

Sclerotinia Libertiana Fuckel als Schädiger von Wurzelfrüchten.

Von

Dr. Otto Appel,
Regierungsrat.

und

Dr. Werner Friedrich Bruck,
früher Hilfsarbeiter in der Kaiserl. Biologischen Anstalt.

Mit 10 Abbildungen.

Einleitung.

Unter der Zahl der Krankheitserreger der im Keller lagernden Wurzelfrüchte spielt *Sclerotinia Libertiana* Fuck. eine große Rolle. Dieser Parasit befällt nicht nur vereinzelte Exemplare von Rüben, Möhren u. dergl., vielmehr kann sein Auftreten zuweilen epidemischen Charakter annehmen. Eine derartige Kellerepidemie konnte mehrere Jahre hindurch beobachtet werden. Hierbei zeigte sich der Pilz garnicht wählerisch in der Auslese der Objekte, die er befiel. Auf Rüben verschiedener Sorte, auf Petersilienwurzeln, Sellerie- und Schwarzwurzeln trafen wir ihn an, nur die gesunde, lebenskräftige Kartoffel blieb von ihm verschont.

Ein weit erhöhtes Interesse gewannen diese Beobachtungen dadurch, daß auch bei einem Versuche mit verschieden angelegten Rübenmieten sich der Pilz als einer der hauptsächlichsten Schädlinge erwies.

Schon seit langer Zeit ist *Sclerotinia Libertiana* dem Pilzforscher wie dem Pathologen bekannt. Die Morphologie und Anatomie des Pilzes hat besonders Brefeld¹⁾ in eingehender Weise untersucht; den Arbeiten de Barys²⁾ verdanken wir ein abgerundetes Bild über die physiologischen Einwirkungen des Pilzes auf den Pflanzenkörper.

Die Aufgabe unserer Untersuchungen war es daher, besonders die Einflüsse zu verfolgen, denen landwirtschaftliche Kulturgewächse durch die *Sclerotinia Libertiana* ausgesetzt sind. Es kommen dabei hauptsächlich eingekellerte und eingemietete Wurzelfrüchte in Betracht; wir werden aber sehen, daß auch auf dem Felde schon Schäden entstehen können, die bisher viel zu wenig beachtet worden sind. Wenn diese letzteren auch nur selten den Charakter einer Epidemie annehmen, so haben

¹⁾ O. Brefeld, Schimmelpilze IV und X.

²⁾ de Bary, Botan. Ztg. Jahrg. 44. 1886. S. 377 ff.

sie doch dadurch eine gewisse Bedeutung, als die erkrankten Exemplare den Ausgangspunkt für Mieten- und Kellerinfektionen bilden.

Außerdem waren wir bemüht die verschiedenen Ansichten, die in der Literatur über die Biologie des Pilzes vertreten sind, auf Grund eigener Anschauung und eigener Versuche zu klären.

Zum besseren Verständnisse dieser strittigen Fragen ist es notwendig, zunächst in aller Kürze auf den Entwicklungsgang unseres Pilzes einzugehen.

I. Untersuchungen über den Pilz.

Sclerotinia Libertiana Fuckel, zu der in der Literatur *Peziza Sclerotiorum* Libert, *P. Kauffmanniana* Tichomiroff, *Ruhstroemia homocarpa* Karsten, *Sclerotium compactum* DC. gezogen werden, ist ein Pilz, der sich sowohl durch sein üppig wucherndes Mycel, als auch durch seine sehr zahlreichen Ascosporen leicht verbreitet und der in seinen Sklerotien ein Mittel besitzt, jahrelang ungünstige Verhältnisse zu überdauern. Diese Sklerotien sind 0,5—3 cm lang und 0,3—1 cm breit, sehr unregelmäßig, meist runzelig und schwarz. Aus ihnen entwickeln sich unter den verschiedensten Bedingungen leicht zahlreiche Apothecien, die auf einem 1—3 cm langen cylindrischen, von einem engen Kanal durchzogenen Stiel je eine trompetenförmige, mehr oder weniger ausgebreitete, oft wellig gekrümmte Scheibe tragen.

Die den Stiel durchziehende Röhre gilt als eines der hauptsächlichsten Artmerkmale, ob mit Recht muß jedoch bei der derzeit noch wenig vollkommenen Kenntnis der Sclerotinien noch dahin gestellt bleiben. Diese Röhre erweitert sich trichterförmig bis zu einer Weite von 4—10 mm und geht dann in die Scheibe über, in der sich die Schläuche und Paraphysen in der für die Discomyceten bekannten Anordnung befinden. Die Asci haben eine Länge von 130—135 μ und eine Breite von 8—10 μ ; die ovalen bis elliptischen, gewöhnlich in Achtszahl vorhandenen Sporen sind 9—13 μ lang und 4—6,5 μ breit. De Bary¹⁾ weist schon mit Recht darauf hin, daß auf Schnittpräparaten in Alkohol die Größenzahlen entsprechend kleiner ausfallen. Die eben angeführten Größenzahlen und anderen Artmerkmale des Pilzes, welche mit den Angaben aus den Originaluntersuchungen de Barys, Brefelds und Franks²⁾ und den Sammelwerken von Saccardo und Rabenhorst übereinstimmen, gaben uns die Gewißheit, daß der von uns zu den folgenden Untersuchungen benutzte Pilz *Sclerotinia Libertiana* Fuck. ist. —

Finden die erwähnten Askosporen einen geeigneten Nährboden, so keimen sie bald aus. Bei Keimungsversuchen im hängenden Tropfen konnten wir die Angaben de Barys³⁾ bestätigen, daß in Wasser nur einige wenige Hyphen zur Entwicklung gelangen, und auch diese bald ihr Wachstum einstellen. In Nährlösungen dagegen kommt es zu einem üppigen, dichten Mycelwachstum. Wir verwerteten diese Kenntnis besonders bei unseren Infektionsversuchen. Die Objektträger, welche wir zum Auf-

¹⁾ de Bary a. a. O. S. 380.

²⁾ Die Literatur findet sich angegeben S. 193.

³⁾ de Bary a. a. O. S. 380/81.

fangen der Askosporen benutzen, bestrichen wir vorher mit sterilisierter Nährlösung. Der Erfolg war durchweg ein viel sichererer, als bei der Verimpfung von Sporen, die in einem Wassertropfen aufgefangen worden waren. Die Gründe dieser Erscheinung ergeben sich ohne weiteres aus dem bekannten physiologischen Verhalten des Pilzes.

