

- Digitalisierte Fassung im Format PDF -

# Die gegenwärtig herrschende Kartoffelkrankheit, ihre Ursache und ihre Verhütung

---

Anton de Bary

Die Digitalisierung dieses Werkes erfolgte im Rahmen des Projektes BioLib ([www.BioLib.de](http://www.BioLib.de)).

Die Bilddateien wurden im Rahmen des Projektes Virtuelle Fachbibliothek Biologie ([ViFaBio](http://ViFaBio)) durch die [Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg \(Frankfurt am Main\)](http://Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg (Frankfurt am Main)) in das Format PDF überführt, archiviert und zugänglich gemacht.

935

Die

# gegenwärtig herrschende Kartoffelkrankheit,

ihre Ursache und ihre Verhütung.

Eine pflanzenphysiologische Untersuchung

in allgemein verständlicher Form dargestellt

von

Dr. A. de Bary,

Professor der Botanik zu Freiburg i. B.

Mit einer Steinbrudtafel.



Leipzig,

A. Förstner'sche Buchhandlung.

(Arthur Felix.)

1861.

285

IV 49



II. A. 6.

## Inhalt.

---

I. Einleitung. Erscheinungen der jetzt herrschenden Kartoffelkrankheit im Großen. Ansichten über ihre Ursachen. Bezeichnung der zu lösenden Fragen.

II. Die Erkrankung des Krautes (Blätter, Stengel, Früchte) wird verursacht durch einen Schmarozerpilz, *Peronospora infestans*. Allgemeine Erörterungen über Parasiten und Pilze. Structur des Kartoffelblatts. Bau und Entwicklung der *Peronospora*. Verschiedene Ansichten über ihre ursächlichen Beziehungen zur Blattkrankheit. Entscheidende Versuche.

III. Die Krankheit der Knollen. Ansichten über ihre Ursache. Sie wird durch die eingebrungene *Peronospora* unmittelbar erzeugt. Experimenteller Beweis. Nachweisbarkeit des Pilzes in jeder kranken Kartoffel. Ansteckung gesunder Knollen durch kranke.

IV. Wie überwintert der Pilz und wie gelangt er zuerst auf den Acker? Ueberwinterung von Sporangien und Sporen unerwiesen. Genetischer Zusammenhang der *Peronospora* mit den Schimmelbildungen auf faulenden Knollen nicht vorhanden. Unschädlichkeit der letzteren. Die auf wildwachsenden Pflanzen lebenden Arten von *Peronospora* sind von *P. infestans* specifisch verschieden und bringen nicht in die Kartoffelpflanze. Der Parasit überwintert in den Knollen. Seine massige Verbreitung erklärt sich, auch wenn nur kleine Spuren in den Acker gebracht sind, vollständig.

V. Uebereinstimmung der im Großen beobachteten Witterungs- und Bodeneinflüsse mit den geschilderten Versuchsergebnissen. Verschiedene Krankheitsdisposition verschiedener Sorten. Unhaltbarkeit der Ansichten von einer Entartung der Kartoffelpflanze. — Vaterland und Einschleppung der *Peronospora infestans*. Zerstörung und Fernhaltung derselben und Verhütung der Krankheit.

Einige wichtigere Schriften über die Kartoffelkrankheit.

Erklärung der Tafel.

---

## I.

Die vorliegende kleine Schrift hat den Zweck über die Ursachen einer Erscheinung Licht zu verbreiten, welche besonders in den letzten zwanzig Jahren allgemeine Aufmerksamkeit auf sich zog, allgemeine Sorge und Noth verbreitete, weil sie in einem Mißrathen der Kartoffel, derjenigen Feldfrucht besteht, welche binnen kaum mehr als einem Jahrhundert den Bewohnern gemäßigter Klimate eine wichtige, wo nicht unentbehrliche Nahrungsquelle geworden ist. Auf die Bedeutsamkeit der Kartoffelkrankheit, wie wir diese Erscheinung kurzweg zu nennen pflegen noch besonders aufmerksam zu machen, wäre den einem jeden bekannten Erfahrungen gegenüber ein überflüssiges Beginnen, und wäre es erforderlich, so würde ein Hinweis auf die binnen kurzer Zeit massenhaft angewachsene Litteratur über den Gegenstand dafür genügen.

Wer der Entwicklung dieser Litteratur und den darin niedergelegten Ansichten nur einigermaßen unbefangen gefolgt ist, dem kann es nicht entgangen sein, daß trotz den vielseitigsten Bemühungen, unsere Kenntniß von den Ursachen des Uebels, auf welche allein eine vernünftige Methode zu seiner Verhütung gebaut werden kann, eine mangelhafte und unklare geblieben ist. Die Einen, und dazu gehören besonders einige sehr verdienstvolle Beobachter aus der Zeit des ersten massenhaften Auftretens der Krankheit, gestehen ihre Zweifel offen ein, Andere behaupten die wahre Ursache gefunden zu haben, allein während die Erscheinungen um welche es sich handelt die gleichen sind, gehen die Erklärungen und die Angaben des einzig wahren Grundes nach den verschiedensten Richtungen auseinander.

Solchen Thatsachen gegenüber befindet sich der Verfasser einer neuen Schrift über die Sache in einer übeln Stellung; er läuft Gefahr unbeachtet zu bleiben oder wegen seiner Vermessenheit oder Verblendung, die ihn glauben gemacht gefunden zu haben was so vielen entgangen oder zweifelhaft geblieben ist, gar belacht zu werden. Jedensfalls ist er schon im eigenen Interesse zu der Angabe der Gründe verpflichtet, welche ihn veranlassen der vorhandenen Fluth einen neuen Tropfen hinzuzufügen. Ich

glaube dieser Verpflichtung am besten dadurch zu genügen, daß ich kurz angebe wie die vorliegende Arbeit entstanden ist. Versuche, welche Dr. Speerschneider im Jahre 1857 veröffentlicht hat, schienen der Erkrankung der Kartoffelknollen eine durchaus neue, sehr bestimmte und einfache Erklärung zu geben und zugleich Kraut- und Knollenkrankheit auf ein- und dieselbe Ursache zurückzuführen. Die sehr verschiedenen, theils bestätigenden, theils verwerfenden Beurtheilungen, welche Speerschneiders Versuche von anscheinend competenten Kritikern erfuhren, veranlaßten mich dieselben bei Gelegenheit ausgedehnterer Untersuchungen über Pflanzenkrankheiten und Schmarogergewächse zu wiederholen und zu prüfen. Das Resultat war einerseits volle Bestätigung des Hauptsatzes von Speerschneider, andererseits Gewinnung einer Reihe neuer Thatfachen, welche geeignet sind eine Anzahl bisher berechtigter Zweifel über die Ursachen der Krankheit zu heben. Es hat sich somit in Folge der Speerschneiderschen Versuche eine ganz bestimmte Erklärung des ursächlichen Zusammenhanges aller Krankheitserscheinungen ergeben, von deren Richtigkeit sich Jedermann durch einige einfache Versuche leicht überzeugen kann, es hat sich ein vollständiges Bild des ganzen Krankheitsverlaufes, an dem es bisher ganz besonders fehlte, herausgestellt, und damit läßt sich der Weg zu beträchtlicher Milderung des Uebels sicher finden, wenn auch eine vollständige Verhütung und Ausrottung desselben, wie gerade die genauere Kenntniß der Sache lehrt, schwer und jedenfalls nur langsam möglich werden wird.

Bei solchem Sachverhalt ist nun, wie ich glaube, der Fachmann geradezu verpflichtet das Seinige zu thun um über einen Gegenstand von so hoher Bedeutung dem großen Kreise der dabei Betheiligten Aufklärung zu geben. Er ist es um so mehr, je größer die Masse der vorhandenen Literatur, die Zahl einander in jeder Weise widersprechender Ansichten und Rathschläge ist, und ganz besonders gegenüber einigen mit großen Ansprüchen auftretenden, den Gegenstand aber in musterhaft ungründlicher Weise behandelnden Arbeiten von Botanikern, deren Autorität wenigstens bei Anfängern und Laien gegenwärtig in großem Ansehen steht.

Aus diesen Gründen lege ich diese Schrift dem Publikum vor. Sie soll keineswegs eine vollständige Monographie sämmtlicher Erkrankungen der Kartoffelpflanze, oder auch nur eine vollständige Beleuchtung aller bei der in Rede stehenden Krankheit im Betracht kommenden, zumal öconomischen Fragen liefern; diese sind vielmehr, soweit sie durch bisherige Arbeiten ihre Erledigung gefunden haben, absichtlich unberücksichtigt geblieben, ich habe mich nur an die Hauptaufgabe gehalten: Darstellung der gegenwärtigen Kartoffelkrankheit, ihrer Ursache, ihres Verlaufes und des Weges zu ihrer Verhütung. In der Form der Darstellung habe ich mich bemüht,

möglichst allgemein, zumal dem gebildeten Landwirth verständig zu sein, ohne dabei die wissenschaftliche Genauigkeit aufzugeben. Für die hieraus nothwendig folgenden Ungleichheiten in der Ausführung erbitte ich die gütige Nachsicht des Lesers; des Fachmannes wenn ich für ihn zuweilen zu ausführlich oder abschweifend bin; des Nichtbotanikers wenn ich ihm zu sehr in Einzelheiten einzugehen scheine, ohne deren genaue Berücksichtigung ja aber ein allgemeines Resultat nicht sicher gestellt und Keinem vollständig klar gemacht werden kann.

Wenn heutzutage von Krankheit der Kartoffelpflanze die Rede ist, so muß jeder zunächst an diejenige Form der Erkrankung oder Verderbniß denken, welche seit Anfang der vierziger Jahre, zumal seit 1845 epidemisch in fast allen kartoffelbauenden Ländern aufgetreten ist, je nach den Jahren in verschiedener Heftigkeit und Verderblichkeit, und von deren Erscheinungen fast ein jeder Leser aus unzähligen Beschreibungen und aus eigener Anschauung ein deutliches Bild erhalten hat.

Diese gegenwärtig herrschende Kartoffelepidemie, die Fäule des Kartoffelkrautes und die Knollenfäule, oder, wie sie Julius Kühn in seinem trefflichen Buche\*) über die Krankheiten der Culturgewächse bezeichnet, die Blattkrankheit und Zellenfäule der Kartoffel soll ausschließlich den Gegenstand der vorliegenden Arbeit bilden. Seitdem gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts der Kartoffelbau im Großen über Europa verbreitet wurde, hat man eine Reihe verschiedenartiger und in verschiedener Ausdehnung aufgetretener Erkrankungen unserer Culturpflanze wahrgenommen. So die seit 1770 in England, Deutschland, Frankreich verheerende, seit Anfang des gegenwärtigen Jahrhunderts seltner gewordene Kräuselkrankheit; so die Trockenfäule oder Stockfäule, welche seit 1830, wo sie in der Eifel wüthete, in Deutschland gefürchtet war, und in neuerer Zeit selten geworden zu sein scheint. Wenn es gleich schwer ist nach den vorhandenen Angaben und Beschreibungen nachträglich bestimmt zu entscheiden, in wie weit die unter diesen Namen zusammengefaßten Krankheiten vielleicht theilweise mit der gegenwärtigen verwechselt wurden, so ist doch kein Zweifel, daß die typischen Formen dieser Erkrankungen von der in Rede stehenden bestimmt verschieden sind. Sie und da beobachtet man ferner Abnormitäten der Knollen, welche als Pocken, Schorf, Grind bezeichnet werden, Erscheinungen des Durchwachsens, des Verderbens durch Bodennässe (Ersäufung). Alle diese Erscheinungen sind von der gegenwärtigen Betrachtung ebenso sehr ausgeschlossen, wie zufälliges

\*) Die Krankheiten der Culturgewächse, ihre Ursachen und ihre Verhütung. 2. Aufl. Berlin 1859.

Eintreten von Fäulniß und Verderben, das im Keller oder auf dem Acker durch beliebige Ursachen vorkommen kann. Es ist ausdrücklich hervorzuheben, daß es sich für uns um eine durch sehr bestimmte Symptome an Kraut und Knollen scharf characterisirte Art der Erkrankung handelt. Aus der vorhandenen Litteratur und aus der Erfahrung jedes Einzelnen geht aber unzweifelhaft hervor, daß diese so sehr die seit etwa 20 Jahren herrschende ist, daß sie seit dieser Zeit jedenfalls der weitaus überwiegenden Mehrzahl von Fällen eines Verderbens oder Mißrathens der Kartoffel zum Grunde liegt. Sie bedingt vielleicht immer das massenhafte Schwarzwerden, vorzeitige Absterben des Krautes, und daß sie das Mißrathen der Knollen wenigstens in den allermeisten Fällen bewirkt, dafür mag der Umstand sprechen, daß mir während meiner Untersuchungen auf die Bitte um Uebersendung kranker Kartoffeln, ohne daß ich die Krankheit irgend näher bezeichnet hätte, aus den verschiedensten Gegenden Deutschlands die verschiedensten Kartoffelsorten zugesandt wurden, und unter allem diesem Material kaum einmal eine vereinzelte Knolle andere, als die für die bezeichnete Epidemie characteristischen Verderbnißerscheinungen gezeigt hat.

Wenngleich die Symptome, durch welche diese Krankheit ausgezeichnet ist, soweit sie sich im Großen manifestiren schon oft genug beschrieben worden sind, so mag es doch der sicheren Unterscheidung wegen nicht überflüssig sein eine nochmalige kurze Schilderung derselben den Untersuchungen über die Ursachen voranzuschicken.

Die Krankheit macht sich zuerst bemerklich durch das Auftreten der Krautverderbniß, das Schwarzwerden und vorzeitige Absterben des Krautes. An demselben treten je nach den Jahren früher oder später, von der zweiten Hälfte des Juni bis Mitte Juli, kleine braune Flecken auf den Blättern auf, zunächst auf einzelne Stöcke des Ackers und auf einzelne Fiederblättchen derselben beschränkt. Je feuchter die Witterung und die Lage des Feldes, um so schneller wächst die Häufigkeit der Flecken und die Ausdehnung der vorhandenen; zuletzt sind die ganzen befallenen Blättchen schmutzig braun, unregelmäßig gekraust und geschrumpft. Später finden sich braune Flecke auch an den Blattstielen, an dem Stengel, zunächst meist dicht unterhalb der letzteren, bald auch an anderen Stellen. Endlich ist das ganze Kraut schwarzbraun, welk, abgestorben, vertrocknet wenn die umgebenden Medien wasserarm, faulend unter widerlichem Geruch wenn die Umgebung feucht ist. Es ist hinreichend bekannt, wie sich die Erscheinung bei ungünstigem Wetter oft mit reißender Schnelligkeit über große Strecken ausbreitet, wie oft plötzlich alles Kraut eines Ackers schwarz und abgestorben dasteht, ganze Fluren in wenigen Tagen ihren grünen Laubschmuck verloren haben.

Nicht selten bleibt es bei dieser Krautverderbniß, bei diesem ersten Stadium gleichsam der Krankheit. Der Ernteertrag ist zwar ohne Zweifel geringer als er unter den gleichen Vegetationsbedingungen bei gesundem Kraute gewesen wäre, denn durch das Absterben des letzteren sind der Pflanze Organe verloren gegangen deren Thätigkeit für die Bildung und Ausbildung der Knollen jedenfalls von höchster Bedeutung ist, weil durch sie die Verarbeitung der aufgenommenen Nahrung geschieht. Aber bei alledem sind die geernteten Knollen oft völlig oder doch größtentheils gesund und brauchbar. In anderen Fällen dagegen, und diese sind eben die gefürchtetsten, findet sich an den Knollen von den laubverdorrbenen Aekern die Erscheinung der Fäule (Zellenfäule) in verschiedener Häufigkeit. An der Schale der frisch aus dem Boden genommenen Knollen erkennt man zunächst mißfarbige, im Allgemeinen schmutzig braune Flecken von verschiedener Größe, denen meist ein leichtes Eingesunkensein der Oberfläche entspricht. Schneidet man die Knolle durch, so findet sich an diesen Stellen das zunächst unter der Schale gelegene Gewebe in eine Tiefe, welche anfangs meist eine Linie nicht überschreitet, intensiv braun gefärbt, das übrige noch gesund. Schreitet das Verderben weiter fort, so verbreitet sich die Bräunung des oberflächlichen Gewebes sammt den Veränderungen, welche schon von außen bemerkbar sind weiter und weiter über den Umfang der Knolle; die Bräunung tritt hie und da tiefer ins Innere derselben ein, zuletzt beginnt die Zersetzung auch des nicht braun gewordenen Gewebes, welches sich entweder in eine jauchige stinkende Masse verwandelt: nasse Fäule, oder zu einer bröckeligen, von zahlreichen Lücken und Rissen durchsetzten Masse zusammenschrumpft: trockene Fäule, je nachdem die kranken Knollen feucht oder trocken gehalten worden waren. Mit dem Eintritt der Fäulniß, zumal der trockenen, beginnt an der Oberfläche der Knollen das Auftreten von Schimmelbildungen, die meist in Form von weißen verschieden großen Polstern die Schale durchbrechen und je nach ihrer Fructification späterhin meist gelbliche oder rostrothe, seltener rosenfarbige oder blaugraue Farbe annehmen. Endlich wird zumal die trockenfaule Knolle sehr oft thierischen Gästen, Milben, Tausendfüßen u. s. w. zur Beute.

So wenig Zweifel über diese für unsere Kartoffelkrankheit charakteristischen Erscheinungen bestehen und bestehen können, so abweichend von einander sind die Ansichten, welche über ihre Ursache selbst von den Tüchtigsten ausgesprochen worden sind, und es ist die Frage nach derselben als bis jetzt durchaus unentschieden zu betrachten.

Unter den Meinungen, welche auf wissenschaftliche Begründung und Berücksichtigung Anspruch machen können, betrachten zunächst die Einen,

gestützt auf das häufige Gesundbleiben der Knollen bei verdorbenem Kraute, die Laub- und Knollenkrankheit als durchaus von einander unabhängige Erscheinungen, während die Andern einen ursächlichen Zusammenhang zwischen beiden, beide als verschiedene Stadien eines und desselben Krankheitsprocesses annehmen. Mehr oder minder unabhängig von dieser Grundverschiedenheit der Anschauungsweise gehen die einzelnen Erklärungsversuche auseinander, sei es für die Krankheiten des Laubes oder der Knollen, oder beider Theile zusammen. Die Ansichten, welche in dieser Richtung aufgestellt worden sind lassen sich in drei Hauptgruppen zusammenstellen. Erstens solche, welche in rein äußern oft localen Ursachen nämlich in ungünstigen Wärme- und Feuchtigkeitszuständen von Luft und Boden oder in nachtheiliger Mischung der Bodenbestandtheile, zumal fehlerhafte Düngung den Grund des Uebels setzen. Zweitens diejenigen, nach welchen eine Entartung der Kartoffelpflanze Ursache der Krankheit ist, mag sie, wie Schleiden will, durch fortgesetzte Cultur und damit allmählich eingeschlichene krankhafte Ernährung, gleichsam Ueberfütterung bei der Kartoffelpflanze wie bei anderen Culturgewächsen eintreten, oder, wie besonders Jessen behauptet, als eine Art Altersschwäche solche Pflanzen ergreifen, welche lange Zeit hindurch mittelst ungeschlechtlicher Vermehrung, durch Knollen, Ableger u. s. w. fortgepflanzt werden, also eine Kartoffelsorte um so mehr befallen, je länger ihre ungeschlechtliche Vermehrung bereits gedauert hat, d. h. je älter ihre Cultur ist.

Die dritte Ansicht sieht die Krankheitsursache in Schmarozern, Parasiten, d. h. niederen Organismen, welche auf oder in gesunden lebenden Wesen leben, von der Substanz der letzteren sich ernähren, und dadurch eine Erkrankung ihres Wirthes oder Ernährers hervorbringen. Wenige und wenig berücksichtigenswerthe Meinungen sind dahin ausgesprochen worden, daß schmarozende Thiere, zumal Blattläuse oder Milben die Ursache unserer Kartoffelkrankheit seien; zahlreiche Beobachter setzen dieselbe dagegen ganz oder theilweise in die Vegetation schmarozender niederer (kryptogamischer) Pflanzen aus der Klasse der Pilze.

Um zwischen diesen verschiedenartigen Meinungen den richtigen Weg zu finden und ein bestimmtes Resultat über die wahre Ursache zu erhalten, kann es keine andere Methode geben, als eine möglichst genaue Untersuchung der einzelnen erkrankenden und erkrankten Theile; eine genaue Kenntniß derselben muß den Ausgangspunkt für jegliche Erklärung der Erscheinungen im Großen bilden. Es wird daher in Folgendem zuerst das Braunwerden des Krautes, dann die Knollenverderbniß speciell zu untersuchen sein und hieraus wird sich ergeben, inwieweit beide Erschei-

nungen abhängig oder unabhängig von einander, oder durch eine gemeinsame Ursache bedingt sind.

## II.

Die Frage nach dem Grunde des Fleckigwerdens und vorzeitigen Todes von Blättern, Stengeln und Früchten der Kartoffel wird von den meisten Botanikern gegenwärtig dahin beantwortet, daß die nächste Ursache in der Vegetation eines im Innern und auf Kosten des gesunden Gewebes dieser Theile wachsenden mikroskopischen Schmarozerpilzes zu suchen ist.

Derselbe ist 1845 zuerst von Mad. Libert in einer politischen Zeitung (Organe des Flandres) unter dem Namen *Botrytis devastatrix*, bald darauf von Montagne als *Botr. infestans* in wissenschaftlichen Zeitschriften beschrieben worden. Später wurde er in die Gattung *Peronospora* als *P. infestans* oder *P. devastatrix* gestellt; er soll hier den Namen *Peronospora infestans*, als den nach wissenschaftlichem Sprachgebrauch jedenfalls bestbegründeten führen.\*)

Es unterliegt in der That keinem Zweifel, daß der ausgesprochene, oft behauptete, oft bestrittene Satz ein unbestreitbar richtiger ist, und die nachfolgenden Auseinandersetzungen werden den Beweis dafür liefern. Um dieselben einem Jeden vollkommen verständlich zu machen, wird es aber zweckmäßig sein, einige allgemeine Bemerkungen über den Bau, die Vegetation und die Entstehung der Pilze vorauszuschicken.

Läßt man organische Substanzen, welche zu Zersetzung geneigt sind, z. B. Speisen, Obst frei an der Luft stehen, so werden sie, wie allgemein bekannt, schimmelig: An ihrer Oberfläche tritt eine aus kleinen Pflänzchen gebildete eigenthümliche Vegetation auf, zunächst in Form eines fein wolli- gen, meist weißen Ueberzugs, welcher sich von dem Punkte seines ersten Auftretens aus strahlig über die Oberfläche verbreitet, und von dem sich dann bald größere oder kleinere aufrechte Fäden in großer Anzahl erheben, deren Enden graue, bläuliche, schwarze und andere Farben annehmen und

\*) Eine vollständigere Aufzählung der dem Pilze zu verschiedenen Zeiten beigelegten Namen (vgl. Montagne, Sylloge, p. 302. Caspary, Monatsber. d. Berliner Acad. Mai 55) ist: *Art. 325.*

*Botrytis devastatrix* Libert a. a. O. *B. infestans* Montagne a. a. O. *B. fallax* Desmazières Crypt. de France. *B. Solani* Harting. *Peronospora trifurcata* Unger, Bot. Zeitg. 1847. *P. Fintelmanni* Caspary, Verhandl. d. preuss. Gartenbau-Vereins 1852. *P. infestans* Caspary in Rabenhorst, Herb. mycol. Nr. 1879, 1854. *P. devastatrix* Caspary, 1855.

*In der letzten Nummer ist der Name nicht.*

dabei ein fein staubiges Ansehen erhalten. Bringt man ein Stück eines solchen Schimmels unter das Mikroskop, so zeigt sich, daß das weißwollige Fadengeflecht aus zarten verzweigten cylindrischen Fäden, oder richtiger Röhren besteht, welche von einer meist glashellen zarten Haut gebildet werden und einen farblosen, feinkörnig-trüben, zuweilen bläulich-glänzenden Inhalt (Protoplasma, Plasma genannt) führen, in welchem die chemische Untersuchung relativ reichliche Mengen stickstoffhaltiger Substanz nachweist. Das Innere des Fadens ist in der Regel durch Querswände in cylindrische Glieder, ringsum geschlossene Kammern oder Zellen abgetheilt, der ganze Faden also eine verzweigte Reihe cylindrischer Zellen; in seltneren Fällen fehlen die Querswände, der Faden stellt einen einzigen ungetheilten Schlauch dar, eine einzige schlauchförmige durch seitliche Ausbuchtungen oft reich verzweigte Zelle.

Diese Fäden, welche sich horizontal auf der Unterlage verbreiten, auch wohl in diese eindringen, sind die vegetativen, nahrungsauffaugenden, späterhin die Fortpflanzungsorgane erzeugenden Organe des Schimmels; man bezeichnet sie mit dem Namen Mycelium. Jene später erscheinenden aufrechten, oben gefärbten und pulverigen entstehen als Zweige an dem Mycelium, haben mit ihm im wesentlichen den gleichen Bau und sind die Träger der Fortpflanzungsorgane der Pflanze, Fruchtzweige. Nach Beendigung ihres bald begrenzten Längenwachsthums bilden sie auf ihrer Spitze die den Samen blüthentragender Gewächse vergleichbaren Fortpflanzungsorgane, welche, wie die unten zu beschreibenden Fälle zeigen werden, je nach der einzelnen Art in sehr verschiedener Weise entstehen können, immer aber den einfachsten Bau zeigen, den wir bei den Organen lebender Wesen überhaupt kennen. Sie sind nämlich einfache Zellen, von einer Haut ringsumschlossene, flüssigen Inhalt führende Bläschen, und werden daher passend als Fortpflanzungszellen, Keimzellen, mit dem üblichen Kunstaussdruck als Sporen bezeichnet. Ihre Gestalt ist meist kuglig, oval, länglich, ihre Größe sehr gering, dem bloßen Auge sind sie höchstens als feine Körnchen unterscheidbar, und da sie an den bezeichneten Orten meist in sehr großer Anzahl bei einander entstehen stellen sie zusammen jenes feinkörnige Pulver dar, welches den Schimmel im ausgebildeten Zustande meist bedeckt, und welches seine verschiedene Farbe durch die Färbung der Sporenhäute erhält.

Die Sporen besitzen die Fähigkeit unter günstigen Bedingungen zu keimen, d. h. zu neuen Myceliumfäden heranzuwachsen, wie dies weiter unten an dem Beispiele des Kartoffelpilzes selbst näher erläutert werden soll. Nur kurz angedeutet kann an diesem Orte werden, daß nicht selten eine und dieselbe Schimmelart, ja oft ein und derselbe Myceliumfaden zweierlei

bis mehrerlei einander in Gestalt, specieller Structur und Entstehung durchaus unähnliche Formen von Sporen tragen kann.

Die Schwämme, wie sie in Regenschirmgestalt auf Wald- und Gartenboden stehen, oder in Huf- und Hutform den Baumstämmen ansitzen, zeigen bei genauerer Untersuchung sehr ähnliche Zusammensetzung und Entwicklung wie die besprochenen Schimmel. Bei der Zergliederung findet man sie oft zeitlebens, immer wenigstens in der Jugend, aus zahlreichen verzweigten Fäden zusammengesetzt, deren Zweige an bestimmten Stellen Sporen bilden; die Entwicklungsgeschichte weist nach, wie die verschiedenen, hut- oder schirmförmig gestalteten Körper aus zahlreichen zusammentretenden Fäden eines Myceliums entstehen, welches dem des Schimmel in allen Stücken gleicht. Jedermann, der z. B. die Entwicklung oder die Cultur des gewöhnlichen essbaren Champignon nur oberflächlich verfolgt hat, wird sich erinnern, wie dieser Schwamm aus einem flockigen, weißen, schimmelartigen Gewebe (Brut, Schwammweiß, blanc de champignon der Gärtner), welcher den Boden durchsetzt, hervortwächst. Der allgemeine Unterschied zwischen Schimmelarten und Schwämmen besteht nur darin, daß bei jenen die Fäden untereinander frei bleiben, höchstens gefellig und locker verschlungen sind, während sie bei letzteren in großer Zahl, fest verschlungen und verfilzt zu bestimmt gestalteten Körpern zusammentreten und heranwachsen.

