

Wachstumsmaxima von Keimlingsstengeln und Laboratoriumsluft

von

Frieda Hoke.

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.

Nr. 32 der zweiten Folge.

(Mit 3 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 17. Mai 1912.)

Wie bekannt, bestehen über die Wachstumsweise des Epikotyls von *Phaseolus multiflorus* Wildt in der Literatur nicht unerhebliche, wir können geradezu sagen, fundamentale Differenzen. Die eine Gruppe von Beobachtern behauptet, daß das nutierende Epikotyl von *Ph. multiflorus* nur ein Wachstumsmaximum aufweist, während andere Forscher behaupten, daß deren zwei auftreten. Zu den ersteren gehört Sachs (7, 1903), der bei seinen Experimenten von 2 bis 3 *cm* langen Keimlingen ausging, die er in der gewohnten Weise mit Marken versah, deren Voneinanderrücken er täglich kontrollierte. Dabei bot sich ihm das von so vielen Keimlingen her bekannte Bild, daß die Marken besonders an einer Stelle nicht unerheblich voneinander rückten, was ihn zu dem Schlusse bewog, die Wachstumsintensität sei nicht in allen Regionen des Epikotyls dieselbe, es ergebe sich vielmehr eine Zone als besonders ausgezeichnet, die er darum Zone der größten Wachstumszunahme, d. h. Wachstumsmaximum nannte. Die Beobachtungen zeigten nun, daß dieses Maximum mit jedem Tage weiter hinaufrückte, bis es nach der Streckung des Keimlings ganz verschwand. Wortmann (10 a, 1882), der die Sachs'schen Versuche wiederholte, kam zu dem gleichen Resultate. Er

stellte seine Experimente im Glashause des pflanzenphysiologischen Institutes in Würzburg auf und kultivierte die Pflanzen bei 22° C., nachdem er sie in Abständen von 0·5 *cm* markiert hatte. Es sei hier eines seiner Protokolle wiedergegeben.

Tag	Abstände der einzelnen Marken	Summe, Zenti- meter	Zuwachs
23./7.	0·5—0·5—0·5—0·5—0·5—0·5—0·5—0·5	4·0	1·9
26./7.	0·5—0·6—0·6—0·8—1·0—1·1—0·8—0·5	5·9	1·9
27./7.	0·5—0·6—0·6—0·8—1·2—1·8—1·5—0·8	7·8	1·7
28./7.	0·5—0·6—0·6—0·8—1·2—1·9—2·4—1·5	9·5	1·2
29./7.	0·5—0·6—0·6—0·8—1·2—1·9—2·6—2·5	10·7	1·0
30./7.	0·5—0·6—0·6—0·8—1·2—1·9—2·6—3·5	11·7	0·5
31./7.	0·5—0·6—0·6—0·8—1·2—1·9—2·6—3·5	12·2	0·0
1./8.	0·5—0·6—0·6—0·8—1·2—1·9—2·6—3·5	12·2	—

Er fand also im Epikotyl des *Ph. multiflorus* auch nur ein Maximum. Dieser Keimling folgt daher nach seiner Meinung dem allgemeinen Wachstumsgesetze der Internodien (nach Sachs). Dieses eine Maximum rückt immer weiter gegen die Spitze hinauf.

Ganz anders war die Ansicht der zweiten Gruppe von Beobachtern. So fand Wiesner (9 b, 1883), daß bei seinen Versuchen mit *Ph. multiflorus* außer dem eben erwähnten Maximum, solange der Keimling nutierte, noch ein zweites Maximum zu bemerken war, das mit der Lösung der Nutation verschwand, wie sich das in der folgenden, seiner Arbeit (9 b, 1883) entnommenen Tabelle klar ausspricht. Dabei hatte er seine Versuche im Laboratorium des alten pflanzenphysiologischen Institutes in Wien aufgestellt.

die Distanzen der Marken von vornherein viel zu groß gewählt habe.

Ich wurde nun von Herrn Prof. Molisch, dem ich gleich an dieser Stelle für die Zuweisung des Themas und dessen stete Förderung meinen verbindlichsten Dank aussprechen möchte, mit der Aufgabe betraut, die Versuche beider Gruppen von Experimentatoren unter genauester Berücksichtigung der eben wiedergegebenen Ansichten von Wiesner und Wortmann nachzuprüfen. Dabei stellte sich ein ganz unerwartetes Ergebnis heraus, das im folgenden geschildert werden mag unter dem Titel:

