

(Aus dem Botanischen Laboratorium der Staatlichen Versuchs- und Forschungsanstalt für Gartenbau in Pillnitz a. d. E.)

ÜBER GEWEBE-TORSIONEN DER SPROSSACHSE UND WÜCHSIGKEIT VON PHASEOLUS MULTIFLORUS.

Von
ROBERT VON VEH.

Mit 9 Textabbildungen.

(Eingegangen am 22. September 1937.)

Der *Windevorgang* ist bei verschiedenen Pflanzen eingehend untersucht worden, eine zusammenfassende Darstellung des heutigen Standes der Winde- und Rankenforschung bringt GRADMANN (1929, hier auch Literatur).

Viel Beachtung haben seit Beginn der Windeforschung die antidromen (*gegen* die Winderichtung) und homodromen (*mit* der Winderichtung) *Torsionen* der Sproßachse gefunden: Es erblickten in den Torsionen eine *Ursache* des Windens MOHL (1827, homodrome Torsionen), DE VRIES (1874, antidrome Torsionen), AMBRONN (1885, antidrome, scheinbare Torsionen), NIENBURG (1911), RAWITSCHER (1924), GRADMANN (1928) und eine *Folge* des Windens SCHWENDENER (1881, antidrome Torsionen), AMBRONN (1884, 1885), KOLKWITZ (1895).

Mit Recht sagt GRADMANN (1929, S. 176): „Die meisten Irrtümer in der wechselreichen Geschichte der Winde- und Rankenforschung beruhten auf unklaren Vorstellungen über die räumlichen Beziehungen an sich krümmenden und tordierenden Körpern.“

Durch die Unterscheidung der *passiven* und *aktiven* Torsionen durch SCHWENDENER und KOLKWITZ wurde ein entscheidender Fortschritt erzielt. Im Anschluß an GRADMANN (1929) halten wir uns an folgende Einteilung:

1. *Passive Torsionen*, (stets antidrom) Sproßachse *scheinbar* tordiert, in Wirklichkeit *untordiert* (GRADMANN 1929, S. 191, Abb. 10, A).

2. *Aktive Torsionen*; leicht erkennbare Grenzfälle:

a) Sproßachse *symmetrisch homodrom*, scheinbar untordiert (symmetrisch zur Stütze) (GRADMANN 1929, S. 191, Abb. 10, B).

b) Sproßachse *symmetrisch antidrom* (symmetrisch im Raum) (GRADMANN 1929, S. 191, Abb. 10, C).

Der *Vorgang* der passiven Torsionen hat durch SCHWENDENER und KOLKWITZ restlose Klärung erfahren; auch der *Vorgang* der homodromen Torsionen beim Umwinden von Fäden ist von KOLKWITZ klar erkannt worden.

Wenig bekannt ist hingegen über die Natur der „indirekten Kontaktreizbarkeit“ bei Windepflanzen (PFEFFER 1904).

Die vorliegende Untersuchung bezweckte die Klärung der *Wirkung* der Torsionen auf die Gesamtgestaltung der Pflanze und damit auch auf ihre Wüchsigkeit.

Ein 1928 im botanischen Institut in München-Nymphenburg durchgeführter Vorversuch überzeugte mich von der starken Beeinflußbarkeit des Faserverlaufes der Sproßachse von *Phaseolus multiflorus* durch die *Verhinderung* der *Umwindung* einer Stütze. Erst 1936 war mir eine Wiederholung dieses Versuches und nähere Untersuchung des Ergebnisses möglich (I. Versuch), das demjenigen von 1928 vollkommen entsprach.

Der II. Versuch dient außerdem — in Ergänzung zum I. Versuch — der Klärung der Frage nach einer mutmaßlichen „indirekten Kontaktreizbarkeit“.

Eine bekannte Tatsache ist es, daß Windepflanzen nach dem „Fassen“ oder „Ergreifen“ einer Stütze anfangen, sich sichtlich kräftiger zu entwickeln.

Von vornherein sind zwei Erklärungsmöglichkeiten denkbar:

1. entweder sind vor allem die Lichtverhältnisse für die gesteigerte Entwicklungsintensität von entscheidender Bedeutung,

2. oder die Entwicklungsfreudigkeit ist die Folge eines gewissen direkten oder indirekten Kontaktreizes, der von der Stütze ausgelöst wird.

Um auf dieses Entweder-Oder hin zunächst einen Anhaltspunkt zu gewinnen, habe ich mit *Phaseolus multiflorus* einen Versuch durchgeführt, wobei ich die Möglichkeit im Auge behielt, daß noch x andere Faktoren von grundlegendem Einfluß sein können; welche Einflüsse die Sproßentwicklung bei *Phaseolus* besonders entscheidend zu bestimmen scheinen, erhellt aus den Ergebnissen des ersten und zweiten Versuches, die im folgenden geschildert werden.

Die bei der Versuchsanstellung leitende Frage war: Allgemein — wie erfolgt die Sproßgestaltung unter abweichenden Stützbedingungen, im Besonderen — wozu führt dann die Windung und wie erfolgt dabei die Gewebetorsion?

Das dem Sprosse innewohnende Windevermögen bedingt in erster Linie seine Eigenart: es *windet* stets jede Windepflanze; aber was geschieht mit der Sproßachse, wenn sie keine Gelegenheit findet, eine Stütze zu *umwinden*? Der Klärung dieser Frage diene:

Der I. Versuch.

In einem 18 m langen Gewächshaus wurden 14 *Phaseolus multiflorus*-Pflanzen windend und 14 *Phaseolus multiflorus*-Pflanzen nichtwindend kultiviert. Als Stützen der windenden Pflanzen dienten die runden dachtragenden Eisenstangen, die in einem Abstand von 1,20 m (Durchmesser 3,5 cm, Höhe 2,30 m) sich im Mittelgang des Hauses befanden.

Immer zwischen zwei *umwindenden* Pflanzen wurde nun eine *nicht-umwindende* Pflanze zwischen zwei Stützen derart gezogen, wie es in Abb. 1 veranschaulicht ist: Dem wachsenden Sproßende wurde keine Gelegenheit geboten, eine Stütze zu umwinden; der Sämling wurde von Anfang an durch Eisendraht in vertikaler Stellung gestützt und im übrigen sich selbst überlassen.

Durch diese Versuchsanstellung hatten die *umwindenden* Kontroll- und die *nichtumwindenden* Versuchspflanzen im allgemeinen dieselben Licht-, Temperatur-, Boden- und Feuchtigkeitsverhältnisse; erblich übereinstimmende Veranlagung vorausgesetzt, muß also die etwa abweichende Sproßgestaltung durch die andersartigen Stützverhältnisse bedingt sein.

Material. Handelsware. Auf Sortenechtheit und genetische Reinheit konnte kein Anspruch erhoben werden. Die Samen wurden gewogen; diejenigen mit einem Gewicht von 0,9—1,5 g fanden im Versuch Verwendung; doch ließ sich keinerlei Beziehung zwischen Samengewicht und Wüchsigkeit der Pflanzen feststellen.

Anzucht. Am 24. 2. 36 wurden die Bohnensamen zum Ankeimen einzeln in kleine Töpfe mit Sägemehl gesteckt.

Am 6. 3. 36 wurden die aufgegangenen Samen in große Töpfe (oberer Durchmesser 25,0 cm) mit guter, ausgereifter Erde gepflanzt und im Gewächshaus an Ort und Stelle aufgestellt.

Entwicklung. Die Temperatur des Hauses schwankte zwischen 13° und 18° C; die Belichtungsverhältnisse waren nicht ungünstig. Die Entwicklung der Pflanzen ging daher bei normalem Blütenansatz vor sich. Leider setzte ein recht starker Befall durch Blattläuse den Pflanzen stark zu, so daß die Blüten später alle abfielen und kein Erntergebnis pro Pflanze festgestellt werden konnte.

Doch war der Charakter der Sproßachse vorher bereits deutlich festgelegt, der Blattlausbefall hat das Versuchsergebnis in *dieser* Hinsicht *nicht* beeinflusst.

Ende Mai 1936 wurden die Pflanzen abgeräumt, das Sproßmaterial untersucht, photographiert, gemessen und fixiert.