Man kann sonach zur Veranschaulichung der Sache die Schwämme als Aggregate, gleichsam Colonien fest verbundener Schimmelindividuen bezeichnen, und es fehlt in der That nicht an Zwischenformen, bei denen man zweifelhaft sein kann, ob sie zu jener Gruppe gerechnet, oder als dicht verfilzte Anhäufungen noch selbständiger Schimmelindividuen betrachtet werden sollen.

Beiderlei Bildungen, einestheils jene einfachen, in den Schimmeln am meisten bekannten, anderentheils die Schwämme, machen zusammen die formenreiche Klasse der Pilze aus. Jene, denen außer den Schimmelarten im engern Sinne des Wortes noch eine Anzahl anderer, unten theilweise näher zu besprechender Gattungen angehört, bezeichnet man aus Gründen die sich aus eben Gesagtem von selbst ergeben, als einfache oder Fadepilze, Haplomyceten, Hyphomyceten, auch Schimmelpilze kurzweg; letztere zerfallen in eine Anzahl Ordnungen, deren Betrachtung von dem Zwecke dieser Blätter zu weit entfernen würden.

Die Abtheilung der Pilze ist durch die angegebenen Eigenthümlichkeiten des Baues und der Entwicklung von vielen andern Gruppen niederer Gewächse gut unterschieden. Dazu kommt aber noch eine andere, in dem Ernährungsproceße der hierhergehörigen Gewächse begründete Eigenschaft.

Allen Pilzen fehlt der die grüne Färbung unserer Pflanzenwelt bedingende Farbstoff, des Chlorophyll oder Blattgrün, und alle sind zu ihrer Ernährung auf das Vorhandensein vorgebildeter organischer Substanzen angewiesen.

Es ist ohne Zweifel dem größten Theil der Leser bekannt, daß die Pflanzenwelt im Großen nicht die zuletzt genannten, sondern unorganische Stoffe zur Nahrung aufnimmt, und aus ihnen, d. h. aus den Bestandtheilen des Wassers, der Kohlensäure, des Ammoniaks, welche ihr durch die atmosphärische Luft und den Boden zugeführt werden, nebst salpetersauren Salzen und löslichen Mineralbestandtheilen, die sie aus dem Boden erhält, die organischen, d. h. diejenigen Stoffe darstellt, welche dem Pflanzen- und Thierkörper ausschließlich eigen sind und in der leblosen Natur nicht entstehen. Die chemischen Prozesse, durch welche aus so einfachem Material wie das bezeichnete so complicirte Verbindungen wie Zucker, Stärke, Holzfaser, Eiweiß u. s. w. bereitet werden, sind uns noch ziemlich dunkel. Wohl aber wissen wir, daß der Sitz dieser Prozesse, die Werkstätte, in der unorganische Stoffe in organische übergeführt werden, die grüugefärbten Pflanzentheile sind, daß in diesen unter der Einwirkung des Sonnenlichts, unter Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft und gleichzeitiger Abgabe von Sauerstoff an letztere jedenfalls die ersten, gleichsam entscheidenden Prozesse zur Umsetzung unorganischer Substanz in Pflanzenbestandtheile geschehen. Ohne diese Thätigkeit des grünen Laubs nützt der Pflanze alle Nahrung nichts, die ihr die Wurzeln aus dem Boden zuführen. Der bezeichnete Proceß der Stoffbildung und Ernährung ist an das Vorhandensein des grünen Farbstoffes, des Chlorophylls gebunden, sein Stattfinden durch diesen angezeigt. Anders ist es mit einer verhältnißmäßig kleinen Anzahl von Pflanzen, theils blüthentragenden, theils und besonders den Pilzen. In ihnen wird stets das Chlorophyll vermisst, ihnen mangelt der durch Kohlensäureaufnahme und Sauerstoffabscheidung bezeichnete Assimilationsproceß, und, in inniger Beziehung hierzu stehend, die Fähigkeit von den Nahrungsmitteln der übrigen Pflanzen zu leben. Sie bedürfen vorgebildeter, d. h. bereits durch andere Pflanzen zu irgend einer Zeit bereiteter organischer Substanzen zu ihrem Bestehen, und daß dem so sei kann man aus dem Mangel des Chlorophylls gleichsam ablesen. Der Mangel des Blattgrünes ist daher als wichtiges Merkmal in die Charakteristik der Pilze aufzunehmen; er bildet allein ein durchgreifendes Unterscheidungsmerkmal zwischen ihnen und der als Conserven bezeichneten Abtheilung niederer Wassergewächse.

Die auf organische Stoffe angewiesenen Pflanzen, seien es blüthentragende höher organisirte, seien es Pilze, lassen sich nach der Art ihrer

Nahrung in zwei, übrigens nicht überall scharf gesonderte Reihen ordnen. Die Einen entwickeln sich auf todtten, abgestorbenen organischen Körpern, welche verwesen, und deren Verwesung sie durch ihren Vegetationsproceß unterhalten und befördern. Man kann diese Gewächse Fäulnißbewohner, Saprophyten nennen. Von höheren, blüthentragenden Pflanzen gehören wenige mit Bestimmtheit hierher, z. B. die Fichtenspargel, *Monotropa Hypopitys* und einige Orchideen, welche wie diese das modernde Laub und den Humus des Waldbodens bewohnen (*Neottia*, *Corallorrhiza*, *Epipogum*). Um so zahlreicher sind die fäulnißbewohnenden Pilze, wie Jeder weiß, der sich an die gewöhnlichen Schimmel, an das Meer der Schwämme erinnert, welche faules Holz, Laub des Waldbodens bewohnen.

Die der anderen Reihe bedürfen zu ihrer Erhaltung lebender Organismen, seien es Pflanzen oder Thiere, in welche sie eindringen, von deren Substanz sie sich ernähren, und auf deren Gesundheit sie natürlicher Weise in minderm oder höherem Grade störend einwirken, so daß ihre Entwicklung theilweise oder allgemeine Erkrankung und selbst Absterben des von ihnen befallenen und sie ernährenden Organismus zur Folge hat. Diese auf einen lebenden Nährorganismus angewiesenen Gewächse sind die Schmarotzerpflanzen, Parasiten im strengen und rechten Sinne des Wortes.

Es ist vielleicht nicht ganz überflüssig hier daran zu erinnern, daß die Bezeichnung Parasiten nicht selten selbst von Solchen, die derartiges vermeiden sollten für Gewächse angewendet wird, welche eine solche Verdächtigung in keiner Weise verdienen. Auf den Rinden unserer Bäume sehen wir viele Moose und Flechten als constante Gäste auftreten, auf den Stämmen des Tropenwaldes oft eine ganze Vegetation stattlicher, reichbelaubter und prachtvoll blühender Pflanzen angehäuft, wie viele der unseren Gewächshäusern zur Zierde dienenden Aroideen und Orchideen und andere. Alle diese Gewächse hört man oft Parasiten nennen, aber sehr mit Unrecht; sie sind zum größten Theil Epiphyten, d. h. Pflanzen welche einfach auf, nicht von dem Baume leben, welcher sie gerade trägt, welche vielmehr ihre Nahrung mittelst Blättern und Wurzeln u. s. w. aus der umgebenden Luft ziehen und in dem Baume lediglich einen Stützpunkt suchen, den sie mit einem beliebigen andern vertauschen können. Die tropischen Orchideen gedeihen in unsern Häusern vortrefflich auf Kork- und Holzstücken, viele Flechten und Moose kommen ebenso gut auf Steinen, todttem Holz, selbst Eisenstäben und Glasscheiben vor, wie auf der Rinde lebender Bäume. Höchstens sind manche hierher gehörige Gewächse, wie wohl ein großer Theil der rindenbewohnenden Krustenflechten, Saprophyten, angewiesen

auf die Verwitterungsproducte der äußern für den Baum längst todtten Rinden- und Korlagen, zuweilen selbst auf die Verwitterungsproducte der Rinde ganz bestimmter Baumarten. Aber mit den ächten Schmarozern dürfen diese Pflanzen nicht verwechselt werden, denn niemals ziehen sie wie diese ihre Nahrung aus den lebenden Organen der lebenden Pflanzen.

Wenige ächte Parasiten gehören in unseren gemäßigten Zonen der Klasse der blüthentragenden Gewächse an, während solcher in den wärmeren, besonders den tropischen Regionen eine große Zahl und Formenreihe vorkömmt. Doch sind immerhin unser Mistelstrauch, welcher so häufig Baumzweigen aufsitzt in denen er wurzelt, die Arten der Flachsseiden (*Cuscuta*) und Wurzelwürger (*Orobanch*), zumal der Hanfwürger (*Orob ramosa*) auch bei uns häufige und allgemein bekannte blühende Schmarozerpflanzen. Die Mistel repräsentirt eine Reihe von Parasiten, welche durch ihr grünes Laub verrathen, daß sie wenigstens einen Theil der Nahrung, die sie der Nährpflanze entziehen, im rohen, unverarbeiteten Zustande aufnehmen und erst ihrerseits in organische Substanz verwandeln. Die anderen sind, wie der Mangel des Blattgrüns in allen ihren Theilen anzeigt, ausschließlich auf die von der Nährpflanze gebildeten organischen Stoffe angewiesen.

Ueberaus groß ist dagegen auch in unseren Gegenden die Zahl der parasitischen Pilze, überaus mannigfaltig die Formen in denen sie auftreten, die Wege ihrer Entwicklung. Viele, zumal niedere, der Klasse der Insecten angehörige Thiere, die meisten sowohl wildwachsenden als cultivirten Pflanzen werden von ihnen bewohnt, oft ernährt ein und dieselbe Pflanze eine ganze Anzahl derselben. Es hat diese schmarozende Vegetation ihr vollkommenes Analogon im Thierreiche in der reichen, mannigfaltigen Reihe der parasitischen Eingeweidewürmer, Läuse, Milben u. s. f., von denen die wenigen allgemein bekannten, welche den Menschen und die Hausthiere bewohnen, nur ganz vereinzelte Repräsentanten sind.

Es kann hier nicht beabsicht werden, auf die Schilderung der parasitischen Pilze überhaupt einzugehen. Eine Uebersicht der bis jetzt von ihnen bekannten Lebenserscheinungen gedenke ich demnächst an einem anderen Orte zu geben, einzelne für den Zweck dieser Schrift wesentliche Verhältnisse werden weiter unten besprochen werden. Diejenigen, welchen um die Kenntniß der unsere Culturpflanzen bewohnenden zu thun ist und welche nicht die hierher gehörige Speciallitteratur verfolgen wollen, verweise ich auf die vortrefflichen Darstellungen in J. Kühn's oben angeführtem Buche. Als speciell Beispiel der Schmarozerpilze haben wir hier eben die *Peronospora infestans* zu betrachten, von welcher oben behauptet wurde, daß sie das Absterben des Kartoffelkrautes verursache, und zu deren Beschrei-

hung wir jetzt nach vorheriger kurzer Betrachtung ihres gewöhnlichsten Wohnortes, des Kartoffelblattes, zurückkehren.

Das Blatt der Kartoffelpflanze ist bekanntlich zusammengesetzt aus einer Anzahl ungleich großer, einem gemeinsamen Blattstiele in fiederiger Anordnung ansetzender Theile oder Blättchen. Der Bau der letzteren (fig. 1) zeigt die den meisten flachen Laubblättern zukommenden Eigenthümlichkeiten; ihre Hauptsubstanz besteht aus einem Parenchym, das heißt aus einem von rundlichen oder nur wenig gestreckten Zellen zusammengesetzten Gewebe, deren Inhalt reichliche Mengen organischer Substanzen führt, und deren Function eben in der Darstellung und Ausspeicherung dieser Substanzen besteht. Die des Blattparenchyms sind stets reich an dem grünen Pflanzenfarbstoffe, den wir oben als Blattgrün, Chlorophyll bezeichneten, und welcher in Körnchen an der Innenwand der Zelle abgelagert ist. Form und Anordnung der Parenchymzellen ist verschieden, je nachdem sie der oberen oder der unteren Seite des Blattes angehören. Jener (fig. 1, o) zunächst liegt eine Schicht länglich-cylindrischer mit ihrer Längsachse auf der Blattfläche senkrecht stehender, mit den Seitenwänden eng aneinander gedrängter Zellen; das übrige, der unteren Fläche (fig. 1, u) zugekehrte Parenchym besteht aus etwa 4 bis 5 unregelmäßigen Schichten rundlicher oder abgestumpft vielckiger Zellen, welche weite lusterfüllte Lücken (Intercellularräume) zwischen sich lassen. Ein reiches Gefäßbündel- oder Adernetz durchzieht das ganze Parenchym und führt ihm das von den Wurzeln aufgenommene Wasser zu; und das ganze Blatt wird überzogen von einer zarten, aus einer Lage tafelförmiger Zellen gebildeten, mit zweierlei Haaren besetzten Oberhaut (fig. 1 u u. o, fig. 2), welche auf der unteren Fläche sehr zahlreiche, auf der oberen minder häufige Spaltöffnungen besitzt, d. h. enge längliche Spalten, die von zwei mit ihren Enden zusammenstoßenden halbmondförmigen Zellen begrenzt werden, und durch welche die in den Intercellularräumen enthaltene Luft mit der umgebenden Atmosphäre in Communication steht (fig. 1, 2, s). Unter einer jeden Spaltöffnung liegt immer ein größerer Intercellularraum, die sogenannte Athemböhle (fig. 1, a).

Untersucht man mit dem Mikroskop das noch grüne Gewebe im Umkreis der braunen Flecke eines kranken Kartoffelblattes, so findet man in den Intercellularräumen das Mycelium, die sterilen, nahrungsaufnehmenden Fäden der Peronospora (fig. 1, m), cylindrische, reich verzweigte querwandlose Schläuche mit sehr zarter Haut und farblosem etwas bläulich schimmernden Protoplasmainhalt, durchschnittlich etwa  $\frac{1}{420}$ ''' dick, welche sich vielfach geschlängelt zwischen den Zellen des Blattgewebes hindrängen. Dieselben sind am leichtesten aufzufinden in dem lockern

Parenchym der unteren Blattseite, fehlen jedoch auch meistens nicht zwischen den pallisadenartig gestellten Zellen der Oberseite. Untersucht man hinreichend jugendliche Entwicklungszustände, so sind diese Schläuche die einzigen vorhandenen Organe des Pilzes. In einem etwas spätern Stadium bemerkt man auf der immer noch grünen Stelle des Blattes, und zwar zunächst und vorzugsweise auf dessen unterer Fläche einen zarten weißen Schimmelanflug. An denjenigen Myceliumfäden, welche durch die unteren Spaltöffnungen liegenden Athemböhlen verlaufen, sind die Fruchtzweige des Pilzes entstanden, gleichfalls querwandlose, cylindrische farblose Schläuche, welche mit einer etwas aufgetriebenen Basis, theils einzeln, theils zu 2 bis 5 büschelig gruppirt von den Myceliumfäden entspringen, durch die Spaltöffnungen an die Außenfläche hervortreten und dort zusammen den zarten Schimmelanflug darstellen (fig. 1, 2). Fast aus jeder Spaltöffnung eines vom Pilze bewohnten Fleckes tritt mindestens ein Fruchtzweig hervor, zunächst und oft ausschließlich wie schon gesagt wurde, an der untern, bei großer Feuchtigkeit auch an der obern Blattfläche; ja es kommt vor, daß hier die Fruchtzweige auch aus den Stellen der Oberhaut, welche der Spaltöffnungen entbehren, hervordachsen, indem sie die Wände der Oberhautzellen durchbohren und quer durch diese hindurch ins Freie treten.

Die Fruchtzweige (fig. 2, 3, 11) sind straff aufrecht und zur Oberfläche des Blattes ohngefähr senkrecht gestellt, durchschnittlich so lang oder etwas länger als das Blatt dick ist, an ihrer Basis oft doppelt so dick als die Myceliumfäden, und nach oben hin sehr allmählich verjüngt und zugespitzt. In ihrem oberen Drittheil treiben sie einen bis fünf kurze, aufrecht abstehende, abwechselnd gestellte Aeste, von denen der unterste zuweilen mit einem kurzen Seitenzweig versehen ist; seltener theilen sie sich in dem oberen Drittheil in 2 durchaus gleiche Gabeläste, die dann je 2 bis 4 Seitenzweige tragen. Sämmtliche Endverzweigungen laufen in sehr feine Spitzen aus und sind unter diesen häufig, doch nicht immer mit einer, zwei, oder drei flaschenförmigen Auftreibungen versehen, die ihnen ein eigenthümliches Ansehen verleihen und auf den ersten Blick wohl zu der Meinung führen können, sie seien durch Querswände in flaschenförmige Glieder abgetheilt.

Bei einiger Aufmerksamkeit erkennt man jedoch leicht, daß dies nicht der Fall und daß Schachts Angabe über das Gegliedertsein der Fäden falsch ist; einzelne Querswände finden sich allerdings hie und da ausnahmsweise bei dem blattbewohnenden Pilze, häufiger bei einem andern unten näher zu beschreibenden Vorkommen desselben. Die Structur der Fruchtzweige ist zunächst der des sterilen Myceliums im wesentlichen gleich, nur wird die Wand beträchtlich dicker als bei diesem und nimmt gleich den

meisten Pflanzenzellhäuten sehr leicht durch Jod und Schwefelsäure blaue Farbe an, während diese (Cellulose-)Reaction bei der Wand der Myceliumfäden sehr schwer, in den meisten Fällen gar nicht zu erhalten ist. Auf der Spitze eines jeden Zweiges der fruchttragenden Fäden entsteht eine Fortpflanzungszelle; man hat diese bisher allgemein als Spore angesprochen, allein es stellt sich bei genauerer Untersuchung heraus, daß sich in allen Fällen vollständiger Entwicklung erst innerhalb derselben die zu neuem Mycelium heranwachsenden Sporen bilden; jene Zelle ist daher als Sporenmutterzelle, Sporenbehälter, Sporangium zu bezeichnen.

Die Sporangien entstehen, indem zunächst die Enden der sie tragenden Aeste zu kuglichen Knöpfchen anschwellen (fig. 2), die allmählich größer werden, ovale Gestalt annehmen, während der Plasmahalt des Fruchtzweiges mehr und mehr in sie einwandert. Zuletzt tritt eine kurze Strecke unter der Anschwellung in dem Ende ihres Trägers eine Querwand auf, durch welche jene als besondere Zelle abgegliedert wird (fig. 3), um sich alsbald unter der Querwand von ihrem Träger loszulösen, abzufallen und sich erst dann weiter zu entwickeln, wenn sie durch äußere Umstände an einen dazu günstigen Ort geführt worden ist.

Das ausgebildete Sporangium (fig. 3—5 a) hat etwa die Gestalt einer Citrone; es ist im Umriss oval, unten in ein kleines Stielchen, welches der Abgliederung entsprechend scharf querabgeschnitten ist, am obern Ende in eine kurze stumpfe Papille vorgezogen; seine Wand ist farblos, ziemlich derb, zumal in der Endpapille, der Inhalt besteht gleich dem der Tragfäden aus farblosem körnigem Plasma, in welchem wenn man die Sporangien in Wasser betrachtet oft einer oder mehrere rundliche von wässriger Flüssigkeit erfüllte Hohlräume (sogenannte Vacuolen) als helle Kreise auftreten. Die Entwicklung der Sporen erfolgt wenn die abgefallenen reifen Sporangien in Wasser gebracht werden; man beobachtet sie am besten in Wassertropfen auf Glasplatten, sie findet aber bei der gewöhnlichen mittlern Temperatur unserer Sommer- und Herbsttage unter der angegebenen Bedingung überall statt, ob nun die Wassertropfen auf Theilen der Kartoffel oder einer andern Pflanze sich befinden, oder die Sporangien in feuchte und nasse Erde gelangen. Die Sporen selbst gehören zu den bei Pilzen verhältnißmäßig selten vorkommenden, bei den meisten wasserbewohnenden Algen dagegen allgemein verbreiteten Schwärm-sporen oder Zoosporen (d. h. thierähnlichen Sp.), indem sie in der ersten Zeit ihres Lebens mit einer selbständigen Bewegung begabt sind, welche durch besondere Organe vermittelt wird und den Bewegungen niederer Thiere auffallend ähnlich ist.

Bringt man die frischen, reifen Sporangien unseres Pilzes in Wasser

so beobachtet man oft schon nach kaum anderthalb, zuweilen erst nach 3 bis 5 Stunden, daß der Inhalt derselben durch zarte Linien in eckige gleichgroße Portionen getheilt ist, deren jede in ihrer Mitte einen kleinen rundlichen hellen Fleck zeigt und deren Zahl je nach der Größe des Sporangium zwischen 6 und 16 schwankt. Die Gestalt und Wandbeschaffenheit des Sporangium sind dabei dieselben geblieben wie vor der Aussaat (fig. 4, 5 a).

Bald nach der Theilung zieht sich die der Endpapille zunächst gelegene Inhaltsportion plötzlich von der Wand zurück, um sofort wiederum gegen die Papille hingedrängt zu werden; diese wird hierdurch nach außen vorgerieben und sofort unkenntlich, an ihrer Stelle hat die Wand jetzt ein rundes Loch, durch welches rasch eine Inhaltsportion nach der andern in das umgebende Wasser austritt, um sofort die Gestalt und Structur der ausgebildeten Schwärmsporen anzunehmen und nach kurzem Aufenthalt vor der Sporangiumsmündung fortzueilen (fig. 5, b). In wenig Augenblicken ist das ganze Sporangium entleert und die Sporen in das umgebende Wasser zerstreut.

Die fertige Schwärmspore (fig. 6) ist oval, auf einer Seite etwas abgeplattet, an dem einen, bei der Bewegung stets vorangehenden Ende spitz, an dem entgegengesetzten breit abgerundet. Sie besteht zum größten Theile aus jenem trüben, feinkörnigen Protoplasma, das wie oben gezeigt wurde, den Inhalt der Sporangien und der Fäden unseres Pilzes ausmacht. Eine besondere, von einem Inhalte scharf unterscheidbare Haut, wie solche die letztgenannten Theile umgibt, ist nicht vorhanden, vielmehr das Protoplasma nur durch eine größere Dichtigkeit und Festigkeit seiner äußersten Schicht nach außen scharf abgegrenzt. Unmittelbar unter der Oberfläche der abgeplatteten Seite und nahe dem Vorderende der Spore befindet sich in dem Protoplasma ein kleiner, abgeplattet kugliger Hohlraum, welcher von wässriger farbloser Flüssigkeit erfüllt wird und daher in Form des oben erwähnten hellen Fleckes an der Spore erscheint. An dem hintern Ende des hellen Fleckes sitzen der Außenfläche der Sporen zwei von einem Punkte entspringende, überaus feine fadenförmige Organe, sogenannte Wimpern oder Cilien an, von welchen die eine kürzer, nach vorne gerichtet ist und durch ununterbrochenes lebhaftes Hin- und Herschwingen der Schwärmspore die ihr eigenthümliche Bewegung ertheilt, die andere längere bei der Bewegung einem Steuerruder ähnlich nachgeschleppt wird. Die Bewegung selbst besteht in einer steten Umdrehung um die eigene Längsachse, verbunden mit einem Vorwärtsschreiten in der durch das spitze Vorderende bezeichneten Richtung. Das Vorwärtsschreiten findet in mannigfach wechselnden Bahnen nach den verschiedensten Richtungen hin statt; fremde Körper werden sorg-

fältig umsteuert, die ganze Bewegung hat mit der willkürlichen Ortsveränderung, welche bei mikroskopischen Thieren beobachtet wird, täuschende Ähnlichkeit.

In den wesentlichen Punkten des Baues und der Bewegungen stimmen die unserm Pilze zukommenden Schwärmsporen mit den bei einer großen Zahl von Algen und insonderheit bei einigen Pilzgattungen, nämlich den wasserbewohnenden Saprolegnieen und den pflanzenbewohnenden weißen Rostpilzen (*Cystopus*) bekannten vollständig überein. Dasselbe gilt von ihrer weiteren Entwicklung. Nach höchstens halbstündigem Schwärmen wird die Bewegung träger, auf ein Herumdrehen in immer kleinerem Kreise, allmählich auf ein langsames Drehen um die eigene Achse ohne Ortsveränderung beschränkt; zuletzt tritt völlige Ruhe ein, die Wimpern sind verschwunden, die Spore nimmt regelmäßige Kugelgestalt an und erscheint alsbald von einem schärferen dunkleren Contour umschrieben, indem sich um das Protoplasma eine zwar noch zarte, aber deutlich vom Inhalt trennbare Zellhaut abgesondert hat (fig. 7 a). Sofort beginnt nun die Keimung (fig. 7, b—f); die Spore treibt nach irgend einer Seite hin eine schlauchförmige Ausstülpung (Keimschlauch), welche schon nach wenigen Stunden die drei- bis vierfache Länge des Sporendurchmessers erreicht und, bei stets gleichbleibender Dicke, in Zeit von 12 bis 24 Stunden auf die 10- bis 12fache Länge des Sporendurchmessers heranwächst, dabei alle wesentlichen Eigenschaften eines Myceliumschlauches annehmend. Während des Wachsthumes krümmen sich die Keimschläuche wellig hin und her; der Inhalt wandert aus dem kugligen Sporenraum allmählich in den Keimschlauch über und rückt mit der fortwachsenden Spitze desselben stets weiter und weiter vor, so daß nach einiger Zeit die kuglige Sporenhaut und der hintere Theil des Keimschlauchs nur wässerige Flüssigkeit enthalten und dem vorderen plasmaerfüllten Theile als höchst zarte, blasse, dünnwandige Gebilde anhängen, um alsbald durch eine Quermwand von demselben scharf abgetrennt zu werden. Länger als 24 Stunden auf Glasplatten cultivirt sterben alle Keimschläuche ab, häufig nachdem sie zuvor einen oder zwei Zweige getrieben haben.

Zuweilen kommen zwei andre Entwicklungsformen der abgefallenen in Wasser gebrachten Sporangien vor. Die erste findet sich ziemlich selten und zumal bei solchen, welche nur auf der Oberfläche des Wassers schwimmen. Die Wand des Sporangium stülpt sich an dem durch die Papille bezeichneten oberen Ende zu einem einfachen cylindrischen Schlauche vor, welcher nachdem er die zwei- bis mehrfache Länge des Sporangium erreicht hat, an seiner Spitze blasig anschwillt. Die Anschwellung wächst zu einer etwas geringern Größe als die des Sporangium heran und

erhält eine meist unsymmetrisch-ovale Gestalt, während aller Inhalt des Sporangium ungetheilt in sie einwandert. Ist dies geschehen, so grenzt sie sich durch eine Quermwand von dem Schlauche der sie trägt ab, und nimmt nun vollständig die Structur des Sporangium an, welches sie erzeugte (fig. 9). Man kann sie daher als secundäres Sporangium bezeichnen. Zuweilen können solche secundäre Sporangien in der gleichen Weise, wie sie selbst entstanden sind, tertiäre erzeugen; unter günstigen Bedingungen aber bilden sie Schwärmsporen gleich den primären, was die für sie gewählte Bezeichnung rechtfertigt und zeigt, daß ihnen in der Entwicklungsgeschichte unseres Pilzes eine nur untergeordnete Bedeutung zukommt.

Etwas häufiger und von den normalen und gewöhnlichen wesentlich verschieden ist eine dritte Entwicklungsform (fig. 10); sie besteht darin, daß die Wand des Sporangium sich an der durch die Endpapille bezeichneten Spitze zu einem Schlauche ausfaßt, in welchen das Plasma sehr langsam und ohne vorherige Theilung einwandert und welcher, entweder einfach bleibend oder in der verschiedensten Weise verzweigt, mit allen für die Myceliumfäden unseres Pilzes charakteristischen Eigenthümlichkeiten versehen weiter wächst. Es entwickelt sich also hier das Sporangium in derselben Weise, wie in dem normalen Falle die aus ihm erst hervorgegangenen Sporen. Man findet diese Entwicklungsform vereinzelt oft in demselben Wassertropfen, also unter anscheinend völlig gleichen äußeren Bedingungen wie die Schwärmsporenbildung und es hat sich bis jetzt keine Erklärung derselben aus äußeren Ursachen finden lassen.\*) Einige noch näher zu prüfende Umstände machen es mir wahrscheinlich, daß es vielleicht ältere, an der Grenze ihrer Entwicklungsfähigkeit angelangte Sporangien sind, welche diese Erscheinung statt der normalen zeigen.

