

- Fig. Ib. Sieben Tage lang in dunstgesättigten Raume unter Einfluss der Laboratoriumsluft.
- „ Ic. Sieben Tage lang gleichzeitig mit den in Fig. Ib abgebildeten Objekten und neben diesen stehend, aber die ersten drei Tage über Wasser abgeschlossen und erst am vierten Tage im dunstgesättigten Raume der Laboratoriumsluft ausgesetzt. Die Triebe wuchsen anfangs vertikal in die Höhe und begannen erst vom vierten Tage an sich zu krümmen.

25. Oswald Richter: Pflanzenwachstum und Laboratoriumsluft.

Mit Tafel X—XII.

Eingegangen am 27. Februar 1903.

Bei meinen Untersuchungen über die Beziehungen des Magnesiums zur Pflanze¹⁾ machte ich zu wiederholten Malen die Beobachtung, dass Keimlinge der Bohne, wenn sie unter Glasglocken, die mit Wasser abgesperrt waren, gezogen wurden, um das Doppelte, ja Dreifache länger erschienen, als solche, die unter Glocken ohne Wasserabschluss standen, ganz gleichgültig, ob sie in Mg-freier oder Mg-hältiger Nährlösung, in Erde oder in Sägespänen gezogen wurden.

Von meinen zahlreichen diesbezüglichen Versuchen hebe ich folgende zwei hervor:

I. Versuch mit *Phaseolus multiflorus* Willd.

4 Blumentöpfe wurden mit guter Gartenerde beschickt, in jeden 6 Bohnenkeimlinge von 1 cm Wurzellänge gleich tief eingesetzt und unter 4 Glasglocken mit je 9 l Fassungsraum auf Tonschälchen in Keimschalen gestellt.

Die Temperatur schwankte zwischen 19—22° C., Lichtzutritt ausgeschlossen:

- I. Glocke: wurde mit einer etwa 6 cm hohen Schicht Leitungswassers abgeschlossen gehalten, nachdem in ihrem Raume ausser dem Blumentopfe ein Schälchen mit KOH untergebracht worden war.
- II. Glocke: mit Wasser abgesperrt, aber ohne KOH.
- III. Glocke: ohne KOH, ohne Wasserabschluss, wurde mittels eines Holzklötzchens behufs unbehinderten Luftzutritts einseitig gehoben.

1) OSWALD RICHTER, Untersuchungen über das Magnesium in seinen Beziehungen zur Pflanze (I. Teil), Sitzb. der kais. Akad. der Wiss. in Wien. Math.-naturw. Klasse. Bd. CXI, Abt. I. April 1902. S. [171—172] oder S. 1 und 2 des Separatabdruckes.

IV. Glocke: ohne KOH, ohne Wasserabschluss, aber mit feuchtem Filtrierpapier behufs Aufhebung der Transpiration abgeschlossen und wie III einseitig gehoben.

Beginn des Versuches am 2. Oktober 1902.

Glocke	Nach Tagen	Ergebnis
I.	3	6 Bohnenstengelchen von 3 cm Durchschnittshöhe haben sich über die Erde erhoben
	4	die Bohnenstengelchen haben eine Durchschnittshöhe von 9 cm
	6	die Bohnenstengelchen haben eine Durchschnittshöhe von 17 cm und eine -Dicke von 4,5 mm
II.	3	4 Bohnenstengelchen von 3 cm Durchschnittshöhe haben sich über die Erde erhoben
	4	5 Bohnenstengelchen haben eine Durchschnittshöhe von 9 cm
	6	5 Bohnenstengelchen haben eine Durchschnittshöhe von 17.1 cm und eine -Dicke von 4,5 mm
III.	3	1 Bohnenstengelchen von 1/2 cm Höhe erhebt sich über die Erde
	4	6 Bohnenstengelchen von 1 1/2 cm Durchschnittshöhe sind zu sehen
	6	6 Bohnenstengelchen haben eine Durchschnittshöhe von 5.4 cm und eine -Dicke von 6,5 mm
IV.	3	kein Bohnenstengelchen ist herausgekommen
	4	6 Bohnenstengelchen erheben sich über die Erde
	6	6 Bohnenstengelchen haben eine Durchschnittshöhe von 5,4 cm und eine -Dicke von 6.5 mm

Es verhält sich also die Stengellänge im abgeschlossenen Raume zu der bei Luftzutritt wie 17 cm : 5.4 cm und die betreffenden Stengeldicken wie 4.5 mm : 6.5 mm.

Am 8. Oktober 1902 wurden die Versuchspflanzen photographisch aufgenommen (siehe Taf. X, Fig. 1).

II. Versuch mit *Vicia sativa* L.

4 Töpfe mit guter Gartenerde wurden mit je 30 eben ausgekeimten Wickensamen besät.

Versuchsordnung wie früher, Glocken mit 6 l Fassungsraum, Temperatur zwischen 20–25° C.

Beginn des Versuches am 24. Oktober 1902.

Beendigung des Versuches am 27. Oktober 1902.

Die Versuchspflanzen wurden photographiert, vergl. Taf. X, Fig. 2.

Am Tage der Beendigung des Versuches war das Verhältnis der Durchschnittslängen bei I : II : III : IV = 7.15 cm : 6,7 cm : 1 cm : 2 cm.

NB. In III. waren 14 Pflanzen noch nicht über die Erde hervorgekommen, von den restlichen 16 waren 14 niederliegend und krumm¹⁾.

In IV. von 19 hervorgekommenen Keimlingen 12 niederliegend und krumm.

1) D. NELJUBOW, Über die horizontale Nutation der Stengel von *Pisum sativum* und einiger anderen Pflanzen (vorl. Mitteilung). Separatdruck aus: „Botan. Centrblatt“. Beihefte. Bd. X. Heft 3, 1901.

Ähnliche Resultate bezüglich der Längenverhältnisse gaben auch Lichtpflanzen von *Phaseolus multiflorus* Willd. und Licht- und Dunkel-pflanzen von *Helianthus annuus* L.; sowie Dunkelpflanzen von *Cucurbita Pepo* L.

Darnach scheint die CO_2 keinen merkbaren Einfluss auf das Wachstum meiner Versuchspflanzen zu nehmen¹⁾, denn I. und II. zeigen in allen Versuchen keinen wesentlichen Unterschied in der Durchschnittslänge und -dicke, auch der Transpirationsausschluss kann nicht den wesentlichen Unterschied zwischen I. und II. und III. und IV. ausmachen, denn IV. ist ja auch an der Transpiration gehindert, und zwar durch feuchtes Filtrierpapier, das Luft unter dem gehobenen Rande der Glocke zu den Keimlingen durchlässt.

