

# Wachstumsstudien an Bohnenfrüchten.

(Mit 9 Tabellen und 4 Abbildungen.)

Von

Zora Klas.

Das Wachstum des pflanzlichen Organismus wie auch das Wachstum seiner einzelnen Teile und Organe war schon oft und seit langem ein Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchung. Nach Sachs'schen grundlegenden Arbeiten über das Wachstum der Wurzeln und Internodien untersuchte man die Wachstumserscheinungen reger, doch wandte man dabei verhältnismässig wenig Aufmerksamkeit dem Wachstum der Früchte zu, so dass unsere Kenntnisse der Art und des Verlaufes des Früchtenwachstums noch sehr mangelhaft sind.

Beim Studium des Längenwachstums sind zwei verschiedene Probleme zu unterscheiden: die Art des Wachstums, d. h. die Position der maximalen Längenzunahme, gewöhnlich als Frage der Partialzuwächse oder Zonenzuwächse tretiert, und der Verlauf des gesamten Längenwachstums.

Die Arbeiten, welche sich mit dem Studium des Wachstums der Früchte befassen, beziehen sich entweder auf die Erscheinung der täglichen Wachstumsperiodizität (Kraus G.), oder man untersuchte den gesamten Wachstumsverlauf, und bemühte sich auch hier die grosse Periode, ausgedrückt durch Länge-, Gewicht- oder Volumzunahme festzustellen (Kraus G. 1883, Darwin Fr. 1893, Anderson 1884, Gustafson 1926, Blagovescenskij 1923). Auf die Frage der Position der maximalen Längenzunahme gehen diese Arbeiten überhaupt nicht ein. Darüber finden wir nur einige Angaben in der Abhandlung von Kraetzer (1900.), welche deshalb ausführlich besprochen sei.

Um den Verlauf des Längenwachstums der Früchte festzustellen, wendete Kraetzer die übliche Methode der täglichen Gesamtlängenmessung an, und beobachtete auf diese Weise das Wachstum von je einer Frucht von 11 verschiedenen Pflanzen. Um hingegen die Position der maximalen Längenzunahme, oder, in seiner Terminologie, den Partialzuwachs zu ermitteln, markierte Kraetzer mit einem Gummiempel je ein Fruchtexemplar von

wieder 11 verschiedenen Pflanzen und verteilte damit die Länge der Früchte in je 10, und bei 3 Pflanzen in 2 mm lange Zonen. Die Länge der Zonen wurde aber nicht täglich, sondern nach beendigtem Gesamtwachstum gemessen. *Kraetzers*. Untersuchungen wurden im Sommer 1899 durchgeführt, leider fehlt aber jede Angabe darüber, ob die Versuche im Freiland oder im Glashause aufgestellt waren. Auch erfährt man nichts von den Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen, denen die Pflanzen ausgesetzt waren, und die doch bei Erforschung der Wachstumserscheinungen von grosser Bedeutung sind.

Das Resultat dieser Untersuchungen betreffs des Verlaufes des Längenwachstums der Früchte war die Feststellung, dass sich im Längenwachstum aller untersuchten Früchte die bekannte grosse Periode zeige. Die Resultate aber, welche *Kraetzer* bei Untersuchung der Partialzuwächse erhielt, sind nicht so einheitlich und bestimmt. Er selbst formuliert sie folgendermassen:

»Die Früchte wachsen im allgemeinen am meisten in ihrem unterem Teil, wenigstens in jüngeren Entwicklungsstadien. Bei weiter fortgeschrittener Entwicklung war da der grösste Partialzuwachs zu beobachten, wo die meisten und bestentwickelten Samen sich befanden. Jedoch fanden sich auch einige sehr auffällige Ausnahmen. Ein Unterschied im Wachstum zwischen unterständigem und oberständigem Fruchtknoten war nicht festzustellen.« (p. 19—20).

Die Methode, welche *Kraetzer* beim Studium der Partialzuwächse anwendete, hat als Methode der ersten, orientierenden Versuche gewiss ihre Vorteile, da man auf diese Weise mehrere Pflanzenarten komparieren kann. Doch ist es auch selbstverständlich, dass man bei solcher Versuchsanordnung, wo nur ein einzelnes Fruchtexemplar einer Pflanze untersucht und nur die Anfangs- und Endlänge der Zonen gemessen war, gar nicht zu Resultaten kommen kann, welche den ganzen Prozess des Längenwachstums der Früchte eindeutig erklären und feststellen könnten. Wenn z. B. eine Frucht von *Pisum sativum* von 30 mm Anfangslänge nach beendigtem Wachstum den grössten Zuwachs in der basalen Zone aufweist, so gibt uns diese Feststellung gar keinen Aufschluss darüber, ob die basale Zone in allen Stadien des Wachstums den grössten Zuwachs zeige. Es wäre auch möglich, dass die Wachstumsenergie der basalen Zone nur in einem gewissen Stadium der Frucht am grössten ist und dann allmählich oder plötzlich sinkt, während andere Zonen intensiver zu wachsen anfangen. Das Endresultat wird damit nicht verändert, aber wir erhalten in diesem Falle ein ganz anderes Bild von der Längenwachstumsart der Frucht.

Die Untersuchungen *Blagovesčenskij's*, den hauptsächlich die Frage der Korrelation im Wachstum einzelner Organe derselben Pflanze beschäftigt, geben uns keinen Aufschluss über

die Position der maximalen Längenzunahme, und wegen geringer Anzahl der Versuchsobjekte, auch einen sehr unvollständigen über den Verlauf des gesamten Längenwachstums.

Die Frage des Früchtenwachstums ist, wie ersichtlich, noch weit von vollständiger Lösung und benötigt noch zahlreiche Bearbeitungen. Als ein Beitrag zur Kenntnis und Klärung dieses Problems mag die vorliegende Arbeit dienen. Sie behandelt ebenso die Frage des Verlaufes des gesamten Längenwachstums, wie auch die Frage der Position der maximalen Längenzunahme.

Statt, wie Kraetzer, nur ein einzelnes Fruchtexemplar verschiedener Pflanzen zu untersuchen, wurde als Versuchspflanze nur *Phaseolus vulgaris*, f. *nanus*, verwendet, aber die Zahl der untersuchten Legumina erreichte in jeder Versuchsserie, ausser in der ersten, orientierenden Sommerserie cca 50 Stück.

Die Untersuchungen wurden im Sommer 1929, Winter 1929, 1930 und Frühjahr 1930 im Glashause des physiologischen Laboratoriums des Botanischen Institutes in Zagreb durchgeführt. Die Methodik der Versuche war die übliche Tuschemarkierung. In der ersten, orientierenden Sommersuchserie wurden gegen 20 Legumina verschiedener Grösse mit feinen Tuschestrichen markiert und zwar so, dass jedes Legumen in einen, annähernd gleich langen basalen, medianen und apikalen Teil geteilt war. Der Abstand der Marken wie auch die Gesamtlänge der Legumina wurde mittels Millimeterpapier alle 48 Stunden gemessen. In den Winter-, wie auch in den Frühjahrversuchen markierte man hingegen die Legumina in Abständen von cca 2 mm und den Zuwachs mass man alle 24 Stunden. Gewöhnlich beobachtete man die Wachstumserscheinungen 14 Tage hindurch, jedoch war in einigen Versuchen der Frühjahrserie die Beobachtungsdauer auch kürzer. In allen Versuchsserien konnte ich leider nur eine sehr geringe Anzahl der Legumina unter 20 mm Anfangslänge markieren und messen da die zarten, kürzeren Hülsenfrüchte, wahrscheinlich wegen des zu often Berührens gewöhnlich abfielen, oder schrumpften und vergilbten. Darum konnte ich die ersten Phasen des Längenwachstums, welche man, um ein vollständiges Bild des Längenwachstums der Legumina zu erhalten, jedenfalls auch kennen müsste, nicht untersuchen.

Es sei noch erwähnt, dass man alle Legumina, welche eine Krümmung zeigten, aus den Versuchen eliminierte. Dadurch verringerte sich natürlich die Anzahl der Versuchsobjekte, aber man erhielt auch reinere und regelmässiger Wachstumskurven. Die Temperatur variierte während der Sommersuche von 20—35° C. die während der Winterversuche von 17—27° C. Im April betrug die Durchschnittstemperatur 24° C. Die relative Luftfeuchtigkeit erreichte im Sommer 50%, im Winter 65%, während sie im Frühjahr 70% betrug. Es war endlich auch für annähernd gleiches Begiessen der Versuchspflanzen, welche je 3 in einem Blumentopf

gleicher Grösse und der Qualität und der Quantität nach gleicher Erde wuchsen, gesorgt.

Es sei mir gestattet auch an dieser Stelle meinem sehr geehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. V. Vouk, meinen aufrichtigen Dank wie für die Anregung zu diesen Studien, so auch für das lebhafteste Interesse, welche er diesen Untersuchungen widmete, auszusprechen. Ich danke auch herzlichst Fräulein M. Chadraba für die liebenswürdige Hilfe welche sie mir bei den zahlreichen Messungen leistete.

### I. Sommerversuche.

In Tabelle I. ist das Längenwachstum einiger Legumina verschiedener Grösse dargestellt. Diese Tabelle kann uns, obwohl die Messungen nur alle 48 Stunden stattfanden und die Legumina nur in drei Zonen, die basale, interkalare oder mediane und apikale, geteilt waren, doch, wenn auch nur annähernd, wie über den Verlauf des Längenwachstums, so auch über die Position der maximalen Längenzunahme orientieren. Trägt man die millimetrischen Zuwächse dieser Legumina, wie üblich, auf die Ordinate, die Zeitabschnitte auf die Abszisse des Koordinatensystems ein, so erhält man Kurven, welche, obwohl nicht vollständig, da der Anfang fehlt, doch sehr lebhaft an die bekannten Sachs'schen Kurven der grossen Periode erinnern, und auch mit der Tabelle, welche Kraetzer bei Untersuchung des Längenwachstums des Legumens von *Phaseolus multiflorus* erhielt, übereinstimmen. (Abb. 1.) Man sieht deutlich, dass die Längenzunahme bis zur Erreichung eines Maximums aufsteigt, um dann allmählich abzufallen und auf 0 zu sinken.

