

## 8. Warwara Polowzow: Experimentelle Untersuchungen über die Reizerscheinungen der Pflanzen, mit besonderer Berücksichtigung der Einwirkung von Gasen<sup>1)</sup>.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 24. Januar 1908.)

Der Zweck meiner Untersuchungen war, so weit wie möglich in einige Prozesse der Reizbarkeit der Pflanzen einzudringen, — einerseits den Gang der reagierenden Bewegungen Schritt für Schritt zu verfolgen, andererseits einzelne Momente des Prozesses hervorzuheben und näher zu untersuchen. Als Objekt der Untersuchung waren aus bestimmten Gründen hauptsächlich die Erscheinungen der Reizbarkeit der Pflanzen gegen Gase, und teilweise, wo es mir nötig schien, die Erscheinungen des Geotropismus gewählt.

Meine Arbeit habe ich in Bonn im Botanischen Institut der Landwirtschaftlichen Akademie bei Herrn Professor Dr. NOLL ausgeführt, dem ich schon hier meinen besten innigsten Dank für die ausgezeichneten Bedingungen der Arbeit in seinem Laboratorium, wie auch für die wertvollen Ratschläge, die mir von seiner Seite zuteil wurden, aussprechen will.

### Abgrenzung des Gebietes der Untersuchung.

Die Erscheinungen der Reizbarkeit der Pflanzen gegen Gase wurden zuerst durch H. MOLISCH<sup>2)</sup> festgestellt und von ihm als Erscheinungen des Aerotropismus benannt. Unter dem Aerotropismus verstand MOLISCH die Fähigkeit der Pflanzen, durch bestimmte Bewegungen auf Luft- oder Gasdifferenzen in ihrer Umgebung zu reagieren.

Später sind diese Erscheinungen mehr quantitativ vermehrt als qua-

1) Ein Bericht darüber war in der Sitzung der St. Petersburger Kaiserlichen Naturforscher-Gesellschaft, Sektion Botanik, in St. Petersburg den 24. Oktober 1907 erstattet.

2) MOLISCH, H., „Über die Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Richtung durch Gase (Aerotropismus).“ — Sitzgsber. der Kais. Akad. der Wissensch. zu Wien I. Abt., Juli-Heft 1884.

litativ vertieft worden. Es soll in den Erscheinungen des Aerotropismus eine Differenziation durchgeführt werden. Bis jetzt haben MOLISCH wie auch andere Forscher im Gebiete des Aerotropismus die Wirkung der Luft mit der Wirkung eines ihrer Bestandteile, nämlich des Sauerstoffs, identifiziert. Eine experimentelle Begründung für eine derartige Annahme war bis jetzt und ist auch gegenwärtig nicht vorhanden, andererseits sprechen sowohl die Versuche als auch die theoretischen Erwägungen gegen ihre Zulässigkeit.

Luft ist ein mechanisches Gemisch vieler Gase. Von allen ihren Bestandteilen absehend, die bis jetzt noch nicht als Reizanlaß untersucht wurden, haben wir schon jetzt mindestens mit zwei wirksamen Teilen zu tun, nämlich mit Sauerstoff und Kohlensäure. Die Reizwirkung des Gemisches aber darf, wie PFEFFER gezeigt hat<sup>1)</sup>, in keinem Falle mit Reizwirkung einer der Bestandteile identifiziert werden. Noch mehr — die Kraft der Einwirkung des Gemisches darf nicht als eine physikalische Resultante der einwirkenden Kräfte betrachtet werden und ebenso wird die Reaktion nicht als eine algebraische Summe vieler einzelner Reaktionen charakterisiert werden können<sup>2)</sup>.

Also wenn wir mit der Erscheinung der Reizeinwirkung eines Gemisches zu tun haben, haben wir zugleich mit einer komplizierten und mit einer einheitlichen Erscheinung zu tun, wo viele einzelne Einwirkungen in der Perzeption des reagierenden Organismus vereinheitlicht sind.

Auf Grund dieser Erwägungen über die Einwirkung von Gemischen und der Versuche in dieser Beziehung von PFEFFER ist es nicht zulässig, ohne überzeugende experimentelle Begründung, die aber, wie gesagt, einstweilen fehlt, die Identität zwischen Luft als Reizanlaß mit Sauerstoff als Reizanlaß anzunehmen.

Die Benennung des Aerotropismus kann einstweilen für die noch wenig untersuchte und einen biologischen Charakter tragende Tätigkeit der Pflanzen auf einseitigen Luftmangel oder einseitige Luftzufuhr in ihrer Umgebung durch Bewegungen zu antworten beibehalten werden.

Für die Fähigkeit der Pflanzen auf die ungleichmäßige Ver-

1) PFEFFER, W., „Über chemotaktische Bewegungen von Bakterien, Flagellaten und Volvocineen.“ *Unters. aus dem Bot. Inst. zu Tübingen*, Bd. II, 1888. (Abschn. VIII. Die Reizschwelle und die Wirkung von Gemischen.) S. 628 ff.

2) PFEFFER, W., *Pflanzenphysiologie*. Bd. II, 1904, S. 362.

teilung dieses oder jenes einzelnen Gases in deren Umgebung zu reagieren schlage ich die Bezeichnung Aeroïdotropismus vor<sup>1)</sup>.

Hier will ich nur Versuche mit aeroïdotropischen Erscheinungen anführen. Versuche, die ich mit Aerotropismus ausgeführt habe, werde ich in meiner folgenden Arbeit angeben.

### Methodische Forderungen.

Ich habe hauptsächlich die Einwirkungen von H, N, CO<sub>2</sub> und O auf verschiedene Pflanzen geprüft.

Wie gesagt, waren die Erscheinungen der Reaktion der Pflanzen auf die einseitige Einwirkung einiger Gase zuerst von MOLISCH konstatiert worden. Später wurden sie von SAMMET<sup>2)</sup> und BENNET<sup>3)</sup> mehr oder weniger systematisch und mit Anschluß an MOLISCH weiter geführt. Es waren hauptsächlich Wurzeln als Objekt der Untersuchung gebraucht worden. Die Ergebnisse der genannten Forscher stimmen aber nicht überein.

Ohne hier auf die Kritik der Einzelheiten einzugehen, will ich die methodischen Forderungen anführen, die als Gegensatz zu dem, was mir in den erwähnten Arbeiten als methodisch unzureichend schien, für meine eigene Versuchsanstellung maßgebend waren.

