

Studien über photonastische und thermonastische Bewegungen.

Von

Walther Wiedersheim.

Mit 20 Textfiguren.

Einleitung.

Trotz der zahlreichen Beiträge, welche in den letzten Jahren auf diesem Gebiet pflanzenphysiologischer Forschung erschienen sind, sollen wiederum die Vorgänge der Rezeptionsbewegungen Gegenstand erneuter Untersuchung bilden. Dies findet seine Erklärung darin, daß immer noch Differenzen in der Deutung gewisser Erscheinungen bestehen. Diese Gegensätze sind kurz folgende:

Nach Pfeffer (II) kommen Variations- wie Nutationsbewegungen dadurch zustande, daß Temperatur- oder Helligkeitsschwankungen eine aus einem Hin- und Hergang bestehende Rezeptionsbewegung hervorrufen, die durch gleichsinnig und gleichzeitig, jedoch ungleich schnell in beiden antagonistischen Hälften erfolgende Änderung der Expansionskraft resp. der Wachstumsbeschleunigung erzeugt wird.

Demgegenüber spricht Jost (II) die Ansicht aus, daß nur die eine Phase der Bewegung sich als eine Reaktion auf die Änderung des — ungleichsinnig wirkenden — Licht- oder Temperaturreizes darstelle, während der Rückgang erst als Folge der ersten Bewegung aufzufassen sei, d. h. als eine rein aus inneren Ursachen auftretende Gegenreaktion betrachtet werden müsse.

Auch Schwendener (I) ist auf Grund seiner Beobachtungen nicht geneigt, die Pfeffersche Erklärung anzunehmen.

Demgegenüber sprechen die Resultate der Pantanellischen (I) Untersuchungen wieder für die Richtigkeit der Pfefferschen Ansicht¹⁾.

1) Daß Burgerstein (III) ebenso wie Farmer (I) die Bewegungserscheinungen bei Tulpen- und Crocusblüten zu den Variationsbewegungen rechnen, d. h. also Wachstumsvorgänge bei deren Zustandekommen bestreiten, ist mir nicht verständlich, da doch die mikroskopischen Messungen bei jedem Öffnungs- und Schließungsvorgang eine bleibende

Um in diesen widersprechenden Punkten entweder in diesem oder in jenem Sinne eine Entscheidung herbeizuführen, nahm ich im Sommer 1902 und Winter 1902/1903 auf Veranlassung von Herrn Geheimrat Prof. Dr. Pfeffer, dem ich auch an dieser Stelle für die stete Anteilnahme an meinen Arbeiten und für die gütige Überlassung der reichen Hilfsmittel des Leipziger Instituts meinen wärmsten Dank aussprechen möchte, die im folgenden wiedergegebenen Untersuchungen vor.

Abschnitt I.

Nutationsbewegungen.

Zum Studium der mit Wachstum verbundenen Bewegungen, wie solche bekanntermaßen von einer Reihe von Laub- und Blütenblättern auf Licht- oder Temperaturreize ausgeführt werden, lassen sich verschiedene Pflanzen verwenden.

Am geeignetsten erschienen zur Untersuchung der durch Beleuchtungswechsel hervorgerufenen Rezeptionsbewegungen Exemplare von *Impatiens parviflora*, *Impatiens glanduligera* und *Chenopodium album*, während unter den auf Temperaturdifferenzen reagierenden Blüten solche von *Tulipa Duc van Toll* und *Crocus luteus* in erster Linie Verwendung fanden.

A. Photonastische Bewegungen.

1. Einfache Rezeptionsbewegungen.

Ich beginne in der Darstellung der Experimente mit *Impatiens parviflora*.

Alle zu den Versuchen benutzten Pflanzen befanden sich in Töpfen und wurden zuerst auf ihre Reaktionsfähigkeit hin geprüft, und nur die jugendlichen, in vollem Wachstum befindlichen Blätter fanden für die Messungen Verwendung. Diese wurden in der von Pfeffer beschriebenen Weise, mittels eines Horizontalmikroskops, ausgeführt.

Als Okular verwendete ich Meßtrommelokulare mit verstellbarer Mikrometerplatte. Der Mikrometerwert betrug 0,014 mm, und das Gesichtsfeld hatte einen Durchmesser von etwas über

Verlängerung der in Betracht kommenden Blattgewebe mit Sicherheit erkennen lassen. Dieses Messungsverfahren scheinen aber weder Burgerstein noch Farmer angewendet zu haben.

3 mm. Allerdings betrug die Entfernung der Tuschmarken nie mehr als 1,5, höchstens 2 mm, da bei den zustandekommenden Krümmungen eine Verwechslung von Sehne und Bogen berücksichtigt werden mußte.

Als Meßmarken dienten kleine Tuschpunkte von angeriebener chinesischer Tusche, die auf möglichst entsprechenden Stellen auf der Ober- und Unterseite des Blattstieles in der Zone größter Bewegungsfähigkeit angebracht waren.

Charakteristische Vorsprünge und Kanten dieser Tuschpunkte wurden durch Zeichnung festgehalten und dienten zur genauen Orientierung auf der Meßskala. Der Fehler bei der Ablesung betrug in den hier wiedergegebenen Tabellen nicht mehr als $\frac{1}{2}$ Teilstrich.

Die in Töpfen befindlichen Pflanzen standen in einem hellen, nach Süden gelegenen Gewächshaus und wurden zur Verdunklung in das Dunkelzimmer gebracht, woselbst sie noch mit einem Pappzylinder bedeckt wurden.

Für die Ablesungen im Dunkelzimmer genügte nach einiger Übung eine ganz kurze Zeit bei schwacher Lampenbeleuchtung.

Zur Erklärung der folgenden Tabellen bemerke ich, daß ein rechts von der betreffenden Zeitangabe stehender $\circ$ bedeutet, daß die Pflanze sich im Licht befindet, während $\bullet$ sagen will, daß die Pflanze bis zur nächsten Zeitangabe verdunkelt ist (also Tabelle I, Versuch a: $11^{\circ}_{\circ}-2^{\circ}_{\bullet} = \text{hell}$, $2^{\circ}_{\bullet}-3^{\circ}_{\circ} = \text{dunkel}$, $3^{\circ}_{\circ}-5^{\circ}_{\circ} = \text{hell}$).

Tabelle I.

Messungen an den Blättern von *Impatiens parviflora*.

Versuch a, vom 10. VI. 02. Temp. 18—22° C.

Zeit	$11^{\circ}_{\circ}$	$2^{\circ}_{\bullet}$	$3^{\circ}_{\circ}$	$5^{\circ}_{\circ}$	
Oberseite	169	169	177	177,5	Entfernung der Tuschmarken
Unterseite	168	168,5	167	174	

Versuch b, vom 10. VI. 02. In Stundenprozenten.

Zeit	$10^{\circ}_{\circ}$	$12^{\circ}_{\bullet}$	$2^{\circ}_{\circ}$	$5^{\circ}_{\circ}$
Oberseite		0,16	3,01	0,01
Unterseite		0,09	0,41	1,3

Die unter Tabelle I verzeichneten Versuche bedürfen nichts zu ihrer Erklärung; sie stimmen in ihren Resultaten mit den Pfeffer-schen vollkommen überein und zeigen uns als Folge der Ver-

dunklung eine Beschleunigung des Wachstums der Oberseite, der später eine Beschleunigung des Wachstums der Unterseite folgt; durch diese wird das Blatt wieder in die Anfangsstellung gehoben, nachdem es sich während der Verdunklung um 60° (75°) gesenkt hat.

Wir wenden uns nun zur Tabelle II, in welcher die Resultate verzeichnet sind, die die Messungen an in ihren Bewegungen gehemmten *Impatiens*-Blättern ergaben, nachdem die Pflanzen verdunkelt waren.

Über die Art der Hemmung bedarf es aber zuvor noch einiger Worte. Die ersten Versuche, die Blätter in der Lichtlage zu fixieren, waren folgende: Nachdem die Tuschmarken auf Ober- und Unterseite des Blattstieles aufgetragen waren, wurden Blatt und Blattstiel zwischen zwei dünne Glasplatten gefaßt, die, ohne einen Druck auf die Gewebe auszuüben, eine Ausbiegung des Blattstieles verhüten sollten.

Der Versuch mißlang, denn abgesehen davon, daß beim Ablesen der Meßmarken durch die Glasplatten Fehler unvermeidlich waren, verschoben sich die Tuschmarken der Oberseite ausnahmslos, wenn sich der Blattstiel beim Versuch, die durch Verdunklung induzierte Krümmung zu realisieren, an die Glasplatte anpreßte.

Ein anderer Versuch, die Glasplatten durch eine Reihe feiner Glasstäbchen zu ersetzen und in deren Zwischenräumen die Tuschmarken anzubringen, versagte ebenfalls, denn abgesehen von der schwierigen Versuchstechnik war auch hier ein Ablesen sehr erschwert, wenn nicht geradezu unmöglich.

So versuchte ich schließlich durch Gewichtszug das Blatt in der gewünschten Lage zu fixieren und zwar auf folgende Weise: Aus dünnem Papier schnitt ich gleich große Vierecke von 3—4 qcm Größe und nähte dieselben mit dünnem Nähfaden auf Ober- und Unterseite des Blattes auf. Die Enden des Fadens wurden nun über eine kleine Rolle oder einen Glasstab geleitet und durch den Zug passender Gewichte konnten Blatt und Blattstiel in der erforderlichen Lage gehalten werden, nachdem das Stämmchen der Pflanze vorher in geeigneter Weise an einer Stütze befestigt worden war.

Belastungen von 10—30 g bewährten sich am besten. Weniger als 10 g zu nehmen hatte den Nachteil, daß die Krümmungen des Blattstieles bei Verdunklung nicht ganz aufgehoben wurden. Über 30 g zu wählen führte, namentlich bei jungen Blättern, leicht zu Zerreißung des Blattgewebes.

Tabelle II.

Messungen an den Blättern von *Impatiens parviflora*.

Versuch a, am 17. VI. 02. Temp. zw. 20 u. 23° C.

Junges Blatt durch Gewichtszug von 10 g in Tagstellung (= 83°) fixiert.

Zeit	12 ¹⁰ _O	2 ¹⁵ _•	3 ⁵⁰ _O	5 ³⁰ _O	
Oberseite	132	132	137	137,5	Entfernung der Meßmarken
Unterseite	135	135,5	138,5	139,5	

Versuch b, am 17. VI. 02.

Junges Blatt durch Gewichtszug von 20 g in Tagstellung (= 87°) fixiert.

Zeit	12 ²⁰ _O	2 ²⁵ _•	4 [—] _O	5 ⁴⁰ _O	
Oberseite	144,5	145	149	150	Entfernung der Meßmarken
Unterseite	143	143,5	147	147,5	

Versuch c, am 17. VI. 02.

Junges Blatt durch Gewichtszug von 30 g in Tagstellung (= 81°) fixiert.

Zeit	12 ³⁰ _O	2 ³⁵ _•	4 ¹⁰ _O	5 ⁵⁰ _O	
Oberseite	151	151,5	157	157	Entfernung der Meßmarken
Unterseite	149	150	155	155,5	

Nach den auf Tabelle II wiedergegebenen Resultaten schien es in der Tat der Fall zu sein, als ob eine 1 – 1½ stündige Verdunklung eine gleichsinnige, gleichzeitige Wachstumsbeschleunigung auf Ober- und Unterseite bei in ihrer Abwärtsbewegung gehemmten *Impatiens*-Blättern zur Folge habe, ein Vorgang, der bei freibeweglichen Blättern durch das zeitlich voraneilende Wachstum der Oberseite verdeckt wird.

Nun ist allerdings durch die Zugwirkung eine neue Größe eingeführt, und ehe wir die oben ausgesprochene Vermutung auf ihre Richtigkeit prüfen können, bedarf es einer genaueren Untersuchung, ob das Wachstum verbunden mit den periodischen und paratonischen Bewegungen bei den unter Einfluß der Zugwirkung stehenden Blättern in derselben Weise verläuft, wie bei den freibeweglichen.

Die Versuche, deren Ergebnisse auf Tabelle III und IV aufgezeichnet sind, erstrecken sich über den Zeitraum von 4–8 Tagen.

Eine absolute Übereinstimmung der Zahlenwerte für die unter Zug stehenden und die freibeweglichen Blätter ist nicht vorhanden, ebensowenig sind aber durchgreifende Unterschiede zu erkennen; mit anderen Worten, die angewandte Belastung hat auf den Gang des Wachstums keinen Einfluß.

Was das Zustandekommen der paratonischen Bewegungen betrifft, so geschieht dies in der gleichen Weise, einerlei ob die Blätter 3 oder 5 Tage unter Zug gehalten waren, oder ob der Vorgang ein oder mehrere Male wiederholt worden war.

Tabelle III.

Messungen an Blättern von *Impatiens parviflora*.

Vom 19. VI.—27. VI. 02. Die Zahlen drücken den Zuwachs in Stundenprozenten aus, die Ablesungen erfolgten alle 24 Stunden

Mittags zwischen 11 und 12 Uhr.

Versuch *a*. Junges Blatt unter Gewichtszug (10 g) fixiert.

Zeit	20 _○	21 _○	22 _○	23 _○	24 _○	25 _○	26 _○	27 _○
Std. %	0,09	0,15	0,18	0,27	0,27	0,30	0,07	0,04

Versuch *a*₁. Freibewegliches Blatt.

Zeit	20 _○	21 _○	22 _○	23 _○	24 _○	25 _○	26 _○	27 _○
Std. %	0,11	0,17	0,16	0,23	0,26	0,27	0,11	0,04

Versuch *b*. Junges Blatt unter Gewichtszug (20 g) fixiert.

Zeit	20 _○	21 _○	22 _●	23 _○	24 _○	25 _○
Std. %	0,08	0,14	0,29	0,52	0,22	0,20

Versuch *b*₁. Freibewegliches Blatt.

Zeit	20 _○	21 _○	22 _●	23 _○	24 _○	25 _○
Std. %	0,07	0,11	0,26	0,49	0,26	0,23

Versuch *c*. Junges Blatt unter Gewichtszug (30 g) fixiert.

Zeit	21 _○	22 _●	23 _●	24 _●	25 _●	26 _●
Std. %	0,14	0,19	0,44	0,31	0,25	0,18

Versuch *c*₁. Freibewegliches Blatt.

Zeit	21 _○	22 _●	23 _●	24 _●	25 _●	26 _●
Std. %	0,15	0,20	0,50	0,28	0,32	0,23

Tabelle IV.

Messungen an Blättern von *Impatiens parviflora*.Versuch *a*, vom 20.—24. VI. 02.

Junges Blatt durch Gewichtszug (20 g) in Tagstellung (= 83°) fixiert.

Zeit	20. VI.	23. VI.			24. VI.
	10 ³⁰ ○	10 ²⁵ ●	11 ⁴⁰ ●	3 ⁴⁵ ●	11 ⁰⁵ ○
Oberseite	131,5	149,5	154	157,5	163
Unterseite	134	153	156,5	159,5	167

Versuch *a*₁, vom 20.—24. VI. 02. Freibewegliches Blatt.

Zeit	20. VI.	23. VI.			24. VI.
	10 ³⁵ ○	10 ³⁰ ●	11 ⁴⁰ ●	3 ⁵⁰ ●	11 ¹² ○
Oberseite	136	157	166,5	166	170,5
Unterseite	138	158,5	158	166	171,5

Versuch *b*, vom 23.—29. VI. 02.

Junges Blatt durch Gewichtszug (20 g) in Tagstellung (= 91°) fixiert.

Zeit	23. VI.	28. VI.			29. VI.
	11 ⁴⁵ ○	11 ⁵⁰ ●	1 ⁰⁰ ●	4 ¹⁰ ●	11 ³⁰ ○
Oberseite	104	135,5	140	142	150,5
Unterseite	106,5	138	141,5	143	151

Versuch *b*₁, vom 23.—29. VI. 02. Freibewegliches Blatt.

