um ein allgemeines Prinzip handelt.

Zur Frage nach der Funktion der Pilze möchte ich die gleiche Hypothese zur Diskussion stellen wie im Fall der Rindenpilze. Sie liefe darauf hinaus, daß die Keimpflanze zur Stoffaufnahme aus dem Boden eigenes, in Pilze aufgelöstes Zellmaterial als Fermentspeicher nötig hätte. Im späteren Verlauf der pflanzlichen Entwicklung würden dann die abgestoßenen Wurzelhauben- und Rindenzellen sowie die absterbenden Wurzelhaare diese Funktion übernehmen. Der Vorgang fände dann bei den im Inneren verdauenden Tieren ein Analogon in der Darmflora. Auch hier werden ständig Körperzellen abgebaut, während andererseits eine spezifische Darmflora aufgebaut wird.

Zusammenfassung

Die vom Gramineen-Modell abweichenden Entwicklungsformen von Samenpilzen, wie sie bei anderen Pflanzen vorkommen, werden näher geschildert. Die Variationen erstrecken sich auf die Lokalisation, das Nährsubstrat sowie die äußeren Merkmale der Samenpilze. Die Bildung von Samenpilzen wird als allgemein gültiges Grundprinzip betrachtet und zu dessen Deutung die gleiche Hypothese aufgestellt wie im Fall der Rindenpilze.

Literatur

Huber, H., Die Sammelmerkmale und Verwandtschaftsverhältnisse der Liliifloren. Mitt. Bot. München **8**, p. 219, 1969.

Netolitzky, F., Anatomie der Angiospermen-Samen, Linsbauer Handbuch der Pflanzenanatomie, **X**, Gebr. Bornträger, Berlin 1926.

Schwartz-Kraepelin, H., Über das Vorkommen eines Pilzhäutchens in den Samen. Zschr. Naturforschg. **2 b**, p. 450, 1947.

— Vorkommen und Entwicklung von Pilzen und Algen in der Rinde. Sydowia, Ann. Mycol. Ser. II, **21**, p. 77, 1967.

— Zum Problem der Samenpilze und ihrer Entstehung. Sydowia, Ann. Mycol. Ser. II, **22**, p. 254, 1968 (1969).

Erläuterungen zu den Tafeln

Tafel I: Fig. 1 Samenbildung von *Chenopodium quinoa*. — 2 Hyphenbildung bei Samen von *Gladiolus edulis*. — 3 Intrazelluläre Bildung von „Hefeformen" bei Samen von *Angelica archangelica*. — 4 Pilzhyphen in der Stärkeschicht bei Samen von *Colchicum autumnale*. — 5 Hyphenanfänge nach künstlicher Nachreife bei *Colchicum autumnale*.

Tafel II: Fig. 6 Hyphenbildung in der Schleimhülle von *Lilium grandiflorum*. — 7 Hyphenanfänge im Schleimgewebe aus Samen von *Datura stra-*

