

Die phytomedizinischen Herausforderungen im Leben von Otto Appel: Ein Überblick seiner wissenschaftlichen Arbeiten anlässlich seines 150. Geburtstages

The phytomedical challenges in the life of Otto Appel:
An overview of his scientific work on the occasion
of his 150th birthday

Zusammenfassung

Otto APPEL (1867–1952) war ein leidenschaftlicher Phytomediziner, der sich in jungen Jahren als Wissenschaftler und später als Organisator des Pflanzenschutzdienstes in Deutschland besondere Verdienste erwarb. Anlässlich seines 150. Geburtstages soll hier an seine wissenschaftlichen Leistungen erinnert werden. Otto APPEL war in vielerlei Hinsicht seiner Zeit voraus und hat mit wissenschaftlichen Methoden Lösungen für einige der drängendsten phytopathologischen Probleme der Landwirtschaft erarbeitet, die bis heute Gültigkeit haben. Nach dem Studium der Pharmazie und Botanik sowie kurzfristigen Forschungsaufenthalten in mikrobiologischen Arbeitsgruppen in Würzburg und Königsberg kam Otto APPEL am 1. Juni 1899 an die Biologische Abteilung für Land- und Forstwirtschaft des Kaiserlichen Gesundheitsamtes in Berlin. Sein Hauptaugenmerk galt der Gesundheit von Kartoffeln und Getreide, den für die Ernährung der Bevölkerung bedeutendsten Kulturen. Insgesamt war sein Arbeitsspektrum aber wesentlich breiter. Otto APPEL entwickelte Verfahren zur gesunden Lagerung von Kartoffeln sowie zur Saatgutbehandlung von Getreide. Er beschrieb zahlreiche Schaderreger und überarbeitete die Gruppe der Fusarien von Grund auf neu. Intensiv untersuchte Otto APPEL die Biologie der verschiedenen Schaderreger, um Ansatzpunkte für ihre Bekämpfung zu entwickeln. Die von Otto APPEL etablierten Pflanzenschutz-

verfahren haben die landwirtschaftliche Praxis nachhaltig geprägt und zu einer deutlichen Verbesserung der Nahrungsmittelsicherheit und -qualität in Deutschland und weit darüber hinaus geführt.

Stichwörter: Fusarium, Brandpilze, Kartoffelkrankheiten, Heißwasserbehandlung

Abstract

Otto APPEL (1867–1952) was a passionate plant pathologist. In his younger years he earned special merits as a scientist and later as an organizer of the plant protection service in Germany. In memory of his 150th birthday, his scientific contributions and achievements in plant pathology will be recalled. Otto APPEL was a pioneer of his time in many respects. Using appropriate scientific approaches he developed solutions for specific problems in plant pathology, some of which are still valid today. After studying pharmacy and botany followed by two short-term research stays in microbiology at the universities of Würzburg and Königsberg, Otto APPEL arrived at the Biological Department of Agriculture and Forestry of the Imperial Health Office in Berlin on June 1, 1899. His main focus was on the plant health of potatoes and cereals, the most important food crops in Germany during that time, but his overall work experience was much broader. He

Institut

Julius Kühn-Institut Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik, Münster

Kontaktanschrift

Prof. Dr. Johannes Hallmann, Julius Kühn-Institut, Toppheideweg 88, 48161 Münster,
E-Mail: johannes.hallmann@julius-kuehn.de

Zur Veröffentlichung angenommen

2. Oktober 2017

developed methods for the healthy storage of potatoes and seed treatments of cereals to combat fungal diseases. He described fungal pathogens and developed procedures for a standardized culture of *Fusarium* allowing precise identification. Furthermore, Otto APPEL studied in detail the biology of various pathogens in order to identify targets for their control. Overall, the phytopathological achievements made by Otto APPEL significantly shaped agricultural practice and enhanced food safety and quality in Germany and beyond.

Key words: *Fusarium*, common bunt, potato diseases, hot water treatment

Appels Weg in die Wissenschaft

Bereits in jungen Jahren wurde der Forschergeist in Otto APPEL geweckt. Otto APPEL war 14 Jahre, als ein überaus rasches Wachstums seine Gesundheit derart beeinträchtigte, dass sein Hausarzt Dr. RÜCKERT ihn für ein halbes Jahr von der Schule befreite. Sein Gesundheitszustand besserte sich rasch und Langeweile kam auf. Sein Hausarzt schlug ihm vor, sich doch mit der Natur, insbesondere den Pflanzen, vertraut zu machen. So unternahm Otto APPEL ausführliche Spaziergänge, sammelte und bestimmte all die zahlreichen Pflanzen, die sich ihm entlang seiner Wege zeigten und legte ein umfangreiches Herbarium an (BACKHAUS, 2018).

Seine Neugierde, sein Entdeckungsdrang, seine Begeisterung für die Pflanzen war geweckt und begleitete ihn fortan während seines Pharmaziestudiums, seiner ersten Berufstätigkeit als Apotheker sowie seines Botanikstudiums. Besonders hatten es ihm die Sauergrasgewächse (Cyperaceae) angetan und hier insbesondere die Seggen (*Carex*). Otto APPEL wandte sich an die Mitglieder der Geographischen Gesellschaft für Thüringen zu Jena sowie den Botanischen Verein für Gesamtthüringen und bat um Einsendungen von Pflanzenmaterial der Gattung *Carex* aus den verschiedenen Regionen. Zahlreiche botanische Freunde sandten ihm Material zu bzw. stellten ihm ihre Herbarien zur Verfügung. Otto APPEL studierte die verschiedenen Arten, ihre Morphologie und die sie differenzierenden Merkmale. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen publizierte er in seiner ersten wissenschaftlichen Arbeit mit dem Titel „Caricologische Notizen aus dem herzynischen Gebiet“ (APPEL, 1890), wobei mit herzynischen Gebiet die Mittelgebirgsregion östlich des Rheins und nördlich der Donau gemeint war.

Es folgten weitere vergleichende Untersuchungen mit zusätzlichen Arten (APPEL, 1891, 1892), so dass Otto APPEL in kürzester Zeit zu einem anerkannten Experten für die Gattung *Carex* wurde. Seine Motivation beschrieb er wie folgt: „..... so hege ich die Hoffnung, daß sich vielleicht noch mehr Vereinsmitglieder für die Gattung *Carex* interessieren und mit mir in Verbindung treten, denn wenn man diese Gattung auch nicht zu den eigentlich „kritischen“ rechnet, so giebt es in ihr doch genug Zwei-

deutigkeiten und dunkle Punkte, so daß es keine nutzlose Arbeit ist, sich mit ihr zu beschäftigen“ (APPEL, 1890). Otto APPEL interessierte sich aber nicht nur für die Sauergräser, sondern die Pflanzen allgemein und so nutzte er seine Zeit als Apotheker in der Schweiz für einen Vergleich der Flora des benachbarten Schaffhausen mit der Baar, der Hochebene zwischen Schwarzwald und Schwäbischer Alp (APPEL, 1893). In dieser Arbeit listet Otto APPEL akribisch die verschiedenen Pflanzenarten und beschreibt und diskutiert sowohl floristische Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede zwischen diesen beiden Regionen.

1894–1898: Studium der Botanik, Promotion

Durch einen Vortrag Otto Appels bei der Versammlung bayrischer Apotheker in Würzburg wurde der dortige Ordinarius Prof. Dr. Julius SACHS auf ihn aufmerksam und überzeugte APPEL, nach Würzburg zu kommen und sich ganz der Botanik zu widmen. Otto APPEL folgte dem Ruf von Julius SACHS und wurde sein letzter Schüler. In seiner Doktorarbeit „Über Phyto- und Zoomorphosen (Pflanzengallen)“ untersuchte APPEL sowohl die Ursachen von Pflanzengallen als auch deren Entstehung an den verschiedensten Pflanzenteilen (APPEL, 1899). Hierbei unterschied er zwischen Beutel- und Kammergallen. Erstere entstehen an der Unterseite von Blättern und werden von Gallmilben, Gallmücken und teils Blattläusen verursacht. Verursacher der Kammergallen sind dagegen Gallwespen, Blattwespen oder auch Rüsselkäfer. Kammergallen werden durch die Eiablage in bzw. auf das Pflanzengewebe induziert und können an Blättern, Stängeln, Blüten als auch Wurzeln entstehen.

Otto APPEL stellte sich die Frage, ob denn jede Pflanze befähigt ist, Gallen zu tragen. Er untersuchte alle möglichen Pflanzen in der Natur als auch in den ihm zugänglichen Herbarien auf das Vorkommen von Gallen. Er führte Übertragungsversuche mit Vektoren durch, um zu demonstrieren, dass ein und derselbe Vektor an verschiedenen Pflanzenarten Gallen verursachen kann. So zahlreich Pflanzengallen insgesamt auftraten, so gab es doch verschiedene Pflanzenfamilien, in denen er keine Gallen nachweisen konnte, wie zum Beispiel bei Vertretern der Rutaceae (Rautengewächse), Araceae (Aronstabgewächse), Verbenaceae (Eisenkrautgewächse), Amaryllidiaceae (Narzissengewächse) und Orchidaceae (Orchideengewächse) (APPEL, 1899). Doch so interessant diese Beobachtungen auch seien, so vorsichtig solle man laut APPEL mit Verallgemeinerungen sein, denn die Untersuchungen stellten nur einen kleinen Ausschnitt der in den jeweiligen Pflanzenfamilien auftretenden Arten dar.

Nach Abschluss seiner Promotion im Juli 1897 arbeitete Otto APPEL für ein Jahr als Assistent am Institut für Hygiene und Bakteriologie der Universität Würzburg und ab Sommer 1898 für ein weiteres Jahr als Assistent am Bakteriologischen Institut des Landwirtschaftlichen Instituts der Albertus-Universität Königsberg.

1899–1903: Hilfsassistent, Wissenschaftlicher Hilfsarbeiter

Am 1. Juni 1899, im Alter von 32 Jahren, folgte Otto APPEL dem Ruf von Prof. Dr. Carl VON TUBEUF an die Biologische Abteilung für Land- und Forstwirtschaft des Kaiserlichen Gesundheitsamtes in Berlin. Zunächst eingestellt als Hilfsassistent wurde er kurz darauf zum wissenschaftlichen Hilfsarbeiter, was unserem heutigen wissenschaftlichen Mitarbeiter entspricht, befördert. Sein Aufgabengebiet wurde die Phytopathologie und der Pflanzenschutz. Eine seiner ersten Amtshandlungen war es, den Kollegen Dr. Arnold JACOBI bei der Bekämpfung des Kaninchens zu unterstützen.

