39. B. Frank: Untersuchungen über die verschiedenen Erreger der Kartoffelfäule.

Eingegangen am 27. October 1898.

Bis in die neuere Zeit galt auf Grund der Arbeiten DE BARY's als der alleinige und allgemeine Krankheitserreger bei der „Kartoffelkrankheit“ bekanntlich der Pilz *Phytophthora infestans*, der nicht nur das Laub der Kartoffelpflanze, sondern eben auch die Kartoffeln befällt. Andere auf kranken Kartoffeln häufig auftretende Pilze erklärte DE BARY sämtlich für secundäre Ansiedler, für reine Saprophyten auf der bereits erkrankten Kartoffel. Zwar hatte schon REINKE 1879 durch Infectionsversuche zu beweisen gesucht, dass auch Bacterien eine Fäulniss an lebenden Kartoffelknollen erregen können. Indessen ist diese Frage bis in die neuere Zeit streitig geblieben und wurde sogar kürzlich von WEHMER¹⁾ in bestimmter Form verneint; nach diesem Forscher soll eine bacterielle Zersetzung der Kartoffel nur dann eintreten, wenn dieselbe durch irgend welche andere Factoren getödtet worden ist. Wohl aber hat kürzlich WEHMER²⁾ nachgewiesen, dass das bisher für einen saprophyten Schimmelpilz gehaltene *Fusarium Solani* als primärer Krankheitserreger der Kartoffel auftreten kann.

In den letzten vier Jahren habe ich die Erkrankungs- und Fäulnisserscheinungen der Kartoffeln mit Rücksicht auf die dabei beteiligten Organismen näher untersucht und glaube in der Zahl dieser Organismen, was Deutschland anlangt, eine gewisse Vollständigkeit erreicht zu haben, da ich als Mitglied der deutschen Kartoffelcultur-Station Gelegenheit hatte, Material von Gütern aus den verschiedensten Ländern des Deutschen Reiches mir zur Untersuchung zu verschaffen. Das Ergebniss dieser Nachforschungen ist, dass wir bis jetzt sechs verschiedene Organismen zu unterscheiden haben, deren jeder für sich allein die Kartoffelknollen krank machen kann, und zwar in bestimmten, für jeden dieser Erreger charakteristischen Symptomen, weil jeder von ihnen immer ganz bestimmte Veränderungen an den Gewebeelementen der Kartoffel hervorbringt, weshalb man also auch eben so viele verschiedene Arten der Kartoffelfäule unterscheiden kann, wozu noch eine siebente tritt, bei welcher Organismen nicht nachweisbar sind.

1) Centralblatt für Bakteriologie, 1898, S. 540 ff., und als kurzer Auszug in Berichte der deutschen bot. Gesellsch., 1898, S. 172.

2) Berichte der deutschen bot. Gesellsch., 1896, S. 101; ausführlich im Centralblatt für Bakteriologie, 1897, S. 727 ff.

Der alte Satz, dass der alleinige Erreger der „Kartoffelkrankheit“, also der Erscheinung, die man als das Faulen und das Nichthaltbarbleiben der Kartoffeln im Winter bezeichnet, *Phytophthora infestans* sei, ist also nicht mehr aufrecht zu erhalten. Um jede dieser Fäulnisarten mit einem bezeichnenden Namen belegen zu können, wird man wohl am besten thun, gleich den Namen des Fäulnisserregers in der Benennung mit auszudrücken.

Für die Erkenntniss der Dinge ist es gewiss gleichgültig, ob sie so oder so heissen. Im Interesse der Verständigung empfiehlt es sich aber, dass man sich über die Bezeichnungen möglichst einigt, und das müsste hier gleich jetzt geschehen, wo wir zum ersten Male Erscheinungen bezeichnen müssen, die uns von nun an immer beschäftigen werden. Es wäre darum wünschenswerth, dass WEHMER, der sich noch etwas schwankend bei der Namegebung verhält, einer bestimmten Regel den Vorzug gebe, vielleicht mit den von mir gewählten Namen sich befreundete, da er ja mit seinen Bezeichnungen *Fusarium*-Fäule und Bakterien-Fäule schon den Anfang dazu gemacht hat. Es hätte vielleicht eine gewisse Berechtigung, die Bezeichnung Fäule nur auf das eigentliche, unter weicher Zersetzung sich vollziehende, durch Fäulnisorganismen hervorgerufene Verfaulen zu beziehen; allein bei den durch echten parasitären Angriff herbeigeführten Zersetzungserscheinungen des Kartoffelgewebes darf man wegen der Aehnlichkeit der äusseren Symptome zur Bezeichnung doch auch des generellen Ausdrucks Fäule sich bedienen, wie dies ja bisher in der Pflanzenpathologie auch sonst üblich ist und was auch WEHMER befolgt, indem er z. B. die durch *Fusarium* bewirkte Zersetzung als Trockenfäule oder *Fusarium*-Fäule bezeichnet. Die Ausdrücke Trockenfäule und Nassfäule, die man allerdings bisher viel gebraucht hat, sind zur Bezeichnung von Fäulearten mit Rücksicht auf deren Erreger ganz ungeeignet, da die damit gemeinten Beschaffenheiten lediglich durch die zufälligen äusseren Feuchtigkeitsverhältnisse bedingt sind. So erscheint z. B. bei der Bakterienfäule das Kartoffelgewebe als eine weiche, mehlbreiartige Masse so lange, als der Saft des Gewebes noch vorhanden ist, und geht in dem Maasse, als dieser durch Verdunsten verschwindet, in die Beschaffenheit einer trockenen, kreideartigen Masse über. WEHMER¹⁾ unterscheidet sogar eine „trockene Fäule“ und eine „Trockenfäule“; mit ersterer bezeichnet er eine nicht durch Organismen hervorgerufene, blosse Absterbe-Erscheinung der Kartoffel in Folge von Erstickung, mit letzterer die durch *Fusarium Solani* bewirkte Zersetzungs-Erscheinung. So ähnlich klingende Bezeichnungen, noch dazu für zwei so grundverschiedene Dinge, können doch zum allgemeinen Gebrauch nicht benutzt werden.

Im Folgenden führe ich die sechs verschiedenen Fäule-Arten der

1) Centralblatt für Bakteriologie, 1898, S. 737.

