Über den Einfluss der elektrischen Ströme auf die Kohlensäureassimilation der Wasserpflanzen.

Von

Alexander Koltoński
aus Grabow (Russ.-Polen).

Mit 4 graphischen Darstellungen und 4 Zeichnungen im Text.

Geschichtliches.[1])

Der Einfluß der Elektrizität auf das Pflanzenleben bildet seit anderthalb Jahrhunderten den Gegenstand der Forschung.

Die ersten Untersuchungen auf diesem Gebiete sind geknüpft an die Namen: — Meinbray, Nollet, Bertholon, Humphry-Davy, Humboldt, Wollaston. — Diese Forscher stellten fest, daß die Elektrizität unter bestimmten Bedingungen die Keimung der Samen befördert und das Wachstum der Pflanzen beschleunigt.

1843 erschien die höchst interessante Arbeit des Wiener Botanikers Franz Unger[2]) über „Die Pflanze im Momente der Tierwerdung." In dieser Schrift, welche in Form von Briefen veröffentlicht ist, behandelt er das Leben von *Vaucheria clavata* in allen seinen Erscheinungen und unter Einwirkung verschiedener Einflüsse. Einer der Briefe behandelt die Einwirkung der Elektrizität auf das Leben der Schwärmspore und stellt eine Erscheinung fest, die Verworn später mit dem Namen Galvanotaxis belegt hat.

Es scheint mir hier auch die richtige Stelle zu sein, die Tatsache festzustellen, daß Unger und nicht Hermann — wie es Verworn[3]) angibt — der Erste war, der sich mit den Problemen der Galvanotaxis lebendiger Organismen beschäftigte. Schon 50 Jahre vor Hermann hat Unger die Erscheinung der Galvanotaxis an *Stentor niger*, einer bekannten Infusorie, studiert und beobachtet. „Bei einer genügenden Stromintensität sah man das herr-

[1]) Einige von diesen hier angegebenen geschichtlichen Daten habe ich der historischen Skizze von M. C. Grady in „Le petit Temps" vom 25. Januar 1895 entnommen.

[2]) Unger, J., Die Pflanze im Momente der Tierwerdung. Wien 1843.

[3]) Verworn, Allgemeine Physiologie. 1903. S. 486.

liche Schauspiel der in Bogenzügen herbeieilenden Tierchen. Es war unstreitig die Kurve einer Ellipse, von deren Brennpunkte aus sich die Macht des kontraktiven Poles verbreitete; ja sie schienen vielmehr durch eine unsichtbare Kraft dahin geleitet zu werden, aber kein einziges wählte den kürzesten Weg.“ [1])

Im Jahre 1846 studierten Sheppard und Forster in England, etwas später Hubeck und Fichtner in Deutschland, den Einfluß der dynamischen Elektrizität auf die Futterpflanzen, und fanden dabei, daß jene die Ernte von 13 auf 27 % steigern kann.

Im Jahre 1876 hat Wilhelm Velten [2]) seine interessanten Versuche über die Einwirkung strömender Elektrizität auf das Protoplasma und seine Bewegung angestellt.

Sie wurden veranlaßt durch die Vermutung, daß die Protoplasmaströmung auf elektrischen Vorgängen im Protoplasma beruhe — eine Vermutung, welche durch die älteren Versuche Dutrochet's und Becquerel's nicht bestätigt wurde — und führten zur Aufstellung folgender Hypothese: „Die Ursache der Protoplasmabewegung ist in elektrischen Strömen, die der lebende Zellinhalt selbst erzeugt, zu suchen.“

Von dem Gedanken ausgehend, daß der wachstumhindernde Einfluß der Bäume auf die niederen Pflanzen des Waldes außer von den Beleuchtungsverhältnissen auch von der Verteilung der atmosphärischen Elektrizität bedingt ist, ging 1878 L. Grandeau [3]) an seine Versuche über den Einfluß der atmosphärischen Elektrizität auf die Ernährung der Pflanzen, und fand, daß jene einen sehr beträchtlichen Einfluß auf die Ernährung ausübt. Berthelot [4]) fügt dieser Mitteilung die Bemerkung hinzu, daß er auf die Bedeutung der atmosphärischen Elektrizität für das Pflanzenwachstum bereits aufmerksam gemacht habe, indem er nachwies, daß unter dem Einflusse der Elektrizität die Aufnahme von Stickstoff durch organische Körper stattfindet.

Nach diesen bahnbrechenden Arbeiten hat sich die Zahl derselben mit der Zeit sehr vergrößert, doch haben die Forscher ihr Augenmerk nicht gleichmäßig auf alle Erscheinungen des Pflanzenlebens gelenkt. Von mehr praktischen Gesichtspunkten ausgehend, studierten sie vielmehr solche Wirkungen der Elektrizität, welche den Ertrag der Aussaat vermehren konnten, d. h. ihren Einfluß auf Keimung und Wachstum. Eine der wichtigsten Arbeiten nach dieser Richtung ist die von Selim Lemström [5]), in der er Folgendes bemerkt: „Man muß nicht vergessen, daß bisher die Elektrizität als eine Sache von gar keiner oder geringer Bedeutung für das verwickelte Leben der Pflanzen angesehen wurde. Man erwartete daher von ihr keine größere Wirkung. Aus der weiteren Darstellung wird indessen hervorgehen, daß diese Auf-

---

[1]) Unger, l. c. S. 71.

[2]) Sitzungsber. der k. Akad. d. Wiss. April 1876. Bd. 73. Oktober 1876. Bd. 74.

[3]) Compt. rend. T. 87. p. 60, 265.

[4]) Compt. rend. T. 87. p. 92.

[5]) Lemström, Selim, Elektrokultur. Berlin (W. Junk) 1902. S. 7.

fassung einer Richtigstellung bedarf, und daß der elektrische Strom in der Atmosphäre zu den wichtigeren Faktoren des Pflanzenlebens gezählt werden muß."

Nur wenige Forscher beschäftigten sich mit den anderen Phänomenen des pflanzlichen Lebens, obgleich sie wissenschaftlich nicht minder interessant zu sein scheinen.

Als eines der vernachlässigten Gebiete können wir die Assimilation der Kohlensäure bezeichnen. Den Einfluß der Elektrizität auf dieselbe haben bis jetzt — meines Wissens — nur zwei Forscher untersucht, der Franzose Thouvenin[1]) — dessen Arbeit „De l'influence des courants électriques continus sur la décomposition de l'acide carbonique chez les végéteaux aquatiques" im Jahre 1906 erschienen ist — und der Italiener Pollacci, welcher einige Studien über diesen Gegenstand in italienischer Sprache publizierte. In Deutschland ist über dieses Thema bisher nicht gearbeitet worden.

Angeregt durch meinen hochverehrten Lehrer, Herrn Geheimrat Professor Dr. Kny in Berlin, der mir in zuvorkommendster Weise die Mittel des Instituts zur Verfügung gestellt hat und mit gutem Rat und Hilfe die Ausführung meiner Arbeit ermöglichte, beabsichtige ich, einige weitere Beiträge zu diesem Thema zu liefern.

Allgemeines über die Assimilation von Kohlensäure.

Es ist bekannt, daß die chlorophyllführenden Pflanzenteile die Fähigkeit besitzen, mit Hilfe der Energie der Lichtstrahlen organische Substanz aus Kohlensäure und Wasser unter Entbindung von Sauerstoff zu erzeugen.

Die Menge des durch die Pflanze ausgeschiedenen Sauerstoffs entspricht annähernd der Menge der durch dieselbe zerlegten Kohlensäure und kann als Maß der Energie, mit welcher die Zerlegung vor sich geht, dienen.

Setzt man den Zweig einer submersen Wasserpflanze der Einwirkung der Lichtstrahlen aus, so entwickeln sich alsbald an der Schnittfläche sauerstoffreiche Gasblasen. Eine quantitative Gehaltsbestimmung des Sauerstoffs in dem ausgeschiedenen und aufgefangenen Gase könnte uns über die Energie der Zerlegung der Kohlensäure durch die betreffende Pflanze einen sicheren Aufschluß geben.

Wir verfügen aber über eine bequemere Methode der Messung dieser Energie, welche für unsere Zwecke von genügender Genauigkeit ist.

Ist der Zweig einer Wasserpflanze gut abgeschnitten und die Lichtquelle konstant, so ist auch die Blasenzahl pro Zeiteinheit konstant, und die Anzahl der aus sauerstoffreicher Luft bestehenden Gasblasen läßt ein annähernd richtiges Maß für die Energie gewinnen, mit der die grünen Pflanzenteile assimilieren.[2])

---

[1]) Revue géner. de Botan. T. 8. 1896.

[2]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie. 1897. Bd. 1. S. 291. 315. — Detmer, Das Pflanzenphysiologische Praktikum. 1895. S. 113.

Es ist bekannt, daß durch verschiedene Einflüsse die Assimilationsenergie geändert wird, und durch die Anzahl der Blasen leicht zu messen ist. Dieser Methode kann man sich daher auch bedienen, wenn man den Einfluß des elektrischen Stromes auf die Assimilation feststellen will.

Man darf dabei nicht vergessen, daß sich bei Einwirkung der Lichtstrahlen in den chlorophyllführenden Pflanzenteilen neben der Kohlensäureassimilation ununterbrochen auch die Atmung als eine unentbehrliche Funktion des Pflanzenlebens vollzieht, und daß sich nach außen nur die Resultierende aus diesen beiden Erscheinungen äußert und gemessen werden kann.

Es müßte daher eigentlich dem Studium über die Einwirkung des elektrischen Stromes auf die Kohlensäureassimilation ein solches über die Einwirkung desselben auf die Pflanzenatmung vorausgehen. Doch mußte ich hierauf wegen mancher dabei auftretenden Schwierigkeiten vorläufig verzichten.

Wenn man bedenkt, in welchem Maße bei guter Beleuchtung die Energie der Kohlensäureassimilation der Pflanzen die Atmung derselben übertrifft, so wird man zugeben, daß der durch die Nichtberücksichtung der letztern begangene Fehler wahrscheinlich nicht zu groß sein wird.

Untersuchungen von Thouvenin und Pollacci.

Wie schon oben bemerkt wurde, blieb bis noch vor Kurzem der Einfluß der Elektrizität auf die photosynthetischen Wirkungen des Chlorophylls von den Forschern ganz unbeachtet, und der Arbeit von Thouvenin[1]) gehört der Verdienst, hier bahnbrechend geworden zu sein.

Er unterzog seinen Untersuchungen einige Wasserpflanzen und beobachtete die Zahl der Gasblasen, welche von denselben beim Durchschicken eines elektrischen Gleichstromes durch ihren Körper ausgeschieden wurden.

Seine Versuchsanordnung war sehr einfach und bestand in Folgendem: Ein etwa anderthalb Liter fassendes Glasgefäß wurde mit gewöhnlichem Wasser gefüllt, dem etwas Selterser Wasser beigemischt war. Die Öffnung dieses Gefäßes verschloß ein Korkstöpsel, durch dessen Mitte eine kleine Eisenbüchse gezogen war. Im Boden der letzteren befand sich eine kleine Öffnung, in die mittelst eines durchgebohrten Kautschukstopfens ein Glasröhrchen eingepaßt war.

Das der Untersuchung unterworfene Sproßende einer Wasserpflanze wurde mit der Spitze nach unten und mit der Basis nach oben in das Glasgefäß auf die Weise hineingebracht, daß der der Basis naheliegende Teil der Pflanze durch das Glasröhrchen durchgesteckt und an diesem mit etwas Guttapercha festgehalten wurde. So befand sich ein Teil des Zweiges in der Eisenbüchse, die mit demselben Wasser wie das Hauptgefäß gefüllt war.

[1]) Thouvenin, l. c. p. 493—451.

Über die abgeschnittene Fläche des Zweiges wurde ein voll mit Wasser gefülltes Reagenzrohr gestellt, welches die sich bei der Assimilation entwickelnden Gasblasen zu zählen erlaubte, da dieses sonst durch die gasförmigen Produkte der elektrolytischen Zersetzung des Wassers erschwert würde.

Außerdem befand sich noch in dem Korkstopfen ein kleines Glasröhrchen, welches den Austritt der bei der Elektrolyse des Wassers sich bildenden Gase gestattete.

Um durch die zu untersuchenden Pflanzen den elektrischen Strom durchschicken zu können, werden durch den das Glasgefäß schließenden Stopfen zwei durch Guttapercha isolierte, kupferne Drähte gezogen, welche mit den beiden Polen einer galvanischen Batterie verbunden waren. Die beiden anderen entblößten Enden der Kupferdrähte, die sich in dem Wasser des Untersuchungsgefäßes selbst befanden, klemmten die Pflanze in der Nähe ihrer beiden Enden so ein, daß hier ein Kontakt hergestellt wurde, so daß durch Schließen und Öffnen eines Schalters die Pflanze der Wirkung des Stromes ausgesetzt oder demselben entzogen werden konnte.

Damit die Lichtintensität bei allen Versuchen dieselbe bliebe, wurden diese stets bei völlig wolkenlosem Himmel ausgeführt.

Die Untersuchung bestand darin, daß während einiger Minuten durch die Pflanze ein kontinuierlicher elektrischer Strom durchgeschickt wurde, und die Zahl der sich dabei in einer gewählten Zeiteinheit entwickelnden Gasblasen gezählt wurde. Nachher wurde der Strom auf einige Minuten unterbrochen und die sich jetzt in derselben Zeiteinheit entwickelnden Blasen für sich gezählt. Dasselbe wurde während einer gewissen Zeit wiederholt und auf diese Weise die Zahlen erhalten. Der Verlauf des Versuches wurde durch eine Kurve graphisch veranschaulicht.

Außerdem wurden einige Versuche ausgeführt, bei welchen die Gasmenge, die in einer gegebenen Zeitperiode von der Pflanze entwickelt war, gemessen wurde, und zwar so, daß man über die abgeschnittene Pflanzenbasis nebeneinander zwei mit Wasser gefüllte Reagenzgläser stellte, das eine, wenn die Pflanze elektrisiert, das zweite, wenn sie es nicht war. Ein Tropfen ganz reinen Petroleums, eingeführt in die mit Wasser gefüllten Reagenzgläser, trennte dasselbe von dem sich über ihm aufsammelnden Gase und verhinderte seine Diffusion.

Das Hauptergebnis der Thouvenin'schen Versuche bestand darin, daß der elektrische Gleichstrom die Assimilation des Kohlenstoffes bei den Wasserpflanzen befördert, indem er die Zerlegung der Kohlensäure beschleunigt. Dabei bemerkt Thouvenin noch, daß hier offenbar ein Intensitätsoptimum vorhanden sein muß, nach dessen Überschreiten die Ströme der Pflanze schädlich werden, daß dieses Optimum aber nicht allein für jede Gattung, sondern für jedes Individuum derselben Gattung verschieden ist.

Zu diesem Hauptergebnisse kam dieser Forscher durch die

Beobachtungen, die er bei seinen Versuchen machte, und die sich folgendermaßen darstellen:

Sofort nach dem Durchlassen des elektrischen Stromes stieg die von der Pflanze pro Zeiteinheit entwickelte Blasenzahl und erreichte schnell ein Maximum, auf dem sie sich hielt.

Nachdem der Strom unterbrochen wurde, fiel die Blasenzahl langsam und erreichte allmählich die Größe, die sie vor dem Versuche besaß. Doch konnte hier die ursprüngliche Blasenzahl nicht immer erreicht werden, was durch die Assimilation begünstigende, bekannte Ursachen — unter anderen Erwärmung des Wassers — verursacht war.

Weiter zeigte sich, daß die Ströme die Zerlegung der Kohlensäure um so mehr begünstigten, je größer ihre Intensität war.

Die Richtung der durch die Pflanze durchgehenden Ströme war bei mehreren Versuchen ganz ohne Einfluß auf die dabei eintretenden Erscheinungen. Doch wurde bei einigen *Elodea*-Pflanzen bemerkt, daß der Strom, wenn er von der Spitze den Zweig zur Basis durchlief, keine Beschleunigung der Kohlensäureassimilation hervorrief, dagegen seine Einwirkung eine merkliche war, wenn derselbe in entgegengesetzter Richtung die Pflanze durchströmte. Durch anatomische Untersuchungen konnte Thouvenin diese Anomalie nicht erklären.

Aus den Versuchen, bei welchen die durch die Pflanzen entwickelten Gasmengen gemessen wurden, konnte festgestellt werden, daß, während man eine Wasserpflanze elektrisierte, das Volumen des durch sie ausgeschiedenen Gases und die darin enthaltene Sauerstoffmenge größer war, als die während der Zeit, in der die Pflanze nicht elektrisiert wurde.

Der Unterschied zwischen den Gasmengen in diesen beiden Fällen stand aber bei verschiedenen Pflanzen in keinem bestimmten Verhältnisse zu den Stromintensitäten. Mehrere Versuche mit einer und derselben Pflanze vorzunehmen, war aber unmöglich, da diese durch das Experimentieren ermüdet wurde und sich für weitere Untersuchungen unbrauchbar erwies. Außerdem kamen bei verschiedenen Exemplaren derselben Pflanzengattung mehrere Verhältnisse, unter anderen ihr Alter und ihr Gesundheitszustand in Betracht, welche die Einwirkung des elektrischen Stromes auf verschiedene Weise regeln könnten.

Schickte man durch einen etwa 10 cm langen *Elodea*-Zweig einen elektrischen Strom, der durch fünf hintereinander geschaltete Daniels Elemente geliefert wurde, so war der Widerstand des Versuchsobjektes ein so enormer, daß die gemessene Stromintensität kaum die Größe von einigen Tausendsteln Ampère überschritt. Wenn man dann die Elektroden allein, unter Beibehaltung des Abstandes zwischen ihren Enden, aber ohne die Pflanze, in das Versuchsgefäß hineinbrachte und den elektrischen Strom durchschickte, so zeigte das Ampèremeter fast dieselbe Stromintensität wie bei der Anwesenheit der Pflanze. Daraus schloß Thouvenin, daß die durch die Pflanze selbst hindurchgehende Elektrizitätsmenge eine höchst geringe sein muß. Indem man aber die Stellen, an

welchen die Versuchspflanze durch die Poldrähte eingeklemmt war, mit Guttapercha isoliert und jene also nur von elektrischen Strömen umringt läßt, so ließ sich dann keine Einwirkung dieser Ströme auf die Assimilation der Kohlensäure feststellen. Dies führte zu der Annahme, daß eine Vergrößerung der Assimilationsenergie dann erreicht wird, wenn die Pflanze nicht allein von den Strömen umgeben wird, sondern wenn ein Teil derselben durch diese selbst hindurchgeht.

Thouvenin erkannte, daß zwei wichtige Einwände gegen seine Resultate gemacht werden konnten. Die Vergrößerung der Blasenzahl während des Elektrisierens der Pflanze könnte durch rein physikalische Wirkung des Stromes hervorgerufen werden,

1⁰ entweder durch Elektrolyse des in der Pflanze enthaltenen Wassers,

2⁰ oder durch Zersetzung der in diesem Wasser, in der Form von H_2CO_3 aufgelösten Kohlensäure ($H_2CO_3 = CO_2 + O + H_2$),

in beiden Fällen wird Sauerstoff in Freiheit gesetzt.

Um aber zu zeigen, daß die Wirkung des elektrischen Stromes bei seinen Untersuchungen eine physiologische war, brachte Thouvenin die Tätigkeit des Chlorophylls zum Stillstand, indem er dem Wasser, in welchem die Pflanze untersucht wurde, etwas Chloroform zusetzte. Dabei konnte man beobachten, daß bei der Anästhesierung zuerst eine sehr kurze Steigerung der Assimilationsenergie zustande kam, gleich darauf aber sich die Zerlegung der Kohlensäure verlangsamte, und am Ende einer bestimmten Zeitperiode — etwa eine Viertelstunde — keine Gasentwicklung bemerkbar war. Mit Erreichung der Anästhesie entwickelte sich aus ihrer Schnittfläche, auch beim Durchlassen des elektrischen Stromes durch die Pflanze, keine Gasblase.

Man konnte die Wirkung des Stromes bei solchen Pflanzen wieder hervorrufen, wenn man sie auf bestimmte Zeit in frisches Wasser brachte. Dies gelang aber selten, besonders wenn die Pflanze stark chloroformiert war. Nun meint Thouvenin, wenn auch dabei der Tod der Pflanze hervorgerufen wird, müßte, wenn die Wirkung des Stromes eine rein physikalisch-chemische wäre, die Einwirkung dieser Ströme auch bei den toten Pflanzen zum Vorschein kommen, sogar in höherem Maße, da der Tod, besonders in den ersten Momenten, die Permeabilität der Membran nicht ändert, das tote Protoplasma dabei aber noch durchdringbarer wird.

Wie auch Pollacci[1]) mit Recht bemerkt, scheint diese Erklärung doch nicht so sehr überzeugend zu sein, denn die Beifügung eines so stark wirkenden chemischen Reagenzes wie Chloroform, ruft nicht allein die Anästhesierung der Pflanze hervor, sondern verhindert oder zerstört auch den Mechanismus der den Pflanzenkörper zusammensetzenden chemischen Kombinationen.

---

[1]) Pollacci, Gino, Estratto dal Bulletino della Societa italiana d. Sc. di Firenze del 12 Marzo 1905, p. 95.

Was noch überhaupt über die Thouvenin'sche Arbeit zu sagen ist, ergibt sich aus dem Weiteren.

Vor allem ist die von ihm vorgenommene Messung bezw. Analyse der sich bei der Assimilation entwickelnden Gase zu verwerfen. Denn bei seiner Versuchsanordnung ist es ausgeschlossen, daß in dem mit Wasser vollgefüllten und über die Basis der Versuchspflanze gestellten Reagenzglase sich eben nur die gasförmigen Assimilationsprodukte aufsammeln, ein Teil von ihnen macht aber, ohne Zweifel, stets die durch den elektrischen Strom erzeugten Gase aus.

Dadurch wird vielleicht auch die von Thouvenin unerklärte Tatsache verständlich, welche darin bestand, daß den gasförmigen Assimilationsprodukten der elektrisierten Pflanzen gewöhnlich etwas Kohlensäure beigemischt war, welche durch elektrolytische Zersetzung der im Wasser in der Form von H_2CO_3 aufgelösten Kohlensäure entstehen konnte.

Damit die Lichtintensitäten bei den verschiedenen Versuchen dieselben blieben, mußten sie stets bei völlig wolkenlosem Himmel ausgeführt werden. Daher konnte auch die Dauer derselben immer nur eine sehr geringe sein. Da aber im Allgemeinen die Zahl solcher Tage im Jahre eine nicht sehr bedeutende ist, so konnte auch die Zahl der Versuche keine genügende sein, um die aus ihnen gezogenen Schlüsse, wenn die Resultate auch sehr markant waren und die Zufälligkeit bei ihnen als ausgeschlossen erschien, mit voller Sicherheit zu bekräftigen.

Es ist weiter aus diesen Untersuchungen gar nicht ersichtlich, ob die dazu angewandten Pflanzenindividuen vor dem Versuche eine gleichmäßige Blasenzahl pro Zeiteinheit entwickelten. Aus mehreren Versuchen, die ich angestellt habe, erwies sich, daß sehr oft, wenn auch während der ersten Minuten die Pflanze gleichmäßig assimilierte, dies sich plötzlich änderte. Die zur Untersuchung angewandten Pflanzen müßten daher eine gewisse Zeit vor der Untersuchung auf die Gleichmäßigkeit der von ihr pro Zeiteinheit entwickelnden Gasblasen geprüft werden, was aber bei der Eile der Thouvenin'schen Versuche nicht möglich war.

Die der Untersuchung unterzogenen Pflanzenindividuen befanden sich bei der obigen Versuchsanordnung während der ganzen Versuchsdauer im Wasser, das durch den elektrischen Strom zersetzt war; dabei wurden die Produkte der Elektrolyse nicht fortgeschafft, sondern blieben zum großen Teil in dem Versuchswasser aufgelöst. Dadurch waren für die Pflanzen ganz abnorme Verhältnisse geschaffen, durch die die Assimilationsenergie wesentlich verändert sein konnte.

Da der bei den Versuchen angewandte Strom durch eine aus wenigen Daniel'schen Elementen bestehenden Batterie erhalten wurde, so konnte man nur mit kleinen Spannungen experimentieren, was vielleicht auch die Resultate anders gestaltet hat.

Einiges Bedenken erregt auch die Anwendung der Kupferdrähte der eisernen Blechbüchse und der Zusatz von Selterser

Wasser, das mehr Mineralsalze enthält als das gewöhnliche Leitungswasser, und dadurch besonders noch bei der Elektrolyse abnorme Verhältnisse schafft.

