

32. H. Lundegårdh: Die Beziehungen zwischen der Lichtwachstumsreaktion und dem Phototropismus.

(Mit 4 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 14. März 1921. Vorgetragen in der Aprilsitzung.)

Für die Prüfung von BLAAUWS bekannter Theorie über den Phototropismus ist es sehr wichtig, sowohl den Wachstumsverlauf wie den Krümmungsverlauf an demselben Objekt genau zu kennen. Bisher wurde nur die Lichtwachstumsreaktion bei symmetrischer zwei- oder mehrseitiger Belichtung gemessen. Auch die vor einigen Tagen erschienene wertvolle Untersuchung von SIERP (Zeitschr. f. Bot., 1921, S. 113) beschränkt sich auf zweiseitige Belichtung. Andererseits hat man auch eine eingehende quantitative Arbeit über den Krümmungsverlauf vermißt. Ich habe diese Lücken auszufüllen versucht durch eine quantitative Untersuchung über den Krümmungsvorgang und durch Wachstumsmessungen während der Krümmung. Da die seit mehr als drei Jahren begonnene Arbeit wegen der Zeitverhältnisse noch nicht zum Drucke kommen kann, möchte ich hier in größter Kürze über die Hauptresultate berichten, insofern sie das in dem Titel genannte Problem berühren. Das Objekt war *Avena*, und die Messungen wurden durch photographische Registrierung ermöglicht.

1. Die Beziehung zwischen der Reaktion und der Reizmenge.

Ich beschränke mich auf graphische Darstellung von zwei Serien, wovon die eine Lichtmengen von 0—1200 MKS, die andere Lichtmengen von 10 000—8 100 000 MKS. umfaßt. Das Fortschreiten der Krümmung wurde immer von Stunde zu Stunde gemessen (als Winkelablenkung der Koleoptilspitze), in den Abb. 1 und 2 ist nur das Krümmungsmaximum als Maß der Reaktion genommen. Die Kurve führt in quantitativen Maßen die bekannte Erscheinung vor, daß die Reaktion bei kleinen Reizmengen rasch steigt, dann langsam sinkt, ins Negative übergeht, um bei sehr hohen Lichtmengen wieder eine nochmalige Hebung und Senkung zu erfahren. Neu ist die Tatsache, daß für den aufsteigenden Ast der Kurve (bis etwa 10 MKS), die von mir (Botan. Notiser 1918, S. 65) für den Geotropismus eingeführten mathematischen Gesetzmäßigkeiten

gelten. Ferner konnte ich zeigen, daß der erste „Wendepunkt“ der Kurve immer bei derselben Reizmenge auftritt. Dasselbe ist der Fall mit dem ersten „Indifferenzpunkt“, wie dies schon ARISZ gefunden hat.

Die Kurve kann als eine resultierende von zwei Elementar-kurven, einer positiven und einer negativen, von ähnlichem Verlauf aber mit verschiedener Reizschwelle aufgefaßt werden (Abb. 3). Die negative Reaktion beginnt erst bei etwa 10 MKS. In der Nähe von den Indifferenzpunkten der Kurve kann man das Vorhandensein von zwei entgegengesetzten Reaktionen aus dem Krümmungsverlauf der Koleoptile direkt sehen.

