© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

16. H. Hellriegel: Bemerkungen zu dem Aufsatze von B. Frank „Ueber den Einfluss, welchen das Sterilisiren des Erdbodens auf die Pflanzen-Entwicklung ausübt".

Eingegangen am 23. März 1889.

In dem Generalversammlungsheft dieser Berichte von 1888 S. LXXXVII bis XCVII macht FRANK Mittheilung über einige Culturversuche mit *Lupinen* und benutzt dieselbe hauptsächlich zum Angriff auf eine neue Ansicht über die Aufnahme des Stickstoffs durch die Leguminosen, welche ich bei Gelegenheit der Naturforscher-Versammlung zu Berlin 1886 ausgesprochen hatte. Dies veranlasst mich zu den nachstehenden Gegenbemerkungen:

Nachdem FRANK bekannte Versuche von BERTHELOT und LAURENT kurz gestreift hat, sagt er:

> „HELLRIEGEL hat bei Cultur von Leguminosen in sterilisirtem Boden eine schwächere Entwicklung der Pflanzen beobachtet gegenüber dem unsterilisirten Boden; die Entwicklung besserte sich aber, wenn der sterilisirte Boden vorher geimpft worden war mit einem kleinen Quantum nicht sterilisirten Bodens, besonders von solchen Aeckern, auf welchen die betreffende Species gebaut worden war. HELLRIEGEL zog daraus den Schluss, dass die Leguminosen ihre eigenen Pilze haben, die mit ihnen in den bekannten Wurzelknöllchen in Symbiose leben, und durch deren Vermittelung den Pflanzen der freie Stickstoff der Luft assimilirt werde."

In einem Beilageheft zu der Zeitschrift des Vereins f. d. Rübenzucker-Industrie d. D. R. November 1888 (in einer Anzahl Sonder-Abdrücken auch dem Buchhandel übergeben) habe ich über einige umfangreiche Reihen „Untersuchungen über die Stickstoffnahrung der Gramineen und Leguminosen" detaillirt berichtet, die von mir und Dr. WILFARTH ausgeführt sind und die uns zu der oben angezogenen Ansicht leiteten.

Es wird leicht sein, sich daraus zu überzeugen, dass die von FRANK gegebene Darstellung unserer Argumentation nicht entspricht. In der That schlossen wir, wie folgt:

Wenn man einen möglichst reinen Quarzsand, der jedenfalls nur Spuren von organischen Substanzen und Stickstoff enthält, als Boden

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

benutzt, denselben vor Beginn der Versuche sterilisirt und ihn während der Vegetationszeit sterilisirt erhält, so verhalten sich die in denselben eingesäeten Gramineen und Leguminosen in ihrer Entwicklung absolut gleich, — und zwar bleibt die Production der Leguminosen so gut wie der Gramineen minimal oder ungefähr gleich Null, wenn man dem Sande zwar alle übrigen nothwendigen Nährstoffe in zweckmässiger Menge und Form zusetzt, aber keine assimilirbaren Stickstoffverbindungen, — durch gleichzeitigen Zusatz von Nitraten vermag man das Wachsthum der Pflanzen, der Papilionaceen so gut wie der Gramineen, beliebig hervorzurufen, und zwar steht in diesem Falle die Production, so lange die Stickstoffgabe im Verhältniss zu einem anderen Wachsthumsfactor nicht in Ueberschuss tritt, immer annähernd in directem Verhältnisse zu der verabreichten Nitratmenge, — in der Ernte wird stets weniger Stickstoff wiedergefunden, als in Boden und Samen ursprünglich vorhanden war, — nichts deutet darauf hin, dass in diesem Falle die Pflanze, sei es eine Papilionacee oder Graminee die Fähigkeit habe, ihren Stickstoffbedarf aus einer anderen Quelle zu decken, oder überhaupt nur eine bemerkenswerthe Menge Stickstoff anderswoher aufzunehmen, als aus dem assimilirbaren Stickstoffvorrathe des Bodens, und — an den Wurzeln der unter solchen Verhältnissen erwachsenen Leguminosen-Pflanzen finden sich niemals Knöllchen.