Ich wählte aber als Beispiel des Wachstumsverlaufes gerade dieses Legumen, weil es, obwohl in Hauptzügen mit allen anderen Kurven, welche das Sommermaterial ergab, übereinstimmend, doch besonders deutlich eine Eigentümlichkeit zeigt, welche bisher in den Untersuchungen über die Längenzunahme der Früchte weder erwähnt, noch beachtet wurde. Es ist dies die zweite Hebung der Kurve. Die Längenzunahme, welche schon 48 Stunden im Stillstande war, stieg wieder an, wenn auch nicht bedeutend, um nach 2 Tagen wieder, aber diesmal endgültig, auf 0 zu sinken. Die Kurve des Längenwachstums, welche Kraetzer für die Frucht von *Glaucium luteum* veröffentlichte, zeigt zwar, dass die Längenzunahme nicht plötzlich, sondern, wie überall, so auch hier, erst allmählich aufhöre, sie zeigt auch, dass der abfallende Schenkel der Kurve wechselnde Hebungen und Senkungen aufweist, doch wurde von Kraetzer in keinem Versuche ein erneuertes Wachstum, nachdem der Nullpunkt schon erreicht war, beobachtet. Für die Deutung dieser Erscheinung scheinen mir zwei Momente von Wichtigkeit zu sein. Erstens wäre wohl möglich, dass das Längenwachstum der Hülse in Korrelation mit der Entwicklung der Samen

Tabelle I.

Verlauf und Art des Längenwachstums der Legumina im Sommer

Anfangslänge und Signatur der Legumina	Endlänge	Gesamter prozentu- eller Zuwachs	Zone	Länge der Zone	Z u w a c h s							Gesamtzuwachs der Zone	
					2. Tag	4. Tag	6. Tag	8. Tag	10. Tag	12. Tag	14. Tag	in mm	in %
22 mm, 3'	86.5 mm	393.1	Basale	7.00 mm	1.50	5.50	3.50	1.50	0.50	—	—	12.50	178.50
			Interkalare	7.00 mm	3.50	5.50	13.00	7.00	5.50	—	—	34.50	<b>492.80</b>
			Apikale	8.00 mm	2.00	6.50	5.50	3.00	0.50	—	—	17.50	218.70
			Zuwachs in mm		7.00	17.50	22.00	11.50	6.50	—	—	64.50	
"	in %			31.80	60.30	47.30	16.80	8.10	—	—			
23.5 mm 2.	97 mm	412.7	Basale	9.50 mm	2.50	14.50	8.00	5.00	1.00	1.50	—	32.50	342.10
			Interkalare	7.50 mm	2.50	12.00	5.50	10.00	2.50	—	—	32.50	<b>433.30</b>
			Apikale	6.50 mm	2.50	4.00	—	1.00	0.50	0.50	—	8.50	130.70
			Zuwachs in mm		7.50	30.50	13.50	16.00	4.00	2.00	—	73.50	
"	in %		31.90	98.30	21.90	21.30	4.30	2.10	—	—			
24 mm, 5.	101.5 mm	422.9	Basale	9.00 mm	3.00	8.00	3.50	1.50	—	1.00	—	17.00	188.80
			Interkalare	7.00 mm	5.00	15.50	10.50	7.50	—	1.50	—	40.00	<b>571.40</b>
			Apikale	8.00 mm	7.00	6.50	3.00	3.00	—	1.00	—	20.50	256.20
			Zuwachs in mm		15.00	30.00	17.00	12.00	—	3.50	—	77.50	
"	in %		62.50	76.90	24.90	13.90	—	3.50	—				
29 n.m, 1.	94 mm	324.1	Basale	10.50 mm	4.50	13.50	6.50	2.50	—	2.00	—	29.00	276.10
			Interkalare	10.00 mm	3.00	12.00	9.50	4.00	1.50	0.50	—	30.50	<b>305.00</b>
			Apikale	8.50 mm	3.50	3.00	1.00	—	—	—	—	7.50	88.40
			Zuwachs in mm		11.00	28.50	17.00	6.50	1.50	2.50	—	67.00	
"	in %		37.90	71.20	24.80	7.60	1.60	2.60	—				
29.5 mm, 4'	51.5 mm	171.1	Basale	11.50 mm	1.50	3.00	1.50	-1.50	—	—	—	4.50	39.10
			Interkalare	11.50 mm	3.50	4.00	2.50	4.00	—	—	—	14.00	<b>121.70</b>
			Apikale	6.50 mm	1.50	2.00	—	—	—	—	—	3.50	53.80
			Zuwachs in mm		6.50	9.00	4.00	2.50	—	—	—	22.00	
"	in %		22.00	25.00	8.80	5.10	—	—	—				
33 mm, 5'	79 mm	239.3	Basale	13.00 mm	2.00	4.50	2.50	2.50	1.00	—	—	12.50	96.10
			Interkalare	9.50 mm	1.50	6.50	9.50	5.50	3.50	—	—	26.50	<b>278.90</b>
			Apikale	10.50 mm	0.50	3.00	1.00	1.50	1.00	—	—	7.00	66.60
			Zuwachs in mm		4.00	14.00	13.00	9.50	5.50	—	—	46.00	
"	in %		12.10	37.80	25.40	14.80	7.40	—	—				
41 mm, 2'	80.5 mm	196.3	Basale	13.00 mm	2.00	4.50	1.50	—	0.50	—	—	8.50	65.30
			Interkalare	14.00 mm	3.00	7.50	8.50	0.50	2.50	—	—	22.00	<b>157.10</b>
			Apikale	14.00 mm	3.00	2.00	3.50	0.50	—	—	—	9.00	64.20
			Zuwachs in mm		8.00	14.00	13.50	1.00	3.00	—	—	39.50	
"	in %		19.50	30.40	21.40	1.30	3.80	—	—				
50.5 mm, 1'	75 mm	148.5	Basale	13.50 mm	2.00	1.00	-1.00	—	1.50	—	—	3.50	25.90
			Interkalare	17.00 mm	6.00	5.00	5.50	0.50	0.50	—	—	17.50	<b>109.20</b>
			Apikale	20.00 mm	—	3.50	1.00	-1.00	—	—	—	3.50	17.50
			Zuwachs in mm		8.00	9.50	3.50	1.50	2.00	—	—	24.50	
"	in %		15.80	16.20	5.10	2.00	2.70	—	—				

verlaufe und dass demzufolge bei intensiverer gleichzeitiger Samenentwicklung die Längenzunahme der Hülse eine vorübergehende Verringerung, auch einen zeitweiligen Stillstand erfahre. Es wäre aber auch möglich, und Blagoveščenskij bemühte sich dies auch experimentell zu beweisen, dass die Längenzunahme der Hülse nicht nur mit der Samenentwicklung, sondern überhaupt mit der gleichzeitigen Bildung und Entwicklung anderer Organe derselben Pflanze und mit dem dadurch veränderten Zufluss und Verteilung der Assimilate in Zusammenhang steht.

Was die Frage der Position der maximalen Längenzunahme anbelangt, konnte ich in allen untersuchten Fällen feststellen, dass der grösste Zuwachs in dem medianen Teile des Legumens erreicht wird. In Tabelle I. sind auch die Zonenzuwächse eingetragen und zugleich prozentuell berechnet.

Die Feststellung dass sich die Position der grössten Längenzunahme im medianen Teile des Legumens befindet, und dass also das Längenwachstum des Legumens dem Typus des interkalaren Wachstums folge, widerspricht den Beobachtungen von Kraetzer. Es wurde schon erwähnt, dass man alle Legumina, welche eine Krümmung oder Biegung zeigten, bei dem Ausarbeiten der Tabellen und Kurven eliminierte. Doch wurde die Messung auch an einigen solchen Exemplaren durchgeführt, und es zeigte sich, dass diese Krümmungen auf die Lage der Zone der grössten Streckung von Einfluss sind. Als Beispiel diene Legumen No. 1. von Anfangslänge 29 mm (Tab. I.). Eine leichte Krümmung war schon bei Markierung feststellbar, und im Laufe des Wachstums vergrösserte sie sich ziemlich bedeutend. Nachdem das Wachstum beendet war, zeigte sich, dass sich die Zuwächse des basalen, medianem und apikalen Teiles dieses Legumens wie 0,95 : 1 : 0,2 verhielten, d. h. die Längenzunahme der basalen und medianen Zone war in diesem Falle fast gleich gross, während in normalen Fällen, wie aus der Tabelle I. ersichtlich ist, der mediane Teil der Legumina einen fast um 50% grösseren Zuwachs zeigte. Es wäre nicht ausgeschlossen, dass das Legumen, welches Kraetzer gemessen, vielleicht im medianen Teile stark gekrümmt war und er auf diese Weise zum Resultate kommen konnte, dass die Längenzunahme im basalen Teile des Legumens am grössten sei.

Die erwähnte Tabelle zeigt noch, dass die grosse Periode, welche in 48-stündlichen Messungen der gesamten Längenzunahme zum Ausdruck kommt, sich auch in dem Verlaufe des Längenwachstums einzelner Zonen bemerkbar macht. Auch hier zeigen sich die schon besprochenen Eigentümlichkeiten der Erneuerung der Längenzunahme. Ein Unterschied zwischen der Auswuchszeit einzelner Zonen in dem Sinne, dass etwa die Längenzunahme einer Zone

früher aufhöre als die der anderen, konnte man in dieser Versuchsserie nicht mit Sicherheit feststellen.

Die graphische Darstellung des Verlaufes des gesamten, auf schon geschilderte Weise gemessenen Längenwachstums der Sommerlegumina ergab die s. g. Optimum-Kurve, oder, wenn man nicht den 48-stündlichen Zuwachs, sondern die jede Zeiteinheit also alle 48 Stunden erreichte Gesamtlänge auf die Ordinate einzeichnete, die s. g. S-Kurve oder die sygmoidale Kurve. Dieser in Tierphysiologie fast ausschliesslich gebrauchten Darstellungsweise zieht man in botanischen Abhandlungen die erstere vor. Sachs und seine Nachfolger stellten den Verlauf des Längenwachstums überwiegend in ersterer Form dar. Es scheint mir angemessen hier eine kurze Betrachtung der Bedeutung dieser Darstellungsart und ihrer möglichen Modifikation einzuschalten.