Zeit	23. VI.	28. VI.			29. VI.
	12 ⁰⁰ ○	12 ⁰⁵ ●	1 ¹⁵ ●	4 ²⁰ ●	11 ⁴⁵ ○
Oberseite	100,5	124,5	130	130,5	136
Unterseite	98	123	122	127	133

Versuch *c*, vom 22.—30. VI. 02.

Junges Blatt durch Gewichtszug (20 g) in Tagstellung (= 85°) fixiert.

Zeit	22. VI.	25. VI.		29. VI.		30. VI.
	10 ⁵⁰ ○	11 ¹⁰ ●	4 ¹⁰ ○	12 ²⁰ ●	5 ⁰⁰ ○	10 ²¹ ○
Oberseite	111,5	140	146,5	172	175,5	177
Unterseite	108	136,5	141,5	170	173	175

Versuch c_1 , vom 22.—30. VI. 02. Freibewegliches Blatt.

Zeit	22. VI.	25. VI.		29. VI.		30. VI.
	10 ¹¹ ○	11 ⁰⁸ ●	4 ⁰⁰ ○	12 ⁰⁷ ●	1 ⁵⁰ ○	10 ¹⁵ ○
Oberseite	115	136,5	145	181,5	188	193
Unterseite	117,5	138	142	179	178,5	190,5

Wir kommen nun wieder auf die Frage zurück, ob bei den in ihren Bewegungen gehemmten Blättern tatsächlich durch die Verdunklung eine auf beiden Seiten gleichzeitig erfolgende und gleichsinnig gerichtete Wachstumsbeschleunigung hervorgerufen wird, ein Resultat, das aus der Betrachtung der Tabelle II hervorzugehen scheint.

Um aber eine definitive Entscheidung treffen zu können, waren eine Reihe weiterer Versuche erforderlich, von denen ich einige unter Tabelle V wiedergebe. Zur Verwendung kamen auch hier Topfpflanzen von *Impatiens parviflora*, deren Blätter z. T. frei beweglich, z. T. in der früher beschriebenen Weise durch Gewichtszug in der Lichtstellung fixiert waren. Ferner waren die zu beobachtenden Blätter in der Längsrichtung von feinen Glaskapillaren durchzogen, um die Bewegungszone, durch deren Einkrümmung die Senkung der Blätter bei Verdunklung zustande kommt, nach Möglichkeit auf den Blattstiel zu beschränken und somit Fehler bei der Ablesung am Gradbogen zu vermeiden. Die Gradbogen waren so orientiert, daß die Verbindungslinie von 0° (oben) nach 180° (unten) mit dem Lot zusammenfiel.

Haben wir es nun bei den in Lichtlage fixierten Blättern wirklich mit einer durch Verdunklung hervorgerufenen, gleichseitig, gleichsinnig und gleichschnell auftretenden Wachstumsbeschleunigung zu tun, so muß auch nach Entfernung der Sperrung bei $1\frac{1}{2}$ - oder 1- oder $1\frac{1}{2}$ stündiger Verdunklung die Stellung der Blätter dieselbe bleiben.

Tabelle V.

Messungen an Blättern von *Impatiens parviflora*.Versuch a , vom 1. VII. 02. Durch Gewichtszug (20 g) in Lichtstellung fixiert. V bedeutet: Gewichtszug entfernt.

Zeit	2 ¹⁰ ●	2 ⁴⁰ ●	2 ^{40' 17''} ○	19'' ○	23'' ○	30'' ○	42'' ○	2 ^{41' 02''} ○	25 ○	2 ^{42' 05''} ○	2 ^{43' 20''} ○
Oberseite	118	121	V								123,5
Unterseite	119	120									118,5
Stellung am Gradbogen	84°	84°		121°	122°	123°	124°	125°	126°	127°	127,5°

Versuch *b*, vom 1. VII. 02. Durch Gewichtszug (20 g) in Lichtstellung fixiert.

Zeit	1 ⁵⁰	2 ⁵⁰	2 ⁵¹ 10"	11"	14"	20"	30"	48"	53"12"	52"	547"	56'37"	50'47"	58'57"	3'14'07"	3'22'5"	3'38'2"
Oberseite	121	125									129						129,5
Unterseite	120,5	124	V								120						119,5
Stellg. am Gradbogen	82°	82°	124°	123°	126°	127°	128°	129°	130°	131°	132°	133°	134°	135°	136°	140°	141°

Versuch *c*, vom 2. VII. 02. Durch Gewichtszug (20 g) in Lichtstellung fixiert.

Zeit	12 ⁴⁰	2 ²⁰	2 ²⁰ 41"	42"	45"	48"	50"	52'38"	52'22'04"	52'37"	52'546"	52'29'11"	53'514"	54'17"	55'0'37"
Oberseite	134	138													142
Unterseite	136	139,5	V												136
Stellg. am Gradbogen	86°	86°	139°	140°	141°	142°	143°	144°	145°	146°	147°	148°	149°	150°	151°

Versuch *d*, vom 2. VII. 02. Durch Gewichtszug (20 g) in Lichtstellung fixiert.

Zeit	11 ⁰⁵	12 ⁰⁷	1 ⁰⁰	57	59'03"	10"	26"	44"	3'00'19"	3'3'48"	3'8'16"	3'20'17"	3'37'5"	4'—
Oberseite	126	129,5	131	133										142
Unterseite	125	129	130	131,5	V									142
Stellg. am Gradbogen	88°	88°	88°	88°	103°	104°	105°	106°	105°	106°	105°	104°	103°	103°

Kontrollmessungen an freibeweglichen Blättern.

Versuch *a*, v. 1. VII. 02.

Zeit	2 ¹⁵ _●	2 ¹⁵ _○
Oberseite . . .	115	119
Unterseite . .	114	114
Stellung am Gradbogen .	83 ₀	130 ⁰

Versuch *b*, vom 1. VII. 02.

Zeit	1 ⁴⁵ _●	2 ⁴⁸ _●	3 ⁴⁰ _●
Oberseite . . .	119	125,5	127
Unterseite . .	117,5	116,5	117
Stellung am Gradbogen .	86 ⁰	145 ⁰	152 ⁰

Versuch *c*, v. 2. VII. 02.

Zeit	12 ²⁰ _●	2 ⁰⁰ _○
Oberseite . . .	130	137,5
Unterseite . .	132	131,5
Stellung am Gradbogen .	84 ⁰	153 ⁰

Versuch *d*, vom 2. VII. 02.

Zeit	11 ³⁰ _●	12 ²⁸ _●	1 ³³ _○	3 ²⁵ _○
Oberseite . . .	125	130,5	133,5	133
Unterseite . .	126,5	126	126,5	131
Stellung am Gradbogen .	85 ⁰	139 ⁰	162 ⁰	118 ⁰

Sämtliche Versuche zeigen übereinstimmend, daß bei Entfernung der Gewichtssperre bei den 1—2 Stunden verdunkelten Pflanzen eine momentane Senkung der Blätter erfolgt, die nach einiger Zeit, anfangs rasch, später langsamer fortschreitend, schließlich zu der durch die Verdunklung angestrebten Stellung führt.

Bei einer länger als zwei Stunden dauernden Verdunklung wird die Tendenz einer Abwärtsbewegung wieder verringert, und entfernen wir die Hemmung eines Blattes, welches vier Stunden dunkel gehalten war, so ist die Schnellbewegung nach abwärts wohl noch vorhanden, aber es sind nunmehr nur noch 10—15⁰, um die das Blatt sich senkt (vergl. Versuch *d*).

Auf Grund der aus der vorigen Tabelle hervorgehenden Tatsachen wurden nun nochmals die Versuche, deren Resultate unter der Tabelle II wiedergegeben sind, wiederholt. Die Ablesungen fanden jedoch in kürzeren Zeiträumen statt.

Tabelle VI.

Versuch *a*. Junges Blatt durch Gewichtszug von 20 g in Tagstellung fixiert.

Zeit	9 ¹⁰ _○	11 ²⁰ _●	11 ⁴⁰ _●	12 ⁰⁵ _●	12 ³⁰ _●	12 ⁵⁵ _●	1 ²⁰ _●	1 ⁴⁵ _●	2 ⁰⁰ _●	2 ³⁵ _●	3 ⁰⁰ _●	3 ²⁵ _●
Oberseite . . .	121	121,5	122	123	125,5	125,5	125	125,5	127	127,5	127,5	127
Unterseite . .	122,5	123	123	124	126	126,5	126	126,5	127	128	129	129

Versuch a_1 . Freibewegliches Blatt.

Zeit	9 ¹⁵ _○	11 ¹⁵ _●	11 ⁴⁵ _●	12 ¹⁰ _●	12 ³⁵ _●	1 ⁰⁰ _●	1 ²⁵ _●	1 ⁵⁰ _●	2 ¹⁵ _●	2 ⁴⁰ _●	3 ⁰⁵ _●	3 ³⁰ _●
Oberseite . . .	124	124,5	127	130	133	133,5	133,5	133,5	133	133,5	133	133,5
Unterseite . .	122,5	123,5	123	122,5	122,5	123	123	125	127,5	129	130,5	130

Versuch b . Junges Blatt durch Gewichtszug von 20 g in Tagstellung fixiert.

Zeit	9 ²⁰ _○	12 [—] _●	12 ³⁰ _●	1 [—] _●	1 ³⁰ _●	2 [—] _●	2 ³⁰ _●	3 [—] _●	3 ³⁰ _●	4 [—] _●	4 ³⁰ _●
Oberseite . . .	118	119	122,5	123,5	124	124,5	124,5	125	126	126	126
Unterseite . .	116	117	119	119,5	120,5	121,5	121,5	121	123	124	125

Versuch b_1 . Freibewegliches Blatt.

Zeit	9 ¹⁰ _○	11 ⁵⁰ _●	12 ²⁰ _●	12 ⁵⁰ _●	1 ²⁰ _●	1 ⁵⁰ _●	2 ²⁰ _●	2 ⁵⁰ _●	3 ²⁰ _●	3 ⁵⁰ _●	4 ²⁰ _●
Oberseite . . .	117,5	118	121	124	127,5	127,5	127	127,5	127	127	127,5
Unterseite . .	119	120	120	119	119	120	120,5	122	125	128	128,5

Zu Tabelle VI, Versuch a .

Die Blätter der zur Beobachtung gewählten Pflanze befanden sich in voller Lichtstellung, als dieselbe um 11¹⁵ in das Dunkelmzimmer gebracht wurde.

Das Zustandekommen der Markendistanzen bei dem in Tagstellung festgehaltenen Blatt (Versuch a) erkläre ich mir folgendermaßen:

Die Verdunklung veranlaßt den Gesamtquerschnitt des Blattstieles zu beschleunigtem Wachstum, das zunächst von der Oberseite ausgeführt wird. Eine Senkung des Blattes als naturgemäße Folge der einseitigen Verlängerung ist aber unmöglich gemacht, und so zieht die im beschleunigten Wachstum befindliche Oberseite die Unterseite unter Überwindung eines gewissen Widerstandes in die Länge. Wir haben also auf der Oberseite eine aktive Streckung, auf der Unterseite eine passiv erreichte Verlängerung, eine elastische Dehnung.

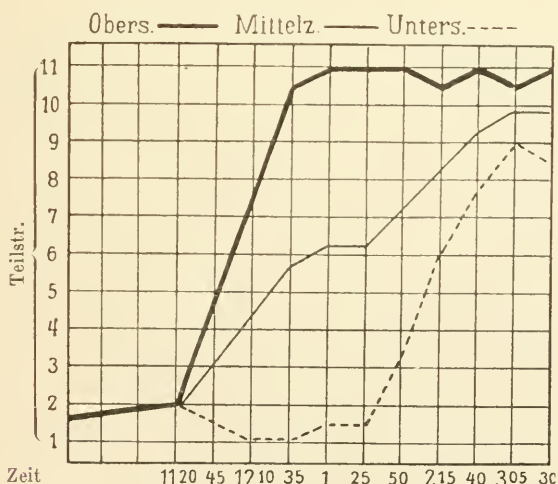
Schließlich aber vermag die Wachstumsenergie der Oberseite den Widerstand, den die Gewebe der Unterseite weiterer Dehnung entgegensetzen, nicht mehr zu überwinden, der Vorgang des be-

schleunigten Wachstums ist vorerst zum Stillstand gekommen (Tabelle VI, Versuch *a*, Zeit 12³⁰—12⁴⁰). Dann beginnt aber das ebenfalls durch die Verdunklung beschleunigte Wachstum der Unterseite einzusetzen, und die Spannung vermindernnd gestattet es auch der Oberseite, den angestrebten Zuwachs zu beenden.

Dasselbe gilt für Versuch *b*, und ebenso für die drei Versuche unter Tabelle II.

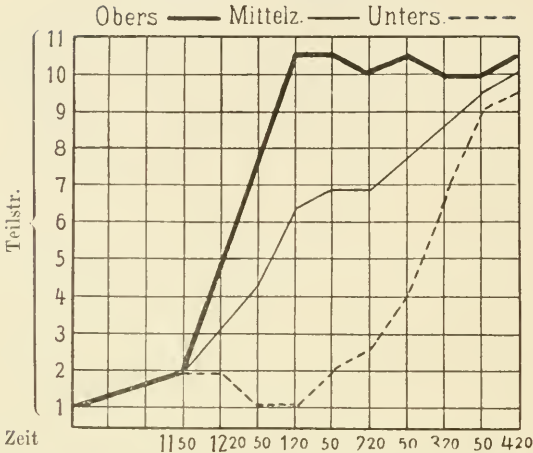
Die Vermutung, die Fitting (II) in seinen Untersuchungen über den Haptotropismus der Ranken p. 616 in den Worten ausspricht: „Ich glaube nämlich, daß die von mir für die Ranken nachgewiesene Doppelkurve des beschleunigten Wachstums der Mittelzone sich auch wird für die Rezeptionsbewegungen nachweisen lassen“, findet für die photonastischen Rezeptionsbewegungen der Blätter von *Impatiens parviflora* und, wie wir später sehen werden, auch für die thermonastischen Öffnungs- und Schließbewegungen der Blütenblätter von *Tulipa* und *Crocus* ihre volle Bestätigung.

Man vergleiche die unten wiedergegebenen Kurven mit denen in der Fittingschen Arbeit. Die Übereinstimmung beider ist vollkommen.



Figur 1.

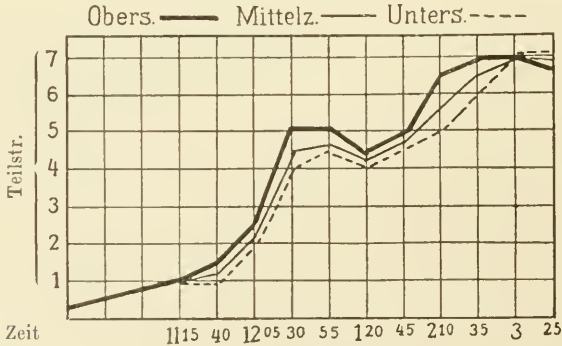
Die Zahlenwerte sind von Versuch *a*₁, Tabelle VI genommen, und nach diesen ist die Kurve des Mittelzuwachses berechnet.

Versuch b_1 , Tabelle VI.

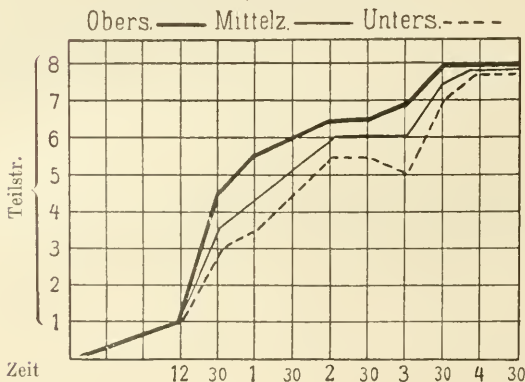
Figur 2.

