

## B. Frank: Ueber den Einfluss, welchen das Sterilisiren des Erdbodens auf die Pflanzen-Entwicklung ausübt.

Die wichtige Frage, inwieweit die Fruchtbarkeit des Erdbodens auf der Thätigkeit von Mikroorganismen beruht, macht es nothwendig, die Wirkungen des Bodens im organismenfreien Zustande beobachten zu können. Man hat zu diesem Zwecke zu der Methode des Sterilisirens gegriffen, d. h. zu der Behandlung des Bodens mit Wasserdampf von 100°, wobei in der That alle vorhandenen lebenden Keime getödtet werden. So hat man gewisse chemische Actionen des Erdbodens, z. B. die Nitrification des Ammoniaks, sobald man sie im sterilisirten Boden nicht eintreten sah, als eine Wirkung von Mikroorganismen des Erdbodens gedeutet. Besonders aber hat man auch die Frage, ob niedere Organismen an der Entwicklung und Production der Pflanzen theilhaftig sind, mittelst dieser Methode studirt. So habe ich, nachdem ich die allgemeine Symbiose der Wurzeln der Waldbäume mit Pilzen entdeckt hatte, den wichtigen Antheil, den die letzteren an der Ernährung der Bäume mit Humus haben, durch vergleichende Culturen in sterilisirtem und unsterilisirtem Waldhumus veranschaulicht.<sup>1)</sup> BERTHELOT<sup>2)</sup> wurde durch seine Versuche über die Zunahme des Stickstoffgehaltes verschiedener Thonböden, wenn dieselben längere Zeit der Luft ausgesetzt waren, wobei die Stickstoffzunahme in Form zusammengesetzter organischer Verbindungen eintrat, auf den Gedanken gebracht, dass die hierbei erfolgende Fixation des atmosphärischen Stickstoffes durch Mikroorganismen des Erdbodens veranlasst werde. Er glaubte dies bestätigt zu sehen durch die Beobachtung, dass derselbe Boden in sterilisirtem Zustande diese Stickstoffanreicherung nicht hervortreten liess. Ferner hat LAURENT<sup>3)</sup> Buchweizen in halb zersetztem Dung cultivirt und erhielt, wenn der letztere sterilisirt worden, eine Production, die viel geringer war, als wenn der sterilisirte Dung mit wässrigem Extract von unsterilisirtem Dung versetzt worden war. Die Pflanzen-Entwicklung wurde auch dann nicht verbessert, wenn dem sterilisirten Dung eine sterilisirte Normalnährstofflösung aller

1) Diese Berichte 1888, Heft 7.

2) Fixation directe de l'azote atmosphérique libre pour certains terrains argilleux. Compt. rend. 1885, pag. 775.

3) Les microbes du sol. Brüssel 1886.

Nährstoffe zugesetzt worden war. Er schloss daraus, dass Mikroben theilhaftig seien, und zwar, dass dieselben die mineralischen Stoffe für die Pflanzen zubereiten. HELLRIEGEL<sup>1)</sup> 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 assimiliert werde.

Allen diesen Versuchen liegt die Annahme zu Grunde, dass der Boden durch das Sterilisiren keine weiteren 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 Annahme zu prüfen. Ich habe mich daher zunächst mit folgenden beiden Vorfragen beschäftigt: erstens ob thatsächlich der Boden im sterilisirten Zustande eine andere Wirkung auf die Pflanze ausübt, und ob dies auch bei den verschiedenen Bodenarten im gleichen Sinne der Fall ist; zweitens, ob ausser der Zerstörung der organischen Keime nicht auch eine Aenderung anderer Eigenschaften des Bodens durch das Sterilisiren eintritt. Es ist klar, dass wenn das letztere der Fall sein sollte, die auf Organismenthätigkeit gezogenen Schlüsse ihre Beweiskraft verlieren würden.