Wenn man die Kulturgefässe mit dem Sande nicht sterilisirt und dieselben während der Vegetationszeit vor dem Zutritt von Organismenkeimen nicht ausdrücklich schützt, so zeigt die Entwicklung der Leguminosen von der der Gramineen einen sehr auffallenden Unterschied, — fügt man nämlich dem Sande eine an sich zweckmässig zusammengesetzte aber stickstofffreie Nährlösung hinzu, so bleiben nur die Gramineen vor wie nach und ohne Ausnahme productionslos, die Leguminosen aber vermögen, auch ohne Stickstoff im Boden zu finden, zu wachsen und sich gut, ja selbst üppig zu entfalten, — allerdings erweist sich in diesem Falle das Gedeihen der Leguminosen als unregelmässig und es hängt offenbar ganz vom Zufalle ab, ob ein Exemplar vortrefflich, ein anderes nur schlecht gedeiht und ein drittes, wie die Gramineen productionslos bleibt, — diejenigen Leguminosen-Pflanzen, welche sich gut entwickeln, liefern dann immer in ihren Ernteproducten eine bedeutende Quantität Stickstoff mehr, als ihnen in Boden und Samen gegeben war und — ihre Wurzeln zeigen sich mit Knöllchen reichlich besetzt.

Die gerügte Regellosigkeit in dem Verhalten der Leguminosen lässt sich aber sofort und sicher beseitigen, wenn man dem Sande ausser der stickstofflosen Nährlösung noch eine geringe Quantität von dem wässrigen Aufgusse eines richtig gewählten Culturbodens beigiebt, — unter dieser Bedingung wachsen sämmtliche Leguminosen-Pflanzen ohne Ausnahme auch in dem stickstofflosen Sande normal, — die Ernte-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

producte derselben weisen stets einen bedeutenden Stickstoffgewinn nach, der nicht aus dem Boden stammen kann und — an ihren Wurzeln sind Knöllchen zahlreich vorhanden. — Auf die Entwicklung der Gramineen dagegen bleibt derselbe Zusatz von Bodenaufguss ausnahmslos ohne jeden Effect.

Unsere Behauptung lautet also zunächst keineswegs: in sterilisirten Boden zeigten die Leguminosen eine „schwächere" Entwicklung als in unsterilisirten, sie „besserte" sich aber, wenn der sterilisirte Boden mit einem kleinen Quantum nicht sterilisirten Bodens geimpft wurde, sondern: — in unserem sterilisirtem Sande assimilirten und wuchsen die Leguminosen überhaupt nicht, wenn derselbe keinen Zusatz von Stickstoffverbindungen erhielt; bei Zugabe der letzteren wuchsen dieselben — aber nur auf Kosten und im Verhältniss der gegebenen Stickstoffmengen; nach Zusatz einer geringen Menge eines zweckmässig gewählten Boden-Aufgusses entwickelten sich die Leguminosen, gleichgültig ob der Sand vorher sterilisirt war oder nicht, gleichgültig ob er stickstofffrei war oder mässige Mengen Stickstoff enthielt, vollkommen normal und zeigten in ihrer Ernte einen bedeutenden Stickstoffgewinn, der sich nicht aus dem Stickstoffgehalte des Bodens erklären liess; bei einzelnen Leguminosen-Arten genügte es häufig, den sterilisirten Sand während der Vegetation vor dem zufälligen Zutritt von Organismenkeimen nicht ausdrücklich zu schützen, um denselben Effect hervorzurufen.

Und wir behaupteten weiter:

Der Gehalt des von uns gegebenen Boden-Aufgusses an Stickstoff und anderen Pflanzennährstoffen war in allen Fällen so winzig, dass er bei der Erklärung der Wirkung desselben gar nicht in Frage kommen kann; — ein und derselbe Boden-Aufguss beeinflusste verschiedene Leguminosen-Arten durchaus ungleich, und Aufgüsse von verschiedenen Bodenarten wirkten auf eine bestimmte Leguminosen-Art durchaus verschieden (so blieben z. B. Aufgüsse von zwei vortrefflichen Rübenböden, in denen *Lupine* und *Serradella* noch niemals gebaut waren, auf die beiden Leguminosen-Arten stets genau ebenso wirkungslos wie auf die Gramineen, während ein Aufguss von einem Sandboden, in welchem diese Pflanzen in regelmässigem Turnus angebaut wurden, *Ornithopus sativus* und *Lupinus luteus* allezeit und sicher in unserem stickstofflosen Sande zu einer normalen Entwicklung und einer ansehnlichen Stickstoffassimilation befähigte). — Die Entwicklung einer Leguminose, die durchZugabe von Boden-Aufguss in einem stickstofflosen Bodenmateriale hervorgerufen war, unterschied sich von der, welche man durch directe Zuführung von Stickstoffverbindungen erreichen kann, der Zeit und Art nach in sehr charakteristischer, in dem oben angezogenen Hefte näher detaillirter Weise; — ein an sich sehr günstig wirkender Boden-Aufguss verlor sofort für jede Leguminose seine Wirkung gänzlich, wenn man denselben kochte, oder auch nur auf 70° C. erhitzte; — — das be-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