Ergebnis. Bei allen gestützten Versuchspflanzen bildete sich aus dem windenden Sproß schließlich eine schnurgerade Sproßachse, die in den

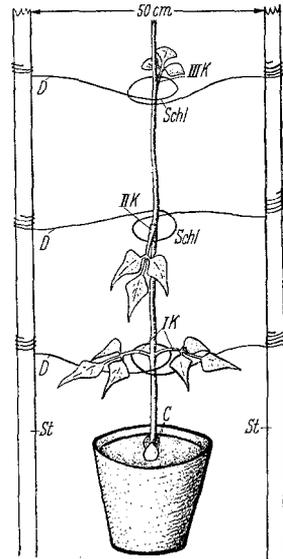


Abb. 1. Schema der Versuchsanstellung zur Verhinderung des Umwindens einer Stütze durch die Windepflanze (*Phaseolus multiflorus*). C Kotyledonen; I K die Blätter des ersten Knotens; II K das Blatt des zweiten Knotens; III K das Blatt des dritten Knotens; St zwei Stützen; D Draht, dessen Schlinge Schl jedes Internodium unter dem Blatte stützt.

Tabelle 1.

Inter- no- dium	Nr. 2 unwindend Samengewicht 1,15 g Gesamtlänge 3 m			Nr. 3 nichtunwindend Samengewicht 1,37 g Gesamtlänge 2,5 m			Nr. 16 unwindend Samengewicht 1,00 g Gesamtlänge 3,5 m			Nr. 18 nichtunwindend Samengewicht 1,00 g Gesamtlänge 2,5 m		
	Länge in cm	Durch- messer in mm	Gewebetorsion (bezogen auf die Winde- richtung)	Länge in cm	Durch- messer in mm	Gewebetorsion (bezogen auf die Winde- richtung)	Länge in cm	Durch- messer in mm	Gewebetorsion (bezogen auf die Winde- richtung)	Länge in cm	Durch- messer in mm	Gewebetorsion (bezogen auf die Winde- richtung)
1	9,0	4,0	—	16,0	4,2	—	16,5	4,1	—	13,0	4,0	—
2	30,5	2,1	—	21,0	3,1	ab 8 cm mit	27,5	2,6	ab 14 cm mit	26,5	3,1	mit
3	31,0	2,1	13 cm mit, 9 cm gegen, Rest mit	42,7	1,8	mit	24,7	2,4	mit	36,7	2,1	mit
4	15,8	2,1	mit	17,5	1,8	mit	22,0	2,9	gegen, ab 20 cm mit	12,5	2,0	mit
5	18,4	2,1	mit	13,2	1,9	mit	28,8	2,9	mit	17,9	2,1	mit
6	20,0	2,1	3 cm keine, dann mit, 180°	15,2	1,5	mit, 360 + 270°	19,0	3,1	gegen, 270°	16,3	2,2	mit, 2 × 360°
7	13,8	2,1	7 cm gegen, dann mit, 90°	14,7	1,9	mit, 3 × 360°	23,5	3,2	11 cm gegen, dann mit, 360°	14,3	2,1	mit, (2 × 360°) + 180°
8	15,5	2,1	mit, 360°	14,4	1,5	mit, (2 × 360°) + 90°	21,0	3,1	mit, 2 × 360°	15,7	2,0	mit, (2 × 360°) + 180°
9	12,5	2,0	mit, 360 + 180°	12,2	1,8	mit, (3 × 360°) + 90°	19,0	3,2	gegen, 270°	15,0	2,0	mit, (2 × 360°) + 270°
10	13,3	2,1	mit	13,7	1,5	9,5 cm gegen, Rest mit	20,8	3,1	mit	15,6	2,0	mit
11	13,4	2,0	mit	12,2	1,2	mit	22,2	3,0	gegen	15,2	1,8	mit

12	11,5	2,0	gegen	15,5	1,3	mit	21,0	3,0	6 cm gegen, dann mit	11,3	1,5	mit
13	14,7	2,0	mit	24,0	1,2	mit	19,3	2,5	mit	12,4	1,6	mit
14	16,2	2,0	mit	23,3	1,2	mit	13,5	2,5	mit	12,4	1,4	mit
15	16,7	2,0	6 cm gegen, ab 13 cm mit				14,5	2,0	mit	10,1	1,3	mit
16	17,2	1,9	mit				11,4	1,5	mit	10,0	1,2	mit
17	13,1	1,9	2 cm gegen, ab 3 cm mit				8,0	1,0	mit	5,5	1,1	mit
18	9,2	1,8	mit				8,1	1,0	mit			
19							9,3	0,7	mit			
20							9,4	0,6	mit			
21							4,2		mit			

Internodien stellenweise abgeflacht und stark — fast ausschließlich homodrom — verdreht war.

Dieses ist wie folgt zu verstehen. Der windende Sproß von *Phaseolus multiflorus* führt in der Luft eine kreisende Aufwärtsbewegung aus entgegengesetzt der Bewegung des Uhrzeigers (von oben gesehen); diese Windung wird von einer *Streckung* begleitet und abgelöst, wobei die Sproßachse sich schließlich gerade streckt. Sofern die Pflanze eine Stütze *umwindet*, bietet diese Stütze einen Widerstand, der *gestaltenden* Einfluß auf die Sproßachse hat: diese wird gezwungen, in Windungen zu „erstarren“ (verholzen), die an der Stützenoberfläche verlaufen. Wenn nun die Stütze fehlt, fehlt auch der von ihr ausgehende Widerstand, und die Sproßachse streckt sich vollkommen gerade.

Von Interesse ist nun die Frage, wie erfolgt in beiden Fällen die Gewebetorsion?

In der Tabelle 1 sind in der Reihenfolge von links nach rechts folgende Angaben über die Internodien von 2 *umwindenden* Kontrollpflanzen und 2 *nichtumwindenden* Versuchspflanzen zusammengestellt (die übrigen Versuchs- und Kontroll-Pflanzen verhielten sich übereinstimmend): Nummer — von den Kotyledonen ausgehend, Länge in cm, Durchmesser in mm, Richtung des äußerlich sichtbaren Faserverlaufes in Beziehung zur Richtung der Windung.

Bei den Internodien 6, 7, 8 und 9 der 4 Pflanzen ist außerdem der *Torsionswinkel* berücksichtigt,

der die Drehung des Sproßachsenquerschnittes von Knoten zu Knoten zum Ausdruck bringt. Der in der Tabelle angeführte Winkel bezieht sich auf diese Knotenverlagerung nur dann, wenn keine Umkehrung der Torsion erfolgte; sofern aber die Gewebetorsion am Anfang des Internodiums in *einer* Richtung, und am Ende in einer *anderen* Richtung erfolgt war, wurde mit der Winkelangabe nur die Drehung des zweiten Internodienabschnittes wiedergegeben (Nr. 16, Internodium 7).

Gewebetorsion. Bei der *nichtumwindenden* Versuchspflanze Nr. 18 erfolgte die Torsion des Gewebes in allen Internodien *nur in der Richtung der Windung* (homodrom), also — dem Uhrzeiger entgegengesetzt (von oben gesehen).

Bei der ebenfalls *nichtumwindenden* Versuchspflanze Nr. 3 war bloß im 10. Internodium eine Ausnahme festzustellen: von dem 13,7 cm langen Internodium waren 9,5 cm der Windung entgegengesetzt gedreht (antidrom), der Rest *in der Richtung der Windung* (homodrom).

Die *umwindenden* Kontrollpflanzen Nr. 2 und Nr. 16 weisen folgende Verhältnisse auf:

Pflanze Nr. 2.

Von 18 Internodien hatten

2	Internodien	keine Torsion,
11	„	Torsion <i>mit</i> der Windung,
2	„	„ <i>gegen</i> die Windung,
3	„	„ <i>mit</i> und <i>gegen</i> die Windung.

Pflanze Nr. 16.

Von 21 Internodien hatten

1	Internodium	keine Torsion,
14	Internodien	Torsion <i>mit</i> der Windung,
3	„	„ <i>gegen</i> die Windung,
3	„	„ <i>mit</i> und <i>gegen</i> die Windung.