Ähnliche Kurven lassen sich in der gleichen Weise auch aus den Zahlenwerten der Versuche a und b , Tabelle VI, also aus den Beobachtungen an gehemmten Blättern konstruieren.

Auch hierbei tritt die Zweiphasigkeit der Wachstumsbeschleunigung der Mittelzone, wenn auch nicht so klar wie bei den beiden oben wiedergegebenen Bildern, deutlich hervor.

Versuch a , Tabelle VI.

Figur 3.

Versuch b , Tabelle VI.

Figur 4.

Fassen wir die bis jetzt gewonnenen Ergebnisse zusammen, so können wir sagen:

Die photonastischen, durch Lichtwechsel veranlaßten Bewegungen der Blätter von *Impatiens parviflora* erfolgen durch eine transitorische Wachstumsbeschleunigung, deren erste Phase sich in den Geweben der Oberseite, deren zweite Phase aber in den Geweben der Unterseite sich abspielt. Beide Male aber erfährt auch die Mittelzone eine dem Hin- und Hergang entsprechende Wachstumsbeschleunigung.

Die photonastischen Rezeptionsbewegungen suchen die *Impatiens*-Blätter auch dann zu realisieren, wenn sie durch Gewichtszug in einer bestimmten Lage fixiert, an der Ausführung der Bewegung gehindert sind. Der Zuwachs auf Ober- und Unterseite erfolgt, wenn auch etwas langsamer, in der gleichen Weise wie bei den frei beweglichen Blättern.

Die Angabe Pfeffers (II, p. 171), daß die tatsächlich zustande kommende Verkürzung, resp. Hemmung des Wachstums in der antagonistischen Hälfte, nach welcher hin die paratonische Bewegung gerichtet ist, eine Folge der mit der Einkrümmung verbundenen Kompression sei, läßt sich mit den oben wiedergegebenen Resultaten ohne Schwierigkeit vereinigen.

Daß eine Wachstumshemmung aber als direkte Reaktion auf die Verdunkelung ausgeschlossen ist, glaube ich daraus schließen zu dürfen, daß bei den durch Gewichtszug horizontal gehaltenen Blättern eine Kompression der Unterseite überhaupt nicht zustande kommt, und weil das Wachstum auf der Unterseite erst $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ Stunden nach erfolgter Verdunkelung einsetzt, d. h. immer erst dann, wenn das Wachstum der Oberseite zum größeren Teil schon vollendet ist.

Ich möchte also mit Pfeffer die auf eine photonastische Reizung erfolgende Bewegung bezeichnen als eine gleichsinnig gerichtete, aber ungleichzeitig einsetzende und in ihren beiden Phasen ungleich schnell verlaufende Bewegung.

Ob die zweite Phase als eine Rückregulation aus inneren Ursachen, oder als eine Reizerscheinung infolge der Verdunkelung aufzufassen ist, darüber soll an anderer Stelle die Rede sein.

2. Tägliche periodische Bewegungen.

Ich kann mich hierüber kurz fassen, denn da bekanntermaßen das Zustandekommen dieser Bewegungen durch das Zusammen-

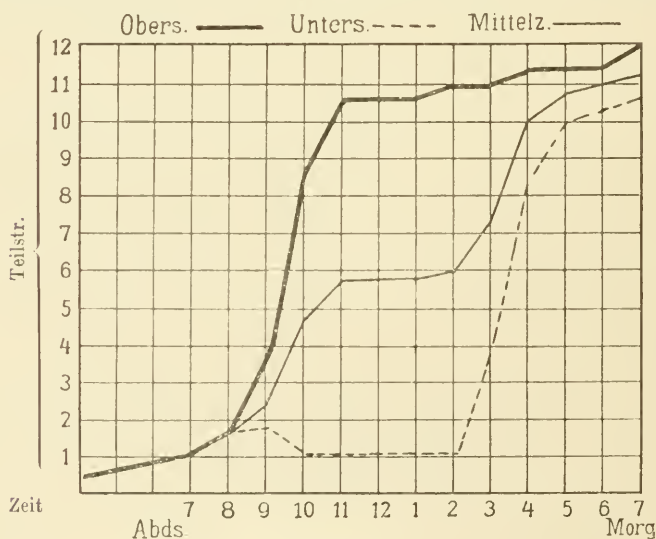
wirken einer Reihe verschiedener Komponenten bedingt ist, war das Studium dieser Vorgänge nicht in derselben Weise zur Lösung der vorliegenden Fragen geeignet. Immerhin ergaben sich auch hier übereinstimmende Resultate, die mit den Ergebnissen, wie wir sie aus den Untersuchungen über die einfachen Perzeptionsvorgänge kennen lernten, sich gut vereinigen lassen.

Die Schlafbewegungen bei freibeweglichen, wie bei gehemmten Blättern begannen mit Eintritt der Dunkelheit und die Wachstumsbeschleunigung der Oberseite war meist zwei Stunden darnach beendet. 3—4 Stunden später setzte dann die Wachstumsbeschleunigung auf der Unterseite ein und in den Morgenstunden zwischen 4 und 5 Uhr war die rückläufige Bewegung beendet, die Blätter hatten wieder Tagstellung angenommen.

Die Versuchsanordnung war genau dieselbe, wie sie bei den früher beschriebenen Untersuchungen angegeben ist.

An Stelle von Zahlen-Tabellen lasse ich einige Kurven-Zeichnungen folgen.

Versuch vom 29. VII. a. Freibewegliches junges Blatt.



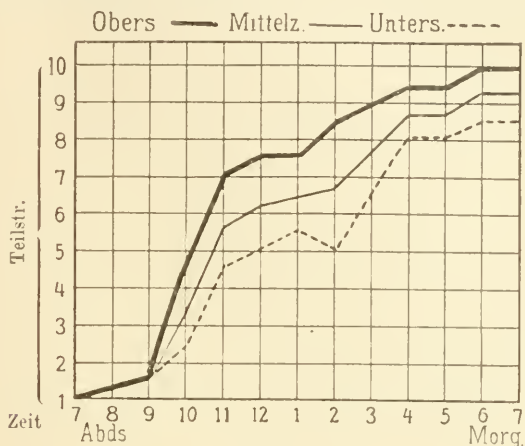
Figur 5.

Die Pflanze hatte ich in meiner Wohnung an einem Südfenster seit dem 26. VII. aufgestellt und hatte ihre Reaktionsfähigkeit erprobt.

Die Messungen, nach welchen nebenstehende Kurven gewonnen sind, begannen 7 Uhr Abends und wurden die Nacht hindurch alle

Stunden fortgesetzt. Die Temperatur hatte ich seit dem 27. VII. nach Möglichkeit Tags wie Nachts auf derselben Höhe zu halten gesucht.

α_1 . Junges Blatt durch Gewichtszug von 20 g in der Lichtlage fixiert.



Figur 6.

Daß auch bei den Schlafbewegungen die Mittelzone eine transitorische Beschleunigung erfährt, geht aus beiden Zeichnungen unzweifelhaft hervor.

Daß die Oberseite bei α_1 zwischen 9 und 11 Uhr (Abends) eine Verlängerung von $5\frac{1}{2}$, die Unterseite aber nur eine solche von 3 Teilstrichen erfährt, ist als Ausnahme zu betrachten, wohl infolge gewisser Blattbewegungen. Bei einer großen Reihe anderer Messungen an in der Lichtlage fixierten *Impatiens*-Blättern, die allerdings nicht während der ganzen Nacht, sondern nur in den Abendstunden zwischen 9 und 1 Uhr angestellt worden waren, hatte die Zunahme der Oberseite höchstens 3,5—4,5 Teilstriche betragen, und annähernd um dieselben Werte war auch die Unterseite verlängert worden.

Es erfolgte dann ein Wachstumsstillstand von 2—3 Stunden, und erst mit dem Einsetzen des aktiven Wachstums der Unterseite konnte nun auch die Oberseite die angestrebte und mechanisch zurückgehaltene Verlängerung ausführen.

Was nun meine Versuche mit *Impatiens glanduligera* betrifft, so sind die Ergebnisse im wesentlichen dieselben wie die an *Impatiens parviflora* gewonnenen.

Das trägere Reaktionsvermögen und die geringeren Bewegungsamplituden bei *Impatiens glanduligera* ermunterten aber nicht zur Fortsetzung der Versuche.

Das gleiche gilt von den im August an *Chenopodium album* ausgeführten Experimenten, die sich aber nur auf das Studium der Blattbewegungen am Gradbogen beschränkten; Messungen mit dem Horizontal-Mikroskop wurden keine ausgeführt. Von den angewandten Hemmungen wurden Gewichte, die in der früher beschriebenen Weise die zur Beobachtung gewählten Blätter durch ihre Zugwirkung in der Tagstellung fixierten, mit Vorteil verwendet, doch ließen sich, da Ablesungen nicht gemacht wurden, kleine Glasplatten gebrauchen, zwischen welchen die jungen Blätter in der Lichtlage gehalten wurden. Wurden die Sperrungen entfernt, wenn die Blätter der Vergleichspflanzen infolge der Verdunkelung die höchste Stellung erreicht hatten, so trat stes momentan eine Schnellbewegung nach oben ein, die ungefähr ein Drittel der ganzen Bewegungsamplitude betrug; die übrigen zwei Drittel legte das Blatt meist in kurzer Zeit, in 1—2 Minuten, zurück.

B. Thermonastische Bewegungen.

1. Versuche mit *Tulipa*.

Die ersten Experimente unternahm ich im Anfang Mai 1902, ohne jedoch brauchbare Resultate zu erhalten, erst im Januar und Februar 1903 gelang es mir, durch Änderung der Versuchstechnik, dieselben Ergebnisse zu erzielen, wie ich sie im Sommer vorher durch die Untersuchungen mit *Impatiens parviflora* erhalten hatte.

Unter den verschiedenen Tulpen-Spezies: *Tulipa* Duc van Toll, *Tulipa Gesneriana* und *Tulipa silvestris* eignete sich die erstgenannte am besten zu den Versuchen, und die im folgenden wiedergegebenen Tabellen beziehen sich stets auf Beobachtungen, die an dieser Spezies angestellt wurden.

Die Pflanzen wurden, nachdem ihre Blüten genügend entwickelt waren, in einem nach Norden gelegenen Kellerraum bei 4—6° C. dunkel aufgestellt, um dann in das Wärmezimmer in 26° C. oder in das Dunkelzimmer, dessen Temperatur unschwer während 6—8 Stunden auf 20—21° C. zu halten war, gebracht zu werden.

Wie schon Pfeffer (II) und Jost (II) konstatiert hatten, kommen Bewegungen von isoliert stehenden Perigonblättern eben so

gut zustande, wie wenn die Blüte im Besitz sämtlicher äußerer wie innerer Perigonblätter Öffnungs- oder Schließungsbewegungen ausführt.

Meistens wurden auch die einzelnen Blüten von der Pflanze abgetrennt und mit ihren Stielen in kleinen Gläschen durch Kork oder Watte derart befestigt, daß eine rasche Orientierung vor dem Horizontalmikroskop ausgeführt werden konnte, wodurch fehlerfreie Messungen umso besser gewährleistet wurden.

Das angewandte Linsensystem ergab einen Mikrometerwert von $0,0121 \text{ mm} = 1 \text{ Teilstrich}$, und die Länge der gemessenen Strecke betrug im Mittel etwa $1,5 \text{ mm}$.

Die Meßmarken bestanden auch hier aus angeriebener chinesischer Tusche, die an korrespondierenden Punkten der Wachstumszone auf der Außen- wie Innenseite der Perigonblätter angebracht wurden.

Um auch hier sicher zu sein, daß eine Zugwirkung von 30 bis 50 g, die zunächst zur Fixierung der Perigonblätter in bestimmter Lage angewandt wurde, auf den Verlauf des Wachstums keinen Einfluß habe, wurden zwei möglichst gleich alte *Duc van Toll*-Blüten, die sich noch nicht geöffnet hatten, bei 26° C . in das Wärmezimmer gebracht und verdunkelt.

Jede Blüte bestand nur aus einem inneren und einem äußeren Perigonblatt. Je eines war davon durch Gewichtszug in Schließstellung fixiert, in einem Fall durch 35 g, im andern Fall durch 50 g Belastung. Die an allen vier Blättern wiederholt vorgenommenen Ablesungen ließen Veränderungen im Stundenprozent-Zuwachs bei freibeweglichen und gehemmten Blütenblättern nicht erkennen, ein Resultat, wie es auch schon nach den Untersuchungen an *Impatiens* zu erwarten war.

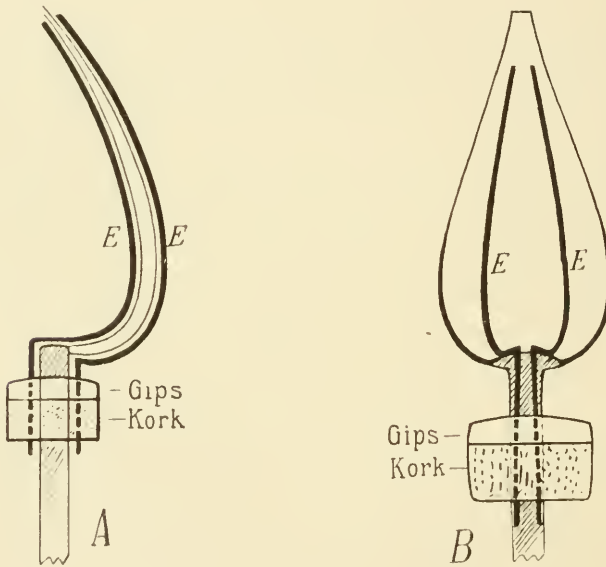
Es lag also nahe, diese Methode der Blatthemmung weiterhin zu verwenden, aber in der Folge ließen es verschiedene bei dieser Technik erwachsende Schwierigkeiten — leichtes Einreißen der Tulpenblätter beim Aufnähen der Zugfäden, ferner die hohen Belastungen, um die natürlichen Krümmungen der Tulpenblätter aufzuheben u. a. m. — geraten erscheinen, eine andere Methode der Hemmung anzuwenden.

Nach verschiedenen vergeblichen Versuchen, etwas passendes zu finden, gelang es mir vermittels biegsamer, dünner und dennoch genügend widerstandsfähiger Eisendrähte den Tulpenblättern eine ihrer natürlichen Form entsprechende Führung zu geben, zwischen

welcher das Wachstum ohne Hemmung vor sich gehen konnte, und wobei ein Ablesen der Meßmarken auf Innen- und Außenseite ohne Mühe möglich war.

Auch gestattete dieses Verfahren in gleicher Weise die Blütenblätter in Schließ- wie in Öffnungsstellung zu fixieren.

Zum besseren Verständnis verweise ich auf die folgenden zwei Zeichnungen: Fig. 7 *A* stellt dar ein in Schließstellung fixiertes, äußeres Perigonblatt, und zwar in Seitenansicht; *B* dasselbe in Innenansicht, die beiden inneren Drahtbogen zeigend. *E* = Eisendrähte.



Figur 7.

Tabelle VII.

Zwei *Duc van Toll*-Blüten wurden aus $5,5^{\circ}$ C. in das Dunkelzimmer in $21,5^{\circ}$ C. gebracht. Jede derselben hatte ein freibewegliches und ein in Schließstellung gehemmtes äußeres Perigonblatt. Die Ablesungen erfolgten alle 15 Minuten.

Versuch a. Tulpe I. Freibewegliches Blatt.

Innenseite . .	110	111	113,5	115	118	119	118,5	118,5	118,5	119	120
Außenseite . .	111,5	112	112	111,5	111,5	113,5	115	119,5	119	119	119,5
Zeit	210	225	240	255	310	325	340	355	410	425	640

Versuch a_1 . Tulpe I. In Schließstellung gehemmtes Blatt.