Der Pilz, dessen Form, Bau und Entwicklung soeben beschrieben wurden, findet sich constant auf und in den massenhaft auftretenden braunen und schwarzen Flecken des kranken Kartoffelkrautes und ist auf den Blättern, von denen zunächst vorzugsweise die Rede sein soll, durch seine hervortretenden Fruchtkäse leicht auch mit unbewaffnetem Auge zu erkennen. Es versteht sich von selbst, daß auch einzelne braune Flecke an dem Kraute vorkommen können, welche zu dem Pilze in keiner Beziehung stehen, in welchen er sich niemals nachweisen läßt, und welche durch andere Pilze sowohl wie durch beliebige andere äußere Schädlichkeiten verursacht sein

\*) Die von mir früher angeführte Beobachtung, daß sich solche Schläuche auf Knollen der Kartoffel ausschließlich bilden, hat sich bei fortgesetzten Untersuchungen nicht bestätigt. Es werden hier, wenn man mit frischem Material experimentirt, wenigstens eben so oft als die Schlauchentwicklung, Schwärmsporen beobachtet.

können. Allein solche Flecke sind verhältnißmäßig so vereinzelt, daß wir sie als durchaus gleichgültig bezeichnen müssen, und daß sie gewiß niemals wesentlich dazu beigetragen haben, eine Blattkrankheit der Kartoffelpflanze irgendwie bemerklich zu machen. Bei dem massig auftretenden Fledigwerden handelt es sich einzig und allein um die Peronospora. Ueber die ursächlichen Beziehungen dieses Pilzes zur Blattkrankheit der Kartoffel stehen nun zwei Ansichten einander schroff gegenüber. Nach der einen erfolgt das Erkranken, Braunwerden und Absterben des Krautes zuerst, und der Pilz entwickelt sich aus seinen an die abgestorbenen Stellen gelangten Keimen erst in Folge des Absterbens, als ächter Schimmelpilz oder Saprophyt im oben bezeichneten Sinne des Wortes. Nach der anderen ist der Pilz ein ächter Parasit, dessen Keime in das gesunde Gewebe gelangen, um sich dort weiter zu entwickeln und durch ihre Vegetation das gesunde Gewebe unter den bekannten Erscheinungen zu zersetzen und zu tödten; seine Entwicklung ist also die Ursache des Erkrankens und Absterbens.

Eine dritte Beziehung ist heutzutage nicht zulässig. Es ist allerdings noch denkbar, daß Pilzentwicklung und Absterben des Parenchyms eine gemeinsame Ursache haben, daß aus irgend einem innern Grunde gleichzeitig das bekannte Erkranken des Krautes und eine Pilzbildung auftreten könne, welche aus den Stoffen des kranken Gewebes entsteht und bis zum Absterben desselben ihre ganze Entwicklung durchläuft. Es ist zwar, wie gleich im Voraus zu bemerken ist, in den beobachteten Erscheinungen kein Grund für eine derartige Annahme vorhanden, und auch niemals ein solcher von kompetenter Seite geltend gemacht worden. Allein die Ansicht, nach welcher Pilze, zumal die einfacheren Schimmel- oder Fadenpilze nicht nur aus ihren Keimen auf oder in dem Körper wo wir sie finden, sondern aus seiner zersetzbaren Substanz wie Krystalle aus einer Mutterlauge entstehen sollen, ist zumal unter den Laien zu sehr verbreitet, um nicht hier kurz erwähnt und abgewiesen werden zu müssen. Ein Pilz entsteht nicht anders, als irgend ein höherer Organismus, ein Baum, ein Säugethier, d. h. nicht anders als aus einem Keime welcher einem gleichartigen elterlichen Organismus entstammt. Die Annahme einer Pilzentwicklung aus ungleichartiger, erkrankter oder zersetzter organischer Substanz hat keinen anderen Grund als den, welcher die Alten zu dem Glauben veranlaßte, Mäuse entstünden aus dem Schlamme des Nil, oder Bienen aus dem faulenden Blute und Gedärm eines Kindes. Das einfache Herauskommen dieser Wesen aus jenen Gegenständen wurde mit dem Entstehen aus der Substanz derselben verwechselt weil man nicht sah und nicht wußte wie die Eltern oder die Keime hineingekommen waren; daß letzteres nichtsdestoweniger in allen solchen Fällen wo es sich um höhere Pflanzen

und Thiere handelt stattfindet, und durch halbwegs aufmerksame Untersuchung leicht nachgewiesen werden kann, weiß heutzutage Jeder, und derjenige der da meint ein Unkraut oder ein Maikäfer entstehe elternlos aus der Substanz des Bodens aus welchem sie hervorsprossen oder auskriechen, wird mit Recht allgemein für einen Thoren erklärt werden. Daß für die Pilze die Annahme einer elternlosen Entstehung bis in die neueste Zeit hinein Bestand hatte und selbst ausgezeichnete Botaniker zu ihren Vertheidigern zählte, hat gleichfalls in nichts anderem seinen Grund, als in der Schwierigkeit die stets mikroskopisch kleinen Sporen dieser Gewächse in ihrer Verbreitung, Keimung und Weiterentwicklung zu verfolgen. In der That hat jene Annahme an Halt und Boden fortwährend verloren, seitdem Micheli im Anfange des vorigen Jahrhunderts Pilze aus ihrem „Samen“ erzog, Benedict Prevost 1807, Ehrenberg 1821 die Keimung der Sporen und die Entwicklung neuer Individuen aus den nächsten Producten der Keimung zuerst nachgewiesen, und die letzten Jahrzehnte größere Reihen von Keimungsgeschichten und Entwicklungsbeobachtungen geliefert haben. Durch diese letzteren und durch den Nachweis, daß auf toden organischen Stoffen, welche der Pilzentwicklung förderlich und unter gewöhnlichen Verhältnissen rasch mit solcher versehen sind, niemals Pilze auftreten, wenn durch geeignete Vorkehrungen der Zutritt von Sporen unmöglich gemacht ist, wurde die Annahme einer elternlosen Zeugung für die nicht schmarozenden Pilze zuerst beseitigt. Für die parasitischen, welche dem Experiment noch schwerer zugänglich sind, zumal die pflanzenbewohnenden, haben verbesserte Instrumente und Untersuchungsmethoden mehr und mehr bewiesen, wie die früheren Beobachtungen, nach welchen sie aus stochenden Pflanzensäften gleichsam auskrystallisiren sollten, unrichtig, größtentheils durch die Unvollkommenheit der Instrumente verschuldet waren, mit welchen man untersucht hat. Für die meisten dieser Parasiten ist heutzutage gleichfalls eine Entstehung aus Mycelium, welches als Keimungsproduct der Sporen in die Nährpflanze eindringt, von jedem Urtheilsfähigen anerkannt, wie hier nur kurz angedeutet, von dem Nichtbotaniker aber aus Jul. Kühn's klaren Darstellungen in dem oben erwähnten Buche ersehen werden kann. Den Vertheidigern der elternlosen Entstehung blieben schließlich nur diejenigen Pilze übrig, welche im Innern geschlossener lebender Zellen gefunden werden; aber auch solche Fälle können, selbst wenn sich keine Spur des Eintritts findet, eben nur als solche aufgefaßt werden, in denen die Beobachtung des Eindringens zufällig nicht gelungen ist. Denn einerseits findet man jene Pilze stets fertig in den Zellen, eine Entstehung aus dem Zellinhalt hat nirgends nachgewiesen werden können; andererseits liefert die direkte Beobachtung sehr zahlreiche Beweise dafür, daß Pilze in lebende

Zellen eindringen können, und daß oft sehr schnell die Spur ihres Eintritts verschwindet. Gerade die Entwicklung unseres Kartoffelpilzes, zu der wir wiederum zurückzukehren haben, liefert hierfür ein sehr auffallendes Beispiel.

Die erste der oben erwähnten Ansichten, nach welcher die *Peronospora* erst auf dem bereits franken oder abgestorbenen Gewebe, also in Folge der anderweitig verursachten Krankheit auftreten soll, wird von ihren Vertheidigern einfach darauf gegründet, daß sie den Pilz nicht finden konnten außer auf den bereits braunen Stellen. Die Meisten beschränken sich auf diese kurze Angabe; der neueste Vertheidiger der Ansicht Schacht dagegen sagt ausdrücklich, daß der Pilz sich nur von dem faulenden Gewebe ernähre, und daß sein Mycelium nur bis in die Athemböhle unter den Spaltöffnungen, nicht aber in die Tiefe des Blattgewebes verfolgt werden könne. Schon Schachts eigene Abbildungen auf seiner Tafel VI, 5 u. 6, stehen mit dieser Angabe gewissermaßen im Widerspruch, denn sie zeigen wie die fructificirenden Fäden einerseits aus den Spaltöffnungen hervortreten, andererseits mit ihren unteren Enden zwischen den Zellen des Blattparenchyms verschwinden, und zwar hier keineswegs bestimmt abgeschlossen, sondern so daß das untere Ende entweder von dem Blattgewebe verdeckt oder abgeschnitten sein muß. Schacht hätte nun doch bedenken sollen, daß der Pilz nach beiden Seiten hin irgendwo aufhören muß, und da Unger schon im Jahre 1847 deutlich abgebildet hat, wie die Fruchtfäden von einem im Parenchym verbreiteten Mycelium entspringen, die Unrichtigkeit dieser Darstellung und den nach seinen Beobachtungen richtigen Sachverhalt, d. h. das untere Ende des Pilzes, wie er es gefunden hat, nachzuweisen gehabt. Statt dessen beschränkt er sich darauf seine Behauptung durch seine eigenen Abbildungen zweifelhaft zu machen und zu zeigen, daß er nicht nur ungenau untersucht, sondern seine eigenen Untersuchungen und Präparate nicht einmal richtig zu beurtheilen gewußt hat.

Zu der anderen Ansicht, welche alle zuverlässigen Beobachter neuerer Zeit als die wenigstens höchst wahrscheinlich richtige annehmen, und nach welcher der Pilz durch seine Vegetation das bis dahin gesunde Gewebe krank macht, muß schon die genauere Untersuchung des Auftretens und der Ausbreitung der braunen Flecke auf den Blättern führen. Zuweilen, wengleich im Freien nicht häufig, findet man, wie auch Kühn angibt, die Fruchstäbe der *Peronospora* auf einem noch völlig grünen, oder höchstens etwas gelblichen Blatte an irgend einer kleinen Stelle hervortretend; bald, unter Umständen schon nach wenig Stunden, ist die betreffende Stelle braun und abgestorben; in diesem Zustande wird man meistens die Anwesenheit des Pilzes im Blatte zuerst gewahr. Beobachtet man den klei-

nen braunen Fleck bei feuchtem Wetter im Freien, oder in einer künstlich, z. B. durch Ueberdecken einer Glasglocke über die in feuchtem Boden oder im Wasser stehenden Kartoffelsprosse mit Wasser gesättigten Atmosphäre, so sieht man, zumal an der untern Blattfläche, nach einiger Zeit um den Rand des braunen Flecks einen zarten von Fruchstäben der *Peronospora* gebildeten Schimmelanflug aus dem noch grünen Gewebe hervortreten, und alsbald ein Braunwerden der Blattpartie, welcher jener Anflug entsproßte, somit eine Vergrößerung des braunen Flecks folgen. In der gleichen Weise verbreitet sich der Fleck durch immer neues Hinzutreten ringförmiger brauner Zonen, die vorher vom Schimmelanflug bedeckt waren, von der Mitte aus fortschreitend bis zum Zusammenfließen mit anderen und bis zum Absterben des ganzen Blattes. Immer ist nun, wie die mikroskopische Untersuchung des Blattgewebes lehrt, in einer solchen Zone das Mycelium des Pilzes zuerst, zwischen den völlig gesunden Zellen des grünen Parenchyms vorhanden. Erst mit oder nach dem Hervortreten der Fruchstäbe beginnt das Absterben des Blattparenchyms an der betreffenden Stelle; ist dieses erfolgt, so hört hier auch die Entwicklung des Pilzes auf, die Fruchstäbe haben ihre Sporen gebildet, sind größtentheils leer und collabirt, das Mycelium hat gleichfalls seinen Inhalt größtentheils zu Gunsten der Sporangienbildung verloren, seine Fäden sind als blasse zartwandige Schläuche zwischen den mit brauner Wand und braunem Inhalt versehenen collabirten Parenchymzellen oft nicht mehr ganz leicht aufzufinden. Dagegen wachsen die in der Peripherie des braun werdenden Flecks mit dem gesunden Gewebe in Berührung stehenden Myceliumfäden weiter in dieses hinein, verzweigen sich in demselben um späterhin zu fructificiren, und so verbreitet sich der Pilz strahlig von irgend einem Mittelpunkte aus so lange er noch gesundes Gewebe findet, dies erst durchwuchernd, dann, während er fructificirt zum Braunwerden und Absterben bringend, und seine Vegetation hört überall da auf, wo ein Absterben bereits stattgefunden hat.

Nach dieser Thatsache, welche jede aufmerksame Beobachtung klar vor Augen führt, kann es nicht zweifelhaft sein in welchen Sinne die Entscheidung zwischen den beiden oben angeführten Ansichten zu treffen ist. Vollständige Gewißheit wird aber dadurch erlangt, daß es sich ohne sehr große Schwierigkeit beobachten läßt, wie der Pilz von außen in das gesunde Gewebe der Kartoffelpflanze eindringt und daß wir in jedem beliebigen vollkommen gesunden Stücke der Pflanze alle charakteristischen Erscheinungen der Krankheit dadurch sicher hervorrufen können, daß wir ein solches Eindringen zu Stande kommen lassen.

Das Eindringen kann auf verschiedenen Wegen geschehen. Betrachten wir hier zunächst den einfachsten, um erst im vierten Abschnitte auf die

anderen zurückzukommen. Bringt man die Sporangien unseres Pilzes auf die Oberfläche irgend eines grünen Theiles der Kartoffel, und sorgt man dafür, daß sich dieselben wenigstens einige Stunden lang in kleinen Wassertropfen befinden, oder beim Eingraben in Erde gehörig feucht gehalten werden, so erfolgt alsbald die Bildung der Schwärmsporen in der oben angegebenen Weise. Dieselben kommen zur Ruhe, setzen sich auf der Oberfläche des Pflanzentheils fest, und treiben Keimschläuche, die sich von den auf Glasplatten entstandenen nur durch die Richtung ihres Wachsthum unterscheiden. Wo die Sporen nahe bei einer Spaltöffnung zur Ruhe gekommen sind, wächst die Spitze der Keimschläuche in diese hinein, tritt in die Athemböhle und treibt hier Zweige, welche als Myceliumfäden in die Intercellularräume der tieferen Gewebsschichten weiterwachsen. Der Inhalt der Spore rückt sehr frühe in das innerhalb der Spaltöffnung befindliche Ende des Keimschlauchs ein, dieses grenzt sich nahe an der Spalte sehr bald durch eine Querwand von dem außenbleibenden inhaltsleeren Stücke ab. Hat man große Mengen von Sporangien zum Versuche angewendet, so findet man schon 12 Stunden nach ihrer Aussaat oft 2 bis mehrere Keimschläuche eingetreten. Das Vorhandensein von Spaltöffnungen ist aber für das Eindringen der Keime durchaus gleichgültig. Wendet man Stengelstücke oder obere Blattflächen zum Versuche an, so kommen die meisten Sporen auf den spaltöffnungsfreien Stellen der Oberhaut zur Ruhe, treiben ihre Schläuche, und diese kehren nach kurzem Verlaufe über die Oberfläche ihre Spitze senkrecht gegen die Außenwand einer beliebigen Oberhautzelle und bohren sich in dieselbe ein, so daß sich die Spitze alsbald in dem Innenraum befindet. (Fig. 8, a, b.) Derjenige Theil, welcher durch die Zellwand geht, bleibt äußerst dünn, so daß der Keimschlauch soweit er die Wand durchsetzt eng eingeschnürt erscheint. Das eingetretene Stück schwillt alsbald zu einer Blase von nahezu der doppelten Dicke des außen befindlichen an und verlängert sich sofort zu einem, oft schon innerhalb der Oberhautzelle verzweigten Myceliumschlauche. Auch hier wandert sehr bald aller Sporenhalt in das eingedrungene Stück über. Der außen befindliche kurze Theil des Keimschlauchs und die damit in Verbindung stehende Zellhaut der Spore sind schon nach 12 Stunden völlig leer, und wegen ihrer außerordentlichen Zartheit schwer zu erkennen (Fig. 8.) Später werden sie vollkommen unkenntlich und ohne die direkte Beobachtung des Eintritts wäre der Ursprung der in den Oberhautzellen befindlichen Myceliumschläuche vollkommen unklar.

Die direkte Beobachtung ist nun aber bei unserm Pilze durchaus nicht schwierig. Sie gelingt am leichtesten wenn man folgendes einfache Verfahren anwendet. Man bringe eine gehörige Menge frischer reifer

Sporangien in einen Wassertropfen auf eine Glasplatte, damit jederzeit mit dem Mikroskope controlirt werden kann, ob und wann die Zoosporen ausschwärmen. Mitten in den Tropfen legt man den zum Versuche zu benutzenden Pflanzentheil so daß seine eine Fläche ins Wasser taucht; und zwar wählt man der leichteren Präparation halber am zweckmäßigsten gesunde kräftige Stengelstücke. Macht man nun zu verschiedenen Stunden nach dem Ausschwärmen der Zoosporen Durchschnitte oder präparirt man Oberhautstücke ab, so gelingt es fast immer, alle Stadien des Eindringens aufzufinden. Es versteht sich von selbst, daß man bei einiger Uebung das gleiche Resultat auch dann erhalten kann, wenn man die Sporangien auf beliebige Stellen einer im Boden oder in einem Wasserglase stehenden Kartoffelpflanze applicirt.

Der Beginn des Eindringens findet sich unter günstigen Umständen sehr bald nach der Geburt der Zoosporen. So traten z. B. bei einem im Zimmer bei einer Temperatur von  $14^{\circ}$  bis  $15^{\circ}$  R. gemachten Versuche aus den um 12 Uhr ausgefäten Sporangien um 1 Uhr die Zoosporen aus; um 3 Uhr fanden sich schon viele Keimschläuche derselben mit ihrer Spitze in die Außenwand der Oberhautzellen befestigt. Auch die Weiterentwicklung der eingedrungenen Schläuche erfolgt unter günstigen Umständen sehr schnell. Bei einem im geheizten Zimmer angestellten Versuche, in welchem die angewendeten Stengelstücke fortwährend unter einer Glasglocke feucht erhalten und täglich ein- bis mehrmals untersucht wurden, erfolgte die Aussaat am 9. Februar Abends 5 Uhr. Um 7 Uhr 15 Min. waren schon alle Zoosporen zu Ruhe gekommen, viele der im Wasser liegen gebliebenen hatten schon Schläuche von der doppelten Länge des Sporendurchmessers getrieben. Am 10. Februar 9 Uhr Vormittags sind die Keime aller zur Stengeloberfläche gelangten Sporen vollständig eingedrungen, die meisten durch die ganze Tiefe der Oberhautzellen, einzelne sogar schon durch die unter der Oberhaut liegende Zellschicht hindurchgewachsen; am 11. Februar dringen sie schon 5 bis 6 Zellschichten tief ins Innere des Stengels ein und sind in der Richtung des Querdurchmessers und der Oberfläche des Stengels reich verzweigt. Am 14. Februar erscheinen zahlreiche Fruchtzweige auf der Oberfläche, das Mycelium ist durch das ganze Parenchym, einschließlich des Markes, un- gemein reichlich verbreitet, zwischen den theils braun gefärbten, theils noch vollständig gesund aussehenden Zellen, die nun mehr und mehr zu Grunde gehen. Aussaaten auf Blätter, feucht gehalten, ließen nach 4 bis 5 Tagen die erste Fructification erscheinen, deren Auftreten rasch eine ungemein lebhafte Wucherung des Pilzes und ein Braunwerden folgte.

Um in die tieferen liegenden Gewebsschichten zu gelangen, durchbohrt die Spitze der Myceliumschläuche die innere Wand der Oberhautzellen in der gleichen Weise, wie beim ersten Eintritt die Außenwand durchbohrt worden war, nur verliert das in der Oberhautzelle bleibende Stück seinen Plasma-inhalt nicht. Innerhalb des unter der Oberhaut gelegenen Gewebes verbreitet sich das Mycelium fast ausschließlich zwischen den Zellen. Nur selten fand ich seine Fäden auch im Innern der bei dem Stengel unmittelbar unter der Oberhaut gelegenen großzelligen Parenchym-schicht. Selbst in dem äußeren Rindengewebe des Stengels (dem sogenannten Collenchym) dessen langgestreckte Zellen mit ihren dicken, im Wasser quellenden Wänden überall in innigster Berührung stehen, bahnen sie sich zwischen den Zellen einen Weg, indem sie die Wände dieser auseinander drängen.

Die beschriebenen Ausfaatversuche sind ganz besonders geeignet, um aufs evidenteste zu zeigen wie die äußerlich mit bloßem Auge bemerkbaren Erscheinungen der Krankheit, nämlich das Absterben und Braunwerden der Gewebe, durch die Berührung der Pilzfäden mit den Zellen verursacht werden. Untersucht man die abgezogene Oberhaut eines zum Versuche benutzten Pflanzentheils, dessen Zellhäute vorher vollkommen farblos waren, 12 bis 15 Stunden nach der Ausfaat, so findet man die Zellwand überall da, wo ein Keimschlauch eingedrungen ist, intensiv und rein braun gefärbt. Ist der Schlauch in eine Oberhautzelle getreten, so ist zunächst die Außenwand dieser, mit welcher der Pilz zuerst in Berührung trat, gefärbt, und zwar dicht um die Durchbohrungsstelle am dunkelsten, nach der übrigen Oberfläche der Zelle hin nimmt die Farbe allmählich an Intensität ab, und zwar oft so rasch, daß nur eine kleine Stelle der Zellwand gefärbt, die übrige farblos erscheint. Ist der Pilz durch eine Spaltöffnung eingetreten, so sind die Wände der unter dieser liegenden Zellen sammt der innern Wand der Schließzellen gefärbt, und zwar von allen diesen Zellen zunächst nur diejenige Partie, welche unmittelbar an die Athemhöhle in die der Pilz eingetreten war, grenzt, während ihre Wand in dem übrigen Umfang noch farblos ist. Ueberall also sehen wir an denjenigen Punkten, wo der Pilz mit den Zellen zuletzt in Berührung getreten ist, auch die braune Färbung zuerst auftreten und da andererseits alle Theile, welche von den Pilzfäden nicht unmittelbar berührt werden, zunächst ihre ursprüngliche Farbe rein behalten, kann die Ursache der Bräunung keine andere als die Berührung des Pilzes sein. Von der erstgebräunten Stelle an verbreitet sich die Färbung nun ziemlich rasch sowohl über die ganze Wand der vom Pilze berührten Zellen, als auch auf die benachbarten, an welche kein Pilzfaden direkt getreten war; eine kranke Zelle kann also allmählich ihre ganze Nachbarschaft anstecken. Der Veränderung der Zell-

haut folgt bald ein Absterben ihres Inhalts. Der stickstoffreiche Wandbeleg erhält eine gleichfalls bräunliche, immer dunkler werdende Farbe, zahlreiche dunkle Körnchen schlagen sich auf demselben nieder, das Blattgrün, wo solches vorhanden war, wird mißfarbig, zuletzt schrumpft das Ganze zu einem schmutzig dunkelbraunen Körper zusammen oder wird faul und jauchig. Für das bloße Auge sind, wie aus dem Gesagten fast selbstverständlich hervorgeht, die ersten Anfänge der Bräunung nicht sichtbar. Bei Aussaatversuchen sieht man erst einen bis zwei Tage nach der Aussaat kleine braune Linien oder Punkte auftreten, die sich dann rasch vergrößern, und zu immer ausgedehnteren Flecken zusammenfließen.

Die gleichen Erscheinungen finden in den tiefer liegenden Geweben statt, nur schreiten sie minder rasch vorwärts, und zwar erfolgt das Braunwerden der Berührung mit dem Pilze um so langsamer je weiter das Gewebe von der Oberfläche entfernt — vor der Einwirkung der atmosphärischen Luft geschützt ist. In dem Marke des Stengels findet man bei Culturversuchen oft alle Intercellulargänge von der *Peronospora* reichlich durchsetzt, aber nur an sehr wenigen Stellen Bräunung, während letztere in den oberflächlichen Theilen des Stengels und in dem dünnen und durch seine Spaltöffnungen und Intercellulargänge mit der Luft überall in Wechselwirkung stehenden Blattgewebe sehr leicht und schnell erfolgt. Keine Gewebsform, auch die Gefäßwände nicht, ist übrigens von der Braunfärbung ganz ausgeschlossen.

Nach den chemischen Untersuchungen, welche vorzugsweise an den gebräunten Theilen kranker Knollen angestellt worden sind, die, wie unten gezeigt werden wird, auf dieselbe Weise zu Stande kommen, wie die des Krautes, gehört die braune Substanz welche durch den Contact des Pilzes gebildet wird und die Färbung der kranken Theile verursacht, höchst wahrscheinlich den chemisch indifferenten unlöslichen Humuskörpern (*Mulders Ulmin* und *Humin*) an. Bei der geringen Kenntniß, die wir von diesen Körpern besitzen, muß ihre nähere Zusammensetzung und der Weg der Umsetzung auf welchem sie durch den Pilz gebildet wird, dahin gestellt bleiben. —

Es ist bereits durch andere Beobachter bekannt, daß an den Früchten der Kartoffelpflanze nicht selten ganz ähnliche Flecke wie an den Blättern durch die *Peronospora* verursacht werden. Die gleiche Ursache haben die meisten braunen Flecke, welche man an den Stengelorganen, und zwar sowohl an oberirdischen grünen Laubstengeln, als auch an den unterirdischen kriechenden Ausläufern beobachtet, deren Enden zu Knollen anschwellen. Ein Theil dieser Flecken, welche besonders in späteren Stadien der Verderbniß auftreten, hat zwar entschieden andere Ursache;

man findet bei der Untersuchung keine *Peronospora* in ihrem Innern, sondern das durch weit dünnere, mit Querswänden versehene Fäden augenblicklich von jener verschiedene Mycelium anderer Pilze — wohl der *Sphaeriaceen*, welche erst nach dem totalen Absterben des Krautes ihre vollständige Entwicklung erreichen. Solche Flecke, welche sich vorzugsweise an den unteren, in oder nahe bei dem Boden befindlichen Stengeltheilen zeigen, sind in der Regel auch schon von außen durch die mehr gelbbraune Farbe ausgezeichnet. Die schmutzig- und dunkelbraunen Flecken, welche an den höheren Stengelgliedern, zuerst gewöhnlich nahe bei der Blattbasis, dann aber auch an regellos zerstreuten Stellen auftreten und auch am Stengelgrunde und den Ausläufern meistens die Mehrzahl bilden, verdanken dagegen der *Peronospora* ihr Dasein. Es ist dieser Pilz schon öfters, z. B. von v. *Holle* an dem Stengel gefunden worden, von anderer Seite her wird aber sein constantes Dasein in den braunen Flecken bezweifelt, weil man selten seine Fructification findet, und weil das Vorhandensein des fructificirenden Pilzes mit dem Vorhandensein des Pilzes überhaupt verwechselt wurde. Kennt man sein Mycelium und die Art seiner intercellularen Verbreitung genau, so wird man es, auch ohne Fructification, auf Durchschnitten in dem Rindengewebe leicht finden. Bei dem dichten Schluß der Zellen in besagtem Gewebe ist es aber allerdings oft schwerer zu entscheiden, als es von vorn herein scheinen mag, ob die plasmaführenden Räume, welche man auf Durchschnitten zwischen den Zellen findet, in der That die Myceliumschläuche, und nicht vielmehr angeschnittene Rindenzellen sind oder Intercellulargänge in welche beim Durchschneiden körniger Zellinhalt zufällig gelangt ist. Vollständig bewiesen wird die Sache erst durch die Beobachtung der Fructification, diese aber läßt sich an den bezeichneten Orten stets durch ein einfaches Verfahren künstlich hervorlocken.