Tabelle 2.

Betr. Sproßdurchmesser, Erklärung im Text.

Internodium	Nr. 2 umwindend			Nr. 3 <i>nichtumwindend</i>			Nr. 16 umwindend			Nr. 18 <i>nichtumwindend</i>		
	Durchmesser			Durchmesser			Durchmesser			Durchmesser		
	in mm		-Differenz in % v. max.	in mm		-Differenz in % v. max.	in mm		-Differenz in % v. max.	in mm		-Differenz in % v. max.
	max.	min.		max.	min.		max.	min.		max.	min.	
6	2,1	1,9	9,5	1,5	1,2	20,0	3,1	2,1	32,2	2,2	1,5	31,8
7	2,1	1,6	23,8	1,9	1,6	15,7	3,2	2,2	31,2	2,1	1,4	33,3
8	2,1	1,6	23,8	1,5	1,1	26,7	3,1	2,2	29,0	2,0	1,4	30,0
9	2,0	1,6	20,0	1,8	1,2	33,3	3,2	2,5	21,9	2,0	1,4	30,0

Benutzt wurde das Meßinstrument Columbus, engl. Patent 1954, 14 893;
U.R. Pat. Patented oct. 12. 1897.

Der Sproßdurchmesser. Die Internodien weisen in der Regel eine Abflachung auf. In der Tabelle 1 ist stets der große Durchmesser angegeben. Eine Gegenüberstellung des großen und des kleinen Durchmessers der Internodien 6, 7, 8 und 9 der 4 Pflanzen Nr. 2, 3, 16 und 18 (Tabelle 2) gibt keinerlei Anhaltspunkte für einen Rückschluß auf die Bedeutung des Mangels der zu umwindenden Stütze für das Zustandekommen der Abflachung.

In der dritten Spalte der Tabelle 2 ist die Differenz des größten

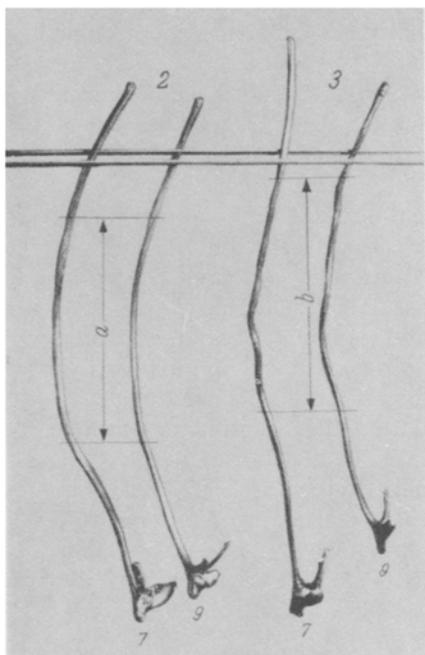


Abb. 2.

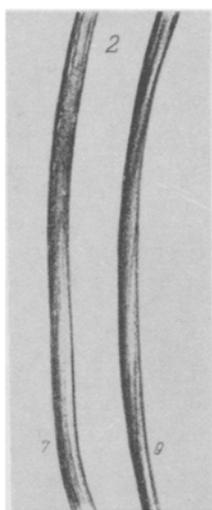


Abb. 3.

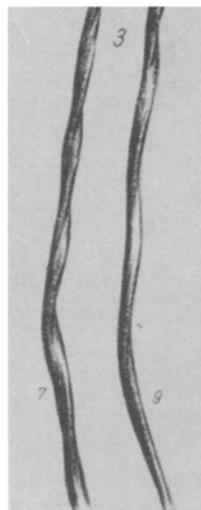


Abb. 4.

Abb. 2. 2: zwei Internodien der Kontrollpflanze Nr. 2 (umwindend); 3: zwei Internodien der gestützten Versuchspflanze Nr. 3 (*nicht*umwindend); 7 und 9 jeweils das 7. und das 9. Internodium. Lichtbild vom 30. 5. 36.

Abb. 3. Der Abschnitt *a* aus Abb. 2: die Internodien 7 und 9 der umwindenden Kontrollpflanze Nr. 2, stärker vergrößert. Lichtbild vom 30. 5. 36.

Abb. 4. Der Abschnitt *b* aus Abb. 2: die Internodien 7 und 9 der gestützten Versuchspflanze Nr. 3 (*nicht*umwindend), stärker vergrößert. Lichtbild vom 30. 5. 36.

und des kleinsten Internodiendurchmessers in Prozenten des größten angegeben. Das 7. und das 9. Internodium der Pflanze Nr. 3 weisen die größte Torsion auf (vgl. Tabelle 1); die Differenz in der Abflachung beträgt aber beim Internodium 7 nur 15,7% (nach 9,5% des Internodiums 6 der Pflanze Nr. 2 der geringste Wert unter den in der Tabelle 2 verglichenen), wogegen sie beim Internodium 9 33,3% ausmacht. Auch besitzen schwach tordierte Internodien gelegentlich starke Abflachungen (z. B. Internodium 6 der Pflanze Nr. 16 mit 32,2%). Das Zustandekommen der Abflachung bedarf einer eingehenden Untersuchung an ausgiebigem Material.

Der Torsionswinkel. Der von mir angeführte Torsionswinkel gibt im allgemeinen die Gewebedrehung von Knoten zu Knoten wieder.

Bei den *nichtumwindenden* Pflanzen erreicht dieser Winkel in einzelnen Fällen einen überraschend hohen Wert, so bei der Pflanze Nr. 3 im 7. Internodium $3 \times 360^\circ$ und im 9. Internodium gar $(3 \times 360^\circ) + 90^\circ$ (Tabelle 1).

Das Gewebe der umwindenden Pflanzen hat in keinem Falle eine derart starke Verdrehung gezeigt.

In den Abb. 2, 3 und 4 sind die Internodien 7 und 9 der Pflanzen Nr. 2 und Nr. 3 einander gegenübergestellt. Die Lichtbilder lassen die intensive Verdrehung der Internodien der Versuchspflanze Nr. 3 deutlich erkennen.

Wirkung der Drehung. Es leuchtet wohl ein, daß eine so starke Verdrehung der Internodien, wie sie in Abb. 4 zu erkennen ist, auf die Wüchsigkeit der Pflanze von nachteiliger Wirkung sein kann. Die *nichtumwindenden* Pflanzen waren auch in der Regel schwächer.

Um den Einfluß der Internodiendrehung auf die Gesamtgestaltung entsprechend einschätzen zu können, muß man dabei die Länge des betreffenden Internodiums mitberücksichtigen; die *Intensität* der Gewebetorsion kommt in dem *Torsionswinkel* pro Längenzentimeter deutlich zum Ausdruck.

Die „symmetrisch-homodrome“ Torsion (GRADMANN 1927, 1929) beträgt bei einem Neigungswinkel der Windungen von 90° pro Windung 360° .

Die Zahl der Windungen pro Internodium ist von mir nicht näher untersucht worden; aus dem Faserverlauf ist aber zu erkennen, daß die

Tabelle 3.
Betr. Torsions-Intensität, Erklärung im Text.

Internodium	Nr. 2 umwindend			Nr. 3 <i>nichtumwindend</i>			Nr. 16 umwindend			Nr. 18 <i>nichtumwindend</i>		
	Auf Längen-Zentimeter	Torsionswinkel in Graden	Mittlere Torsionsintensität in Graden pro Zentimeter und Torsionsrichtung	Auf Längen-Zentimeter	Torsionswinkel in Graden	Mittlere Torsionsintensität in Graden pro Zentimeter und Torsionsrichtung	Auf Längen-Zentimeter	Torsionswinkel in Graden	Mittlere Torsionsintensität in Graden pro Zentimeter und Torsionsrichtung	Auf Längen-Zentimeter	Torsionswinkel in Graden	Mittlere Torsionsintensität in Graden pro Zentimeter und Torsionsrichtung
6	17,0	180	10 <i>mit</i>	15,2	630	41 <i>mit</i>	19,0	270	14 <i>gegen</i>	16,3	720	44 <i>mit</i>
7	6,8	90	13 <i>mit</i>	14,7	1080	73 <i>mit</i>	12,5	360	29 <i>mit</i>	14,3	900	63 <i>mit</i>
8	15,5	360	23 <i>mit</i>	14,4	810	56 <i>mit</i>	21,0	720	34 <i>mit</i>	15,7	900	57 <i>mit</i>
9	12,5	540	43 <i>mit</i>	12,2	1170	96 <i>mit</i>	19,0	270	14 <i>gegen</i>	15,0	990	66 <i>mit</i>

homodrome Torsion, z. B. der Internodien 7 und 9 der Versuchspflanze Nr. 3 (Abb. 4) und der um eine Schnur windenden Bohne (Abb. 8) bedeutend stärker war als die „symmetrisch-homodrome“.

