

Werk

Label: ReviewSingle

Autor: Damm, O.

Ort: Braunschweig

Jahr: 1907

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0022 | LOG_0086

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Die verschiedenen Teile des Bandenspektrums entsprechen den verschiedenen Reaktionsphasen zwischen positivem Restatom und negativem Elektron bei der Wiedervereinigung. Die Intensität der Wellenlängen, welche beim Passieren einer bestimmten Phase ausgestrahlt werden, ist für den einzelnen Träger nach Obigem eine konstante Größe und darum für die ganze Gasmasse proportional der Häufigkeit dieser Phase in der Zeiteinheit. Die Intensitätsverteilung im Bandenspektrum kann also durch Variation der Häufigkeiten der verschiedenen Phasen der Wiedervereinigung geändert werden: je häufiger eine Phase gegenüber den anderen ist, um so intensiver erscheint der entsprechende Teil des Bandenspektrums.

Erhöhung der mittleren Temperatur eines im Bandenspektrum leuchtenden Gases macht die Bandenlinien diffus, gleicht die Intensitätsunterschiede der Linien innerhalb einer Bande und der Banden selbst aus und verwandelt so das Bandenspektrum schließlich in kontinuierliche Spektralbezirke. Diese Veränderung erfolgt natürlich bei verschiedenen Gasen verschieden schnell. Bei der hohen Temperatur des kondensierten elektrischen Funkens ist darum das charakteristische Bandenspektrum eines Gases nicht mehr wahrzunehmen; es hat sich in einen kontinuierlichen Grund verwandelt, auf dem hell das Linienspektrum erscheint. Dieser Temperatureinfluß zeigt die Verschiedenheit der beiden Spektrenarten: Mit zunehmender translatorischer Energie (Temperatur) wächst ja die Intensität aller Linien einer Serie, aber die der kürzeren Wellenlängen schneller als die der anderen; im Bandenspektrum variiert die Temperaturänderung die Intensitätsverteilung durch gegenseitige Variation der Zahlen der Reaktionsphasen.

Auf die Bandenspektren, wie sie chemische Verbindungen von Atomen emittieren, finden die vorstehenden Betrachtungen keine Anwendung.

(Schluß folgt.)

H. C. Schellenberg: Untersuchungen über den Einfluß der Salze auf die Wachstumsrichtung der Wurzeln, zunächst an der Erbsenwurzel. (*Flora* 96, 474—499, 1906.)

Gustav Gaßner: Der Galvanotropismus der Wurzeln. (*Botanische Zeitung* 64, 150—222, 1906.)

Die verhältnismäßig spärliche Literatur über den Galvanotropismus der Wurzeln (vgl. *Rdsch.* XXI, 136) wird durch die vorliegenden Arbeiten in sehr beachtenswerter Weise bereichert. Beide Forscher fassen das Problem von ganz verschiedenen Seiten an.

Herr Schellenberg wurde zu seinen Untersuchungen angeregt durch Betrachtungen, die sich aus der elektrolytischen Dissoziationstheorie ergaben. Er setzte sich zum Ziel, nur die Wirkungen der schwachen Ströme zu studieren. Die benutzten Stromstärken schwankten zwischen 0,0001 und 0,000001 Ampere. Keimpflanzen von (Viktoria-) Erbsen wurden in senkrechter Richtung befestigt, so daß immer nur die Wurzel einige Zentimeter in die Lösung tauchte, durch die der Strom seinen Weg

nahm. Als Lösungen dienten sehr stark verdünnte Salzlösungen — auf 100 g Wasser z. B. 0,025 g Chlorkalium —, die keine schädigende Wirkung auf die Wurzeln ausübten. Da in der Lösung selbst keine Zersetzung eintreten sollte, brachte Verf. links und rechts von dem Gefäß mit den Versuchspflanzen zwei kleine Tröge mit den Elektroden an. Die Tröge enthielten die betreffende Salzlösung in etwas höherer Konzentration als das Hauptgefäß. Die Verbindung der drei Gefäße wurde durch Streifen von Filtrierpapier hergestellt, die mit dem einen Ende in die Salzlösung des mittleren Gefäßes, mit dem anderen in den daneben stehenden Trog tauchten. Sie waren mit der zu untersuchenden Lösung getränkt. Durch diese Versuchsanordnung erreichte Verf., daß die Zersetzung der Salze nur in den Nebengefäßen erfolgte. Mit Hilfe farbiger Salzlösungen konnte er zeigen, daß selbst nach zwölfstündiger Dauer des Versuchs ein Übertritt von Salzteilchen in das Hauptgefäß noch nicht erfolgt war.

