

Mitteilungen.

38. Peter Stark: Untersuchungen über Kontaktreizbarkeit.

I. Experimente mit etiolierten Keimlingen.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 13. September 1915.)

Daß die Kontaktreizbarkeit im Pflanzenreich nicht auf die Fälle beschränkt ist, wo sie eine nachweisbare ökologische Bedeutung hat, ist schon lange bekannt. Da aber die Empfindlichkeit unter normalen Bedingungen nicht sehr groß ist, so ist man an diesen Erscheinungen gewöhnlich achtlos vorübergegangen. Einige Ausnahmen existieren; ich meine die Untersuchungen STEYERS über die Sporangienträger von *Phycomyces*, die von NEWCOMBE über die Kontaktreizbarkeit der Wurzeln und die neuesten Angaben VAN DER WOLKS und WILSCHKES über die Berührungsempfindlichkeit der Gramineenkeimlinge. Im folgenden soll nun zu dieser Frage neues Beobachtungsmaterial geliefert werden. Es handelt sich hier aber bloß um eine vorläufige Mitteilung, doch hoffe ich bald in der Lage zu sein, ausführlicher über meine Untersuchungen berichten zu können.

Die Arbeit zerfällt in zwei Teile; der erste beschäftigt sich mit dem Verhalten etiolierter Keimlinge und soll den Vorgang der Kontaktkrümmung mehr im einzelnen analysieren. Der zweite Teil dagegen beschäftigt sich mit herangewachsenen Gewächshaus- und Freilandpflanzen und dient hauptsächlich dazu, die Verbreitung der Kontaktreizbarkeit im allgemeinen und ihre verschiedene Abstufung von Pflanzengruppe zu Pflanzengruppe und von Organ zu Organ zu ermitteln.

Die Arbeit wurde im botanischen Institut zu Leipzig ausgeführt und ich möchte an dieser Stelle Herrn Geheimrat PFEFFER und Herrn Privatdozent BUDER für mannigfache Ratschläge und Unterstützungen meinen Dank aussprechen.

Für die Versuche wurden etiolierte Keimlinge verwendet. Die Aufzucht erfolgte unter Pappzylindern im Dunkelzimmer bei einer Temperatur von ca. 22—23° und einer Feuchtigkeit von ca. 55 pCt. Dasselbst fand auch die Kontaktreizung beim Lichte

einer roten Lampe statt. Zur Reizung wurde, wo nichts anderes angegeben ist, ein ziemlich glattes Korkstäbchen verwendet. Näheres über die Methodik später. Verarbeitet wurden 40 Spezies, teils Monocotyledonen, teils Dicotyledonen, und alle ergaben positive Kontaktkrümmungen, deren Ausmaß allerdings recht verschieden war.

1. Der allgemeine Verlauf der Kontaktkrümmung.

Die Kontaktkrümmung tritt bei den einzelnen Arten zu recht verschiedenen Zeiten ein. Im allgemeinen zeigen dünnstenglige Formen derber gebauten gegenüber und schneller wachsende im Vergleich zu langsam wachsenden einen Vorsprung. Bei starker Reizung ist die Reaktionszeit sehr gering; für die meisten Keimlinge ergaben sich Werte von 10—20 Minuten. Einzelne, besonder empfindliche Keimlinge einer Serie beginnen sich aber schon nach kürzerer Zeit zu krümmen, und ich beobachtete wiederholt Exemplare von *Agrostemma Githago*, einem der günstigsten Objekte, bei denen die Krümmung schon nach 1—2 Minuten bemerkbar wurde und dann in makroskopisch erkennbarer Weise fortschritt. Die Krümmung beginnt bei den Dicotyledonenkeimlingen ziemlich nahe an der Spitze und wandert den Stengel herunter, bis sie in der Region des vollendeten Wachstums ausklingt. Mitunter erreicht sie ein solches Ausmaß, daß die Spitze des Keimlings auf dem Boden aufsteht (*Agrostemma*, *Sinapis*). Bei Keimlingen mit langer Wachstumszone kann eine Strecke von 1 dm und mehr an der Krümmung teilnehmen (*Helianthus*, *Ricinus*). Besondere Verhältnisse zeigen die Gramineen. Hier ist der Krümmungsverlauf von der Lage der maximalen Wachstumszone abhängig. Bei *Panicum* z. B. erfolgt die erste und stärkste Krümmung an der Spitze des Hypokotyls und schreitet von hier aus basalwärts fort, während die Koleoptile fast gerade bleibt. Bei *Avena* dagegen setzt die Krümmung in der Koleoptile ein, aber nicht an der Spitze, wie beim Heliotropismus und Geotropismus, sondern ca. 1 cm tiefer, dort, wo das stärkste Wachstum stattfindet. Eine vermittelnde Stellung nimmt *Zea* ein. Bei allen Keimlingen erfolgt nach einer bestimmten Zeit, und zwar bei einer jeden Spezies in einer bestimmten Phase des Krümmungsverlaufs eine Gegenreaktion, die häufig zu negativen Krümmungen führt. Bei manchen Objekten kann ein Pendeln um die normale geotropische Ruhelage stattfinden.

2. Einfluß der Reizgröße auf den Krümmungsverlauf.

Zwischen dem Krümmungsverlauf und der Reizgröße bestehen folgende Beziehungen:

1. Je stärker der Reiz ist, desto stärker fällt auch die Krümmung aus. Dies gilt allerdings nur bis zu einer gewissen oberen Grenze, die dadurch bestimmt ist, daß hier Abstumpfung und Überreizung eintritt (WEBERSches Gesetz!).

2. Je stärker der Reiz ist, desto größer ist die Zahl der reagierenden Keimlinge.

3. Je stärker der Reiz ist, desto kürzer ist die Reaktionszeit.

Die beiden letzten Punkte sind aus Tab. I und II zu ersehen. Tab. I gibt das Verhalten von *Papaver somniferum* wieder. Aus

Tab. I. (*Papaver somniferum*.)

Streichzahl	Zahl der Individ.	Es haben reagiert nach				
		20 Min.	40 Min.	60 Min.	80 Min.	100 Min.
20	20	75 %	91 %	91 %	91 %	91 %
10	38	58 "	82 "	84 "	84 "	84 "
5	35	28 "	46 "	52 "	52 "	52 "
1	40	20 "	28 "	35 "	38 "	40 "

Tab. II. (*Agrostemma Githago*.)

Streichzahl	Zahl der Individ.	Es haben reagiert nach				
		20 Min.	40 Min.	60 Min.	80 Min.	100 Min.
100	37	73 %	89 %	95 %	100 %	100 %
50	27	74 "	89 "	93 "	100 "	100 "
20	30	70 "	93 "	93 "	100 "	100 "
10	33	36 "	79 "	93 "	97 "	97 "
1	40	25 "	60 "	70 "	70 "	70 "

der letzten Vertikalspalte ist zu ersehen, daß mit abnehmender Reizstärke die Zahl der überhaupt reagierenden Keimlinge von 91 pCt. auf 40 pCt. herabsinkt. Gleichzeitig wird die Reaktionszeit mehr und mehr verlängert. Während bei 20maligem Streichen nach 20 Minuten $\frac{3}{4}$ aller Keimlinge reagiert haben, erweisen sich bei einmaligem Streichen nach derselben Zeit nur 50 pCt. all derer, die überhaupt noch auf einen so leisen Berührungszweig antworten, als gekrümmt. Auffallend ist auch, wie bei schwacher Reizung die Reaktionszeitenkurve breit auseinandergezogen ist, während bei starker Reizung die Krümmungen sich innerhalb einer ganz kurzen Zeitspanne folgen.