Es zeigte sich sehr bald, dass die Unterschiede in den Wirkungen des sterilisirten und unsterilisirten Bodens keineswegs bei den verschiedenen Bodenarten gleichsinnig, sondern zum Theil geradezu entgegengesetzt sind. Ich habe die vergleichenden Culturen immer in gleich grossen Blumentöpfen gemacht, die mit dem zu prüfenden Boden gefüllt wurden. Der letztere wurde vorher möglichst zerkleinert, abgesiebt und dann sorgfältig durcheinander gemischt, so dass die Töpfe eine nahezu gleichförmige Bodenmasse erhielten. Die Sterilisirung geschah in der Weise, dass die mit dem angefeuchteten Boden gefüllten Töpfe 5 bis 6 Stunden lang im Sterilisirungsapparate Wasserdampf von 100° ausgesetzt wurden. Durch ein Thermometer, welches bis in die Mitte des Bodens eingesenkt war, überzeugte ich mich, dass die Siedehitze den Boden ganz durchdrang. Nach dem Abkühlen wurden die Samen gleichzeitig eingesäet, sowohl in die sterilisirten Töpfe, als auch in solche mit demselben unsterilisirten Boden; je ein

1) Tageblatt der Naturforsch. Versammlung zu Berlin 1886. pag. 290.

Samen in jeden Topf. Die Culturen blieben dann immer neben einander stehen und wurden gleichmässig mit destillirtem Wasser begossen und auch sonst gleich behandelt.

Bezüglich des Erfolges traten zunächst alle humusreichen Böden durch ein gleichsinniges Verhalten hervor. Hier hat das Sterilisiren des Bodens eine unzweifelhaft bessere Entwicklung der Pflanze gegenüber dem unsterilisirten zur Folge. Auch scheint dies für alle Pflanzen gleichmässig zu gelten, jedenfalls nehmen die Leguminosen hier keine abweichende Sonderstellung ein. Nur diejenige Kategorie von Pflanzen, welche, wie ich nachgewiesen habe, durch Vermittelung von Pilzen in ihren Mycorrhizen mit Humus ernährt werden, machen hiervon eine Ausnahme, indem sie im sterilisirten Humusboden mit ihren dann pilzfriren Wurzeln eine kümmerlichere Entwicklung annehmen oder überhaupt zu Grunde gehen, wie ich kürzlich mitgetheilt habe. Wie ungemein der sterilisirte humushaltige Boden die Production derjenigen Pflanzen erhöht, deren Wurzeln ohne Pilzhilfe sich selbständig ernähren, zeigten mir zunächst Versuche mit gelben Lupinen, welche im humushaltigen Sande cultivirt wurden. Die weit grössere Fruchtbarkeit des sterilisirten Bodens wird hier schon durch die vorgelegten photographischen Aufnahmen beiderlei Culturen veranschaulicht, ausserdem auch durch das erreichte Erntegewicht. Die 4 Lupinenpflanzen im sterilisirten Boden, welche nichts von Wurzelknöllchen gebildet hatten, brachten trotzdem viele gut entwickelte Hülsen mit reifen Samen und gaben an Trockensubstanz 55 g, während die 4 Pflanzen im unsterilisirten Boden Wurzelknöllchen besaßen, aber weit weniger Früchte und Samen und nur ein Trockengewicht von 15,5 g producirt hatten. Auch noch einige andere Unterschiede zeigten die beiden Culturen im Laufe ihrer Entwicklung. Schou bald nach der Keimung trat der bessere Zustand der sterilisirten Culturen durch kräftigere und breitere Blätter, sowie üppigere Gestalt der ganzen Pflanze hervor, aber dafür war die Farbe aller dieser Pflanzen, was namentlich kurz nach dem Abblühen bemerkbar wurde, etwas mehr gelbgrün gegenüber der dunkler und reiner grünen Farbe der unsterilisirten. Auch wurde die Entwicklung der sterilisirten ein wenig verlangsamt, nämlich ihre vegetative Periode etwas verlängert, indem sie einige Tage später zum Blühen kamen als die anderen.

Das gleichsinnige Resultat ergab sich auch bei Cultur von Lupinen in Moorboden in ebensolchen Blumentöpfen.

Als ich nun die gleichen Versuche mit Hafer wiederholte, erhielt ich stets das analoge Resultat wie mit Lupinen. Derselbe humushaltige Sand, wie er zu den Lupinen-Versuchen diente, wurde auch für den Hafer verwendet und ergab im sterilisirten Zustande durchgängig höhere Halme, üppigere breitere Blätter und blüthenreichere Rispen als im unsterilisirten. Besonders überraschend war ein Versuch mit humusreichem Kalkboden