Nun hat WIELER²⁾ gezeigt, dass eine bestimmte niedere Sauerstoffspannung das Wachstum von Phanerogamenkeimlingen nicht nur nicht schädigte, sondern sogar förderte. Und die über die gleiche Erscheinung handelnden Arbeiten von JACCARD³⁾ und SCHAIBLE⁴⁾ bestätigen seine Befunde im allgemeinen mit der Ergänzung, dass nicht nur, wie WIELER annahm, die verminderte Partiärpressung des O allein, sondern auch der verminderte Gasdruck allein ohne Rücksicht auf die O-Menge im gleichen Sinne zu wirken vermöge.

Es war mir daher in hohem Grade wahrscheinlich, dass die durch Pflanzenatmung erregte verminderte O-Spannung den merkwürdigen Grössenunterschied bei meinen Versuchspflanzen hervorrufe.

Wie oben erwähnt, fielen auch Versuche mit verschiedenen Keimlingen anderer Art sämtlich zu Gunsten meiner Vermutung aus, und ich war nahezu überzeugt, dass die in den mit Wasser abgeschlossenen Glocken entstehende O-Verdünnung das relativ starke Längenwachstum bedinge.

Bevor ich aber meine Versuche, die bisher durchaus im Laboratorium angestellt worden waren, abschloss, machte ich noch einige Experimente im Gewächshause und war aufs höchste überrascht, zu sehen, dass die Versuche hier ganz anders ausfielen, d. h. dass die Keimlinge unter Glocken mit und ohne Wasserabschluss gleich oder nahezu gleich

1) Vergl. P. CHAPIN, Einfluss der Kohlensäure auf das Wachstum. Flora, 91. Bd, 1902, S. 348—379.

2) A. WIELER, Die Beeinflussung des Wachsens durch verminderte Partiärpressung des Sauerstoffs. Untersuchungen aus dem bot. Inst. zu Tübingen. I. Bd Leipzig 1883. Heft II, S. 206—216.

3) M. PAUL JACCARD, Influence de la pression des gaz sur le développement des végétaux. Revue générale de Botanique, Paris 1893. Bd. V, S. 289.

4) FR. SCHAIBLE, Physiologische Experimente über das Wachstum und die Keimung einiger Pflanzen unter vermindertem Luftdruck. Inaug.-Diss. Heidelberg. Stuttgart 1897/98.

wurden, sich also nicht in hervorragendem Masse unterschieden.

Im Gewächshause in mannigfaltigster Weise variierte Versuche ergaben immer das gleiche Resultat. Es konnte also bei meinen Versuchen im Laboratorium nicht die O-Verdünnung unter den abgeschlossenen Glocken die Ursache des grossen Längenunterschiedes sein.

Ein weiteres Eingehen auf diesen merkwürdigen Befund führte mich mehr und mehr zu der Überzeugung, dass der auffallende Unterschied im Ausfall der Experimente im Laboratorium und im Glashaus auf Rechnung der Laboratoriums- bzw. Glashausluft zu setzen sei.

Meine Versuche, auf deren ausführliche Wiedergabe ich wegen Raummangels verzichte, lenkten meine Aufmerksamkeit auf gewisse in der Laboratoriumsluft fast stets vorhandene Verunreinigungen (Spuren von Leuchtgas und anderen Gasen), die in unseren Arbeitsräumen gewöhnlich, wenn auch nur spurenweise, vorhanden sind.

Bekanntlich wachsen Keimlinge der Wicke, Erbse und Linse bei Abschluss von Licht häufig horizontal, und NELJUBOW¹⁾ hat vor kurzem gezeigt, dass die Ursache der „horizontalen Nutation“ dieser Keimpflanzen der störende Einfluss des Leuchtgases und im besonderen der in ihm enthaltenen Spuren von Acetylen und Äthylen seien, also auch von Gasen, die in unseren Arbeitsräumen gewöhnlich aber nur spurenweise vorhanden sind. Daher war es naheliegend, dass die in der Laboratoriumsluft vorhandenen Leuchtgasspuren und event. andere Verunreinigungen meine Versuchsresultate bedingen.

Durch die Arbeiten von KNY²⁾, BÖHM³⁾, SPÄTH und MEYER⁴⁾, LACKNER⁵⁾, KRAUCH⁶⁾, WEHMER⁷⁾ und anderer [Literatur bei SORAUER⁸⁾ und FRANK⁹⁾] wurde die Schädlichkeit des Leuchtgases

1) D. NELJUBOW, l. c.

2) L. KNY, Einfluss des Leuchtgases auf die Baumvegetation. Sitzungsab. der naturf. Freunde zu Berlin. Sitz. vom 20. Juni 1871. Bot. Ztg. 1871, S. 852, 853, 854, 867, 868, 869.

3) JOS. BÖHM, Über den Einfluss des Leuchtgases auf die Vegetation. LXVIII. Sitzungsab. der kais. Akad. der Wiss. in Wien, 1873. I. Abt. Oktober-Heft, S.-A.

4) SPÄTH und MEYER, Beobachtungen über den Einfluss des Leuchtgases auf die Vegetation von Bäumen. Landwirtschaftl. Versuchsst. Bd. 16.

5) LACKNER, Monatsschrift des Ver. zur Beförd. des Gartenb. in den königl. preuss. Staaten. Januar 1873. (Nach SORAUER).

6) C. KRAUCH, Über Pflanzenvergiftungen (Journ. für Landw.). Bd. XXX, 1882, S. 271—291. I. Wirkung giftiger Stoffe, die bei der Fabrikation des Leuchtgases auftreten, und die Giftigkeit des Leuchtgases. Ref. Bot. Centr. 1882. XII. S. 130.

7) C. WEHMER, Über einen Fall intensiver Schädigung einer Allee durch ausströmendes Leuchtgas. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten. 1900. S. 267.

8) PAUL SORAUER, Handbuch der Pflanzenkrankheiten. 2. Aufl. 1886, Berlin. 1. Teil: „Die nicht parasitären Krankheiten“, „Leuchtgas und andere Gase“. S. 522—527.

9) A. B. FRANK, Die Krankheiten der Pflanzen. 2. Aufl., Breslau 1895. 1. Bd.: „Die durch anorganische Einflüsse hervorgerufenen Krankheiten“. S. 316—317.

auf die Pflanze dargetan. Für unsere Frage ist speziell wichtig, dass MOLISCH¹⁾ gezeigt hat, wie bereits sehr geringe Mengen von Leuchtgas, nämlich 0,005 pCt., Verkürzung bei Wurzeln von *Zea Mays*-Keimlingen im Längen- und Förderung im Dickenwachstum hervorrufen.

Um nun zu ermitteln, ob bei meinen Versuchen das in Spuren vorhandene Leuchtgas der Laboratoriumsluft einen Einfluss ausübe, machte ich zahlreiche Versuche, von denen ich folgende mitteile:

III. Leuchtgasversuch mit Keimlingen der Bohne im warmen Gewächshause.

Je 7 Bohnen von 4 *cm* Wurzellänge wurden unter 9 *l* fassende Glasglocken in Töpfen mit guter Gartenerde mit Wasser abgesperrt.