Die Bekämpfung der Kaninchenplage

Als eine ursprünglich in Südeuropa heimische Art hatte sich das Kaninchen immer weiter nach Norden ausgebreitet. Hinzu kam, dass Jäger teils gezielt Kaninchen für die Jagd aussetzten bzw. Tiere aus der Käfighaltung entkommen konnten. So kam es zu einer starken Vermehrung der Kaninchen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Auch wenn keine genauen Zahlen vorliegen, so gaben die Abschüsse an wilden Kaninchen auf forstlichen Flächen in Preußen eine Idee der raschen Populationszunahme. Betrug der Abschuss im Jahre 1881/82 gerade einmal 6.140 Kaninchen, waren es im Jahre 1885/86 bereits 314.116 Stück“ (JACOBI und APPEL, 1902).

Es war die Aufgabe der Biologischen Abteilung des Kaiserlichen Gesundheitsamtes, wirksame Verfahren zur Bekämpfung der in Deutschland für Land- und Forstwirtschaft schädlichen Wirbeltiere auszuarbeiten (JACOBI und APPEL, 1902). Um dies zu tun, bedurfte es einer guten Kenntnis des Verhaltens und der Fortpflanzung der Tiere. Jacobi und Appel sahen als Ursache der explosionsartigen Vermehrung der Kaninchen deren hohen Reproduktionsrate und Anpassungsfähigkeit an. Sie schrieben: „Ueberhaupt ist das wilde Kaninchen entsprechend seiner, für ein Nagethier bedeutenden, geistigen Begabung weit mehr als der Hase geneigt, seine Lebensweise auch ungewöhnlichen Bedingungen anzupassen“ (JACOBI und APPEL, 1902). Die Folge der guten Anpassungsfähigkeit waren hohe wirtschaftliche Schäden durch das Abschälen der Rinde von Forstgehölzen, Obstbäumen und Weinreben, dem Fraß an landwirtschaftlichen Kulturen und dem Aufwühlen der Ackerflächen. Die seinerzeit genutzten klassischen Bekämpfungsverfahren wie Abschießen, Frettchenjagd, Fallen, Einbinden der Stämme mit Stroh oder Reisig, Zäune oder ein Anstreichen der Stämme mit Kalk bzw. einem Gemisch aus faulem Rinderblut, Stinkasant und Kuhmist waren wenig wirksam oder zu aufwändig und teuer. Immer lauter wurde der Ruf nach „neuen“, d. h. chemischen, Verfahren.

Erste Erfahrungen mit dem Einsatz chemischer Verfahren machte man bei der Bekämpfung der aus den U.S.A. eingeschleppten und in Deutschland erstmals 1874 aufgetretenen Reblaus. Diese Verfahren testete man für die Bekämpfung des Kaninchens. Allerdings verzichtete man auf den Einsatz von Blausäure sowie die Anwendung von

Chlorgas oder Kohlenmonoxid wegen der hohen Toxizität für den Anwender sowie der umständlichen Anwendung. Zudem stellte sich rasch heraus, dass Acetylen unwirksam und schweflige Säure bzw. schweflige Säure in Kombination mit Kohlensäure (= Pictolin) in der Anwendung (Druckflaschen) zu umständlich waren. Somit lag die ganze Hoffnung auf Schwefelkohlenstoff, einer farblosen bis gelblicher, bei gewöhnlicher Temperatur sehr leicht verdunstender Flüssigkeit von unangenehmem, fauligem Geruche, deren Dampf Tiere einschläfert und tötet (JACOBI und APPEL, 1902). Basierend auf Röhrenversuchen im Labor und Nachgrabungen im Feld erarbeiteten JACOBI und APPEL (1902) Empfehlungen für die Praxis bezüglich Applikationsart, -menge und -zeitpunkt. In späteren Jahren setzte man einen speziellen Injektor ein, der sich zuvor in der Reblausbekämpfung bewährt hatte (Abb. 1). Die Bekämpfung sollte idealerweise im Winter bei Schneebedeckung erfolgen, da die Tiere dann weniger aktiv waren, sich auf wenige Baue verteilten und die genutzten Öffnungen gut zu erkennen waren. Zudem war in der nasskalten Jahreszeit die Feuergefahr des Schwefelkohlenstoffs deutlich geringer als bei warmem und trockenem Wetter (APPEL und JACOBI, 1901, 1903). Die so gewonnenen Kenntnisse zur Bekämpfung von Kaninchen halfen Otto Appel in späte-



Abb. 1. Schwefelkohlenstoff-Injektor zur Bekämpfung bodenbürtiger Schaderreger (z.B. Reblaus, Kaninchen). Ölgemälde von HANS PÜHRINGER, 1904 (mit freundlicher Genehmigung durch Dr. REINHARD EDER, Weinbauschule Klosterneuburg).

ren Jahren auch bei der Entwicklung entsprechender Verfahren zur Bekämpfung von Feldmäusen (APPEL, 1900, 1907a).

Die Gesunderhaltung der Kartoffel im Lager

Otto Appels größtes Interesse galt den pilzlichen und bakteriellen Schaderregern der Kulturpflanzen, allen voran den Schaderregern an Kartoffel und Getreide, den für die Ernährung der Bevölkerung wichtigsten Kulturen. Die wichtigste Nahrungspflanze Anfang des 20. Jahrhunderts war die Kartoffel. Insbesondere die ärmeren Menschen ernährten sich überwiegend von ihr. Pro Flächeneinheit produzierte die Kartoffel nahezu so viel Eiweiß und doppelt so viele Kohlenhydrate wie Getreide. Somit war die Gesunderhaltung der Kartoffel von zentraler Bedeutung für die Ernährungssicherheit der Bevölkerung. Dieser Aufgabe widmete sich Otto APPEL während seiner gesamten beruflichen Tätigkeit, mit unterschiedlicher Intensität und unter verschiedenen Aspekten.

Seine wissenschaftlichen Arbeiten zur Gesunderhaltung der Kartoffel startete er dort, wo seiner Meinung nach die größten Verluste auftraten und wo am schnellsten mit Erfolgen zu rechnen war. So schreibt APPEL im Jahr 1903: „Die erste Frage, welche ich in Angriff nahm, war daher die nach den Mitteln, welche es uns ermöglichen, gesund geerntete Kartoffeln so zu überwintern, dass sie ohne grössere Verluste bis zum Frühjahr zu erhalten sind. Ich stellte diese Frage voran, weil fast ebenso lange, wie über Kartoffelkrankheiten gearbeitet wird, die Erkenntnis Platz gegriffen hat, dass trockene und luftige Aufbewahrung die Gesunderhaltung der Kartoffeln befördere, Niemand aber auf experimentellem Wege gezeigt hatte, welche Mittel uns zur Verfügung stehen, um diese Forderung durchzuführen“ (APPEL, 1903b). Weiterhin führte Otto APPEL aus: „Eine umfassende, auf vergleichenden Versuchen beruhende Arbeit über den Bau der Kartoffelmiethen liegt bisher noch nicht vor“ (APPEL, 1902a). Otto APPEL hatte sein Thema gefunden.

Bereits im Jahre 1899 begann APPEL auf dem Versuchsfeld in Dahlem mit seinen Versuchen zur Einlagerung von Kartoffeln. Er legte 14 Mieten mit jeweils 200 kg Kartoffeln an. Die Mieten unterschieden sich in der Tiefe der Mietensohle, Art der Durchlüftung, Zusammensetzung der Abdeckungsmaterialien und der Dicke der Abdeckung. Der Temperaturverlauf in der Miete wurde morgens, mittags und abends gemessen. Bei Auslagerung wurde das Keimverhalten ermittelt und der Befall mit Schaderregern er-

fasst. Parallel wurden entsprechende Versuche auf dem Praxisbetrieb Gut Blumberg im Kreis Nieder-Barnim nordöstlich von Berlin durchgeführt (APPEL, 1902a).

Aus diesen, über mehrere Jahre durchgeführten Versuchen, leitete APPEL folgende Empfehlungen für das Einmieten der Kartoffel ab: 1) die Miete sollte nicht in einer Senke liegen, damit sie nicht vom Grundwasser erreicht werden kann, 2) beim Boden ist zu beachten, dass sehr leichter Boden mehr frostdurchlässig, sehr schwerer Boden oft wasserhaltiger ist, 3) ist die Miete scharfen Winden ausgesetzt, muss die windzugewandte Seite stärker abgedeckt werden, um Forst zu vermeiden, 4) das einzulagernde Material sollte möglichst frei von verletzten und kranken Knollen sein, 5) die Sohlenbreite sollte maximal 1,5 m betragen, da bei breiteren Mieten die Temperatur zu langsam sinkt und 6) nach Einlagerung sollte die Miete zunächst mit 15 cm Stroh und 10 cm Erde abgedeckt werden und bei weiter abnehmender Temperatur im Herbst dann zusätzlich mit einer 2. Decke bestehend aus 15 cm Stroh/Kartoffelkraut und 15 cm Erde und gegebenenfalls einer 3. Decke (APPEL, 1902a,b). Je trockener, luftdurchlässiger und kühler (nicht jedoch $< 2^{\circ}\text{C}$) die Lagerung erfolgt, umso besser überstehen die Knollen die Lagerung. Ganz entscheidend ist, dass die Decke über die Mietensohle hinausragt und Niederschläge sicher in die Umgebung abgeleitet werden (Abb. 2).

Die Knollennassfäule und Schwarzbeinigkeit der Kartoffel

Bei seinen Versuchen zur Einlagerung der Kartoffel beobachtete Otto APPEL, dass zahlreiche der im Lager auftretenden Krankheiten ihren Ursprung bereits im Felde hatten. Er schrieb: „Bei diesen Untersuchungen, sowie aus einer Reihe von gelegentlichen Beobachtungen gewann ich die Ueberzeugung, dass die bei der Aufbewahrung der Kartoffeln zu beobachtenden Erkrankungen wenigstens zum Theil in Beziehung stehen zu den Krankheitserscheinungen, welche auch während der Vegetationszeit auftreten und dass die Beobachtung derselben, von der Winterruhe aus mit der beginnenden Vegetation ein vollkommenes Bild geben müsse“ (APPEL, 1903b). Für Otto APPEL war damit klar, dass er den Lebenszyklus des Erregers, von der Vorkultur über die Lagerhaltung bis in die Folgekultur genauestens untersuchen müsse, um Ansatzpunkte für dessen Bekämpfung zu finden. Doch was war die bedeutendste Lagerkrankheit, mit deren Bekämpfung man beginnen sollte?