Entsprechende Verschiedenheiten inbezug auf die Reaktionszeiten ergeben sich auch für *Agrostemma* bei 1—20maligem Streichen (Tab. II). Erhöht man dagegen die Streichzahl auf 50 oder 100, dann finden keine nennenswerten Änderungen im Krümmungsverlauf statt. Die 3 obersten Zeilen der Tabelle II zeigen eine auffallende Übereinstimmung. Dies besagt wiederum (vgl. Punkt 1), daß ein weiterer Reizzuwachs wirkungslos ist, wenn eine bestimmte Reizgröße überschritten wird.

Die beiden Beispiele sind beliebig herausgegriffen; ich fand ein analoges Verhalten bei *Avena sativa*, *Bidens tripartita*, *Helianthus annuus*, *Hordeum vulgare*, *Linum sativum*, *Panicum miliaceum*, *Phaseolus multiflorus*, *Ph. vulgaris*, *Ricinus communis*, *Silene dichotoma*, *Silybum Marianum*, *Vaccaria parviflora*, *Vicia sativa* u. a.

3. Reizung gegenüberliegender Flanken.

Um zu ermitteln, wie weit das Webersche Gesetz für die Kontaktreizbarkeit Gültigkeit hat, wurden Keimlinge von *Panicum miliaceum* auf 2 entgegengesetzten Flanken mit verschiedenen Intensitäten gereizt. Allerdings besteht hier die Schwierigkeit, daß sich die Reizgröße natürlich nicht mathematisch formulieren läßt, und daß die Dosierung nicht absolut genau sein kann; es hat sich aber gezeigt, daß man durch Übung bald soweit kommen kann, daß das Streichen ganz regelmäßig wird, und wenn man stets eine Serie von Keimlingen berücksichtigt, dann gleichen sich die Fehler aus.

Die Versuche zerfallen in 2 Gruppen. Bei der ersten wurde der absolute Unterschied der Streichzahl gleich gewählt, bei der zweiten der relative. Die Resultate sind in den beiden folgenden Tabellen enthalten.

Tab. III. (Absoluter Unterschied gleich.)

Absol. Untersch. = 1				Absol. Untersch. = 5				Absol. Untersch. = 10			
Streichzahl	Zahl d. Individ.	es reagieren	dasselbe in %	Streichzahl	Zahl d. Individ.	es reagieren	dasselbe in %	Streichzahl	Zahl d. Individ.	es reagieren	dasselbe in %
1 : 0	40	31	78	5 : 0	37	34	92	10 : 0	48	43	90
2 : 1	20	11	55	10 : 5	30	16	53	20 : 10	17	10	59
5 : 4	44	15	34	20 : 15	16	5	31	50 : 40	15	5	33
10 : 9	67	21	31	50 : 45	16	1 (?)	(6)	100 : 90	17	0	0
20 : 19	14	0	0	100 : 95	16	0	0				

Tab. IV. (Relativer Unterschied gleich.)

Relat. Untersch. 5 : 1				Relat. Untersch. 2 : 1				Relat. Untersch. 5 : 4			
Streich- zahl	Zahl d. Indiv.	es reagieren	dasselbe in %	Streich- zahl	Zahl d. Indiv.	es reagieren	dasselbe in %	Streich- zahl	Zahl d. Indiv.	es reagieren	dasselbe in %
5 : 1	15	12	80	2 : 1	20	11	55	5 : 4	44	15	34
10 : 2	28	20	71	10 : 5	30	15	50	10 : 8	17	5	30
20 : 4	27	20	74	20 : 10	17	10	59	20 : 16	28	8	29
50 : 10	14	10	81	50 : 25	14	8	57	50 : 40	15	5	33
100 : 20	13	11	85	100 : 50	15	3	20	100 : 80	15	(1 ?)	(7)

Eine nähere Diskussion der Resultate ist kaum nötig. Es zeigt sich, daß dieselbe absolute Reizdifferenz um so wirkungsloser wird, je größer die Streichzahl ist, und daß für den Eintritt der Krümmung der relative Unterschied maßgebend ist, allerdings nur bis zu einer bestimmten Grenze. Werden nämlich beide Flanken sehr stark gereizt (100 : 90, 100 : 95), dann tritt keine Krümmung mehr ein. Aus Tab. IV folgt weiterhin, daß ein relativer Unterschied von 5 : 4 noch von einem Drittel der Keimlinge mit einer Reaktion beantwortet wird und sogar ein Verhältnis von 10 : 9 löst noch Krümmungen aus (vgl. Tab. III, 1; die Zahl der Reagierenden ist recht hoch ausgefallen und fügt sich schlecht in die Stufenfolge). Die Unterschiedsempfindlichkeit ist also sehr groß.

4. Lokalisierte Reizung bei Dicotyledonenkeimlingen.

Die Versuche mit lokalisierter Reizung hatten einen doppelten Zweck. Sie sollten Aufschluß geben über die Verteilung der Sensibilität und gleichzeitig auch über den Ablauf der Reizleitungsprozesse. Als Hauptuntersuchungsobjekt diente *Agrostemma Githago*. Es zeigte sich, daß Keimstengel von 2—3 cm Höhe auf ganzer Länge den Reiz zu perzipieren vermögen, doch ist die Zahl der auftretenden Krümmungen um so geringer, je tiefer liegende Regionen gereizt werden. Wird die maximale Wachstumsregion an der Stengelspitze gereizt, dann tritt die Reaktion ebenso rasch ein, wie wenn Totalreizung des Stengels stattgefunden hätte, und auch das ganze Krümmungsbild ist wenig verschieden, da die Krümmung bei den meisten Individuen über die Zone der Reizung hinausgreifend 1—2 cm basalwärts wandert. Reizt man die Stengelbasis, dann tritt die Reaktion meistens mit wahrnehmbarer Verspätung ein, und im Verlaufe der Krümmung zeigen die einzelnen Keimlinge ein recht verschiedenes Verhalten. Bei den einen krümmt sich zuerst die Basis und die Reaktion breitet sich all-

mählich nach oben aus, bei den andern läßt sich der Eintritt der Krümmung nicht genau lokalisieren, nach einer bestimmten Zeit erscheint der ganze Stengel diffus gekrümmt und diese Krümmung wird nun langsam verstärkt, bei der Mehrzahl der Versuchspflanzen endlich tritt die erste sichtbare Krümmung an der Stengelspitze ein und dringt von hier aus nach der langsamer wachsenden Stengelbasis vor. Den letzten Modus zeigt vor allem älteres Material (3—5 cm), und hier kann es vorkommen, daß die gereizte Zone überhaupt nicht mehr an der Krümmung teilnimmt.

Wir können aus diesen Tatsachen schließen, daß eine Reizleitung ebensowohl in basaler als in akropetaler Richtung stattfindet, und daß die Fortpflanzung des Kontaktreizes ergiebiger ist als bei den Ranken. Hierfür liefert besonders *Helianthus annuus* schöne Belege, bei der die Leitung nach beiden Richtungen noch größere Strecken umfassen kann.

Basipetale Leitung fand ich ferner bei *Beta vulgaris*, *Linum usitatissimum*, *Lupinus albus*, *Phaseolus multiflorus* und *Vaccaria parviflora*, akropetale bei *Lupinus albus* und *Vaccaria parviflora*.