I. Glocke: ohne Gas.

II. Glocke: mit 11 *ccm* Gas, die unter die Glocke in einem Gläschen gebracht wurden.

III. Glocke: mit 26,5 *ccm* Gas.

Beginn des Versuches am 29. Januar, $\frac{3}{4}$ 9 Uhr früh.

Tag	Uhr	Temp.	I.	II.	III.
31. I.	4 früh	17°	2 Bohnen $\frac{1}{2}$ <i>cm</i> hoch, Erde wirft sich	1 Bohne kommt eben heraus	
—	4 nachm.	18°	4 Bohnen 1 <i>cm</i> hoch	1 Bohne kommt eben heraus	
1. II.	$\frac{3}{4}$ 7 früh	18°	7 Bohnen $\left\{ \begin{array}{l} 4 \text{ Bohnen} \\ 5 \text{ cm} \\ 3 \text{ Bohnen} \\ 1 \text{ cm} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ Bohne } \frac{1}{2} \text{ cm hoch} \end{array} \right.$	Erde wirft sich
2. II.	$\frac{1}{4}$ 9 früh	18°	8 <i>cm</i> Durchschnittshöhe	1 Bohne 1 <i>cm</i> hoch	Erde wirft sich
3. II.	$\frac{1}{2}$ 9 früh	18°	15 <i>cm</i> Durchschnittshöhe	7 Bohnen rund 2 <i>cm</i> hoch	4 Bohnen kommen eben heraus
4. II.	8 früh	17°	18 <i>cm</i> Durchschnittshöhe	5 <i>cm</i> Durchschnittshöhe	5 Bohnen 1 <i>cm</i> hoch
5. II.	4 früh	17°	Der Unterschied ist sehr deutlich		

Beendigung des Versuches am 5. Februar, 12 Uhr mittags.

Die Pflanzen wurden photographisch aufgenommen, Taf. X, Fig. 3.

Längenmasse am Tage der Photographie I : II : III = 22,8 *cm* : 6,1 *cm* : 2,3 *cm*.

Durchschnittsdicken 4 | 3 : 5 | 4 : 8 | 6 *mm*, wobei immer die erste Zahl den grossen, die zweite den kleinen Durchmesser des elliptischen Stengelquerschnittes angibt.

Dieser Versuch zeigt, dass Leuchtgas hemmend auf das Längen- und fördernd auf das Dickenwachstum von Bohnenkeimlingen einwirkt.

1) H. MOLISCH, Über die Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Wachstumsrichtung durch Gase (Aërotropismus). Sitzungsber. der kais. Akad. der Wiss. in Wien. Bd. 90, I. Abt. Juli-Heft, Jahrg. 1884. S. [183—189], S. 73—79 des S.-A.

IV. Holzkohlenversuch in einem Keimkasten des Laboratoriums.

NELJUBOW¹⁾ verwendet zur Reinigung der Laboratoriumsluft KOH, Ba(OH)₂, CaCl₂, rotglühendes CuO, wieder Ba(OH)₂ und H₂O.

Ich habe unter Verzicht auf die vollständige²⁾ Reinigung der Luft mit Holzkohle³⁾ gearbeitet.

In ein grosses Gefäss mit hohen Wandungen wird der Topf mit den Versuchspflanzen gestellt und eine Glocke darüber gestülpt, die durch ein Klötzchen gehoben wird.

Dann legt man um ihren Rand feuchtes Filtrierpapier, um der Austrocknung der Luft vorzubeugen. Auf das Filtrierpapier wird nun zwischen Glocken- und Gefässwand frisch zerkleinerte Holzkohle bis zum oberen Rande des grossen Gefässes gehäuft.

Dieser Gasabsorptionsapparat ist in der Folge mit II. bezeichnet.

Zur Kontrolle war ein Versuch mit Wasserabschluss (I) und einer mit direktem Laboratoriumsluftzutritt (II. Glocke, gehoben durch ein Klötzchen, mit feuchtem Filtrierpapier nass gehalten) aufgestellt.

Ort: Warmkasten.

Beginn des Versuches am 28. Januar um 6 Uhr abends. Ende am 31. Januar, 12 Uhr mittags.

Zahl der Versuchspflanzen per Topf: 7 Bohnen.

Glocken mit 10 l Fassungsraum.

Am 31. Januar, 1 Uhr nachmittags wurde der Versuch photographiert, Taf. XI, Fig. 4.

Die Durchschnittshöhen verhalten sich in I : II : III = 13,2 : 8,9 : 4,6 *cm*.

Die Durchschnittsdicken verhalten sich in I : II : III = 5 | 4 : 5 | 3,7 : 7 | 6 *mm*, wobei wiederum die erste Zahl den grossen, die zweite den kleinen Durchmesser der Stengelquerschnittsellipse wiedergibt.

Dieser Versuch zeigt, dass die Laboratoriumsluft nach dem Durchgang durch wenig Holzkohle schon den stengelverdickenden Einfluss verliert und an ihren längenwachstumshemmenden Eigenschaften teilweise einbüsst.

V. Versuch über das Verhalten von Bohnenkeimlingen, die im Dunkeln im Warmkasten in reiner und schlechter Luft abwechselnd gezogen wurden.

Bohnen, die am 16. Januar quellen gelassen wurden, wurden am 17. Januar in eine Keimschale mit Sägespänen gesetzt und im Warmkasten auskeimen gelassen.

Am 20. Januar war die Wurzellänge 4 *cm*.

Von diesen Bohnen wurden nun je 7 in zwei Töpfe mit Erde gesetzt, unter Glocken gegeben, die eine Glocke mit Klötzchen gehoben, die andere mit Wasser abgeschlossen.

Die Temperatur schwankte zwischen 21–23° C.

1) D. NELJUBOW, l. c.

2) Es zeigt sich nämlich, dass das Absorptionsvermögen der Holzkohle für Gas beim längeren Stehen der Versuche abnimmt, so dass die „Holzkohlenpflanzen“ schliesslich wegen der fortschreitenden Verschlechterung der sie umgebenden Atmosphäre auch zurückbleiben.

3) Die Luft, welche aus gewöhnlicher Holzkohle gesaugt wird, hat nach BÖHM (Über das Verhalten von vegetabilischen Geweben und von Stärke und Kohle zu Gasen, 1883. S.-A. aus der Bot. Zeitung 1883. Nr. 32–34, S. 13) dieselbe Zusammensetzung wie die atmosphärische Luft, daher war Holzkohle für meine Versuche ganz besonders geeignet.

Am 27. Januar wurden die Versuche unterbrochen und die Versuchspflanzen gemessen.

Die Durchschnittshöhe bei Wasserabschluss verhielt sich zu der bei Luftzutritt wie 26 cm : 8,2 cm, die betreffenden Dicken wie 3 | 3 mm : 9 | 6 mm oben bzw. 7 | 6 mm¹⁾ unten am Stengel.

Nach der Messung wurden die Pflanzen aus der Glocke mit Wasserabschluss unter die Glocke mit Klötzchen gegeben, die anderen mit Wasser abgeschlossen.