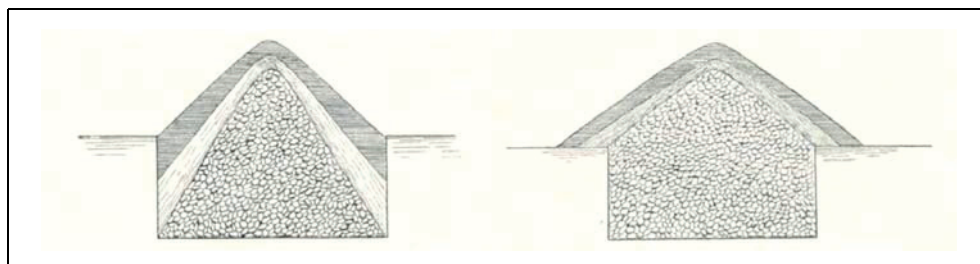


Abb. 2. Links: „Die Decken ragen in die Vertiefung hinein, dadurch kann Wasser, das von ihnen abläuft, sich auf der Miethensohle sammeln“. Rechts: „Die Decken greifen vollständig über den Rand der Miethenvertiefung über, sodass ein Eindringen von Wasser in die Miete ausgeschlossen ist“ (APPEL, 1902b).

Für Otto APPEL war dies der Erreger der Knollennassfäule, der regelmäßig im Sommer die Schwarzbeinigkeit hervorrief. Hierzu schrieb er: „Es ist dies ein Spaltpilz, dessen Thätigkeit oft ganze Miethen zerstört und der im Sommer die unter dem Namen „Schwarzbeinigkeit“ bekannte Erkrankung der Kartoffelstengel hervorruft“ (APPEL, 1903b). Dass ein und derselbe Schaderreger zwei so unterschiedliche Symptome wie Knollennassfäule und Schwarzbeinigkeit hervorruft, war in der damaligen Zeit schwer vorstellbar. Doch Otto APPEL erbrachte den Beweis hierfür. Er ließ sich aus ganz Deutschland befallenes Stängel- und Knollenmaterial zuschicken. Von diesem Pflanzenmaterial isolierte er den Schaderreger und brachte ihn in Reinkultur. Hierzu verfolgte er zwei Vorgehensweisen. Einerseits entnahm er krankes Knollengewebe und übertrug es auf gesunde Knollen, zum anderen überimpfte er krankes Gewebe auf Gelatineplatten. Beide Verfahren wiederholte er so lange, bis eine reine, in beiden Fällen identische, Bakterienkultur übrig blieb, die sich auf rohen Kartoffeln als pathogen erwies (APPEL, 1903b). Mit diesen Isolaten führte er Übertragungsversuche durch. Die Ergebnisse waren eindeutig, Knollennassfäule und Schwarzbeinigkeit wurden durch ein und denselben Erreger verursacht (Abb. 3). Allerdings war dieser Erreger hinsichtlich seiner chemisch-biologischen Eigenschaf-

ten sehr variabel. Hinzu kam, dass nicht alle Isolate der Knollennassfäule auch Schwarzbeinigkeit verursachten, wohl aber das Kartoffelkraut befielen (APPEL, 1903b).

Den Erreger der Knollennassfäule und Schwarzbeinigkeit nannte APPEL bereits 1901 *Bacillus phytophthorus*. 1902 folgte eine erste Erwähnung des Erregers (APPEL, 1902c) und 1903 eine ausführliche Beschreibung: „Der *Bacillus phytophthorus* ist ein ziemlich dickes, nach den gewöhnlichen Methoden leicht, nach Gram nicht färbbares Stäbchen, das gefärbt eine Breite von durchschnittlich $0,8 \mu$ besitzt. Die Länge ist sehr verschieden; in faulenden Kartoffeln und ebenso in dem erkrankten Gewebe der Pflanze tritt er vorwiegend als ganz kurzes Stäbchen von einer ungefähren Länge von $1,2-1,5 \mu$ auf.Die Beweglichkeit ist besonders in jungen Kulturen eine ausserordentlich grosse“ (APPEL, 1903b). Insgesamt reichte die Beschreibung von *B. phytophthorus* jedoch nicht aus, um eine eindeutige Differenzierung von anderen Bakterien zu ermöglichen, so dass der Artnamen nicht anerkannt wurde und heute als *Bacillus phytophthorus* Appel 1902 nomen nudum (= „nackter Name“) dasteht. Die wissenschaftliche Erstbeschreibung des Erregers der Knollennassfäule und Schwarzbeinigkeit erfolgte übrigens nahezu zeitgleich durch JONES als *Bacillus carotovorum* an Möhre. Der heutige Name lautet *Pectobacterium carotovorum*

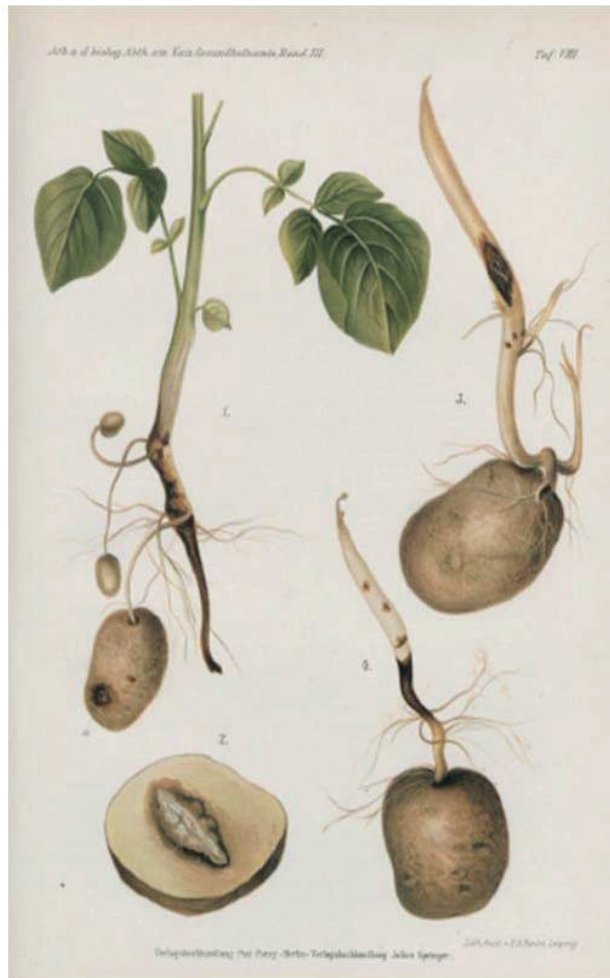


Abb. 3. Links: Schwarzbeinigkeit der Kartoffel erzeugt durch Impfung mit *Bacillus phytophthorus* APPEL, Versuchsfeld Berlin-Dahlem 1902 (Foto: MANFRED GRÄFE und DJAVAD TAGHIZADHE, Stadtmuseum Berlin). Rechts: Schwarzbeinigkeit der Kartoffel. Gezeichnet von AUGUST DRESSEL. Entnommen aus APPEL, 1926a.

(JONES, 1901) Waldee 1945 (syn. *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*).

Überaus akribisch waren die Untersuchungen von Otto APPEL zur Biologie des Schaderregers sowie zu Wirtspflanzenkreis, Schadwirkung und Verbreitung in Deutschland (APPEL, 1903b). Otto APPEL stellte fest, dass sich im Falle der Schwarzbeinigkeit der Schaderreger überwiegend zwischen den Pflanzenzellen im Parenchymgewebe ausbreitet. In Folge eines Befalls kam es zu einer Lockerung des Zellverbands, nicht aber zu einer Auflösung der Zellwände wie bei anderen bakteriellen Schaderregern, so dass die Stängel auch nach dem Absterben des Krautes noch als solche bestehen blieben. Die Infektion ging immer von einer befallenen Knolle aus. Mehrmaliges Sprühen des Krautes mit einer Bakteriensuspension führte dagegen nicht zur Infektion.

Im Falle der Knollennassfäule beobachtete APPEL, dass es bei künstlich hervorgerufener Wundinfektion bereits in wenigen Stunden zu einem Erweichen des Kartoffelgewebes kam. Die Bakterien besiedelten den Interzellularraum, zerstörten die Mittellamellen und führten damit zu einem Zerfall des Kartoffelgewebes. Bei mäßig feuchter Erde und 12–14 °C waren die Kartoffeln innerhalb von 8 Tagen komplett zersetzt (APPEL, 1903b).

Auf dem Versuchsfeld in Berlin-Dahlem führte Otto APPEL umfangreiche Feldversuche zur Übertragung des Schaderregers durch (APPEL, 1903b). Jeweils 256 gesunde Kartoffelknollen der Sorten ‚Weisse Rose‘ und ‚Dabersche‘ wurden jeweils zur Hälfte verwundet, mit einer Bakteriensuspension beimpft, 3 Tage in einer Feuchtekammer gehalten und danach ins Feld gepflanzt. Zum Zeitpunkt der Ernte betrug der Ausfall durch Nicht-Auflaufen und Erkrankung an Schwarzbeinigkeit bei zuvor infiziertem Pflanzgut der Sorte ‚Weisse Rose‘ 62,11%, bei nicht infizierten Knollen dagegen nur 4,29%. Ein ganz anderes Bild zeigte sich bei der Sorte ‚Dabersche‘. Hier betrug der Ausfall bei zuvor infiziertem Pflanzgut gerade einmal 9,4%. Obwohl nachweislich bei ‚Dabersche‘ eine Knolleninfektion in der Feuchtekammer erfolgte, kam es nach Pflanzung in den recht trockenen Boden zu einer raschen Wundheilung und damit Unterdrückung des Schaderregers. Für Otto APPEL zeigten diese Untersuchungen sehr eindrucksvoll, wie wichtig die Sortenwahl bei der Bekämpfung der Schwarzbeinigkeit ist und wie bedeutsam damit die Resistenzzüchtung für die Bekämpfung von Schaderregern sein kann. Im Allgemeinen, so die Beobachtung Otto APPELS, waren die dickschaligen, stärkereichen, späteren Sorten resistenter als die dünnschaligen, stärkerärmeren frühen Sorten.

In weiterführenden Feldversuchen wies Otto APPEL nach, dass auch eine Infektion der Kartoffelpflanzen über den Boden möglich ist. Somit empfahl er, auf belasteten Flächen keinen mehrjährigen Anbau von Kartoffeln durchzuführen, um so eine Anreicherung des Schaderregers im Boden zu vermeiden (APPEL, 1903b). Bei der Infektion der Pflanze sind Wunden von ganz entscheidender Bedeutung, sei es als feine Risse in der Schale oder hervorgerufen durch tierische Schaderreger. Wurde Pflanzknollen nach künstlicher Verwundung ausreichend Zeit

zur Wundheilung gegeben, waren diese jedoch kaum befallen.