I. Einfluß der Laboratoriumsluft auf die Wachstumsmaxima von *Phaseolus multiflorus* Wildt und anderen Keimlingen.

Gute, keimkräftige Samen von *Ph. multiflorus* wurden etwa 6 Stunden quellen gelassen und auf Filtrierpapier zum Keimen ausgelegt. Sobald sich 2 bis 2·5 *cm* lange Wurzeln entwickelt hatten, wurden nach sorgfältigster Auswahl je vier Keimlinge in Blumentöpfe in eine Mischung von gleichen Teilen Sand und Erde, die sich nach meinen Erfahrungen als besonders vorteilhaft erwies, gleich orientiert gesetzt und, nachdem sie im Gewächshause die Höhe von 1·5 bis 2 *cm* erreicht hatten, markiert. Die so adjustierten Pflanzen wurden nun an verschiedenen Plätzen des pflanzenphysiologischen Institutes, und zwar vergleichsweise im Licht und Finstern aufgestellt. Es gehören zur Serie I die Keimlinge, welche im Warm- und Kalt-hause ihren Platz fanden, zur Serie II diejenigen, welche im Museum, Hörsal, Laboratorium für Chemie und im Korridor des Institutes aufgestellt wurden. Zu meiner großen Überraschung zeigten die Keimlinge der Serie I bloß ein Wachstumsmaximum, also das Verhalten, wie es Sachs und Wortmann beschreiben, während die der Serie II deren zwei aufweisen, wie dies Wiesner gefunden hat. Damit schien nun mit einem Schlage die Antwort in der Streitfrage gegeben. Was zunächst schon im ganzen Habitus der Keimlinge beider Serien auffiel, war die bereits von Molisch (1905) und Richter (5 b, 1903) beobachtete Hemmung des Längen- und Förderung des

Dickenwachstums an den Laboratoriumsluftpflanzen. Gleichzeitig ließen sie die von Wiesner beschriebene undulierende Nutation in typischer Ausbildung erkennen. Da die Pflanzen, die in den Räumen mit unreiner Luft standen, das typische Aussehen von Laboratoriumsluftpflanzen aufwiesen, wie es von Molisch (1905; 2 a, b, 1911), Neljubow (3 a, b, 1901, 1911), Richter (5 b, 1903), Singer (8, 1903), Woycicki (11 a, b, 1908, 1909) u. a. beschrieben worden ist, und da gerade nur diese und regelmäßig nur diese zwei Maxima aufwiesen, so lag die Vermutung nahe, daß die gasförmigen Verunreinigungen der Luft die Ursache der zwei Maxima wären. Daraus ergab sich die weitere Versuchsanstellung, die im folgenden genau geschildert wird, von selbst.

Versuchsanstellung.

Die Markierung. Die in der oben mitgeteilten Weise vorbehandelten, in reiner Luft gehaltenen, 1·5 bis 2·0 *cm* langen Keimlinge wurden mit dem von Wiesner seinerzeit (9 b) beschriebenen Triebbrädchen, dessen Zähne genau im Abstände von 1 *mm* voneinander angebracht sind, mit dem Farbstoffe eines Patentkissenstempels markiert, nachdem durch Vergleichsversuche anscheinend die völlige Unschädlichkeit des Patentkissenfarbstoffes dargetan und durch Vergleichsversuche mit Tusche die leichte Verfließbarkeit 1 *mm* entfernter Tuschemarken bewiesen worden war.

Die eigentliche Versuchsanstellung. Hierauf kamen die markierten Keimlinge unter Glasglocken, die, je nachdem eine größere oder geringere Feuchtigkeit beabsichtigt wurde, mit Wasser oder Vaselineöl von der umgebenden Luft abgeschlossen werden konnten. Die Töpfe standen natürlich auf Gläschen, um eine Schädigung der Wurzeln zu vermeiden. Ich möchte ausdrücklich bemerken, daß Vaselineöl völlig geruchlos ist, als Luftabschluß nicht schadet und sich besonders dann eignet, wenn es darauf ankommt, einen allzu feuchten Raum zu vermeiden. Die Kontrollobjekte waren im übrigen völlig gleich adjustiert, nur wurden die Glocken mit Glasröhrchen an einem Rande gehoben und so der Zutritt der Außenluft, beziehungsweise der Laboratoriumsluft möglich gemacht. Für die Aufstellung kamen in Betracht:

1. reine Luft — licht,
2. reine Luft — finster,
3. Laboratoriumsluft — licht,
4. Laboratoriumsluft — finster,

so daß also immer dort, wo überhaupt die Laboratoriumsluft in Betracht kam, zwei Versuche nebeneinander standen, immer je einer mit reiner Luft und einer mit Laboratoriumsluft, die sich gegenseitig kontrollierten.

mit dem zweiten, unterhalb der Nutationskrümmung liegenden verschmilzt, zu einer Zeit, da die Keimlinge durch Streckung eine Länge von etwa 4 *cm* erreicht haben (Wiesner, 9 *b*, 1883).

2. In reiner Luft dagegen findet sich nur ein einziges Maximum, das immer weiter hinaufrückt, bis es ganz verschwindet.

3. Die eben besprochenen Unterschiede zwischen Keimlingen aus reiner und denen aus verunreinigter Luft fanden sich nicht nur an Licht- und Dunkelkeimlingen, die ihre Kotyledonen besitzen, sondern auch an jenen Zwergexemplaren, denen die Kotyledonen am Versuchsbeginn abgeschnitten worden waren.

4. Mit diesen Befunden erscheinen die zwischen Sachs und Wortmann einerseits und Wiesner und Wettstein andererseits bestehenden Differenzen endgültig erklärt.

5. Gleichzeitig ist hiermit wieder ein nicht uninteressanter Fall bekannt geworden, wo sich der einschneidende Einfluß der gasförmigen Verunreinigungen der Luft, wie sie im Laboratorium vorkommen, in auffallender Weise kundtut.