Am 3. Februar wurde der Versuch beendet und jedesmal die sechs schönsten Pflanzen photographiert, Taf. XI, Fig. 5.

Die Messung an allen Pflanzen am Tage der photographischen Aufnahme:

Durchschnittshöhe bei Wasserabschluss : Luftzutritt = 40,5 cm : 37,8 cm

Durchschnittsdicke bei Wasserabschluss : Luftzutritt = 3,5, 3 mm : 5, 4 mm.

Es haben also die Bohnen links in der Photographie seit 27. Januar um 32,5 cm zugenommen gegen 11,8 cm Längenzuwachs rechts und sind um 5,5 und 3 mm schwächer geworden, während die Pflanzen rechts um 2,1 mm dicker geworden sind.

Der Versuch V hat also gelehrt, dass sich der Einfluss der Laboratoriumsluft auf das Längen- beziehungsweise Dickenwachstum an denselben Pflanzen nachweisen lässt, je nachdem man sie ihr aussetzt oder sie ihr entzieht.

Wiederholte Versuche, auf deren eingehende Schilderung ich verzichte, haben schliesslich gezeigt, dass in allen Räumlichkeiten unseres Instituts die Versuche analog ausfielen, und eine speziell mit der Absicht aufgestellte Versuchskolonie, in den Längenunterschieden und Dickendifferenzen ein Mass für die Güte der Laboratoriumsluft in den einzelnen Zimmern zu erhalten, ergab, dass die Luft durchschnittlich im Keimkasten, im Mikroskopierzimmer²⁾, im Vorbereitungsraum und im Hörsaal³⁾ des Instituts für derartige Versuche gleich schlecht ist. Dabei ist das Institutsgebäude ein Neubau aus dem Jahre 1898, mit grossen, geräumigen, und den Anforderungen moderner Hygiene entsprechenden Zimmern.

Aus den angeführten Versuchen geht hervor:

1. dass Leuchtgas⁴⁾ in bestimmten Mengen Keimlingen der Bohne zugeführt, hemmend auf das Längen-, dagegen fördernd auf das Dickenwachstum einwirkt; dabei wird die Nutation ausserordentlich deutlich,
2. dass Laboratoriumsluft im gleichen Sinne wirkt, wodurch es besonders mit Bezug auf NELJUBOW's⁵⁾ Versuche mit Erbsen-

1) Über die Bedeutung dieser Zahlen vergl. die Bemerkung bei Versuch II.

2) Im Mikroskopierzimmer stehen drei Warmkästen, die Tag und Nacht mit vier Gasflammen geheizt werden.

3) Im Hörsaal, mit dem der Vorbereitungsraum durch eine Tür verbunden ist, steht ein Paraffinofen mit einem Mikrobrenner, der Tag und Nacht brennt.

4) Versuche mit Benzoldämpfen ergaben bei Bohnen das gleiche Resultat [vgl. NELJUBOW's Befunde bei der Erbse. (l. c.)]

5) l. c.

keimlingen sehr wahrscheinlich wird, dass die in der Laboratoriumsluft enthaltenen Leuchtgasspuren der Grund der auffallenden Erscheinung sind.

3. dass die Verkürzung und Verdickung proportional ist der Menge Leuchtgas, die man auf einmal mit den Keimlingen abschliesst, beziehungsweise der Länge der Zeit, in welcher man die Pflanzen der Laboratoriumsluft aussetzt,
4. dass Reinigung die schädigende Wirkung der Laboratoriumsluft aufhebt; endlich
5. dass reine Luft, etwa die des Glashauses, unter gleichen Umständen nie so bedeutende Höhen- und Dickenunterschiede hervorruft.

Diese Tatsachen gewinnen an Bedeutung, da WIELER¹⁾, JACCARD²⁾ und SCHAIBLE³⁾ ihre Experimente über die Wirkung der O-Entspannung im Laboratorium ausgeführt haben, ihre Kontrollpflanzen also der schädigenden Wirkung der Laboratoriumsluft ausgesetzt waren. Besonders SCHAIBLE³⁾ hatte nach seinen eigenen Äusserungen bei seinen ersten Versuchen ein ganz ungeeignetes Laboratorium: „Dasselbe (das Arbeitslokal)“, schreibt er l. c. S. 15, „liegt im Gebäude des alten chemischen Laboratoriums in Stuttgart vollständig zu ebener Erde, in dicken Grundmauern, Sonnenschein dringt wenig herein. Auch wird es, da es unbenutzt steht, wenig oder gar nicht gelüftet.“

Darnach ist es in hohem Grade wünschenswert geworden, die Befunde der genannten Forscher durch Versuche in reiner Luft einer genauen und eingehenden Prüfung zu unterziehen.

Ganz primitive Experimente im Warmhause unseres Glashauses mit Bohnen, Kartoffeln und Zwiebeln von Tulpen, bei denen die Versuchspflanzen unter Glocken mit Wasserabschluss gezogen wurden, während die Kontrollpflanzen unter Glocken mit O-Zutritt standen, haben inzwischen gelehrt, dass tatsächlich eine geringe Förderung des Längenwachstums im O-entspannten Raume eintritt, dass, wie von JACCARD und SCHAIBLE immer hervorgehoben wird, besonders die Blattlamina im Wachstum gefördert wird, dass aber bei meiner Versuchsanordnung nie jene grossen Höhenunterschiede in der Zeit bis zum Aufbrauche des O auftreten, wie sie bei JACCARD und SCHAIBLE wiedergegeben sind. Auch Blüten scheinen in der Aufblühfolge gefördert zu werden, wenn man sie unter Glocken mit Wasserabschluss zieht. Bei der Kartoffel scheint auch etwas von JACCARD's „Ramification“ aufzutreten.

1) A. WIELER, l. c.

2) P. JACCARD, l. c.

3) FR. SCHAIBLE, l. c. S. 21.

Darnach hätte man sich die WIELER', JACCARD', SCHAIBLE'schen Befunde in folgender Weise zu erklären:

Die grossen Höhenunterschiede bei den Versuchspflanzen JACCARD's und SCHAIBLE's dürften sich durch die Wirkung der Laboratoriumsluft auf die Kontrollpflanzen erklären.

Bei den WIELER'schen Versuchen endlich könnte man daran denken, dass durch das Auspumpen des Apparates mit Hinblick auf meinen V. Versuch Hand in Hand mit der O-Entspannung die in der Laboratoriumsluft enthaltenen Giftstoffe entfernt wurden, wodurch rascherem Wachstum nichts mehr im Wege stand, und dass beim neuerlichen Füllen wiederum die Giftstoffe der Laboratoriumsluft in den Apparat eindringen und hemmend auf das Längen- und fördernd auf das Dickenwachstum wirkten. Damit will ich natürlich die von WIELER behauptete Förderung des Längenwachstums durch O-Entspannung durchaus nicht in Abrede stellen.