Wie schon aus dem bisher Angeführten theilweise hervorgeht, entwickelt sich der Pilz um so reichlicher und bildet besonders um so leichter Fruchtkäse, je wasserreicher innerhalb gewisser Grenzen die Medien sind, welche ihn und die Kartoffelpflanze umgeben und je mehr er mit der Luft in Berührung kommt. Das erste geht schon einfach aus den verschiedenen Fortschritten hervor, welche man die Blattverderbnis je nach der Witterungsfeuchtigkeit im Großen machen sieht; das zweite ergibt sich leicht aus seiner Verbreitung im Kartoffelblatte, wo er, bei gleicher Wassermenge, in dem oberen Theile weit weniger verbreitet ist und besonders weit seltner fructificirt, als in dem untern luftreichen und durch sehr zahlreiche Spaltöffnungen mit der äußeren Luft in stetem Austausch stehenden. Einmal in das Stengelgewebe gelangt, welches durch eine feste, nur mit wenigen

Spaltöffnungen verschene Oberhaut weit mehr von der Luft abgeschlossen ist, als das der Blätter, wird dort der Pilz weit schwieriger fructificiren als am letztgenannten Orte, es werden besonders günstige Bedingungen nothwendig sein, damit Fructification überhaupt eintrete. Man kann dies leicht sehen bei künstlichen Aussaaten auf Stengel im Boden wurzelnder Kartoffelpflanzen. Hält man solche, nachdem der Pilz eingedrungen ist, nur mäßig feucht, so verbreitet er sich langsam, aber fortwährend, es entstehen braune Flecken an der Stengeloberfläche, welche fußlang werden können, aber keine Spur von Fructification. Letztere wird dagegen eintreten, wenn man bei gleichbleibender Feuchtigkeit den Luftzutritt durch Abnehmen der Oberhaut befördert, oder unter gleichbleibendem Luftzutritt den Wassergehalt der umgebenden Medien über das bisherige, bei im Freien gewachsenen Pflanzen über das gewöhnliche Maaß steigert. Auf letztere Art gelingt es am leichtesten, durch Hervorlockung von Fruchstäben die Gegenwart des Pilzes in den braunen Flecken der Stengel und Ausläufer nachzuweisen. Völliges Eintauchen in Wasser hat natürlicher Weise keinen Erfolg. Stellt man dagegen die Stengelstücke mit einem Ende in ein offenes Gefäß mit Wasser und sorgt durch Ueberdecken einer Glasglocke oder ähnliche Vorrichtungen dafür, daß die Verdunstung möglichst gehindert und die umgebende Luft möglichst mit Wasserdampf gesättigt werde, so bedecken sich die braunen Flecke schon nach 12 bis 24 Stunden mit Fruchstäben, während sie dabei rasch auch an Umfang zunehmen. Untersucht man mit dem Mikroskop, so findet man die bisher zweifelhaften Myceliumfäden in den Intercellulargängen deutlicher, reichlicher verzweigt, besonders unter der Oberhaut, und hier treiben dieselben jetzt auf die bekannte Weise ihre Fruchstäbe, welche theils aus den wenigen Spaltöffnungen hervortreten, zum weitaus größeren Theile aber senkrecht gegen die Wand der Oberhautzellen wachsen, diese durchbohren und quer durch sie ins Freie treten.

Es ist hier der Ort zu bemerken, daß Erscheinungen, wie die am Stengel beschriebenen, auch gar nicht selten an Blättern zu finden sind. Bei trockner Witterung sieht man an diesen oft kleine braune vertrocknete Flecke, denen der Peronospora-Erkrankung in Farbe ähnlich, aber ohne Pilzfructification auf der Oberfläche. Auch im Innern des Gewebes, zumal des vertrockneten, gelingt es nur schwer, zuweilen gar nicht, den Pilz nachzuweisen. Daß derselbe dennoch, wenn auch nur in geringer Menge, vorhanden ist, zeigt sich sobald man die Feuchtigkeit in der Pflanze und ihrer Umgebung steigert. Bringt man solche Blätter in der angegebenen Weise unter Glasglocken, so sind oft schon nach wenigen Stunden die Flecke gewaltig vergrößert und ihre Oberfläche mit Fructification bedeckt. —

## III.

Weit mehr noch als die bisher besprochene Krankheit des Krautes hat die Verderbniß oder Erkrankung der Kartoffelknollen allgemeine Aufmerksamkeit erregt und weit mannigfaltiger noch sind die Ansichten; welche man über ihre Ursachen ausgesprochen hat. Es wurde schon in der Einleitung hervorgehoben, daß es nothwendig sei die einfache Fäulniß irgend einer Knolle von der charakteristischen „Krankheit,“ welche gegenwärtig herrscht, und welche mit dem Auftreten dunkelbrauner flacher Flecke unter der Schale beginnt, mit Ausdehnung der Flecke nach Breite und Tiefe fortschreitet, mit Verjauchung oder Schrumpfen der Kartoffel endet, wohl zu unterscheiden. Es mag hier nochmals hieran erinnert, aber auch nochmals betont werden, daß die weitaus zahlreichsten gegenwärtig vorkommenden Fälle von Kartoffelfäule der in Rede stehenden Krankheit angehören. Die Ansichten über die Ursachen der Knollenverderbniß, um welche es sich hier handelt, gruppiren sich nach der im ersten Abschnitt gegebenen Einteilung folgendermaßen. Die Ersten erklären Blatt- und Knollenkrankheit zusammen als Folgen einer Entartung der cultivirten Kartoffelpflanzen. Die zweite Reihe von Schriftstellern erklärt sowohl Knollen- als Blattkrankheit aus ungünstiger Bodenbeschaffenheit (fehlerhafter Düngung, übermäßiger Kälte des Bodens u. s. w.) oder ungünstiger, zumal rasch wechselnder Temperatur.

Eine dritte Reihe von Ansichten betrachtet Blatt- und Knollenkrankheit als von einander unabhängig. Und zwar schreiben die Einen, zu denen auch J. Kühn gehört, zwar der *Peronospora* die Verursachung der Blattkrankheit zu, halten dagegen die Knollenkrankheit für eine Folge der erwähnten ungünstigen Boden- und Temperaturverhältnisse; Andere dagegen sehen besondere, von der *Peronospora* verschiedene Pilze, welche dem Kraute fehlen aber auf kranken Knollen ziemlich constant auftreten, als die Krankheitsursache der letzteren an, zumal das unten zu besprechende *Fusisporium Solani*.

Nach einer vierten Auffassung, welcher gegenwärtig wohl die Mehrzahl der Botaniker zugethan sein dürfte, ist die *Peronospora*, insofern sie die Erkrankung des Krautes bewirkt, die mittelbare Ursache der Knollenverderbniß. Die Zerstörung des Krautes durch die *Peronospora* muß nothwendiger Weise theils eine Verminderung der gesunden Säfte, welche den in Entwicklung begriffenen Knollen vom Kraute aus zugeführt werden müssen, theils eine krankhafte Veränderung, gleichsam Vergiftung derjenigen zur Folge haben, welche der Knolle in Wirklichkeit noch zukommen; die Ausbildung der letzteren bleibt daher unvollkommen und dies offenbart sich

in dem Braunwerden und endlichen, durch Hinzukommen secundärer Pilzentwicklungen wie der des *Fusisporium* noch beschleunigten Faulen.

Die letzte der zu erwähnenden Auffassungen, welche wir den schönen Versuchen Speerschneiders verdanken, sieht in der *Peronospora* die unmittelbare Ursache sowohl der Kraut- als der Knollenverderbniß. Das Mycelium des Pilzes gelangt auf dieselbe Art wie in die Blätter und Laubstengel auch in die Knollen, verbreitet sich hier im Wesentlichen wie in jenen Organen, erzeugt durch seine Gegenwart und Weiterverbreitung zunächst die Bräunung, Humification des peripherischen Gewebes, welcher dann zuletzt die bekannten Erscheinungen totaler Zersetzung folgen.

Allen den erwähnten Ansichten liegen, um dies gleich von vornherein zu bemerken, mehr oder weniger richtige Beobachtungen zum Grunde. Unter denselben ist aber die letztgenannte die allein richtige; sie läßt sich durch höchst einfache Versuche leicht und unwiderleglich beweisen und sie steht mit keiner der Beobachtungen, auf welche die anderen gegründet sind, im Widerspruche.

Der Beweis wird am einfachsten durch folgenden Versuch geliefert. Man halbirt eine vollständig gesunde, rein gewaschene Kartoffelknolle, bringt jede Hälfte mit der Schnittfläche nach oben gekehrt auf ein besonderes Schälchen und schützt eine jede durch Ueberdecken einer kleinen Glasglocke vor etwaigen Versuchsstörungen. Auf den Boden des Schälchens kommt eine dünne Schicht reinen Wassers um die Stücke gehörig feucht zu erhalten. Bringt man nun auf die angefeuchtete Schnittfläche der einen Hälfte eine wenn auch geringe Menge von Sporangien der *Peronospora*, während die andere ohne solche und vor deren zufälligem Zutritt geschützt unter der Glocke bleibt, und läßt man beide Stücke, mit völlig gleichen Wassermengen versehen, unter völlig gleicher Temperatur, Beleuchtung u. s. w. neben einander stehen, so zeigt sich bei warmem Wetter schon nach 2 Tagen, bei kühlerer Temperatur nach etwas längerer Zeit auch für das bloße Auge deutlich, daß die besäte Hälfte beginnt krank zu werden, die andere gesund bleibt. Und zwar zeigt jene nicht etwa beliebige Zersetzungserscheinungen, sondern alle für die oben bezeichnete Knollenkrankheit charakteristischen Eigenthümlichkeiten. Von den besäten Stellen aus beginnt das oberflächliche Gewebe sich zu bräunen, in wenig Tagen ist die braune Färbung über die ganze Schnittfläche verbreitet und in eine Tiefe von durchschnittlich  $\frac{1}{2}$  bis 1 Linie ins Innere gedrungen. Von dem Rande der Schnittfläche aus verbreitet sie sich alsdann über das unter der Schale gelegene Gewebe; zuletzt ist die Kartoffelhälfte größtentheils oder ganz von einer gebräunten, hier etwas dickeren, dort dünneren Gewebsschicht umzogen, welche durchaus alle Eigenschaften zeigt, die bei aus dem Boden

genommenen kranken Kartoffeln stets gefunden werden. Schließlich erfolgt wie bei dieser Zersetzung des nicht braun gewordenen Gewebes, und zwar, je nachdem sie mehr oder weniger naß gehalten waren, unter Verjauchung oder Einschrumpfen. Auf der Schnittfläche so behandelter Kartoffelstücke treten mit dem Beginne der Bräunung weiße Schimmelrosen auf, welche sich rasch verbreiten, und unter dem Mikroskop als reich verzweigte und sporangienbildende *Peronospora* erweisen. Auch aus der Schale brechen, nachdem die Bräunung sich unter diese erstreckt hat, oft dicke Büschel von *Peronospora* hervor. Bei Versuchen mit blauen und rothen Kartoffeln fand ich zuweilen den Pilz nicht farblos sondern seinen Zelleninhalt durch Aufnahme des löslichen Farbstoffs aus den Knollen lebhaft violett gefärbt.

Ganz anders sieht es unterdessen mit der vor dem Pilz geschützten Hälfte aus. Ihre Schnittfläche bleibt zunächst weiß-pulverig von den aus den angeschnittenen Zellen hervorgetretenen Stärkemehlkörnchen. Später nimmt sie eine gleichmäßig hellbraune Farbe an, bei deren erstem Auftreten man an einen Anfang von Erkrankung denken könnte. Allein bei näherer Untersuchung zeigt sich, daß es sich hier um etwas ganz anderes, nämlich um Bildung einer neuen Schale zum Verschluss der Wundfläche handelt. In den stärkemehlführenden Zellen unter den durch den Schnitt verletzten oberflächlichsten lösen sich die Stärkekörner auf und eine lebhaftere Neubildung beginnt, deren Product eine aus mehreren Lagen tafelförmiger Zellen gebildete Haut ist, welche in Structur und bräunlicher Färbung der normalen Kartoffelschale völlig gleichkömmt. Nach dieser Regeneration der Schale zeigen solche Hälften nur noch Erscheinungen, welche man bei gefundenen Kartoffeln findet. Dem Lichte ausgesetzt, werden sie gleich diesen durch Bildung von Chlorophyll in ihren Zellen grün, feucht gehalten entwickeln sie verfrühte Triebe, u. s. w. Man kann sie so Monate lang erhalten, nachdem die dazu gehörigen Hälften welche der *Peronospora* ausgesetzt waren, längst verfault sind.

Das gleiche Resultat erhält man, wenn man die Sporangien auf Knollen bringt und diese in Erde eingräbt. Es ist dabei gleichgültig, ob man die Sporangien auf die Schnittfläche zertheilter oder auf die Schale unversehrter reifer oder unreifer Kartoffeln bringt; die Erde braucht nicht naß, sondern nur mäßig feucht gehalten zu werden. Man applicirt die Sporangien am besten so, daß man irgend einen mit fructificirender *Peronospora* bedeckten Pflanzentheil auf eine rein gewaschene, befeuchtete Stelle rasch aufstüpft so daß eine Anzahl Sporangien an dieser haften bleiben, die Applicationstelle durch Auflegen eines Stückes feuchten Löschpapiers bezeichnet und dann eingräbt. Weniger rein und sicher wird das Resultat wenn man die ganzen *Peronospora*-tragenden Theile, z. B. Blätter, an

die einzugrabende Knolle befestigt. Das Faulen dieser Theile kann das Gelingen des Versuches hindern indem es die Sporangien und Sporen tödtet, oder den wenn auch noch so schwachen Einwurf aufrecht erhalten, die Bräunung der Knolle sei durch eine Ansteckung seitens des faulen Blattes allein hervorgebracht.

Hat man eine mit Sporangien besäte Knolle in feuchte Erde gegraben, so findet man dieselbe nach durchschnittlich 8 Tagen von der besäten Stelle aus erkrankt, die Bräunung des unter der Schale gelegenen Gewebes oft schon über ein großes Stück der Oberfläche verbreitet. Die Erscheinungen der Erkrankung sind durchaus die gleichen wie bei kranken Knollen, welche direkt aus dem Acker oder dem Keller kommen, und von den oben bei dem Versuch unter Glasglocken beschriebenen nur dadurch verschieden, daß sich auf der Oberfläche der erkrankten Stelle keine Pilzfructification zeigt. Man mag den Versuch variiren wie man will, und wie schon Speerschneider gethan hat, das Resultat bleibt stets das gleiche, negative Resultate sind sehr selten; Gegenversuche zeigen, daß nichtbesäte Stücke der zu dem Infectionsexperiment benutzten Knollen oder ganze Kartoffeln, welche den inficirten möglichst gleich sind und durchaus gleich behandelt, aber vor der *Peronospora* geschützt werden, auch beim Eingraben durchaus gesund bleiben.

Man ist also im Stande durch die Fortpflanzungszellen des Pilzes jede gegebene Stelle einer gesunden Kartoffel krank zu machen, und es werden daher die im Acker krank gewordenen Knollen gleichfalls durch den Pilz direkt erkrankt sein, da dessen Sporangien vom dem Kraute aus fort und fort auf den Boden fallen und durch Wasser den Knollen zugeführt werden können. Bei der mikroskopischen Untersuchung des Bodens von einem die Blattkrankheit zeigenden Kartoffelfelde finden sich die Sporangien stets in Menge zwischen den Bodentheilchen. Daß jene auch durch den Boden zu den Knollen gelangen können, ist durch den Versuch leicht zu ermitteln. Bringt man Kartoffeln unter eine feuchte einige Zoll tiefe Bodenschicht und auf die Oberfläche letzterer reichliche *Peronospora*-Fructification z. B. eine Anzahl kranker Blätter, so erkrankten jene gleich den direkt mit Sporangien betupften, auch wenn der Boden nur mäßig begossen worden war, und zeigen in ihrem Innern durchaus die gleichen Erscheinungen wie die direkt inficirten. Meine in dieser Richtung angestellten Versuche wurden mit durchaus pilzfreiem Boden, nämlich mit reinem weißem Sande aus einer Porcellanfabrik angestellt und, um vollkommene Sicherheit über den gesunden Zustand der angewendeten Knollen zu erhalten, diese halbirt und mit der Schnittfläche nach oben gekehrt in Töpfe gebracht, theils 1 bis 2, theils 7 bis 8 Centimeter unter die mit *Peronospora* besäte Oberfläche.

Sie waren nach 11 Tagen von der Schnittfläche aus alle erkrankt und die Bräunung theilweise schon weit verbreitet.

In welcher Weise die Aufsteckung durch die Pilzsporangien erfolgt, ist nach dem oben über die Entwicklung der Peronospora Gesagten leicht vorauszusehen. Die Sporangien verhalten sich auf den angefeuchteten Knollen unter der Glasglocke oder in dem feuchten Erdboden ganz ebenso, wie wenn sie in einen reinen Wassertropfen gebracht worden wären. Sie entwickeln theils Zoosporen, theils treiben sie, wie es oben als Ausnahmefall beschrieben wurde, direkt Schläuche; letzteres Verhalten kommt bei in den Boden gegrabenen Knollen ziemlich häufig vor, so daß ich früher der irrigen Meinung war, es sei die den auf Knollen gebrachten Sporangien ausschließlich eigene Entwicklungsform. Untersucht man eine mit Sporangien besäte Stelle in den ersten 24 bis 48 Stunden nach Beginn des Versuchs, so findet man die Keimschläuche sowohl die von den Zoosporen als die von den Sporangien direkt getriebenen, wie sie sich durch die Wände der oberflächlichen Zellschichten einbohren. Wo sie auf die Schale gesät waren, wachsen sie senkrecht durch die Korkzellenschichten aus welchen diese besteht, wo sie auf eine Schnittfläche kamen, quer durch den Innenraum der äußersten unversehrten Zellen hindurch, um in dem darunter liegenden Gewebe sofort zwischen den Zellen weiter zu wachsen, theils in den vorhandenen geräumigen Interzellulargängen, theils indem sie die fest aneinanderstoßenden Wände benachbarter Zellen auseinanderdrängend sich einen Weg bahnen. Der Berührung mit dem Pilzfaden folgt hier wie in den Theilen des Krautes die Bräunung von Zellwand und Inhalt, welche sich auch hier langsam über die einer von dem Pilz betroffenen Zelle benachbarten Gewebetheile, die nicht direkt getroffen waren, verbreitet. Der Niederschlag brauner körniger Substanz findet in den Zellen der Knolle besonders reichlich statt, so daß diese in vorgeschrittenen Stadien der Humification oft von einem dunkelbraunen, körnigen Ballen, welcher Stärkekörner einschließt, angefüllt erscheinen. Von der besäten Stelle aus wächst der Pilz gleich wie in den Theilen des Krautes nach allen Seiten hin weiter und zwar bleibt er zunächst in den unter der Oberfläche gelegenen Gewebeschichten; daher die stets zunächst peripherische, die Knolle gleichsam unwachsende Bräunung. Das Mycelium wuchert meist nur zwischen den Zellen; selten findet man, zumal wo das Gewebe eben beginnt weich und faulig zu werden, einzelne größere Zweige deutlich im Innenraum derselben. Dagegen sieht man häufig, doch keineswegs constant von den interzellularen Schläuchen kleine stumpfe Ausstülpungen, deren Länge der des Schlauchdurchmessers etwa gleichkommt, in großer Anzahl ins Innere der benachbarten Zellen eindringen, oder deren Wand

nach innen einfüllen. Die Structur der in der Knolle verlaufenden Schläuche ist der für die krautbewohnenden angegebenen gleich; ihre Dicke oft beträchtlicher, sie haben im Durchschnitt den gleichen Durchmesser wie die Fruchtäste. Fructification tritt, soweit meine Beobachtungen reichen, an den im Boden inficirten und frankten Knollen nie auf, solange sie unverseht sind, und nicht übermäßig naß gehalten werden.

Es ist durch die angeführten, leicht nachzumachenden Untersuchungen somit nachgewiesen, daß die Erkrankung der Kartoffelknolle in ganz derselben Weise durch das Eindringen des Pilzes unmittelbar erzeugt und durch sein Weiterwachsen verbreitet wird, wie die Bräunung des Krautes. Es kann aber noch eingeworfen werden, daß dies für die künstlich inficirten Knollen wohl seine Wichtigkeit haben möge, aber darum noch nicht für diejenigen, welche im Acker oder im Keller krank gefunden werden, wenn auch die Erscheinungen an denselben noch so sehr den künstlich hervorgebrachten gleichen mögen. Es wird daher der Nachweis geliefert werden müssen, daß in jeder frankten Kartoffel der Pilz auch wirklich vorhanden ist; dieser Anforderung kann leichter als irgend einer anderen in unserer Frage entsprochen werden. Kennt man einmal die Myceliumschläuche und ihr intercellulares Wachsthum, so wird man sie auf dünnen Durchschnitten der frankten Stellen mit dem Mikroskope nicht leicht vergebens suchen. Doch hat dies immerhin einige Schwierigkeit, so daß selbst geübte Beobachter, welche Speerschniders Versuche bestätigt fanden, zu der Ansicht kommen konnten, das Mycelium des Pilzes finde sich in den frankten Stellen zwar constant, aber nur in sehr geringer Menge. Sind die Durchschnitte nämlich ziemlich dick, so läßt sich bei der Undurchsichtigkeit des gebräunten Gewebes meist wenig erkennen; sind sie hinreichend dünn um durchsichtig zu sein, so sind, wegen der beträchtlichen Größe der Zellen, die Wände nur von wenigen derselben vollständig erhalten, die Intercellulargänge nach allen möglichen Richtungen durchgeschnitten und verletzt, es gelingt daher allerdings verhältnißmäßig selten einen Pilzfaden auf so lange Strecken durch einen durchgeschnittenen Intercellulargang oder über die flach ausgebreitete Oberfläche einer Zellenwand verfolgen zu können, daß über seine Bedeutung als Pilzfaden jeder Zweifel beseitigt würde. Hat man unzweifelhafte Pilzfäden gefunden, so sieht man beim Verfolgen ihres weiteren Verlaufes nicht selten, wie sie sich irgendwo in weite, mit körnigem Inhalt erfüllte Intercellulargänge fortsetzen, oder, richtig ausgedrückt, die Intercellulargänge so vollständig ausfüllen, daß ihre ohnehin zarte Wand von der der angrenzenden Zellen nicht deutlich unterscheidbar, und somit der Anschein vorhanden ist, als ob es sich einfach um einen mit körniger Substanz erfüllten Zwischenraum zwischen den Zellen handelte.

In den erkrankten braunen Partien findet man nun solche erweiterte, mit körnigem Inhalt mehr oder weniger reichlich erfüllte Inter-cellulargänge ungemein häufig, bei den Untersuchungen über die kranken Knollen sind sie mehrfach beschrieben worden, und nach dem Angeführten liegt die Annahme nahe, daß wir sie für nichts anderes als die intercellularen mit körnigem Plasma erfüllten Myceliumschläuche zu halten haben. Den Beweis hierfür auf rein anatomischem Wege, d. h. dadurch, daß man das Gewebe in seine einzelnen Zellen zerlegt und die Myceliumfäden frei aus denselben herauspräparirt, zu führen ist in den meisten Fällen nicht möglich, da die gebräunten Zellen zu fest mit einander verbunden sind, um durch leicht eingreifende Trennungsmittel, z. B. Kochen mit Wasser von einander gesondert zu werden, und andererseits heftig einwirkende Isolierungsmethoden darum nicht anwendbar sind, weil sie die Wand der Pilzfäden unkenntlich machen würden. Den anatomischen Nachweis liefern eben die Fälle, wo wie angegeben ein zweifelloser Pilzfaden in einem scheinbar nur körnig erfüllten Inter-cellulargang verfolgt werden kann. Allein es gelingt auf anderem Wege leicht, darzuthun, daß die erweiterten körnigen Inter-cellulargänge nicht nur einem sie ausfüllenden Pilzschlauche ihr Aussehen verdanken, sondern daß es in der That die an ihre Fructification sicher erkennbare Peronospora ist, welcher die Schläuche angehören.

Es wurde oben gezeigt, daß unser Pilz fructificirt, wenn er, bei reichlicher Feuchtigkeit, mit der Luft in Berührung kommt. Stellt man diese Bedingungen für die im Innern der Knolle befindlichen Schläuche her, indem man jene zerschneidet, befeuchtet und durch Ueberdeckung einer Glasglocke in feuchter Luft erhält, so bedeckt sich oft schon nach 12 bis 24 Stunden, zuweilen erst etwas später, die Schnittfläche mit einem reichlichen Schimmelanflug, der zunächst von üppig fructificirender Peronospora gebildet wird, welcher später andere Schimmelbildungen folgen können. Verfolgt man die Entwicklung jener mit dem Mikroskop, so sieht man die fructificirenden Fäden vielfach aus den scheinbaren erweiterten Inter-cellulargängen hervorstechen, diese gleichsam Zweige austreiben, d. h. durch das Austreiben von Zweigen ihre wahre Natur deutlich offenbaren. (Vgl. Fig. 11.). Es läßt sich auf diese Art fast in jeder kranken Kartoffel der Pilz leicht und sicher nachweisen, vorausgesetzt daß dieselbe noch nicht durch und durch faul ist, denn durch die gänzliche Zersetzung des Gewebes wird auch hier der Pilz getödtet. Je mehr gesundes Gewebe noch an der zum Versuche benutzten Knolle ist, desto üppiger findet die Entwicklung des Pilzes statt; er verbreitet sich, wie bei dem Aussaatversuch unter Glasglocke rasch über die Schnittfläche, erzeugt hier die gleichen Erschei-

nungen welche bei jenem Experiment beschrieben wurden, und es wird durch das Angeführte vollständig erklärt, warum bei jenem gleich nach der Aussaat die Fructification reichlich auftritt.

Die auf den Knollen erzogenen Exemplare der *Peronospora* sind stets ungleich üppiger, als die krautbewohnenden. An der Basis der ersthervorgetretenen Fruchstäbe entwickeln sich zahlreiche Zweige, welche entweder direkt wieder zu Fruchstäben werden, oder aber auf der Schnittfläche horizontal fortwachsend, ein oberflächliches, überaus reich verästeltetes, einen dicken wolligen Ueberzug bildendes Mycelium darstellen, das fort und fort neue Fruchtzweige treibt. Die Fruchtzweige selbst haben alle wesentlichen Eigenschaften der auf dem Kraute hervortretenden; nur sind sie oft weit größer, reichlicher verästelt und sehr häufig mit Querswänden verschiedener Zahl und Stellung versehen. So entstehen oft ausgedehnte, eine bis zwei Linien hohe, aus reiner *Peronospora* gebildete Schimmelüberzüge, die an ihrer Oberfläche Massen von Sporangien tragen. Wer Ansteckungsversuche machen und sich dabei vor einer Berührung des zu inficirenden mit einem erkrankten Theile vollständig sicher stellen will, dem ist solches Material besonders zu empfehlen, denn an demselben ist es sehr leicht thunlich, durch Abpinseln oder durch Eintupfen in einen Wassertropfen, von der Oberfläche des völlig reinen Schimmelrasens unzählige Sporangien zu erhalten welche nie mit kranken Kartoffelzellen in direkte Berührung gekommen sind. Daß solche bei den Versuchen alle die oben beschriebenen Resultate geben, bedarf kaum einer besondern Erwähnung. Zum Ueberfluß will ich jedoch bemerken, daß meine Infectionsversuche, um jeden Einwurf abzuschneiden, gerade vorzugsweise mit solchem Material angestellt worden sind.

Das Hervorprossen von *Peronospora* aus dem kranken Knollengewebe ist übrigens schon von früheren Beobachtern gelegentlich gefunden, jedoch in seinem ursächlichen Zusammenhange nicht verfolgt und erkannt worden. Mehrfach, z. B. von Fresenius wird des zufälligen Vorkommens der *P.* auf kranken Knollen erwähnt und Harting sah schon 1845 auf Stücken erkrankten Gewebes, welche er zu Ansteckungsversuchen benutzte, den fructificirenden Pilz und macht besonders darauf aufmerksam wie auffallend sein Erscheinen sei, da die Versuche im December, in einem Local wohin nie krankes Kraut gekommen war, in durchaus neuen Gefäßen angestellt wurden und es nicht möglich gewesen sei vor dem Auftreten der Fruchstäbe eine Spur des Pilzes zu finden. Daß zahlreiche Beobachter, wie z. B. Decaisne mit so vielem Nachdruck das Vorhandensein der *Peronospora* an den kranken Knollen geradezu bestimmt in Abrede stellen hat lediglich darin seinen Grund, daß sie hier wie beim Stengel, den

Pilz nur auf der Oberfläche des unversehrten kranken Theiles gesucht haben.

