

## G. Kraus, Ueber das Kalkoxalat der Baumrinden.

(Halle 1891.)

Es gibt kaum eine Stelle in der Pflanze, wo soviel oxalsaurer Kalk angehäuft ist, wie in der Bastschicht der Bäume und Sträucher. Bei manchen Pflanzen kann derselbe  $\frac{1}{5}$  des Rindengewichtes ausmachen.

Untersuchungen, die durch mehrere Vegetationsperioden reichen, setzen Verf. in die Lage, aussprechen zu können: „Das Rindenoxalat ist Reservestoff, wenn man anders darunter einen Körper versteht, der an bestimmten Orten in der Pflanze aufgehäuft, später nach Bedarf wieder in Gebrauch genommen wird.“

Nach einer Reihe angeführter analytischer Resultate verschwindet mit dem Erwachen der Vegetation im Frühling das Rindenoxalat zum guten Teil (bis zu 50%).

„Was wird nun aus demselben? Es geht in Lösung und wird fortgeführt.“

Da in der Botanik oxalsaurer Kalk als unlösliches Salz angesehen wird, wenigstens als unlöslich in Pflanzensäuren, stellte Verf. Versuche über die Löslichkeit desselben an und fand, dass der oxalsaurer Kalk gar nicht so unlöslich ist; er löst sich in den verschiedensten Pflanzensäuren, wie Wein-, Aepfel-, Zitronen-, Trauben-, Bernstein-, Fumarsäure u. s. w., freilich langsam und in geringem Grade; auch einige ihrer Salze wirken lösend. Wasser mit  $\frac{1}{10}$  einer Pflanzensäure bringt schon ganz auffällige Veränderungen hervor;  $\frac{1}{100}$ prozentige, ja  $\frac{1}{1000}$ prozentige Lösungen sind auch noch wirksam.

Nach unseren dermaligen Kenntnissen von der Zusammensetzung des Zellsaftes wird also a priori fast jeder Zelle die Befähigung, Kalkoxalat zu lösen, zugeschrieben werden können.

Dazu kommt noch, dass die die Krystalle umspülende Flüssigkeit in den Zeiten des Erwachens der Vegetation nicht in Ruhe gedacht werden darf. „Der Wasserstrom, der aus der Wurzel kommt, läuft nicht bloß im Holze, er fluthet in täglichen, ja unter Umständen stündlichen Oscillationen auch in der Rinde aus und ein.“ Hiedurch und durch das Fehlen eines eigenmächtigen Protoplasmakörpers in den Krystallzellen wird die Auflösung des Kalksalzes begünstigt.

**Th. Bokorny** (Erlangen).

## Die Wurzelknöllchen der Leguminosen.

Zusammenfassender Bericht über die gesamte diesbezügliche Litteratur mit besonderer Berücksichtigung der neueren.

Von **H. Kionka** in Breslau.

Schon seit langer Zeit beschäftigen sich die Botaniker eingehend mit dem Studium der eigentümlichen knöllchenartigen Gebilde, welche

sich fast konstant an den Wurzeln fast aller Papilionaceen, der meisten Caesalpinaceen und Mimosaceen finden. Ihr Sitz ist meist seitlich an den Nebenwurzeln, doch befinden sie sich auch manchmal, z. B. regelmäßig bei der Lupine, an den Pfahlwurzeln. Ihre Größe schwankt von 1 mm bis 1 cm, ebenso ihre Form. Bald ist sie kuglig (bei *Phaseolus*), oval (*Trifolium*), bald handförmig (*Vicia cracca*), gelappt (*Robinia*), mantelartig, korallenartig verzweigt etc. — Ein Querschnitt durch ein derartiges Gebilde zeigt ungefähr Folgendes: Ein nach außen bräunlich gefärbtes verkorktes Rindengewebe aus flachen Zellen umschließt ein großzelliges Parenchym. In demselben fallen besonders einzelne Gruppen von Zellen mit einem feinkörnigen, gelblichen Inhalte auf, während die übrigen Parenchymzellen heller erscheinen und mit einer Menge kleiner, verschieden geformter Körperchen erfüllt sind. Neben diesen, übrigens hellglänzenden und deutlich konturierten Gebilden erscheinen noch andere blässere Körper von stäbchenförmiger Gestalt, welche auffällig an Bakterien erinnern. Häufig sieht man auch die Zellen des Parenchyms von hyphenartig verzweigten Plasmasträngen durchzogen, welche von dicken Wandbelegen ihren Ausgang zu nehmen scheinen.