Bei meinen Versuchen im Keimkasten habe ich unter anderem auch beobachtet, dass sich die Circumnutationsbewegungen von *Helianthus annuus* L.- und *Cucurbita Pepo* L.-Keimlingen bedeutend unterschieden, je nachdem man die Pflanzen unter Glaslocken mit oder ohne Wasserabschluss zog.

Bei analoger Versuchsanordnung, wie sie schon früher bei den Bohnenexperimenten S. 180 angegeben wurde, zeigte sich bei den genannten Keimlingen eine Erscheinung, die durch die Photographien Fig. 6 auf Tafel XI und Fig. 7 auf Tafel XII wiedergegeben ist.

Das Charakteristische in diesen Bildern ist das gegenseitige Sichumfassen, Sichineinanderschlingen, das zopfförmige Sichumwinden der Versuchspflanzen in I und II.

Grund dieser Erscheinung konnte nicht die Absorption der CO_2 ¹⁾ und nicht der Transpirationsausschluss sein.²⁾ Auch die durch Atmung erzeugte Sauerstoff-Entspannung ist nicht die Ursache dieser auffallenden Habitusbilder, denn Kulturen im Gewächshause mit und ohne Wasserabschluss zeigten das gleiche Aussehen.

Da nun aber die Versuche mit der Bohne ihre Erklärung durch die hemmende Wirkung der Laboratoriumsluft auf das Wachstum der Kontrollpflanzen gefunden hatten, liegt es nahe, auch hier sowohl bei der Überverlängerung der Hypokotyle als bei ihren offenbar auf Circumnutationsbewegungen zurückzuführenden Verschlingungen die Ursache in der Darstellung eines von Verunreinigungen freien Luftvolumens zu erblicken.

1) Vgl. P. CHAPIN, l. c. und die diesbezügliche Erörterung auf S. 182.

2) Die Wachstumsförderung von IV gegen III in beiden Versuchen ist auf Rechnung der verringerten Transpiration zu setzen.

Dabei ist die Bewegung der Keimlinge so vergrössert oder besser der Bewegungsradius infolge des Überhängens der Hypokotyle so gross, dass man sie mit freiem Auge ohne jedes Hilfsmittel verfolgen kann.

Indem ich bezüglich der Beobachtungsmethoden von Circumnutationsbewegungen auf die einschlägigen Arbeiten von DARWIN¹⁾, WIESNER²⁾, FRITSCHÉ³⁾ und VOSS⁴⁾ verweise, möchte ich nur erwähnen, dass ich mit gutem Erfolge je zwei Glascheiben zur Beobachtung verwendete, auf die ich mit Glastinte Quadratgitter gezeichnet hatte, und von denen zwei über und zwei seitlich vor dem nutierenden Keimling angebracht waren. Auch auf diese Weise wird die Visierlinie gut fixiert.

Von besonderer Bedeutung für die Beobachtung war auch die Befestigung der Marke, wenn eine solche verwendet wurde.

Jede Verletzung von Pflanzen in reiner Luft, auch die auscheinend geringste, übt, ausgenommen an den Kotyledonen, eine ausserordentlich bewegungshemmende Wirkung aus.

Ich hebe das besonders hervor, da FRITSCHÉ⁵⁾ erst jüngst durch genaue Beobachtungen an Laboratoriumspflanzen zu dem Schlusse kam: „Wird das Hypokotyl, also der Pflanzenteil, dessen Circumnutation beobachtet wird, durch Einstechen feiner Glasnadeln verletzt, so ist keine wesentliche Wachstums- bzw. Nutationsstörung zu beobachten.“

Als passendster Ort für die Befestigung erwiesen sich schliesslich jene saftreichen Zellpartien, welche die in die Kotyledonen eintretenden Nerven begleiten. Hier wurde ihrer Leichtigkeit wegen eine Glaskapillare statt des gewöhnlich verwendeten Glasstabes mit Siegellacktröpfchen versehen, eingesteckt.

Die Versuchsanordnung bei den genauen und zahlreichen Versuchen war folgende: Zwei gleich grosse Bechergläser von 1,5—2 l Inhalt wurden mit entsprechenden Kristallisierschalenhälften zu feuchten Kammern verbunden, in die je auf einem Gipspfropf, der halb im Wasser stand, der Topf mit dem zu beobachtenden *Helianthus*-Keimling gestellt wurde. Um den feuchten Belag an der Wand des Becherglases zu vermeiden, ist es vorteilhaft, es zuerst mit etwas Glycerin auszukleiden, wodurch die Marke während des ganzen Versuchs sichtbar bleibt. Zur Deutlichmachung derselben ist es auch notwendig, auf die Erde des Blumentopfes weisses Papier zu legen und die feuchten Kammern auf weisses Papier zu stellen.

Eine feuchte Kammer wurde schliesslich mit Wasser abgeschlossen, bei der andern das Becherglas durch ein Klötzchen gehoben: die so angestellten Versuche konnten nun entweder im Lichtthermostaten oder im Dunkelkeimkasten beobachtet und das jeweilige Vorrücken der Marke durch die senkrechten Projektionen auf die

1) DARWIN, CH., „Gesammelte Werke“ aus dem Englischen übersetzt von J. VICTOR CARUS. Autorisierte deutsche Ausgabe. XIII. Bd. „Das Bewegungsvermögen der Pflanzen.“ Stuttgart 1881. S. 26.

2) WIESNER, J., „Das Bewegungsvermögen der Pflanzen. eine kritische Studie über das gleichnamige Werk von CHARLES DARWIN nebst neuen Untersuchungen.“ Wien 1881. Verl. bei ALFRED HÖLDER.

3) FRITSCHÉ, CURT, „Über die Beeinflussung der Circumnutation durch verschiedene Faktoren“. Inaug.-Diss. Leipzig. 1899. S. 5.

4) VOSS, W., „Neue Versuche über das Winden des Pflanzenstengels.“ Bot. Ztg., 60. Jahrg. 1902, Heft XII, S. 231.

5) l. c. S. 31.

obere und seitliche Beobachtungsscheibe in der Zeichnung festgehalten und durch Rekonstruktion im Raume wiedergegeben werden.

