

IV.

**Längenwachsthum der Ober- und Unterseite horizontalgelegter sich
aufwärts krümmender Sprosse.**

Von

Dr. Julius Sachs.

In meinem Handbua der Experimentalphysiologie der Pflanzen (1865. p. 507—509) habe ich gezeigt, dass die Aufwärtskrümmung horizontal (oder schief) gelegter Sprosse auf verschiedenem Längenwachsthum der Ober- und Unterseite beruht, dass die Gewebeschichten der unteren, convex gewordenen Seite nach vollständiger Isolirung länger sind und bleiben, als die gleichnamigen Gewebeschichten der concaven Oberseite. — Für die Theorie der Aufwärtskrümmung ist es aber wichtig, nicht bloss das Wachsthumverhältniss der Ober- und Unterseite unter sich zu kennen, sondern auch zu wissen, wie sich das Wachsthum beider Seiten verhält zu dem Wachsthum derselben Gewebeschichten im normalen aufrechten Zustande; mit anderen Worten, es ist die Frage zu lösen, ob durch die horizontale (oder schiefe) Lage eines sonst aufrecht wachsenden Sprosses, das Wachsthum auf der Unterseite absolut beschleunigt, auf der Oberseite absolut verlangsamt wird? — Meine im Sommer 1870 und im Frühjahr 1871 gemachten Untersuchungen haben diese Frage vollständig und ausnahmslos bejaht und ausserdem neue Thatsachen für die Theorie der Aufwärtskrümmung ergeben.

Die Versuche wurden einerseits an solchen Stengeln gemacht, bei denen das wachsende und daher der Aufwärtskrümmung fähige Stück eine beträchtliche Länge besitzt, anderseits mit den Halmen von Gramineen, wo die Fähigkeit der Aufwärtskrümmung auf die als Knoten bezeichneten kurzen Querzonen beschränkt ist.

I. Versuche mit Stengeln, deren krümmungsfähiger Theil eine beträchtliche Länge (5—20 Ctm.) besitzt. Von im Freien kräftig vegetirenden Pflanzen wurden eine grössere Zahl senkrecht aufwärts wachsender Sprosse von möglichst gleicher Höhe und Dicke, überhaupt von gleichem Aussehen, sehr sorgfältig ausgesucht und abgeschnitten,

die Blätter dicht am Stengel weggenommen und die Terminalknospe samt den obersten, noch sehr jungen Internodien entfernt. Diese Stammstücke wurden sodann sämtlich gleich lang gemacht und nun in vier Gruppen von gleicher Anzahl sortirt; auch diese Sortirung muss sehr sorgfältig geschehen. Die Stengelstücke der ersten Gruppe werden sofort analysirt, d. h. es werden von ihnen Rindenstreifen und Markstreifen mittels eines scharfen Messers hergestellt und jeder Streifen sogleich gemessen, in den folgenden Tabellen sind die Längen in der mit „frisch“ überschriebenen Columne enthalten. — Die Stücke der zweiten Gruppe werden in einen geräumigen, mit Deckel gut verschliessbaren Zinkkasten eingeschlossen; der Boden desselben ist mit feuchtem Sand bedeckt, der an einer Seite wallartig aufgehäuft ist; in diesen Sandwall werden die Stücke mit ihrem dickeren Ende horizontal so eingesteckt, dass sie frei schweben. Die Längen nach der Aufwärtskrümmung der Gewebestreifen dieser Gruppe sind in den Tabellen in der Columne eingetragen, die mit „horizontal gelegt“ oder „frei horizontal“ überschrieben ist. — Die Stengelstücke einer dritten Gruppe werden horizontal in den Sand des Kastens gelegt, mit einer 4–5 Ctm. dicken Lage feuchten Sandes bedeckt, auf diesen eine Glasplatte gelegt und diese mit Gewichten beschwert, um die Aufwärtskrümmung zu verhindern; in anderen Fällen werden die Stengel in offene Glasröhren von grade hinreichender Weite vollständig eingeschoben und horizontal auf den Sand gelegt, um auf diese Weise die Aufwärtskrümmung zu verhindern, in den Tabellen ist diess mit „horizontal unter Sand“ oder „Im Glasrohr“ bezeichnet. — Eine vierte Gruppe von Stengelstücken wird in einen Glaszylinder gestellt, dessen Boden mit feuchtem Sand bedeckt ist; sie stehen darin nicht vollständig senkrecht, sondern etwas schief, an die Glaswand gelehnt; der Cylinder wird oben bedeckt und in einen finstern Raum neben dem Zinkkasten gestellt; die Längen der Gewebestreifen dieser Gruppe finden sich in den Tabellen unter der Aufschrift „aufrecht“ oder „schief aufrecht.“

Nachdem an den „frei horizontal liegenden“ Stücken im Zinkkasten eine kräftige Krümmung eingetreten war, wurden sämtliche Stücke aller Gruppen in der oben angegebenen Weise analysirt, die Längen der Gewebestreifen auf einem glatten Papier mit parallelen Horizontallinien angezeichnet und dann gemessen. 1) Tabelle 4 giebt über die Einzelheiten die nöthige Auskunft, bei den anderen Tabellen sind immer nur die Mittelzahlen aufgeführt.

