

Die letztgenannte Arbeit ist dadurch interessant, dass die Kernteilungsfiguren während der Reduktion denen von *Ceratiomyxa* sehr ähnlich sind. Der Entwicklungsgang ist allerdings bei *Pelomyxa* noch verwickelter. Vielleicht haben wir in *Pelomyxa*, *Ceratiomyxa* und den höheren Formen der Myxomyceten Gattungen vor uns, die von Gliedern einer Entwicklungsreihe ausgegangen sind. In der fortschreitenden Anpassung an die Ausstreuung der Sporen durch die Luft ist der Sexualakt weiter umgestaltet und vereinfacht worden.

Berlin, Botanisches Institut der Universität.

Literatur.

1. CHARLES E. ALLEN, Die Keimung der Zygote bei *Coleochaete*. Diese Berichte. XXIII. 1905. S. 285.
2. KARL BOTT, Über die Fortpflanzung von *Pelomyxa palustris*. Archiv für Protistenkunde. Bd. VIII. 1906. S. 120.
3. HELENE KRÄNZLIN, Zur Entwicklungsgeschichte der Sporangien bei den Trichien und Arcyrien. Archiv für Protistenkunde. Bd. IX. Heft 1. 1907 (noch nicht erschienen).
4. R. A. HARPER, Sexual reproduction and the organization of the nucleus in certain mildews. Carnegie institution of Washington. Publication Nr. 37. 1905.
5. E. JAHN, Myxomycetenstudien. 3. Kernteilung und Geißelbildung bei den Schwärmern von *Stemonitis flaccida*. Diese Berichte Bd. XXII. 1904. S. 84.
6. ARTHUR LISTER, On the division of nuclei in the Mycetozoa. Linnean Society's Journal. Vol. 29. 1903. S. 529.
7. HANS PRANDTL, Die Konjugation von *Didinium nasutum*. Archiv für Protistenkunde. Bd. VII. 1906. S. 229.
8. VON PROWAZEK, Studien über Säugetiertrypanosomen. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt. XXII. 1905.
9. FRITZ SCHAUDINN, Generations- und Wirtswechsel bei *Trypanosoma* und *Spirochaete*. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt. XX. 1904.

6. Gustav Gassner: Zur Frage der Elektrokultur.

Mit zwei Figuren im Text.

Eingegangen am 24. Januar 1907.

Eine Anwendung der Elektrizität in der Absicht, die Erträge unserer Kulturpflanzen zu erhöhen, lässt sich in verschiedener Weise bewerkstelligen. Die von mir angestellten Versuche beschränken

sich auf die beiden hauptsächlichsten bisher in Vorschlag gebrachten Anwendungen.¹⁾

I. Elektrische Behandlung der Pflanzen mittels Durchleiten des elektrischen Stromes durch das Erdreich, in dem die Pflanzen wachsen.

Nach einigen älteren Angaben, die sich namentlich in populären Zeitschriften finden und von Zeit zu Zeit immer wieder auftauchen, soll eine günstige Beeinflussung des Pflanzenwachstums dadurch erreicht werden, dass man an einer Seite der zu behandelnden Pflanze bzw. Beete eine Kupferplatte und an der entgegengesetzten eine Zinkplatte in den Boden senkt und diese leitend durch einen Draht verbindet. Der durch dieses Kupfer-Zink-Element erzeugte Strom durchfließt die Erde und soll so die Pflanzen beeinflussen.

Zur Nachprüfung stellte ich eine Reihe von Versuchen mit Gerste, Buchweizen und Erbsen an, die jedoch ausnahmslos ergebnislos verliefen. Ein günstiger Einfluss auf die so behandelten Pflanzen im Vergleich zu den in den Kontrollkästen befindlichen liess sich nicht feststellen.

LÖWENHERZ²⁾ wies bereits darauf hin, dass der bei dieser Versuchsanordnung erzeugte Strom infolge des hohen Leitungswiderstandes der Erde zu schwach sein dürfte, um überhaupt eine Wirkung auszuüben. Ich kann das nur bestätigen; bei einer Elektrodenentfernung von 1 m zeigte das zur Strommessung benutzte Milliampereometer (1 Teilstrich der Skala = $\frac{1}{10000}$ Ampere) nur durch einen kaum noch merkbaren Ausschlag das Vorhandensein eines Stromes an.

Eine Elektrokultur nach diesem Verfahren muss daher von vornherein als wenig aussichtsreich erscheinen.

Um überhaupt festzustellen, ob der elektrische Strom einen Einfluss auf das Pflanzenwachstum ausübt, muss man den von einer stärkeren Batterie erzeugten Strom mittels in die Erde gesteckter Elektroden (am besten Kohleplatten) durch das Erdreich hindurchleiten. Versuche dieser Art wurden von LÖWENHERZ angestellt.