Otto APPEL fasste die Ergebnisse seiner Forschungsarbeiten zu *P. phytophthorus* im Flugblatt Nr. 28 „Die Schwarzbeinigkeit und die Bakterien-Knollenfäule der Kartoffel“ wie folgt zusammen:

1. „Aus den hier mitgetheilten Beobachtungen und Versuchen geht hervor, dass eine Bekämpfung beim Auftreten der Schwarzbeinigkeit auf dem Felde nicht möglich ist.
2. Zum Anbau der Kartoffeln vermeide man Felder, auf denen ein oder zwei Jahre vorher sich eine Erkrankung gezeigt hatte, ebenso solche, auf denen Puffbohnen, Lupinen, Möhren, Teltower Rübchen oder Gurken erkrankt waren.
3. Beim Auslegen nehme man keine geschnittenen, sondern nur ganze Kartoffeln.
4. Auch vermeide man eine starke Stickstoffdüngung.
5. Auch durch Beschaffung von neuem, gesunden Saatgute kann man der Krankheit entgegenwirken“ (APPEL, 1904).

1903–1919: Laboratoriumsvorsteher

Im Jahr 1903 wird Otto APPEL Laboratoriumsvorsteher als Nachfolger von Prof. Dr. Carl von Tubeuf, der 1902 als Nachfolger seines verstorbenen Schwiegervaters an die Münchner Universität auf den Lehrstuhl für Anatomie, Physiologie und Pathologie der Pflanz berufen wurde. Die neue Position verschaffte Otto APPEL deutlich mehr Gestaltungsraum. Diesen nutzte er, indem er seine Forschungsarbeiten weiter ausdehnte und neue Mitarbeiter einstellte. Es folgten die forschungsintensivsten Jahre im Leben Otto APPELS. Nebenbei sammelte er Befallssymptome der verschiedenen Schaderreger, konservierte sie in Formalin und schuf so eine umfangreiche Nasssammlung phytopathologischer Besonderheiten für Forschungs- und Lehrzwecke, die bis heute erhalten ist (Abb. 4).

Das Dilemma bei der Bestimmung pilzlicher Schaderreger

Noch Mitte des 19. Jahrhunderts sah man phytopathogene Pilze nicht als Ursache von Pflanzenkrankheiten an, sondern als deren Folgen. Diese Ansicht wurde von Anton de Bary (*1831, †1888) als einem der ersten widerlegt, der in seinen Arbeiten zur Ursache der Kraut- und Knollenfäule an Kartoffeln klar zeigen konnte, dass nicht die Pflanze den Pilz erzeugt, sondern dass der Pilz die Pflanze befällt und die Erkrankung verursacht (de Bary, 1861). Julius Kühn (*1825, †1910) und andere Forscher kamen nahezu zeitgleich zu derselben Erkenntnis. Dies war die Geburtsstunde der Phytopathologie. Die Tatsache, dass Schaderreger nun als unabhängige Organismen akzeptiert waren, machte den Weg frei für deren gezielte Bekämpfung. Dies wiederum erforderte ein möglichst gutes Verständnis der Biologie des Schaderregers, was laut APPEL für viele Pilze, insbesondere die Fusarien,



Abb. 4. Von OTTO APPEL angefertigte Nasspräparate von Kartoffelknollen mit pilzlichen Symptomen. Von links nach rechts: Absterben der Wurzelkeime durch *Rhizoctonia solani*, Silberschorf durch *Spondylocladium atrovirens* (= *Helminthosporium solani*), Trockenfäule durch *Fusarium* spp., Kartoffelmumien durch *Fusarium* spp. (Fotos: MANFRED GRÄFE und DJAVAD TAGHIZADHE, Stadtmuseum Berlin).

nicht so einfach war, denn „Voraussetzung für eine derartige Bearbeitung wäre nämlich, das die bisherige Kenntnis der in Frage kommenden Pilze es gestattet, jeden Organismus, der zu Versuchen herangezogen wird, so zu bestimmen und zu beschreiben, das er jederzeit wieder identifiziert werden kann. Dies ist jedoch nach dem heutigen Stande der Systematik dieser Pilzgruppe nicht möglich. Man hat sich nämlich bis jetzt in der Mehrzahl der Fälle damit begnügt, neu gefundene Fusarien mit einer kurzen Beschreibung zu versehen, die nur die notdürftigsten und leichtest erkennbaren Merkmale enthält. Dadurch hat man mehrere hundert Arten geschaffen, von denen der größte Teil nach ihren Beschreibungen allein kaum voneinander zu unterscheiden ist. Dies hat zu der Annahme geführt, dass die Fusarien so variabel seien, das sie nach morphologischen Merkmalen kaum unterschieden werden konnten“ (APPEL und WOLLENWEBER, 1910) (Abb. 5). Mit anderen Worten, die in der Praxis auftretenden Fusarien konnten nur in den seltensten Fällen einer bereits bekannten Art zugeordnet werden (APPEL, 1907b).

Hier galt es Abhilfe zu schaffen. „Den äußeren Anlaß zur Inangriffnahme der Frage gab das außerordentliche Auftreten von Fusarienkrankheiten im Sommer 1905“ (APPEL, 1907b). Aus ganz Deutschland trafen Berichte zum Auftreten von Fusarien an verschiedensten Kulturen bei Otto APPEL ein, begleitet von zahlreichen Einsendungen befallener Pflanzen. Besonders betroffen waren die Leguminosen, allen voran die Erbse, so dass sich der Doktorand Georg SCHIKORRA unter Anleitung von Otto APPEL dieser Thematik annahm (SCHIKORRA, 1907). SCHIKORRA stellte Reinkulturen der Fusarien her, führte Rückübertragungsversuche an Erbse durch und konnte so die Pathogenität der Fusarien belegen. Mit Hilfe standardisierter Nährmedien beschrieb er die Form und Farbe des Luftmyzels, sowie das zeitliche Auftreten von Mikrokonidien, Makrokonidien und Chlamydosporen. Dabei variierte er sowohl die Zusammensetzung der Nährmedien

(z.B. saure Kartoffelsaft-Gelatine, alkalisches Kartoffelsaft-Pepton-Agar) als auch Temperatur und Feuchte und untersuchte die Fähigkeit der Pilze zum Abbau von Rohrzucker und Cellulose. Otto APPEL und sein Mitarbeiter Hans Wilhelm WOLLENWEBER dehnten diese Arbeiten auf weitere *Fusarium*-Arten aus. Zusammen gelang es ihnen „...nachzuweisen, daß die Fusarien durchaus nicht so variabel sind, wie man bisher annahm, und das es sehr wohl möglich ist, die einzelnen Arten genügend zu unterscheiden, ohne auf das durchaus unsichere Merkmal des Substrats besonderes Gewicht zu legen. Dieses Ergebnis gründet sich im wesentlichen auf die Herausarbeitung bis jetzt völlig vernachlässigter Merkmale, wie Art der Krümmung, Konstanz der Septierung, Ausgestaltung von Fuß- und Scheitelzellen der Konidien u.a.m. Dabei war die künstliche Kultur von besonderer Bedeutung, ja, man kann sogar sagen, das erst die Auffindung von Nährböden, mit denen sich bewußt bestimmte Wachstumserscheinungen hervorrufen lassen, die Durchführung der Arbeit ermöglichten“ (APPEL und WOLLENWEBER, 1910).

Bei der Suche nach geeigneten Nährmedien für die Differenzierung eines möglichst breiten Spektrums unterschiedlicher Fusarien testeten APPEL und WOLLENWEBER (1910) unter anderem Stängel von Kartoffel (alte ausgereifte Stängel), Erbse, Apfel (zweijährige Triebe), Roggen (Stroh), Lupine, Dicke Bohne (*Vicia faba*), Früchte von Apfel, Birne, Melone, Banane, Knollen von Kartoffel, Wurzeln von Möhre, Samen von Roggen und Blätter von Erbsen, Kartoffeln und Apfel. Auch künstliche Medien basierend auf Nährsalzen und definierten Kohlenhydrat- und Proteinquellen wurden untersucht. Als besonders geeignet erwiesen sich: 1) Nährmedium No. 42 bestehend aus 1000 ml Wasser, 20 g Ammoniumnitrat, 10 g Dikaliumphosphat, 5 g Magnesiumsulphat, 100 g Traubenzucker, 10 g Agar und 2) Nährmedium No. 46 „Kartoffelsaftagar“ bestehend aus 1000 ml Kartoffelsaft, 100 g Traubenzucker, 10 g Zitronensäure und 15 g Agar (Abb. 6).

