

ÜBER DORSIVENTRALITÄTSKRÜMMUNGEN BEI KEIMLINGEN VON PANICUM UND SORGHUM UND DEN EINFLUSS DER KOLEOPTILE AUF DAS MESOKOTYLWACHSTUM

von

CLARA ZOLLIKOFER (Zürich.)

Mit 2 Textfiguren.

Seit Bremekamp (1925) die Aufmerksamkeit auf die Dorsiventralitätskrümmungen der Haferkeimlinge gelenkt hat, haben sich verschiedene Autoren (Lange 1925, Pisek 1926, Beyer 1927) mit dieser Erscheinung beschäftigt. Den wichtigsten Fortschritt bedeutet die Feststellung von Beyer, dass bei diesen Krümmungen nicht nur die Koleoptile, sondern auch das Mesokotyl (um mit Beyer der Goebel'schen Terminologie zu folgen) von Avena seine bevorzugte Nutationsebene hat. Die beiden Ebenen fallen zusammen, doch krümmt sich die Koleoptile negativ, vom Korn weg, das Mesokotyl positiv, nach dem Korn hin.

Speziell in Bezug auf den Gegensatz zwischen Koleoptile und Mesokotyl dürfte das Verhalten der Paniceenkeimlinge mit ihrem stark entwickelten, lange wachstumsfähigen, aber wenig reizempfindlichen Mesokotyl von Interesse sein. Führen auch sie am Klinostaten Dorsiventralkrümmungen aus, und wie verhalten sich dabei Koleoptile und Mesokotyl?

Zur Untersuchung wurde neben *Panicum miliaceum* auch das den Paniceen nahestehende *Sorghum vulgare* (*Andropogon Sorghum* var. *vulgaris*) wegen seiner etwas robusteren

Keimlinge beigezogen. Nach Keimung im hellen Kulturraum geschah die weitere Anzucht im Dunkelzimmer serienweise in feuchten Sägespänen (in Erde war das Wachstum ungleichmässiger). Die rechteckigen Kulturkästchen wurden für die spätere Verwendung zu Klinostatenversuchen mit grober Verbandgaze bespannt, welche von den dünnen Keimlingen leicht durchwachsen wird und nach Beendigung des Versuchs zur Kontrolle der Krümmungsrichtung einfach abgehoben werden konnte. Die Temperatur des Dunkelzimmers betrug 18—23°, schwankte aber während der Dauer eines Versuches nicht um mehr als 1° C. Die Messungen an den Keimlingen, ebenso die Dekapitierung, wurden bei Lupenvergrößerung, bei schwachem rotem Licht, mit Hilfe eines durchscheinenden Celluloidmassstabes, bzw. Transporteurs ausgeführt. Zur schärferen Bestimmung der Krümmungswinkel (auf 5° genau) dienten in der Richtung der Keimlingsspitze eingesteckte Glasnadeln. Bei durchfallendem Licht lässt sich die Koleoptilgrenze als feiner Schatten noch mit der Lupe deutlich erkennen, leider aber nicht bei stärkerer Vergrößerung, weshalb kein Horizontalmikroskop verwendet werden konnte und Bruchteile eines Millimeters geschätzt werden mussten. Die Rotation geschah an zwei Pfeffer'schen Klinostaten mit einer Umdrehungsgeschwindigkeit von 21, bzw. 27 Minuten.

Die Dorsiventralitätskrümmungen am Klinostaten und in aufrechter Stellung.

Klinostatenversuche mit verschiedenaltigen Dunkelkeimlingen zeigten, dass in der Tat bei Drehung parallel zur horizontalen Klinostatenachse, welche Rotationskrümmungen ausschloss (vgl. Zimmermann 1927) doch bei beiden Versuchspflanzen regelmässig auffallende Nutationen auftraten, deren Ebene senkrecht zur Breitseite der etwas abgeflachten Keimspresse lag. Da angesichts ihrer ungleichen Orientierung diese Krümmungen sich nicht auf

Unregelmässigkeiten im Gang der Klinostaten zurückführen liessen, so lagen hier wohl Dorsiventralitätskrümmungen vor.