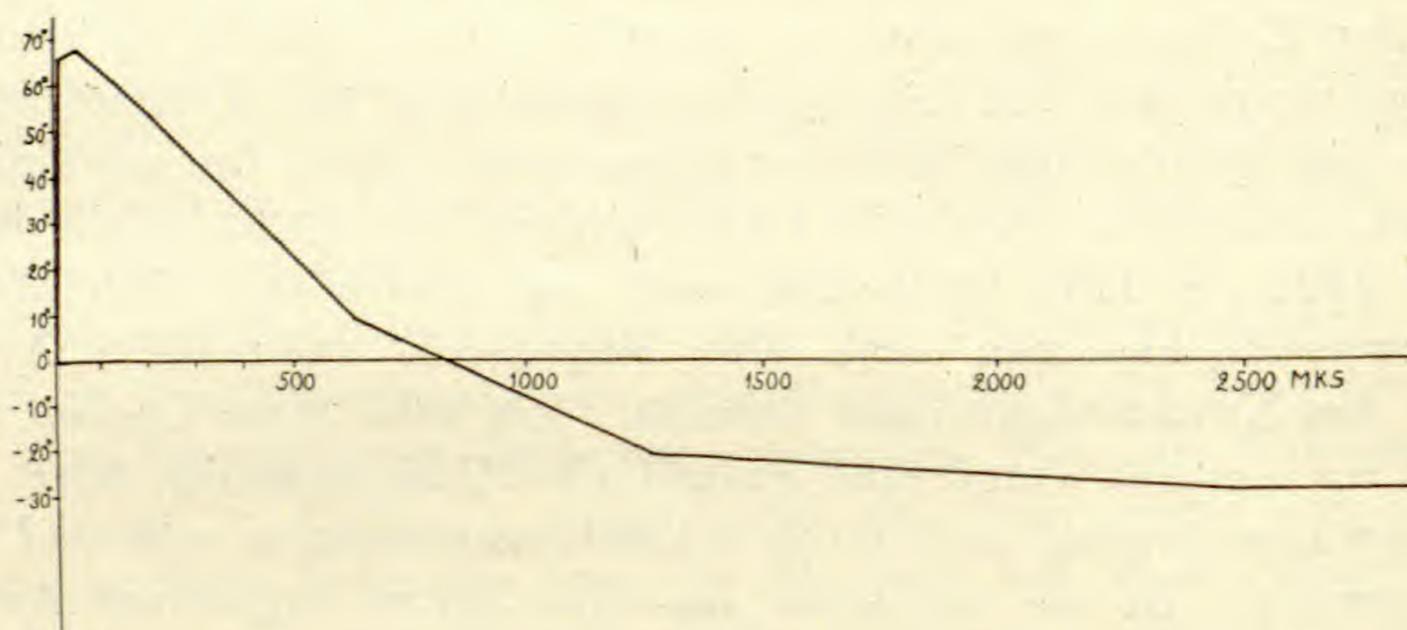


Abb. 1.

2. Das Wachstum während der Krümmung.

Dies wurde mikrometrisch an den photographischen Aufnahmen gemessen. Das Wachstum während der Krümmung ist ausgesprochen wellenförmig. Uns interessiert vor allem die durchschnittliche Geschwindigkeit des Wachstums während der eigentlichen Krümmungsphase. Diese ist meist nach 4 Stunden beendet. Die in einer Versuchsserie herrschenden Beziehungen zwischen Reizmenge, Krümmungsgrad und Wachstum ergeben sich aus folgender Tabelle. Sämtliche Zahlen sind Mittelwerte.

Tabelle I.

Reizmenge in MKS	3.5	14	28	56	112	210	630	1260	2520
Krümmung in 0—4 St.	27.3°	52.3°	46.3°	63.7°	38.9°	41.4°	8.6°	-17.1°	-27.3°
Wachstum in 0—4 St.	131	122	109	91	115	82	107	121	131
Zahl der Pflanzen	37	39	30	16	37	12	25	27	26

Das Ergebnis ist eindeutig: Das Wachstum verhält sich umgekehrt wie die Krümmung. Je größer die Krümmung ist, um so mehr wird das Wachstum gehemmt. Bei 112 MKS, wo die durchschnittliche Krümmung relativ niedrig ausfiel (38.9°), wohl ein Zufall, fällt auch der Wachstumswert aus der Reihe (115 Str.)! Graphisch dargestellt ist die Wachstumskurve das Spiegelbild der Krümmungskurve (siehe Abb. 4) mit dem Unterschied, daß die Kardinalpunkte nicht völlig zusammenfallen. Die Wachstumskurve erreicht erst bei 2520 MKS den Nullpunkt wieder. Auch das Maximum ist nach rechts verschoben (bei 210 MKS gegen 56 MKS für die Krümmungskurve). In der zweiten Hälfte der Kurve, bei den sehr hohen Lichtmengen, kehren ähnliche Verhältnisse betreffs der Wachstumskurve wieder.