1) Die Versuche sind ausser einigen in der Kais. Biolog. Anstalt zu Dahlem angestellten im Botanischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin ausgeführt. Herrn Geheimrat Prof. Dr. KNY spreche ich für das Interesse an meinen Arbeiten und das gütige Entgegenkommen in der Anschaffung der nötigen Apparate meinen verbindlichsten Dank aus, Herrn Privatdozenten Dr. W. MAGNUS insbesondere für die gütige Übernahme der Korrekturlesungen. — Leider war es infolge meiner Berufung an die Universität Montevideo nicht möglich, die Versuche schon jetzt soweit fortzuführen, wie es ursprünglich meine Absicht war.

2) RICHARD LÖWENHERZ, Versuche über Elektrokultur. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, XV. Bd., Jahrg. 1905.

Bei meinen Versuchen verwandte ich den Strom der Lichtleitung (Gleichstrom, Spannung 110 Volt). Als Kulturgefäße für die Pflanzen dienten Holzkästen von 1 m Länge bei 100 qcm Querschnitt.

Die Versuche lieferten in der Hauptsache eine Bestätigung des von LÖWENHERZ gefundenen Ergebnisses: schwächere Ströme wirken überhaupt nicht auf die Pflanzen ein, stärkere dagegen nicht nur nicht günstig, sondern direkt schädlich. Die schädigende Wirkung macht sich zunächst an dem schlechten Auflaufen der zur Keimung ausgelegten und dabei dem Strom ausgesetzten Körner bemerkbar.

LÖWENHERZ beendigte seine Versuche gewöhnlich bald nach dem Auflaufen der jungen Pflanzen. Ich habe einige Versuche längere Zeit fortgesetzt, konnte jedoch ebenfalls niemals beobachten, dass eine Förderung des Wachstums durch den elektrischen Strom stattfand.

Zu demselben Ergebnis führten auch zwei Versuche mit Buchweizen in Nährlösung, durch die der Strom mittels der an anderer Stelle beschriebenen Gelatinebügel hindurchgeleitet wurde.¹⁾ Es liess sich sehr deutlich verfolgen, wie alle Wurzeln negativ galvanotropisch nach der Kathode wuchsen, dagegen liess sich eine Förderung der elektrisierten Keimlinge nicht feststellen. Bei Steigerung der Stromstärke wurden die Pflanzen zum Absterben gebracht.

Am empfindlichsten wirkt sichtlich der Strom auf ganz junge Pflanzen ein. Um ältere Pflanzen zu beeinflussen, muss man bedeutend stärkere Ströme anwenden. —

Was zunächst die praktische Seite anbetrifft, so ergaben also diese Versuche, dass eine Elektrokultur auch mit stärkeren Strömen aussichtslos ist. Das steht in Übereinstimmung mit der Wirkung, die ein stärkerer elektrischer Strom auf pflanzliche Organe ausübt.

Ich gehe im folgenden von einer Beobachtung aus, die LÖWENHERZ mitteilt, für die er jedoch keine Erklärung gibt. Legt man nämlich Gerstenkörner zur Keimung in Erde aus, die vom Strom durchflossen wird, so findet man, dass die Zahl der auflaufenden Körner, also die Wirkung des Stromes je nach der Lage der Körner eine verschiedene ist.

Ich fand dies Ergebnis für Gerste bestätigt, und konnte dieselbe Feststellung auch für Hafer, nicht ganz so deutlich auch bei Weizen und Roggen machen.

In Fig. 1 *a*, *b*, *c*, und 2 *a*, *b*, *c* sind drei verschiedene Möglichkeiten der Lage eines Gersten- bzw. Haferkornes zur Stromrichtung wiedergegeben. In *a* liegt das Korn mit der Spitze nach dem

1) G. GASSNER, Der Galvanotropismus der Wurzeln. Botanische Zeitung 1906.

+ Pol (Embryo nach dem - Pol), in *b* umgekehrt und in *c* senkrecht zur Stromrichtung. In *a* wirkt der Strom am schädlichsten, weniger schädlich in *b*, und am wenigsten in der Lage *c*. Von je 50 ausgelegten Haferkörnern z. B. gingen bei einer Stromdichte von 0,05 bis 0,19 Milliampere¹⁾ pro Quadratcentimeter des Querschnitts des Versuchesgefäßes in der Lage *a*: 6 = 12 pCt., in *b*: 39 = 78 pCt. und in *c*: 48 = 96 pCt. auf (im Kontrolltopf 49 = 98 pCt.).

Zur Erklärung dieser Erscheinung muss ich von meinen früheren Untersuchungen über den Galvanotropismus der Wurzeln²⁾ ausgehen.

