

8. Kurt Stern: Über polare elektronastische Erscheinungen.

(Aus dem Institut für animalische Physiologie [THEODOR-STERN-Haus]
Frankfurt a. M.)

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(4. Mitteilung.)

(Eingegangen am 26. Oktober 1921. Vorgetragen in der Dezembersitzung 1921.)

c) Einfluß der Stromverzweigungen.

Die dritte wichtige, wenn auch leichter zu vermeidende Fehlerquelle ist die der Nebenschlüsse. Legt man z. B. die Elektroden an die Spitzen zweier benachbarter Fiedern eines Mimosenblattes, dessen Blättchen sich im mittleren oder unteren Teil der Fiedern berühren, so wird der Stromverlauf nicht unverzweigt durch die eine Fieder von der Spitze zur Basis und von der Basis der anderen Fieder zu deren Spitze gehen, sondern Stromzweige werden sich überall dort abzweigen, wo zwischen den beiden Fiedern Berührung statthat, und dadurch wird die ganze Stromverteilung in einer meist nicht ohne weiteres übersehbaren Weise geändert und dem entsprechend auch die Reizwirkung. Ebenso können natürlich auch irgend welche anderen berührenden Pflanzenteile oder sonstige Leiter wirken. Besonders störend erweisen sich solche Nebenschlüsse bei Versuchen an Objekten mit vielen sich berührenden Organen, z. B. Blüten und Blütentrauben von *Berberis*. Vor allem ist ferner auf die Ausschaltung der Erdleitung zu achten. Legt man an eine auf einer Paraffinplatte stehende Mimose eine mit dem Pol einer elektrischen Leitung von z. B. — 120 V. verbundene Elektrode, so tritt, wie oben erwähnt, da ja nur eine Aufladung stattfindet, keine sichtliche Reaktion ein, sowie man aber auf nicht zu trockenen Gewächshausboden stehend die Außenwand des Topfes berührt, klappen je nach dem Anlagepunkt der Elektrode, der Größe des Widerstandes, der Spannung und der Reizbarkeit der Pflanze ein oder mehrere Blatt- und Blättchengelenke zusammen. Durch die Berührung des Topfes ist die leitende Verbindung durch den menschlichen Körper mit der Erde hergestellt, es fließt jetzt Strom und der Reizerfolg tritt ein. Diese Reizwirkung ist oft erstaunlich stark. So legte ich 120 V. an die Spitze zweier gegenüber stehender Blätter von etwa 6 Wochen alten, 10 cm hohen Mimosen, die auf Paraffinplatten standen und erhielt keine Reaktion, sowie ich aber

den Topf berührte, klappten Blatt und Blättchengelenke an mindestens einem Pol, meist auch alle darunter befindlichen Blatt- und Blättchengelenke zusammen. Es ist also der Widerstand der Pflanze von der Blattspitze bis zur Wurzel, der der Topferde und des Topfes, des menschlichen Körpers und die Übergangswiderstände zwischen Wurzel, Topferde, Topf, Körper, Erde, anscheinend kleiner als der des Blattstiels und Fiederstiels eines Mimosenblattes, da ja ohne Erdung des Topfes keine Reaktion auftritt. Das ist übrigens auch verständlich, wenn man in Betracht zieht, daß die Blattstiele junger Mimosenblättchen einen sehr kleinen Querschnitt und demnach sehr hohen Widerstand haben. Doch spielen wahrscheinlich auch noch andere Momente als die Größe des Widerstands eine Rolle hierbei. Isoliert man also den Topf nicht genügend, so wird man auch durch Erdleitung oft Reaktionen erhalten und diese fälschlich für polare Reizungen durch den eingeschalteten Strom halten. Dabei ist auch von Wichtigkeit, zu berücksichtigen, ob ein und welcher Pol der Leitung geerdet ist.