Bei *Panicum miliaceum* ist die Dorsiventralität auch im Mesokotyl gut ausgeprägt, anatomisch durch den diarchen Leitbündelzylinder, morphologisch durch ziemlich starke Abflachung. An Querschnitten ist das Verhältnis der beiden Durchmesser im Mittel 1 : 1,4. Bei *Sorghum vulgare* beträgt es nur 1 : 1,2 für die Koleoptile und 1 : 1,1 für das Mesokotyl, dessen triarch gebauter Leitbündelzylinder zudem anatomisch die Dorsiventralität ganz vermissen lässt. Sie ist hier also nur schwach angedeutet.

Im Gegensatz zu Bremekamp's Beobachtungen an Haferkeimlingen beginnt bei den untersuchten Panicoideen die Krümmung in der Koleoptile. Bei *Panicum* zeigen sich schon nach einer Stunde die ersten Krümmungen, in der Koleoptile zwar schwach, aber doch deutlich ausgeprägt, auffallender im Mesokotyl. Nach 2 Stunden ist die Reaktion fast vollständig auf das Mesokotyl übergegangen. Bei *Sorghum vulgare* verläuft der ganze Vorgang langsamer. Hier lassen sich zuerst Spitzenkrümmungen erkennen, und die Nutation der Koleoptile erreicht, wie auch bei tropis-

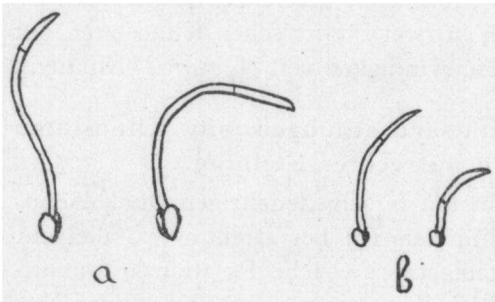


Fig. 1. Dorsiventralitätskrümmungen.
a. *Sorghum vulgare*. b. *Panicum miliaceum*.

tischen Bewegungen, ein viel stärkeres Mass und bleibt viel länger sichtbar. Bei beiden Versuchsarten verläuft in den ersten 18—24 Stunden die Krümmung in flachem Bogen und erreicht in dieser Zeit oft 90—100°.

(Fig. 1. a *Sorghum vulgare*, b *Panicum miliaceum*, nach 24 stündiger Drehung am Klinostaten.) Erst bei längerer

Versuchsdauer und bei nicht ganz jungen Keimlingen bildet sich vielfach der charakteristische Knick an der Grenze der Wachstumszone aus. Exemplare, die bei längerer Drehung am Klinostaten völlig gerade bleiben, sind relativ selten.

Mit der Achse des Kornes scheint bei oberflächlicher Betrachtung die Nutationsebene der Keimspresse die verschiedensten Winkel zu bilden. Doch zeigt genauere Kontrolle mit der Lupe, dass abweichende Krümmungsrichtungen meistens durch Torsionen des Mesokotyls bedingt sind, welche besonders bei *Panicum* zahlreich und kräftig auftreten. Es sind vorzugsweise Rechtstorsionen, im Sinne des Uhrzeigers verlaufend, wie Beyer sie auch bei *Avena* beobachtete. Bei *Sorghum vulgare* sind, entsprechend der schwach entwickelten Dorsiventralität, von der normalen Nutationsebene abweichende, besonders senkrecht dazu stehende Krümmungsrichtungen nicht allzu selten. Diese Fälle wurden bei den Messungen weggelassen. Überhaupt kann nur von einer stark bevorzugten, aber nicht von einer ausschliesslichen Nutationsebene gesprochen werden.