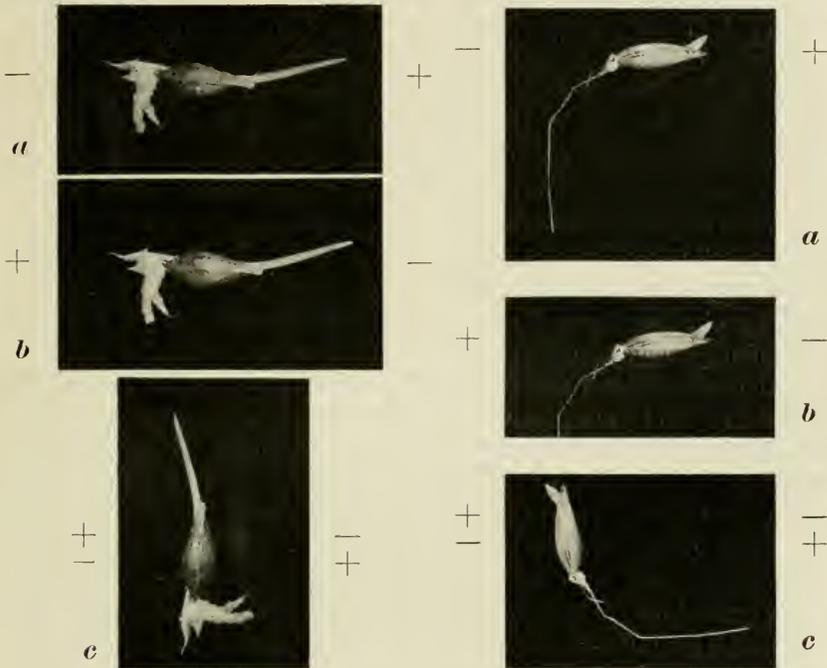


Fig. 1.

Fig. 2.

Ich habe dort den Nachweis zu führen gesucht, dass die galvanotropischen Krümmungen in gewisser Beziehung nur einen besonderen Fall der traumatropischen darstellen. Die Wirkung des konstanten elektrischen Stromes beruht in einer bisher mit Sicherheit nicht näher zu präzisierenden einseitigen Schädigung der dem positiven Pol zugewendeten Wurzel-seite, die bei schwächeren Strömen zu einer traumatropischen Krümmung nach der entgegengesetzten Seite (nach der Kathode),

1) Die Stromstärke schwankt sehr stark, je nach dem Feuchtigkeitsgehalt der Erde.

2) l. c.

bei stärkeren infolge der Abtötung der positiven Wurzelseite zu einer Schädigungskrümmung nach dem + Pol führt.

So vermute ich, dass die von LÖWENHERZ zuerst gemachte Beobachtung über die Einwirkung des Stromes bei verschiedener Lage der auskeimenden Körner auf die schädigende Wirkung des elektrischen Stromes an der Eintrittsstelle zurückzuführen ist.

Auf den ersten Blick scheint dem allerdings nicht so zu sein: in der Lage *b*, in welcher der Embryo des Kornes, als der empfindlichste Teil, dem + Pol zugewendet ist, ist die schädigende Wirkung des Stromes eine weit weniger starke als in der Lage *a*, wo der Embryo dem - Pol zugewendet ist. Das Bild ändert sich jedoch, wenn man den Verlauf der Keimung näher verfolgt.

In der Lage *a* ist allerdings der Embryo dem - Pol zugewendet. Bei der Keimung bricht die Wurzel nach dem - Pol, das Keimblatt dagegen nach dem + Pol durch; dieses wächst zunächst unter den Spelzen weiter, um dann an der Spitze des Kornes, d. h. an der dem + Pol zugewendeten Seite durchzubrechen. Hier ist die Eintrittsstelle des Stromes, und da die Wirkung desselben in der Schädigung seiner Eintrittsstelle in den pflanzlichen Organismus besteht, ist ohne weiteres die geringe Anzahl der in dieser Lage zum Auflaufen gelangenden Körner verständlich.

Anders in der Lage *b*: Hier wächst das Keimblatt zunächst nach dem - Pol, um dann geotropisch nach oben weiterzuwachsen; die Eintrittsstelle des Stromes ist hier die Wurzel; die Schädigung derselben ist aber bei den Monokotylen nicht von sehr hoher Bedeutung, da bald für entsprechenden Ersatz gesorgt wird. Wenn in der Lage *b* immerhin nicht alle Körner auflaufen, so liegt das andererseits daran, dass anscheinend zuweilen im allerersten Keimungsstadium der ganze Embryo als an der Eintrittsstelle des Stromes liegend abgetötet wird, oder aber die Schädigung der Wurzelseite doch eine zu bedeutende ist.