Innenseite . .	119	119,5	120,5	122	123	123	123,5	125	126	126	127,5
Außenseite . .	117	117	118	119	119,5	119,5	120	122	123	123	124
Zeit	215	230	245	3—	315	330	345	4—	415	445	630

Versuch b . Tulpe II. Freibewegliches Blatt. Zuwachs in Std.- $\%$.

Innenseite . .	3,3	7,6	5,0	9,7	3,1	—0,1	0,0	0,0	+ 0,5	+ 0,3	0,3
Außenseite . .	0,0	—0,1	0,0	—0,1	0,0	4,6	7,8	6,2	6,1	0,4	0,2
Zeit	435 bis 450	450 bis 505	505 bis 520	520 bis 535	535 bis 550	550 bis 605	605 bis 620	620 bis 635	635 bis 650	650 bis 705	705 bis 800

Versuch b_1 . Tulpe II. In Schließstellung gehemmtes Blatt.

Innenseite . .	2,1	5,4	6,7	3,1	1,2	—0,15	0,00	1,65	3,4	1,2	0,41
Außenseite . .	1,8	4,3	5,0	0,8	0,90	0,00	0,00	2,3	4,1	2,1	0,34
Zeit	440 bis 455	455 bis 510	510 bis 525	525 bis 540	540 bis 555	555 bis 610	610 bis 625	625 bis 640	640 bis 655	655 bis 710	710 bis 820

Was diese Tabellen uns zeigen, ist im wesentlichen dasselbe, was wir aus den Beobachtungen an *Impatiens parviflora* lernten.

Auch bei *Tulipa* erfährt bei einer Reizung die Mittelzone eine doppelte Beschleunigung ihres Wachstums. Ein Wachstumsstillstand zwischen den beiden Phasen läßt sich aber nicht erkennen, wohl aber eine deutliche Verlangsamung des Wachstums.

Die aus den Zahlen der Tabelle VIII konstruierten Kurven werden die obigen Angaben bestätigen.

Tabelle VIII.

Eine Duc van Toll-Blüte wurde aus 7,5° C. Abends in das Wärmezimmer (26° C.) gebracht. Die Perigonblätter waren bis auf zwei äußere entfernt, eines derselben war freibeweglich, das andere war in Schließstellung festgehalten.

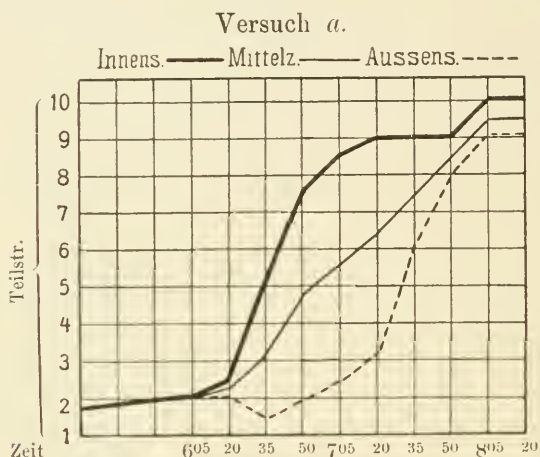
Versuch a . Freibewegliches Blatt.

Innenseite . . .	103	103,5	106	108,5	109,5	110	110	110	111	111
Außenseite . .	98	98	97,5	98	98,5	99,5	102	104	105	105
Zeit	605	620	635	650	705	720	735	750	805	820

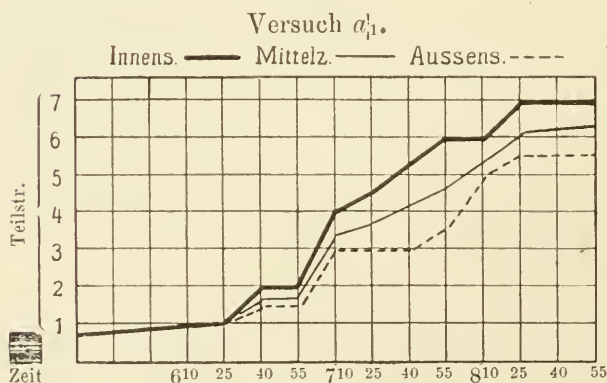
Versuch a_1 . Gesperrtes Blatt.

Innenseite . . .	108	108	109	109	111	111,5	112,5	113	113	114	114	114
Außenseite . .	110	110	110,5	110,5	112	112	112	112,5	114	114,5	114,5	114,5
Zeit	6 ¹⁰	6 ²⁵	6 ⁴⁰	6 ⁵⁵	7 ¹⁰	7 ²⁵	7 ⁴⁰	7 ⁵⁵	8 ¹⁰	8 ²⁵	8 ⁴⁰	8 ⁵⁵

Die Zahlenwerte von Versuch a und a_1 ergeben folgende Kurven:



Figur 8.



Figur 9.

Eine Erscheinung, die uns schon beim Betrachten der Kurven von *Impatiens* auffiel, die aber nicht weiter erwähnt wurde, zeigt sich auch bei den hier wiedergegebenen Zeichnungen. Wir finden nämlich, daß bei den freibeweglichen Blättern die Rezeptionsbewegungen rascher und meist mit einer größeren Amplitude ausgeführt werden, daß die Tätigkeit ohne Realisierung der Krümmung aber eine langsamere und geringere ist.

Daß auch bei *Tulipa*, bei den in Schließstellung festgehaltenen Blättern nur die eine Seite während der ersten Phase der Beschleunigung tatsächlich im Wachstum begriffen ist und die Verlängerung der antagonistischen Seite nur auf einer Dehnung beruht, zeigen die Versuche, bei welchen in verschiedenen Stadien der Bewegungen — wie sie die freibeweglichen Blätter zeigten — die Hemmungen plötzlich entfernt wurden.

Um die Bewegungen am Gradbogen zu messen, wurde nach dem Vorgange von Jost (II, p. 348) ein Winkelmesser so hinter den Blütenblättern aufgestellt, daß die Spitzen der geschlossenen Perigonblätter, auf die übrigens noch eine feine Glaskapillare als Zeiger aufgeklebt war, auf 0° standen.

Tabelle IX.

Zwei *Duc van Toll*-Blüten kamen Mittags aus $6,5^{\circ}$ in das Dunkelzimmer in $20,2^{\circ}$. Bis auf zwei äußere Perigonblätter waren alle Blütenblätter entfernt. Ein Perigonblatt war freibeweglich, das andere in Schließstellung fixiert

Tulpe I.

Versuch a. Freibewegliches Perigonblatt.

Stellung am Gradbogen .	0	38	76	107	109	114	114	113	113	106	97	69	65	58	56	56
Zeit	3 ¹⁵	30	45	4	15	30	45	5	15	30	45	6	15	30	45	7

Versuch a₁. Gehemmtes Perigonblatt. V = Sperrung entfernt.

Stellung am Gradbogen .	0	41	59	65	68	72	74	80	89	95	103	103	91	82	76	68
Zeit	3 ¹⁵ bis 5 ⁰²	V	5 ³	4	5	6	7	10	15	30	45	6	15	30	45	7

Tulpe II.

Versuch b. Freibewegliches Perigonblatt.

Stellung am Gradbogen .	0	21	44	67	84	91	95	95	94	85	76	60	59	58	57	57
Zeit	2 ¹⁰	25	40	55	3 ¹⁰	25	40	55	4 ¹⁰	25	40	55	5 ¹⁰	25	40	55

Versuch b_1 . Gehemmtes Blatt. $V =$ Sperrung entfernt.

Stellung am Gradbogen .	0	22	49	51	63	63	64	64	65	63	62	60	59	58	58	59	58
Zeit	$\frac{210}{\text{bis}} \frac{525}{V}$		526	27	28	29	30	31	35	40	45	6	15	30	45	7	15

Entsprechend den Schnellbewegungen, wie sie die gehemmten Blätter nach Entfernung der Drahtspangen ausführen, geht auch die Distanz der Meßmarken auf der Außenseite momentan auf den Anfangswert zurück, während die Zahl der Teilstriche auf der Innenseite gleichzeitig um etwa $\frac{2}{3}$ zunimmt.

Wenn man nun ein Blatt in der Grenzstellung festhält, d. h. also dann, wenn die Außenseite mit ihrer Wachstumsbeschleunigung einsetzt und somit den Rückgang der Bewegung veranlaßt, so wiederholt sich der Vorgang in derselben Weise wie bei Hemmung der Bewegung der I. Phase; es kommt also auch hier zu einem anscheinend gleichzeitigen Wachstum von Außenseite und Innenseite. Entfernt man aber die Hemmung, nachdem bei den freibeweglichen Vergleichsblättern die Rückregulation am Ende angekommen ist, so geht das Blatt nach einer anfänglichen Schnellbewegung von etwa $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ des ganzen Wertes der II. Phase rasch in die entsprechende Schlußstellung über. Hierbei erfährt die Außenseite eine momentane Verlängerung, wie die Zunahme der Meßmarkenentfernung deutlich erkennen läßt, während die Marken auf der nun entspannten Innenseite wieder den Anfangswert nach Abschluß der I. Phase einnehmen.

Auf weitere Versuche mit *Tulipa* werde ich an anderer Stelle zu sprechen kommen.

2. Versuche mit *Crocus luteus*.

Von den verschiedenen *Crocus*-Arten eigneten sich Exemplare von *Crocus luteus* am besten zu den Untersuchungen der Blütenbewegungen. Die Öffnungsbewegung, welche die Perigonblätter von *Crocus* bei einer auch geringen Temperatursteigerung ausführen, haben analog den Vorgängen bei *Tulipa* bei gleichbleibender höherer Temperatur eine Schließbewegung als Rückregulation zur Folge. Auch hier handelte es sich darum, diese Bewegungsvorgänge, d. h. die dieselben veranlassenden Wachstumsbeschleunigungen, auf Innen- und Außenseite an Blättern zu studieren, die in einer bestimmten Stellung fixiert waren. Die bei *Tulipa* an-

gewandte Hemmungsmethode der doppelseitigen Drahtspangen versagte aber hier, da die Perigonblätter zu schmal waren, und da die Wachstumszone so nahe der Blattbasis gelegen ist, daß ein exaktes Anlegen der Drahtspangen nicht möglich war. Ich verwandte deshalb wieder Gewichtshemmungen und befestigte die Zugfäden an zwei schmalen Korkblättchen, zwischen welche die Spitzen der Perigonblätter eingeklemmt und festgeklebt waren.

Auch hier konnten verstümmelte Blüten mit nur einem oder zwei Perigonblättern ohne Nachteil zu den Versuchen verwendet werden. Die Experimente wurden in denselben Räumlichkeiten angestellt, in welchen auch die Versuche mit *Tulipa* vorgenommen worden waren.

Zunächst wurden vier *Crocus*-Blüten drei Tage lang im Wärmezimmer bei $26,5^{\circ}$ C. aufgestellt. Bei jeder Blüte war ein Perigonblatt frei und eins durch Gewichtszug von verschiedener Stärke entweder in Schließstellung oder Öffnungsstellung fixiert gehalten. Der tägliche Zuwachs war bei allen acht Blättern annähernd gleich, wie die vergleichenden Messungen auf Außen- und Innenseite der Blätter zeigten. Auch im Wachstum bei niedriger Temperatur ($11,5^{\circ}$) zeigten sich bei den freibeweglichen wie bei den unter Zug stehenden Blütenblättern keine wesentlichen Unterschiede¹⁾.

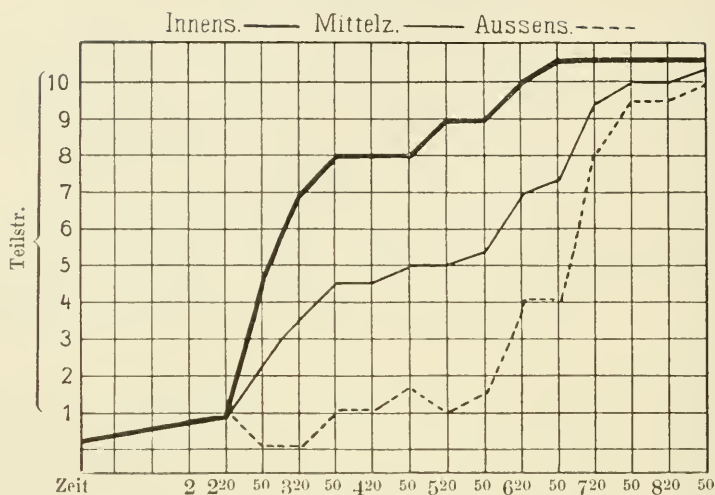
Nachdem dies festgestellt war, wurde mit den speziellen Versuchen begonnen, als deren Resultate ich einige Kurvenbilder folgen lasse.

I.

Eine *Crocus*-Blüte war bis zum 7. II. 22° bei 8° C. gehalten worden, kam dann in das Dunkelmzimmer mit $21,3^{\circ}$ C. Ein Perigonblatt war freibeweglich, das andere war durch 40 g Belastung in Schließstellung festgehalten. Die Ablesungen erfolgten alle halben Stunden.

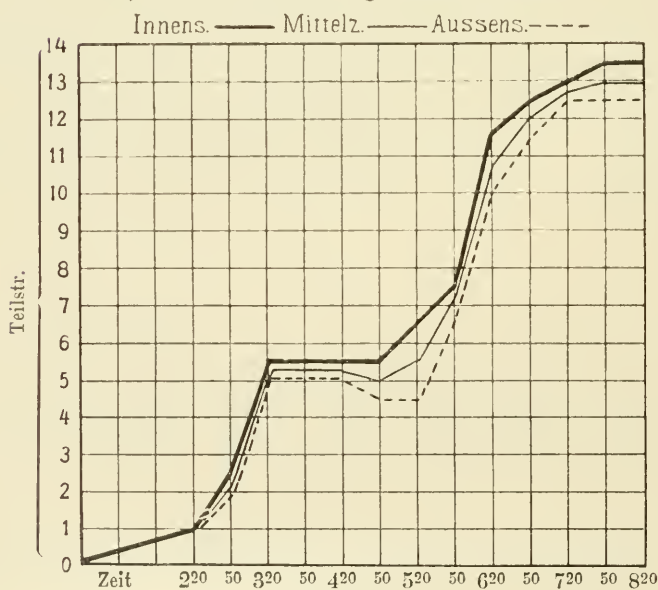
1) Ob bei früher beginnender Belastung der Perigonblätter von *Tulipa* und *Crocus* zunächst eine Verlangsamung der Zuwachsbewegung eintritt, wie sie Hegler (I) als typische Reizerscheinung bei den unter Zugwirkung wachsenden Organen gefunden hat, oder ob eine solche erst erfolgt, wenn auf die betreffenden Objekte eine wesentlich stärkere Dehnung ausgeübt wird, als sie durch einen Gewichtszug von 30—50 g erfahren, dies sind Fragen, deren Entscheidung durch entsprechende Versuche herbeizuführen ich leider versäumte.

a) Freibewegliches Blatt.



Figur 10.

b) In Schließstellung fixiertes Blatt.



Figur 11.

Nicht alle Messungen ergaben so anschauliche Kurven, bei welchen die Doppelbeschleunigung des Mittelwachstums mit dieser Deutlichkeit zu erkennen ist.