Versuche mit älterem Keimlingsmaterial von *Vicia Faba* und *Phaseolus multiflorus* ergaben ferner, daß der Reiz auch über die Internodiengrenzen fortgepflanzt werden kann, sowohl von oben nach unten als auch in umgekehrter Richtung.

Ein Beispiel für schlechte Leitung ist *Brassica Napus*. Die Krümmung bleibt im allgemeinen auf die Reizstelle beschränkt, und wenn daher bloß die Basis lokal gereizt wird, dann wird die höhere Stengelregion rein passiv übergebogen, wobei der Stengel einen ziemlich scharfen Knick zeigen kann.

5. Lokalisierte Reizung bei Gramineenkeimlingen.

Die Gramineenkeimlinge erheischen ihres abweichenden Verhaltens wegen eine besondere Behandlung. Die Ergebnisse WILSCHKEs konnte ich größtenteils bestätigen. Ein bestimmtes Schema für die ganze Gruppe läßt sich nicht aufstellen. Wir haben vielmehr verschiedene Typen zu unterscheiden, die allerdings durch Übergänge miteinander verbunden sind. Den einen Typus vertritt *Avena sativa*. Das Hypokotyl ist nur schwach reizbar und die Koleoptilenspitze nahezu unempfindlich. Bei lokaler Spitzenreizung fand ich zwar im Gegensatz zu WILSCHKE stets einige Keimlinge gekrümmt, aber es handelte sich meist um leichte Deformationen in der Nähe des Vegetationspunktes; und auch darin besteht ein Unterschied zu den Angaben des genannten Autors, daß bei lokaler Reizung der Koleoptilenbasis sogar etwas

mehr Krümmungen erzielt wurden, als bei einer Reizung der etwa 1 cm unter der Spitze gelegenen maximalen Wachstumsregion. Dieses Verhalten ist bei *Triticum vulgare* und *Hordeum vulgare* noch verstärkt. Die Zahlen bei *Avena* bedürfen übrigens noch einer Kontrolle, da offenbar die Werte bei totaler Reizung der Koleoptile etwas zu niedrig ausgefallen sind. Die Ergebnisse meiner Versuche, die mit Serien von ca. 20 Pflanzen ausgeführt wurden, sind in Tab. V enthalten. Die Keimlinge von *Avena* wurden 50mal, die übrigen 20mal gestrichen. Die Reagierenden sind in Prozent angegeben.

Tab. V.

	Hypokotyl total	Koleoptile total	Koleoptile Spitze (4 mm)	Kol., maxim. Wachstums- zone (4 mm)	Kol., Basis (4 mm)
<i>Avena sativa</i>	45	70	11	61	77
<i>Triticum vulgare</i>	—	100	16	74	94
<i>Secale cereale</i>	—	100	28	81	—
<i>Hordeum vulgare</i>	—	67	26	46	62

Den zweiten Typus repräsentiert *Panicum miliaceum*. Hier ist das Hypokotyl und zwar im oberen Teil maximal empfindlich, während eine Reizung der Koleoptile nur von geringem Erfolg begleitet ist. Die Resultate, wiederum in Prozenten, sind aus Tab. VI zu ersehen. *Sorghum* wurde 20mal gestrichen, die übrigen Versuchspflanzen 50mal.

Tab. VI.

	Keimling total	Koleop- tile total	Hypo- kotyl total	Hypo- kotyl Spitze (3 mm)	Hypo- kotyl Basis (3 mm)
<i>Panicum miliaceum</i>	94	14	90	92	12
<i>Setaria</i>	100	0	100	—	—
<i>Phalaris canariensis</i>	100	20	93	—	—
<i>Sorghum vulgare</i>	100	41	100	100	18
<i>Zea Mays</i>	93	28	73	—	—

Ein Vergleich der beiden Tabellen zeigt, daß beim einen Typus die Koleoptile exklusive der oberen Spitzenregion, beim andern das Hypokotyl die größte Sensibilität oder sagen wir vorsichtiger die größte Reaktionsfähigkeit besitzt. Ferner ist hervorzuheben, daß Reizleitungsprozesse meist nur eine sehr untergeordnete Rolle spielen. Reizt man zum Beispiel das Hypokotyl von *Avena* lokal, dann bleibt die Reaktion auf die gereizte Zone beschränkt; es entsteht eine sehr scharfe Ecke mit einem Winkel von ca. 45°. Eine Fortpflanzung des Reizes über die Grenze von

Hypokotyl und Koleoptile wurde in ausgeprägter Form nur bei *Zea Mays* beobachtet. Streicht man hier das Hypokotyl auf der einen Seite und die Koleoptile auf der andern, so bleibt in der Koleoptile die Reaktion auf die Spitze beschränkt und der untere Teil krümmt sich in demselben Sinne wie das Hypokotyl oder bleibt gerade. Daraus geht hervor, daß die fortgeleitete Reizung den Sieg über die direkte davontragen kann.

6. Reizung mit Gelatine und Wasserstrahl.

Schon VAN DER WOLK fand, daß *Avena*keimlinge im Gegensatz zu Ranken auch dann reagieren, wenn sie mit feuchter Gelatine gereizt werden. Ich habe diese Versuche mit demselben Erfolg nachgemacht und konnte dieselbe Reaktionsweise für alle Keimlinge, die daraufhin untersucht wurden, feststellen; darunter befanden sich verschiedene, deren Epidermis keinerlei Haarbildungen oder sonstige Emporwölbungen zeigten. Es war also die Oberfläche keineswegs dazu angetan, eine gleichmäßige Reizung in eine von Punkt zu Punkt der Intensität nach wechselnde umzusetzen. Die eintretenden Krümmungen sind aber nicht sehr stark, und sie erscheinen wesentlich später, als wenn gleich oft mit Kork gereizt wurde. Dafür liefert die folgende Tabelle einige Belege.

Tab. VII.

Versuchspflanze	Streich- zahl	Art der Reizung	Zahl der Indiv.	Es reagierten (in Prozent) nach					
				20'	40'	60'	80'	100'	120'
<i>Agrostemma Githago</i>	1	Kork	40	25	60	70	70	70	70
" " "	1	Gelat.	31	3	9	19	48	52	52
<i>Brassica Napus</i>	5	Kork	22	91	95	95	95	95	95
" " "	5	Gelat.	16	6	13	25	25	31	31
<i>Triticum vulgare</i>	10	Kork	22	36	55	68	68	68	68
" " "	10	Gelat.	11	9	27	36	45	45	45
<i>Papaver somniferum</i>	10	Kork	38	58	82	84	84	84	84
" " "	10	Gelat.	28	0	14	18	21	21	21
<i>Linum usitatissimum</i>	20	Kork	11	82	100	100	100	100	100
" " "	20	Gelat.	13	0	8	31	31	39	39

Aus der Tabelle ist zu ersehen, daß sogar ein 1—5maliges Streichen mit Gelatinestäbchen von Erfolg begleitet ist; aber stets ist die Zahl der Reagierenden wesentlich kleiner als bei den Parallelserien mit Korkstäbchen.

Der Ausfall dieser Versuche, die durchweg mit geklärter, sorgfältig feucht gehaltener Gelatine ausgeführt wurden, legt sofort den Gedanken nahe, die Wirksamkeit eines feinen Wasserstrahls

zu ermitteln. Negativ verliefen die Experimente mit *Panicum miliaceum*, *Sorghum vulgare* und *Helianthus annuus*, während außer der in Tabelle VII angeführten Arten auch noch *Vaccaria parviflora* positive Krümmungen ergab. Die Höhe der Wassersäule, die den Druck ausübte, war 10—25 cm, der Durchmesser des Wasserstrahls 0,5 mm.