In der Lage *c* schliesslich kann eine derartig starke polare Wirkung des Stromes wie in *a* und *b* nicht auftreten, da bei transversaler Lage der Kornes zur Stromrichtung die zwischen Eintrittsstelle und Austrittsstelle des Stromes an dem Korn bestehende Spannungsdifferenz stets um ein Vielfaches kleiner ist, als wenn das ganze Korn der Länge nach durchflossen wird. Es könnte höchstens die dem positiven Pol zugewendete Seite des Keimblattes und der Wurzel etwas geschädigt werden, während die andere Seite intakt bleibt. Bei starken Strömen kann allerdings auch diese Schädigung eine so starke sein, dass das Korn nicht aufläuft.

Mit der Annahme der polaren Schädigung durch den elektrischen Strom findet also die von LÖWENHERZ beobachtete Erscheinung eine sehr ungezwungene Erklärung.

Es mag jedoch nicht unerwähnt bleiben, dass eine vor kurzem erschienene Arbeit von SCHELLENBERG¹⁾ meinen Ansichten zu widersprechen scheint. So bin ich gezwungen, hier zu ihr Stellung zu nehmen.

Das Verständnis der Ergebnisse dieser Arbeit wird durch eine ungewöhnliche Bezeichnungsweise sehr erschwert. Der Verfasser bezeichnet nämlich die Anode als den „Ort, wo sich das positive Metallteilchen abscheidet“, also den negativen Pol, und die Kathode entsprechend als den positiven Pol. Da er nun abwechselnd von Anode und Kathode, und positivem und negativem Pol spricht, ist oft ohne weiteres nicht zu erkennen, was der Autor meint.²⁾

Werden die Polbezeichnungen sinngemäss geändert, so lassen sich die uns interessierenden Ergebnisse SCHELLENBERG's wie folgt zusammenfassen: die Konzentration einer Salzlösung, in der man die Wurzeln dem Strom aussetzt, bestimmt die auftretenden galvanotropischen Wurzelkrümmungen insoweit, als bei derselben Stromstärke die Wurzeln sich in Salzlösungen niedriger Konzentration nach dem + Pol, bei höherer nach dem - Pol krümmen. Die Konzentration, bei der die Grenze zwischen positiven und negativen Krümmungen liegt, bezeichnet SCHELLENBERG als Konzentration der Umstimmung, und diese „ist von Salz zu Salz verschieden“.

Aus diesem Verhalten der Wurzeln glaubt nun SCHELLENBERG den Schluss ziehen zu dürfen, dass nicht der elektrische Strom, sondern die Salze des umgebenden Mediums den Galvanotropismus bewirken, „dass Chemotropismus der Salze und Galvanotropismus bei Wurzeln identische Erscheinungen sind“.

Der von SCHELLENBERG beobachtete Einfluss verschiedener Konzentrationen der umgebenden Salzlösungen auf die Krümmungsrichtung der Wurzeln ist auch von mir in gleicher Weise beobachtet und beschrieben worden.³⁾ Dagegen erklärte ich diese Erscheinung auf einem anderen Wege.

BRUNCHORST⁴⁾ hatte bereits gefunden, dass bei schwachen elektrischen Strömen negative, bei stärkeren dagegen positive Krümmungen resultieren. Ich konnte dann des Weiteren zeigen, wie unter sonst gleichen Bedingungen nur die Stromdichte, d. h. die Stromstärke pro Flächeneinheit als ausschlaggebender Faktor anzusehen ist.

1 H. C. SCHELLENBERG, Untersuchungen über den Einfluss der Salze auf die Wachstumsrichtung der Wurzeln, zunächst in der Erbsenwurzel.

2) So z. B. S. 488: „Er (BRUNCHORST) findet, dass die Krümmung zur Anode ähnlich wie die Schwerkraft in der Wurzelspitze empfunden wird; dagegen wird die positive Krümmung . . .“ Krümmung zur Anode und positive Krümmung ist dasselbe!

3) l. c.

4) Vgl. die in meiner früheren Arbeit (l. c.) gegebenen Literaturangaben.

Diesem Ergebnis lässt sich nun die sogenannte „Umstimmung“ der Krümmungsrichtung in Salzlösungen verschiedener Konzentrationen bei Durchleiten desselben Stromes leicht einordnen. In Salzlösungen niederer Konzentration ist das Leitungsvermögen ein schlechteres wie in denen höherer; ist dasselbe z. B. gleich dem der in der Salzlösung befindlichen Wurzel, so werden beim Durchleiten des Stromes die Kraftlinien alle in grader Linie von einer Elektrode zur anderen durch die Flüssigkeit und die Wurzel verlaufen. Ist dagegen das Leitungsvermögen des umgebenden Mediums ein anderes als das der Wurzel, z. B. schlechter, so werden nach den Gesetzen der Stromverzweigung die Kraftlinien nach dem besseren Leiter abgelenkt, d. h. auf die Wurzel konzentriert; und umgekehrt wird in einem Medium, das besser leitet als die Wurzel, der elektrische Strom hauptsächlich um die Wurzel herum fließen. Die Zahl der die Wurzel durchfließenden Kraftlinien und damit die Wirkung des Stromes hängt also von dem spezifischen Leitungsvermögen des umgebenden Mediums ab: derselbe Strom muss in schlecht leitenden Elektrolyten auf Pflanzen empfindlicher wirken wie in gutleitenden, am schädlichsten in destilliertem, fast salzfreiem Wasser. Demgemäß müssen bei derselben Stromstärke in Salzlösungen niederer Konzentration Krümmungen zur Anode, bei höherer Konzentration dagegen Krümmungen zur Kathode auftreten.