Kartoffel nebst ihren Erregern auf, welche ich in Deutschland als auf den Kartoffelfeldern vorkommend, gefunden habe. Sie alle kann man schon auf dem Felde bei der Ernte constatiren. Ob Kartoffeln auch noch durch andere Dinge künstlich faul gemacht werden können, diese Frage lag mir, weil praktisch bedeutungslos, fern. Zum ersten Male habe ich eine Charakteristik aller dieser Fäule-Arten und ihrer Erreger bereits in meinem 1897 erschienenen Kampfbuch gegen die Schädlinge unserer Feldfrüchte S. 189--212 veröffentlicht, nachdem ich schon vorher über die Mehrzahl derselben in kleineren Artikeln berichtet hatte.¹⁾ Manche weiteren Untersuchungsergebnisse über die einzelnen Fäule-Arten sind im Folgenden hinzugefügt.

1. Die *Phytophthora*-Fäule.

Erreger: *Phytophthora infestans* de By., der bekannte Pilz, der auch die Krautfäule der Kartoffelpflanze veranlasst. Sein Mycelium in den kranken Theilen der Kartoffel ist bekanntlich dadurch charakterisirt, dass es fast querwandlose Schläuche von durchschnittlich 0,003 bis 0,005 mm Dicke bildet, welche nur zwischen den Zellen des Kartoffelgewebes wachsen.

Wirkung des Pilzes. Die Zellen der Kartoffel werden zwar mehr oder weniger von einander gelöst, aber die Zellhäute werden nicht resorbirt; sie bräunen sich gleich dem absterbenden Protoplasma; die Stärkekörner werden nicht angegriffen, was ich gegenüber gegentheiligen Angaben früherer Schriftsteller bei reinem *Phytophthora*-Befall constatiren muss, und was jüngst auch HECKE²⁾ bestätigt. Es resultirt daraus der bekannte makroskopische Zustand der von *Phytophthora* befallenen Kartoffel: missfarbige, eingesunkene Stellen der Oberfläche, von denen sich beim Durchschneiden der Kartoffel braune Flecken in die Rinde und tiefer in's Gewebe hineinziehen.

Den Misserfolgen, welche WEHMER³⁾ bei seinen Versuchen, Kartoffeln künstlich mit *Phytophthora* zu inficiren, erhielt, stehen die prompten Infectionserfolge gegenüber, welche bei den HECKE'schen⁴⁾ Versuchen mit *Phytophthora infestans* sich ergaben; jene dürften zum Theil ihre Erklärung finden in den von HECKE⁵⁾ nachgewiesenen be-

1) Die neueren Forschungen über die Ursache des Faulens der Kartoffeln. Zeitschrift für Spiritus-Industrie, 1897, Ergänzungsheft II. — Ueber die Ursachen der Kartoffelfäule. Centralblatt für Bakteriologie, 1897, No. 1. — Neue Ergebnisse über die Ursache der Kartoffelfäule. Deutsche landw. Presse, 20. Februar 1897. Welche Verbreitung haben die verschiedenen Erreger der Kartoffelfäule in Deutschland? Dasselbst, 20. April 1898.

2) Untersuchungen über *Phytophthora infestans*. Journal für Landw., 1898, S. 116.

3) Centralblatt für Bakteriologie, 1897, S. 646 ff.

4) l. c., S. 117 ff.

5) l. c., S. 113 ff.

stimmten Bedingungen, welche für die Infection und besonders für die Keimfähigkeit der *Phytophthora infestans* - Sporen erfüllt sein müssen. Schon HOLLE¹⁾ hatte, als er Kartoffeln in von *Phytophthora* befallene Blätter einwickelte und dann in Erde legte, nur in einzelnen Fällen Erkrankung eintreten sehen. Aber die Versicherung, die derselbe giebt, er habe die betreffenden Sporen des Impfmateriales dabei alle ungekeimt wiedergefunden, erklärt den Misserfolg ebenso, wie sich der WEHMER'sche erklären dürfte. Das Bedenken WEHMER's, dass die von ihm beobachtete schwere Inficirbarkeit der Kartoffel mit *Phytophthora* in einem unerklärten Widerspruche mit dem Umfang der Felderkrankungen stehe, dürfte hiernach an Berechtigung verlieren. Uebrigens ist ja gar nicht alle Kartoffelkrankheit auf dem Felde *Phytophthora*-Fäule, sondern sie kann auch durch die folgenden Fäule-Arten dargestellt werden, und ich habe Fälle beobachtet, wo bei umfangreicher Knollenfäule *Phytophthora* gar nicht oder nur sehr untergeordnet vertreten war.

2. Die *Rhizoctonia* - Fäule.

Erreger: *Rhizoctonia Solani* Kühn. Dieser Pilz ist einer der gemeinsten Bewohner der Schale auch gesunder Kartoffeln, der auf keinem Kartoffelfelde fehlen dürfte. Für gewöhnlich sind seine 0,0070 bis 0,0110 mm dicken, septirten, dunkelbraunen bis rothbraunen Fäden oberflächlich auf der Kartoffelschale weit umhergesponnen und verflechten sich daselbst stellenweise zu den ebenfalls ganz oberflächlich sitzenden schwarzen, sklerotienartigen Krusten, die seit Langem als Pocken oder Grind der Kartoffeln bekannt sind. In diesem Zustand ist der Pilz gutartig, indem er durch die intacte Korkhaut nicht eindringt, und die Kartoffel dabei völlig gesund bleibt. Ich habe aber in den oben citirten Schriften gezeigt, dass diese Mycelfäden durch verletzte Stellen der Korkhaut in das Fleisch des Kartoffelknollens eindringen können, wobei sie ihren Farbstoff verlieren und als farblose, mit häufigen Querwänden versehene, sehr protoplasmareiche, verzweigte Fäden von 0,006—0,009 mm Durchmesser sowohl zwischen den Zellen als auch quer durch dieselben hindurch oft rasch in dem Gewebe vorwärtswachsen können. Sie stimmen dann überein mit einem Pilzmycelium, welches ich regelmässig bei einer bestimmten Zersetzungsform der Kartoffeln angetroffen habe. Die Identität beider konnte ich durch Infectionsversuche beweisen, bei denen in kleine künstlich gemachte Wundstellen gesunder Kartoffeln Stückchen von *Rhizoctonia*-Sklerotien eingesetzt wurden, deren Zellen dann in der Form der soeben beschriebenen Fäden und unter der für diese Fäule charakteristischen Lösung der Stärkekörner in das Kartoffelgewebe eindringen, während

1) Botanische Zeitung, 1853, S. 49.

mycelhaltige Gewebestückchen, aus einer *Rhizoctonia*-faulen Kartoffel in die reine Schale einer gesunden Kartoffel implantirt, dort eine typische schwarzbraune *Rhizoctonia*-Kruste entstehen liessen.