Ein Beispiel soll dies erläutern. Angenommen es steht eine 240 V. Gleichstromleitung zur Verfügung, deren einer Pol geerdet ist, deren anderer also auf + 240 V. geladen ist. Legt man nun zwei mit den Polen dieser Leitung verbundene Elektroden derart an die Blattstiele zweier übereinanderstehender Blätter, daß der geerdete Pol zum oberen Blattstiel, der 240 V. Pol zum unteren Blattstiel führt, während der Topf auf schlecht isolierter Unterlage steht, so tritt unter Umständen bereits, bevor der Strom geschlossen ist, beim Anlegen der Elektroden Reaktion am + Pol auf, also polare Reaktion, nämlich dann, wenn der Stromschluß durch Schließen eines Schlüssels hervorgerufen werden soll, der zwischen Elektrode und dem - Pol (dem geerdeten) liegt; denn in diesem Falle wird bereits durch Anlegen der + Elektrode leitende Verbindung durch die Pflanze mit der Erde hergestellt und damit die Möglichkeit zur Reaktion geschaffen. Da ja der Strom noch gar nicht geschlossen war, so ist die Ursache der Reaktion ohne weiteres zu erkennen. Wenn nun aber der Schlüssel in den Kreis zwischen Elektrode und + Pol gelegt wird, dann tritt, so lange der Schlüssel offen ist, keine Reaktion auf; denn der Pol, der direkte Verbindung mit der Pflanze hat, ist ja geerdet. Wird nun aber der Strom geschlossen und tritt polare Reaktion und zwar am + Pol auf, so ist nicht ohne weiteres zu entscheiden, ob die Reaktion polare Reaktion auf den zwischen den Elektroden durch die Pflanze gehenden Strom ist, oder ob sie Reaktion auf den Stromzweig ist, der von dem nunmehr mit der Pflanze verbundenen + Pol durch

den Topf zur Erde geht. Allerdings wird man in vielen Fällen auf das Vorhandensein von Erdleitung aufmerksam werden, dadurch, daß auch die Gelenke von Blättern reagieren, die weiter unten an der Sproßachse stehen. Aber wenn z. B. das Blatt mit dem geerdeten Pol unter dem Blatt am + Pol steht, so kann man hier wieder eine bipolare Reaktion vorgetäuscht erhalten, und andererseits ist das Mitreagieren anderer Blätter kein eindeutiger Beweis für das Vorhandensein einer Erdleitung, da dies auch durch Reizleitung oder irgend welche Stromschleifen hervorgerufen sein kann. Sowie man aber die Pflanze gut isoliert, z. B. durch Aufstellen auf eine Paraffinplatte, fällt die Fehlerquelle der Erdleitung völlig fort.

Ich habe dies noch ausdrücklich festgestellt und zwar folgendermaßen: Im hiesigen Institut sind 3 Gleichstromleiter. Der Mittelleiter ist geerdet, der eine auf -120 V., der andere auf $+120$ V. dagegen geladen. Wenn man zwei Blattgelenke von *Mimosa* in den Kreis legt, indem man z. B. an die Blattstiele zweier Blätter einer durch Paraffinunterlage isolierten Pflanze Elektroden anlegt, so erfolgt bei Reizungen, die nicht wesentlich die Reizschwelle überschreiten, und die in unserem Falle nämlich bei genügend hohem Widerstand und niedriger Temperatur durch Spannungen von etwa 120 V. ausgelöst werden, Reaktion im allgemeinen nur an der Kathode. Wenn ich die Elektroden einmal mit dem Mittelleiter und dem -120 V. Pol ein zweites Mal mit dem Mittelleiter und dem $+120$ V. Pol verbinde, so erfolgt im ersten Falle Reaktion am $-$ Pol, im zweiten Falle am Mittelleiter, obwohl dieser geerdet ist, während der andere $+120$ V. gegenüber dem Erdpol aufweist.

Wenn bei den besprochenen Versuchen der große Einfluß der Erdleitung und des Anfassens des Topfes festgestellt wurde, so drängen sich als Parallelerscheinungen gewisse an den Schlafbewegungen von Bohnenblättern von STOPPEL¹⁾ erhaltene Resultate auf. STOPPEL faßt das Resultat ihrer diesbezüglichen Versuche etwa wie folgt zusammen: Die Normalkurve der etiolierten und grünen Bohnenblätter erleidet in den meisten Fällen erhebliche Störungen durch Anfassen des Topfes und der Blätter sowie durch Isolation des Topfes vom Erdboden. Diese Störungen werden noch erheblicher, wenn die Pflanzen innerhalb eines rings geschlossenen, feinen, geerdeten Gitters isoliert aufgestellt werden. Bei grünen Pflanzen kann die normale Bewegung durch dauerndes Aufladen des Topfes mittels Anschluß an einen Pol der 220 V. Leitung wieder hervorgerufen werden; auf Grund dieser und anderer Ergebnisse

1) STOPPEL, Zeitschrift f. Botanik 1916. VIII, p. 609.