Da nun ferner das Leitungsvermögen der Lösungen der verschiedenen Salze ein verschiedenes ist, muss die Grenze, bei der die positiven Krümmungen aufhören, bezw. die negativen beginnen (nach SCHELLENBERG die „Umstimmungskonzentration“) je nach dem Leitungsvermögen der Elektrolyte verschieden sein.

Als Beweis will ich aus einer grösseren Versuchsreihe einen Versuch hier wiedergeben. Ausgeführte Widerstandsmessungen zeigten mir, dass eine 0,01prozentige NH_4Cl -Lösung im Verhältnis zu einer 0,01prozentigen K_2HPO_4 -Lösung wie 41,8 zu 12,5 leitet. Bei einer Stromdichte von 0,2 Milliampere pro Quadratcentimeter ergaben sich für *Lupinus albus* die folgenden Resultate (siehe die Tabelle auf S. 33).¹⁾

Während bei der NH_4Cl -Lösung bereits zwischen einer Konzentration von 0,01 und 0,02 pCt. die ersten negativen Krümmungen auftreten, findet dies für die K_2HPO_4 -Lösung erst zwischen 0,05 und 0,07 pCt. statt. Wenn man die oben mitgeteilten Daten über das Leitungsvermögen der beiden Salzlösungen berücksichtigt, so er-

1) Zur Erklärung der Bezeichnung der $\left\{ \begin{array}{l} + \\ - \end{array} \right.$ Krümmungen (S-förmige Krümmungen) muss ich auf die in meiner früheren Arbeit (l. c.) S. 154 gegebenen Erläuterungen hinweisen.

Konzentration der Salzlösung pCt.	Krümmung nach 24 Stunden	
	bei NH_4Cl	bei K_2HPO_4
0,01	alle = $+80^\circ$	alle = $+80$ bis 100°
0,02	alle = $\begin{cases} +30^\circ \\ -45^\circ \end{cases}$	alle = $+80$ bis 90°
0,03	alle = $\begin{cases} +20^\circ \\ -45^\circ \end{cases}$	vacat
0,035	vacat	alle = $+80$ bis 90°
0,05	alle = $\begin{cases} +20 \text{ bis } 30^\circ \\ -15^\circ \end{cases}$	alle = $+80$ bis 90°
0,07	alle = -30 bis 50°	alle = $\begin{cases} +40 \text{ bis } 50^\circ \\ -30^\circ \end{cases}$
0,1	alle = -30°	9 = $\begin{cases} +10 \text{ bis } 20^\circ \\ -10 \text{ bis } 40^\circ \end{cases}$ 1 = $+50^\circ$

gibt sich, dass die Grenze zwischen positiven und negativen Krümmungen in beiden Salzlösungen bei den Konzentrationen liegt, bei denen ihr Leitungsvermögen dasselbe ist.

Das hat SCHELLENBERG bei seinen Betrachtungen über den Einfluss der Salze nicht berücksichtigt, so dass seine Schlussfolgerungen in betreff der Gleichsetzung von Chemotropismus und Galvanotropismus als einwandfrei nicht angesehen werden können. Ob und in welchen Grenzen ein sekundärer Einfluss der verschiedenen Ionen des umgebenden Elektrolyten für die Schädigung der Wurzel in Betracht kommen kann, könnten nur sehr genaue Versuche unter entsprechender Berücksichtigung bzw. Eliminierung des spezifischen Leitungswiderstandes entscheiden, bei denen naturgemäss auch sehr genaue Strommessungen vorgenommen werden müssten. —

Die Anwendung des konstanten elektrischen Stromes zur Elektrokultur dürfte also nach allem eben Gesagten schon deswegen wenig Erfolg versprechen, weil seine Wirkung stets in einer einseitigen Schädigung der behandelten pflanzlichen Organismen besteht.

Anders verhalten sich Wechselströme. LÖWENHERZ¹⁾ hat an keimenden Gerstenkörnern gezeigt, dass derselbe Strom, wenn man seine Richtung des öfteren wechselt, nicht mehr schädlich wirkt. Aus Längenmessungen des Wurzelwachstums war ich zu demselben

1) l. c.