deutende Stickstoffplus, welches die unter dem Einflusse eines günstig gewählten Boden-Aufgusses gut entwickelten Leguminosen bei der Ernte ergaben, konnte in unseren Versuchen einzig von dem freien atmosphärischen Stickstoff stammen, denn — die in Boden und Samen bei Beginn der Vegetation gegebenen Stickstoffverbindungen genügten weitaus nicht um dasselbe zu erklären und — dasselbe wurde von den Pflanzen auch erworben, wenn dieselben in einer Atmosphäre vegetiren mussten, die vorher von ihrem Gehalte an gebundenen Stickstoff völlig gereinigt war, oder wenn sie ihr ganzes Leben in einem beschränkten kleinen Luftvolumen verbrachten, welches ihnen nur Spuren gebundenen Stickstoffs liefern konnte; — mit dieser Aufnahme von freiem Stickstoff endlich war stets eine reichliche Bildung von Wurzelknöllchen verbunden, welche bei der Aufnahme von gebundenem Stickstoff aus sterilisirtem Boden immer und gänzlich unterblieb, und — die Entstehung der Knöllchen liess sich an den Wurzeln früher nachweisen als an der oberirdischen Pflanze ein Zeichen von Wachsthum und Assimilation bemerklich wurde.

Für jede einzelne dieser Behauptungen sind in dem oben angezogenen Hefte Culturversuche als Beweis erbracht, und aus der Gesammtheit derselben glaubten wir den uns allein möglich scheinenden Schluss ziehen zu dürfen: die Leguminosen finden in dem freien elementaren Stickstoff der Atmosphäre eine Nahrungsquelle, welche den Gramineen unzugänglich ist; — dieselben haben aber nicht an sich die Fähigkeit, den freien Stickstoff der Luft zu assimiliren, sondern es ist hierzu die Betheiligung von lebensthätigen Mikroorganismen erforderlich, und zwar ist es nöthig, dass gewisse Arten der letzteren mit den ersteren in ein symbiotisches Verhältniss treten; — die Wurzelknöllchen der Leguminosen sind nicht als blosse Reservespeicher für Eiweissstoffe zu betrachten, sondern stehen mit der Assimilation des freien Stickstoffs in einem ursächlichen Zusammenhange; — das Wie? ist noch nicht aufgeklärt. —

Frank fährt dann weiter fort: „Allen diesen Versuchen liegt die Annahme zu Grunde, dass der Boden durch das Sterilisiren keine weitere Veränderung erleidet, als die, dass die organisirten Keime, die er enthält, getödtet werden, und dass mithin die abweichenden Wirkungen, die der unsterilisirte Boden dem sterilisirten gegenüber zeigt, von kleinen Bodenorganismen ausgehen. Die bisherigen Forscher haben aber versäumt, die Zulässigkeit dieser Annahmen zu prüfen“ — und zeigt an zwei verschiedenen humushaltigen Böden, dass in der That bei dem Erhitzen derselben ein gewisser Theil organischer Substanzen löslich wird, und dass die Entwicklung der Pflanzen in dem erhitzten und dem nicht erhitzten ungleich ist.

Ueber diesen Einwurf kann ich kurz hinweggehen, denn erstens ist die Beobachtung, dass Humusstoffe durch Erhitzen zum Theil in

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

den löslichen Zustand übergeführt werden, keineswegs mehr neu (schon BRUNNEMANN hat in „landwirthschaftliche Jahrbücher Bd. 15. S. 189 etc." auf dieselbe aufmerksam gemacht), und zweitens berührt uns die ganze Schlussfolgerung von FRANK gar nicht, denn — ein humushaltiger Boden ist in unseren Versuchen überhaupt nicht zur Verwendung gekommen, und dass der Quarzsand beim Sterilisiren eine wesentliche Veränderung erleide, wird selbst von FRANK nicht behauptet, — ausserdem aber haben wir an einer Anzahl Culturversuchen mit Hafer und Erbsen ausdrücklich gezeigt, dass die Entwicklung der Pflanzen bei Zugabe von Nitraten wie ohne diese, und ebenso die der Erbsen bei Zugabe von Boden-Aufguss, in unserem sterilisirten Sande genau dieselbe war wie in dem nicht sterilisirten, sowie — dass bei einzelnen Leguminosen-Arten ein vorheriges Sterilisiren des Bodens gar nicht nothwendig war, um den principiellen Unterschied derselben von den Gramineen bezüglich der Stickstoffaufnahme nachweisen zu können.