Tab. VIII.

Versuchspflanze	Art der Reizung	Zahl der Indiv.	Es reagierten (in Prozent)						
			nach						
			20'	40'	60'	80'	100'	120'	180'
<i>Cannabis sativa</i>	Wasserstr. 20"	22	9	23	45	55	64	68	68
" "	Kork 10mal	13	69	100	100	100	100	100	100
<i>Brassica Napus</i>	Wasserstr. 30"	14	0	7	14	21	21	21	21
" "	Kork 1mal	13	62	85	85	85	85	85	85
<i>Agrostemma Githago</i>	Wasserstr. 60"	36	3	17	31	44	56	67	69
" "	Kork 1mal	40	25	60	70	70	70	70	70
<i>Linum usitatissimum</i>	Wasserstr. 60"	26	12	38	46	46	54	54	58
" "	Kork 5mal	13	38	54	69	69	69	69	69

Ein Vergleich der Parallelserien in dieser Tabelle führt zu wichtigen Ergebnissen. Lasse ich einen Wasserstrahl $\frac{1}{2}$ Minute auf *Brassicakeimlinge* einwirken, dann reagiert nur der vierte Teil von denen, die ein einmaliges leichtes Streichen durch Kork mit einer Krümmung beantworten. Und doch ist die Energie, die im ersten Fall auf die Pflanze wirkt, vielmals größer als die, welche im zweiten Fall aufgewendet wird. Wenn daher auch die Keimlinge in ihrem Verhalten von den Ranken abweichen, so ist doch die Sensibilität für eine gleichmäßige Reizung viel geringer als für einen „Kitzelreiz“, bei dem auf benachbarte Punkte ein verschiedener Druck ausgeübt wird.

7. Versuche mit dekapitierten Keimlingen.

Die Versuche mit dekapitierten Keimlingen zerfallen in zwei Reihen. Bei der ersten wurde zunächst die Spitze abgeschnitten — je nachdem 0,5—1,5 cm — und dann der ganze Stumpf gereizt. Diese Operation bewirkte, daß bei den Dikotyledonenkeimlingen viel weniger reagierten, als wenn der ganze unversehrte Keimstengel gereizt worden wäre. Ein solcher Unterschied ist bei den Gramineenkeimlingen selten zu verzeichnen, es kommen sogar Fälle vor, wo die dekapitierten Pflanzen bessere Resultate geben. Diese Tatsache findet darin ihre Erklärung, daß, wie wir oben gesehen haben, bei den Gräsern die maximale Berührungsempfindlichkeit gar nicht auf die Spitze lokalisiert ist; wohl aber gilt

dies von der geotropischen Reizbarkeit, und so mag es kommen, daß Keimlinge, die ihrer Spitze beraubt und daher den entgegenwirkenden Tendenzen des Geotropismus nicht so sehr unterworfen sind, mitunter mehr Krümmungen aufweisen. Die folgende Tabelle enthält für das Angeführte einige Belege.

Tab. IX.

Versuchspflanze	Streich- zahl		Zahl der Indiv.	Es reagierten (in Prozent) nach					
				20'	40'	60'	80'	100'	120'
<i>Agrostemma Githago</i>	1	dekapit.	30	17	33	40	40	40	40
"	1	nicht dek.	40	25	60	70	70	70	70
<i>Vaccaria parviflora</i>	50	dekapit.	14	0	14	36	64	71	71
"	50	nicht dek.	13	38	85	100	100	100	100
<i>Sinapis alba</i>	50	dekapit.	28	7	32	46	54	57	57
"	50	nicht dek.	8	75	100	100	100	100	100
<i>Avena sativa</i>	1	dekapit.	30	40	50	50	50	53	53
"	1	nicht dek.	41	15	37	44	44	44	44
<i>Hordeum vulgare</i>	1	dekapit.	28	18	32	39	43	43	43
"	1	nicht dek.	27	4	22	37	44	48	52
<i>Triticum vulgare</i>	1	dekapit.	9	56	67	67	67	67	67
"	1	nicht dek.	22	45	64	73	73	73	73

Bei der zweiten Versuchsreihe wurden die obersten 2 mm lokal gereizt und dann nach Ablauf einer Minute ein Spitzenstück von wechselnder Länge abgeschnitten. Experimente mit *Agrostemma*, *Vaccaria* und *Cannabis* ergaben noch schöne Reaktionen, wenn ein 10 mm langes Stück entfernt wurde, dagegen wurden bei 20 mm die Krümmungen spärlich und zweifelhaft. *Helianthus* ergab — vielleicht infolge von Wundchok — negative Resultate. Die positiven Befunde aber beweisen, daß in der Zeit von einer Minute der Reiz über die 1 cm lange Strecke geleitet wurde, und daß eine Reaktion auch dann eintreten kann, wenn die Perzeptionszone entfernt worden ist.

8. Die Kontaktreizbarkeit der Wurzeln.

Die Kontaktreizbarkeit der Keimwurzeln wurde nur flüchtig untersucht, da hierüber die ausführliche, sorgfältige Arbeit von NEWCOMBE existiert, der bei einer Reihe von Pflanzen schwache positive Krümmungen feststellte. NEWCOMBE stellte durch Anlegen von Glasstäben, Reiterchen etc. dauernden Kontakt her, während in meinen Versuchen durch Streichen mit Glasstäben, Pinsel etc. ein vorübergehender Kitzelreiz ausgeübt wurde. Wenn diese Experimente bisher fast durchweg negativ verlaufen sind, so liegt

dies doch wohl nicht an einer mangelnden Sensibilität, sondern ist dadurch zu erklären, daß die Wurzeln häufig unkontrollierbare Krümmungen ausführen, daß ferner — sei es, daß die Wurzeln unter Wasser, sei es, daß sie im dampfgesättigten Raum gehalten werden — stets abnorme Bedingungen herrschen, welche die Empfindlichkeit herabsetzen, und daß schließlich bei zu starker Reizung sehr häufig negative, traumatotropische Krümmungen auftraten. Immerhin ist es mir geglückt, bei einem Objekte — den ersten Nebenwurzeln von *Phaseolus multiflorus* — schöne, einwandfreie Kontaktkrümmungen festzustellen.

9. Schluß.

Es wird sich lohnen, zum Schlusse die Kontaktkrümmungen etiolierter Keimlinge mit denen von Ranken zu vergleichen. Begreiflicherweise ist bei diesen die Empfindlichkeit wesentlich größer, doch gibt es auch zahlreiche Arten von Keimlingen, die schon bei einer einmaligen leichten Berührung eine schwache Krümmung ausführen. Die Reaktionszeiten der Keimlinge sind länger als die der meisten Ranken, kürzer dagegen als die der Blattekletterer; bei starker Reizung erhält man in der Mehrzahl der Fälle Werte von 10—20 Minuten. Hinsichtlich des allgemeinen Krümmungsverlaufs stimmen die Keimlinge — soweit nicht, wie bei den Gramineen besondere Wachstumsverhältnisse vorliegen, mit den Ranken überein, ebenso auch darin, daß die Empfindlichkeit bis zu einem gewissen Alter zu- und dann wieder abnimmt. Ferner hat für beide das WEBERsche Gesetz Gültigkeit. Dagegen liegt ein Differenzpunkt darin, daß bei den Keimlingen viel ausgedehntere Reizleitungen sowohl in akro- als auch in basipetaler Richtung vorkommen. Der Kontaktreiz kann von der ausgewachsenen Zone mehrere Zentimeter nach oben fortgepflanzt werden, während die Perzeptionszone gar nicht an der Krümmung teilnimmt. Der wichtigste Unterschied zwischen Ranken und Keimlingen ist aber der, daß bei diesen auch Krümmungen mit Gelatine und Wasserstrahl erzielt werden können. Dadurch nehmen die Keimlinge eine vermittelnde Stellung ein zwischen den Ranken und den seimonastischen Pflanzen, und es ergaben sich dadurch auch Beziehungen zwischen Kontaktreizbarkeit und Rheotropismus. Für einen solchen Zusammenhang ist schon NEWCOMBE eingetreten und zwar von ganz anderer Grundlage aus. Es wäre daher wünschenswert, wenn auch für Keimspresse rheotropische Erscheinungen nachgewiesen werden könnten. Versuche darüber sind im Gang aber noch nicht spruchreif.

