Mitteilungen.

I. Kurt Stern: Über polare elektronastische Erscheinungen.

(1. Mitteilung.)

(Mit 4 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 14. September 1920.)

Die ersten Angaben über Elektronastie — so müssen wir die Erscheinung heute nennen — finden sich in einer Arbeit aus dem Jahre 1776, betitelt „Expériences électriques“ von M. COMUS[1]): Die Blätter der Mimose mit elektrisiertem Glase berührt schließen sich, die Atmosphäre einer geladenen Leydener Flasche einem Blatte genähert läßt sämtliche Blättchen desselben sich schließen und das Blatt selbst sinken. Die Entladung der Flasche durch einen Zweig bewirkt Niederknicken und Schließen seiner Blätter. Elektrische Bäder sind ohne Wirkung, mehrere Tage hindurch oft wiederholtes Elektrisieren schwächt die Reizbarkeit der Pflanze zuletzt soweit, daß ihre Blätter auf keine mechanische Reizung hin mehr sich schließen und selbst für elektrische Schläge unempfindlich werden. Bereits 25 Jahre nach dieser Mitteilung lagen 16 Arbeiten über denselben Gegenstand vor, aber einen wirklichen Fortschritt brachten erst im Jahre 1809 J. W. RITTERs „Elektrische Versuche an der *Mimosa pudica* L. in Parallele mit gleichen Versuchen an Fröschen“[2]). Es ist die letzte Arbeit dieses hervorragenden Naturforschers, dem sowohl die Physik wie die Biologie außerordentlich viel verdankt, herausgegeben nach seinem Tode. Dies, der Ort der Publikation, vor allem aber die verschüttende Welle der hereinbrechenden Naturphilosophie mag es verschuldet haben, daß diese Arbeit, obschon sie zu den klassischen Arbeiten exakter Naturforschung gehört, über ein Jahrhundert in völlige Vergessenheit geraten konnte, und daß RITTERs Resultate heute noch unbekannt sind, obwohl sie zu den grundlegenden der Pflanzenphysiologie, ja der allgemeinen Physiologie überhaupt gehören. Ich will hier nur ganz kurz diejenigen Ergebnisse RITTERs anführen, die in Beziehung zu denjenigen eigenen Versuchen stehen,

1) Observations sur la physique T. VIII. herausg. v. ROZIER. Paris 1776.
2) Denkschr. d. Kgl. Ak. d. Wiss. München 1809/10.

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

von denen ich in dieser und der folgenden Mitteilung berichte, und bespreche, die anderen Versuchsresultate RITTERs in einer späteren Mitteilung: Die elektrische Reizung wirkt im allgemeinen auf die Gelenke von *Mimosa* polar verschieden. Je nach der Art des Gelenkes (Blatt-, Fieder-, Blättchengelenk) und der Art der Reizung löst der + Pol oder der — Pol eine Reizbewegung aus, während der andere Pol keine oder merklich schwächere Reizwirkung zeigt. In bestimmten Fällen tritt an beiden Polen gleich starke Reizung ein. Die Polarität erfährt Umstimmungen mit dem Alter der Blätter, indem z. B. ein junges Blatt die entgegengesetzte Polarität zeigt wie bei gleicher Reizung ein altes. Auch das Auftreten von Öffnungszuckungen hat RITTER bereits beobachtet, obwohl ihm der Begriff des elektrischen Stromes noch fehlte und daher vieles, was in der Arbeit steht, erst in unsere heutigen Vorstellungen umgedacht werden muß, um verständlich zu werden.