Diese wunderbaren Gebilde haben nun schon die mannigfachste Deutung gefunden. Zuerst beschreibt sie Marcellus Malpighi 1675 in seiner Anatomie der Pflanzen als eine Eigentümlichkeit der Wurzeln von *Vicia Faba*. Er hielt sie für Insektengallen. A. B. de Candolle sah in ihnen krankhafte Auswüchse; Treviranus<sup>1)</sup> sprach sie als schlafende Knospen an, die unter bestimmten Verhältnissen auswüchsen. Andere hielten sie für Saugorgane u. s. w. Im Jahre 1852 wurden zum ersten Male von Schlechtendal<sup>2)</sup> die bakterienähnlichen Körper bei *Phaseolus* beschrieben. 1866 fand sie Woronin<sup>3)</sup> ebenfalls in den Knollen von *Lupinus luteus* und hielt sie für pflanzliche Parasiten. Dieser Ansicht trat Hoffmann<sup>4)</sup> entgegen; doch fand bald darauf Erikson<sup>5)</sup> bei *Vicia Faba* im Innern der parenchymatischen Zellen die Pilzhyphe, sodass die Auffassung dieser Knöllchen als Pilzgallen die allgemein herrschende wurde. Frank<sup>6)</sup> benannte diesen Pilz in einer 1879 erschienenen Arbeit *Schinzia* — später *Phytomyxa* — *Leguminosarum*. Nur mit geringen Modifikationen nahmen auch Kny<sup>7)</sup> und Prillieux<sup>8)</sup> die pilzliche

1) Botan. Zeitung, 1853, S. 593.

2) Botan. Zeitung, 1852, S. 893.

3) Ueber die bei der Schwarzerle und der Lupine auftretenden Wurzelanschwellungen. Mém. de l'Acad. de St. Pétersb., T. 10, Nr. 6, 1866.

4) Botan. Zeitung, 1869, S. 265.

5) Acta Univ. Lundensis, 1873, T. 10.

6) Botan. Zeitung, 1879, S. 377.

7) Botan. Zeitung, 1879, S. 537.

8) Bulletin de la soc. botan. de France, 1879.

Natur der bakterienähnlichen Einschlüsse als sicher an. Ebenso hält sie de Vries<sup>1)</sup> für Pilze, jedoch sieht er in ihnen nicht die wesentlichen Erreger der Knöllchen. Schindler<sup>2)</sup> glaubt, es finde in den Knöllchen eine Symbiose zwischen einem Pilz und der Leguminose statt. Er sowohl wie de Vries halten die Knöllchen für Eiweißbildner und Eiweißspeicher für die Pflanze.

Der Annahme der pilzlichen Natur dieser Gebilde trat zuerst 1885 Brunchorst<sup>3)</sup> entgegen. Er wies darauf hin, dass diese körnchenartigen Organismen sicher nicht mit den von Erikson u. a. beobachteten „Pilzhyphen“ zusammenhängen, da letztere bei Lupine z. B. stets fehlten, während sich doch regelmäßig die „Bakteroiden“, wie Br. die bakterienartigen Einschlüsse zuerst benennt, fänden. Hiermit fiel auch der Einwand von Prillieux, welcher ihre Entwicklung aus den „Plasmodiensträngen“ beobachtet hatte. Außerdem beobachtete Brunchorst selbst die Entwicklung der Bakteroiden aus den Zellen des Parenchyms durch Trübe- und Körnigwerden und Zerfall des Zellinhaltes. Hiernach könnte man an der Pilznatur dieser Gebilde nicht länger festhalten, sondern müsste wegen des konstanten Auftretens der Knöllchen dieselben für normale Organe des Zellplasmas halten. Und zwar sollten diese Knöllchen, vielleicht als Eiweißbildner, eine Bedeutung für die Ernährung der Pflanze haben, und die Bakteroiden wiederum die Vermittler dieser Funktion der Knöllchen darstellen. Während also Br. den Bakteroiden die Pilznatur abspricht, ist er hingegen geneigt, die in den Knöllchen beobachteten hyphenartigen Fäden für Pilzformen anzusehen. — Diesem gegenüber stellt Hellriegel<sup>4)</sup> wieder den Satz auf, wir hätten in den Bakteroiden pilzliche Organismen vor uns, die sich auch im Boden vorfinden, und unter deren Einfluss die Assimilation des „elementaren Stickstoffs der Atmosphäre“ vor sich gehe. Er stellte hierbei folgende Versuche an: Lupinen wurden teils in sterilisiertem Boden, teils in sterilisiertem Boden, dem ein Auszug aus Ackererde, die mit Leguminosen bestanden war, zugesetzt war, kultiviert, und es ergab sich, dass die auf letztere Weise gezogenen Pflanzen kräftige Entwicklung und Knöllchenbildung zeigten, während diese bei den ersteren Pflanzen ausblieb und die Pflanzen selbst verkümmerten und zu Grunde gingen. — Dieser Behauptung Hellriegel's, die Bakteroiden seien pilzliche Organismen, traten wiederum Tschirch<sup>5)</sup>

