

rollung der Blätter mit schleimabsondernden Haaren erfüllte Binnenräume. Mit diesen stehen Tracheiden in Verbindung, welche aus den Gefäßen Wasser zur Speicherung abgeben. Das hier gespeicherte Wasser kann bei erhöhter Transpiration wieder in die Blattfläche zurückgeleitet werden und schützt so das dünne Blatt vor raschem Vertrocknen. Auch ist es wahrscheinlich, dass das über die Träufelspitze herabrinne Wasser zum Teil durch enge, mit Schleim erfüllte Rinnen ins Innere aufgenommen wird.

21. Max Koernicke: Über die Wirkung von Röntgenstrahlen auf die Keimung und das Wachstum.

Eingegangen am 22. Februar 1903.

Ein Aufenthalt zu Studienzwecken in Leipzig gab mir Gelegenheit, näher bekannt zu werden mit den Untersuchungen von G. PERTHES¹⁾ über den Einfluss von Röntgen- bzw. Radiumstrahlen auf menschliche und tierische Gewebe und auf die befruchteten Eier von *Ascaris megaloccephala*. Die PERTHES'schen Untersuchungsergebnisse wiesen auf einen wachstumshemmenden Einfluss der Röntgenstrahlen hin. Die Zellteilungen bei Menschen und Hühnern schienen durch die X-Strahlen und zwar durch Strahlungsintensitäten, die nicht ausreichten, die Zellen zu töten, merklich verlangsamt. Bei den einmal vor Beginn der Furchung bestrahlten Eiern von *Ascaris* trat die Zellteilung später und langsamer ein, als bei den nicht bestrahlten Kontrolleiern. Im Gegensatz zu den nicht bestrahlten Eiern, die sich mit Regelmässigkeit zu beweglichen Würmchen entwickelten, entstanden aus den bestrahlten Eiern unregelmässige Zellhaufen oder bei weniger intensiver Bestrahlung missgebildete, jedoch lebendige Würmchen mit sonderbaren, unregelmässigen Auswüchsen, besonders am Schwanzende²⁾.

Der Wunsch, die Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen auf den lebenden Organismus in möglichst weitem Masse kennen zu lernen, veranlasste G. PERTHES, seine Versuche auch auf das Pflanzenreich auszudehnen. Die diesbezüglichen Versuche wurden in Gemeinschaft mit A. NATHANSOHN begonnen und zwar waren Versuchsobjekte die Keimlinge von *Vicia Faba*, auf welche neben Röntgen-

1) Cf. G. PERTHES, Archiv für klinische Chirurgie, Bd. 71, 1903, Heft 4.

2) Münch. Medic. Wochenschr. 51. Jahrg., 1904, Nr. 6, S. 282–283.

auch Radiumstrahlen zur Einwirkung gebracht wurden. Über diese Versuche, ihre Fortführung und Erweiterung, die ich übernahm, soll nun im folgenden berichtet werden. Dabei seien zunächst der Hauptsache nach die Versuchsanstellungen und Ergebnisse, welche sich auf Keimung und Wachstum beziehen, berücksichtigt. Über die histologischen Befunde und die Untersuchungen, welche eventuell vorhandene tropistische Wirkungen der Strahlen zum Gegenstand haben, soll später berichtet werden.

Die Untersuchungen wurden im botanischen Institut der Universität Leipzig angestellt. Ich fühle das dringende Bedürfnis, dem Leiter desselben, Herrn Geheimrat PFEFFER, auch an dieser Stelle meinen tiefgefühlten Dank zu sagen für die vielen Ratschläge und Belehrungen, die er mir jederzeit während meines Aufenthalts in seinem Institut zu teil werden liess, und für seine Liberalität, durch die es mir ermöglicht wurde, die Versuche mit den kostspieligen Radiumpräparaten vorzunehmen. Selbstverständlich schulde ich auch Herrn Professor PERTHES, in dessen Institut die Röntgenbestrahlungen vorgenommen wurden und der mir Einblick in seine Präparate gewährte, tiefen Dank hierfür sowohl, wie für seine Anregung.

Ich wende mich zunächst den Versuchen mit **Röntgenstrahlen** zu.