aus Buchenwald, demselben Boden, in welchem umgekehrt das Sterilisiren die hier unverpilzt bleibenden Buchen zu Grunde gehen lässt. In je 5 gleich grosse Töpfe mit sterilisirtem und unsterilisiertem Boden wurde ein Samen gesät; die vorgelegte Photographie der fertigen Pflanzen zeigt den grossen Unterschied. Schon beim Aufwachsen der Pflanzen machte sich bei sämmtlichen 5 Individuen des sterilisirten Bodens eine üppigere Entwicklung geltend, die sich nicht blos in der Breite der Blätter, sondern namentlich auch in der grösseren Bestockung aussprach, so dass diese Pflanzen ausser dem Haupthalme zuletzt noch 2 bis 3 Nebenhalm bildeten, während die Pflanzen in den nicht sterilisirten Töpfen höchstens 1 oder 2 Bestockungstriebe zum Vorschein brachten. So hatten endlich die sterilisirten Culturen im Ganzen 18 blühende Halme mit 597 Körnern, die unsterilisirten nur 8 blühende Halme mit 172 Körnern bekommen; das Erntegewicht der ersteren betrug 40,3 g, das der letzteren 24,2 g.

Ein anderes Verhalten zeigen die humuslosen oder humusarmen Böden. Ich verwendete märkischen Flugsand, dem für jeden Topf gleiche Quantitäten von Mergel, Kainit und Thomasschlacke zugesetzt worden waren. Bei den Lupinen war hier der Erfolg hinsichtlich der Production umgekehrt wie in den Humusböden. Die Pflanzen im sterilisirten und unsterilisiertem Boden zeigten zwar bis gegen die Blüthezeit hin keinen auffallenden Unterschied. Mit Herannahen derselben aber wuchsen die Pflanzen im unsterilisiertem Boden etwas höher und kräftiger und bildeten etwas grössere Blätter als die anderen. Noch deutlicher trat der Unterschied nach dem Abblühen hervor: in der unsterilisirten Cultur kam eine mässige Anzahl von Hülsen mit guten Samen an jedem Individuum zur Entwicklung, während die Pflanzen der sterilisirten Töpfe nur eine oder wenige samentragende Hülsen oder selbst gar keine zur Reife brachten; das Erntegewicht der 4 ersteren Pflanzen betrug 23,5 g, das der 4 letzteren 9,0 g. Dagegen trat gleichsinnig mit den Erfolgen des Humusbodens hier der Umstand auf, dass die Pflanzen des unsterilisiertem Bodens ein mehr dunkelgrünes Colorit besaßen, und dass sie um einige Tage früher zum Blühen gelangten. Wie gewöhnlich bei Lupinen waren auch hier die Wurzelknöllchen in den sterilisirten Töpfen nirgends, in den unsterilisiertem überall zur Entwicklung gekommen. Bei einem anderen solchen Parallelversuch nahm ich Boden von den Lupinenwiesen des Gutes Lupitz, einen lehmhaltigen Sand, auf welchem bis dahin 20 Lupinculturen ununterbrochen aufeinander gefolgt waren und reiche Ernten gegeben hatten, ohne dass jemals Stickstoffdüngung gegeben worden war. Es wurden 2 Töpfe im sterilisirten, 3 ebenso grosse im unsterilisiertem Zustande mit je einem Lupinensamen besät. Die Pflanzen gingen alle gleichzeitig auf, und wiederum zeigten die in den unsterilisiertem Böden wachsenden gleichmässig, eine wenn auch nicht sehr bedeutend bessere Entwicklung und gelangten etwa eine

Woche früher zum Blühen; aber sie bildeten schliesslich beide gleichviel Hülsen, nur mit dem Unterschied, dass auch hier der zeitliche Vorsprung der unsterilisirten sich erhielt, indem jederzeit ihre Hülsen etwas grösser und voller erschienen. Im Ernte-Trockengewicht zeigte sich aber wieder die bessere Production der unsterilisirten; es wurde hier zu 7,6 *g*, bei den sterilisirten aber zu 5,65 *g* gefunden. Wurzelknöllchen hatten sich in der unsterilisirten Cultur an allen, aber auch in der sterilisirten Cultur an zwei Pflanzen entwickelt, und zwar waren hier die mit Knöllchen versehenen Pflanzen nicht besser gewachsen, als das knöllchenlose Individuum.