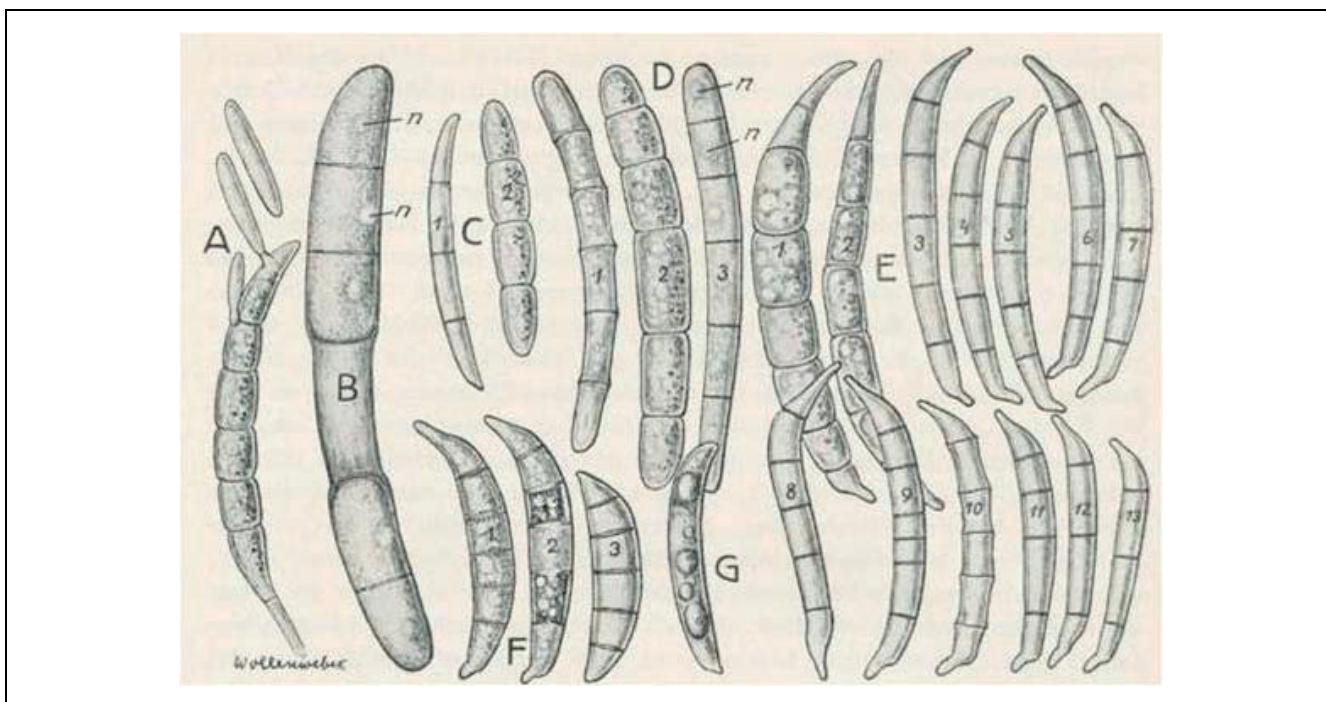


Abb. 5. „Gegensätze zwischen anormal und normal geformten Makrokonidien. A. *Fusarium metachroum*. Junge Konidien als Hungerformen bei Kultur in Wasser unter Deckglas (48 Stunden lang) an kurzen Sterigmen abgeschnürt, die den stark gequollenen Zellhüllen aufsitzen. B. *Fusarium spec.*, das als Konidienform von einer Kakao-Nectria de Jonge der Kaiserl. Biol. Anstalt von der Zentralstelle für Pilzkulturen in Amsterdam übersandt worden ist. In jeder Zelle der für die Art kleinen Konidie befindet sich ein Zellkern (n), außer in der durch Druck zerstörten, deren Membran infolge Heraustretens des Zellinhalts etwas eingeschnürt erscheint. C. *F. orthoceras*. 1. Triseptate ungequollen, 2. gequollen im Wasser unter Deckglas. D. *F. willkommii*. 1. Durch wasserentziehende Mittel kontrahierte Hülle, aus der die Septen ringartig vortreten. Der Zellinhalt ist plasmolysiert und vacuolig. 2. Verzögerte Keimung mit bauchiger Aufquellung der vacuoligen Zellen nach 3 Tagen Aufenthalt unter Deckglas. 3. Normale Konidie, deren Zellkerne (n) als äußerst mattglänzende Scheiben, je eine in einer Zelle, ohne Einwirkung von Färbemitteln zu sehen sind durch den sehr feinkörnigen fast homogenen erscheinen den Wandbelag hindurch. E. 1–13. *F. rostratum* n. n., die Konidienform von *Gibberella saubinetii* (vgl. Teil VII des allgemeinen Teiles). 1. Verzögerte Keimung in einer feuchten Jungkultur mit starker Aufquellung der vacuoligen Zellen der anormal verlängerten Konidie. 2. Plasmolyzierte Zellen einer Konidie ohne starke Quellung. 3–7, 11–13 normal geformte Konidien, Quinquesepaten sind normal herrschend, Tri- und Quattuorseptaten seltener gefunden. 8. Anormale Form. 9. Anormal hohe ungleichmäßig verteilte Septierung, bei einer normal gestalteten Konidie. 10. Trockenstadium der Normalkonidie mit ringartig vortretenden Septen. F. *F. rubiginosum*. 1. Quinquesepate mit großkörnigem Belag der Wand ringsum jede Zelle und großen Vacuolen im Innern. 2. Zwei der sonst hyalinen stark vacuolisierten Zellen (die dunklen) sind karminrot und offenbar geschädigt, da sie Anzeichen beginnender Plasmolyse verraten. 3. Sehr dicke Quinquesepate einer Kultur auf gekochter Knolle, wo die Ausbildung oft nicht so charakteristisch ist, wenn auch nicht immer anormal. G. *F. solani*. Form normal; mit großen und kleinen Vacuolen, deren Rand stark lichtbrechend ist. Septen sind nicht vorhanden. Aus 4 Monate alter feuchter Kultur auf gekochter Knolle“ (APPEL und WOLLENWEBER, 1910).

Auf diesen standardisierten Nährmedien kultivierten APPEL und WOLLENWEBER die ihnen vorliegenden Fusarien, beschrieben deren Eigenschaften und sortierten sie neu zu. Viele Isolate konnten keiner der bisher bekannten Beschreibungen zugeordnet werden und mussten neu beschrieben werden (Tab. 1), nun versehen mit detaillierten Angaben zur Morphologie, Biologie und deren biochemischen Reaktionen. Hans Wilhelm WOLLENWEBER fertigte auf geradezu künstlerischer Art Zeichnungen der verschiedenen Arten an (Abb. 7). Nach 3 Jahren intensiver Fleißarbeit veröffentlichten APPEL und WOLLENWEBER die Ergebnisse ihrer Arbeit in dem Standardwerk „Grundlagen einer Monographie der Gattungen *Fusarium* (Link)“ (APPEL und WOLLENWEBER, 1910). Die wichtigsten Ergebnisse fassten sie wie folgt zusammen:

- „Es wurde der Beweis erbracht, das eine bessere Unterscheidung der Fusarien, als sie bisher vorhanden

war, durch Heranziehen bisher nicht oder nicht genügend gewürdigter Merkmale möglich ist.

- Es wurde eine Kulturmethode gefunden zur Anzucht normaler Konidien. Die Kriterien des Normalbegriffs bei Konidien wurden aus Form, Bau, Farbe, Inhaltsveränderungen, Jugend-, Reife-, Alterserscheinungen der Konidien gewonnen.
- Dabei ergab sich, das gekochte Vegetabilien normale Erscheinungsformen der *Fusarium*-Pilze liefern können.
- Die Konidienausbildung war am besten auf Stengeln, Ausnahmen kamen aber vor.
- An Fruchtformen fanden sich bei den meisten Arten nur Konidien und Chlamydosporen, letztere nicht unbedingt, erstere stets“ (APPEL und WOLLENWEBER, 1910).

Neben zahlreichen Fusarien beschrieb Otto APPEL im Laufe der Jahre auch weitere phytopathogene Pilze (Tab. 1),

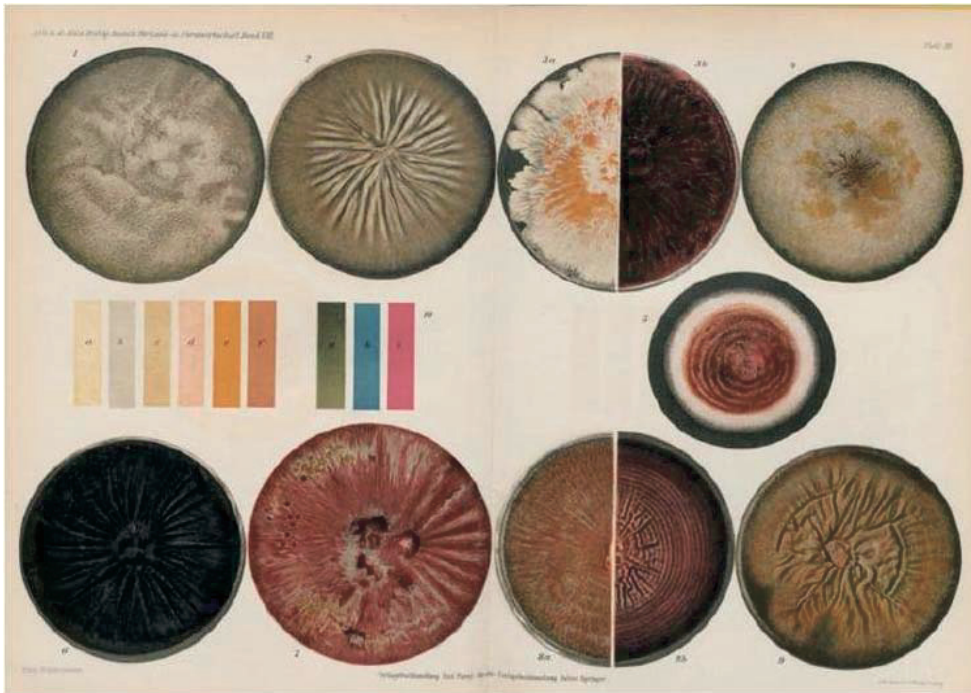


Abb. 6. Darstellung einiger Fusarien vier Wochen nach Kultur auf Agar No. 42 (3a und 8a) bzw. Agar No. 46 (restliche Abbildungen). 1. *Fusarium solani*, 2. *F. orthoceras*, 3a. *F. subulatum* auf Agar No. 42 mit orangefarbigem Konidienschleim auf hellem Luftmycelthallus, 3b. *F. subulatum* auf Agar No. 46 mit dunkelrotem Thallus, von der Unterseite gesehen, 4. *F. willkommii*, 5. *F. subulatum*, Jugendstadium der Kultur in Fig. 3b, 6. *F. coeruleum*, 7. *F. discolor*, 8a. *F. metachroum* auf Agar No. 42 mit orangefarbenen Konidien, 8b. *F. metachroum* auf Agar No. 46 mit dunkelrotem untergetauchten Thallus, 9. F. auf dem faltig aufgeworfenen ockerfarbigen Thallus erscheinen die feinpulverig zerstreut lagernden Konidien in etwas dunklerer Farbe“ (APPEL UND WOLLENWEBER, 1910).

darunter Arten von Kulturen aus den damaligen deutschen Kolonien Kamerun und Samoa, allen voran von Kakao (APPEL UND STRUNK, 1904; APPEL UND LAUBERT, 1906). In Würdigung der taxonomischen Arbeiten Otto APPELS hat sein ehemaliger Mitarbeiter Gustav GAßNER einen phytopathogenen Vertreter der Rostpilze, der an Passionsblume Gallbildung auf Sprossachsen, Blattstielen und Blättern verursacht, nach ihm benannt: *Uromyces appelianus* (GAßNER, 1922).

Die Bekämpfung der Brandpilze

Neben den Fusarien spielte die Bekämpfung der Brandpilze in der Biologischen Abteilung für Land- und Forstwirtschaft des Kaiserlichen Gesundheitsamtes von Beginn an eine bedeutende Rolle. Dies wurde noch verstärkt „als im Jahre 1905 der Flugbrand in der Provinz Hannover so stark auftrat, das nach einem Bericht der dortigen Landwirtschaftskammer bis zu 50% der Ähren durch Flugbrand zerstört waren“ (APPEL UND RIEHM, 1911a). Um Otto APPEL bildete sich eine Arbeitsgruppe mit dem Ziel, ein Verfahren zur Bekämpfung des Gerstenflugbrands (*Ustilago hordei*) und Weizenflugbrands (*Ustilago tritici*) zu entwickeln. Die besondere Schwierigkeit bei der Bekämpfung dieser beiden Flugbrandarten besteht darin, dass der Pilz den Embryo im Samen befällt und nicht, wie bei anderen Brandarten (z.B. Weizensteinbrand, Gerstenhartbrand, Haferflugbrand), außen auf der Schale sitzt. Maßnahmen gegen Letztere, wie Oberflächenbehandlung des Saatgutes mit Kupfervitriol oder 0,1-prozentiger Formalinlösung bzw. Heißwasserbehandlung von 10 Minuten mit 55°C warmem Wasser, erwiesen sich gegen den Gersten- und Weizenflugbrand als unwirksam (APPEL UND GAßNER, 1907a,b).