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

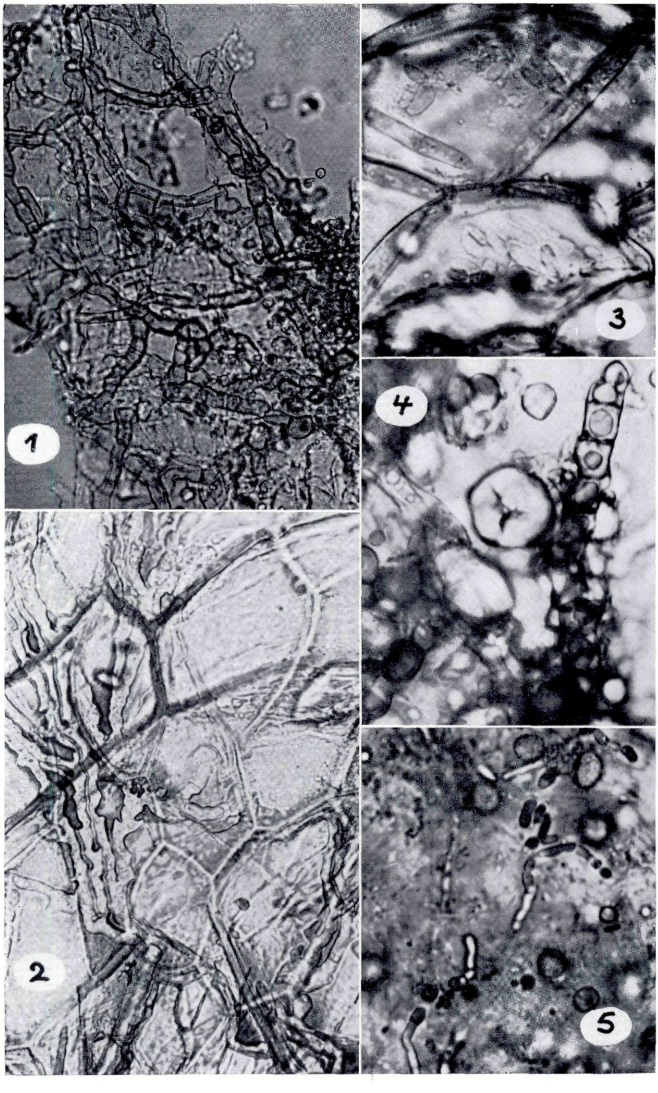
monium. — 8 Schleimhaare von *Ocimum basilicum* mit eingelagerten Stärkekörnern und Hyphen. — 9 Zusammengeschlossenes Schleimgewebe mit Samenpilz aus fast vollreifen Samen von *Cnicus benedictus*. — 10 Pilzschicht mit dicken grünlichen Hyphen (rechts unten ein Stärkekorn) aus Samen von *Ixolirion montanum*.

Fig. III: Fig. 11 Anfänge des Samenpilzes (farblos mit lichtbrechenden Einschlüssen) von *Conium maculatum*. — 12 Samenflügel von *Pinus laricio* mit Hyphen und Harzkugeln. — 13 Ölzellen von *Satureja hortensis* mit Hyphen. — 14 Verklebte Komplexe aus dem Samenpilz von *Beta spec.* mit *Beta*-Pollen. — 15 Braune Körper von *Valerianella olitoria*.

Tafel IV: Fig. 16 Dasselbe Objekt wie Fig. 15, die Oberflächenstruktur des Pollens erkennbar. — 17 Sehr große *Alternaria*-artige Konidien von *Datura alba*. — 18 Gelbbraune Sporen (*Acremoniella*) und Raphiden von *Eremurus stenophyllus*. — 19 Strukturierte Sporen aus einem Präparat von *Capsicum annuum*. — 20 Komplex von Pilzzellen, der möglicherweise in *Alternaria* übergeht aus *Crambe tatarica*. — 21 Anlage von Pilzzellen, die vermutlich in *Alternaria* übergeht mit deutlich erkennbaren Pigmenttropfen aus *Crambe tatarica*.