Winkelmessungen zur Bestimmung der Abweichung von der symmetrisch-homodromen Torsion habe ich nicht durchgeführt; sie würden an den einzelnen Stellen desselben Internodiums recht abweichend ausfallen; mir schien zur Charakteristik der etwaigen *Wirkung* die Feststellung der *Torsionsintensität* — der Drehung des Sproßachsenquerschnittes pro Längenzentimeter — anschaulicher zu sein. Auch hat diese Feststellung den großen Vorzug leichter Durchführung: das gegenseitige Lageverhältnis benachbarter Knoten und die Länge des dazwischen liegenden Internodiums sind rasch feststellbar.

Die Tabelle 3 gibt Aufschluß über diese *Torsionsintensität* in Graden pro Längenzentimeter, die sich vergleichen lassen.

Während im 9. Internodium der Kontrollpflanze Nr. 2 (vgl. auch Abb. 3) die Torsionsintensität mit 43° ihren höchsten Wert für die verglichenen *umwindenden* Pflanzen erreicht (der nächste wäre 34° im 8. Internodium der Pflanze Nr. 16, vgl. Abb. 7), entspricht er etwa dem geringsten bei den *nichtumwindenden* Pflanzen

(41° im Internodium 6 der Pflanze Nr. 3), wobei die höchsten fast das Doppelte erreichen, im Einzelfalle sogar mehr (73° im Internodium 7, 96° im Internodium 9 der Pflanze Nr. 3, vgl. Abb. 4).

Sowohl der Stoffwechsel, als auch die Wachstumsvorgänge können in einer so stark verdrehten Sproßachse nicht unbeeinflusst bleiben. Doch ist es sicher abwegig, der rein mechanischen Beeinträchtigung der Wachstumsvorgänge durch die starke Torsion eine *entscheidende* Beeinflussung der Wüchsigkeit zuzuschreiben; dafür sprechen gelegentliche Beobachtungen (z. B. von SACHS 1882) der *sofort* einsetzenden energischen Entwicklung und Wachstumsfreudigkeit, sobald es dem Sproß gelungen ist, eine Stütze zu umwinden. In meinem I. Versuch hatte eine

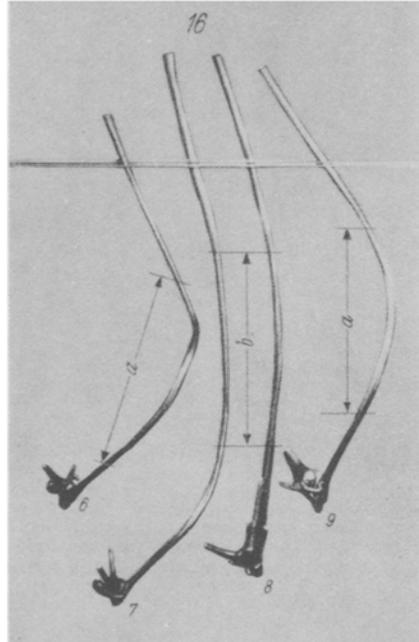


Abb. 5. Vier Internodien der umwindenden Kontrollpflanze Nr. 16: 6, 7, 8 und 9 — das 6., 7., 8. und 9. Internodium. Lichtbild vom 31. 5. 36.

nichtumwindende Versuchspflanze mit stark verdrehter Sproßachse vom 9. Internodium an „gefaßt“, und bereits dieses Internodium wurde kräftig, also fehlte es mindestens nicht an der Zuleitung von Baustoffen.

Falls nicht die *mechanische* Behinderung ausschlaggebend sein kann, wäre die entscheidende Bedeutung der *direkten* oder *indirekten Reizbarkeit*

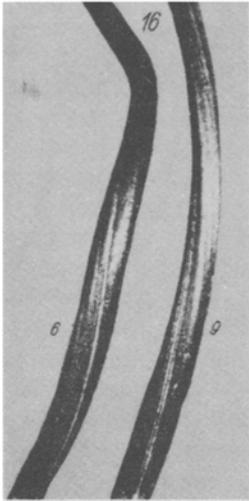


Abb. 6. Die Abschnitte *a* der Internodien 6 und 9 der umwindenden Kontrollpflanze Nr. 16 aus Abb. 5, stärker vergrößert. Lichtbild vom 31. 5. 36.

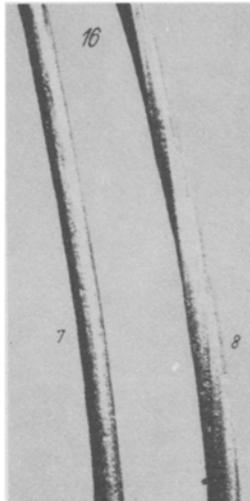


Abb. 7. Der Abschnitt *b* der Internodien 7 und 8 der umwindenden Kontrollpflanze Nr. 16 aus Abb. 5, stärker vergrößert. Lichtbild vom 31. 5. 36.

durch die Stütze zuzuschreiben. (Der Klärung dieser Frage diene der II. Versuch.)

Gewebetorsion der Kontrollpflanzen. Die Torsion des Gewebes der *nichtumwindenden* Versuchspflanzen erfolgte — bis auf ganz geringe Ausnahmen — stets *in der Richtung der Windung*.

Daß die Verhältnisse bei den umwindenden Kontrollpflanzen wesentlich anders liegen, ist aus der Tabelle I zu ersehen. Geht man die Internodien derselben Pflanze der Reihe nach durch, z. B. der Pflanze Nr. 16, so er-

kennt man keinerlei Regelmäßigkeit im Wechsel der Torsionsrichtung; auch kann der Wechsel von Internodium zu Internodium erfolgen, wie z. B. vom 5. Internodium nach dem 6. oder vom 8. nach dem 9. bei der erwähnten Nr. 16, als auch innerhalb desselben Internodiums, wie z. B. im 7. Internodium.

Die Internodien 6, 7, 8 und 9 der Pflanze Nr. 16 sind in den Abb. 5—7 wiedergegeben, in Abb. 7 u. a. die Übergangszone des Internodiums 7, in der der Torsionsrichtungswechsel stattfindet.

Um den Einfluß der Stütze auf das gegenseitige Verhältnis von Windung und Torsion zu klären, habe ich eine 2. Reihe von Versuchspflanzen (*Phaseolus multiflorus*) herangezogen.

Der II. Versuch.

Daß die Art der Stütze von entscheidendem Einfluß auf den Faserverlauf des Stengels der Bohne sein mußte, war bereits aus den Ergebnissen des I. Versuches zu erkennen.

Störend wirkten bei diesem I. Versuch die einengenden Verhältnisse des Gewächshauses. Daher sollte ein II. Versuch unter möglichst „natürlichen“ Bedingungen durchgeführt werden.

Es wurde ein geeignetes Stück Land (im Landhausgarten der Anstalt) dazu gewählt, und auf ihm wurden unter günstigen Bedingungen 100 *Phaseolus multiflorus*-Sämlinge in 4 Gruppen angebaut:

1. Gruppe — 25 Pflanzen (Nr. 1—25) *um eine Schnur windend*,
2. „ — 25 „ (Nr. 26—50) *um eine Stütze windend*
(Durchmesser etwa 1,5 Zoll),
3. „ — 25 „ (Nr. 51—75) *um eine Stütze windend*
(Durchmesser etwa 2,0 Zoll),
4. „ — 25 „ (Nr. 76—100) *um eine Stütze windend*
(Durchmesser etwa 2,5 Zoll).