Auch Temperaturänderungen, die bei der Thouvenin'schen Versuchsanordnung eine gewisse Rolle spielen könnten, waren garnicht berücksichtigt, nicht einmal eine Messung derselben vorgenommen. Selbst wenn diese Wirkung keine große war, so könnte sie doch einen gewissen Einfluß auf das Schlußresultat des Versuches ausüben.

Auch die Frage, welche Bedeutung die Stromrichtung bei diesen Versuchen hatte, war nur gelegentlich beantwortet.

Ungeachtet aller dieser kleinen Fehler, die sich bei den ersten Arbeiten gewöhnlich einstellen, muß das Verdienst Thouvenins in hohem Maße gewürdigt werden. Denn trotz der Einfachheit seiner Versuche, gestatteten ihre Resultate einen neuen Einblick in die Natur des pflanzlichen Lebens.

Pollacci[1]) stellte sich die Aufgabe, die Einwirkung des elektrischen Stromes auf die Assimilation der Kohlensäure eingehender zu erforschen, und zwar im Sinne der Ergründung der dabei in der Pflanze erfolgenden inneren Vorgänge. Zu diesem Zwecke bediente er sich auch ganz anderer Methoden.

Eine große Bedeutung besitzen die Arbeiten von Pollacci dadurch, daß er sich in ihnen nicht allein auf die Wasserpflanzen beschränkte, sondern seine Untersuchungen auch auf die in der Luft lebenden erstreckte, um damit die Resultate auf alle assimilierenden Pflanzen verallgemeinern zu können.

Anstatt die Gase zu analysieren, die durch die elektrisierte Pflanze entwickelt wurden, untersuchte Pollacci die ersten faßbaren Verbindungen, die sich bei der Assimilation der Kohlensäure bilden. Dabei wurde das Formaldehyd nicht in Betracht gezogen, da es seiner Unbeständigkeit wegen, die vergleichenden Untersuchungen unsicher oder gar unmöglich machen würde. Statt dessen wurde die Bildung der Stärke beobachtet, was die Experimente im allgemeinen sehr vereinfachte. Denn es ist klar, daß, wenn sich die Stärke, welche sicher ein mittelbares Produkt der Kohlenstoffassimilation ist, in den assimilierenden Organen elektrisierter Pflanzen, die vor dem keine solche enthielten, reichlicher bildet als in den ähnlichen Organen von nicht elektrisierten Pflanzen derselben Gattung, die Assimilationsenergie der ersteren größer als die der anderen ist.

Es waren fünf Methoden[2]), deren sich Pollacci bei den qualitativen und quantitativen Bestimmungen der sich in den Blättern der Versuchspflanzen bildenden Stärke bediente.

1° Die direkte Zählung der durch Jod gefärbten und in den Blättern gebildeten Stärkekörner unter dem Mikroskope.

---

[1]) Pollacci. G., Influenza dell'elettrizita sull' assimilazione clorofilliana. (Estratto dal Bulletino della Societa italiana d. Sc. di Firenze del. 12 Marzo 1905. p. 94—98.)

[2]) Pollacci, G., Sopra i metodi di ricerca quantitativa dell'amido contenuto nei tessuti vegetali. (Estratto dagli Atti del R. Instituto Botanico dell' Università di Pavia. Serie II. Vol. XI.)

Vergleichende Beobachtungen solcher Art sind aber sehr unsicher, dienten daher nur in einigen Fällen, und zwar zur Feststellung der Bildung der Stärke in Pflanzen, die während einer weniger hellen Tageszeit und in einer dunklen Umgebung elektrisiert wurden.

2° Die Methode von Sachs zur Messung der durch die Blätter aus der Atmosphäre absorbierten Kohlenstoffmenge.

Sachs beobachtete in verschiedenen Momenten des Tages die Gewichtsveränderungen von Blättern gleicher Oberfläche. Dieselbe Methode wurde für die Blätter elektrisierter und nichtelektrisierter Pflanzen angewandt. Dabei wurden sie beide gut ausgetrocknet und während der ganzen Operation genau denselben Bedingungen ausgesetzt. Diese Methode hat sehr befriedigende Vergleichsresultate ergeben.

3° Buscalioni und Pollacci[1]) haben in ihrer Arbeit über Antocyanine eine photographische Methode zur Feststellung der gebildeten Stärkemengen in roten und grünen Blätterteilen ausgearbeitet.

Die untersuchten Blätter wurden vorsichtig — um die Auflösung der Stärke zu verhindern — durch Äther oder absuluten Alkohol entfärbt. Die so entfärbten Blätter behandelte man nachher mit Jod, wobei sich die etwa vorhandene Stärke blau färbte.

Die so präparierten Blätter, welche verglichen werden sollten, wurden zwischen zwei durchsichtige Glasplatten gelegt, unter welche man ein mit Silbercitrat bestrichenes, lichtempfindliches Papier ausbreitete und der Wirkung des Sonnenlichtes auf kürzere oder längere Zeit unterwarf. Auf diese Weise konnte nicht allein eine genaue Reproduktion der Blätterformen, sondern auch der verschiedenen Töne der Färbung erhalten werden, und durch ihre Intensität die in den elektrisierten und nichtelektrisierten Blättern enthaltenen Stärkemengen verglichen werden.

4° Die der Untersuchung unterliegenden Blätter wurden zuerst bei 60—70° C. längere Zeit im Wasser erwärmt und filtriert. Das Filtrat enthielt auf die Weise die gesamte Stärkemenge der untersuchten Blätter in Lösung. Diese letzte gab mit einer mäßigen Jodlösung die charakteristische Färbung. Wurden die gefärbten Lösungen zweier zum Vergleich untersuchten Blätter in den Kolorimeter von Dubosq gebracht, so konnte die größere oder kleinere Menge der Stärke leicht festgestellt werden.

5° Es ist bekannt, daß durch Behandlung mit Salz- oder Schwefelsäure die Stärke in Glukose umgewandelt werden kann.

Auf dies gestützt, wurde die in den untersuchten Blättern enthaltene Stärke verzuckert, und dann durch die gewöhnlichen Reaktionen von Fehling oder Pasteur die Menge des Zuckers festgestellt, von welcher man auf die der Stärke schließen konnte. Bei den Versuchen von Pollacci wurden die Pflanzen dunklen Entladungen, Wechselströmen und Gleichströmen von großer und

[1]) Atti Inst. botan. di Pavia. Vol. VIII. 1903.

kleiner Spannung unterworfen. Er bemerkt, daß, obschon die Zahl der von ihm ausgeführten Versuche eine kleine war, sich ihre Resultate so auffallend gestalteten, daß sie ihm einige wichtige Schlüsse zu ziehen erlaubten.

Es zeigte sich nämlich bei seinen Untersuchungen, daß der elektrische Strom, wenn seine Intensität eine gewisse Grenze nicht überschritt, die Bildung der Stärke in den Blättern begünstigte, woraus man auch schließen konnte, daß sich beim Einwirken des elektrischen Stromes die photosynthetische Wirkung des Chlorophylls steigert.

Weiter zeigte sich, daß diese Begünstigung größer war, wenn die Pflanze der Einwirkung des Gleichstromes unterworfen wurde, und dieser das Innere der Assimilationsorgane direkt durchströmte.

Sehr interessant waren die Versuche, die mit den Pflanzen in der Dunkelheit vorgenommen waren. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß bei der Einwirkung des elektrischen Stromes auf einige Assimilationsorgane sich in denselben auch bei Abwesenheit des Lichtes Stärke bilden konnte, während sich bei denselben Bedingungen in denselben Organen, wenn sie nicht elektrisiert waren, keine solche bildete.

Diese höchst bemerkenswerte Beobachtung legte die Vermutung nahe, daß in bestimmten Fällen und in einigen Funktionen die elektrische Energie wenigstens teilweise diejenige der Sonne ersetzen kann.

Die Feststellung des Optimums der Stromintensität, das auch nach Pollacci eine sehr variable Größe sein muß, hat sich dieser vorbehalten. Versuche hierüber befinden sich im Gange.

Pollacci hat in einer späteren Arbeit[1]) die obigen Methoden selbst einer Kritik unterworfen.

Die lange Praxis zeigte ihm nämlich, daß die zuverlässigste Methode der Stärkebestimmung die Verzuckerungsmethode ist, und zwar eignet sich für diese am besten eine frisch vorbereitete und in genügender Menge angewandte Diastase.

Eine genaue Nachprüfung der in diesen Arbeiten angegebenen Resultate konnte ich vorläufig nicht vornehmen. Ich unterwarf aber sehr viele Pflanzenexemplare der Einwirkung des elektrischen Stromes während mehrerer Stunden im Dunkeln, konnte aber die Bildung der Stärke durch denselben nicht feststellen.

Anordnung eigener Untersuchungen.

Die Arbeit, die ich mir vorgenommen habe, sollte eigentlich eine Erweiterung der Thouvenin'schen Versuche sein. Durch Verbessung der Versuchsmethoden sollten die von jenem Forscher erhaltenen Resultate geprüft, und, falls sie sich als richtig heraus-

[1]) Pollacci, G., Sopra i metodi di ricerca quantitativa dell' amido contenuto nei tessuti vegetali. (Estratto dagli Atti del R. Instituto Botanico dell'Università di Pavia, marzo 1906.)

stellen, tiefer begründet werden. Dies sollte den ersten Teil meiner Arbeit bilden.

Der zweite Teil bestand in Folgendem. Wie schon oben gesagt wurde, schickte Thouvenin stets den elektrischen Strom durch die Pflanze selbst. Es erschien mir aber höchst interessant, zu untersuchen, wie sich der Einfluß des elektrischen Stromes auf die Assimilation äußert, wenn dieser nicht die Pflanze direkt, sondern das Medium, in dem sie untersucht werden, durchströmte.

Das Medium, in dem ich meine Untersuchungspflanzen der Wirkung des elektrischen Stromes aussetzte, war gewöhnliches Leitungswasser, das die zur Assimilation nötige Kohlensäuremenge — festgestellt durch eine grobe Analyse — enthielt. Um aber die bei der Elektrolyse des Wassers entstehenden Zersetzungsprodukte fortschaffen zu können, wurde jenes stets durch neues, das aus der Leitung durch ein bis an den Boden des Versuchsgefäßes reichendes Röhrchen floß, ersetzt. Durch Klemmschrauben konnte dabei die Geschwindigkeit des Wasserstromes nach Belieben reguliert werden.

Zu den Versuchen wurden nur gesunde und unverletzte Pflanzenexemplare verwendet. Die Versuchsobjekte brachte man dabei, an einen Glasstab mittels eines Bindfadens vorsichtig angebunden, in das Wasser.

Die Glasgefäße, die bei den Untersuchungen als Versuchsgefäße bezw. Flüssigkeitswiderstände dienten, hatten eine Größe von 20×9×8,5 cm (Länge × Breite × Höhe). Der Querschnitt des stromdurchflossenen Wassers wurde stets auf 63 qcm gehalten.

Für die Versuche wurde der Gleichstrom der Berliner Elektrizitätswerke verwandt, der nach den Untersuchungen von Blasius und Schweizer[1]) bei physiologischen Experimenten als konstant anzusehen ist, und in einer Spannung von 110 Volt zur Verfügung stand. Da man aus solcher Stromquelle zu jeder Zeit Ströme von beliebiger Intensität entnehmen konnte, erwies sich solche Anordnung des Versuches als höchst zweckmäßig.

Näheres über die Schaltung und Aufstellung der einzelnen Apparate zeigt uns die Skizze Figur 1.

Wie wir aus dieser ersehen können, bestand diese Anordnung aus einem Versuchs- und einem Kontrollapparat, welche beide aus je einem gewöhnlichen Glastroge von den oben angegebenen Dimensionen hergestellt waren. An jeden von ihnen war oben an der Seitenwand ein Ausflußloch für das Leitungswasser hineingebohrt, in welches ein rechtwinklich gebogenes Glasröhrchen hineingepaßt und durch eine Mischung von Wachs und Kollophonium (1 : 1) befestigt war. Die anderen zu dem Versuchsapparat gehörigen Glaströge (*Wg*) dienten nur als Flüssigkeitswiderstände, deren Zahl, und dadurch auch die Stromstärke, nach Belieben verändert werden konnte.

Um die Versuche von den Veränderungen des Tageslichtes vollständig unabhängig zu gestalten, wurden sie in einer vollkommen

[1]) Blasius und Schweizer, Pflügers Archiv, Bd. 53. 1893. S. 496.

dunklen Kammer ausgeführt und die Beleuchtung der Wasserpflanzen durch eine besonders konstruierte Bogenlampe von Siemens und Halske hergestellt (*L*).

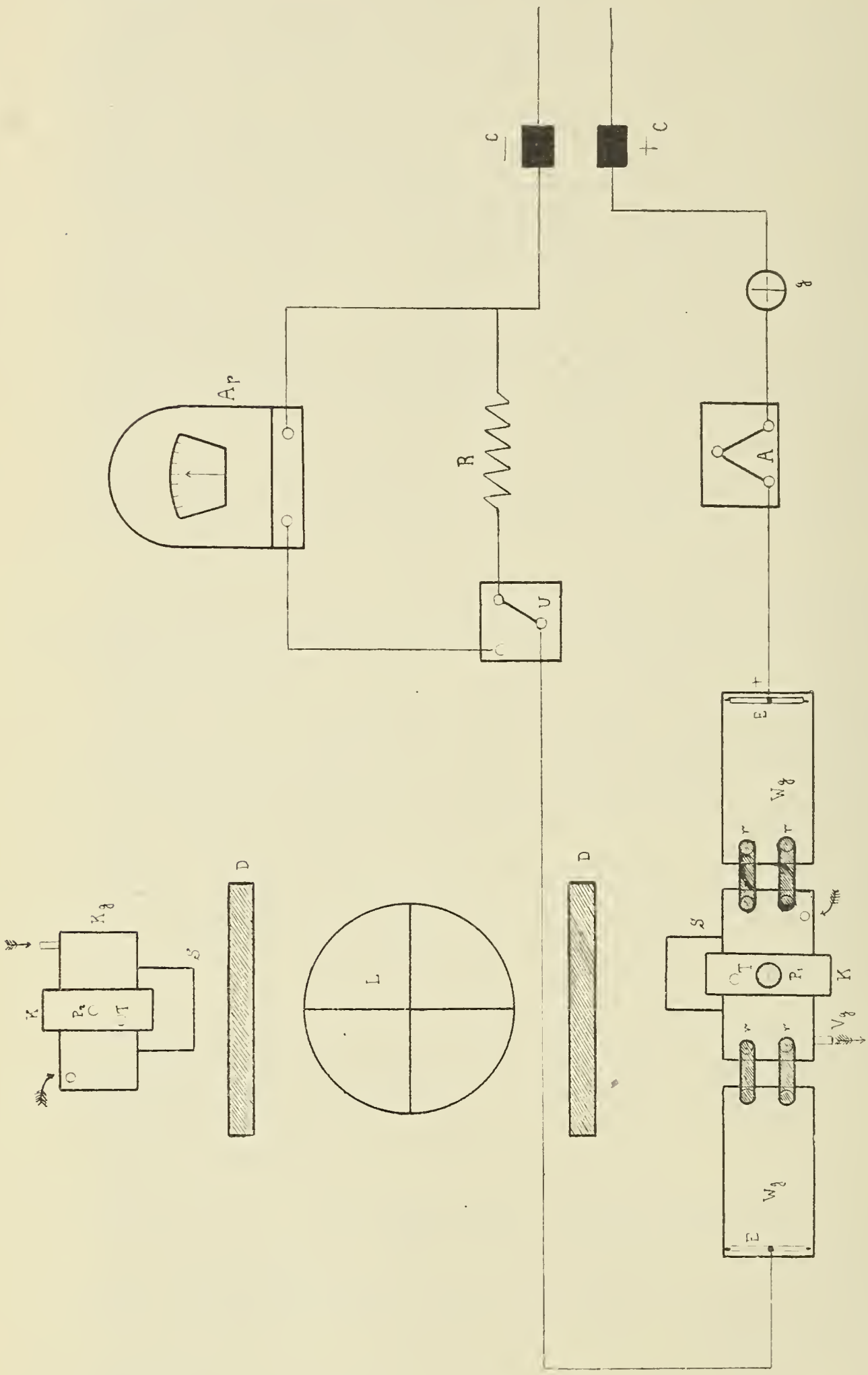


Fig. 1.

Schaltungsskizze.

C Sicherung. *L* Bogenlampe. *G* Glühlampe. *A* Ausschalter. *Ap* Milli-Ampèremeter (Widerstand = 100 Ohm). *R* Widerstand von 100 Ohm. *U* Umschalter. *E* Kohlenelektroden. *Vg* Versuchsgefäß. *Kg* Kontrollgefäß. *Wg* Regulierwiderstände (Flüssigkeitswiderstände). *r* Verbindungsröhre. *S* Planspiegel. *D* Parallelwandige Gefäße mit Alaunlösung. *K* Korkplatten. *T* Thermometer. P_1 Versuchspflanze. P_2 Kontrollpflanze.

Die beiden Apparate waren auf zwei kleinen Tischen aufgestellt, und zwar so, daß sie von der Bogenlampe, die zwischen ihnen hing, gleich entfernt waren.

Die Bogenlampe befand sich in einem Blechgehäuse, das nach zwei gegenüberliegenden, den Tischen zugekehrten Seiten eine große Öffnung hatte, so daß die Versuchs- wie auch die Kontrollpflanze von ihr gleichmäßig beleuchtet wurden.

Um die Pflanzen auch von unten einigermaßen zu beleuchten, war vor das Versuchs- und Kontrollgefäß ein Planspiegel (*S*) gelegt.

Um die Wärmewirkung der Lichtstrahlen der Bogenlampe nach Möglichkeit zu lindern, wurden auf beiden Tischen, in gleicher Entfernung von jener, je ein parallelwandiges Gefäß (*D*) mit Alaunlösung aufgestellt, da diese das Vermögen besitzt, die Wärmestrahlen zu absorbieren.

Quer über die Gefäße des Versuchs- und Kontrollapparates waren kleine rechteckige Korkplatten (*K*) gelegt. Jede von ihnen enthielt zwei Löcher, eins für das Thermometer (*T*), das zweite für die Befestigung der Pflanzen (P_1 bezw. P_2).

Die Messung der angewandten Ströme geschah vermittelst eines Milliampèremeters (*Ap*) von Siemens & Halske, das Zehntausendstel Ampère genau abzulesen erlaubte. Wie aus der Schaltungsskizze ersichtlich ist, war dieser Ampèremeter in den Stromkreis so eingeschaltet, daß während des ganzen Versuches der Strom ihn nicht passierte. Durch einen Umschalter (*U*) konnte aber das Ampèremeter leicht in den Kreis zur Messung des Stromes eingeführt werden. Diese Vorsichtsmaßregel war wegen der Feinheit des angewandten Apparates dringend nötig.

Einfluss des die Pflanzen durchgehenden elektrischen Stromes auf die Assimilation der Kohlensäure.

Um den Einfluß des die Pflanze durchfließenden elektrischen Stromes auf die Kohlensäureassimilation festzustellen, wurde zu jedem Versuche je eine Pflanze in das Versuchsgefäß (*Vg*) gebracht, und zwar auf folgende Weise:

Ein etwa 7 cm langes Sproßende der zu untersuchenden Pflanze wurde vermittelst eines Bindfadens an einem Glasstabe befestigt. Der letztere war durch einen Gummipfropfen gezogen, der in ein mit Wasser vollgefülltes Reagenzrohr genau paßte. In denselben Gummipfropfen, dicht neben dem Glasstabe, war ein kleines Glasröhrchen geführt, so daß der ebene Teil des Sproßendes durch dieses in das Reagenzrohr mit seiner abgeschnittenen Basis ragte. Diese ganze Anordnung wurde, wie es Figur 2 zeigt, durch eine Korkplatte (*K*) festgehalten. Um durch die Pflanze den elektrischen Strom durchschicken zu können, wurde diese an zwei Stellen, welche etwa um 6,5 cm voneinander abstanden, durch bloßgelegte Enden zweier durch Guttapercha isolierten Platindrähte eingeklemmt. Durch die anderen, auch bloßgelegten Enden der Drähte wurde die Versuchspflanze in den Stromkreis eingeführt, indem diese mit je einer in Widerstandsgefäßen eingetauchten Kohlenelektrode verbunden wurde.

Was die Elektroden selbst betrifft, so waren die zwei, welche mit den Platindrähten in direkter Verbindung standen, in kleine,

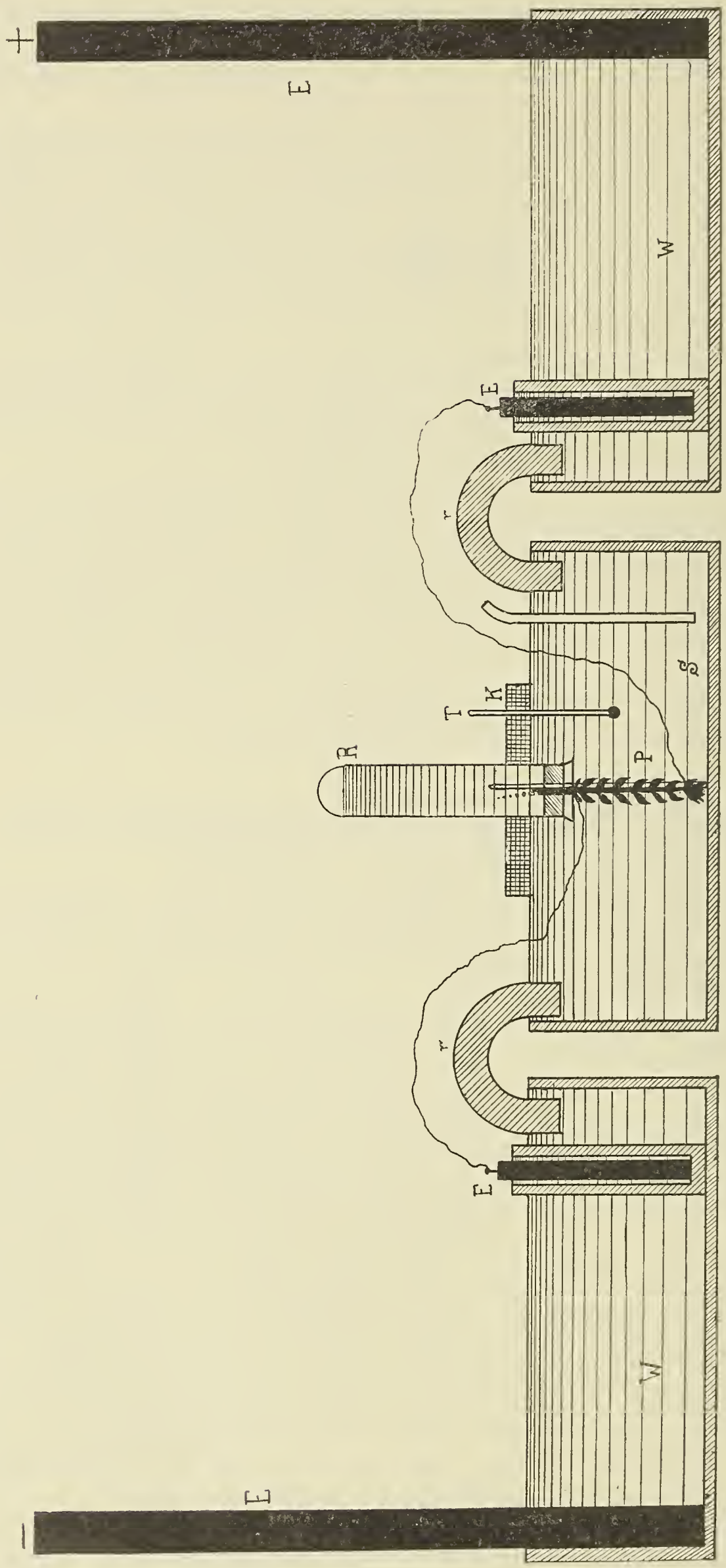


Fig. 2.

mit demselben Leitungswasser gefüllte Thonzellen getaucht, da sie bei stärkeren Strömen, in das Versuchsgefäß selbst gestellt sein mußten. Die zwei anderen, welche in die Widerstandsgefäße tauchten, und nur den Versuchsapparat in den Stromkreis einleiteten, waren größere Kohlenplatten (8,5×1,2×28 cm).

Die Elektroden mußten nach jedem Versuche gereinigt werden, da sich die als Kathode benutzte Kohlenplatte nach einiger Dauer der Versuche mit einem weißlich-grauen Überzuge bedeckte, welcher verschiedene Komplikationen des Leitungsvermögens im Versuchsapparate herbeiführen konnte.

Die einzelnen Glasgefäße wurden miteinander vermittelst U-förmiger Glasröhren (*r*) von 30 cm Durchmesser, welche mit 10% festgewordener Gelatinelösung gefüllt waren, leitend verbunden. Da die Gelatinelösung die Wanderung der Ionen verlangsamt[1]), so wurde dadurch die Möglichkeit der Fernhaltung der elektrolytischen Zersetzungsprodukte der einzelnen Gefäße von der Pflanze viel größer gemacht.