1. Die Pflanzen sollten in normalen Bedingungen untersucht werden. Diese Forderung wurde dadurch befriedigt, daß als Objekt der Untersuchung nicht Wurzeln sondern hauptsächlich Stengel der normal in Erde wachsenden Pflanzen gebraucht wurden. Bis jetzt sind die Stengel nur einmal von SAMMET und zwar mit negativem Erfolge auf die Wirkung der Gase untersucht. Bei Anwendung einer entsprechenden Methodik

1) Aeroïdotropismus ist von dem griechischen Worte *ἀεροειδής*, d. h. „luftartig“, abgeleitet, dabei ist zuerst das Substantivum „aeroïd“ nach dem in den Naturwissenschaften üblichen Verfahren (so sphaeroïd, globoïd, anhydrid = anhydroïd, krystalloïd, colloïd usw.) gebildet, um in dieser Weise die Zusammensetzung „Gasotropismus“ zu vermeiden. — Das Wort „Gas“ ist späteren Ursprungs; es wurde von Joh. Bapt. VAN HELMONT (1577—1644) eingeführt und eignet sich also nicht dazu, um mit dem Worte griechischen Ursprungs „Tropismus“ verbunden zu werden.

2) SAMMET, R., „Untersuchungen über Chemotropismus und verwandte Erscheinungen bei Wurzeln, Sprossen und Pilzfäden.“ Inaug. Diss. Leipzig 1905.

3) BENNET, M. E., „Are roots aerotropic?“ Bot. Gaz. Vol. XXXVII. 1904.

haben sie sich aber als äußerst geeignete und empfindliche Objekte erwiesen.

2. Die Pflanzen sollten nicht unmittelbar vor dem Versuche in den Apparat übergeführt, sondern erst an den Apparat gewöhnt werden. Die Töpfchen mit den Pflanzen wurden mindestens 24 Stunden oder mehr vor dem Versuche in den Apparat gestellt.

3. Es sollen alle Bedingungen des Versuches möglichst vollständig bestimmt werden. Um dem Wechsel der Beleuchtung und der Temperatur vorzubeugen, wurden alle Versuche im Dunkelraume ausgeführt. Im Apparate, in dem die Versuche ausgeführt wurden, wurde die Atmosphäre immer dampfgesättigt gehalten.

Die Temperatur und die Feuchtigkeit des einwirkenden Gases waren denen im Apparate gleich. Dabei wurde:

- a) die Menge des diffundierten Gases bei den vorhandenen Bedingungen der Temperatur und des Druckes mittels eines geeigneten Apparates, nach den Angaben von BUNSEN<sup>1)</sup>, mit möglichst großer Genauigkeit festgestellt;
- b) während des ganzen Verlaufes des Versuches blieben die Gasdifferenzen in der Umgebung der Pflanzen denen am Anfang des Versuches gleich;
- c) der Anhäufung des Gases im Apparate, die nach dem WEBER'schen Gesetz die Empfindlichkeit der Pflanzen zu der weiteren Diffusion modifizieren konnte, wurde entweder durch Verbindung des Apparates mit der umgebenden Atmosphäre, durch Aussaugen oder durch Absorption usw. vorgebeugt.

4. Die Perioden des Anmerkens der Resultate sollten nicht durch die Willkür des Beobachters, sondern durch seine Erwägungen auf Grund des Prozeßverlaufes bestimmt werden. Das konnte nur durch kontinuierliche Beobachtung geschehen.

5. Der Prozeß sollte Schritt für Schritt verfolgt werden. Die Möglichkeit dieser ununterbrochenen Beobachtung gab das Horizontalmikroskop, welches als systematisches Werkzeug der Untersuchung gebraucht wurde. Die Vergrößerung blieb klein (1 Teilung des Mikrometers gleich 0,25 mm), um die ständige Beobachtung zu ermöglichen und in keinem Falle die normalen Bedingungen des Versuches zu stören.

1) BUNSEN, K. „Gasometrische Methoden.“ Braunschweig. 2. Aufl. 1877.

6. Es sollten die Unbestimmtheiten des „summarischen Verfahrens“ vermieden werden. Man untersucht dabei Objekte mit ganz verschiedenen und unbestimmten Eigenschaften des Wachstums, der Nutation, der Stimmung usw., und es werden ohne genügende Gründe alle in dem einen willkürlich gewählten Momente beobachteten Krümmungen oder Nicht-Krümmungen auf die Rechnung des einen untersuchten Reizanlasses bezogen, das heißt es wird das, was ganz verschiedenartig sein kann, ohne Bedenken als gleichartig zusammengefasst.

Ich habe anstatt des summarischen Verfahrens das singulare Verfahren angewandt. — Jede Pflanze sollte für sich untersucht werden. Vor dem Versuche sollten die Verhältnisse des Wachstums, ebenso der Nutation mittelst des Horizontalmikroskopes festgestellt werden, so daß man keine Gefahr laufen konnte, die reagierenden Bewegungen mit Nutationsbewegungen oder irgend welchen anderen Krümmungen zu verwechseln<sup>1)</sup>.

Die individuellen Unterschiede können durch Untersuchung vieler einzelner Individuen, aber jedesmal als Individuen, beseitigt werden.

Was meine Versuchsanstellung im einzelnen betrifft werde ich sie genau, ebenso wie die Abbildungen, in der später folgenden Arbeit angeben; hier will ich nur hinzufügen, daß ich Gasströme verschiedener Schnelligkeit = Einwirkungsstärke gebraucht habe, die durch ein System von Glasröhren geleitet wurden; in die Kette der Glasröhren war im Apparat, in dem die Pflanze sich befand, unmittelbar vor der Pflanze ein gebranntes aber nicht glasiertes Tonrohrstück eingeschaltet.

Indem der Strom des Gases durch die Röhre ging, diffundierte ein für jede Stärke des Stromes bestimmter Teil davon aus dem Tonrohre aus und wirkte auf die Pflanze ein. Die Stelle der Einwirkung ebenso wie die Entfernung des Rohres von der Pflanze konnte, ohne die Pflanze selbst zu berühren, durch eine leichte Handhabung der Glasröhre außerhalb des Apparates reguliert werden.

### Einige allgemeine Ergebnisse.

Wie schon erwähnt, habe ich hauptsächlich mit Sprossen

1) Mit den neu auftretenden Nutationen, wie sie z. B. bei Verunreinigung der Luft mit Leuchtgas usw. von MOLISCH, NELJUBOW, RICHTER beobachtet waren, hat man hier, wie die entsprechenden Versuche gezeigt haben, nicht zu tun.

höherer Pflanzen gearbeitet. Indem ich die aufgestellten methodischen Forderungen in meinen Versuchen durchführte, gelang es mir, Reaktionen bei fast allen von SAMMET untersuchten und als indifferent bezeichneten Sprossen und bei mehreren anderen zu erzielen.