Die Wirkung dieser Strahlen auf den pflanzlichen Organismus ist schon mehrfach der Gegenstand von Untersuchungen gewesen. Die letzte, ausführlichere Arbeit hierüber liegt in der Mitteilung SECKT's¹⁾ vor, in welcher sich auch die zerstreuten Literaturangaben zitiert vorfinden. Von diesen beziehen sich der Hauptsache nach nur folgende auf die Wirkung der Röntgenstrahlen auf Keimung bzw. Wachstum. ATKINSON²⁾ gibt an, dass Mucor, Bakterien und Oscillarien durch die Röntgenstrahlen in ihrem Wachstum bzw. ihrer Bewegung nicht gehemmt wurden. Nach den Angaben von MALDINEY und THOUVENIN³⁾ wirken die X-Strahlen keimungsbeschleunigend auf Samen ein. LOPRIORE⁴⁾, der sein Augenmerk auf das Auskeimen von Pollenkörnern unter Beeinflussung von X-Strahlen richtete, „sowie auf die Wirkung, die diese Strahlen auf die Bewegung des Protoplasmas in der lebenden Zelle auszuüben vermögen, kam zu dem Ergebnis, dass die Keimung des Pollens seiner Versuchspflanzen bei der Bestrahlung ausblieb. Zeigen die Strahlen hierin einen entschieden hemmenden

1) H. SECKT, Über den Einfluss der X-Strahlen auf den pflanzlichen Organismus. Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch., Bd. XX, 1902, S. 87.

2) F. ATKINSON, Report upon some preliminary experiments with the Röntgen rays on plants. Nature, vol. LVI, 1897, p. 600.

3) MALDINEY et THOUVENIN, De l'influence des rayons X sur la germination. Revue gén. de Bot. Vol. X, 1898, p. 81.

4) G. LOPRIORE, Azione dei raggi X sul protoplasma della cellula vegetale vivente. Estr. dall Nuova Rassegna, Catania 1897.

Einfluss auf die Lebenstätigkeit des Protoplasmas, so erwiesen sie sich der Plasmaströmung gegenüber nicht nur nicht aufhaltend, sondern in vielen Fällen sogar beschleunigend.“ SECKT's eigene Untersuchungen befassten sich der Hauptsache nach mit der Wirkung der X-Strahlen auf die Protoplasmaströmung und die nyktitropischen Bewegungsvorgänge bei verschiedenen Pflanzen. Versuche über die Einwirkung der X-Strahlen auf das Pflanzenwachstum wurden nicht angestellt.

Auch JOSEPH und PROWAZEK¹⁾, die in einer vor zwei Jahren erschienenen Abhandlung die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf den lebenden Organismus studierten und neben tierischen Objekten auch ein botanisches, *Bryopsis plumosa*, in den Kreis ihrer Untersuchungen zogen, beobachteten hierbei hauptsächlich das Verhalten der Protoplasmaströmung diesen Strahlen gegenüber. Nur geringe Angaben über den Einfluss der Röntgenstrahlen auf das Wachstum von Pflanzen sind somit vorhanden, abgesehen von einer Anzahl Untersuchungen auf Bakterien, auf deren Wachstum die Röntgenstrahlen anscheinend keinen merklichen Einfluss ausüben.

Gehen wir nun zu unseren Versuchen über. Eine Schilderung der Art und Weise der Versuchsanstellung sei zunächst gegeben. Zur Strahlenerzeugung diente derselbe Funkeninduktor von 50 cm Funkenlänge und einer Stromstärke von 2—3 Ampère, den auch PERTHES bei seinen Versuchen benutzt hatte. Der Abstand zwischen dem Glas der Röntgenröhre und dem zu bestrahlenden Objekt betrug ca. 10 cm. Zur Bestimmung der Strahlungsintensität diente das HOLZKNECHT'sche Chromoradiometer²⁾, dessen Prinzip auf der Farbenänderung eines neben das bestrahlte Objekt gelegten Reagenkörpers beruht, der durch Röntgenstrahlen je nach der Zeit der Expositionsdauer verschieden intensiv grün gefärbt wird. Durch Vergleich mit den Farben einer Standardskala wird die Farbenänderung abgeschätzt. Einige Mängel, die dem Verfahren anhaften, kommen für unsere Versuche nicht in Betracht.