Die polaren elektrischen Erscheinungen an *Mimosa* wurden von neuem entdeckt von einem indischen Forscher CH. J. BOSE[1]), dessen Arbeiten leider nirgends die Beachtung gefunden haben, die ihnen gebührt. Die Beobachtungen BOSEs bestätigen — ohne daß BOSE RITTERs Arbeit kennt — im großen und ganzen dessen Ergebnisse, so daß die Zusammenfassung der RITTERschen Ergebnisse zugleich eine der wichtigsten diesbezüglichen BOSEschen ist. Aber in 3 Punkten geht BOSE wesentlich über RITTER hinaus. I. RITTER arbeitete größtenteils mit polarisierbaren Draht- und Goldblattelektroden. Da beim Fließen eines elektrischen Stromes an metallischen Elektroden Säure- bzw. Alkalibildung auftritt, so sind zunächst derartige Versuche über polare elektrische Wirkungen stets dem Einwand ausgesetzt, es handle sich bei den beobachteten Reizbewegungen um die Wirkungen der an den Elektroden entstehenden Säure und Base. BOSE verwendet dagegen von diesem Fehler freie unpolarisierbare Elektroden vom Typ der DU BOIS REYMONDschen Tonstiefelelektroden und erhält trotzdem die polaren elektrischen Reizwirkungen. II. BOSE variiert in weitem Umfange Spannung, Stromstärke und Reizform (Kondensatorentladung, Gleichstrom, Induktionsschlag) und entdeckt dadurch die Abhängigkeit der Art der Polarität (+ oder — Polarität, Anoden oder Kathodenreizung) auch von diesen Faktoren. III. Er dehnt seine Versuche über eine große Anzahl von Versuchsobjekten aus: *Mimosa, Biophytum, Phyllanthus, Averrhoa, Neptunia* etc. und findet entsprechende Gesetzmäßigkeiten.

---

1) Plant response, London 1906.

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

Das Hauptresultat meiner eigenen Untersuchungen, das sei gleich vorweggenommen, ist die volle Bestätigung der Resultate RITTERs und BOSEs im allgemeinen, wenn auch im einzelnen mannigfache Unterschiede sich ergeben und ich den speziellen Formulierungen dieser Autoren nicht immer folgen kann. Darüber hinaus gelang mir eine Erweiterung ihrer Befunde nach mehreren Richtungen hin.

Versuchsmethodik.

Zur Stromzuleitung dienten unpolarisierbare Elektroden. Ein beiderseits offenes Glasröhrchen von etwa 5 mm lichter Weite und 7 cm Länge wird an seinem unteren Ende mit einem Pfropfen