kommt STOPPEL zu der Anschauung, daß die elektrische Leitfähigkeit der Atmosphäre ein wesentlicher Faktor für die Regulation der Schlafbewegungen ist. Die Zuckungsbewegungen der Mimosengelenke stellen ja nur einen schnell verlaufenden Reaktionstyp der normalen Schlafbewegungen dar und so ist es denn auch nach den Ergebnissen der Reizversuche durchaus wahrscheinlich, daß den starken und schnellen Turgeszenzveränderungen, die durch die verhältnismäßig sehr starken und steilen Stromschwankungen bei der elektrischen Reizung verursacht werden, schwache und langsame Turgeszenzveränderungen bei den verhältnismäßig sehr schwachen und langsamen Stromschwankungen entsprechen, die durch die Änderungen der elektrischen Leitfähigkeit und gegebenenfalls des Potentials der Atmosphäre entstehen. Um übrigens den Parallelismus der Erscheinungen noch deutlicher zu machen, sei erwähnt, daß bereits RITTER¹⁾ eine Reizmethode verwendet hat, bei der er der geerdeten Pflanze eine geladene metallische Spitze gegenüberstellte, eine Versuchsanordnung, die im Prinzip genau der bei den Elektrokulturversuchen mit geladenem Netz entspricht²⁾. Es fließt dann ein Strom von der Spitze durch die Luft und Pflanze zur Erde und seine Stärke und demnach physiologische Wirkung wird wesentlich abhängen von der Größe der Leitfähigkeit und der Potentialdifferenz der Luftschicht zwischen Spitze und Pflanze. Übrigens fehlte RITTER noch der Begriff des elektrischen Stromes und deshalb meist eine klare Einsicht in die wesentlichen seine Versuchsergebnisse bedingenden Faktoren.

Die Versuche.

a) Gleichstrom.

Versuchsanordnung (s. Abb. 1). Der eine Pol der Gleichstromleitung (120 bzw. 240 V.) führt zu der einen Klemme eines Quecksilberschlüssels, von dessen anderer Klemme zu der einen mittleren Klemme einer Wippe. Der andere Pol der Leitung führt direkt zu der anderen mittleren Klemme der Wippe. Von den vorderen Klemmen der Wippe führt je ein Draht zu den Endklemmen zweier hintereinander geschalteter RUHSTRATScher Schieberwiderstände von 1150 und 900 Ω , sodaß der Strom also bei geschlossenem Schlüssel durch den ganzen Widerstand fließt. Von den mit den Schieberkontakten der Widerstände verbundenen Klemmen führt je ein Draht zu den Klemmen eines Voltmeters und je ein Draht zu den Elek-

1) RITTER, Denkschr. Kgl. Ak. d. Wiss. München 1809/10.

2) STERN, Zeitschr. f. Bot. XI, p. 361. 1919.

troden. Durch Verschieben der Schiebkontakte kann also jede beliebige Spannung zwischen 0 und 240 V. an die Elektroden angelegt werden. Die Elektroden (s. p. 45) sind in dem früher¹⁾ beschriebenen Stativen mit doppelten Kugelgelenken befestigt, an denen alle mit der Pflanze möglicherweise in Berührung kommenden Teile mit Paraffin überzogen sind. Jede Elektrode wird an einen Blattstiel zweier meist an der Sproßachse aufeinander folgender

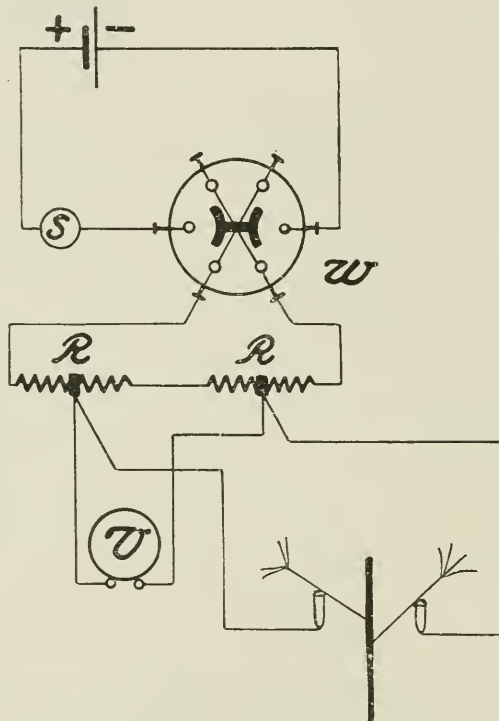


Abb. 1. S = Schlüssel, W = Wippe, R = Widerstand, V = Voltmeter.

