

Gypsverband oder der Lacküberzug entfernt wird, ehe die primäre Spreite abstirbt, so erhält man ein Blatt mit zwei etagenförmig über einander gelegenen Spreiten. Nothwendig, um Regeneration hervorzurufen, ist also in diesem Falle nicht die Verwundung und nicht die totale Beseitigung, sondern nur das Ausserfunctionsetzen des zu regenerirenden Organes. Welche von dessen hauptsächlichsten Functionen, die Assimilation, die Transpiration, die Athmung, dabei die nächst betheiligten sind, müssen weitere Untersuchungen ergeben. Betreffs dieser, sowie weiterer Einzelheiten sei auf die ausführliche Darstellung verwiesen, in der auch zu den von DRIESCH (901) und MORGAN (901) entwickelten theoretischen Anschauungen über die Regenerationserscheinungen Stellung genommen werden soll.

Tübingen, Botanisches Institut, Februar 1902.

Litteratur-Verzeichniss.

- A. BOIRIVANT (898), Recherches sur les organes de remplacement chez les plantes. Ann. des sciences nat. Botanique, sér. 8, Tome 6. 1898.
 H. DRIESCH (901), Die organischen Regulationen. Leipzig 1901.
 K. GOEBEL (900), Organographie der Pflanzen. Jena 1893—1901.
 H. GRESSNER (874), Zur Keimungsgeschichte von *Cyclamen*. Botan. Zeitg., Bd. 32, 1874, p. 801.
 FR. HILDEBRAND (892), Einige Beobachtungen an Keimlingen und Stecklingen. Botan. Zeitung, Bd. 50, 1892, p. 1.
 — (898), Die Gattung *Cyclamen*. Jena 1898.
 P. LUBBOCK (892), A contribution to our knowledge of seedlings. 2 Bde. London 1892.
 T. H. MORGAN (901), Regeneration. New-York 1901.

10. H. Seckt: Ueber den Einfluss der X-Strahlen auf den pflanzlichen Organismus.

Eingegangen am 20. Februar 1902.

Ueber die Natur der Röntgenstrahlen sind die Ansichten der Physiker bis jetzt noch getheilt. Dass es sich um bestimmte Aetherschwingungen handelt, die zu den Schwingungen, die wir als Licht wahrnehmen, in einem gewissen, noch nicht näher erkannten Verhältniss stehen, gilt als feststehend. Ihre physiologische Wirkung ist vielfach Gegenstand der Untersuchung gewesen. Von Seiten der Pflanzenphysiologen sind bisher meines Wissens nur wenige Versuche

angestellt worden, den Einfluss der X-Strahlen auf den pflanzlichen Organismus näher zu studiren. Man ist wohl der Ansicht, dass Versuche dieser Art zu wenig den natürlichen, unter gewöhnlichen Bedingungen auf die Pflanzen wirkenden Verhältnissen entsprächen, als dass sie von Bedeutung sein könnten. Und doch erscheint es mir durchaus nicht ohne Interesse, das Verhalten des pflanzlichen Organismus gegenüber einem Phänomen, das von so hoher Bedeutung auf dem Gebiete der Physiologie des Menschen und der Thiere ist, kennen zu lernen, zumal es ja noch gar nicht erwiesen ist, ob nicht unter gewissen Verhältnissen den stärker brechbaren Strahlen des Sonnenlichtes eine den X-Strahlen ähnliche oder gleichwerthige Wirkung zukommt.

Im Jahre 1896 theilte ALFRED SCHOBER¹⁾ in den Berichten dieser Gesellschaft einige Untersuchungen mit, die er über die Einwirkung von RÖNTGEN'schen Strahlen auf Keimpflanzen von *Avena* angestellt hatte zum Zwecke der Prüfung, ob sich durch die Bestrahlung mit X-Strahlen ein der heliotropischen Wirkung des Lichtes ähnlicher Einfluss auf die Pflänzchen geltend mache. SCHOBER kam dabei zu dem negativen Resultat, dass den Röntgenstrahlen ein derartige Krümmungen auslösender Reiz nicht innewohne, dass sie sich also hierin wesentlich von den Lichtstrahlen unterscheiden. Einige andere Versuche, die sich auf das Auskeimen von Samen beziehen, wie die von MALDINEY et THOUVENIN²⁾ angestellten, oder auf Chlorophyllbildung und Gasaustausch, wie die von ATKINSON³⁾ und von TOLOMEI⁴⁾ mitgetheilten, kann ich übergehen, da sie unsichere und sich widersprechende Resultate ergeben haben.