1) Landw. Jahrb. v. Thiel, 1877, S. 233.

2) Botan. Centralblatt, 1884.

3) Brunchorst, Ueber die Knöllchen an den Leguminosenwurzeln. Ber. d. deutsch. botan. Ges., 1885, S. 241.

4) Hellriegel, Ueber die Beziehungen der Bakterien zu der Stickstoffernährung der Leguminosen. Zeitschrift d. Ver. f. Rübenzucker-Industrie des deutsch. Reichs, 1886, S. 863.

5) Tschirch, Beiträge zur Kenntnis der Wurzelknöllchen der Leguminosen (I). Ber. d. deutsch. botan. Ges., Bd. V, Heft 2, S. 58.

und Benecke <sup>1)</sup> mit Entschiedenheit entgegen. Sie führten gegen die Pilznatur der Gebilde folgende Punkte an:

1) Es war bisher noch nicht gelungen, die Bakteroiden auf irgend welchem künstlichen Nährboden außerhalb der Pflanze zu kultivieren, und obligate bakterielle Parasiten an Pflanzen seien bis dahin noch nicht bekannt geworden. Außerdem könnten die Bakteroiden auch nicht zu derartig obligaten Parasiten rechnen, da man notwendigerweise eine Infektion vom Boden aus, in dem sie also auch vorkommen müssten, annehmen müsste.

2) Spricht auch die variable Form der Bakteroiden gegen ihre Bakteriennatur; jedenfalls müssten sie, wenn sie wirklich Bakterien wären, einen besonderen, ganz neuen Formenkreis bilden.

3) Sind die Bakteroiden in den Knöllchen fast aller Leguminosenarten morphologisch von einander verschieden; man hätte es also hier mit einer großen Zahl spezifisch von einander verschiedener Bakterienarten zu thun, die sämtlich überall im Boden oder im Wasser vorhanden sein müssten. Thatsächlich sind aber bei den zahlreichen von den verschiedensten Forschern angestellten Bodenuntersuchungen niemals derartige auffällige Bakterienformen gefunden worden.

4) Müssten die Bakteroiden, wenn wirklich, wie Hellriegel meint, die Infektion vom Boden aus stattfindet, durch den Korkmantel der Wurzel in dieselbe eindringen, während grade dieser, ebenso wie die tierische Epidermis, einen bakteriensicheren Schutz für die Pflanze abgibt.

Somit treten Tschirch und Benecke vollständig der Ansicht von Brunchorst bei, dass die Bakteroiden ein „schwammartig-differenziertes Plasma“ vorstellten, widersprechen aber der Auffassung Brunchorst's, die Bacteroiden seien ein Ferment: „Fermente pflegen, wie Tschirch bemerkt, gegen Reagentien nur wenig beständig sich zu erweisen und selbst bei geringen chemischen Eingriffen der Zersetzung anheimzufallen.“ Die Bakteroiden aber gehören zu den gegen Reagentien resistenteren Eiweißkörpern, weshalb sie Tschirch der Gruppe der Pflanzencaseine anreicht.