Als Stützen dienten ungeschälte Kiefernstangen von 4,50—6,15 m Länge. So lang wurden sie gewählt, da die Stützen im Gewächshaus sich als zu kurz erwiesen, um der Pflanze die Möglichkeit zu einer ungehemmten Windung zu gewähren. Auch sollte die *rauhe* Oberfläche der *ungeschälten* Kiefern im Gegensatz zu der *glatten* Oberfläche der gestrichenen Eisenstangen des Gewächshauses der Kletterpflanze besseren Halt bieten.

Auf die einzelnen Gruppen verteilt wurden die Stangen nach ihrem Durchmesser unmittelbar über dem Erdboden (mit Notierung des Durchmessers 1,5 m über dem Boden). Die 4 Pflanzengruppen wurden in 4 parallelen Reihen zu 25 Pflanzen in jeder Reihe gepflanzt.

Das Versuchsmaterial und dessen Anzucht. Handelsware *Phaseolus multiflorus*. Die Samen wurden am 8. 6. 36 gewogen. Verwendung fanden im Versuch Samen mit einem Gewicht von 0,70—1,42 g. Auch in diesem Versuch ließ sich keine merkliche Beziehung zwischen Samengewicht und Wüchsigkeit feststellen.

- Am 8. 6. 36 wurden die Samen in feuchtes Sägemehl gesteckt.
- „ 13. 6. 36 an Ort und Stelle die ausgesuchten 100 Keimpflanzen eingepflanzt.
- „ 3. 7. 36 beginnen die ersten zu winden.
- „ 4. 7. 36 wurden in der Gruppe I die Schnüre gezogen.
- „ 10. 7. 36 fangen die ersten an zu blühen.
- „ 25. 7. 36 werden die Schnüre auf 3,50 m verlängert.
- „ 11. 9. 36 eine Ernte (einzige) pro Gruppe festgestellt.

Ende September 1936 wurden die Pflanzen abgeräumt und die Sproßachsen ohne Blätter im trockenen Arbeitsraum untergebracht; bei den trockenen Stengeln tritt die Faserung deutlicher in Erscheinung, ohne Änderung der Faserrichtung.

Im Oktober 1936 wurden die Internodien untersucht, gemessen und photographiert.

Gruppe I. Um eine Schnur gewunden. 25 angesetzte Keimlinge lieferten 18 wohlausgebildete Pflanzen, die auf ihre Gestaltung hin näher untersucht werden konnten. Es waren durchweg normale, zum Teil kräftige Exemplare.

Alle diese Versuchspflanzen der Gruppe I lassen sich in zwei Untergruppen einteilen:

A. Pflanzen, deren Gewebetorsion ohne Ausnahme nur mit der Windung erfolgte.

Von 18 Pflanzen — 12 Stück, sie werden gekennzeichnet durch folgende Angaben:

Bei 12 Pflanzen		Auf eine Pflanze		
		max.	min.	Mittel
Erfasste Gesamtlänge in Meter	38,90	4,00	2,00	3,24
Zahl der untersuchten Internodien . . .	277,50	27,5	16,0	23,1

B. Pflanzen, deren Gewebetorsion mit Ausnahmen mit der Windung erfolgte.

Von 18 Pflanzen — 6 Stück:

Bei 6 Pflanzen		Auf eine Pflanze		
		max.	min.	Mittel
Erfasste Gesamtlänge in Meter	21,95	4,30	3,00	3,66
Zahl der untersuchten Internodien . . .	151,5	32	20	25,25

Die Abweichungen in den Zahlen der beiden obigen Tabellen kommen nur zum Teil durch die natürliche Variation zustande; der Hauptfehler liegt in dem Umstande, daß bei *keiner* Pflanze wirklich *alle* Internodien erfaßt werden konnten, sondern in der Regel das herabhängende Sproßende abgerissen war (ein Übelstand, der bei einer größeren Entfernung des Versuchsgeländes vom Untersuchungsraum sich leider nicht immer vermeiden läßt).

Tabelle 4.

Nr. der Versuchspflanze	Gewicht des Samens in g	Erfasste Länge in m	Zahl der berücksichtigten Internodien	Die Windung beginnt im Internodium	Ausnahmen von der homodromen Gewebetorsion
6	0,78	3,60	24,0	6./7.	Eine kleine Abweichung im 19. u. 21. Internodium.
7	0,92	4,30	32,0	6./7.	Im 18. Int. <i>gegen</i> , im 16. Int. weder Windung noch Tors.
14	0,90	3,30	22,5	7.	Eine kleine Ausnahme im 16. Internodium.
18	0,88	3,0	20,0	7.	Eine Störung im 18. Int.
22	0,85	4,0	26,5	6.	Eine Störung im 18. u. 19. Internodium.
23	0,90	3,75	26,5	8.	Int. 18 (15 cm) u. 19 (14 cm) ohne Windung und ohne Torsion.

Wie geringfügig die Abweichungen von der homodromen Torsion des Sproßgewebes bei den 6 Versuchspflanzen waren, ist aus der Tabelle 4 zu ersehen.

Ergebnis. Die um eine Schnur windenden Bohnen (*Phaseolus multiflorus*) weisen durchweg (mit gelegentlichen ganz geringen Ausnahmen) *homodrome Gewebetorsion* auf (vgl. Abb. 8).

Gruppe 2, 3, 4. Um eine Stütze gewunden. 75 angesetzte Keimlinge ergaben 48 wohlausgebildete, zum größten Teil kräftige Pflanzen, deren Gestaltung einer näheren Prüfung unterzogen wurde.

Die Versuchspflanzen, die um Stützen mit einem Durchmesser von 1,5—2,5 Zoll gewunden waren, haben alle einen gemeinsamen Gestaltungscharakter: Die Gewebetorsion, richtiger der äußerlich sichtbare Faserverlauf, erfolgte *gegen* die Winderichtung (*antidrom*).

Auch in diesem Falle ist eine Einteilung in zwei Gruppen möglich:

A. Pflanzen, deren Gewebetorsion ohne Ausnahme nur gegen die Winderichtung erfolgte (vgl. Abb. 9).

B. Pflanzen, deren Gewebetorsion mit Ausnahmen gegen die Winderichtung erfolgte.

Die Ausnahmen und Abweichungen von der typischen Gestaltung sind hier häufiger als bei den um eine Schnur windenden, und entsprechend ist die „fehlerfreie“, durchweg *antidrome* Torsion seltener, als bei den vorerwähnten die „fehlerfreie“ *homodrome*.

Doch sind Pflanzen mit ausschließlich *antidromer* Torsion nachzuweisen gewesen, in meinem Versuch waren es die Versuchspflanzen Nr. 39, 42, 44, 47, 55, 62, 80 und 81 laut Tabelle 5:

Tabelle 5.

Nr. der Versuchspflanze	Gewicht des Samens in g	Erfasste Länge in m	Zahl der berücksichtigten Internodien	Die Windung beginnt im Internodium	Bemerkungen
39	0,70		16	5.	Rest abgerissen.
42	0,85	3,10	20	5.	<i>Gegen</i> bis zu 17 cm des Int. 18 (Länge desselben 21 cm), Rest <i>mit</i> .
44	0,77	2,10	14	7.	Rest abgerissen.
47	0,83	2,95	20	7.	Rest abgerissen.
55	0,75	2,90	19	5.	<i>Gegen</i> bis einschl. 14 cm des Int. 19 (Länge desselben 24,5 cm), dann <i>mit</i> , Rest abgerissen.
62	0,92	3,70	25	5.	
80	0,78	4,00	35	9.	
81	1,07	4,30	37	6.	<i>Gegen</i> bis Int. 33. Die letzten 3 unter 20 mm.

Einige charakteristische Sproßgestaltungen der Gruppe B bringt die Tabelle 6 zum Ausdruck:

Tabelle 6.