Die Keimlinge von *Panicum* krümmen sich, in den verschiedensten Altersstadien an den Klinostaten gebracht, mit wenigen Ausnahmen vom Korn weg. Im allgemeinen wird die Dorsiventralitätskrümmung um so stärker, je früher die Keimlinge an den Klinostaten gebracht werden. Erst bei etwas längeren Keimsprossen treten gelegentlich S-Formen auf, entstanden durch positive Krümmung des Mesokotyls und negative der Koleoptile. Der umgekehrte Fall kam fast nie vor und konnte deshalb in den Tabellen unberücksichtigt bleiben. Die Klinostatenversuche ergeben demnach ganz *überwiegend negative Krümmungen*. Als Beispiel ist das Verhalten einer Serie in Tabelle 1 wiedergegeben.

TABELLE 1.

Panicum miliaceum, Dorsiventralkrümmungen nach 24-stündiger Drehung am Klinostaten. Anfangslänge der Pflanzen 10—15 mm.

-60°	-45°	-110°	-25°	-60°	-25°	-60°	-60°	-65°	-40°	-70°	-60°	-65°
-50°	-35°	-90°	-100°	-90°	-35°	-40°	-75°	-70°	-80°	-105°	-40°	-60°
-45°	-60°											

Anders bei *Sorghum vulgare*. Nicht nur ist hier die Krümmungsebene weniger streng festgelegt, sondern es kommen auch in der normalen Nutationsebene positive, negative und S-Krümmungen neben einander vor, die letzteren wiederum mit positiver Mesokotyl- und negativer Koleoptilkrümmung. Bei einem grösseren Versuchsmaterial tritt deutlich das *Ueberwiegen der positiven Richtung* hervor. Ein Beispiel bringt Tabelle 2.

TABELLE 2.

Sorghum vulgare, Dorsiventralkrümmungen nach 24stündiger Drehung am Klinostaten. Anfangslänge der Pflanzen 5—8 mm.

Mesokotyl	+25°	+20°	+20°	+35°	0°	+30°	+35°	+20°	+20°	0°	+80°
Koleoptile	-10°	-10°	0°	0°	0°	0°	0°	-10°	-5°	0°	0°
Mesokotyl	+20°	+10°	-50°	-80°	+50°	+20°	+30°	+40°	+40°		
Koleoptile	0°	-20°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°		

Wo für die Koleoptile keine Eigenkrümmung angegeben ist, ist das ganze Mesokotyl einheitlich gekrümmt. Negative Koleoptilkrümmungen setzen sich stets noch ein Stück weit im apikalen Teil des Mesokotyls fort. Die Koleoptille selbst streckt sich frühzeitig wieder gerade.

Die gleichen Verhältnisse wiederholen sich bei aufrechter Stellung der Pflanzen. Die lästigen Krümmungen etwas

älterer Keimlinge entsprechen nach Form und Richtung ganz den am Klinostaten auftretenden Nutationen, nur an Stärke bleiben sie hinter diesen zurück. Dabei bleibt aber der starke Einfluss der Feuchtigkeit zu berücksichtigen, und zwar nach meinen Beobachtungen der *Substratfeuchtigkeit*, nicht der Luftfeuchtigkeit. Ist sie sehr gross, so wachsen junge Keimlinge oft senkrecht ins Substrat hinein, ältere horizontal darüber hin. Diese Krümmungen machen völlig den Eindruck hydrotropischer Bewegungen und unterscheiden sich besonders am Klinostaten in Form und Richtung deutlich von den Dorsiventralkrümmungen. Die besonders starken hydrotropischen Reaktionen ganz junger Exemplare scheinen mit der grösseren Empfindlichkeit der Koleoptile zusammenzuhängen. Durch äusserstes Trockenhalten der Kulturgefässe lassen sich diese Störungen weitgehend ausschalten. Die von Beyer für *Avena* empfohlene Belichtung während der ersten Keimungsstadien hatte hier nicht den Erfolg, die besonders bei *Sorghum vulgare* an Keimlingen über 2 cm. Länge sehr häufigen Dorsiventralkrümmungen zu verhindern.