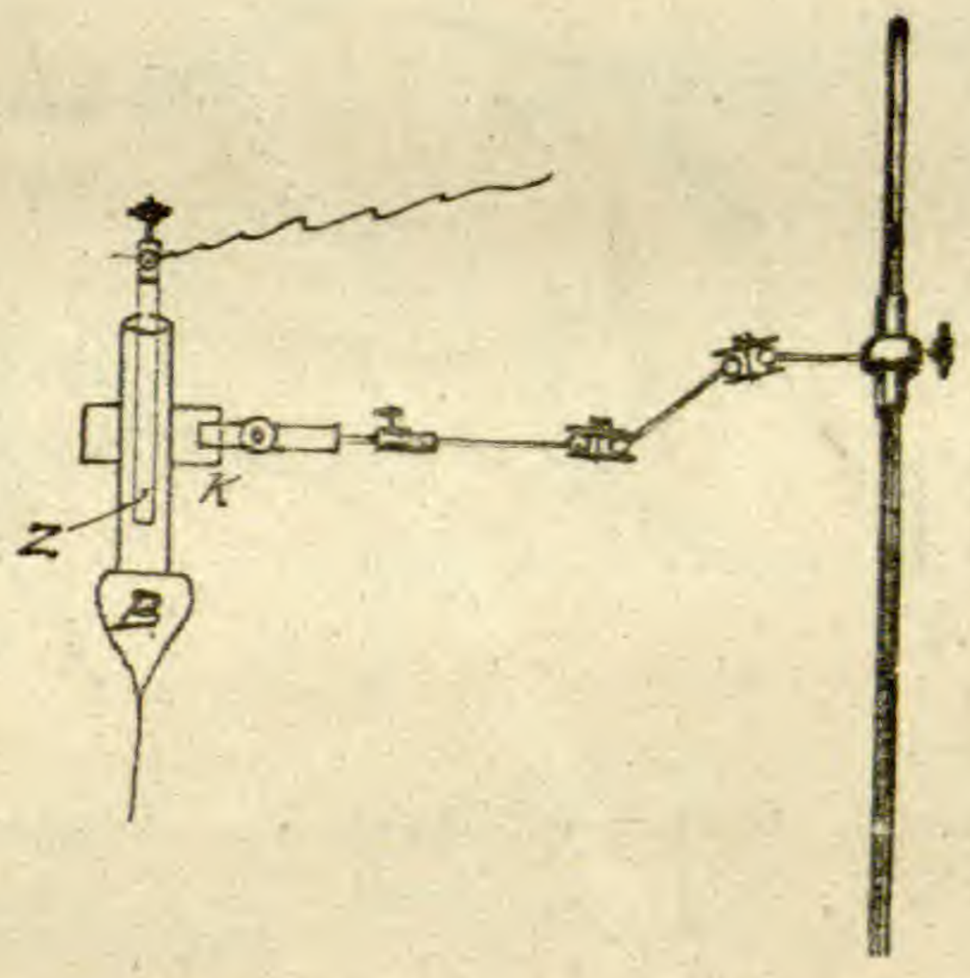
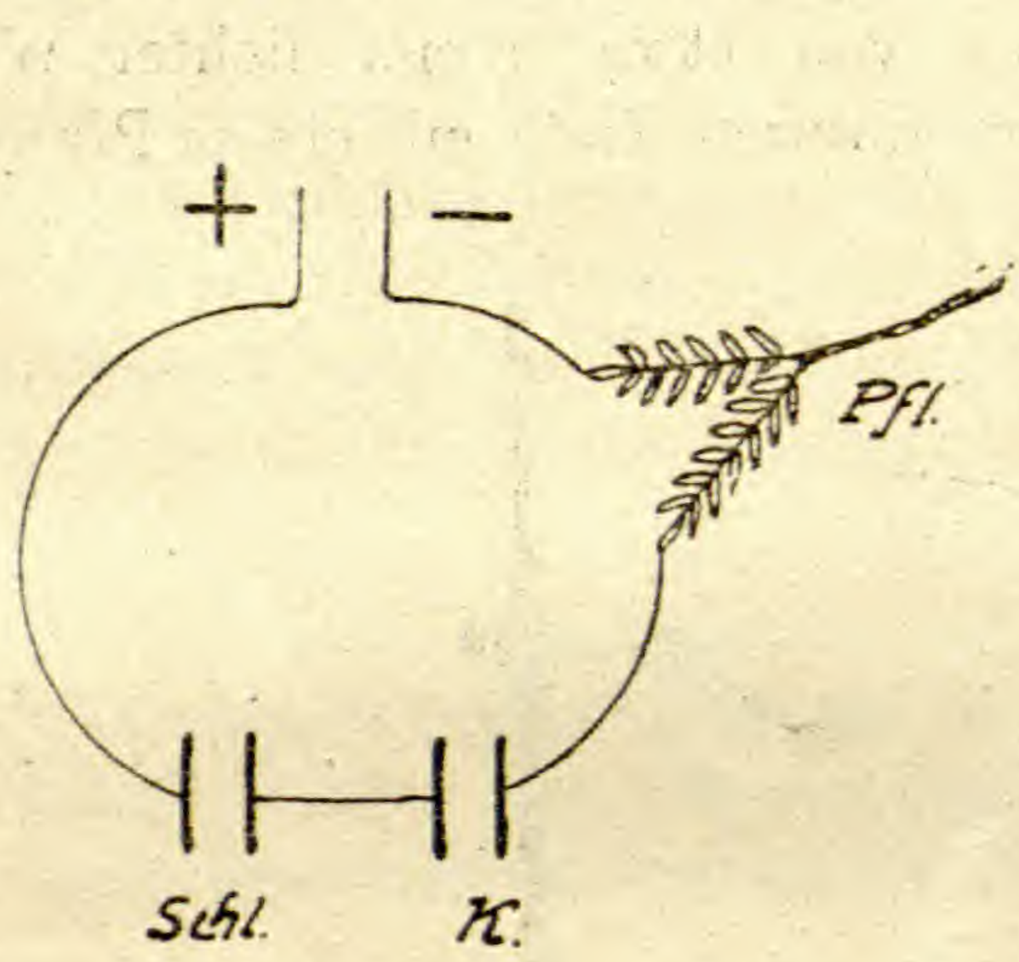


Abb. 1. B = Boluspfropfen. Z = Zinkstab, K = Kork.