So stimmen denn die Resultate aller Untersuchungen dahin überein, daß die Knollenkrankheit unmittelbar und in ganz gleicher Weise wie die Bräunung des Krautes durch den Pilz verursacht ist. Derselbe kann an jedem beliebigen Orte der Knolle auftreten, indem die Entwicklungsproducte der von dem kranken Kraute aus in den Boden und bis zu den Knollen gelangten Sporangien die Schale jener direkt durchdringen und in das tiefere Gewebe eintreten. Zuweilen erfolgt das Eindringen in die Knollen auch von den fadenförmigen Ausläufern aus, welche jene tragen. Das in den Ausläufer gelangte Mycelium verbreitet sich bis zur Anheftungsstelle der Knolle und von hier aus durch das peripherische Gewebe der letzteren.

Was über die Ansteckung gesunder Knollen durch kranke bekannt ist, steht mit dem eben ausgeführten in vollem Einklang. Die meisten, und man kann wohl sagen sämtliche zuverlässige Beobachtungen stimmen dahin überein, daß eine solche Ansteckung weder aus der Ferne erfolgt, noch bei Berührung sobald beide Knollen unversehrt sind. Auch dafür, daß einer der anderen Pilze, welche auf schon kranken Knollen vorkommen, und von denen im folgenden Abschnitt die Rede sein wird, eine Ansteckung vermittele, spricht keine sicher constatirte Thatsache. Dagegen geben schon Brodia und Harting an, daß eine Ansteckung stattfindet, wenn Schnittflächen von kranken und gesunden Knollen miteinander in Berührung kommen, oder wenn ein Stück braunen, also peronosporahaltigen Gewebes in die Substanz einer gesunden Knolle gebracht wird. Es ist leicht sich von der Richtigkeit dieser Angaben zu überzeugen, und nicht minder leicht zu erkennen, daß die Ansteckung dadurch erfolgt, daß das Peronospora-Mycelium aus der kranken Knolle in das gesunde Gewebe hinüberwächst um hier die bekannten Erscheinungen hervorzurufen. Wer sich auch ohne Mikroskop davon überzeugen will, der befestige auf der Schnittfläche von der Hälfte einer gesunden dicken Kartoffel eine aus einer kleineren, kranken Knolle genommene Scheibe, deren peripherisches Gewebe gebräunt ist, hält man das Ganze feucht, etwa durch Einwickeln in feuchtes Löschpapier, so findet man nach wenigen Tagen auf der gesunden Schnittfläche einen braunen Ring, das genaue Abbild von dem Durchschnitte der angewendeten kranken Gewebsschicht. Außen und innen von demselben ist das Gewebe gesund, selbst wenn die innere Substanz der kranken Knolle schon faul gewesen war. In dem braunen Ringe ist das eingedrungene Mycelium auf die bekannte Art leicht nachweisbar, und von ihm aus verbreitet es sich bald wie bei den Aussaatversuchen.

## IV.

Wir sind bei der Untersuchung über die Krankheitsursache ausgegangen von dem Erscheinen des Parasiten auf dem Kraute und haben den Entwicklungsgang betrachtet, den er dort durchmacht und auf welchem er in die Knollen kömmt. Um eine vollständige Kenntniß von dem Krankheitsverlaufe oder von der Entwicklung des Krankheitserregers zu erhalten, ist nun zu untersuchen, wie der Pilz zuerst in das Kraut und auf den Acker gelangt und wie er sich zwischen der Zeit der Kartoffelernte und seinem Auftreten auf dem entwickelten Kraute des nächsten Jahres verhält, wie er überwintert. Es ist von vorn herein denkbar, daß dies auf sehr verschiedene Weise geschehen kann. Zunächst liegt es nahe, an die auf den Blättern so reichlich entwickelten Sporangien zu denken, und wenn es sich darum handelte zu entscheiden, wie sich der Pilz innerhalb seiner Fructificationsperiode, also etwa vom Juli bis zum Herbst, über die Pflanzen eines Ackers oder von einem Felde auf das andere verbreitet, so wäre die Frage leicht entschieden, denn es ist leicht nachweisbar, daß jene Organe während dieser Zeit für die Verbreitung unglaubliches leisten können. Handelt es sich aber um das Verhalten des Parasiten während der jener Periode vorangehenden Zeit, um die Frage nach dem Ueberwintern, so lassen uns wie ich glaube die Sporangien im Stich. Dieselben behalten zwar, wenn sie trocken aufbewahrt werden, ihre Entwicklungsfähigkeit einige Wochen lang, allein soweit meine Untersuchungen reichen erlischt dieselbe nach längerer Zeit und überdauert den Winter nicht. Eine große Quantität von *Peronospora*-tragendem Kraute stellte ich im September in Gläser und ließ sie im Zimmer an der Luft, vor Fäulniß und Schimmelbildung geschützt, langsam trocken werden. Sehr zahlreiche Versuche, die reichlich erhaltenen Sporangien im darauf folgenden Januar in Wassertropfen, feuchter Luft, feuchter Erde zur Weiterentwicklung zu bringen, blieben erfolglos; sie verhielten sich wie jahrelang im Herbarium aufbewahrte, der geschrumpfte und eingetrocknete Inhalt nahm seine normale und ursprüngliche Beschaffenheit nicht wieder an, am Ende der Cultur trat nur Zersetzung ein. Es sind dies allerdings nur negative Resultate, aber sie zeigen doch zum allerwenigsten, daß die Sporangien bei länger dauernder trockner Aufbewahrung an der Luft sehr leicht ihre Entwicklungsfähigkeit verlieren und daß daher von den in einem Jahre gebildeten jedenfalls der weitaus größte Theil im folgenden Jahre für die Fortpflanzung des Pilzes unbrauchbar, für seine Nährpflanze unschädlich ist. Noch viel weniger werden die Sporangien an feuchten Orten, zumal im Boden, auf welchem sie im Herbst so reichlich fallen, überwintern können, denn hier erfolgt ja, wie oben gezeigt

wurde, bei hinreichender Feuchtigkeit die Sporenbildung und Reiniung schon innerhalb weniger Stunden, ein kurzes Regenwetter genügt um alle Sporangien zu entleeren; und die Annahme, daß etwa die Schwärm-sporen oder die Keimschläuche lebensfähig im Boden überwintern könnten, entbehrt jeder Wahrscheinlichkeit. In dem Kartoffelfelde des hiesigen botanischen Gartens, welches während der Erkrankungszeit des Krautes in jeder Handvoll Erde reichliche Sporangien finden ließ, suchte ich diese im Januar und Februar vergebens, obgleich das Feld nach der Kartoffelernte absichtlich unberührt liegen gelassen worden war. Da einzelne Sporangien immerhin erhalten, aber der mikroskopischen Untersuchung entgangen sein konnten, prüfte ich die Erde auf ihren Gehalt von entwicklungsfähigen Keimen noch in anderer Weise. Ich brachte im Januar eine Portion derselben ins geheizte Zimmer, hielt sie sehr feucht und legte möglichst viele zerschnittene gesunde Kartoffeln hinein. Nach den bekannten Thatsachen hätte, wenn irgend erhebliche Mengen von entwicklungsfähigen Peronospora-Keimen vorhanden gewesen wären, alsbald Erkrankung eines oder des anderen Kartoffelstückes eintreten müssen; dieselben blieben aber während mehrwöchentlicher Cultur völlig gesund. Nach allen diesen negativen Resultaten ist den Sporangien zwar die Fähigkeit lebenskräftig zu überwintern vielleicht nicht absolut abzusprechen, aber dieselbe ist gänzlich unerwiesen und jedenfalls nur in sehr seltenen Fällen vorhanden. Eine Erklärung des Ueberwinterns des Pilzes kann somit keinesfalls auf diese Fähigkeit gegründet werden.

Nun könnte zweitens der Kartoffelpilz vielleicht noch andere Keime als die uns bekannten Sporangien und ihre Entwicklungsproducte besitzen, etwa besondere Sporen, welche überwintern, während die bisher besprochenen eine kurze Lebensfähigkeit besitzen. Diese Vermuthung drängt sich auf, weil einerseits sehr viele Pilze mit zweierlei bis mehrerlei Fructification bekannt sind, und von diesen, z. B. von vielen Rostpilzen (*Puccinia*, *Phragmidium* u. s. w.) die eine Art der Sporen ihre Entwicklungsfähigkeit bald verliert, während die andere überwintern kann oder oft sogar muß; und weil andererseits auf den kranken Knollen eine Anzahl von Pilzbildungen im Gefolge der Peronospora vorkommt, welche allezeit keimfähige Sporen bilden können, und von welchen möglich und auch theilweise schon behauptet worden ist, daß sie dem Entwicklungskreise der Peronospora angehören, also zu ihrer Verbreitung dienen können.

Es sind dieses die Schimmelformen, welche sich auf einigermaßen feucht gehaltenen kranken Knollen wohl ausnahmslos zeigen. Wie sehr oft beschrieben worden ist, brechen dieselben an unversehrten Knollen meist in Form rundlicher polsterförmiger Pilzrasen aus der Schale hervor, auf

Rissen in der Oberfläche und auf der Schnittfläche zerschnittener Kartoffeln treten sie als unregelmäßig verbreitete Schimmelanflüge auf, äußerlich können sie Peronospora-Rasen sehr ähnlich sehen. Das Mycelium dieser Pilze wuchert innerhalb des erkrankten Gewebes, es dringt von der Peripherie aus immer tiefer in dieses ein und seine Fäden wachsen in außerordentlicher Ueppigkeit durch alle Gewebstheile; sie fehlen nicht in den Interzellularräumen, durchbohren aber noch öfter die Zellwände, dringen von Zelle zu Zelle, umstricken die Stärkekörner, dringen, wie Schacht ausführlich beschrieben hat, in die solide Substanz dieser ein, zahlreiche oft reich verzweigte Gänge in dieselben bohrend, bewirken Zersetzung und Auflösung der Stärke, an deren Stelle sie schließlich oft die ganzen Innenräume der Zellen anfüllen. Ihre lebhafteste Vegetation befördert die Zersetzung des kranken Gewebes in hohem Grade. Von den Myceliumfäden der Peronospora sind sie, außer durch die Art ihrer Vegetation stets durch geringere Dicke und besonders dadurch verschieden, daß sie von zahlreichen Quermänden in cylindrische Zellen abgetheilt sind. Die an die Oberfläche tretenden Schimmelbildungen sind die von dem Mycelium entspringenden, gleichfalls stets mit Quermänden versehenen, in den hervorbrechenden Polsterchen in ungeheurer Menge eng aneinander gedrängten Fruchttäste; und zwar zeigt die Untersuchung dieser, daß hier mehrere Formen von Schimmelpilzen vorkommen, deren Mycelien nicht scharf von einander unterschieden werden können, während die Fructificationen sehr bedeutende Differenzen zeigen.

Von diesen Schimmelpilzen finden sich zwei ganz besonders häufig, fast constant, auf den kranken Knollen; der eine ist von v. Martius *Fusisporium Solani*, der andere von Harting *Spicaria Solani* genannt worden. Bei jenem (fig. 12) sind die Fruchttäste reichlich und wiederholt verzweigt; die Zweige entspringen einzeln, oder paarweise gegenüberstehend oder büschelförmig geordnet von den oberen Enden der Zellen, welche den jeweiligen Hauptstamm zusammensetzen. Auf den Zweigenden letzter Ordnung entsteht je eine spindelförmige, etwas gekrümmte Fortpflanzungszelle, deren erste Anlage der eines Peronospora-Sporangium ähnlich ist, welche sich aber, noch im Zusammenhang mit dem tragenden Zweige, durch Quermände in 2 oder 3 bis 5 Tochterzellen theilt und nach deren Ausbildung abfällt. Die Tochterzellen bleiben stets zu einer 2 bis 5-gliedrigen Reihe fest verbunden (Fig. 12, s); jede derselben ist eine Spore und hat die Fähigkeit unter günstigen Bedingungen zu einem Keimschlauche auszuwachsen. Die Rasen des *Fusisporium* sind meist weiß oder gelblich gefärbt. Man unterscheidet von demselben eine in allen Theilen zartere, mit 2gliedrigen ziemlich geraden Sporenreihen versehenen Form, die

von Harting *F. didymum* genannt worden ist, und eine größere, mit 3—5 Sporen in einer Reihe, das ächte *F. Solani*. Beide gehören dem Entwicklungskreise einer Art an.

Die Fruchstäbe der *Spicaria* (fig. 13) sind aufrecht, in ihrem unteren Theile unverzweigt, oben mit reichlichen Aesten verschiedener Ordnung versehen, welche immer von dem obersten Ende einer ihrem jeweiligen Hauptstamme angehörenden Zelle entspringen. Die untersten Zweige stehen einzeln oder paarweise einander gegenüber, sind gleichfalls aufrecht, dem Hauptstamme fast parallel, gleich hoch wie dieser und demselben in ihrer weiteren Verzweigung gleich. Sämmtliche Zweige letzter Ordnung sammt den Spitzen der Hauptstäbe, bestehen aus einer einfachen, nach oben hin allmählich fein zugespitzten Zelle, welche an ihrer Spitze die Sporen abschnürt. Man nennt solche sporenabschnürende Zellen, wenn sie durch bestimmte Form und Stellung ausgezeichnet sind Sporenträger, Basidien oder Sterigmen. Nur bei sehr mageren Exemplaren unseres Pilzes entspringen diese einzeln an den Enden ihrer Stammzellen, in der Regel zum mindesten zwei, meist aber 3 bis 5 auf gleicher Höhe. Indem diese sehr zahlreichen Endzweige sämmtlicher untereinander gleichhoher, paralleler Hauptstäbe dicht aneinander gedrängt stehen, erhält der Gipfel der fructificirenden Fäden das Ansehen eines Büschels oder Pinsels. Auf den Enden eines jeden Sterigma entstehen die Sporen als kleine Anschwellungen, die eine ovale Gestalt annehmen und sich als besondere, leicht abfallende Zellen abgliedern. Ist eine Spore gebildet, so erfolgt unter ihr die Anlage einer zweiten, welche mit ihrer Ausbildung die erstentstandene vorschiebt; in gleicher Weise wird eine dritte, vierte u. s. w. gebildet, so daß allmählich auf jedem Sterigma eine ganze Reihe von Sporen aufsteht, von welchen immer die unterste die jüngste ist. Um die sich bildenden Sporen wird gleichzeitig eine gummiartige Substanz abgesondert, welche sie in trockenem Zustande fest mit einander verklebt, im Wasser sich löst und so eine Trennung der Sporen von einander bewirkt. Die ursprüngliche reihenweise Anordnung der Sporen eines Büschels oder gar eines aus unzähligen dicht aneinander gedrängten Fruchtfäden gebildeten Schimmelpolsters wird dadurch sehr bald unkenntlich, die ganze zahllose Menge von Sporen läßt sich zu einer weichen Kruste ordnungslos zusammengeklebt abheben, und löst sich im Wasser in eine ungeheure Menge kleiner Sporen auf, welche dann leicht keimen, d. h. einfache Myceliumschläuche treiben. Die Farbe der reifen Sporenanhäufungen, welche den Gipfel der Polster bedecken, ist anfangs rein weiß, später wird sie gelblich und zuletzt meist zimmtfarbig. Einzeln betrachtet erscheinen die Sporen stets ungefärbt.

Dem in der Pilzkunde einigermaßen Bewanderten wird es auffallen,

daß unsere *Spicaria* nach der gegebenen Beschreibung sofort an die Charaktere der bekannten Gattungen *Penicillium* oder auch *Verticillium* und *Acrostalagmus* erinnert. Ich glaube sogar Grund zu der Ansicht zu haben, daß der von *Corda* als *Acrostalagmus cinnabarinus*, von *Harting* als *Verticillium lateritium* abgebildete Pilz, welcher auf Schalen und Schnittflächen fauler Kartoffeln oft sehr große ziegelrothe oder zimmtfarbige Ueberzüge bildet, nichts weiter ist als eine Form der gleichen Art. Die zur Begründung dieser Ansichten und der richtigen systematischen Stellung unseres Pilzes nothwendigen Auseinandersetzungen würden uns aber von dem Zwecke der vorliegenden Schrift allzuweit entfernen; ich habe daher den Namen *Spicaria* beibehalten, und beschränke mich darauf, ausdrücklich zu bemerken, daß dieselbe keineswegs als selbständige Art, sondern nur als Glied des reichen Formenkreises einer solchen zu betrachten ist. Dasselbe gilt von dem *Fusisporium*, welches vielleicht sogar dem Formenkreis der nämlichen Species angehört; beide Formen sind wohl jedenfalls Glieder eines Entwicklungskreises dessen entwickeltste Fruchtformen von den beschriebenen weit verschieden sind und denjenigen Bildungen angehören, welche gegenwärtig als die Abtheilung der Kernpilze (*Pyrenomycetes*) zusammengefaßt werden.

Für die Frage, von welcher wir ausgingen ist dies gleichgültig, denn wenn die genannten Schimmel auch einerseits mit dem Entwicklungskreise dieses oder jenes Pilzes zusammenhängen, so ist dadurch ein genetischer Zusammenhang mit der *Peronospora* auf der anderen Seite nicht von vorn herein ausgeschlossen. Zur Beantwortung unserer Frage haben wir nur zu entscheiden, ob sich irgend ein organischer und genetischer Zusammenhang zwischen dem Mycelium von *Fusisporium*, *Spicaria* und dem der *Peronospora* nachweisen läßt, und ob unter irgend welchen Bedingungen aus den Sporen von *Spicaria* und *Fusisporium* *Peronospora*, aus den Sporangien dieser jene anderen Pilzformen entstehen können.

Wo verschiedene Pilzformen, sie mögen einander noch so unähnlich sein, dem Entwicklungskreise einer Species angehören, ist es stets möglich durch einen solchen Nachweis ihre Zusammengehörigkeit darzuthun. Für unsere Frage aber liefern alle genauen Untersuchungen ein verneinendes Resultat.

In Knollen, bei welchen die oberflächliche Schimmelbildung eben beginnt, findet man häufig die intercellularen querwandlosen *Peronospora*-Schläuche und die stets dünneren mit Querswänden versehenen Myceliumfäden der anderen Pilze so reichlich nebeneinander, daß die Vermuthung wohl aufkommen kann, letztere entstünden an jenen als dünne Zweige, welche sich

erst späterhin durch das constante Auftreten von Querswänden, durch ihre weit reichlicheren, Zellwände und Stärkekörner durchwachsenden und zerstörenden Verästelungen von ihren ursprünglichen Stämmen unterscheiden. Allein es ist mir trotz aber- und abermals wiederholtem Nachsuchen nie möglich gewesen eine solche Entstehung aufzufinden, und Präparate, welche dieselbe auf den ersten Blick zu zeigen schienen, haben bei genauer Untersuchung immer erkennen lassen, daß ein Verhalten vorlag, welches sehr leicht zu Täuschungen führen kann. Es kommt nämlich öfters vor, daß ein dünner querwändiger Myceliumfaden mit einem Peronospora-Schlauche lange Strecken weit in dem nämlichen Interzellularraum fortfruchtet, wegen seiner Zartheit und ähnlichen Inhaltsbeschaffenheit leicht durch jenen verdeckt und unkenntlich gemacht wird, und dann plötzlich da deutlich hervortritt, wo er von demselben nach einer andern Richtung hin abbiegt. An dieser Stelle sieht es dann oft aus, als ob ein dünner querwändiger Ast von dem Peronospora-Schlauche entspränge; bei sorgfältigem Nachsuchen stellt sich aber stets heraus, daß dies nicht der Fall, der wahre Sachverhalt vielmehr der angegebene ist.

Bei Aussaaten der Peronospora-Sporangien findet man nie eine andere als die oben beschriebenen Entwicklungen. Die Keimschläuche gehen, wenn sie den zum Eindringen und der Weiterentwicklung günstigen Boden, d. h. gesunde Theile der Kartoffelpflanze nicht finden, immer bald zu Grunde; im anderen Falle ist Peronospora ihr einziges Entwicklungsproduct.

Sät man Spicaria oder Fusicporium, so entwickeln sich auf günstigem Boden aus den Sporen wiederum Exemplare der ausgefäeten Form, nie Peronospora. Den günstigen Boden bilden kranke oder faule Kartoffeln, sonstige faulende Pflanzentheile. Bei wiederholter Aussaat auf gesunde lebende Theile des Kartoffelkrautes fand ich zwar sehr zahlreiche Keimungen der Sporen, aber nie eine Spur des Eindringens von Keimschläuchen und nie ein nachheriges Auftreten der Peronospora am Kraute.

Zahlreiche, besonders mit Fusicporium zu verschiedenen Zeiten und von einer Anzahl Beobachter angestellte Versuche, welche zunächst den Zweck hatten, die Ansicht zu prüfen, nach welcher die Knollenkrankheit durch diesen Pilz verursacht und demgemäß durch Uebertragung der Sporen desselben eine Ansteckung gesunder Knollen bewirkt wird, haben kein einziges Resultat ergeben, welches mehr besagte, als daß die besäten Knollen zuweilen faulen können, wie jede andere gesunde Kartoffel. Von den charakteristischen Erscheinungen des Krankwerdens, wie wir sie nach Aussaat der Peronospora ausnahmslos auftreten sehen und durch welche also eine Entwicklung dieses Pilzes angezeigt würde, findet sich nirgends eine

deutliche Erwähnung; in der weitaus größten Mehrzahl der mitgetheilten Fälle blieben die inficirten Knollen vollkommen gesund. Ebenso verhält es sich bei Anwendung der *Spicaria*. Sät man die Sporen beider Pilze auf die Oberfläche gesunder Knollen, so keimen sie leicht, wenn für hinreichende Feuchtigkeit gesorgt ist. Allein eine üppigere Entwicklung des Pilzes, ein Eindringen des Myceliums in das gesunde Gewebe und ein Erkranken dieses in Folge davon findet nicht statt, mögen die Knollen unter Glasglocken oder in die Erde eingegraben sein. Sät man die Sporen auf die Schnittfläche halbirter Knollen, wie bei dem zuerst beschriebenen *Peronosporaversuch*, so kann sich bei hinreichender Feuchtigkeit ein kümmerliches Mycelium entwickeln, welches sich von den allmählich zeretzten Theilen der oberflächlichen angeschnittenen Zellen ernährt und magere Fruchtäste treibt. Dabei hat es aber sein Bewenden; unter der Schnittfläche entsteht, wie oben beschrieben wurde, eine neue Schale und das von dieser geschützte Gewebe bleibt gesund.

Nirgends läßt sich also die Entwicklung von *Peronospora* oder das Auftreten von Erscheinungen, wie sie diese verursacht, nach Ausfaat der in Rede stehenden Sporen nachweisen, nirgends findet sich ein Eindringen der Keime von *Fusisporium* in Kraut oder Knollen, so lange diese nicht faul sind, nirgends ein genetischer Zusammenhang der Mycelien. Es liegt also kein Grund vor, die besprochenen Pilze zu dem Formentreis der *Peronospora* zu zählen und anzunehmen, daß sie es seien, welche die Uebertragung des Kartoffelverderbens auf den Acker bewerkstelligen. Ihr Auftreten auf schon kranken oder faulen Theilen und das gänzliche Ausbleiben oder höchstens kümmerliche Vorschreiten ihrer Entwicklung auf der Oberfläche gesunder lebender Theile zeigt deutlich, wie sie eben auf faule Substanzen angewiesen, ächte Saprophyten sind. Dasselbe gilt von den übrigen Schimmelpilzen, welche hie und da auf kranken Kartoffeln gefunden werden, und vielfach beschrieben worden sind. Ihr nichts weniger als constantes Auftreten schon zeigt, daß die sich immer gleichbleibende Erkrankung der Knollen nicht von ihnen verursacht sein kann, und ist dies auch nie behauptet worden. Zudem sind dieselben zumeist keineswegs ausschließlich auf kranken Erdäpfeln beobachtet, manche gehören vielmehr zu den allgemein verbreiteten Schimmelformen, wie z. B. das auch auf Kartoffeln nicht seltene *Penicillium glaucum*, *Eurotium*, *Trichothecium roseum* und andere, deren specielle Aufzählung und Beschreibung hier keinen Zweck hätten. Wie die erst besprochenen Schimmel so constant in die kranken Kartoffeln kommen können, erklärt sich leicht, wenn man beachtet, daß wohl jede Kartoffel, auch die gesündeste, schon aus dem Boden eine Menge verschiedenartiger Pilzanfänge, sowohl Sporen als auch besonders kleine, un-

scheinbare Myceliumsfäden mitbringt. Untersucht man die noch so reingewaschene Schale irgend eines Exemplars, so wird man dieselben wohl niemals auf oder zwischen den äußeren Zellschichten der Schale vermissen. Daß sich nach dem Ausgraben, zumal in den ohnehin meist schimmelreichen Kellern, diese Pilzanfänge nichts weniger als vermindern ist klar. Bei gesunden Knollen unterbleibt ihre Weiterentwicklung, sie lauern gleichsam auf eine Zersetzung des Gewebes, mit deren Beginn sie sich weiter ausbilden, von den Producten der Fäulniß einerseits sich ernährend und andererseits diese durch ihre Vegetation mächtig beschleunigend. —

Eine Vielgestaltigkeit der Fructification könnte aber noch auf andere Weise, als die eben besprochene, das Ueberwintern und die Uebertragung des Kartoffelpilzes auf dem Acker bewirken. Die Gattung *Peronospora* enthält eine sehr große Anzahl von Formen und Arten, welche auf den verschiedensten Pflanzen ungemein häufig schmarotzen, sowohl auf wildwachsenden, auf Unkräutern wie z. B. die *P. effusa* auf dem gemeinen Gänsefuß, als auch auf Culturgewächsen; von letzteren wird z. B. der Gartenlattich durch die *P. gangliiformis* Berkeley, die Leguminosen, zumal die Luzerne (*Medicago sativa*) und der Incarnatflee durch *P. grisea* oft nicht unbedeutend befallen und beschädigt. Die Vegetation und Structur des Myceliums dieser Arten ist der von *P. infestans* gleich, die Fruchtkäste entstehen in der gleichen Weise, und bilden an ihren Enden Fortpflanzungszellen, welche nach Entwicklung und Form den Sporangien des Kartoffelpilzes wenigstens sehr ähnlich sind. Verschieden von letzteren sind alle bekannten Arten dadurch, daß ihre Fruchtkäste regelmäßig und wiederholt gabeltheilig sind, und viele durch das Verhalten der auf den Fruchtkästen gebildeten Fortpflanzungszellen. Diese sind nämlich bei einer großen Reihe von Formen nicht Sporenbhälter, Sporangien, sondern Sporen. Sie erzeugen aus ihrem Inhalt keine ausschwärmenden Tochterzellen, sondern treiben direkt je einen Keimschlauch, welcher gerade wie die Keime des Kartoffelpilzes die Oberhaut durchbohrend in das Gewebe der Nährpflanze eindringt\*).