Je nachdem die Gefäße durch ein oder zwei nebeneinander befindliche U-Röhren verbunden waren, könnte man durch den Versuchsapparat Ströme von verschiedener Intensität schicken. Die Gelatinelösung mußte natürlich nach jedem, bei stärkeren Strömen sogar während derselben Versuche gewechselt werden.

Um die Resultate der Versuche möglichst einwandsfrei zu gestalten, mußte man sich bemühen, verschiedene störende Beeinflussungen, die durch die Schwankungen des spezifischen Leitungsvermögens eintreten konnten, auszuschließen. Die Schwankungen entstehen teilweise durch die Temperaturerhöhung (Erhöhung des Leitungsvermögens), teilweise wieder infolge der elektrolytischen Zersetzungsvorgänge (Herabsetzung des Leitungsvermögens).

Da aber bei unseren Versuchen das Wasser des Versuchsgefäßes ununterbrochen erneuert wurde, so konnte das Leitungsvermögen hier als annähernd konstant angenommen werden. eben aus denselben Gründen auch die Temperatur.

Die Erneuerung des Wassers in den Widerstandsgefäßen durch einen ununterbrochenen Strom stieß auf manche Schwierigkeiten. Daher begnügte ich mich damit, den Wasserwechsel durch Heber nach bestimmten Zeitperioden zu bewirken.

Nach Gassner[2]) nimmt das Leitungsvermögen des Leitungswassers in dem von mir verwandten Glaströgen pro Milliampèrestunde um 0,0625 % (konstante Temperatur vorausgesetzt) ab. Demgemäß angenommen, daß eine Änderung des Leitungswiderstandes bis 5 % ohne Einfluß auf die Versuche ist, konnte die Zeit, nach welcher das Wasser in den Widerstandsgefäßen gewechselt sein mußte, mittels einer einfachen Rechenoperation leicht berechnet werden.

---

[1]) Noyes, A. A. u. Blanchard, A., Zeitschr. f. physik. Chem. Bd. 36. 1901. p. 1.

[2]) Gassner, Der Galvanotropismus der Wurzel. (Sonderabdruck der Bot. Ztg. Jhrg. 1906. p. 13.)

Die folgende Tabelle[1]) gibt das Resultat dieser Berechnung:

Gesamtstromstärke Milliampere	Notwendiger minimaler Wasserwechsel nach je
50.4	$1^1/_2$ Std.
36	2 „
28,8	$2^1/_2$ „
14,4	5 „
7,2	10 „
3,6	20 „

Was die Messung des Stromes betrifft, so entspricht, wie schon Thouvenin[2]) bemerkte, die am Ampèremeter abgelesene Stromstärke nicht derjenigen, welche durch die Pflanze selbst durchgeht. Es ist nur ein sehr kleiner Bruchteil der durchgeschickten Gesamtelektrizitätsmenge, die durch die Versuchspflanzen hindurchgeht.

Um diesen zu bestimmen, konnte ich keine Mittel finden, und begnügte mich mit der Angabe der Gesamtstromstärke, was uns zwar über die Sache selbst nicht Vieles aussagt, beim Vergleich aber der unter denselben Bedingungen ausgeführten Messungen ein relatives Maß der durch die Pflanze durchgehenden Ströme darstellt.

Daß es nicht genügte, wie es Thouvenin[3]) zeigte, die Steigerung der Assimilationsenergie dadurch hervorzurufen, daß die Versuchspflanze von den elektrischen Strömen nur umhüllt war, konnte ich auch durch eine Reihe von Versuchen, die bei verschiedenen Stromstärken ausgeführt waren, bestätigen.

Da wir zu unseren Versuchen das Licht einer elektrischen Bogenlampe benützten, so war es dringend nötig, stets eine Kontrolle der Gleichmäßigkeit desselben bei der Hand zu haben. Darin bestand eben die Funktion des Kontrollapparates (Fig. 1), dessen Anordnung der des Versuchsapparates genau entsprach. Die Beobachtung der Blasenzahl einer sich in ihm befindenden Kontrollpflanze erlaubte, die etwaigen Veränderungen der Lichtintensität, die für die beiden Apparate stets dieselben waren, festzustellen und bei der Betrachtung der erhaltenen Resultate in Rechnung zu ziehen.

Wenn die Helligkeit der Bogenlampe nach einiger Zeit eine größere wurde, so mußte sich das in der vergrößerten Blasenzahl der Kontrollpflanze pro Zeiteinheit äußern. Bei Verkleinerung der Helligkeit mußte das Entgegengesetzte eintreten. Diese Vergrößerung bezw. Verminderung der Helligkeit mußte aber auch auf die Versuchspflanze ihre Wirkung ausüben. Daher war es

[1]) Gassner, l. c. p. 13.
[2]) Thouvenin, l. c. p. 446.
[3]) Thouvenin, l. c. p. 447.

nötig, die bei der letzten beobachtete Blasenzahl um diejenige zu vermindern bezw. zu vergrößern, um welche die Blasenzahl der Kontrollpflanze gestiegen, bezw. gefallen ist. So z. B. wenn die Blasenzahl der Kontrollpflanze pro Zeiteinheit von 100 auf etwa 115 % gestiegen ist, so bedeutet es, alle andere Einwirkungen als unverändert angenommen, daß die Helligkeit der Bogenlampe annähernd auch um etwa 15 % gestiegen ist. Ist jetzt, nach Beendigung des Versuches, die Blasenzahl der Versuchspflanze pro Zeiteinheit durch die Einwirkung des elektrischen Stromes von 100 auf 80 % gefallen, so beträgt die wahre, durch den Strom hervorgerufene Verminderung der Blasenzahl nicht 20, sondern 20 + 15, also 35 %.

Es soll noch bemerkt werden, daß jeder Versuch mit denselben Kohlen ausgeführt wurde, und daß man ihn nicht gleich nach dem Einsetzen derselben begann, da diese anfangs gewöhnlich nicht ganz gleichmäßig brannten.

Die Bogenlampe war beweglich an der Decke der Dunkelkammer befestigt, sodaß man ihre Stellung immer so regulieren konnte, daß unser Auge, die beobachtete Pflanze und der Lichtbogen der Lampe auf einer geraden Linie sich befanden.

Es könnte für unsere Resultate die Richtung des elektrischen Stromes auch von einer großen Bedeutung werden. Daher wurde jener durch manche Pflanzen in der Richtung von der Spitze zur Basis des Sproßendes, durch die anderen in entgegengesetzter Richtung durchgesandt.

Wie schon oben bemerkt wurde, dauerten die Versuche von Thouvenin zu kurz, um aus ihnen über die Bedeutung der Zeitdauer der Stromwirkung auf die Assimilation der Kohlensäure urteilen zu können.

Es ist klar, daß, um einwandsfrei und streng wissenschaftliche Resultate zu erhalten, man bei Untersuchungen solcher Art alle uns zur Verfügung stehenden Methoden anwenden müßte. Für unseren Fall würde das aber eine zu große Zeit in Anspruch nehmen. Daher begnügte ich mich vorläufig mit der ersten von den oben genannten, und zwar mit der Methode des Blasenzählens. Obwohl sie keine absolute Sicherheit bietet, so erschien sie mir doch als die zuverlässigste, weil sie uns die Veränderung der Assimilationsenergie in jedem Momente am anschaulichsten zeigen kann.

Die Beobachtungen dieses Abschnittes waren an *Elodea canadensis* und *Ceratophyllam demersum* angestellt.

Zu jedem Versuche wurden zwei gesunde Pflanzenexemplare ausgewählt, von diesen mit dem Rasiermesser das Sproßende abgeschnitten und auf die oben beschriebene Weise in den Versuchs- bezw. Kontrollapparat hineingebracht[1]).

Nachdem jede von den zu untersuchenden Pflanzen auf die Gleichmäßigkeit der von ihr pro Zeiteinheit (Minute) ausge-

[1]) Da bei allen diesen Versuchen die elektrische Bogenlampe ganz gleichmäßig brannte, so habe ich, der Klarheit wegen, auf die Angaben der Beobachtungen am Kontrollapparate verzichtet. Etwaige kleine Veränderungen wurden natürlich bei der Aufstellung der Tabellen berücksichtigt.

schiedenen Blasenzahl geprüft wurde, ging ich zu dem Experiment selbst über.

Die dabei erhaltenen Resultate sind in den Tabellen I—V und den vier graphischen Zeichnungen niedergelegt. Um aber leicht vergleichbare Zahlen zu erhalten, wurden die bei den Beobachtungen notierten Zahlen immer auf 100 umgerechnet.

Vor allem haben meine Versuche die von Thouvenin festgestellte Tatsache, daß, wenn man durch eine Wasserpflanze einen elektrischen Strom schickt, die von jener pro Zeiteinheit ausgeschiedene Blasenzahl bezw. Assimilationsenergie sofort gesteigert wird, bestätigt.

Nun konnte ich aber noch zeigen, daß diese Erscheinung stets zu Stande kommt, so lange die Pflanze am Leben ist, sowohl wenn sie sich in dem Optimum ihrer Lebenstätigkeit befindet, wie auch wenn sie dem Tode nahe ist.

Bei den vielen Beobachtungen, die ich gemacht habe, wurde die pro Zeiteinheit von der Versuchspflanze ausgeschiedene Blasenzahl beim Durchfließen des elektrischen Stromes nur in sehr wenigen Fällen kleiner, was natürlich auf zufällige Nebenerscheinungen zurückzuführen ist. (Pflanzen: V., VII., XVII., XXIII., XXV., XXX.) Es soll hier aber bemerkt werden, daß dieses sich auf die mittlere, pro Zeiteinheit ausgeschiedene Blasenzahl bezieht, welche während sechs Minuten beobachtet wurde, denn betrachten wir dieselbe während der ersten Minute nach dem Durchlassen des Stromes, so wurde sie auch in diesen Fällen gewöhnlich größer.

In noch wenigeren Fällen wurde die mittlere pro Zeiteinheit ausgeschiedene Blasenzahl beim Ausschalten des Stromes größer (Pflanzen: I., V., XVII).

Betrachten wir aber diese drei Fälle etwas näher, so kann die etwaige, bei ihnen beobachtete Abweichung durch den Umstand erklärt werden, daß vor dem Ausschalten des Stromes diese Pflanzen während längerer Zeit (4 bezw. 10 und 1 Stunde) unter der Einwirkung desselben standen, und das Ausschalten hier als Reiz wirkte, der die Steigerung der Blasenzahl hervorrief.

Trotzdem aber, daß nach jeder einzelnen Einschaltung des elektrischen Stromes die pro Zeiteinheit von der Pflanze ausgeschiedene Blasenzahl stieg, lief doch im Großen und Ganzen seine Wirkung darauf hinaus, daß sie diese Blasenzahl allmählich verminderte und schließlich das Leben der Pflanze zum Stillstande brachte.

Wenn wir zwei Pflanzenindividuen unter denselben Bedingungen der Einwirkung des elektrischen Stromes aussetzen, und zwar nur mit dem Unterschiede, daß die Richtungen, in welchen sie beide der Strom durchfloß, verschieden waren, so hat der durch die Pflanze in der Richtung von der Spitze zur Basis derselben durchflossene Strom, nach derselben Zeit, eine größere Herabdrückung der Assimilationsenergie der betreffenden Pflanze hervorgerufen als derjenige, welcher die andere Pflanze in entgegengesetzter Richtung durchströmte.

Daß dieser Unterschied nach dem ersten Durchlassen des Stromes nicht ganz klar hervortritt, ist wahrscheinlich darin zu suchen, daß in den ersten Momenten die Wirkung des Stromes

auf die Pflanze sich hauptsächlich als Reiz äußert, der auf beide Pflanzen in gleichem Sinne einwirkt und daher annähernd gleiche Resultate hervorruft.

Was die verschiedenen Stromstärken betrifft, welche durch die Pflanzen geschickt waren, so ist Folgendes zu bemerken:

Wie schon oben erwähnt wurde, ging nur ein kleiner Bruchteil der am Ampèremeter gemessenen Ströme durch die Pflanze selbst hindurch. Es ist auch schon bemerkt worden, daß die direkte Messung dieser kleinen Ströme nicht vorgenommen werden konnte, und daß man sich daher mit den am Ampèremeter abgelesenen begnügen mußte.

Es ist selbsverständlich, das beim Durchlassen des elektrischen Stromes durch die Pflanze in dieser höchst komplizierte Vorgänge ausgelöst werden, die sich überdies bei jedem anderen Pflanzenindividuum ganz verschieden gestalten müssen. Desto auffallender erschien mir der Umstand, daß, wenn wir die Unterschiede zwischen den von den Pflanzen pro Zeiteinheit ausgeschiedenen und in Prozenten ausgedrückten mittleren Blasenzahlen, die während gleicher, hintereinander folgenden Zeitperioden, ohne Einwirkung des Stromes und unter Einwirkung derselben beobachtet wurden, vergleichen, jene Reihen von Zahlen darstellen, die sich annähernd gleich sind, wie es die nachfolgende Tabelle zeigt:

Pflanzennummer	Stromstärke in Milliamp.	Unterschiede der mittleren Blasenzahlen in %											
I.	0,5	11.	14.	14.	11.	11.							
II.	„				9.	11.							
III.	2,5					21.	21.						
IV.	„	44.	34.	49.	38.								
V.	4		21.	19.									
VI.	„		21.	24.	11.	8.							
VIII.	6,5		12.	11.	10.	13.	15.	18.	17.				
IX.	„	47.	47.										
X.	„		12.	12.	12.	18.	16.						
XI.	„			7.	10.	8.	7.						
XII.	„	6.	11.	13.	5.	8.							
XIII.	„	5.	8.	10.	11.	9.							
XIV.	8,5			3.	2.	4.	6.	5.					
XV.	„				22.	16.	12.	5.					
XVI.	„		75.	79.	89.								
XVII.	„		63.	76.									
XVIII.	12,5	63.	75.	71.	72.	55.	62.	51.	67.	63.	67.	23.	22.
XIX.	„		68.	67.	65.	50.	47.						
XXIII.	20		20.	15.									
XXV.	„					8.	11.						
XXVI.	45				12.	20.	13.						
XXVIII.	„		4.	4.	9.	0.	4.						
XXIX.	„			20.	21.								
XXX.	„			2.	3.								
XXXI.	50					23.	5.	19.	5.				

Es ist klar, daß die Reihen aus durchweg gleichen Zahlen nicht bestehen können, denn wie aus den Tabellen (I—V) zu ersehen ist, übt der Strom auf die untersuchten Pflanzen noch eine andere Wirkung aus, indem er mit der Zeit die Assimilationsenergie der Kohlensäure herabdrückt.

Und wenn wir für die eben angegebene Tabelle eine Genauigkeit bis sogar auf 10 % beanspruchen müssen, so ist es trotzdem aus ihr ersichtlich, daß hier eine gewisse Gesetzmäßigkeit zum Vorschein kommt, was einen gewissen Anhaltspunkt dafür gibt, daß die primäre Wirkung des elektrischen Stromes hier eine rein physikalische Erscheinung ist.

Nun wurde aber gezeigt, daß die hier hervorgerufene Erscheinung bei getöteten Pflanzen nicht hervorgebracht werden konnte. Ich glaube daher, annehmen zu können, daß bei diesen Untersuchungen der elektrische Strom eine einfache Elektrolyse der bei der Assimilation der Kohlensäure sich intermediär bildenden labilen Verbindungen hervorruft.

Durch diese Annahme kann auch die andere Wirkung des elektrischen Stromes, die sich in der Herabdrückung der Lebenstätigkeit der Versuchspflanzen bei seiner längeren Einwirkung äußert, verständlich werden.

Aus unseren Tabellen (I—V) ersehen wir, daß nach einer bestimmten Zeit die Assimilationstätigkeit der Versuchspflanzen bedeutend herabgedrückt und bei längerer Einwirkung ganz zum Stillstand gebracht wird.

Eine Ausnahme davon bilden die Pflanzen I und III, welche von sehr kleinen Strömen (0.0005—0.0025 Ampère) elektrisiert wurden. Bei der ersten von ihnen, obwohl der elektrische Strom während vier Stunden auf sie einwirkte, änderte sich die von ihr pro Minute ausgeschiedene mittlere Blasenzahl gegen die ursprüngliche garnicht. Wenn wir aber doch die Endblasenzahl mit der am Anfange dieser vier Stunden vergleichen, so sehen wir, daß sie um 11 % kleiner wurde, was bei solch kleiner Stromstärke sehr bemerkenswert ist. Dasselbe kann man von der Pflanze III sagen, bei der nach 30 Minuten bei einer Stromstärke von 0.0025 Ampère die Blasenzahl um 4 % gefallen ist, wenn auch die am Ende des Versuches die von dieser Pflanze ausgeschiedene Blasenzahl gegen dieselbe am Anfange des Versuches um 4 % gestiegen ist.

Von allen von mir untersuchten Pflanzen konnte ich nur drei (I, II und III) am Leben erhalten. Alle anderen Exemplare waren einige Stunden nach Unterbrechung der Stromwirkung, einige schon während derselben, tot. Diese war also negativer Natur. Durch vergleichende anatomische Untersuchungen der Kontroll- und Versuchspflanzen konnte ich im Bau der letzteren keine Veränderungen fesstellen.

Dies alles führte mich zu der Annahme, daß außer der physikalisch-chemischen Wirkung der elektrische Strom hier noch eine sekundäre, physiologische Wirkung ausübt, die darin besteht, daß bei der in der Pflanze hervorgerufenen Elektrolyse für diese giftige Stoffe entstehen, die ihren Tod allmählich hervorrufen.

Betrachten wir nun noch näher die in den Tabellen eingetragenen Resultate, so läßt sich aus ihnen eine gewisse gesetzmäßige Abhängigkeit der Verminderung der Assimilationsenergie von der Zeit, während der die Pflanze elektrisiert wurde, vermuten.

So z. B. bei Pflanze III (Tab. I) drückt der während einer halben Stunde einwirkende elektrische Strom die pro Minute von jener die ausgeschiedene Blasenzahl um 4 % herab. Nach einer Zeitperiode, achtmal größer war, also zwei Stunden dauerte, wurde die Blasenzahl um 42 % herabgedrückt, also um eine Zahl, die etwa zehnmal größer ist. Bei Pflanze XVIII (Tab. III) betrug die Blasenverminderung nach der ersten Stunde 23 %, nach der zweiten 30 %, also ungefähr das Gleiche. Bei Pflanze XIV (Tab. III) nach den ersten 30 Minuten — 19 % nach den nächsten — 15 %. Bei Pflanze XXVIII (Tab. IV) nach den ersten 15 Minuten — 29 %, nach den weiteren 15 Minuten — 27 %. Bei Pflanze XXXI (Tab. V) nach den ersten 15 Minuten — 24 %, nach anderen 15 Minuten — 19 %. Also bei allen vier letztgenannten Pflanzen war die Herabdrückung der Blasenzahl in den gleichen Zeitperioden für dasselbe Exemplar dieselbe.

Wenn man auch in einigen Fällen Abweichungen (Pflanzen: XIX, XVII, IV) davon festgestellt hat, so kann man bei dem verwickelten Komplexe von Erscheinungen, die hier zu Tage treten, doch annehmen, daß die Herabdrückung der Assimilationsenergie der Zeit, während welcher der Strom auf die Pflanze einwirkt, annähernd proportional ist.

Es soll noch einiges über die Bedeutung der Stromstärken bei unseren Versuchen gesagt werden.

Betrachten wir die Wirkung des Stromes nach den ersten sechs Minuten, so ist sie stets positiver Natur. Der elektrische Strom wirkt hier augenscheinlich als Reiz, der die Lebenstätigkeit der Pflanzen erregt. Diese Wirkung des Stromes addiert sich mit seiner physikalisch-chemischen und dadurch wird nach dieser ersten Einwirkung die Blasenzahl bezw. die Assimilationsenergie um so viel erhöht.

Strenge Gesetzmäßigkeiten konnten hier für verschiedene Stromstärken nicht festgestellt werden. Die Wirkung war ganz von der Beschaffenheit der einzelnen Pflanzenindividuen abhängig. Im allgemeinen aber wirkten die stärkeren Ströme auch als starke Reize, und daher waren die von ihnen hervorgerufenen Steigerungen der Assimilationsenergie größer.

Betrachten wir weiter die Pflanzen nach 36 Minuten, d. h. nachdem sie während 18 Minuten der Wirkung des Stromes unterzogen waren, so beobachteten wir, daß bei einer gewissen Stromstärke, die etwa 0.02 Ampère beträgt, die negative Wirkung des Stromes zum Vorschein kommt.

Daß nach dieser Periode die schwächeren Ströme noch einen positiven Einfluß auf die Assimilationsenergie ausüben, ist dadurch zu erklären, daß die Reizwirkung dieser Ströme größer ist, als die negative Einwirkung der sich bei der Elektrolyse bildenden Substanzen.

Verfolgen wir den weiteren Verlauf dieser Untersuchung, so zeigen sie, daß bei verschiedenen Exemplaren zwischen der negativen Wirkung der elektrischen Ströme und ihrer Stärke keine strenge Gesetzmäßigkeit herrscht, daß aber die Depression der Assimilationsenergie im Allgemeinen mit den Stromstärken größer wird.

Ströme unter 0.0025 Ampère, durch die Pflanzen in der Richtung von der Basis zur Spitze durchgeschickt, scheinen von keiner physiologischen Wirkung auf diese zu sein. Die Erscheinungen, die sie hervorrufen, sind höchstwahrscheinlich nur physikalisch-chemischer Natur, die hier weiter auf das Leben der Pflanze keinen Einfluß ausüben.

Nun habe ich noch einige Versuche auf die Weise angestellt, daß ich eine und dieselbe Pflanze verschiedenen Stromstärken unterwarf. Die Resultate einiger solcher Versuche sind in den 4 graphischen Tabellen dargestellt, in welchen im rechtwinklichen Coordinatensystem die Minuten als Abscissen und die zugehörigen, bei den betreffenden Zeitpunkten beobachteten Blasenzahlen als Ordinaten aufgetragen sind.

Diese Darstellungen bestätigen vor allem die Tatsache, daß der durch die lebende Pflanze geschickte elektrische Strom die Assimilationstätigkeit gegen die vorhergehende Periode, in der diese nicht elektrisiert wurde, stets steigert.

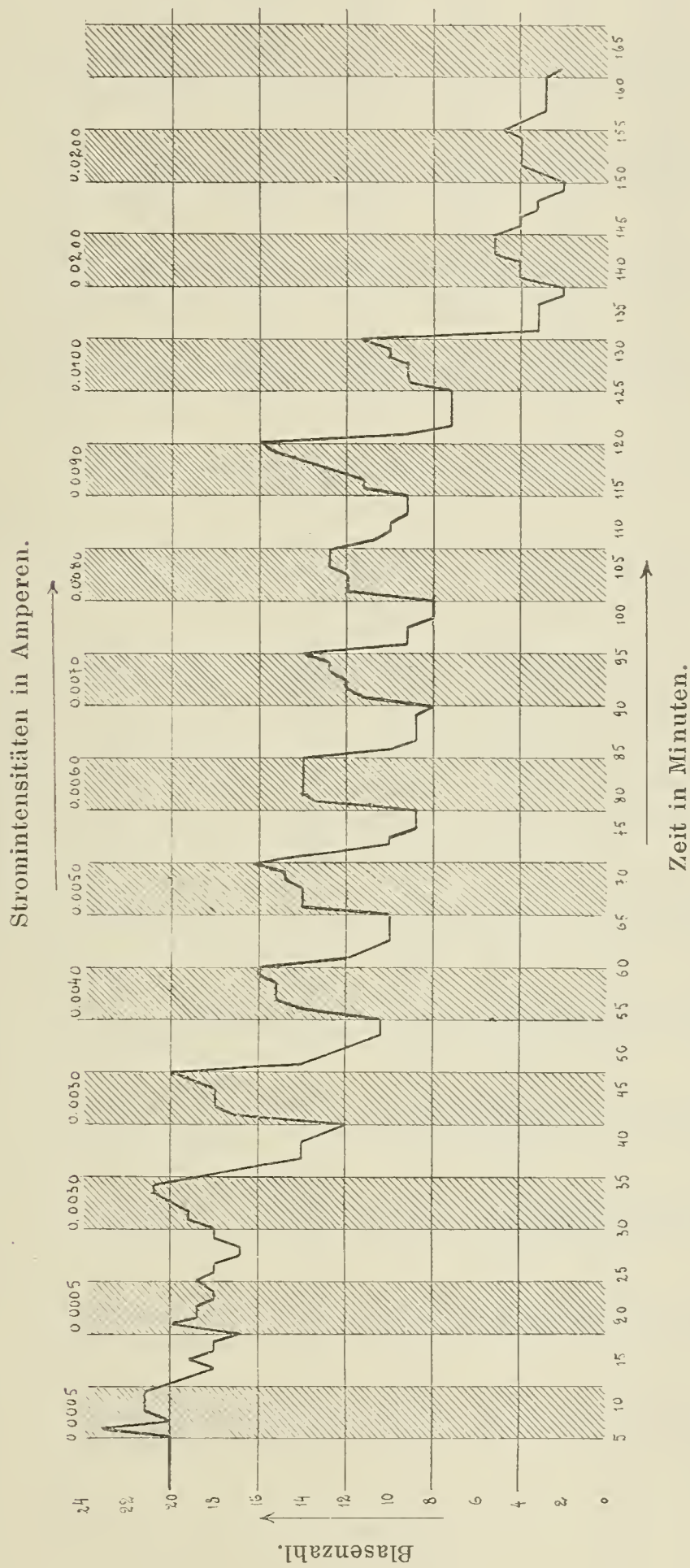
Weiter zeigen sie, daß für die Veränderungen der Assimilationsenergie, bezogen auf die Veränderung der von der Pflanze pro Minute ausgeschiedenen Blasenzahl, zwei charakteristische Kurven vorhanden sind, von welchen eine dem Fall entspricht, wenn die Pflanze in der Richtung von der Basis zur Spitze, die andere, wenn sie in entgegengesetzter Richtung vom Strome durchflossen wird.