Ich habe nun auch die Versuche HELLRIEGEL's wiederholt, nach denen eine Impfung des sterilisirten Bodens mit einer kleinen Menge unsterilisirten Bodens die kümmerlichere Entwicklung der Lupinen wieder ausgleichen soll, woraus man bekanntlich auf die Thätigkeit von Mikroorganismen geschlossen hat. Zu dem Zwecke wurden Parallelversuche mit dem humuslosen märkischen Flugsandboden, der zu den oben beschriebenen Lupinenversuchen diente, angestellt, so dass eine gleiche Anzahl Töpfe in folgender Zubereitung vorhanden war: 1. unsterilisirter Boden, 2. sterilisirter Boden ohne jeden Zusatz, 3. desgl. mit je 4 *g* desselben unsterilisirten Sandbodens, 4. desgl. mit je ebensoviel unsterilisirten humösen Gartensandbodens, 5. desgl. mit je der gleichen Menge des Lupitzer Lupinenwiesenbodens im unsterilisirten Zustande, 6. desgleichen mit der gleichen Impfung wie bei 5, aber nach Sterilisirung des Impfbodens. Alle Töpfe standen neben einander, wurden an demselben Tage mit je einem Samen ausgelesener, möglichst gleicher Lupinenkörner besäet und dann während des Sommers gleich behandelt und mit destillirtem Wasser begossen. Uebereinstimmend mit den vorher beschriebenen Versuchen zeigte wiederum die Cultur in den nicht sterilisirten Töpfen eine bessere Entwicklung und etwas früheren Eintritt der Blüthezeit als in den sterilisirten und ungeimpft gelassenen. Die Pflanzen der ersteren zeigten sämmtlich je 6—8 Knöllchen an den Wurzeln, brachten einige Hülsen zur Entwicklung, die jedoch wegen Ungunst äusserer Verhältnisse nicht gut ausreifen, und repräsentirten bei der Ernte ein Trockengewicht von 8,950 *g*. Die der letzteren waren völlig frei von Wurzelknöllchen, die Pflanzen hatten geblüht, aber Hülsen waren nicht normal zur Entwicklung gekommen; ihr Erntegewicht betrug 4,600 *g*. Wir hätten somit hier wiederum ein Sinken der Production fast auf die Hälfte in Folge der Sterilisirung des Erdbodens. Aber es war auch keine der Impfungen des sterilisirten Bodens im Stande diese Beeinträchtigung wett zu machen. Die Culturen in diesen Versuchen sahen ziemlich so aus, wie in den sterilisirten und ungeimpften Töpfen; die Pflanzen blühten zwar, aber keine brachte es zur Production von samentragenden Hülsen. Die mit demselben humuslosen Sand geimpften Culturen besaßen ein Trockengewicht von 3,400 *g*, die mit humushaltigem Garten-Sandboden geimpften

3,900 g, die mit unsterilisirtem Lupitzer Lupinenboden geimpften 6,950 g und die mit sterilisirtem Lupitzer Lupinenboden 5,700 g. Wurzelknöllchen waren trotz der Impfung mit unsterilisirtem Boden nicht aufgetreten in den Culturen, wo mit humuslosem Sand geimpft worden war; von den mit humushaltigem Garten-Sandboden geimpften brachte nur eine Pflanze eine Anzahl Knöllchen. In den mit unsterilisirtem Lupinenboden versetzten Culturen hatten alle Pflanzen je 6—7 Wurzelknöllchen gebildet, während in den mit sterilisirtem Lupinenboden geimpften die Knöllchen vollständig fehlten.

Nach Feststellung dieser Thatsachen mag es erlaubt sein, hieran eine Abschweifung zu knüpfen, zu der Frage über die Beziehungen der Wurzelknöllchen zu der Lebensthätigkeit der Pflanzen.