Abgesehen davon, dass in neuester Zeit Rippel (1919) ganz berechnete Einsprüche gegen die Bezeichnung der Sachschen Kurve als Optimum-Kurven erhob, muss man betonen, dass man

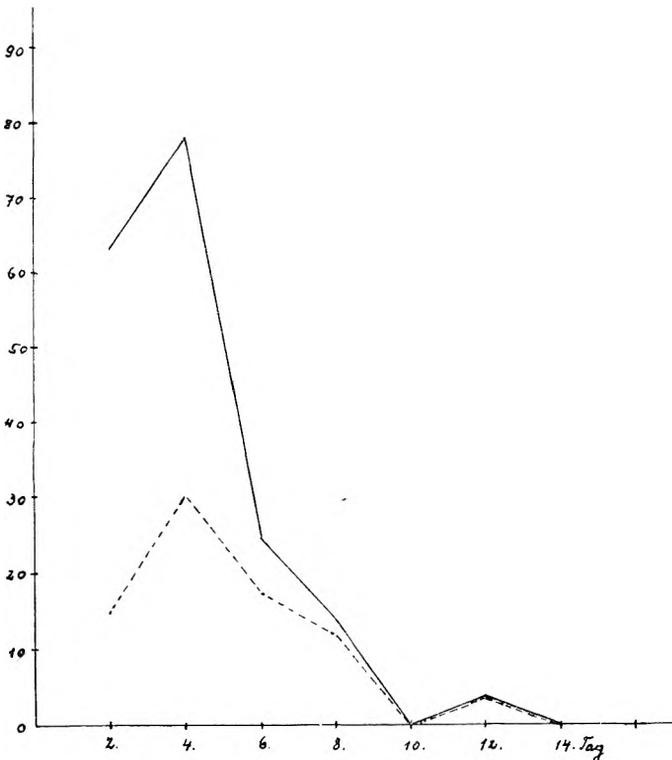


Abb. 1: Der Verlauf des Längenwachstums in Intervallen von 48 Stunden. (Leg. 5, Tab. I.)

Gestrichelte Linie = Zuwachs in mm  
Ausgezogene " = " in %

auf diese Weise, wenn man auf die Ordinate die zwischen zwei Zeitabschnitten erreichte millimetrische Längenzunahme einträgt, zwar über die tatsächlich jeden Tag erreichte Länge orientiert wird, aber keinen rechten Einblick in die Intensität des Wachstumsverlaufes erhält. Eine prozentuelle Berechnung dürfte uns darüber viel genauer orientieren. Man muss nämlich bedenken, dass es gar nicht dasselbe ist wenn z. B. ein beliebiges Organ von 20 mm Länge in einem bestimmten Zeitintervall eine Längenzunahme von 10 mm aufweist, und wenn sich das gleichartige, aber 40 mm lange Organ in demselben Zeitintervall ebenfalls um 10 mm verlängert. In ersterem Falle beträgt die Längenzunahme 50, in zweitem nur 25%. Diese Differenz, welche, wie man sieht, ziemlich gross ist, kommt in der bisher üblichen Weise der Konstruierung der Kurven gar nicht zum Ausdrucke. Aus Abb. 1. ersieht man den Unterschied beider Darstellungsweisen. In den Frühjahrversuchen, in welchen man die Längenzunahme der Legumina alle 24 Stunden mass, wird die Bedeutung der prozentuellen Umrechnung noch mehr zur Geltung kommen.

Meiner Ansicht nach besteht kein Grund, der die Anwendung der prozentuellen Berechnung, welche in neuerer Zeit sehr verbreitet ist, und auch bei Konstruierung der sygmoidalen Kurve verwendet wird, um den Unterschied zwischen absoluter und relativer Wachstumsgeschwindigkeit zu betonen, nicht auch bei Konstruierung dieser Kurve erlauben möchte.

Jedenfalls verliert die Sachsche Kurve damit gar nichts an Bedeutung, vielmehr wird, denke ich, ihre Wichtigkeit, welche ihr auch Rippel nicht abspricht, auf diese Weise sogar noch erhöht.

## II. Winterversuche.

Wie schon erwähnt, verteilte man diesmal, da es sich um genauere Feststellung der Position der maximalen Längenzunahme handelte, die Länge der Legumina zwar auch in annähernd gleich lange basale, mediane und apikale Zonen, aber in jede dieser Zonen trug man noch Tuschemarken in Abständen von je 2 mm ein. Um auch den Verlauf der Längenzunahme präziser zu eruieren, führte man die Messungen alle 24 Stunden aus.

Bei Betrachtung der Resultate dieser Versuchsserie konnte man zuerst feststellen dass die Wintersaison, obwohl sich die Versuchspflanzen ganz normal entwickelten, doch einen merklichen Einfluss wie auf die Entwicklungsdauer, so auch auf die Zuwachsgrösse der Legumina ausübte. Im Vergleiche mit der Längenzunahme des Sommermaterials erreichte der gesamte Längenzuwachs der Legumina im Winter kaum etwas mehr als 40% des Zuwachses der Sommerlegumina.

Wenn auch die Zuwachsgrösse der Hülsenfrüchte so bedeutend vermindert war, ist jedoch weder im Verlaufe noch in der Art der Längenzunahme der Winterlegumina irgendwelche wesentliche

Veränderung eingetreten. Darüber kann uns Tabelle II. wie auch Abb. 2. überzeugen. Abb. 2. stellt graphisch den Wachstumsverlauf eines Legumens dar, welches von derselben Anfangsgrösse war wie jenes Sommerlegumen, dessen Wachstumsverlauf in Abb. 1. dargestellt ist. Wie ersichtlich, besteht ein Unterschied, ausser in der schon besprochenen viel grösseren Längenzunahme des Sommerlegumens, welche nicht nur in der erreichten Endlänge, sondern auch in jedem 48-stündlichen Zuwachse deutlich hervortritt, nur noch darin, dass beim Sommerlegumen der grösste Zuwachs früher

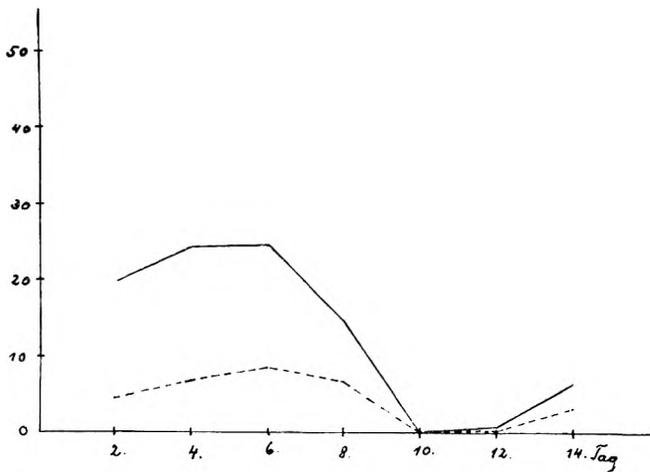


Abb. 2: Der Verlauf des Längenwachstums in Intervallen von 48 Stunden. (Leg. II. 3. Tab. II.)  
 (gestrichelte Linie = Zuwachs in mm  
 Ausgezogene « = « in %

erreicht war, als beim Winterlegumen. Deshalb ist der Anfang der Kurve des Wachstumsverlaufes des Sommerlegumens steiler, als der der Winterkurve. Sonst zeigen wie die Sommerlegumina, so auch die Winterlegumina jene eigentümliche zweite Hebung der Kurve.

Während in Abb. 2. der Verlauf der Längenzunahme welche in Zeitintervallen von je 48 Stunden erreicht war, dargestellt ist, zeigt hingegen Abb. 3. den Verlauf der Längenzunahme desselben Legumens, aber mit Verzeichnung jedes 24-stündlichen Zuwachses. Obwohl beide Kurven wesentlich übereinstimmen, und beide z. B. den markanten Abfall der Längenzunahme, zwischen 9. und 10. Versuchstag, verzeichnen, so sehen wir doch von welcher Bedeutung für die Detaile der Wachstumskurven die Grösse der Zeitintervalle ist. Es ist selbstverständlich dass, je kleiner der Zeitraum zwischen zwei Messungen, die Wachstumskurve desto realer und genauer wird; eine vollkommen adequate Wachstumskurve dürfte man wohl nur durch Anwendung der Auxanometermethode erhalten.

Tabelle II.

Verlauf und Art des Längenwachstums der Legumina im Winter.