6. Die besprochene Wirkung der Laboratoriumsluft, des Leuchtgases, des Terpentin und anderer Narkotika auf die Wachstumsmaxima der Streckungszone bleibt nicht auf das Epikotyl von *Ph. multiflorus* beschränkt, sondern ließ sich auch bei Hypokotylen von *Lupinus albus* und *Helianthus* nachweisen. Doch ist z. B. bei *Lupinus albus* stärkere Verunreinigung der Luft nötig, um diese Unterschiede zu zeigen.

7. Eine Ausnahme bildet gewissermaßen *Ph. vulgaris*, das wieder einmal zeigt, wie verfehlt es wäre, auf Grund der beschriebenen Befunde zu generalisieren. Hier findet sich nämlich infolge der starken Nutation auch ein zweites Maximum bei Pflanzen in reiner Luft. Doch war das zweite Maximum in der verunreinigten Luft um ein Bedeutendes deutlicher. Hand in Hand damit ging auch eine mächtige Schlingenbildung in der Laboratoriumsluft, der nur undulierende Nutation in reiner Luft gegenüberstand.

8. Bei allen Versuchen in Laboratoriumsluft tritt die schon von O. Richter (5 *a*, 1903) und anderen Forschern beobachtete Hemmung des Längen- und Förderung des Dicken-

wachstums ein; auch das von demselben Autor (5c, 1908) nachgewiesene Zerplatzen der turgeszenten Keimlinge der verunreinigten Luft war wiederholt zu sehen.

Gerade diese zuletzt ausgeführten Erscheinungen veranlaßten mich nun, im Hinblick auf die von O. Richter (5d, 1910) zum erstenmal durchgeführten Turgorbestimmungen von in reiner Luft und in Laboratoriumsluft gehaltenen Keimlingen Turgorbestimmungen in der Nutationszone auszuführen, deren Ergebnisse im zweiten Teile der vorliegenden Arbeit mitgeteilt sein mögen.

II. Über die Verteilung des Turgors in der Nutationszone bei Keimlingen der reinen Luft, der Laboratoriumsluft und anderer Narkotica.

Methodik. In Verwendung kam die plasmolytische Methode. Längsschnitte durch die Medianebene des Keimlings wurden in Salpeterlösung verschiedener Konzentration gebracht und nachher unter dem Mikroskop festgestellt, bei welcher geringsten Konzentration gerade Plasmolyse eintrat.

Ergebnis der Untersuchungen. Zuerst hebt sich in den Zellen der Rückseite des Keimlings der Plasmaschlauch ab und erst bei stärkerer Konzentration auch in denen der Vorderseite.¹ Daher ist der Turgordruck an der Rückseite schwächer als an der Vorderseite. Ferner zeigte sich auf Grund wiederholter Versuche, daß diese Differenz des Turgordruckes vorn und rückwärts abhängig ist von der Luft des Kulturraumes und daß diese Differenz um so größer wird, je verunreinigter die Luft ist.

Unter Hinweis auf die am Schlusse der Arbeit mitgeteilten tabellarischen Belege und unter Berücksichtigung des Wertes von $1\% \text{ KNO}_3 = 4.6$ Atmosphären (Jost, 1) stellen sich die gefundenen Werte, wie folgt.

¹ Ich verstehe unter der Vorderseite in Übereinstimmung mit Wiesner die Seite, wohin die Spitze gekrümmt ist (konkave Seite), unter der Rückseite die konvexe.

Phaseolus multiflorus. Finster.

Versuchsnummer	Reine Luft		Laboratoriums- luft		7 cm ³ Leucht- gas durch 7 Tage täglich zugeführt	16 cm ³ Leucht- gas durch 7 Tage täglich zugeführt		
	in Atmosphären				in Atmosphären			
	vorn	rück- wärts	vorn	rück- wärts	vorn	rück- wärts	vorn	rück- wärts
1	25·3	23	32·2	27·6	34·5	27·6	34·5	27·6
2	25	20·7	32·2	25·3	—	—	—	—

Phaseolus multiflorus. Licht.

Versuchsnummer	Reine Luft		Laboratoriums- luft		10 cm ³ Leucht- gas durch 7 Tage täglich zugeführt	16 cm ³ Leucht- gas durch 7 Tage täglich zugeführt		
	in Atmosphären				in Atmosphären			
	vorn	rück- wärts	vorn	rück- wärts	vorn	rück- wärts	vorn	rück- wärts
1	25·3	23	29·9	23·0	34·5	29·9	32·2	25·3

Bezüglich der Tabelle sei bemerkt, daß die in der Tabelle angeführte Leuchtgasmenge in einen Kulturraum von 6 l hineingebracht wurde, so daß in demselben $\frac{7}{60}$, $\frac{4}{15}$, respektive $\frac{1}{6}\%$ Leuchtgas vorhanden war.