Man mag über die Natur der Wurzelknöllchen, insbesondere ob sie durch eine Pilzinfektion entstehen oder nicht, denken, wie man will, so sind die vorstehenden Ergebnisse doch keinesfalls der HELLRIEGEL'schen Hypothese günstig, wonach die Wurzelknöllchen mit ihren vermeintlichen Pilzbewohnern die Fruchtbarkeit bedingen sollen. Denn wir sehen durchaus keinen Parallelismus zwischen dem Auftreten der Knöllchen und der productiven Entwicklung der Pflanze. Das Individuum in der mit humushaltigem Gartensand geimpften sterilisirten Flugsand-Cultur war trotz der ziemlich grossen Wurzelknöllchen, die es bekommen hatte, eines der schlechtest entwickelten. Und die Pflanzen, welche durch Impfung mit unsterilisirtem Lupinenboden zahlreiche Knöllchen gebildet hatten, waren doch nicht zur Samenbildung gelangt, wie die in ganz unsterilisirtem Boden cultivirten. Allerdings brachte, wie das Erntegewicht zeigt, die Impfung mit Lupinenboden eine gewisse Förderung zu Stande, allein dieselbe trat in ähnlichem Grade auch bei der Impfung mit sterilisirtem Lupinenboden, wo keine Wurzelknöllchen entstanden waren, hervor, zum Beweise, dass hier noch etwas anderes als Bodenorganismen oder Wurzelknöllchen im Spiele sein musste. Andererseits will ich aber doch nicht unerwähnt lassen, dass selbst bei diesem ziemlich geringen Bodenquantum von je 4 g, mit welchem die Culturen geimpft wurden, der Umstand, ob dasselbe sterilisirt war oder nicht, schon in dem gleichen Sinne an den Pflanzen zum Ausdruck kam, wie wenn der ganze Boden sterilisirt oder unsterilisirt ist. Nämlich, wo die Impfmasse unsterilisirt angewendet war, zeigten sich ausnahmslos Wurzelknöllchen, ein etwas früherer Eintritt der Blüthezeit, ein etwas dunkler grünes Colorit der Blätter und ein etwas grösseres Erntegewicht. Gewiss erweckt diese Beobachtung den Gedanken an eine Art fermentativer Organismen-Wirkung. Allein bei vorsichtiger Betrachtung erkennen wir sofort, dass uns jeder nähere Einblick in den inneren Zusammenhang noch verschlossen ist. Wir können ja gar nicht sagen, ob von den verschiedenen gleichzeitig erschienenen Symptomen, die ich eben genannt habe, eines und welches von einem der anderen bedingt ist. Wie wenig gerechtfertigt es ist, Anwesenheit

oder Abwesenheit der Wurzelknöllchen in eine bestimmte Beziehung zu dem weiteren Schicksale der Pflanze zu bringen, geht aus den obigen Versuchen hervor, nach denen bei günstigen äusseren Bedingungen Lupinen selbst in humuslosem, fast stickstoffreien Sand ohne Wurzelknöllchen zur Production von Samen gelangen können, ja dass sie in humushaltigem Sand ohne Knöllchen sogar weit höhere Production liefern, als mit Knöllchen. Es ist gewiss lehrreich, aus den voranstehenden Versuchen Folgendes hervorzuheben. In allen Fällen, ganz gleichgültig, ob humusreicher oder humusfreier Boden gegeben war, stellte sich eine Beziehung der Wurzelknöllchen unveränderlich heraus: wo durch Sterilisiren die Bildung dieser Knöllchen unterbleibt, zeigen die Blätter eine weniger dunkelgrüne Farbe, und verspätigt sich der Eintritt der Blüthezeit. Diese Constanz der Beziehung ist um so auffallender, als sie sich auch bei gerade umgekehrter Gestaltung der Production erhält, wie in den sterilisirten Culturen mit humushaltigen Böden, wo das Fehlen der Knöllchen, das minder tiefe Grün und die Verspätung der Blüte doch mit weit grösserer Frucht und Samenproduction verbunden auftritt. Es ist hier nicht der Ort, weitere Betrachtungen und Hypothesen bezüglich des Wesens und der Rolle der Knöllchen an diese Thatsache anzuschliessen, es ist auch noch nicht Zeit dazu, da erst weitere physiologische Experimente, mit denen ich beschäftigt bin, vielleicht mehr Licht in die Sache bringen werden.

Das eigenthümliche Verhalten, welches wir soeben an der Lupine im sterilisirten und im unsteril提高ten humuslosen Flugsand-Boden kennen gelernt haben, zeigt der Hafer entschieden nicht. Ich habe die gleichen Parallelculturen, die im Vorhergehenden unter 1–6 genannt sind, auch mit dieser Pflanze angestellt. Hier war ein Unterschied zwischen den unsteril提高ten und sterilisirten Töpfen, wenigstens in dem Sinne wie bei den Lupinen, nicht zu erkennen; in beiden wuchsen, blühten und fruchteten die Pflanzen ziemlich gleichmässig. Eher war umgekehrt eine etwas bessere Entwicklung in den sterilisirten, ungeimpften Töpfen bemerkbar, indem die Pflanzen etwas höher wuchsen und etwas mehr sich bestockten und ein Ernte-Trockengewicht von 6,2 g aufwiesen, während die gleiche Zahl der Pflanzen der unsteril提高ten Cultur nur 3,85 g Trockensubstanz producirte. Auch in den geimpften Böden machte sich kein besonderer Unterschied bemerkbar. Die Pflanzen sahen hier alle nahezu gleich und ebenso aus wie die anderen; an Ernte-Trockengewicht gaben die mit Flugsand geimpften 3,7, die mit Garten-Sandboden versetzten 4,1, die mit unsteril提高tem Lupinenboden 3,65, die mit sterilisirtem Lupinenboden 4,6 g.