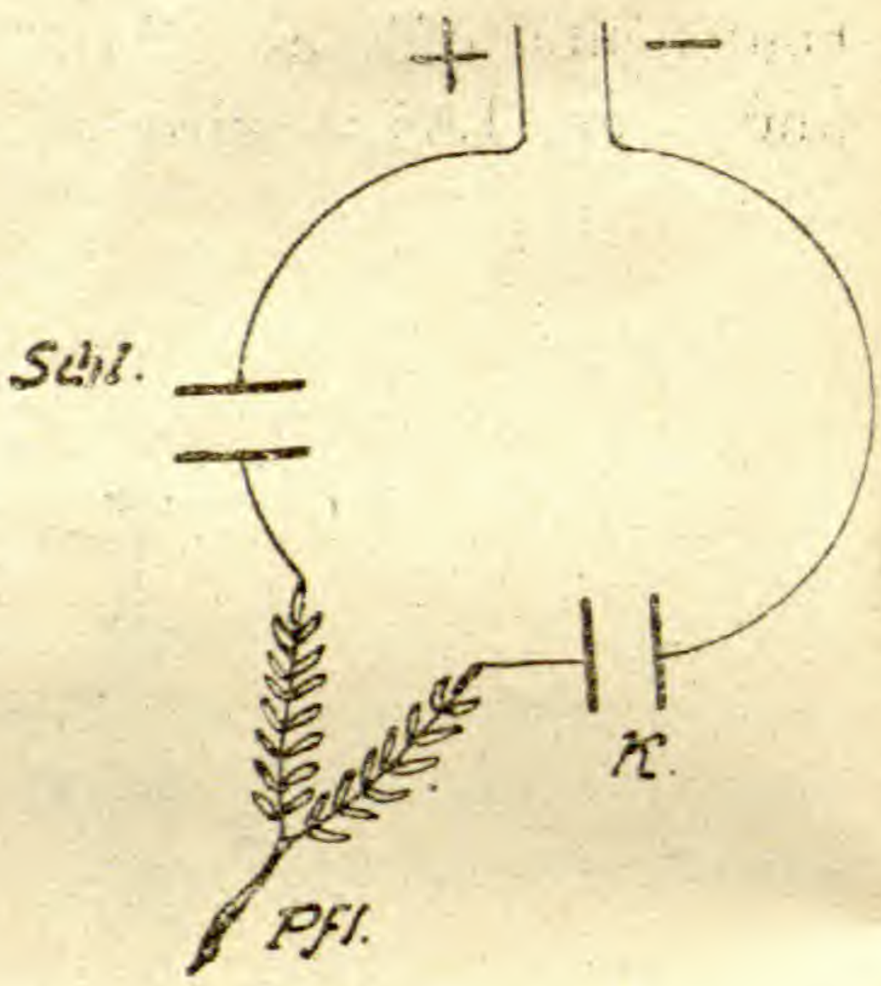
aus Bolus alba verschlossen, der mit Leitungswasser angeknetet ist. In den Pfropfen ist ein mit Leitungswasser befeuchtetes Baumwollfädchen eingeknetet. In das zur Hälfte mit Zinksulfatlösung gefüllte Glasröhrchen wird ein amalgamierter Zinkstab getaucht, an den eine Messingklemmschraube angelötet ist, in die der Zuleitungsdraht geklemmt wird. Der Boluspfropfen ist außen mit Vaseline überzogen, um Verdunstung und dadurch Nachsaugen der Zinksulfatlösung in den Ton zu verhindern. Übrigens sorge ich auch durch häufiges Ausspülen der Baumwollfäden mit Leitungswasser für deren dauernde Sauberkeit und hinreichende Feuchtigkeit. Die Elektroden sind in mit 2 Kugelgelenken versehenen Klammern befestigt, die ich im Tübinger Botanischen Institut vorfand (Abb. 1), und die es leicht ermöglichen, die Fäden der Elektroden an den verschiedensten Stellen der Versuchspflanze anzulegen.