Versuche mit dekapitierten Keimlingen.

Der ganze Habitus dieser Krümmungen legt die Frage nahe, ob dabei nicht dem Mesokotyl, besonders bei *Sorghum*, eine gewisse Unabhängigkeit der Reaktion gegenüber der Koleoptile zukommt. Der Gedanke, durch vollständige oder teilweise Entfernung der Koleoptile ihren Anteil an der Reaktion zu studieren, stiess leider auf gewisse Schwierigkeiten. Seit Rothert's Untersuchungen (1896) ist bekannt, dass Dekapitation der Koleoptile bei den Paniceen das Wachstum des Mesokotyls herabsetzt. Dasselbe stellten Sierp und Seybold (1926) kürzlich für *Avena* fest. In gleicher Weise, wie dort die Wachstumshemmung mit der Länge des abgeschnittenen Koleoptilstückes zunimmt, so auch bei den untersuchten Panicoideen, wie eingehendere

Messungen ergaben (vgl. Tabelle 5, S. 500). Doch bleibt auch nach Entfernung der ganzen Koleoptile der Zuwachs des Mesokotyls in den ersten 24 Stunden noch gross genug, um eine Krümmung zu ermöglichen. Kontrollversuche mit geotropischer Reizung ergaben, dass auch hier Prozesse sich abspielen, welche der von Söding (1925) zuerst beobachteten, von Dolk (1926) genauer studierten „physiologischen Wiederbildung der Spitze“ bei Haferkoleoptilen entsprechen. Panicumkeimlinge, an der Koleoptilgrenze dekapitiert und sofort in Horizontallage gebracht, zeigen nach 24 Stunden gar keine zweifelsfreien geotropischen Krümmungen. Wurden sie vor der geotropischen Reizung 24 Stunden aufrecht gestellt, so krümmten sich nachher im Verlauf von 24 Stunden 23 % der Mesokotyle in einer mittleren Stärke von 38° . Wurde ein Koleoptilstrest von 0,2—1,5 mm. gelassen, so erhöhte sich der Prozentsatz der geotropischen Reaktionen von 67 auf 100, die mittlere Krümmungsgrösse von 26° auf 65° , wenn die dekapitierten Keimlinge zunächst über Nacht aufrecht blieben. Die „physiologische Regeneration“ vollzieht sich aber bedeutend langsamer nach vollständiger oder fast vollständiger Entfernung der Koleoptile, als dies Dolk und Tendeloo (1927) nach Abschneiden einer 4—5 mm. langen Spitzenzone bei Avena feststellten. Genaue Versuche darüber habe ich noch nicht angestellt; es dürfte sich nach gelegentlichen Beobachtungen um einen Zeitraum von mindestens 12 Stunden handeln. Sollte der Einfluss der Koleoptile möglichst ausgeschaltet werden, so mussten die Pflanzen also sofort nach der Dekapitierung an den Klinostaten verbracht werden.

Das brachte einen andern Übelstand mit sich. Nach der Dekapitierung traten fast immer *Wundkrümmungen* auf, und zwar in um so grösserer Zahl, je länger das abgeschnittene Koleoptilstück war, einzelne schon nach Entfernung von 1 mm. der Koleoptilspitze. Von einer *traumatotropischen*

Reaktion kann nicht gesprochen werden, da ja eine allseitige Verletzung die Ursache davon war. Schiefe Schnitt- richtung wurde möglichst vermieden, da Stark (1917) bei solcher traumatotropische Krümmungen auftreten sah.