So schien über die Ansicht Hellriegel's, die Bakteroiden stellten Formen eines pilzlichen Organismus dar, endgiltig der Stab gebrochen zu sein, als Ende 1888 ziemlich gleichzeitig mehrere Arbeiten erschienen, welche die Pilznatur der Bakteroiden außer allen Zweifel setzten. So wies Marshall Ward <sup>2)</sup> nach, dass bei Kulturen von *Vicia Faba* in sterilisierter Nährlösung die Knöllchenbildung ausbleibt, jedoch sicher eintritt, wenn zerschnittene Knöllchen zwischen die Wurzelhaare gebracht werden, oder wenn Keimlinge zu diesen Kulturen benützt werden, welche vorher im Gartenboden

1) Benecke, Ueber die Knöllchen an den Leguminosen-Wurzeln. Botan. Centralblatt, Bd. XXIX, 1887, Nr. 2, S. 53.

2) Philosoph. Transact., 1887, Vol. 178, B. p. 539.

angekeimt und einige Tage darin belassen sind. Ferner hatte Hellriegel mit Wilfarth<sup>1)</sup> zusammen Versuche über die Wirkung des Bodenaufgusses auf das Wachstum von Gramineen und Leguminosen angestellt. Hierbei kamen die Forscher u. a. zu folgenden Resultaten: Ohne Bodenaufguss verkümmern die Pflanzen bei gleichzeitigem Fehlen von Nitraten, hingegen gedeihen die Leguminosen in einer Nährlösung ohne Nitrate, aber mit Bodenaufguss, während die Gramineen verkümmern. Kocht man den Bodenaufguss längere Zeit, so verliert er seine Wirkung vollständig. Auch ohne Nitrate und ohne Bodenaufguss vermögen unter Umständen die Leguminosen normal zu wachsen, wenn man nämlich den zufälligen Zutritt von Pilzsporen aus der Luft nicht sorgfältig verhindert. Es haben also die Leguminosen an sich nicht die Fähigkeit, den freien Stickstoff der Atmosphäre zu assimilieren, sondern es ist hierzu die Beteiligung von lebensthätigen Mikroorganismen im Boden nötig, welche in ein direktes symbiotisches Verhältnis mit den Pflanzen treten müssen. Zugleich zeigten die Versuche, dass die Wurzelknöllchen nur in Nährlösung mit nicht sterilisiertem Bodenaufguss auftraten, während sie sich in sterilisiertem Aufguss bei gleichzeitigem Fernhalten von Keimen aus der Luft nicht bildeten. Sie sind daher nicht nur als Reservespeicher für Eiweißstoffe zu betrachten, sondern stehen mit der Assimilation des freien Stickstoffs in einem ursächlichen Zusammenhange. Zu ganz ähnlichen Resultaten kam Prazmowski<sup>2)</sup>, welcher auch die Anlagen der Wurzelknöllchen in Haaren und Epidermiszellen der Wurzeln, sowie pilzartige Gebilde im Innern derselben entdeckt zu haben glaubte. Jedoch gelang es ihm nicht, etwas Genaueres nachzuweisen oder die Bakteroiden in der Kultur zum Wachstum zu bringen. — Diese Aufgabe löste Beyerinck<sup>3)</sup>, dem es möglich war, aus den Knöllchen ein Bakterium zu züchten. Und zwar isolierte er aus den Knöllchen aller Papilionaceenarten dasselbe, welches er *Bacillus Radicola* nannte. Er kultivierte diesen Bacillus auf einer Nährgelatine, bestehend aus einem mit 8% Gelatine erstarrtem Absud von frischen *Vicia Faba*-Stengeln mit 1% Rohrucker, 1/2% Pepton siccum und 1/4% Asparagin. Dieser Bacillus besitzt Stäbchenform und außerdem noch sehr minimale Schwärmer. Diese letzteren dringen auf einem bis dahin noch nicht erforschten Wege in die Zellen der Leguminosenwurzeln ein und wachsen dort zunächst zu Stäbchen, später zu Y- und X-förmigen

1) Hellriegel u. Wilfarth, Untersuchungen über die Stickstoffnahrung der Gramineen und Leguminosen. Beilagsheft zu der Zeitschr. d. Ver. f. d. Rübenzucker-Industrie d. deutsch. Reichs, Nov. 1888.

2) Prazmowski, Ueber die Wurzelknöllchen der Leguminosen. Botan. Centralblatt, Bd. 36, 1888, S. 215.

3) Beyerinck, Die Bakterien der Papilionaceenknöllchen. Botan. Zeitung, 1888, S. 726.