Die erste von ihnen zeigt, daß für jede, in der Richtung von der Basis zur Spitze während kurzer Zeitperioden elektrisierte Pflanze ein Maximum der Stromstärke vorhanden ist, bei dem die Steigerung der Assimilationsenergie am größten wird. Von da ab wird sie immer kleiner, bis schließlich die Stromwirkung die assimilatorische Tätigkeit der Pflanze so herabdrückt, daß trotz der jedesmaligen Steigerung der Blasenzahl nach jedem neuen Durchlassen des Stromes diese ihre ursprüngliche Größe auch während der Einwirkung desselben nicht mehr erreichen kann und schließlich auf 0 reduziert wird.

Bis zum Erreichen des Maximums ist die jedesmalige Veränderung der Blasenzahl der Stromstärke annähernd proportional.

Die andere Kurve, welche für die entgegengesetzte Richtung des Stromes charakteristisch ist, zeigt ein etwas anderes Verhalten. Indem sie auch das oben ausgesprochene allgemeine Gesetz der Steigerung der Assimilationsenergie nach jeder neuen Durchleitung des elektrischen Stromes durch die Pflanze bestätigt, gehen die bei dieser Richtung des Stromes hervorgerufenen Veränderungen der Blasenzahl nicht zuerst bis zu einem gewissen Maximum hinauf

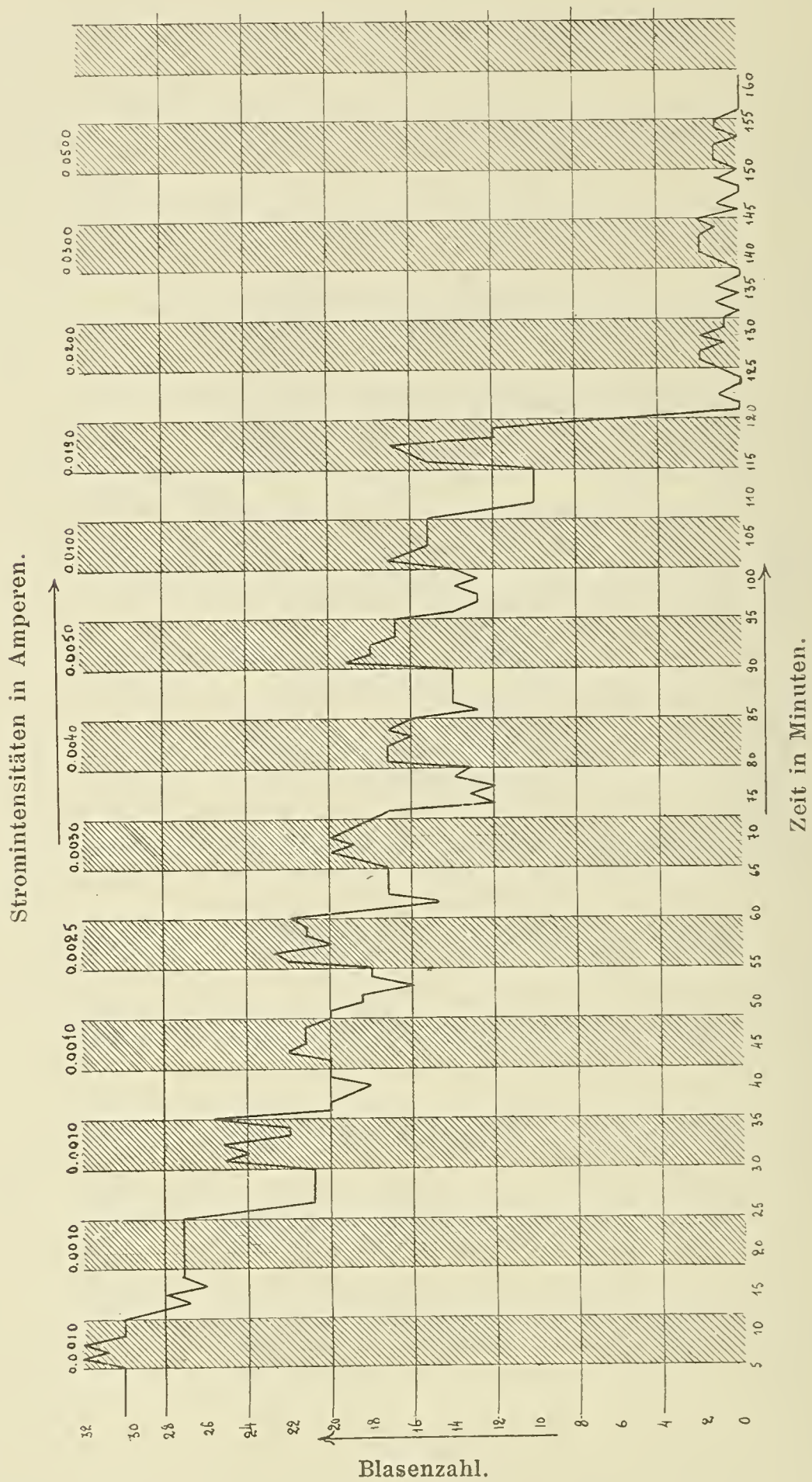
— dann heruntersteigend, sondern die maximale Zahl der Blasen wird gewöhnlich durch die schwächsten Ströme gleich am Anfange des Versuches hervorgerufen, und von da ab fällt jene allmählich, bis sie auf 0 gebracht wird.



Elodea canadensis, elektrisiert in der Richtung: von Spitze zur Basis, bei 14,5° C.

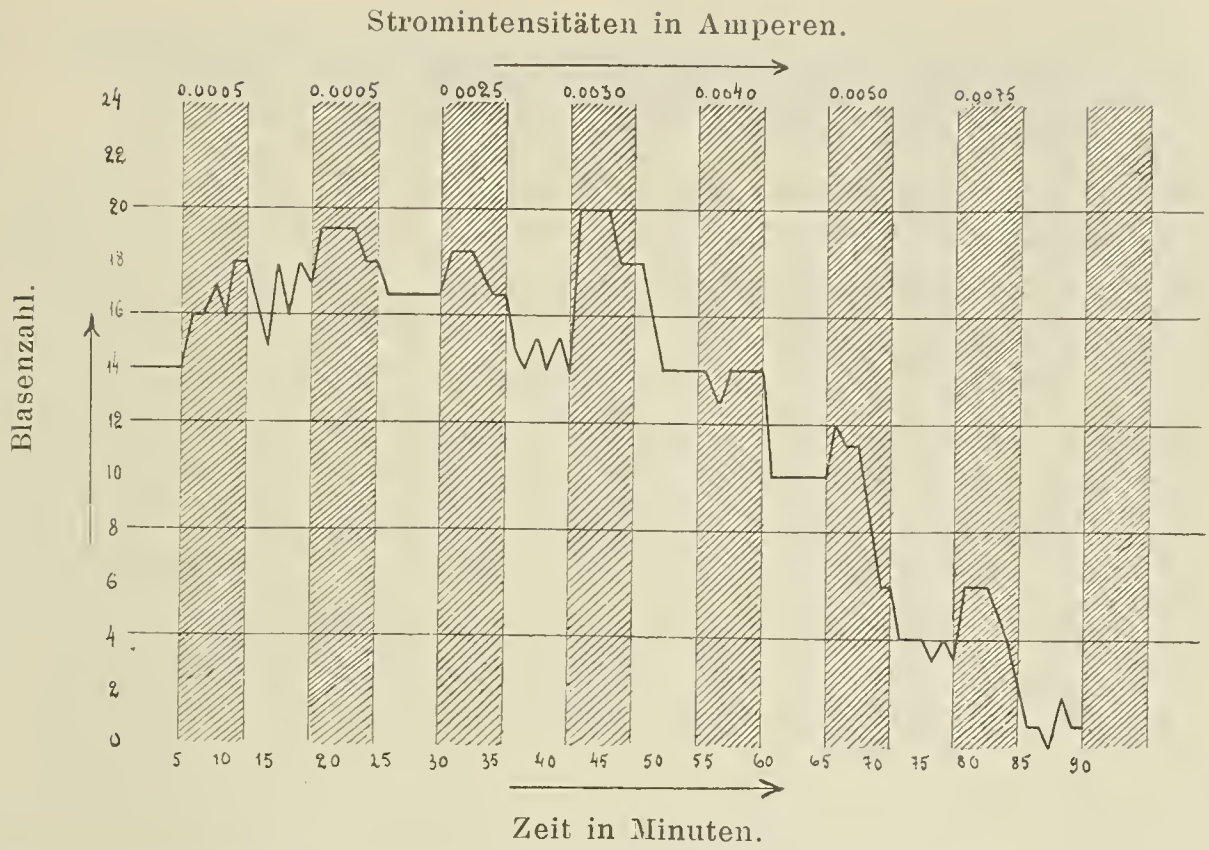
Indem jedes Durchlassen des Stromes durch die Pflanze eine Steigerung der Blasenzahl hervorruft, entsteht, wie die Kurven zeigen, beim Ausschalten desselben eine Verminderung dieser Blasenzahl, die bis zu einer gewissen Stromintensität derselben annähernd proportional ist,

Für jedes Pflanzenindividuum scheint hier aber eine Stromstärke vorhanden zu sein, bei der die Assimilationsenergie plötzlich so heruntergedrückt wird, daß von diesem Momente ab der Tod der Pflanze beginnt.

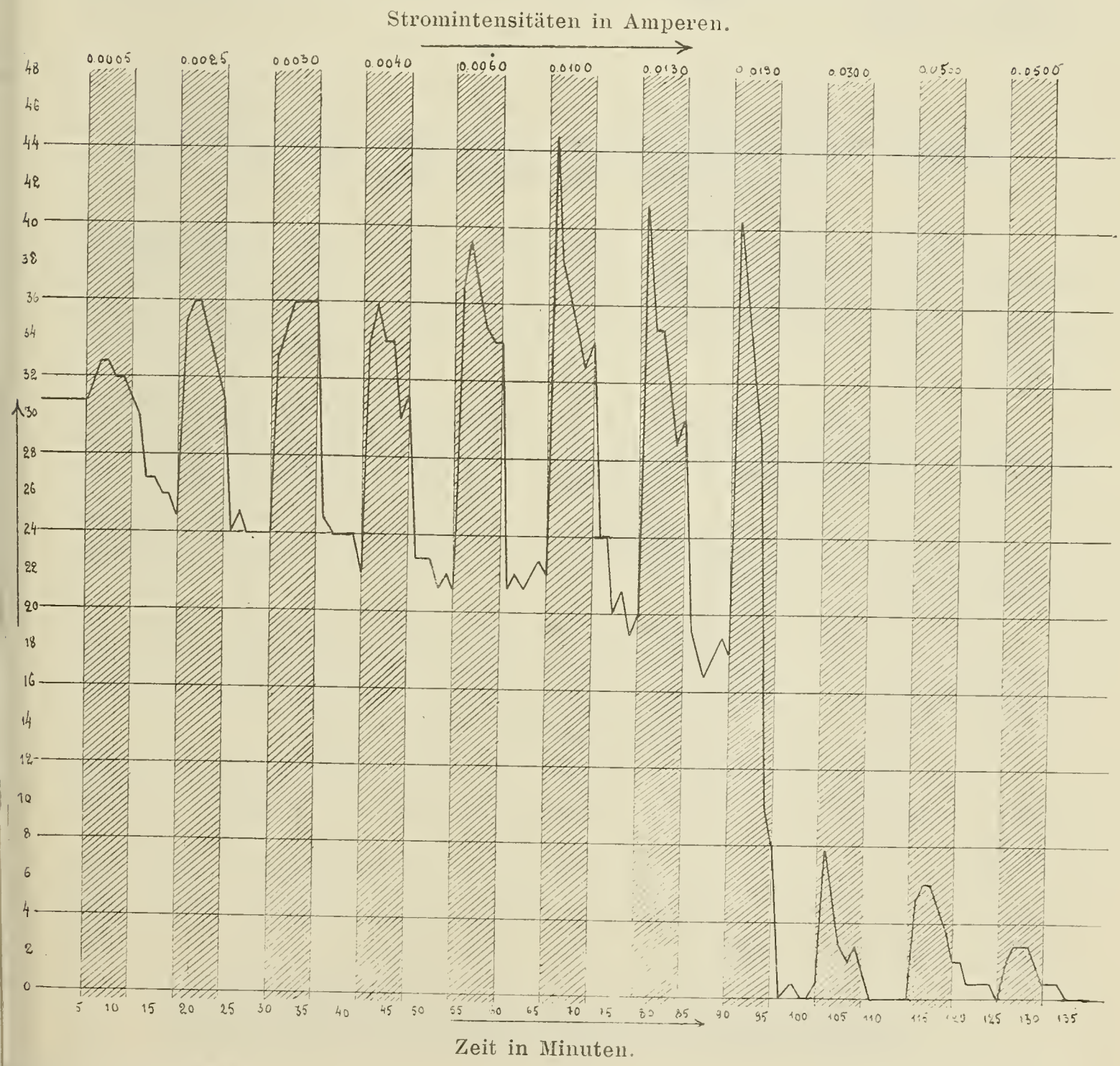


Elodea canadensis, elektrisiert in der Richtung: von Spitze zur Basis, bei 14,5° C.

Wie aus den Assimilationskurven zu ersehen ist, sind die Stromstärken, bei welchen das Maximum der Blasenzahl und der Stillstand der assimilatorischen Tätigkeit bei verschiedenen Pflanzenindividuen eintritt, höchst verschieden. Und in der Tat



Elodea canadensis, elektrisiert in der Richtung: von Basis zur Spitze, bei 15° C.



Elodea canadensis, elektrisiert in der Richtung: von Basis zur Spitze, bei 15° C.

sind die hier angegebenen Resultate ein Spiel von so vielen Bedingungen, daß es kaum denkbar sein kann, für zwei verschiedene Exemplare übereinstimmende Zahlen zu erhalten.

Zum Schluß soll hier noch eines Faktors gedacht werden, von dem oben noch nicht gesprochen wurde, der aber von einiger Wichtigkeit für unsere Resultate sein kann. Dies ist der Einfluß der Zersetzungsprodukte, die bei der Elektrolyse des Mediums, in dem die Pflanze beobachtet wurde, entstehen. Obwohl, wie oben gezeigt wurde, für ihre Fortschaffung aus den Versuchströgen gesorgt wurde, so ist doch nicht zu leugnen, daß im Momente ihrer Entstehung — ihre Wirkung könnte eben in diesem Momente die entscheidende sein — sich diese Zersetzungsprodukte in direkter Berührung mit der Versuchspflanze befanden und daher ohne Zweifel ihre Wirkung auf diese ausübten. Die Größe dieser Komponente festzustellen, war mir vorläufig unmöglich.

Vielleicht wäre sie ausführbar durch Heranziehung der Pollacci'schen Stärkebestimmungsmethode, was aber so viel Zeit in Anspruch nehmen würde, daß ich zur Zeit darauf verzichten mußte.

Einfluss eines gleichmässigen elektrischen Feldes auf die Assimilation der Kohlensäure.

Schicken wir durch das Medium, in dem die Wasserpflanze beobachtet wird, einen elektrischen Strom, so geht, da der Widerstand des Pflanzenkörpers ein viel größerer ist, als der des Mediums, nur ein kleiner Bruchteil dieses Stromes durch die Pflanze selbst.

Die Pflanze befindet sich in diesem Falle in einem gleichmäßigen elektrischen Felde, denn als solches betrachtet man einen Strom, dessen Stromfäden gradlinig, parallel und gleich dicht sind.

Es war höchst interessant, zu erfahren, wie sich der Einfluß eines solchen homogenen, elektrischen Feldes auf die Assimilation der Kohlensäure äußert.

Die etwaige Ablenkung der Stromlinien, welche durch die Einführung der Stromlinien hervorgerufen wurde, war für unsere Versuche nicht in Betracht gezogen und die Verteilung der Linien in der Pflanze selbst als gleichmäßig angenommen.

Die Versuchsordnung zeigte im Vergleiche zu der bei den oben ausgeführten Versuchen angewandten nur geringe Abänderungen.

Da der Strom jetzt nicht mehr durch die Pflanze selbst geschickt zu werden brauchte, so konnte die Pflanze frei, durch einen Glasstab gestützt, in das Versuchsgefäß gebracht werden. (Fig. 3.)

Nun ergeben sich hier aber zwei Stellungen für die zu untersuchende Pflanze, die eine, wenn die Längsachse der

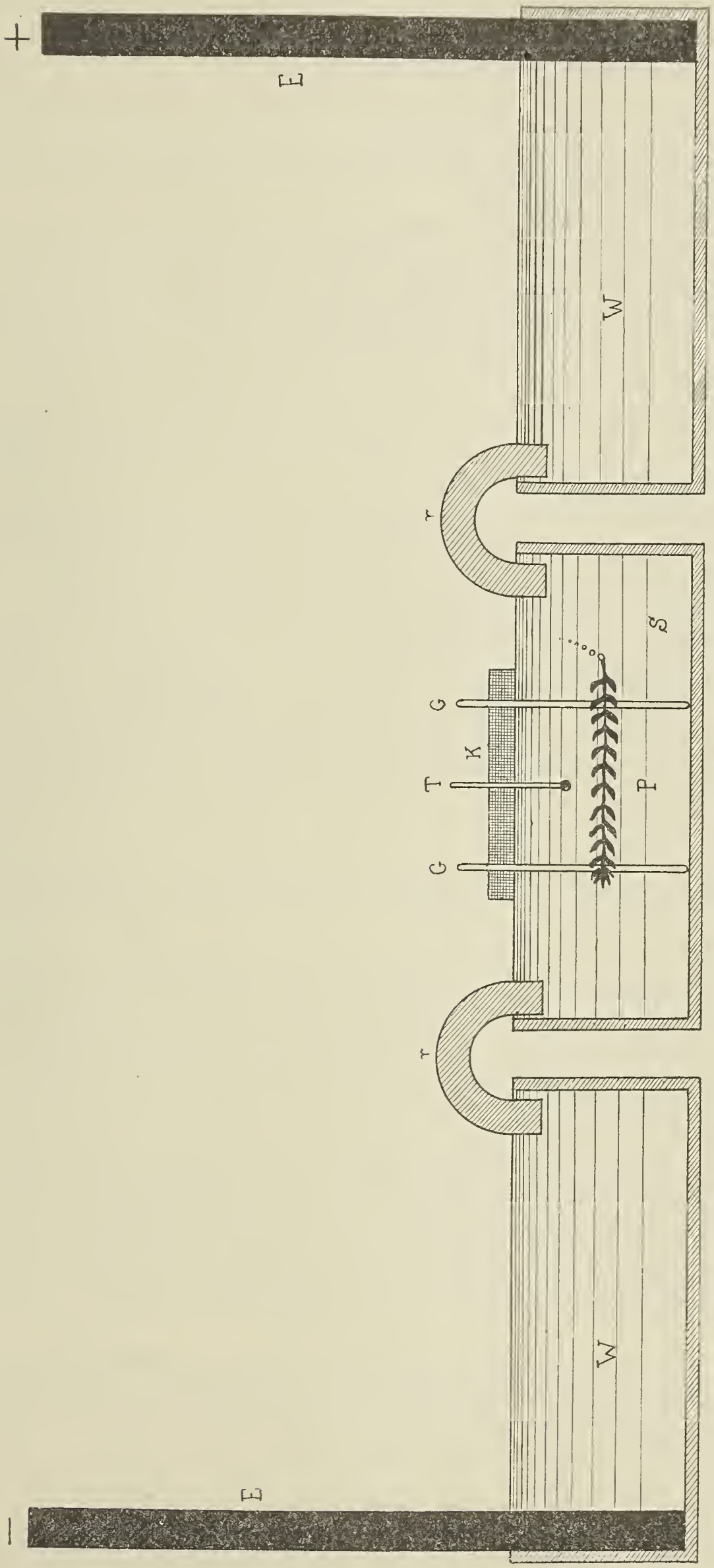


Fig. 3

Pflanze senkrecht zu den Stromlinien steht, und die zweite, wenn sie parallel derselben ist. Eine Versuchsanordnung in der zweiten Stellung zeigt uns die Figur 3.

Um einigermaßen bei allen Versuchen die gleiche Stellung der Pflanzen im elektrischen Felde zu behalten, wurde bei jedem Versuche seine Mitte fixirt und das Versuchsobjekt in dieser durch eine Korkplatte festgehalten.

Die Versuche dieses Abschnittes, deren Resultate in den Tabellen VI—XIV dargestellt sind, wurden auf die Weise ausgeführt, daß zuerst zwei kräftige und gesunde Sproßenden von *Elodea canadensis* durch Abschneiden auf dieselbe Länge gebracht wurden und eines von ihnen als Versuchs-, das andere als Kontrollpflanze verwandt wurde.

Nachdem ich mich über die Gleichmäßigkeit der von beiden pro Minute ausgeschiedenen Gasblasen überzeugt hatte, ging ich an die Versuche selbst heran.

Ich unterzog die Versuchspflanze in bestimmten Zeitperioden der Einwirkung des elektrischen Stromes, und beobachtete nach Verlauf derselben die von ihr und der Kontrollpflanze pro Minute ausgeschiedenen Blasenzahlen.

Während der Anfangsperiode dauerte die Stromeinwirkung gewöhnlich nur vier Minuten, welchen immer andere vier folgten, während welcher die Pflanze der Wirkung des Stromes entzogen war.

Die weiteren Zeitperioden der Stromeinwirkung waren auf 1 bezw. 2, 4 und 6 Stunden bemessen, aber immer so, daß jede der untersuchten Pflanzen im ganzen während zehn Stunden dieser Einwirkung unterzogen war. Außerdem waren die Versuchspflanzen während der ersten vier Stunden von der elektrischen Bogenlampe beleuchtet, während der sechs weiteren Stunden dagegen befanden sie sich im Dunkeln.

Nach den längeren Stromeinwirkungsperioden wurde bei einigen Versuchen der Strom auf kurze Zeit unterbrochen und die jetzt von der Pflanze pro Minute ausgeschiedene Blasenzahl beobachtet. Auch wurden die Pflanzen einige Stunden nach Unterbrechung des Versuches auf die Veränderung der von ihnen ausgeschiedenen Blasenzahl untersucht.

Jede in der Tabelle durch eine Zahl angegebene Beobachtung stellt ein arithmetisches Mittel von vier Beobachtungen dar, von welchen jede eine Minute dauerte. Um die Resultate noch leichter vergleichbar zu machen, wurden alle so erhaltenen Zahlen auf die Zahl 100 umgerechnet, der die Anfangszahl aller Versuchs- und Kontrollpflanzen gleich gesetzt wurde.

1. Längsachse der Versuchspflanzen senkrecht zu Stromlinien.

Die Resultate dieser Versuche sind in den Tabellen VI—XII dargelegt.

Die in der ersten von diesen Tabellen angegebenen Resultate beziehen sich nur auf die Anfangsperiode, d. h. auf eine solche, während der die Pflanzen intermittierend je vier Minuten

der Einwirkung des elektrischen Stromes ausgesetzt und entzogen waren. Bei allen diesen Versuchen, von welchen jeder nur 46 Minuten dauerte, waren nur die Stromstärken und Stromdichten verschieden, alle anderen Bedingungen dagegen stets gleich gehalten.