Es erwiesen sich in meinen Versuchen folgende Pflanzen als aeroïdotropisch empfindlich und reaktionsfähig: *Brassica Napus* und *B. Rapa*, *Sinapis alba*, *Vicia sativa* und *V. faba*, *Pisum sativum*, *Helianthus annuus*, *Lupinus albus* und *Phaseolus multiflorus*. Ebenso müssen die Fruchträger von *Phycomyces nitens* als empfindlich gegen  $\text{CO}_2$  anerkannt werden. Abweichendes Verhalten zeigten die Gramineen, — *Triticum vulgare*, *Sceale cereale*, *Hordeum vulgare*, *Avena sativa*, in verschiedenen Stadien der Entwicklung geprüft, zeigten sich als indifferent.

Was einzelne Gase betrifft, so haben sich zwei davon, nämlich Wasserstoff und Stickstoff, als unwirksam erwiesen. Die Krümmungen gegen Stickstoff, die MOLISCH beobachtet hat, und die ich auch bei meinen ersten Versuchen bemerkt habe, erwiesen sich bei genauer Prüfung als Resultate der Verunreinigung des Gases, was mir später die Kontrollversuche bestätigt haben. In absolut reinem Zustande konnten weder schwache noch stärkere Ströme von Stickstoff in meinen Versuchen eine Reaktion hervorrufen.

Sauerstoff und Kohlensäure sind beide als Reizanlässe wirksam. Als das beste Reizmittel für meine oben erwähnten Zwecke — den Gang des Prozesses zu untersuchen und dessen einzelne Momente näher zu präzisieren — hat sich Kohlensäure erwiesen; darum habe ich darauf meine Hauptaufmerksamkeit gelenkt, und hier werde ich hauptsächlich die Ergebnisse der Reizung mit Kohlensäure anführen.

Um vor allen möglichen schädlichen Beimischungen sicher zu sein, habe ich Kohlensäure aus Mineralquellen, in einer Bombe aufbewahrt, gebraucht.

Um den Einwand über den möglichen Hydrotropismus zu beseitigen, habe ich Kontroll-Versuche mit Luftströmen ausgeführt — Luftströme derselben Feuchtigkeit und Temperatur, auch derselben und größerer Diffusionsstärke (durch Überdruck erhalten) wie Kohlensäureströme haben sich bei allen anderen gleichen Bedingungen als durchaus unwirksam erwiesen. Sobald der Luftstrom durch Kohlensäurestrom ersetzt wurde, kam auch die Reaktion zustande.

## Ergebnisse der Untersuchung über den allmählichen Gang des Prozesses.

Die Mehrzahl meiner Versuche habe ich mit Hypokotylen von *Helianthus annuus* ausgeführt. Ich leitete Ströme verschiedener Stärke durch die Röhre des Apparates, so daß ein bestimmter Teil davon durch das Tonrohr auf die Pflanze diffundierte (und zwar ununterbrochen, nicht intermittierend, was der beharrliche Manometerstand anzeigte) und als Reizanlaß eine reagierende Bewegung hervorrief.

Ströme „1. Ordnung“ gaben eine Diffusion, die 0,015 ccm in 1 Sekunde bei 20° C („Normaltemperatur“ meiner Versuche) und 80 mm Wassersäule („Normaldruck“ meiner Versuche) gleich war. Bei den Strömen „2. Ordnung“ war die Diffusion eine doppelte, also ungefähr 0,03 ccm in 1 Sek. bei den „normalen“ Temperatur- und Druck-Verhältnissen. Endlich habe ich stärkere Ströme gebraucht mit Diffusion des Gases nicht durch das Tonrohr, sondern aus einem offenen Glasrohre, indem in jeder Sekunde 0,3 ccm, manchmal sogar mehr, auf die Pflanze einwirkte.

Dabei habe ich folgende Resultate, die in meinen Versuchsprotokollen zahlenmäßig ausgedrückt sind, erhalten:

Ströme der CO<sub>2</sub> 1. Ordnung riefen in größter Mehrzahl der untersuchten Pflanzen zuerst eine positive Krümmung zu dem Gase hervor, die aber bei längerer Einwirkungsdauer in eine negative überging.

Die positiven Krümmungen dürfen nicht als erstes Stadium des späteren Prozesses angesehen werden, sondern als eine selbständige Reaktion auf die kurze Einwirkungsdauer der kleinen Mengen der einwirkenden CO<sub>2</sub>. Wenn man den Strom vor der Erreichung der zeitlichen Reizschwelle für die negative Krümmung abstellt, so kommt nur eine ausgeprägte positive Krümmung zustande. Diese „anlockende“ Wirkung von CO<sub>2</sub> war auch teilweise von MOLISCH und mit größerer Bestimmtheit von SAMMET für Wurzeln festgestellt und läßt sich aus der Tatsache verstehen, daß das Optimum von CO<sub>2</sub> für das Leben der Pflanzen höher als ihr Gehalt in der Luft liegt<sup>1)</sup>.

Ströme 2. Ordnung veranlaßten vom Anfang an eine negative Krümmung von dem Rohre weg.

1) So z. B. CHAPIN P., „Einfluß der Kohlensäure auf das Wachstum.“ Flora Erg. Bd. 91. 1902.

Stärkere Ströme hatten immer und sofort eine negative Krümmung zur Folge.

Der Reaktionsverlauf aber zeigte in allen Fällen, ob negativ oder positiv, ob schneller bei stärkeren und längeren oder langsamer bei schwächeren und kürzeren Einwirkungen in den Hauptpunkten denselben Charakter. Darum will ich hier nur zwei Beispiele aus den zahlreichen Tabellen, die ich besitze, anführen, die zahlenmäßig diesen Charakter ausdrücken.

Ich wähle zuerst einen Versuch mit der Einwirkung des schwächsten Stromes.

Die Mikrometerangaben gebe ich so, wie ich sie bei dem Versuche notiert habe, ohne sie auf eine Einheit zu bringen<sup>1)</sup>.

Um 10 Uhr 20 Min. stand der 11 Teilungen des Mikrometers dicke Sproß zwischen den Mikrometerteilstrichen 41,5 und 52,5; ich habe mir meistens den Stand der beiden Seiten des Sprosses notiert, für die Beschreibung des Versuches ist aber jede Reihe für sich genügend.

Um 10 Uhr 20 Minuten wurde der Strom erster Ordnung geöffnet<sup>2)</sup>.