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

Bei den in dieser und der folgenden Mitteilung beschriebenen Versuchen wurde entweder mit Gleichstrom oder mit Kondensatorentladung gearbeitet. Niedere und mittlere Spannungen (bis 60 Volt) wurden durch Hintereinanderschalten von Akkumulatoren erzielt, höhere bis 250 Volt der Lichtleitung entnommen. Die bei den Kondensatorentladungen gebrauchten Schaltungen zeigt Abb. 2 und 3. Als Kondensatoren dienten Papierkondensatoren von EDELMANN, München, von 0,001 Mf. (Mikrofarad) und 0,01 Mf. und von MIX & GENEST, Berlin, von 0,5 Mf.



2.



3.

Abb. 2. Schl = Schlüssel, K = Kondensator.
Abb. 3. Schl = Schlüssel, K = Kondensator.

Versuche mit *Berberis*.

Meine ersten Versuche stellte ich mit verschiedenen *Berberis*-arten an. Daß deren Staubblätter elektronastisch reagieren, ist bereits bekannt[1]). Aber die bisherigen Untersuchungen haben nur die Tatsache der Reizung durch Elektrizität festgestellt. Nach den Ergebnissen RITTERs und BOSEs an Mimosen lag nun der Gedanke nahe, auch bei den *Berberis*staubfäden nach polaren elektrischen Erscheinungen zu suchen, und die Versuchsergebnisse bestätigten diese Vermutung. Die Versuchsanordnung war folgende: Der Stiel einer Blütentraube wird durch eine durchbohrte Korkscheibe gesteckt und das ganze in ein mit Wasser gefülltes Kristallisierschälchen gestellt. Je eine Elektrode wird an die Spitze eines Blütenblattes zweier benachbarter oder übereinanderstehender Blüten

1) KABSCH, Bot. Ztg, Bd. 19, p. 345. 1861.

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

angelegt, und zwar in jeder Blüte des betreffenden Blütenpaares der Reihe nach an die verschiedenen Corollblätter (Abb. 4c).

Kondensatorentladung 0,01 Mf. (= Mikrofarad) 36 Volt. In den Tabellen bedeutet — = 1 Staubblatt zuckt am — Pol, beide = an beiden Polen etc., Blblp. = Blütenblattpaar.