Was Morphologie und Wachstum des Mycels anbelangt ist hier den Untersuchungen de Barys nichts Neues hinzuzufügen. Die farblosen Mycelfäden sind lebhaft verzweigt, von cylindrischer Form und bestehen aus verschiedenen langen Zellen. Sobald einzelne Mycelzweige auf irgend eine konsistentere Widerlage stoßen, beobachteten wir die bereits von Brefeld und de Bary beschriebenen Haftbüschel. (Vergl. Abb. 1.)

Nach einiger Zeit entwickeln sich hierauf die Sklerotien, auf die später noch öfters zurückgekommen wird. Aus ihnen können nun wiederum die Apothecien hervordringen und der Entwicklungsgang beginnt von neuem. —

An dem gesunden, lebenskräftigen Mycel konnten weder auf natürlichen noch auf künstlichen Nährböden Konidienabschnürungen gefunden werden. Auf Rüben aber, auf denen sich bereits mehrere Wochen hindurch Mycel entwickelt hatte und an den Wandungen von Reagensgläsern, in denen das Mycel bereits längere Zeit auf Birnenschnitzeln, Kirschsaftegelatine und anderen sterilisierten Substraten gewachsen war, konnten wir Erscheinungen begegnen, wie sie Brefeld¹⁾ zuerst bei *Peziza tuberosa*, dann aber auch bei *Scl. Libertiana* gesehen hat. In solchen

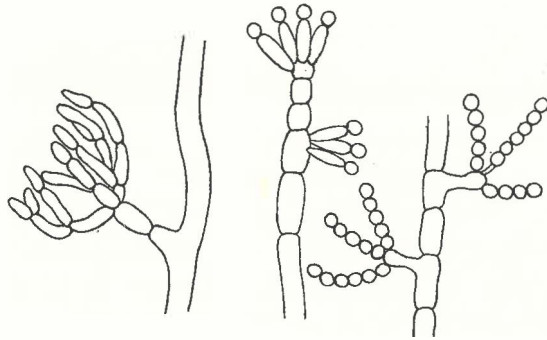


Abb. 1—3.

Fällen verkürzen sich zunächst die Glieder des Mycels und aus der Endzelle, häufig aber auch an anderen gegen das Ende des Mycelfadens zu gelegenen Zellen kommen meist mehrere flaschenförmige Sterigmen hervor, an deren Spitze kleine Kugeln sich abschnüren. (Abb. 2.) Seltener werden ganz analoge Zellen in Ketten an kurzen Seitenzweigen des Mycels entwickelt. (Abb. 3.) Brefeld sieht diese Bildungen für Konidien an. In ihrer Entstehung haben sie zweifellos auch große Ähnlichkeit mit Konidien, aber es fehlt ihnen ein biologisches Hauptmoment dieser Verbreitungsform, nämlich die leichte Keimfähigkeit. Die Deutung als Konidien muß daher so lange als fraglich erscheinen, bis es gelingt, diese Gebilde zur Keimung zu bringen.

Ganz analoge Bildungen haben dann auch Humphrey²⁾ und Woronin³⁾ bei *Sclerotinia fructigena* und Aderhold und Ruhland⁴⁾ außer bei diesen auch bei

¹⁾ a. a. O. IV. S. 113.

²⁾ Bot. Gaz. Bd. XVIII (1893). S. 85.

³⁾ Memoires de l'Acad. impér. des sciences de St. Petersburg. Bd. X. No. 5 (1900).

⁴⁾ Arbeiten der Biologischen Abteilung am Kaiserlichen Gesundheitsamt. Bd. IV. Heft 5 (1905).

Scl. laxa gefunden. Allen diesen Autoren ist es nicht gelungen, sie zur Keimung zu bringen und auch wir haben uns vergeblich bemüht, dies durch Anwendung der verschiedensten Mittel zu erreichen. Ob nun bei der von uns ausschließlich durch Hunger erzwungenen Entwicklung ein Ernährungsmoment zur völligen biologischen Reife fehlt, oder ob sie nur ganz besonderer Bedingungen zur Keimung bedürfen, muß noch dahin gestellt bleiben.

Bemerkenswert ist, daß die „Mikrokonidien“ von *Scl. fructigena* und *laxa* schon bei oder bald nach der Keimung der Askosporen sich entwickeln, aber auch diese Erscheinung kann zwanglos als Hunger nach einem bestimmten, fehlenden Nährstoff angesehen werden.

Auf einem künstlichen Nährboden (Kirschsaffgelatine) wurden gelegentlich innerhalb der Membran des Sclerotiniamycels Bildungen beobachtet, die als intracellulare Konidien angesprochen werden könnten. An älteren Mycelfäden, die am Rande einer Reagensröhre gewachsen waren, ließen sich nämlich innerhalb der Membran Kontraktionen des Protoplasmas auffinden, welche die Form von Trägern

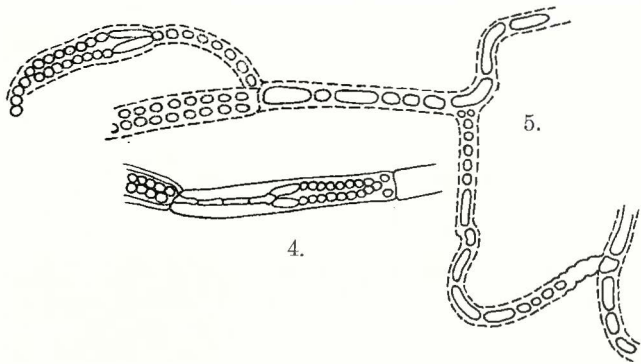


Abb. 4 u. 5.

besaßen. An diesen Trägern fanden sich zum Teil direkt, zum Teil an Sterigmen konidienartige Abschnürungen. (Vergl. Abb. 4.) Auch kam es vor, daß die Membranen in der Auflösung begriffen waren und die eben beschriebenen Bildungen frei hervortraten (Abb. 5).