Wie ferner aus der Tabelle hervorgeht, besteht zwischen vorn und rückwärts in der nutierenden Spitze ein bedeutender Unterschied im Turgordruck, und zwar beträgt die Differenz im Durchschnitt in der reinen Luft 3·1, in der Laboratoriums-luft 5·7 Atmosphären. Ferner besteht eine große Differenz im Turgordruck zwischen Vorder- und Hinterseiten bei Pflanzen in reiner Luft und in Laboratoriumsluft. Die Differenz im osmotischen Druck zwischen den Reineluft- und Laboratoriums-luftpflanzen ist durchschnittlich vorn 7, rückwärts 4 Atmosphären.

Helianthus, der, in reiner Luft gezogen, fast keine Krümmung zeigt, weist in Übereinstimmung hiermit auch keine merkliche Druckdifferenz auf (vorn und rückwärts in reiner Luft 25·3 Atmosphären). Untersucht man dagegen die Laboratoriumsluftkeimlinge dieser Pflanzen, die in der Laboratoriumsluft mitunter Nutationen der Knospenspitze bis 140, 180, ja 270° aufweisen (Richter, 1903), so findet man die Differenzen im Turgor der Vorder- und Hinterseite wieder. Dagegen ist bei *Ph. vulgaris*, dessen auch in reiner Luft auftretende, besonders starke Nutation wir früher erwähnten, auch in reiner Luft eine recht auffallende Turgordifferenz der Vorder- und Hinterseite des Keimlings vorhanden. Nach dem Gesagten besteht also eine innige Beziehung zwischen Turgordruck einer-, Nutation und Wachstumsmaximum andererseits. Tritt nämlich eine große Turgordruckdifferenz zwischen Vorder- und Hinterseite auf, wie dies bei Pflanzen, die in Laboratoriumsluft kultiviert wurden, der Fall ist, so ist die Nutation groß und es bestehen zwei Wachstumsmaxima. Ist hingegen die Druckdifferenz gering, wie dies bei Pflanzen, die in reiner Luft gezogen wurden, der Fall ist, so fehlt die Nutation vollkommen oder ist nur gering und es tritt nur ein Maximum auf.

Zusammenfassung.

In der Literatur finden sich Angaben darüber, daß der nutierende Keimlingsstengel von *Phaseolus multiflorus* Wildt und anderen Pflanzen ein Maximum oder zwei Maxima aufweist. Eine Entscheidung darüber, ob ein oder zwei Maxima auftreten, wurde bisher noch nicht gebracht. In der vorliegenden Arbeit wird gezeigt, daß beide Ansichten, die von hervorragenden Forschern (Sachs, Wiesner, Wortmann) herühren, richtig sein können und daß die Ursache für das Auftreten von zwei Maxima in den gasförmigen Verunreinigungen der Luft des Kulturraumes liegt.

Unter normalen Verhältnissen kommt gewöhnlich nur ein Wachstumsmaximum vor, in der Laboratoriumsluft hingegen treten regelmäßig zwei Maxima auf. Von der erwähnten Regel weichen unter den untersuchten Pflanzen nur Keimlinge von *Ph. vulgaris* ab, die auch unter normalen Verhältnissen zwei

Maxima aufweisen, doch treten dieselben auch bei ihnen in verunreinigter Luft viel prägnanter hervor.

Es wurde nebenbei nachgewiesen, daß der osmotische Druck an der vorderen, d. h. an der konkaven Seite der nutierenden Spitze viel größer ist als an der konvexen. Stets waren in der verunreinigten Luft die Turgorwerte im allgemeinen größer sowie auch ihre Differenzen.

A n h a n g.

- I. Graphische Darstellungen des Auftretens der Wachstumsmaxima in reiner und in Laboratoriumsluft. Vergl. die Tafel I bis III.
- II. Turgorbestimmungen in den Zellen der Vorder- und Rückseite der Nutation von Keimlingen.

Die bei den Bestimmungen verwendete Menge von KNO_3 wurde in Prozenten angegeben. Es trat in den Zellen größere oder geringere Plasmolyse ein, je nach der Konzentration von KNO_3 . xxx bedeutet starke Abhebung, xx mittlere Abhebung. Ein x bedeutet die eben noch sichtbare Abhebung des Protoplasmaschlauches, daher wurde dieser Wert als Grenzwert zur Bestimmung des Turgors angenommen.

- III. Erläuterung der Kurvendarstellungen auf Tafel I bis III.
- IV. Literaturverzeichnis.

II. Turgor-

Phaseolus

Reine Luft. Dunkel

In Prozent KNO ₃	6·5-6-5·5-5·0-4·5	In Prozent KNO ₃	6·5-6·0-5·5-5·0-4·5-4·0
Vorn	xxx-xxx- x — —	Vorn	xxx-xxx- x — —
Mitte	xx-xx-xx — —	Mitte	xx-xx-xx-xx — —
Rückwärts	xxx-xxx-xx-x —	Rückwärts	xxx-xxx-xxx-xx-x —

Reine Luft. Licht

In Prozent KNO ₃	6·5-6-5·5-5·0	In Prozent KNO ₃	6·5-6·0-5·5-5-4·5
Vorn	xxx-xx- x —	Vorn	xxx-xx- x — —
Mitte	xxx-x — —	Mitte	xx-xx-xx — —
Rückwärts	xxx-xx- x-x	Rückwärts	xxx-xxx-xx-x —