Ergebnis gekommen¹⁾ und hatte es dahin präzisiert, dass „ein Strom um so unschädlicher ist, je öfter er in der Zeiteinheit seine Richtung wechselt“. Insoweit stimmen also unsere Ergebnisse überein; dagegen kann ich mich den LÖWENHERZ'schen Folgerungen über einen wachstumsfördernden Einfluss der Wechselströme nicht anschließen. LÖWENHERZ glaubt nämlich, dass durch Verwendung von Wechselstrom die schädliche Wirkung der Elektrizität ausgeschaltet und nur eine nützliche übrig bleibt. Meine daraufhin angestellten Versuche bestätigten das nicht, sondern zeigten, dass entweder Wechselstrom ebenfalls schädlich wirkt (dann ist die Zahl der Wechsel pro Minute im Verhältnis zur Stromstärke zu klein) oder aber, dass er gar nicht wirkt. Nach meinen bisherigen Versuchen kann ich daher auch eine Verwendbarkeit von Wechselströmen für Elektrokulturzwecke nicht annehmen.

Wohl aber lassen sich Wechselströme in anderer Weise praktisch verwerten. Da die Pflanzen gegen Wechselströme relativ unempfindlich sind, andererseits Tiere gerade auf derartige Ströme sehr empfindlich reagieren, liegt die Möglichkeit nahe, tierische Schädlinge, z. B. Engerlinge im Boden abzutöten, ohne den Pflanzen zu schaden. Angestellte Versuche bestätigten diese Annahme. Engerlinge und Regenwürmer konnten z. B. in den Versuchskästen abgetötet werden, ohne dass eine schädliche Wirkung des Stromes auf die Pflanzen sich feststellen liess. Inwieweit das Verfahren in der Praxis sich durchführen lässt, können natürlich nur entsprechende Versuche zeigen.

II. Elektrische Behandlung der Pflanzen mittels Influenzelektrizität.

Das von LEMSTRÖM²⁾ angegebene Verfahren beruht darauf, dass der eine Pol einer Influenzmaschine mit der Erde, der andere mit einer feinen Spitze verbunden wird, die isoliert über der zu behandelnden Pflanze aufgehängt ist. Die Influenzelektrizität strömt dann von der Spitze durch die Luft zur Pflanze bzw. umgekehrt. LEMSTRÖM hat nach diesem Verfahren eine ganz bedeutende Förderung des Wachstums und Steigerung der Ernteerträge erzielt.

Bei meinen Versuchen begnügte ich mich damit, das Wachstum elektrisch behandelter junger Keimlinge mit dem der Kontrollpflanzen zu vergleichen. Die zu behandelnden Samen wurden in Blumentöpfe mit gut gemischter Gartenerde möglichst gleichmässig ausgelegt, und kurz vor dem Auflaufen der Pflanzen wurden mit der

1) l. c.

2) S. LEMSTRÖM, Erhöhung der Ernteerträge aller Kulturpflanzen durch elektrische Behandlung. Übersetzt von O. PRINGSHEIM 1902.

elektrischen Behandlung begonnen. Hierzu wurden die Töpfe in einzelne durch Glasplatten oder Pappen gebildete Zellen gestellt und mit der Erde leitend verbunden. In verschiedenen Abständen (8—60 cm) hingen über den Töpfen an Glasstäben isoliert Nadeln mit der Spitze nach unten; da je nach der Form der Spitze die in die Luft ausströmende Elektrizitätsmenge eine verschiedene ist, wurden die sehr gleichmässigen Grammophonnadeln zu diesem Zwecke verwendet. Die den nötigen Strom liefernde Influenzmaschine¹⁾ wurde durch einen kleinen Elektromotor in Betrieb gehalten, und der eine Pol derselben (gewöhnlich der negative) mit der Erde, der andere mit den über den Pflanzen aufgehängten Nadeln verbunden.

Die zunächst mit Keimlingen von *Pisum sativum* und *Helianthus annuus* angestellten Versuche verliefen ergebnislos. Die elektrische Behandlung dauerte durchschnittlich 14 Stunden täglich; nach 8—14 Tagen war ein Unterschied im Vergleich zu den Kontrollpflanzen nicht festzustellen. Die elektrisierten Keimlinge waren durch Anziehen feinsten Staubteilchen, die sich jedoch leicht abwischen liessen, geschwärzt. Das Überströmen der Elektrizität von den Spitzen zu den Pflanzen war bei einigen Töpfen mit geringem Spitzenabstand oft ein so starkes, dass Lichterscheinungen an den Pflanzen auftraten, was diesen anscheinend nicht schadete. Eine fördernde Einwirkung des Stromes liess sich jedoch nicht feststellen.

Zu einem positiven Ergebnis führten dagegen Versuche mit jungen Getreidekeimlingen, insbesondere Gerstenpflanzen; hier ergab sich im Wachstum eine sichtliche Förderung bei elektrischer Behandlung, was sich zunächst im früheren Durchstossen des ersten Laubblattes durch das Keimblatt zeigte.