Versuche, den Pilz zur Sporenbildung zu bringen, blieben erfolglos. In feuchter Luft oder in Nährlüssigkeiten wachsen die Zellen der *Rhizoctonia*-Sklerotien zu langen farblosen Fäden aus, die aber hartnäckig jede Fructification verweigern. Der Pilz muss also vorläufig den nur auf das sterile Mycelium bezüglichen Namen *Rhizoctonia Solani* behalten. Bei reichlicher Entwicklung verbreitet das Mycelium einen deutlich schwammartigen Geruch, der an denjenigen von Hymenomyceten oder Gastromyceten erinnert. Sollte der Pilz in diese Gruppen gehören, so wäre es verständlich, warum eine Bildung von Fruchtkörpern unter den gewöhnlichen Bedingungen nicht zu erzielen ist.

Wirkung des Pilzes. Das charakteristischste Symptom der *Rhizoctonia*-Fäule ist die rapide und vollständige Auflösung der Stärkekörner in den Zellen der Kartoffel, wobei das Protoplasma zunächst weder coagulirt, noch sich contrahirt, noch sich bräunt, was auch die unverändert erhalten bleibende Zellhaut nicht thut, so dass die Zellen nur mit wasserklarem, farblosem Zellsaft erfüllt bleiben. Die kranke Kartoffel behält hier sehr lange den Zellsaft im Gewebe, und letzteres hat daher, weil die Stärke verschwunden ist, eine ganz wässrige, nasse Beschaffenheit; man würde solche Kartoffeln nassfaul nennen müssen. Die Auflösung der Stärkekörner ist hier etwas ganz anderes als die bekannte Corrosion der Stärkekörner, wie sie von anderen Pilzmycelien ausgeübt wird; letztere ist immer nur eine Contactwirkung, wobei die corrodirtten Stellen des Stärkekornes genau den mit letzterem in Berührung getretenen Pilzhyphen entsprechen. Hier dagegen handelt es sich um eine Fernwirkung des Myceliums. Es tritt ein gleichmässiges rasches Abschmelzen der Stärkekörner in ihrem ganzen Umfange ein, welches genau der Erscheinung entspricht, die bei der natürlichen Entleerung der Reservestärke aus der keimenden Kartoffel zu beobachten ist. Dabei sind in der Regel keine Pilzfäden mit den abschmelzenden Stärkekörnern in Berührung und überhaupt in oder an der Zelle noch nicht vorhanden; im Gegentheil, die Auflösung der Stärke eilt dem *Rhizoctonia*-Mycelium weit voraus, so dass man erst um viele Zellen rückwärts gehen muss, ehe man die ersten, im Gewebe vordringenden *Rhizoctonia*-Fäden antrifft. Die Zellen, in denen bereits das Mycelium des Pilzes sich befindet, sind oft schon ganz stärkeleer. Es handelt sich hier also wahrscheinlich um ein lösliches, von Zelle zu Zelle diosmirbares stärkelösendes Ferment, also vielleicht um eine durch den Pilz eingeleitete Enzymbildung, welche das Vorseilen der durch den Pilz bewirkten Veränderungen im Gewebe erklärt in ähnlicher Weise, wie es DE BARY für *Sclerotinia* und ich für *Phoma Betae* nachgewiesen habe.

Für die allgemeine Lehre von der Einwirkung der parasitischen Pilze auf die lebenden Pflanzenzellen liefert dieser Fall ein gutes Studienmaterial, und ich will daher hier noch einige weitere von mir gemachte Beobachtungen darüber mittheilen.

Zunächst bemerke ich nochmals, dass ich durch Infection gesunder Kartoffeln mit *Rhizoctonia* von einer kleinen Impfstelle aus *Rhizoctonia*-Fäule genau unter allen hier beschriebenen Vorgängen künstlich erzeugen konnte, während ebensolche Verwundungen ohne Einführung von *Rhizoctonia* ohne weitere Veränderung durch Korkverschluss verheilen. Es ist damit bewiesen, dass der Pilz den Anstoss zu jenen Veränderungen giebt.

Wenn man Schnitte durch *Rhizoctonia*-faules Kartoffelgewebe der bekannten mikrochemischen Zuckerprobe unterwirft, so tritt in allen Zellen, soweit die Auflösung der Stärkekörner reicht, eine äusserst starke Röthung durch Kupferoxydul ein, während die gleiche Probe an gesundem Kartoffelgewebe nur spurenhafte Reduction in der Nähe der Gefässbündel und unter der Schale ergiebt. Dies beweist, dass die Entstärkung der Kartoffel durch *Rhizoctonia* in einer Verzuckerung des Stärkemehls zu Traubenzucker besteht. Jedoch dürfte dabei wohl ein starker Stoffverlust stattfinden, der vielleicht als Athmungsverlust zu deuten ist, denn ein anderweitiger Verbrauch der Stärke lässt sich nicht nachweisen, da die Augen solcher faulen Kartoffeln durchaus keine Neubildungen zeigen, und eine gänzlich *Rhizoctonia*-faule Kartoffel schwindet zuletzt, wenn sich ihr Wasser verliert, im Trockengewicht ansehnlich.

Dass auch die stickstoffhaltigen Bestandtheile des Kartoffelgewebes bei dieser Fäule Veränderungen erleiden, ist wohl anzunehmen; doch scheinen sie nicht in dem Maasse wie das Stärkemehl verzehrt zu werden. Es finden sich manchmal in der Nähe der mit den Pilzfäden durchwucherten Partien massenhaft Aleuronkrystalle in den Zellen auskristallisirt.

Wenn auch die Auflösung und Verzuckerung der Stärkekörner als eine Wirkung des Parasiten zu betrachten ist, so darf doch nicht vergessen werden, dass hierbei auch eine Mitwirkung der Lebensthätigkeiten der Nährpflanze denkbar ist. Ich konnte beweisen, dass dies in der That in vollstem Umfange zutrifft, dass die lebende *Rhizoctonia* für sich allein, ohne die Mitwirkung der lebenden Pflanze, keine Stärkelösung fertig bringt.

In den Zellen, in welchen die Auflösung der Stärkekörner vor sich geht oder bereits beendet ist, zeigt sich das Protoplasma in vollkommen lebendigem Zustande. Da keine Stärkekörner den Einblick in solche Zellen stören, sieht man um so deutlicher das unveränderte farblose Protoplasma mit dem Zellkern, der wie gewöhnlich an feinen Protoplasmafäden aufgehängt ist, welche durch den Zellraum hindurch-

gehen, und in denen deutliche Protoplasmaströmung zu erkennen ist. Erst viel später tritt wirkliches Absterben, Gerinnung und Bräunung des Protoplasmas ein.