Zeit.	Mikrometer- Angaben.	
10 Uhr 20 Min.	41,5	Der Strom geöffnet.
25 „	40,5	Anfang einer Zu-Krümmung.
30 „	38,5	
35 „	35,5	Beschleunigung der Zu-Krümmung.
40 „	33	
45 „	32	Verlangsamung der Zu-Krümmung.
50 „	32	Stillstand.
55 „	33	Anfang der Weg-Krümmung.
11 „ 00 „	34,5	
11 „ 05 „	37	
10 „	39	
15 „	41	
20 „	42	
25 „	44	
30 „	46	
35 „	49	Beschleunigung der Weg-Krümmung.

1) Die Mikrometerscala wurde gewöhnlich auf den Teil des Sprosses unter den Cotyledonen aufgestellt, das Tonrohr ungefähr 1 cm niedriger.

2) Alle Waschflaschen waren mit CO<sub>2</sub> gefüllt, so daß die Diffusion der CO<sub>2</sub> unmittelbar nach dem Öffnen des Stromes anfangen konnte. Die Notizen wurden alle 5 Minuten gemacht, indem die Pflanze für einen Moment durch eine Kerze einmal von der einen, das andere Mal von der anderen Seite beleuchtet wurde. Die Kontrollversuche haben gezeigt, daß heliotropische Krümmungen dabei ausgeschlossen blieben.

Zeit.	Mikrometer- Angaben.	
11 Uhr 40	52	
45	55	
50	61	} 9 Teilungen in 5 Minuten.
55	70	

Der Strom ist abgestellt, es folgt die Nachwirkung.

Zeit.	Mikrometer- Angaben.	
12 Uhr 00 Min.	75	
05	80	
10	85	
15	88	
20	88,5	Deutliche Verlangsamung.
25	89	
30	89	Stillstand.
35	87	Anfang des Zurückkehrens in die normale Lage.
40	85	
45	82	
50	79	

usw.

In diesem Versuche sehen wir zuerst eine Zukrümmung, dann kommt ein Moment des Stillstandes und nun erst fängt eine Wegkrümmung an. Von hier an zeigt der Reaktionsverlauf den Charakter, der allen Versuchen, bei jeder Stromintensität, die als Reizanlaß wirkt, eigen ist. Die Bewegung geht zuerst langsam, dann immer und immer schneller; nach dem Abstellen des Stromes dauert sie als Nachwirkung fort; die Beschleunigung aber läßt sich nicht weiter bemerken; es kommt bald eine Verlangsamung der Bewegung und dann der Stillstand, der 5 bis 10 Minuten dauert. Nach dem Stillstande fängt das Zurückkehren in die normale Lage an.

Ich will noch einen Versuch mit dem Strome 2. Ordnung angeben, werde aber die Beschreibung in etwas größere Perioden zusammenfassen, da das allgemeine Bild der Bewegung, ebenso wie die Art und Weise der Notizenführung durch das erste Beispiel deutlich ist und andererseits im Kapitel über die Reaktionszeiten noch einmal vorkommen wird.

Um 4 Uhr 25 Minuten wurde der Strom der  $\text{CO}_2$  2. Ordnung geöffnet. Nach 5 Minuten hat der Sproß einen Teilstrich von dem Rohre zurückgelegt; in den nächsten 5 Minuten zwei Teilstriche und so fort. Um 5 Uhr war die Wegkrümmung mit unbewaffnetem Auge sichtbar. Nach einer Stunde wurde der Strom abgestellt. Die Nachwirkung dauerte noch 40 Minuten, 30 Minuten

ging noch die Wegkrümmung, sich verlangsamend, weiter, der dann für 10 Minuten Stillstand folgte. Um 6 Uhr 10 Minuten hatte die Zurückbewegung angefangen, die dann mit Beschleunigung die Pflanze in ihre normale Lage zurückbrachte.

Stärkere Ströme riefen eine fast momentane Reaktion hervor, deren Richtung durch Einwirkung des Stromes auf eine andere Flanke schnell verändert werden konnte.

Indem der allgemeine Charakter des Reaktionsverlaufes in allen Fällen derselbe bleibt, ist die Dauer und die Intensität der Reaktion von der Intensität und der Dauer der Einwirkung abhängig; auch die Zeit der Nachwirkung wird entsprechend verlangsamt oder verkürzt.

Die Reaktion ist aber nicht nur eine Funktion der Dauer und der Intensität der Einwirkung, sondern auch der Reaktionsfähigkeit des Objektes im weiten Sinne des Wortes: sie hängt vor allem von den Wachstumsbedingungen der Pflanze ab. Die aeroïdotropischen Krümmungen sind Wachstumserscheinungen. Eine große Menge der Versuche hat unstreitig gezeigt, daß ohne Wachstum jede aeroïdotropische Reaktion unterbleibt.

### Einzelne Momente des Prozesses.

Trennung der Perzeption und Aktion. Es wurde zuerst von MOLISCH, dann von SAMMET festgestellt, daß die Perzeption des Reizes durch Gase von der Reaktion nicht getrennt erscheint; d. h. nach ihrer Meinung haben wir es im Aeroïdotropismus mit einer direkten Reizbarkeit nach dem Ausdrucke von ROTHERT<sup>1)</sup> zu tun.

Dieses Resultat wurde mittels der Methode des Dekapitierens erhalten.

Die Dekapitierungsmethode aber ist nur als Orientierungsmethode und nur so weit zulässig als sie die Reaktion nicht verhindert. Sobald eine dekapitierte Pflanze keine Reaktion mehr aufweist, darf überhaupt keine Schlußfolgerung über das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein der Perzeption gemacht werden.

In meinen Versuchen hatte das Abschneiden der Sproßspitze bis zu 10 mm keine Beseitigung der Reaktion zur Folge.

1) ROTHERT, W., „Über Heliotropismus.“ COHN's Beiträge. Bd. VII. 1896. S. 168.

Dieses Resultat aber läßt die eigentliche Frage über die Selbständigkeit der Perzeption und Aktion, wie es mir scheint, unberührt.

Das Wesen der Frage liegt in der Möglichkeit oder Unmöglichkeit einer Fortleitung der Reizung, d. h. des Eintretens der Reaktion in einer mehr oder minder großen Entfernung von der gereizten Stelle.

Wenn die Reizleitung zu konstatieren ist, so müssen wir, ganz unabhängig davon, ob spezielle Organe oder bestimmt lokalisierte Gebiete der Perzeption und Aktion gefunden werden oder nicht, diesen beiden Funktionen eine gewisse Selbständigkeit zugestehen.

Die Methode der lokalisierten Reizung gab mir die Möglichkeit, für Aeroïdotropismus die Tatsache der Reizleitung zu konstatieren.

