

47. M. Koernicke: Weitere Untersuchungen über die Wirkung von Röntgen- und Radiumstrahlen auf die Pflanzen.

Eingegangen am 25. Juli 1905. 

In diesen Zeilen sollen die Ergebnisse einer Anzahl Versuche niedergelegt werden, die sich an die früheren, im vorigjährigen Jahrgang dieser Berichte (S. 148 und 155 ff.) veröffentlichten anschlossen und bis jetzt fortgeführt wurden. Äussere Gründe waren die Veranlassung, sie schon jetzt zum Abschluss zu bringen und Bericht über sie zu geben. Da die vorliegenden Angaben meines Erachtens nach verschiedenen Seiten hin zur Vervollständigung des Bildes von der Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen auf den Organismus beitragen, so glaubte ich, sie nicht zurückhalten zu dürfen.

Keimungs- und wachstumsphysiologische Untersuchungen.

Zunächst sei die Gelegenheit benutzt, im Anschluss an meine früheren Mitteilungen, die sich zum grossen Teil mit der Wirkungsweise des Radiums auf die Keimung bezogen, noch einige Beobachtungen nachzutragen. Herr Prof. MARCKWALD, Berlin¹⁾, hatte mir freundlichst eine grössere Menge eines sehr aktiven Radiumsalzgemisches für meine Versuche zur Verfügung gestellt. Das Gemisch bestand aus 0,75 g etwa 4 pCt. Radium-Baryum-Chlorid und befand sich in einer Kapsel aus dünnem, für die Radiumstrahlen besonders gut permeablen Aluminiumblech, die auf einer Flachseite mit Glas verschlossen war. Mit diesem Präparat wurden *Vicia Faba*- und *Brassica Napus*-Samen in trockenem und gequollenem Zustand, und zwar 24 Stunden bis 3 Tage lang bestrahlt, wobei die Kapsel mit der Aluminium-Flachseite an die Samen gebracht wurde. Die in günstige Keimungsbedingungen überführten Samen zeigten ganz dieselben Erscheinungen, wie ich sie bei meinen Versuchen mit den im Glas eingeschlossenen 10 und 5 mg Radiumbromid erhalten hatte²⁾, d. h. sie keimten bald. Dabei blieben die Wurzeln von *Vicia Faba*

1) Ihm sowohl, wie Herrn Geheimrat PFEFFER, Leipzig, sei für die gütige Überlassung der bei meinen Versuchen dienenden Radiumpräparate auch an dieser Stelle gedankt, ferner Herrn Geheimrat LANDOLT, Berlin, Herrn Geheimrat KNY, Berlin und Herrn Professor NOLL, Bonn-Poppelsdorf, für die bereitwilligst gegebene Erlaubnis, in ihren Instituten meine Versuche anstellen zu dürfen, und schliesslich Herrn Dr. KONEN, Bonn, für die lebenswürdige Übernahme der Aufgabe, die Radioaktivität der Leipziger Präparate zu bestimmen.

2) A. a. O., S. 158, 159.

nach etwa 3 Tagen auf einer Länge von etwa 15—25 *mm* stehen. *Brassica Napus* erwies sich auch bei meinen Versuchen mit dem MARCKWALD'schen Präparat, wie bei meinem früheren¹⁾, sehr resistent gegen die Radiumstrahlen; die aus den bestrahlten Samen hervorgehenden Keimlinge entwickelten sich gut weiter, ohne wie der Vergleich mit den Kontrollexemplaren lehrte, im Wachstum auffällig hinter letzteren zurückzubleiben. Die wachstumshemmende Wirkung des von der relativ grossen Radiummenge durch das dünne Aluminiumblech gehenden Strahlen unterschied sich somit nicht von derjenigen, welche durch die im Glasröhrchen eingeschlossenen kleineren Mengen auf die Samen ausgeübt wurden.