1) Da die Zerlegung der sämtlichen Sprosse eines Versuchs oft mehr als eine Stunde in Anspruch nimmt, so darf nicht eine Gruppe nach der andern analysirt werden; ich verfuhr vielmehr so, dass der Reihe nach ein Spross der ersten, zweiten, dritten, vierten Gruppe, dann ebenso ein zweiter Spross jeder Gruppe u. s. w. vorgenommen wurde; so vertheilt sich die Zeit der Untersuchung auf die einzelnen Gruppen gleichmässig genug.

Als „Rinde“ gilt im Allgemeinen eine Gewebeschicht, die sich leicht mit einem Zug des Messers, zwischen ihr und dem tieferen Gewebe hingeführt, ablösen lässt.

4.

Paeonia decora

14.—15. März. Dauer 17 Stunden.

Stengelstücke aus je drei Internodien bestehend; sämtlich 165 lang abgeschnitten.

Länge der Gewebestreifen in Millimetern.

Gewebestreifen.	frisch.	nach 17 Stunden.	
		horizontal gelegt.	schief aufrecht gestellt.
concave Rinde	164,5	167,3	171,8
	165,6	168,0	170,5
	164,4	166,0	170,8
Mittel	164,8	167,1	171,0
concaves Mark	167,0	180,0	179,8
	167,5	179,2	179,1
	167,5	179,0	178,0
Mittel	167,3	179,4	178,9
convexes Mark	166,5	185,0	180,5
	167,5	184,0	179,0
	167,4	183,5	179,0
Mittel	167,1	184,1	179,5
convexe Rinde	163,2	181,5	174,8
	163,6	180,5	172,5
	164,5	181,5	172,6
Mittel	163,7	181,1	173,3

Nimmt man von den frischen Stücken die mittlere Länge von oberer und unterer Rinde, oberem und unterem Mark, nämlich

$$\text{Rinde} = 164,2 \text{ Mill.}$$

$$\text{Mark} = 167,2 \text{ Mill.}$$

und zieht man diese von den Rinden und Marklängen der beiden letzten Columnen ab, so erhält man die

Zuwachse in Millimetern.

Gewebestreifen.	horizontal gelegt.	schief aufrecht.
concave Rinde	2,9	6,8
concaves Mark	12,2	11,7
convexes Mark	16,9	12,3
convexe Rinde	16,9	9,4

Die horizontalgelegten Stücke hatten sich mit einem Krümmungsradius von 10—11 Ctm. so aufwärts gekrümmt, dass das freie Ende senkrecht aufwärts stand.

2.

Cimicifuga foetida

31. Mai—1. Juni 1870; Dauer 24 Stunden.

Die Stengelstücke bestanden aus je zwei Internodien und wurden sämtlich 252 Mill. lang gemacht.

Die Zahlen sind Mittel aus je zwei gleichbehandelten Stengelstücken.

Längen der Gewebestreifen in Millimetern.

Gewebestreifen.	frisch.	horizontal gelegt.		schief aufrecht.
		frei liegend.	unter Sand.	
concave Rinde	257,0	257,5	257,3	273,0
concaves Mark	257,2	276,5	274,5	286,7
convexes Mark	257,2	283,0	275,0	287,7
convexe Rinde	254,0	277,5	268,3	275,0

Zuwachslängen in Millimetern binnen 24 Stunden.

Gewebestreifen.	horizontal gelegt.		schief aufrecht.
	frei liegend.	unter Sand.	
concave Rinde	6,5	6,3	22,0
concaves Mark	49,5	44,3	29,0
convexes Mark	25,8	47,8	30,5
convexe Rinde	26,5	47,3	24,0

Der krümmungsfähige Theil lag etwas vor der Mitte der Sprossstücke; bei den frei horizontal gelegten Stücken war das vordere freie Ende vollständig aufgerichtet, etwas zurückgeneigt. der Krümmungsradius ¹⁾ der am stärksten gekrümmten Stellen betrug 5,5 Ctm., die Krümmung selbst über 100 Bogengrade. — Bei den unter Sand liegenden war, nach dem Herausnehmen der Krümmungsradius c. 15 Ctm., die Krümmung selbst c. 45 Bogengrade. — Sowohl bei den frei, wie unter Sand horizontal gelegenen Stücken blieb nach der Spaltung die untere Hälfte aufwärts gekrümmt.