Blätter in Entfernung von einigen cm vom Blattgelenk angelegt. Dabei wird das Röhrcchen mit KNOPScher Lösung so vollgefüllt, daß der Blattstiel nicht das Glasröhrcchen selbst berührt, sondern etwa 2 mm über dessen Rand auf der Flüssigkeitskuppe aufruht. Tritt Reaktion ein, so sieht man deutlich, wie der Blattstiel sich unter Verdrängung der Flüssigkeitskuppe nach abwärts bewegt. Er wird aber bereits nach einer kleinen Bewegung durch den Glasrand der Elektrode am weiteren Sinken gehindert. Wartet man etwa 10 Minuten, so hat sich die frühere Lage oft genau wieder

1) STERN, Ber. d. D. B. G. XXXIX, p. 5. 1921.

eingestellt; andernfalls hilft man durch Nachgeben eines Tropfens KNOPscher Lösung auf die Elektroden oder eine kleine Bewegung derselben nach, um möglichst die ursprüngliche durch einen Tuschestrich am Blattstiel markierte Lage wieder zu erzielen. Die Pflanze stand bei allen Versuchen auf einer mehrere cm dicken Paraffinplatte. Der Versuch begann damit, daß der Strom durch den Schlüssel geschlossen wurde, während die Schiebkontakte so standen, daß keine Spannung an den Elektroden lag. Durch Berührung der Stative wird zunächst jedesmal ausdrücklich festgestellt, ob etwa durch einen Isolationsfehler eine Erdleitung durch die Pflanze besteht. Dann wird durch Verschieben der Kontakte allmählich steigende Spannung an die Pflanze angelegt. Bei wenigen Volt, etwa 2—6 V., erfolgt dann in der Regel Niederknicken des Blattes am — Pol. Darauf wird die Spannung allmählich weiter erhöht, bis auch am anderen Pol Reaktion auftritt. Nunmehr wird der Strom ausgeschaltet, und, um den Einfluß von Stromdichteveränderungen auszuschalten, durch Umlegen der Wippe umgepolt, sodaß bei erneutem Einschalten das früher kathodische Blatt anodisch wird und umgekehrt. Es wird aber um etwaige Nachwirkungen der 1. Reizung nach Möglichkeit zu verringern, der 2. Versuch erst $\frac{1}{2}$ —2 Stunden nach dem ersten ausgeführt und dabei entsprechend von 0 V. an verfahren. Um ganz sicher zu gehen, wurde nochmals umgepolt und gereizt. In der folgenden Tabelle 1 sind die Versuchsergebnisse mit bipolarer Reizung zusammengestellt. Wurde dieselbe Pflanze zu mehreren Versuchen verwendet, so wurden verschiedene Blattpaare gereizt. Tabelle 2 gibt um etwaigen Einfluß von Reizleitung auf die Ergebnisse völlig auszuschalten, Versuche mit monopolarer Reizung. Es wurde an dieselbe Stelle eines Blattstieles durch Umlegen der Wippe bald der + bald der — Pol angelegt, während der entgegengesetzte Pol in großer Entfernung an der Sproßachse oder einem bereits abgestorbenen Blattstiel anlag. Es bedeuten in den Tabellen die Zahlen unter — und + die Spannungen, bei denen Reaktion auftrat.

Ergebnis:

In 21 von 27 bzw. 8 von 10 Versuchen ist die Reizwirkung am — Pol ausgesprochen stärker als am + Pol. Sehr oft ist die an der Reizschwelle erforderliche Spannung am — Pol um mehrere 100 % geringer als am + Pol. Doch kommen auch Fälle vor, in denen die Reizwirkung von + und — Pol viel weniger unterschiedlich, ja nahezu gleich ist, oder sogar die des + Pols größer ist. Das Resultat blieb dasselbe, wenn man statt allmählich von

Tabelle 1. Bipolare Reizung.