Indem ich Platzmangels halber verzichte, das Verhalten der entstandenen Kurve zu illustrieren, möchte ich nur die wichtigsten Schlüsse vorbringen, zu denen ich auf Grund einer Fülle von derartigen Zeichnungen und auch direkten Beobachtungen von *Helianthus*-Keimlingen unter Glocken sowohl im starken und schwachen diffusen Lichte als auch im Dunkeln gekommen bin, nämlich:

1. Die Bewegung in mit Wasser abgeschlossenen Glocken ist in ihrer Art nicht wesentlich von der bei Luftzutritt verschieden.
2. Beide Bewegungen erfolgen gleich rasch.
3. Die Hypokotyle im abgeschlossenen Raume legen in gleichen Zeitteilen längere Strecken zurück als die Kontroll Exemplare bei Luftzutritt.
4. Diese Vergrösserung der Bewegung ist auf das Überhängen der Hypokotyle bei Luftabschluss zurückzuführen, wodurch sich der Bewegungsradius ungemein vergrössert und die Bewegung ohne weiteres sichtbar wird.
5. Grund der Erscheinung ist der fördernde Einfluss, den reine Luft auf das Wachstum und damit auf die Circumnutationsbewegung ausübt.
6. Die von mir in reiner Luft beobachteten Circumnutationsdurchmesser verhalten sich zu denen von DARWIN¹⁾, von FRITSCH²⁾ und den von mir in Laboratoriumsluft gezeichneten wie 9 oder 5.6 cm zu 0.39 cm ¹⁾ zu 1.35 cm ²⁾ zu 1,5 cm .
7. Licht beeinflusst in hervorragendem Masse die Bewegung bei Wasserabschluss, und zwar kann man bei einseitiger starker diffuser Beleuchtung eine Periodizität in der Bewegungsgeschwindigkeit wahrnehmen, indem die Bewegung zum Lichte beschleunigt, die vom Lichte verlangsamt wird.
8. Als Umlaufzeiten wurden bei Lichtexemplaren 2 Stunden 45 Minuten beziehungsweise 2 Stunden 25 Minuten festgestellt.
9. Die Beschleunigung der Bewegung zum Lichte und ihre Verzögerung bei der Bewegung vom Lichte ist innerhalb gewisser Grenzen proportional der Lichtstärke.

Unter günstigen Bedingungen ist also die Circumnutationsbewegung bei *Helianthus*-Keimlingen höchst auffällig, und durch ent-

1) DARWIN, l. c., S. 36.

2) FRITSCH, l. c. Siehe Fig. 28 seiner Abhandlung, die den grössten Bewegungsdurchmesser hat.

sprechende Verlängerung der Glaskapillare konnte ich den Circumnutationskreis in reiner Luft so vergrössern, dass ich während der halbstündigen Beobachtungszeit das Siegellacktröpfchen sich unter meinen Augen 11,4 *cm* bewegen sah, indem es heftig zitterte und Schwingungen nach allen Richtungen des Raumes ausführte, die sehr unregelmässig waren.

Da eine Glaskapillare ohne Pflanze ebenso zittert und schwingt, so haben diese unregelmässigen Vorstösse weder mit den sogenannten Wachstumsoscillationen¹⁾, noch mit den Auslösungen der von WIESNER²⁾ angegebenen Gewebespannungen etwas zu tun. Ebenso ist das Zittern auf die aufsteigenden warmen Luftströmungen des geheizten Glashauses zurückzuführen, durch die ja auch die Blätter von *Golfussia* und anderen Pflanzen dauernd in zitternder Bewegung erhalten bleiben.

Die das Ganze beherrschende langsame Bewegung aber ist ohne Zweifel DARWIN's³⁾ Circumnutationsbewegung.

Dabei wird 1 *cm* beiläufig in 3—4 Minuten durchmessen.

Diese Bewegung ist nicht zu verwechseln mit jener, welche Keimlinge beim Übertragen aus der dunstgesättigten Atmosphäre in die weniger gesättigte des Warmhauses zeigen. Diese erfolgt in gerader Richtung. Bei einer Kapillare von 35 *cm* Länge wird die Fallbewegung so vergrössert und geht so rapid vor sich, dass man sie nicht mit der im Bogen verlaufenden Circumnutationsbewegung verwechseln kann⁴⁾.

Hervorgehoben sei endlich, dass Pflanzen mit kräftigem Unterteil die Vorbedingung für das Gelingen des Versuches sind, und dass man sich solche am besten verschafft, wenn man die *Helianthus*-Keimlinge in Sägespänen bis zur Höhe von 2 *cm* in Laboratoriumsluft wachsen lässt und sie dann bis zur kräftigen Nutation unter Glaslocken mit Wasser abgesperrt hält.

Das störende Schwingen der Glaskapillare kann bei Anstellung des Versuches in einem Glaskasten vermieden werden.

Anhangsweise möchte ich noch erwähnen, dass auch die spontane Nutation von *Helianthus*-Keimlingen durch die Laboratoriumsluft beeinflusst wird⁵⁾.

1) W. PFEFFER, Pflanzenphysiologie, II. Bd., Kraftwechsel, I. Hälfte, Leipzig 1901, S. 20.

2) J. WIESNER, l. c.

3) C. DARWIN, l. c.

4) C. FRITSCHKE, l. c., hat eine solche Austrocknungsbewegung bei Laboratoriumspflanzen gezeichnet, Fig. 19 seiner Tafeln, die Bewegung, während dieser Keimling umsank.

5) Bei meinen Untersuchungen über den Einfluss des Leuchtgases auf das Wachstum der Bohne zeigten sich an den meisten Stellen des fixierten Stengels Amitosen.

Da bisher wohl durch Abkühlung (GERASSIMOFF), Äther (derselbe u. NATHANSON), Chloral etc. (WASIELEWSKI), Benzol und 1 pCt. CuSO_4 (NĚMEC) in Algen und in Wurzeln höherer Pflanzen direkte Kernteilungen erzielt worden sind, Leuchtgas aber noch nicht dazu verwendet wurde, und weil man bisher noch

Zieht man nämlich Keimlinge der Sonnenrose im dunklen Keimkasten in Sägespänen, so zeigen sie Nutationen von 140° , 180° , ja 270° ; unter gleichen Versuchsbedingungen im warmen Glashauss bleiben die starken Nutationen überhaupt aus.

Die stärksten, die ich beobachtete, waren Nutationen von 120° .

Quecksilberdämpfe und Pflanzenwachstum.

Quecksilberdämpfe rufen ähnliche Habitusbilder bei Bohnenkeimlingen hervor wie Leuchtgas und Laboratoriumsluft, nur töten sie dabei.

Wieder nur ein recht charakteristisches Beispiel:

Quecksilberversuch.

Je sieben Bohnen mit 4 cm langen Wurzeln wurden in zwei Töpfe mit guter Gartenerde gesetzt und unter 5 l fassende Glasglocken gegeben.

Die eine wurde mit reinem Hg abgesperrt, nachdem der Blumentopf auf einen Gipspfropf in ein Schälchen mit H_2O gestellt worden war. Der gleich ausgestattete Kontrollversuch wurde mit H_2O abgeschlossen.

Beginn des Versuchs am 24. Januar 1903, Ende am 28. Januar.

Der Versuch wurde photographiert, Taf. XII, Fig. 8.

Durchschnittslänge am 28. Januar in I: II = 3,9 cm : 15,6 cm

„ „ „ „ 28. „ „ I: II = 6,5 | 5 mm : 5 | 1 mm.

Die Pflanzen in I zeigten in den Wachstumszonen schwarze Flecke, die Kotyledonen dreier Bohnen waren ganz gebräunt, auf einer Bohne hatte sich ein Pilz angesiedelt.