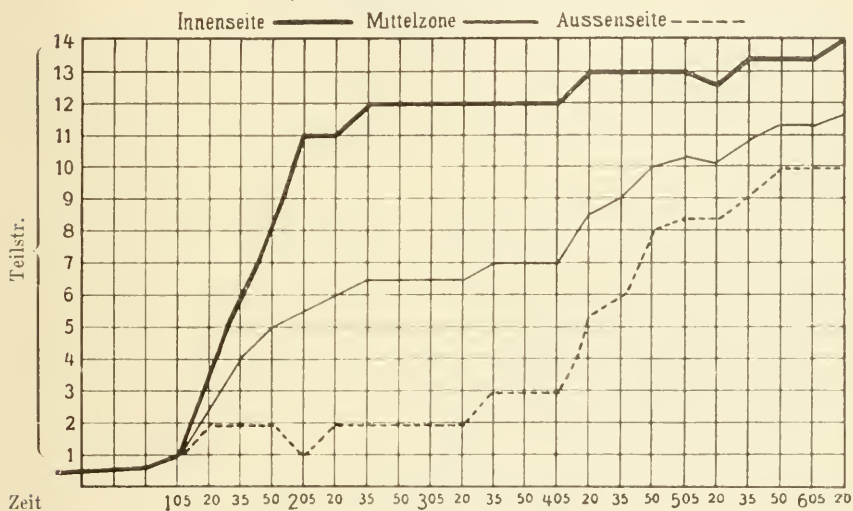
Immerhin traten wesentliche Abweichungen von dem oben wiedergegebenen Verlauf der Kurven nicht auf.

Es mögen nun zum Schluß zwei Tabellen wiedergegeben werden, bei welchen die Beobachtungen alle 15 Min. erfolgten.

II.

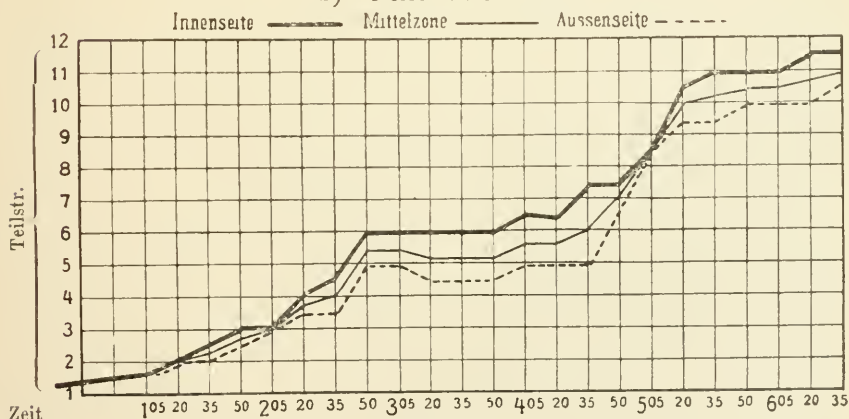
Eine *Crocus*-Blüte war bis zum 8. II. Mittags 1 Uhr bei $9,3^{\circ}\text{C}$. dunkel gehalten worden, und kam dann im Dunkelmzimmer in eine Temperatur von $20,8^{\circ}\text{C}$.

a) Freibewegliches Blatt.



Figur 12.

b) Gehemmtes Blatt.



Figur 13.

C. Klinostatenversuche.

Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Schlafbewegung der Blätter hat seinerzeit Fischer (I) eine Reihe interessanter Beobachtungen gemacht. Seine Untersuchungen beschränken sich aber nur auf diejenigen Pflanzen, deren Blätter Variationsbewegungen ausführen. Die Resultate zusammenfassend spricht sich Fischer dahin aus, daß bei Bohnen und Lupinen innere, erst allmählich zu beseitigende nyktitropische Eigenschaften anzunehmen sind, deren Fortbestehen aber nicht bloß von einem periodischen Beleuchtungswechsel, sondern von einer dauernden einseitigen Wirkung der Schwerkraft auf die Gelenke abhängt.

Im Gegensatz zu Bohne und Lupine, die er als geonyktitrophe Pflanzen zu bezeichnen vorschlägt, wären *Trifolium pratense*, *Portulacca sativa* und *Cassia marylandica* autonyktitrophe Pflanzen zu nennen.

Den Gedanken, Klinostaten- und Umkehrversuche auch mit Pflanzen auszuführen, deren Schlafbewegungen der Blätter nicht durch die Tätigkeit von Gelenkpolstern zustande kommen, hat außer Fischer auch Pfeffer (II, p. 144) bereits angeregt.

Soweit nun meine Versuche hierüber entscheiden lassen, hätten wir auch *Impatiens parviflora* und *Impatiens glanduligera* zu den autonyktitropen Pflanzen zu zählen.

Bei der Anordnung der Experimente waren die *Impatiens*-pflanzen so orientiert, daß sie mit ihren Längsachsen teils rechtwinklig, teils in der Verlängerung zu der Klinostatenachse am Apparat angebracht waren. Die Klinostatenachse selber war parallel zum Fenster gestellt.

Die Versuchsdauer belief sich auf 3–10 Tage. Das Resultat war in allen Fällen das gleiche, d. h. die paratonischen (wie auch die periodischen) Bewegungen stellten sich in demselben Sinne ein, wie bei den aufrecht stehenden Pflanzen, wenn auch die Bewegungsamplitude der Blätter eine wesentlich geringere war.

Dasselbe gilt übrigens auch von den Versuchen, die mit *Tulipa* und *Crocus* angestellt wurden, wobei die auf den Klinostaten gebrachten Pflanzen mit ihren Perigonblättern auf Temperatureize gleichsinnig reagierten, wie die der einseitigen Schwerkraftwirkung ausgesetzten Vergleichsobjekte.

Umkehrversuche, welche mit *Impatiens parviflora* ausgeführt wurden, erbrachten keine bemerkenswerten Resultate. In allen

Fällen krümmten sich nämlich die Blätter in wenigen Stunden nach oben und legten sich fest an den Stengel an. Eine solche Pflanze bot dann, aufwärts stehend gedacht, den Anblick völliger Schlafstellung dar, wobei aber die Lage der Blätter über das Maß der gewöhnlichen Dunkelstellung hinausging. Eine nun vorgenommene Verdunklung führte zu keiner weiteren Stellungsänderung der Blätter. Zu erwähnen ist aber die Beobachtung, daß bei einer jungen *Impatiens*-Pflanze, bei welcher eine 3 1/2 Std. währende Inversstellung die Blätter in eine Zwischenlage zwischen Tag- und Nachtstellung übergeführt hatte, die nunmehr folgende Verdunklung eine Beschleunigung der begonnenen Bewegung veranlaßte.

Die hierauf unternommenen Versuche, die geotropische Aufwärtskrümmung bei Blättern invers stehender Pflanzen durch geeignet angebrachte Gewichte oder durch den Gegendruck von Uhrfedern völlig oder wenigstens teilweise zu verhüten, mißlangen, da stets Stieldrehungen oder sonstige Störungen eintraten. Die Frage, ob eine paratonische Verdunklung bei einem durch ein bestimmtes Gewicht äquilibrierten Blatt die Gleichgewichtslage stets im gewöhnlichen Sinne verändern würde, vermag ich demnach nicht zu entscheiden.

Die mikrometrischen Messungen und einige weitere Experimente hier anzuführen unterlasse ich, da die Untersuchungen, die Ende Juli und Anfang August angestellt wurden, nochmaliger Prüfung bedürften.

Abschnitt II.

Variationsbewegungen.

Die nach Pfeffer (II, p. 3) als Variationsbewegungen beschriebenen Vorgänge kommen, wie bekannt, nicht durch Wachstum, sondern durch abwechselnde Verlängerung und Verkürzung gewisser Gewebekomplexe zustande.

Unter der großen Reihe der mit solchen „Gelenkpolstern“ ausgestatteten Pflanzen waren es in erster Linie *Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus multiflorus* und *Mimosa pudica*, deren Schlafbewegungen den Gegenstand vorliegender Untersuchung bilden.

Die Hauptfrage war, ob wir die Reaktionen auf Helligkeitsschwankungen in den beiden antagonistischen Polsterhälften besagter Pflanzen auf gleichsinnig oder ungleichsinnig erfolgende Expansionsänderungen zurückzuführen haben.

Wie schon eingangs dieser Arbeit betont wurde, glauben Jost und Schwendener auf Grund der vorgenommenen Operationen

den Nachweis ungleichsinniger Reaktion erbracht zu haben, während Pfeffer eine gleichsinnig und gleichzeitig, jedoch ungleich schnell auf beiden Hälften eintretende Expansionsänderung als Reizreaktion annimmt.

Jost macht über die Art der vorgenommenen Operation, vor allem über die Schnittführung, keine Angaben; ich nehme daher an, daß die Resektionen in ähnlicher Weise, wie von Schwendener, werden ausgeführt worden sein, d. h. „daß die Polsterhälfte bis in die unmittelbare Nähe des zentralen Gefäßbündels abpräpariert war“.

Ich konnte mich nun leicht davon überzeugen, daß derart operierte Gelenke in der Tat Blattbewegungen in gleichem Sinne vermitteln wie intakte Gelenke; d. h. also, es erfolgt — zB. bei *Phaseolus* — bei einseitiger Wirkung der unteren Gelenkhälfte, ebenso wie bei Tätigkeit beider Gelenkhälften, auf eine paratonische Verdunklung stets eine Senkung des Blattes, vorausgesetzt, daß nach der Operation Bewegungen überhaupt noch ausgeführt werden.

Zu anderen Resultaten war Pantanelli gekommen, welcher mit *Robinia pseudacacia* experimentierte. Die Gelenkresektionen erstreckten sich bei seinen Versuchen nicht nur auf die Polstergewebe in der Umgebung des zentralen Gefäßbündels, sondern es wurde auch der achsiale Gefäßstrang selber zur Hälfte abgetragen.

Wurden nun derart operierte Pflanzen gereizt, so trat durch Expansionszunahme im isolierten Polster eine entsprechende Senkung oder Hebung des Blattes ein¹⁾.

In Pfeffers Abhandlungen finden sich über die Art der Gelenkoperationen keine detaillierten Angaben. Die Methode war aber dieselbe gewesen, wie die von mir auf Veranlassung von Herrn Geh. Rat Pfeffer bei meinen Untersuchungen angewandte.

Zunächst erfolgte am vorderen und hinteren Ende des zu operierenden Polsters ein senkrecht auf das Gefäßbündel gerichteter Einschnitt von der Tiefe — gesetzt, es handelt sich um Entfernung der oberen Gelenkhälfte — des oberen Gelenkpolsters. Darauf wurden die beiden Einschnitte durch einen Längsschnitt verbunden und dann die so losgelöste Gewebepartie vom Gefäßbündel abgehoben.

Die mikroskopische Untersuchung ergab dann bei gelungenen Operationen am Querschnitt des Gelenkpolsters auf nächster Seite folgendes Bild (Fig. 14).

1) Vgl. auch die Arbeit von Paoletti.

Die in der beschriebenen Weise operierten Gelenke wurden meist mit einem feinen Streifen Watte umwickelt, welche durch ständigen Wasserzufluß feucht gehalten wurde. Von einem Bedecken der Schnittflächen mit Guttaperchalack (Jost II, p. 372) wurde Abstand genommen, da es nicht ausgeschlossen schien, daß durch die Einwirkung des Lackes auf die Gewebe die Tätigkeit der letzteren beeinträchtigt werden könnte.



Figur 14.

Ferner wurden die Pflanzen stets unter einem Glasrezipienten gehalten, dessen Wände bis zum unteren Drittel mit stets feuchtem Fließpapier ausgeschlagen waren.

Die Versuchsobjekte waren Topfpflanzen, die bis zur Verwendung in einem nach Süden gelegenen Gewächshause gestanden hatten, in welchem die Temperatur Schwankungen über 5° C. nicht aufwies. Die beiden letzten Tage bis zur Operation und die darauffolgende Frist der Beobachtungszeit war die Temperatur auf möglichst der gleichen Höhe gehalten worden, was bei den über 24 Stunden verteilten Beobachtungen durch Regulation der Heizung unschwer zu erreichen war.

Die Blattbewegungen wurden entweder durch Übertragung auf ein Hebeldynamometer (vgl. Pfeffer II, p. 9 ff.) gemessen, oder es wurden, wie dies auch Jost (II, p. 372) für seine Versuche angibt, durch angehängte Gewichte die Blätter in der normalen Lage gehalten.

A. Versuche mit Bohnen.

Die verwandten Exemplare von *Phaseolus vulgaris* und *Phaseolus multiflorus*, die aufrecht stehend auf dem Klinostaten in gleichmäßigem Lichtgenuß gezogen waren, zeigten im allgemeinen eine recht gute Reaktionsfähigkeit, namentlich betrug die Bewegungsamplitude bei Blättern von *Phaseolus vulgaris* nicht selten bis zu 100°.

Periodische Bewegungen.

Versuch I.

Phaseolus vulgaris mit zwei gleichmäßig reagierenden ersten Blättern. Bei dem einen derselben ist die Oberseite des Gelenkpolsters nach der Pfefferschen Methode reseziert, bei dem anderen sind die Verhältnisse unverändert. Die Hauptblattstiele sind an Holzstäben festgebunden. Versuchsdauer vom 11.—15. Jan. 1903.

Die Resektion der oberen Polsterhälfte wurde am 13. Jan., 5 Std. vor Beginn der Ablesungen, vorgenommen. Temp.: 18—20°.

Beobachtungen am 13. Jan.

Zeit	hell 115	Dunkel von 120 bis 325		Dämmerg. 55	Nacht 7
Stellung am) Blatt 1. operiert	98	87	79	81	81
Gradbogen ¹⁾) Blatt 2. normal	102	103	117	109	135

Beobachtungen am 14. Jan.

Zeit	hell 1015	dunkel von 1020 (110) bis 240			Nachts 8
Stellung am) Blatt 1. operiert	90	90	85	86	85
Gradbogen) Blatt 2. normal	106	106	126	113	151

Beobachtungen vom 14. auf 15. Jan.

Zeit. Abends	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Stllg. am Grdbg.																	
Blatt 1. operiert	85	83	79	78	78	77	77	76	77	78	79	80	81	83	84	84	86
Blatt 2. normal	151	154	155	157	157	155	155	155	153	150	146	146	141	141	140	139	131

Leider gelang es nicht, die Bewegungsfähigkeit der operierten Blätter länger als 3—4 Tage zu erhalten.

Versuch II, vom 21.—23. I.

Objekte: *Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus multiflorus*, je zwei Pflanzen. Temperatur vom 19.—23. zwischen 19 und 20°.

Phaseolus vulgaris.

Pflanze a. Blatt 1: Am 20. Abends die Unterseite nach Pfeffer reseziert.

Blatt 2: Normal.

Pflanze b. Blatt 1: Oberseite nach Schwendener reseziert.

Blatt 2: Normal.

Phaseolus multiflorus.

Pflanze a. Blatt 1: Oberseite nach Schwendener reseziert.

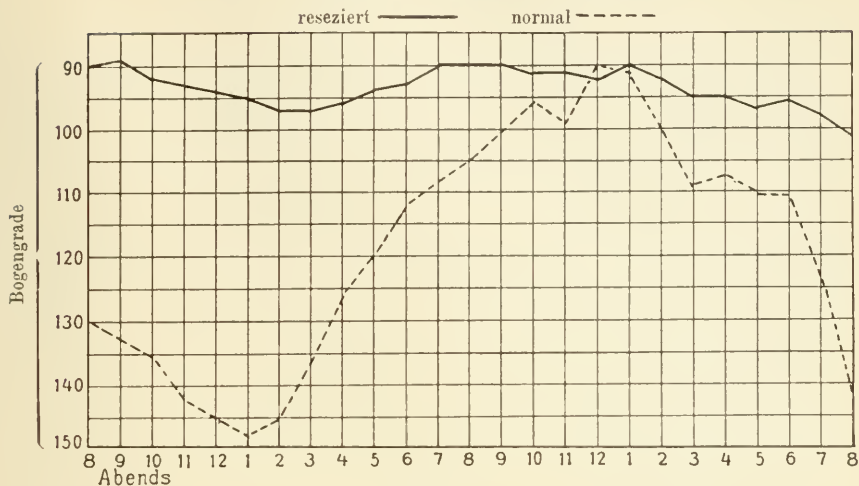
Blatt 2: Normal.