Otto APPEL und seine Mitarbeiter untersuchten verschiedenste Verfahren, die sich aber überwiegend als unwirksam oder nicht praktikabel erwiesen (APPEL UND GAßNER, 1907a). So war zum Beispiel das Entfernen der Brandpflanzen aus den Beständen vielleicht noch in Zuchtgärten möglich, nicht aber bei großflächigem Anbau. Die Vermutung, dass in mehrjährig gelagertem Saatgut das pilzliche Myzel möglicherweise so geschwächt ist, dass es nach Aussaat nicht mehr zu einer Infektion fähig ist, erwies sich als nicht haltbar. Auch zeigten sich keine Unterschiede in der Anfälligkeit zwischen großen und kleinen Körnern. Eine Erzeugung brandfreien Saatgutes war in der Praxis nicht möglich, da die Voraussetzungen, Vermehrungsfläche plus Nachbarflächen sind absolut frei von Flugbrand, nicht gegeben waren. Einzig der Einsatz wenig anfälliger Sorten erwies sich als ein vielversprechender Bekämpfungsansatz. Es zeigte sich in der Praxis, dass Sorten mit kurzer Blühphase bzw. wenig geöffneten Blüten kaum befallen wurden (APPEL UND RIEHM, 1911a,b). Durch Züchtung entsprechender Sorten könnte somit der Befallsdruck reduziert werden. Dieser Ansatz ist aber langfristig ausgerichtet, wohingegen Otto APPEL nach einer sofortigen Lösung suchte. Bei seinen Literaturrecherchen stieß APPEL auf eine bis dahin kaum beachtete dänische Arbeit von JENSEN aus dem Jahr 1891. In dieser Arbeit empfahl JENSEN zur Bekämpfung des Gerstenflugbrandes, das Saatgut 4 Stunden in kaltem Wasser einzuweichen, es dann weitere 6 Stunden in einem feuchten Sack stehen zu lassen, um es dann für 5 Minuten in 52,5°C warmes Wasser zu tauchen und abschließend zu trocknen. So behandeltes Saatgut war nach JENSEN nahezu frei von Flugbrand (JENSEN, 1891).

Tab. 1. Von Otto Appel beschriebene phytopathogene Pilze

Ursprünglicher Artname	Aktueller Artname*
<i>Acremonium sclerotiniarum</i> Appel & Laubert 1906	
<i>Corymbomyces</i> Appel & Strunk 1904	= <i>Gliocladium</i> Corda 1840
<i>Corymbomyces albus</i> Appel & Strunk 1904	
<i>Colletotrichum theobromae</i> Appel & Strunk 1904	
<i>Diplodina corticola</i> Appel & Strunk 1904	
<i>Discella cacasicola</i> Appel & Strunk 1904	
<i>Fusarium colorans</i> De Jonge, Appel & Wollenw. 1910	
<i>Fusarium discolor</i> Appel & Wollenw. 1910	
<i>Fusarium discolor</i> var. <i>sulphureum</i> (Schltdl.) Appel & Wollenw. 1910	= <i>F. sambucinum</i> var. <i>sambucinum</i> Fuckel 1870
<i>Fusarium elegans</i> Appel & Wollenw. 1910	
<i>Fusarium erubescens</i> Appel & Oven 1905	
<i>Fusarium falcatum</i> Appel & Wollenw. 1910	= <i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>psi</i> Schikora 1906
<i>Fusarium gibbosum</i> Appel & Wollenw. 1910	= <i>F. equiseti</i> (Corda) Sacc. 1886
<i>Fusarium martii</i> Appel & Wollenw. 1910	= <i>F. solani</i> (Mart.) Sacc. 1881
<i>Fusarium metachroum</i> Appel & Wollenw. 1910	
<i>Fusarium orthoceras</i> Appel & Wollenw. 1910	= <i>F. oxysporum</i> Schltdl. 1824
<i>Fusarium rostratum</i> Appel & Wollenw. 1907	
<i>Fusarium rubiginosum</i> Appel & Wollenw. 1906	
<i>Fusarium subulatum</i> Appel & Wollenw. 1910	
<i>Fusarium theobromae</i> Appel & Strunk 1904	= <i>F. javanicum</i> var. <i>theobromae</i> (Appel & Strunk) Wollenw. 1931
<i>Fusarium ventricosum</i> Appel & Wollenw. 1913	= <i>Rectifusarium ventricosum</i> (Appel & Wollenw.) L. Lombard & Crous 2015
<i>Lasiodiplodia nigra</i> Appel & Laubert 1906	
<i>Pyricularia caudata</i> Appel & Strunk 1904	= <i>Trichoconis caudate</i> (Appel & Strunk) Clem. 1909
<i>Rhodospora ramealis</i> var. <i>macrospora</i> Appel & Laubert 1905	= <i>R. ramealis</i> (Desm. & Roberge) Sacc. 1884
<i>Rhodospora theobromae</i> Appel & Strunk 1904	
<i>Typhula stricta</i> Appel & Laubert 1906	
<i>Typhula intermdia</i> Appel & Laubert 1906	= <i>T. variabilis</i> Riess 1853
<i>Ustilago dura</i> Appel & Gassner 1922	

* Aktueller Name entsprechend „Mycobank“, International Mycological Association (www.mycobank.org) und „Index Fungorum“, Royal Botanic Gardens Kew, UK (www.indexfungorum.org).

An dieses Verfahren knüpfte Otto APPEL an. Die entscheidende Frage für ihn war, wie überführt man den Flugbranderreger in ein empfindliches Stadium, so dass er bekämpft werden kann, ohne gleichzeitig den Embryo des Getreides zu schädigen. Ausgehend von der Vermutung, dass keimende Sporen bzw. Samen gegenüber äußeren Einflüssen empfindlicher reagieren als ruhende Sporen bzw. Samen, galt es nun herauszufinden, welche äußeren Bedingungen die Sporen in ein empfindliches Stadium bringen, nicht aber den Samen. Otto APPEL untersuchte im Detail die Biologie des Flugbranderregers, insbesondere bei welcher Temperatur bzw. Kornfeuchte und in welcher Zeit er keimte, sowie bei welcher Temperatur er sich sicher abtöten ließ. Weiterhin untersuchte er Dauer und Temperatur der Vorquellzeit, die erforderliche Kornfeuchte sowie Temperatur und Einwirkungszeit einer Heißwasserbehandlung (APPEL und GAßNER, 1907b). Aus

den Ergebnisse seiner Untersuchungen leitete Otto APPEL folgende Empfehlung für eine Heißwasserbehandlung zur Bekämpfung des Gersten- und Weizenflugbrandes ab: 1) Aktivierung des pilzlichen Myzels durch Vorquellen des Saatgutes für 4 Stunden in 27°C warmem Wasser, 2) Abtöten des Myzels durch eine Heißwasserbehandlung von 5 Minuten in 52°C warmem Wasser, 3) Trocknen des Saatgutes. Entscheidend für eine erfolgreiche Behandlung ist, dass das Getreide vor der Heißwasserbehandlung mindestens 20% Wasser aufgenommen hat und dass die zuvor genannten Bedingungen genauestens eingehalten wurden (APPEL und GAßNER, 1906, 1907a).

Bedeutung der Resistenzzüchtung

Wie schon bei der Bekämpfung der Brandkrankheiten angeklungen, sah Otto APPEL in der Resistenzzüchtung ein enormes Potential zur Gesunderhaltung der Kultur-

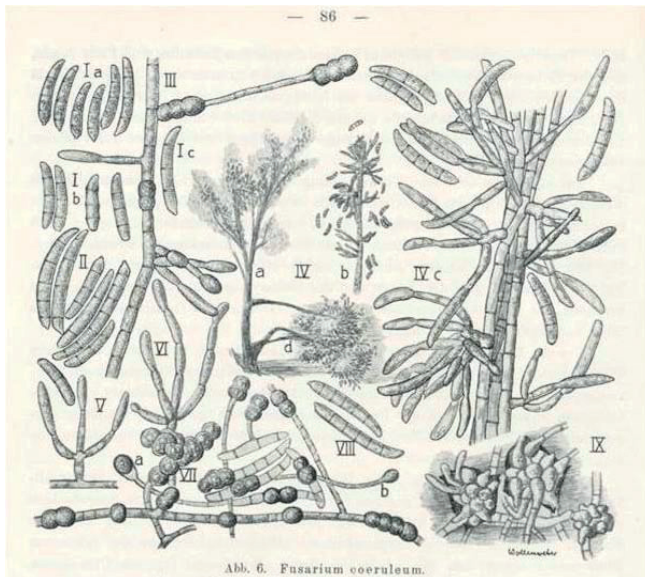


Abb. 7. Konidienträger, Konidien und Chlamydosporien von *Fusarium coeruleum* bei unterschiedlichem Alter (APPEL und WOLLENWEBER, 1910).

pflanzen. Allein die Mittel waren noch wenig erforscht und die Wege lang. Züchtung basierte wie seit Jahrtausenden noch immer auf der reinen Selektion von Pflanzen mit den gewünschten Eigenschaften. Gezielte Kreuzungsversuche, wie von Mendel 1866 beschrieben, setzten sich erst mit Beginn des 20. Jahrhunderts langsam durch. Auch wenn Otto APPEL nur ansatzweise selbst gezüchtet hat, so hat er sich doch sehr intensiv mit den enormen Möglichkeiten der Resistenzzüchtung auseinandergesetzt und diese immer wieder in Fachartikeln und auf Vortragsveranstaltungen herausgestellt. In einem Übersichtsartikel, erschienen 1915 im US-amerikanischen Fachjournal *Science*, benennt er detailliert sowohl Voraussetzungen als auch Ansatzpunkte für die Züchtung krankheitsresistenter Sorten (APPEL, 1915a). Grundlage einer Resistenzzüchtung ist jeweils das Vorhandensein entsprechend resistenter Ausgangsmaterials, entweder in bereits bestehenden Sorten oder in nahe verwandten Wildpflanzen. Die Übertragung der wertgebenden Merkmale kann dann über Pfropfung oder Kreuzung erfolgen. Als Züchtungsmerkmale schlägt er vor: 1) Weizensorten mit geschlossenen Blüten zur Bekämpfung des Weizenflugbrandes, 2) kurze Blütezeit bei Getreide zur Bekämpfung von Mutterkorn, 3) kleine, haarige Blätter bei Kartoffel, die schneller abtrocknen, zur Bekämpfung von *Phytophthora*, 4) wenige und kleine Lentizellen bei Kartoffelknollen zur Bekämpfung der Weichfäule und 5), rasche Korkbildung bei Kartoffelknollen zur Bekämpfung von *Fusarium* (APPEL, 1915a).