Der Gesamteindruck der Pflanzen in I war der nach starker Vergiftung.

Der mikrochemische Nachweis von Hg mit KJ in Schnitten aus dem Stengelen gelang jedoch nicht.

Nach dem Photographieren und Messen wurde der Versuch ins Warmhaus ans Licht gestellt und zeigte schon nach wenigen Tagen, dass die Hg-Pflanzen überhaupt nicht mehr imstande waren, zu wachsen oder neue Triebe aus den Kotyledonenachsen zu treiben.

Am 16. Februar war von I nur noch ein 3 cm hoher schwarzer Stumpf erhalten, die Kontrollpflanzen hatten dagegen die Höhe von 40–60 cm erreicht, waren gesund, kräftig, grün und hatten zahlreiche Blätter.

Dieser Fall zeigt, dass Pflanzen auch durch Hg-Dämpfe¹⁾ vergiftet werden können.

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse vorliegender Abhandlung:

nicht Stengel auf ihr „amitotisches Verhalten“ untersucht hat, erlaube ich mir, die Aufmerksamkeit auf einen solchen Fall zu lenken.

Weitere Untersuchungen über diesen Gegenstand behalte ich mir vor.

1) Man nimmt gewöhnlich an, dass Hg in Wasser nicht löslich sei, doch trifft das nicht für unwägbare Spuren zu, so können wir nun in unserem Falle das Eindringen des Hg in die Gewebe nicht anders denken, als mittels Lösung der Hg-Dämpfe im Pflanzensaft.

1. Leuchtgas wirkt hemmend auf das Längen- und fördernd auf das Dickenwachstum von Keimlingen der Bohne (*Phaseolus multiflorus* Willd.), *Helianthus annuus* L. und *Cucurbita Pepo* L.
2. Die Laboratoriumsluft hat denselben Einfluss, und es ist nach den vorliegenden Untersuchungen mehr als wahrscheinlich, dass die in der Laboratoriumsluft enthaltenen Spuren von Leuchtgas der Grund der auffallenden Erscheinung sind.
3. Dieser Befund gibt eine passende Parallele zu NELJUBOW's jüngst veröffentlichter Abhandlung über die horizontale Nutation von *Pisum sativum* und zu den in diesem Hefte publizierten Befunden MAXIM. SINGER's „Über den Einfluss der Laboratoriumsluft auf das Wachstum der Kartoffelsprosse“.
4. Vorliegende Beobachtungen gewinnen an Bedeutung, da WIELER, JACCARD und SCHAIBLE, die über den Einfluss der verminderten Partiärpressung des O auf das Wachstum arbeiteten, ihre Versuche in Laboratoriumsluft ausgeführt haben.
5. Die Wirkung der Laboratoriumsluft zeigt sich bei *Helianthus*- und *Cucurbita*-Keimlingen auch darin, dass sie den Radius des Circumnutationskreises auf ein Minimum herabdrückt. *Helianthus*-Keimlinge circumnutieren in reiner Luft ausserordentlich deutlich. Es wurden Circumnutationsdurchmesser bis zu 9 cm beobachtet.
6. Die Laboratoriumsluft fördert bei *Helianthus*-Keimlingen und auskeimenden Bohnen die spontane Nutation, und sind besonders alle abnorm starken Nutationen von 130°—270° auf ihre Rechnung zu setzen.
7. Hg-Dämpfe vermögen ähnliche Höhen- und Dickenunterschiede hervorzurufen wie Leuchtgas, töten dabei aber die Pflanzen nach ganz kurzer Zeit.

Die vorstehenden Untersuchungen geben einen neuen Beleg für die ausserordentliche Empfindlichkeit der Pflanze und erinnern in dieser Beziehung an die von NÄGELI¹⁾ erkannte Oligodynamie.

Bekanntlich hat dieser Forscher gezeigt, dass jene Spuren von Metallen, besonders Cu, die sich im Wasser lösen, der Grund des Absterbens empfindlicher Algen, wie Spirogyren, sind. Die Grenze der Wirksamkeit liegt bei 1 Teil Cu auf 1 000 000 (100 Teilen H₂O).

Daher sterben Algen in Nährlösungen, die mit aus kupfernen Apparaten dest. Wasser hergestellt sind, daher sterben sie in Leitungswasser aus Röhren, die lange Zeit nicht gebraucht worden sind, u s. f.

1) C. v. NÄGELI „Über oligodynamische Erscheinungen in lebenden Zellen“. Mit einem Vorwort von S. SCHWENDENER und einem Nachtrag von C. CRAMER, Basel. (Denkschrift. der schweizerischen naturf. Gesellschaft. Bd. XXXIII, S. 1893.) Ref. Bot. Zeitg. 1893, Nr. 22, S. 337—343.

Neuerlich hat O. Löw¹⁾ auf diese Wirkung oligodynamischen Wassers aufmerksam gemacht, da ASCHOFF²⁾ von der Giftwirkung von dest. Wasser auf Bohnen berichtet hatte.

Ich meine nun, dass wir in NELJUBOW's, SINGER's und meinen Befunden über die Einwirkung der Laboratoriumsluft und meinen Beobachtungen über die Wirkung der Spuren von Hg-Dämpfen auf das Wachstum der Pflanzen neue Belege für die überraschende Empfindlichkeit der Pflanze gegen Spuren von gewissen Körpern zu erblicken haben, ein Umstand, der uns bei Laboratoriumsarbeiten zur Vorsicht mahnt. Wir arbeiten im Laboratorium meist mit kranken Pflanzen, weshalb heute zu den notwendigsten Forderungen eines pflanzenphysiologischen Institutes ein lüftbares Gewächshaus gehört.

Pflanzenphysiol. Institut der k. k. deutschen Universität Prag.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel X.

- Fig. 1. Keimlinge von *Phaseolus multiflorus* Willd. unter 9 l fassenden Glasglocken im Keimkasten des Laboratoriums kultiviert, wobei Glocke I mit Wasser abgesperrt wurde, nachdem ein Schälchen KOH zu den Keimlingen gestellt worden war. Glocke II mit Wasserabschluss ohne KOH. Glocke III ohne Wasserabschluss, mit Klötchen gehoben. Glocke IV ohne Wasserabschluss, mit Klötchen gehoben, aber mit feuchtem Filtrierpapier am Rande belegt.
- „ 2. Derselbe Versuch mit Wickenkeimlingen.
- „ 3. Versuch mit Bohnen im Warmhaus mit 9 l fassenden Glasglocken mit Wasserabschluss im Dunkeln. I. ohne Leuchtgas, II. mit 11 ccm Leuchtgas auf 9 l, III. mit 26,5 ccm Leuchtgas auf 9 l.

Tafel XI.

- „ 4. Versuch mit Bohnen im Keimkasten im Dunkeln mit 10 l fassenden Glocken. I. bloss mit Wasserabschluss, II. in durch Holzkohle gereinigter Luft. III. die Glocke wurde mit Klötchen gehoben und mit feuchtem Filtrierpapier abgesperrt.
- „ 5. Bohnen abwechselnd in Laboratoriumsluft und in reiner Luft gezogen.
- „ 6. *Helianthus*-Keimlinge im Keimkasten gezogen, Versuchsanstellung wie in Fig. 1.