Trotzdem war merkwürdigerweise die Reaktion fast immer eine scharf einseitige Krümmung, aber ohne bestimmte Orientierung gegenüber dem Korn, die sich von den Dorsiventralkrümmungen durch einen sehr ausgeprägten Knick unterschied. Die Lage des Knicks ist charakteristisch verschieden je nach der Länge des verbliebenen Koleoptilrestes. Je kürzer dieser ist, um so näher liegt das Krümmungsknie der Schnittfläche, bei *Panicum* nach vollständiger Abtragung der Koleoptile 2—3 mm. unterhalb.

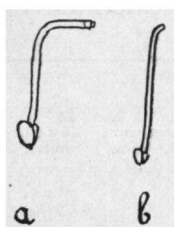


Fig. 2. Traumatische Krümmungen.
a. *Sorghum vulgare*.
b. *Panicum miliaceum*.

(Fig. 2b). Darin liegt eine gewisse Analogie mit den traumatotropischen Krümmungen, für die Bünning (1927) feststellte, dass sie „um so genauer und um so stärker in der Hauptwachstumszone erfolgen, je näher die Wunde dieser Zone liegt“. Beim Mesokotyl meiner Versuchspflanzen befindet sich diese apikal, das stärkste Wachstum erfolgt in der allerobersten Zone (Zollikofer 1926). Das Verhalten der dekapitierten Keimlinge stimmt also mit dem nach einseitiger Verletzung überein. Bemerkenswert ist, dass bei diesen traumatischen Krümmungen der Knick stets beträchtlich höher lag, als bei geotropischen Kontrollreaktionen entsprechend dekapitierter Keimlinge nach derselben Zeit. Eine Erklärung für diese einseitige Wundreaktion vermag ich z.Z. nicht zu geben, da keine einseitige Verletzung vorhanden war. Der Schwierigkeit, traumatische und Dorsiventralkrümmungen sicher zu unterscheiden, suchte ich dadurch zu begegnen, dass ich an aufrecht gestellten Kontrollserien die in 24 Stunden aufgetretenen traumatischen Krümmungen feststellte. Stimmte die Prozentzahl und Stärke ungefähr mit dem

überein, was ich bei den Klinostatenversuchen als traumatische Reaktionen ausgeschieden hatte, so konnten die übrigen als genügend gesicherte Dorsiventralkrümmungen gelten.

Die so erhaltenen Resultate von 2 Versuchsreihen mit *Panicum*, bei denen die Dekapitation ausgeführt wurde

1) an der Koleoptilgrenze

2) 0,2—1,5 mm. über der Koleoptilgrenze

sind in Tabelle 3 zusammengestellt mit den Ergebnissen einer 3. Versuchsreihe mit intakten Keimlingen. Bei der starken Variabilität erwies sich eine statistische Behandlung des Materials als das Geeignetste.

TABELLE 3.

Panicum miliaceum nach 24stündiger Rotation am Klinostaten.

	Dorsiventralkrümmungen.				ungekrümmt	traumat. Krümm.	Zuwachsmittel	Zahl d. Pfl.
	rein pos.	rein neg.	S-Formen Basalkr. pos.	Krümm.-mittel				
Pflanzen								
intakt	1,5 %	91 %	3 %	65°	4,5 %	0 %	10,9 mm.	135
Kol. rest								
0,2—1,5 mm.	7 %	44 %	9 %	40°	8 %	32 %	2,6 „	75
ganze Kol.								
entfernt...	3 %	11 %	2,5 %	22°	29 %	54,5 %	1,2 „	121

Bei *Sorghum vulgare* war die Schwierigkeit, mit dekapierten Keimlingen zu brauchbaren Ergebnissen zu kommen, noch grösser. Schon mit einem Koleoptilrest von 1 mm. stieg die Zahl der Wundkrümmungen gelegentlich bis auf 80 %; zudem wandern sie hier oft tiefer ins Mesokotyl hinunter, was ihre sichere Identifizierung oft erschwert. (Fig. 2a zeigt die Wundkrümmung eines Exemplars von *Sorghum*, 1 mm. über der Koleoptilgrenze dekapiert, nach 24 Stunden.) Ich musste mich deshalb damit begnügen, die halbe Koleoptile abzuschneiden. Die Ergebnisse

sind in Tabelle 4 denjenigen bei intakten Pflanzen gegenübergestellt.