Zitierte Literatur.

- NEWCOMBE: Thigmotropism of terrestrial roots. Beih. z. bot. Centralblatt, 17. 1904.
- WILSCHKE: Über die Verteilung der phototropischen Sensibilität in Gramineenkeimlingen und deren Empfindlichkeit für Kontaktreize. Sitzber. d. K. Ak. d. Wiss. in Wien. Math.-naturw. Kl. Bd. 122, Abtlg. I, 1913.
- VAN DER WOLK: Investigation of the transmission of light stimuli in the seedlings of Avena. Kon. Ak. van Wetenschap. te Amsterd. 1911.

II. Experimente mit älteren Gewächshaus- und Freilandpflanzen.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 23. Oktober 1915.)

Die Experimente wurden z. T. in den Gewächshäusern, z. T. im botanischen Garten von Leipzig ausgeführt. Die Kontaktreizung erfolgte, wo nichts anderes angegeben ist, derart, daß der betreffende Pflanzenteil mit einem nicht zu rauhen Holzstäbchen 50mal leicht hin und her gestrichen wurde. Jeder Versuch wurde mit etwa 10 Individuen oder 10 gleichwertigen Organen eines einzelnen Individuums angestellt, und bei Objekten, die zu Nutationskrümmungen neigten, wurden gleichzeitig blinde Parallelversuche gemacht. Wenn die hier beobachteten Kontaktkrümmungen in der Mehrzahl der Fälle nicht so stark ausfielen als bei den etiolierten Keimlingen, und wenn meistens auch nur der kleinere Teil einer Serie reagierte, so liegt dies an verschiedenen Umständen. Die durch die Verdunkelung erzielte Wachstumsbeschleunigung fiel weg, die gereizten Organe waren im Durchschnitt wesentlich dicker, die Temperatur, bei der die Experimente angestellt wurden, betrug mitunter bloß 10° C, und zu all diesen hemmenden Faktoren gesellte sich noch der Umstand, daß die allgemeinen Lebensbedingungen in dem sehr trockenen Sommer 1915 sehr ungünstig waren. Die Untersuchungen, welche die allgemeine Verbreitung der Kontaktreizbarkeit aufdecken sollten, erstreckten sich zum allergrößten Teil auf Phanerogamen; daneben wurden auch einige Gefäßkryptogamen in den Kreis der Betrachtung gezogen. Es besteht aber gar kein Zweifel, daß auch die niederen Kryptogamen dieselben Erscheinungen aufweisen.

1. Nichtkletternde Blütenpflanzen.

Es gelangten über 100 verschiedene Phanerogamenspezies zur Untersuchung, die absichtlich aus möglichst zahlreichen Ordnungen

herausgelesen wurden. Die Reizung erstreckte sich auf Laubsproß-
 axen, Infloreszenzaxen, Blatt- und Blütenstiele. Etwa bei einem
 Drittel aller Experimente erhielt ich positive Resultate. Aber es
 bedurfte dazu einer wesentlich stärkeren Reizung als bei den
 Keimlingen, und auch darin bestand ein Unterschied, daß die
 Krümmungen viel später eintraten und ein viel schwächeres Aus-
 maß erreichten. Während bei den etiolierten Keimlingen die
 Reaktionszeit bei starker Reizung meist zwischen 10 und 20 Minuten
 liegt, erhalten wir hier fast ausschließlich Werte von einigen
 Stunden. Hier nur einige Beispiele: die Blattstiele von *Oxalis*
latifolia reagieren nach ca. 2 Stunden, junge Sprosse von *Syringa*
vulgaris (Schöblinge), und Blattstile von *Heuchera caulescens* nach
 3 Stunden, die Blattstiele von *Apium graveolens* und die Laubsprosse
 von *Achimenes longiflora* nach ca. 4 Stunden; die Infloreszenzaxen
 von *Pelargonium zonale* und *Silphium Hornemanni* nach ca. 5 Stunden,
 die Laubsprosse von *Sinningia tubiflora* und die Blütenstile von
Oxalis stricta nach 6 Stunden. Noch längere Reaktionszeiten be-
 sitzen die Infloreszenzaxen von *Armeria vulgaris* und die Laub-
 sprosse von *Plectranthus glaucocalyx*. Nur bei besonders empfind-
 lichen Objekten, wie z. B. den Blattstielen von *Heuchera caulescens*,
 wird eine Ablenkung von 20—30° erzielt.

Entsprechend nun wie bei den Keimlingen ist auch hier der
 Ausfall der Krümmung von der Beschaffenheit des Objekts ab-
 hängig. Derb gebaute Arten und langsam wachsende geben
 schlechtere Reaktionen als zierliche, raschwüchsige. Am auffällig-
 sten aber ist die Beziehung zwischen Oberflächenbeschaffenheit
 und Kontaktempfindlichkeit. Es sind vorwiegend die behaarten
 Objekte, die Krümmungen ergeben. Dies ist aus der folgenden
 Tabelle zu ersehen, in der die Resultate meiner Versuche zusamen-
 gestellt sind.

Tab. I.

Gereiztes Organ	Zahl der untersuchten Spezies	Es haben nicht reagiert			Es haben reagiert			
		glatte Spezies	behaarte Spezies	ins- gesamt	glatte Spezies	behaarte Spezies	ins- gesamt	dasselbe in %
Blattstil	63	19	24	43	3	17	20	32 %
Laubsproßaxe	32	7	15	22	0	10	10	31 %
Infloreszenzaxe	33	12	8	20	5	8	13	39 %
Blütenstil	32	11	15	26	0	6	6	19 %
	160	49	62	111	8	41	49	31 %

Die Tabelle zeigt, daß die aufgestellte Regel für alle Organe gilt. Bei den Laubsprossen und Blütenstielen sind sogar bei unbehaarten Arten überhaupt keine Krümmungen aufgetreten. Und da nicht anzunehmen ist, daß die Reaktionsfähigkeit bei behaarten und glatten Objekten verschieden ist, so kann man folgern, daß durch die Haare der Reiz verstärkt und damit die Sensibilität erhöht wird.

In den meisten Fällen bleibt die Reizreaktion auf die gereizte Stelle beschränkt. Wird z. B. bei *Apium graveolens* nur die untere Hälfte des Blattstiels bis zur Ansatzstelle der tiefsten Fiederchen gereizt, dann entsteht hier ein deutlicher Knick, die Basis krümmt sich und der obere Teil bleibt gerade. Im Gegensatz dazu wurden bei einzelnen Sprossen, z. B. denen von *Syringa vulgaris*, *Achimenes longiflora* und *Plectranthus glaucocalyx* Reizleitungen beobachtet, die auch die Internodiengrenzen überschritten und im besten Fall 3 cm betrugen.