¹⁾ Die Krümmung wurde auf einem System concentrischer Kreise von bekannten Radien gemessen.

3.

Sida Napaea.

1.—2. Mai 1870; Dauer 20 Stunden.

Die Stengelstücke bestanden aus je 6—7 Internodien und waren sämtlich 300 Mill. lang abgeschnitten.

Die Zahlen sind Mittel aus je 4 Exemplaren.

Längen der Gewebestreifen in Millimetern.

Gewebestreifen.	frisch.	horizontal gelegt.		schief aufrecht.
		frei liegend.	unter Sand.	
concave Rinde	298,0	310,5	305,4	318,8
concaves Mark	308,8	337,5	327,4	344,5
convexes Mark	308,8	342,9	327,6	342,0
convexe Rinde	298,0	328,2	312,1	319,6

Zuwachslängen in Millimetern binnen 24 Stunden.

Gewebestreifen.	horizontal gelegt.		schief aufrecht.
	frei liegend.	unter Sand.	
concave Rinde	12,5	7,4	20,8
concaves Mark	28,7	18,3	32,7
convexes Mark	34,4	18,8	33,2
convexe Rinde	30,2	14,4	21,6

Die horizontal frei liegenden Stücke hatten unterhalb ihrer Mitte eine Krümmung von circa 90 Bogengraden bei einem Krümmungsradius von ungefähr 6 Ctm. angenommen, der hintere und vordere Theil jedes Stückes war grade geblieben; nach dem Spalten behielt die convexe Hälfte eine beträchtliche Krümmung aufwärts. — Die unter Sand gelegenen Sprosse schnellten nach Beseitigung der Belastung empor und zeigten in ihrem mittleren Stück eine Krümmung von circa 35 Bogengraden bei 2½ Ctm. Krümmungsradius.

4.

Epilobium hirsutum.

4.—5. Juni 1870; Dauer 24 Stunden.

Die Stengelstücke sämtlich 245 Mill. langgeschnitten.

Die Zahlen sind Mittel aus je zwei Stücken.

Länge der Gewebestreifen in Millimetern.

Gewebestreifen.	frisch.	horizontal gelegt.		aufrecht.
		frei horizontal.	in Sand.	
concave Rinde	243,8	247,2	246,0	249,7
concaves Mark	252,8	256,8	256,0	261,2
convexes Mark	252,8	260,7	257,2	261,2
convexe Rinde	243,8	257,5	250,5	249,7

Zuwachslängen in Millimetern.

Gewebestreifen.	horizontal gelegt.		aufrecht.
	frei horizontal.	unter Sand.	
concave Rinde	3,4	2,2	5,9
concaves Mark	4,0	3,2	8,4
convexes Mark	7,9	4,4	8,4
convexe Rinde	13,7	6,7	5,9

5.

Epilobium hirsutum.

9.—10. Juni 1870, 24 Stunden Versuchsdauer.

Stengelstücke von 5—6 Internodien, sämtlich 300 Mill. lang; die Zahlen sind Mittel aus je 3 Exemplaren.

Längen der Gewebestreifen in Millimetern.

Gewebestreifen.	frisch.	horizontal gelegt.		schief aufrecht.
		frei horizontal.	im Glasrohr.	
concave Rinde	298,0	299,0	300,0	301,5
concaves Mark	305,0	311,5	311,0	310,0
convexes Mark	305,0	313,7	311,7	310,0
convexe Rinde	298,0	318,0	304,2	302,0

Zuwachslängen in Millimetern.

Gewebestreifen.	horizontal gelegt.		schief aufrecht.
	frei hori- zontal.	im Glas- rohr.	
concave Rinde	4,0	2,0	3,5
concaves Mark	6,5	6,0	5,0
convexes Mark	8,0	6,0	5,0
convexe Rinde	11,0	7,2	4,0

Die frei horizontal gelegten Stücke waren im 3. Viertel ihrer Länge (von hinten) in einem Bogen von 90° aufwärts gekrümmt; die aus den Glasröhren herausgezogenen schnellten ein wenig aufwärts und behielten eine schwache Krümmung.

6.

Staphylea pinnata.

6.—7. Juni 1870; Dauer 24 Stunden.

Die Sprossabschnitte bestanden aus je zwei Internodien und waren 220 Mill. lang gemacht. — Die Zahlen sind Mittel aus je zwei Exemplaren.

Längen der Gewebestreifen in Millimetern.