Fütterungsversuche mit einigen als schädlich verdächtigen Futtermitteln

Neben den rein phytopathologischen Fragestellungen beschäftigte sich Otto APPEL auch mit der Frage, ob von

Schaderregern befallenes Erntegut in der Tierfütterung bedenkenlos eingesetzt werden kann. Während frühere Arbeiten vor allem die Nahrungsaufnahme im Fokus hatten, interessierte Otto APPEL zusätzlich die Frage, ob es möglicherweise zu Veränderungen der inneren Organe kommen könnte, die im späteren Verlauf zu einer Erkrankung der Tiere führten. Gemeinsam mit dem Oberveterinär F. KOSKE führte Otto APPEL Fütterungsversuche an Schweinen, Geflügel und Tauben mit Stein- oder Stinkbrand befallenen Weizen (*Tilletia caries*, syn. *T. tritici*) sowie Versuche an Schweinen und Rindern mit Kraut- und Kartoffelfäule (*Phytophthora infestans*) bzw. Knollennassfäule (*Pectobacterium atrosepticum*) befallenen Kartoffeln durch. Die Versuche waren recht ähnlich aufgebaut. Beispielhaft sei an dieser Stelle ein Fütterungsversuch mit Steinbrandsporen dargestellt.

„Zu diesem Versuche wurden zwei Hühner und eine Taube herangezogen. Als Futter wurde ein gemischtes Körnerfutter gereicht, dem für Tag und Kopf je 5 g Steinbrandsporen zugesetzt worden war. Während die Hühner dieses Futter ohne weiteres annahmen, verweigerte es die Taube zunächst. Um sie daran zu gewöhnen, erhielt sie zuerst Erbsen, die vom Erbsenkäfer angebohrt waren und deren Hohlräume mit einer aus Sporen und etwas Brot zusammengesetzten Masse ausgefüllt waren. Diese Erbsen nahm auch die Taube an und schon nach zwei Tagen verweigerte sie auch das gewöhnliche Körnerfutter, das eingeweicht und mit Brandsporen vermischt war, nicht mehr. Die Fütterung dauerte nunmehr für alle 3 Tiere 14 Tage, so daß jedes einzelne insgesamt 70 g Steinbrandsporen erhielt. Der abgegebene Kot war während dieser Zeit völlig schwarz und bestand fast ausschließlich aus Sporen“ (APPEL und KOSKE, 1907). Fünf Tage nach Abschluss des Versuchs wurden die Tiere getötet und obduziert. Bei keinem der Tiere zeigten sich Veränderungen an den Schleimhäuten von Kropf, Drüsen- und Muskelmagen und Darm sowie an Milz und Leber. Ebenso wenig wurden an den mit Schweinen durchgeführten Versuchen Veränderungen im Magen-Darm-Trakt bzw. in Lunge, Milz, Leber und Nieren gefunden. APPEL und KOSKE (1907) schließen daraus, dass im Falle einer ungünstigen Futterwirkung der Nachweis von Brandsporen nicht als Erklärung für eine mögliche Schädlichkeit des Futters ausreicht.

Bei den Versuchen mit trocken- und nassfaulen Kartoffeln wurde bei Schweinen und Rindern teils kurzfristig Mattigkeit und Durchfall beobachtet, wobei diese Symptome rasch wieder verschwanden. Krankheitserscheinungen traten nicht auf, wohl aber war die Gewichtszunahme der behandelten Tiere etwas geringer als bei den Kontrolltieren. Hinzu kam, dass bei den behandelten Schweinen das gebildete Fett weniger fest und kernig war. Demgegenüber waren Aussehen und Geschmack des Fleisches weder bei Schweinen noch bei Rindern beeinträchtigt (APPEL und KOSKE, 1907).

Weitere Arbeiten

Im Jahr 1907 war Otto APPEL am Zenit seiner wissenschaftlichen Arbeit angelangt. Dieses Jahr war sein pro-

duktivstes bezogen auf die Anzahl veröffentlichter Forschungsarbeiten. Seine Fachkenntnis wie auch sein organisatorisches Talent wurde nun zunehmend für andere Aufgaben angefragt, ja geradezu benötigt, national wie international. In Deutschland engagierte er sich bei der Organisation des Pflanzenschutzdienstes. Zahlreiche Reisen führten ihn in das europäische Ausland und dreimal in die USA, wo er über die Bedeutung des Pflanzenschutzes referierte, aber auch so manche neue Entwicklung mit nach Deutschland brachte (APPEL, 1916a, b, 1918). Sein Publikationsdrang war ungebrochen. So veröffentlichte Otto APPEL zahlreiche weitere Flugblätter, die er stets auf dem aktuellen Stand hielt (z. B. APPEL, 1906, 1916c, d, 1917a). Während der Kriegsjahre kamen Arbeiten hinzu, wie zur Frage, ist Deutschland auszuhungern? (APPEL, 1915b). Quasi als Antwort auf diese Frage entwickelte er Ratgeber zur Sicherung der Kartoffelbestände (APPEL, 1917b) sowie zur Lagerung der Kartoffel im Haushalt (APPEL, 1917c).

1920–1933: Direktor

1920 wurde Otto APPEL Direktor der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft als Nachfolger des Geheimen Oberregierungsrates Dr. BEHRENS. Es waren schwierige Zeiten. Der Erste Weltkrieg war gerade zu Ende, die Nahrungsmittelproduktion deckte kaum den Bedarf der Bevölkerung und die zunehmende Inflation erschwerte die wirtschaftliche Entwicklung. Aber die Zeit war auch reif für neue Entwicklungen, neue organisatorische Strukturen. Otto APPEL nutzte die Gunst der Stunde. Er gestaltete die Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft um, gründete Zweig- und Außenstellen in ganz Deutschland, richtete den Pflanzenschutzdienst neu aus und machte ihn zu einer leistungsfähigen und zukunftsfähigen Institution. Für eigene wissenschaftliche Untersuchungen blieb ihm keine Zeit mehr, aber selbst in Zeiten knappster finanzieller Mittel schaffte er es, neue Planstellen im Bereich des Pflanzenschutzes zu schaffen und somit die Forschung an der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft kontinuierlich auszubauen.

Seine wissenschaftlichen wie auch organisatorischen Kenntnisse im Pflanzenschutz brachte er nunmehr in zahlreichen Übersichtsarbeiten, Buchkapiteln und Monographien ein. Er beschäftigte sich mit dem Pflanzenschutz im Unterricht, in Wissenschaft und Praxis (APPEL, 1923, 1932a) sowie der Ausbildung technischer Assistenten im Pflanzenschutz (APPEL, 1941); mit der Erntesicherung als einer nationalen Notwendigkeit (APPEL, 1933a), der Auswirkung der Schädlingsbekämpfung auf die Ernährungssicherheit (APPEL, 1932b) sowie Maßnahmen zur Steigerung und Verbilligung der landwirtschaftlichen Produktion (APPEL, 1932c). Immer wieder verwies er auf die enormen Möglichkeiten der Resistenzzüchtung für den modernen Pflanzenschutz (APPEL, 1915a, 1927a, b, c, 1930). Darüber hinaus war er unter anderem „Mitherausgeber von SORAUERS ‚Handbuch der Pflanzenkrank-

heiten‘, von KNUTHS ‚Handbuch der Blütenbiologie‘, von HAGER-TOBLERS ‚Das Mikroskop‘, der ‚Deutschen Landwirtschaftlichen Rundschau‘, der ‚Phytopathologischen Zeitschrift‘ und der Zeitschrift ‚Der Biologe“ (KLINKOWSKI, 1953). Auf großes Interesse in der Praxis stießen die von APPEL herausgegebenen ‚Taschenatlanten‘, die sich schnell zu Standardwerken für die wichtigsten Krankheiten und Schädlinge der Kulturpflanzen und deren Bekämpfung entwickelten (APPEL, 1925, 1926a, b, 1928a, b, 1929a, b, 1931, 1933b, 1934, 1944).

Otto APPEL hat mit Weitsicht und Tatendrang die phytomedizinischen Herausforderungen seiner Zeit angenommen, hat Lösungen erarbeitet und den Pflanzenschutz in vielen Bereichen geradezu revolutioniert. Sein Wirken für den Pflanzenschutz hat ihn weit über die Grenzen bekannt gemacht und so zählt er heute zu Recht zu den großen Phytopathologen der ersten Hälfte des 20-igsten Jahrhunderts.

Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gebührt den Kolleginnen und Kollegen vom ‚Informationszentrum und Bibliothek‘ des Julius Kühn-Instituts, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, für die intensive Recherche und Beschaffung der Arbeiten von Otto APPEL sowie dem bereitgestellten Bildmaterial, namentlich Silvio ARGANESE, Olaf HERING, Hans Peter HÖNNINGER, Viktoria KAPPES und Benjamin RUF. Frau Cordula GATTERMANN danke ich ganz herzlich für das reichhaltige biografische Material zu Otto APPEL, was es mir ermöglichte, die verschiedenen Stationen seines Lebens im Detail nachzuvollziehen. Herrn Dr. Wolfgang MAIER vom Julius Kühn-Institut danke ich ganz herzlich für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

Literatur

- APPEL, O., 1890: Caricologische Notizen aus dem herzynischen Gebiet. Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft für Thüringen zu Jena, **8**, 41-44; zugleich Mitteilungen des Botanischen Vereins für Gesamtthüringen.
- APPEL, O., 1891: Bemerkungen über einige Arten der Gattung *Carex*. Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft, Band 1, 72-77.
- APPEL, O., 1893: Vergleich der Flora der Baar mit der des benachbarten Schaffhausen. Mitteilungen des Badischen Botanischen Vereins, Band 1.
- APPEL, O., 1892: Beiträge zur Kenntnis der Gattung *Carex*. Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft für Thüringen zu Jena, Band 11.
- APPEL, O., 1903: Vergleich der Flora der Baar mit der des benachbarten Schaffhausen. Mitteilungen des Badischen Botanischen Vereins **106**, 53-59.
- APPEL, O., 1899: Über Phyto- und Zoomorphosen (Pflanzengallen). Sonder-Abdruck aus den Schriften der Physikalisch-Ökonomisch. Gesellschaft zu Königsberg i.Pr., Jahrgang XXXIX. Verlag: Königsberg Leopold.
- APPEL, O., 1900: Vorbeugungsmaßregeln gegen das Überhandnehmen der Mäuse. Illustrierte Landwirtschaftliche Zeitung **20** (25).
- APPEL, O., A. JACOBI, 1901: Die Bekämpfung der Kaninchenplage. Flugblatt Nr. 7. Biologische Abteilung für Land- und Forstwirtschaft des Kaiserlichen Gesundheitsamtes, 4 Seiten.