Die so angestellten Versuche ergaben, daß bei gleicher Stromintensität die Wachstumsrichtung der Wurzel abhängig war von der Konzentration der Lösung. Mit der Steigerung der Konzentration trat eine Umkehr der Wachstumsrichtung ein, d. h. die in schwacher Lösung der Kathode zugekehrte Wurzelspitze wandte sich bei Anwendung stärkerer Lösung der Anode zu: die im ersten Falle negativ galvanotropische Wurzel zeigte unter den veränderten Konzentrationsverhältnissen positiven Galvanotropismus. Diese sogenannte Umstimmung erfolgte bei Chlorkalium zwischen 0,2 und 0,4%. Jedoch sind die Konzentrationsgrenzen für die verschiedenen Salze sehr verschieden. Die Stromstärken, die Verf. benutzte, um auf diese Weise positive Krümmungen zu erzielen, betragen im Mittel nur etwa $\frac{1}{1000}$ von den zu dem gleichen Zwecke erforderlichen Stromstärken Brunchorsts.

Selbst wenn man annimmt, daß in den stark verdünnten Lösungen bereits sämtliche Moleküle in ihre Ionen gespalten seien, kann, wie die Versuche weiter lehren, für die Richtungsänderung der Wurzeln nicht nur die Zahl der Ionen maßgebend sein. Verf. schließt daraus, daß außer der Zahl auch die Natur der Ionen für die Krümmung wesentlich in Betracht komme. Die Ansicht von Brunchorst, daß die positive Krümmung allein durch die Ausscheidung an der Kathode zustande kommen soll, glaubt er damit widerlegt zu haben.

In einer homogenen Salzlösung tritt eine Ablenkung der Wurzel in ihrer Wachstumsrichtung nicht ein; die Wurzel folgt der Einwirkung der Schwerkraft. Sobald aber ein (auch nur schwaches) Konzentrationsgefälle in der Lösung entsteht, zeigt sich eine Ablenkung von der lotrechten Richtung. In diesem Falle wendet sich erfahrungsgemäß die Wurzelspitze dem Orte höherer Konzentration zu. Von der homogenen Lösung unterscheidet sich die Lösung mit dem Konzentrationsgefälle nur durch die Wanderung der Ionen, die mit verschiedener Geschwindigkeit

keit erfolgt. Nur diese kann also die Ablenkung verursacht haben. Die Wanderung der Ionen aber hat das Auftreten von elektrischen Strömen (Konzentrationsströmen) im Gefolge. Diese Konzentrationsströme verlaufen in der Weise, daß der Strom, der von der niedrigen Konzentration zur höheren Konzentration geht, die positive Ladung bekommt, während der entgegengesetzt verlaufende Strom negative Ladung besitzt. Wenn sich also in einem schwachen Konzentrationsgefälle die Wurzelspitze zum Orte höherer Konzentration wendet, so ist das völlig gleichbedeutend mit der Krümmung nach der Kathode, wie es der Versuch unter Anwendung elektrischer Ströme zeigt. Verf. nimmt darum an, daß Chemotropismus und Galvanotropismus bei den Wurzeln vollkommen identische Erscheinungen seien. Beide werden hervorgerufen durch die Ionenwanderung und die damit verbundenen, bis heute unbekanntem Veränderungen in dem Plasma der Wurzelzellen. Der einzige wesentliche Unterschied zwischen beiden Erscheinungen besteht darin, daß beim Chemotropismus die Ionenwanderung durch ein Konzentrationsgefälle, beim Galvanotropismus durch den elektrischen Strom herbeigeführt wird.