Um den Einfluß der Stromdichte, d. h. der Größe $\frac{\text{Stromstärke}}{\text{Stromquerschnitt}}$ auf die Assimilationsenergie feststellen zu können, habe ich den Querschnitt des Versuchsgefäßes dadurch zu verringern gesucht, daß ich in diesen einen entsprechend großen Paraffinblock *(Q)* hineinbrachte, der an die Wand und den Boden des Gefäßes befestigt wurde (Fig. 4). Auf diese Weise konnte der Querschnitt des letzteren auf 35, in einigen Fällen auf 14 qcm verkleinert und dementsprechend die Stromdichte, die auf die Pflanzen einwirken sollte, vergrößert werden.

Betrachten wir die in der Tabelle VI angegebenen Resultate näher, so zeigt uns die letzte Rubrik derselben die endgiltigen Veränderungen der ursprünglichen mittleren, pro Zeiteinheit von

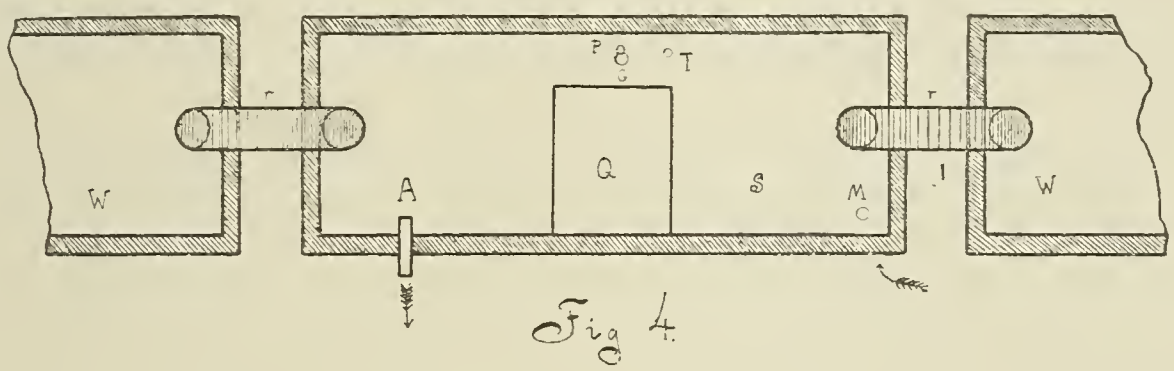


Fig 4.

den Pflanzen ausgeschiedenen Blasenzahl prozentualisch ausgedrückt.

Was hier zuerst in die Augen fällt, ist der Umstand, daß die elektrischen Ströme, welche das Medium, in dem die Pflanze wuchs, in kurzen Zeitperioden durchflossen, nach einer nicht sehr langen Einwirkung die Assimilaton der Kohlensäure bei der eine gewisse Grenze nicht übersteigenden Stromintensität steigern, von da ab sie aber herabdrücken.

Es besteht hier kein gesetzmäßiges Verhältnis zwischen der positiven Wirkung des Stromes auf die Kohlensäureassimilation und seiner Intensität, was auf einen sehr komplizierten Vorgang hinweist. Was aber die negative Wirkung der Ströme betrifft, so läßt sich hier eine gewisse Abhängigkeit von der Stromstärke bezw. Stromdichte vermuten.

Die Tatsache, welche für die erste Versuchsreihe so auffallend war, und welche darin bestand, daß nach jeder neuen Stromwirkung, die von der Pflanze pro Minute ausgeschiedene Blasenzahl stieg, konnte bei diesen jetzt besprochenen Versuchen nicht festgestellt werden. Es zeigte sich hier in dieser Hinsicht keine Spur irgendwelcher Gesetzmäßigkeit. Das Durchschicken, wie das Ausschalten des elektrischen Stromes konnte, je nach der Be-

schaffenheit der betreffenden Pflanze, einmal eine Steigerung bezw. Herabdrückung der Blasenzahl, das zweite Mal das Umgekehrte hervorrufen.

Die bei den obigen Versuchen auf den ersten Blick als dominierende, von mir als physikalisch-chemische bezeichnete Wirkung des Stromes kommt also bei diesen Versuchen gar nicht zum Vorschein, was ich mir dadurch zu erklären suche, daß ich annehme, die durch die Pflanzen selbst bei diesen Versuchen durchgehenden Ströme sind so minimal, daß sie nicht imstande sind, die oben besprochenen Elektrolysen der sich in lebenden Pflanzen bildenden Stoffe hervorzurufen.

Wenn wir überhaupt die Wirkungen von Strömen gleicher Intensität bei den ersten und den jetzt besprochenen Versuchen vergleichen, so sind sie bei den ersten von viel negativerem Einflusse auf die Kohlensäureassimilation der betreffenden Pflanzen, als bei den letzten. Die Dichte der die Pflanzen durchströmenden Elektrizität scheint hier also von ausschlaggebender Bedeutung zu sein.

Schickt man durch das Medium, in dem die Pflanze beobachtet wird, einen elektrischen Strom in kurzen, einige Minuten dauernden Zeitperioden, so übt er auf jene eine Reizwirkung aus, in deren Folge alsbald eine Steigerung der Assimilationsenergie zustande kommt.

Bei elektrischen Strömen von größeren Intensitäten gesellt sich aber dieser Reizwirkung eine andere, ihr entgegengesetzte, zu, welche höchstwahrscheinlich als Folge der in dem Medium durch seine Elektrolyse entstehenden Zersetzungen zu betrachten ist.

Diese Periode, in der die Pflanzen auf die besprochene Weise nur intermittierend, während kurzer Zeitabschnitte der Einwirkung der Ströme unterzogen wurden, nannte ich die Anfangsperiode, und ihre Dauer war bei allen späteren Versuchen (Tab. VII—XII) auf 18 Minuten bemessen.

Betrachten wir die Veränderungen, die bei verschiedenen Stromintensitäten während dieser Zeitperiode in der Blasenzahl hervorgerufen wurden, so können wir hier, wie auch bei den in der Taballe VI angegebenen Versuchen, keine Gesetzmäßigkeit feststellen. Eines konnte hier nur hervorgehoben werden, daß bei gewissen Intensitäten des elektrischen Feldes (etwa 15 Milliampère Stromstärke und 0,24 Milliampère pro qcm Stromdichte) die Einwirkung desselben eine positive war, von da ab aber eine negative. Auffallend ist aber, daß bei sehr starker Stromintensität (etwa 38 Milliampère Stromstärke und 0.6 Milliampère Stromdichte) diese Wirkung zum größten Teil, d. h. bei mehreren Pflanzenexemplaren, wieder eine positive war.

Dieses läßt sich vielleicht durch die zweierlei Wirkungen des elektrischen Feldes auf folgende Weise erklären: Wie schon oben erwähnt wurde, übt die erstere von ihnen einen Reiz aus, der die Assimilationsenergie der Pflanzen steigert, die zweite drückt sie dagegen herab. Sind die Stromintensitäten gering, so ist die zweite Wirkung des Stromes während solcher kurzen Zeitperioden wahrscheinlich von keiner Bedeutung für die Kohlensäureassimila-

tion, jedenfalls wird sie von der ersten übertroffen, und als Schlußresultat ergibt sich eine Steigerung der von der Pflanze pro Zeiteinheit ausgeschiedenen Blasenzahl. Werden die Stromintensitäten größer, so wächst wahrscheinlich im allgemeinen die Empfindlichkeit der Pflanzen für die Wirkung der zweiten Art schneller, weshalb bei diesen als Resultate eine Verminderung der Assimilationsenergie eintritt. Dann scheint aber bei der größten hier angewandten Stromintensitäten die Reizwirkung derselben überhand zu nehmen, und es entsteht deshalb bei ihrer Anwendung wiederum eine Steigerung der von der Pflanze pro Zeiteinheit ausgeschiedenen Blasenzahl. Diese erste Periode der Untersuchung erscheint also als ein Kampf zwischen diesen beiden hier angeführten Stromwirkungen.

Die Frage über die Natur der Reizwirkungen, welche durch die elektrischen Ströme hervogerufen werden, zu beantworten, ist eine höchst schwierige. Es sind hier natürlich verschiedene Möglichkeiten denkbar.

Am einfachsten wäre die Annahme, daß es die elektrolytischen Wirkungen in der lebendigen Substanz selbst sind, welche die verschiedenen Reizwirkungen hervorrufen. Mit dem Zerfall dieser Verbindung ist schon an sich die Entstehung von Erregungserscheinungen gegeben. Dies trifft aber vielmehr für unsere erste Versuchsreihe zu. Für die jetzt zu besprechenden Versuche scheint es aber die Elektrolyse des die Versuchspflanzen umgebenden Mediums, des Leitungswassers, zu sein. Denn es entstehen bei derselben Stoffe, welche als chemische Reize auf die Pflanzensubstanz einwirken und die betreffenden Reizerscheinungen hervorrufen. Verworn[1]) zweifelt zwar, ob dieses Moment bei den galvanischen Erscheinungen wesentlich beteiligt ist, es ist aber nach meinen Versuchen kaum zu verneinen, daß diese Wirkung in besonderen Fällen als eine der wichtigsten Komponenten des gesamten Komplexes der Reizerscheinungen hervortritt.

Als eine weitere solche Komponente führt der eben genannte Forscher die durch den galvanischen Strom hervorgerufene Flüssigkeitsverschiebung im porösen, mit Flüssigkeit getränkten Körper an.

Es ist bekannt, daß bei einer längeren Einwirkung eines Reizes die lebendige Substanz ihre Erregbarkeit allmählich verliert, so daß der betreffende Organismus den Reiz nicht mehr als solchen empfindet. Läßt man daher den elektrischen Strom eine längere Zeit auf die Pflanze einwirken, so hört seine Reizwirkung auf dieselbe alsbald auf, und die Pflanze ermüdet, worunter zu verstehen ist, daß die Energie aller ihrer Lebensfunktionen herabgesetzt wird.

Es können hier aber noch andere Erscheinungen eintreten.

Unter Ermüdung versteht man nach Verworn[2]) einerseits die Anhäufung von Zersetzungsprodukten, die durch die angestrengte Tätigkeit entstehen, und andererseits den Verbrauch und den mangelhaften Ersatz der zur Restitution der lebendigen Substanz nötigen Stoffe.

---

[1]) Verworn, l. c. p. 457.
[2]) Verworn, l. c. p. 502.

Nun könnte aber bei unseren Versuchen durch die Energie des elektrischen Stromes vielleicht ein Übermaß der verbrauchten Stoffe gebildet, anderseits die dabei entstehenden Zersetzungsprodukte von ihm in für den Organismus unschädliche Form umgewandelt werden, so daß die Stromwirkung schließlich zu einer Steigerung der Energie einiger Lebensfunktionen führen würde.

Um festzustellen, wie sich diese Verhältnisse beim Einflusse eines gleichmäßigen elektrischen Feldes auf die Kohlensäureassimilation äußern, habe ich die Versuchspflanzen während längerer Zeitperioden dem Einflusse eines solchen Feldes unterzogen, und beobachtete am Ende jeder solchen Periode die Veränderungen der von den Pflanzen pro Zeiteinheit ausgeschiedenen Blasenzahlen.

Es hat sich hier herausgestellt, daß bei sehr kleinen Stromintensitäten (von einer Dichte bis zu etwa 0,1 und einer Stromstärke bis zu etwa 6 Milliampère) die Wirkung derselben eine Steigerung der Assimilationsenergie hervorrief, wobei diese der Zeiteinwirkung dieser Ströme annähernd direkt proportional war.

Denn, da nach vierstündiger Einwirkung dieser schwachen Ströme die Steigerung[1]) der von den Pflanzen pro Zeiteinheit ausgeschiedenen Blasenzahl etwa 9,75 % betrug, so wurde sie nach sechsstündiger Einwirkung etwa 14,5 %; es wird also eine annähernd stimmende Proportion 4 : 6 = 9,75 : 14,5 erhalten.

Bei Anwendung von größeren Stromintensitäten wird der Einfluß eines solchen gleichmäßigen Feldes auf die Assimilationsenergie ein negativer, wobei die Größe ihrer Verminderung mit der Zeitdauer der Einwirkung entsprechend größer wird.

Um einen gewissen Einblick in die am Schlusse jeder Periode, während der die Pflanzen elektrisiert wurden, entstehenden Veränderungen zu bekommen, habe ich die folgende Tabelle zusammengestellt:

Versuchsreihe	Mittlere Stromstärke in Milliampère	Mittlere Stromdichte in Milliampère pro qcm.	Depression der mittl. pro Zeiteinheit ausgesch. Blasenz. nach 1 Stunde in %	Depression der mittl. Blasenzahl nach 2 Stunden in %	Depression der mittl. Blasenzahl nach 4 Stunden in %	Depression der mittl. Blasenzahl nach 10 Stunden in %
1	15	0.24		6,1	9,2	13,1
2	15	0.43		14	15,4	16,8
3	19	0.32		18	27	44
4	19	0.56			42,7	68,5
5	42	0.69	13	24	40	77
6	28	0.81	6,8	23,5	46	75

[1]) Die hier angegebene Steigerung der Blasenzahl stellt das arithmetische Mittel aller diesen Versuchen entsprechenden Resultate dar.

Die in dieser Tabelle stehenden Zahlen sind arithmetische Mittel, welche aus allen, jeder Versuchsreihe entsprechenden Resultaten erhalten wurden.

Aus den Versuchsreihen 1 und 2 geht hervor, daß bei gleichen Stromstärken die durch sie hervorgerufene Depression der Assimilationsenergie von den Stromdichten abhängig ist und mit dieser entsprechend wächst.

Bei der Versuchsreihe 3 ist vor allem zu bemerken, daß hier von der gewöhnlichen Art der Untersuchung eine kleine Abweichung gemacht wurde, indem nach jeder längeren oder kürzeren Stromeinwirkungsperiode der Strom auf je vier Minuten unterbrochen wurde, was aber von keinem merklichen Einflusse auf die am Ende des Versuches beobachteten Blasenzahlen war.

Es soll hier bemerkt werden, daß die Blasenzahl, welche von den untersuchten Pflanzen nach Unterbrechung der Stromwirkung beim Ende jedes Versuches ausgeschieden wurde, sich fast gar nicht unterschied von der am Schlusse der Stromeinwirkung beobachteten, d. h., daß diese Unterbrechung fast gar keinen Reiz auf die Assimilationstätigkeit der betreffenden Pflanzen ausübte. Auch sehr wenig änderte sich die Blasenzahl einige Stunden nach Unterbrechung des Versuches, in einigen Tagen sind aber alle Pflanzen, bei welchen der elektrische Strom eine Depression der Assimilation hervorgerufen hat, zugrunde gegangen, obwohl sie in normale Verhältnisse gebracht waren. Dies ist die Folge der Überreizung[1]), deren allgemeine Bedeutung nichts anderes ist, als das, was wir als äußere Todesursachen bezeichnen.

„. . . . . die Überreizung nicht nur, wenn sie in einer Steigerung, sondern auch wenn sie in einer Herabsetzung der als Lebensbedingungen wirkenden Faktoren besteht, schließlich stets den Tod zur Folge hat.“

Die Versuchreihen 3 und 4 bestätigen wiederum den oben ausgesprochenen Satz von der Abhängigkeit der durch den elektrischen Strom hervorgerufenen Depression der Assimilationsenergie von der Stromdichte.

Die annähernde Gleichheit der aus den Versuchsreihen 5 und 6 erhaltenen Zahlen läßt vermuten, daß die nach einer gewissen längeren Zeit durch ein gleichmäßiges elektrisches Feld hervorgerufene Depression der Kohlensäureassimilation von dem Produkte Stromstärke und Stromdichte abhängig ist, denn in der Tat sind für diese Versuchsreihen diese Produkte sich annähernd gleich (28,98 bezw. 22,68).

Dasselbe betrifft die Versuchsreichen 3 und 4. Die Produkte aus Stromstärke und Stromdichte verhalten sich bei ihnen wie 1 : 1,75, die Depressionen der Assimilationsenergie nach insgesamt zehnstündiger Stromeinwirkung, wie etwa 1 : 1,56, also mit einer Genauigkeit, die trotz der Kompliziertheit hier eintretender Er-

---

[1]) Verworn, l. c. p. 506.

scheinungen, eine gewisse Gesetzmäßigkeit doch zu vermuten erlaubt. Und wenn auch diese Abhängigkeit für die ersten zwei Versuchsreihen nicht zutrifft, so ist, wenn man bedenkt, was für eine Fülle von Erscheinungen hier zu Tage tritt, wenn man bedenkt, bis zu welchem Grade jede Pflanze ihre individuellen Eigenschaften zur Entfaltung bringen kann, die Aufstellung von solchen, nur sehr annähernd giltigen Sätzen doch berechtigt, denn sie gewährt uns jedenfalls einen gewissen Einblick in diese so dunkle und verwickelte Welt, deren volle Aufklärung kaum je geschehen wird.

Es ist selbstvertständlich, daß die Vergleiche der Resultate nur für Versuchsreihen mit sich naheliegenden Stromintensitäten angestellt werden konnten, denn bei großen Unterschieden derselben können die Nebenerscheinungen, die sie hervorrufen, eine bedeutende Störung jener Abhängigkeit verursachen.

Betrachten wir noch weiter die zuletzt aufgestellte kleine Tabelle, so können wir feststellen, daß im Großen und Ganzen die Depression der Assimilationsenergie nach jeder weiteren längeren Zeitperiode, in der die Pflanze der Stromeinwirkung unterzogen war, größer wird. Außerdem ist noch zu bemerken, daß diese, die Depression der Assimilationsenergie ausdrückenden Zahlen bei den schwächeren Stromintensitäten langsamer steigen wie bei stärkeren; so, wenn sie bei den ersten arithmetische Progressionen bilden. bilden sie bei den letzten geometrische.

Dies weist auf die Tatsache hin, daß zwischen den durch den Strom hervorgerufenen Veränderungen der Assimilationsenergie und der Zeitdauer der Einwirkung derselben auf die Pflanzen ein gewisses gesetzmäßiges Verhältnis besteht, und daß jene einen sehr wichtigen Faktor bei diesen Erscheinungen darstellt. Denn wäre dies nicht der Fall, so müßte sich das Hauptergebnis der Stromeinwirkung schon nach der ersten längeren Zeitperiode einstellen, was nicht der Fall ist.

Fassen wir jetzt alles hier Gesagte zusammen, so können wir mit Sicherheit sagen, daß, wenn sich eine Wasserpflanze in einem gleichmäßigen elektrischen Felde, das in dem sie umgebenden Medium erzeugt wird, befindet, und die Längsachse der Pflanze senkrecht zu den Stromlinien steht, bei sehr kleinen Stromintensitäten die Wirkung eines solchen Feldes eine positive ist, daß sie bei größeren aber negativ wird. Außerdem ist diese von der Einwirkungsdauer des Stromes, von seiner Stärke und Dichte abhängig und steht zu diesem im geraden Verhältnisse.

Von den vielen Störungen, die die verschiedenen Abweichungen von den hier ausgesprochenen Betrachtungen verursachen, scheint eine die Veränderung des Widerstandes der Versuchsobjekte im Laufe des Versuches zu sein, die durch den elektrischen Strom selbst herbeigeführt wird. Nach Pfeffer[1]) wird schon durch eine vorübergehende Durchleitung eines elektrischen

[1]) Pfeffer, l. c. B. II. p. 866.

Stromes der Leitungswiderstand der Pflanzengewebe transitorisch herabgesetzt.

Besonders bemerkenswert ist die Tatsache, daß die schwächeren Ströme die Assimilationsenergie der Pflanzen erhöhen, die stärkeren diese dagegen herabdrücken. Es ist sicher, daß jedem Pflanzenindividuum eine andere Stromintensität entspricht, bei der die Wirkung, die sie ausübt, eine schädliche wird.

Wir wissen, daß der elektrische Strom einige Körper, unter anderen auch den Wasserstoff, passierend diese in den status nascens überführt. In diesem Zustande besitzt der Wasserstoff stark reduzierende Eigenschaften. Der durch die Pflanze durchgehende elektrische Strom würde vielleicht auch nichts anderes sein als ein Antrieb, welcher hilft, daß der Wasserstoff, der sich im Inneren der Pflanze bildet, mit größerer Energie die Kohlensäure, mit der er in Berührung kommt, reduziert.

Nach Bach[1]) kann der Chemiker die sekundäre Wirkung des bei der Elektrolyse in statu nascendi erhaltenen Wasserstoffes, die Reduktion der Kohlensäure, herbeiführen. Die elektrolytische Reduktion der Kohlensäure wurde auch durch die Versuche von Royer[2]), v. Lieben[3]), Cohen und Jahn[4]) bestätigt.

Phipson[5]) studierte die Vegetation der Pflanzen in der Wasserstoffatmosphäre, indem er Wasserstoff in Wasser, das CO_2 enthielt, einleitete und zeigte, daß sich das Volumen des Wasserstoffs um 20 Teile verkleinerte. Dieses müßte geschehen, wenn der Wasserstoff mit einem Teile der Kohlensäure reagiert. Putz[6]) äußert sogar, daß die Kohlensäure vom Chlorophyll überhaupt durch elektrische Energie assimiliert wird, und betrachtet also dieses als ein photo-elektrisches System. Er zitiert einen Fall, bei welchem die Existenz von der Umwandlung des Lichtes stammender elektrischer Ströme in der Pflanze nachgewiesen sein konnte, und nimmt an, daß hier der sich durch diese Ströme bildende Wasserstoff als Vermittler wirkt.

Allen diesen Versuchen entsprechend, kann mit einer gewissen Sicherheit angenommen werden, daß der durch die Pflanze geschickte elektrische Strom in dieser die elektrolytische Zersetzung der sich in ihr vorfindenden Kohlensäure hervorruft.

Damit ist aber noch garnicht gesagt, daß er die Kohlensäureassimilation der Pflanzen begünstigt. Dieses könnte gezeigt werden, wenn wir nachweisen könnten, daß die Produkte der photosynthetischen Wirkung des Chlorophylls und der elektrolytischen des Stromes miteinander identisch sind, was Pollacci nachgewiesen haben will.

Es würde sich dann natürlich für jede Pflanze ein gewisses Maximum der Stromwirkung ergeben, bei dem noch eine

---

[1]) Bach, Compt. rend. I. CXXVI. 1898. p. 479.
[2]) Royer, Compt. rend. I. LXX. 1870. p. 731.
[3]) Wiener Monatshefte. 16. 1895. p. 211. 18. 1897. p. 582.
[4]) Cohen und Jahn, Ber. d. D. Chem. Ges. B. 37. 1904. p. 2836.
[5]) Chem. New. 67. p. 303.
[6]) Chem. Centralbl. 1886. p. 774.

Steigerung der Assimilation möglich ist, denn durch den Strom können höchstwahrscheinlich nur die Ausgangsprodukte, aus welchen durch die Tätigkeit der lebendigen Pflanze selbst erst die höheren Kohlenhydrate entstehen, gebildet werden. Entstehen aber durch den Strom diese Ausgangsprodukte in einem Übermaße, so reicht die Lebenskraft der Pflanze nicht mehr zur Verarbeitung derselben und wird von ihm paralysiert, auf welche Weise ich mir auch die Resultate meiner Versuche erkläre.

2. Längsachse der Versuchspflanzen parallel zu Stromlinien.

In der Stellung der Pflanzen, bei welcher die Längsachsen derselben parallel zu den Stromlinien sind, ergeben sich zwei weitere Möglichkeiten. Die eine, wenn der Strom den Pflanzenzweig in der Richtung von der Basis zur Spitze durchläuft (Fig. 3), und die zweite, wenn dieses in umgekehrter Richtung geschieht. Diese beiden Fälle wurden auch bei den hierzu gehörigen, in den Tabellen XIII und XIII dargelegten Versuchen auseinander gehalten.

Wie bei den Versuchen erster Reihe zeigt sich auch hier, daß die Ströme, welche die Pflanzen in der Richtung von der Spitze zur Basis durchfließen, einen merklich negativeren Einfluß auf die Assimilationsenergie ausüben.

Ging der Strom durch die Pflanzen in der Richtung von der Basis zur Spitze, so waren die Zahlen (%)[1]), um welche die Assimilationsenergie der betreffenden Pflanzen herabgedrückt wurde, nach 2, 4 bezw. 10 Stunden: 10,2, 34,5 und 49,6 %, bei entgegengesetzter Richtung des Stromes: 13,5, 34,5 und 56,7 %.

Im allgemeinen waren die zu diesem Abschnitte gehörigen Versuche genau auf die Weise ausgeführt, wie diejenigen des zweiten Abschnittes, und im Großen und Ganzen ergaben sich aus ihnen auch dieselben Resultate in der Abhängigkeit der durch die elektrischen Ströme hervorgerufenen Depressionen der Assimilationsenergie von den Stromintensitäten und der Dauer ihrer Einwirkung, wie bei jenen.

Hauptresultate.