Nr. der Versuchspflanze	Gewicht des Samens in g	Erfasste Länge in m	Zahl der berücksichtigten Internodien	Die Windung beginnt in Internodium	<i>Ausnahmen</i> von der (scheinbaren) antidromen Gewebetorsion
40	0,96	3,50	22	7.	In den Int. 20 und 21 Windung gestört. Int. 20 (22,5 cm) bis zum 17. Int. keine Torsion, dann <i>mit</i> . Int. 21 und 22 Torsion <i>mit</i> .
41	0,72	4,00	30	6.	Int. 23—26 Windung gestört; Torsion in Int. 22 keine, 23—25 <i>mit</i> , 26 keine. Ab Int. 29 Windung gestört, Torsion <i>mit</i> .
45	0,99	3,60	32	10.	Int. 9—12 Windung gestört, Torsion <i>mit</i> . Int. 14 Windung schwach, keine Torsion. Int. 27 (16,5 cm) ab 10 cm keine Torsion, Rest <i>mit</i> (einschließlich Int. 31).
53	0,86	3,45	19	5.	Int. 17 (31,5 cm) 16 cm <i>gegen</i> , bis 17 cm <i>mit</i> . Rest <i>gegen</i> . Int. 18 (37,5 cm) bis 12 cm <i>gegen</i> , dann <i>mit</i> .
57	0,74	3,90	31	7.	Int. 7 und 8 keine Windung, Torsion <i>mit</i> . Int. 22 (20 cm) ab 10 cm Windung schwach, Torsion <i>mit</i> . Int. 26 (22,5 cm) ab 12 cm Torsion <i>mit</i> , keine Windung. Int. 27 keine Windung, Torsion <i>mit</i> (Int. 28 <i>gegen</i>).
58	0,95	4,10	23	5.	Int. 8 (20,5 cm) Windung gestört, Torsion <i>mit</i> . Int. 9 (16,5 cm) Windung gestört, 4 cm Torsion <i>mit</i> . Int. 16 (24 cm) ab 14 cm keine Windung und Torsion, Rest <i>gegen</i> . Int. 21 (22 cm) ab 13 cm keine Windung, Torsion <i>mit</i> , Rest <i>gegen</i> .
59	1,17	3,85	30	4.	Int. 6 (13 cm) ab 8 cm <i>mit</i> . Int. 7 (13,5 cm) <i>mit</i> . Int. 8 (12,5 cm) 8 cm <i>mit</i> , ab 10 cm <i>gegen</i> . Int. 15 (17 cm) ab 11 cm <i>mit</i> . Int. 25 (23,5 cm) ab 13 cm <i>mit</i> bis Int. 29.
63	0,97	3,65	24	7.	Int. 6 (11,5 cm) keine Windung, Torsion <i>mit</i> . Int. 7 (12 cm) Windung schwach, Torsion <i>mit</i> .
66	0,76	4,45	30	5.	Int. 10 (18,5 cm) Windung gestört, ab 15 cm Torsion <i>mit</i> . Int. 25 (20,5 cm) ab 13 cm Torsion <i>mit</i> bis Int. 27 einschließlich

Tabelle 6 (Fortsetzung).

Nr. der Versuchspflanze	Gewicht des Samens in g	Erfafte Länge in m	Zahl der berücksichtigten Internodien	Die Windung beginnt im Internodium	<i>Ausnahmen</i> von der (scheinbaren) antidromen Gewebetorsion
67	0,78	3,30	21	6.	Int. 16 (20 cm) 12 cm keine Windung, dann normal; 5 cm Torsion <i>gegen</i> , 12—14 cm Torsion <i>mit</i> , 6 cm keine Torsion.
75	1,04	3,80	32	6./7.	Int. 8 (10,5 cm) keine Torsion. Int. 9 (12 cm) Torsion <i>mit</i> . Int. 27 (11,5 cm) keine Windung, 8 cm Torsion <i>mit</i> , 3,5 cm keine. Int. 29 (10 cm) keine Windung, Torsion <i>mit</i> .
78	0,75	4,10	44	5.	Int. 6 (11 cm) ab 8—11 cm Torsion <i>mit</i> . Int. 7 (11,5 cm) keine Torsion. Int. 26 (15 cm) 10—15 cm Torsion <i>mit</i> . Int. 27 (11 cm) ab 5 cm keine Torsion. (Int. 35—44 unter 20 mm).

Meist läßt sich an den entsprechenden Stengelabschnitten, die eine Abweichung von der antidromen Torsion aufweisen, auch irgendeine Störung¹ in der Windung erkennen, wenn auch keine Anhaltspunkte für eine bedingende *Ursache* zu finden sind. Doch ist auch das nicht immer der Fall (z. B. bei Nr. 59).

Nicht immer sind die längsten Bohnenpflanzen auch die kräftigsten. Doch sind die wüchsigsten Exemplare der Gruppen A und B auch hier mit etwa 30 Internodien durchschnittlich ungefähr 4 m lang und entsprechen somit den Maximalwerten der Gruppen A und B der *um eine Schnur* windenden.

Die Abb. 8 und 9 veranschaulichen die Wirkung der Art der Stütze auf die Sproßgestaltung: in Abb. 8 sehen wir die „fehlerfreie“ *homodrome* Torsion (*aktive* Torsion aus inneren unbekanntem Gründen) der *um eine Schnur* windenden *Phaseolus*-Pflanze, in Abb. 9 die „fehlerfreie“ *antidrome* Torsion (*passive* Torsion, hervorgerufen durch den mechanischen Widerstand) der *um eine Stütze* windenden Pflanze derselben Art.

Ernte. Am 11. 9. 36 wurde für jede der 4 Gruppen einzeln eine Fruchternte festgestellt: Gruppe I (20 Pflanzen) 4 kg, Gruppe II (20 Pflanzen) 1½ kg, Gruppe III (19 Pflanzen) 1½ kg und Gruppe IV (19 Pflanzen) 2½ kg.

¹ Gemeint ist hier und in der Tabelle 6 mit dieser „Störung“ nicht eine solche des *Windevorganges*, sondern lediglich eine Abweichung im regelmäßigen *Verlauf* der Windungen, also eine nachträgliche Auflösung.

Im Hinblick auf die Art der Versuchsdurchführung hat diese Feststellung keinerlei Beweiskraft, sondern sie kann nur als ein praktischer

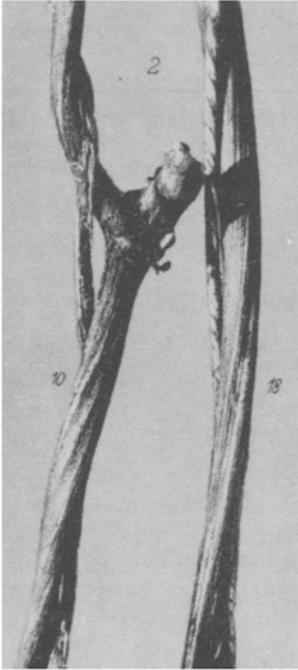


Abb. 8. Die Internodien 10 und 18 der Versuchspflanze Nr. 2 (Serie II, *Phaseolus multiflorus*), aus der Gruppe *um eine Schnur windend*: Gewebetorsion *in der Richtung* der Windung (von oben gesehen — dem Uhrzeiger entgegengesetzt). Lichtbild vom 7. 11. 36.

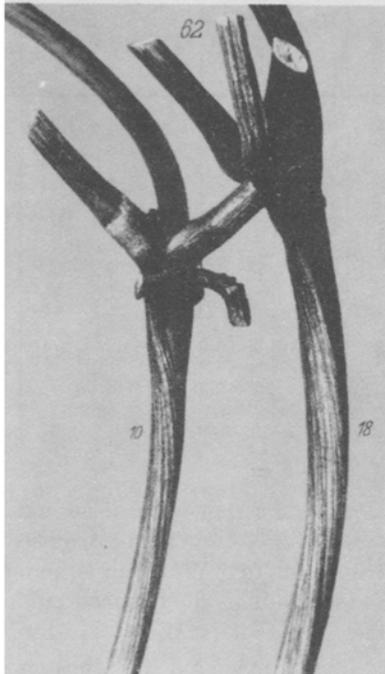


Abb. 9. Die Internodien 10 und 18 der Versuchspflanze Nr. 62 (Serie II, *Phaseolus multiflorus*), aus der Gruppe *um eine Stütze windend* (mittlere Stärke): Gewebetorsion *entgegengesetzt* der Winderichtung (von oben gesehen — *mit* dem Uhrzeiger). Lichtbild vom 7. 11. 36.