Gewebestreifen.	frisch.	horizontal gelegt.		aufrecht.
		frei hori- zontal.	im Glas- rohr.	
concave Rinde	217,5	219,5	220,8	221,5
concaves Mark	236,2	236,8	238,5	243,0
convexes Mark	236,2	240,7	240,2	238,0
convexe Rinde	217,5	228,0	224,2	220,0

Zuwachslängen in Millimetern.

Gewebestreifen.	horizontal gelegt.		aufrecht.
	frei hori- zontal.	unter Sand.	
concave Rinde	2,0	3,3	4,0
concaves Mark	0,6 (?)	2,3	8,8
convexes Mark	4,5	4,0	4,8
convexe Rinde	10,5	6,7	2,5 (?)

Die Krümmung der frei liegenden Stücke erfolgte im vorderen Viertel ihrer Länge und war weniger als 90°; diess, der geringe Zuwachs

und die Schwierigkeit der Trennung der Gewebestreifen bedingt einzelne Unsicherheiten der Messungsergebnisse (vergl. Tabelle rechts unten).

7.

Ambrosia trifida.

16.—17. Juni 1870; Dauer 20 Stunden.

3 Sprossabschnitte von je 3—4 Internodien, 268 Mill. lang gemacht. Jede Zahl giebt die Länge des Gewebestreifens von nur einem Spross.

Längen der Gewebestreifen.

Gewebestreifen.	frisch.	hori- zontal.	aufrecht.	Zuwachs in Mill.	
				hori- zontal.	aufrecht.
concave Seite	Rinde 265	270	282	5	47
	Holz 265	272	283	7	48
	Mark 283	297	304	14	21
convexe Seite	Mark 283	297	304	14	21
	Holz 265	283	283	18	18
	Rinde 265	285	282	20	17

Der horizontal gelegte Spross hatte sich im vorderen Drittel seiner Länge aufrecht gekrümmt.

8.

Helianthus argyrophylla.

20.—21. Juni 1871; Dauer 19 Stunden.

Die 237 Mill. lang geschnittenen Sprossabschnitte bestanden aus 3—4 Internodien; vor dem Versuch, d. h. bevor ihnen genannte Länge gegeben wurde, hatten die Sprosse eine Stunde im Wasser gelegen.

Die Zahlen sind Mittel aus je drei Exemplaren.

Längen der Gewebestreifen.

Gewebestreifen.	frisch.	hori- zontal im Glasrohr.	aufrecht.	Zuwachse	
				hori- zontal im Rohr.	aufrecht.
concave Seite	Rinde 235,2	238,8	244,7	3,6	9,5
	Mark 254,5	255,8	263,8	4,3	9,3
convexe Seite	Mark 254,0	256,3	264,8	2,3	10,8
	Rinde 237,5	244,3	248,3	6,8	10,8

Die horizontal in den Glasröhren gelegenen Stücke krümmten sich bei dem Herausziehen aus denselben aufwärts; die aufrecht gestellten zeigten Nutationen nach verschiedener Richtung seitwärts.

9.

Ailanthus glandulosa.

22.—23. Juni 1870; Dauer 17 Stunden

Von sehr kräftigen Wurzelschösslingen, die vorher eine halbe Stunde im Wasser gelegen hatten, wurden Stücke aus 4—5 Internodien bestehend in der Länge von 262 Mill. abgeschnitten.

Die Zahlen sind Mittel aus je drei Exemplaren.

Längen der Gewebestreifen in Millimetern.

Gewebestreifen.	frisch etwas ge- krümmt.	horizontal gelegt.		schief aufrecht.
		frei lie- gend.	im Glas- rohr.	
concave Rinde	258,7	264,0	266,0	268,3
concaves Mark	275,7	284,7	283,0	284,7
convexes Mark	276,2	289,3	284,0	285,7
convexe Rinde	259,0	278,5	271,3	271,0

Zuwachslängen in Millimetern.

Gewebestreifen.	horizontal gelegt.		schief aufrecht.
	frei hori- zontal.	im Glas- rohr.	
concave Rinde	5,3	8,3	9,6
concaves Mark	9,0	7,3	9,0
convexes Mark	13,1	7,8	9,5
convexe Rinde	19,5	12,3	12,0

Die frei horizontal gelegten richteten sich in einem Bogen von circa 120° auf mit einem Krümmungsradius von circa 90 Ctm. — Die schief aufrechten und aus den Glasröhren hervorgezogenen waren sehr schwach gekrümmt.

10.

Inula Helenium.

29. Juni—1. Juli 1871; Dauer 48 Stunden.

Je 5—7 Internodien umfassende Stücke wurden 185 Mill. lang gemacht.