Der Weg, den ich dabei gewählt habe, war der folgende. Der Strom 2. Ordnung von  $\text{CO}_2$  zeigt keine Wirkung, wenn die Pflanze ein Zentimeter weit von dem Tonrohre entfernt ist; er ruft dann auch keine positive Krümmung hervor. Auf Grund dieser Tatsache gelangte ich zu folgender Überlegung: Wenn bei der Einwirkung des Stromes 2. Ordnung auf die in 2 mm Abstand von dem Rohre befindlichen älteren Stengelteile eine normal orientierte und verlaufende Krümmung in den jüngeren krümmungsfähigen, aber bis einige Zentimeter weiter entfernten Stengelregion auftritt, so wird dies unbestreitbar als Erfolg einer übergeleiteten Erregung betrachtet werden können.

Die Krümmung fängt gewöhnlich im oberen Teile des wachsenden Sprosses an; — im Falle eine Reizleitung in der Tat stattfindet, kann man also erwarten, den mikroskopisch sichtbaren Anfang der Krümmung oben auftreten zu sehen, nachdem die Reizung einige Zentimeter tiefer erfolgt war.

Die Beobachtung hat meine Vermutung bestätigt. Indem ich die Pflanzen 2, 3, 4 und sogar 5 cm unter der Spitze gereizt habe, konnte ich im Mikroskope, manchmal auch schon mit unbewaffnetem Auge, den Anfang der Krümmung oder sogar die ganze Reaktions-Bewegung unweit der Spitze, also mehr als in 1 cm Entfernung von der gereizten Zone, beobachten, wobei der unmittelbar gereizte Teil am Anfang des Versuches oder überhaupt seine Stellung gegen das Rohr unverändert behielt.

In einigen Fällen wurden sogar die Krümmungen höher als 1 cm über dem direkt gereizten Teile fixiert, was unbestreitbar zeigte, daß schon hier das Wachstum während des Versuches ein-

gestellt und also die Reizung von der nicht wachsenden Zone perzipiert wurde.

Diese Versuche bestätigen die Ansicht ROTHERT's, daß die Empfindlichkeit in Organismen länger als die Reaktionsfähigkeit bewahrt bleiben kann<sup>1)</sup>.

Die erhaltenen Ergebnisse scheinen die Leitung der aeroïdotropischen Erregung und damit eine gewisse Selbständigkeit der Perzeption und Reaktion festzustellen.

### Zur Frage der Präsentations- und Reaktionszeit.

Diese Begriffe wurden in die Pflanzenphysiologie hauptsächlich durch CZAPEK eingeführt<sup>2)</sup>. In der letzten Zeit wurden sie besonders eingehend von FITTING besprochen<sup>3)</sup>. BACH hat die Präsentations- und Reaktionszeit auf ihre Abhängigkeit von verschiedenen äußeren Faktoren untersucht<sup>4)</sup>.

Unter Präsentationszeit versteht man die Zeitdauer, „welche nötig ist, um eine Erregung zu induzieren, die nach der Sistierung des Reizes eine eben merkliche Nachwirkungsbewegung zur Folge hat“<sup>5)</sup>.

Als Reaktionszeit bezeichnet man die Zeitdauer, die zwischen dem Anfang der Reizung und dem Reaktionsbeginn verläuft. Die Reaktionszeit ist ein Begriff, der schon längst in der Wissenschaft eingebürgert ist und einen ganz bestimmten Sinn hat. Anders mit dem Begriffe der Präsentationszeit. Ihr Wesen und ihre Begrenzung scheinen mir weder experimentell noch theoretisch sicher zu sein.

Es ist von Interesse, einige vergleichende Beispiele ihrer experimentellen Bestimmung anzuführen.

Für Hypokotyle von *Helianthus annuus* hat CZAPEK die Präsentationszeit für Geotropismus gleich 20 Minuten festgestellt<sup>6)</sup>;

1) ROTHERT 1896. l. c. S. 180.

2) CZAPEK, FR., „Weitere Beiträge zur Kenntnis der geotropischen Reizbewegungen“ Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 32. 1898.

DERS.: „Über den Vorgang der geotropischen Reizperzeption in der Wurzelspitze“. Ber. d. D. Bot.-Ges. Bd. XIX. 1901.

3) FITTING, H., „Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang.“ Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 41. 1905.

4) BACH, H., „Über die Abhängigkeit der geotropischen Präsentations- und Reaktionszeit von verschiedenen äußeren Faktoren.“ Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 44. 1907.

5) PFEFFER, W. 1904 l. c. S. 623. S. auch FITTING 1905 l. c. S. 285.

6) CZAPEK, 1898 l. c. S. 185.

FITTING für dasselbe Objekt 5—6 Minuten<sup>1)</sup>; BACH ungefähr 3 Minuten<sup>2)</sup>. Für Epikotyle von *Phaseolus multiflorus* — nach CZAPEK 50 Minuten; nach FITTING 6—7 Minuten; nach BACH 3—4 Minuten.

Diese Mannigfaltigkeit der experimentellen Angaben wird verständlich, wenn man näher betrachtet, auf welche Art und Weise sie erhalten wurden.

1. Aus der angeführten Definition der Präsentationszeit ist ersichtlich, daß für ihre experimentelle Feststellung das Erscheinen oder Nichterscheinen der Reaktions-Bewegung als Nachwirkung maßgebend ist. Diese Bewegung ist aber, ganz abgesehen von der Wirkung des Reizanlasses als solchem und von dem von ihm ausgelösten Prozesse, durch viele andere äußere und innere Faktoren, wie Wachstum und dergl. mitbestimmt. Die zeitlichen Differenzen, die durch diese Faktoren hervorgerufen sein können, dürfen aber in keinem Falle auf die zeitlichen Beziehungen der durch den Reiz veranlaßten inneren Prozesse überhaupt übertragen werden. Der Einfluß dieser selbständigen parallelwirkenden Faktoren ist nirgends bei den experimentellen Bestimmungen der Präsentationszeit berücksichtigt. Ohne diese Berücksichtigung können aber die angeführten Zahlen keinen relativen Wert haben.

2. Andererseits finden wir in der angeführten Definition, daß die experimentelle Bestimmung der Präsentationszeit nicht von der Bewegung überhaupt, sondern von der „eben merklichen“ Bewegung als Nachwirkung abhängig gemacht wird.