TABELLE 4.

Sorghum vulgare nach 24stündiger Rotation am Klinostaten.

	Dorsiventralkrümmungen.				ungekrümmt	traumat. Krümm.	Zuwachsmittel	Zahl d. Pfl.
	rein pos.	rein neg.	S-Formen, Basalkr. pos.	Krümm. mittel				
Pflanzen								
intakt	48 %	12,5 %	36,5 %	48°	2,3 %	0 %	22,1 mm.	129
halbe Kol. entfernt...	33 %	1,8 %	11 %	30°	3,6 %	50,6 %	11,3 „	110

Trotz der Unvollständigkeit der Versuche gibt der Vergleich zwischen Tabelle 3 und 4 doch gewisse Aufschlüsse. Mit der Länge des abgeschnittenen Koleoptilstücks nehmen Krümmungsstärke und mittlerer Zuwachs ab, und es wächst die Zahl der gerade gebliebenen und vor allem der traumatisch gekrümmten Exemplare auf Kosten der Dorsiventralkrümmungen. Diese werden durch jeden anderen Reiz leicht zurückgedrängt. Der Rückgang trifft bei *Panicum* fast ausschliesslich die rein negativen Krümmungen, welche dort bei weitem an erster Stelle stehen, bei *Sorghum* absolut am meisten die S-Formen, prozentual am stärksten die rein negativen Krümmungen. Überall wird die negative Krümmungstendenz zurückgedrängt. Wie beim Haferkeimling, so besitzt auch bei den untersuchten *Panicoideen* die *Koleoptile* ein negatives, das *Mesokotyl* ein positives Krümmungsbestreben, die nur in ungleicher Stärke vorhanden sind. Bei *Panicum* wird im intakten Keimling die Eigenrichtung des *Mesokotyls* fast vollständig durch diejenige der *Koleoptile* überwunden und tritt nur selten in S-Formen zu Tage. Da auch der oberste Teil des *Mesokotyls* sich stets im Sinne der *Koleoptille* krümmt, kommen positive Krümmungen auch nach Dekapitierung nur wenig stärker zum Ausdruck.

Bei Sorghum dagegen ist die Krümmungstendenz des Mesokotyls so viel stärker entwickelt, dass sie schon in der intakten Pflanze sich durchsetzt, nicht nur in zahlreichen S-Formen, sondern sogar die negative Krümmung der Koleoptile ganz unterdrückend. Wie das Sorghum-Mesokotyl tropistisch bedeutend empfindlicher ist als das der Paniceen, so kommt ihm auch bei den Dorsiventralkrümmungen eine grössere Selbständigkeit gegenüber der Koleoptile zu.

Kommen wir zum Schluss nochmals auf die *Beziehungen zwischen dem Mesokotylwachstum und der Gegenwart der Koleoptile* zurück. Für die Koleoptile ist längst festgestellt (Stark 1917), dass ihr Wachstum durch Dekapitierung um so stärker gehemmt wird, je länger das abgeschnittene Stück ist. Da es sich beim Panicoideenkeimspross nicht um ein morphologisch und physiologisch einheitliches Organ handelt, schien mir die Nachprüfung dieser Beziehungen nicht überflüssig. Tabelle 3 und 4 enthalten schon einige

TABELLE 5.
Sorghum vulgare, dekapitiert. Zuwachs in 24 Std.
Mittelwerte in mm.