Durch 7 Tage täglich 7 mm³ Leuchtgas zugeführt

Durch 7 Tage täglich 16 mm³ Leuchtgas zugeführt

Dunkel

In Prozent KNO ₃	8-7·5-7-6·5-6-5·5	In Prozent KNO ₃	8-7·5-7-6·5-6-5·5
Vorn	xx- x — — — —	Vorn	xx- x — — — —
Mitte	xx-xx-x — — —	Mitte	xx-xx-x — — —
Rückwärts	xxx-xxx-xx-xx-x —	Rückwärts	xxx-xxx-xxx-xx-x —

Durch 7 Tage täglich 31 mm³ Leuchtgas zugeführt

Durch 7 Tage täglich 16 mm³ Leuchtgas zugeführt

Licht

In Prozent KNO ₃	8-7·5-7-6·5-6-5·5-5-4·5	In Prozent KNO ₃	7-6·5-6-5·5-5
Vorn	xxx-xx-x — — — —	Vorn	x-x — — —
Mitte	xxx-xx-x — — — —	Mitte	xx-xx-x — —
Rückwärts	xxx-xxx-xxx-xxx-xx-x —	Rückwärts	xxx-xx-xx-x —

bestimmungen.

multiflorus.

Laboratoriumsluft . Dunkel			
In Prozent KNO ₃	8 -7·5-7·0-6·5-6·0-5·5	In Prozent KNO ₃	8 -7·5-7·0-6·5-6·0-5·5-
Vorn	xxx-xx-x — — —	Vorn	xxx-xx-x — — —
Mitte	xxx-xx-xx — — —	Mitte	xxx-xx-xx — — —
Rückwärts	xxx-xxx-xxx-xx-x —	Rückwärts	xxx-xxx-xxx-xx-xx-x —

Laboratoriumsluft. Licht			
In Prozent KNO ₃	8 -7·5- 7 -6·5- 6 -5·5- 5 -4·5-4	In Prozent KNO ₃	7 -6·5-6·0-5·5-5·0-4·5-4
Vorn	xxx-xxx-xxx- x — — — —	Vorn	xx-xx-x — — —
Mitte	xxx-xxx-xxx-xxx-xx-x — — —	Mitte	xx-xx-xx-xx-x-x-x —
Rückwärts	xxx-xxx-xxx-xxx-xxx-x — — —	Rückwärts	xxx-xxx-xxx- x — — —

<i>Helianthus.</i> Reine Luft. Dunkel			
In Prozent KNO ₃	7 -6·5- 6 -5·5- 5		
Vorn	xxx-xx-xx-x —		
Mitte	xxx-xx-xx-x —		
Rückwärts	xxx-xx-xx-x —		

31 mm ³ Leuchtgas einen Tag zugeführt		10 mm ³ Leuchtgas einen Tag zugeführt	
Licht			
In Prozent KNO ₃	7·5- 7 -6·5- 6 -5·5- 5 -4·5	In Prozent KNO ₃	7·5- 7 -6·5- 6
Vorn	xxx-xx-x — — — —	Vorn	x — — —
Mitte	xxx-xxx-xx — — — —	Mitte	xx — — —
Rückwärts	xxx-xxx-xxx-xx-x-x-x —	Rückwärts	xxx-xx-x —

III. Erläuterung der Kurvendarstellungen auf Tafel I bis III.¹

Es soll als Beispiel die Tafel I im Detail erläutert werden.

Am 31. Oktober wurden die Marken in der schon beschriebenen Weise aufgetragen; es war also an diesem Tage die Distanz von je zwei Marken 1 mm. Die Marken sind numeriert zu denken, und zwar so, daß die unterste die Nummer 0 und die oberste, welche also bei der nutierenden Spitze liegt, die Nummer 15 erhält. Am nächsten Tage wurden die Markendistanzen einzeln gemessen; es ergab sich für Nummer 1 2 mm usw. Man findet sämtliche Werte in den Tabellen am Fuße der Zeichnungen. So beträgt die Distanz der Marken Nr. 7 und 8 am 1. November 1·8 mm. Aus dieser Tabelle sieht man schon, daß ein Wachstumsmaximum auftritt, indem die Distanzen für die mittleren Marken größer geworden sind als für die Marken am Ende. Um dieses Verhalten noch augenfälliger zu machen, wurden oberhalb der Markennummern vertikale Strecken aufgetragen, welche den Zuwächsen proportional sind. (Der Proportionalitätsfaktor wurde bei jeder Tafel als Überhöhung angegeben.) Die Endpunkte der Strecken wurden der Deutlichkeit halber noch durch Kurven miteinander verbunden. Die Ordinaten dieser Kurven geben also die Wachstumszunahme für den betreffenden Pflanzenteil an dem betreffenden Tag an. So bedeutet z. B. die dick ausgezeichnete Ordinate in Tafel I die Zunahme der Distanz zwischen der dritten und vierten Marke am 1. November.