Diese „ebenmerkliche“ Bewegung wird mit dem unbewaffneten Auge des Forschers festgestellt. Es können aber die Angaben auf Grund der Beobachtung mit unbewaffnetem Auge über die „eben merklichen“ Bewegungserscheinungen ebensowenig als wissenschaftlich geltende anerkannt werden, wie z. B. die Bestimmungen der eben merklichen Temperatur- oder Druckverhältnisse in unseren Experimenten durch die Angaben unseres unmittelbaren Temperatur- oder Druck- und Tastgefühls essein könnten. In allen diesen Fällen fordern die Messungen in gleichem Maße eine empfindlichere „Vermittelung“. Der Gebrauch des Ablese-Mikroskopes sollte als eine unbedingt notwendige Forderung für die Bestimmung der Bewegungserscheinungen mit einem für alle gleich verständlichem Genauigkeitsgrade anerkannt werden.

1) FITTING, 1905 l. c. S. 394.

2) BACH. 1907 l. c. S. 63. S. auch S. 64, 65.

Die angeführten experimentellen Bestimmungen der Präsentationszeit werden also auch von diesem methodischen Standpunkte, der für die vergleichbaren Messungen bestimmte Forderungen stellt, als unzureichend erscheinen.

Experimentell nicht exakt festgestellt, bleibt der Begriff der Präsentationszeit auch seinem Wesen nach undeutlich.

Eine Kritik des bisherigen Gebrauches dieses Begriffes kann man teilweise in der oben erwähnten Arbeit von FITTING finden. Nach den kritischen Bemerkungen versucht FITTING selbst „das Wesen der Präsentationszeit“ näher zu bestimmen, indem er sie in eine direkte Beziehung zur „Reaktionszeit“ und zur „Relaxationszeit“ stellt<sup>1)</sup>.

Das Wesen der Präsentationszeit scheint mir aber auch durch diese Beziehung nicht aufgehehlt, da das Wesen der „Relaxationszeit“ selbst noch einer Begründung harret. Die vier Punkte, die FITTING S. 363 angibt, von denen nach seiner Meinung die Präsentationszeit abhängig sein könnte, sind für ihr Verständnis noch nicht genügend. Man braucht z. B. nur die Erwägungen ROTHERT's<sup>2)</sup> zu berücksichtigen, der nicht nur zwischen Erregungsprozessen und Reaktionsprozessen unterscheidet, sondern sie so zu sagen verdoppelt, indem er noch die Prozesse der Empfindlichkeit von denen der Reizbarkeit in jedem Reizvorgange und, wie mir scheint, mit vollem Rechte von einander trennt<sup>3)</sup>.

Der Begriff der Reaktionszeit ist, wie schon erwähnt wurde, ganz eindeutig, obwohl ihre experimentellen Bestimmungen aus den schon für die experimentelle Bestimmung der Präsentationszeit erwähnten Gründen — 1. wegen Mangel an Differentiation verschiedener Faktoren, die mit dem Reizanlasse auf die Bewegung parallel wirken und 2. wegen der Beobachtungen der eben merklichen, erst anfangenden Bewegungen mit unbewaffnetem Auge — nicht weniger als die der Präsentationszeit schwanken<sup>4)</sup>. Indem man aber diese Mängel beseitigen wollte, könnte ihre wissenschaftliche Bearbeitung einen Grund für jede weitere Differentiation des Reizvorganges bieten.

1) FITTING, 1905. Abschn. XII. S. 362 ff.

2) ROTHERT. 1896 l. c. §. 69, S. 164 ff.

3) Eine analoge Scheidung hat FR. NOLL in seiner Arbeit „Über Heterogene Induktion“, Leipzig 1892, angezeigt.

4) S. z. B. BACH 1907 l. c. u. a. Es scheint mir nicht wünschenswert, diese Schwankungen ohne weiteres auf die Schwankungen der Empfindlichkeit wie es einige Autoren machen, zurückzuführen, solange man ganz reelle, der experimentellen Untersuchung zugängliche Gründe dazu finden kann.

Auf dem Gebiete der taktischen Erscheinungen, wo die Versuche immer mit Hilfe des Mikroskopes ausgeführt wurden, und wo wir, z. B. bei PFEFFER<sup>1)</sup>, Ausgangspunkte für die meisten gegenwärtigen Probleme der Tropismen finden können, wurden die Reaktionszeiten ganz minimal, nur wenigen Sekunden gleich, festgestellt; für die tropistische Erscheinungen hingegen wurden die Reaktionszeiten (mit wenigen Ausnahmen — so z. B. Ranken — PFEFFER, FITTING) im allgemeinen sehr groß gefunden. So können nach CZAPEK<sup>2)</sup> die Reaktionszeiten für Geotropismus nicht kleiner als gleich 20 Minuten ausfallen; gewöhnlich aber sind sie noch viel größer, bis 1 Stunde und mehr angegeben<sup>3)</sup>.

In meinen Versuchen hat nun die mikroskopische Beobachtung der höheren Pflanzen keine viel größeren Werte für deren Reaktionszeiten als die bei den taktischen Erscheinungen beobachteten ergeben.

Ich habe schon erwähnt, daß bei aeroïdotropischen Untersuchungen bei stärkeren Strömen des einwirkenden Gases die Reaktionszeiten nur gleich wenigen Sekunden waren. Ich habe es für nötig gefunden, außerdem geotropische Erscheinungen, wo die Frage über die Reaktions- und Präsentationszeit am meisten diskutiert wurde, auch in Betracht zu ziehen.

Einstweilen habe ich Versuche nur mit der Schwerkraft  $g$  ausgeführt und dabei ganz minimale Reaktionszeiten erwartet, da, wie bekannt, die Größe  $g$  bedeutend die Reizschwelle für Schwerkraft, die als 0,001 bestimmt war<sup>4)</sup>, übersteigt, und also einen Reizanlaß großer Intensität vorstellt. Die Versuche haben meine Vermutung vollständig bestätigt.

Die entsprechenden Resultate von MOISESCU<sup>5)</sup> können nicht in Betracht kommen, da bei seiner Versuchsanstellung die geotropische Bewegung durch eine mechanische Senkung verdeckt sein mußte.

BACH<sup>6)</sup> hat die Resultate von MOISESCU einer Prüfung unterworfen; er hat aber auch keine definitiven Maßregeln für das

1) PFEFFER, W., „Locomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize.“ — Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. I, 1883; Unters. aus dem Bot. Inst. zu Tübingen, Bd. I, 1884. DERS. 1888, l. c.

2) CZAPEK 1901 l. c.

3) CZAPEK 1898 l. c., S. 186. — BACH 1907 l. c. u. a.

4) CZAPEK 1898 l. c., S. 193.

5) MOISESCU, N., „Kleine Mitteilung über die Anwendung des horizontalen Mikroskopes zur Bestimmung der Reaktionszeit.“ Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. XXIII, 1905.