Verf. konnte die gleichen Beobachtungen auch an den Wurzeln zahlreicher anderer Blütenpflanzen (Zwiebel, Hyazinthe, Roggen, Weizen, Mais, Bohnen, Kürbis usw.) anstellen. Er schließt daraus, daß der Galvanotropismus und der Chemotropismus in ganz allgemeiner Verbreitung bei den Phanerogamenwurzeln auftreten.

Scheint es nach den Angaben des Herrn Schellenberg, daß die Wachstumsrichtung der Wurzeln durch die Konzentration der Lösung bedingt wird, so nimmt Herr Gaßner an, daß bei galvanotropischen Versuchen die Stromdichte, d. h. die Stromstärke, dividiert durch den Querschnitt des Stromes, als der ausschlaggebende Faktor zu betrachten sei. Schon Brunchorst hatte in seiner letzten Arbeit auf diesen Faktor hingewiesen, dessen Bedeutung aber nicht genügend gewürdigt.

Der spezifische Widerstand des Mediums, in dem die Wurzeln dem Einfluß des elektrischen Stromes ausgesetzt wurden, war von den bisherigen Forschern überhaupt nicht berücksichtigt worden. Verf. schickte darum einen Strom bestimmter Dichte durch zwei gleich große Glaswannen, von denen die eine Leitungswasser, die andere eine unschädliche Salzlösung (z. B. Knopsche Nährlösung) enthielt. Nach einer Stunde waren die Wurzeln in der Wanne mit dem Leitungswasser sämtlich stark positiv gekrümmt, die Wurzeln in der anderen Wanne dagegen vollständig unverändert. Durch schwaches Ansäuern des Leitungswassers erreichte Verf., daß Stromdichten, die sonst die Wachstumsrichtung der Wurzel beeinflussten, entweder gar nicht, oder doch bedeutend schwächer wirkten. Obwohl die verschiedensten Säuren und Salze angewandt wurden, war der Erfolg doch stets derselbe. Verf. schließt daraus, daß durch die genannten Körper das Eintreten der Krümmung direkt

nicht verhindert bzw. verzögert wird, sondern daß als hemmende Ursache die Erhöhung des spezifischen Leitungsvermögens zu betrachten ist. Der galvanische Strom übt also unter sonst gleichen Verhältnissen eine um so stärkere Wirkung aus, je schlechter das Leitungsvermögen des umgebenden Mediums ist.

Verschieden alte Keimpflanzen reagieren auf elektrische Reize in sehr verschiedener Weise. Es ist daher bei allen galvanotropischen Versuchen notwendig, daß man immer Keimlinge desselben Alters nimmt. Sehr junge Keimlinge reagieren selbst bei langer Einwirkung von Strömen, die sonst mit Sicherheit negativ galvanotropische Krümmungen hervorrufen, überhaupt nicht. Die positiven Krümmungen treten sofort nach Beginn des Versuches auf; die negativen dagegen erfolgen immer erst nach dreißig- bis fünfständiger Einwirkung des Stromes.

Bei geringer Dichte beobachtet man rein negative Krümmungen. Wird die Dichte gesteigert, so ergeben sich gemischt negativ-positive, sogenannte S-förmige Krümmungen. Bei noch weiter gehender Steigerung der Stromdichte verschwindet der negative Teil der S-förmigen Krümmung allmählich, und es resultiert eine rein positive Krümmung. Diese wird mit Zunahme der Stromdichte zuerst stärker, um nach Überschreiten eines Höhepunktes allmählich wieder abzunehmen, so daß ein Strom von sehr hoher Dichte überhaupt nicht mehr krümmend wirkt. Für die negative Krümmung der Bohnenwurzel betrug die untere Grenze der Stromdichte 0,014 Milli-Ampere pro cm^2 , das Optimum 0,05—0,08, die obere Grenze 0,21 M.-A. pro cm^2 . Beim Raps war die untere Grenze 0,003, das Optimum 0,10—0,20 und die obere Grenze 0,36 M.-A. pro cm^2 . Die positive Krümmung der Wurzel beider Pflanzen trat ein, wenn das Minimum 0,03 bzw. 0,17 M.-A. pro cm^2 betrug; das Optimum lag bei 0,3—0,4 bzw. 0,7—0,9, die obere Grenze bei etwa 5 bzw. 7 M.-A. pro cm^2 . Andere Pflanzen zeigten ähnliche Unterschiede. Die optimalen Stromdichten für negative und positive Krümmungen, desgleichen die unteren und oberen Grenzen, sind also nach Art der Pflanzen sehr verschieden.