Weitere hier zu nennende Versuche waren dahin gerichtet, festzustellen, ob eine geringe Expositionsdauer schon genügt, um die Wachstumshemmung in den sich entwickelnden Keimen herbeizuführen. Die Samen von *Vicia Faba*, die sich bei den früheren als besonders empfindlich der Radiumwirkung gegenüber erwiesen hatten, wurden auch hierbei als Versuchsobjekte gewählt. Die Versuche lehrten, dass schon einstündige Bestrahlung mit 5 *mg* im Glasröhrchen eingeschlossenem Ra Br₂ ausreicht, um Wachstumsstillstand bei den sich später entwickelnden Keimpflänzchen zu erreichen. Doch nahmen in vielen Fällen die Wurzeln, welche bei 3—3,5 *cm* Länge im Wachstum stehen geblieben waren, etwa eine Woche später das Wachstum wieder auf, andere entwickelten Seitenwurzeln, während die Hauptwurzel in inaktivem Zustand verharrte, dabei aber nicht zu Grunde ging. So konnte man an schon mehrere Wochen alten *Vicia Faba*-Pflanzen, die sich aus derartigen Keimlingen weiter entwickelt hatten, noch immer die zurückgebliebene gedrungene, bräunliche, dabei turgeszent erscheinende Hauptwurzel bemerken, die keine Spur von Desorganisation zeigte. — Was den Spross anbetrifft, so liess sich niemals feststellen, dass sein ebenfalls im Wachstum gehemmter Vegetationskegel seine Arbeit wieder aufnahm. Es entwickelten sich an der Ansatzstelle der Kotyledonen meist üppige Adventivsprosse; der Hauptspross, der oft bis zu 6 *cm* Länge erreicht hatte, blieb aber zwischen diesen erhalten und zeigte sich auch bei älteren Pflanzen vollkommen kräftig, wenn auch in der Ausbildung der Blätter reduziert.

Auch die aus Samen, welche 1½ Stunden den Radiumstrahlen ausgesetzt waren, sich entwickelnden Wurzeln konnten einige Tage nach Sistierung des Wachstums wieder das Wachstum aufnehmen. Es zeigte sich in allen diesen Fällen, dass die nach Abschiebung einer kleinen, bräunlichen Kappe von desorganisierten Zellen als direkte Fortsetzung der nach dem Wachstumsstillstand bräunlich ge-

1) A. a. O., S. 160, 161.

wordenen Wurzel die normale, gelblichweisse Farbe besass und weiterhin behielt, wodurch sich auch späterhin ihre Ursprungsstelle deutlich erkennen liess.

Dass Samen, welche 2, 3, 4, 5, 6, 10 usw. Stunden bestrahlt wurden, beim Keimen ähnliche Verhältnisse aufwiesen, sei hierbei noch erwähnt. Eine Wiederaufnahme des Wachstums der sistierten Wurzeln konnte jedoch dabei, bis auf einen Fall, der bei Schilderung der geotropischen Versuche erwähnt werden soll, nicht beobachtet werden.

Samen von *Vicia Faba*, welche 14 Tage lang bestrahlt worden waren, zeigten sich durch diese lang andauernde Einwirkung der Strahlen nicht getötet. Auch sie keimten, doch blieben die Wurzeln kleiner, als die aus kürzer bestrahlten Samen hervorgegangenen, etwa 1,3—1,5 cm lang, und auch der Spross brachte es höchstens auf eine Länge von 1 cm. Bemerkte sei hierbei, dass auch unter den kürzer bestrahlten Samen von *Vicia Faba* sich vielfach solche befanden, die bei der Keimung verhältnismässig kurze Wurzeln trieben, was sich daraus erklärt, dass die *Vicia Faba*-Samen, wie ich aus zahlreichen Kontrollversuchen ersah, sich in Keimungs- und Wachstumsintensität individuell oft sehr von einander unterschieden.