Anfangslänge und Signatur der Legumina	Endlänge	Gesamter prozen- tueller Zuwachs	Zone	Länge der Zone	Z u w a c h s								Gesamtzuwachs der Zone	
					2. Tag	4. Tag	6. Tag	8. Tag	10. Tag	12. Tag	14. Tag	in mm	in %	
22 mm. II. 1.	49.5 mm	125	Basale	6.00 mm	1.50	4.00	1.50	0.50	0.25	—	0.25	8.00	133.30	
			Interkalare	8.00 mm	1.75	4.75	4.00	2.00	-1.00	1.25	0.25	13.00	163.20	
			Apikale	8.00 mm	2.00	4.75	1.50	-0.50	0.25	0.75	6.50	81.20		
			Zuwachs in mm	5.25	13.50	7.00	2.00	-3.00	1.50	1.25	27.50			
			" in %		23.80	45.70	17.10	4.10	-6.00	3.20	2.50			
24 mm. II. 3.	55 mm	129	Basale	8.00 mm	1.75	2.00	1.00	1.25	-0.50	0.25	0.25	6.00	75.00	
			Interkalare	8.00 mm	1.25	3.50	5.50	4.25	2.00	—	2.75	19.25	240.70	
			Apikale	8.00 mm	1.75	1.50	2.25	1.25	-1.50	—	0.50	5.75	71.80	
			Zuwachs in mm	4.75	7.00	8.75	6.75	—	0.25	3.50	31.00			
			" in %		19.70	24.30	24.40	14.90	—	0.40	6.70			
25.5 mm. I. 1.	56.5 mm	121.5	Basale	8.00 mm	1.00	4.00	2.00	2.25	-0.25	—	0.25	9.25	115.60	
			Interkalare	8.50 mm	1.25	6.00	3.75	3.75	1.75	1.00	-0.25	17.75	208.80	
			Apikale	9.00 mm	1.00	3.25	—	0.25	0.50	—	—	4.00	44.40	
			Zuwachs in mm	3.25	13.75	5.75	6.25	1.00	1.00	—	31.00			
			" in %		12.70	47.70	13.50	12.90	1.80	1.80	—			
30.5 mm. III. 1.	89.25 mm	192.6	Basale	10.00 mm	3.50	6.00	3.25	5.75	3.75	0.50	-1.00	21.75	217.50	
			Interkalare	10.50 mm	2.25	7.00	4.75	8.75	7.25	1.00	1.00	32.00	304.70	
			Apikale	10.00 mm	1.00	2.00	1.75	-0.50	—	0.50	0.25	5.00	50.00	
			Zuwachs in mm	6.75	15.00	9.75	14.00	11.00	2.00	0.25	58.75			
			" in %		22.10	40.20	18.60	22.50	14.40	2.20	0.20			
34.5 mm. III. 3.	67 mm	94.1	Basale	12.50 mm	5.75	3.50	1.50	2.75	1.00	—	—	14.50	116.00	
			Interkalare	12.00 mm	2.00	4.50	4.75	4.25	2.00	-0.50	1.00	18.00	150.00	
			Apikale	10.00 mm	0.50	—	-0.50	0.25	-0.25	—	—	—	—	
			Zuwachs in mm	8.25	8.00	5.75	7.25	2.75	-0.50	1.00	32.50			
			" in %		23.90	18.70	11.30	12.80	4.30	-0.70	1.50			
38.5 mm. I. 2.	47.25 mm	74.7	Basale	12.50 mm	2.50	4.25	0.25	—	-0.25	0.50	—	7.25	58.00	
			Interkalare	12.00 mm	1.25	7.75	2.50	2.00	2.50	2.00	1.00	19.00	158.30	
			Apikale	14.00 mm	—	4.25	-0.50	-2.25	-0.25	0.50	0.75	2.50	17.80	
			Zuwachs in mm	3.75	16.25	2.25	-0.25	2.00	3.00	1.75	28.75			
			" in %		9.70	38.40	38.00	-0.40	3.30	4.80	2.60			
40 mm. II. 2.	71.5 mm	78.7	Basale	13.50 mm	3.75	1.75	-0.25	1.25	—	0.50	-0.50	6.00	44.40	
			Interkalare	13.50 mm	4.50	8.50	0.25	6.25	1.75	0.25	—	20.50	151.80	
			Apikale	13.00 mm	2.25	1.00	-0.25	2.50	2.00	1.50	1.75	5.00	38.40	
			Zuwachs in mm	10.50	11.25	0.25	10.00	-0.25	1.25	1.25	31.50			
			" in %		26.20	22.20	-0.40	16.20	0.30	1.80	1.70			

Aus Tabelle II., noch besser aber aus Tabelle III. sieht man, dass die grosse Periode der Längenzunahme der Legumina keinesfalls aus ununterbrochen regelmässiger Vergrösserung, bzw. Verminderung der Längenzunahme zusammengesetzt ist, welche in graphischer Darstellung die Form einer Hyperbel ergeben möchte. Die Kurve der Längenzunahme zeigt vielmehr einen wellenförmigen Verlauf, d. h. Perioden der Hebung der Kurve wechseln mit Peri-

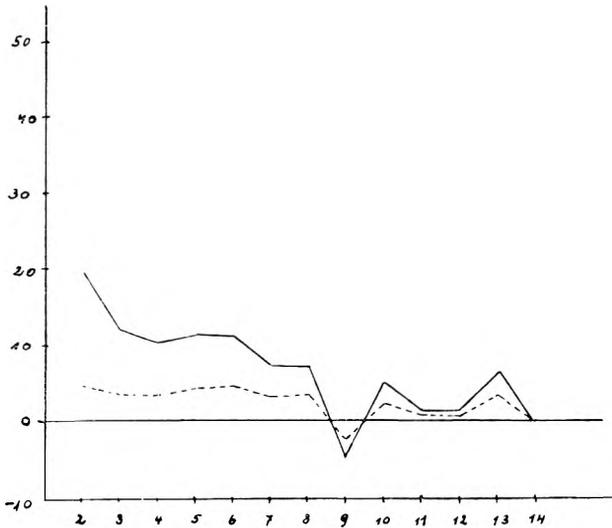


Abb. 3: Der Verlauf des Längenwachstums in Intervallen von 24 Stunden. (Leg. II. 3. Tab. II.)

Gestrichelte Linie = Zuwachs in mm

Ausgezogene « = « in %

oden ihrer Senkung. Aber auch dies geschieht ziemlich unregelmässig, und hängt wahrscheinlich von verschiedenen Innen- und Aussenfaktoren ab.

Über die Position der maximalen Längenzunahme orientiert uns Tabelle IV. Kraetzers Angaben über basales Wachstum konnte ich auch diesmal nicht bestätigen, da die älteren, aber ebenso auch die jüngeren Legumina auch diesmal den grössten Zuwachs im interkalaren Teil und zwar ungefähr in der Mitte des Legumens aufwiesen. Es sei noch erwähnt, dass zwischen zahlreichen Legumina, welche ich mass, mehrere Exemplare waren, bei welchen sich die bestentwickelten Samen im apikalen, bzw. im basalen Teile befanden. Doch änderte dies gar nichts an der Position der maximalen Längenzunahme, welche auch in solchen Fällen interkalar blieb.

Tabelle III. a

Täglicher Gesamtwuchs in mm

Anfangslänge und Signatur der Legumina	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	6. Tag	7. Tag	8. Tag	9. Tag	10. Tag	11. Tag	12. Tag	13. Tag	14. Tag	15. Tag
22.0 mm II.1	5.25	7.75	5.75	3.75	3.50	2.00	—	0.25	-3.75	2.00	-0.50	1.25	—	—
24.0 mm II.3	4.75	3.50	3.50	4.25	4.50	3.25	3.50	-2.50	2.50	1.00	0.75	3.50	—	—
25.5 mm I.1	3.25	6.50	7.25	1.00	4.75	2.25	4.00	-0.50	1.50	-0.75	1.75	—	—	—
30.5 mm III.1	6.75	8.75	6.25	6.50	3.25	7.00	7.00	4.75	6.25	-1.25	1.25	0.25	—	—
34.5 mm III.3	8.25	—	8.00	1.25	4.50	4.50	2.75	3.25	-0.50	-0.75	0.25	1.00	—	—
38.5 mm I.2	3.75	11.50	4.75	-2.00	4.75	2.50	-1.75	2.25	-0.25	4.00	-1.00	1.50	—	—
40.0 mm II.2	10.50	4.00	7.25	2.50	-2.75	7.00	3.00	1.50	-2.75	2.00	-0.75	1.25	—	—

Tabelle III. b

Täglicher Gesamtwuchs in %

22.0 mm II.1	23.8	28	10.4	9.2	7.9	4.1	—	0.5	-7.5	4.3	-1.0	2.6	—	—
24.0 mm II.3	19.7	12.1	10.8	11.6	11.2	7.3	7.3	-4.8	5.1	1.7	1.4	6.6	—	—
25.5 mm I.1	12.7	22.6	21.9	2.3	10.9	4.6	7.9	-0.9	2.4	-1.3	3.1	—	—	—
30.5 mm III.1	22.1	23.7	13.5	12.4	5.5	11.2	10.1	6.1	7.7	-1.4	1.4	0.2	—	—
34.5 mm III.3	24.1	—	18.6	2.4	8.6	7.9	4.5	5	-0.7	-1.1	0.3	1.5	—	—
38.5 mm I.2	9.7	27.1	8.8	-3.4	8.4	4.0	-2.7	3.6	-0.3	6.2	-1.4	2.2	—	—
40.0 mm II.2	26.2	7.9	13.3	3.9	-4.2	11.2	4.3	2.0	-3.7	2.8	-1.0	1.7	—	—

Tabelle IV. a)

Gesamtzuwachs einzelner Zonen in mm.

Anfangslänge und Signatur der Legumina	Basis																		Spitze 19
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
22 mm II.1	1.0	3.0	4.0	8.0	3.3	1.0	1.0	1.0	2.5	2.0	1.0								
24 mm II.3	0.5	2.0	1.5	2.0	3.0	5.0	8.5	2.8	1.5	2.5	1.3	0.5							
25.5 mm I.1	0.5	2.0	2.8	4.0	7.0	7.3	2.0	1.5	1.5	2.0	0.5	—							
30.5 mm III.1	1.0	2.8	6.0	5.0	6.0	9.3	6.5	6.0	8.3	2.0	2.0	1.3	1.0	—	0.3	—	—	—	
34.5 mm III.3	—	2.0	2.5	2.0	3.0	5.0	6.0	6.0	3.0	1.0	1.0	1.0	—	—	—	—	—	—	
38.5 mm I.2	0.3	0.3	1.0	1.3	2.0	2.5	3.0	5.0	6.0	4.0	1.5	0.5	1.0	1.0	1.0	—	—	—	
40.0 mm II.2	—	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0	2.0	3.5	5.0	4.0	3.0	3.0	2.0	1.0	1.3	0.5	1.0	1.0	

Tabelle IV. b)

Gesamtzuwachs einzelner Zonen in %

22 mm II.1	50	150	200	400	162.5	50	50	50	125	100	10							
24 mm II.3	33.3	100	75	80	150	250	425	137.5	75	125	62.5	2.5						
25.5 mm I.1	25	100	137.5	200	350	362.5	80	75	60	100	20	—						
30.5 mm III.1	50	137.5	300	250	300	462.5	325	300	330	100	100	62.5	50	—	12.5	—	—	—
34.5 mm III.3	—	100	100	100	150	250	300	300	150	50	50	50	—	—	—	—	—	—
38.5 mm I.2	12.5	10	50	62.5	100	125	150	250	300	200	75	25	50	50	50	—	—	—
40.0 mm II.2	—	50	50	50	60	50	100	140	166.6	200	150	150	100	50	50	25	50	46

## III. Frühjahrsversuche.

Die Frühjahrsversuche in welchen man die Wachstumserscheinungen an cca 100 Legumina studierte, gliedern sich in zwei Serien mit verschiedener Versuchsdauer.