Will man aus diesen freilich noch wenigen Fällen ein allgemeines Resultat ableiten, so würde es von den Vorstellungen derjenigen Forscher, welche neuerdings womöglich alle Fruchtbarkeit des Ackerbodens von

Mikroorganismen abzuleiten geneigt waren, erheblich abweichen und dahin gehen, dass in humushaltigen Böden das Sterilisiren die Fruchtbarkeit bedeutend erhöht, und zwar bei allen Pflanzen ohne Unterschied der natürlichen Verwandtschaft, soweit dieselben nicht durch Pilze, welche symbiotisch mit ihren Wurzeln leben, ernährt werden, dass dagegen bei humusarmen Böden die die Fruchtbarkeit erhöhende Wirkung des Sterilisirens nicht oder nicht klar hervortritt, ja dass sie bei den Lupinen sogar ins Gegentheil, in eine gewisse Verminderung der Production umschlägt.

Wenn wir uns nun nach einer Erklärung für diese Thatsachen umsehen, so müssen wir von der Frage ausgehen: was wird thatsächlich im Boden durch die Behandlung desselben mit Wasserdampf von 100° geändert? Allerdings werden die etwa vorhandenen Keime von Mikroorganismen getödtet. Wäre das die einzige Veränderung, die der Boden bei jener Behandlung erleidet, so könnte man die Erhöhung der Fruchtbarkeit durch Sterilisiren nur dadurch erklären, dass in den humushaltigen Böden Organismen vorhanden sind, welche durch ihre Thätigkeit die Entwicklung der in dem Boden wurzelnden höheren Pflanzen bis zu gewissem Grade hemmen, dass dagegen in den humusfreien Böden Organismen leben, welche die Entwicklung der Lupinen befördern. Nun lehrt aber eine genauere Untersuchung, dass durch das Sterilisiren auch gewisse Eigenschaften des Bodens selbst und zwar, wie aus dem Folgenden hervorgehen wird, chemische Qualitäten geändert werden. Zunächst zeigte sich dies in der auffallenden Erscheinung, dass fast ausnahmslos auf allen in Töpfen oder ähnlichen Gefässen sterilisirten und dann an freier Luft stehenden Bodenproben, wenigstens in den Räumen meines Institutes, sowie in dem dazu gehörigen Gewächshause, einige Tage nach dem Sterilisiren ein eigenthümlicher Pilz in Gestalt eines hellrosenrothen schimmelartigen Ueberzuges auftrat, welcher niemals auf denselben unsterilisiert gelassenen Bodenproben, selbst wenn diese unmittelbar daneben standen, zu sehen war. Es ist dies das bekannte *Pyronema Marianum* Carus (*Peziza confluens* Pers.), welches zuerst von CARUS 1835 auf Meilerplätzen bei Marienbad beobachtet, seitdem von anderen Mycologen hauptsächlich wieder auf Stellen, wo Kohlenmeiler gebrannt haben, oder auf anderen Feuerstätten, gefunden worden ist. Es überzieht den Boden ziemlich rasch mit seinem weissen schimmelartigen Mycelium, auf welchem dann bald die zahlreichen, sitzenden, hellrothen, 1 bis wenige Millimeter grossen Apothecien entstehen. Die Bodenart war dabei gleichgültig. Allerdings waren es alle humusreichen Böden, auf denen der Pilz fast regelmässig und in üppigster Entwicklung erschien; so auf Buchen-Humusboden, auf einem humushaltigen Sand- und auf Moorboden. Aber häufig zeigte er sich auch auf Flugsand, und selbst auf einem ganz weissen, geglühten Quarzsand habe ich ihn einige Male bekommen.