Um nun möglichst sichere Anhaltspunkte für die Lösung der Frage zu gewinnen, ob die verschieden lange Einwirkungsdauer der Radiumstrahlen wirklich eine verschieden starke Beeinflussung der Wachstumsintensität im Gefolge habe, musste nach einem Objekt gesucht werden, welches in normalen Verhältnissen besonders gleichmässig sich beim Keimen verhielt. Dies fand sich nach langem Suchen in den Samen einer Varietät von *Pisum sativum* mit grünen Kotyledonen. Bei ausgesuchten, gleich grossen und schweren Samen ging die Keimung zu gleicher Zeit und mit gleicher Schnelligkeit vor sich. Die Keimwurzeln, welche aus 1 Tag lang bestrahlten Samen hervorgegangen waren, erreichten eine Länge von 4 cm. Aus 2 Tage bestrahlten Samen entwickelten sich Wurzeln von 1,8—2 cm Länge und aus 3 Tage lang bestrahlten solche von 1,4—1,6 cm Länge. 4—10 Tage lang bestrahlte und dann zum Keimen gebrachte Samen wiesen nach Sistierung des Wachstums Keimwurzeln von annähernd derselben Länge (etwa 1,2—1,5 cm), wie die letzteren auf. Diese Versuche an aller Voraussicht nach gleich empfindlichen Exemplaren zeigten demnach, dass der Erfolg verschieden langer, bis zu 3 Tage dauernder Bestrahlung der trocknen Samen sich bei der Keimung in verschieden starker Wachstumshemmung äussert, dass da nach 4- und mehrtägiger Bestrahlung die Samen ziemlich durchgängig eine gleiche Wurzellänge bei der nachfolgenden Keimung erreichten, mit viertägiger Bestrahlung das Maximum an der in Wachstumshemmung sich äussernden Beeinflussung erreicht wird, welches die zur Wirkung kommenden,

im Glasröhrchen eingeschlossenen 5 mg Ra Br₂ auszuüben imstande sind. Die Samen begannen übrigens fast gleichzeitig mit der Keimung; nach und nach erlahmte, je nach der Dauer der Bestrahlung eher, die Schnelligkeit des Wachstums. Eine Zerstörung der Keimkraft der Samen konnte in keinem Falle, auch durch 14tägige Bestrahlung nicht, erreicht werden.

Zum Schluss dieser wachstumsphysiologischen Bemerkungen möchte ich noch auf das Verhalten der Sprosse hinweisen, die aus den bestrahlten Samen sich entwickelten. Sowohl bei dicken Bohnen, wie bei Erbsen erreichten diese eine weit bedeutendere Grösse, ehe der Wachstumsstillstand eintrat, als die Wurzeln derselben Samen. Es fanden sich Fälle vor, wo die Wurzel auf etwa 3 cm Länge stehen geblieben war, der Spross aber weiter wuchs, um in extremen Fällen auf einer Höhe von 6½ cm sein Wachstum einzustellen. Anknüpfungspunkte für eine Erklärung dieses Verhaltens findet man in neueren zoologischen Angaben. So hatte WILLCOCK¹⁾ feststellen können, dass chlorophyllhaltige Euglenen und Hydren sich sowohl widerstandsfähiger gegen die zerstörende Wirkung der Radiumstrahlen, als auch empfindlichen Reizen gegenüber sich verhielten. Ähnliche Resultate erhielt HERTEL²⁾, der bei seinen Versuchen mit ultraviolettem Licht von 280 $\mu\mu$ Wellenlänge eine stark reduzierende Wirkung auf die tierische und pflanzliche Zelle konstatierte und dabei fand, dass die chlorophyllhaltigen Untersuchungsobjekte widerstandsfähiger gegen den schädigenden Einfluss der ultravioletten Strahlen sich zeigten. In chlorophylllosen Infusorien unterblieb ferner, wie ZUELZER³⁾ mitteilt, bei Radiumeinwirkung die Kernteilung, die aber bei dem chlorophyllhaltigen *Paramecium bursaria* anfangs normal verlief. ZUELZER kam durch diese Beobachtung auf die Vermutung, „dass die an die Belichtung des Chlorophylls gebundene Abspaltung von Sauerstoff die auf die Kernteilung schädigende Wirkung der Radiumstrahlen aufhielt“⁴⁾. Da nun anscheinend auch die Radiumstrahlen ebenso wie die ultravioletten Strahlen imstande sind, sauerstoffentziehend auf den Stoffwechsel der Zelle einzuwirken⁵⁾, die Gegenwart von Sauerstoff aber zur Fortführung der

1) E. G. WILLCOCK, The action of the rays from Barium upon some simple forms of animal life. Journ. Phys. Cambridge. Vol. XXX. 1904, S. 449.