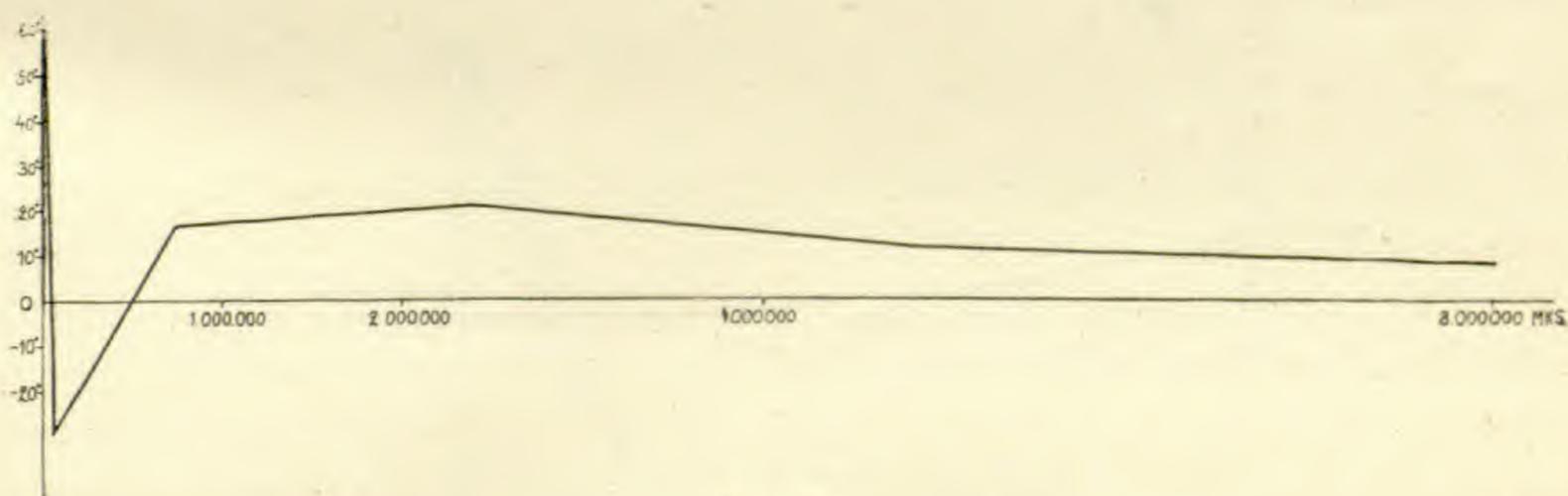


Abb. 2.

Die von SIERP (a. a. O.) unabhängig von mir und mit anderer Methodik angestellten Messungen an zweiseitig beleuchteten Koleoptilen ergeben eine erfreuliche Übereinstimmung mit meinen Ergebnissen. SIERP fand eine bis 200 MKS gehende Verminderung des Wachstums, dann wieder Erhebung bis 3000 MKS, wo der „Indifferenzpunkt“ erreicht wird. Die Übereinstimmung ist so gut wie man wünschen kann (bei mir liegen die beiden Kardinalpunkte bei 210 und 2520 MKS), was beweist, daß zweiseitige Beleuchtung ganz ähnlich wirkt wie einseitige. Meine eigenen Versuche mit zweiseitiger Beleuchtung von gleicher oder verschiedener Stärke (mit im letzteren Fall darauf folgender Krümmung) gehen in derselben Richtung.

3. Wie sind nun unsere Befunde im Hinblick auf die Theorie des Phototropismus zu verwerten.

Oberflächlich gesehen, scheinen sie sehr zugunsten der BLAAUWSchen Theorie zu sprechen. Wachstumsreaktion und photo-

tropische Krümmung begleiten ja einander in einer ungeahnten Ausdehnung. Bei näherer Prüfung der Tatsachen rückt aber das Problem in ein ganz neues Licht.

BLAAUWS Theorie besagt, daß die Hinterseite des Organs eine andere Lichtmenge als die Vorderseite bekommt, infolgedessen hier eine andere Lichtwachstumsreaktion entstände, was eine Krümmung verursachen würde. Aus den oben mitgeteilten Lichtwachstumsreaktionen bei verschiedenen Lichtmengen kann man die absolute Größe der geforderten Krümmung berechnen, unter Voraussetzung, daß die Lichtverteilung im *Avena*-Koleoptil bekannt ist.