Ich habe daher geprüft, ob die *Rhizoctonia* auch im toten Gewebe eine Auflösung der Stärkekörner herbeiführt.

Wenn man auf gekochte Kartoffelstücke wachstumsfähige *Rhizoctonia*-Krusten auflegt, so breiten sich die reichlichen Fäden, welche von denselben aussprossen, zwar weit auf der Schnittfläche aus und dringen auch zwischen den Kartoffelzellen vorwärts, aber nicht in's Innere derselben. Eine Verzehrerung des in den Zellen eingeschlossenen Stärkekleisters ist nicht festzustellen.

Ich machte den Versuch dann mit Kartoffelstücken, welche in Alkohol abgetödtet worden waren, und deren Zellen also keine gequollenen, sondern unveränderte Stärkekörner enthalten. Die reichlich getriebenen *Rhizoctonia*-Fäden wuchsen auch hier in's Gewebe hinein, die Zellen oft förmlich umspinnend; ein Eindringen in dieselben konnte nicht erkannt werden. Trotzdem blieben auch hier die Stärkekörner des verpilzten Gewebes völlig unverändert erhalten.

Um die *Rhizoctonia*-Fäden mit Stärkekörnern in unmittelbare Berührung zu bringen, liess ich sie auf zerriebener roher Kartoffel wachsen, Die durch den Brei hindurchwuchernden Hyphen brachten auch hier absolut keine Auflösung an den Stärkekörnern zu Stande.

Hier muss auch die Beobachtung erwähnt werden, dass, wenn in ein Kartoffelgewebe, welches von *Phytophthora infestans* befallen und getödtet ist, nachträglich *Rhizoctonia*-Fäden eindringen, was bei der Häufigkeit beider Pilze nicht selten geschieht, in demselben ebenfalls keine Auflösung der Stärke erfolgt. Dies ist also kein Widerspruch mit der stärkelösenden Kraft des Pilzes, und es müssen solche Erscheinungen namentlich bei combinirtem Pilzbefall der Kartoffeln sehr berücksichtigt werden. Es beweisen vielmehr alle diese Beobachtungen nur, dass bei der *Rhizoctonia*-Fäule die Verzuckerung der Stärke durch eine gemeinsame Lebensthätigkeit des Parasiten und des Wirthes zu Stande kommt.

3. Die Fusarium-Fäule.

Erreger: *Fusarium Solani* Sacc. (*Fusisporium Solani* Mont.) Dieser bekannte Schimmelpilz, der mit seinen kreideweissen Conidienpolstern auf faulen Kartoffeln wächst und durch die 0,018—0,028 mm langen, spindelförmigen, meist leicht gekrümmten und meist durch einige Querwände septirten farblosen Conidien auf büschelig verzweigten Tragfäden charakterisirt ist, ist zuerst von WEHMER¹⁾ als primärer Erreger einer Kartoffelfäule erkannt worden. Ich kann diesen Charakter des

1) l. c.

Pilzes bestätigen und hinzufügen, dass die von ihm erregte Fäule im Jahre 1897 beinahe dieselbe allgemeine Verbreitung in Deutschland gezeigt hat, wie die beiden vorhergehenden Fäulearten. Sein Myceliumbild in der Kartoffel ist folgendes: Der Pilz bildet ziemlich dünne, nämlich etwa $0,0036\text{ mm}$ dicke, farblose, septirte und verzweigte, schlanke Fäden, welche sowohl zwischen den Zellen als auch durch dieselben hindurchwachsen.

Wirkung des Pilzes. Die Stärkekörner in den befallenen Zellen werden nicht aufgelöst. Die Zellen sterben indess sehr bald ab, indem der Pilz die Zellhäute zum Verschwinden bringt, was damit zusammenhängt, dass die Fäden die Zellhäute vielfach durchbohren und die Zellen umspinnen; auch scheint das Protoplasma dabei allwählich mit verzehrt zu werden. Das befallene Gewebe sieht anfangs bräunlich, später fast rein weiss aus, weil in der Hauptsache nichts als die trockene Masse des unveränderten Stärkemehls, von den Pilzfäden verflochten, zurückbleibt. WEHMER schreibt den *Fusarium*-Fäden absolut keine Wirkung auf die Stärkekörner, nicht einmal Corrosionserscheinungen zu, was ihm auffallend erscheinen muss gegenüber der celluloselösenden Kraft des Pilzes. Ich habe aber bei anscheinend ganz reinem *Fusarium*-Befall, wiewohl wie gesagt die Stärkekörner im Allgemeinen ganz intact bleiben, doch auch solche mit Corrosionsstellen, die als ein Abbild eines Pilzfadens sich erwiesen, gefunden und glaube, dass dies mit Nothwendigkeit da erfolgen muss, wo sich ein *Fusarium*-Faden zwischen dicht aneinander angepressten Stärkekörnchen Bahn bricht; es stünde dies dann ganz gut mit der celluloselösenden Kraft des Pilzes im Einklange. Gewiss haben auch noch andere Pilze die Fähigkeit, an Stärkekörnern Corrosionen hervorzubringen.

4. Die *Phellomyces*-Fäule.

Erreger: *Phellomyces sclerotiophorus* Frank. Mit diesem Namen habe ich in meinen Eingangs citirten Schriften einen Pilz belegt, der bis dahin noch nicht beobachtet worden war und dessen Gattungsname andeuten soll, dass er für gewöhnlich ein ausschliesslicher Bewohner der Korkschale der Kartoffel ist. Sein Mycelium wächst in Form dünner septirter und verzweigter farbloser Fäden von $0,0018$ bis höchstens $0,0035\text{ mm}$ regellos durch die Lumina der äussern Korkzellen hindurch; stellenweise verflechten sich diese Fäden unter Annahme tief schwarzvioletter Färbung der Membran zu einem sclerotialen Gewebe, welches schliesslich eine einzige, selten einige beisammen liegende Korkzellen ausfüllt. Für das blosse Auge entstehen dadurch auf der Kartoffelschale viele zerstreut stehende kohlschwarze Pünktchen, jedes etwa $0,06$ — $0,1\text{ mm}$ im Durchmesser, der Grösse einer Korkzelle entsprechend. Alle Versuche, den Pilz zur Fructification zu bringen, blieben erfolglos.