2) E. HERTEL, Über Beeinflussung der Organismen durch Licht, speziell durch die chemisch wirksamen Strahlen. Zeitschr. für allgem. Physiol. Bd. IV, 1904, Heft 2.

3) M. ZUELZER, Über die Einwirkung von Radiumstrahlen auf Protozoen. Arch. für Protistenk., Bd. V, 1905, S. 366 ff.

4) A. a. O. S. 367.

5) Vergl. hierzu die Angaben von ASCHKINASS und CASPARI in „Über den Einfluss dissociirender Strahlen auf organische Substanzen, insbesondere die bakterienschädigende Wirkung der Becquerelstrahlen. Arch. für die ges. Physiol. Bd. LXXXVI, 1901 und M. ZUELZER, a. a. O. S. 367.

Lebensvorgänge unbedingt notwendig ist, so erscheint es erklärlich, dass dort, wo eine Sauerstoffquelle in der Zelle sich vorfindet, also bei chlorophyllhaltigen Organismen, die Zellen zunächst noch weiter arbeiten können.

Durch die Tätigkeit des Chlorophylls somit könnte die durch die Sauerstoffentziehung bedingte schädigende Wirkung des Radiums eine Zeit lang aufgehalten werden, um sich erst relativ spät im Wachstumsstillstand zu äussern, während die chlorophyllose, einer reichlichen Sauerstoffquelle entbehrende Wurzel viel früher im Wachstum inne hält.

Geotropische Versuche.

Samen von *Vicia Faba*, *Lupinus albus* und *Pisum sativum* (grün) wurden 1, 2, 3 und 4 Tage lang mit Radium bestrahlt und dann zum Keimen gebracht. Zu bestimmten Zeiten (nach 1, 2, 3, 4, 6, 10, 20, 30 Tagen) wurden sie dann zur geotropischen Reizung umgelegt. Es zeigte sich dabei, dass, so lange ein Wachstum der Wurzeln noch stattfand, diese auch noch geotropisch reizbar waren. Ihre Spitzen wandten sich dann abwärts und behielten diese Lage bei, wenn die Keimlinge nach erfolgtem Wachstumsstillstand der Wurzeln wieder in die ursprüngliche Lage gebracht wurden. Kurz vor dem Wachstumsstillstand ihrer Wurzel, also ungefähr Ende des dritten Tages nach Beginn der Keimung umgelegte Pflänzchen besaßen nur an der äussersten etwa 1 mm langen Spitze noch Reizbarkeit; diese zeigte sich am folgenden Tage scharf abwärts gekrümmt. Auch die durchschnittlich 4 cm Länge erreichenden Sprosse, die aus den bestrahlten Samen hervorgingen, äusserten dann bloss geotropische Reizbarkeit, wenn sie noch in ihrer Wachstumsperiode umgelegt worden waren. Sobald dies aufgehört hatte, war in der Regel auch keine geotropische Krümmung mehr zu erzielen. Auffälliges bot eine überflüssig gewordene Versuchskultur von vier *Vicia-Faba*-Keimlingen, die sich aus 2 Tage lang bestrahlten Samen entwickelt hatten. Sie hatten seit mindestens 2 Wochen ihr Wachstum eingestellt. Ich legte den Topf, in welchem die Keimlinge sich befanden, um und fand am nächsten Tage, dass einer der kurzen Sprosse sich deutlich nach oben gekrümmt hatte, während die übrigen unverändert geblieben waren. Beim Austopfen bemerkte ich, dass die Wurzel des reizbaren Keimlings im Gegensatz zu den der drei übrigen Exemplare ihr Wachstum wieder aufgenommen hatte, wobei das weissliche neue Stück sich scharf von dem hinter ihm liegenden gebräunten abhob. Die frische Wurzelspitze hatte sich abwärts gekrümmt. Leider musste der Spross der mikroskopischen Untersuchung geopfert werden, da es von Interesse war, festzustellen, ob in ihm event. als Statolithen wirkende Stärkekörner vorhanden waren, die bei den normalen Sprossen in besonderen Zellen