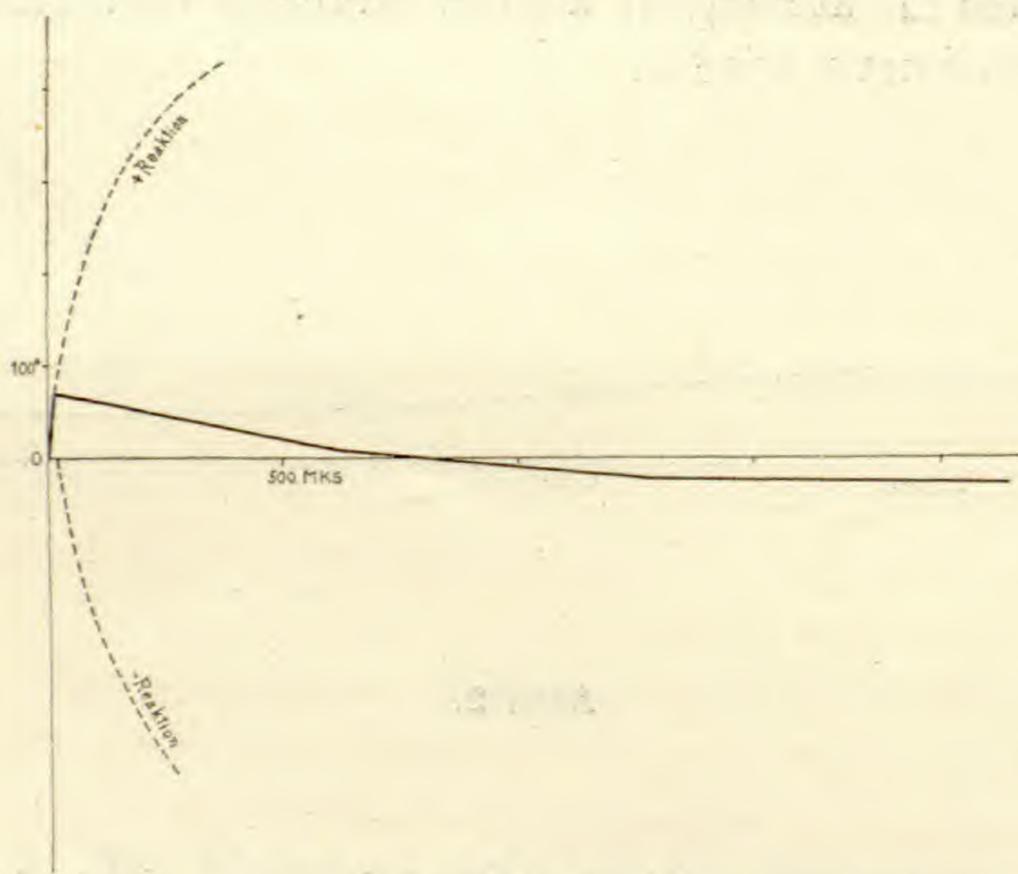


Abb. 3.

Die letztere ist sehr schwierig zu ermitteln. Die äußerste Spitze (etwa $\frac{1}{2}$ mm) ist sehr durchsichtig. Ich fand auf photographisch-photometrischem Wege, daß die Wand der Koleoptilröhre einen senkrecht hindurchgehenden Strahl nur um $\frac{1}{10}$ schwächt. Bei Bestrahlung des äußersten Spitzenteiles tritt nun nach meinem Befunde ein ähnlicher Parallelismus zwischen Krümmungsstärke und Wachstumshemmung auf wie oben geschildert. Bei stärkerer Bestrahlung könnten aber auch die hinter der Spitze liegenden Teile bei der Perzeption mitspielen, und in diesem Fall verursacht ja das eingeschlossene Laubblatt eine sehr beträchtliche Abschwächung des Lichts für die Hinterseite, vielleicht sogar um $\frac{49}{50}$. Ich habe nun auf Grund der in Tabelle I aufgenommenen Zahlen in Übereinstimmung mit BLAAUWS Theorie eine Berech-

nung der Zuwachse von der Hinterseite und der Vorderseite des Koleoptils, unter Annahme von den Beleuchtungsdifferenzen 100:90, 100:20, 100:5 und 100:2 durchgeführt. Das Ergebnis ist zusammen mit den berechneten Krümmungsdifferenzen in folgender Tabelle aufgeführt. Die Zahlen sind auf den letzten Ziffer abgerundet.