Um so auffallender ist sein ausnahmsloses Nichterscheinen auf allen diesen Böden im unsterilisirten Zustande. Um der Sache auf den Grund zu kommen, habe ich zunächst die Sporen dieses Pilzes untersucht. Sie werden in grosser Menge in den Apothecien erzeugt und aus den Sporenschläuchen in die Luft hinausgeschleudert. Unmittelbar nach ihrer Reife sind dieselben keimfähig. Wasserdampf von 100° zerstört ihre Keimfähigkeit schnell. Es geht daraus hervor, dass nicht etwa durch das Sterilisiren des Erdbodens die in demselben enthaltenen *Pyronema*-Sporen erst zur Keimung veranlasst werden, sondern, dass diese Sporen aus der Luft auf die Böden gelangten und erst durch eine veränderte Qualität des Bodens entwickelungsfähig wurden. Allerdings könnte man auch hier die Tödtung der übrigen Boden-Organismen als Ursache ansehen und sich denken, dass das *Pyronema* mit diesen Wesen völlig unverträglich ist. Allein die Erscheinung erinnert doch eher an die mehrfach constatirten Fälle, wo gewisse Pilze nur durch eine ganz bestimmte Qualität ihres Substrates die Bedingung ihrer Entwicklung finden. In der That lässt sich nun mit Leichtigkeit constatiren, dass die Behandlung des Bodens mit Wasserdampf von 100° auch eine Reihe von Veränderungen der chemisch-physikalischen Beschaffenheiten hervorbringt. Obenan steht die dadurch bewirkte Aufschliessung gewisser, in Wasser unlöslicher Bestandtheile, indem der Boden nach dem Sterilisiren viel mehr Substanz in gelöster Form an Wasser abgibt, als im unsterilisirten Zustande. Ich habe von den nachbenannten Bodenarten, nachdem dieselben gehörig zerkleinert, gesiebt und durchgemischt worden waren, in lufttrockenem Zustande jedesmal je 2 Portionen von 30 g abgewogen und beide mit je 2 l destillirten Wassers extrahirt, und zwar die eine Portion in unsterilisirtem Zustande, die andere, nachdem sie angefeuchtet und mehrere Stunden im Dampfsterilisirungsapparate bei 100° gehalten worden war. In dem durch Filtriren geklärten Extractionswasser befanden sich die folgenden Quantitäten in Grammen.

	Flugsand		Moorboden	
	Unsterilisirt	Sterilisirt	Unsterilisirt	Sterilisirt
Gesammte Menge des Löslichen . . . .	0,0195	0,0312	0,1094	0,2680
Darin:				
1. Organ. Substanz	0,0072	0,0184	0,0600	0,1860
2. Asche . . . .	0,0123	0,0128	0,0494	0,0820

Man sieht, wie der Boden nach dem Sterilisiren weit mehr lösliche Stoffe enthält, als im unsterilisirten Zustande; beim Moorboden beträgt

das weit über das Doppelte, beim Flugsand nicht ganz das Doppelte. Diese Aufschliessung betrifft sowohl die organische, als auch unverbrennliche Substanz, jedoch hauptsächlich, wie nicht anders zu erwarten, die erstere; das Mehr an Asche mag vielleicht in Verbindung organischer Körper vorhanden gewesen sein. Dass der Flugsand organische Substanz abgiebt, ist aus seinem, wenn auch geringen Gehalt an unzeretzten Pflanzenresten und humösen Körpern zu erklären.

Es wird nun niemand leugnen wollen, dass diese chemischen Veränderungen des Bodens sehr wohl die Ursache der veränderten Wirkungen sein können, die er nach dem Sterilisiren an den Tag legt; insbesondere kann sehr wohl die erhöhte Fruchtbarkeit, welche die humushaltigen Böden in diesem Falle zeigen, von der Aufschliessung ungelöster Bestandtheile herrühren, die dann zu besserer Ernährung der Pflanzen beitragen werden.

Ob mit der soeben klar gelegten Einwirkung der Siedehitze auf den Erdboden alle Veränderungen erschöpft sind, die dabei eintreten, darf mindestens bezweifelt werden. Bei weiterer Prüfung dürften sich deren noch andere herausstellen. Ich will nur bemerken, dass auch eine Verflüchtigung gewisser Stoffe eintritt, wie an dem eigenthümlichen Geruch zu bemerken ist, der sich beim Sterilisiren einigermaßen grösserer Bodenquantitäten verbreitet. Durch Wägung habe ich allerdings den Verlust dieser riechenden Stoffe nicht nachweisen können. Eine andere neue Eigenschaft, die sich am sterilisirten Boden bemerkbar macht, ist die, dass er an der Luft schneller austrocknet als der unsterilisirte.