Pflanze b. Blatt 1: Oberseite nach Pfeffer reseziert.

Blatt 2: Normal.

Statt der Zahlen folgen hier die durch die Beobachtungen gewonnenen Kurven.

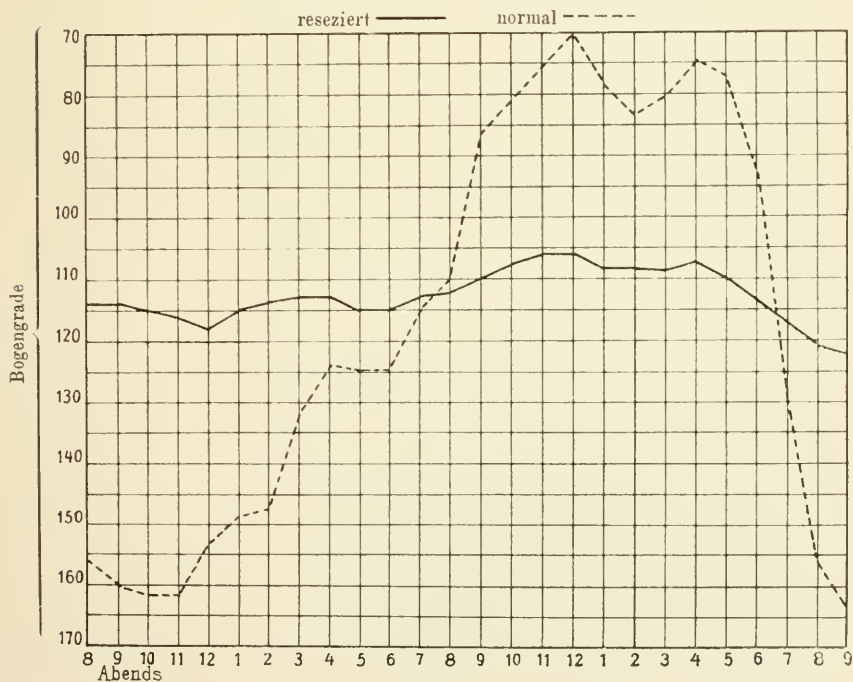
1) Die Ablesungen erfolgten an einem Gradbogen, welcher derart vor dem mit einem Zeiger versehenen Blatt aufgestellt war, daß die Verbindungslinie von 0° (oben) bis 180° (unten) mit der senkrechten zusammenfiel.

No. 1. *Phaseolus vulgaris*. Pflanze a.

Figur 15.

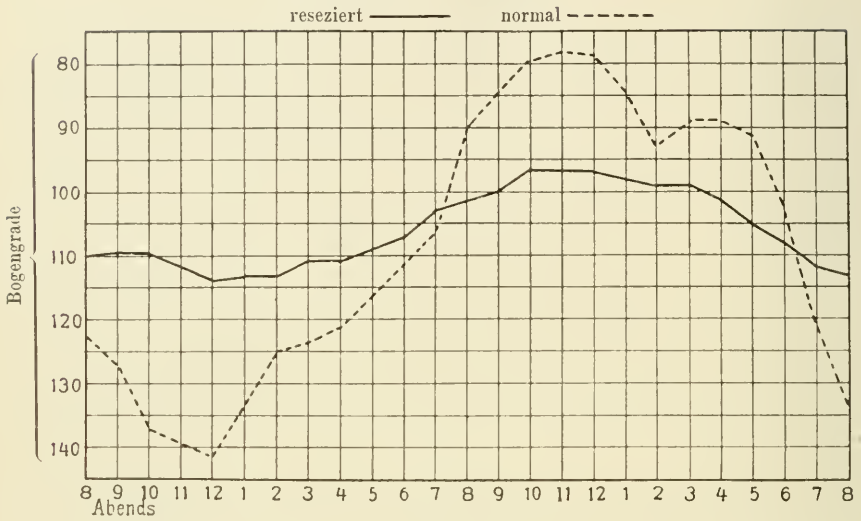
Die angezogene Kurve gibt die Bewegung von Blatt 1, die punktierte Kurve die von Blatt 2 wieder. Die Beobachtung begann am 21. I. Abends 8 Uhr.

No. 2. Pflanze b. Kurvenwerte wie bei No. 1.



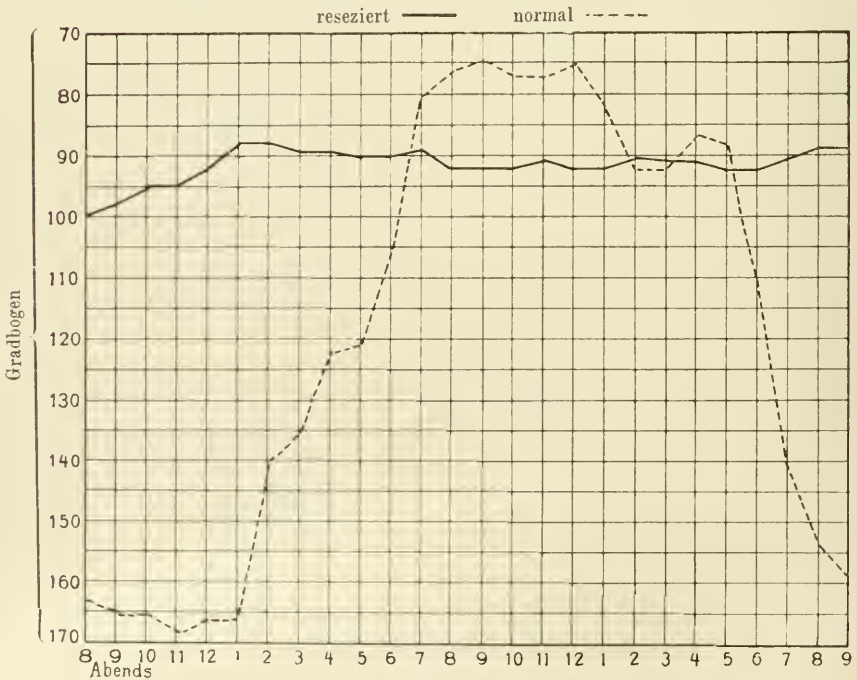
Figur 16.

No. 3. *Phaseolus multiflorus*. Pflanze a.
Kurvenwerte vgl. No. 1.



Figur 17.

No. 4. Pflanze b. Kurvenwerte vgl. No. 1.



Figur 18.

Die hier wiedergegebenen Kurvenbilder bedürfen nur weniger Worte der Erklärung.

No. 1 (Fig. 15). Die ausgezogene Kurve zeigt die Exkursionen des unterseits resezierten Blattes. Von 9 Uhr ab ist eine ziemlich gleichmäßig verlaufende Senkung bis Nachts 2 Uhr deutlich zu erkennen, dann beginnt durch Nachlassen der Expansion im oberen Gewebspolster bis 7 Uhr eine Hebung um 7° .

Sämtliche Pflanzen wurden von 12–2 Uhr durch Schließen der Läden verdunkelt. Merkwürdigerweise reagierte aber das operierte Blatt anstatt, wie zu erwarten war, mit einer Senkung mit einer Hebung um 2° , um darauf allerdings bis 3 Uhr um 5° zu fallen. Um 6 Uhr beginnt deutlich die abendliche Senkung.

Auch das normale Blatt zeigt einige Unregelmäßigkeiten, einmal eine Senkung zwischen 10 und 11 Uhr Vormittags um 3° und dann eine viel länger über die Zeit der Verdunklung andauernde Reaktion, als dies bei andern Objekten beobachtet wurde.

No. 2 (Fig. 16). Das eine Blatt ist nach der Schwendenerschen Methode, also nicht sehr weit, operiert. Die Schlafbewegung schreitet bis 12 Uhr Mitternachts fort, alsdann beginnt mit einer zwischen 4 und 7 Uhr verlaufenden, mir unerklärlichen Remission eine Hebung, die um 11 Uhr ihren höchsten Stand erreicht hat.

Die zweistündige Verdunklung führt zu einer kleinen Senkung; bis 4 Uhr hat sich das Blatt noch einmal etwas gehoben, um alsdann mit der abendlichen Senkung, die in diesem Fall bis 9 Uhr Abends $14,5^{\circ}$ betrug, einzusetzen.

Die Kurve des normalen Blattes erklärt sich von selbst.

No. 3 (Fig. 17) bedarf keiner weiteren Erklärung.

Bei No. 4 (Fig. 18) handelt es sich bei der ausgezogenen Kurve um ein nach der Pfefferschen Methode operiertes Blatt. Dasselbe zeigt von 8 Uhr Abends bis 1 Uhr eine Erhebung um $12,5^{\circ}$, um dann in den folgenden Stunden langsam zu sinken. Die Verdunklung über die Mittagszeit äußert sich in einer wenn auch geringen Hebung, und um 6 Uhr beginnt als deutliche Reaktion wieder eine Hebung.

Es versteht sich von selbst, daß unter der großen Reihe von Versuchen nur diejenigen hier Berücksichtigung fanden, deren Resultate für den jeweiligen Fall die charakteristischsten waren.

Ich muß freilich zugeben, daß immerhin einige der Versuchsobjekte, sei es, daß sie nach der Schwendenerschen oder Pfefferschen Methode operiert worden waren, überhaupt keine

Reaktionen auf Verdunklungsreize mehr zeigten. Anderseits fehlte es nicht an Beispielen, wo bei oberseitigen Polsterresektionen, nach Schwendeners Vorgang, eine Verdunklung zu einer Hebung der Blätter führte — eine Tatsache, die auch Schwendener wiederholt bei seinen Versuchen beobachtet zu haben scheint.

Ich glaube deshalb, daß die Abgrenzung der Wirkungssphären der beiden Polsterhälften individuellen Schwankungen unterworfen ist, daß sie aber im ganzen etwas unter die Halbierungslinie des Polsters zu verlegen ist¹⁾.

Bei den mit Erfolg operierten Pflanzen pflegte, wie schon früher bemerkt, die Reaktionsfähigkeit am 3.—5. Tage nach der vorgenommenen Resektion zu erlöschen.

Überstand das Blatt den Eingriff, was in etwa $\frac{2}{3}$ der Fälle geschah, und trat an der Schnittfläche eine Wundheilung ein, so war auch fernerhin, solange meine Beobachtungen reichten, jede Bewegungsfähigkeit des Blattes verschwunden.

Es gilt dies nicht nur für *Phaseolus*, sondern auch für *Mimosa pudica*.

B. Versuche mit *Mimosa pudica*.

Nachdem im Sommer 1902 die Versuche begonnen worden waren, haben sie im Oktober und November ihren Abschluß gefunden.

Vor allem galt es, auch hier sich Aufschluß zu verschaffen, darüber, ob bei den paratonischen und nyktitropischen Bewegungen eine gleichsinnig in den Blattpolstern vor sich gehende Expansionsänderung — mit zeitlicher Verschiedenheit des Verlaufs — existiert, oder ob die antagonistischen Polsterhälften entgegengesetzt auf Beleuchtungswechsel reagieren.

Wenn man auch im allgemeinen annehmen darf, daß die paratonische Wirkung des Lichtes die durch Temperaturdifferenzen induzierten Bewegungen überwiegt, so schien es doch vor allem durch die Jostschen Beobachtungen (II) geboten, sämtliche Versuche in einer möglichst gleichmäßigen Temperatur vor sich gehen zu lassen.

1) Trotz der an frischem Material wiederholt vorgenommenen mikroskopischen Untersuchungen war es mir unmöglich, eine Abgrenzung der beiden Zonen aufzufinden.

Auch hier wurde versucht, durch Resektion der einen Polsterhälfte — es handelt sich hier allein um das Studium der Reizbewegungen des primären Blattstieles — in den Gang der Bewegungen einen Einblick zu gewinnen. Ich verweise zum Verständnis der Versuchsanordnung auf das auf p. 258 gesagte und bemerke nur, daß sämtliche zur Verwendung kommenden Pflanzen vor Beginn der Experimente auf ihre Reaktionsfähigkeit geprüft worden waren.

Nach dem Vorgang von Pfeffer (II, p. 75) verwandte ich, um die Bewegung der sekundären Blattstiele zu verhindern, leichte, Yförmig gebogene Drahtstücke, deren einer Schenkel an dem primären Blattstiel befestigt wurde, während die beiden andern Schenkel zum Festhalten der sekundären Blattstiele dienten. Das Gewicht der Drahtstücke betrug nicht über 0,1 g.

Solchermaßen ausgerüstete Blätter zeigen bekanntlich auch bei abendlichen Schlafbewegungen, vorausgesetzt, daß die Bandagierung 8—10 Tage zuvor die Bewegungen der sekundären Blattstiele verhindert hat, eine deutliche Hebung, wie eine solche ja auch bei freibeweglichen wie gehemmtten Blättern auf eine paratonische Reizung zustande zu kommen pflegt.

1. Einfache Rezeptionsbewegungen.

Drei am 25. VII. Vormittags $1\frac{1}{2}$ 9 Uhr operierte Pflanzen (Entfernung des unteren Gewebepolsters des primären Blattstieles nach Pfeffer) wurden Nachmittags bis zu zwei Stunden verdunkelt. Ein in der Verlängerung des primären Blattstieles verlaufendes Drahtstück lag auf dem Zeiger eines Hebeldynamometers auf, die Bewegungen in gleichem Sinne auf denselben übertragend. An einem Gradbogen mit 0° oben, 180° unten wurden die verschiedenen Exkursionen abgelesen. Die Versuchspflanzen standen seit dem 23. VII. Abends unter Glasglocken im dampfgesättigten Raum bei ca. 22° C.

Versuch a, vom 24. VII.

Zeit		2 ¹⁵		3				4	
Stellung am Gradbogen	Blatt <i>a.</i> normal	78	75	77,5	66	62	64,5	65	65,5
	Blatt <i>b.</i> Unterseite reseziert	91,5	92	92	94	96	96,5	96	96

Die Ablesungen erfolgten alle 15 Minuten, die Verdunklung dauerte von 2¹⁵—4 Uhr.

Versuch *b*, vom 24. VII.

Z e i t		2 ²⁰		3		4		5		5 ³⁰	
Stellung am Gradbogen	Blatt <i>a.</i> normal	81	81,5	79	74	68,5	68	70	72	73	75
	Blatt <i>b.</i> Unterseite reseziert	86	86	87,5	90	91,5	91	89	88	88,5	88

Die Ablesungen erfolgten alle 20 Minuten, die Verdunklung dauerte von 2²⁰—5³⁰.

Versuch *c*, vom 26. VII.

Zeit		1 ³⁰					2					3					4				
Stellung am Gradbogen	{	Blatt <i>a.</i> normal	94	94	93	94	92	90	88	86	87	89	89								
		Blatt <i>b.</i> Unterseite reseziert	101,5	102	103,5	104	106,5	106	106	105,5	105	105	105								

Die Ablesungen erfolgten alle 15 Minuten. Verdunkelt wurde von 1³⁰—4 Uhr.

Dies einige Beispiele für die paratonischen Bewegungen operierter Mimosenblätter, soweit sie die Versuche vom Sommer 1902 ergeben hatten. Die Fortsetzung der Experimente erfolgte im November und Dezember, wo allerdings die im Treibhaus untergebrachten Pflanzen nur noch mit Auswahl zu gebrauchen waren.

Versuch *d*, vom 18. XI.

Z e i t		2 ¹⁵		3		4		4 ³⁰			
Stellung am Gradbogen	Blatt <i>a.</i> normal	76	76,5	75	73	69,5	69	68	68	70	70,5
	Blatt <i>b.</i> Unterseite reseziert	84	85,5	88	88	88,5	87,5	86	86	86	86,5

Verdunkelt von 2¹⁵—4³⁰. Temperatur 17° C.

Die Resektion des unteren Polsters war Vormittags zwischen 9 und 10 Uhr vorgenommen worden.