Von großem Einfluß auf die Natur der Krümmung ist die Einwirkungszeit des Stromes. Es lassen sich unter Berücksichtigung derselben zwei Intensitätsstufen der Stromdichte unterscheiden, die jedoch ganz allmählich in einander übergehen: 1. Stromdichten, die von einer bestimmten Einwirkungszeit an ausschließlich negative Krümmungen hervorrufen; 2. solche, die bei einer geringen Einwirkungszeit negative, bei längerer dagegen positive Krümmungen verursachen. Eine Unterscheidung zwischen positiv und negativ krümmenden Stromdichten ist also nicht zulässig, da man mit jedem Strom, der positive Krümmungen hervorzurufen vermag, bei geeigneter Einwirkungszeit auch negative Krümmungen erzielen kann.

Als Verf. Keimlinge der weißen Lupine etwa 25 Min. lang einem Strome von 1 M.-A. pro cm^2 aus-

setzte und dann in frischem Leitungswasser weiter kultivierte, zeigte sich, daß die volle positive Krümmung aus zwei Teilen besteht, die sich in räumlich verschiedenen Abschnitten der Wurzel vollziehen, einem oberen und einem unteren. Die untere Zone umfaßt etwa 2—6, die obere 6—16 mm. Der Krümmungsradius der oberen Zone ist stets bedeutend größer als der der unteren. Scharfe Krümmungen mit einem inneren Krümmungsradius von 2 mm und weniger kommen in der oberen Zone überhaupt nicht vor. In der oberen Zone beginnt die Krümmung sofort und erreicht ihr Maximum, das 50—60° beträgt, im Durchschnitt nach 2—3 Stunden. Die Krümmung in der unteren Zone dagegen beginnt frühestens 1 Std. nach Beginn des Experiments; das Maximum derselben kann unter günstigen Bedingungen 360° betragen; es wird in sehr viel späterer Zeit (bis 30 Std.) erreicht.

Um die Wirkungen des Stromes im einzelnen verfolgen zu können, brachte Verf. Tuschemarken auf den Wurzeln an. Mit Hilfe derselben beobachtete er an der oberen Region, daß die der Kathode zugekehrte Seite ihre ursprüngliche Länge beibehielt, während sich die anodische Seite verkürzte. In der unteren Zone dagegen blieb die Länge der positiven Seite unverändert, und die gegenüberliegende Seite verlängerte sich. Als die Wurzeln in plasmolisierende Flüssigkeiten gelegt wurden, blieben die Krümmungen der unteren Region unverändert; die Krümmungen der oberen Zone dagegen verschwanden sehr schnell. Sie sind also auf einseitiges Sinken des Turgors zurückzuführen.

Diese Herabsetzung des Turgors hat ihre Ursache in einer einseitigen Schädigung der Wurzel. Es war ja schon Brunchorst bekannt, daß Wurzeln mit starken positiven Krümmungen bald absterben. Nach Herrn Gaßner beginnt dieses Absterben immer zuerst auf der dem positiven Pole zugekehrten Seite. Durch mikroskopische Beobachtung ließ sich auch feststellen, daß eine Lösung von Methylenblau, in die Verf. verschiedene Wurzeln mit positiver Krümmung legte, auf der positiven Wurzelseite bedeutend tiefer eindringt und viel mehr gespeichert wird als auf der Seite gegenüber. Die Krümmung der unteren Zone hat, wie oben gezeigt wurde, ihren Grund in einer einseitigen Wachstumshemmung der positiven Wurzelseite. Sie darf also ebensowenig wie die obere Krümmung als Reizbewegung betrachtet werden; denn in diesem Falle müßte ihre konkave Seite ja ein verlangsamtes, die konvexe ein beschleunigtes Wachstum zeigen.