Versuche mit Gelatinestäbchen waren bei den stark behaarten Blattstielen von *Heuchera caulescens* und *Lupinus albus* von Erfolg gekrönt, aber auch bei den glatten, ziemlich derben Köpfchenstielen von *Silphium Hornemannii* traten unzweideutige Krümmungen auf.

2. Schlingpflanzen.

Die Frage, ob bei dem Zustandekommen der Windungen der Schlingpflanzen die Kontaktreizbarkeit beteiligt ist, spielt in der Botanik seit dem Erscheinen der beiden Arbeiten von PALM und V. MOHL (1827) eine große Rolle. Ständig ging der Streit der Meinungen hin und her. Ich will auf die Argumente und Experimente für und wider, die von beiden Seiten vorgebracht wurden, an dieser Stelle nicht näher eingehen, sondern ich bemerke nur, daß wohl die Mehrzahl der Forscher gegenwärtig nicht bloß die Bedeutung der Kontaktreizbarkeit für das Windeproblem bestreitet, sondern auch soweit geht, den Schlingpflanzen Berührungsempfindlichkeit überhaupt abzusprechen, wobei nur einige besondere Formen wie *Lophospermum* und *Cuscuta* ausgenommen werden. Dies ist aber schon nach den oben mitgeteilten Erfahrungen unwahrscheinlich, und tatsächlich haben meine Versuche mit Schlingpflanzen, die ja den nichtkletternden Pflanzen gewöhnlich durch ihr schnelles Wachstum überlegen sind, viel zahlreichere und ausgeprägtere Kontaktkrümmungen ergeben. Daß diese bisher meist übersehen worden sind, liegt wohl daran, daß viele Forscher nur mit einer einzelnen Spezies arbeiteten, und daß das Reaktionsbild durch die ausgeprägten störenden Nutationen stark notleidet. So gelang es

auch mir bei manchen Arten nicht, zu sicheren Ergebnissen zu gelangen, aber diese zweifelhaften Formen zusammen mit denen, die überhaupt nicht reagierten, bilden noch nicht die Hälfte aller untersuchten. Schöne Reaktionen erhielt ich mit den Sprossen von *Humulus Lupulus*, *Lyonsia straminea*, *Menispermum canadense* und *Phaseolus multiflorus*, nicht so auffällige bei *Adhadota cydoniaefolia*, *Apios tuberosa*, *Convolvulus pubescens*, *Dioscorea villosa*, *Hoya carnosa* und *Lonicera sempervirens*. Negativ oder zweifelhaft fielen die Experimente mit *Akebia quinata*, *Ceropegia africana*, *Celastrus scandens*, *Convolvulus tricolor*, *Ipomoea purpurea*, *Micania scandens*, *Periploca graeca*, *Tecoma jasminoides* und *Wistoria polystachya* aus. Bei *Humulus Lupulus* gelang es, durch starke Reizung den Sproß zum Abbiegen von der Stütze zu veranlassen.

Will man den störenden Einfluß der Nutationen ausschalten, so empfiehlt es sich, mit jüngerem Material zu arbeiten, das noch wenig Internodien besitzt und meist sehr gering nutiert. Solche Individuen wurden für die Versuche mit *Apios tuberosa*, *Menispermum canadense* und *Phaseolus multiflorus* verwendet. Bei einem Versuch mit dieser letzten Pflanze trat bei 8 Individuen von 10 eine Kontaktkrümmung ein; sie war bei allen noch nach 2 Tagen erkennbar und erwies sich bei 4 Versuchspflanzen nach 8 Tagen als dauernd fixiert.

Eine Ergänzung erfahren diese Versuchsreihen durch Kontaktreizung von Blattstielen. Von 11 Arten ergaben nicht weniger als 7 sichere Krümmungen, darunter solche, bei denen ein Streichen des Sprosses ergebnislos verlaufen war (*Akebia quinata*, *Ipomoea purpurea* und *Wistoria polystachya*).

Nach alledem können wir die Behauptung aussprechen, daß die Schlingpflanzen der Mehrzahl nach kontaktreizbar sind, und zwar reizbarer als die zuvor behandelte Gruppe; und diese Sensibilität wird wohl im Verein mit den übrigen Faktoren bei dem Zustandekommen der Windungen mitwirken. Da aber die Berührungsempfindlichkeit nach dem Ausfall der Reaktionen zu schließen nicht sehr erheblich ist, so darf ihre ökologische Bedeutung nicht überschätzt werden.

3. Rankenpflanzen.

Die Rankenpflanzen sind Gewächse, bei denen es zur Ausbildung besonderer, hochempfindlicher Greiforgane gekommen ist. Bleibt nun, so können wir uns fragen, die Sensibilität auf die Ranken beschränkt, oder verfügen auch die übrigen Organe über eine gewisse Kontaktempfindlichkeit? Leider stand mir infolge

des ungünstigen Sommers nicht genügend Material zur Verfügung, um diese Frage im großen Stile zu beantworten. Aber auch der kleine Artenkreis genügte, um zu allgemeinen Folgerungen zu gelangen. Nur etwa bei der Hälfte der untersuchten Objekte konnte eine Berührungsempfindlichkeit bei Blättern, Sprossen und Infloreszenzaxen festgestellt werden und zwar ergab sich hierbei als Regel, daß sich die verschiedenen Organe gleichmäßig verhalten. So erwiesen sich beispielsweise bei *Passiflora coerulea*, *P. gracilis*, *Thladiantha dubia* und *Cucurbita Pepo* sowohl Blattstiele als Laubsprosse als unempfindlich, während bei *Bryonia alba*, *Ampelopsis quinquefolia*, *Sicyos angulata*, *Actinostemma paniculata*, *Vitis Labrusca* und *Cyclanthera pedata* sowohl die Blattstiele wie auch die Sprosse Krümmungen ausführten. Ein Parallelismus zwischen der Empfindlichkeit der Ranken und der übrigen Organe trat nicht zutage. *Passiflora gracilis* mit ihren äußerst reaktionsfähigen Ranken ist in ihren übrigen Teilen unempfindlich, *Ampelopsis quinquefolia* dagegen, deren Ranken nur träge Krümmungen ausführen, gab schöne Reaktionen, wenn Blattstiele, Laubsprosse oder Infloreszenzen gereizt wurden. Reizung mit Gelatinestäbchen führte in allen Fällen höchstens zu ganz unbedeutenden Krümmungen.