In Hängetrofenculturen in Pflaumendecoct sprossen die sklerotialen Elemente wieder zu farblosen Fäden aus, welche nach einiger Zeit stellenweise unter Schwärzung, starker Gliederung und Aneinanderlegung der Fäden wieder neue kleine Sklerotien zu bilden beginnen, sonst aber nichts weiter thun. Wir kennen also den Pilz nur in seinem sterilen Mycelzustande, wie die ähnliche *Rhizoctonia*, von der er sich jedoch wesentlich unterscheidet. Gewöhnlich ist der Pilz ein ziemlich gutartiger Bewohner der Schale gesunder Kartoffeln; nur ruft er in der Ausdehnung, in welcher die schwarzen Pünktchen verbreitet sind, andersfarbige Flecken auf der Schale hervor, deren Aussehen je nach der Farbe der Kartoffel verschieden ist, bisweilen aber schon als braune Flecken erscheinen, nämlich dann, wenn das Mycelium die ganze Dicke der Korkschale durchdrungen hat und bis in's Korkcambium hineingreift, wo es die Zellen desselben tödtet und bräunt. Diese Fleckenkrankheit der Kartoffelschale ist bereits das Anfangsstadium der tiefer gehenden Zersetzung des Kartoffelgewebes, von der hier die Rede ist. In das stärkeführende Gewebe eingedrungen wächst der Pilz in Form feiner, farbloser, septirter Fäden von 0,0018 bis 0,0035 mm Dicke, sowohl die Zellhäute als auch die Lumina der Zellen reichlich durchwuchernd, auch hier mit der Neigung sich zu Sklerotien zu verflechten, die hier manchmal bis zu stecknadelkopfgrossen schwarzen Körperchen in dem weissen trockenfaulen Gewebe nisten, jedoch nicht immer vorkommen.

Wirkung des Pilzes. Dieselbe ist die gleiche wie die des *Fusariums*. Die Pilzfäden verdrängen zwar die Zellhäute, lösen aber die Stärkekörner nicht auf, höchstens bringen sie bei inniger Berührung mit denselben Corrosionsbilder hervor. Das Gewebe verwandelt sich in eine weisse, wesentlich aus Stärkekörnern und Pilzfäden bestehende Masse, die bald ziemlich trocken wird.

Von den 22 deutschen Localitäten, von denen 1897 die Kartoffeln auf Fäule geprüft wurden, waren es nur 6, an denen die *Phellomyces*-Fäule nicht constatirt werden konnte. Der Pilz hat daher ziemlich weite Verbreitung.

5. Die Bakterien-Fäule.

Erreger: Wahrscheinlich sind mehrere Arten von Bakterien fähig, an gesunden Kartoffeln als primäre Fäulniserreger zu wirken. Wundstellen der Kartoffel sind die Einzugsportfen dieser Organismen in's Kartoffelgewebe. In letzterem verbreiten sie sich innerhalb der Inter-cellulargänge, die dann von Bakterienmassen erfüllt sind, während zunächst wenigstens keine Bakterien in's Innere der Zelle eindringen. Die letzteren lockern sich von einander, indem die Bakterien die Inter-

cellularsubstanz auflösen, und sind dann auf der Aussenseite ihrer Membranen mit Bakterien bedeckt.

Wirkung der Bakterien. Eine Auflösung des Stärkemehls erfolgt niemals, die Zellen behalten ihre Stärkekörner unverändert, zunächst auch ihren Zellsaft, aber die zwischen den Zellen sich ausbreitenden Bakterien lösen die Intercellularsubstanz auf, so dass die Zellen sich leicht von einander trennen und das ganze Gewebe in eine weiche mehlbreiartige Masse sich verwandelt, die in trockener Umgebung später zu einer trockenen meist mehrlartigen Masse wird. Die beiden unten zu nennenden Kartoffelbakterien, mit denen sich WEHMER¹⁾ näher beschäftigt hat, zeigten ihm insofern ungleiche Wirkungen als der von ihm Bacillus II genannte Spaltpilz nur die Intercellularsubstanz, der andere *Amylobacter navicula* genannte auch die Zellwände auflöst, was WEHMER als Pektin-gährung (weil die Intercellularsubstanz aus pektinsaurem Kalk bestehen soll) und als Cellulosegährung unterscheidet.

Da anzunehmen ist, dass in faulen Kartoffeln leicht mehrere Arten von Bakterien beisammen sind, von denen vielleicht manche blosser Fäulnisserreger in abgestorbener Pflanzensubstanz sind, so wird man nicht ohne Weiteres jeden dort vorhandenen Spaltpilz als pathogen betrachten dürfen. Ich habe nun mehrfach in direct vom Acker gekommenen, mit Faulstellen behafteten Kartoffeln nur eine einzige Spaltpilzform gefunden, nämlich einen sehr kleinen *Micrococcus*, der in den tingirten Präparaten aus kugligen, etwa 0,0005 mm grossen Kokken besteht, welche isolirt oder zu Doppelkokken oder bisweilen auch zu 3 bis 5 Kokken schnurförmig verbunden auftreten; ich habe sie bereits in meinem Kampfbuch S. 200 abgebildet und beschrieben. Auf Gelatine gezüchtet, behält der Spaltpilz seine morphologischen Charaktere bei; er verflüssigt die Gelatine nicht, bildet aber auf ihr zweierlei Formen von Colonien: entweder eine etwas rosettenförmig sich ausbreitende dünne Oberflächenschicht oder eine ebensolche Oberflächenschicht, die aber an einer Stelle trichter- oder fadenartig in die Gelatine sich einsenkt; zwischen beiden kommen alle Uebergangsstadien vor, und es ist hierbei wohl die mehr oder weniger tief in die Gelatine einstechende Impfnadel das Maassgebende. Die morphologischen Eigenschaften des Spaltpilzes sind in beiden gleich. Diesen Spaltpilz, in Gelatineculturen vermehrt, habe ich zu Impfungen gesunder Kartoffelknollen benützt und dabei wieder die charakteristische Bakterienfäule künstlich erzeugen können. Man darf den Spaltpilz also wohl sicher als einen die Kartoffelfäule verursachenden Pilz betrachten. Ich will ihm den Namen *Micrococcus phytophthorus* geben, damit der Name auch für den Fall passt, dass der Pilz sich als identisch mit dem Erreger der Bakterienfäulen anderer Pflanzen erweisen sollte; doch könnte der Name auch hinfällig werden,

1) Centralblatt f. Bakteriologie. 1898. S. 633.

wenn es sich zeigen sollte, dass der Spaltpilz schon bei anderen Gelegenheiten gefunden worden ist und bereits einen Namen besitzt; die Schwierigkeit der Identificirung mit schon beobachteten Bakterienformen mag es dann entschuldigen, dass er den interimistischen Namen bekommen hat.