6) BACH 1907 l. c., Kap. VII, S. 113 ff.

völlige Ausschließen der mechanischen Einwirkung von Schwerkraft vorgenommen.

Ich habe meine Versuche in folgender Weise angestellt:

Ein Töpfchen mit dem Keimling wurde auf einem Gestelle so befestigt, daß man es in einer bestimmten Richtung senkrecht zu dem Mikroskop-Rohre hinlegen und dann wieder in dieselbe Lage aufstellen konnte.

Vor dem Versuche wurde der Keimling wie üblich zuerst auf sein Wachstum und seine Nutation geprüft. Dann wurde das Töpfchen für 1, 2, 3 Minuten hingelegt, dann wieder aufgestellt und die Reaktion sofort als Nachwirkung untersucht. Es sollte dabei also die reagierende Bewegung, im Falle sie induziert worden sein sollte, 1. der Senkbewegung entgegengehen und 2. den Stengel aus seiner normalen senkrechten Lage bringen.

Allerdings kann hier die Elastizität des Sprosses bis zu einem gewissen Grade eine gleichgerichtete Bewegung bedingen. Es konnte zwar diese Bewegung durch Unterstützung des Keimlings bei der Hinlegung beseitigt werden, da aber die Unterstützung wieder neue Reizeinwirkungen, so z. B. die Einwirkung durch Kontakt mit sich bringen konnte, habe ich es vorgezogen, ohne Unterstützung zu arbeiten.

Ich habe aber mittels entsprechender Versuche mit nicht reaktionsfähigen Pflanzen, auch mit elastischen anorganischen Substanzen (so mit langen Streifen von Karton und mit Eisendraht) die elastischen Rückbewegungen mikroskopisch studiert. Die ausführlichen Ergebnisse dieser Versuche werde ich in der späteren Arbeit angeben — sie zeigen, daß die elastische Ausgleichung der Durchbiegung einen ganz anderen Charakter als die beobachteten geotropischen Bewegungen trägt.

So z. B.: es folgt jeder geotropischen Bewegung, auch einer ganz minimalen, nach der vollzogenen Nachwirkung die Bewegung des Zurücktretens der Pflanze in die normale senkrechte Lage. — Nach einer elastischen Ausgleichung der Durchbiegung aber war bei den Bedingungen meiner Versuchsanstellung nie eine entsprechende Rückbewegung bemerkbar.

Hier will ich nun die Hauptresultate, die ich erhalten habe, anführen.

Jede Dauer der Reizung mit der Kraft  $g$  in horizontaler Lage ruft eine fast momentan im Mikroskope sichtbare Reaktion hervor (gutes Wachstum vorausgesetzt).

Grosse Unterschiede je nach der Reizungsdauer hingegen sind in den Reaktionsdauern und in den Reaktionsintensitäten zu be-

obachten. Die gut wachsenden Sprosse, die fünf Minuten lang gereizt waren, gaben eine Reaktion, die mehr als 2 Stunden dauerte<sup>1)</sup> und eine mit unbewaffnetem Auge sichtbare ausgeprägte Krümmung zeigte. Andererseits löste eine 1 Minute lange Induktion eine Reaktion aus, die nur ungefähr 30 Minuten zu beobachten war und schwächer ausfiel.

Nach der Reaktion wurde in allen Fällen zuerst ein Stillstand, dann ein Zurückkehren in die normale Lage beobachtet.

Die Tabellen, die diese Verhältnisse zahlenmässig ausdrücken, werde ich in meiner späteren ausführlichen Arbeit anführen, hier will ich nur eine Tabelle als Beispiel angeben.

Der Sproß von *Helianthus* zeigt im Mikroskope ein ausgezeichnetes Wachstum und keine Nutation in der Ebene der Beobachtung.

Für 1 Minute ist das Töpfchen mit dem Sprosse nach links horizontal gelegt und dann wieder aufgerichtet worden.

Im Mikroskope sieht man sofort eine dauernde Bewegung des Keimlings nach rechts, also in induzierter Richtung.

Zeit.	Mikrometer- Angaben.	
2 Uhr 56 Min.	48—60	
57 "	44	
58 "	43	
3 " 01 "	41	
03 "	40	Die Krümmung ist mit unbewaffnetem Auge sichtbar.
11 "	35,8	
14 "	34	
17 "	32	Verlangsamung der Bewegung.
20 "	31	
25 "	29	
30 "	28	
35 "	27,5	
45 "	27,5	Stillstand.
50 "	27,8	Zurückkehren in die normale Lage.
55 "	28,5	
4 " 00 "	29,2	
4 " 05 "	30,1	
10 "	31	usw.

Die Spitze kehrt schneller zurück und es beginnt um 4 h 10' eine S-Krümmung sichtbar zu sein.

1) Als Dauer der Reaktion bezeichne ich die Zeit vom Anfang der geotropischen Krümmung bis zum Anfang der autotropischen Ausgleichung.

Der Reaktionsverlauf ist, wie man aus der Tabelle sieht, in seinen Hauptpunkten dem Reaktionsverlauf beim Aeroïdotropismus ähnlich, wie es auch sein sollte, da die Reaktionsprozesse öfters gleich sind auch in den Fällen, wo die Perzeptionen von einander abweichen.

Man sieht daraus, daß sogar das Mikroskop kaum ausreicht, um die Dauer der Reaktionszeit bei stärkeren Reizanslässen zu ermitteln, so schnell verlaufen die Reaktionsprozesse bei den untersuchten gesunden Objekten. Es ist sehr wünschenswert, die feineren Methoden der Tier-Physiologie und Psycho-Physiologie, die Hundertstel und Tausendstel der Sekunde festzustellen erlauben, auch in die Pflanzenphysiologie einzuführen. Jedenfalls aber stellen einstweilen die mikroskopischen Beobachtungen der Frage über die Reaktionszeit festere Grenzen.

Für schwächere Reizanslässe kann das Mikroskop mit Erfolg auch ohne weitere methodische Hilfsmittel für die Bestimmung der Reaktionszeiten angewendet werden.

#### Zur Frage der Perzeptionszeit.

Die minimale Zeitdauer, die dazu erforderlich ist, damit eine Pflanze einen Reiz „empfindet“, hat FITTING als Perzeptionszeit bezeichnet<sup>1)</sup>.

Diese Zeit der Einwirkung soll an sich ungenügend sein, um irgend eine sichtbare Reaktion auszulösen, also verliert man das Kriterium der direkten Bestimmung und es bleibt nichts übrig, als sie indirekt zu erschließen.