Versuch *e*, vom 20. XI.

Z e i t		2		3		4		5			
Stellung am Gradbogen	Blatt <i>a.</i> normal	84	83	80,5	76	72,5	72	73	75	77	76,5
	Blatt <i>b.</i> Unterseite reseziert	94	95	94	93,5	91	91,5	91	90	91,5	91,5

Die Ablesungen erfolgten alle 20 Minuten, die Verdunklung hatte gedauert von 2 bis 5 Uhr. — Die Temperatur hatte 18° C. betragen.

Was sich aus diesen beiden letzten Tabellen ergibt, ist dasselbe, was auch in den vorhergehenden sich ausspricht, d. h.: die paratonische Reizung trifft gleichzeitig beide Polsterhälften, die obere wie die untere. Bei intakten Pflanzen verläuft nun die Reaktion auf der unteren Polsterhälfte schneller und überwindet auch noch die langsamer verlaufende, entgegengesetzt wirkende Expansionsänderung der oberen Polsterhälfte, die ihrerseits, wenn isoliert tätig, mit einer deutlichen Steigerung der Expansionskraft, d. i. mit einer Senkung des primären Blattstieles auf paratonische Reizung reagiert.

2. Tägliche periodische Bewegungen.

Was diese bei Tag- und Nachtwechsel auftretenden Bewegungen betrifft, so kann ich nur über einige Versuche berichten, die im November 1902 an Treibhauspflanzen ausgeführt wurden.

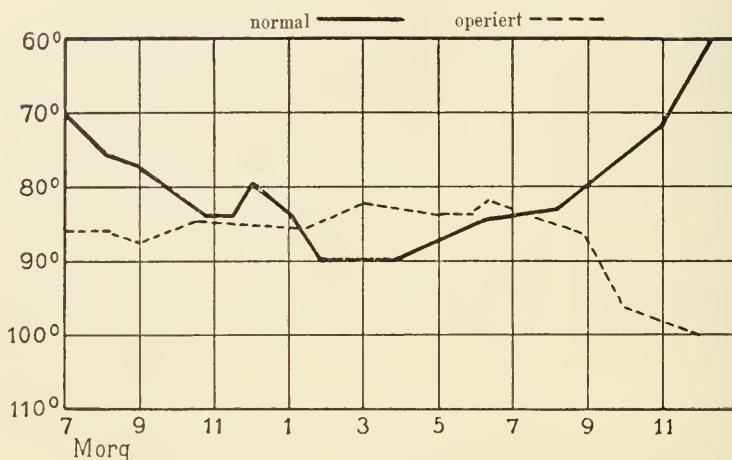
Die Fiederblätter der in Betracht kommenden Pflanzen waren mindestens eine Woche lang zuvor in der angegebenen Weise an ihren Bewegungen durch Bandagieren gehindert worden. Es war demgemäß in fast allen Fällen nach einer bis etwa 10 Uhr Vormittags anhaltenden Senkung der primären Blattstiele in den Mittagsstunden ein Gleichgewichtszustand eingetreten, der bis 3 Uhr oder 4 Uhr anhielt. Von da ab trat eine langsam beginnende Hebung ein, die in den Abendstunden zwischen 6 und 9 Uhr ihre größte Zunahme erfuhr.

Entsprechend dem Verhalten des vom antagonistischen Gewebepart befreiten oberen Gelenkpolsters bei photonastischer Reizung zeigte die isolierte obere Polsterhälfte auch in ihrer periodischen Bewegung den Ausdruck gesteigerter Expansionskraft, die sich in einer Abends erfolgenden, aktiven Senkung des primären Blattstieles zu erkennen gab.

Die folgenden Kurvenbilder sollen den Bewegungsgang der intakten und operierten Blattstiele wiedergeben.

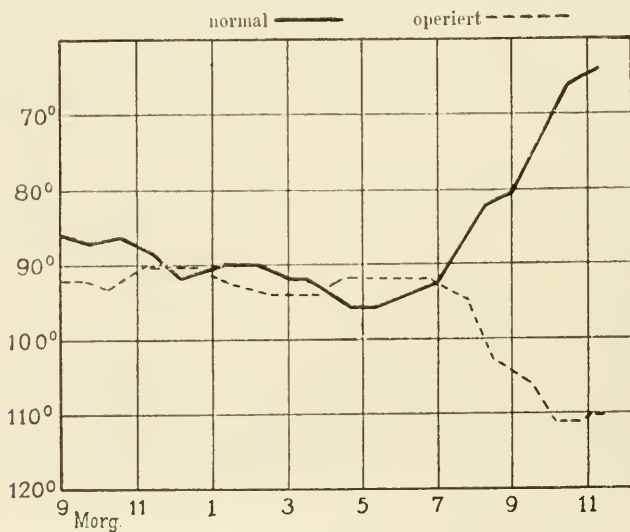
Die ausgezogene Kurve entspricht den Bewegungen des normalen Vergleichsblattes, die punktierte denen des der unteren Gelenkhälfte beraubten primären Blattstieles.

Versuch a, vom 23. XI.
Von 7 Uhr Morgens bis 12 Uhr Nachts.



Figur 19.

Versuch b, vom 24. XI.
Von 9 Uhr Vormittags bis 11¹⁵ Nachts.



Figur 20.

Was den Wert dieser beiden Bilder beeinträchtigt, ist einmal der für diese Untersuchungen ungünstige Zeitpunkt (November), sodann die unzureichende Wärmeregulierung im Versuchsraume, durch welche es nicht ermöglicht wurde, Temperaturschwankungen

bis zu 5 Graden zu vermeiden. Wenn ich es mit der Aufführung dieser beiden Tabellen bewenden lasse, so geschieht es deshalb, weil prinzipielle Verschiedenheiten aus der Betrachtung der andern sich nicht ergeben würden.

Abschnitt III.

Zusammenfassung und Schluß.

Wenn ich die in den vorangegangenen Abschnitten mitgeteilten Tatsachen noch einmal zusammenhängend bespreche, so möchte ich hierbei in erster Linie einiger theoretisch wichtiger Fragen gedenken.

Die beiden sich gegenüberstehenden Ansichten über das Zustandekommen der nyktitropischen Bewegungen habe ich bereits in der Einleitung erwähnt, und es gilt nun, zu der einen oder der anderen Hypothese auf Grund der gewonnenen Resultate Stellung zu nehmen.

Nach Pfeffer haben wir im Hingang wie im Rückgang einer jeden Nutationsbewegung, sei es, daß sie durch photonastische oder thermonastische Reize hervorgerufen ist, eine Reizreaktion vor uns, wobei in gleicher Weise Oberseite wie Unterseite zu gesteigertem Wachstum veranlaßt werden. Nur vermag eine Seite (Unterseite, bei *Impatiens*) ihr Wachstum nicht so schnell auszuführen und hinkt deshalb mit ihrer Zuwachsbewegung hinter der andern Seite her.

Jost, Schwendener u. a. glauben jedoch in der rückgängigen Bewegung eine auf inneren Ursachen beruhende Reaktion sehen zu müssen, die lediglich veranlaßt wird durch die Primärbewegung, d. i. durch die mit Wachstumsbeschleunigung verbundene Reizreaktion der einen Seite (Oberseite bei *Impatiens*). Die Rückregulation wäre zu erklären als Autotropismus.

Wiederholt schon ist im vorhergehenden auf die Fittingsche Arbeit hingewiesen worden, und auch jetzt bieten die Ähnlichkeiten in der Reaktion auf haptotrope und photo-thermonastische Reize Gelegenheit zu erneutem Vergleich beider Reizvorgänge.

So scheint es zunächst nicht ausgeschlossen, die Wachstumsvorgänge der in ihren Bewegungen gehemmten Blätter von *Impatiens*, *Tulipa* und *Crocus* in der Tat lediglich als Reaktion und aus inneren Ursachen erfolgende Gegenreaktion aufzufassen, analog den Vorgängen der in ihren Bewegungen gehemmten und gereizten Ranken.

Die Stelle der Fittingschen Arbeit, die ich hierbei vergleichend im Auge habe (p. 611), bezieht sich auf die Untersuchung der in ihren Krümmungsbewegungen verhinderten *Passiflora*-Ranken, wonach weder der Ausgleich des Krümmungsbestrebens, d. i. die zweite Beschleunigung, notwendigerweise eine vollzogene Kontaktkrümmung zur Voraussetzung hat, noch auch ihre Ursache allein in der hierdurch bewirkten Kompression der Zellen an der Konkavseite haben kann.

Wenn ich hier auf die große Ähnlichkeit der Reizbewegungen von Ranken und den Nutationsbewegungen von *Impatiens*-Blättern aufmerksam gemacht habe, und wenn dadurch der oben ausgesprochenen Ansicht über das Zustandekommen der nyktitropischen Bewegungen eine gewisse Stütze gegeben ist, so muß doch auch auf einen nicht unwesentlichen Gegensatz verwiesen werden.

Nach Fitting (p. 585) zeigen Ranken, welchen eine Krümmung aufgezwungen ist — ohne daß sie hierbei einen äußeren Reizimpuls erfahren haben — eine Ausgleichung der Biegung. Ja, fast stets geht der Ausgleich weiter, und es tritt eine gewisse Überkrümmung nach der entgegengesetzten Seite ein. Dabei kommt der Ausgleich der Krümmung genau so zustande, wie der einer Kontaktkrümmung, d. h. durch eine transitorische Beschleunigung des Mittelwachstums. Wie ist nun im Gegensatz hierzu das Verhalten von *Impatiens*-Blättern?

Wiederholt hatte ich versucht, junge, kräftige Blätter mit gutem Reaktionsvermögen künstlich in Schlafstellung zu bringen, und zwar dadurch, daß ich die Blattspitze an einem Faden nach abwärts zog und an einer Stütze fixierte, wenn die dem Blatt und Blattstiel verliehene Krümmung der Schlafstellung der Blätter entsprach.

In den meisten Fällen hatte ich diese passive Krümmung dem Blatt in etwa der gleichen Zeit zuteil werden lassen, d. h. ich hatte in Intervallen von je 10 Minuten das Blatt um jeweils 10° nach abwärts gebogen, bis es nach $1\frac{1}{2}$ Stunden den tiefsten Stand erreicht hatte. Erfolgte dann bei den gleichzeitig photonastisch gereizten und in Schlafstellung befindlichen Blättern die rückläufige Bewegung, so ließ ich auch das in aufgezwungener Krümmung befindliche Blatt sich langsam erheben, ebenfalls der Hebung verdunkelter Blätter entsprechend. Das Resultat war, daß meist die passiv gebogenen Blätter $\frac{2}{3}$ der Krümmung kontemporär mit den in rückläufiger Bewegung befindlichen Blättern ausglich, während

die letzte Erhebung bis zur Ausgangsstellung oft mehrere Stunden auf sich warten ließ. Messungen vermittle des Okular-Mikrometers ergaben nun, daß beim Akt der Einkrümmung die Tuschmarken auf der Oberseite auseinander rückten, und zwar um annähernd dieselbe Entfernung, um welche sich die Tuschmarken auf der Unterseite näherten. Jedenfalls kam eine wesentliche Verlängerung der Mittelzone durch die Biegung nicht zustande. War die Krümmung wieder ausgeglichen, so hatten sich die Werte der Markendistanz auf Ober- und Unterseite wieder auf die gleiche Größe wie zu Anfang eingestellt, vermehrt um den auf den gesamten Querschnitt verteilten Stundenzuwachs. Eine Wachstumsbeschleunigung war jedenfalls bei meinen Messungen nicht zu erkennen.

Ich glaube deshalb, daß bei dem Ausgleiche der aufgezungenen Krümmung von einem transitorisch gesteigerten Wachstum der Mittelzone nicht die Rede sein kann, vielmehr scheinen mir die Druck- und Zugdifferenzen zwischen den Geweben der Unterseite und Oberseite die Rückkrümmung zur Genüge zu erklären, wenngleich die letzteren bei einem bis zu einem gewissen Grade plastischen Organ, wie bei den Blattstielen von *Impatiens*, keine erheblichen Größen erreichen werden.

Der Versuch, auch Tulpen- und *Crocus*-Perigonblättern solche mechanische Krümmungen aufzuzwingen, um über die Art und Weise der Ausgleichsbewegung etwas zu erfahren, war mit einer Reihe von Schwierigkeiten verbunden, sodaß ich von einer Verwendung der Resultate vorerst absehen muß. Im übrigen zeigen ja die thermonastischen Bewegungen der Perigonblätter von *Tulipa* und *Crocus* mit den photonastischen Bewegungen von *Impatiens*-Blättern eine außerordentlich große Ähnlichkeit. Die Reizreaktion äußert sich auch hier in einer doppelten Wachstumsbeschleunigung der Mittelzone, entsprechend der Bewegung und Gegenbewegung der Blütenhüllblätter.

Diese transitorische Wachstumsbeschleunigung tritt in ihren zwei Phasen auch dann auf, wenn die Bewegungen der Blätter unmöglich gemacht sind. Ein scheinbar gleichzeitig verlaufender, gleichsinnig gerichteter Zuwachs kommt nur bei den in Sperrung befindlichen Blättern vor. Auch hier besteht eine Übereinstimmung mit den photonastischen Bewegungen gehemmter *Impatiens*-Blätter. Es ist deshalb wohl gestattet, die thermonastischen Bewegungen der Perigonblätter von *Tulipa* und *Crocus* als ganz ähnliche Reizreaktionen

zu betrachten wie die photonastischen Bewegungen der *Impatiens*-Blätter. Nun haben wir zwar zu unterscheiden zwischen Übergangsreizen, als deren Folge sich die Übergangsreaktionen teils in transitorischen Wachstumsbeschleunigungen, teils in Wachstumshemmungen zu erkennen geben, und zwischen permanenten oder stationären Reizen, durch welche in vielen Fällen eine bleibende Veränderung der Gleichgewichtslage — wechselnd je nach Objekt und Reiz — herbeigeführt wird, eine scharfe Trennung der verschiedenen Reaktionen wird aber nicht immer leicht sein.

Immerhin müssen wir aber festhalten, daß in unserem Fall durch ihr Zusammenwirken der ganze komplizierte Vorgang einer photonastischen oder thermonastischen Bewegung, deren Charakter oben geschildert ist, zustande kommt.

Daß die rückläufige Bewegung nun nicht ausschließlich als eine autogene, durch den Akt der Einkrümmung veranlaßte, aufzufassen ist, glaube ich aus folgenden Gründen schließen zu dürfen.

Eine Einkrümmung, wie der Hingang einer photo- oder thermonastischen Bewegung eine solche darstellt, ist zur Erzielung eines Rückgangs als Gegenreaktion nicht nötig.

Da ferner ein auf die Blätter wirkender Längszug an sich keine Wachstumsbeschleunigung hervorruft, so ist auch nicht anzunehmen, daß die im Wachstum vorauseilenden Gewebepartien der Oberseite durch ihren Zug auf die Gewebe der Unterseite eine Wachstumsbeschleunigung als Gegenreaktion hervorrufen.

Auch sei daran erinnert, daß bei dem Krümmungsvorgang die konkav werdende Flanke (an der Peripherie gemessen) annähernd ihre Länge bewahrt, also bei einem 20fach gesteigerten Zuwachs in der Mittelzone des gesamten Organes für ihre Mittellinie immer noch eine transitorische Wachstumssteigerung um das zehnfache aufweisen muß.

Eine entgegengesetzte Reaktion beider Flanken auf photonastische oder thermonastische Reize ist hier also wohl kaum anzunehmen.

Schließlich mögen noch die Resultate, die sich aus dem Studium der Variationsbewegungen von *Phaseolus vulgaris* und *Phaseolus multiflorus* ergaben, zu Analogieschlüssen herangezogen werden. Sie seien hier nochmals kurz zusammengestellt.