in der Nähe der Gefäßbündel sich vorfinden. Es wäre interessant gewesen zu beobachten, ob die Sprossspitze ebenfalls ihr Wachstum nachträglich bei erneuter Nahrungszufuhr durch die wieder leistungsfähig gewordene Wurzel wieder aufgenommen hätte. Der mikroskopische Befund ergab übrigens das Nichtvorhandensein von Stärkekörnern in der Krümmungsgegend des Sprosses. In der frischen Wurzelspitze fand sich jedoch in Mengen auf Jodjodkali reagierende Stärke vor. Andererseits war wiederum in den Sprossen und Wurzeln der übrigen 3 Exemplare, wie überhaupt aller der von mir daraufhin untersuchten Individuen, die im Wachstum innegehalten hatten, nichts von Stärke zu bemerken.

Gleiche Resultate ergaben die Versuche von *Vicia Faba*- und Erbsenkeimlingen, die auf verschiedenen vorgerückten Keimungsstadien mit Radium bestrahlt worden waren. Auch hier zeigten die einmal im Wachstum stehen gebliebenen Wurzelspitzen und Sprosse keine geotropische Reizbarkeit und keine beweglichen Stärkekörner mehr.

Keimlinge von *Vicia Faba*, die sich aus Samen, welche längerer Röntgenbestrahlung ausgesetzt gewesen waren, entwickelt hatten, ferner schon in vorgeschrittenen Keimungsstadien diesen Strahlen exponierte Keimlinge wiesen das gleiche Verhalten auf: auch hier sofort nach Stillstand des Wachstums ein Aufhören der geotropischen Reizbarkeit, auch hier bei den wieder im Wachstum fortfahrenden Wurzeln das Eintreten der geotropischen Krümmung beim Versetzen in die Reizlage.

Heliotropische Versuche.

Dass mit dem durch die Röntgen- und Radiumstrahlen bewirkten Wachstumsstillstand neben der geotropischen auch die heliotropische Reizbarkeit schwindet, beweisen die Versuche, die mit Pflänzchen von *Vicia Faba* vorgenommen wurden, welche aus bestrahlten Samen hervorgegangen waren und ferner mit solchen Sprossen, die in schon vorgeschrittenem Keimungsstadium bestrahlt worden waren und dann im Wachstum innegehalten hatten. Die Pflänzchen standen vollkommen unbeweglich da; sie befinden sich nach Abschluss des Wachstums in einem Zustand, den ich mit „Radium- bzw. Röntgenstarre“ bezeichnen möchte.

Versuche, die dahin gerichtet waren, festzustellen, ob die vom Radium ausgehenden β - und γ -Strahlen selbst tropistische Reize auslösen können, führten zur entgegengesetzten Annahme, verrieten jedoch die Fähigkeit der geringen Lichtmenge, welche vom Radiumpräparat ausging, Heliotropismus hervorzurufen. Diese zeigte sich zuerst an einer Reinkultur von *Phycomyces nitens* auf Brot im feuchten Raum einer verdeckten Kristallisierschale, an deren innerem Deckel das Radiumröhrchen derart angebracht war, dass das radiumhaltige

untere Ende etwa 2 *cm* über der Mitte des sich nach Abmähen des ersten Aufwuchses besonders gleichmässig entwickelnden Sporangienträgers befand. Der Versuch wurde abends angestellt und nachts im Dunkelzimmer, noch durch Stulpen vor äusserem Licht geschützt, sich selbst überlassen. Am nächsten Morgen, nach etwa 15stündiger Einwirkung des Radiumlichts, zeigten sich die Sporangienträger bis zu mehr als 3 *cm* Entfernung von der Lichtquelle im Umkreis sämtlich nach dem Radium scharf hingebogen, und zwar schossen sie direkt nach der unteren Kuppe des Röhrchens hin, die das Radiumpulver enthielt. Die zahlreichen, der Lichtquelle näher befindlichen Sporangienträger hatten ihre Köpfchen so dicht an das Glas der Kuppe gedrückt, dass beim Entfernen des Röhrchens sich eine halbkugelförmige Vertiefung zeigte, deren Wand durch die sich auflösenden und mit einander verschmelzenden Sporangien gebildet war.