Derartige Durchwachsungen an Pilzmycelien sind

bereits in der Literatur bekannt, und es ist interessant, daß derartige Beobachtungen auch an einem mit unserer Sclerotinia nahe verwandten Pilze, nämlich *Botrytis cinerea*, gemacht worden sind.

Lindner¹⁾ sagt hierüber: „*Botrytis cinerea* besitzt die Eigentümlichkeit hin und wieder bei Kulturen Organe zu entwickeln, die als Spermarien bezeichnet worden sind. Dieselben werden gewöhnlich von besonderen Sterigmen abgeschnürt, die meist büschelweise vereinigt, selten vereinzelt auftreten. In Fig. 13 sehen wir solche Sterigmen mit den Spermarien seitlich aus dem Mycelfaden hervorgehen.²⁾ Innerhalb des Mycelfadens erscheinen hier aber ebenfalls ähnliche Bildungen. Wir haben hier einen analogen Fall wie bei *Chaetomium*, wo der Durchwachsungsschlauch zum Konidienträger wird, nur ist hier die Bildung der Spermarien schon innerhalb des Mycelfadens erfolgt.“

¹⁾ Bericht der deutschen botanischen Gesellschaft. Bd. V. 1887. S. 160. Über Durchwachsungen an Pilzmycelien. Mit Tafel VII.

²⁾ Hier handelt es sich um dieselben Konidienformen wie bei Tulasne, Brefeld, Woronin.

Auch Lindner beobachtete hier bereits, daß sich die Membranen der durchwachsenen Zellen nach kurzer Zeit auflösten und auf diese Weise den Durchwachsungsschlauch freilegten.

Neuerdings haben zwei französische Forscher: J. Beauverie und A. Guillermond¹⁾ diese Beobachtung von neuem gemacht, augenscheinlich ohne die Angaben Lindners zu kennen. Sie bezeichnen diese konidienähnlichen Bildungen als „Botrytis interne“, haben aber auch keinen Beweis dafür erbringen können, daß diese Formen biologisch als wirkliche Konidien aufgefaßt werden können.

Aus diesen Untersuchungen an Botrytis und denjenigen Brefelds an Sclerotinia Libertiana und Sclerotinia tuberosa geht deutlich hervor, daß die Bildung dieser konidienähnlichen Abschnürungen erst dann einzutreten vermag, wenn die Mycelfäden ein gewisses Alter erreicht haben und das Nährsubstrat völlig erschöpft ist. Danach sind sowohl die außerhalb von Mycelfäden an Sterigmen als auch die als „Botrytis interne“ innerhalb alternder Fäden an Durchwachsungsschläuchen vorkommenden Abschnürungen Hungerbildungen.

Die Ähnlichkeit des Verhaltens der Mycelien unserer Sclerotinia und der Botrytis cinerea ist um so interessanter, als schon wiederholt versucht worden ist, diese beiden in einen genetischen Zusammenhang zu bringen. Am hartnäckigsten hat Frank die Anschauung verfochten, daß die bekannte Botrytis cinerea eine Konidienform der Sclerotinia Libertiana sei.²⁾

Im Juli des Jahres 1879 hatte nämlich Frank in der Umgebung von Leipzig eine Infektion des Rapses mit Sclerotinia beobachten können. Zweifellos ist nach den Angaben Franks der die Krankheit hervorrufende Pilz mit dem zu unseren Untersuchungen benutzten (Sclerotinia Libertiana) identisch. Frank konnte das Mycelwachstum dieses Pilzes und sein Eindringen in die Rapspflanzen genau verfolgen. Er beschreibt ausführlich die Bildung der Sklerotien in den Rapsstengeln und berichtet weiter, daß er aus diesen Apothecien gezogen habe, deren Ascussporen er zu weiteren Infektionen benutzt hat. Außer diesen Formen hat aber Frank noch die Botrytisfruktifikation beobachtet. Er schreibt darüber:³⁾ „Auf der Oberhaut des erkrankten Teils treibt er (Sclerotinia) nicht selten seine Fruchträger hervor, welche hier in Form eines graubraunen Schimmels erscheinen, der unter dem Namen Botrytis bekannt ist.“ Bereits de Bary bezweifelte diese Behauptung Franks von der Zusammengehörigkeit der beiden Pilze, worauf wir noch an anderer Stelle zurückkommen.

Diesem Einwand hat dann Frank in seiner Bearbeitung der Synopsis von

¹⁾ Bakteriologisches Centralblatt. II. Teil. Bd. X. 1903. S. 314/15.

²⁾ A. B. Frank in „Pflanzenkrankheiten“ (Encyclopädie der Naturwissenschaften. I. Bd. Breslau 1880). S. 485.

A. B. Frank in seinem Handbuch „Die Krankheiten der Pflanzen“. Breslau 1881. S. 530—538.

A. B. Frank in „Fühlings Landwirtschaftlicher Zeitung“. Jahrg. 1881.

A. B. Frank, Die Krankheiten der Pflanze. 2. Aufl. Bd. II. Breslau 1896. S. 493.

³⁾ a. a. O. (Fühling usw.) 1881. Separatum S. 2.

Leunis¹⁾ in der Weise Rechnung getragen, daß er seine Untersuchungen über den Rapskrebs auf *Sclerotinia Fuckeliana* bezog und dieser *Scl. Libertiana* als Synonym beifügte. Später aber kehrte er, ohne nähere Angaben über den Grund zu machen, wieder zu seiner ursprünglichen Auffassung zurück. Daher kommt es, daß dieselben Abbildungen von Frank einmal²⁾ für *Scl. Fuckeliana*, ein andermal³⁾ für *Scl. Libertiana* gegeben werden.

Auch in seinem letzten Werke⁴⁾ hält Frank noch an der Auffassung fest, daß zu *Scl. Libertiana* *Botrytis cinerea* als Konidienform gehöre.

Eidam,⁵⁾ der eine *Botrytis* mit Sklerotien auf Lupinenstengeln beobachtete, konnte niemals Apothecien aus diesen erhalten, dagegen glaubt er, *Botrytis* direkt aus ihnen hervorzuwachsen gesehen zu haben. Auch Kießling⁶⁾ berichtet nichts darüber, daß es ihm gelungen sei, Apothecien zu erhalten.

Andererseits haben Pirotta⁷⁾ und in neuester Zeit Istvánffy⁸⁾ den Beweis geführt, daß zu *Sclerotinia Fuckeliana* eine *Botrytis* gehört.