Die Wirkung der X-Strahlen auf das Protoplasma der lebenden Pflanzenzelle wurde 1897 von GIUSEPPE LOPRIORE⁵⁾ zum Gegenstande einer eingehenderen Untersuchung gemacht. LOPRIORE richtete sein Augenmerk auf das Auskeimen von Pollenkörnern unter Beeinflussung durch X-Strahlen, sowie auf die Wirkung, die diese Strahlen auf die Bewegung des Protoplasmas in der lebenden Zelle auszuüben vermögen. Er kam dabei zu dem Ergebniss, dass die Keimung des Pollens seiner Versuchspflanzen bei der Bestrahlung ausblieb.

1) ALFRED SCHOBER, Ein Versuch mit RÖNTGEN'schen Strahlen auf Keimpflanzen. Ber. der Deutschen Bot. Ges. Bd. 14, 1896, p. 108.

2) MALDINEY et THOUVENIN, De l'influence des rayons X sur la germination. Revue générale de Botanique, X, 1898, S. 81.

3) G. F. ATKINSON, Report upon the preliminary experiments with the Röntgen rays on plants. Nature 56, 1897, S. 600.

4) G. TOLOMEI, Rayons Röntgen et végétation. Rev. scientif., 4. sér., t. IX 1898, S. 217.

5) GIUSEPPE LOPRIORE, Azione dei raggi X sul protoplasma della cellula vegetale vivente. Estratto dalla Nuova Rassegna. Catania, 1897.

Zeigten die Strahlen hierin einen entschieden hemmenden Einfluss auf die Lebensthätigkeit des Protoplasmas, so erwiesen sie sich der Plasmaströmung gegenüber nicht nur nicht aufhaltend, sondern in vielen Fällen sogar beschleunigend.

Ich habe nun, ohne damals von der LOPRIORE'schen Arbeit Kenntniss zu haben, bei meinen Experimenten mit Röntgenstrahlen gleichfalls die Frage der Protoplasmaabewegung besonders in's Auge gefasst und bin auch noch auf einen zweiten Punkt näher eingegangen. Veranlasst durch eine aus einem anderen Grunde vorgenommene Untersuchung über die nyctitropischen Bewegungsvorgänge an *Mimosa*, entstand mir nämlich die Frage, ob und in welcher Weise durch X-Strahlenreiz eine Bewegung ausgelöst werden könnte.

Ich habe meine Versuche im Laboratorium der Fabrik für elektro - medicinische Apparate von W. A. HIRSCHMANN in Pankow bei Berlin angestellt. Dem Chef dieser Fabrik, Herrn GEORG HIRSCHMANN, der mir in ausserordentlich entgegenkommender Weise alle Hilfsmittel und erforderlichen Apparate zur Verfügung stellte und mir vielfach freundlichst praktische Winke ertheilte, und der mit liebenswürdigem Interesse dem Fortgange meiner Untersuchungen folgte, spreche ich auch hierdurch meinen aufrichtigen und ergebenen Dank aus. Leider sah ich mich durch die Verhältnisse gezwungen, meine Untersuchungen vor dem ursprünglich von mir beabsichtigten Ende abubrechen. Ich will daher nur kurz über die bisher erlangten Resultate berichten.

Bei den Experimenten kam eine grosse Röntgenröhre von etwa 25 bis 35 *cm* Funkenlänge zur Verwendung, die durch einen grossen Funkeninductor mit Motor-Quecksilberunterbrecher in Thätigkeit gesetzt wurde. Zur Stromerzeugung diente eine SIEMENS'sche Dynamomaschine von 220 Volt Spannung, die unter Einschaltung eines hinreichenden Widerstandes eine Stromstärke von 3 bis 4 Ampère ergab.

Ich arbeitete sowohl bei vollständiger Helligkeit, im Tageslicht oder bei künstlicher, elektrischer Beleuchtung, als auch unter Lichtabschluss in der Dunkelkammer. Um im letzteren Falle auch die von der Röhre ausgehenden leuchtenden Strahlen vollständig abzuhalten, wurde die Röhre mit einem lichtdichten schwarzen Tuche umhüllt, wie auch sonst bei Tageslicht häufig mit überdeckter Röhre gearbeitet wurde. Einer zu starken Wärmesteigerung, wie sie sich besonders beim Arbeiten in der Dunkelkammer leicht einstellte, liess sich durch die Möglichkeit hinreichender Ventilation gut vorbeugen.