Die meisten dieser Arten, wahrscheinlich alle, haben ferner außer der

---

\*) So verhalten sich constant *P. gangliiformis*, *P. parasitica*, *P. Alsinearum*, *P. calotheca*, *P. Papaveris*, (von *Pap. somniferum* und *Rhoeas*) sowie die schwer von einander unterscheidbaren, theilweise schon als *P. effusa* und *grisea* zusammengefaßten Formen, welche *Chenopodium*, *Plantago major*, die Arten von *Ranunculus*, *Veronica* und Leguminosen bewohnen. Zoosporien bildet, in ganz ähnlicher Weise wie die *P. infestans*, *P. Umbelliferarum*, und eine ganz eigenthümliche, zwischen der Zoosporienbildung und einfachen Schlauchkeimung gleichsam die Mitte haltende Entwicklung kommt der *P. macrocarpa*, und *P. densa* zu.

durch die beschriebenen Fruchttäste vermittelten eine zweite, und zwar eine geschlechtliche Fortpflanzung. Es würde zu weit führen, diese hier ausführlich zu beschreiben; für unseren Zweck genügt die Angabe, daß die Enden kurzer, innerhalb des Gewebes der Nährpflanze verbleibender Myceliumzweige zu großen blasigen Schläuchen anschwellen, den weiblichen Geschlechtsorganen, aus deren Inhalt sich nach einer Befruchtung durch eigenthümliche männliche Organe je eine große kuglige mit dicker dunkelbrauner Haut versehene Spore bildet. Die Keimung dieser Sporen ist noch nicht bekannt, ihre Structur aber zeigt schon deutlich an, daß sie jedenfalls einen längern Ruhezustand durchmachen und ohne Zweifel auch überwintern können, zumal wenn sie, wie dies öfters geschieht, erst im Herbst gebildet werden und mit dem absterbenden Laube zu Boden fallen. Bei der Kartoffelperonospora kommen wenigstens in unseren Gegenden Geschlechtsorgane nicht vor, oder doch nur als außerordentliche Seltenheit, wenn nämlich das von Montagne einmal an Kartoffelkeimen beobachtete und als *Artotrogus hydnosporus* beschriebene Gebilde hierher gehören sollte. Ein Ueberwintern unseres Pilzes durch constant von ihm erzeugte derbwandige Dauersporen kann also in unsern Gegenden nicht stattfinden. Bei der Ähnlichkeit der Kartoffelperonospora mit den anderen Arten einerseits und der für viele Pilze bestimmt nachgewiesenen Vielgestaltigkeit andererseits wäre es nun aber denkbar, daß die als Arten unterschiedenen Bildungen nur Formen ein und derselben Art, ihre Verschiedenheiten nur durch die mancherlei Nährpflanzen auf denen sie vorkommen, bedingt seien. Alsdann könnte dieser Pilz durch die auf wildwachsenden Pflanzen erzeugten Dauersporen überwintern, im Frühling auf diesen sich weiterentwickeln, Sporen auf den hervortretenden Fruchttästen bilden und durch diese leicht auf die Kartoffelpflanze und von dieser wieder auf Ackerunkräuter übertragen werden. Versuche, welche zur Prüfung dieser Annahme angestellt wurden, haben dieselbe als durchaus unhaltbar erwiesen. Wäre sie richtig, so müßte sich aus den Sporen anderer Arten auf der Kartoffel die *Peronospora infestans* erziehen lassen und umgekehrt. Es wurden nun Sporen von *Per. Alsinearum* und *P. effusa Chenopodii* theils auf Kraut, theils auf gesunde Knollen der Kartoffel gesät; sie keimten wie in reinem Wasser, ihre Schläuche drangen nicht ein, *Peronospora* trat nicht auf. Umgekehrt säte ich Sporangien der *P. infestans* auf das Laub dreier Pflanzen, welche in der freien Natur besonders häufig von *Peronospora* bewohnt werden, nämlich *Stellaria media*, *Ranunculus repens*, *Aegopodium Podagraria*. Zoosporen bildeten sich und keimten reichlich. Aber ihre Keime verhielten sich auf den Blättern wie auf Glasplatten, und nach wochenlanger Cultur blieben die Pflanzen vollkommen

pilzfrei und gesund. Besonders bemerkenswerth ist dabei der Erfolg der Ausfaat auf *Aegopodium*, da diese Pflanze von einer *Peronospora*, welche gleich der *P. infestans* Zoosporen bildet, also am wahrscheinlichsten mit dieser in den Formkreis einer Art gehören könnte, heimgeführt wird.

Hält man diesen Resultaten den Umstand gegenüber, daß es leicht gelingt alle *Peronospora* aus ihren Sporen zu erziehen, wenn man diese auf der richtigen Nährpflanze zum Keimen bringt, so sind dieselben für den Satz vollkommen beweisend, daß die *P. infestans* ein der Kartoffel eigener, von den Arten, welche die wildwachsenden Pflanzen bewohnen, specifisch verschiedener Parasit ist.

Man muß also nach einem andren Wege suchen, auf welchem unser Pilz überwintert und in den Acker gebracht wird. Die Nachsichungen, welche in dieser Richtung angestellt werden, ergeben, daß dies durch das *Mycelium* geschieht, welches den Winter über in den Knollen lebenskräftig bleibt und im Frühjahr mit diesen in den Acker gebracht wird um sich mit der Kartoffelpflanze weiter zu entwickeln. Zur Erläuterung dieses Verhältnisses müssen zwei allgemeine Sätze vorausgeschickt werden. Erstens nämlich kann das *Mycelium* vieler in perennirenden Pflanzen schmarogender Pilze in den ausdauernden Theilen jener jahrelang mitausdauern, um zuletzt oder alljährlich Zweige in das Laub zu senden, die hier reichlich wuchern und fructificiren; und zweitens kann oder muß auch in einjährigen Pflanzentheilen der Parasit von dem Orte aus wo er eindringt bis zu demjenigen, wo er fructificirend gefunden wird, innerhalb der Nährpflanze oft lange Strecken durchwachsen, gleichsam durchwandern. Letzterer Satz wurde zuerst durch J. Kühn's schöne Beobachtungen an dem Pilze des Weizenschmierbrands nachgewiesen, dessen Keime am Boden in die Basis der jungen Pflanze eindringen um durch den heranwachsenden Stengel als unscheinbare *Mycelium*fäden bis in die Fruchtknoten zu wachsen, sich hier massenhaft zu verzweigen und zu fructificiren. Für das Perenniren und Ueberwintern des oft sehr unscheinbaren *Myceliums* in dem Gewebe der Nährpflanze könnten besonders von den Rostpilzen und von manchen Arten der Gattung *Peronospora* selbst viele Beispiele angeführt werden, deren specielle Beschreibung jedoch zweckmäßiger anderwärts gegeben werden wird. Es genügt hier auf dieses unter den Schmarogerpilzen sehr verbreitete Verhalten im allgemeinen aufmerksam zu machen, der noch ziemlich herrschenden und von mir selbst\*) früher vertretenen unrichtigen Ansicht gegenüber, daß die Parasiten immer an dem Orte oder doch ganz

\*) Brandpilze, S. 122.

nahe bei demselben eingedrungen seien, wo man sie fructificirend findet. Letzteres ist allerdings häufig, und zwar für bestimmte Arten, bestimmte Fortpflanzungsorgane und bestimmte Entwicklungszustände der Nährpflanzen der Fall; es findet ja auch bei Ausfaat von Schwärmsporen unserer *Peronospora* auf feucht gehaltenes Kartoffelkraut statt. Aber auch für das Perenniren und Wandern des Myceliums bietet gerade unsere *Peronospora* ein Beispiel dar.

Der Versuch, durch welchen oben das constante Vorhandensein der *Peronospora* in dem kranken Gewebe nachgewiesen wurde, zeigt zugleich, daß das Mycelium daselbst zur Weiterentwicklung fähig bleibt; denn es gelingt zu jeder Zeit, im Herbst wie im Frühjahr, sobald die der *Peronospora* stets nachtheilige Fäulniß und secundäre Schimmeltwucherung noch nicht bis zur Tödtung derselben vorgeschritten sind. Mit jedem nur wenig erkrankten Stücke Kartoffel kommt also eine Portion entwicklungsfähiger *Peronospora* in den Boden des Acker. Hier kann sich das Mycelium auf zweierlei Weise weiter entwickeln. Ist die kranke Partie durch Schnitt oder durch den Biß eines Thieres bloß gelegt, so können in lockerem, mäßig feuchtem Boden wie unter Glasglocken an derselben Fruchtäste der *Peronospora* hervortreten und frische Sporangien gebildet und in den Boden gebracht werden. Ich fand solche auf zerschnittenen kranken Knollen, welche ich in Blumentöpfen bis zwei Zoll unter der Oberfläche der Erde cultivirte.

In festem Boden, größerer Tiefe, und bei unverletzten Knollen treten keine Fruchtäste auf; ihre Bildung an der Oberfläche der Knollen wird daher bei der Cultur im Freien kaum in Betracht kommen. Von um so größerer Bedeutung dagegen ist die zweite Form, in welcher sich das in der Knolle enthaltene Mycelium fortentwickeln kann. Wenn an der Kartoffel Triebe entstehen, so wächst es in diese hinein, und, dem Längenwachsthum derselben folgend, mit ihnen über den Boden. Ist das Mycelium in sehr großer Menge in einen Trieb getreten, so wird dieser bald getödtet; an kranken Knollen, welche ausgetrieben haben, findet man nicht selten einen bis mehrere Zoll lange schwarzgewordene Triebe, deren Parenchym von massenhaftem *Peronospora*-Mycelium durchwuchert wird, aus welchem man durch den bekannten Kunstgriff die Fructification hervorlocken kann. Ist das Mycelium minder reichlich eingedrungen, so kann der Trieb äußerlich vollkommen gesund erscheinen und auch im Innern nur wenige gebräunte Zellen zeigen, wemngleich der Pilz in demselben sehr leicht nachweisbar ist.

Mit dem Nachweis aber, daß der Kartoffelverderber in der Knolle lebenskräftig überwintert, in die Triebe zu wachsen und mit ihnen über

den Boden zu treten fähig ist, haben wir zugleich die Möglichkeit, ja geradezu die Nothwendigkeit dargethan, daß selbst durch eine oder wenige Peronospora-haltige Saatkartoffeln einem Acker und einer ganzen Flur der Pilz und mit ihm die Krankheit zugeführt wird, um sich je nach Gunst oder Ungunst äußerer Agentien mehr oder weniger weit zu verbreiten.

Ist der Pilz in einem jungen Triebe nur wenige Zoll über den Boden getreten, und hat sich das Mycelium in jenem reichlich entwickelt, so wird es, wie Versuche leicht zeigen, alsbald ein Braunwerden und Absterben des Triebes bewirken, dessen Zugrundegehen aber wegen seiner geringen Höhe auf dem Acker um so mehr unbemerkt bleiben, als sich ringsumher, selbst aus der nämlichen Saatknohle, gute, kräftige Triebe entwickeln. Tritt feuchte Witterung ein, so wird an der Oberfläche des Triebes, welcher bei geringer Höhe ohnehin schon von der feuchteren Luftschicht dicht über dem Boden umgeben ist, in höchstens 15 bis 18 Stunden reichliche Fruchtbildung der Peronospora eintreten; ein einziger Regen ist hierzu jedenfalls mehr als genügend. Ist auf diese Weise einmal eine Bildung frischer Fructification auf dem Acker irgendwo erfolgt, so ist, bei der großen Zahl in welcher die Sporangien stets entstehen, der Leichtigkeit mit welcher dieselben von ihren Stielen abfallen und auf benachbarte Triebe oder auf den Boden gelangen können, bei ihrer Fähigkeit jedenfalls einige Wochen hindurch lebendig zu bleiben und bei der außerordentlichen Schnelligkeit endlich, mit welcher unter den günstigen Bedingungen ihre Weiterentwicklung erfolgt, die Verbreitung des Pilzes über den Acker nicht nur erklärt, sondern fast unabweisbar, so gering auch seine ersten Spuren gewesen sein mögen./

Die Menge der Sporangien, welche auf einem nur kleinen Triebe erzeugt werden, ist eine schon sehr beträchtliche, auch wenn man bei ihrer annäherungsweise Schätzung und Berechnung von sehr niederen, in der Natur meist weit übertroffenen Ansätzen ausgeht. Aus der Messung von Länge und Breite der Oberhautzellen eines jungen, halberwachsenen Stengelstücks berechnet sich, daß etwa 3240 dieser Zellen auf eine (pariser) Quadratlinie gehen. Tritt aus je der 50ten Zelle ein einziger Fruchtfaden hervor, und trägt derselbe nur drei Sporangien, so werden auf einer Quadratlinie etwa 200 Sporangien gebildet. Ein cylindrisches Stengelstück von 1" Höhe und 2" Durchmesser hat eine Oberfläche von über 75 Quadratlinien; ist es ganz von Peronospora befallen, so werden auf ihm 15000 Sporangien entstehen. Weit höher steigt die Fruchtbarkeit des Pilzes auf den Blättern. Berücksichtigen wir nur die untere Blattfläche, so kommen auf eine Quadratlinie derselben wenigstens 1090 Spaltöffnungen. Wenn aus jeder dieser nur ein Fruchtfaden hervortritt und drei Sporangien trägt so werden von letztern auf 1 Quadratlinie 3270 gebildet.

Bedenkt man nun, daß ein Sporangium mindestens 6 Schwärmsporen erzeugt, aus deren jeder ein neues, in die Kartoffelpflanze eindringendes Pilzmycelium werden kann, so wird gewiß zugegeben werden müssen, daß auch von einem sehr kleinen Verbreitungsherde aus, selbst unter ungünstigen Bedingungen für den Pilz wenigstens einige neue Exemplare desselben auf benachbarte Pflanzen gelangen können. Jede dieser letzteren stellt ein neues Verbreitungscentrum für die Parasiten dar und es liegt auf der Hand, daß die Zahl derselben unter allen Umständen in ungemein rasch steigendem Verhältniß wachsen muß.

Daß aber der Pilz, wenn einmal reife Sporangien auf dem Acker sind, sich wirklich weiter verbreitet, dafür bürgt die große Leichtigkeit, mit welcher die Sporen gebildet werden, keimen und ihre Keime in die Kartoffelpflanze einbohren. Es wurde oben gezeigt, daß, wenn Sporangien in einen Wassertropfen oder in feuchten Boden gelangen, oft schon nach einer, durchschnittlich etwa nach 3 Stunden die Entleerung der Sporen erfolgt, und daß diese höchstens eine halbe Stunde später zu keimen beginnen. Auf Theilen der Kartoffelpflanze fand ich in einigen Versuchen schon drei Stunden nach der Entleerung der Sporen die Keimschläuche im Begriff die Oberhautzellen zu durchbohren; nach etwa 12 Stunden finden sich die Keimschläuche stets schon tief in oder durch die Oberhautzellen gewachsen. Haftet also ein Sporangium irgendwo am Kartoffelkraut, so kann im schlimmsten Falle schon ein vierstündiger Regen, Thauniederschlag oder dergleichen Sporenbildung und Eindringen der Keime möglich machen; ein oder mehrere Regentage aber stellen dasselbe vollkommen sicher, und der auf Laub und Boden tropfende Regen trägt überdies noch viel zur Verbreitung der Sporangien bei. Einmal in das Gewebe der Kartoffelpflanze gelangt, bleiben die Keimschläuche lebens- und fortbildungsfähig so lange ihre Nährpflanze nicht selbst abstirbt. Sie können wenn trocknes Wetter eintritt langsam, unbemerkt weiterwachsen, vielleicht auch längere Zeit hindurch völlig stille stehen, um aber sofort eine lebhaftere Weiterwucherung aufzunehmen sobald mit reichlicher Wasserzufuhr günstige Entwicklungsbedingungen für sie eintreten. Es ist leicht, sich durch Versuche zu überzeugen, daß von irgend einem unscheinbaren Triebe aus, auf welchem *Peronospora fructificans*, die Ansteckung des Krautes benachbarter Pflanzen erfolgt, ohne weitere Kunsthilfe, als daß man die Pflanzen zuweilen mit etwas Wasser bespritzt.

Es ist noch ein zweiter Weg möglich, auf welchem der Pilz in den Trieben weiterwachsen kann. Eine Reihe parasitischer Pilze, selbst Arten von *Peronospora*, welche in Knollen oder anderen Stengelorganen den Winter überdauern, haben die Eigenthümlichkeit, daß sie ohne von außen wahrnehmbare Veränderungen hervorzubringen, durch die sich streckenden

jungen Stengel und Zweige emporkwachsen, in die Blätter eintreten, und hier sich massig entwickeln um zu fructificiren und Erkrankungen zu erzeugen, welche das Dasein des Pilzes erst verrathen. Es wäre möglich, daß sich auf diese Weise der Kartoffelpilz dann entwickeln könnte, wenn er in nur geringer Menge aus der Knolle oder dem Boden in Laubstengel gelangt. Einige Versuche, die ich darüber angestellt habe, machen mir sogar sehr wahrscheinlich, daß es sich wirklich oft so verhält; doch sind dieselben noch zu wenig gegen Einwürfe sicher gestellt, als daß ich darüber mehr denn die Vermuthung aussprechen möchte.

Die Verbreitung des dem Acker in den Knollen zugeführten Pilzes erfolgt zunächst jedenfalls langsam und ohne das Wachsthum der meisten Laubtriebe, denen er nach und nach zugeführt wird, merklich zu beeinträchtigen. Auch dies läßt sich durch Versuche bestimmt feststellen, bei welchen doch, da sie eben die Vegetation des Pilzes kennen lehren sollen, für diesen immer weit günstigere Bedingungen hergestellt sind, als sich im Freien oft finden mögen. Bei Aussaaten auf kräftige belaubte Stengel, welche ich im Zimmer machte, und in welchen jedenfalls Hunderte von Keimen an den besäten Stellen eingedrungen waren, brauchte der Pilz 29 Tage um sich in einem Falle 8 Zoll, in einem anderen 4 Zoll längs des Stengels auszubreiten. Fructification des Pilzes trat dabei nicht auf und die Versuchspflanzen fuhrten kräftig fort sich zu belauben und zu verzweigen.

Sät man den Pilz auf Blätter, so bleiben dieselben oft lange anscheinend völlig gesund, auch wenn die mikroskopische Untersuchung nachweist, daß ein Eindringen der Keime sofort nach der Aussaat stattgefunden hat. Diese Thatsachen erklären, warum die Krankheit nicht-sogleich alle Triebe eines Ackers, dem sie durch Knollen zugeführt war, ergreift und zerstört, sondern stets erst zu einer Zeit massenhaft auftritt, in welcher die Laubspresse der Kartoffelpflanze die Höhe ihrer Entwicklung nahezu erreicht haben. Während der langsamen ersten Vermehrung der unscheinbaren Bildungsherde des Parasiten ist die Vegetation seiner Nährpflanze ungestört, dieselbe fährt fort sich zu belauben und zu verzweigen, eilt jenem gleichsam in der Entwicklung voran. Je weiter ihr Entwicklungsgang fortschreitet, um so rascher wächst, wie oben ausgeführt wurde, die Vermehrungsfähigkeit des Pilzes, und je üppiger dabei die Nährpflanze sich entfaltet, um so mehr Angriffspunkte bietet sie dem Parasiten dar. So ist es leicht begreiflich, warum jene unscheinbaren Anfänge auf der sich belaubenden Pflanze erst ganz allmählich an Zahl zunehmen und auf der reich belaubten endlich in einer Häufigkeit auftreten, welche ein zerstörendes Ueberhandnehmen des Schmarozers dann zu Stande kommen läßt, wenn in der bezeichneten Vegetationszeit äußere Agentien seine Wucherung begünstigen. Künstlich kann

man den ganzen Entwicklungsgang willkürlich beschleunigen und zu jeder Jahreszeit die Blattkrankheit der Kartoffel mit allen Erscheinungen, die sie auf dem Felde darbietet, erzeugen. Ende Februar brachte ich im Warmhaus drei kräftige, in Töpfe gepflanzte Kartoffelstöcke dicht neben einige künstlich inficirte kleine Triebe, auf welchen *Peronospora fructificirte*. Sämmtliche Versuchspflanzen wurden häufig gleichzeitig begossen, und das Laub mit Wasser bespritzt und binnen kurzem war auf den Blättern der gesunden Triebe die *Peronospora* angesiedelt; die Stöcke boten genau den gleichen Anblick dar wie die eines kranken Kartoffelfeldes im August, Blättchen für Blättchen wurde von den Parasiten ergriffen und in einigen Wochen war das Kraut besagter Stöcke vollständig getödtet, während etwa 100 Triebe von gleichzeitig in Töpfe gepflanzten Kartoffeln gleicher Sorte, die vor der Ansteckung geschützt wurden, noch 2 Monate später völlig gesund standen.

Wenn es nun aber gewiß ist, daß eine oder einige *Peronospora*-Mycelium enthaltende Saatkartoffeln, welche auf einen Acker gelangen, denselben total inficiren können oder müssen, so ist damit die Häufigkeit, das gegenwärtig wenigstens auf dem Kraute fast constante Auftreten des Pilzes vollständig erklärt. Denn daß einzelne solcher Knollen in einem oder einigen Scheffeln und selbst geringeren Mengen von Saatgut dem Felde in der That zugeführt werden, ist gegenwärtig wohl unvermeidlich. Man wird allerdings nirgends gänzlich verdorbene und schimmelige Knollen auslegen, aber daß man bei der Cultur im Großen nicht darauf achtet, daß die Saatknohlen womöglich von jeder Spur der Krankheit frei seien, ist für die Mehrzahl der Fälle wohl nicht zu bezweifeln. Sagt doch selbst ein so erfahrener, vorsichtiger und mit Physiologie und Pathologie der Pflanzen so vertrauter Landwirth wie J. Kühn; man könne kranke Kartoffeln, welche in der Befestigung noch nicht zu weit vorgeschritten sind, recht wohl zur Saat verwenden und aus ihnen kräftige Pflanzen erziehen. Aber selbst wenn man auch öfters die Aussaat deutlich erkrankter Kartoffeln vermieden hat, kann bei Culturen im Großen eine völlige Vermeidung des Einbringens von *Peronospora* in den Acker nicht wohl möglich gewesen sein. Es ist eine häufig beschriebene Erscheinung, daß bei mäßig erkrankten Knollen, welche trocken und vorsichtig aufbewahrt werden, die Erkrankung nicht nur oft stille steht, sondern daß das braungewordene Stück sogar sehr oft von dem gesunden Theile scharf abgeschnitten, letzterer geschützt wird, indem an der Grenze beider Theile das gesunde Gewebe eine Korkschicht bildet, gleich derjenigen aus welcher die Kartoffelschale besteht. Bei hinreichender Feuchtigkeit vermag der Pilz jedoch, wie der Versuch zeigt, durch jene Korkschale hindurch weiter vorzudringen. Ganz die gleiche Erscheinung findet oft in sehr kleinem Maafstabe statt, es finden sich oft kleine, kaum  $\frac{1}{3}$  Linie dicke

höchstens wenige Linien breite Stücke des peripherischen Gewebes braun gefärbt, durch eine Korklage von dem Gesunden abgegrenzt und in jenen ist der Pilz oft nachweisbar. Die Entstehung solcher Stellen erklärt sich einfach so, daß hier der Pilz eingedrungen ist, nachdem die Knolle reif geworden, und kurz bevor sie aus dem Boden genommen und ins Trockne gebracht oder der Boden selbst sehr trocken geworden war. Die Verbreitung des Pilzes konnte dann nur gering um sich greifen.

Solche wenig *Peronospora*-Mycelium bergende Stellen treten an der Knolle natürlich nur als kleine, oberflächliche braune Flecke auf und sind oft selbst mit dem Mikroskop nur schwer in ihrer Bedeutung richtig zu erkennen; für das bloße Auge sind sie von braunen Fleckchen, die aus beliebigen anderen Ursachen an der Kartoffelschale so häufig vorkommen, kaum unterscheidbar und ohne besondere Aufmerksamkeit werden sie gar nicht beachtet werden. Es liegt nun auf der Hand, daß bei Bestellung des Acker im Großen der Pilz in solch kleinen Anfängen in weit reichlicherer Menge in den Boden gelangen kann, als es von vorneherein den Anschein haben mag, und selbst dann, wenn man die Aussaat notorisch kranker Knollen möglichst zu vermeiden sucht.

Fassen wir das bisher Betrachtete kurz zusammen, so erhalten wir folgendes übersichtliche Bild von dem ganzen ursachlichen Zusammenhange und Verlaufe der Kartoffelkrankheit. Ein parasitischer Fadenpilz, *Peronospora infestans*, ist zu seiner Existenz auf die Kartoffelpflanze angewiesen. Sein Mycelium gelangt in die Knollen um hier lebenskräftig zu überwintern. Kühl und trocken gehalten vegetirt es nur langsam, oder steht auch ganz still, um üppig weiter zu wachsen sobald es in der warmen Jahreszeit günstige Vegetationsbedingungen erhält. Das Mycelium wächst alsdann in die über den Boden tretenden Laubtriebe um dort früher oder später seine Sporangien zu entwickeln, welche auf benachbarte gesunde Pflanzen leicht übertragen werden, dort rasch Sporen bilden, deren Keime in das gesunde Gewebe eindringen und sein Erkranken, die Blattkrankheit der Kartoffel verursachen. So verbreitet sich der Parasit und mit ihm die Krankheit von einem oder mehreren Ausgangspunkten über den Acker und von einem Felde über die benachbarten; das vom Pilz befallene Kraut wird allmählich massenhaft braun und stirbt ab. Von den auf dem Laube gebildeten zahllosen Sporangien gelangt ein großer Theil in den Boden um dort Sporen und Keimschläuche zu entwickeln, welche in die unterirdischen Triebe und Knollen eindringen können. Das aus ihnen hier entwickelte Mycelium hat den Zweck, die Ueberwinterung, das Perenniren des Pilzes wiederum zu vermitteln, wie die Kartoffelknolle das Ueberwintern der Pflanze, welcher sie angehört, vermittelt. Kommt es in

reichlicher Menge in die Knollen, so erzeugt es hier die charakteristischen Erscheinungen der Knollenkrankheit (Zellenfäule), Bräunung des peripherischen Gewebes, gefolgt von allmählicher Zersetzung der ganzen Kartoffel. In geringerer Menge und Ueppigkeit in der Knolle entwickelt, verursacht es unbedeutende, oft leicht zu übersehende Erkrankung, und mit der größtentheils gesunden Kartoffel in den Boden gebracht, hebt es den Kreislauf der Pilzentwicklung und Krankheitserzeugung von neuem an. —

## V.

Ueberblickt man die Versuche, auf welche wir unsere Ansicht von der Ursache der Kartoffelkrankheit gegründet haben, so ergibt sich von selbst die Uebereinstimmung derselben mit fast allen im Großen gemachten Beobachtungen des Einflusses von Witterung und Boden, auf welche diejenigen Ansichten gegründet sind, welche die unmittelbare Krankheitsursache in diese Einflüsse allein setzen. Jedem, der einigermaßen auf die Sache geachtet hat, ist bekannt, daß die Blattkrankheit im allgemeinen bei feuchtem Wetter am reichlichsten auftritt und am schnellsten überhand nimmt, daß bei gleicher Witterung luftig, trocken gelegene Aecker länger gesund bleiben, als solche, die reichlichen Thauniederschlägen, Nebeln und dergleichen ausgesetzt sind. Wer Gelegenheit hatte am Rande eines Gebirges Beobachtungen anzustellen, dem wird oft genug aufgefallen sein, wie die Aecker an den Bergen noch frisch und grün sind, während die in der angrenzenden dunstigeren, feuchteren Ebene von der *Peronospora* schwarz gefärbt wurden. Am auffallendsten endlich ist der Contrast zwischen nassen und trockenen Jahrgängen, und ich brauche hier nur auf die Unterschiede, welche sich in den meisten Gegenden zwischen den Jahren 1857 bis 1859 und den Jahren vorher sammt 1860 geltend machten und einem Jeden noch in frischer Erinnerung sind, hinzuweisen. Selbst nach Tagen macht sich der Unterschied oft bemerkbar. Folgt auf warme trockene Sommertage plötzlich schwüle regnerische Witterung, oder wird, vielleicht in Folge eines Gewitters, die Luft rasch so sehr abgekühlt, daß ein reichlicher Thau und eine bedeutende Verlangsamung der Verdunstung stattfindet, so wird oft über Nacht das bisher kaum befallene Kartoffelfeld schwarz, es steht da wie erfroren, ein giftiger Nebel, ein Reif hat es nach den Worten des Landmannes betroffen. Anders ausgedrückt lauten alle diese Angaben dahin, daß jede dauernde oder plötzliche Vermehrung der Luftfeuchtigkeit, jede dadurch bedingte Hemmung oder Verlangsamung des Verdunstens der Kartoffelpflanze das Ueberhandnehmen der Krankheit begünstigt und beschleunigt.

Die gleiche Erscheinung kann nun aber jederzeit künstlich an pilzbehafteten

Pflanzen durch Ueberdecken einer Glasglocke hervorgerufen werden, und es trat in allen Versuchen aufs deutlichste hervor, wie dabei durch die vermehrte Feuchtigkeit zunächst die Vegetation der krankheitsregenden *Peronospora* gefördert wird. Bedenkt man nun, daß diese in den massig auftretenden braunen Flecken stets überall vorhanden ist, so liefern alle jene Beobachtungen das übereinstimmende Resultat, daß die feuchte Witterung die Krankheit dadurch mittelbar fördert, daß sie die Vegetation des Pilzes beschleunigt, welche ihrerseits erst die unmittelbare Ursache der Krankheit ist. Wem hieran nach den oben mitgetheilten Experimenten noch ein Zweifel bleibt, der wird denselben leicht dadurch beseitigen, daß er jene Erscheinung des plötzlichen über Nacht erfolgenden Schwarzwerdens im Zimmer folgendermaßen künstlich hervorbringt. Nimmt man von einem Kartoffelacker Kraut, welches kleine, des freudig grün Aussehen des Laubes im Großen nicht störende Fleckchen zeigt, und theilt dasselbe in 2 möglichst gleiche Portionen, von denen die eine, mit den Stengeln in ein Glas Wasser gestellt, frei in der Zimmerluft stehen bleibt, die andere sonst gleich behandelt, aber durch Ueberdecken einer Glasglocke abgesperrt wird, und hält man beide nebeneinander, in gleicher Temperatur und Erleuchtung, so zeigt die abgesperrte oft schon binnen wenigen Stunden rasche Vergrößerung der *Peronospora*-Flecke, massenhaftes Schwarzwerden der Blätter, die andere bleibt Tage lang unverändert, um aber sofort schwarz zu werden sobald man auch sie absperret. Sorgt man nur dafür, daß die Luft unter der Glasglocke mit Wasserdampf möglichst gesättigt ist, so findet das Schwarzwerden selbst bei sehr verschiedenen Temperaturen gleich schnell statt; ich fand z. B. keinen merklichen Unterschied in der Schnelligkeit mit welcher die Flecke wuchsen als ich zur gleichen Zeit eine Portion bei 15° R. eine andere bei 21° R. unter Gloden hielt.