Diese in der Literatur herrschende Unsicherheit veranlaßte uns zu einer Reihe von Versuchen über eine etwaige Zusammengehörigkeit von *Sclerotinia Libertiana* mit einer *Botrytis*-Form.

Trotz den häufig recht augenfälligen Verschiedenheiten der Sklerotien beider Pilze, schien es uns doch wünschenswert zu Kulturversuchen nur solche Sklerotien zu benutzen, deren Ursprung uns genau bekannt war. Wir zogen daher das nötige Material aus den Schlauchsporen von *Scl. Libertiana* einerseits und *Botrytis cinerea* andererseits.

In je einer Gewächshauszelle wurden zwei verschiedene Serien von Topfschalen aufgestellt, je 12 an Zahl. In die Schalen der ersten Serie wurden auf Lauberde $\frac{1}{4}$ cm unter der Oberfläche Sklerotien von *Sclerotinia Libertiana* ausgesät. Ein Teil dieser Sklerotien stammte von einer *Sclerotinia*, die auf Rüben geimpft, nach ca. 8 bis 10 Tagen reichliches Mycelwachstum und Sklerotienbildung gezeigt hatte und nachher $\frac{3}{4}$ Jahr im Laboratorium aufgehoben worden war. Der andere Teil wurde direkt von Rüben entnommen, welche kurz vorher mit Askussporen der *Sclerotinia Libertiana* geimpft worden waren. Die Aussaat der Sklerotien in die Topfschalen erfolgte im September. Schon nach 2 Monaten wuchsen aus den Sklerotien die bereits oben erwähnten Becherfrüchte mit den charakteristischen trichterförmigen Einsenkungen heraus.

¹⁾ Leunis, Synopsis der Pflanzenkunde. 3. Aufl. Hannover 1886. Bd. III. S. 378.

²⁾ Leunis, Fig. 101 u. 118.

³⁾ Frank, Pflanzenkrankheiten. Fig. 90, 91 u. 92.

⁴⁾ Frank, Kampfbuch gegen die Schädlinge unserer Feldfrüchte. Berlin 1897. S. 276 ff.

⁵⁾ Eidam, Kulturversuche der Lupinensklerotien. Schles. Ges. f. vaterl. Kultur. Jahrg. 1877. Bd. 55. 1878. S. 149 ff.

⁶⁾ Kießling, Zur Biologie der *Botrytis cinerea*. Hedwigia. 1889. S. 227 ff.

⁷⁾ Pirotta, Sulla sviluppo della *Peziza Fuckeliana* de Bary e della *P. Sclerotiorum* Lib. Nuovo Giorn. Bot. Ital. XIII. 1882. No. 2.

⁸⁾ Istvánffy, Etudes microbiologiques et mycologiques sur le rot gris de la vigne (*Botrytis cinerea*-*Sclerotinia Fuckeliana*). Annales de l'institut central ampélogique royal hongrois. Tome III. Livr. 4. 1905.

In die zweite Serie Topfschalen wurden genau unter denselben Bedingungen wie bei der *Sclerotinia Libertiana* Sklerotien der *Botrytis cinerea* ausgesät, welche direkt Rüben entnommen waren, die mit diesem Pilze geimpft waren. Während nach 7 Monaten (im April) noch immer neu hervorwachsende Apothecien der *Sclerotinia Libertiana* beobachtet werden konnten, ließen sich an keinem der mit *Botrytis*-sklerotien angefüllten Topfschalen irgend welche Spuren einer Becherfruchtbildung wahrnehmen.

Ebensowenig ist es uns gelungen in Topfschalen mit *Botrytis*-sklerotien, die teils im Freien (auch im strengsten Winter), teils im Laboratorium, teils in verschiedenen temperierten Zellen aufgestellt waren, jemals *Botrytis*-apothecien zu beobachten.

Unsere Resultate bestätigten sich ferner als wir mit Reinkulturen arbeiteten. Es wurden hierbei die verschiedensten Unterlagen, Fruchtsäfte und Nährlösungen benutzt. Die Kulturen von *Sclerotinia Libertiana*, gleichgültig ob sie aus Mycel oder Ascussporen hervorgegangen waren, entwickelten ein reiches Mycel, das später Sklerotien bildete, welche wieder ausgelegt, nach 2—3 Monaten Apothecien lieferten. Niemals aber haben wir bei diesen Reinkulturen eine *Botrytis*-fruktifikation beobachten können.

Ferner wurde noch auf sterilisierten Fruchtsäften (Kirsche, Birne, Melone, Kürbis, Zwetschen), Brot usw. die *Botrytis cinerea* rein gezogen. Mit der Zeit entwickelten sich aus diesem *Botrytis*-mycel Sklerotien. Aus diesen, die wiederum unter den verschiedensten Bedingungen in Erde ausgesät, stehen gelassen wurden, konnten selbst, nachdem sie 14 Monat zugebracht hatten, nirgends Becherfrüchte beobachtet werden.

Ferner haben auch sämtliche bei unseren später beschriebenen *Sclerotinia*-Infektionsversuchen verwandten Wurzelfrüchte niemals *Botrytis*-fruktifikation gezeigt.

Nach diesen unseren Untersuchungen bei denen wir also:

1. Sklerotien beider Pilze von vorher bekanntem Ausgangsmaterial unter denselben Bedingungen in Lauberde ausgesät hatten, und nur bei *Sclerotinia Libertiana* Becherfrüchte erhielten; andererseits aber von Sklerotien, welche Reinkulturen von *Botrytis cinerea* entstammten, niemals Apothecien fanden;
2. auf Reinkulturen der *Sclerotinia Libertiana* niemals *Botrytis*-fruktifikation, aber von diesen stammenden ausgelegten Sklerotien Becherfrüchte zogen;
3. auch Impfungen an über 100 eingetopften Wurzelfrüchten diese Ergebnisse bestätigten

glauben wir uns der de Bary'schen Ansicht anschließen zu müssen, nach welcher zu der *Sclerotinia Libertiana* Fuckel der als *Botrytis cinerea* beschriebene Pilz als Konidienform nicht gehört.¹⁾