Tafel XII.

- „ 7. *Cucurbita*-Keimlinge, ebenso gezogen, wie die *Helianthus*-Keimlinge.
- „ 8. Quecksilbersversuch. I. mit Hg, II. mit Wasser abgeschlossen.

1) O. Löw, „Über die Giftwirkung des dest. Wassers“. (Landw. Jb., Bd. XX, 1891, S. 235.)

2) Landw. Jb., 1890, S. 115.



Fig. 1.



Fig. 2.

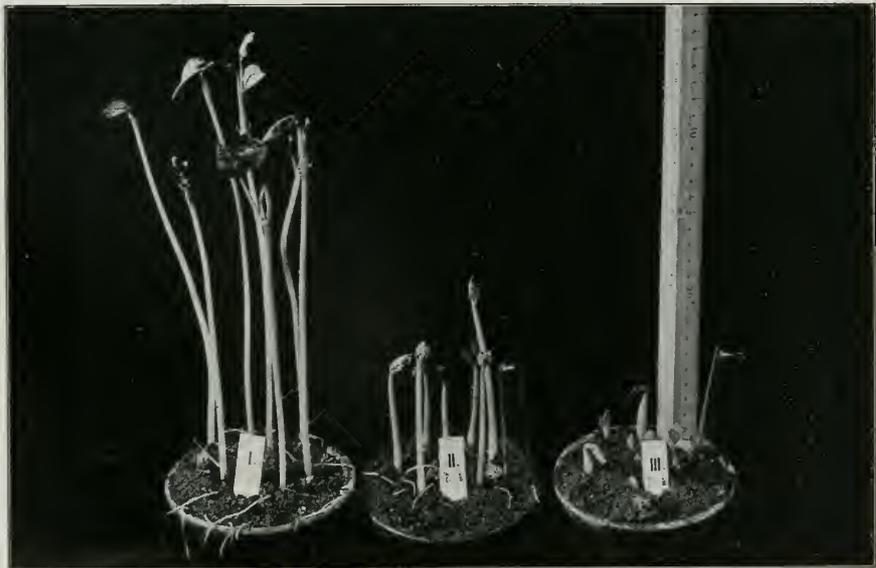


Fig. 3.



Fig. 4.

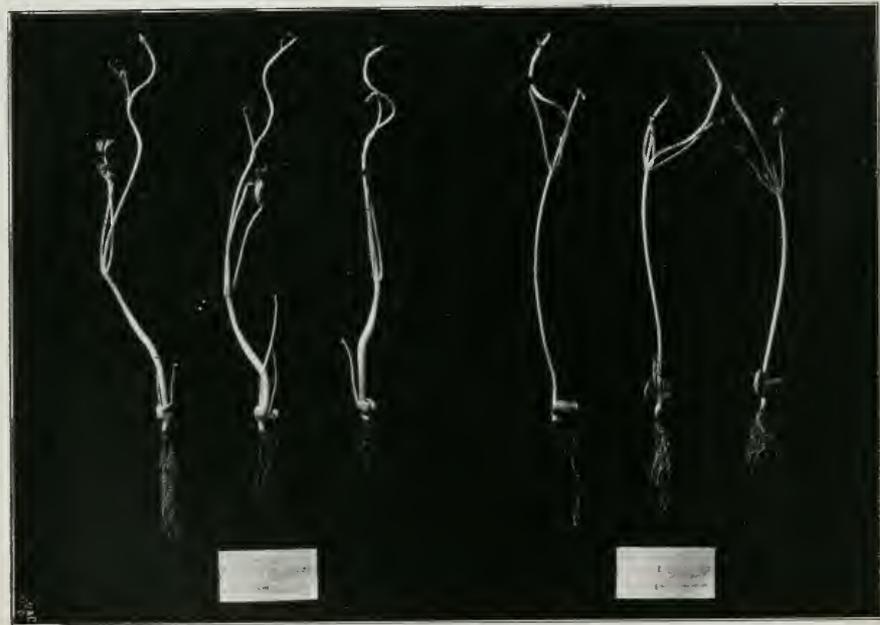


Fig. 5.

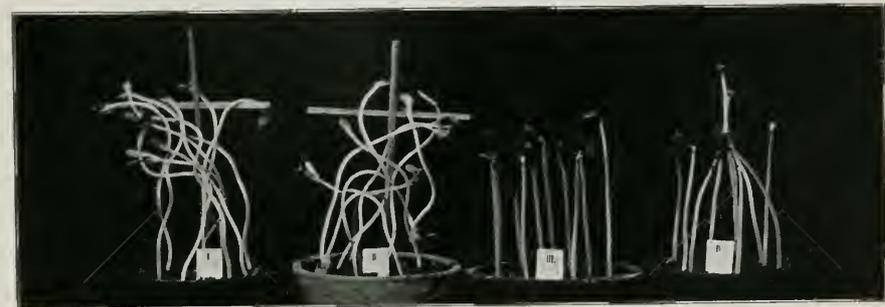


Fig. 6.



Fig. 7.

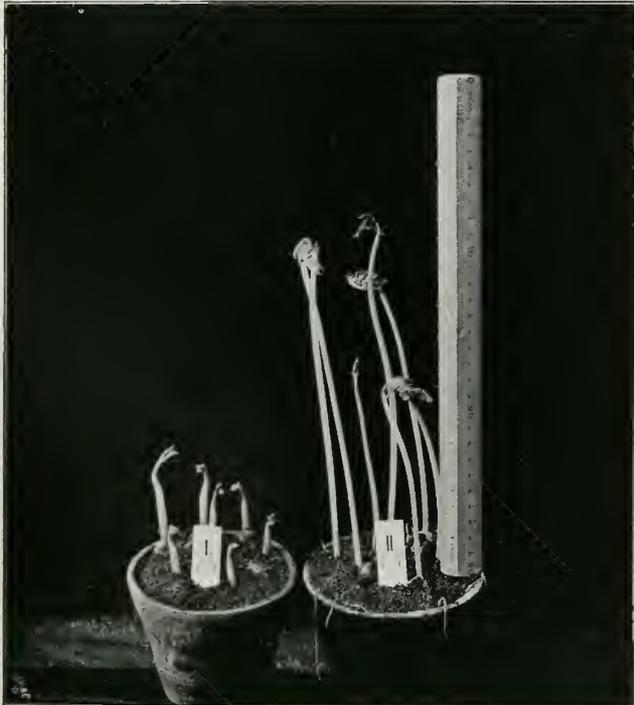


Fig. 8.

Massak phot

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: [21](#)

Autor(en)/Author(s): Richter Oswald

Artikel/Article: [Pflanzenwachstum und Laboratoriumsluft. 180-194](#)