Fassen wir jetzt alles oben Gesagte zusammen, so kommen wir zu folgenden Hauptresultaten:

I. Schickt man einen elektrischen Strom durch eine Wasserpflanze, so äußert sich eine Wirkung in Folgendem:

1. So lange die Pflanze lebenskräftig ist, steigt bei jedem Durchlassen des Stromes die von ihr pro Zeiteinheit ausgeschiedene Blasenzahl.

2. Der während längerer Zeit durchgeschickte Strom ruft allmählich eine Verminderung hervor und führt den Tod der

[1]) Die hier angeführten Zahlen stellen das arithmetische Mittel aller zu diesem Abschnitte gehörigen Versuche dar.

Pflanze herbei. Nur sehr schwache Ströme machen davon eine Ausnahme, indem sie keine Verminderung der von der Pflanze ausgeschiedenen Blasenzahl, sondern ihre Erhöhung hervorrufen.

3. Ströme, welche die Pflanzen in der Richtung von ihrer Spitze zur Basis durchfließen, üben auf die Assimilationstätigkeit derselben einen negativeren Einfluß aus, als jene, welche sie in entgesetzter Richtung durchströmen.

4. Die negative Wirkung des Stromes auf die Assimilationsenergie ist für dieselbe Pflanze der Dauer der Einwirkung annähernd proportional.

5. Zwischen der Einwirkung der Ströme auf verschiedene Pflanzenindividuen und der Intensität derselben besteht im allgegemeinen keine strenge Gesetzmäßigkeit, doch rufen stärkere Ströme auch größere Depressionen der Assimilationsenergie hervor.

6. Werden durch eine und dieselbe Wasserpflanze elektrische Ströme von verschiedener Stärke in der Richtung von der Basis zur Spitze während kurzer Zeitperioden geschickt, so ruft ein jedesmaliges neues Durchlassen des Stromes eine Steigerung der von der Pflanze pro Zeiteinheit ausgeschiedenen Blasenzahl hervor, die der Stromstärke bis zu einem gewissen, für jedes Individuum verschiedenen Maximum annähernd proportional ist.

Gehen solche Ströme durch die Pflanzen in entgegengesetzter Richtung, so fällt die maximale Blasenzahl gleich auf den Anfang des Versuches.

Jede Unterbrechung ruft bei diesen Versuchen eine Verminderung der Blasenzahl hervor, die auch bis zu einer gewissen Stromstärke derselben annähernd proportional ist. Bei dieser, aber für jedes Pflanzenindividuum verschiedenen Stromstärke, wird die Assimilationsenergie plötzlich so heruntergedrückt, daß von diesem Momente ab die Pflanze sich im Stadium des Absterbens befindet und nicht mehr zum Leben gebracht sein kann.

II. Schickt man einen elektrischen Strom durch das Medium, in dem die Pflanze beobachtet wird, so daß die Stromlinien senkrecht zur Längsachse des Versuchsobjektes stehen, so übt er auf die Kohlensäureassimilation folgende Wirkung aus:

1. Durchfließt der elektrische Strom das Medium während kurzer, nur einige Minuten dauernder Zeitperioden, so befördert dieser Strom, wenn seine Intensität eine gewisse, für jedes Individuum bestimmte Größe nicht überschreitet, die von der Pflanze pro Zeiteinheit ausgeschiedene Blasenzahl, bei größeren Stromintensitäten wird dagegen diese schon nach der kurzen Einwirkung des Stromes herabgedrückt.

2. Werden die Pflanzen der Einwirkung des elektrischen Feldes während längerer Zeitperioden unterzogen, so ruft dieselbe bei sehr kleinen Stromintensitäten eine Steigerung der Assimilationsenergie hervor, die der Zeitdauer dieser Einwirkung annähernd proportional ist. Bei Anwendung größerer Stromintensitäten wird der Einfluß eines solchen gleichmäßigen elektrischen Feldes ein negativer, wobei die Größe dieser Wirkung mit der Zeitdauer derselben entsprechend wächst.

3. Bei gleichen Stromstärken werden die hervorgerufenen Depressionen der Assimilationsenergie abhängig von den Stromdichten und stehen zu denselben im geraden Verhältnisse. Bei verschiedenen Stromstärken bezieht sich diese Abhängigkeit annähernd auf das Produkt Stromstärke und Stromdichte.

III. Läßt man den elektrischen Strom durch das die Pflanze umgebende Medium so verlaufen, daß die Stromlinien parallel zur Längsachse derselben sind, so ist die Wirkung die folgende:

1. In der Abhängigkeit der Einwirkung von Stromintensitäten und ihrer Zeitdauer stellen sich hier dieselben Verhältnisse, wie bei der senkrechten Stellung der Stromlinien zur Längsachse der Versuchspflanzen ein.

2. Die Ströme, welche die Pflanzen in der Richtung von der Spitze zur Basis durchfließen, üben auf die Assimilationsenergie derselben einen negativeren Einfluß, als diejenige, welche sie in entgegengesetzter Richtung durchströmen.

Trotzdem diese, von uns ausgeführten Versuche keine erschöpfende Antwort auf die sehr komplizierten Fragen geben, so können doch die aus ihnen gezogenen Schlüsse Anhaltspunkte zu weiteren Forschungen auf diesem schwierigen und verwickelten Gebiete liefern.

Zuletzt mag es mir noch gestattet sein, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geheimen Regierungsrat Prof. Dr. Kny in Berlin, der mir die Ausführung meiner Arbeit ermöglichte und in zuvorkommendster Weise stets mit gutem Rat zur Seite stand, meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

In eben so herzlicher Weise danke ich dem Herrn Privatdozenten Dr. W. Magnus und Herrn Dr. G. Gaßner, die stets ein reges Interesse für meine Arbeit zeigten, und mir oft dabei mit gutem Rat behilflich waren.

Tabellen I bis XIV.

Nr. des Versuches:	I.		II.		III.	
Versuchspflanze:	**Elodea canadensis.**		**Elodea canadensis.**		**Elodea canadensis.**	
Stromrichtung:	Von Basis zur Spitze.		Von Spitze zur Basis.		Von Basis zur Spitze.	
Stromstärke:	0,0005 Amp.		0,0005 Amp.		0,0025 Amp.	
Temperatur:	15° C.		15° C.		14,5° C.	
Ohne Stromwirkung	28 28 28 28 28 28	100	14 14 14 14 14 14	100	12 12 12 12 12 12	100
Bei „	**31 32 32 31 31 31**	**111**	**15 15 16 15 16 15**	**110**	**15 15 15 13 15 13**	**122**
Ohne „	24 28 27 30 28 30	100	15 15 14 15 14 14	104	13 14 14 15 14 15	118
Bei „	**32 34 33 33 32 33**	**114**	**15 14 14 15 15 14**	**104**	**21 18 21 21 18 21**	**167**
Ohne „	29 28 28 28 27 26	100	15 14 15 12 13 12	96	18 18 18 18 18 18	150
Bei „	**32 30 34 34 31 34**	**114**	**14 13 15 14 14 14**	**100**	**18 21 18 21 18 18**	**158**
Nach 10 Stunden	.	.	.	.	.	.
Ohne Stromwirkung	30 28 28 28 27 26	100	12 14 13 13 14 15	96	15 15 18 18 18 15	138
Bei „	**30 31 29 32 34 31**	**111**	**14 14 15 16 14 15**	**105**	**21 18 21 21 21 21**	**171**
Nach 30 Minuten	.	.	.	.	**21 21 18 21 21 18**	**167**
Nach 4 Stunden	29 28 27 28 29 28	100	13 13 12 12 13 14	91	.	.
Ohne Stromwirkung	29 29 29 29 29 29	103	11 11 11 11 11 12	80	15 18 18 15 18 18	146
Bei „	**30 28 30 33 34 34**	**114**	**13 13 12 13 13 13**	**91**	**21 21 21 18 21 18**	**167**
Nach 15 Minuten	.	.	.	.	.	.
Nach 2 Stunden	.	.	.	.	15 15 15 15 15 15	125
Ohne Stromwirkung	29 30 28 30 28 26	103	13 12 12 10 11 11	82	12 12 15 12 12 12	104
Bei „	.	.	**13 13 13 12 14 13**	**93**	**15 15 15 15 15 15**	**125**
Ohne „	.	.	12 13 11 13 11 12	87	12 12 15 12 12 12	104

P. S. Die in kleiner Schrift eingetragenen Zahlen bedeuten die Blasenzahl pro Min

Tabellen I, II, III, IV, V: Der elektrische S

Tabelle I.

IV. Elodea canadensis. Von Spitze zur Basis. 0,0025 Amp. 15° C.		V. Elodea canadensis. Von Basis zur Spitze. 0,0040 Amp. 14,5° C.		VI. Elodea canadensis. Von Spitze zur Basis. 0,0040 Amp. 15° C.	
14 14 14 14 14 14	100	28 28 28 28 28 28	100	18 18 18 18 18 18	100
21 21 21 20 20 18	**144**	**35 35 37 38 39 39**	**131**	**20 21 20 21 20 21**	**113**
14 14 14 14 14 13	99	30 35 26 25 26 24	93	14 14 14 14 13 14	77
20 18 18 20 18 18	**133**	**33 33 32 32 31 30**	**114**	**16 18 18 18 18 18**	**98**
12 12 14 12 12 11	87	25 22 23 23 23 24	83	16 16 16 16 16 16	89
18 20 20 18 20 18	**136**	**30 29 29 27 28 28**	**102**	**22 20 20 20 20 20**	**113**
.	.	**0 0 0 0 0 0**	**0**	.	.
14 14 12 14 14 12	95	2 2 3 2 4 4	10	16 16 16 16 16 16	89
18 20 18 18 20 18	**133**	**3 4 2 0 0 0**	**5**	**18 20 18 18 16 18**	**100**
8 8 8 8 8 8	**57**	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
8 6 4 6 6 4	41	0 0 0 0 0 0	0	16 16 14 16 16 16	89
8 8 6 8 8 8	**55**	**0 0 1 2 3 3**	**5**	**16 18 18 18 16 18**	**97**
.	.	.	.	**16 16 16 18 16 16**	**91**
6 8 6 6 8 6	48	.	.	.	.
4 4 4 4 4 3	27	0 0 0 0 0 0	0	14 16 14 16 14 16	83
6 8 8 6 6 8	**50**	**0 0 0 0 0 0**	**0**	.	.
6 4 3 3 4 4	29	0 0 0 0 0 0	0	.	.

e in großer Schrift die mittlere Blasenzahl, welche bei allen Versuchen auf 100 reduziert ist.

ng durch die Versuchspflanzen selbst.

Nr. des Versuches:	VII.		VIII.		IX.	
Versuchspflanze:	**Ceratophyllum demersum.**		**Elodea canadensis.**		**Elodea canadensis.**	
Stromrichtung:	Von Basis zur Spitze.		Von Basis zur Spitze.		Von Basis zur Spitze	
Stromstärke:	0,0065 Amp.		0,0065 Amp.		0,0065 Amp.	
Temperatur:	14,5° C.		15° C.		15,5° C.	
Ohne Stromwirkung	14 14 14 14 14 14	100	8 8 8 8 8 8	100	41 41 41 41 41 41	10(
Bei „	16 16 16 17 17 18	**119**	14 14 14 14 14 15	**175**	51 58 58 61 66 56	**14'**
Ohne „	16 15 13 11 12 10	92	13 11 10 11 10 13	142	46 47 44 39 39 41	10
Bei „	12 10 11 11 12 12	**81**	13 12 12 14 12 11	**154**	59 60 62 60 61 60	**14'**
Ohne „	10 9 8 4 2 2	46	11 11 11 10 10 10	131	58 52 47 53 49 49	12
Bei „	9 9 9 12 13 14	**79**	12 12 12 11 11 11	**144**	54 61 57 64 60 63	**14**
Ohne „	13 9 8 5 2 1	45	10 10 9 9 9 9	117	52 52 50 50 47 47	11
Bei „	.	.	9 10 11 10 11 10	**127**	53 53 54 52 55 58	**13**
Ohne „	.	.	9 9 9 8 9 8	108	43 44 41 40 40 38	10
Bei „	.	.	10 10 10 10 10 10	**125**	41 42 40 42 41 40	**10**
Ohne „	.	.	8 8 8 8 8 8	100	37 39 35 36 31 32	8
Bei „	.	.	9 10 9 8 10 9	**115**	.	.
Nach 15 Minuten	.	.	.	.	.	.
Nach 1 Stunde	.	.	.	.	.	.
Ohne Stromwirkung	.	.	8 8 8 7 8 7	96	.	.
Bei „	.	.	8 10 9 9 9 10	**114**	.	.
Ohne „	.	.	9 8 8 7 6 7	94	.	.
Bei „	.	.	9 10 9 9 9 8	**113**	.	.
Ohne „	.	.	7 7 6 7 6 6	81	.	.

Tabelle II.

X. Elodea canadensis. Von Spitze zur Basis. 0,0065 Amp. 14° C.		XI. Elodea canadensis. Von Spitze zur Basis. 0,0065 Amp. 14,5° C.		XII. Elodea canadensis. Von Spitze zur Basis. 0,0065 Amp. 14,5° C.		XIII. Elodea canadensis. Von Spitze zur Basis. 0,0065 Amp. 15° C.	
8 8 8 8 8 8	100	21 21 21 21 21 21	100	27 27 27 27 27 27	100	20 20 20 20 20 20	100
9 9 10 10 10	121	24 24 18 21 21 21	103	28 31 29 29 27 28	106	22 22 20 21 20 21	105
8 7 8 7 8 7	94	15 15 15 12 15 15	69	24 23 22 24 22 23	85	20 19 18 19 19 19	95
8 8 8 9 9 9	106	18 18 18 18 15 18	98	24 27 27 27 24 26	96	20 21 22 20 21 20	103
8 7 7 7 7 7	90	12 13 12 13 12 13	60	21 22 20 22 20 21	76	20 19 19 18 19 18	94
8 8 8 8 8 9	102	13 13 14 14 15 15	67	24 24 23 25 24 23	89	22 21 22 20 21 19	104
8 7 7 7 7 7	90	12 12 12 12 12 12	57	22 20 22 22 22 21	80	18 18 19 18 19 17	90
8 8 8 8 8 9	102	13 13 14 14 15 15	67	25 23 23 22 23 21	85	19 22 20 20 19 21	101
8 7 7 7 7 6	88	10 10 11 11 12 12	52	22 21 19 22 20 21	77	19 17 19 17 18 17	89
8 8 9 9 8 9	106	12 12 12 13 13 13	60	23 25 22 24 21 23	85	19 21 20 19 19 19	98
8 7 7 7 7 7	90	10 10 10 10 10 10	48	22 21 21 21 19 19	76	19 18 20 20 19 18	90
8 8 9 9 8 9	106	10 11 12 11 12 12	55	.	.	.	.
8 9 8 9 9 8	106	10 10 11 11 12 12	47	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	2 2 1 2 2 2	9
8 7 7 7 7 7	90	9 9 9 9 9 9	43	.	.	1 2 1 0 1 1	5
.	.	.	.	.	.	2 2 1 2 2 1	7
.	.	.	.	.	.	2 1 1 0 1 1	5
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.

Nr. des Versuches:	XIV.		XV.		XVI.		XVII.	
Versuchspflanze:	Elodea canadensis.		Elodea canadensis.		Ceratophyllum demersum.		Ceratophyllum demers.	
Stromrichtung:	Von Basis zur Spitze.		Von Spitze zur Basis.		Von Spitze zur Basis.		Von Basis zur Sp	
Stromstärke:	0,0085 Amp.		0,0085 Amp.		0,0085 Amp.		0,0085 Amp.	
Temperatur:	14,5° C.		14,5° C.		14,5° C.		14,5° C.	
Ohne Stromwirkung	14 14 14 14 14 14	100	12 12 12 12 12 12	100	16 16 16 16 16 16	100	16 16 16 16 16 16	0
Bei „	21 19 18 17 17 17	119	12 13 17 18 18 17	135	24 24 25 25 25 25	154	30 30 30 30 30 30	7
Nach 10 Minuten	13 13 12 12 11 11	86	.	.	.	.	.	
Ohne Stromwirkung	11 10 10 9 9 10	68	14 13 13 13 14 14	126	8 8 8 9 9 10	54	17 18 16 15 15 15	0
Bei „	12 11 11 11 11 10	92	17 19 19 18 19 18	128	20 20 20 20 22 22	129	27 28 27 25 25 24	5
Ohne „	10 9 9 9 8 8	63	14 12 13 12 13 10	103	8 8 8 8 8 8	50	14 14 14 14 14 14	3
Bei „	10 9 9 9 9 9	66	14 17 17 17 17 18	139	20 20 20 20 22 22	129	20 24 26 26 26 26	4
Nach 1 Stunde	.	.	.	.	.	.	18 18 17 17 17 17	2
Ohne Stromwirkung	9 8 9 8 8 7	58	14 16 14 12 12 12	103	8 6 6 7 7 6	42	12 12 14 14 14 14	3
Bei „	9 8 8 9 8 8	60	17 15 16 14 15 13	125	22 22 21 21 20 20	131	12 12 10 12 10 10	5
Nach 30 Minuten	5 6 7 5 6 5	41	6 6 6 4 4 4	42	18 18 18 18 18 18	113	.	.
Ohne Stromwirkung	5 5 5 4 5 4	33	4 2 2 2 1 2	18	6 6 7 5 6 6	42	12 10 10 10 10 10	3
Bei „	5 5 5 5 5 6	37	3 3 3 3 3 3	24	10 10 12 10 10 10	65	10 10 10 12 10 12	3
Ohne „	5 4 4 4 4 4	30	2 1 1 1 1 1	9	6 6 6 6 6 6	42	10 10 10 10 10 10	3
Bei „	5 5 5 5 5 5	36	2 3 4 2 2 2	21	.	.	10 10 10 12 10 10	3
Nach 30 Minuten	3 3 3 3 3 3	21	.	.	.	.	10 8 8 10 10 10	3
Ohne Stromwirkung	3 3 2 2 3 2	18	2 2 1 0 1 1	10	.	.	8 6 6 8 6 6	4
Bei „	3 3 3 3 4 3	23	2 2 2 1 2 2	15	.	.	8 6 6 6 6 6	3
Ohne „	3 3 2 3 2 2	18	2 1 0 0 0 1	5	.	.	4 4 4 2 2 4	2
Bei „	.	.	.	.	.	.	4 4 6 6 6 6	3
Ohne „	.	.	.	.	.	.	4 4 6 2 4 4	2
Bei „	.	.	.	.	.	.	.	.
Nach 1 Stunde	.	.	.	.	.	.	.	.
Ohne Stromwirkung	.	.	.	.	.	.	.	.
Bei „	.	.	.	.	.	.	.	.
Nach 1 Stunde		.	.	.	.	.	.	.
Ohne Stromwirkung	.	.	.	.	.	.	.	.
Bei „	.	.	.	.	.	.	.	.
Ohne „	.	.	.	.	.	.	.	.
Nach 12 Stunden	.	.	.	.	.	.	.	.
Bei Stromwirkung	.	.	.	.	.	.	.	.
Ohne „	.	.	.	.	.	.	.	.

Tabelle III.

XVIII. Elodea canadensis. Von Basis zur Spitze. 0,0125 Amp. 14,5° C.		XIX. Elodea canadensis. Von Spitze zur Basis. 0,0125 Amp. 14,5° C.		XX. Ceratophyllum demersum. Von Basis zur Spitze. 0,0125 Amp. 14,5° C.		XXI. Ceratophyllum demersum. Von Spitze zur Basis. 0,0125 Amp. 14,5° C.	
19 19 19 19 19	100	27 27 27 27 27 27	100	10 10 10 10 10 10	100	44 44 44 44 44 44	100
33 32 30 32 29	163	41 38 35 35 35 34	135	27 28 25 24 21 19	240	72 69 57 60 63 62	145
.	.	.	.	.	.	.	.
12 11 10 10 10	53	21 20 20 20 20 20	75	10 9 7 6 7 7	77	54 41 41 35 37 37	93
24 26 24 24 22	128	36 39 40 40 39 38	143	17 16 15 14 17 15	157	73 71 74 69 73 65	178
10 9 9 10 10	51	22 17 17 15 17 18	65	7 6 6 5 4 5	55	46 39 36 41 37 40	91
26 22 22 22 24	122	34 39 38 36 34 33	132	18 18 19 16 16 20	178	56 70 68 68 64 68	130
.	.	.	.	.	.	1 1 0 1 0 1	15
11 9 10 9 9	53	20 18 17 17 17 15	64	6 5 5 5 6 6	55	0 0 0 0 0 0	0
25 24 22 23 23	125	36 37 37 34 33 32	129	15 16 16 15 14 14	150	0 0 0 0 0 0	0
.	.	23 22 19 24 24 23	87	9 9 9 9 9 9	90	.	.
11 8 8 8 8	47	15 10 10 11 11 13	43	5 5 3 3 3 3	37	0 0 0 0 0 0	0
19 14 22 21 22	102	24 28 28 27 22 22	93	12 13 13 12 9 9	123	.	.
3 3 4 4 6	22	12 11 11 12 13 11	43	6 4 4 4 3 3	40	.	.
19 14 16 16 16	84	24 25 24 25 24 25	90	.	.	.	.
11 11 11 11 11	58	20 20 21 20 20 20	75	.	.	.	.
5 4 4 3 4	23	10 7 6 7 8 8	28	.	.	.	.
14 16 16 14 14	74	11 14 14 11 17 17	52	.	.	.	.
5 4 4 4 4	25	11 8 9 8 9 8	33	.	.	.	.
15 18 16 16 16	82	.	.	.	.	.	.
4 4 4 4 3	21	.	.	.	.	.	.
16 16 16 16 16	84	.	.	.	.	.	.
11 12 11 12 12	61	.	.	.	.	.	.
5 4 5 4 5	27	.	.	.	.	.	.
12 15 15 15 15	74	.	.	.	.	.	.
6 6 7 7 7	34	.	.	.	.	.	.
4 3 3 3 3	18	.	.	.	.	.	.
7 8 8 8 8	41	.	.	.	.	.	.
4 3 4 3 4	19	.	.	.	.	.	.
2 2 2 2 2	11	.	.	.	.	.	.
7 7 7 7 7	33	.	.	.	.	.	.
3 2 1 2 2	12	.	.	.	.	.	.

Nr. des Versuches:	XXII.		XXIII.	
Versuchspflanze:	**Elodea canadensis.**		**Elodea canadensis.**	
Stromrichtung:	Von Basis zur Spitze.		Von Spitze zur Basis.	
Stromstärke:	0,0200 Amp.		0,0200 Amp.	
Temperatur:	14,5° C.		14,5° C.	
Ohne Stromwirkung	16 16 16 16 16 16	100	10 10 10 10 10 10	10[illegible]
Bei „	32 28 28 20 20 20	154	17 17 14 15 13 13	14[illegible]
Ohne „	12 12 12 12 12 8	71	9 9 7 2 1 1	4[illegible]
Bei „	24 16 20 16 12 12	104	2 3 3 3 3 3	2[illegible]
Ohne „	8 4 4 4 4 4	29	1 0 1 1 1 1	[illegible]
Bei „	12 16 16 12 12 12	83	2 2 2 2 3 3	2[illegible]
Nach 15 Minuten	8 8 12 8 8 8	54	1 1 1 1 1 0	[illegible]
Ohne Stromwirkung	5 6 5 6 5 5	33	0 0 0 0 0 0	[illegible]
Bei „	12 12 8 8 8 8	58	0 0 0 0 0 0	[illegible]
Ohne „	5 4 5 5 4 5	29	.	.
Bei „	5 6 6 5 6 5	34	.	.
Ohne „	1 1 1 1 1 1	6	.	.
Bei „	.	.	.	.
Ohne „	.	.	.	.
Nach 1 Stunde	.	.	.	.
Bei Stromwirkung	.	.	.	.
Ohne „	.	.	.	.

Tabelle IV.

XXIV. **Ceratophyllum demersum.** Von Basis zur Spitze. 0,0200 Amp. 15° C.		XXV. **Ceratophyllum demersum.** Von Basis zur Spitze. 0,0200 Amp. 14,5° C.		XXVI. **Ceratophyllum demersum.** Von Spitze zur Basis. 0,0200 Amp. 15° C.	
9 19 19 19 19 19	100	36 36 36 36 36 36	100	10 10 10 10 10 10	100
7 44 40 40 40 37	208	74 75 75 74 69 70	203	28 27 25 21 21 21	238
0 16 13 12 11 6	92	34 22 21 19 20 18	62	2 0 1 1 1 2	12
6 25 23 21 18 21	118	40 44 42 46 39 39	116	15 16 15 14 13 13	143
1 10 8 8 8 8	46	24 16 14 13 12 11	42	2 1 2 0 0 0	8
3 16 16 17 16 15	82	23 23 23 24 20 20	62	0 2 1 2 1 1	12
1 1 0 0 0 0	2	.	.	.	.
0 0 0 0 0 0	0	17 9 8 6 0 0	19	1 0 0 0 0 0	2
0 0 0 0 0 0	0	6 6 5 5 4 4	14	.	.
0 0 0 0 0 0	0	2 1 1 0 1 1	3	.	.
.	.	7 5 4 4 3 2	11	.	.
.	.	1 0 0 1 0 0	0.1	.	.
.	.	4 4 4 5 3 4	12	.	.
.	.	1 1 0 1 0 0	1	.	.
.	.	0 1 0 1 0 1	1	.	.
.	.	7 8 7 8 6 6	20	.	.
.	.	1 1 1 2 1 1	3	.	.