## Serie I.

Die Versuchsdauer dieser Serie betrug 14 Tage. Man markierte cca 50 Legumina verschiedener Grösse mit Tuschestrichen in Abständen von beiläufig 2 mm und mass wie die gesamte Längenzunahme so auch die Längenzunahme einzelner Zonen alle 24 Stunden. Eine Auswahl der Ergebnisse dieser Messungen wie auch die prozentuelle Umrechnung der Zuwachswerte ist in Tabelle V. und VI. dargestellt. Es sei betont, dass auch jene Legumina, welche man nicht in diese Tabellen eingetragen, sich wie mit Rücksicht auf den Wachstumsverlauf, so auch mit Rücksicht auf die Position der maximalen Längenzunahme, gänzlich analog verhielten.

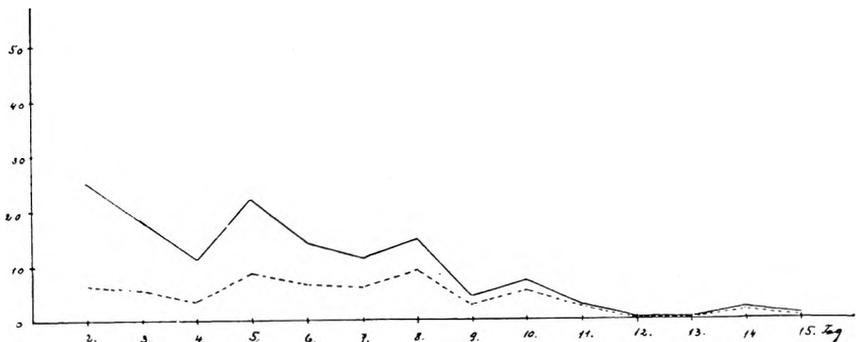


Abb. 4: Der Verlauf des Längenwachstums in Intervallen von 24 Stunden. (Leg. IV. Tab. V.)

Gestrichelte Linie — Zuwachs in mm  
Ausgezogene « = « in %

Der wellenförmige Charakter der Wachstumskurve, auf welchen schon bei Besprechung der Resultate der Winterversuche hingewiesen wurde, kommt in diesen Versuchen noch deutlicher zum Ausdruck. Dies dürfte wohl ebenso wie auch der gesamte viel intensivere Entwicklungs- und Wachstumsverlauf mit günstigen Temperatur-, Feuchtigkeit- und besonders Lichteigenschaften im Zusammenhang sein. Die Hebungen und Senkungen der Kurve (s. Abb. 4.) sind diesmal viel schärfer ausgeprägt. Sie sind zwar nicht von solcher Regelmässigkeit, dass man etwa von einer konstanten Rhythmik des Längenwachstums sprechen könnte, doch dürfte angesichts dieser Verhältnisse die Annahme, dass das Längenwachstum der Legumina einen wellenförmigen, oder genauer, einen pulsierenden Cha-

Tabelle V. a)		Täglicher Gesamtwuchs in mm												
Anfangslänge und Signatur der Legumina	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	6. Tag	7. Tag	8. Tag	9. Tag	10. Tag	11. Tag	12. Tag	13. Tag	14. Tag	15. Tag
9.05 mm I	3.3	4.2	7.2	7.8	8.2	5.3	10.3	7.9	6.6	7.1	4.5	6.5	2.5	1.5
10.30 mm II	3	6.1	9.1	8.9	9.6	7.3	10.5	6.2	7.6	5.7	8.9	5.8	1.9	1.3
13.70 mm III	6.7	7.6	8.3	10.4	9.0	4.6	7.9	7.2	4.1	3.8	5.0	2.8	0.6	-0.1
24.25 mm IV	6.1	5.6	3.9	8.9	6.8	6.2	9.1	3.0	5.4	2.2	0.5	0.5	1.8	0.8
30.45 mm V	10.0	4.1	6.9	8.3	7.8	6.0	4.3	2.4	3.6	2.4	1.2	0.1	0.3	0.4
36.65 mm VI	4.9	9.9	7.9	7.6	9.3	4.3	3.7	1.3	1.4	0.4	-0.1	-1.0	-0.2	-
40.55 mm VII	8.9	9.0	3.6	5.5	9.2	8.1	1.9	2.0	0.3	-0.5	0.2	-0.3	-0.9	-0.8

Tabelle V. b)		Täglicher Gesamtwuchs in ‰												
9.05 mm I	36.4	32.7	43.6	32.9	26.3	13.1	20.4	14.2	10.4	10.1	5.8	7.9	2.8	1.6
10.30 mm II	22.2	45.7	47.1	31.3	25.6	15.5	19.4	9.6	10.7	7.2	10.6	6.2	1.9	1.2
13.70 mm III	48.9	37.2	30.7	29.5	19.7	8.4	13.3	10.7	5.5	4.8	6.1	3.2	0.7	-0.1
24.25 mm IV	25.1	18.6	11.1	22.9	14.4	11.4	15.4	4.3	7.4	2.8	0.6	0.6	2.2	1.0
30.45 mm V	32.8	10.1	15.5	14.2	13	8.9	5.8	3.1	4.4	2.9	1.4	0.1	0.3	0.5
36.65 mm VI	13.3	23.8	15.3	12.8	13.9	5.9	4.6	1.5	1.6	0.5	-0.1	-1.1	-0.2	-
40.55 mm VII	21.6	10.1	6.3	8.9	13.6	10.5	2.2	2.3	0.3	-0.6	0.2	-0.3	-1.0	-0.9

Tabelle VI.

Prozentueller Gesamtzuwachs einzelner Zonen

Anfangslänge und Signatur der Legumina	Basis																Spitze
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9·05 mm I	973·5	<b>1475</b>	1444	530	—												
10·30 mm II	1100	1400	<b>1407·5</b>	477·5	—												
13·70 mm III	<b>760</b>	638	675	950	<b>1000</b>	257	65										
24·25 mm IV	132·7	194·5	260	300	440	<b>556</b>	<b>238</b>	129	45·4								
30·45 mm V	166·6	175·8	163·6	212·5	301·8	<b>374</b>	<b>361·4</b>	192	89	70	17·8	14·2	*				
36·65 mm VI	76·8	124	136	140	195·6	234·7	220	263·6	<b>336</b>	120	76·8	50	33·3	26	*	*	
40·55 mm VII	45·4	92·3	113·6	143·1	169	188	224	215·3	<b>226·9</b>	176·3	100	66·6	56	20	11·1	*	*

rakter zeige, kaum unberechtigt erscheinen. Als eine Eigentümlichkeit dieser Kurven, derentwegen mir auch die Bezeichnung »pulsierendes Wachstum« geeigneter erscheint, sei erwähnt, dass der relativ grösste Zuwachs fast immer nach der relativ niedrigsten Senkung der Kurve stattfindet. Der einzelne Wachstumsimpuls äussert sich nicht etwa in einer allmählichen Hebung, sondern in einem plötzlichen Aufschwung der Kurve, dem ein allmähliches, ruhiges Sinken folgt.

Obwohl die Wachstumskurve der Legumina faktisch nur einen Hauptgipfel des Maximums der Längenzunahme zeigt, sind doch die Nebengipfel zu stark ausgeprägt um unberücksichtigt zu bleiben. Deshalb möchte ich vorläufig die Kurve des Längenwachstums der Legumina als eine mehrgipflige Kurve bezeichnen. Der Zeitabstand der Gipfel ist nicht konstant, und es wäre verfrüht, von einem Durchschnittswert dieser Zeitdauer schon jetzt zu sprechen.

Die Frage, ob hier doch nicht eine Rhythmik besteht, welche in diesen Messungen nicht rein zum Ausdruck kommen konnte, könnten nur Versuche unter konstanten äusseren Bedingungen beantworten. Ausserdem müsste man auch das gegenseitige Verhältniss des Breite- und Längenwachstums studieren, denn, wie schon angedeutet, wäre es nicht ausgeschlossen, dass die Abnahme der Intensität des Längenwachstums eben durch intensiveres Breitenwachstum, wie auch durch gleichzeitige Samenentwicklung bedingt wird. Jedenfalls wäre diese Korrelation eine noch näher liegende, als jene, welche Blagovescenskij zum Gegenstand seiner Studien nahm, nämlich die Korrelation zwischen Blätter-, Internodien- und Früchtenwachstum. Blagovescenskij betont, dass die Kurve des Längenwachstums der Legumina einen »unexpected falling« in der Mitte zeige. Eben diese Tatsache dass es zu dem Abfalle der Kurve ganz unabhängig von der Entwicklung anderer Organe kommt, scheint unsere Vermutung zu bekräftigen.