Hinweis darauf aufgefaßt werden, daß die um eine Schnur windenden Bohnen denjenigen um eine Stütze windenden in ihrer Leistung nicht nachzustehen scheinen.

Besprechung der Ergebnisse.

Die Pflanzen der Gruppen II, III und IV des II. Versuches, deren äußerlich sichtbarer Faserverlauf *antidrom* erfolgte, sind in Wirklichkeit *untordiert*: Durch die passiven antidromen Torsionen wurden in ihnen die homodromen aktiven Torsionen unterdrückt (Fall A bei GRAD-MANN 1929, S. 191, Abb. 10).

Die Pflanzen der Gruppe I des II. Versuches, deren Faserverlauf *homodrom* erfolgte, besitzen eine aktiv, unter Überwindung des mechanischen Widerstandes tordierte Sproßachse, wie der über die Stütze

hinauswachsende Sproßabschnitt der normal umwindenden; die treibende Kraft sind „innere“, nicht bekannte Wachstumsursachen, die letzten Endes im Lebensträger zu suchen sind.

KOLKWITZ (1895, S. 511) sagt: „Wir kommen jetzt zum Winden um Fäden und Glascapillaren. Wer die hierauf bezügliche Literatur näher kennt, wird wissen, daß gerade über diesen Punkt lebhaftere Erörterungen stattgefunden haben. Schon für die bloße Feststellung der Tatsachen stimmen die Resultate nicht überein. Nach meinen Beobachtungen ist nun ganz sicher, daß in diesem Falle auch homodrome Torsionen eine Rolle spielen.“

Meine Ergebnisse bestätigen voll und ganz die Ansicht von KOLKWITZ. Die rauhe Oberfläche der Kiefernstangen bedingte es, daß die passiven antidromen Torsionen die homodromen aktiven bei den Pflanzen der Gruppen II, III und IV des II. Versuches so stark unterdrücken konnten.

Ist aber die Oberfläche der Stütze glatt, so ist der Widerstand, den die homodromen Torsionen der Sproßachse zu überwinden haben, entsprechend gering, und daher sind häufigere Abweichungen festzustellen, wie es bei den umwindenden Kontrollpflanzen des I. Versuches der Fall war (z. B. Nr. 2 und Nr. 16 des I. Versuches, Tabelle 1).

An den Schnüren dagegen werden die passiven antidromen Torsionen von den aktiven homodromen fast vollkommen überwunden, da die Schnüre keinen Widerstand bieten und die Torsionsbewegung mitmachen.

Die Bedeutung der Oberflächenrauheit der Stütze für das Zustandekommen der (antidromen) Torsionen erkannte schon DARWIN (1876, S. 6), der Schlingpflanzen um glatte Röhren aus Eisen, Glas, gespannte Bindfäden und „gewöhnliche“ rauhe Stäbe winden ließ. Doch fehlte bei ihm die klare Unterscheidung zwischen den passiven und aktiven Torsionen, desgleichen bei DE VRIES (1874, S. 330), der den Schlingpflanzen Glasröhren, gespannte Bindfäden und zylindrische Holzstäbe verschiedener Dicke als Stütze gegeben hatte. Dabei fand DE VRIES (S. 331), „daß zwar, wenn man nur kurze Strecken, einzelne oder nur wenige Internodien beachtet, in diesen meist kaum eine Torsion zu bemerken ist, daß aber bei der Untersuchung längerer Strecken fast überall Torsionen vorhanden sind, auch wenn die Stengel ihren Stützen an allen Punkten angedrückt sind; und zwar kommen fast überall sowohl rechtsläufige als linksläufige Torsionen vor“.

Die grundsätzlich verschiedene Art des Faserverlaufes beim Umwinden von rauhen Stützen und Bindfäden wurde von diesen beiden Forschern nicht erkannt.

Nach SCHWENDENER (1881) sind regelmäßig windende Sproße stets *antidrom* tordiert, homodrom bloß *nicht* windende. Diese Ansicht SCHWENDENERS wird den Tatsachen beim Winden um Bindfäden und Schnüre nicht gerecht und ist daher irrig: ohne Zweifel sind alle Pflanzen

der Gruppe I aus dem II. Versuch *ebenso normal gewunden* wie diejenigen der Gruppen II, III und IV.

Die feste Stütze ist weder für das normale Winden, noch für die vollwertige Wüchsigkeit eine notwendige Bedingung.

„Indirekte“ Kontaktreizbarkeit. PFEFFER (1904, S. 404) weist auf die Beeinflussung der Gesamtentwicklung der Schlingpflanzen durch das Winden hin, wofür die Erfahrungen von SACHS (1887, S. 711) und insbesondere die Beobachtungen von RACIBORSKI (1900, S. 2) an tropischen Kletterern sprechen (Schlingpflanzen aus den Familien der Menispermaceen, Malpighiaceen, Combretaceen u. a.). Für die einheimischen Windepflanzen ist bekannt, daß die Fortentwicklung der Triebe meist sichtlich gehemmt wird, wenn sie von Anfang an keine Stütze finden oder in ihrem weiteren Verlauf eine Stütze entbehren müssen; bei einigen tropischen Kletterern bedingt das Nichtfassen der Sprosse das Kleinbleiben oder das Abwerfen der Blätter und sogar das Absterben des Sproßvegetationspunktes.

PFEFFER (1904, S. 406) macht für diese Hemmung der Entwicklung eine „indirekte“ Kontaktreizbarkeit — den Mangel der Inanspruchnahme einer Stütze — verantwortlich: „Wenn eine solche Kontaktreizbarkeit zumeist bei den typischen Windepflanzen fehlt, so ist damit nicht ausgeschlossen, daß indirekt durch die Berührung mit der Stütze (durch das Anpressen, die Erhaltung der Krümmung usw.) Reizwirkungen ausgelöst werden, die eine gewisse Rolle bei dem Winden spielen. Bei dem Zustandekommen der Windungen und der Circumnutation sind aber immer (trotz des Mangels einer Kontaktreizbarkeit) verschiedene Reizwirkungen beteiligt.“

Von Interesse wäre es nun, diese „indirekte“ Kontaktreizbarkeit einer näheren Analyse zu unterziehen und an einem bestimmten Beispiel die Notwendigkeit ihrer Annahme zu prüfen.

Die *nichtumwindenden* Bohnenpflanzen waren in allen meinen Versuchen weniger wüchsig als die *umwindenden*; dieses trat vor allem in der kräftigeren Ausbildung der Sproßachse bei den letzteren in Erscheinung.

Die einzelnen Momente, die im wesentlichen die „indirekte“ Kontaktreizbarkeit — oder die Inanspruchnahme einer Stütze durch eine Windepflanze — ausmachen dürften, wären

1. das Anpressen (an die Stütze),
2. die Erhaltung der Krümmung,
3. die Unterdrückung der aktiven homodromen Torsionen durch die passiven antidromen.

Vergleichen wir die Entwicklung der Bohne an der *Stange* und an der *Schnur*, so können wir feststellen, daß sowohl das *Anpressen* als auch die *Erhaltung der Krümmung* wohl an der Stange, nicht aber an der Schnur zu beobachten ist.

Auch die Unterdrückung der aktiven homodromen Torsionen durch die passiven antidromen vermag keinen merklichen Einfluß auf die Wüchsigkeit auszuüben; denn dort, wo diese Unterdrückung fehlt, ist die Wüchsigkeit nicht vermindert (beim Umwinden von Schnüren, die Pflanzen der Gruppe I des II. Versuches).

Was hingegen die an Stangen und Schnüren windenden Bohnen von den nichtumwindenden unterscheidet, ist der Mangel eines ausreichenden Berührungskontaktes an nennenswerten Stengeloberflächen bei den letzteren.