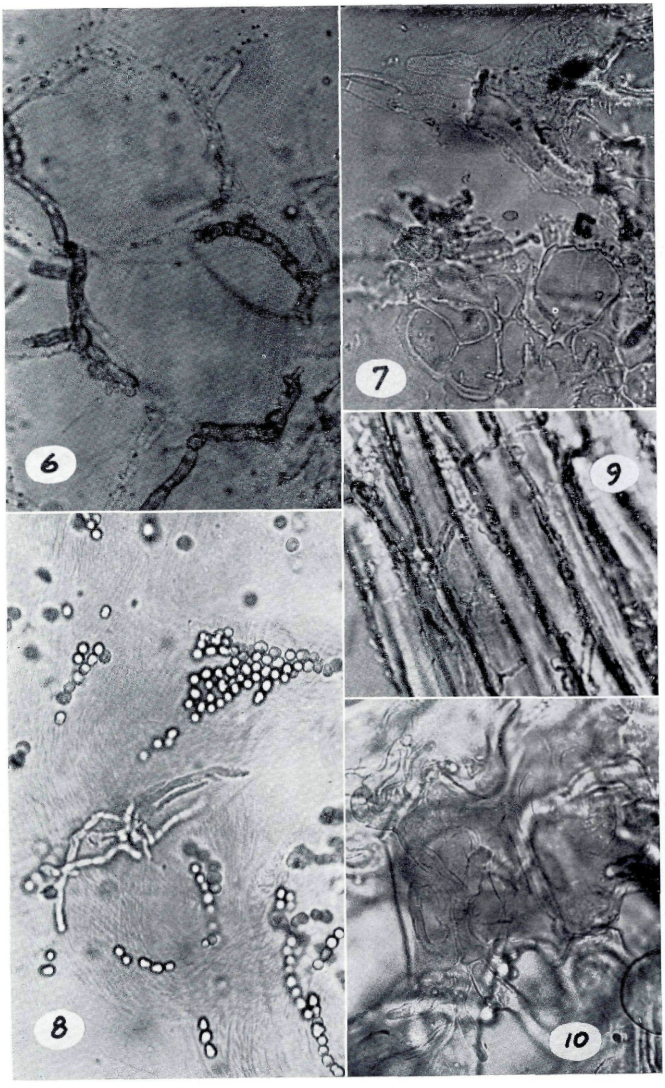
Tafel V: Fig. 22 Anlage intrazellulärer Pilzentwicklung bei *Crambe tatarica*. — 23 Pilzkonidien und farblose Algenanlagen in tieferer Zellschicht bei *Pinus silvestris*. — 24 *Stemphylium*-artige Sporen bei *Crambe tatatrica*. — 25 Pigmentkörper, restliche Stärkekörner sowie feine Pilzhyphen bei *Cucurbita pepo* („grüne Zucchini") — 26 Schleimschicht mit sehr viel Stützlamellen, hefeförmigen Sporen und Hyphen in Kodienbildung begriffen („gestreifte Zucchini").

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.a



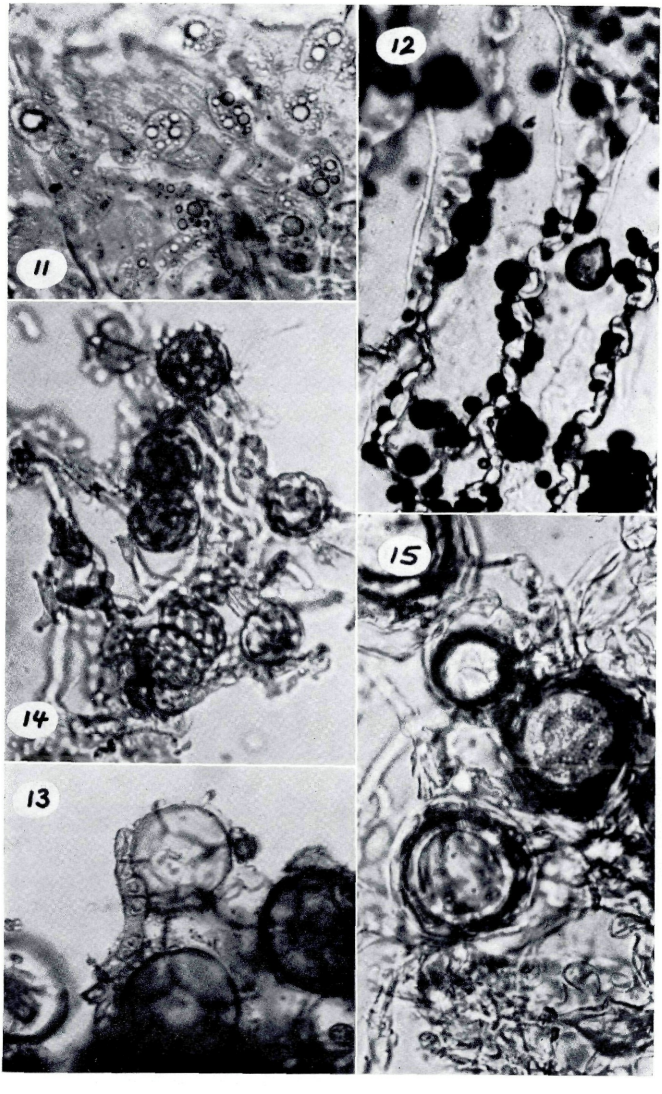
©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.a