¹⁾ Auffallend ist bei dem Ergebnisse der Versuche aber noch etwas anderes. Wir haben aus Sklerotien von *Botrytis cinerea*, die an Ribesstecklingen spontan aufgetreten war und zu den Versuchen herangezogen wurde, niemals Apothecien erhalten. Diese *Botrytis* war im Laufe der Untersuchungen auf den verschiedensten Nährböden gezogen worden; es waren dabei nicht nur künstliche Unterlagen, sondern auch die verschiedensten Pflanzenarten berücksichtigt worden, auch waren sie unter den aller- verschiedensten Bedingungen gehalten. Ganz ähnlich verhält sich auch eine *Botrytis* von Galan-

II. Untersuchungen mit verschiedenen Nährpflanzen.

Zu diesen Untersuchungen wurden von erkranktem Material Reinimpfungen auf den verschiedensten bereits erwähnten Nährböden vorgenommen. Bald hatte sich auf letzteren reichliches Mycel der *Sclerotinia* gebildet, das wir zur Infektion auf lebendem Material verwerteten. In erster Linie wurden aber zu den Infektionsversuchen Askosporen benutzt, die in der S. 190 geschilderten Weise aufgefangen wurden. Askosporen, deren Keimfähigkeit nachgeprüft war, wurden mittelst eines Platinspatels auf Stellen von Wurzelfrüchten übertragen, die wir vorher anstachen oder auch nicht verwundeten. Vorgenommen wurden derartige Impfungen teils an Material in der feuchten Kammer, teils an eingetopften Wurzelfrüchten. —

Zu den notwendigsten Vorbedingungen für eine rasche Verbreitung des Pilzmycels gehören insbesondere eine relativ große Feuchtigkeit und die Zuführung wärmerer Luft nach dem Vegetieren der Objekte in gleichmäßiger Temperatur.

Wenige Tage nach der Impfung überzieht sich die Oberfläche z. B. von Rüben mit einem dichten Geflecht von Hyphen, welches sich bis über 1 cm erheben kann. Durch das Periderm hindurch dringen die Hyphen in das Rindenparenchym, wobei sie zumeist intercellular wachsen.

De Bary¹⁾ macht schon mit Recht darauf aufmerksam, daß die „meisten“ dieser Hyphen „nicht viel mehr als etwa 1 mm tief in die peripherischen Parenchymschichten, eine Anzahl allerdings meist tiefer, bis zur Mitte der Rübe“ vordringen.

Je mehr solche Rüben nun von dem Parasiten durchwuchert sind, um so mulmiger und breiiger werden sie nach der Mitte hin. Die schlaff gewordenen Zellen geben viel Wasser ab und lösen sich leicht voneinander. Nur noch die mittleren holzigen Elemente bleiben konsistent.

Im allgemeinen konnten wir an den meisten von uns untersuchten Wurzelfrüchten dasselbe Krankheitsbild wahrnehmen. Gelegentlich der Besprechung der einzelnen infizierten Objekte sollen Besonderheiten noch erwähnt werden.

thus. Lag dieses Nichterscheinen von Apothecien nur an den Kulturbedingungen? Ich glaube dies verneinen zu müssen und nehme vielmehr an, daß das, was wir heute noch unter dem Namen *Botrytis cinerea* als einheitliche Art zusammenfassen, Konidienformen verschiedener Pilze sind.

In dieser Auffassung werde ich bestärkt durch die Beobachtung, daß *Botrytis*-formen verschiedener Herkunft, die sich im Konidienzustande nicht voneinander unterscheiden lassen und die nach dem heutigen Stand der Systematik nicht anders als *B. cinerea* bezeichnet werden können, in künstlicher Kultur sich verschieden verhalten. Diese Verschiedenheit bezieht sich auf die Art der Ausbreitung des Mycels und die Art und Zeit der Sklerotienbildung. Aber auch in den Sklerotien selbst gibt es Unterschiede, die augenscheinlich mehr zu bedeuten haben, als bis jetzt angenommen worden ist. Die zu unseren Versuchen verwendete *Botrytis* erzeugte mit Vorliebe auf Ribes- und Weinblättern ihre Sklerotien an den Blattrippen entlang als lange schmale Wulste, während z. B. Istvanffy seine *Botrytis*-sklerotien auf der Blattfläche als kleine runde Höckerchen abbildet. Auch diese letztere Form, von Wein aus der Pfalz stammend habe ich schon in Kultur gehabt, aber auf künstlichen Nährböden haben sich beide Arten ähnlich, aber nicht gleich verhalten und rundliche Sklerotien gebildet.

Eine weitere Klärung der *Botrytis*-frage wird also nur auf kulturellem Wege unter Benutzung zahlreicher Stämme möglich sein.

Appel.

¹⁾ de Bary a. a. O. S. 386.

Was das Eindringen des Sclerotiniamycels in den Wirt anbelangt, so entwickeln die Mycelfäden bei Auftreffen auf die Epidermis die erwähnten de Bary'schen Haftbüschel (Quasten), deren Enden sich auf der Epidermis festsetzen. Allmählich sterben dann die Epidermiszellen und weiterhin die tiefer gelegenen Gewebepartien ab. Erst nach diesem Absterben wachsen die Hyphen der Sklerotinen in das Gewebe des Wirtes hinein. De Bary, auf dessen umfassende Darstellung wir hier verweisen können, wies nach, daß der Pilz durch Ausscheiden eines ungeformten Fermentes, welches in saurer Lösung¹⁾ die Zellwände auflöst, den Zersetzungsprozeß der Gewebe der Wirtspflanzen hervorruft. Erst der durch den ausgeschiedenen Giftstoff aus den abgestorbenen Zellen herrührende Saft dient dem Pilze als Nährmedium. —

Nachdem die auf der Oberfläche der befallenen Rüben wachsende Mycelhaut, welche man bequem von der übrigen breiigen Masse abziehen kann, eine Zeitlang (mitunter nur 1 Woche bei sehr warmen feuchten Wetter) vegetiert hat, entwickeln sich haufenweise die bereits oben beschriebenen Sklerotien (Abb. 6), welche sich gewöhnlich der Form ihrer Unterlage anpassen. Werden sie z. B. auf Blättern gebildet, so überziehen sie insbesondere die Rippen derselben und erreichen dann öfters eine Länge von über 2 cm. Wo im Innern einer Rübe oder eines krautigen Stengels Sklerotien zu finden sind, da füllen sie insbesondere die größeren luftführenden Lacunen aus, oder sie sind in den Markhöhlen anzutreffen.