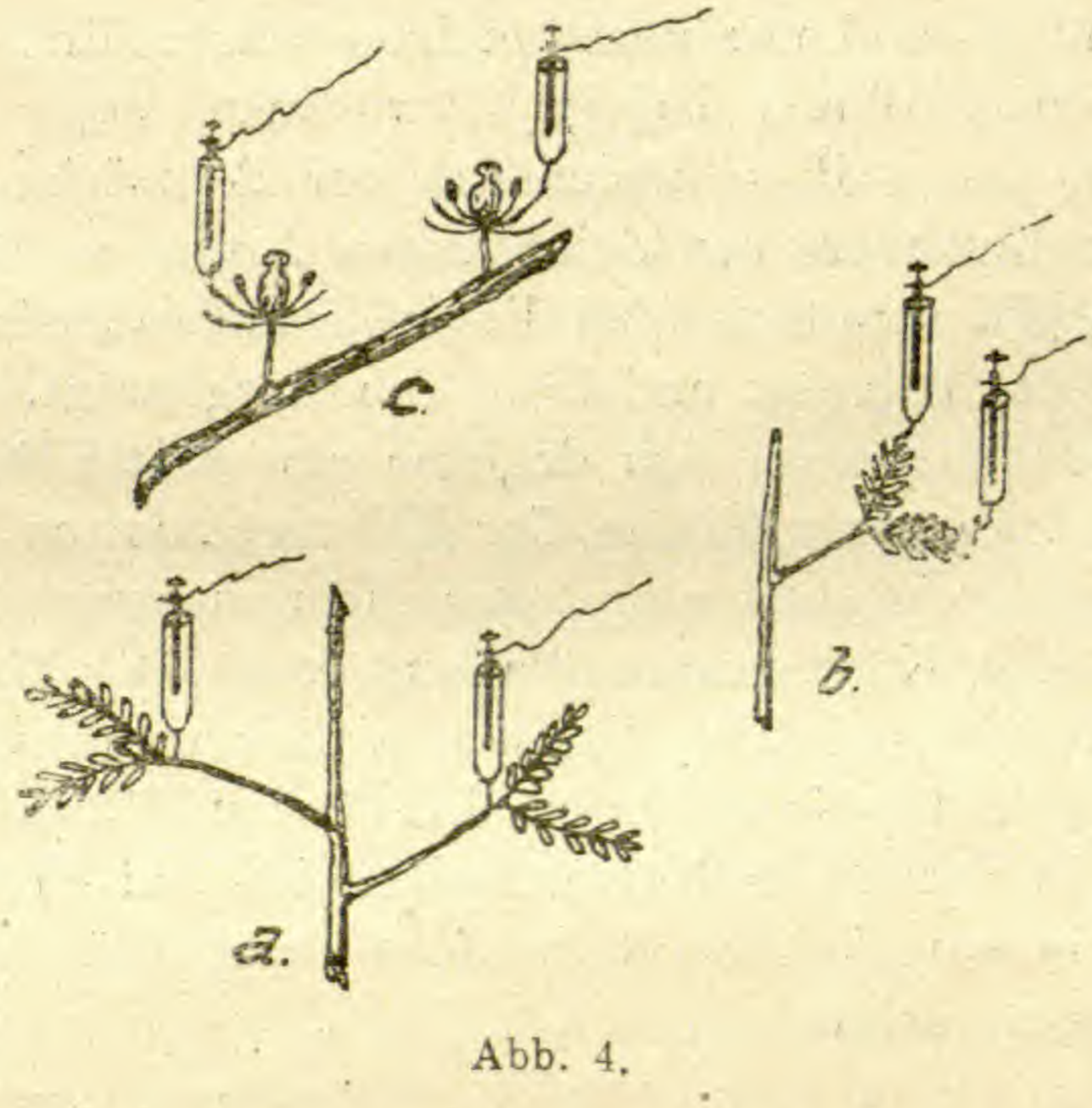


Abb. 4.

a) *Berberis nitens.*

Versuch:	I.	II.	III.	IV.	V.
1. Blblp.	—	— 2 Stbl, + 1 Stbl.	—	0	—
2. „	beide	—	—	—	—
3. „	—	+	0	0	—
4. „	0	—	0	0	0
5. „	—	0	0	—	0

b) *Berberis vulgaris* var. *atropurpurea.*

Versuch:	I.	II.	III.
1. Blp.	—	—	+
2. „	—	+	—
3. „	0	0	0
4. „	—	0	beide
5. „	beide	—	0

Man sieht, daß eine stärkere Reizwirkung des negativen Poles besteht. Ist der Reiz zu schwach, so erhält man gar keine Zuckung, ist er stark, so erhält man Reaktion an beiden Polen, doch zeigt sich auch in diesem Falle oft noch eine stärkere Wirkung des — Poles, indem dort mehrere Staubblätter zucken.