Formen aus, wodurch das Bakteroiden-Gewebe entsteht. In diesem Zustande sind die Organismen sowohl wachstums- als vermehrungsunfähig. Es ist also nicht möglich, aus dem Bakteroidenstadium Kulturen des *Bacillus* heranzuzüchten. Beyerinck hat ebenso wie die meisten früheren Beobachter bemerkt, dass gewöhnlich im Herbst eine Entleerung der Knollen stattfindet, sodass die in den Zellen enthaltenen Stoffe mit samt den Bakteroiden von der Pflanze resorbiert werden. Es scheint also hier eine Form von Symbiose vorzuliegen. — Diese von Beyerinck beobachteten Thatsachen wurden vollständig in einer späteren Arbeit von Prazmowski<sup>1)</sup> bestätigt, welcher seine Beobachtungen an den Wurzelanschwellungen der Erbse anstellte. Er stellte durch Impfversuche den direkten ursächlichen Zusammenhang zwischen *Bacillus radicolica* Beyerinck und den Wurzelknöllchen fest. Jedoch kann die Bildung derselben nur im jugendlichen Zustande der Wurzel stattfinden, da die Bakterien direkt durch die noch unverkorkte Zellmembran in die Wurzelhaare und Epidermiszellen der Wurzeln eindringen. Weiterhin studierte Prazmowski die speziellere Entwicklung und den genaueren histologischen Bau der Knöllchen. Kulturversuche, welche er mit *Pisum*-Pflanzen in der Weise anstellte, dass er sie unter Ausschluss aller andern Mikroorganismen der Infektion von *Bacillus radicolica* Beyerinck in sterilisiertem Boden aussetzte, ergaben, dass „Pflanzen, denen alle Nährstoffe zur Verfügung standen, ein kräftigeres Wachstum zeigten und höhere Ernten ergaben, wenn sie mit Knöllchenbakterien infiziert waren, als ebensolche Pflanzen ohne Mitwirkung von Bakterien.“ Ebenso zeigten infizierte Pflanzen auch in einem stickstofffreien Boden ganz normales Wachstum, während nicht infizierte Pflanzen zu Grunde gingen. Die Knöllchenbildung ist also für die Leguminosenpflanze in ihrer Ernährung und Entwicklung förderlich, und die Pflanze zieht aus der Symbiose mit den Bakterien direkten Nutzen. — Zu demselben Schlusse kam M. Ward<sup>2)</sup> bei seinen ebenfalls an *Pisum* angestellten Versuchen. Es gelang ihm an der Erbse Infektion mittels des Knöllcheninhaltes von *Vicia Faba* hervorzurufen, wodurch er die Identität des Knöllchenpilzes beider Pflanzen bewies. Ferner fand auch er, ebenso wie schon vorher Hellriegel<sup>3)</sup> die Thatsache, dass nur an in völlig sterilisierten Substraten wachsenden Pflanzen sich keine Wurzelknöllchen ent-

1) Prazmowski, O istocie i znaczeniu biologicznem brodawek korzeniowych groehn. (Das Wesen und die biologische Bedeutung der Wurzelknöllchen der Erbse.) Vorläufige Mitteilung. Berichte aus der Sitzung d. k. k. Akad. d. Wissensch. in Krakau, Juni 1889; referiert im Botan. Centralblatt, Bd. 39, 1889, S. 356.

2) M. Ward, On the tubercles on the roots of Leguminous Plants, with special reference to the Pea and the Bean. Preliminary Paper. Proceed. of the Roy. Soc. of Lond., Vol. XLVI, Nr 284, 1889, p. 431.

3) l. c.

wickelten; und Stickstoffanalysen der Ernte und des Bodens führten ihn zu der Ansicht, „dass die Leguminose Stickstoff gewinnt, indem sie die stickstoffhaltige Substanz der Bakteroiden aus den Knöllchen absorbiert.“