IV. Literaturverzeichnis.

1. Jost L., Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, p. 23.
2. Molisch H., a) Über den Einfluß des Tabakrauches auf die Pflanze. Diese Sitzungsberichte, Bd. CXX, Abt. I, Jänner 1911, I. Teil, p. 4; Abt. I, Juli 1911, II. Teil, p. 6.
b) Über Heliotropismus, indirekt hervorgerufen durch Radium, 1905, p. 7.
c) Leuchtende Pflanzen. Eine physiologische Studie, 1904.
3. Neljubow D., a) Über die horizontale Nutation der Stengel von *Pisum sativum* und einigen anderen Pflanzen. Separatabdruck aus dem Botanischen Zentralblatt, Beihefte, Bd. X, Heft 3 (1901), p. 5.
b) Geotropismus in der Laboratoriumsluft. Berichte der Deutschen botan. Gesellschaft, Jahrg. 1911, Bd. XXIX, Heft III, p. 110.
4. Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie. Bd. II, Jahrg. 1904, p. 75 bis 80.
5. Richter O., a) Pflanzenwachstum und Laboratoriumsluft. Berichte der Deutschen botan. Gesellschaft, Jahrg. 1903, Bd. XXI, Heft 3, p. 180.
b) Über Anthokyanbildung in ihrer Abhängigkeit von äußeren Faktoren. Sonderabdruck aus der »Medizinischen Klinik«, 1907, Nr. 3, p. 4.
c) Über Turgorsteigerung in der Atmosphäre von Narkotika. Naturwissenschaftliche Zeitschrift »Lotos«, Bd. 56 (1908), Heft 3.

¹ Infolge eines Druckfehlers sind in den Tafeln bei den Markendistanzen in mm die längs der Ordinatenachse aufgetragen sind, die Dezimalpunkte weggelassen worden. Statt 45 mm (Tafel I, Fig. 1) muß es z. B. heißen 4·5 mm.

- d) Neue Untersuchungen über Narkose im Pflanzenreiche. Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines an der Universität Wien, IX. Jahrg. (1911), Nr. 1, p. 14 und 15.
- e) Die horizontale Nutation. Diese Sitzungsberichte, Bd. CXIX, Abt. I, Dezember 1910, p. 2.
6. Rimmer F., Über die Nutation und Wachstumsrichtungen der Keimpflanzen. Diese Sitzungsberichte, Bd. LXXXIX, I. Abt., Mai 1884, p. 411 (p. 19).
7. Sachs J., Über die Wachstumsweise des Epicotyls von *Phaseolus multiflorus*. Arbeiten des Botanischen Institutes in Würzburg, Bd. I, p. 127 und 128.
8. Singer M., Über den Einfluß der Laboratoriumsluft auf das Wachstum der Kartoffelsprosse. Berichte der Deutschen botan. Gesellschaft, Bd. XXI, Jahrg. 1903, Heft 3, p. 179.
9. Wiesner J., a) Über undulierende Nutation. Diese Sitzungsberichte, Bd. LXXVII (1878), Abt. I.
b) Über die Wachstumsweise des Epicotyls von *Phaseolus multiflorus*. Botan. Zeitg., 41. Jahrg. (1883), Nr. 27, p. 441 bis 447.
c) Eine Bemerkung zu dem Aufsätze des Herrn Dr. J. Wortmann. Botan. Zeitg., 1883, Nr. 5, p. 77.
d) und R. v. Wettstein, Untersuchungen über die Wachstumsgesetze der Pflanzenorgane. XXIII. Diese Sitzungsberichte, Bd. LXXXVIII, Abt. I, Juli 1883, p. 479 (p. 26).
10. Wortmann J., a) Messung des Längenwachstums des nutierenden Epicotyls. Botan. Zeitg., 1882, Nr. 52, 29. Dezember, p. 933.
b) Botan. Zeitg., 1883, Nr. 9, p. 146.
11. Woycicki C., a) Beobachtungen über die Wachstumsregenerations- und -propagationerscheinungen bei einigen fadenförmigen Chlorophyceen und Laboratoriumskulturen und unter dem Einfluß des Leuchtgases. Extrait du Bulletin de l'Académie des sciences de Cracovie, Classe des sciences mathématiques et naturelles, Octobre 1909, p. 662.
b) Beitrag zur Pathologie der Algen. Die Aplanosporen bei *Cladophora fracta* var. *horrida*. Abdruck des Sitzungsberichtes der Warschauer Gesellschaft der Wissenschaften, 1908, Lieferung 1—2, p. 72.
12. Wypiel M., Beiträge zur näheren Kenntnis der Nutation. Separatabdruck aus der Österreichischen botan. Zeitschrift, 1879, Nr. 1 und 2, p. 3.