Es kommt hier nicht darauf an, die chemisch - physikalischen Veränderungen, welche das Sterilisiren im Boden hervorbringt, erschöpfend zu studiren; aber das sollte gezeigt werden und ist gezeigt worden, dass es ein unberechtigter Schluss war, die veränderten Wirkungen, welche der Erdboden nach dem Sterilisiren zeigt, ohne Weiteres als eine Folge der Zerstörung der organischen Keime zu betrachten.

Die Unterschiede in den Wirkungen des Bodens auf die Pflanzen je nach Sterilisirung oder Nicht-Sterilisirung, wie ich sie in vorstehender Mittheilung nachgewiesen habe, können von Mikroorganismen des Bodens bedingt sein. Ich stehe diesem Gedanken keineswegs als Gegner gegenüber. Der erste Fall, dass höhere Pflanzen durch eine Symbiose mit niederen im Erdboden lebenden Organismen eine Hülfeleistung für ihre Ernährung finden, ist durch meine Entdeckung der Mycorhiza der Waldbäume bekannt geworden, und dieses ist von mir auch durch Beweise unzweifelhaft festgestellt worden. Für die im Vorstehenden besprochenen Erscheinungen habe weder ich noch hat einer meiner Schüler den Beweis von Organismen-Thätigkeit bis jetzt erbringen können; auch von anderer Seite ist derselbe nicht geliefert worden. Ich werde weiter versuchen, ob und inwieweit dieser Beweis möglich sein wird; aber die vorstehende kritische Untersuchung hat gezeigt,

wie weit wir jedenfalls von einer solchen Beweisführung entfernt sind. Dieselbe ist in diesen Fällen um so ferner gerückt, als die hypothetischen Organismen überhaupt noch nicht einmal mikroskopisch im Boden gesehen worden sind. Bei den Mycorhizen der Bäume sind die fraglichen Pilze klar nachweisbar; hier sehen wir im unsterilisirten Boden die Wurzeln mit ihrem Pilzmantel umkleidet und den Boden von den Pilzfäden durchwuchert, im sterilisirten Boden die Wurzeln gänzlich ohne diesen Pilz. Hier liegt also ein realer Beobachtungsgrund vor, welcher uns zwingt, die Betheiligung von Pilzen anzunehmen. Aber Organismen, von denen bewiesen ist, dass sie das Ammoniak im Erdboden nitrificiren oder die Wurzelknöllchen der Leguminosen erzeugen oder die Fruchtbarkeit dieser Pflanzen befördern, sind bis jetzt noch von keinem Beobachter gesehen worden.

---

### L. Klein: Ein neues Exkursionsmikroskop.

---

L. KLEIN demonstrirte das von ihm construirte und in der rühmlichst bekannten optischen Werkstatt von R. WINKEL in Göttingen ausgeführte Exkursionsmikroskop. Da das Instrument bereits in der Zeitschrift für Mikroskopie beschrieben und abgebildet ist (Bd. V, 1888, S. 196—199), soll hier nur kurz der Zweck und das Princip derselben erläutert werden.

Wie der Name andeutet, soll das Instrument den Botaniker wie den Zoologen in den Stand setzen, auf Exkursionen, namentlich auf solchen, die auf mikroskopische Süßwasserpflanzen und Thiere gerichtet sind, in möglichst bequemer und einfacher Weise mikroskopische Untersuchungen behufs Unterscheidung und Bestimmung der gesammelten Schätze anzustellen.

Zu diesem Zweck muss das Instrument möglichst compendiös, leicht transportabel und bequem aufzustellen sein, unbeschadet der Vorzüge eines wirklichen Mikroskopes. Die bisher bei uns für solche Zwecke üblichen Excursionsmikroskope, die sogen. Algensucher, taugen für den praktischen Gebrauch nicht viel, weil ihre Handhabung zu zeitraubend ist und vor allem, weil ihre Construction als Loupen mit sehr kurzer Brennweite es nöthig macht, das Instrument zur Erzielung der nöthigen Helligkeit des Bildes bei der Beobachtung gegen den Himmel zu halten. In Folge dessen können nur minimale Flüssig-

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1888

Band/Volume: [6](#)

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

Artikel/Article: [Ueber den Einfluss, welchen das Sterilisiren des Erdbodens auf die Pflanzen-Entwicklung ausübt. LXXXVII-XVCIII](#)