Einer der ausgeführten Versuche diene als Beispiel:

Am 12. März 6 Uhr N. wurden in jeden Topf 30 Gerstenkörner gelegt. Am 16. März fingen die Körner an aufzulaufen, um 6 Uhr Nachmittag desselben Tages wurde mit der elektrischen Behandlung begonnen und diese pro Tag 13—14 Stunden durchgeführt. — Am 17. März 5 Uhr Nachmittag waren die Keimlinge in allen Töpfen sehr regelmässig aufgelaufen, ein Unterschied war nicht zu bemerken. — Am 18. März 11 Uhr Vormittag waren die elektrisierten Keimlinge den Kontrollpflanzen sichtlich im Wachstum voraus, und zwar unsomehr, je geringer der Abstand zwischen Topf und darüber befindlicher Nadel, d. h. je stärker die Elektrisierung war. Bei 10 cm Spitzenabstand zeigten bereits 16 Pflanzen das Keimblatt durchstossen, bei 21 cm Spitzenabstand 12 und bei 35 cm Spitzenabstand 4 Pflanzen, in dem unbehandelten Kontrolltopf I dagegen erst 1, und in dem Kontrolltopf II 3 Pflanzen. — Am 19. März 10 Uhr Vormittag waren die elektrisierten Keimlinge

1) Für gütige Überlassung der Influenzmaschine aus dem tierphysiologischen Institut der landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin spreche ich Herrn Geheimrat Prof. Dr. ZUNTZ meinen ergebenen Dank aus.

an Stengellänge und Entfaltung des Blattes den Kontrollpflanzen weit voraus, am meisten in dem Topf mit dem Spitzenabstand von 10 cm.

Im weiteren Verlauf behielten die elektrisierten Keimlinge den Vorsprung vor den Kontrollpflanzen bei, jedoch zeigte es sich, dass nicht mehr die am stärksten elektrisierten, sondern die weniger elektrisierten (Spitzenabstand 21 und 35 cm) den grössten Vorsprung vor den unbehandelten Pflanzen hatten. Am 26. März wurde der Versuch abgebrochen.

Die Versuche wurden dann im Dunkelzimmer unter Lichtabschluss weitergeführt. Es zeigte sich, dass eine Wachstumsförderung auch hier stattfand, dass sie also nicht etwa nur in einer Steigerung der Assimilationstätigkeit der Pflanze am Lichte besteht. Die im Dunkelzimmer gehaltenen Pflanzen blieben völlig etioliert.

Die Beobachtung, dass junge Getreidekeimlinge günstig durch die elektrische Behandlung beeinflusst werden, dagegen viele andere Pflanzen nicht, stimmt mit den Ergebnissen LEMSTRÖM's überein, der sogar unter gewissen Umständen eine Schädigung der elektrisierten Pflanzen feststellen konnte. Sehr oft zeigte sich ein Unterschied zwischen den elektrisierten und den Kontrollpflanzen erst bei der Ernte. Mir war es leider nicht möglich, die Versuche so lange auszudehnen; meine an jungen Keimlingen erhaltenen Ergebnisse lassen mir jedoch die LEMSTRÖM'schen Resultate als durchaus richtig erscheinen.

Auf die von LEMSTRÖM angegebenen Erklärungsmöglichkeiten, worauf die Förderung des Pflanzenwachstums bei elektrischer Behandlung zurückzuführen ist, soll hier nicht näher eingegangen werden, da dieselben mit den Tatsachen der Pflanzenphysiologie sich nicht wohl vereinbaren lassen, wohl auch Gründe physikalischer Natur dagegen sprechen. So z. B. haben wir keinen Grund anzunehmen, dass die Influenzelektrizität tief in das Innere der Pflanze wirkt, da sie ja bekanntlich nur an der Oberfläche der Körper vorhanden ist.

Auf eine näher liegende Erklärungsmöglichkeit soll dagegen hier hingewiesen werden.

Bei meinen Elektrokulturversuchen nach der LEMSTRÖM'schen Methode war mir aufgefallen, dass die elektrisierten Töpfe bedeutend mehr Wasser verdunsten als die Kontrolltöpfe. Ich stellte daher bei einer weiteren Versuchsreihe die verdunsteten Wassermengen durch Wägen genau fest und gelangte dabei zu folgenden Daten (siehe die Tabelle auf S. 37).

Die elektrisierten Töpfe haben also bedeutend mehr Wasser verdunstet wie die nichtelektrisierten.