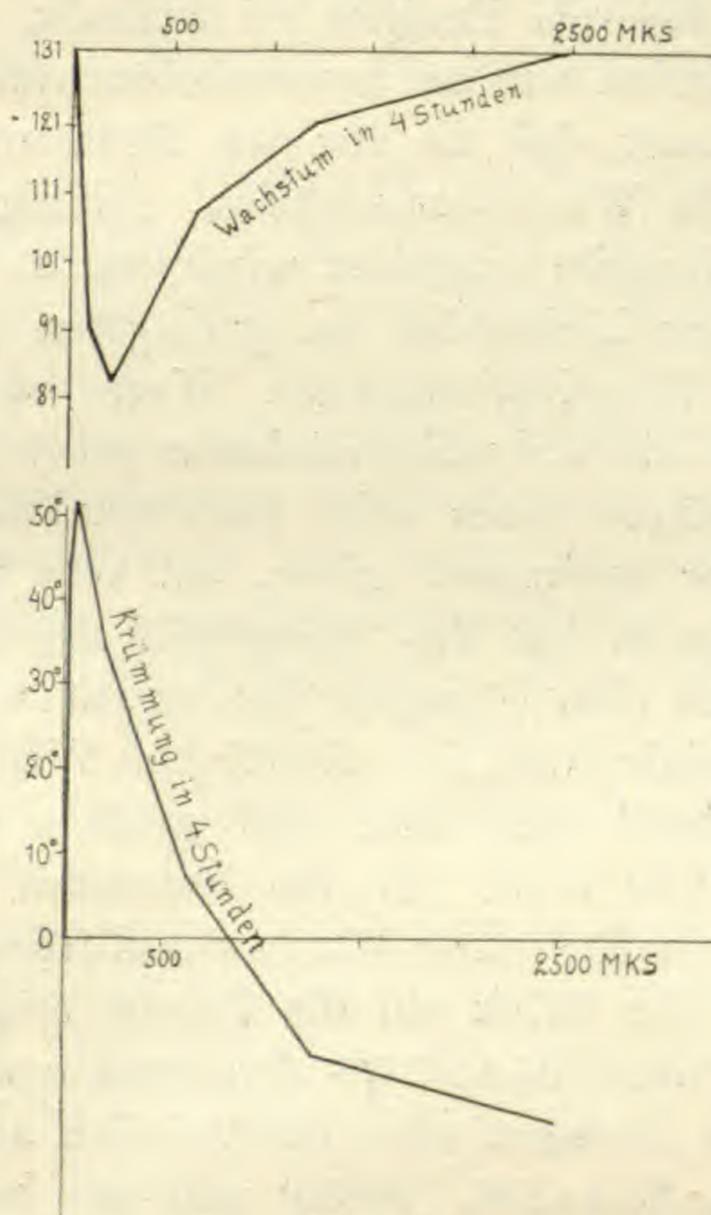


Abb. 4.

Tabelle II.

Reizmenge MKS		3.5	14	28	56	210	630	1260	2520	
Angenommener Licht- abfall	1:1.1	W.-Diff.	- 0	- 1	- 3	- 4	- 1	+ 4	+ 3	+ 2
		Kr.-Diff.	+ 2.7 ⁰	+ 5 ⁰	+ 2 ⁰	+ 4 ⁰	- 3 ⁰	- 5 ⁰	- 5 ⁰	- 2 ⁰
	1:5	W.-Diff.	- 0	- 11	- 21	- 27	- 18	+ 20	+ 36	+ 31
		Kr.-Diff.	+ 22 ⁰	+ 22 ⁰	+ 3 ⁰	+ 29 ⁰	- 14 ⁰	- 44 ⁰	- 56 ⁰	- 45 ⁰
	1:20	W.-Diff.	- 0	- 11	- 22	- 40	- 42	0	+ 30	+ 45
		Kr.-Diff.	+ 26 ⁰	+ 47 ⁰	+ 35 ⁰	+ 42 ⁰	+ 1.4 ⁰	- 47 ⁰	- 80 ⁰	- 81 ⁰
	1:50	W.-Diff.	- 1	- 12	- 23	- 41	- 48	- 18	+ 6	+ 37
		Kr.-Diff.	+ 27 ⁰	+ 50 ⁰	+ 42 ⁰	+ 54 ⁰	+ 11 ⁰	+ 32 ⁰	- 71 ⁰	- 89 ⁰
	Tatsächliche Krümmung		+ 27 ⁰	+ 52 ⁰	+ 46 ⁰	+ 64 ⁰	+ 41 ⁰	+ 8.6 ⁰	- 17 ⁰	- 27 ⁰