	Zuwachs			Kol. zuwachs Mes. zuwachs	Wachstumshemmung		Mes. hemm. Kol. hemm.	Traum. Krümmung Entfernung v. d. Schnittfläche	Zahl d. Pfl.
	total	Kol.	Mes.		Kol.	Mesok.			
Pfl. intakt 1–2 mm.	25,3	3,8	21,5	1:5,7	—	—	—	—	57
Spitze weg	16,5	2,1	14,4	1:6,9	44,7 %	33 %	1:1,35	19,7	66
halbe Kol. weg, Rest 3–4 mm.	11,3	1,25	10,1	1:8	67,1 %	53,3 %	1:1,26	14,1	72
3/4 d. Kol. weg, Rest 1–2 mm.	10,1	0,9	9,2	1:10,2	76,8 %	57 %	1:1,35	12,0	41
Kol. rest 0,2–0,5 mm.	4,0	0,3	3,7	1:12,1	92,1 %	82,8 %	1:1,11	9,3	77
ganze Kol. weg	3,6	—	3,6	—	—	85,8 %	—	4,1	97

Daten darüber. Für *Sorghum vulgare* gibt Tabelle 5 eine vollständigere Versuchsreihe.

Die Wachstumshemmung des Keimsprosses im ganzen entspricht völlig derjenigen der Hafer-Koleoptile; sie steigt mit der Länge des abgeschnittenen Koleoptilstücks. Der Totalzuwachs sinkt allerdings nicht proportional zur Länge des Koleoptilrestes, sondern erst stark, dann immer weniger. Die Hemmungskurve scheint einen asymptotischen Verlauf zu nehmen. Für genauere Feststellung dieser Verhältnisse eignet sich *Sorghum vulgare* aber wegen der Ungleichheit des Materials zu schlecht. Wichtiger ist auch die Verteilung des Zuwachses auf Koleoptile und Mesokotyl und die Grösse der Wachstumshemmung in diesen beiden Organen. Während im intakten Keimspross der Zuwachs der Koleoptile rund $1/6$ von dem des Mesokotyls beträgt, sinkt er nur auf $1/12$, wenn die Koleoptile bis auf einen winzigen Rest von höchstens 0,5 mm. entfernt wird, wobei die Wachstumszone des Mesokotyls ja unversehrt bleibt. Noch auffallender ist der geringe Unterschied, wenn die Hemmung prozentual berechnet wird. Das Verhältnis der Wachstumshemmung im Mesokotyl zu dem der Koleoptile bleibt annähernd gleich, ob die Koleoptile nur 1—2 mm. weit oder fast vollständig abgetragen wird. Die Lage der Wunde zur Hauptwachstumszone mag im Sinne der Bünning'schen Resultate den Ort bestimmen, wo die traumatische Krümmung fixiert wird. Für die Grösse der Wachstumshemmung dagegen spielt sie wohl nur eine untergeordnete Rolle. Die weitgehende Hemmung des Mesokotylwachstums durch Dekapitierung der Koleoptile beweist, welch massgebenden Einfluss die aus der Koleoptile herabwandernden „Wachstumsregulatoren“ auf das Mesokotylwachstum überhaupt ausüben. Nach den Befunden von Went (1926) und Gorter (1927) handelt es sich bei den die Reizleitung vermittelnden Substanzen ausschliesslich um wachstumsfördernde Stoffe, deren völliges oder teilweises