Schliesslich behauptet FRANK: „Ich habe nun auch die Versuche HELLRIEGEL's wiederholt, nach denen eine Impfung des sterilisirten Bodens die kümmerliche Entwickelung der Lupinen wieder ausgleichen soll, woraus man bekanntlich auf die Thätigkeit von Mikroorganismen geschlossen hat" — und berichtet, dass er dabei zu ganz anderen Resultaten gekommen ist als wir, woraus er folgert, dass unsere Behauptungen unrichtig seien.

Hierzu gestatte ich mir zu bemerken:

FRANK hat allerdings unsere Versuche wiederholt, aber in einer wesentlich anderen Weise, als wir sie ausgeführt haben. Zunächst hat FRANK im Gegensatz zu uns einen humushaltigen Boden zu seinen Versuchen benutzt, hat dieselben dadurch unnöthig complicirt, indem er den Pflanzen ausser dem atmosphärischen Stickstoff noch eine zweite Stickstoffquelle im Boden zur Verfügung stellt, und dadurch gleichzeitig erst das störende Element eingeführt, welches beim Sterilisiren eine Veränderung in den Verhältnissen der einzelnen Versuchsglieder veranlasste und welches bei unserer Versuchsanstellung vermieden war. FRANK bezeichnet zwar seinen Versuchsboden wiederholt als „humuslosen märkischen Flugsand", wie wenig präcis aber dieser Ausdruck „humuslos" ist, geht aus seinen eigenen Angaben hervor, nach welchen aus 30 *g* von diesem Boden durch blosses Erhitzen im Dampfstrom 0,0112 *g*, oder aus 4 *kg*, welche für je einen Culturversuch verwendet wurden, rund $1\frac{1}{2}$ *g* organische Substanz in den wasser-löslichen Zustand übergeführt wurden.

Und weiter glaube ich vermuthen zu dürfen, dass FRANK auch in der Methode seiner Culturversuche wesentlich von der unsrigen abgewichen ist. Es ist mir allerdings nicht möglich, dies direct zu beweisen, denn FRANK macht über die Specialitäten seines Verfahrens sehr dürftige Angaben. Nur aus den Worten „Zu dem Zwecke wurden

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Parallelversuche mit dem humuslosen märkischen Flugsandboden, der zu den oben beschriebenen Lupinenversuchen diente, angestellt," kann man etwa schliessen, dass dem Boden hier wie dort bei Beginn der Versuche Mergel, Kainit und Thomasschlacke zugesetzt wurde (die sehr wünschenswerthe Angabe, wie viel von diesen Düngemitteln verabreicht wurde, fehlt allerdings durchaus), ferner dass in beiden Fällen für jeden Versuch vier sich controllirende Gefässe benutzt wurden, und dass mithin die Zahlen, welche das Trockengewicht der Ernte von jedem Versuche angeben, immer die Summe der in je vier Gefässen producirten Pflanzenmasse ausdrücken. Ist dem wirklich so, so folgt daraus, dass Frank bei seinem Versuch in einem Bodenvolumen, welches dem Gewichte von 4 *kg* entspricht, niemals mehr, als 0,85 bis höchstens 2,24 *g* trockne Lupinen geerntet hat.

Dies aber würde vollkommen genügen, um zu beweisen, dass keine einzige seiner Versuchspflanzen ein normales Wachsthum zeigte, und dass er es durchaus nur mit einer krankhaften, verkrüppelten Vegetation zu thun hatte. Ob die Lupinen dabei bis zur Blüthe, oder auch zu einer mangelhaften Schotenbildung gelangten, ändert an diesem Urtheile nichts, — wir haben in stickstofflosen Boden Zwerggebilde von Hanfpflanzen, welche blühten und doch incl. Wurzeln nicht mehr als 0,047 bis 0,055 *g* wogen, und von Rübsenpflanzen, welche eine Schote trugen und in Summa 0,015 bis 0,017 *g* Trockengewicht hatten, entstehen gesehen.