In faulen Kartoffeln kommen häufig noch zwei andere Spaltpilze vor, die REINKE¹⁾ schon beobachtet und für Erreger der Krankheit angesprochen hat. Es ist dies VAN TIEGHEM'S *Bacillus amylobacter* oder REINKE'S *Bacterium navicula*, was man auch für das Buttersäurebakterium gehalten hat, und eine Stäbchenform, die REINKE für *Bacillus subtilis* hält. Neuerdings hat sich WEHMER²⁾ näher mit diesen beiden Kartoffelbakterien beschäftigt, deren ersteres von ihm als *Amylobacter navicula*, deren zweites als *Bacillus II* bezeichnet wird; nach diesen Untersuchungen ist es fraglich geworden, ob diese beiden Spaltpilze primär pathogen auf die Kartoffel wirken können; doch halte ich diese Frage noch nicht für abgeschlossen.

Ich erwähne hier, dass die als Schwarzbeinigkeit oder Stengel-fäule der Kartoffelstauden bekannte Krankheit ebenfalls durch Bakterien hervorgerufen werden kann. Es ist auch von mir gezeigt worden, dass diese Krankheit immer ihren Ausgang nimmt von einer raschen Fäulniss der Saatkartoffel, indem von dieser aus die Fäulniss in den Stengeln, die aus solcher Kartoffel, bevor sie in Fäulniss übergang, entsprossen sind, emporsteigt. Der Vorgang dabei ist der, dass in den Inter-cellulargängen des Rinde- und Markgewebes des Kartoffelstengels die Spaltpilzmassen sich nach oben verbreiten. Seit 1895 habe ich alljährlich schwarzbeinige Kartoffelstengel untersucht aus verschiedenen Gegenden, und immer dabei den gleichen Spaltpilz gefunden, nämlich Kokken, welche mit obengenannten *Micrococcus phytophthorus* der bakterienfaulen Knollen übereinstimmen. Mit solchen aus schwarzbeinigen Kartoffelstengeln entnommenen Bakterien konnte ich gesunde Kartoffelknollen erfolgreich inficiren, d. h. echte Bakterienfäule künstlich an denselben hervorbringen, was einen weiteren Belag dafür beibringt, dass es sich hier um Krankheiten handelt, die durch pathogene Kartoffelbakterien erregt werden.

Es mag hier ein solcher Infectionsversuch beschrieben werden: In gesunde, reine Kartoffeln werden mittelst sterilisirter Messerspitze kleine Impflöcherchen geschnitten und in dieselben etwas Zellgewebe von schwarzbeinigen Kartoffelstengeln eingesetzt, während in die Impflöcher einiger anderen Kartoffel nichts eingepflanzt wird. Oder die Kartoffeln werden mittelst sterilisirter Präparirnadel angestochen und in die Stichstelle mittelst sterilisirter Platinnadel etwas der rein ge-

1) Untersuchungen aus dem botan. Laborat. d. Universität Göttingen 1879.

2) Centralbl. f. Bakteriologie 1898. S. 695—697.

zuchteten Spaltpilzmasse hineingestossen, während die Impfstiche anderer Kartoffeln ohne Infection gelassen werden. Alle Kartoffeln, geimpfte, wie nicht geimpfte, werden dann in mässig feuchtes, sterilisirtes Filtrirpapier gewickelt und unter Glasglocken gelegt. Ein den Kartoffeln schädlicher Feuchtigkeitsgrad wird dadurch nicht geschaffen. Nach 6—15 Tagen revidirt und der Länge nach durchschnitten, zeigen die Kartoffeln folgendes eclatantes Ergebniss. Die verwundeten und geimpften Kartoffeln haben, genau von der Impfstelle ausgehend, die typische Bakterienfäule bekommen, indem das Gewebe in einen weissen Mehlbrei verwandelt ist, unter massenhafter Kokken-Entwicklung zwischen den Zellen. Die Fäule hat von der Impfstelle aus entweder nur erst wenige Millimeter oder mehrere Centimeter aus um sich gegriffen oder hat schon den grössten Theil der Kartoffeln eingenommen, nur eine schmale gesunde Zone, am entgegengesetzten Ende, noch freilassend. Nur der charakteristische Spaltpilz, weder Pilzhyphen noch sonstige Organismen, sind in der künstlich faul gemachten Kartoffel vorhanden. Andererseits sind sämmtliche in der gleichen Weise verwundeten, aber nicht geimpften Kartoffeln gesund geblieben; die Wundstelle ist hier durch Korkbildung verheilt. Am besten gelingt der Versuch in seinen beiden hier beschriebenen Pendants, wenn man Kartoffeln benutzt, welche im Sommer noch von der in der Erde stehenden Staude entnommen worden sind. Bei geernteten, ganz ausgereiften Herbst- oder Winter-Kartoffeln gelingt der Versuch zwar auch, doch kommt es hier bisweilen vor, dass auch die mit Impfmasse versetzten Wundstellen durch Wundkorkbildung, die ja bekanntlich bei Kartoffeln im winterlichen Ruhezustande ausserordentlich rasch geschieht, schneller verschlossen werden, als der Spaltpilz in die Interzellulargänge eindringen konnte, und dann keine Fäule bekommen. Denn die beginnende Korkbildung versperrt dem Pilze das Interzellularsystem. Ist derselbe aber einmal in das letztere eingedrungen, so tödtet er das Gewebe, und dann ist eben die Bildung von Wundkork nicht möglich. Wir sehen also, dass zwischen den Versuchen des Pilzes in die durch eine Wundstelle geöffneten Interzellulargänge einzudringen und zwischen den Bemühungen der Kartoffel entstandene Wunden durch Korkbildung zu schliessen, ein Wettstreit stattfindet, dessen Erfolg sich jeweils auf die Seite desjenigen Theiles neigt, der dabei der raschere ist. Wenn die Kartoffelpflanze nicht so schnell ihre Verletzungen durch Wundkork schlösse, so würde bei den vielen Gelegenheiten zu kleinen Verwundungen, denen die Kartoffel in der Erde ausgesetzt ist, und bei der allgemeinen Verbreitung, welche der *Micrococcus phytophthorus* wahrscheinlich in den Ackerböden hat, die Bakterienfäule viel allgemeiner auftreten, als es thatsächlich der Fall ist.