Aus früheren Versuchen sah man schon deutlich, dass das Längenwachstum der Legumina keinesfalls etwa nur auf eine enge Zone beschränkt ist. Das Legumen nimmt in allen seinen Zonen an Länge zu, aber diese Längenzunahme ist an verschiedenen Teilen des Legumens verschieden gross. Als man die nach 15 Tagen erreichte Endlänge der Zonen mit ihrer Länge am Anfang der Versuche verglich, zeigte es sich, dass das Maximum der Längenzunahme in normalen Fällen immer — auch in Frühjahrversuchen wie aus Tabelle VII. ersichtlich — im interkalaren Teile der Legumina erreicht wird. Man trachtete jedoch auch danach festzustellen, wie sich während der Versuchsdauer die Position der maximalen Längenzunahme verhält. A priori waren zwei Annahmen möglich: die maximale Längenzunahme könnte während der ganzen Versuchsdauer, d. h. alle 24 Stunden konstant auf eine Zone gebunden sein, aber ihre Position könnte auch unbeständig sein. Die darüber angestellten zahlreichen Messungen und Berechnungen zeigten dass

Tabelle VII. a)

Täglicher Zuwachs einzelner Zonen in %

Legumen I. Anfangslänge 9·05 mm															Gesamtzuwachs der Zonen in %
Zone	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	6. Tag	7. Tag	8. Tag	9. Tag	10. Tag	11. Tag	12. Tag	13. Tag	14. Tag	15. Tag	
B. 1	37·7	37	71·7	43·8	26·6	13·3	24·1	12·3	7·3	4·3	—	2·6	1	0·2	973·5
2	50	41·6	35·2	21·7	28·5	19·4	25·5	18	15·6	16·1	9·3	11	3·4	2·5	1475
3	52·7	27·6	40	37·7	33·3	11·1	29	19	13·6	13·1	12·3	12·3	5·6	2·8	1444
4	25	40	35	31·1	20	6·6	13·7	7	5	7·3	—	4·5	0·8	—	530
S. 5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle VII. b)

Legumen II. Anfangslänge 24·25 mm

B. 1	20	21·2	2·5	21·9	—	—	5	4·7	9	2·5	0·8	3·2	—	—	132·7
2	38·1	5·2	12·5	5·5	5·2	4	20·1	—	8·8	1·4	1·4	1·4	—	—	194·5
3	40	14·2	7·5	30·2	11·6	12	14·2	6·2	—	1·1	—	—	1·7	2·8	260
4	20	33·3	2·5	34·1	25·4	13	15·3	5·5	2·6	2	—	0·5	—	—	300
5	33·3	18·7	10·5	31·4	26·8	14·2	20	8·3	11·5	4·4	—	0·9	5·2	0·6	440
6	40	28·5	16·2	28·5	18·5	20	25	4·1	16	3·9	2·3	—	4·4	1·2	556
7	9	25	6·6	25	20	16·6	2·8	2·5	6	3·4	—	—	1·1	2·1	238
8	16·3	17·1	20	13·3	7·8	9	3·3	—	1·6	—	—	—	—	—	129
S. 9	9	3·3	20·9	6·6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45·4

Tabelle VII. c)

Legumen III. Anfangslänge 36·65 mm

B. 1	11·1	20	8·3	1·5	21·2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	76·8
2	20	33·3	12·5	11·1	8	—	—	—	3·7	—	—	—	—	—	121
3	20	40	19	—	18	—	1·6	—	—	—	16	—	—	—	136
4	33·3	16·6	17·1	19·5	2	5	—	—	2·8	—	—	—	—	—	140
5	30·4	16·6	21·7	17·6	20	8·3	—	—	4·6	1·4	—	—1·4	—	—	195·6
6	30·4	25	29·3	21	17·3	3·7	9·2	4·5	—	—	—	—3·7	—	—	234·7
7	20	25	14·6	33·7	13	15·3	6·6	1·8	—	0·6	—	—2·4	—	—	220
8	9	33·3	25	25	24	12·9	13·1	1	1·5	—	—	—1·4	—	—	263·6
9	20	36·6	34·1	13·6	24	16·1	11·1	4	5·7	0·4	—0·4	0·9	—	—	340
10	10	9	16·6	14·2	21·5	2	5	4·7	—	2·7	—1·7	—1·8	—	—	126
11	—	33·3	3·3	12·9	14·2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	76·8
12	—	20	13·3	14·7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50
13	—	28·8	3·4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33·3
14	—	19·5	—	9	—	—	—3·3	—	—	—	—	—	—	—	26
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S. 16	—	—	—10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

das letztere der Fall ist. Als Beispiel und Illustration diene Tabelle VII., welche die tägliche Position des prozentuell berechneten Maximums der Längenzunahme an drei verschiedenen grossen Legumina darstellt. Man sieht deutlich, dass die Position der maximalen Längenzunahme zwar vorwiegend nahe an die Mitte der Legumina, aber doch nicht konstant während der ganzen Versuchsdauer an eine Zone gebunden ist. Diese Variation der Lage der grössten Längenzunahme zeigten sowohl die kleinen, mittelgrossen wie auch Legumina über 35 mm Anfangsgrösse.

## Serie II.

Die genaue Position der grössten Längenzunahme ist an Objekten, deren ganze Länge am Wachstume teilnimmt, ziemlich schwer exakt und einwandfrei festzustellen. Denn wenn alle Zonen wachsen, so greift das Wachstum einer Zone in das der nächstbenachbarten über, so dass z. B. Zone 3 nach 15 Tagen leicht gänzlich aus den Elementen der Zone 6 besteht und sich faktisch an einem ganz anderen Teile des Legumens befindet, als an dem Tage der Markierung. Um dem zu entgehen müsste man eigentlich jeden Tag eine neue Markierung vornehmen. Dies ist jedoch, wie ich mich überzeugte, unmöglich, da durch die tägliche, wenn auch behutsamste Entfernung alter Marken und Neumarkierung und dem damit verbundenen öfters Berühren und Anfassen der Frucht das in Entwicklung begriffene junge Organ beschädigt und lediert wird, was natürlich auch auf sein Wachstum von Einfluss ist. Um den dadurch verursachten Störungen auszuweichen und doch die Position der maximalen Längenzunahme in verschiedenen Entwicklungs- und Altersstadien der Frucht, wenn möglich, genauer zu bestimmen, verteilte man 50 Legumina, deren gemeinsame durchschnittliche Längendifferenz cca 5, bzw. 10 mm betrug, in annähernd 2 mm lange Zonen und mass ihre erreichten Längen nach 48, bzw. 120 Stunden. Man wählte den Zeitabstand von 48, und nicht 24 Stunden, weil man schon früher bemerkt hatte dass, wie in dem Verlaufe der gesamten Längenzunahme, so auch hier, nach einem grösseren Zuwachse gewöhnlich eine ziemlich ausgeprägte Verminderung der Längenzunahme eintritt, welche leicht an das Resultat der Messungen von Einfluss sein könnte. Nach 48 Stunden hingegen pflegt es zur neuen Längenwachstumserhöhung zu kommen, so dass man auf diese Weise den möglichen Einfluss dieser Fehlerquelle bedeutend vermindert.

Es sei betont, dass man sich bei dieser Versuchsanordnung wohl bewusst blieb, dass gleich lange Legumina nicht auch gleich alte Legumina bedeuten müssen. Man war aber bemüht auch diese Fehlerquelle nach Möglichkeit auszuschliessen. Obwohl die Länge welche die Hülsenfrüchte unserer Versuchspflanze erreichen, keine unverrückbare Konstante ist, zeichnen sich doch alle älteren Legu-

mina durch die Abnahme der Intensität der Längenzunahme aus. Von dieser Tatsache ausgehend und gestützt durch die Berechnung des gesamten Längenzuwachses nach 120 Stunden, stellte man aus dem gesamten Versuchsmaterial zwei Serien zusammen, bei welchen die Altersverhältnisse annähernd proportional den Längenverhältnissen waren. Die Ergebnisse dieser Messungen sind aus Tabelle VIII. und IX. ersichtlich.

Diese Tabellen, welche, wie gesagt, eine Auswahl aus dem gesamten Versuchsmaterial darstellen, bestätigen — in Übereinstimmung mit früheren Resultaten — die Wichtigkeit der Messungen in kurzen Zeitintervallen. Ebenso, wie man zur Kenntniss des Verlaufes des gesamten Längenwachstums, der »grossen Periode«, abgesehen von anderen Bedingungen, nur auf Grund der in Zeitabständen von höchstens 24 Stunden vollführten Messungen gelangen kann, kann man auch die Position der maximalen Längenzunahme nur auf Grund 24—48-stündlicher Messungen bestimmen. Messungen, welche man diesbezüglich nach 14-täglicher Versuchsdauer vornimmt, sind gewiss auch wertvoll; da sie aber nur den summarischen Zuwachs einer Zone angeben, können sie unmöglich einen Aufschluss darüber geben ob der maximale Zuwachs während der ganzen Versuchsdauer immer in derselben Zone erreicht wird. Die Wichtigkeit, welche die Lösung dieser Frage im Komplex der Wachstumsprobleme einnimmt, glaube ich nicht speziell hervorheben zu müssen.

Zur Betrachtung der Tabelle VIII. und IX. zurückkehrend, muss ich nochmals betonen, dass die Anzahl der Legumina unter 20 mm Anfangslänge, welche ich messen konnte, zu klein war, um ausreichend fundierte und sichere Bestimmung der Position der maximalen Längenzunahme zu erlauben. Wieviel ich jedoch beobachten konnte, besteht in den jungen Entwicklungsstadien bis zur Erreichung einer Länge von cca 10 mm, noch keine eigentliche Differenzierung einer Zone der grössten Längenzunahme. Das Wachstum dieser jungen Legumina ist der Intensität nach in allen Teilen ziemlich gleichmässig (s. Tab. VII a). Es kamen zwar Fälle vor, welche die Annahme eines anfänglich apikalen Wachstums begünstigen könnten. So beobachtete man z. B. einige Legumina von 6 und 7 mm Anfangslänge, welche nach 5 Tagen noch immer den maximalen Zuwachs in der apikalen Zone aufwiesen. Da sie jedoch schon den sechsten Versuchstag deutliche Schrumpf- und Absterbungserscheinungen zeigten, musste man sie aus dem Versuche eliminieren. Bei einem Legumen von 8 mm Anfangslänge war der Übergang vom apikalen zum basalen Längenwachstum deutlich feststellbar: während in den ersten 24 Stunden der Beobachtung der maximalen Zuwachs in Zone 4 (apikale Zone) erreicht wurde, zeigte nach 48 Stunden Zone 3 nach 72 aber und 96 Stunden Zone 1 (basale Zone) die grösste Längenzunahme. Bei etwas grösseren Legumina von cca 10 mm Anfangslänge liegt der maximale Längenzuwachs in erster

Tabelle VIII.