Diese von den genannten Forschern somit festgestellte Tatsache, dass es sich bei der Anwesenheit der Bakteroiden in den Wurzelknöllchen der Leguminosen um eine Pilzsymbiose der letzteren handle, wurde nun auch von anderer Seite weiter erforscht, in Einzelheiten berichtet, im allgemeinen jedoch bestätigt. So macht Frank<sup>1)</sup> darauf aufmerksam, dass es falsch sei, die an *Pisum*, *Lupinus* u. a. gemachten Beobachtungen ohne weiteres für die gesamte Familie der Leguminosen zu verallgemeinern, im Gegenteil die einzelnen Leguminosenarten ständen der Infektion von *Bacillus radicum* ganz verschieden gegenüber, und während Lupine und Erbse direkten Nutzen aus dieser Pilzsymbiose zögen, seien die Bakterien für *Phaseolus* Parasiten. Und auch für Erbsen und Lupinen haben, wie Versuche Frank's feststellten, die Knöllchen gar keinen Nutzen, wenn in dem Boden genügend Humus vorhanden ist. Nur wenn Pflanzen in rein mineralischem stickstofffreiem Boden kultiviert werden, können die Knöllchenbakterien der Pflanze den Stickstoff der Atmosphäre nutzbar machen und somit ihr Wachstum kräftigen. Ferner finde man durchaus nicht die Bakteroiden allein in den Wurzelknöllchen, sondern in den Geweben der gesamten Pflanze, auch in den überirdischen Teilen. Bei *Phaseolus* sind dieselben auch in den Samenanlagen beobachtet, während sie an dieser Stelle bei den übrigen Leguminosen nicht gefunden werden. Es kann also ein *Phaseolus*-Pflänzchen schon im Embryo von den Knöllchenbakterien infiziert sein; und es lässt sich somit die auffällige, öfters beobachtete Tatsache erklären, dass *Phaseolus*-Pflanzen auch im sterilisierten Boden Knöllchen zu bilden im Stande sind. Was die Bakteroiden betrifft, so sind dieselben nach Frank's Ansicht keineswegs zur Ruhe gekommene Mikroorganismen, wie Prazmowski annimmt, noch reine Bildungen des Leguminosenplasmas, wie Brunchort glaubte, sondern sie sind aus beiden zusammengesetzt. Frank beobachtete nämlich in den Bakteroiden kleine kokkenähnliche Einschlüsse, welche er als Anfangsstadien der Schwärmer auffasst. Diese Schwärmer können nach Auflösung der Bakteroiden frei werden und ausschwärmen, wie Frank selbst in Kulturen im hängenden Tropfen beobachten konnte. Von ganz ebenso zusammengesetzter Beschaffenheit wie das Bakteroiden-Gewebe ist der Plasmakörper der jungen Knöllchenzellen,

1) Frank B., Ueber den Einfluss, welchen das Sterilisieren des Erdbodens auf die Pflanzenentwicklung ausübt. Ber. d. d. bot. Ges., VI. Gen. Versamml.-Heft, S. XXXII.

Derselbe, Ueber die Pilzsymbiose der Leguminosen. Ber. d. d. bot. Ges., 1889, S. 332 und Landwirtsch. Jahrb., Bd. XIX, Heft 4, S. 523.

welcher sich noch nicht zu Bakteroiden differenziert hat, das „Mykoplasma“, wie es Frank bezeichnet. Es ist daher auch aus diesem möglich, das „Rhizobium leguminosarum“, wie Frank den Organismus nennt, herauszuzüchten. In ähnlicher Weise beurteilt Frank die hyphenartigen Fäden, welche schon von jeher in den Wurzelknöllchen beobachtet wurden. Während Prazmowski, Beyerinck, Ward und die meisten andern Forscher annahmen, diese Fäden gehörten zu dem die Knöllchen verursachenden Pilze, der im späteren Stadium ein Plasmodium bilde, sieht Frank ebenso wie Tschirch in diesen „Infektionsfäden“ eine Bildung des Plasmas der Nährpflanze, „bestimmt zum Einfangen und Leiten der symbiotischen Bakterien nach dem Orte ihrer Bestimmung“. — Neuerdings hat A. Koch<sup>1)</sup> darauf aufmerksam gemacht, dass es ihm durch eine sichere Methode gelungen ist, die Cellulosenatur der Schlauchmembran dieser Fäden, welche schon Pichi und Vuillemin 1888 annahmen, bei allen untersuchten Leguminosen-Arten nachzuweisen. Doch würde diese Eigenschaft der Schlauchmembran noch nicht gegen ihren Ursprung von Seiten der eingedrungenen Mikroorganismen sprechen, da wir mehrere frei lebende Bakterienformen mit zweifelloser Cellulosemembran — z. B. das Essigbakterium — kennen. Auch Prazmowski<sup>2)</sup> hat kürzlich in einer neuen, seine früheren Ausführungen zusammenfassenden und ergänzenden Arbeit die Membran der Schläuche für eine Ausscheidung der Bakterien erklärt, welche dieselben gegen den Einfluss des Protoplasmas schützt, durch das sie in Bakteroiden umgewandelt und schließlich als tote Eiweißkörper aufgelöst werden. In den Schläuchen sind die Bakterien noch lebensfähig und können sich auch auf geeignete Nährböden von hier versetzt außerhalb der Pflanze weiter entwickeln. Aus ihnen gelangen sie durch irgend welche Verletzungen der Knöllchen in den Erdboden, von wo aus sie wiederum neue Pflanzen infizieren können. —