Wie JOSEPH und PROWAZEK³⁾ musste auch ich darauf verzichten, auf die verschiedenen Komponenten des von der Röntgenröhre ausgehenden Erscheinungskomplexes mein Augenmerk zu richten und den Anteil zu bestimmen, den die einzelnen höchst differenten physikalischen Agentien an der Einwirkung auf den lebenden Organismus haben. Besteht doch über diesen Gegenstand,

1) H. JOSEPH und S. PROWAZEK, Versuche über die Einwirkung von Röntgenstrahlen auf einige Organismen, besonders auf deren Plasmastätigkeit. Zeitschr. für allg. Physiol. I. Bd, 1902, S. 142ff.

2) cfr. PERTHES, l. c. 1903, S. 4.

3) l. c. S. 144.

wie die Publikationen von FREUND¹⁾ und SCHIFF²⁾ zeigen, noch lebhafteste Diskussion. Die Lichteinwirkung wurde allerdings in den meisten Fällen durch Bedecken der Objekte mit Papier abgeschlossen. Die Röntgenröhren, die bei den Versuchen verwendet wurden, waren ziemlich „hart“, d. h. sie besaßen ein höheres Vacuum in ihrem Innern als die „weichen“ und sandten Strahlen von grösserer Durchdringungsfähigkeit aus als die letzteren, deren Strahlen leicht absorbiert werden.

Als Versuchsobjekte dienten hauptsächlich trockene, gequollene und keimende Samen von *Vicia Faba*. Daneben wurden noch kontrolliert die Samen von *Brassica Napus* und *Vicia sativa*.

Der zuerst angestellte Versuch war darauf gerichtet, die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf die Bohnenkeimlinge zu studieren. Gequollene Samen wurden in feuchtem Sägemehl zum Keimen gebracht, nach drei Tagen Exemplare mit gleich langen Wurzeln ausgesucht und in einen mit Sägemehl gefüllten SACHS'schen Keimkasten gebracht. Eine der beiden geneigten Glasscheiben wurde durch eine Holzplatte ersetzt. In den Kasten wurden nun, der Holzplatte genähert, zwei Reihen von je sechs Keimlingen gepflanzt und zwar so, dass die sechs hinteren Exemplare hinter den Räumen sich befanden, welche die sechs vorderen zwischen sich liessen. Durch eine hölzerne Querwand³⁾ wurde dann der Kasten in zwei Abteilungen mit je sechs Keimlingen geteilt; der vor der einen Hälfte befindliche Teil der äusseren Holzplatte erhielt eine Bleibedeckung zur Absorption der auf diese Kastenhälfte wirkenden Röntgenstrahlen. Auf den so vorgerichteten Kasten wirkten nun von der geneigten Holzplatte her die Röntgenstrahlen. Die Bestrahlung wurde so lange fortgesetzt, bis ein neben die Objekte der ersten, d. h. der Röntgenröhre näheren Reihe vorher gebrachter HOLZKNECHT-scher Reagenskörper das Bestrahlungsmass von 24 HOLZKNECHT-Einheiten (H. E.) aufwies, ein in der zweiten Reihe befindlicher die Farbenintensität, die 20 H. E. zukommt, zeigte. Eine zwei Tage nach der Bestrahlung vorgenommene Prüfung der Keimlinge ergab für die erste Reihe der nicht mit Blei abgeblendeten Hälfte, welche mit a_1 bezeichnet sei, eine Wurzellänge von 30, 45 und 15 mm, für die zweite Reihe derselben Hälfte, a_2 , eine solche von 44, 42 und 35 mm. Die Exemplare in der mit Blei abgeblendeten Kastenhälfte

1) L. FREUND, Die physiologischen Wirkungen der Polentladungen hochgespannter Induktionsströme und einiger unsichtbarer Strahlungen. Sitz. der kais. Akad. der Wiss. zu Wien. Math. naturw. Kl. Bd. 109, 1900, Abt. III.

2) E. SCHIFF, Der gegenwärtige Stand der Röntgentherapie. Referat vom VII. Kongress der Deutschen dermatol. Gesellsch., Breslau 1901.