## Prozentueller Zuwachs einzelner Zonen

Zone	Leg. A. 1 (17 85)		A. 2 (22·80)		A. 3 (27·55)		A. 4 (33·0)		A. 5 (37·65)		A. 6 (43·50)		A. 7 (48·20)		A. 8 (53 95)		A. 9 (60·45)	
	nach 48	120 St.	48	120	48	120	48	120	48	120	48	120	48	120	48	120	48	120
Basis 1	89	210·3	30·4	117·3	56	143	48	87·5	42 8	78 6	38 4	46 1	4 3	13	10	15	4·7	7·1
2	34 6	242 3	83 3	313 3	50	195	53 5	91 1	60	110	35 7	39 2	26 6	43 3	5 1	10 3	26 3	36 8
3	78 1	263 6	38 8	233 3	57 8	163 1	54	135 2	52 6	107 9	11 1	11 1	40	52 5	10 5	31 5	25	30
4	31 8	254 5	55	305	66 6	216 6	54 5	155	57 5	150	10 5	13 1	37 5	55	38 4	53 8	32 5	40 9
5	53 8	92 3	68 4	347 3	65 7	248	57 3	150	86 6	233 3	12 5	2 5	33 3	52 7	40	46 6	20	40
6	73 3	171 1	55	295	31 4	260	60	180	62 5	212 5	13 1	10 5	60	66 6	53 8	57 6	34	40 9
7	55 5	84 4	42 8	185 7	50	300	46 3	195	90	260	5 2	10 5	51 2	71 4	42 8	42 8	30	47 5
8			70	150	50	195	49	200	75	205	10 5	10 5	48 7	53 8	21 8	25	26 3	52 6
9			80	168 5	40	100	54 8	155	67 5	145	10	20	71 4	169	5 2	13 2	47 6	76 1
10			38 8	116 6	37 5	96 8	46 3	68 4	71 4	150	25	25	65	152 5	28 7	48 7	50	100
11			18 4	44 7	70 5	144	36 8	44 7	87 5	275	40	45	45	115	30	45	62 7	109 3
12			20	6 6	38 8	111	3 7	52 6	50	160	42 5	45	50	145	28 7	37 9	55	105
13					83 3	100	55	57 8	50	100	42 5	47 5	50	160	45	60	50	100
14					28 5	65 7	48	50	24	50	11 1	16 6	50	145	42 8	61 9	52 3	114 2
15					7 5	7 5	5 4	57 5	62 5	110	—	—	57 8	152 6	60	105	47 8	115 2
16							6 8	7 8	50	87 5	2 5	7 6	72 2	172	47 3	73 6	40	96
17							6 2	12 5	28 5	45 7	—	2 5	45	125	21	64 7	52 1	113
18									55 5	55 5	5 2	5 2	30	45	16 6	38 8	42 8	104 7
19									5	5	5 2	5 2	13 1	36 8	18 4	36 8	45 8	108 3
20											—	5 2	13 1	31 5	10 5	21	45	95
21											—	—	35	45	10 5	10 5	47 6	61 9
22											—	5 2	16 6	22 2	10	25	19	38
23											—	—	5 2	15 7	30	33 3	20	20
24											—	—	20	33 3	33 3	33 3	34 8	34 8
25													13	30 4	21 4	21 4	20 8	20 8
26													—	—	5 2	5 2	12 5	12 5
27													—	neg.	5 2	5 2	—	—
28															26 6	26 6	5 5	5 5
29															—	5 2	neg.	neg.
30															—	—	—	—
31															—	—	—	—
32															—	—	—	neg.

Versuchszeit, aber auch nach 120 Stunden noch in basaler Zone. Die Position der intensivsten Verlängerung bleibt jedoch nicht lange basal; schon bei Legumina von 15 bis 17 mm Länge konnte man feststellen, dass sich ausser der basalen Zone auch die Zone nächst der Spitze, aber auch eine Mittelzone durch intensive Längenzunahme auszeichnet. Die Längenzunahme dieser Zonen ist ihrem Werte nach nur wenig dem Zuwachswerte der basalen Zone nachstehend. Nach 120 Stunden und noch später finden wir schliesslich den grössten Längenzuwachs im Mittelteile des Legumens. Wenn wir die in den Tabellen verzeichneten Zuwachswerte weiter bei grösseren Legumina verfolgen, so sehen wir ein allmähliches, jedoch nicht vollständig regelmässiges Vorrücken der Zonen der intensivsten Längenzunahme gegen die Mitte der Legumina. In allen Fällen finden wir zwei bis drei Zonen welche am intensivsten an der Längenzunahme teilgenommen haben. Bei Legumina welche drei solche Zonen aufweisen, liegt eine Zone fast in der Mitte des Abstandes der beiden anderen und zugleich nahe der Mitte der gesamten Länge des Legumens. Dieses Bild zeigen die Legumina bis cca 75 mm Länge. Dann — und dies ist der Zeitpunkt der intensivsten Samenausbildung — rücken die Zonen der maximalen Längenzunahme ziemlich weit voneinander, so dass wir in diesem Entwicklungsstadium des Legumens zwei Zonen finden, deren eine an der unteren Grenze des basalen, die andere an der oberen Grenze des apikalen Teiles der Legumina liegt. Einige Zeit noch behauptet die Mittelzone eine ziemlich intensive Längenzunahme, die jedoch immer mehr abnimmt, so dass wir bei Legumina welche nahe der Beendigung ihren Längenwachstums sind (s. Tab. IX. Leg. B 8, B 9) nur die zwei vorher erwähnten Zonen finden, während im interkalaren Teile fast keine Längenzunahme mehr stattfindet und man sogar eine Schrumpfung feststellen konnte.

Während man bis jetzt die Position der maximalen Längenzunahme nach 48 Stunden Versuchsdauer betrachtete, sehen wir dass die Resultate der Messungen der Längenzunahme an denselben Legumina aber nach 120 Stunden Versuchsdauer ein etwas anderes Bild zeigen, welches mehr mit dem Bilde welches man nach 14-täglicher Versuchsdauer erhält, übereinstimmt. Ebenso wie sich dort, als man die Anfangslänge der Zonen mit ihrer Länge am Ende, d. h. 15. Tag des Versuches komparierte und den Wert ihrer Zuwachse berechnete, eine interkalare Position der Zone der maximalen Längenzunahme ergab, finden wir auch hier, wenn wir die Zonenlängen am Anfang und Ende des Versuches vergleichen, dass die Zone des intensivsten Längenwachstums allmählich und beinahe vollkommen regelmässig von der Basis immer mehr in den medianen Teil des Legumens herabrückt. Die Position der Zone des maximalen Längenzuwach-

ses ist bei Legumina von cca 25 mm Länge bis kurz vor der Erreichung der Endlänge, also durchschnittlich bis cca 70 mm Länge nach 120-stündlicher Versuchsdauer eine ausgesprochen interkalare. In den letzten Wachstumsstadien finden wir jedoch, ebenso wie auch nach 48-stündlicher Versuchsdauer, zwei Zonen, welche den grössten Zuwachs aufweisen. Diese Zonen sind aber durch eine weite Region, in welcher wir die bestentwickelten Samen vorfinden, getrennt und liegen nicht mehr im medianen Teile des Legumens.

### Schlussbetrachtung.

Das Längenwachstum der Hülsenfrüchte von *Phaseolus vulgaris f. nanus*, welches man an zahlreichen mehr als 200 Versuchsobjekten in verschiedenen Saisonen beobachtete, verläuft in einer Weise, welche in Hauptzügen dem Wachstumsverlaufe anderer Organe ähnlich ist und in graphischer Darstellung die s. g. grosse Kurve ergibt. Während auf die erreichte Endlänge der Legumina, wie auch auf die Grösse des täglichen Längenzuwachses die Saison einen bedeutenden Einfluss ausübt, welcher sich in Erhöhung, bzw. in Verminderung dieser Grössen offenbart, zeigt der Verlauf des Längenwachstums dieser Früchte einen konstanten, von der Saison ganz unbeeinflussten und unabhängigen Charakter.

Obwohl man beim Studium des Längenwachstums dieser Früchte die bekannte, auch bei Früchtentwicklung schon mehrmals beobachtete Sachs'sche grosse Periode feststellen konnte, zeigten sich doch im Verlaufe dieses Längenwachstums gewisse erwähnenswerte Eigentümlichkeiten.

Während die Kurve des Längenwachstums pflanzlicher Organe, einige Fälle, wie z. B. das Wachstum der Sporangienträger von *Phycomyces nitens* (Errera, 1884) ausgenommen, als eine eingipfelige Kurve aufgefasst wurde, nötigt der Befund des Verlaufes des Längenwachstums der Hülsenfrüchte von *Phaseolus* zur Annahme einer mehrgipfeligen Wachstumskurve. Das Längenwachstum der Legumina zeigt nämlich nicht das Bild einer kontinuierlichen, allmählichen Hebung der Längenzunahme bis zu einem Maximum, dem eine allmähliche Abnahme und Verringerung der Intensität der Längenzunahme folgen möchte; es zeigt vielmehr das Bild eines wellenförmig, oder genauer, eines pulsierend verlaufenden Prozesses. Die Kurve dieses Längenwachstums hat nicht die Form einer ruhigen, gleichmässig ansteigenden und nach einem gewissen Zeitpunkt wieder ebenso gleichmässig abfallenden Kurve; sie ist vielmehr aus wechselnden Hebungen und Senkungen aufgebaut, welche sogar die Unterscheidung des ansteigenden und abfallenden Schen-

kels der Kurve erschweren könnten. Es ist bemerkenswert, dass diese wechselnden Hebungen und Senkungen der Kurve nur dann zum Vorschein kommen, wenn man die alle 24 Stunden erreichte Längenzunahme auf die Ordinate einträgt. Vollführt man hingegen die Messungen in grösseren Zeitabständen, so verlieren sich diese Aufstiege und Abfälle der Kurve bis auf einen sehr markanten Abfall, welcher kurz vor der Beendigung des Wachstums stattfindet und unserer Kurve eine grosse Ähnlichkeit mit der zweigipfeligen Kurve des Längenwachstumsverlaufes der Sporangienträger von *Phycomyces* verleiht.