Nach diesen Ausführungen werden auch die negativen Erfolge erklärlich, welche WEHMER bei seinen Versuchen mit den beiden oben ge-

nannten Kartoffelbakterien erhielt. WEHMER brachte unverletzte oder angeschnittene Kartoffeln ganz unter Wasser oder legte sie nur mit der Schnittfläche in Wasser, wobei sie im Uebrigen entweder in freier, trockener oder in einer durch übergedeckter Glasglocke hergestellten feuchten Luft sich befanden, und wartete ab, welche Veränderung an den Kartoffeln eintreten werde. Wie nicht anders zu erwarten, stellten sich Absterbe-Erscheinungen immer dann ein, wenn durch ungenügenden Luftzutritt die Kartoffeln dem Erstickungstode anheimfielen, und WEHMER constatirt, dass erst nach eingetretenem Tode Bakterien und mit ihnen die Fäulniss erscheinen. Er spricht hiernach den Gedanken aus, dass es bei den Pflanzen überhaupt keine Bakterien-Krankheiten geben dürfte, jedenfalls, dass bei den Kartoffeln eine bakterielle Zersetzung immer erst dann eintrete, wenn die Knollen bereits sonstwie Schaden gelitten haben, und er hält es nicht für gerechtfertigt, dass ich diese früher von mir geäußerte Ansicht neuerdings wieder aufgegeben habe. Letzteres ist nicht der Fall; ich habe damals¹⁾ nur geltend gemacht, dass Bakterienbefall vielfach erst an bereits abgestorbenem Pflanzengewebe angenommen werden muss. Das ist ja eigentlich selbstverständlich und auch heute noch meine Ansicht; aber ich muss jetzt auch die Existenz primär pathogener Bakterien bei den Pflanzen annehmen; Versuche, wie die soeben von mir beschriebenen, beweisen dies unzweideutig. WEHMER hat mit dem hier gemeinten perniciosen Mikrokokkus, der in den Ackerböden so häufig die Kartoffeln befällt, noch keine Versuche gemacht. Diejenigen Bakterien, welche sich spontan einfanden, wenn er Kartoffeln unter Wasser legte, sind vielleicht wirklich das, wofür er sie hält, secundäre Fäulnissorganismen. Aber selbst dies wird durch seine Versuche noch nicht bewiesen. Ihm dünkt es bewiesen zu werden durch die Beobachtung, dass Kartoffelstücke, die im Uebrigen an freier Luft sich befanden, mit der Schnittfläche aber in Wasser lagen, selbst dann nicht faulten, wenn in das Wasser faule, also bakterienhaltige Masse gebracht worden war. WEHMER spricht in den Schlussfolgerungen, die er aus dieser Beobachtung zieht, von dem „wochen- und monatelangem Gesundbleiben umfangreicher Wundflächen, trotz dauernder Berührung mit Wasser“, und sagt, dass die Bakterien „gesundbleibendes nasses Wundgewebe“ nicht angreifen. Der Ausdruck Wundgewebe ist ungenau; eine mikroskopische Prüfung würde ergeben haben, dass hier die Schnittflächen, wie alle glatten Wundflächen lebender Kartoffeln, sehr rasch mit einer Korksicht sich überzogen hatten. Diese war es, welche den Bakterien den Eintritt in die Intercellulargänge versperrte. Die Kartoffel leistete den Bakterien, nicht weil sie gesund war, Widerstand, sondern weil sie sich rechtzeitig durch

1) Krankheiten der Pflanzen. 2. Aufl. Band II. S. 22—23.

Korkverschluss der Wunde gegen das Eindringen der Bakterien schützte. Dass gesundes Kartoffelgewebe durch infectiöse Bakterien in Fäulniss versetzt werden kann, ist durch meine obigen Versuche bewiesen.

6. Die Nematoden-Fäule.

Erreger. Schon im Jahre 1888 entdeckte J. KÜHN¹⁾ das Vorkommen von Aelchen in lebenden Kartoffeln bei Halle. Seitdem kam diese Thatsache ziemlich in Vergessenheit; erst in den letzten Jahren habe ich die ziemliche Verbreitung des Kartoffel-Aelchens constatirt; im Jahre 1897 konnte ich dasselbe in Westpreussen, Posen, Brandenburg, Pommern, Hannover, Braunschweig, Anhalt, Provinz Sachsen und in Bayern nachweisen. Es sind kleine, zur Gattung *Tylenchus* gehörige, mit Mundstachel versehene Aelchen, im erwachsenen Zustande von 1—1,5 mm Länge; sie dürften mit dem auch in anderen lebenden Pflanzen parasitisch lebenden *Tylenchus devastatrix* identisch sein.

Wirkung auf die Kartoffel. Die Aelchen dringen durch die Kartoffelschale im Allgemeinen nicht sehr tief in's innere Gewebe ein. Die von Aelchen direct berührten oder in Berührung gewesenen Zellen sind abgestorben, ihr Protoplasma und ihre Zellhaut gebräunt, der Stärkeinhalt meist unverändert erhalten. Wie das mikroskopische Bild, so stimmt auch das Aussehen der befallenen Stellen sowohl an der Oberfläche als auch auf dem Durchschnitte der Kartoffel auf das nächste mit den Symptomen bei der *Phytophthora*-Fäule überein. Oft zeigt aber bei der Nematoden-Fäule das gebräunte Gewebe eine gewisse Lockerung, sieht aus wie zerrissen, was mit der Miniarbeit der Aelchen zusammenhängt, die man in Form erwachsener Individuen, in allerlei Jugendzuständen, sowie in Form von abgelegten Eiern in solchem Gewebe findet. Etwas sehr Charakteristisches für die Nematoden-Fäule, weil bei den anderen Fäulearten nicht zu bemerken, ist die eigenthümliche Veränderung, welche die die Nematoden-Nester begrenzenden Zellen des lebenden Gewebes erleiden. Dieselben verlieren ihr Stärkemehl, vermehren aber ihren Protoplasmagehalt, zugleich unter Vergrößerung des Zellkerns, ansehnlich. Wir dürfen darin wohl eine schwache Andeutung von hypertrophischen Reizwirkungen erkennen, wie solche sonst bei *Tylenchus devastatrix* in noch viel höherem Grade sich zeigen, wo sie bekanntlich oft zu Gewebewucherungen führen, von denen hier jedoch nichts wahrzunehmen ist.