Als Untersuchungsmaterial benutzten wir hauptsächlich Kulturgewächse, die in Kellern oder Mieten während des Winters aufbewahrt werden.

Von stärkehaltigen Gewächsen verwandten wir nur die Kartoffelknolle zu unseren Versuchen; aber weder in der feuchten Kammer noch an eingetopften

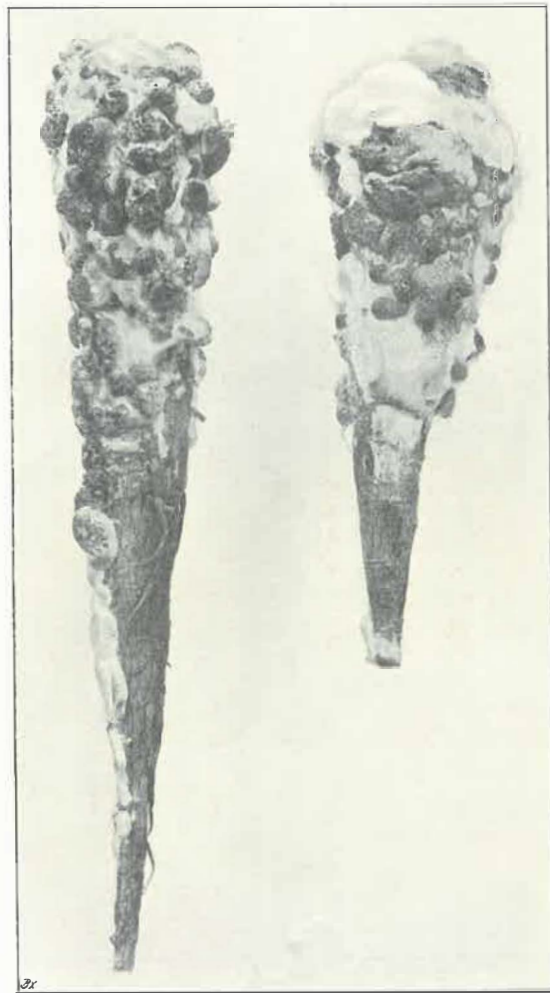


Abb. 6. Petersilienwurzeln mit Mycel und Sklerotien.

¹⁾ Der aus dem mycelhaltigen Gewebe gewonnene Saft weist viel Oxalsäure auf.

Exemplaren konnten wir ein Angehen unserer Impfungen feststellen. Damit stimmen unsere Beobachtungen im wesentlichen mit de Bary¹⁾ überein. Auch de Bary beobachtete, daß, wenn er „reife Kartoffelknollen mit Mycel auf frische Schnittflächen infizierte“ und feucht hielt, sie „meist kein oder höchst geringfügiges Eindringen des Pilzes“ zeigten.²⁾ Ferner berichtet er: „In die intakte Schale von Kartoffeln sah ich die Peziza nie eindringen, wenn ich jene in Infektionsbedingungen brachte.“

Auch mit inulinhaltigen Reservestoffbehältern stellten wir Versuche an. Sowohl eingetopfte Schwarzwurzeln wie Dahlienknollen wurden mit gutem Erfolge mit der Sclerotinia infiziert. Während die geimpften Schwarzwurzeln (6 Exemplare) bereits nach 14 Tagen total abgestorben mit Sklerotien reich besetzt dastanden, ging bei 2 Exemplaren der Prozeß des Absterbens nur sehr langsam vor sich. Die

Dahlienknollen wurden langsam aber sicher zerstört.

Außer Rüben wurden von Wurzelfrüchten, die im Keller überwintern, auch Petersilie und Selleriewurzeln in Töpfen gebracht und dann geimpft. Von 8 geimpften Petersilienwurzeln waren nach 2 Wochen 6 vollständig abgestorben und mit Sklerotien bedeckt. Auch die beiden untersuchten Selleriewurzeln waren stark von der Sclerotinia angegriffen. Von Rüben wurden die verschiedensten Sorten zu den Infektionen herangezogen. Während Mohrrüben (26 Exemplare), Teltower Rüben (10 Exemplare) und die



Abb. 7. Lebende Rübe mit gekeimten Sklerotien.

kleinen Mairüben (10 Exemplare) durch Sclerotinia Libertiana vollkommen zersetzt wurden, zeitigten die Versuche mit den größeren und kräftigeren Rüben, wie Runkelrüben, Steckrüben, Zuckerrüben und rote Rüben (je 10 an Zahl) andere Resultate.

Überall gelang auch hier die Infektion, aber an wachsenden Pflanzen kam es häufig vor, daß die eine Hälfte der Oberfläche vollkommen mit Sklerotien übersät war, während die Rübe durchaus lebensfähig geblieben war. Überhaupt konnten wir beobachten, daß trotz des starken Befalls mit der Sclerotinia die Rüben zunächst noch sehr gut austrieben. An mehreren Exemplaren gelang es auch, zu beobachten, daß die trotz der zahlreichen außen sichtbaren Sklerotien gut austreibenden Rüben Sklerotien mit Apothecien trugen. (Vergl. Abb. 7.)

¹⁾ a. a. O. S. 436, 439 ff.

²⁾ Daß Sclerotinia Stärkekörner nicht anzugreifen vermag ist für das ausgeschiedene Ferment charakteristisch.

Dies verschiedene Verhalten der eingetopften Pflanzen bestätigte sich auch bei Beobachtung auf den Feldern. Bei starker Infektion mit *Sclerotinia* waren nur sehr selten Wundstellen an Zucker- und Runkelrüben zu finden, wogegen fast jede Pflanze auf dem Möhren-, Petersilien- und Teltower Rüben-Abteil zu Grunde ging. Die Infektion war gewöhnlich an den tieferen Wurzelteilen und rückte von da nach oben allmählich vor. Dabei blieben die Pflanzen anscheinend zunächst gesund. Bei den



Abb. 8. Erkrankte Möhre.



Abb. 9. Erkrankte Teltower Rübe.