Die Zahlen sind Mittel aus je zwei Exemplaren.

Längen der Gewebestreifen in Millimetern.

Gewebestreifen.	frisch.	horizontal gelegt.		schief aufrecht.
		frei lie- gend.	im Glas- rohr.	
concave Rinde	184,0	186,0	186,6	189,0
mittleres Mark	193,0	201,0	200,0	201,0
convexe Rinde	184,0	197,0	196,5	191,0

Zuwachslängen in Millimetern.

Gewebestreifen.	frei lie- gend.	horizontal gelegt.		schief aufrecht.
		frei lie- gend.	im Glas- rohr.	
concave Rinde	2,0	2,5	5,0	
mittleres Mark	8,0	7,0	8,0	
convexe Rinde	13,0	12,5	7,0	

Die aus den Glasröhren genommenen Stücke krümmten sich fast eben-
so stark wie die horizontal frei gelegenen, in einem Bogen von etwa 45° .

41.

Clematis recta.

14.—16. April 1871; Dauer 48 Stunden.

Je drei Internodien umfassende Stücke wurden 141 Mill. lang gemacht.
Die Zahlen sind Mittel aus je drei Exemplaren.

Längen der Gewebestreifen in Millimetern.

Gewebestreifen.	frisch.	horizontal gelegt.		schief aufrecht.
		frei lie- gend.	im Glas- rohr.	
concave Rinde	139,7	141,2	141,9	143,4
concaves Mark	142,9	148,4	147,8	149,8
convexes Mark	142,9	150,0	149,4	150,2
convexe Rinde	139,7	145,4	144,0	139,7

Zuwachslängen in Millimetern.

Gewebestreifen.	frei lie- gend.	horizontal gelegt.		schief aufrecht.
		frei lie- gend.	im Glas- rohr.	
concave Rinde	4,5	2,2	3,7	
concaves Mark	5,5	4,9	6,9	
convexes Mark	7,4	6,2	7,3	
convexe Rinde	5,7	4,3	4,8	

Die frei horizontal gelegten Stücke bildeten am vorderen Drittel einen Bogen von 40° , bei circa 8 Ctm. Krümmungsradius; die aus dem Rohr genommenen waren nur wenig, mit einem Radius von 14 Ctm. gekrümmt.

12.

Scrophularia orientalis.

22.—24. April 1871; Dauer 46 Stunden.

Von sehr kräftigen Sprossen (eines Wurzelstockes) wurden Stücke von 3—4 Internodien 172 Mill. lang geschnitten.

Die Zahlen sind Mittel aus je drei Exemplaren.

Längen der Gewebestreifen in Millimetern.

Gewebestreifen.	frisch.	hori- zontal gelegt.	untere 60° schief aufrecht.
concave Rinde	470,5	472,7	474,2
concaves Mark	476,6	483,8	484,1
convexes Mark	476,3	485,7	486,2
convexe Rinde	469,5	482,7	480,4

Zuwachslängen in Millimetern.

Gewebestreifen.	hori- zontal.	schief aufrecht.
concave Rinde	2,7	4,2
concaves Mark	7,4	7,7
convexes Mark	9,3	10,8
convexe Rinde	12,7	10,4

Die horizontal gelegten hatten sich beinahe der ganzen Länge nach gekrümmt; Krümmungsradius ungefähr 11 Ctm., Bogen fast 90° ; — die schief aufrechten vorwiegend im unteren Drittel gekrümmt mit ungefähr 15 Ctm. Radius.

Aus den 12 Tabellen ist Folgendes zu entnehmen:

1) Bei der Aufwärtskrümmung eines frei horizontal gelegten Sprosses wächst von je zwei gleichnamigen Gewebestreifen immer der der unteren, convexen Seite stärker, der der oberen, concaven Seite schwächer als die gleichnamigen Gewebestreifen eines aufrechten Sprosses in derselben Zeit.

2) Die Längendifferenz zwischen oberer Rinde und oberem Mark wird in der horizontalen Lage grösser als die Längendifferenz zwischen der

unteren Rinde und dem unteren Mark; es spricht sich diess bei Halbierung des gekrümmten Sprosses senkrecht zur Krümmungsebene darin aus, dass die concave Hälfte noch mehr concav, die convexe Hälfte weniger convex grade, oder selbst aufwärts concav wird; durch das Wachstum in horizontaler Lage wird also die Spannung der Gewebe auf der oberen, concaven Seite verstärkt, auf der unteren, convexen vermindert.