Diese Tabelle zeigt, zu welchen Unwahrscheinlichkeiten BLAAUWS Theorie führt, wenn man dieselbe in die letzten Kon-

sequenzen verfolgt. Die Tabelle zeigt: 1. Die negative Reaktion würde bei viel zu niedrigen Lichtmengen auftreten, 2. es besteht kein Parallelismus zwischen Wachstumsdifferenzen und Krümmungsdifferenzen, vielmehr eine große Unübereinstimmung, 3. die Unwahrscheinlichkeit der Theorie wird um so hervortretender, je geringere Belichtungsdifferenzen man annimmt.

Betreffs des letzteren Punktes sei bemerkt, daß SIERP jüngst eine Wachstumsreaktion nur bei Spitzenbeleuchtung fand, und daß er demgemäß annimmt, daß die für den Phototropismus eventuell in Frage kommende Wachstumsreaktion „einzig und allein von der Spitze der Koleoptile ausgelöst wird“ (a. a. O. 1921, S. 158). In der Spitze ist der Lichtabfall am geringsten (vergl. oben), die am schlechtesten übereinstimmenden Werte würden also nach BLAAUWS Theorie die wahrscheinlichsten sein!

Daß bei Annahme eines sehr bedeutenden Lichtabfalls die Zahlen etwas besser zusammen gehen, hat kein Wunder, denn die Wachstumskurve ist ja fast das Spiegelbild der Krümmungskurve. Dieser Fall ist nach dem Gesagten der unwahrscheinlichste. Man findet auch sehr leicht, daß die erheblichen Wachstumsdifferenzen bei großem Lichtabfall eine sehr viel größere Krümmung geben würden als beobachtet wird. In den benutzten Maßen entspricht eine Krümmung von 45° einer Wachstumsdifferenz von höchstens 5 bis 6 Einheiten. Ein Blick auf die Tabelle zeigt, welche Riesenkrümmungen man nach BLAAUWS Annahme erwarten sollte.

Die Tatsachen zwingen also unabweislich zu der Schlußfolgerung, daß die von BLAAUW, SIERP und mir beschriebene Lichtwachstumsreaktion nicht Ursache der phototropischen Krümmung ist.

Wie soll man dann die große Übereinstimmung der Kurven erklären? Offenbar besteht hier eine Kausalbeziehung. Aber diese liegt wahrscheinlich darin, daß die phototropischen Elementarreaktionen das Wachstum korrelativ beeinflussen. Wie bei der phototropischen Kurve (Abb. 3) kann man auch die Wachstumskurve in zwei Elementarkurven auflösen, einer negativen (= Hemmungskurve) und einer positiven (= Antihemmungskurve). Die Wachstumshemmung korreliert mit der positiv phototropischen Elementarreaktion, die Antihemmungsreaktion (die möglicherweise wachstumsbegünstigend ist) korreliert mit der negativ phototropischen Elementarreaktion. Daß die Kardinalpunkte der Wachstumskurve und der Krümmungskurve nicht zusammenfallen, dürfte auf einer relativen Schwäche der positiven Wachstumsreaktion beruhen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1921

Band/Volume: [39](#)

Autor(en)/Author(s): Lundegardh Henrik Gunnar

Artikel/Article: [Die Beziehungen zwischen der Lichtwachstumsreaktion und dem Phototropismus. 195-200](#)