Bereits Brunchorst hatte angenommen, daß die negativen Krümmungen wirkliche Reizbewegungen seien. Doch war es ihm nicht gelungen, diese Annahme zu beweisen. Verf. führt den Beweis sehr eingehend. Zunächst weist er darauf hin, daß die Krümmungen auch bei Anwendung plasmolisierender Flüssigkeiten erhalten bleiben. Sodann zeigt er, daß bei Temperaturen unterhalb der Wachstumsgrenze trotz geeigneter Stromdichte und Wirkungszeit des

Stromes keine negativen Krümmungen auftreten. Somit beruhen die negativen Krümmungen auf Wachstum. Endlich aber vergleicht Verf. auf Grund bestimmter Experimente die elektrische und die geotropische Reizung. Dabei ergibt sich, daß die galvanotropischen und geotropischen Krümmungen auf dieselbe Weise entstehen. Nur die Geschwindigkeit, mit der die geotropischen Krümmungen einerseits und die galvanotropischen Krümmungen andererseits zunehmen, sowie die Eintrittszeit beider Arten von Krümmungen war anfänglich verschieden. Doch gelang es Verf., bei geeigneter Versuchsanstellung auch diese Abweichungen zu beseitigen. Er schließt darum aus der großen Ähnlichkeit beider Erscheinungen, daß der negative Galvanotropismus eine dem Geotropismus durchaus analoge paratonische Wachstumsbewegung sei.

Die Brunchorstsche Annahme über die Perzeption des Reizes durch die Wurzelspitze prüfte Verf. durch einen sehr einfachen Versuch. Die Wurzeln wurden in senkrechten, sehr engen, röhrenförmigen Vertiefungen eines Gelatineblockes angebracht, der unten ausgehöhlt war, so daß die Spitzen etwa 2 mm hervorsahen und sich also isoliert in Luft befanden. Da auch bei längerer Einwirkung des Stromes niemals negative Krümmungen auftraten, muß die Wurzelspitze als das allein reizperzipierende Organ angesehen werden.

Daß die Krümmungen der Wurzeln nicht auf die Wirkung der Zersetzungsprodukte an den Elektroden zurückzuführen sind, schließt Verf. aus folgenden Versuchen. Drei Glasgefäße wurden durch je zwei neben einander befindliche, \cap -förmig gekrümmte und mit Gelatine gefüllte Röhren in Verbindung gesetzt (vgl. den Apparat von Schellenberg). Die Elektroden, die sich in den beiden Seitengefäßen befanden, waren von doppelten Tonzellen umgeben. Das Gefäß in der Mitte enthielt die Versuchspflanzen. Dieselben wurden dem Strom auf 10 Sek. ausgesetzt und dann in gewöhnlichem Leitungswasser weiter kultiviert. Nach 20 Stunden war eine Krümmung von 260° eingetreten. Bei dieser kurzen Dauer des elektrischen Stromes ist es ausgeschlossen, daß die Zersetzungsprodukte durch die doppelte Tonzelle und die Gelatine-röhre nach den Wurzeln diffundiert sind. Indem Verf. noch auf den Einfluß des spezifischen Leitungsvermögens des umgebenden Mediums auf die Krümmung hinweist, schließt er, daß die von Brunchorst herrührende und bisher am meisten anerkannte Erklärung der galvanotropischen Krümmungen als Wirkung der Zersetzungsprodukte unhaltbar sei. (Vgl. hierzu die Arbeiten von Ewart und Bayliss, Rdsch. 1906, XXI, 136.)

Bei seinen Bemühungen, diese Hypothese durch eine andere zu ersetzen, ging Verf. von dem Traumatropismus aus. Wenn man den Vegetationspunkt einer Wurzel durch Anschneiden, Brennen, Ätzen usw. einseitig verletzt, so tritt in der Wachstumszone eine Krümmung auf, die das Wurzelende von dem verletzenden Körper entfernt. Die Krümmung erfolgt