- APPEL, O., 1902a: Untersuchungen über das Einmieten der Kartoffeln. Arbeiten aus der Biologischen Abtheilung des Kaiserlichen Gesundheitsamtes 2 (3), 373-436.
- APPEL, O., 1902b: Das Einmieten der Kartoffel. Flugblatt Nr. 15. Biologische Abtheilung für Land- und Forstwirtschaft des Kaiserlichen Gesundheitsamtes, 4 Seiten.
- APPEL, O., 1902c: Der Erreger der Schwarzbeinigkeit bei den Kartoffeln. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 20, 128-129.
- APPEL, O., 1903a: Anwendung des Schwefelkohlenstoffs zur Bekämpfung unterirdisch lebender Nagetiere. Naturwissenschaftliche Zeitung für Land- und Forstwirtschaft 1 (6), 214-219.
- APPEL, O., 1903b: Untersuchungen über die Schwarzbeinigkeit und die durch Bakterien hervorgerufene Knollenfäule der Kartoffel. Arbeiten aus der Biologischen Abtheilung für Land- und Forstwirtschaft am Kaiserlichen Gesundheitsamt 3 (4), 364-434.
- APPEL, O., 1904: Die Schwarzbeinigkeit und die mit ihr zusammenhängende Knollenfäule der Kartoffel. Flugblatt Nr. 28. Biologische Abtheilung für Land- und Forstwirtschaft des Kaiserlichen Gesundheitsamtes.
- APPEL, O., H.F. STRUNK, 1904: Über einige in Kamerun auf *Theobroma cacao* beobachtete Pilze. Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde 2 (11), 551-557.
- APPEL, O., 1906: Die Bakterien-Ringkrankheit der Kartoffel. Flugblatt Nr. 36. Kaiserliche Biologische Anstalt für Land- und Forstwirtschaft.
- APPEL, O., G. GAßNER, 1906: Der Brand des Hafers und seine Bekämpfung. Flugblatt Nr. 38. Kaiserliche Biologische Anstalt für Land- und Forstwirtschaft, 4 Seiten.
- APPEL, O., R. LAUBERT, 1906: Bemerkenswerte Pilze. I. Arbeiten aus der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft 5, 147-154.
- APPEL, O., 1907a: Die Bekämpfung der Feldmäuse. Parey, Berlin, 3. Aufl.
- APPEL, O., 1907b: Beiträge zur Kenntnis der Fusarien und der von ihnen hervorgerufenen Pflanzenkrankheiten. Arbeiten aus der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft 5, 155-156 und 184-189.
- APPEL, O., G. GAßNER, 1907a: Der derzeitige Stand unserer Kenntnisse von den Flugbrandarten des Getreides und Ein neuer Apparat zur einfachen Durchführung der Heißwasserbehandlung des Saatgutes. Arbeiten aus der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft 3, 1-20.
- APPEL, O., G. GAßNER, 1907b: Untersuchungen über den Brand, insbesondere den Flugbrand des Getreides. Arbeiten aus der Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft 4, 9-13.
- APPEL, O., F. KOSKE, 1907: Versuche über die Wirkung einiger als schädlich verdächtiger Futtermittel. Arbeiten aus der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft 5, 361-376.
- APPEL, O., H.W. WOLLENWEBER, 1910: Grundlagen einer Monographie der Gattung *Fusarium* (Link). Arbeiten aus der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft 8, 1-207.
- APPEL, O., E. RIEHM, 1911a: Die Bekämpfung des Flugbrandes von Weizen und Gerste. Arbeiten aus der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft 8, 343-426.
- APPEL, O., E. RIEHM, 1911b: Untersuchungen über die Brandkrankheiten des Getreides. Mitteilungen aus der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft 11, 9-12.
- APPEL, O., 1915a: Disease resistance in plants. *Science* 41, 773-782.
- APPEL, O., 1915b: Ist Deutschland auszuhungern? German Herold.
- APPEL, O., 1916a: International Phytopathology. *Phytopathology* 6, 55-63.
- APPEL, O., 1916b: Der Kartoffelbau in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. *Illustrierte Landwirtschaftliche Zeitung* 17, 112-114.
- APPEL, O., 1916c: Die Brennfleckenkrankheiten der Bohnen und Erbsen. Flugblatt Nr. 60. Kaiserliche Biologische Anstalt für Land- und Forstwirtschaft, 4 Seiten.
- APPEL, O., 1916d: Die Kraut- und Knollenfäule der Kartoffeln. Flugblatt Nr. 61. Kaiserliche Biologische Anstalt für Land- und Forstwirtschaft, 4 Seiten.
- APPEL, O., 1917a: Die Percidbrühe als Ersatz der Kupferkalkbrühe. Flugblatt Nr. 62. Kaiserliche Biologische Anstalt für Land- und Forstwirtschaft, 4 Seiten.
- APPEL, O., 1917b: Die Sicherung unserer Kartoffelbestände. *Deutsche Landwirtschaftliche Presse* 7, 55.
- APPEL, O., 1917c: Kartoffellagerung im Haushalt. Flugblatt. Berlin.
- APPEL, O., 1918: Was lehrt uns der Kartoffelbau in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika? Arbeiten der Gesellschaft zur Förderung des Baues und der wirtschaftlich zweckmäßigen Verwendung der Kartoffel, Berlin, pp. 68.
- APPEL, O., 1923: Der Pflanzenschutz im Unterricht. *Int. Congr. Phytopath. und ökon. Ent. (Holland)*, 226-231.
- APPEL, O., 1925: Kartoffelkrankheiten. 1. Teil Knollenkrankheiten (Pareys Taschenatanten Nr. 1). Parey, Berlin.
- APPEL, O., 1926a: Taschenatlas der Kartoffelkrankheiten, 2. Teil: Staudenkrankheiten (Pareys Taschenatanten Nr. 2). Parey, Berlin.
- APPEL, O., 1926b: Taschenatlas der Krankheiten der Zuckerrübe. Parey, Berlin.
- APPEL, O., 1927a: Einige neuere Fragen der Kartoffelzüchtung. *Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft* 27, 1-4.
- APPEL, O., 1927b: Beitrag zur Frage der Immunitätszüchtung der Kartoffel. *Pflanzenbau* 4, 51-56.
- APPEL, O., 1927c: Die Züchtung krankheitswiderstandsfähiger Sorten. *Illustrierte Landwirtschaftliche Zeitung* 47, 464-466.
- APPEL, O., 1928a: Taschenatlas der Krankheiten des Kern- und Steinobstes. 1. Teil: Kernobst (Pareys Taschenatanten Nr. 4). Parey, Berlin.
- APPEL, O., 1928b: Taschenatlas der Krankheiten des Kern- und Steinobstes. 2. Teil: Steinobst (Pareys Taschenatanten Nr. 5). Parey, Berlin.
- APPEL, O., 1929a: Taschenatlas der Krankheiten des Beeren- und Schalenobstes (Pareys Taschenatanten Nr. 6). Parey, Berlin.
- APPEL, O., 1929b: Krebsfeste Kartoffelsorten und die häufig mit ihnen verwechselten anfälligen Sorten (Pareys Taschenatanten Nr. 7). Parey, Berlin.
- APPEL, O., 1930: Pflanzenpathologie und Pflanzenzüchtung. *Der Züchter* 11, 309-312.
- APPEL, O., 1931: Taschenatlas der Getreidekrankheiten (Pareys Taschenatanten Nr. 10). Parey, Berlin.
- APPEL, O., 1932a: Der Pflanzenschutz in Wissenschaft und Praxis. *Nachrichten Gießener Hochschulgesellschaft* 3, 43-54.
- APPEL, O., 1932b: Schädlingsbekämpfung und ihre Auswirkung auf die deutsche Volksernährung. *Friedrichswerther Monatsberichte* 22, 85-86.
- APPEL, O., 1932c: Maßnahmen zur Steigerung und Verbilligung der landwirtschaftlichen Produktion. *Die Deutsche Landwirtschaft* 50, 72-744.
- APPEL, O., 1933a: Erntesicherung, eine nationale Notwendigkeit. *Landbau und Technik*, 2 Seiten.
- APPEL, O., 1933b: Taschenatlas der Gemüsekrankheiten (Pareys Taschenatanten Nr. 11). Parey, Berlin.
- APPEL, O., 1934: Taschenatlas der Krankheiten des Weinstockes (Pareys Taschenatanten Nr. 12). Parey, Berlin.
- APPEL, O., 1941: Die Technische Assistentin im künftigen Pflanzenschutzdienst. Berlin.
- APPEL, O., 1944: Taschenatlas der Schädigung in Futterpflanzen 1. Teil Lupine, Serradella und Luzerne (Pareys Taschenatanten Nr. 14). Parey, Berlin.
- BACKHAUS, G.F., 2018: Otto Appel – ein Leben im Dienst des Pflanzenschutzes. *Journal für Kulturpflanzen* 70, 1-11.
- DE BARY, A., 1861: Die gegenwärtig herrschende Kartoffelkrankheit, ihre Ursache und ihre Verhütung: eine pflanzenphysiologische Untersuchung. Förstner'sche Buchhandlung, Leipzig 1861, pp. 75.
- GAßNER, G., 1922: Über einen eigenartigen *Uromyces* auf *Passiflora foetida* L. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 40, 64-68.
- JACOBI, A., O. APPEL, 1902: Beobachtungen und Erfahrungen über die Kaninchenplage und ihre Bekämpfung. *Arbeiten aus der Biologischen Abtheilung für Land- und Forstwirtschaft am Kaiserlichen Gesundheitsamt* 2, 471-505.
- JENSEN, J.L., 1891: Et Par Meddelelser om Bortskaffelsen af Vaarsaemens Brand. *Meddelelser til Deltagerne i Faellesindkjebet af undersogt Markfrø i Foraaret 1890*, Kopenhagen, 22.
- JONES, L.R., 1901: *Bacillus carotovorus* n. sp., die Ursache einer weichen Fäulnis der Möhre. *Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene. Abteilung II*, 7, 12-21.
- KLINKOWSKI, M., 1953: Otto Appel (1867-1952). *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung* 32, 1-6.
- SCHIKORRA, G., 1907: *Fusarium*-Krankheiten der Leguminosen. *Arbeiten aus der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft* 5, 157-183.