Nr. des Versuches:	XXVII.		XXVIII.		XXIX.	
Versuchspflanze:	**Elodea canadensis.**		**Elodea canadensis.**		Ceratophyllum demersum.	
Stromrichtung:	Von Basis zur Spitze.		Von Spitze zur Basis.		Von Basis zur Spitz	
Stromstärke:	0,0450 Amp.		0,0450 Amp.		0,0450 Amp.	
Temperatur:	14° C.		14° C.		15° C.	
Ohne Stromwirkung	20 20 20 20 20 20	100	17 17 17 17 17 17	100	12 12 12 12 12 12	1(
Bei „	32 33 32 31 33 33	163	28 28 26 25 24 23	151	26 24 14 8 6 4	11
Ohne „	12 13 13 12 13 13	63	10 10 8 9 9 9	54	2 1 0 1 2 2	1
Bei „	19 18 19 19 18 19	93	10 11 10 10 9 9	58	7 8 7 7 8 7	(
Ohne „	12 12 12 12 12 12	60	9 8 8 7 8 7	46	1 1 1 2 1 1	:
Nach 12 Stunden	.	.	.	.	0 1 1 0 0 1	
Bei Stromwirkung	14 15 15 14 15 15	72	8 9 9 9 8 8	50	2 3 3 4 3 2	4
Ohne „	8 8 8 8 8 8	40	7 8 7 8 7 7	43	1 0 1 0 0 0	
Bei „	12 12 12 12 12 12	60	10 9 9 8 9 8	52	2 3 3 3 3 3	4
Nach 15 Minuten	6 7 6 6 6 6	31	.	.	.	
Ohne Stromwirkung	6 5 5 6 5 5	27	6 6 6 6 5 5	33	0 0 0 0 0 0	)
Nach 2 Stunden	.	.	.	.	0 0 0 0 0 0	)
Bei Stromwirkung	8 8 8 8 8 8	40	7 6 5 5 6 5	33	0 0 0 0 0 0	)
Ohne „	5 4 7 4 7 4	26	5 5 4 4 4 5	26	0 0 0 0 0 0	)
Nach 12 Stunden	.	.	.	.	.	
Bei Stromwirkung	7 7 6 6 7 6	33	6 5 5 5 5 5	30	.	
Nach 15 Minuten	1 1 1 2 1 1	6	0 0 0 1 0 1	2	.	
Ohne Stromwirkung	1 1 1 0 1 1	4	0 0 0 1 0 0	1	.	
Bei „	1 1 1 1 1 1	5	.	.	.	
Ohne „	1 1 0 1 0 1	1	.	.	.	
Nach 4 Stunden	.	.	.	.	.	

Tabelle V.

XXX. Ceratophyllum demersum. Von Spitze zur Basis. 0,0450 Amp. 14,5° C.		XXXI. Elodea canadensis. Von Spitze zur Basis. 0,0500 Amp. 14,5° C.		XXXII. Ceratophyllum demersum. Von Basis zur Spitze. 0,0500 Amp. 14,5° C.	
36 36 36 36 36 36	100	18 18 18 18 18 18	100	12 12 12 12 12 12	100
80 83 83 86 85 82	231	32 44 42 36 34 28	200	23 24 25 23 18 17	167
38 24 24 22 21 21	69	16 14 14 12 14 14	78	6 5 5 5 4 5	42
40 28 4 4 3 4	38	24 16 14 12 14 16	80	6 7 7 9 8 8	63
4 2 2 2 1 1	6	8 10 10 8 8 12	52	6 6 6 6 7 5	42
.	.	.	.	.	.
2 3 3 3 3 3	8	14 18 18 16 16 16	91	9 10 13 9 10 7	80
1 0 0 0 0 0	0,5	12 12 10 10 8 10	57	1 0 1 0 1 0	4
1 1 2 1 1 2	4	14 14 16 14 14 14	80	9 6 3 2 1 3	32
.	.	10 10 10 10 10 10	56	.	.
0 0 0 0 0 0	0	8 6 6 6 4 4	32	1 0 1 0 1 0	4
0 0 0 0 0 0	0	.	.	.	.
.	.	6 8 8 6 6 6	37	2 1 3 1 1 1	13
.	.	4 6 6 4 2 2	22	1 0 0 0 0 0	1
.	.	.	.	0 0 0 0 0 0	0
.	.	10 8 8 6 6 6	41	.	.
.	.	4 4 4 4 4 4	22	.	.
.	.	2 3 2 3 2 3	14	.	.
.	.	4 4 2 4 4 2	19	.	.
.	.	2 3 2 3 2 2	13	.	.
.	.	0 0 0 0 0 0	0	.	

Einwirkung eines gleichmäßigen elektrischen Feld

Versuchspflanzen.	Mittlere Blasenzahl pro Minute ohne Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute bei Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute ohne Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute bei Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute ohne Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute bei Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute ohne Stromwirkung.
Nr.							
1	100	112	109	117	97	90	94
2	,,	115	120	125	120	120	122
3	,,	98	107	112	120	118	127
4	,,	95	93	95	95	97	104
5	,,	89	96	95	95	95	95
6	,,	125	107	107	112	112	121
7	,,	126	135	124	124	113	116
8	,,	113	121	125	144	150	150
9	,,	103	89	106	103	103	119
10	,,	93	117	93	108	108	108
11	,,	105	140	145	185	216	185
12	,,	95	100	98	100	95	100
13	,,	100	104	106	104	104	108
14	,,	100	97	117	118	122	127
15	,,	104	93	99	92	90	84
16	,,	103	102	100	103	98	99
17	,,	95	100	103	110	114	117
18	,,	97	94	84	85	85	84
19	,,	101	105	105	105	101	83
20	,,	84	76	74	71	75	68

Elodea canadensis. Temperatur 14—15,5° C.

f die senkrecht zu den Stromlinien stehenden Pflanzen. Tabelle VI.

Mittlere Blasenzahl pro Minute bei Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute ohne Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute bei Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute ohne Stromwirkung.	Querschnitt des vom Strome durchflossenen Wassers in qcm.	Stromstärke in Milliampere.	Stromdichte in Milliampere pro qcm.	Endgültige Veränderung der mittleren Blasenzahl.
94	99	99	100	63	0,5	0,008	0
118	130	135	142	35	„	0,014	+ 42
124	121	120	115	35	„	„	+ 15
110	113	116	114	35	„	„	+ 14
105	113	113	113	63	5	0,08	+ 13
109	118	123	124	63	7	0,11	+ 24
112	115	105	105	35	„	0,2	+ 5
173	183	142	155	63	8	0,13	+ 55
125	128	128	119	63	9	0,14	+ 19
117	110	108	117	35	„	0,26	+ 17
195	190	185	170	63	12	0,19	+ 70
91	105	105	109	14	„	0,85	+ 9
104	112	108	104	14	„	„	+ 4
127	127	122	127	63	15	0,24	+ 27
94	89	84	71	14	„	1,07	— 29
98	96	96	98	63	18	0,29	— 2
115	117	110	117	63	„	„	+ 17
84	82	81	82	35	„	0,51	— 18
77	75	77	77	35	„	0,51	— 23
70	69	69	68	14	„	1,28	— 32

Einwirkung eines gleichmäßigen elektrischen Feldes

Versuchspflanzen.	Kontrollpflanzen.	Mittlere Blasenzahl pro Minute am Anfange des Versuches ohne Stromwirkung = 100 gesetzt.	Mittlere Blasenzahl pro Minute nach einer Stromwirkung von 4 Minuten.	Mittlere Blasenzahl pro Minute während 4 Minuten ohne Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute bei einer Stromwirkung während 4 Minuten.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen nach der Anfangsperiode in %.	Mittlere Blasenzahl pro Minute nach einer 4stündigen Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute nach der Unterbrechung der Stromwirkung.
Nr.	Nr.							
1	.	100	104	106	108	+ 8	111	101
.	1	100	.	.	.	.	94	.
2	.	"	103	102	101	+ 1	106	105
.	2	"	.	.	.	.	100	.
3	.	"	103	101	100	0	100	100
.	3	"	.	.	.	.	95	.
4	.	"	103	101	104	+ 4	111	108
.	4	"	.	.	.	.	93	.
5	.	"	101	103	99	— 1	113	114
.	5	"	.	.	.	.	100	.
6	.	"	103	100	100	0	100	100
.	6	"	.	.	.	.	90	.
7	.	"	109	109	114	+ 14	107	111
.	7	"	.	.	.	.	96	.
8	.	"	101	101	103	+ 3	103	114
.	8	"	.	.	.	.	100	.
9	.	"	102	100	103	+ 3	103	103
.	9	"	.	.	.	.	91	.
10	.	"	102	105	101	+ 1	112	113
.	10	"	.	.	.	.	96	.
11	.	"	114	106	106	+ 6	95	97
.	11	"	.		.	.	100	.
12	.	"	93	100	100	0	96	100
.	12	"	.	.	.	.	100	.
13	.	"	103	101	99	— 1	92	97
.	13	"	.	.	.	.	100	.
14	.	"	104	106	106	+ 6	100	99
.	14	"	.	.	.	.	100	.

Elodea canadensis. Temperatur 14—15,5° C.

ıf die zu den Stromlinien senkrecht stehenden Pflanzen. Tabelle VII.

Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Absolute Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen nach 4stündiger Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute nach einer 6stündigen Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute nach Unterbrechung der Stromwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Endgültige absolute Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen.	Querschnitt des vom Strome durchflossenen Wassers.	Stromstärke in Milliampere.	Stromdichte in Milliampere pro qcm.
+11 − 6	**+17**	. .	. .	. .	.	63	0,5	0,008
+ 6 0	**+ 6**	**110** 100	110 .	+10 0	**+10**	,,	,,	,,
0 − 5	**+ 5**	**107** 95	107 .	+ 7 − 5	**+12**	,,	,,	,,
+11 − 7	**+18**	**113** 100	112 .	+13 0	**+13**	,,	6	0,095
+13 0	**+13**	**114** 100	110 .	+14 0	**+14**	,,	,,	,,
0 −10	**+10**	**122** 105	122 .	+22 + 5	**+17**	,,	,,	,,
+ 7 − 4	**+11**	**115** 100	115 .	+15 0	**+15**	,,	,,	,,
+ 3 0	**+ 3**	**123** 105	125 .	+23 + 5	**+18**	,,	,,	,,
+ 3 − 9	**+12**	**127** 110	133 .	+27 +10	**+17**	,,	,,	,,
+12 − 4	**+16**	. .	. .	. .	.	,,	7	0,11
− 5 0	**− 5**	**75** 100	83 .	−25 0	**−25**	,,	10	0,16
− 4 0	**− 4**	**88** 100	85 .	−12 0	**−12**	,,	,,	,,
− 8 0	**− 8**	**70** 89	70 .	−30 −11	**−19**	,,	11	0,17
0 0	**0**	**81** 96	79 .	−19 − 4	**−15**	,,	,,	,,

Einwirkung eines gleichmäßigen elektrischen Felde

Versuchspflanzen.	Kontrollpflanzen.	Mittlere Blasenzahl pro Minute am Anfange des Versuches ohne Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute bei einer Stromwirkung während 4 Minuten.	Mittlere Blasenzahl pro Minute während 4 Minuten ohne Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute bei einer Stromwirkung während 4 Minuten.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen nach der Anfangsperiode.	Mittlere Blasenzahl pro Minute nach einer 2stündigen Stromwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Absolute Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen nach 2stündigen Stromwirkung.
Nr.	Nr.								
1	.	100	99	105	95	— 5	84	— 16	— 1
.	1	100	.	.	.	.	100	0	
2	.	„	100	100	96	— 4	85	— 15	— 1
.	2	„	.	.	.	.	100	0	
3	.	„	110	105	98	— 2	100	0	
.	3	„	.	.	.	.	100	0	
4	.	„	93	89	89	— 11	71	— 29	— 1
.	4	„	.	.	.	.	87	— 13	
5	.	„	100	95	90	— 10	80	— 20	— 2
.	5	„	.	.	.	.	100	0	
6	.	„	96	93	91	— 9	91	— 9	—
.	6	„	.	.	.	.	100	0	
7	.	„	98	100	100	0	86	— 14	— 1
.	7	„	.	.	.	.	100	0	
8	.	„	93	90	95	— 5	83	— 17	— 1
.	8	„	.	.	.	.	100	0	
9	.	„	96	97	97	— 3	83	— 17	— 1
.	9	„	.	.	.	.	100	0	
10	.	„	99	103	103	+ 3	97	— 3	—
.	10	„	.	.	.	.	100	0	
11	.	„	100	104	117	+ 17	100	0	— 1
.	11	„	.	.	.	.	113	+ 13	
12	.	„	99	104	105	+ 5	96	— 4	—
.	12	„	.	.	.	.	100	0	
13	.	„	99	100	100	0	87	— 13	— 1
.	13	„		.	.	.	100	0	
14	.	„	108	107	118	+ 18	104	+ 4	—
.	14	„	.	.	.	.	106	+ 6	
15	.	„	101	103	103	+ 3	106	+ 6	—
.	15	„	.	.	.	.	113	+ 13	
16	.	„	103	106	103	+ 3	93	— 7	—
.	16	„	.	.	.	.	100	0	
17	.	„	107	113	111	+ 11	109	+ 9	+
.	17	„	.	.	.	.	107	+ 7	
18	.	„	109	109	109	+ 9	105	+ 5	—
.	18	„	.	.	.	.	93	— 7	
19	.	„	104	109	100	0	113	+ 13	—
.	19	„	.	.	.	.	114	+ 14	
20		„	104	100	100	0	86	— 14	— 1
.	20	„	.	.	.	.	100	0	

Elodea canadensis. Temperatur 14—15,5° C.

ıf die senkrecht zu den Stromlinien stehenden Pflanzen. Tabelle VIII.

Minute nach einer 2stündigen Stromwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Absolute Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen nach einer 2stündigen Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute nach einer 6stündigen Stromwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Endgültige absolute Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen.	Mittlere Blasenzahl pro Minute nach Unterbrechung der Stromwirkung.	Querschnitt des vom Strome durchflossenen Wassers in qcm.	Stromstärke in Milliampere.	Stromdichte in Milliampere pro qcm.
85 100	—15 0	—15	89 100	—11 0	—11	81 .	35	15	0,43
85 100	—15 0	—15	83 100	—17 0	—17	83 .	,,	,,	,,
93 100	—7 0	—7	92 100	—8 0	—8	90 .	,,	,,	,,
84 100	—16 0	—16	80 100	—20 0	—20	81 .	,,	,,	,,
80 100	—20 0	—20	75 100	—15 0	—15	75 .	,,	,,	,,
89 100	—11 0	—11	85 100	—15 .	—15	87 .	,,	,,	,,
86 100	—14 0	—14	83 100	—17 0	—17	86 .	,,	,,	,,
80 100	—20 0	—20	79 100	—21 0	—21	88 .	,,	,,	,,
78 100	—22 0	—22	76 100	—24 0	—24	77 .	,,	,,	,,
86 100	—14 0	—14	76 100	—24 0	—24	77 .	,,	,,	,,
96 113	—4 +13	—17	88 113	—12 0	—12	92 .	63	,,	0,24
88 100	—12 0	—12	94 109	—6 +9	—15	97 .	,,	,,	,,
86 100	—14 0	—14	90 105	—10 +5	—15	96 .	,,	,,	,,
90 100	—10 0	—10	104 106	+4 +6	—2	97 .	,,	,,	,,
85 100	—15 0	—15	75 100	—25 0	—25	75 .	,,	,,	,,
106 102	+6 +2	+4	97 102	—3 +2	—5	100 .	,,	,,	,,
108 107	+8 +7	+1	97 107	—3 +7	—10	99 .	,,	,,	,,
91 93	—9 —7	—2	77 93	—23 —7	—16	77 .	,,	,,	,,
87 100	—13 0	—13	83 100	—17 0	—17	85 .	,,	,,	,,
86 100	—14 0	—14	86 100	—14 0	—14	86 .	,,	,,	,,

Einwirkung eines gleichmäßigen elektrischen Felde

Versuchspflanzen.	Kontrollpflanzen.	Mittlere Blasenzahl pro Minute am Anfange des Versuches ohne Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute bei einer Stromwirkung während 4 Minuten.	Mittlere Blasenzahl pro Minute während 4 Minuten ohne Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute bei einer Stromwirkung während 4 Minuten.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen nach der Anfangsperiode.	Mittlere Blasenzahl pro Minute nach einer 2stündigen Stromeinwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute nach Unterbrechung der Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute nach Einleitung der Stromwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Absolute Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen nach 2stündiger
Nr.	Nr.										
1	.	100	97	91	90	— 10	84	85	93	— 16	— 1
.	1	100	.	.	.	.	105	.	.	+ 5	
2	.	„	96	95	93	— 7	61	59	60	— 39	— 9
.	2	„	.	.	.	.	100	.	.	0	
3	.	„	91	93	100	0	100	100	96	0	— 4
.	3	„	.	.	.	.	114	.	.	+ 14	
4	.	„	95	96	96	— 4	76	79	78	— 24	— 1
.	4	„	.	.	.	.	107	.	.	+ 7	
5	.	„	98	98	98	— 2	79	84	83	— 21	— 2
.	5	„	.	.	.	.	101	.		+ 1	
6	.	„	99	98	100	0	98	98	100	+ 2	— 0
.	6	„	.	.	.	.	108	.	.	+ 8	
7	.	„	93	96	96	— 4	100	107	103	0	0
.	7	„	.	.	.	.	100	.	.	0	
8	.	„	110	97	100	0	76	64	64	— 24	— 9
	8	„	.	.	.	.	85	.	.	— 15	
9		„	94	94	92	— 8	66	68	66	— 34	— 7
.	9	„	.	.	.	.	103	.	.	+ 3	
10	.	„	91	87	86	— 14	50	52	53	— 50	— 2
.	10	„	.	.	.	.	102	.	.	+ 2	
11	.	„	115	102	98	— 2	65	56	71	— 35	— 8
.	11	„	.	.	.	.	93	.		— 7	
12	.	„	103	97	104	+ 4	140	139	140	+ 40	+ 0
.	12	„	.	.	.	.	120	.	.	+ 20	
13	.	„	91	94	96	— 4	128	133	127	+ 28	+ 5
.	13	„	.	.	.	.	123	.	.	+ 23	
14	.	„	95	99	99	— 1	92	96	96	— 8	— 8
.	14	„	.	.	.	.	100	.	.	0	
15		„	98	96	96	— 4	80	80	86	— 20	— 3
.	15	„	.	.	.	.	103	.	.	+ 3	

Elodea canadensis. Temperatur 12,5—14° C.

f die senkrecht zu den Stromlinien stehenden Pflanzen. Tabelle IX.

Mittlere Blasenzahl pro Minute nach Unterbrechung der Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute nach Einleitung der Stromwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Absolute Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen nach 2 stündiger Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute nach 6stündiger Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute nach Unterbrechung der Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute nach Einleitung der Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl nach 12 Stunden ohne Stromeinwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Endgültige absolute Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen.	Querschnitt des vom Strome durchflossenen Wassers in qcm.	Stromstärke in Milliampere.	Stromdichte in Milliampere pro qcm.
63	63	— 37	— 37	60	61	61	62	— 40	— 45	63	18	0,29
.	.	0		105	.	.	.	+ 5				
56	56	— 44	— 54	53	53	53	54	— 47	— 57	,,	,,	,,
.	.	+ 10		110	.	.	.	+ 10				
96	97	— 8	— 22	57	49	57	58	— 43	— 41	,,	,,	,,
.	.	+ 14		98	.	.	.	— 2				
78	79	— 24	— 23	58	61	60	64	— 42	— 42	,,	,,	,,
.	.	— 1		100	.	.	.	0				
82	84	— 24	— 19	59	61	60	67	— 41	— 39	,,	,,	,,
.	.	— 5		98	.	.	.	— 2				
102	101	— 2	— 16	54	50	54	62	— 46	— 48	,,	19	0,30
.	.	+ 14		102	.	.	.	+ 2				
100	103	— 14	— 8	57	57	57	64	— 43	— 42	,,	,,	,,
.	.	— 6		99	.	.	.	— 1				
72	72	— 26	— 20	76	76	74	79	— 24	— 45	,,	,,	,,
.	.	— 6		121	.	.	.	+ 21				
65	65	— 35	— 29	57	64	57	64	— 43	— 45	,,	,,	,,
.	.	— 6		102	.	.	.	+ 2				
46	47	— 67	— 66	46	53	47	60	— 54	— 52	,,	,,	,,
.	.	— 1		102	.	.	.	+ 2				
66	65	— 32	— 22	68	66	66	77	— 32	— 32	,,	,,	,,
.	.	— 10		100	.	.		0				
83	82	— 19	— 26	74	74	75	83	— 26	— 36	,,	20	0,33
.	.	+ 7		110	.	.	.	+ 10				
113	118	+ 18	— 2	54	50	52	56	— 46	— 41	,,	,,	,,
.	.	+ 20		95	.	.	.	— 5				
86	86	— 16	— 41	75	73	75	84	— 25	— 48	,,	,,	,,
.	.	+ 25		123	.	.	.	+ 23				
82	80	— 20	— 28	64	61	65	65	— 36	— 47	,,	,,	,,
.	.	+ 8		111	.	.	.	+ 11				

Einwirkung eines gleichmäßigen elektrischen Felds

Versuchspflanzen.	Kontrollpflanzen.	Mittlere Blasenzahl pro Minute am Anfange des Versuches ohne Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute bei einer Stromwirkung während 4 Minuten.	Mittlere Blasenzahl pro Minute während 4 Minuten ohne Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute bei einer Stromwirkung während 4 Minuten.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen nach der Anfangsperiode.	Mittlere Blasenzahl pro Minute nach 2stündiger Stromeinwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Absolute Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs-
Nr.	Nr.								
1	.	100	98	93	87	— 13	62	— 38	— 3
.	1	100	.	.	.	.	100	0	
2	.	„	101	102	106	+ 6	61	— 39	— 3
.	2	„	.	.	.	.	97	— 3	
3	.	„	103	96	94	— 6	81	— 19	— 2
.	3	„	.	.	.	.	104	+ 4	
4	.	„	100	98	95	— 5	37	— 63	— 6
.	4	„	.	.	.	.	100	0	
5	.	„	99	92	96	— 4	82	— 18	— 2
.	5	„	.	.	.	.	108	+ 8	
6	.	„	97	94	86	— 14	71	— 29	— 2
.	6	„	.	.	.	.	100	0	
7	.	„	102	103	102	+ 2	79	— 21	— 2
.	7	„	.	.	.	.	100	0	
8	.	„	100	102	100	0	100	0	+ 2
.	8	„	.	.	.	.	125	+ 25	
9	.	„	100	96	100	0	96	— 4	+
.	9	„	.	.	.	.	114	+ 14	
10	.	„	97	100	101	+ 1	100	0	+ 5
.	10	„	.	.	.	.	124	+ 24	

Elodea canadensis. Temperatur 13—15° C.

die senkrecht zu den Stromlinien stehenden Pflanzen. Tabelle X.

wirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Absolute Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen nach 2stündiger Stromeinwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute nach 6stündiger Stromeinwirkung.	Mittlere Blasenzahl pro Minute nach Unterbrechung der Stromwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Endgültige absolute Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen.	Mittlere Blasenzahl nach 12 Stunden ohne Stromeinwirkung.	Querschnitt des vom Strome durchflossenen Wassers in qcm.	Stromstärke in Milliampere.	Stromdichte in Milliampere pro qcm.
3	— 27	— 39	27	33	— 73	— 96	66	35	18	0,51
2	+ 12		123	.	+ 23		.			
1	— 39	— 36	57	59	— 43	— 43	61	,,	,,	,,
7	— 3		100	.	0		.			
0	— 40	— 51	63	64	— 37	— 41	65	,,	20	0,57
1	+ 11		104	.	+ 4		.			
3	— 67	— 67	21	20	— 79	— 79	21	,,	,,	,,
0	0		100	.	0		.			
6	— 44	— 55	67	67	— 33	— 33	73	,,	,,	,,
1	+ 11		100	.	0		.			
4	— 46	— 40	22	23	— 78	— 72	24	,,	,,	,,
6	+ 6		94	.	— 6		.			
3	— 47	— 49	32	33	— 68	— 73	38	,,	,,	,,
2	+ 2		105	.	+ 5		.			
8	— 42	— 40	57	57	— 43	— 41	60	,,	,,	,,
3	— 2		98	.	— 2		.			
2	— 8	— 22	82	80	— 18	— 54	82	,,	,,	,,
4	+ 14		136	.	+ 36		.			
3	— 4	— 28	40	42	— 40	— 48	44	,,	,,	,,
4	+ 24		108	.	+ 8		.			