Ein weiterer Versuch, bei dem an Stelle der Blumentöpfe mit Wasser gefüllte Porzellanschalen standen, führte zu demselben Ergebnis; hier betrug sogar bei einem elektrisierten Gefäss die ver-

Spitzenabstand über Topfrand	Gewicht des Topfes zu Beginn	Während der nächsten 48 Std. erhielten die Töpfe an Wasser	Gewicht des Topfes nach 48stünd. elektr. Behandlung	Also verdunstete Wassermenge
cm	gr	gr	gr	gr
15	1534	100	1493	141
25	1552	100	1537	115
39	1518	100	1520	98
27	1525	100	1521	104
Kontrolltopf I	1562	100	1618	44
„ II	1492	100	1540	42

dunstete Wassermenge ungefähr das Sechsfache der entsprechenden Kontrollschale.

Es ist also anzunehmen, dass auch die Transpiration der behandelten Pflanzen gegenüber den unbehandelten um ein Erhebliches gestiegen war. Ich vermute, dass die Transpiration gegenüber einer normalen noch dadurch ganz besonders gesteigert wird, dass während der Elektrisierung ständig ein intensiver Luftstrom unmittelbar an der Oberfläche der Pflanze vorhanden ist, der erheblich intensiver auf die Verdunstungsgrösse einwirken muss, als etwa nur ein starkes Vorbeistreichen der Luft; denn in dem letzteren Fall bleiben die unmittelbar an der Oberfläche befindlichen Luftteilchen doch immer mehr oder weniger in Ruhe, während sie sich gerade bei dem sogenannten „elektrischen Wind“ bewegen.

Somit ist die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, dass die erhöhte Transpiration selbst oder das durch ihre Steigerung bewirkte schnellere Herauschaffen der Nährsalze als Reiz auf die Wachstumsintensität der jungen Keimpflanze einwirken, und nach den von LEMSTRÖM erzielten höheren Ernteergebnissen überhaupt auf die allgemeinen Lebenserscheinungen der Pflanzen von förderndem Einfluss sein dürften.¹⁾

Ob durch die starke Luftbewegung unmittelbar an der Oberfläche der elektrisierten Pflanzen auch direkt eine Steigerung der Assimilation und der Atmung stattfindet, vermag ich nicht zu entscheiden.

Für die Richtigkeit der von mir ausgesprochenen Bedeutung der Transpirationssteigerung bei elektrischer Behandlung liefert

1) Vgl. STAHL's Auffassung über die Bedeutung der Transpiration (z. B. Botanische Zeitung 1897, pag. 71: „Über Pflanzenschlaf und verwandte Erscheinungen“.)

übrigens LEMSTRÖM selbst einige wichtige Bestätigungen, wenn er z. B. den Rat gibt, während der heissen Mittagsstunden (bei direkter Besonnung) die elektrische Behandlung als schädlich zu unterlassen, und ferner mitteilt, dass nur bei starker Bewässerung der elektrisierten Pflanzen sich bedeutende Steigerungen der Ernteerträge erzielen lassen.

7. Julius Stoklasa, Adolf Ernest und Karl Chocenský: Über die anaerobe Atmung der Samenpflanzen und über die Isolierung der Atmungsenzyme.

Eingegangen am 24. Januar 1907.

II.

W. PALLADIN hat mit seinen Mitarbeitern in dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität St. Petersburg sich einer Methode bedient, welche den Zweck hatte den Charakter der Atmungsenzyme näher zu beleuchten, und zwar geschah dies auf Grund der Arbeiten von BERTRAND, CHODAT und BACH.¹⁾

W. PALLADIN äussert sich in seiner letzten Arbeit in nachstehender Weise:

„Indem ich mich der Theorie von CHODAT und BACH anschliesse, vermute ich, dass die durch Pyrogallol angeregte Kohlensäureausscheidung ein Resultat der gemeinsamen Tätigkeit der Oxygenase (höhere Hydrosuperoxyde) und der Peroxydase ist. Infolgedessen schliesse ich auf Grund der hierbei ausgeschiedenen Kohlensäuremenge auf die Quantität der in den Pflanzen enthaltenen Oxygenase. Das Aufhören der Ausscheidung von Kohlensäure nach einer gewissen Zeit weist auf das Verschwinden der Oxygenase hin. Hiernach wurde 3prozentige Wasserstoffsuperoxydlösung in den Kolben gegossen, worauf wiederum eine starke Kohlensäureentwicklung erfolgte. Da nun nach der Theorie von CHODAT und BACH ein Teil der Peroxydase bereits zu ihrer gemeinsamen Arbeit mit der Oxygenase verbraucht worden war, zeigt die nach der Hinzufügung von H_2O_2 ausgeschiedene Kohlensäure die Menge der

1) BACH und CHODAT, Untersuchungen über die Rolle der Peroxydase in der lebenden Zelle, Ber. der deutsch. chem. Ges. 35, 2466. — Arch. sc. phys. et nat. Tome XVII, 1904, Recherches sur les ferments oxydants.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [25](#)

Autor(en)/Author(s): Gassner Gustav

Artikel/Article: [Zur Frage der Elektrokultur 26-38](#)