Als Methode ihrer indirekten Bestimmung ist seit WIESNER<sup>2)</sup> die Methode der intermittierenden Reizung gebraucht<sup>3)</sup>.

Die kleinsten Zahlen für die Perzeptionszeit waren für die geotropische Reizung von FITTING aufgestellt. Er meint behaupten zu können, daß minimale Bruchteile einer Sekunde zur Perzeption des Schwerereizes genügen<sup>4)</sup>.

Ich habe die Perzeptionszeit für aeroïdotropische Erscheinungen untersucht.

1) FITTING. 1905. l. c. S. 285.

2) WIESNER, J. „Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche.“ Denkschrift der Kaiserl. Ak. d. Wissensch. zu Wien. Mat. nat. Kl. II F. 1882.

3) Die neulich konstatierten Erscheinungen, die auch bei intermittierender Reizung nach dem TALBOTschen Gesetze auftreten (NATHANSOHN und PRINGSHEIM jun.), betreffen ein anderes Problem, als das der Zeitschwelle für Perception einer jeden Einwirkung bei intermittierender Reizung.

4) FITTING. 1905. l. c. S. 303.

Dafür aber sollte ich zuerst die allgemeine Frage, wie ich beim Aeroïdotropismus intermittierende Reizung zustande bringen konnte, entscheiden. Ich blieb bei dem Gedanken der JAMIN'schen Kette stehen.

Ohne hier auf die genaue Beschreibung des konstruierten Apparates einzugehen, will ich sein Hauptprinzip erklären. Er enthielt wieder als einen seiner Bestandteile ein System von Glasröhren, in deren Kette ein Tonrohrstück eingeschaltet war. Alle Röhren, auch das Tonrohr, hatten aber nur Kapillarlichtungen. Durch diese Röhren wurde eine Kette der Gasbläschen und Quecksilbersäulchen geleitet, so daß im Tonrohre jedes Gasbläschen ohne Rest auf die Pflanze hinaus diffundierte; diese Zeit der Diffusion war also die Zeit der Reizeinwirkung; die Zeit, während der das Quecksilbersäulchen vorbeilief, war die Zeit der Ruhe.

Die Größe der Bläschen ebenso wie die Zeitdauer der Einwirkung und der Ruhe konnte ich nach meinem Belieben wechseln<sup>1)</sup>. Die JAMIN'sche Kette konnte ohne Unterbrechung mehrere Stunden funktionieren, was für die Versuche vollständig ausreichte.

Da das ganze Bläschen ohne Rest durch das Tonrohr diffundierte, konnte die Menge des einwirkenden Gases mit großer Bestimmtheit festgestellt werden.

Die minimale für die Perzeption genügende Einwirkungszeit, die ich beobachtet habe, war 0,5 Sekunden, bei 0,01 ccm CO<sub>2</sub> in jedem Bläschen. Dabei wurde die positive Krümmung induziert, was auch von vornherein zu erwarten war. Das Verhältnis zwischen Reizungsdauer und Ruhedauer konnte ich dabei nicht höher als 1 : 3 erhalten. Dasselbe Verhältnis hat JOST für Geotropismus festgestellt<sup>2)</sup>, die kürzeste noch perzipierte Einwirkungsdauer war bei ihm dabei gleich 50 Sekunden<sup>3)</sup>.

Ich habe gewöhnlich die Reizeinwirkung auch nach dem Anfange der Krümmung in derselben Weise intermittierend weiter geführt, um nach der Verstärkung der Krümmung beurteilen zu können, ob ich in der Tat mit der Reaktion und nicht mit der zufälligen Bewegung zu tun hatte.

1) Der Apparat gibt die Möglichkeit, auch die von FITTING als „Relaxationszeit“, bezeichnete Periode näher zu untersuchen.

2) JOST, L. „Die Perzeption des Schwerereizes in der Pflanze.“ Biol. Zentralbl. Bd. 22. 1902.

3) Viel größere Verhältnisse zwischen Einwirkungs- und Ruhedauer, so z. B. bei FITTING 11 : 1 und sogar mehr (s. S. 337 ff.) lassen mit großer Wahrscheinlichkeit vermuten, daß dabei die Dauer der Einzelreizungen die Reaktionszeit übertraf.

Es scheint mir aber nicht unwahrscheinlich, daß die Perzeptionszeit auch für den Aeroïdotropismus noch kleiner sich erweisen könnte, wenn man die schon oben als wünschenswert erwähnten feineren Methoden der Untersuchung auch für die pflanzlichen Reizvorgänge anwenden könnte.

Von diesem Standpunkte kann ich diese meine Versuche mit Perzeptionszeit nur als eine Etappe auf dem Wege ihrer weiteren Untersuchung ansehen.

Zum Schluss soll hinzugefügt werden, daß ich in diesen meinen Untersuchungen einstweilen nur die Grundlagen für weitere Arbeit gewinnen wollte, um mir den Weg zu dem oben angeführten Ziele deutlicher vorstellen zu können.

## 9. J. Stoklasa<sup>1)</sup>, V. Brdlik u. J. Just: Ist der Phosphor an dem Aufbau des Chlorophylls beteiligt?

(Vorläufige Mitteilung)

(Eingegangen am 24. Januar 1908.)

Vor zehn Jahren habe ich eine ausführliche Arbeit über die Verbreitung und physiologische Bedeutung des Lecithins in der Pflanze<sup>2)</sup> publiziert, in welcher Arbeit ich zu dem Resultate gekommen bin, daß Phosphor ein Bestandteil des Chlorophylls ist und daß ohne ihn die Entwicklung desselben, resp. die Entstehung der Chlorophyllkörner als Unmöglichkeit angesehen werden muß; durch meine ausführlichen Untersuchungen bin ich zu der festen Überzeugung gekommen, daß das Studium der Chlorophyllfrage mit dem der Lecithine (Phosphatide) überhaupt eng verbunden ist. Ich bin damals zu der Annahme gekommen, daß das Chlorophyll nichts anderes ist, als Lecithin, wobei die fetten Säuren durch eine bestimmte Gruppe von Chlorophyllan-Säuren ersetzt erscheinen.

Meine Forschungen über das Chlorolecithin haben in der

1) Referent.

2) Siehe Sitzungsberichte der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, 1896. — (JUL. STOKLASA, Über die Verbreitung u. physiolog. Bedeutung des Lecithins in der Pflanze.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [26a](#)

Autor(en)/Author(s): Polowzow Warwara

Artikel/Article: [Experimentelle Untersuchungen über die Reizerscheinungen der Pflanzen, mit besonderer Berücksichtigung der Einwirkung von Gasen. 50-69](#)