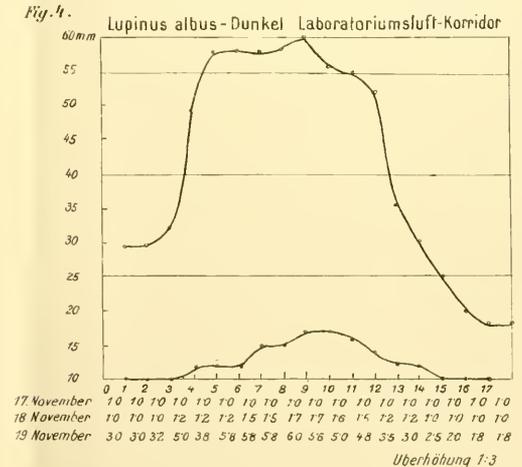
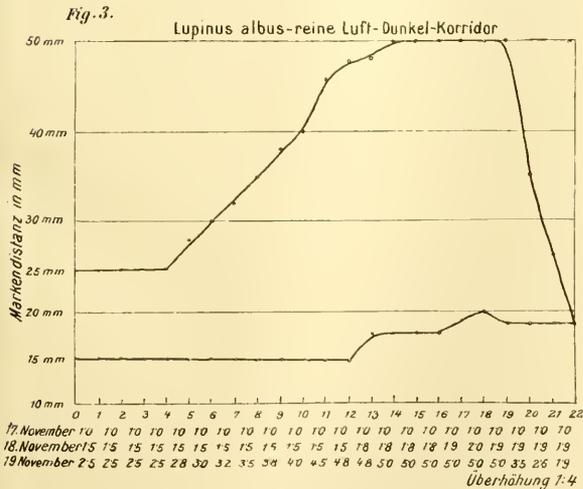
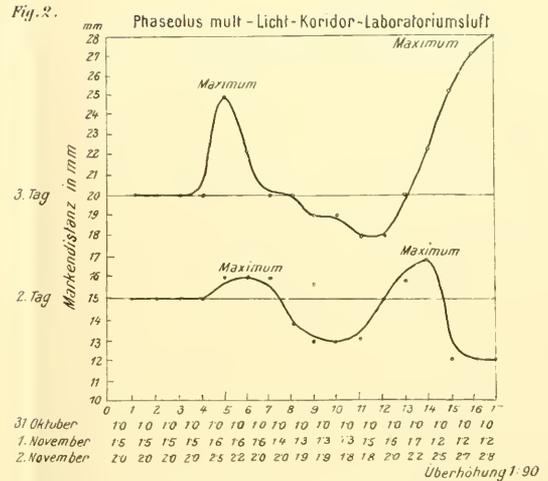
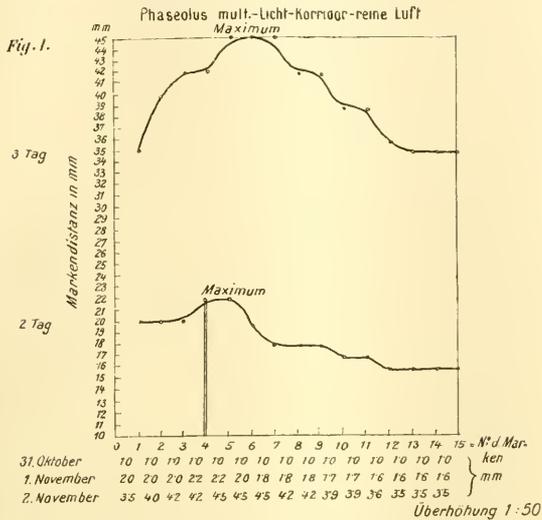


Fig. 5. Lupinus albus - Dunkel-Laboratoriumsluft-Chem. Lab.

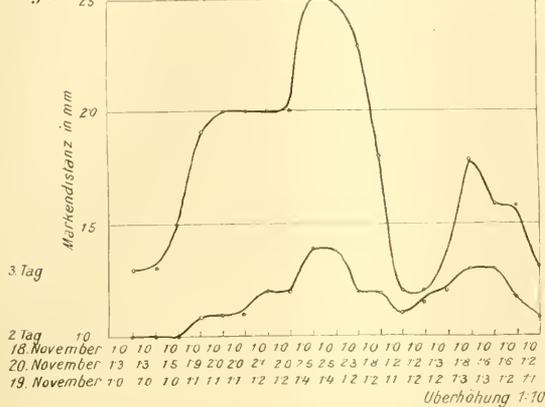


Fig. 6. Helianthus - Licht-reine Luft

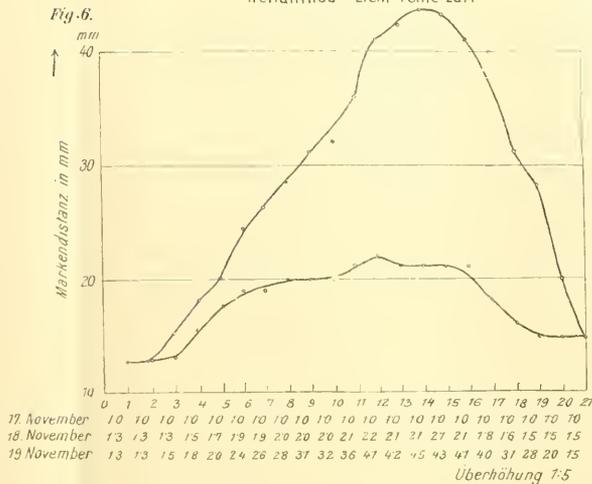


Fig. 7. Helianthus - Licht - Laboratoriumsluft - Korridor

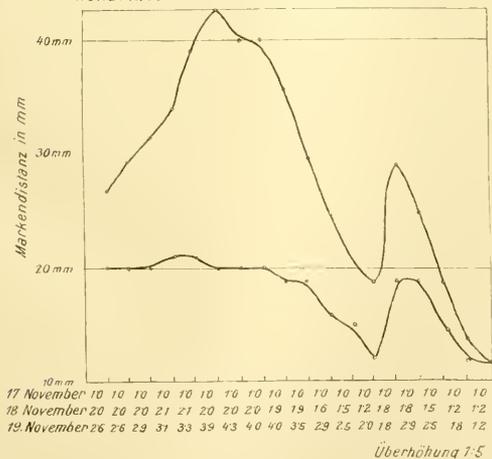


Fig. 8. Helianthus - Licht - Laboratoriumsluft - Chem. Lab.