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

Überhaupt zuckt sowohl am — wie am + Pol nicht immer nur das Staubblatt, das vor dem Corollblatt steht, dem die Elektrode anliegt, sondern mehrere. Ob dies als Reizleitung oder direkte Reizung aufzufassen ist bleibt unentschieden. Unmittelbar nach der Reaktion beginnt die Rückkrümmung, und in wenigen Minuten ist das Staubblatt zu einer neuen Reaktion befähigt. Aber bei der gewählten Versuchsanordnung ist die Polarität recht wenig ausgeprägt und es sind mir unter meinen sehr zahlreichen Versuchen gar nicht selten Blüten begegnet, wo man sogar ein deutliches Überwiegen des + Pols hinsichtlich der Reizwirkung konstatieren konnte und besonders bei kleinblütigen Arten, z. B. *Berberis vulg.* var. *microphylla* konnte ich bei dieser Versuchsanordnung überhaupt keine deutliche Polarität erzielen. Sehr ausgeprägt, ich kann sagen, fast ausnahmslos, zeigte sich dagegen eine polare Reaktion, als ich die Elektroden anstatt an die Corollblattspitzen auf die Mitte der Narben zweier benachbarter oder übereinanderstehender Blüten setzte und eine Kondensatorentladung von 0,01 Mf. und 250 V. durch die Blüten schickte. Der Strom fließt dann also in der Blüte am + Pol von der Narbe durch den Griffel, Blütenboden, Blütenstiel und ein Stück des Blütentraubenstiels um dann in der Blüte am — Pol in umgekehrter Reihenfolge vom Blütenstiel zur Narbe seinen Weg zu nehmen.

	Berb. nitens.		*Berb. vulg.* v. *atropurp.*	
Versuch:	I.	II.	III.	
1. Blütenpaar	+ alle,	— 0	+ alle, — 0	+ alle, — 0
2. „	+ „	— 0	+ „ — 0	+ 3 — 0
3. „	+ „	— 0	+ „ — 0	+ 3 — 0
4. „	+ 4	— 0	+ „ — 0	+ 3 — 3
5. „	+ 4	— 0	+ „ — 0	+ 3 — 3

Ergebnis: Es zucken alle oder fast alle Staubblätter in der Blüte, deren Narbe der + Pol aufsitzt, während am — Pol in der Regel keine Reaktion auftritt. Legt man bei niedriger Spannung die Elektroden auf die unverletzten Narben, so ist bei den verwendeten Kondensatoren die Entladung zu schwach, um Reaktion auszulösen. Während also eine Entladung 0,01 Mf. 250 V. eine starke Reaktion am + Pol hervorruft, bleibt eine Entladung 0,5 Mf. 25 V., bei der die fünffache Elektrizitätsmenge entladen wird, wirkungslos. Es gilt hier also nicht das Reizmengengesetz oder kann jedenfalls höchstens in sehr engen Grenzen gelten. Nach den Erfahrungen der tierischen Physiologie war dieses Resultat auch zu erwarten, doch soll hier auf diese Fragen nicht näher eingegangen werden. Legt man bei hoher Spannung

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

(250 V.) die Elektroden an die Corollblattspitzen, wie dies in der ersten Versuchsanordnung getan wurde, so zucken meist Staubblätter in beiden Blüten, und die Reaktion verliert ihre ausgeprägte Polarität. Auch bei Verwendung von Gleichstrom 250 V. mit den Elektroden auf den Narben tritt außer Reaktion am + Pol oft auch Reaktion am — Pol auf. Wahrscheinlich hat die stärkere elektrische Reizung, die die Verwendung von Gleichstrom gegenüber den kleinen Kondensatorentladungen derselben Spannung bewirkt, eine Reizung an beiden Polen zur Folge. Die Frage, ob die Änderung der Polarität mit der beschriebenen Änderung der Versuchsanordnung der Übergang von Kathoden- zur Anodenreizung auf einer Umstimmung beruht, wie dies später für *Mimosa* beim Übergang von niedriger zu hoher Spannung gezeigt werden soll, oder bedingt ist durch die verschiedenartige Anbringung der Elektroden in beiden Anordnungen, soll, wie eine Reihe anderer Fragen und Beobachtungen, hier unerörtert bleiben. Es soll vielmehr nur noch hervorgehoben werden, daß zur Erzielung der angegebenen Versuchsresultate vor allem die Beachtung folgender 2 Punkte erforderlich ist. I. Die beiden Elektroden müssen möglichst gleichartig sein und angebracht sein. II. Der Strom darf keine Nebenschließungen haben, die z. B. dadurch leicht hervorgerufen werden, daß die beiden verwendeten über- oder nebeneinander stehenden Blüten sich berühren oder beregnet sind; denn es ist klar, daß ein atypischer Stromverlauf auch atypische Reizwirkungen auslösen muß.