Durch eine tiefgehende Resektion — Entfernung der oberen Polsterhälfte — bei *Phaseolus* gelang es in etwa $\frac{2}{3}$ der Fälle, den Bewegungsgang bei paratonischer Reizung umzukehren. Des-

gleichen erfolgte bei derart operierten Pflanzen bei Eintritt der periodischen Bewegung Abends an Stelle einer Senkung eine Hebung.

Wie schon früher bemerkt, fehlte es nicht an Ausnahmen. Einmal konnten oberflächlicher ausgeführte Resektionen (Schwendenersche Methode) zu den gleichen Resultaten führen, wie tiefer gelegte Schnitte. Sodann zeigten manchmal auch die tiefer operierten Objekte (Pfeffersche Methode) als Reizreaktion in ihrer Blattbewegung eine Senkung.

Im allgemeinen aber führen *Phaseolus*-Blätter, deren Gelenkpolster nach der Pfefferschen Weise oberseits reseziert sind, in etwa $\frac{2}{3}$ der Fälle auf Verdunklungsreize eine Hebung aus, während die auf die Schwendenersche Weise operierten Blätter, soweit meine Versuche dies ergaben, in etwa $\frac{2}{3}$ der Fälle eine Senkung zeigen.

Demnach wäre zu folgern, daß durch die tiefere Schnittführung in der Tat die Grenzlinie zwischen den beiden gleichsinnig reagierenden Polsterhälften in der Mehrzahl der Fälle getroffen wird; und daß es sich um eine gleichsinnige Reaktion im Sinne Pfeffers hierbei handelt, kommt eben in der zu einer Hebung des Blattes führenden Tätigkeit des isolierten Gewebepolsters zum Ausdruck. Von einer Rückregulation hier zu sprechen, ist wohl nicht erlaubt, da ja die eine solche auslösende, primäre Bewegung fehlt.

Auch das Verhalten der Biegungsfestigkeit ist der Annahme einer gleichsinnig gerichteten, gleichzeitig einsetzenden, jedoch ungleich schnell verlaufenden Reaktion nicht ungünstig, zumal die Zunahme der Biegungsfestigkeit, wie schon Pfeffer hervorhob, mit großer Regelmäßigkeit bei den verdunkelten Gelenken eintritt.

Allerdings — und darauf macht schon Jost (II, p. 376) aufmerksam — kann das Verhältnis der Expansionskraft in beiden Gelenkhälften sich derart ändern, daß zB. die Zunahme des Turgors in der Oberseite, die Abnahme des Turgors in der Unterseite überwiegt und sich derart ebenfalls eine Zunahme der Biegungsfestigkeit erklärt. Daß sich aber, wie schon oben bemerkt, die Biegungsfestigkeit stets bei der Verdunklung vermehrt, geht, entgegen den Angaben Schwendeners, aus einer großen Zahl von Messungen hervor, die ich teils nach der Schwendenerschen, teils nach der Brückeschen Methode an *Phaseolus* (und *Mimosa*) ausführte.

An *Phaseolus multiflorus* zB. zeigten die während 24 Stunden zweistündlich vorgenommenen Messungen folgende Werte¹⁾:

Zeit	Abends							Mittags				Abends		
	9	11	1	3	5	7	9	11	1	3	5	7	9	
Werte der Bie- gungsfestigkeit	20	18	22,5	24	24	21	23,5	25	24,5	26	22	18	18,5	

Der Versuch wurde am 21./22. Januar 03 bei konstanter Temperatur zwischen 18—19° C. nach dem Vorgang Brückes an-
gestellt.

Ein am 23./24. März mit *Phaseolus vulgaris* ausgeführter Versuch ergab bei stündlicher Ablesung folgende Werte:

Zeit	Abends												
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Werte der Bie- gungsfestigkeit	19	23	18,5	17	14	13,5	14	18	22	21,5	24	30	30,5

Zeit	Mittags										Abends	
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Werte der Bie- gungsfestigkeit	27	37	34	32	34,5	30	31	36	33	22	17	17,5

Die Temperatur hatte 18—20° C. betragen. Die Bestimmung der Biegunsfestigkeit war nach der Schwendenerschen Methode ausgeführt worden.

Daß auch längere Zeit auf dem Klinostaten befindliche geon-
yktitrope Pflanzen bei Beginn der Nacht in ihren Gelenkpolstern eine Erhöhung der Biegunsfestigkeit zeigen, dafür spricht folgende
Tabelle.

Eine Bohnenpflanze (*Phaseolus multiflorus*) mit zwei gleich
gut entwickelten, prompt reagierenden Blättern kam 12 Tage, vom
18—27. Dezember, auf den Klinostaten. Die Achse desselben
war horizontal, parallel zum Fenster gestellt. Die Bohnenpflanze
bildete in ihrer Sproßrichtung mit der Klinostatenachse einen
rechten Winkel.

1) Die Zahlen, welche die Werte der Biegunsfestigkeit angeben, bedeuten die
Summe von Bogen-Graden, indem jeweils der Ausschlag nach oben und der Ausschlag
nach unten addiert ist.

Bestimmung der Biegungsfestigkeit nach Brücke.

	Blatt a.				Blatt b.			
	Mittags	Biegungsfestigk.		Abends	Mittags	Biegungsfestigk.		Abends
1. Tag	12 ³⁰	20	24	7 ²⁰	2 ¹⁵	25	26,5	9 ⁵⁰
2. "	12 ²⁰	24,5	17,5	7 ³⁵	2 ¹⁰	22	20	10 ⁰²
3. "	1—	29	30,5	7 ¹⁸	2 ⁴¹	30	30	10 ¹⁸
4. "	1 ¹⁰	31	27	7 ⁴⁰	2 ³⁰	26	26	10 ⁵
5. "	12 ⁴⁰	28	24	7 ¹¹	2 ⁴⁰	29,5	25	9 ⁴⁸
6. "	12 ¹⁸	24	21	7 ⁵¹	2 ²⁸	22,5	16	9 ⁵¹
7. "	12 ²⁶	25,5	20	7 ²²	2 ¹⁷	21	15	9 ⁴⁰
8. "	12 ⁵¹	18,5	17	7 ¹⁵	2 ⁵⁰	17	17,5	9 ³⁶
9. "	12 ³⁰	21	16,5	7 ³⁰	2 ³¹	16	18	10—
10. "	12 ¹⁹	21,5	18,5	7 ⁴¹	2 ²²	27	22	9 ⁵⁴
11. "	12 ³⁰	16	16	7 ²⁸	2 ²⁶	23	20	10 ¹⁰
12. "	12 ⁴²	17	16,5	7 ³¹	2 ³⁸	24,5	21,5	10 ¹⁵

Frei von Ausnahmen sind freilich die gewonnenen Werte nicht. So zeigt zB. Blatt *a* am 1. und 3. Tag sogar eine Abnahme der Biegungsfestigkeit und am 11. und 12. Tag keine oder nur eine ganz geringe Zunahme derselben.

Das gleiche gilt für Blatt *b*, welches am 1., 8. und 9. Tag Abends eine Abnahme und am 3. und 4. Tag eine gleich große oder wenig differente Biegungsfestigkeit aufweist.

Als Ursache dieser Erscheinung muß man wohl neben der an sich ungünstigen Jahreszeit mit ihren geringen Helligkeitsschwankungen die nicht unerheblichen Temperaturdifferenzen im Versuchsraume (15—20° C.) verantwortlich machen.

Vielleicht waren es auch die letzteren, die das sonst bei klinostaten Pflanzen (geonyktitropen) auftretende Verschwinden der Schlafstellung (vgl. Fischer I) verhinderten. Denn eine absolute Ruhelage der Blätter bestand an keinem Tag, auch nicht, nachdem die Schlafbewegungen in ihren Hauptexkursionen vom 3. Tage an fehlten.

Bemerken möchte ich aber, daß die zu den Klinostatenversuchen verwandte Pflanze im Lauf des 15. und 18. Dezembers regelmäßig eine Erhöhung der Biegungsfestigkeit von 4—7° hatte erkennen lassen. Den Versuchen mit *Phaseolus multiflorus* folgten weitere mit *Phaseolus vulgaris*. Diese letzteren zeigten, wenn sie auch nicht ganz frei von Ausnahmen waren, mehr Übereinstimmung in der abendlichen Zunahme der Biegungsfestigkeit. Daß nach

Fischer geonyktitrope Pflanzen nach dem Erlöschen ihrer Schlafbewegung Abends überhaupt keine Zunahme der Biegungsfestigkeit in ihren Gelenkpolstern mehr zeigen, läßt sich mit den Resultaten meiner bisherigen Untersuchungen nicht ohne weiteres vereinigen.

Hierüber, ebenso wie über die Verhältnisse der Biegungsfestigkeit bei chloroformierten und ätherisierten Pflanzen, müssen weitere Untersuchungen entscheiden. Daß Bohnenblätter, deren Blattpolster einseitig operiert sind, auf dem Klinostaten nach derselben Zeit wie die intakten Bohnenblätter ihre Schlafstellung sistieren, sei schon hier bemerkt.

Wenn man nun, veranlaßt durch die im großen und ganzen übereinstimmenden Resultate der Resektionsversuche bei *Phaseolus* und *Mimosa*, die „gleichsinnige Reaktion“ für erwiesen hält, so muß immerhin im Anschluß an Jost und Haberlandt auf den beträchtlichen Eingriff solcher Operationen hingewiesen werden.

Da aber seitliche, bis zum Gefäßbündel reichende Einschnitte nicht imstande sind, die Reaktionsfähigkeit — wenige Ausnahmen abgerechnet — aufzuheben oder gar im Vergleich zum normalen Verhalten wesentlich zu verändern, so halte ich es für unwahrscheinlich, daß durch die Resektion einer ganzen Polsterhälfte die Expansionssteigerung in der übrig gebliebenen Gelenkhälfte vikariierend gewissermaßen eintritt und so zu einer Hebung des Blattes führt.

Daß die in der einzelnen Polsterhälfte auftretende Expansionssteigerung als der Ausdruck einer auf den ganzen Querschnitt verteilten Expansionszunahme aufzufassen ist, spricht sich bei intakten Pflanzen in der abendlichen Zunahme der Biegungsfestigkeit aus¹⁾.

Zusammenfassend können wir also sagen:

Photonastische und thermonastische Nutations- und Variationsbewegungen kommen, soweit die hier wiedergegebenen Resultate eine Verallgemeinerung erlauben, durch gleichsinnig aber ungleichzeitig verlaufende Prozesse in den antagonistischen auf den Reiz reagierenden Teilen zustande.

1) Über den Einfluß von Temperaturänderungen auf die Bewegungen der Blätter von *Mimosa* und *Phaseolus* berichtet Jost (II, p. 376 ff.). Dazu möchte ich mitteilen, daß Versuche, die ich mit *Phaseolus multiflorus* anstellte, ergaben, daß Blätter, deren Gelenkpolster oberseits reseziert waren, bei Temperatursteigerung eine Hebung (gleichwie bei intakten Pflanzen) zeigten. Und daß anderseits Blätter, deren Bewegungen nur durch die Tätigkeit der oberen Polsterhälfte zustande kamen, bei Temperatursteigerung sich senkten. — Also auch hier eine gleichsinnige Reaktion in beiden antagonistischen Polsterhälften.

Hin- und Rückgang der Nutationsbewegung sind begleitet von einer transitorischen Wachstumsbeschleunigung der Mittelzone.

Beim Ausgleich mechanischer Einkrümmungen ist eine Wachstumssteigerung nicht wahrzunehmen.

Auf dem Klinostaten setzt *Impatiens parviflora* ihre abendlichen Schlafbewegungen fort, ist also nach Fischer zu den autonyktitropen Pflanzen zu rechnen.

Literatur-Verzeichnis.

- Baranetzky, J. I. Über die Ursachen, welche die Richtung der Äste der Baum- und Straucharten bedingen (Flora, Bd. 89, 1901).
- Burgerstein, A. I. Über die nyktitropischen Bewegungen der Perianthien. Selbstverlag des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftl. Kenntnisse. Wien 1887. — II. Kerner's Beobachtungen über die Zeit des Öffnens und Schließens von Blüten. Aus hinterlassenen Aufzeichnungen zusammengestellt. Separatabdruck aus der österreich. botan. Zeitschr., Jahrg. 1901, No. 6. — III. Über die Bewegungserscheinungen der Perigonblätter von *Tulipa* und *Crocus*. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht des k. k. Erzherzog Rainer-Gymnasiums in Wien 1902.
- Farmer, J. B. I. On the Mechanism which is concerned in effecting the opening and closing of Tulip flowers. The new Phytologist March 19th 1902.
- Fitting, I. Untersuchungen über den Haptotropismus der Ranken (Vorl. Mitteilung). (Ber. d. Deutsch. botan. Gesellschaft., Bd. 20, 1902.) — II. Untersuchungen über den Haptotropismus der Ranken (Jahrb. f. wiss. Botan., Bd. XXXVIII, Heft 4).
- Fischer, Alfred. I. Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Schlafbewegung der Blätter. Botan. Zeitg. 48, 1890, No. 42 (vgl. auch die dort zitierte Literatur).
- Hegler, I. Über den Einfluß des mechanischen Zugs auf das Wachstum der Pflanze. Beitr. zur Biologie d. Pflanzen, herausgeg. von Dr. Ferd. Cohn, Bd. VI, Heft 3.
- Haberlandt, G. I. Zur Statolithentheorie des Geotropismus (Jahrb. f. wiss. Botan., Bd. XXXVIII, 1902).
- Jost, L. I. Über die periodischen Bewegungen der Blätter von *Mimosa pudica* im dunkeln Raume (Botan. Zeitg. 1897). — II. Beiträge zur Kenntnis der nyktitropischen Bewegungen (Jahrb. f. wiss. Botan., Bd. XXXI, 1898). — III. Besprechung der Arbeit von E. Pantanelli „Studi d'anatomia e fisiologia sui pulvini motori di Robinia Pseudacacia e Porlieria hygrometrica“. Bot. Ztg., No. 8, 1901.
- Oltmanns, F. I. Über das Öffnen und Schließen der Blüten. Bot. Ztg. 1895.
- Pantanelli, E. I. Studi d'anatomia e fisiologia sui pulvini motori di Robinia pseudacacia e Porlieria hygrometrica. Modena 1901. Estr dagli Atti della società dei naturalisti e matematici di Modena, Ser. 4, Bd. 2.
- Paoletti, G. I. Sui movimenti delle foglie nella Porlieria hygrometrica R. e P. Nuovo Giornale Botanico Italiano 1892, p. 82 und 83.
- Pfeffer, W. I. Physiologische Untersuchungen (Leipzig 1873). — II. Die periodischen Bewegungen der Blattoorgane (Leipzig 1875). — III. Pflanzenphysiologie, 1. Auflage, 1881.

- Schilling, A. J. I. Der Einfluß von Bewegungshemmungen auf die Arbeitsleistungen der Blattgelenke von *Mimosa pudica*. Jenaer Zeitschrift f. Naturwiss. Neue Folge, Bd. 22, 1895.
- Schwendener, S. I. Gesammelte botanische Mitteilungen, II. Bd. L. Gelenkpolster. Berlin 1898.
- Stahl, E. I. Über den Pflanzenschlaf und verwandte Erscheinungen. Bot. Ztg. 1897, Heft 5/6.
- Vöchting, H. I. Die Bewegungen der Blüten und Früchte. Bonn 1882.
- Wiesner, J. I. Studien über den Einfluß der Schwerkraft auf die Richtung der Pflanzenorgane. Sitzungsber. der kaiserl. Akad. der Wissensch., Wien, Mathem. Naturwiss. Klasse 1902, 106, Abt. I.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik](#)

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: [40](#)

Autor(en)/Author(s): Wiedersheim Walther

Artikel/Article: [Studien über photonastische und thermonastische Bewegungen. 230-278](#)