3) Wird ein horizontal gelegter Spross durch Bedeckung mit Sand und Belastung oder durch Einschliessung in eine Glasröhre an der Aufwärtskrümmung gehindert, so tritt bei Befreiung von dem Hinderniss sofort eine Aufwärtskrümmung ein, die aber viel schwächer ist als bei gleichen, frei horizontal gelegten Sprossen in derselben Zeit. — Die Differenzen im Längenzwachstum der einzelnen Gewebestreifen eines solchen Sprosses sind der Art nach denen eines frei aufwärts gekrümmten gleich, der Quantität nach geringer, der geringeren Aufwärtskrümmung entsprechend. — Die Thatsache, dass ein horizontal gelegter und an der Aufwärtskrümmung gehinderter Spross bei der Befreiung von dem Hinderniss sofort emporschnellt, zeigt, dass auch in der erzwungenen graden Lage die Ursachen der Aufwärtskrümmung thätig sind; die Thatsache aber, dass die Krümmung eines solchen Sprosses viel geringer ist als bei einem horizontalen, der sich frei aufrichten kann, zeigt ferner, dass die Ursachen der Aufwärtskrümmung in einem unbeweglich gemachten Spross nicht zur vollen Geltung kommen; mit anderen Worten, die Beweglichkeit eines frei horizontal gelegten Sprosses ist eine der Ursachen, welche die Beschleunigung des Wachstums auf der Unterseite und die Verminderung desselben auf der Oberseite begünstigen.

II. Versuche mit Grashalmen (*Triticum*, *Dactylis glomerata*, *Glyceria spectabilis*, *Andropogon niger*, *Zea Mais*). Die Internodien der Gräser verlängern sich intercalär an ihrer Basis über dem Diaphragma, welches die Hohlräume zweier über einander stehender Glieder trennt; diese Stelle des Stengels ist von einer ringförmigen, polsterartigen Aufschwellung der Basis der Blattscheide dicht umhüllt, diese allein bildet den äusserlich wahrnehmbaren Knoten. Oberhalb der Knoten eines aufrechten Halmes, soweit derselbe entfaltete Blätter besitzt, wachsen die Internodien sowie die Blattscheiden nicht mehr; steckt man ein Stück eines solchen Halmes frei horizontal schwebend in feuchten Sand innerhalb eines Zinkkastens, wo feuchte Luft und tiefe Finsterniss herrschen, so bleiben die Internodien und Blattscheiden grade, der Knoten aber bildet nach 2, 3, 4 Tagen ein scharfes Knie, so dass das freie Ende des Halmstückes emporgerichtet wird, meist unter einem spitzen Winkel mit dem Horizont, zuweilen vertical. Die Krümmung vollzieht sich allein in der Querzone, welche äusserlich durch die Anschwellung der Scheidenbasis bezeichnet ist. Vergleicht man einen solchen gekrümmten Knoten mit einem gleich alten nicht gekrümmten, so nimmt man ohne Weiteres wahr, dass die

convexe
der aufre
das Halb
sich nicht
Seite abv
und zwä
stück als
des erste
bliebenen
der Unte
stück in
der Krü
aufwärts
erschöpft
Besit
Knotens
convexe
scheinen
letzteres
unter de
bloss vo
gebildet.
behaart,
weit aus
gedrängt
Aus
gewöhnli
am Rand
die Ober
als ob
Querzone
sowohl v
Knotens
dem star
seite ver
scheint,
nicht sel
ich eine
mit Blei
nun unt
Seiten g
geschrie
zontal n

convexe untere Seite desselben viel stärker gewachsen, verlängert ist, als der aufrecht gebliebene Knoten, nicht selten 3—5mal so stark. Hatte man das Halmstück so lange horizontal stecken lassen, bis die Aufkrümmung sich nicht weiter verstärkte, und dreht es dann um, so dass die concave Seite abwärts liegt, dann wächst in den nächsten Tage auch diese stärker und zwar so lange, bis der Knoten oben und unten gleich lang, das Halmstück also grade ist; der Knoten ist nun ringsum so lang, wie am Ende des ersten Versuchs die Unterseite, also viel länger als ein aufrecht gebliebener Knoten. Es zeigt diess auch, dass das verstärkte Wachsthum der Unterseite des Knotens eine Grenze hat; denn hatte man das Halmstück in der ersten Lage so lange belassen, bis keine weitere Verstärkung der Krümmung eintrat, so krümmt er sich in der zweiten Lage nicht mehr aufwärts, sondern er wird nur grade, das Längenwachsthum ist damit erschöpft.