3) Eine bleierne, für die Strahlen undurchlässige wurde wegen der möglicherweise von ihr ausgehenden schädigenden Wirkung auf die Keimlinge nicht gewählt.

zeigten in der ersten Reihe, b_1 , eine Wurzellänge von 66, 75 und 98 *mm*, in der zweiten, b_2 , eine solche von 71, 82 und 75 *mm*. Zwei Tage später zeigten sich folgende Längenverhältnisse: bei a_1 36, 49 und 17 *mm*, bei a_2 50, 45 und 55 *mm*; bei b_1 85, 125 und 155 *mm*, bei b_2 87, 138 und 140 *mm*. [Die 17 *mm* lange Wurzel bei a_1 war um die Hälfte dicker als sämtliche übrigen.] In diesem Stadium wurden die Wurzeln fixiert, um später auf ihre histologischen Verhältnisse hin geprüft zu werden.

Der angeführte Versuch zeigt, wie stark die bestrahlten Wurzeln im Gegensatz zu den mit Blei geschützten, nach welchen die Strahlen nicht hingelangen konnten, in ihrem Wachstum beeinflusst wurden. Von Interesse ist das Verhalten der beiden der hölzernen Querwand genäherten Wurzeln der mit Blei geschützten Hälfte, also jedesmal die erste in den beiden Reihen b_1 und b_2 der geschützten Kastenhälfte. Diese zeigen, wie aus dem Vergleich der angeführten Grössenverhältnisse hervorgeht, sowohl bei der ersten, besonders aber bei der zweiten Revision ein starkes Zurückbleiben in ihrer Länge hinter der der übrigen Exemplare derselben Kastenhälfte. Man ist wohl berechtigt, dieses Zurückbleiben auf die Wirkung von seitlich durch die hölzerne Querwand hindurchtretenden Röntgenstrahlen zurückzuführen.

Ein zweiter Versuch wurde in einem gleichen, auf einer Seite mit Holzwand abgeschlossenen Wurzelkasten angestellt. Sechs Bohnen, die eben angekeimt waren, wurden in zwei Reihen zu je drei in Sägemehl gepflanzt. Sämtliche Exemplare wurden auch hier von der Holzwand her bestrahlt, bis der Reagenskörper in der ersten Reihe 26 H. E., der in der zweiten Reihe 16 H. E. angab. Zwei Tage später zeigten die Exemplare der ersten Reihe eine Wurzellänge von 45, 55 und 25 *mm*, in der zweiten Reihe eine solche von 65, 60 und 36 *mm*. Die Keimlinge der in einem anderen Kasten angesetzten Kontrollkultur zeigten 46, 52, 45, 46, 75, 90 *mm* Wurzellänge. Eine drei Tage später ausgeführte Messung gab für die bestrahlten Wurzeln der ersten Reihe eine Länge von 51, 61 und 31 *mm*, für die der zweiten Reihe eine solche von 91, 75 und 40 *mm*. Während die Kontrollexemplare 131, 125, 114, 118, 141, 174 *mm* lange Wurzeln aufwiesen. Nach weiteren vier Tagen waren die bestrahlten Wurzeln der ersten Reihe 54, 62 und 31 *mm*, die der zweiten Reihe 110, 89 und 52 *mm* lang geworden, während die Kontrollexemplare üppig weitergewachsen waren und zahlreiche Wurzeln gebildet hatten.

Zunächst blieben alle Wurzeln der bestrahlten Exemplare auf ihrer zuletzt genannten Länge stehen. Sie besaßen eine bräunliche Farbe, während die Kontrollwurzeln normal gelblichweiss erschienen. Acht Tage nach erfolgtem Stillstand nahmen jedoch zwei Exemplare

der zweiten Reihe und am zehnten auch das dritte Exemplar dieser Reihe das Wachstum wieder auf. Die äusserste Spitze der Wurzeln wurde in Form einer bräunlichen Kappe abgestossen, veranlasst durch das Wachstum einer hinter ihr entstehenden und sich rasch weiter entwickelnden, normal aussehenden neuen Wurzelspitze. Weiterhin brachen sowohl aus dem älteren, bräunlichen Wurzelteil, wie aus dem bis zum Schluss des Versuchs sich durch seine weissliche Färbung deutlich von diesem Teil abhebenden Zuwachs Seitenwurzeln hervor. Die Sprosse entwickelten sich in der Folge ebenso wie das Wurzelsystem weiter, ohne aber die Grösse der Kontroll-exemplare zu erreichen. Die Sprosse der Exemplare in der ersten Reihe waren auf einer Höhe von durchschnittlich 3 cm stehen geblieben. — Die Wurzeln der ersten Reihe, die bis dahin turgescens und kräftig geblieben waren, begannen 32 Tage nach dem Stillstand ihres Wachstums zu faulen und gingen langsam zugrunde.