Wurde das Radiumröhrchen mit einer Lage dichten schwarzen Papiers umhüllt, so zeigte sich niemals diese Wirkung auf die Sporangienträger, ein Beweis dafür, dass der Reiz von dem Licht ausging, welches das Radiumpräparat aussandte. — Dass die Feuchtigkeit, die sich auf dem Glas des Röhrchens niederschlug und an dem unteren Ende ansammelte, die Wachstumsrichtung der Sporangienträger beeinflusst hätte, war nach den Angaben von STEYER¹⁾ nicht anzunehmen, ebenfalls nicht, dass von dem Glas eine Fernwirkung, wie sie ELFVING²⁾ von verschiedenen Stoffen ausgehen lässt, auf diese Sporangienträger ausgeübt worden wäre, eine Fernwirkung, deren Vorhandensein zum mindesten sehr fraglich ist³⁾. Das ergab sich zudem aus dem negativen Ausfall der Kontrollversuche, die ich mit geschlossenen Glasröhrchen von gleichen Dimensionen wie das radiumhaltige anstellte, indem ich sie in gleicher Weise wie dieses über der *Phycomyces*-Kultur im feuchten Raum anbrachte.

In vielen Fällen war übrigens keine Wirkung des Radiumlichtes auf die Sporangienträger zu bemerken. Dass dabei eine mit der jeweiligen Temperatur in Zusammenhang stehende Schwankung der Leuchtkraft des Radiumsalzes mit im Spiele sein konnte, ist nicht ausgeschlossen, ebenfalls nicht eine Mitwirkung der Laboratoriumsluft, welche ja, wie die Untersuchungen von MOLISCH, NELJUBOW, O. RICHTER und SINGER⁴⁾ lehren, so leicht die Stimmung der Kul-

1) KARL STEYER, Reizkrümmungen bei *Phycomyces nitens*. Inaug.-Dissertation, Leipzig 1901.

2) FR. ELFVING, Über physiologische Fernwirkung einiger Körper (Comment. var. Univ. Helsingfors 1890) und Zur Kenntnis der pflanzlichen Irritabilität (Öfv. af Finska Vet. Soc. Förh., Bd. XXXVI, 1893).

3) Vergl. die Behandlung dieses Gegenstandes in W. PFEFFER, Pflanzenphysiologie, II. Aufl. 1904, II. Bd., S. 587.

4) Vergl. die Literaturübersicht in MOLISCH, Heliotropismus, indirekt hervorgerufen durch Radium. Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch., Bd. XXIII, 1905, S. 7.

turen beeinflussen kann. Doch glaube ich eine Erklärung des verschiedenen Verhaltens der Fruchträger besonders darin finden zu dürfen, dass es sich bei den Kulturen von *Phycomyces*, bei welchen eine Reizwirkung sich äusserte, um solche handelte, die im Verhältnis zu den anderen eine geringere Wachstumsintensität besaßen. Es konnte bei diesen, die längere Zeit gebrauchen mussten, um aus der Wirkungssphäre des Radiums herauszuwachsen, das Licht länger wirken und der Reiz intensiver aufgenommen werden als bei jenen, deren Wachstumsintensität bedeutender war, die somit nicht Zeit hatten, den Reiz intensiv genug aufzunehmen, so dass eine Wirkung hätte ausgelöst werden können.

In dieser Annahme werde ich durch das Ergebnis von Versuchen bestärkt, die ich nach Erscheinen der Arbeit von MOLISCH¹⁾, „Über Heliotropismus, indirekt hervorgerufen durch Radium“, mit Wickenkeimlingen anstellte.