Nr. d. Pflanze	1. Versuch				2. Versuch, nach Umpolen				3. Versuch, nach Umpolen			
	Zeit	Temp	-	+	Zeit	Temp.	-	+	Zeit	Temp.	-	+
15	1100 V	25 °	3	20	1200 V	29 °	3	25				
15	1210 N	30 °	5	35	1240 N	33 °	3	20				
6	445 N	32 °	3	15	610 N	29 °	6	6*	645 N	27 °	5	25
3	950 V	21 °	6	30	1100 V	22 °	6	30	1120 V	23 °	6	30
3	1125 V	23 °	45	50	1145 V	24 °	90	90**	1230 N	26 °	45	***
2	1055 V	25 °	5	30	1125 V	26 °	5	30	1155 V	28 °	5	30
8	510 N	31 °	5	10	550 N	27 °	5	15	625 N	26 °	15○	15
10	240 N	31 °	3	15	320 N	33 °	3	15				
14	400 N	32 °	5	20	430 N	34 °	3	15	500 N	34 °	3	15
17	505 N	34 °	2○	2	530 N	33 °	2○	2	600 N	32 °	2○	2

* 2 sec nach — Reaktion.

** ½ sec nach — Reaktion.

*** Bei 120 V. noch keine Reaktion, aber mechanisch, wenn auch schwach, reizbar.

○ ½ sec nach + Reaktion.

Tabelle 2. Monopolare Reizung.

Nr. der Pflanze	Nr. des Blattes	Zeit	Temp.	+	Zeit	Temp.	-
11	2	1140 V	30 °	15	1245 N	33 °	10
11	3	1250 N	33 °	18	1145 V	31 °	6
11	4	1200 V	31 °	45	1255 N	33 °	15
11	5	100 N	33 °	10	1210 N	31 °	12
9	2	105 N	33 °	45	1220 N	32 °	6
7	2	1215 N	30 °	10	235 N	33 °	6
7	3	237 N	33 °	10	1217 N	30 °	6
2	3	1235 N	30 °	8	245 N	30 °	8
2	4	250 N	30 °	24	1240 N	30 °	12
2	5	1245 N	30 °	16	255 N	30 °	6

0 V. an die angelegte Spannung zu steigern gleich etwa bei 6 V. oder 30 V. reizte, so daß also das Einschleichen des Stromes die Reizschwelle nicht wesentlich erhöht hat, offenbar weil die Zunahme der Spannung dazu noch zu schnell vor sich ging. Gleichzeitig folgt aus den Versuchen, bei denen ja ihrer ganzen Anlage nach bald das obere, bald das untere der zwei Blätter am — bzw. + Pol anliegt, daß die polare Reaktion unabhängig ist von der auf- oder absteigenden Richtung des Stromes, jedenfalls im wesentlichen, wenngleich natürlich genauere Spezialuntersuchungen möglicherweise irgend einen Einfluß der Richtung auf die Reaktion werden nachweisen können. Die Beobachtungen über die verschiedene Ausprägung der Polarität stimmen sehr gut zu älteren Beobachtungen BOSES und RITTERS. Letzterer beobachtete u. a. an seinen Mimosen, wie an den oberen Blättern ausgeprägte — Polarität herrschte, die an den mittleren allmählich einer völligen Gleichheit von — und + Reizbarkeit Platz machte, um an den unteren in ausgeprägte + Polarität überzugehen. Bei meinen diesjährigen Versuchen konnte eine derartige Abhängigkeit vom Alter nicht festgestellt werden, denn ich habe Fälle beobachtet, wo gerade die oberen Blätter unpolar, die mittleren ausgeprägt polar reagierten. Dennoch ist die Beobachtung RITTERS an seinen Mimosen als solche ohne Zweifel richtig, um so mehr als ja sowohl BOSE wie ich ebenfalls Umstimmungen der Blätter mit dem Alter beobachtet haben. Aber die Gesetzmäßigkeit dieses Verhaltens muß erst genauer erforscht werden. Vermutlich wird die Tages- und Jahreszeit eine große Rolle dabei spielen. Die beschriebenen Versuche wurden im August und September ausgeführt. Auf alle Fälle hängt die Art der Polarität nicht nur von den äußeren Faktoren, z. B. Stärke der Reizung ab, sondern auch von inneren. BETHE¹⁾ hat auf Grund von elektrischen Versuchen an Membranen die Auffassung geäußert, daß die H⁺ Konzentration in der Zelle von bestimmendem Einfluß auf die Art der Polarität wäre. Versuche nach dieser Richtung hin haben mich noch zu keinem Resultate geführt.

1) BETHE, PFLÜGERS Archiv 163, p. 147. 1916.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: [40](#)

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

Artikel/Article: [Über polare elektronastische Erscheinungen 52-59](#)