Zur Untersuchung der Frage nach der Einwirkung der X-Strahlen auf die Bewegung des Protoplasmas benutzte ich Objecte, in deren Zellen unter normalen Bedingungen eine gute Circulationsströmung

zu beobachten ist, nämlich die Haare von der Oberfläche eines jungen Sprosses von *Cucurbita Pepo*, sowie auch die Staubfadenhaare von *Tradescantia virginica* und die Haare von den Blattscheiden von *Tradescantia Selloi*. Wurde ein ganzer Spross der Bestrahlung ausgesetzt, nachdem ich mich zuvor davon überzeugt hatte, welcher Art die Bewegung des Plasmas in den Haarzellen war, so lag die Möglichkeit vor, dass die zur Voruntersuchung verwendeten Haare sich bezüglich der Protoplasmabewegung anders verhielten, als die am Spross verbleibenden exponirten, dass sie lebhaftere oder langsamere Strömung zeigten, als jene. Um diesen Fehler zu vermeiden, wurden die Haare abpräparirt und auf dem Objectträger in einer feuchten Kammer exponirt. Ich hatte auf diese Weise die vollständige Sicherheit, dass ich eine und dieselbe Zelle vor und nach der Bestrahlung beobachten konnte, somit also die etwa durch die X-Strahlen herbeigeführten Veränderungen am Protoplasma einer Zelle vor sich gehen sah.

Ich fand nun, dass die Bestrahlung einen entschieden förderlichen Einfluss auf die Plasmaströmung ausübt, ein Ergebniss, zu dem ja auch LOPRIORE gekommen ist. In Fällen nämlich, wo die Bewegung vor Beginn der Bestrahlung eine mehr oder weniger träge gewesen war, wo sie in einigen Zellen sogar gänzlich gefehlt hatte, konnte ich constatiren, dass sie nach einiger Zeit — nach $\frac{1}{4}$ - bis $\frac{3}{4}$ stündigem Exponiren — sehr lebhaft geworden war und auch in denjenigen Zellen aufgetreten war, in denen sie sich vorher nicht gezeigt hatte. Controlversuche mit Haaren von demselben Spross, und zwar aus nächster Nähe mit den Versuchsobjecten, oder von demselben Staubfaden angestellt, die der Wirkung der X-Strahlen nicht ausgesetzt wurden, zeigten, dass hier die Plasmabewegung nach wie vor träge war oder auch ganz fehlte. Auch auf die Dauer der Strömung übte die Bestrahlung einen günstigen Einfluss aus; denn während unter gewöhnlichen Verhältnissen die Strömung nach nicht allzu langer Zeit sistirt wird, zeigte sie sich bei den exponirten Zellen oft noch nach 2 bis 3 Stunden in ungeminderter Lebhaftigkeit. In anderen Fällen konnte ich allerdings bemerken, dass die Zellen schon nach etwa $1\frac{1}{2}$ stündiger Exponirung Absterbe-Erscheinungen aufwiesen, wie beginnende Plasmolyse und unter Umständen auch Deformirung der ganzen Zelle. Die Plasmolyse wieder rückgängig zu machen, gelang mir nur in einem Falle, dadurch, dass ich die betreffenden Haare in frisches Wasser übertrug. Nach etwa $\frac{1}{2}$ Stunde war die allerdings noch nicht sehr weit vorgeschrittene Contraction des Protoplasmas wieder ausgeglichen. Plasmaströmung sah ich freilich nicht wieder eintreten. Die Loslösung des Protoplasmas von der Zellwand trat, wie es schien, leichter ein bei geringerem Abstände der Röntgenröhre vom Versuchspräparat; doch konnte ich hierbei

eine Gesetzmässigkeit nicht constatiren. Es ist wohl nicht ausgeschlossen, dass bei allzu geringer Entfernung von der Röhre sich noch irgend welche anderen elektrischen Strahlen störend geltend machten.