Zwei französische Arbeiten von Laurent<sup>3)</sup> und Prillieux<sup>4)</sup>, welche sich ebenfalls mit dieser Frage beschäftigen, bringen weiter keine neuen Gesichtspunkte. Laurent ist es gelungen, die Infektionsfäden, entgegen den Beobachtungen der meisten andern Botaniker, auch bei *Phaseolus* und *Lupinus* zu beobachten. Die Bakteroiden betrachtet dieser Forscher als selbständige Organismen, welche er

1) Alfred Koch, Zur Kenntnis der Fäden in den Wurzelknöllchen der Leguminosen. Botan. Zeitung, 1890, Nr. 38.

2) A. d. Prazmowski, Die Wurzelknöllchen der Erbse. Erster Teil: Die Aetiologie und Entwicklungsgeschichte der Knöllchen. Die landwirtschaftl. Versuchs-Stat., Bd. XXXVII, Heft 3 u. 4, S. 161.

3) E. Laurent, Sur le microbe des nodosités des Légumineuses. Compt. rend. de l'Ac. de sc. de Paris, Tome CXI, 1890, p. 754.

4) Prillieux, Anciennes observations sur les tubercules des racines des Légumineuses. Compt. rend. des séanc. de l'Ac. de sc. de Paris, Tome CXI, 1890, p. 928.



jedoch nicht zu den Bakterien rechnet, sondern mit dem früher von Metschnikoff beschriebenen Parasit der Daphniden: *Pasteuria ramosa* zu einer neuen Gruppe der Pasteuriaceen vereinigen will, die ihre Stellung im System zwischen den Bakterien und den niederen Fadenpilzen haben soll. — Von Interesse sind die Versuche, welche er mit Schloesing<sup>1)</sup> zusammen anstellte. Hellriegel und Willfahrt<sup>2)</sup> hatten durch indirekte Methode nachgewiesen, dass die Leguminosen den freien Stickstoff der Atmosphäre zu binden im Stande wären. Derselbe Nachweis — aber auf direktem Wege — gelang den beiden Forschern durch eine Reihe höchst geistvoll durchgeführter Experimente und Beobachtungen. —

Schließlich hat auch Beyerinek<sup>3)</sup> in einer vor wenigen Wochen erschienenen Arbeit als Ergänzung zu seinen früheren Publikationen den direkten Beweis gebracht, dass der von ihm gezüchtete *Bacillus radicolus* thatsächlich im Stande ist, an in sterilisiertem Boden kultivierten Papilionaceenpflanzen Knöllchen zu erzeugen. Zu diesem Zwecke wurde Samen von *Vicia Faba* steril keimen gelassen und die Keimpflanzen alsdann in einen vorher sterilisierten, innen und außen glasierten Blumentopf gepflanzt. Derselbe war mit vorher geglühtem Sande angefüllt, welcher unten auf grobkörnigem, ebenfalls sterilisiertem Kies ruhte, und die Oeffnungen am Boden des Gefäßes waren mit sterilisierter Glaswolle verstopft. Das ganze Gefäß stand in einem Becken, welches ringsum durch einen Mantel vor Verunreinigungen aus der Luft geschützt war; und ebenso war der Blumentopf oben durch einen an den Rändern übergreifenden Deckel gedeckt, der nur in der Mitte eine mit sterilisierter Baumwolle verstopfte Oeffnung zum Austritt der Keimpflanze besaß. Die so hergerichteten Gefäße waren außerdem noch durch zwei Röhren mit einem Saugapparat in Verbindung gesetzt, durch welchen ein Begießen der Pflanzen stattfand. In dieser Weise wurden 12 Blumentöpfe eingerichtet, je mit einer *Vicia Faba*-Pflanze bepflanzt und alsdann in vier Gruppen geteilt. Alle 4 Gruppen wurden mit einer Mischung von 0,1 g Kaliummonophosphat, 0,03 Chlorecalcium, 0,06 Magnesiumsulfat auf 1 Liter Wasser beschickt, die Töpfe der ersten beiden Gruppen ohne Zuthat, die der dritten mit Zufügung von 0,2 g Calciumnitrat, und die der vierten von 0,2 g Ammonsulfat. Nachdem alle Pflanzen das zweite Blatt getrieben hatten, wurde je ein Topf der Gruppe 2, 3 und 4 und alle 3 Töpfe der Gruppe 1 mit einer Aufschwämmung von Kulturen von *Bacillus radicolus* var. *Fabae*