Warum die Lupinen auch in dem unsterilisirten Boden (der Grundlage der Versuche) nur eine sehr kümmerliche Entwickelung erreichten, hält Frank nicht nöthig zu erörtern; die hier gewiss sehr nahe liegende Frage, ob in der ganzen Anlage und Ausführung der Versuche eine das normale Wachsthum der Pflanzen hindernde Ursache, die mit der Stickstoffaufnahme gar nichts zu thun habe, vorhanden sein könne, kümmert ihn nicht; er schliesst einfach: in sterilisirtem Boden wuchsen die Lupinen noch etwas schlechter und nach Zusatz von geringen Mengen eines Culturbodens nicht viel besser, die Hellriegel'schen Versuche sind deshalb unrichtig.

Wir haben uns viel bemüht, die Lupine bei unseren Culturversuche wie andere Pflanzenarten zu verwenden, haben aber lange Jahre hindurch ebenfalls mit einer kränklichen Vegetation zu kämpfen gehabt und uns überzeugt, dass die Lupine der Cultur in kleinen Gefässen und mit künstlichen Bodenmedien viel mehr Schwierigkeiten entgegenstellt, als die meisten anderen landwirthschaftlichen Culturpflanzen. In dem oben angezogenen Berichte habe ich ausdrücklich erwähnt, dass dieselbe sich schon ausnahmsweise empfindlich erwies in Bezug auf das Volumen, noch mehr aber in Bezug auf die mechanische Beschaffenheit des Bodenmaterials, welches man ihr gewährt (dass wir z. B. nur dann normal wachsende Lupinen erhielten, wenn wir unseren Sand durch

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

eine a. a. O. näher beschriebene Manipulation beim Einfüllen in die Gefässe annähernd in dieselbe Krümel-Struktur brachten, wie sie eine gahre Ackererde zeigt, nicht aber wenn wir denselben in lufttrocknem Zustande sorglos einfüllten und dann mit Nährlösung resp. Wasser begossen, wobei sich der Boden fest zusammensetzte); dass gewisse Nährstoffverbindungen für die Lupine in hohem Grade ungünstig wirkten, welche auf die Gramineen und selbst auf andere Leguminosen-Arten einen vortrefflichen Einfluss übten (dass z. B., wenn wir in unserer Nährlösung die Phosphorsäure in Form von Mono-Kaliumphosphat gaben, stets eine krankhafte, wenn wir sie dagegen als Di- oder Tri-Kaliumphosphat gaben, immer eine normale Lupinenvegetation die Folge war); dass selbst eine nur mässige Beimischung von kohlensaurem Kalk zum Boden (z. B. $1\frac{0}{00}$) bei unseren Versuchen stets sehr nachtheilige Folgen hatte; — und ich füge jetzt noch hinzu, dass sich ebenso die sulfidhaltige Thomasschlacke frisch verwendet, stets nachtheilig erwies; und — dass die Aufgüsse in unseren Versuchen nur dann ihre volle Wirksamkeit zeigten, wenn sie von Boden bereitet waren, der möglichst frisch dem Felde entnommen war, dass sie schwächer wirkten, wenn der Boden längere Zeit vorher aufbewahrt war, und dass sie ihre Wirksamkeit zum grössten Theile verloren hatten, wenn der Boden durch längeres Liegen lufttrocken geworden war.

So lange FRANK nicht nachweist, dass bei seinen Experimenten die genannten oder irgend welche andere Wachsthumshindernisse, welche mit der Stickstoffaufnahme nichts zu thun haben, bestimmt vermieden waren, wird man aus denselben nichts weiter zu schliessen vermögen, als dass die Lupinen aus irgend welchem unaufgeklärtem Grunde unter den gewählten Versuchsbedingungen eine normale Entwicklung nicht erlangten, — und natürlich auch dann nicht erlangten, wenn man ihnen eine kleine Quantität von Culturboden zusetzte, auf welchem vorher Lupinen gewachsen waren, — einen exacten Beweis gegen unsere Auffassung und Versuche wird man in seinen Resultaten nicht erblicken können.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1889

Band/Volume: 7

Autor(en)/Author(s): Hellriegel Hermann

Artikel/Article: Bemerkungen zu dem Aufsatze von B. Frank ,,Ueber den Einfluss, welchen das Sterilisiren des Erdbodens auf die Pflanzen-Entwicklung ausübt". 131-137