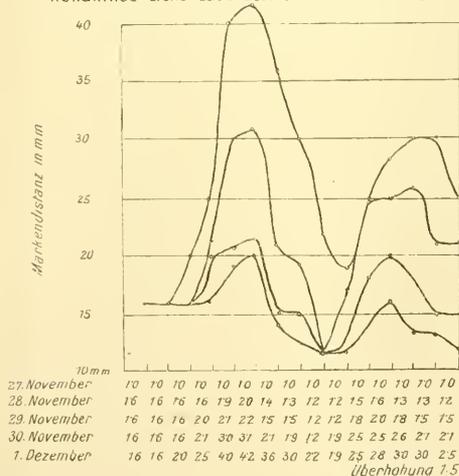


Fig. 9. ohne Cotyledonen - Phaseolus-mult. - reine Luft-Licht

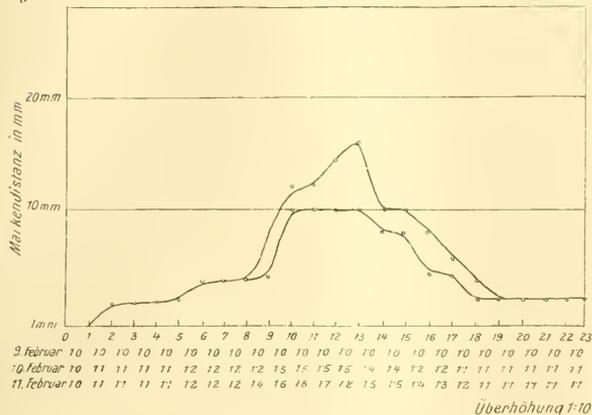


Fig. 10. ohne Cotyledonen - Phaseolus-mult. - Laboratoriumluft-Dunkel

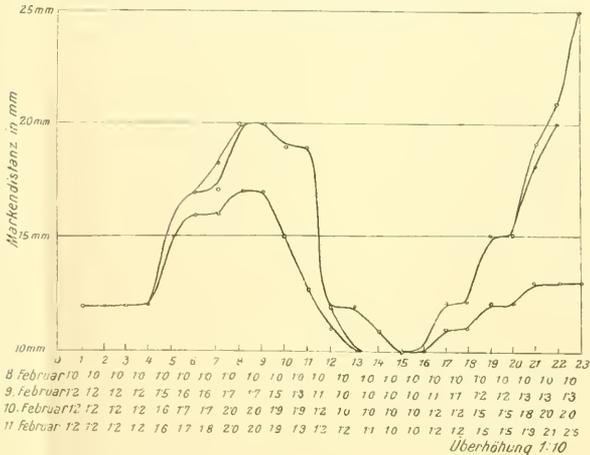


Fig. 11. Phaseolus vulg. - Licht-reine Luft

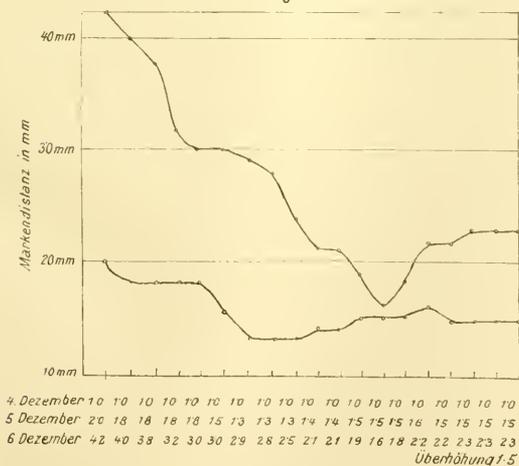
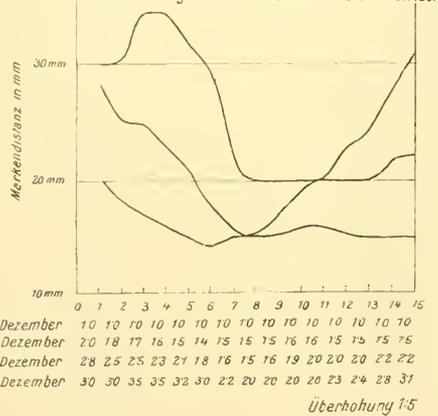


Fig. 12. Phaseolus vulg. - Dunkel - Laboratoriumluft - Korridor



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1912

Band/Volume: [121](#)

Autor(en)/Author(s): Hoke Frieda

Artikel/Article: [Wachstumsmaxima von Keimlingsstengeln und Laboratoriumsluft 785-799](#)