Dieser Versuch erweist aufs klarste die wachstumshemmende Wirkung, welche die Röntgenstrahlen auf die bestrahlten Objekte ausübt, wenn die Strahlungsintensität genügend stark ist. Bei unzureichender Strahlungsintensität bewirken die Strahlen wohl einen zeitweiligen Stillstand im Wachstum, dieser kann jedoch, wie das Verhalten der Wurzeln der zweiten Reihe lehrt, überwunden werden, die Wurzeln vermögen ihr Wachstum wieder aufzunehmen.

Es lag nahe, die Versuche auf solche Objekte auszudehnen, die nicht in Entwicklung begriffen waren, sondern im Zustand latenten Lebens sich befanden. So wurden denn auch trockene Samen bestrahlt und, um weitem Einblick in die Wirkungsweise der Röntgenstrahlen zu erhalten, ebenfalls solche, welche gequollen waren, deren Plasma somit zur Lebenstätigkeit erweckt war. *Vicia Faba*, *Brassica Napus* und *Vicia sativa* lieferten das Material.

Zunächst wurden die trockenen Samen bis über 20 H. E. bestrahlt, dann bei 26° C. in Wasser zum Quellen gebracht, wobei ein Teil dunkel gehalten wurde. Es zeigte sich bei beiden Parteien der bestrahlten Samen eine kleine Beschleunigung der Keimung im Vergleich zu derjenigen der Kontroll-samen, die auffällig jedoch nur bei den bestrahlten Samen von *Brassica Napus* hervortrat, wo von 100 bestrahlten Exemplaren einen Tag nach der Überführung in Wasser über die Hälfte gekeimt war, während bei den bis auf die Bestrahlung gleich behandelten Kontroll-samen zur selben Zeit nur ein Exemplar sich im Keimungsstadium befand und erst drei Tage nach dem Verbringen in Wasser die gleiche Menge gekeimt war wie bei den bestrahlten nach dem ersten Tage. Späterhin glichen sich die Differenzen zwischen den einzelnen Kulturen aus.

Anders verhielten sich Samen, die drei Tage gequollen und dann bis über 20 H. E. bestrahlt worden waren. Da ging die Keimung

ziemlich in gleicher Zeit und Intensität wie bei den Kontrollsamens von statten. Am vierten Tage nach der Bestrahlung waren sowohl alle bestrahlten wie alle Kontrollsamens gekeimt. Zwei Tage später zeigten sich die Wurzeln von *Vicia Faba* leicht gebräunt, jedoch turgeszent und frisch. Sie waren im Wachstum stehen geblieben, während *Vicia sativa* und *Brassica Napus* weiter wuchsen. Nach zwei weiteren Tagen nahm eine *Vicia Faba*-Wurzel ihr Wachstum wieder auf, während die Keimwurzeln von *Vicia sativa* bis auf eine ihr Wachstum einstellten, ohne jedoch Bräunung zu zeigen. Bei *Brassica Napus* war keine Wachstumshemmung zu bemerken. Drei Tage später waren sämtliche Wurzeln von *Vicia Faba* im Weiterwachsen begriffen; bei einigen begann die Bildung von Seitenwurzeln. Auch das Wurzelsystem von *Vicia sativa* entwickelte sich weiter. Die Keimlinge von *Brassica Napus* erschienen ganz normal. In der Sprossentwicklung von *Vicia Faba* und *Vicia sativa* war eine Reduktion im Vergleich zu den Kontrollpflanzen, auch weiterhin, nicht zu verkennen.