Nach STARK (1917) sind die Sproßachsen und Blattstiele von *Phaseolus multiflorus* haptotropisch reizbar, vereinzelt auch die Blütenstandachsen. Die Berührungsreizbarkeit hat STARK bei einer großen Anzahl nichtkletternder und kletternder Pflanzen festgestellt; von Interesse ist der Vergleich der Windepflanzen mit den übrigen (S. 279): „Insgesamt hielten die empfindlichen Arten den unempfindlichen das Gleichgewicht, so daß den nichtkletternden Pflanzen gegenüber ein erheblicher Fortschritt zu verzeichnen ist. Dies trat bei den Experimenten mit Blattstielen in noch klarerer Weise zutage. Der Prozentsatz der haptotropischen Arten steigt hier auf 69% an. Krümmungen traten auch bei Formen auf, bei denen eine Reizung der Sprosse wirkungslos war (*Akebia quinata*, *Wistaria polystachya*, *Ipomoea purpurea*, *Aristolochia elegans*).“

Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß bei einigen Windepflanzen das Winden allein durch die Kontaktreizbarkeit erreicht wird (*Cuscuta* u. a.), hält es STARK für wahrscheinlich, daß bei manchen Windern neben anderen maßgebenden Faktoren auch die Kontaktreizbarkeit „mit im Spiele“ ist.

Wir sehen von der Frage ab, inwiefern bei *Phaseolus multiflorus* die Kontaktreizbarkeit für das Winden von Bedeutung ist; wohl aber spricht hier alles dafür, daß die von STARK (1917) bei *Phaseolus multiflorus* nachgewiesene direkte haptotropische Reizbarkeit für die Wüchsigkeit der ausschlaggebende Faktor ist.

Ein Beweis dafür wäre allerdings noch zu erbringen; denkbar wäre folgende Versuchsanstellung: Berührungsreizung der Sproßachse unter Verhinderung des Umwindens.

Bedeutung der Stütze. SACHS (1882) erzielte ohne Stütze bei *Phaseolus multiflorus* bleibende Windungen. Nach SCHWENDENER (1881) entstehen bleibende Windungen nur mit einer Stütze. Dieser Widerspruch erklärt sich vielleicht daraus, daß SACHS die entstandenen Windungen nicht lange genug beobachtet hat: endgültig fixiert sind sie nur nach dem Erlöschen des Längenwachstums.

Voss (1902, S. 235) sagt unter Hinweis auf WORTMANNs Feststellungen (1886 a, b): „Noch vor Ablauf des Längenwachstums werden die einzelnen Stengelabschnitte vollständig gerade gestreckt und vertikal aufwärts gerichtet, wie die Internodien eines negativ geotropischen Sprosses.“

Die Ergebnisse des I. Versuches vorliegender Arbeit bestätigen diese Auffassung, die übrigens schon DE VRIES (1874, S. 326) klar zum Ausdruck bringt. Die Stütze spielt also für die *Erhaltung* der Windungen zweifellos eine wichtige Rolle.

Dagegen muß betont werden, daß ihre Bedeutung für das *Zustandekommen* der Windungen nicht in der von SCHWENDENER aufgefaßten Rolle (als Objekt der Greifbewegungen) erblickt werden kann; außer Lateralgeotropismus und Autotropismus dürfte die von STARK (1917) nachgewiesene Berührungreizbarkeit nicht bedeutungslos sein: neben dem Haptotropismus liegt allem Anschein nach eine entscheidende *direkte* Beeinflussung der *Wüchsigkeit* durch die Berührung vor, und auf diesem Umwege über die Wüchsigkeit auch wieder des gesamten Reaktionsvermögens der Pflanze.

Ergebnisse.

1. Die Sproßachse der *nichtumwindenden*, gestützten *Phaseolus multiflorus*-Pflanzen streckt sich letzten Endes schnurgerade vertikal aufwärts und weist starke homodrome Torsionen auf; alle *nichtumwindenden* Pflanzen waren schwächer als die umwindenden Kontrollpflanzen.

2. Zur Kennzeichnung der *Torsionsintensität* dient der Drehungswinkel des Sproßachsenquerschnittes pro Längenzentimeter.

3. Die um glatte gestrichene Eisenstangen windenden *Phaseolus multiflorus*-Pflanzen wiesen sowohl antidrome als auch homodrome Gewebetorsionen der Sproßachse auf.

4. Die um gespannte Schnüre windenden *Phaseolus multiflorus*-Pflanzen hatten ohne oder mit geringfügigen Ausnahmen *homodrome* Gewebetorsionen der Sproßachse (aktive Torsionen).

5. Die um ungeschälte Kiefernstangen von 1,5—2,5 Zoll Durchmesser und von 4,50—6,15 m Länge windenden *Phaseolus multiflorus*-Pflanzen weisen mit oder ohne Ausnahmen *antidrome* Gewebetorsionen auf (passive Torsionen).

6. Der Wüchsigkeit nach konnte zwischen den um ungeschälte Kiefernstangen und um Schnüre windenden Pflanzen kein Unterschied festgestellt werden.

7. Weder für das normale Winden noch für die vollwertige Wüchsigkeit ist die *feste* Stütze bei *Phaseolus multiflorus* eine notwendige Bedingung.

8. Die Notwendigkeit der Annahme einer „indirekten“ Kontaktreizbarkeit (PFEFFER 1904) (= Inanspruchnahme einer Stütze) als Ursache der Vollwüchsigkeit der Windepflanzen ist für *Phaseolus multiflorus* nicht einzusehen; vielmehr spricht alles dafür, daß die von STARK (1917) bei *Phaseolus multiflorus* nachgewiesene *direkte* Berührungreizbarkeit den für die Entwicklung maßgebenden Einfluß ausübt.

Herrn Professor Dr. F. TOBLER danke ich verbindlichst für die freundliche Genehmigung zur Benutzung der Bibliothek des Botanischen Institutes der Technischen Hochschule Dresden.

Die gärtnerische Pflege der Pflanzen besorgte beim I. Versuch der Gärtner K. Reinhardt, beim II. Versuch Gartenbauinspektor R. Zimpel.

Literatur.

Ambross, H.: Zur Mechanik des Windens. Ber. Verh. sächs. Ges. Wiss., Math.-physik. Kl. I u. II, 1884/85. — **Darwin, Ch.:** Die Bewegungen und Lebensweise der kletternden Pflanzen. Deutsch von Carus. Stuttgart 1876. — **Gradmann, H.:** Passive Torsionen bei Keimlingen, Ranken und Windepflanzen. Jb. Bot. 66 (1927). — Die Lateralwirkung bei den Windepflanzen. Jb. Bot. 68 1928. — Das Winden und Ranken der Pflanzen. Erg. Biol. 5 (1929). — **Kolkwitz, R.:** Beiträge zur Mechanik des Windens. Ber. dtsch. bot. Ges. 13 (1895). — **Mohl, H.:** Über den Bau und das Winden der Ranken und Schlingpflanzen. Tübingen 1827. — **Nienburg, W.:** Die Nutationsbewegungen junger Windepflanzen. Flora (Jena) 102 (1911). — **Pfeffer, W.:** Pflanzenphysiologie, Bd. 2, 2. Aufl. 1904. — **Raciborski, M.:** Über die Vorläuferspitze. (Beiträge zur Biologie des Blattes.) Flora (Jena) 87 (1900). — **Rawitscher, F.:** Beiträge zum Windeproblem. Z. Bot. 16 (1924). — **Sachs, J.:** Notiz über Schlingpflanzen. Arb. bot. Inst. Würzburg, 2 (1882). — Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, 2. Aufl. 1887. — **Schwendener, S.:** Über das Winden der Pflanzen. Mber. kgl. Akad. Wiss. Berlin 1881. — **Stark, P.:** Experimentelle Untersuchungen über das Wesen und die Verbreitung der Kontaktreize. Jb. Bot. 57 (1917). — **Voss, W.:** Neue Versuche über das Winden des Pflanzenstengels. Bot. Ztg. 60 (1902). — **Vries, H. de:** Zur Mechanik der Bewegungen von Schlingpflanzen. Arb. bot. Inst. Würzburg, 1 (1874). — **Wortmann, J.:** (a) Theorie des Windens. Bot. Ztg. 44 (1886). — (b) Über die Natur der rotierenden Nutation der Schlingpflanzen. Bot. Ztg. 44 (1886).