Versuche mit *Biophytum*.

Die Versuche wurden im Juli im Münchener Botanischen Garten ausgeführt, und zwar an dem gelbblühenden *Biophytum sensitivum*[1]), das wegen seiner dünnen Cuticula sehr geeignet zu derartigen Versuchen ist. Bei hoher Temperatur (über 30°) und Luftfeuchtigkeit führen die Blättchen dauernd antonome Bewegungen aus, indem sich die Blättchen bald des einen, bald eines anderen Blattes periodisch senken und heben. Die Versuche mit elektrischer Reizung sind also nur bei nicht zu hoher Temperatur ausführbar, da man sonst nicht entscheiden kann, ob die eintretende Reaktion autonom oder Folge der elektrischen Reizung ist. Die von HABERLANDT[2]) hervorgehobene Tatsache, daß bei stärkerer Reizung die *Biophytum*blättchen periodische Ab- und Aufwärtsbewegungen von abnehmender Amplitude ausführen, konnte auch von mir sowohl

---

1) cf. GOEBEL, Die Entfaltungsbewegungen. 1919.
2) HABERLANDT, Annales Buitenzorg, 1898, Suppl. 2, p. 33.

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

bei mechanischer wie elektrischer wie chemischer Reizung beobachtet werden. Doch hier soll nur von den polaren elektrischen Reizwirkungen berichtet werden. Die Elektroden wurden in 1—3 Blattpaar Entfernung von der Spitze und Basis eines Blattes angelegt, und zwar so, daß bald der + Pol und bald der — Pol an der Spitze bzw. Basis anlag, der Strom also bald basipetal bald acropetal im Blatte floß. Die Spannung betrug 12 Volt. Es ergab sich aber kein merklicher Einfluß hiervon auf den Verlauf der Reaktion, vielmehr trat unabhängig von der auf- oder absteigenden Richtung des Stromes eine deutliche Polarität der Reizwirkung auf; denn stets begann die Reaktion am — Pol, pflanzte sich nach der Anode zu fort, wobei bald die Reizwirkung über die Anode hinausging, also auch die außerhalb der Anode nach der Basis des Blattes zu gelegenen Blättchen erfaßte, bald an der Anode halt machte. Dagegen tritt eine Öffnungszuckung, wenn überhaupt, an der Anode auf, indem an ihr ein oder einige Blattpaare bei Öffnung des Stromes sich senken. Diese Resultate bestätigen im wesentlichen Befunde BOSEs, nur daß die von BOSE als charakteristisch angegebene Hemmung der Reaktion an der Anode nicht immer, sondern nur vereinzelt zu beobachten war. Bei Reizung mit 60 Volt trat in der Regel Reizung an beiden Polen auf. Hierbei konnte gelegentlich der interessante Fall beobachtet werden, daß nicht alle Blättchen zwischen den Elektroden sich senkten, sondern nur 3—4 von jeder Elektrode an, während 2—4 Paar in der Mitte ungereizt blieben. Da es sich um sehr reizbare Blätter handelte und schon eine Reizung mit der viel niedrigeren Spannung von 12 V. meist alle Blättchen des Blattes zum Sinken brachte, so kann diese Erscheinung wohl kaum auf eine zu schwache Reizwirkung zurückgeführt werden, sondern macht es sehr wahrscheinlich, daß die Interferenz der Wirkung der von beiden Elektroden kommenden Reize sich in den Gelenken der in der Mitte des Blattes ungereizt stehenbleibenden Blättchen so kompensiert, daß sichtbarer Reizerfolg nicht eintritt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1921

Band/Volume: 39

Autor(en)/Author(s): Stern Kurt

Artikel/Article: Über polare elektronastische Erscheinungen 3-10