Möhren und der Petersilie war dieser Zustand noch wahrnehmbar, wenn bereits an der Bodenoberfläche sich Sklerotien zeigten und die Blätter welkten erst ab, wenn schon der Zusammenhang mit dem obersten Rübenteile anfang sich zu lösen. Bei den Teltower Rüben trat das Abwelken eher ein und ging so vor sich, daß innerhalb weniger Stunden die meisten Blätter welk wurden, wenn die Fäulnis der Rübe das obere Viertel ergriffen hatte. (Vergl. Abb. 8 u. 9.) Die jüngsten Blätter blieben meist so lange lebend, als ihre Stiele noch nicht vom Pilz erreicht waren.

In Mieten und Kellern war ebenfalls die Zerstörung an Rüben und anderen weichen Wurzelgewächsen eine entsprechend raschere, wie an Zucker- und Runkelrüben. Aber diese wurden ebenfalls stark geschädigt.

Bei einem Versuch, der den Zweck hatte, festzustellen, wieweit die Mieten-
decke einen Einfluß auf die Haltbarkeit und vor allem auf das Auftreten von *Sclerotinia Libertiana* habe, ergab sich, daß eine Überdeckung der Rüben direkt mit Stroh in dieser Beziehung ungünstig wirkt. Bei drei Mieten, von denen die eine als Decke 40 cm Erde, die zweite 30 cm Erde, 20 cm Stroh (als Zwischendecke)

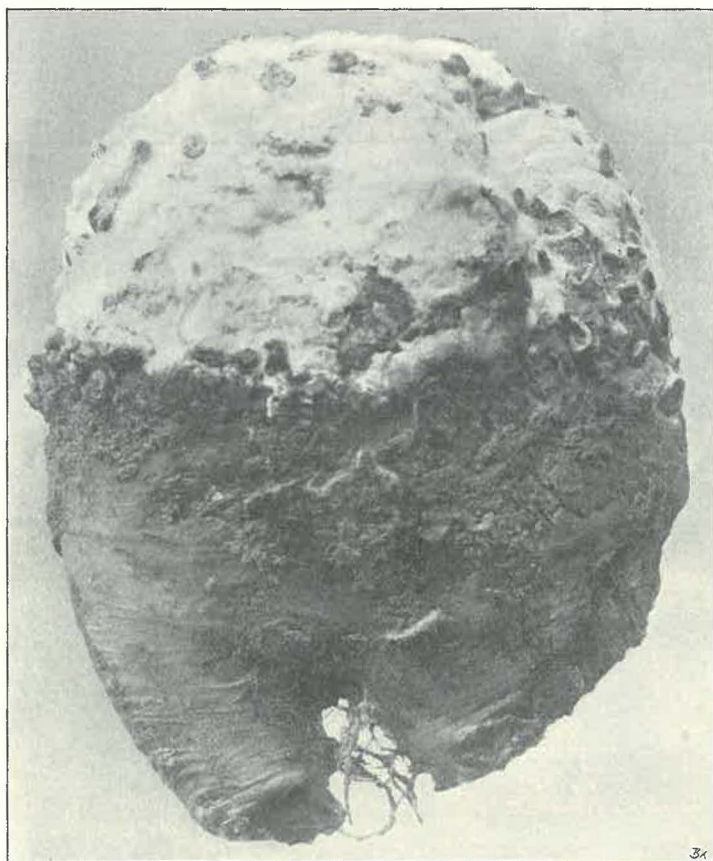


Abb. 10. Rübe aus mit Stroh gedeckter Miete, deren Kopf durch *Sclerotinia* zerstört ist.

und nochmals 50 cm Erde und die dritte 30 cm Stroh und 60 cm Erde erhalten hatte, war in der Miete, in der die Rüben direkt unter dem Stroh lagen, eine sehr ausgebreitete *Sclerotinia*-Vegetation entstanden, der sämtliche Rübenköpfe zum Opfer gefallen waren. (Vergl. Abb. 10.) In den Mieten waren je 30 Ztr. Zuckerrüben und 20 Ztr. Eckendorfer Futterrüben. Der Pilz hatte beide Arten in gleicher Weise ergriffen und dadurch einen nennenswerten Schaden angerichtet. In das Innere der Mieten war er dagegen nur wenig eingedrungen, doch waren auch hier etwa 3 vom Hundert aller Rüben mit kleineren oder größeren *Sclerotinia*-Faulstellen vorhanden. In den beiden anderen Mieten waren nur vereinzelte Rüben erkrankt, besonders

gut hatten sich die Rüben in der Miete, bei der eine Zwischendecke von Stroh angebracht worden war, gehalten.

Diese Verhältnisse sind jedenfalls darauf zurückzuführen, daß durch die den Rüben anliegende Strohecke eine ausgiebige Mycelwucherung begünstigt wurde.

III. Die Bekämpfung.

Da eigentliche Konidien des Pilzes nicht bekannt sind und diese, wenn sie überhaupt vorkommen sollten, sicher nicht häufig in Erscheinung treten, so ist bei der Bekämpfung das Hauptaugenmerk auf das Mycel, die Sklerotien und Ascosporen zu richten.

Das Mycel ist durch sehr intensives Wachstum jedenfalls der Faktor, der etwa vorhandene kleine Krankheitsherde zu Allgemeinerkrankungen zu machen vermag. Es hat nicht nur die Eigenschaft, die einmal ergriffenen Wurzeln rasch zu durchdringen und zu zerstören, sondern es vermag sich unter Benutzung jedes kleinen feuchten Hohlraumes weithin zu verbreiten und dadurch besonders in Kellern und Mieten eine vollständige Verseuchung hervorzurufen. Dazu kommt noch, daß es auch in Fugen und Ritzen der Mauern und des Bodens eindringt und dort monatelang lebensfähig bleibt. Wenn auch in den Kellern, wie überall, rasch und zahlreich Sklerotien gebildet werden, so sind diese im allgemeinen für die Bekämpfung in diesen Örtlichkeiten weniger wichtig, da die Keimungsbedingungen für sie hier nicht günstig sind und verhältnismäßig selten Fruchtkörper mit reifen Ascosporen zu finden sind.