Was die Krankheit der Knollen betrifft, so gilt für sie in gleicher Weise die allgemeine Erfahrung, daß sie in nassen Jahren und nasser Witterung häufiger und verderblicher, und in an sich feuchtem Boden öfter vorkommt, als in solchen, der unter gleichen Verhältnissen minder naß ist. Bergegenwärtigen wir uns, daß die Knollenkrankheit durch das *Peronospora*-Mycelium verursacht wird, dieses aus den in den Boden gelangten Sporen sich um so üppiger entwickelt, je feuchter die Kartoffeln gehalten werden, und die Sporen um so leichter und reichlicher entstehen und keimen, je feuchter der Boden ist, so stehen auch alle diese Erfahrungen mit unsern Sätzen in Einklang und finden durch sie ihre Erklärung. Was den Einfluß der Bodenmischung und der Düngung betrifft, so ist vor allem zu erinnern, daß unsere Kenntniß von den Bodeneinflüssen noch so lückenhaft ist, daß es schwer hält von der Art dieses Einflusses genaue

Rechenhaft zu geben. Setzt man den Grund der Blatt- oder Knollenkrankheit in den Boden oder den Dünger schlechtweg, so heißt dies in den meisten Fällen nichts weiter, als wir kennen den Grund nicht; denn die natürliche und künstliche Bodenmischung wirken in einer so vielseitigen Weise, daß man die verschiedenartigsten Einzelursachen zugibt, wenn man jene zur Erklärung zu Hülfe ruft. Da nun in der Vegetation der *Peronospora* der Grund und in der reichlichen Wasserzufuhr jedenfalls die hauptsächlichste Gelegenheitsursache von Laub- und Knollenkrankheit bekannt ist, und da der mächtige Einfluß der natürlichen oder durch Düng künstlich geänderten Bodenmischung auf die Hygroscopicität, auf das Verhalten des Bodens zur Anziehung und zum Festhalten von Wasser unzweifelhaft fest steht, so ist fast Gewißheit vorhanden, daß viele Fälle, in welchen ein Einfluß der Bodenmischung auf die Erkrankung der Kartoffelpflanze bestimmt vorlag, einfach in der mit der Mischung geänderten Bodenfeuchtigkeit und ihrer Einwirkung auf die Vegetation des Parasiten ihren Grund haben. Ein bestimmter Beweis hierfür ist allerdings nicht möglich, da für keinen einzelnen Fall untersucht ist, in wie weit mit der Mischung auch die Feuchtigkeit des Bodens geändert worden ist. Dies gereicht aber nicht unserer Ansicht, sondern vielmehr denjenigen zum Vorwurf, welche schlecht-hin dem Boden und Düng alle Schuld aufbürden wollten.

Ich will mit dem eben ausgeführten nicht gesagt haben, daß, abgesehen von der Hygroscopicität, der stofflichen Zusammensetzung des Bodens alle und jede Bedeutung für den krankheitsregenden Parasiten abgehe. Wir wissen über dieselbe aber gegenwärtig absolut nichts, es ist kaum möglich sie durch exacte Versuche zu prüfen. Sie steht aber jedenfalls hinter den Feuchtigkeitseinflüssen überaus weit zurück, da ja diese allein in allen Versuchen einen ganz entschiedenen Ausschlag geben. Man kann daher jene stoffliche Zusammensetzung für jetzt jedenfalls ganz außer Acht lassen. Sonach ist wohl kein Zweifel, daß die im Großen beobachteten Wirkungen äußerer Agentien mit unseren Resultaten in der allergrößten Mehrzahl der Fälle in Einklang stehen und daß sie durch dieselben ihre Erklärung finden. Allerdings kann nicht geläugnet werden, daß Beobachtungen beschrieben sind, von welchen dieser Ausspruch nicht gilt. Man will z. B. gefunden haben, daß in manchen Gegenden Kartoffeln, welche vor einem bestimmten Tage gepflanzt worden sind krank wurden, während später bestellte Aecker gesund blieben; es wird öfters angegeben, daß auf Aekern, deren Laub ganz gesund geblieben war, die Knollen erkrankten, u. s. w. Eine Erklärung aller solcher Fälle, bei welchen immer nur diese und jene Erscheinung, aus dem Zusammenhang mit anderen über die man schweigt gerissen, beobachtet und berichtet, dann in eine direkte ursächliche

Beziehung zu einander gezwängt oder sofort zu einem Urtheil über die Ursachen der Krankheit im allgemeinen benutzt werden, könnte nur dann gegeben werden, wenn eine genaue Untersuchung aller dabei obwaltenden Verhältnisse, aller scheinbaren Nebenumstände nachträglich möglich wäre. Da dies nicht der Fall, da selbst von der Bezeichnung erkrankt oft genug nicht einmal ermittelt werden kann, ob sie für die bestimmte durch die *Peronospora* bewirkte Verderbniß, oder für Anderes gebraucht ist, müssen solche Fälle zweifelhaft und unerklärt bleiben. Dies kann aber unsere Ansicht nicht berühren, weil allen diesen Angaben und Beobachtungen den zahllosen übereinstimmenden Berichten und Erfahrungen gegenüber kein Gewicht beigelegt werden kann. Von unseren früheren Resultaten ausgehend sind wir vielmehr zu der bestimmten Behauptung berechtigt, daß in den scheinbaren Ausnahmefällen eine genaue Untersuchung entweder irgend ein besonderes Verhalten des Parasiten hätte nachweisen müssen, oder aber zeigen, daß es sich um eine ganz andere Krankheitserscheinung handelte, als diejenige, von welcher in dieser Schrift die Rede ist. —

Unerklärt durch das Vorstehende, wenngleich nicht unerklärlich bleibt ferner die oft erwähnte Beobachtung, nach welcher manche Kartoffelsorten oder, bestimmter ausgedrückt, ihre Knollen vorzugsweise zum Erkranken geneigt sind, während andere davon weniger ergriffen oder ganz verschont werden sollen. Es ist allerdings schwer zu entscheiden, in wie weit derartige Angaben wörtlich zu nehmen sind, und nicht das Gesundbleiben der Ernte häufig der Auswahl der Sorte zugeschrieben wird, während es in Wirklichkeit den für die Entwicklung des Parasiten ungünstigen äußern Agentien zu danken ist. Wird ja doch so oft eine Sorte von diesem Beobachter oder von dieser Gegend her als vorzugsweise gesund oder vorzugsweise zum Erkranken geneigt bezeichnet, während man von anderer Seite her das Gegentheil behauptet. Auch konnte ich bei künstlichen direkten Aussaaten des Pilzes auf die Knollen der verschiedensten Sorten bis jetzt nicht wahrnehmen, daß er die einen leichter ergreift und zerstört als die anderen. Aber ich will die Behauptung um so mehr wörtlich zugeben, als ich selbst im letzten Sommer auf ein und demselben Felde des hiesigen botanischen Gartens 36 verschiedene Sorten zu je 3 bis 4 Stöcken gleichzeitig beobachtet habe, von denen 19, und zwar theils frühreife theils späte, nur vollkommen gesunde Knollen, die übrigen mehr oder weniger franke geliefert haben, während alle ganz gleichstark von der Blattverderbniß ergriffen gewesen waren. Allerdings ist dieser Beobachtung eine sehr geringe Bedeutung beizumessen, weil von jeder Sorte nur wenige Exemplare verglichen werden konnten. Nehmen wir jene Behauptung als feststehend an, und gehen wir von dem ein für allemal festgestellten Satze aus, daß der

eingedrungene Parasit, dessen Keime von dem Laube in den Boden gelangt sind, einzig und allein die Krankheit verursacht, so lassen sich in den Eigenthümlichkeiten der einzelnen Sorten eine Menge Erklärungsgründe für ihr verschiedenes Verhalten denken. Der Pilz wird um so leichter die Knollen angreifen können, je leichter seine Keime in dieselben gelangen. Sind die Knollen schon reif wenn die Blattkrankheit kaum beginnt, so werden sie, zeitig geerntet, der Verderbniß am wenigsten ausgesetzt sein. Werden sie im Boden erst gebildet, während auf diesen von den Blättern aus fort und fort Keime gelangen, so werden die Knollen um so weniger von dem Pilz befallen werden können, je tiefer sie unter der Bodenoberfläche sind, je dicker und früher ausgebildet ihre Schale ist, u. s. w. So werden durch die Unterschiede im Bau und der Vegetation die Knollen der verschiedenen Sorten dem Parasiten mehr oder weniger Angriffspunkte darbieten und hieraus ihr verschiedenes Verhalten zur Krankheit zum großen Theile erklärbar sein. Endlich werden die wenn auch kleinen Differenzen in der chemischen Zusammensetzung, welche schon nach den vorhandenen Aschenanalysen nicht nur in den Knollen verschiedener, sondern auch je nach Jahrgang, Gegend und Lage in denen ein und derselben Sorte vorhanden sind, in dem einen Falle die Wucherung des Pilzes und somit die Krankheit mehr als in dem andern fördern können und müssen. Durch diese Erwägungen wird wenigstens der Weg für eine Erklärung der Sortenverschiedenheit bestimmt angezeigt; um zu einem sichern Schlusse zu kommen, ist es nothwendig alle einzelnen Sorten durch vergleichende Versuche genau zu prüfen, wie denn überhaupt in solchen Fragen nur eine in alles Detail eingehende Untersuchung zu einem gültigen Resultate führen kann. —

Auf diejenigen Meinungen hier näher einzugehen, welche in Thieren die Ursache der Krankheit erblicken, ist überflüssig, sie haben niemals nennenswerthe Geltung erhalten. Das Richtige, was ihnen zu Grunde liegen mag, ist die ohne Zweifel in Anschlag kommende Bedeutung von Insecten und anderen Thieren für die Verschleppung der Pilzsporangien und somit die Verbreitung der Krankheit von Pflanze zu Pflanze und von Feld zu Feld. —

Wir haben schließlich einen Blick auf diejenigen Ansichten zu werfen, welche die Ursache der Krankheit nicht in äußere Einflüsse, nicht in die Vegetation eines Parasiten, sondern in die Kartoffelpflanze selbst und zwar in eine Entartung derselben setzen, und die für den Landwirth wichtige Frage, welche durch diese Ansichten angeregt wird zu erörtern, in wie weit Grund vorhanden ist aus den bekannten Krankheitserscheinungen eine Entartung der Kartoffelpflanze zu folgern.

Wie schon oben bemerkt wurde, setzt Schleiden\*) die Ursache der Krankheiten von Kartoffeln und anderen Culturpflanzen in eine durch lange fortgesetzte Cultur gestörte, anomal gewordene Ernährung und stoffliche Zusammensetzung derselben, welche sie schließlich zu Krankheit und Zersetzung besonders geneigt macht. Andere, deren Wortführer vorzugeweise Jessen\*\*) ist, nehmen an, daß die Ursache der Erkrankung vieler Culturpflanzen die durch Ableger oder abgetrennte Sprosse übermäßig verlängerte Existenz der Abkömmlinge einer Samenpflanze sei, also gleichsam eine Altersschwäche, die sich an den aus losgetrennten Sprossen, Knollen u. s. w. ungeschlechtlich vermehrten Pflanzen zuletzt in gleicher Weise zeige, wie an den Theilen eines überalten Pflanzenstockes. Es werden demnach diese Pflanzen, speciell die Kartoffel, dadurch allmählich geschwächt und zu Krankheit geneigt daß sie nicht aus Samen, sondern ungeschlechtlich, z. B. durch Knollen vermehrt werden, und eine Sorte müßte um so leichter erkranken je älter, je länger sie in Vermehrung ist.

Suchen wir diese Ansichten, soweit sie auf den Fall der uns hier beschäftigt Beziehung haben, zu prüfen. Wenn Schleiden, Jessen und ihre Anhänger die Existenz des krankheitsregenden Parasiten auch in unserem Falle läugnen und somit die nächste Ursache der Erscheinung über welche sie aburtheilen eigentlich gar nicht kennen, so kann uns dies gleichgültig sein; es gereicht höchstens ihnen zum Vorwurf, denn hätten sie genau nachgesehen, so müßten sie jenen gefunden haben. Dagegen müssen wir fragen, ob nicht eine Entartung der Kartoffelpflanze mag sie durch Cultur überhaupt als Ernährungskrankheit, oder durch das Vermehrungsverfahren als jene Art Altersschwäche erzeugt sein, in sofern wenigstens die entferntere Ursache der Krankheit sei, als sie erst die Bedingung für das Eindringen und die Zerstörungen des direkt krankheitsregenden Parasiten darstellt oder dieselben wenigstens besonders begünstigt. Es ist leicht denkbar und auch für manche (nicht dem Pflanzenreich angehörige) Fälle wahrscheinlich gemacht worden, daß gewisse Parasiten nur solche Organismen angreifen, welche schon vorher krank sind, und es könnte ein solcher Fall in der Peronospora wohl vorliegen.

Wir würden Grund haben dies anzunehmen, wenn sich herausstellte, daß frisch aus Samen gezogene Kartoffeln oder die aus Knollen erzogene direkte Nachkommenschaft derselben von dem Parasiten nicht oder wenig heimgesucht werden, daß Gewächse, welche sich durch Schößlinge, Ableger

\*) Encyclopädie der theoretischen Naturwissenschaften in ihrer Anwendung auf die Landwirthschaft. Band 3, 2. Anhang.

\*\*) Ueber die Lebensdauer der Gewächse und die Ursachen verheerender Pflanzenkrankheiten. Bekrönte Preisschrift. Verhandl. d. Leop. Carol. Academie 1855.

u. s. w. vermehren häufiger als solche, die sich nur durch Samen fortpflanzen von Schmarozerpilzen Zerstörungen erfahren und daß cultivirte Pflanzen überhaupt häufiger durch Parasiten erkranken als wildwachsende. Von alledem finden wir aber nichts. Zahlreiche Berichte stimmen dahin überein, daß Kartoffelsämlinge gleich den aus Knollen erzogenen erkranken. Wildwachsende Pflanzen werden nicht seltener und nicht minder massenhaft von Parasiten befallen, als cultivirte, so groß auch die Zahl der Formen und Individuen sein mag, welche manche Culturpflanzen, besonders z. B. die Cerealien befallen. Wer sich danach umsehen mag, der wird im Gegentheil finden, daß von den gewöhnlichsten wildwachsenden Pflanzen eine große Anzahl allerorten durch Schmarozerpilze bewohnt und zerstört wird und daß die Meinung, Culturpflanzen seien dem Erkranken mehr als wildwachsende ausgesetzt, in soweit es sich um Krankheiten handelt, welche von Parasiten verursacht werden, lediglich auf Unkenntniß der Sache beruht. Ich kann dies hier nur kurz andeuten, verweise für viele hierher gehörige Fälle auf Kühn's öfters citirte Arbeit, und will nur einige wenige der handgreiflichsten Beispiele anführen. Kein Gewächs ist vielleicht mehr von Schmarozern bewohnt als die bei uns doch gewiß wilde Waldanemone (*Anemone nemorosa*), drei bis vier Parasiten sind auf derselben sehr häufig, besonders eine *Peronospora* (*P. macrocarpa*) und oft findet man auf weite Strecken kaum einzelne Blätter der Anemone, welche davon ganz frei wären. Der Waldmeister (*Asperula odorata*), der gewöhnliche Hühnerdarm (*Stellaria media*) werden je von einer besonderen *Peronospora* so häufig und massenhaft heimgesucht, daß man wiederum oft in weiter Ausdehnung die meisten Exemplare dieser geselligen Pflanzen befallen und verunstaltet findet. Die Quecke (*Triticum repens*) wird von den Rostpilzen gewiß mindestens so häufig und massenhaft wie die Getreidearten, die Wolfsmilcharten (*Euphorbia Cyparissias* u. Andere) werden von ähnlichen Pilzen so sehr häufig bewohnt, daß man an vielen Stellen wenigstens soviel pilzbehaftete verunstaltete als gesunde Stöcke finden kann. Und so viele andere.

Freilich kann man sagen, die angeführten Beispiele betreffen fast nur perennirende Pflanzen, welche gleich der Kartoffel durch alljährlich erneuerte unterirdische Sprosse ausdauern und so endlich wie jene der Entartung durch Altersschwäche verfallen müssen. Es ist aber leicht auch unter den nur durch Samen fortgepflanzten ein- und zweijährigen Gewächsen augenblicklich eine Menge Beispiele häufiger und massenhafter Occupation und Zerstörung durch Parasiten zu finden. Unter den Culturgewächsen sind z. B. die Getreidearten mindestens eben so sehr von Schmarozern heimgesucht, als irgend eine durch Ableger, Knollen, Schößlinge vermehrte, und

von wildwachsenden werden das Täschelkraut (*Capsella*) von dem sogenannten weißen Koste (*Cystopus*) der Bodsbart oder Haserwurz (*Tragopogon*) von dreierlei oft miteinander auftretenden Pilzen, die Klatschrose (*Papaver Rhoeas*), die Klappertopf- (*Rhizanthus*-) Arten von *Peronospora Papaveris* und *densa* mindestens ebenso oft bewohnt und krank gemacht als irgend eine Culturpflanze durch einen Schmarotzer.

Man findet die Parasiten auf den Culturpflanzen häufiger als auf den wilden, theils weil man jene mehr beachtet, theils aber auch weil ein Parasit sich selbstverständlich um so leichter verbreiten und daher um so massenhafter auftreten kann und muß, je geselliger seine Nährpflanze wächst und je ausschließlicher sie von einem Terrain Besitz nimmt. Wo eine wildwachsende Art eine Bodenstrecke so dicht bedeckt wie die Culturpflanzen unsere Aecker, da findet sich gar oft dieselbe gleichmäßige Verbreitung des Parasiten über alle ihre Individuen wie bei jenen; die angeführten Beispiele von der Anemone und dem Waldmeister können das jedem Aufmerksamen zeigen.

Wie man sich auch umsehen mag, man findet immer nur Beweise dafür, daß durch das Befallenwerden von Parasiten keinerlei Entartung der Kartoffel oder einer andern Culturpflanze angezeigt wird; man muß daher, für unseren Fall wenigstens, jene trostlose Annahme als aus der Luft gegriffen zurückweisen. Es ist hier nicht der Ort auf die Gründe näher einzugehen, welche man anderswoher für die allgemeine Annahme einer Entartung durch Cultur oder ungeschlechtliche Vermehrung vorgebracht hat. Allein das eine mag kurz bemerkt werden, daß sich diese Annahme vielfach gerade auf die Wahrnehmung von Krankheiten gründet, welche ganz bestimmt in der Vegetation von Parasiten, die man übersah oder wegzudemonstriren suchte ihre Ursache haben; daß also diese Annahme jedenfalls für sehr viele andere Fälle ganz ebenso wie für die Kartoffel un begründet ist.

Wie läßt sich nun aber, wird man fragen, das plötzliche Erscheinen des Parasiten und seiner verheerenden Wirkungen im Anfang der vierziger Jahre erklären.

Da die Annahme, der Pilz sei zu jener Zeit plötzlich entstanden, allen Grundes entbehrt und da wir, wie oben gezeigt wurde, von der Ansicht auszugehen haben, daß ein Pilz nicht anders entstehe als aus Keimen, die von seinen Stammeltern erzeugt worden sind, so wird zunächst die Frage zu stellen sein, woher stammt die *Peronospora infestans*.

Dieselbe ist ein bei uns fast ausschließlich auf die Kartoffelpflanze, das *Solanum tuberosum* angewiesener Parasit. Außerdem findet sie sich in Gärten gern und leicht ein auf den mit der Kartoffel nächstver-

wandten, fiederblättrigen, Ausläufer und meist auch Knollen bildenden süd- und mittelamerikanischen *Solanum*-Arten. So auf *S. etuberosum* Lindl., *stoloniferum* Schl. (nach Tulasne), *S. utile* Kl., *S. Maglia* Molin., *S. verrucosum* Schl., ferner auf der Klotzsch'schen Bastard-Kartoffel, *S. utile-tuberosum*. Letztere und *S. verrucosum*\*) wurden auch, wo sie versuchsweise im Großen gebaut waren, im Großen von der Krankheit befallen. Der Pilz wurde ferner beobachtet auf Blättern und Früchten der aus dem wärmern Amerika stammenden Tomate (*S. Lycopersicum*), auf dem australischen *Sol. laciniatum* Ait.; endlich fand ihn Berkeley (nach Caspar's Mittheilung) auf den Blättern der *Anthocercis viscosa*, eines neuholländischen der Kartoffel wenig verwandten Strauches, aus der den Solanaceen gleichwohl nahestehenden Scrophularineen-Familie.

Corde will, nach einer flüchtig hingeworfenen Bemerkung\*\*) die *P. infestans* auch auf dem bei uns einheimischen *Sol. nigrum* und *Dulcamara* gefunden haben. Allein diese Beobachtung wird von keinem andern Gewährsmann bestätigt, ich habe mich trotz aufmerksamen Nachsuchen von ihrer Richtigkeit nicht überzeugen können; sie scheint daher auf einem Irrthume zu beruhen, oder wenn richtig nur einen seltenen Ausnahmefall darzustellen, der nicht anders als durch zufällige Uebersiedelung des Pilzes von der Kartoffel auf die genannten Pflanzen, nicht umgekehrt erklärt werden kann. Auf unseren einheimischen Solanaceen ist meines Wissens, und nach der Versicherung eines sehr erfahrenen Gewährsmannes, Dr. Rabenhorst, den ich darum befragt habe, noch keine andere *Peronospora* gefunden worden als eine zu *P. effusa* gezogene, von der *infestans* sehr verschiedene Form.\*\*\*)

Auf andern bei uns wildwachsenden Pflanzen kommt weder die *P. infestans* noch irgend eine andere Art vor, die bei einiger Aufmerksamkeit mit derselben verwechselt werden könnte. Versuche, die auf unseren einheimischen Pflanzen, zumal Ackerunkräutern wachsenden *Peronosporae* zum Eindringen in die Kartoffelpflanze zu bringen, mißlingen wie oben gezeigt wurde, und ebenso die in umgekehrter Richtung mit *P. infestans* angestellten. Für die Annahme, genannter Pilz sei durch Uebersiedelung irgend einer europäischen Art auf die Kartoffelpflanze gekommen liegt daher kein Grund vor.

Das Studium der Schmarogerpilze zeigt nun aber, daß jedenfalls

\*) A De Candolle, in der *Revue horticole*, Juni 52. *Geogr. botanique* p. 815.

\*\*) Glubed's *Decen. Neuigkeiten* 1847, Nr. 60.

\*\*\*) *P. effusa* *Hyoscyami*, Rabenhorst *Fungi europaei* Nr. 291.

die meisten derselben mit außerordentlicher Beständigkeit an ganz bestimmte Nährpflanzen ein für allemal gebunden sind, daß es leicht gelingt, sie auf diesen durch Aussaat zur Entwicklung zu bringen, während dieses auf anderen Pflanzen schwer oder meist gar nicht möglich ist. Sieht man nun die *P. infestans* sich ungemein leicht auf *S. tuberosum* und einigen anderen dem wärmeren Amerika entstammenden Solanen entwickeln, dagegen nur höchst selten einmal eine andere Pflanze befallen, so wird man nothwendig zu der Ansicht geführt, daß unser Pilz ein spezifischer Parasit jener Pflanzen ist, also auch mit ihnen gleiche Heimath hat und aus derselben zu irgend einer Zeit in die kartoffelbauenden Länder eingeschleppt worden ist. Ein durchaus vollständiger Beweis für diese Ansicht ist bis jetzt nicht möglich; soweit er in der Geschichte der Einschleppung bestehen müßte, wird er natürlicher Weise niemals geführt werden können, weil bis 1845 Niemand auf die *Peronospora* geachtet hat. Es ist aber gegenwärtig auch nicht möglich mit Bestimmtheit zu behaupten daß die *Peronospora* in dem Vaterlande der Kartoffel wirklich vorkommt, weil dort noch Niemand danach gesucht hat.

Allein es ist wenigstens sehr wahrscheinlich, daß sie in der That dort seit unvordenklichen Zeiten existirt, indem in Südamerika die Kartoffelknollen sehr oft „erkranken“ und zwar in einer Weise, welche nach den Beschreibungen wohl für identisch mit der bei uns durch die *Peronospora* verursachten Erkrankung gehalten werden kann und auch schon vielfach gehalten worden ist. Schon im Jahre 1571 hat der Jesuit Joseph Acosta\*) in Peru beobachtet, daß die Knollen nach schlechtem kaltem Wetter oft in der Erde „durch Brand oder Mehlthau“ verderben, Bahen\*\*) redet von einer in den Cordilleren herrschenden, ihm aus Herrn Goudots Beschreibung bekannten Krankheit, welche mit einer jedenfalls hierher gehörenden Form der Knollenverderbniß die größte Aehnlichkeit hat. Boussingault hat am 17. November 1845 der französischen Academie ein Schreiben des Obersten Acosta mitgetheilt, nach welchem auf der Hochebene von Bogotà die Kartoffeln von jeher in feuchten Lagen alljährlich, in nassen Jahrgängen allenthalben verderben. Die Beschreibung der kranken Knollen gestattet leider kein Urtheil über die Identität der Erkrankung mit der europäischen.

Nach alledem bezweifle ich nicht, daß man in den Heimathlanden der Kartoffel auch die *Peronospora* finden wird, sobald man auf dieselbe achtet.

\*) Nach Münter, Krankh. d. Kart. p. 13.

\*\*) Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, tom. 23, p. 426.

Zu welcher Zeit die erste Einschleppung des Parasiten in Europa stattgefunden habe, darüber läßt sich natürlicher Weise keine bestimmte Ansicht aufstellen. Aber für unzweifelhaft halte ich, daß die *Peronospora* jedenfalls lange vor 1845 in Europa vorhanden gewesen ist.

Allerdings ist es nicht möglich das Vorhandensein des Pilzes für irgend eine bestimmte frühere Zeit sicher zu constatiren. Auf dem in älteren Sammlungen aufbewahrten Kartoffellaube ist er bis jetzt meines Wissens nicht gefunden worden und ich habe mich selbst vergebens darum bemüht ihn dort nachzuweisen; in den Herbarien finden sich meist nicht sehr vollständige und zahlreiche Exemplare des *Solanum tuberosum* und die Sammler haben natürlich auch gesunde grüne Sprosse den braunfleckigen vorgezogen. Uebrigens sind vielleicht einmal Andere, denen dazu bessere Gelegenheit geboten ist, mit ihren Nachsuchungen glücklicher als ich.

Aus den Beschreibungen, welche von dem kranken und gesunden Kraute aus früherer Zeit existiren, läßt sich gleichfalls nichts Gewisses darüber entnehmen, ob unser Pilz früher schon einzeln oder massenhaft zerstörend das Kraut bewohnt habe. Die Kräuselkrankheit wie sie 1776—1779 in England und Hannover verheerend auftrat, ist nach den damaligen und den aus neuester Zeit stammenden, mit jenen übereinstimmenden Beschreibungen von J. Kühn wohl sicher von der durch *Peronospora* erzeugten Verderbniß verschieden. Allein es scheint auf der andern Seite als ob man früher, bei der Unmöglichkeit genauer mikroskopisch-anatomischer Untersuchung der Einzelfälle, vielfach die wahre Kräuselkrankheit mit allen andern Erkrankungen confundirt habe, bei welchen vorzeitiges Welken und Schrumpfen des Krautes auftritt. Wenigstens stimmen manche Beschreibungen sogenannter Fälle von Kräuselkrankheit mit der wirklichen viel schlechter, als mit der durch *Peronospora* verursachten Blattkrankheit. Keine hat aber den Grad von Genauigkeit, um ein sicheres Urtheil zu gestatten.