Der wachstumshemmende und damit schädigende Einfluss der Röntgenstrahlen lässt sich aus diesem Versuch erkennen, wenn wir den Fall von *Brassica* ausnehmen. Eine Tötung der Keimkraft in den Samen gelang jedoch nicht, selbst dann nicht, als trockene und gequollene Samen von *Vicia Faba* und *Brassica Napus* am Nachmittag eines Tages und dem Vormittag des nächstfolgenden jedesmal bis zu einer Intensität von mehr als 20 H. E. der Wirkung der Röntgenstrahlen ausgesetzt wurden. Die Samen, sowohl diejenigen von *Vicia Faba*, wie die von *Brassica Napus* zeigten eine Beschleunigung in der Keimungsgeschwindigkeit den Kontrollsamens gegenüber. Zehn Tage nach der Bestrahlung waren die Keimwurzeln der in trockenem Zustande bestrahlten Samen von *Vicia Faba* auf einer Länge von 16 bis 32 mm, und vier Tage nach der Bestrahlung die Wurzeln der in gequollenem Zustand bestrahlten Samen auf einer Länge von 13 bis 35 mm stehen geblieben, während beide Parteien von *Brassica Napus* keine bemerkbare Wachstumshemmung erfuhren. 24 Tage nach dem Sistieren des Wachstums begannen die Wurzeln der aus den trocken bestrahlten Samen hervorgegangenen Keimlinge zu faulen, die Wurzeln der gequollen bestrahlten 31 Tage nach Sistieren ihres Wachstums.

Es wurde schliesslich noch eine Bestrahlung von *Vicia Faba*-Sprossen bis zur Intensität von 20 H. E. vorgenommen. Zwei Sprosse von 25 bzw. 30 mm Länge wurden zum Versuch gewählt. Am zweiten Tag nach der Bestrahlung zeigte der erste dieselbe Länge von 25 mm, der zweite war auf 35 mm angewachsen. 10 Tage darauf hatten die Sprosse die Länge von 70 bzw. 90 mm erreicht, worauf sie im Wachstum einhielten. Nach 14 weiteren Tagen begannen

die Sprosse zu welken und langsam zugrunde zu gehen. Nach dem Austopfen zeigte sich das Wurzelsystem in seiner Ausbildung nicht merklich hinter dem der Kontrollpflanzen, deren Sprosse unterdess etwa 570 mm Länge erreicht hatten, zurückgeblieben.

Fassen wir nun das, was die Versuche lehren, in kurzen Worten zusammen, so ergibt sich folgendes:

Die Röntgenstrahlen wirken hemmend auf das Wachstum ein. Nach der Bestrahlung ist zunächst nichts von einer derartigen Hemmung zu bemerken, ja es scheint sogar zunächst eine Wachstumsbeschleunigung auf die Bestrahlung zu folgen, ähnlich derjenigen, die nach leichten Verletzungen und sonstigen Schädigungen bei Pflanzen eintritt¹⁾. Die Hemmung erfolgt vielmehr erst einige Zeit nach der Bestrahlung. Der Zeitpunkt des Eintretens dieser eigenartigen Nachwirkung ist von dem Objekt und seinem physiologischen Zustand im Moment der Bestrahlung abhängig. Als besonders widerstandsfähig gegen die Wirkung der Röntgenstrahlen erwies sich *Brassica Napus*, dessen Samen bei einer Strahlungsintensität, welche bei *Vicia Faba* eine starke Reaktion hervorrufen, keine merkliche Hemmung in ihrer Weiterentwicklung erlitten. Ist die Intensität der Bestrahlung nicht stark genug gewesen, so bleibt die Wachstumshemmung nur eine vorübergehende. Die eine Zeitlang sistierten Wurzeln beginnen ihr Wachstum wieder aufzunehmen. Ein Aufheben der Keimkraft von trockenen wie gequollenen Samen war nicht, selbst nicht nach zweimaliger Bestrahlung von einer jedesmaligen Stärke von über 20 H. E. zu erreichen.

22. Max Koernicke: Die Wirkung der Radiumstrahlen auf die Keimung und das Wachstum. □

Mit Tafel X.

Eingegangen am 24. Februar 1904.

Seit der Entdeckung des Radiums durch das Ehepaar CURIE sind die Strahlen dieses Elements vielfach zu physiologischen Experimenten verwandt worden, die jedoch im Grunde darauf ausgingen, ihre Verwertbarkeit für die Heilkunde festzustellen. So wurden

1) TOWNSEND, The correlation of growth under the influence of injuries. Ann. of Bot., Vol. XI, 1897, p. 509 ff., dort die übrige Literatur. — Vielleicht können die Röntgenstrahlen bei gewisser Intensität auch keimungsanregend wirken, wie gewisse chemische und physikalische Einflüsse, die imstande sind, die Keimung von sonst schwer dazu zu bringenden Sporen zu veranlassen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: [22](#)

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

Artikel/Article: [Über die Wirkung von Röntgenstrahlen auf die Keimung und das Wachstum 148-155](#)