Einwirkung eines gleichmäßigen elektrischen Feld

Versuchspflanzen.	Kontrollpflanzen.	Mittlere Blasenzahl am Anfange des Versuches ohne Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl bei einer Stromwirkung während 4 Minuten.	Mittlere Blasenzahl während 4 Minuten ohne Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl bei einer Stromwirkung während 4 Minuten.	Mittlere Blasenzahl während 4 Minuten ohne Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl bei einer Stromwirkung während 4 Minuten.	Veränderung der Blasenzahl der Versuchspflanzen am Schlusse der Anfangsperiode.	Mittlere Blasenzahl nach 1stündiger Stromwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Absolute Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen nach 1stündiger Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl nach
Nr.	**Nr.**											
1	.	100	**113**	111	**111**	117	**119**	**+19**	**96**	**— 4**	**+ 1**	1
.	**1**	100	.	.	.	.	.	.	95	— 5		1
2	.	„	**110**	107	**112**	123	**122**	**+22**	**117**	**+17**	**+ 3**	1
.	**2**	„	.	.	.	.	.	.	114	+14		1
3	.	„	**90**	89	**99**	91	**94**	**— 6**	**90**	**— 10**	**— 10**	
.	**3**	„	.	.	.	.	.	.	100	0		1
4	.	„	**106**	113	**132**	124	**124**	**+24**	**120**	**+20**	**0**	1
.	**4**	„	.	.	.	.	.	.	120	+20		1
5	.	„	**99**	103	**105**	104	**100**	**0**	**101**	**+ 1**	**+ 1**	1
.	**5**	„	.	.	.	.	.	.	100	0		1
6	.	„	**99**	106	**102**	82	**87**	**— 13**	**89**	**— 11**	**— 11**	1
.	**6**	„	.	.	.	.	.	.	100	0		1
7	.	„	**88**	78	**68**	64	**63**	**— 37**	**71**	**— 29**	**— 29**	
.	**7**	„	.	.	.	.	.	.	100	0		1
8	.	„	**88**	85	**80**	76	**73**	**— 27**	**71**	**— 29**	**— 29**	
.	**8**	„	.	.	.	.	.	.	100	0		3
9	.	„	**100**	106	**104**	99	**87**	**— 13**	**62**	**— 38**	**— 52**	
.	**9**	„	.	.	.	.	.	.	114	+14		1
10	.	„	**109**	112	**102**	91	**90**	**— 10**	**49**	**— 51**	**— 26**	3
.	**10**	„	.	.	.	.	.	.	75	— 25		1
11	.	„	**99**	87	**99**	95	**101**	**+ 1**	**105**	**+ 5**	**— 8**	6
.	**11**	„	.	.	.	.	.	.	113	+13		1
12	.	„	**100**	100	**105**	102	**109**	**+ 9**	**95**	**— 5**	**— 5**	4
.	**12**	„	.	.	.	.	.	.	100	0		0
13	.	„	**83**	83	**85**	85	**81**	**— 19**	**100**	**0**	**— 10**	8
.	**13**	„	.	.	.	.	.	.	90	— 10		7
14	.	„	**106**	100	**101**	104	**117**	**+17**	**99**	**— 1**	**— 1**	10
.	**14**	„	.	.	.	.	.	.	100	0		10
15	.	„	**115**	118	**115**	115	**115**	**+15**	**94**	**— 6**	**— 16**	3
.	**15**	„	.	.	.	.	.	.	110	+10		5
16	.	„	**83**	90	**100**	192	**96**	**— 4**	**100**	**0**	**— 17**	3
.	**16**	„	.	.	.	.	.	.	117	+17		7

Elodea canadensis. Temperatur 13,5—15° C.

ıf die senkrecht zu den Stromlinien stehenden Pflanzen. Tabelle XI.

und Kontrollpflanzen.	Absolute Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen nach 1stündiger Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl nach 2stündiger Stromwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Absolute Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen nach 2stündiger Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl nach 6stündiger Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl nach Unterbrechung der Stromwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Endgültige absolute Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen.	Mittlere Blasenzahl in 2 Stunden nach Unterbrechung der Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl in 12 Stunden nach Unterbrechung der Stromwirkung.	Querschnitt des vom Strome durchflossenen Wassers in qcm.	Stromstärke in Milliampere.	Stromdichte in Milliampere pro qcm.
0 18	—18	73 109	—27 +9	—36	55 135	54 .	—45 +35	—80	57 .	65 .	63	38	0,6
17 14	+3	73 114	—27 +14	—41	53 125	52 .	—47 +25	—72	52 .	73 .	,,	,,	,,
37 0	—37	54 100	—46 0	—46	46 100	46 .	—54 0	—54	47 .	48 .	,,	40	0,64
24 25	—1	98 125	—2 +25	—27	80 125	81 .	—20 +25	—45	83 .	85 .	,,	,,	,,
2 0	+2	96 110	—4 +10	—14	37 110	40 .	—63 +10	—73	47 .	47 .	,,	,,	,,
3 22	—19	84 122	—16 +22	—38	53 150	53 .	—47 +50	—97	55 .	56 .	,,	,,	,,
6 0	—46	48 100	—52 0	—52	32 100	34 .	—68 0	—68	35 .	39 .	,,	42	0,67
6 2	—34	56 101	—44 +1	—45	17 115	18 .	—83 +15	—98	17 .	17 .	,,	,,	,,
8 4	—52	45 100	—55 0	—55	25 100	27 .	—75 0	—75	34 .	36 .	,,	45	0,71
7 2	—49	52 100	—48 0	—48	34 132	38 .	—66 +32	—98	41 .	68 .	,,	,,	,,
4 6	—20	67 130	—33 +30	—63	26 118	23 .	—74 +18	—92	24 .	24 .	,,	46	0,73
6 0	—6	76 100	—24 0	—24	10 80	10 .	—90 —20	—70	10 .	5 .	,,	,,	,,
2 3	—29	60 83	—40 —17	—23	12 83	17 .	—88 —17	—71	19 .	33 .	,,	,,	,,
0 0	0	61 100	—39 0	—39	11 100	11 .	—89 0	—89	11 .	13 .	,,	,,	,,
7 +5	—32	70 101	—30 +1	—31	29 100	23 .	—71 0	—71	24 .	27 .	,,	48	0,76
7 +7	—44	55 117	—45 +17	—62	33 114	30 .	—67 +14	—81	30 .	30 .	,,	,,	,,

Einwirkung eines gleichmäßigen elektrischen Felde

Versuchspflanzen.	Kontrollpflanzen.	Mittlere Blasenzahl am Anfange des Versuches ohne Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl bei einer Stromwirkung während 4 Minuten.	Mittlere Blasenzahl während 4 Minuten nach Unterbrechung der Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl während einer Stromwirkung von 4 Minuten.	Veränderung der Blasenzahl der Versuchspflanzen am Schlusse der Anfangsperiode.	Mittlere Blasenzahl nach 1stündiger Stromwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Absolute Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen nach 1stündiger Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl nach 1stündiger Stromwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Absolute Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen nach
Nr.	Nr.											
1	.	100	110	102	110	+10	113	+13	+ 6	97	— 3	—
.	1	100	.	.	.	.	107	+ 7		107	+ 7	
2	.	„	101	101	101	+ 1	86	—14	—14	73	—27	—
	2	„	.	.	.	.	100	0		100	0	
3	.	„	102	106	105	+ 5	89	—11	—11	81	—19	—
.	3	„	.	.	.	.	100	0		97	— 3	
4	.	„	113	106	103	+ 3	169	+69	+ 4	163	+63	—
.	4	„	.	.	.	.	165	+65		165	+65	
5	.	„	86	87	65	—35	62	—38	—38	39	—61	—
.	5	„	.	.	.	.	100	0		95	— 5	
6	.	„	112	107	92	— 8	89	—11	— 3	110	+10	+
.	6	„	.		.	.	108	+ 8		108	+ 8	
7	.	„	94	81	79	—21	47	—53	—53	39	—61	—
.	7	„	:	.	.	.	100	0		97	— 3	
8	.	„	106	100	85	—15	82	—18	—18	81	—19	—
	8	„	.	.	.	.	100	0		118	+18	
9	.	„	115	132	135	+35	143	+43	+23	69	—31	—
.	9	„	.	.	.	.	120	+20		100	0	
10	.	„	84	84	84	—16	97	— 3	— 3	76	—24	—
.	10	„	.	.	.	.	100	0		100	0	
11	.	„	103	101	80	—20	82	—18	—18	88	—12	—
.	11	„	.	.	.	.	100	0		125	+25	
12	.	„	118	125	131	+31	138	+38	+10	121	+21	—
.	12	„	.	.	.	.	128	+28		128	+28	
13	.	„	106	116	116	+16	132	+32	+17	25	—75	—
.	13	„	.	.	.	.	115	+15		73	—27	
14	.	„	107	111	105	+ 5	83	—17	—17	68	—32	—
.	14	„	.	.	.	.	100	0		100	0	
15	.	„	97	93	72	—28	80	—20	—20	88	—12	—
.	15	„	.	.	.	.	100	0		100	0	
16	.	„	125	120	134	+34	137	+37	+20	134	+34	—
.	16	„	.	.	.	.	117	+17		117	+17	

Elodea canadensis. Temperatur 14—15,5° C.

ıf die senkrecht zu den Stromlinien stehenden Pflanzen. Tabelle XII.

Mittlere absolute Blasenzahl nach 2stündiger Stromwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Absolute Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchspflanzen nach 2stündiger Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl nach 6stündiger Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl nach Unterbrechung der Stromwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Endgültige absolute Veränderung der Blasenzahl der Versuchspflanzen.	Mittlere Blasenzahl in 2 Stunden nach Unterbrechung der Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl in 12 Stunden nach Unterbrechung der Stromwirkung.	Querschnitt des vom Strome durchflossenen Wassers in qcm.	Stromstärke in Milliampere.	Stromdichte in Milliampere pro qcm.
61	— 39	— 39	28	29	— 72	— 72	30	30	35	25	0,72
.00	0		100	.	0		.	.			
.15	+ 15	— 42	44	50	— 56	— 56	51	57	,,	,,	,,
.57	+ 57		100	.	0		.	.			
93	— 7	— 46	40	42	— 60	— 60	52	56	,,	,,	,,
.39	+ 39		100	.	0		.	.			
97	— 3	— 3	25	25	— 75	— 75	25	25	,,	,,	,,
.00	0		100	.	0		.	.			
30	— 60	— 44	18	18	— 82	— 79	16	30	,,	28	0,8
84	— 16		97	.	— 3		.	.			
58	— 42	— 50	37	37	— 63	— 71	42	42	,,	,,	,,
.08	+ 8		108	.	+ 8		.	.			
32	— 68	— 65	19	18	— 81	— 78	26	30	,,	,,	,,
97	— 3		97	.	— 3		.	.			
53	— 47	— 47	51	49	— 49	— 67	49	49	,,	,,	,,
.00	0		118	.	+ 18		.	.			
44	— 56	— 49	37	37	— 63	— 70	42	43	,,	30	0,86
.07	+ 7		107	.	+ 7		.	.			
27	— 73	— 31	17	18	— 83	— 88	17	20	,,	,,	,,
58	— 42		105	.	+ 5		.	.			
91	— 9	— 34	65	59	— 35	— 66	55	54	,,	,,	,,
.25	+ 25		131	.	+ 31		.	.			
79	— 21	— 45	40	41	— 60	— 88	45	50	,,	,,	,,
.22	+ 22		122	.	+ 22		.	.			
14	— 86	— 59	17	20	— 83	— 98	20	20	,,	,,	,,
73	— 27		115	.	+ 15		.	.			
25	— 75	— 75	18	18	— 82	— 82	18	18	,,	,,	,,
.00	0		100	.	0		.	.			
87	— 13	— 13	16	15	— 84	— 91	15	15	,,	32	0,91
.00	0		107	.	+ 7		.	.			
100	0	— 17	53	53	— 47	— 64	73	76	,,	,,	,,
.17	+ 17		117	.	+ 17		.	.			

Einwirkung eines gleichmäßigen elektrischen Felde

Versuchspflanzen.	Kontrollpflanzen.	Mittlere Blasenzahl am Anfange des Versuches ohne Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl bei einer Stromwirkung während 4 Minuten.	Mittlere Blasenzahl während 4 Minuten nach Unterbrechung der Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl während einer Stromwirkung von 4 Minuten.	Veränderung der Blasenzahl der Versuchspflanzen am Schlusse der Anfangsperiode.	Mittlere Blasenzahl nach 2 stündiger Stromeinwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Absolute Veränderung der Blasenzahl der Versuchspflanzen nach 2 stündiger
Nr.	Nr.								
1	.	100	100	100	100	0	96	— 4	—
.	1	100	.	.	.	.	100	0	
2	.	„	97	97	97	— 3	91	— 9	—
.	2	„	.	.	.	.	100	0	
3	.	„	106	112	112	+ 12	104	+ 4	+
.	3	„	.	.	.	.	100	0	
4	.	„	109	114	121	+ 21	114	+ 14	+ 1
.	4	„	.	.	.	.	100	0	
5	.	„	125	118	115	+ 15	140	+ 40	— 2
.	5	„	.	.	.	.	163	+ 63	
6	.	„	100	102	109	+ 9	108	+ 8	+
.	6	„	.	.	.	.	100	0	
7	.	„	95	93	89	— 11	93	— 7	—
.	7	„	.	.	.	.	100	0	
8	.	„	102	98	103	+ 3	101	+ 1	— 1
.	8	„	.	.	.	.	111	+ 11	
9	.	„	102	98	102	+ 2	99	— 1	—
.	9	„	.	.	.	.	100	0	
10	.	„	100	96	90	— 10	78	— 22	— 1
.	10	„	.	.	.	.	104	+ 4	
11	.	„	92	90	83	— 17	79	— 21	— 1
.	11	„	.	.	.	.	108	+ 8	
12	.	„	102	93	86	— 14	86	— 14	— 4
.	12	„	.	.	.	.	130	+ 30	
13	.	„	100	98	104	+ 4	88	— 12	— 1
.	13	„	.	.	.	.	100	0	
14	.	„	89	92	107	+ 7	103	+ 3	— 1
.	14	„	.	.	.	.	119	+ 19	
15	.	„	124	122	133	+ 33	142	+ 42	+ 1
.	15	„	.	.	.	.	128	+ 28	
16	.	„	98	86	90	— 10	78	— 22	— 1
.	16	„	.	.	.	.	107	+ 7	
17	.	„	124	108	98	— 2	60	— 40	— 3
.	17	„	.	.	.	.	98	— 2	
18	.	„	125	112	133	+ 33	78	— 22	— 1
.	18	„	.	.	.	.	105	+ 5	
19	.	„	112	110	106	+ 6	80	— 20	— 2
.	19	„	.	.	.	.	100	0	
20	.	„	105	126	136	+ 36	133	+ 33	+
.	20	„	.	.	.		130	+ 30	

Elodea canadensis. Temperatur 14—15° C. Richtung des elektrischen Stromes

uf die parallel zu den Stromlinien stehenden Pflanzen. Tabelle XIII.

2 stündiger Stromeinwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Absolute Veränderung der Blasenzahl der Versuchspflanzen nach 2 stündiger Stromeinwirkung.	Mittlere Blasenzahl nach 6 stündiger Stromeinwirkung.	Mittlere Blasenzahl nach Unterbrechung der Stromwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Endgültige absolute Veränderung der Blasenzahl der Versuchspflanzen.	Querschnitt des vom Strome durchflossenen Wassers in qcm.	Stromstärke in Milliampere.	Stromdichte in Milliampere pro qcm.
95 106	— 5 + 6	— **11**	**95** 107	95 .	— 5 + 7	— **12**	63	10	0,16
94 100	— 6 0	— **6**	**97** 100	97 .	— 3 0	— **3**	„	„	„
109 100	+ 9 0	+ **9**	**85** 100	85 .	— 15 0	— **15**	„	18	0,29
111 100	+ 11 0	+ **11**	**88** 100	84 .	— 12 0	— **12**	„	„	„
120 163	+ 22 + 63	— **41**	**115** 163	114 .	+ 15 + 63	— **48**	„	24	0,38
110 145	+ 10 + 45	— **35**	**110** 145	110 .	+ 10 + 45	— **35**	„	„	„
90 100	— 10 0	— **10**	**100** 164	105 .	0 + 64	— **64**	„	28	0,44
110 172	+ 10 + 72	— **52**	**110** 172	121 .	+ 10 + 72	— **62**	„	„	„
95 109	— 5 + 9	— **14**	**46** 96	58 .	— 54 — 4	— **50**	„	29	0,46
84 130	— 16 + 30	— **46**	**52** 100	53 .	— 48 0	— **48**	„	„	„
82 120	— 18 + 20	— **38**	**22** 100	22 .	— 78 0	— **78**	„	30	0,48
57 130	— 43 + 30	— **73**	**36** 130	38 .	— 36 + 30	— **66**	„	„	„
101 170	+ 1 + 70	— **69**	**64** 145	81 .	— 36 + 45	— **81**	„	„	„
105 180	+ 5 + 80	— **75**	**100** 180	100 .	0 + 80	— **80**	„	„	„
112 172	+ 12 + 72	— **60**	**106** 172	110 .	+ 6 + 72	— **66**	„	„	„
81 126	— 19 + 26	— **45**	**84** 130	76 .	— 16 + 30	— **46**	„	„	„
84 118	— 16 + 18	— **34**	**74** 118	76 .	— 26 + 18	— **42**	„	35	0,56
87 106	— 13 + 6	— **19**	**63** 106	60 .	— 37 + 6	— **43**	„	„	„
53 100	— 47 0	— **47**	**36** 100	36 .	— 64 0	— **64**	„	40	0,64
95 130	— 5 + 30	— **35**	**63** 130	62 .	— 47 + 30	— **77**	„	„	„

n Basis zur Spitze der Pflanzenzweige.

Einwirkung eines gleichmäßigen elektrischen Feldes auf

Versuchspflanzen.	Kontrollpflanzen.	Mittlere Blasenzahl am Anfange des Versuches ohne Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl bei einer Stromwirkung während 4 Minuten.	Mittlere Blasenzahl während 4 Minuten ohne Stromwirkung.	Mittlere Blasenzahl bei einer Stromwirkung während 4 Minuten.	Veränderung der Blasenzahl der Versuchspflanzen am Schlusse der Anfangsperiode.	Mittlere Blasenzahl nach 2stündiger Stromeinwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Absolute Veränderung der Blasenzahl der Versuchspflanzen nach 2stündiger Stromeinwirkung.
Nr.	Nr.								
1		100	100	99	99	— 1	90	— 10	} — 16
.	1	100	.	.	.	.	106	+ 6	
2	.	„	100	100	100	0	81	— 19	} — 19
.	2	„	.	.	.	.	100	0	
3	.	„	98	114	112	+ 12	98	— 2	} — 2
.	3	„	.	.	.	.	100	0	
4		„	96	102	118	+ 18	104	+ 4	} + 4
.	4	„	.	.	.	.	100	0	
5	.	„	102	104	105	+ 5	110	+ 10	} + 4
.	5	„	.	.	.	.	106	+ 6	
6	.	„	111	109	122	+ 22	88	+ 12	} + 12
.	6	„	.	.	.	.	100	0	
7	.	„	99	100	99	— 1	117	+ 17	} 0
.	7	„	.	.	.	.	117	+ 17	
8	.	„	100	99	103	+ 3	110	+ 10	} + 4
.	8	„	.	.	.	.	106	+ 6	
9	.	„	118	120	132	+ 32	118	+ 18	} + 18
.	9	„	.	.	.	.	100	0	
10	.	„	97	100	97	— 3	78	— 22	} — 22
.	10	„	.	.	.	.	100	0	
11	.	„	87	87	95	— 5	79	— 21	} — 50
.	11	„	.	.	.	.	129	+ 29	
12	.	„	93	89	76	— 24	65	— 35	} — 48
.	12	„	.		.	.	108	+ 8	
13	.	„	94	84	90	— 10	83	— 17	} — 20
.	13	„	.		.	.	109	+ 9	
14	.	„	125	113	142	+ 42	113	+ 13	} — 17
.	14	„	.	.	.	.	130	+ 30	
15	.	„	144	127	150	+ 50	142	+ 42	} — 18
.	15	„	.	.	.	.	160	+ 60	
16	.	„	98	105	110	+ 10	97	— 3	} — 16
.	16	„	.	.	.	.	113	+ 13	
17	.	„	91	104	81	— 19	78	— 22	} — 47
.	17	„	.	.	.	.	125	+ 25	
18	.	„	105	101	110	+ 10	140	+ 40	} — 7
.	18	„	.	.	.	.	147	+ 47	
19	.	„	112	101	100	0	81	— 19	} 0
.	19	„	.	.	.	.	119	+ 19	
20	.	„	103	107	104	+ 4	86	— 14	} — 29
.	20	„	.	.	.	.	115	+ 15	

Elodea canadensis. Temperatur 13,5—15° C. Richtung des elektrischen Stromes

e parallel zu den Stromlinien stehenden Pflanzen. Tabelle XIV.

2 stündiger Stromeinwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Absolute Veränderung der Blasenzahl der Versuchspflanzen nach 2 stündiger Stromeinwirkung.	Mittlere Blasenzahl nach 6 stündiger Stromeinwirkung.	Mittlere Blasenzahl nach Unterbrechung der Stromwirkung.	Veränderung der mittleren Blasenzahl der Versuchs- und Kontrollpflanzen.	Endgültige absolute Veränderung der Blasenzahl der Versuchspflanzen.	Querschnitt des vom Strome durchflossenen Wassers in qcm.	Stromstärke in Milliampere.	Stromdichte in Millimpere pro qcm.
98 106	— 2 + 6	— 8	**89** 106	90 .	— 11 + 6	— **17**	63	10	0,16
81 100	— 19 0	— **19**	**63** 94	63 .	— 37 — 6	— **31**	,,	,,	,,
92 100	— 8 0	— 8	**82** 100	82 .	— 18 0	— **18**	,,	18	0,29
86 100	— 14 0	— **14**	**83** 100	82 .	— 17 0	— **17**	,,	,,	,,
115 123	+ 15 + 23	— 8	**90** 139	83 .	— 10 + 39	— **49**	,,	24	0,38
106 114	+ 6 + 14	— 8	**84** 100	67 .	— 16 0	— **16**	,,	,,	,,
115 117	+ 15 + 17	— 2	**85** 146	102 .	— 15 + 46	— **61**	,,	28	0,44
108 100	+ 8 0	+ 8	**71** 106	77 .	— 29 + 6	— **35**	,,	,,	,,
105 100	+ 5 0	+ 5	**78** 111	78 .	— 22 + 11	— **33**	,,	29	0,46
75 100	— 25 0	— **25**	**47** 100	50 .	— 53 0	— **53**	,,	,,	,,
67 129	— 33 + 29	— **62**	**13** 100	15 .	— 87 0	— **87**	,,	30	0,48
56 120	— 44 + 20	— **64**	**10** 100	10 .	— 90 0	— **90**	,,	,,	,,
57 109	— 43 + 9	— **52**	**36** 100	37 .	— 64 0	— **64**	,,	,,	,,
66 130	— 34 + 30	— **64**	**45** 130	44 .	— 55 + 30	— **85**	,,	,,	,,
138 200	+ 38 +100	— **62**	**104** 200	107 .	+ 4 +100	— **96**	,,	,,	,,
70 113	— 30 + 13	— **43**	**86** 133	86 .	— 14 + 33	— **47**	,,	,,	,,
64 117	— 36 + 17	— **53**	**33** 100	34 .	— 67 0	— **67**	,,	35	0,56
136 147	+ 36 + 47	— **83**	**61** 147	56 .	— 39 + 47	— **86**	,,	,,	,,
35 100	— 65 0	— **65**	**7** 100	7 .	— 93 0	— **93**	,,	40	0;64
35 100	— 65 0	— **65**	**11** 100	11 .	— 89 0	— **89**	,,	,,	,,

on Spitze zur Basis der Pflanzenzweige.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Botanisches Centralblatt

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: BH_23_1

Autor(en)/Author(s): Koltonski Alexander

Artikel/Article: Über den Einfluss der elektrischen Ströme auf die Kohlensäureassimilation der Wasserpflanzen. 204-271