Besichtigt man die Ober- und Unterseite eines stark gekrümmten Knotens mit blossem Auge oder mit der Lupe, so bemerkt man, dass die convexe Seite des ringförmigen Scheidenpolsters glatt, glänzend, durchscheinend ist; dagegen erscheint die concave Oberseite dunkel, opak, rau; letzteres rührt von sehr feinen Querfalten her, welche auf dem Längsschnitt unter dem Mikroskop deutlich und zahlreich hervortreten: sie werden nicht bloss von der Epidermis, sondern auch dem unterliegenden Parenchym gebildet. Ist die Oberfläche des Knotenpolsters, wie bei *Andropogon niger*, behaart, so bemerkt man die Haare auf der convexen, verlängerten Seite weit aus einander gertickt, auf der kurzen concaven Seite dicht zusammengedrängt.

Ausser der Querfältelung zeigt die Oberseite gekrümmter Grasknoten gewöhnlich noch eine querliegende Einknickung, bald in der Mitte, bald am Rand des Knotens. Beide Erscheinungen führen zu dem Schluss, dass die Oberseite bei der Aufwärtskrümmung passiv zusammengedrückt wird, als ob man das Halmstück an beiden Enden gefasst hätte und es in der Querzone des Knotens krümmen und knicken wollte. Dieses Verhalten sowohl wie auch die augenscheinliche sehr geringe Länge des gekrümmten Knotens auf der Oberseite brachten mich auf den Gedanken, es könne mit dem starken Wachsthum der Unterseite gradezu eine Verkürzung der Oberseite verbunden sein, eine Vermuthung, die sich vollkommen zu bestätigen scheint, obgleich die hier möglichen Messungen nach Maassgabe des Objects nicht sehr genau sein können. Zur Messung der Knotenflächen verwendete ich einen schmalen Papierstreifen, an dessen Rand eine Millimetertheilung mit Bleistift angebracht war; die Knoten verschiedener Halmstücke wurden nun unmittelbar nach dem Abschneiden damit auf zwei gegenüber liegenden Seiten gemessen, indem das Papier dicht aufgelegt wurde; die Längen aufgeschrieben und dann das Halmstück mit der einen gemessenen Seite horizontal nach unten, mit der andern also nach oben gelegt. Als nach einigen

Tagen die Krümmung bedeutend geworden war, wurde die Ober- und Unterseite wieder mit dem Papierstreifen gemessen und Sorge getragen, dass dieser sich überall der concaven Seite anschmiegte. Da die Grenze des Knotens oben und unten (bezüglich der vertikalen Pflanze) nicht immer scharf ist, so wurde sie anfangs durch einen feinen Tuschestrich markirt. Bei diesem Verfahren findet man in der That eine Verkürzung der Oberseite an dem gekrümmten Knoten, die so bedeutend ist, dass ich sie trotz der unvollkommenen Messungsmethode doch nicht für einen Irrthum halten kann. Diese Versuche wurden mit Halmstücken von dünnstengeligen Cinquantinomais und von dickstämmigem Pferdezahnmals gemacht; die Pflanzen waren etwa 1—1,5 Meter hoch, die männlichen Blüthen soeben oder noch nicht zum Vorschein gekommen. Der kleinere Durchmesser des (im Querschnitt elliptischen) Knotens, der bei der horizontalen Lage aufrecht stand, betrug bei der dünnstämmigen Varietät 10—12 Mill., bei der anderen 26—30 Mill.

Cinquantinomais.

Halmstücke mit einem Knoten in der Mitte; vom 21.—27. Juli 1871 in feuchtem finstern Raum horizontal in Sand gesteckt.

Länge des Knotens
vor nach der Krümmung.

No. I.

Oberseite — 4,3 Mill.—2,5 Mill.
Unterseite — 4,1 „ —9,0 „

No. II.

Oberseite — 4,0 „ —3,0 „
Unterseite — 5,0 „ —11,0 „

No. III.

Oberseite — 5,0 „ —4,5 „
Unterseite — 5,0 „ —12,5 „

Pferdezahnmals (ebenso behandelt).

No. IV.

Oberseite — 3,6 Mill.—3,0 Mill.
Unterseite — 4,0 „ —16,0 „

No. V.

Oberseite — 4,0 „ —3,5 „
Unterseite — 4,0 „ —20,0 „

No. VI.