4. Blattstielkletterer.

DARWIN führt in seinem bekannten Werk über die Kletterpflanzen an, daß die Laubsprosse von *Lophospermum scandens* und die Blütenstiele von *Maurandia semperflorens* berührungsempfindlich sind; weitere Angaben fehlen und gerade die Ausführlichkeit, mit der er die beiden Fälle hervorhebt, beweist, daß ihm die sehr auffälligen Kontaktkrümmungen bei *Clematis* entgangen sind. Mir selbst standen für meine Experimente 2 *Tropaeolum* (*Tr. aduncum* und *Tr. Lobbianum*), *Lophospermum scandens* und 12 *Clematis*, z. T. freilich bloß gärtnerische Formen, zur Verfügung. Alle Versuche, die mit Sprossen und Blütenstielen angestellt wurden, führten zu positiven Resultaten bis auf 2 Serien mit *Tropaeolum aduncum*, die ein zweifelhaftes Ergebnis zeitigten. Die Reaktionen fielen viel günstiger aus als alle bisherigen und Ablenkungen von ca. 45° waren gar nicht selten; damit stehen auch die geringen Reaktionszeiten im Einklang. In vielen Versuchsserien hatten schon nach 1 Stunde alle Objekte reagiert; es gilt dies zwar von den Sprossen von *Clematis Jackmanni*, *Cl. tubulosa*, *Cl. viticella kermesina*, *Cl. hybr.* Lasurstern, ferner von den Blütenstielen von *Cl. hybr.* Duke of Edinbourg. Wenngleich die Empfindlichkeit bei den übrigen Organen nicht so groß ist als bei den von DARWIN eingehend

untersuchten Blattstielen, so genügt doch fünfmaliges leichtes Streichen, um bei den Sprossen von *Cl. tubulosa*, *Cl. hybr.* Lasur- stern, *Cl. hybr.* Lucie Lemoine und bei den Blütenstielen von *Cl. coccinea* deutliche, z. T. sogar sehr starke Krümmungen, hervorzurufen. Und mit der hohen Sensibilität geht gleichzeitig ein be- deutendes Reizleitungsvermögen Hand in Hand. Ich will mich hier auf die Anführung eines Beispiels beschränken. Bei 8 Sprossen von *Cl. Jackmanni* wurde das oberste Internodium 50mal gestrichen. Nach 3 Stunden waren 7 Sprosse stark gekrümmt, bei 5 hatte die Reaktion auch das darunterliegende Internodium erfaßt and zwar in einer Länge von 5—10 cm.

An die Versuche mit Holzstäbchen schlossen sich solche mit Gelatinestäbchen und Wasserstrahl (1—2 Minuten) an. Die folgende Tabelle liefert eine Übersicht über die erhaltenen Resultate.

Tab. II.

Versuchspflanze	Sproß						Blattstiel					
	Holzst.		Gelatine		Wasser- strahl		Holz- stäbe		Gelatine		Wasser- strahl	
	Zahl der Indiv.	reag.	Zahl der Indiv.	reag.	Zahl der Indiv.	reag.	reag.	Zahl der Indiv.	reag.	Zahl der Indiv.	reag.	
<i>Clematis languinosa</i>	10	10	—	—	—	—	alle	9	8	—	—	
„ <i>tubulosa</i>	6	5	—	—	10	1?	„	12	9	—	—	
„ <i>vitalba</i>	15	12	21	12	41	13	„	12	8	—	—	
„ <i>hybr. Lucie</i>												
<i>Lemoine</i>	11	11	—	—	—	—	„	10	7	10	5	
„ <i>paniculata</i>	29	28	11	5	40	17	„	12	4	11	4	
<i>Lophospermum scandens</i>	10	4	—	—	—	—	„	18	12	13	5	

Es zeigt sich also, daß die Reizung mit Gelatinestäbchen und Wasserstrahl geeignet ist, Krümmungen auszulösen, wenngleich die Wirkung viel geringer ist, als wenn man Holzstäbchen mit rauher Oberfläche anwendet. Wir gelangen also hier zu denselben Er- gebnissen und Schlüssen wie bei etiolierten Keimlingen. Allerdings enthält die Tabelle nur behaarte Objekte; die glatten Blattstiele von *Tropaeolum Lobbianum* konnten durch einen Wasserstrahl nicht zu Krümmungen veranlaßt werden. Ebenso war Gelatinereizung bei den unbehaarten Blattstielen von *Tr. aduncum* erfolglos; dagegen traten hier schwache Reaktionen ein, wenn ein Wasserstrahl 1 bis 2 Minuten einwirkte.

Ich bemerke noch, daß die Sprosse der Blattstielranken starke Nutationen ausführen; deswegen wurden gleichzeitig viele Kontrollversuche angesetzt, die aber ergaben, daß die Resultate in allen wesentlichen Punkten als gesichert gelten können.

5. Wurzelkletterer.

Von verschiedenen Forschern wird Kontaktreizbarkeit für die Luftwurzeln zahlreicher Wurzelkletterer angegeben (CZAPEK, EWART, TREUB, WENT etc.). Das bekannteste Beispiel dafür ist *Vanilla aromatica*. Nun ist es NEWCOMBE gerade bei dieser Pflanze nicht gelungen, Krümmungen zu erzielen, wenn er den Kontakt unter Wasser herstellte. Er äußert sich daher skeptisch und nimmt an, daß für den Erfolg vielleicht der Hydrotropismus verantwortlich gemacht werden muß. Diese Deutung kann man all den Experimenten geben, bei denen die Kontaktreizung ohne weitere Versuchsmodifikationen einfach durch dauerndes Anlegen irgend eines Körpers hervorgerufen worden ist. Meine Versuche bestanden darin, daß ich die Luftwurzeln verschiedener Arten aus den Gattungen *Anthurium*, *Ficus*, *Hedera*, *Pothos*, *Philodendron* u. a. vorübergehend durch leichtes, 50maliges Streichen mit einem Holzstäbchen reizte. Aber nur in einem Fall erhielt ich positive Ergebnisse, nämlich bei *Philodendron Imbe*, wo sich von 10 Wurzeln 4 nach einigen Stunden krümmten. Diese Befunde sind aber nur mit Vorbehalt entgegenzunehmen, weil die oben genannten Autoren alle in Buitenzorg unter günstigeren Vegetationsbedingungen arbeiteten. Vorsicht ist um so mehr geboten, als die allerdings beschränkten Versuche mit Blattstielen solcher Pflanzen (*Anthurium Kellermanni*, *Hedera helix*, *H. sagittifolia* Gartenform) alle eine nicht unerhebliche Kontaktempfindlichkeit ergaben. Bei *Hedera sagittifolia* reagierte sogar noch $\frac{1}{4}$ der Blattstiele, wenn mit Gelatinestäbchen gereizt wurde. Deshalb sind eingehendere Untersuchungen notwendig.

6. Versuche mit Kryptogamen.

Versuche mit Kryptogamen wurden nur nebenbei angestellt. Da aber schon für verschiedene Pilzgenera Kontaktreizbarkeit nachgewiesen wurde, und da es bei verschiedenen Meeresalgen zur Ausbildung rankenähnlicher und wie Ranken funktionierender Greiforgane gekommen ist, so kann man vermuten, daß der Haptotropismus hier ebenso verbreitet sein wird, wie bei den Phanerogamen. Meine Versuche haben dies für die Gefäßkryptogamen wenigstens bestätigt. Vor allem erwiesen sich Farnwedel als günstige Objekte. Gereizt wurde der oberste, z. T. noch aufgerollte

Teil der Spindel von 19 verschiedenen Arten, und bei 14 Arten, also etwa $\frac{3}{4}$, traten Krümmungen ein; diese große Zahl mag dadurch bedingt sein, daß die Blattspitze bei den Farnen sehr rasch wächst, und daß die Spindel meist von Spreuschuppen oder Haaren bedeckt ist. Unter den Reagierenden befand sich neben Arten aus den Gattungen *Adiantum*, *Allosurus*, *Aneimia*, *Aspidium*, *Asplenium*, *Doodya*, *Hypolepis*, *Neurogramme*, *Polystichum* und *Pteris* auch das windende *Lygodium volubile*. Außerdem fand ich haptotropische Krümmungen noch bei den Wurzelträgern von *Selaginella Martensii*, während Versuche mit Stengeln von 3 *Marsilia*-arten negativ ausfielen.