Wie oben erwähnt hatten wir Gelegenheit, mehrere Jahre hindurch diese Kellerinfektion zu beobachten. Dabei wurde der Versuch gemacht, durch sorgfältiges Fortschaffen aller vegetabilischen Reste und aller Erde und Sandes dem Wiederauftreten im nächsten Jahre entgegenzuarbeiten. Es gelang dies jedoch nicht, denn die auf ihren Gesundheitszustand sorgfältig geprüften Möhren und Petersilienwurzeln, die in vorher erhitzten Sand im nächsten Jahre eingelegt wurden, ließen schon nach 3 Wochen an einer, allerdings einzelnen, Stelle eine Neuinfektion erkennen. Bei der sofortigen Untersuchung konnte man deutlich sehen, daß der Infektionsherd mit einer Fuge zwischen den Steinen der Wand und des Bodens in Zusammenhang stand, in der ein besonders üppiges Mycelwachstum vorhanden war.

Nach dieser Erfahrung wurde der Keller sofort nochmals entleert und nicht nur mechanisch gründlich gereinigt, sondern auch noch gut ausgeschwefelt. Die darauf eingelegten frischen Wurzeln blieben vollkommen gesund und zwar nicht nur in diesem, sondern auch im nächsten Jahre, in dem wieder völlig gesundes Material eingekellert worden war.

Es darf daher mit Aussicht auf Erfolg bei Kellerinfektionen folgendes empfohlen werden:

1. Die Keller sind gründlich zu reinigen und es ist außer aller vegetabilischer Substanz auch etwa vorhandener Sand oder Erde zu entfernen.

2. Der Keller ist gründlich zu schwefeln.

3. Nur gesundes Material darf eingebracht werden.

4. Zeigen sich während der Aufbewahrungszeit Nester, auf deren Auftreten zu achten ist, so sind diese mit einer möglichst großen Schutzzone auszuheben. Diese Schutzzone muß etwa $\frac{1}{2}$ m über die letzten erkennbaren Mycelwucherungen hinausgehen.

Etwas anders liegen die Verhältnisse in den Rübenmieten. Hier muß vor allen Dingen einer Ausbreitung des Pilzes vorgebeugt werden. Nach den Versuchen eines Jahres, die durch gelegentliche Beobachtungen in andern Jahren unterstützt wurden, breitet sich der Pilz vorzugsweise in der obersten direkt unter der Decke liegenden Schicht aus. Dies ist besonders dann der Fall, wenn den Rüben zunächst eine Strohschicht aufgelegt wird, weit weniger dagegen, wenn die Rüben zunächst mit Erde beworfen werden.

Um eine Ausbreitung von *Sclerotinia Libertiana* in Mieten zu verhindern, ist daher den Rüben zunächst eine Erddecke zu geben, eine Strohschicht, falls eine solche überhaupt gegeben werden soll, aber als Zwischendecke anzubringen.

Es bleibt nun noch übrig, kurz auf die Bekämpfung des Pilzes auf dem Felde einzugehen.

Hier ist das Hauptaugenmerk auf die Vernichtung der Sklerotien zu richten, das Mycel spielt bei weitem nicht eine so große Rolle wie bei den Keller- und Mieteninfektionen.

Wirkliche Epidemien auf dem Felde kommen verhältnismäßig selten zu stande; diejenigen, die wir an Teltower Rüben und Möhren beobachteten, waren zweifellos im Zusammenhang mit dem gärtnerischen Betrieb, bei dem nicht, wie in der Landwirtschaft, ein häufigerer Wechsel in der Bebauung des Bodens eintritt. Es erscheint aber durchaus nicht ausgeschlossen, daß auch im feldmäßigen Betriebe größere Epidemien auftreten können. Darauf läßt die Intensität, mit der *Sclerotinia Libertiana* besonders die Rüben verschiedenster Art angreift und die Verbreitbarkeit des Pilzes unter besonderen Umständen schließen.

Deshalb und wegen der mit Erntegut in die Aufbewahrungsräume hereinkommenden Gefahr sollte man den Pilz auch auf dem Felde bekämpfen.

Dies geschieht in der Hauptsache durch sachgemäßes Entfernen der kranken Pflanzen.

Bilden sich, wie es auch bei *Sclerotinia Libertiana* vorkommt, die Sklerotien im Innern von harten Stengeln, so lassen sich die erkrankten Pflanzen mit samt diesen Sklerotien einfach herausziehen. Dazu ist allerdings insofern besondere Aufmerksamkeit nötig, als man diese Arbeit ausführen muß, sobald sich die ersten Anzeichen der Krankheit erkennen lassen, weil sonst von den Wurzeln zuviel im Boden zurückbleibt.

Bei Möhren und anderen weichwurzelnigen Pflanzen ist dies jedoch nicht möglich, weil die Krankheit oft erst äußerlich erkennbar wird, wenn die ganze Wurzel völlig

verfault ist und weil die Sklerotien äußerlich der weichen Masse aufsitzen. Es können dann weder die angefaulten Wurzeln noch die an ihnen gebildeten Sklerotien herausgezogen werden. Eine Entfernung der einzelnen Pflanzen mit dem Spaten ist nur dann möglich, wenn diese einzeln stehen; in diesem Falle ist es aber auch durchaus ratsam.

Besonders ist zu beachten, daß alle kranken Teile gründlich vernichtet werden. Bei nicht allzureichlichen Mengen ist Verbrennen anzuraten; ist dazu die Masse zu groß, so gräbt man entweder alle kranken Teile in ein tiefes Loch oder kompostiert sie unter reichlicher Zugabe von Kalk.

Da aber, besonders bei weichen Rüben und rübenähnlichen Pflanzen stets eine größere Menge Sklerotien auf dem Felde zurückbleibt, so ist ein Wiederaanbau gefährdeter Pflanzen erst nach etwa drei Jahren statthaft.

Wie alle Sklerotien haben auch die von *Sclerotinia Libertiana* die Eigenschaft, nicht sämtlich gleichzeitig zu keimen, sondern zu ganz verschiedenen Zeiten ihre Apothecien zu entwickeln. Bei weitem die größte Zahl keimt aber bald. Wie oben erwähnt, kann die Keimung schon eintreten, wenn das Sklerotium noch an der lebenden Pflanze sitzt, im allgemeinen findet sie jedoch innerhalb des ersten Jahres statt. Ein Überliegen der Sklerotien über mehr als zwei Jahre konnte nur in wenigen Fällen, ein solches über mehr als drei Jahre überhaupt nicht festgestellt werden.