Die pulsartige Bewegtheit der Kurve der alle 24 Stunden gemessenen Längenzunahme der Legumina kommt zwar auch in der bisher üblichen Konstruierungsweise der Kurven, d. h. in der Auftragung des jeweils zwischen zwei Zeitabschnitten erreichten millimetrischen Zuwachses auf die Ordinate zum Vorschein, wird aber bei Anwendung der Methode der prozentuellen Umrechnung der Zuwachswerte viel deutlicher und genauer ausgedrückt.

Die festgestellten Hebungen und Senkungen der Längenwachstumskurve wechseln nicht in solch einer Regelmässigkeit welche die Annahme eines konstanten Wachstumsrhythmus erlauben möchte, wie ihn Bose\* seinerzeit im Verlaufe des Längenwachstums der *Crocus*-Stengeln beobachten konnte. Die Zeitdauer einzelner Wachstumswellen oder der Effektivierung der mehrmals erfolgenden Wachstumsimpulse, welche die Mehrgipfeligkeit unserer Kurve bedingen, ist verschieden gross und obwohl sie sich am häufigsten innerhalb 48 Stunden vollzieht, variiert sie doch durchschnittlich von 24 bis 72 Stunden. Jedenfalls muss man natürlich bedenken, dass ein rhythmisch verlaufender Prozess nur bei Konstanz aller Aussenfaktoren rein zum Ausdruck kommen kann; diese Bedingung wurde in unseren Versuchen, welche gewöhnlich 15 Tage dauerten, nicht eingehalten. Aber selbst bei strengster Erfüllung dieser grundsätzlichen Bedingung bliebe es fraglich, ob die beobachteten Wachstumspulsationen nicht durch die Variation und Veränderung wichtiger Innenfaktoren, wie z. B. durch gleichzeitige Entwicklung anderer Organe und der dadurch verursachten Veränderung der Ernährungsfaktoren hervorgerufen werden. In diesem Falle würden sie kein autonomes Wachstumsphänomen, sondern nur eine mit Veränderung erwähnter Faktoren eintretende und verbundene, variierende Wachstumserscheinung vorstellen.

Während Blagoveščenskij bereits, wenn auch an kaum genügender Anzahl der Objekte, den Zusammenhang zwischen gleichzeitiger Blatt- Stengel- und Fruchtentwicklung und Erscheinung untersuchte und dabei feststellen konnte dass das Wachstum

\* Bose I. C.: Plant response. 1906.



dieser Organe in korrelativer Gebundenheit vor sich geht, dürfte nach meinen Beobachtungen das gleichzeitige Breitenwachstum und besonders die gleichzeitige Samenentwicklung auf das Längenwachstum der Legumina einen noch bedeutenderen Einfluss ausüben.

Obwohl man darüber keine Messungen anstellte, spricht doch so manches für diese Auffassung. Ein Überblick über die bisher veröffentlichten Wachstumskurven zeigt eine, wenn auch nicht vollkommene Übereinstimmung, so doch grosse Ähnlichkeit des Verlaufes des Längenwachstums der Legumina mit dem Verlaufe des Längenwachstums der Sporangienträger von *Phycomyces*, (Errera 1884), wie auch mit dem des Blütenschaftes von *Taraxacum* (Miyake 1904). In diesen beiden Fällen erhielt man Kurven, welche eine ähnliche Bewegtheit, ähnliche abwechselnde Hebungen und Senkungen aufwiesen wie die Längenwachstumskurve unserer Legumina. Und in beiden Fällen liegt eine gleichzeitige Entwicklung anderer, mit dem untersuchten Teile eng verbundener Organe vor: in das Wachstum der Sporangienträger greift die Entwicklung der Sporangien ein, in das der Blütenschaftes jenes der Blütenköpfehen. In unserem Falle bilden sich hingegen bei gleichzeitigem Wachstum der Hülsenfrüchte die Samenanlagen aus. Abgesehen von der Tatsache, dass es sich hier um die Entwicklung verschiedener Organe von verschiedenen Pflanzen handelt, welche man sonst nicht ohne weiteres komparieren kann, steht jedenfalls sicher, dass es in allen diesen Fällen zu einer analogen Veränderung der Ernährungsfaktoren, zur Veränderung des Zuflusses und Verteilung der Assimilate kommen muss. Eben dieser Umstand dürfte für die Form und den Verlauf der Wachstumskurve einer der wichtigsten und bedeutungsvollsten sein.

Ebenso wie der Verlauf des täglichen Längenwachstums von den Saisonbedingungen unabhängig ist, bleibt auch die Position der grössten Längenzunahme von diesen Bedingungen unbeeinflusst.

An dem Längenwachstum des Legumens beteiligt sich seine ganze Länge. Während die Längenzunahme bei ganz jungen Legumina (bis cca 10 mm Länge) scheinbar in allen Partien eine ziemlich gleichmässige ist, differenziert sich hingegen in weiteren Entwicklungsstadien eine Partie in welcher die Längenzunahme am intensivsten vor sich geht. Diese Partie, welche beiläufig 6 bis 16 mm breit ist, befindet sich anfänglich, bei Legumina von cca 15 bis 25 mm Länge an der Basis, rückt jedoch in weiteren Entwicklungsstadien des Legumens sehr bald in seinen medianen Teil herab. Die Position der Zone des maximalen Längenzuwachses der Hülsenfrüchte kann man daher auf Grund zahlreicher Messungen als eine vorwiegend interkalare bezeichnen.

Zur Zeit der intensiven Längenzunahme übt die übrigens sehr variierende Lage der bestentwickelten Samen keinen Einfluss auf die Position der Zone des maximalen Längenzuwachses aus. In letzten Entwicklungsstadien, kurz vor der Erreichung der Endlänge findet der maximale Zuwachs in unterer Hälfte des basalen und oberer Hälfte des apikalen Teiles des Legumens statt, während im der medianen Partie entweder nur eine sehr geringe Längenzunahme oder sogar eine Schrumpfung festzustellen war.

#### A n h a n g.

Als diese Untersuchungen bereits beendet waren und die Arbeit der Redaktion der Acta Botanica übergeben, bekam ich, dank der Liebenswürdigkeit des Herrn Prof. Dr. V. Vouk, Einsicht in den Bericht über »Fifth international botanical Congress. Cambridge 16—23 August 1930.« Unter zahlreichen Referaten über Vorträge, welche auf diesem Kongresse abgehalten wurden, fand ich auch die Zusammenfassung des Vortrages von Prof. Ulehlá »Moving pictures of plant movements and development«. Wie 1924 Mac Dougal auf dendrographischem Wege, so gelang es auch Prof. Ulehlá, durch Anwendung der kinematographischen Methode in der grossen Wachstumsperiode der Kartoffelknolle eine rhythmische Oscillation nachzuweisen. Die Ergebnisse dieser unabhängig voneinander durchgeführten Untersuchungen, welchen sich auch diese Studien anschliessen, zeigen deutlich, dass die grosse Periode des Wachstums der Pflanzen und ihrer Organe keineswegs einen so einfachen Verlauf hat, wie man früher vielfach angenommen hat.

---

Wenn wir die Ergebnisse unserer Untersuchungen nochmals kurz zusammenfassen, so können wir sagen:

1. Das Längenwachstum der Hülsenfrüchte von *Phaseolus vulgaris* f. *nanus* verläuft innerhalb der grossen Periode in der Form eines pulsierenden Prozesses.

2. Die Jahreszeit übt auf den Verlauf des Längenwachstums einen Einfluss nur rücksichtlich der erreichten Endlänge und Dauer der Entwicklung aus.

3. Die maximale Längenzunahme der Hülsenfrüchte von *Phaseolus vulgaris* f. *nanus* findet vorwiegend im medianen Teile des Legumens statt und ist daher als interkalares Wachstum zu bezeichnen.

## WICHTIGSTE LITERATUR.

1. Anderson, Alex. P.: The grand period of growth in a fruit of *Cucurbita Pepo* determined by weight. (Bot. Zeit. Bd. 42. 1884. p. 498.)
  2. Benecke-Jost: Pflanzenphysiologie. Bd. II. 4. Auflage 1923.
  3. Blagoveščenskij: K voprosu o sootnošenijah meždu pojavlenjem odeljnih listjev. (Žurnal ruskogo botaničeskogo obščestva. 1923. Tom. 10. No. 1—2.)
  4. Darwin, Fr.: On the growth of the fruit of *Cucurbita*. (Annals of Botany VII. 1893. Ref. Just I. 1893. p. 23.)
  5. Errera, L.: Die grosse Wachstumsperiode bei den Fruchträgern von *Phycomyces*. (Bot. Zeit. Bd. 42. p. 498.)
  6. Gustafson, F. G.: Growth studies on fruits. (Plant Physiology 1926. I. p. 265—272.)
  7. Kraetzer, A.: Über das Längenwachstum der Blumenblätter und Früchte. Inaug. Dissertation, Würzburg 1900.
  8. Kraus, G.: Über das tägliche Wachstum der Früchte. (Sitzungsber. Hall. Naturforschenden Ges. Sitz. I. Dec. 1883. Ref. Just 1884. p. 23.)
  9. Mac Dougal: Dendrographic measurements. (Ref. Bot. Cbl. 1925. p. 203.)
  10. Miyake, K.: Über das Wachstum des Blütenschaftes von *Taraxacum*. (Beih. z. Bot. Cbl. XVI. 1904. p. 403.)
  11. Rippel, A.: Die Wachstumskurve. (Ber. d. deutschen bot. Gesellschaft. Bd. XXXVII. 1919. p. 169.)
  12. Sachs, J. Gesammelte Abhandlungen über Pflanzenphysiologie. Bd. I. Leipzig 1892.
  13. Vouk, V.: Methoden zum Studium des Wachstums der Pflanzen und seiner Beeinflussung. (Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. XI. Bd. 2. H. 3. 1922.)
-