1) Schloesing fils Th. et Laurent Em., Sur la fixation de l'azote gazeux par les Légumineuses. Ebenda p. 750.

2) l. c.

3) M. W. Beyerinek, Künstliche Infektion von *Vicia Faba* mit *Bacillus radicolus*. Ernährungsbedingungen dieser Bakterie. Botan. Zeitung, 1890, Nr. 52, p. 838.

übergossen. Ungefähr 8 Wochen nach dem Einsetzen der Pflanzen wurde der Versuch unterbrochen, und es ergab sich nun das zweifellose Resultat, dass sämtliche 6 mit *Bacillus radicola* infizierte Pflanzen an ihren Wurzeln Knöllchen trugen, während an den übrigen keine Spur davon zu sehen war. Der Zusatz von Calciumnitrat und Ammonsulfat zeigte sich ohne Einfluss auf die Knöllchenbildung. — Im Anschlusse hieran teilt Beyerinck noch einige Beobachtungen mit, die er über die Ernährungsbedingungen von *Bacillus radicola* angestellt hat. So hat er bei seinen letzten Versuchen ebenso wie früher beobachtet, dass in Agar-Agar, worin sich nur Salze mit Rohrzucker gelöst befinden, das Wachstum derselben stille steht, sobald die geringe Menge des assimilierbaren Stickstoffs darin verbraucht ist, und dass eine Bindung des freien, atmosphärischen Stickstoffs außerhalb der Papilionaceenknöllchen in den Kulturen durch den Bacillus nicht stattfindet. Es besitzt also der Bacillus die Fähigkeit, die geringsten Mengen des im Boden vorhandenen gebundenen Stickstoffs als Körpersubstanz für die Papilionaceenpflanze in Reserve festzulegen, aber nur bei gleichzeitiger Anwesenheit von Rohrzucker oder andern Kohlenhydraten.

Hiermit ist die Reihe der bis jetzt über diesen Gegenstand erschienenen Arbeiten geschlossen. Es steht also heute im Gegensatz zu der noch vor 2 Jahren allgemein gehegten Ansicht die pilzliche Natur des die Knöllchen erzeugenden Organismus als Thatsache fest, und die nächste Zeit dürfte uns wohl nur genauere Beobachtungen über die Art der Infektion, die Entwicklung und Anlagen der Knöllchen und besonders die chemische Wirkungsweise des Mikroorganismus bringen. Jedenfalls wissen wir jetzt, dass die den Landwirten schon lange bekannte Thatsache, dass auf stickstoffarmem Boden Lupinen, Klee, Erbsen und andere Leguminosen schließlich in der Ernte mehr Stickstoff produzieren, als im Boden enthalten war, ebenso, wie die meisten Erscheinungen des gesamten Pflanzenbaues, auf der Thätigkeit von Bakterien beruht.

Breslau, im März 1891.

## Versuch einer Klassifikation des Tierreichs.

Von Prof. **Wladimir Schimkewitsch** in St. Petersburg.

Im vorigen (1890) Jahre habe ich in einer russischen Monatschrift einen Versuch der Klassifikation der Tiere veröffentlicht. Diese Klassifikation, etwas modifiziert, ist als Grundlage des von mir zusammen mit Dr. N. Polejaeff russisch geschriebenen Lehrbuches angenommen und ich möchte an diesem Platze nur auf ihre Hauptpunkte die Aufmerksamkeit lenken.

Wie die meisten Zoologen teile ich das Tierreich in zwei Hauptgruppen: I. *Protozoa* (s. *Monozoa*) und II. *Metazoa* (*Polyzoa*) und die

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [11](#)

Autor(en)/Author(s): Kionka Heinrich Gottlieb Julius

Artikel/Article: [Die Wurzelknöllchen der Leguminosen. 282-291](#)