Es sei vorausgehend bemerkt, dass MOLISCH bei seinen Versuchen mit 0,1 g eines in einem Glasröhrchen eingeschlossenen, von der Société centr. de prod. chim. in Paris bezogenen Radiumpräparates, welches nach Angabe der Fabrik eine Aktivität von 3000 besass, selbst an besonders empfindlichen Pflanzen keine heliotropischen Krümmungen erzielen konnte. Ein Gemisch von Radium und Zinksulfid ergab jedoch befriedigende Resultate, dank der starken Phosphoreszenz, welche an der Zinkblende durch die Radiumstrahlen erregt wurde. Keimlinge von *Vicia sativa*, *Ervum Lens* und die Fruchträger von *Phycomyces nitens* gaben besonders gute Resultate, während *Helianthus annuus*-Keimlinge gar keine Reaktion zeigten²⁾.

Ich stellte meine Versuche mit Keimlingen von *Vicia sativa* ähnlich wie MOLISCH an, indem ich in einen Blumentopf in einer Reihe mehrere Samen dieser Art legte. Nachdem diese bei völligem Lichtabschluss in der Laboratoriumsluft der photographischen Dunkelkammer des Bonner botanischen Instituts zum Keimen gebracht und bis zu einer Höhe von etwa 2—3 cm gediehen waren, brachte ich parallel zur Reihe der Keimlinge in der Höhe der Sprossenden, und zwar etwa 2 cm von den nächsten entfernt, das 5 mg RaBr₂ enthaltende Glasröhrchen horizontal an, in dessen einem Ende ich das Radiumsalz durch vorsichtiges Hin- und Herbewegen etwas ausgebreitet hatte. Nach 24 Stunden zeigte sich, dass die Sprossenden über das Radiumröhrchen beträchtlich hinausgewachsen waren, ohne irgendwelche Beeinflussung durch dieses zu zeigen. Nunmehr brachte ich das Radiumröhrchen etwa 2 cm höher als die Sprossenden und ebenso wie vorher in etwa 2 cm Abstand von der Reihe selbst an. Nach 24 Stunden waren auch diesmal wieder die Sprosse über die

1) Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch 1905, Bd. XXIII, S. 2—8, 1 Textfigur.

2) A. a. O. S. 4.

Höhe des Radiumröhrchens vorgerückt, ohne eine Krümmung nach der Strahlenquelle aufzuweisen. Ausgeschlossen ist dabei nicht, dass in der Zwischenzeit eine Reaktion doch eingetreten wäre, die erfolgte Krümmung aber sich beim weiteren Wachstum wieder ausgeglichen hätte. Doch fanden sich dafür keine Anhaltspunkte bei aufeinander folgenden, in Intervallen von mehreren Stunden vorgenommenen Kontrollen der Kulturen. Ein positives Resultat ergab sich erst bei weiteren Versuchen, die in gleicher Weise angestellt wurden, bei welchen aber sich einige Keimlinge durch geringere Wachstumsintensität von den übrigen unterschieden, sonst aber gleich kräftig erschienen. Diese hatten eine auffallend starke Krümmung nach der Lichtquelle gemacht, wie sich zeigte, als nach 24- und mehrstündiger Wirkung des Radiumlichtes aus ursprünglich etwa 2 *cm* Entfernung die Kulturen nachgesehen wurden. Die anderen, schneller wachsenden Keimlinge derselben Kulturen waren, anscheinend unbeeinflusst, gerade aufwärts gewachsen.

Eine Krümmung der langsam wachsenden Keimlinge unterblieb, wenn das Radiumlicht durch Umhüllen des Röhrchens mit schwarzem Papier abgeschlossen wurde, zugleich ein Beweis dafür, dass nicht etwa die überdies in einer Entfernung von 2 *cm* nur noch geringe schädigende Wirkung, welche die durchdringenden Strahlen des Radiumpräparates hätten ausüben können, die Reizursache gebildet hatte.