In dieser Vermuthung wurde ich bestärkt durch das Verhalten von Spirogyren, deren ausserordentlich grosse Empfindlichkeit gegenüber elektrischen Strömen ja bekannt ist; diese verhielten sich in grösserer Entfernung von der Röntgenröhre gegen die Strahlen lange Zeit vollkommen indifferent, während sie in unmittelbarer Nähe, im Abstände von nur 10 bis 20 *cm*, schon nach wenigen Minuten (5 bis 10) plasmolytische Erscheinungen zeigten. Es ist mir nicht gelungen, die Plasmolyse, die sich übrigens vorwiegend bei älteren Fäden fand, durch Ueberführung in frisches Wasser rückgängig zu machen. Die betreffenden plasmolysirten Zellen, und meistens auch der ganze Faden, erwiesen sich schon nach einer bis zwei Stunden als völlig abgestorben, was sich durch Braunfärbung des Chlorophylls deutlich zu erkennen gab.

Ruft somit längere Exponirung eine erhebliche Turgorabnahme hervor, so erscheint es nicht auffallend, wenn in Fällen, wo durch irgend eine Ursache sich künstlich Turgescenzänderungen und als Folge davon Bewegungserscheinungen hervorrufen lassen, wie z. B. bei den durch Berührungsreiz ausgelösten Senkungen der Fiederblättchen und Blattstiele von *Mimosa pudica*, oder wo, wie bei den nyctitropischen Bewegungen an derselben Pflanze oder der Blättchen von *Oxalis*, derartige Erscheinungen unter normalen Verhältnissen sich periodisch einstellen, wenn in solchen Fällen durch den Reiz der Bestrahlung thatsächlich Bewegungen ausgelöst werden.

Von *Mimosa* standen mir mehrere kräftig gewachsene und gut reagirende Exemplare zur Verfügung, von *Oxalis corniculata* zwei in Töpfe umgesetzte kräftige Pflänzchen von ungefähr 15 *cm* Höhe mit Blüten. Der Abstand der Röhre von der Versuchspflanze schien von keinem wesentlichen Einfluss zu sein; denn während in vielen Fällen eine grössere Annäherung an die Röhre den Erfolg anscheinend schneller eintreten liess, als bei weiterer Entfernung, konnte ich in anderen Fällen beobachten, dass die Wirkung der Strahlen an Pflanzen, die 1 *m* weit entfernt aufgestellt waren, sich schneller äusserte, als bei solchen, die um die Hälfte näher standen. Im Allgemeinen wählte ich den Abstand der Röhre vom Versuchsobject etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ *m*.

Der Einfluss der Strahlen machte sich meistens nach 20 bis 30 Minuten bemerkbar. Oft konnte ich sogar schon nach 10 Minuten langem Exponiren eine gegenseitige Annäherung der Fiederblättchen deutlich wahrnehmen. Die Reaction trat gewöhnlich bei den jüngsten Blättern zuerst ein und pflanzte sich von da aus nach und nach bis

zu den untersten fort. Nach genügend langer Bestrahlung, wozu in allen Fällen etwa $\frac{3}{4}$ Stunde ausreichend war, waren überall die Blättchen fest zusammengelegt, die Blattstiele zumeist schräg abwärts geneigt. Wurden die Pflanzen der Bestrahlung entzogen, so stellte sich nach 20 bis 25 Minuten der normale Zustand wieder her.

So vollkommen, wie bei *Mimosa* trat die Reaction bei *Oxalis* nicht ein. Allerdings waren auch hier schon nach wenigen Minuten viele Blättchen nach unten zusammengeschlagen und die Blütenstiele gekrümmt, so dass die Blüten abwärts hingen, eine Erscheinung, die wohl auch auf eine Veränderung des Zelldruckes zurückzuführen war; ein Zusammenschlagen aller Blättchen liess sich aber trotz $1\frac{1}{2}$ stündigen Bestrahlens nicht herbeiführen. Die Zeit, die nach dem Exponiren verging, bis die Blättchen sich alle wieder in der Normallage befanden und die Blüten sich wieder vollständig aufgerichtet hatten, betrug etwa 45 Minuten.

Selbstverständlich wurden in jedem Falle Controlpflanzen unter natürlichen Verhältnissen beobachtet.