7. Das Buntwerden oder die Eisenfleckigkeit der Kartoffeln.

Die vorstehenden Namen entlehne ich der landwirthschaftlichen Praxis, wo sie zur Bezeichnung der ziemlich seltenen Erscheinung

1) Zeitschrift für Spiritus-Industrie 1888. S. 355. — Centralblatt für Agricultur-Chemie 1888. S. 842.

dienen, die ich hier meine. Dieselbe hat im Aussehen gewisse Ähnlichkeit mit der *Phytophthora*-Fäule, mit der sie daher auf den ersten Blick leicht verwechselt werden kann. Die braunen Flecke, die sich beim Durchschneiden der Kartoffel zeigen, gehen aber nicht, wie bei der *Phytophthora*-Fäule, von der Oberfläche aus, sondern sind meist in grosser Anzahl durch das ganze weisse Gewebe der Kartoffel regellos zerstreut und stehen weder mit der Oberfläche, noch unter sich im Zusammenhang. Es sind isolirt mitten im gesunden Gewebe liegende braune Flecken von sehr ungleicher Grösse; daher sind denn in ihnen auch keinerlei parasitische Organismen zu finden. Die ganze Erscheinung besteht in einer Bräunung des Protoplasmas unter Erhaltenbleiben der Stärkekörner. Diese Veränderung des Protoplasmas betrifft meist nur eine kleine Gruppe beisammenliegender, ringsum von gesundem Gewebe umgebener Zellen, oder auch nur eine einzige Zelle, manchmal sogar nur die eine Ecke einer sonst unverändert gebliebenen Zelle. Das Fehlen jeglicher nachweisbarer Parasiten ist das Charakteristische dieser Gewebekrankheit, deren Ursache bislang völlig ungeklärt ist.

WEHMER¹⁾ beschreibt unter der Bezeichnung „Fleckigwerden der Kartoffeln“ eine Erscheinung, die man künstlich durch mehrtägiges Ab sperren der Kartoffeln von der Luft hervorrufen könne. Er deutet dieselbe wohl sehr richtig als die ersten Anfänge der Symptome des Erstickungstodes der Kartoffel. Diese lokalen Bräunungen sollen erst sichtbar werden, wenn solche beschädigte Kartoffeln einige Zeit an der Luft gelegen haben und zwar als Folge der Sauerstoff-Einwirkung. Ich bin zweifelhaft, ob diese Erscheinung mit der soeben von mir beschriebenen Krankheit identisch ist. Die eisenfleckigen Kartoffeln werden gleich als solche bei der Ernte gewonnen; sie erweisen sich, abgesehen von ihrer bunten Färbung, völlig gesund; es handelt sich nicht um beginnende Fäulnis-Stadien; solche Kartoffeln bleiben bei der Aufbewahrung während des Winters durchaus haltbar und behalten ihre braune Zeichnung unverändert bis zum Frühjahr; dieselbe macht während dem keine nachweisbaren Fortschritte. Ich habe solche Kartoffeln im Frühlinge aussäen lassen und aus ihnen völlig gesunde Kartoffelstauden mit neuen Kartoffeln ohne Eisenfleckigkeit erhalten. Alle diese Wahrnehmungen stehen recht wohl im Einklange mit der Beobachtung, dass bei dieser Krankheit keinerlei Parasiten im Spiele sind.

8. Combinationen.

Wenn es, wie hier nachgewiesen, sechs verschiedene Organismen giebt, welche an den Kartoffeln Gewebe-Zersetzungen hervorbringen können, so ist, da es sich um weit verbreitete Organismen handelt,

1) l. c. S. 735.

zu erwarten, dass häufig Befallungszustände an den Kartoffeln auftreten, denen ein combinirter Angriff zweier oder mehrerer dieser Organismen zu Grunde liegt. Da jeder der letzteren besondere Veränderungen im Gewebe hervorbringt, so müssen sich dann Complicationen ergeben, zu deren richtiger Diagnosticirung es der sorgfältigen Feststellung der beteiligten Organismen, sowie der Beurtheilung der zeitlichen Aufeinanderfolge, in welcher die Kartoffel von denselben befallen worden ist, bedarf.

In der That habe ich bei meinen Erhebungen über die Kartoffelfäule eine Menge solcher Combinationen gefunden, worüber hier noch eine kurze Uebersicht gegeben werden soll.

1. *Phytophthora*—*Rhizoctonia*. Diese Combination ist besonders häufig. Gewöhnlich ist dabei *Phytophthora* der erste Eindringling und in den von ihr getödteten Zellen kann dann die *Rhizoctonia* keine Stärkelösung hervorbringen, wie schon oben erwähnt. Nur wo sie noch lebendes Gewebe trifft, da beginnt ihre charakteristische Stärkelösung. Sehr selten habe ich den Befall auch in umgekehrter Reihenfolge gefunden. Dann waren die *Phytophthora*-Fäden zwischen den durch die *Rhizoctonia* vorher stärkeleer gemachten, aber noch lebenden Zellen zu sehen.
2. *Phytophthora*—*Fusarium*, ebenfalls nicht selten; beide machen ähnliche Erscheinungen, das Stärkemehl bleibt dabei erhalten.
3. *Phytophthora*—*Phellomyces*. Die Endwirkung ist dieselbe, wie bei No. 2.
4. *Phytophthora*—Bakterien, eine oft vorkommende Combination, wobei ebenfalls das Stärkemehl erhalten bleibt.
5. *Phytophthora*—Nematoden. Jeder dieser beiden Organismen macht ähnliche Veränderungen, die Combination sieht daher ebenso aus.
6. *Fusarium*—*Rhizoctonia*, wobei gewöhnlich das erstere der Vorangehende ist, so dass ähnliche Erfolge wie bei No. 1 eintreten.
7. *Phellomyces*—*Rhizoctonia*, wovon das Gleiche wie von No. 6 gilt.
8. *Fusarium*—*Phellomyces*. Jedes von beiden macht nahezu gleiche Veränderungen, daher auch die Combination.
9. Nematoden—Bakterien, eine nicht seltene Verbindung, wobei oft die Bakterien den vorausziehenden Nematoden nachfolgen.
10. Bakterien—*Fusarium*, ebenfalls häufig vorkommend, das Stärkemehl bleibt erhalten; auch das Fäulnissbild sieht bei jedem der beiden ähnlich aus, daher auch in der Combination.
11. Bakterien—*Rhizoctonia*. Bald sind die ersteren die Vorläufer; dann löst die *Rhizoctonia* das Stärkemehl nicht mehr auf; bald geht die letztere voran, dann entwickeln sich die Bakterien zwischen und in den stärkeleeren Zellen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1898

Band/Volume: [16](#)

Autor(en)/Author(s): Frank B.

Artikel/Article: [Untersuchungen über die verschiedenen Erreger der Kartoffelfäule 273-289](#)