Ausbleiben eine entsprechende Wachstumshemmung im Mesokotyl verursachen muss. Die Hemmung von rund 86 % nach Abtragung der ganzen Koleoptile besagt, dass das Eigenwachstum des Mesokotyls annähernd 14 % seines Gesamtwachstums betragen muss, während etwa 86 % durch die Wachstumsregulatoren aus der Koleoptile induziert sind. Der Rückgang der Hemmung nach Ablauf einer gewissen Zeit lässt auf Bildung wachstumsfördernder Stoffe im Stumpf schliessen. Es ist auffallend, dass dazu bei den Paniceen jeder noch so kleine Koleoptilrest befähigt ist, und es wäre von Interesse, diesen Punkt auch bei Avena zu untersuchen. Der Prozess scheint mit Wachstumsvorgängen im Koleoptilrest in Verbindung zu stehen. Wenigstens fand ich 40—48 Stunden nach der Dekapitation eine kräftige Wiederaufnahme des Wachstums und der geotropischen Reaktionsfähigkeit immer dann, wenn der Koleoptilrest sich messbar verlängert hatte. Diese Beziehungen sollen demnächst noch näher untersucht werden. Da die Messungen im allgemeinen nach 24 Stunden ausgeführt wurden, dürfte zu diesem Zeitpunkt die „physiologische Regeneration der Spitze“ bereits eingesetzt haben. Die Abstufung der Wachstumshemmung je nach der Länge des Koleoptilrestes ist wohl darauf zurückzuführen dass *bei Panicum und Sorghum* zwar jede Zone der Koleoptile imstande ist, Wachstumsregulatoren zu bilden, wenn sie durch Dekapitierung an die Schnittfläche zu liegen kommt, dass *aber diese Fähigkeit basalwärts immer geringer wird*. Durch die Annahme einer derartig abgestuften Befähigung zur „physiologischen Regeneration“, die durch weitere Versuche noch zu prüfen sein wird, fände auch bei den Dorsiventralitätskrümmungen die Abhängigkeit des Krümmungsmittels von der Länge des Koleoptilrestes ihre Erklärung.

*Institut für allgemeine Botanik der
Universität Zürich,*

September 1927.

Literatur.

1. Beyer, A., Zur Keimungsphysiologie von *Avena sativa*. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 55, 1927.
2. Bremekamp, C. E. B., Das Verhalten der Graskeimlinge auf dem Klinostaten. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 43, 1925.
3. Bünning, E., Untersuchungen über traumatische Reizung von Pflanzen. Zeitschr. f. Bot. 19, 1927.
4. Dolk, H. E., Concerning the sensibility of decapitated coleoptiles of *Avena sativa* for light and gravitation. Proc. K. Akad. van Wetensch. Amsterdam 29, 1926.
5. Gorter, Ch., Over het voorkomen van groeiverstellende en groeivertragende stoffen. Verslag K. Akad. v. Wetensch. Amsterdam 36, 1927.
6. Lange, S., Über autonome Krümmungen der Koleoptile von *Avena* auf dem Klinostaten. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 43, 1925.
7. Pisek, A., Untersuchungen über den Autotropismus der Haferkoleoptile bei Lichtkrümmung, über Reizleitung und den Zusammenhang von Lichtwachstumsreaktion und Phototropismus. Jahrb. f. wiss. Bot. 65, 1926.
8. Rothert, W., Über Heliotropismus. Beitr. z. Biol. d. Pfl. 7, 1896.
9. Sierp, H. und Seybold, A., Untersuchungen über die Lichtempfindlichkeit der Spitze und des Stumpfes in der Koleoptile von *Avena sativa*. Jahrb. f. wiss. Bot. 65, 1926.
10. Söding, H., Zur Kenntnis der Wuchshormone in der Haferkoleoptile. Jahrb. f. wiss. Bot. 64, 1925.
11. Stark, P., Beiträge zur Kenntnis des Traumatotropismus. Jahrb. f. wiss. Bot. 57, 1917.
12. Tendeloo, N., Onderzoekingen over zoogenaamde traumatotropische krommingen bij kiemplanten van

- Avena sativa*. Verslag K. Akad. v. Wetensch. Amsterdam 36, 1927.
13. Went, F. W., Over stoffen, die den groei in het coleoptiel van *Avena sativa* versnellen. Verslag K. Akad. v. Wetensch. Amsterdam 35, 1926.
 14. Zimmermann, W., Beiträge zur Kenntnis der Georeaktionen I und II. Jahrb. f. wiss. Bot. 66, 1927.
 15. Zollikofer, C., Über geotropische Krümmungen von Paniceen-Koleoptilen bei gehemmter Reizleitung. Planta 2, 1926.