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.a



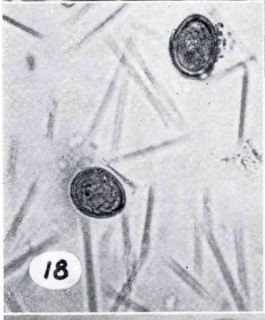
©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.a

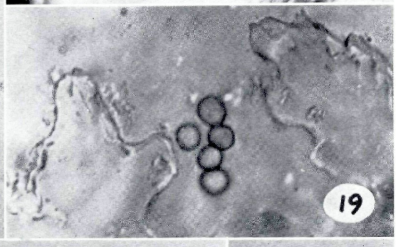
©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

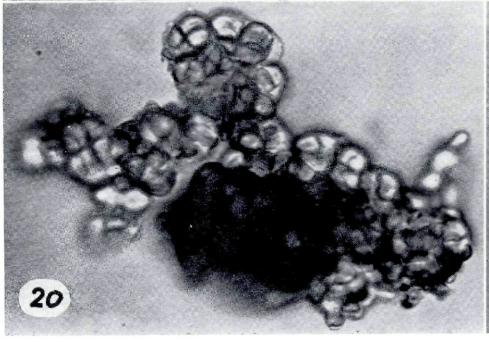


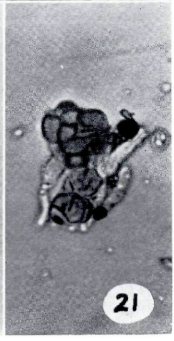
©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.a

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at



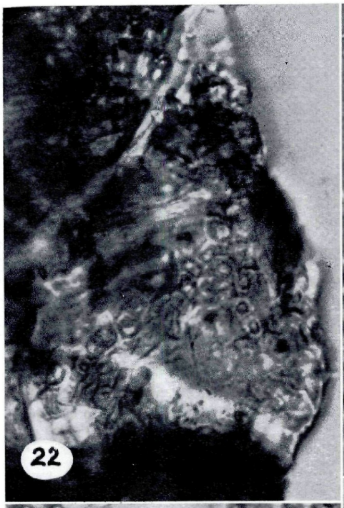


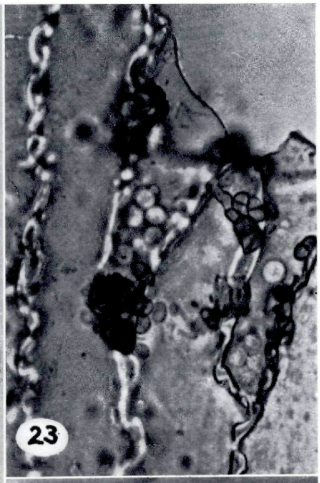


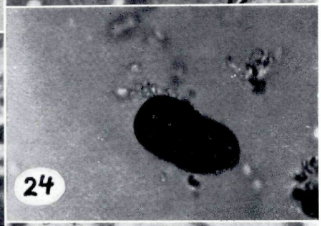


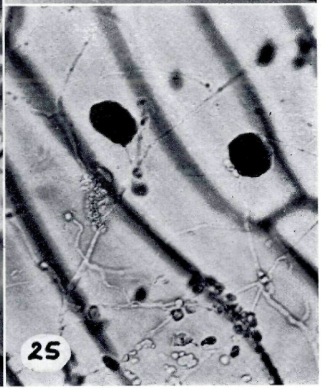
©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.a

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at









ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sydowia

Jahr/Year: 1971/1972

Band/Volume: 25

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

Artikel/Article: Sonderfälle von Samenpilzen. 35-46