Das Verhalten der *Vicia sativa*-Keimlinge wirft meines Erachtens ein genügend klärendes Licht auch auf die verschiedenen Ergebnisse der vorhin geschilderten Versuche mit *Phycomyces*. Auch hier war wieder in den Fällen, wo eine Krümmung sich zeigte, dem Radium eine zum Ausüben eines nachhaltigen Reizes nötige Zeitdauer durch das langsamere Wachstum der reagierenden Keimlinge gegeben gewesen.

So liegt denn in den Ergebnissen meiner Versuche der Beweis vor, dass auch das Licht, welches vom Radiumsalz direkt ausgeht, schon genügen kann, um heliotropische Krümmungen hervorzurufen, was auch MOLISCH schon vermutete¹⁾. Die Aktivität der zur Verwendung kommenden Präparate musste nur genügend gross sein. Es stand mir zu meinen diesbezüglichen Versuchen ein Glasröhrchen mit 5 *mg* RaBr₂ zur Verfügung, dessen matten, dem Bakterienlicht ähnlichen Schimmer man schon kurze Zeit nach Eintreten aus der Tageshelle in die Dunkelkammer wahrnehmen konnte, der dann noch deutlicher hervortrat, wenn man das Röhrchen schüttelte oder durch Hin- und Herwenden das Radiumsalz aus einem Ende des Röhrchens in das andere fallen liess. Durch Vergleich mit einem GIESEL'schen

1) A. a. O. S. 3.

Präparat von bekannter Radioaktivität wurde die Stärke meines Präparates auf 320 000 bestimmt, eine Aktivitätsgrösse somit, die um mehr als das Hundertfache diejenige des von MOLISCH benutzten Präparates überstieg, woraus sich leicht die Unterschiede in den Versuchsergebnissen von MOLISCH und mir erklären lassen.

Es sei zum Schluss bemerkt, dass im nächsten Heft dieser Berichte noch im Zusammenhang mit den vorliegenden Untersuchungen stehende Angaben über anatomische Veränderungen in den bestrahlten Objekten und über anschliessende cytologische Untersuchungen folgen sollen.

Bonn, Botanisches Institut, Juli 1905.

48. Franz Buchenau: Garcke's Flora.

Eingegangen am 27. Juli 1905.

Der Nachruf, welchen H. ROTTENBACH im neuesten Generalversammlungs-Hefte dieser Berichte [1905, XXII, p. (44) — (48)] unserem verstorbenen Mitgliede AUGUST GARCKE gewidmet hat, legt mir den Gedanken nahe, den Mitgliedern unserer Gesellschaft Näheres über das vermutlich einzige ganz vollständige Exemplar der bekannten GARCKE'schen Flora mitzuteilen. Dasselbe ist von mir zusammengebracht und im Januar 1901 dem Städtischen Museum für Natur-, Völker- und Handelskunde zu Bremen als Geschenk übergeben worden.

Bereits 1876 bei der Ausarbeitung der ersten Auflage meiner Flora von Bremen traten mir mehrere Fragen entgegen nach der Bedeutung, welche man zu gewissen früheren Zeitpunkten mit einzelnen Pflanzennamen verbunden hat. Dabei leisteten mir in einem Falle zwei ältere Auflagen von „GARCKE“, welche ich besass, gute Dienste. Ich fing daher an, antiquarische Kataloge durchzusehen und noch weitere Auflagen des Buches kommen zu lassen. — Ich tat dies keineswegs aus irgend einer Art von Schwärmerei für das weitverbreitete Buch. Vielmehr waren mir manche Mängel in seiner Anlage schon klar. Beim Fortschreiten meiner eigenen floristischen Arbeiten traten mir auch überdies nicht wenige Schwächen in der Ausführung entgegen, welche z. T. auch in den neuesten Auflagen noch nicht beseitigt sind. Aber das Werk gewährt mir in seinen aufeinander folgenden Auflagen einen äusserst bequemen Überblick

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [23](#)

Autor(en)/Author(s): Koernicke Max

Artikel/Article: [Weitere Untersuchungen über die Wirkung von Röntgen- und Radiumstrahlen auf die Pflanzen. 324-333](#)