Schluß.

Unsere Untersuchungen haben die Häufigkeit von Kontaktkrümmungen im Pflanzenreich erwiesen. Damit hat sich die auf nur vereinzelte Fälle gestützte Annahme DARWINs „daß kletternde Pflanzen eine weit verbreitete und in Entwicklung begriffene Fähigkeit ausgenutzt und vervollkommenet haben“, bestätigt. Wir sahen, daß bei den nichtkletternden Pflanzen etwa $\frac{1}{3}$ aller untersuchten Arten imstande ist, mit Blattstielen, Laubsprossen und Infloreszenzaxen Kontaktkrümmungen auszuführen, und wir begreifen, wie jedes dieser Organe durch Verstärkung der Sensibilität zu einem Greiforgan werden konnte. Unsere Tab. III, in der die gesamten Versuchsergebnisse zusammengestellt sind, zeigt aber, daß sowohl bei den Blattstielkletterern als auch bei den Rankenpflanzen nicht nur in den rankenden Teilen, sondern im ganzen Organismus die Kontaktempfindlichkeit erhöht ist. Dies gilt jedoch in derselben Weise für die Windepflanzen, und wir werden wohl nicht fehlgehen, wenn wir hier für die Zunahme der Sensibilität das beschleunigte Wachstum und die starke Neigung zur Behaarung — beides Dinge, die mit der kletternden Lebensweise in engstem Zusammenhang stehen — verantwortlich machen.

Tab. III.

	Blattstiel			Laub-sprossaxe			Infloreszenz-axe			Blütenstiel		
	Zahl der Arten	es reagierten	dasselbe in %	Zahl der Arten	es reagierten	dasselbe in %	Zahl der Arten	es reagierten	dasselbe in %	Zahl der Arten	es reagierten	dasselbe in %
nichtkletternde Pflanz.	63	20	32	32	10	31	33	13	39	32	6	19
Schlingpflanzen	13	9	69	20	11	55	—	—	—	—	—	—
Blattstielkletterer	14	14	100	12	11	92	—	—	—	7	6	87
Rankenpflanzen	13	7	54	15	8	53	8	5	63	—	—	—

DARWIN nimmt nun an, daß sich die Blattstielkletterer und die Ranker erst sekundär aus den Schlingpflanzen entwickelt haben, er schließt dies daraus, daß verschiedene Blattstielkletterer (*Clematis-Lophospermum*arten etc.) noch imstande sind, Windungen auszuführen. Nun sind aber, wie SCHENCK hervorhebt, die Fälle nur Ausnahmen und die Windungen sind schlecht, die Richtung wechselt und gerade Partien sind eingeschaltet. Und da gerade bei den Blattstielkletterern die Kontaktempfindlichkeit der Sprosse (cf. Tab. III) besonders hoch ist, so kann man wohl die Vermutung aussprechen, daß hier entsprechend wie bei *Cuscuta* das Winden durch Haptotropismus bedingt ist. Wir hätten demnach 2 Formen von Winden zu unterscheiden: 1. solches das im wesentlichen durch Circumnutationen in Verbindung mit negativem Geotropismus bedingt ist und zu schönen regelmäßigen Windungen führt und 2. solches, das der Kontaktreizbarkeit seine Entstehung verdankt und sich in einer regellosen Umschlingung der Stütze äußert.

Zu einer morphologischen Anpassung an die Funktion des Greifens ist es bei den Blattstielkletterern meist nicht gekommen. Darin liegt ein Unterschied zu den Rankenpflanzen, die in den Ranken besondere, ausschließlich im Dienste des Festhaltens stehende Greiforgane besitzen. Bei dieser Gruppe ist die Sensibilität viel stärker lokalisiert als bei den Blattstielkletterern; während nämlich bei den Blattstielkletterern auch die Blütenstiele und Sprosse fast durchweg kontaktempfindlich sind, reagieren bei den Rankenpflanzen nur die Hälfte der Blattstiele und Laubsprosse und $\frac{2}{3}$ der Infloreszenzaxen.

Mit der Zunahme der Berührungsempfindlichkeit in den Ranken scheint gleichzeitig die Sensibilität einigermaßen ihren Charakter geändert zu haben. Wie besonders unsere Versuche mit etiolierten Keimlingen gezeigt haben, vermögen auch Gelatine und Wasserstrahl bei verschiedenen Pflanzen Krümmungen auszulösen. Dies ist nun bei den Ranken trotz ihrer hervorragenden Sensibilität nicht der Fall. Vom Nützlichkeitsstandpunkt aus ist dies sehr begreiflich. Wir sahen, daß ein Wasserstrahl, der nur 20 Sekunden auf die Pflanze einwirkt, genügt, um *Cannabis sativa* und *Agrostemma Githago* zu Krümmungen zu veranlassen. Wäre diese Fähigkeit bei den Rankenpflanzen noch in entsprechender Weise gesteigert worden, dann müßte der häufig sich wiederholende Anprall von Regentropfen genügen, die Ranken zur Aufrollung zu bringen. Vielleicht ist es so zu verstehen, daß die Ranken eine glatte Oberfläche besitzen, denn es sind gerade die

behaarten Objekte, die mit Gelatine und Wasserstrahl die besten Krümmungen geben.

Noch eine Frage könnte man hier anschließen. Der Haptotropismus ist nicht die einzige Form, in der Pflanzen auf mechanische Reize reagieren. Daneben existiert das weite Gebiet der seismonastischen Erscheinungen. Zeigen nun die stark seismonastischen Gewächse ebenso wie die Kletterpflanzen eine erhöhte Kontaktreizbarkeit? Ich habe für die Untersuchung nichtkletternder Pflanzen absichtlich eine größere Menge seismonastischer Formen wie *Mimosa*, *Desmodium*, *Oxalis*arten herangezogen, und sie zeigten kein irgendwie bemerkenswertes, besonderes Verhalten. Daraus kann man schließen, daß Kontaktreize und seismische Reize, wie PFEFFER dies annimmt, besondere Empfindungsqualitäten voraussetzen und es ist irreführend, wenn DARWIN auf der Suche nach der Quelle der Kontaktempfindlichkeit der Kletterpflanzen auf die Versuche von HOFMEISTER hinweist, die in das Gebiet der Erschütterungsreizbarkeit gehören.

Zitierte Literatur.

- CZAPEK: Sitzber. d. K. Ak. d. Wiss., Wien, Math. naturw. Kl., Bd. 118, 1909.
DARWIN: Die Bewegungen und die Lebensweise der kletternden Pflanzen, Übers. v. CARUS, Stuttgart 1876.
EWART: Ann. d. jard. bot. u. Buitenz., Bd. 15, 1898.
HOFMEISTER: PRINGSH. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 2, 1860.
V. MOHL: Über den Bau und das Winden der Ranken- und Schlingpflanzen. Tübingen 1827.
NEWCOMBE: Beih. z. bot. Centralbl. 17, 1904.
PALM: Über das Winden der Pflanzen, Tübingen 1827.
PFEFFER: Pflanzenphysiologie, Bd. 2, 1904.
TREUB: Ann. d. jard. bot. d. Buitenz., Bd. 3.
WENT: Ann. d. jard. bot. d. Buitenz., Bd. 12, 1894.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: [33](#)

Autor(en)/Author(s): Stark Peter

Artikel/Article: [Untersuchungen über Kontaktreizbarkeit 389-409](#)