Oberseite — 3,7 „ —3,7 „
Unterseite — 3,0 „ —14,0 „

Die mikroskopische Untersuchung radialer Längsschnitte von gekrümmten Grasknoten lässt auch ohne Messung sofort erkennen, dass die Zellen der

Unterseite
zwischen
Längsaxe
und Körn
Längsdur
mit Prote
der Ober
nicht aus
lungen fi
Mittels ei
Messunge
biegen, m
ändern je
und so l
gemessen
seite ent
der gröss
chymys ge
selbstver
So fand
horizontal
selbst wi

Wie
Prosench
thumsfä
der Sche
sind we
jugendlic
zu erker
Knotens
Stranges
jene nich
Läss
liegen, s
der Ober
Internodi

Unterseite beträchtlich in die Länge gewachsen sind: die Parenchymzellen zwischen den Strängen, sowie die Epidermiszellen sind in Richtung der Längsaxe verlängert, hyalin, reich an Zellsaft, relativ arm an Protoplasma und Körnchen; die der Oberseite sind dagegen querliegende Tafeln, deren Längsdurchmesser viel kürzer ist als der radiale; der enge Zellraum ist mit Protoplasma und körniger, opaker Substanz erfüllt; diese kleinen Zellen der Oberseite verhalten sich also zu den grossen der Unterseite wie junge, nicht ausgewachsene Zellen zu alten vollkommen entwickelten. Zelltheilungen finden im Gewebe der stark wachsenden Unterseite nicht statt. — Mittels eines HARTNAK'schen Ocularmikrometers habe ich ziemlich zahlreiche Messungen ausgeführt; da die Schnitte jedoch in reinem Wasser sich wellig biegen, musste Kali und Glycerin zugesetzt werden; diese Reagentien verändern jedoch das Volumen und die Form der Zellen nicht unbeträchtlich, und so kommt es, dass das Längenverhältniss der Zellen, auf diese Art gemessen, etwas kleiner ausfällt, als den Dimensionen der Ober- und Unterseite entspricht; dazu kommt, dass nicht die Epidermiszellen, sondern, der grösseren Deutlichkeit wegen die dritte oder vierte Schicht des Parenchyms gemessen wurde, deren Längendifferenz auf Ober- und Unterseite selbstverständlich etwas kleiner ist, als die der beiden Epidermisstreifen. So fand ich das Längenverhältniss der Zellen bei *Andropogon niger* (6 Tage horizontal gelegen, Aufkrümmung vollendet) wie 4 : 7, das der Polsterseiten selbst wie 4 : 10; — bei den oben genannten Maisstücken:

Längenverhältniss			
		der Zellen	der Polsterseiten
bei No.	I.	1 : 3,3	4 : 3,6
,,	No. II.	1 : 2,3	4 : 3,7
,,	No. III.	1 : 2,9	4 : 2,8
,,	No. IV.	1 : 4,7	4 : 5,3

Wie die Parenchymzellen des Knotenpolsters bleiben auch die langen Prosenchymzellen der es durchlaufenden Stränge in hohem Grade wachsthumfähig, während sie da, wo sie aus dem Knoten in die dünne Lamelle der Scheide übergehen, fertig ausgebildet sind; Messungen an diesen Zellen sind wegen ihrer prosenchymatischen Anordnung kaum möglich, ihr jugendlicher Zustand giebt sich aber an der Weichheit ihrer Wandungen zu erkennen; sie bleiben, mit Kali behandelt, farblos, oberhalb des Knotens im dünnen Theil der Blattscheide nehmen die Wände desselben Stranges mit Kali eine intensiv gelbe Färbung an; diese sind verholzt, jene nicht.

Lässt man gekrümmte Halmstücke in absolutem Alkohol Tage lang liegen, so verschwindet die Krümmung des Polsters, die Längendifferenz der Ober- und Unterseite, nicht; zuweilen wird der Winkel, den die beiden Internodien am gekrümmten Knoten bilden, ein wenig stumpfer, zuweilen

auch nicht; es zeigt diess, dass das beträchtliche Flächenwachsthum der Zellwände nicht bloss durch Wassereinlagerung, sondern auch durch Einlagerung fester Substanz bewirkt wird.

Da ich gesonnen bin, die Untersuchungen über die Aufwärtskrümmung fortzusetzen, und das Obige nur als vorläufige Mittheilung betrachte, so enthalte ich mich hier theoretischer Auseinandersetzungen, die zugleich eine ausführliche Besprechung der einschlägigen Literatur verlangen würden.

Würzburg im Juni 1871.

Ablenku

Die
der Sch
in den
dagegen
Wirkung
Vergesse
auf dies
Thumidi
lich über
(Fève co
festigt,
Gitter w
liebige S
Stäbchen
wurzeln
Samen
halb ein
wärts in
Bodenlo
geführt,
einem V

1) D
2) D
und dann
pp. 157—
ich bishe
abdruck

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeiten des Botanischen Instituts in Würzburg](#)

Jahr/Year: 1874

Band/Volume: [1](#)

Autor(en)/Author(s): Sachs Julius

Artikel/Article: [Längenwachstum der Ober- und Unterseite horizontalgelegter sich aufwärts krümmender Sprosse 193-208](#)