Daß es noch weniger möglich sein kann, über das Vorhandengewesensein der *Peronospora* in den Knollen Gewißheit zu erhalten, liegt in der Natur der Sache. Die Trockensäule, welche in Deutschland besonders in den dreißiger Jahren auftrat ist nach Kühn's zuverlässiger Angabe von der *Peronospora*-Krankheit wesentlich verschieden; für die vielen anderen Verderbniß- und Fäulnißerscheinungen fehlt es meistens an genauer Beschreibung und nüchternen Untersuchung.

Aller dieser Ungewißheit gegenüber ist es aber zunächst sicher, daß die *Peronospora* schon vor 1845 in Europa existirt hat. Die besten neueren Gewährsmänner, wie Harting, v. Martius, Bergsma, geben an daß Krankheiten früherer Jahre, z. B. von 1842, mit der von 1845

identisch gewesen seien, und das will heißen, daß sie durch *Peronospora* verursacht waren, diese also jedenfalls schon in Europa vorhanden gewesen ist, bevor sie durch Montagne und Libert entdeckt wurde. Sie war aber auch um 1845 in Europa schon allgemein verbreitet, denn die durch sie verursachte Krankheit trat allgemein gleichzeitig auf, und der einmal entdeckte Pilz wurde sofort allenthalben wiedergefunden, ohne daß in der damaligen Zeit eine bestimmte Wanderung von Krankheit und Pilz bemerkbar gewesen wäre. Es ging mit dem letzteren, wie so gar oft mit mikroskopischen Organismen, die, selbst wenn sie im Großen sehr bemerkbare Erscheinungen hervorrufen, oft lange unbeachtet oder unbekannt bleiben, wenn aber einmal die Aufmerksamkeit auf sie gelenkt worden ist plötzlich allüberall in Menge gefunden werden.

Zweitens aber ergibt sich aus einer Reihe anderweitiger Angaben und Erfahrungen die größte Wahrscheinlichkeit, daß unser Pilz schon sehr lange vor den vierziger Jahren in Europa eingeschleppt war. Von dem Kartoffelkraut wird von jeher angegeben, daß es gegen Kälte sehr empfindlich ist, durch diese leicht braun und welk wird; und wenn diese Behauptung auch streng wörtlich genommen ihre volle Richtigkeit hat, so liegt es doch nahe, daran zu denken, wie noch heutzutage der Landmann von einem Reif redet, wenn nach einer kalten Nacht der Kartoffelacker plötzlich dadurch braun geworden ist, daß durch die Luftabkühlung die Verdunstung gehemmt und somit eine rasch zerstörende Entwicklung der *Peronospora* hervorgerufen worden ist.

Ferner ist zu allen Zeiten im Spätsommer und Herbste das Kartoffelkraut von unten nach oben braun geworden und abgestorben; es sind dabei gewiß auch dunkle schwarzbraune Flecke vorgekommen. In den trockenen Jahrgängen 1857 bis 1858 und zum Theil 1859 verhielt sich das Kraut (abgesehen von den nicht hierher gehörigen Folgen des Wassermangels) normal, wie den meisten Lesern erinnerlich sein und auch von Kühn (a. a. O.) für 1857 bestimmt versichert wird. Nichtsdestoweniger fand sich, wie mir aus eigenen Beobachtungen und Angaben Anderer bekannt ist, die *Peronospora* auf dem im Spätjahr normal absterbenden Laube der reifen Pflanze, häufiger und früher in feuchten als in trockenen Lagen. Von dieser sicher constatirten Thatsache ausgehend und durch keinen anderen Gegen Grund als den Mangel an Beobachtungen gehindert, müssen wir schließen, daß auch früher die gleiche Erscheinung des normalen Absterbens mit dem Auftreten der *Peronospora* verbunden und durch diese wenigstens zum Theil bedingt gewesen sei; daß diese seit lange als Parasit der Kartoffel in Europa angesiedelt ist, in trockenen Jahren und Lagen sich langsam entwickelt und erst zu einer Zeit das Laub zerstört,

welche mit dem normalen Absterben desselben und der Reifezeit der Knollen nahe zusammenfällt, während sie unter Einwirkung größerer, ihre Entwicklung beschleunigender Feuchtigkeit rascher überhand nimmt und dadurch die normale Entwicklung ihrer Nährpflanze stört. Zur Bestätigung dieses Satzes weise ich auf den einem Jeden aus frischer Erinnerung leicht möglichen Vergleich des naßkalten Sommers 1860 mit den oben genannten und auf die Seite 28 beschriebenen Versuche hin.

Wenn man das über das Vorkommen der *Peronospora* auf dem Kraute Gesagte als richtig zugibt, so folgt daraus von selbst, daß auch ein Theil der früheren, jedenfalls immer dagewesenen Knollenkrankheiten ganz gewiß dem zerstörenden Einflusse der *Peronospora* zugeschrieben werden muß. Natürlich ist dabei von den ganz bestimmt verschiedenen, wie von der Trockensäule nicht die Rede. Damit stimmt nun auch eine Anzahl von Angaben und Beschreibungen überein. Dumortier (nach Decaisne's unten anzuführender Arbeit) ist sogar der Ansicht, daß die Krankheit, welche 1775 in Flandern und um 1770 in Hannover herrschte, mit der gegenwärtigen identisch sei; ich will dem nicht widersprechen, aber ich finde in den älteren Beschreibungen dieser Epidemien keinen deutlichen Beweis dafür. Aber in den Verhandlungen der Pariser Akademie von 1845 und 1846 wird wiederholt versichert, die Krankheit dieser Jahre sei in Frankreich längst vorhanden, nur zu wenig verbreitet gewesen, um allgemeine Aufmerksamkeit zu erregen. Im Elsaß soll (nach Decaisne) 1816, in dem Herzogthum Orleansais 1829 eine ähnliche epidemische Verderbniß beobachtet worden sein. Endlich ist aus einer Zeit, wo die allgemeine Einführung der Kartoffelcultur auf dem europäischen Continent noch sehr neu war, eine Beschreibung vorhanden, welche mir die Zerstörung der Knollen durch *Peronospora* ziemlich gut zu bezeichnen scheint; J. A. J. Ludwig schildert nämlich in seiner Abhandlung von den Erdäpfeln (Bern 1770) Seite 173 einen „sichtbaren Brand“, der sich an den ungekochten Erdäpfeln, wenn man die Haut von ihnen abnimmt, findet, weil er bei diesen an den Seiten in brauner oder schwärzlicher Farbe erscheint.

Alles dies deutet darauf hin, daß die Einbürgerung der *Peronospora* in den kartoffelbauenden Ländern schon vor langer Zeit stattgefunden habe und damit stimmt der Umstand, auf welchen oben schon hingewiesen wurde überein, daß die *Peronospora* gleichzeitig in einem großen Theile der Erdoberfläche — jedenfalls in Europa und Nordamerika vom 37—45. Gr. N. Br. — beobachtet wurde, und in neuerer Zeit nirgends eine Wanderung des Parasiten und der Krankheit deutlich zu bemerken war, was doch, wenn die Einschleppung neu wäre, ebenso gut hätte der Fall sein müssen, wie bei der vor 1850 in England erschienenen und in

den folgenden Jahren allmählich süd- und südostwärts gewanderten Traubenkrankheit und dem Parasiten, der sie verursacht. Die Kartoffelperonospora muß hiernach sehr frühe aus ihrer Heimath in die kartoffelbauenden Länder gebracht und dort allmählich verbreitet worden sein.

Auf welche Weise die Einschleppung stattgefunden hat, ist nicht schwer zu erklären, da wir wissen, daß der Pilz in den Knollen perennirt, also mit solchen eingeführt werden kann. Auch mit Samen könnte dies geschehen, da er nicht selten die Früchte befällt und sein Mycelium in diesen zu den Samen gelangt. Ich habe auf der Schale völlig reifer keimfähiger Samen aus pilzbehafteten Früchten das Mycelium oft gefunden und es ist leicht denkbar, daß dies hier lange lebensfähig bleiben und so mit dem Samen unbemerkt verschleppt werden kann.

Da man zur Einführung und Ausfaat niemals franke Knollen und Samen wird ausgesucht haben, so ist der Pilz zuerst jedenfalls in ganz vereinzelt Exemplaren mit der Kartoffel eingewandert und hat sich erst ganz allmählich vermehren, verbreiten und im Großen bemerkbar machen können. Manche Gegenden, manche Felder, Kartoffelsorten u. s. w. mußten lange von ihm verschont bleiben, in anderen, wo er sich zeigte, konnte durch Entfernung der kranken Kartoffelsorten und Einführung neuer, durch Einschränkung des Kartoffelbaues u. s. w. seine Ausbreitung für einige Zeit gehemmt werden. Im Allgemeinen aber mußte mit der Cultur der Kartoffel ihr größter Feind aus unbemerkten und unbemerkbaren Anfängen zu immer größerer Häufigkeit herangezogen werden. Dies erklärt, warum die Krankheit nicht von jeher in jedem nassen Jahrgang austrat, warum zunächst manche Gegenden verschont bleiben mußten, warum manche Epidemien früherer Zeiten, wenn sie wirklich hierher gehören, eine beschränktere Verbreitung hatten und die Erkrankung der Kartoffelpflanze im Großen mehrfach für längere Zeit verschwinden konnte, bis wieder ein excessiv nasser Sommer, wie 1845, die immer fortgeschrittene Ausbreitung und Einbürgerung des Parasiten in den kartoffelbauenden Ländern verrieth.

Es handelt sich schließlich um die Beantwortung der Frage nach der Verhütung des Uebels. Ueber dieselbe ist so unendlich viel geschrieben und gemeint worden, daß eine Besprechung und Kritik aller einzelnen Vorschläge hier nicht beabsichtigt werden kann; die Beurtheilung der meisten ergibt sich ohnehin aus den obigen Auseinandersetzungen von selbst. Wir haben hier vielmehr nur zu untersuchen, welcher Weg zur Heilung oder Milderung sich aus der gewonnenen Kenntniß von dem Verlaufe und ursächlichen Zusammenhang der Krankheit wird ableiten lassen.

Nach dem gegenwärtigen Stande der pflanzenphysiologischen Kenntnisse ist nun vor allem hervorzuheben, daß man auf Grund des geschilderten Krankheitsprocesses nicht erwarten darf, ein stets wirksames specifisches Heilmittel zu finden. Die Krankheit wird verursacht durch einen im Innern des dichten Gewebes wuchernden Pilz und dieser läßt sich weder mechanisch entfernen ohne Zerstörung seines Trägers, noch auch durch die uns bekannten Mittel etwa vergiften ohne daß dieser mit vergiftet würde. Es kann sich daher nur darum handeln, wie der Pilz möglichst unschädlich gemacht wird, wenn er einmal in einem Pflanzentheile oder einem Acker angesiedelt ist, und ob und wie seine Ansiedelung von vornherein verhütet werden kann.

Was den ersten Punkt betrifft, so ergeben sich aus den früheren Abschnitten die allgemeine Bezeichnung des Weges, aber auch große Schwierigkeiten der Ausführung. Einmal irgendwie vorhanden, wird der Parasit, wie wir gesehen haben, durch reichliche Feuchtigkeit in der Entwicklung stets ungemein gefördert, und umgekehrt. Um die geernteten Knollen, welche er befallen hat, möglichst lange relativ gesund und für die ökonomischen Zwecke brauchbar zu erhalten, ist daher ihre trockene, luftige Aufbewahrung ein längst bekanntes und bewährtes Mittel.

Hat er das frische Kraut befallen, so kann Trockenheit der Luft und des Bodens, wie gleichfalls allgemein bekannt, seine Ausbreitung bis zur völligen Unschädlichkeit verlangsamen. Solche Bedingungen aber im Großen herzustellen, ist, in sofern sie größtentheils vom Wetter abhängen, nicht in die Willkür des Landwirthes gestellt. Derselbe kann aber durch Wahl eines trockenen und leicht trocknenden Bodens und günstiger Lage des Ackers wenigstens einige Vorsorge treffen. Daß sich ein willkürlich anzuwendendes wirksames Zerstörungsmittel werde finden lassen, scheint mir sehr zweifelhaft. Man hat bekanntlich mit so großem Erfolge zur Zerstörung des Pilzes, der die Traubenkrankheit verursacht, das Bestreuen mit Schwefelpulver angewendet und das gleiche Mittel gegen den Kartoffelpilz neuerdings empfohlen. Die Vegetation beider Pilze ist aber so grundverschieden, daß mir ein Erfolg des Schwefelns gegen die *Peronospora* sehr unwahrscheinlich vorkommt. Der Traubenpilz wächst lediglich auf der Außenfläche des Weinstocks, das aufgestreute Pulver, welches jedenfalls nur durch direkte Berührung wirken kann, kommt mit allen seinen Theilen in Berührung und kann ihn also vollkommen tödten. Die *Peronospora* dagegen schiebt nur ihre Fruchstäbe an die Oberfläche, ihre hauptsächlich schädlichen vegetativen Organe sind in dem Innern des Laubes eingeschlossen und somit gegen das Mittel geschützt. Es können daher durch das Schwefeln vielleicht die gerade in der Entwicklung begriffenen Frucht-

äfte getödtet werden, aber der nächste Regen, ohne welchen der Pilz ja ohnehin nicht viel Schaden würde, wäscht den aufgestreuten Schwefel ab und bringt gleichzeitig eine Menge neuer Fruchstäbe zur Entwicklung, bevor eine neue Schwefelung auf einem größeren Felde möglich werden kann. Sonach wird von dem Schwefeln jedenfalls ein nur sehr geringer Nutzen zu erwarten sein. Mittel, welche den Pilz in allen seinen Theilen abtöden können, während das Kraut, in dem er wuchert, gesund bleibt, sind uns durchaus unbekannt.

Die Knollen erkranken durch Eindringen der vom Laube in den Boden gefallenen Keime. Ist daher das Kraut eines Ackers befallen, so wird für die Knollenernte um so mehr Gefahr vorhanden sein, je zahlreicher und andauernder neue Sporangien in den Boden kommen und dort Sporen bilden können. Es liegt daher nahe zu denken, daß man die Knollen durch Abschneiden und Entfernen des befallenen Laubes retten könne und es hat dies gewiß für manche Fälle seine Richtigkeit. Allein für ein sicheres, überall wirksames Heilmittel darf man die Entfernung des Krautes nicht halten. Soll der Pilz sicher von den Knollen ferngehalten werden, so müßte man das Kraut früh, sobald sein Fledigwerden eben beginnt, abschneiden, damit aber der Pflanze diejenigen Organe nehmen, deren sie zur Bildung guter und normaler Knollen unbedingt bedarf. Abschneiden des schon braunen Krautes, welches allerdings der Knollenbildung wenig mehr nützen kann, nützt auch für die Pilzvertilgung wenig, denn auf ihm werden ja keine neue Pilzsporangien mehr gebildet. Somit kann das Abschneiden des erkrankenden Krautes vielleicht für manche specielle Fälle, aber keineswegs allgemein zur Schätzung der Knollen empfohlen werden. Will man durch das Kraut auf die Verbreitung der Krankheit hemmend einwirken, so suche man möglichst früh, wie schon oben angegeben wurde, diejenigen Blätter und Triebe zu entfernen, auf welchen die ersten braunen Flecke auftreten, was freilich im Großen meist schwer durchführbar sein wird.

So viele Sporangien aber auch vom Kraute auf den Boden fallen mögen, so entwickeln sich dieselben nie weiter und sind daher völlig unschädlich, sobald es ihnen an Wasser mangelt. Daher kann trockener Boden und trockene Witterung auch beim verdorbensten Kraute die Knollen vor dem Erkranken retten, und daher kann der Landwirth von dieser Seite her durch Auswahl günstiger Lage und rasch trocknenden Bodens auf den Zustand seiner Kartoffelernte bedeutend einwirken.

Vor Allem aber ist das Fernhalten des Parasiten von der Kartoffelpflanze und von dem Acker in Betracht zu ziehen, nicht nur weil es das Uebel bei der Wurzel anpakt, sondern weil es mir zwar keineswegs

ganz leicht, aber doch am leichtesten ausführbar zu sein scheint. Wir sahen oben, daß der Pilz mit dem Saatgute in den Boden gebracht wird und bei der Frage wodurch er von jenem entfernt werden könne, ließe sich zunächst an die Methode denken, mittelst deren man den Parasiten, welcher den Getreidebrand verursacht erfolgreich zerstört, nämlich die Behandlung des Saatgutes mit Kupfervitriollösung oder ähnlichen sogenannten Weizen. Allein in dem bezeichneten Falle wird der Parasit dem Boden zugeführt durch seine überwinternden, dem Getreidesamen außen anhängenden Sporen und diese durch die Kupferlösung theils abgewaschen theils getödtet ohne dem Samen zu schaden. Die Peronospora überwintert aber durch ihr in den Knollen befindliches Mycelium, und dieses läßt sich durch genannte Lösung nicht tödten ohne die Knolle wenigstens stark zu beschädigen, denn Kupfervitriol ist für die Kartoffel eben so sehr Gift wie für die Peronospora. Handelte es sich um außen anhängende Keime, so würde eine nicht zu concentrirte Kupferlösung gewiß mit Erfolg anwendbar sein und wem es nicht erwiesen scheint daß die Peronospora-Sporangien über Winter ihre Entwicklungsfähigkeit verlieren, der wird dieselbe jedenfalls ohne Schaden anwenden können.

Am sichersten wird man aber den Parasiten von den zu erziehenden Pflanzen fern halten, wenn man mit möglichster Sorgfalt darauf bedacht ist, daß er nicht in den Knollen als perennirendes Mycelium auf den Acker komme. Es ist zunächst unter allen Umständen zu vermeiden, Kartoffeln auf einem Acker zu bauen, in welchem noch pilzhaltige Knollen von dem früheren Jahrgange stecken geblieben sein können, was ja übrigens in der Regel schon aus anderen Gründen geschieht. Sodann ist vor Allem genau auf die Qualität der Saatknohlen zu achten. Durch und durch franke und verdorbene anzunehmen verbietet sich von selbst; aber auch solche müssen auf das allersorgfältigste vermieden werden, welche im übrigen gesund, nur Spuren der charakteristischen Bräunung unter der Schale zeigen. Da hiezu eine genaue Untersuchung der einzelnen Setzkartoffeln unerläßlich ist, so hat dies bei der Bestellung großer Ackerfelder große, fürs erste kaum ganz zu überwindende Schwierigkeiten. Der Pilz hat sich nun einmal über die Kartoffeln weit verbreitet und wird auch nicht mit einem Male radical ausgegilgt werden können. Dagegen wird es möglich werden, durch allgemeine Einführung einer sehr sorgfältigen Behandlung und Zucht allmählich, im Laufe einiger Jahre, ein immer gesunderes pilzreineres Saatgut zu erhalten. Wäre es thunlich mit einem Male die Erziehung der Kartoffeln aus gefunden Samen überall ausnahmslos an die Stelle der Zucht aus Knollen zu setzen, so würde gewiß der Krankheit mit einem Male ein Stillstand geboten sein. Es ist dies aber aus vielen allgemein bekannten Gründen

unausführbar und die wenigen Versuche Samenpflanzen neben den unzähligen den Pilz conservirenden Vermehrungen aus Knollen zu erziehen haben sich, wie die Erfahrung lehrt, als an sich werthlos erwiesen. Die Reinigung von dem Pilz, wenn ich so sagen darf, kam aber wie ich glaube auf eine andere Weise allmählich geschehen. Man bestimme ein kleines, geeignetes, leicht zu beaufsichtigendes Stück Feld, welches durch seine Lage vor dem etwa ansteckenden Einfluß anderer Kartoffeläcker möglichst geschützt ist, ausschließlich zur Erziehung von Saatgut, bestelle es mit gutem Samen oder mit genau durchgemusterten und ausgesuchten Knollen der gewählten Sorte, halte die heranwachsenden Pflanzen unter möglichst strenger, nicht den Dienstleuten zu überlassenden Controle, und suche durch sofortiges Entfernen der ersten braunfleckigen Blätter die Verbreitung der Peronospora möglichst zu hintertreiben. Die geernteten Knollen mustere man wiederum genau, entferne alle etwa braunfleckigen oder verdächtigen und verwende nur die ausgesuchtesten zum Wiederpflanzen. So fortfahrend wird man in Kurzem, vielleicht in 2 bis 3 Jahren einen auch zur Bestellung großer Güter hinreichenden Vorrath gesunder Saatkartoffeln erlangen und solchen sich durch fortgesetzte sorgfältige Auswahl und Zucht erhalten können. Je allgemeiner solches Verfahren angewendet, je schneller dadurch die Anzahl kranker, ihre Nachbargegend ansteckender Felder vermindert wird, desto rascher wird die Krankheit seltener und unbedeutend werden. Ich verkenne nicht, daß der angegebene Weg ein mühsamer und umständlicher ist, halte ihn aber, der Natur der Sache nach, für den einzigen, welcher zum Ziele führen kann und denke es ist schon einiger Mühe werth, dieses Ziel anzustreben. Eine gänzliche Ausrottung des Parasiten wird dabei so wenig je möglich sein als totale Austilgung von Raupen und anderem Ungeziefer, und wie vor diesen wird man vor ihm beständig auf seiner Hut sein müssen. Gerade die Erfahrungen aber, welche man hinsichtlich der letztgenannten Gäste gemacht hat, sind zu zeigen geeignet, wie es durch Sorgfalt und Achtsamkeit möglich sein wird, die Peronospora zu vermindern und in Schranken zu halten.

Schließlich erwähne ich die wichtigsten Schriften, welche theils Untersuchungen theils geschichtliche Angaben über den in Rede stehenden Gegenstand bringen und für die obigen Darstellungen theilweise benutzt worden sind. Eine vollständigere Aufzählung der Litteratur über die Kartoffelkrankheit zu geben würde allzumeit führen. Ich habe ein Verzeichniß von über zweihundert Schriften, Aufsätzen und Journalartikeln über den Gegenstand zusammengetragen und dasselbe ließe sich leicht noch beträchtlich ver-

mehren. Allein die vollständige Mittheilung desselben glaube ich unterlassen zu sollen, weil Demjenigen, welcher die hierhergehörige Litteratur vollständig verfolgen will, theils in den landwirthschaftlichen und botanischen Journalen, theils in den anzuführenden Schriften hinreichende Ausgangspunkte gegeben sind; und ganz besonders deshalb, weil, um mit des Ausdrucks eines Schriftstellers der unter den Ersten über unsern Gegenstand gearbeitet hat zu bedienen, ein großer Theil der auf diesem Felde aufgeschossenen Saat zu nichts Anderem als zum Unterpflügen geeignet ist.

v. Martius, Die Kartoffel-Epidemie der letzten Jahre. München 1842. 4° mit 3 Tafeln.

Die Verhandlungen der Pariser Academie (Comptes rendus hebdomad. des séances de l'Acad. des sciences) seit 1845; besonders die Jahrgänge 1845—47 mit den wichtigen Arbeiten von Payen.

Montagne, Observations sur la maladie des pommes de terre. Journ. l'Institut, 1845 p. 313.

Ehrenberg, in d. Monatsberichten d. Berliner Academie. September u. October 1845.

Morren, Lettres au Rédacteur en chef de l'Indépendance Belge 22., 30. August, 2. u. 9. Sptbr. 19. Octbr. 1845. und:

Instructions populaires sur les moyens de combattre et de détruire la maladie actuelle des pommes de terre. Bruxelles 1845. 12°.

Harting, Recherches sur la nature et les causes de la maladie des pommes de terre en 1845. Amsterdam 1846. In den Verhandl. der Amsterd. Academie XII., mit 2 Taf. 4°. Im Auszug Annales des sc. natur. 1846 (VI).

Decaisne, Histoire de la maladie des pommes de terre en 1845. Paris 1846. 8°.

Focke, Die Krankheit der Kartoffeln im Jahre 1845. Bremen 1846. 4° mit 2 Tafeln.

Münter, Die Krankheiten der Kartoffeln, insbesondere die 1845 pandemisch herrschende nasse Fäule. Berlin 1846. 8°. mit 1 Tafel.

Unger, Beitrag zur Kenntniss der in der Kartoffelkrankheit vorkommenden Pilze und der Ursache ihrer Entstehung. In v. Mohl u. v. Schlechtendal's Botan. Zeitung 1847 p. 305, Taf. VI.

Caspary, über den Pilz, welcher die Kartoffelkrankheit veranlasst. Verhandl. d. Section f. Botanik der Versamml. deutscher Naturforscher zu Göttingen. Sptbr. 1854. (S. Flora, 1854, No. 41.)

Schacht, Bericht an das k. Landesöconomiocollegium über die

Kartoffelpflanze u. deren Krankheiten. Berlin 1856. gr. 4<sup>o</sup>  
mit 10 Tafeln.

Speerschnaider, Das Faulen der Kartoffelknollen etc. Flora  
1857, No. 6. u. Botan. Zeitung 1857, p. 121.

v. Holle, über den Kartoffelpilz. Botan. Zeitung 1858, pag. 37.

Hoffmann, Mycologische Studien über die Gährung. Botan.  
Zeitung 1860, pag. 41.

## Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Figuren sind nach mikroskopischen Präparaten gezeichnet. Fig. 1 170mal, 2 und 11 gegen 200mal, 3 300fach, die übrigen 400fach vergrößert.

Fig. 1. Durchschnitt durch ein Blättchen der Kartoffelpflanze, in dessen noch grünem Parenchym das Mycelium (m) der Peronospora wuchert. o die Oberhaut der obern, u der untern Blattfläche. s Spaltöffnung, aus welcher ein junger Fruchtzweig eben hervortritt. a Athemböhle.

Fig. 2. Die Außenfläche eines flach ausgebreiteten Oberhautstückchens von der unteren Blattseite, mit wellig gebogenen Seitenwänden der Oberhautzellen und 2 Spaltöffnungen (s) aus welchen je ein junger, verzweigter Fruchtast der Peronospora hervortritt; a die innerhalb der Spaltöffnung befindliche, aus dem Blattgewebe gerissene Basis des einen Fruchtzweigs, der mit einem anderen abgerissenen von einem dünnen Myceliumsfaden entspringt.

Fig. 3. Ende eines Fruchtzweiges ein reifes Sporangium tragend.

Fig. 4. Sporangium nach zweistündigem Liegen im Wasser. Inhalt in 6 Portionen = Zoosporen getheilt, von denen bei der Lage des Präparats 2 verdeckt sind.

Fig. 5. a Größeres Sporangium nach vollendeter Theilung. Es enthält 10 Sporen, von denen 5 sichtbar sind. b Entleerung der Schwärmsporen aus demselben.

Fig. 6. Schwärmende Spore von vorn und von der Seite gesehen.

Fig. 7. Zu Ruhe gekommene Spore und verschiedene Stadien der im Wasser auf Glasplatten erfolgten Keimung. Entwicklungsfolge nach den Buchstaben a—f.

Fig. 8. Querschnitt durch ein gesundes Stück Kartoffelstengel, auf dessen Oberfläche Sporangien gesät waren, 17 Stunden nach der Aussaat. o—o Oberhaut, in welche 2 Keimschläuche der Peronospora eingedrungen sind, der eine a in die Oberhautzelle, der

- andere b, welcher durch den braun gewordenen Inhalt der Oberhautzelle etwas verdeckt ist, bereits bis zur dritten Zellenschicht.
- Fig. 9. Ein secundäres Sporangium (b) aus dem Sporangium a gebildet.
- Fig. 10. Sporangien welche direkt einen einfachen (a) und einen verzweigten (b) Schlauch treiben.
- Fig. 11. Durchschnitt von der Oberfläche eines kranken Kartoffelstückes, welches 30 Stunden unter Glasglocke in feuchter Luft gelegen hatte. Zwischen den braunen Zellen des kranken Gewebes Mycelium der Peronospora, welches auf der Oberfläche einen starken Fruchtweig (f) getrieben hat.
- Fig. 12. Fructificirender Zweig des Fusicporium Solani mit unreifen Fortpflanzungszellen an den Ästenden; o eine eiförmig angeschwollene Zelle, wie solche öfters vorkommen und unter dem Namen Oidium beschrieben worden sind; s reife Sporenreihen.
- Fig. 13. Fruchtafist der Spicaria Solani. Eines der Zweigenden mit einer kurzen Sporenkette; an den übrigen sind diese abgelöst.