Da die Möglichkeit nicht ausgeschlossen schien, dass andere elektrische Wellen als die der Röntgen'schen Strahlen den Reiz verursachen konnten, so wurde *Mimosa* mehrmals mittels des Stromes einer stark wirkenden Influenzmaschine bis zu 10 Minuten lang gereizt. Bei grosser Annäherung an die spitzen- oder pinselförmige Elektrode des der Stromentnahme dienenden Kabels machte sich die Spitzenentladung als starke Windbewegung geltend. Durch diese Lufterschütterung liess sich ein sofortiges Zusammenfallen der Blättchen herbeiführen. In einiger Entfernung jedoch trat keine Wirkung ein. Wurde die Pflanze mit dem Zuleitungskabel in unmittelbare Berührung gebracht, so fielen zwar an der Berührungsstelle die Blättchen zusammen, und es wurde der Reiz auf die nächst benachbarten Fiederblättchen fortgeleitet, aber schon die am Grunde desselben Blattstieles stehenden Fiedern reagierten nicht mehr, noch viel weniger die tiefer gelegenen Blätter. Sogar ein anhaltendes Ueberspringenlassen von kleinen Funken auf die untere Hälfte des Hauptgelenkpolsters brachte keine Wirkung hervor.

Die oben geschilderte Wirkung scheint also lediglich den X-Strahlen zugeschrieben werden zu müssen. Allerdings bleibt es dabei für's Erste noch fraglich, in wie weit die zu beobachtende Schwächung des Turgors noch als normale Erscheinung anzusehen ist. Denn dass der Einfluss der Röntgen'schen Strahlen thatsächlich in vielen Fällen ein derartiger ist, dass der Turgor eine bedeutende Herabsetzung erfährt, dafür scheint mir ausser den angeführten Fällen noch eine Beobachtung zu sprechen, die ich an den Spaltöffnungen des Blattes von *Tradescantia Selloi* machte, die ich aber leider nicht weiter verfolgen konnte, da ich meine Versuche ab-

brechen musste. Ich fand nämlich die Spalten nach längerer Exposition bei vollständiger Helligkeit fast durchweg geschlossen.

Es ist wahrscheinlich, dass Zellen oder Gewebe, die auch unter normalen Verhältnissen leicht auf Turgorschwankungen reagieren, wie im letztgenannten Falle die Schliesszellen einer Spaltöffnung, oder wie die Gelenkpolster bei *Mimosa* und *Oxalis*, unter dem Einflusse der X-Strahlen eine erhebliche Abnahme des Zelldruckes erfahren, die wohl in einer eigenartigen Einwirkung auf das Protoplasma der Zellen ihre Ursache findet. Ob bei *Mimosa* der Turgor in beiden Polsterhälften sich verminderte oder nur in der unteren, habe ich nicht untersucht. Was den beschleunigenden Einfluss betrifft, den die Strahlen auf die Strömung des Protoplasmas der *Tradescantia*- oder *Cucurbita*-Haarzellen ausüben, so ist diese Wirkung vielleicht als eine ähnliche zu deuten, wie sie unter Umständen durch Gifte oder durch Wundreiz an lebenden Zellen hervorgerufen werden kann. Der Organismus wird durch sie zu einer krankhaft gesteigerten Lebensthätigkeit angeregt. Welche Vorgänge sich hierbei abspielen, kann wohl aber erst näher erkannt werden, wenn die Frage nach dem Wesen der Protoplasmaabewegung selber in ein helleres Licht gerückt worden ist.

Berlin, Pflanzenphysiologisches Institut der Universität.

II. F. Kienitz-Gerloff: Neue Studien über Plasmodesmen.

Mit Tafel IV.

Eingegangen am 22. Februar 1902.

In meiner Arbeit über die Protoplasmaverbindungen¹⁾ hatte ich für *Polypodium vulgare*, *Nerium Oleander* und einige andere Pflanzen Verbindungen von beträchtlicher, die gewöhnlich vorkommenden bei Weitem übertreffender Stärke beschrieben und abgebildet. ARTHUR MEYER zeigte jedoch einige Jahre später²⁾, dass meine Angaben für die beiden genannten Pflanzen in Wirklichkeit nicht zutreffen, sondern dass ich in Folge zu starker Quellung der Schliesshaut die eigentlichen Verbindungen überhaupt nicht gesehen, sondern Tüpfelfüllungen mit ihnen verwechselt hatte. Die wirklichen Verbindungen bei *Nerium*

1) Botanische Zeitung, 1901, S. 1.

2) Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch., 1896, S. 154.

Ber. der deutschen bot. Gesellsch. XX.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: [20](#)

Autor(en)/Author(s): Seckt Hans

Artikel/Article: [Ueber den Einfluss der X-Strahlen auf den pflanzlichen Organismus 87-93](#)