

LICHTINTENSITÄT UND LICHTEMPFLINDLICHKEIT.

von

V. J. KONINGSBERGER.

1. Einleitung.

In meiner früheren Abhandlung (8, S. 28)¹⁾, wurde die Theorie aufgestellt, dass die Lichtwachstumsreaktion in ihrer vollkommenen Gestalt nur von einer sehr grossen Lichtmenge verursacht werde. Im Experiment sollte sogar bei Dauerbelichtungen, die Lichtintensität immer als „begrenzender Faktor“ im Sinne Blackmans (6) auftreten; d. h. die Grösse der von einer Dauerbelichtung bestimmter Intensität hervorgerufenen Wachstumsreaktion sollte von dieser Intensität bestimmt werden, sodass die Pflanze bei einer Intensitätserhöhung der Belichtung eine neue Reaktion erfahren sollte.

Die in der Praxis angewandten Lichtintensitäten reichten also nicht aus, um eine maximale Wachstumsreaktion auszulösen, oder, anders gesagt, um die „Lichtempfindlichkeit“ ganz zu zerstören. Je geringer die bestrahlende Intensität wäre, um so mehr bliebe „Empfindlichkeit“ erhalten. Eine Erhöhung der Lichtintensität würde demnach eine neue Lichtwachstumsreaktion auslösen, auch wenn die Pflanze sich schon an eine bestimmte Intensität angepasst hätte. Was die experimentellen Wachstumsmessungen anbetrifft,

¹⁾ Die zwischen Klammern stehenden Zahlen beziehen sich auf das Literaturverzeichnis. (S. 312).

stützte diese Theorie sich nur auf die Angaben Vogts (12) und Sierps (9, 10).

In seinen Betrachtungen über das Wesen der Reaktionszeit hat schon Arisz (1) sich für Krümmungserscheinungen in demselben Sinn ausgesprochen, was diejenigen Reizungen anbetrifft (l. c. S. 197), wobei „die zugeführte Energie „konstant, aber ihre Zusammensetzung wechselnd (die „Reizdauer also nicht konstant) ist. Hierüber bestehen bei „dem Phototropismus keine Data. Für Zentrifugalkraft „haben Bach und Frau Rutten-Pekelharing gefunden, dass je nachdem die Intensität schwächer ist „und die Reizdauer zunimmt, die Reaktionszeit verlängert „wird. Die Intensität ist in diesem Falle wie ein „limiting „factor“ für das Zustandekommen der Krümmung“.

Die von mir gegebene Vorstellung ist nur eine Ausbreitung der obigen; die begrenzende Wirkung sollte sich für jede Intensität geltend machen und sich in erster Linie in der Wachstumsreaktion äussern.

Auch Bremekamp (7) und van de Sande Bakhuyzen (2) haben in ihren Theorien eine begrenzende Wirkung der Lichtintensität angenommen, ohne das Wort selbst zu nennen. Bremekamp (l. c. S. 150 u. 151, 155) sagt: „Bei einer langwährenden Beleuchtung erreicht die „Empfindlichkeit einen konstanten Wert, welcher um so „höher liegt, je schwächer die Intensität der Beleuchtung“. In van de Sande Bakhuyzens Figur 6 (S. 76) „steigen „die Kurven (der Wachstumsverzögerung) um so steiler, „je höher die Lichtintensität“.

Der Gedanke an eine „begrenzende“ Wirkung der Lichtintensität war also nicht neu, aber bisjetzt noch nicht durch Versuche begründet worden. Die Prüfung der Theorie durch das Experiment war demnach das erste Ziel der vorliegenden Arbeit; ihre Begründung aber führte noch einen Schritt weiter ins Unbekannte.

Denn es erhob sich alsbald die Frage, wann die begren-

zende Wirkung auftritt. Die Tatsache, dass die Begrenzung nicht erst nach einiger Zeit auftritt, sondern von vornherein existiert, eröffnet vielleicht eine Möglichkeit etwas weiter in das Stimmungsproblem einzudringen.

2. Methode und Material.

Für die Methodik weise ich auf meine frühere Arbeit (8); es wurde an der Versuchsanordnung nichts Wesentliches geändert. Das Material stammte aus einer reinen Linie des Svalövers „Sieges“ Hafers (Ernte 1921).

Die Beleuchtungen fanden statt mit einer — neuerdings von „Philips“ A. G. in den Handel gebrachten — 100 HK. „Argenta“Lampe (75 W. 220 Volts). Die Glasbirne dieser Lampe wird aus reinweissem Milchglas hergestellt und ist rund (ohne Spitze). Sie strahlt ein hellweisses diffuses Licht aus und erwies sich, ihres homogenen Lichtes wegen, sehr geeignet für diese Zwecke. Die Reaktionen waren im allgemeinen regelmässiger als diejenigen, welche ich früher mit einer 50 HK. „Arga“Lampe erhielt.

Auch die Reaktionsart ist nicht die gleiche; die Argentalampe verursacht zwar dieselbe erste Wachstumsverzögerung als die Argalampe; der darauffolgende Reaktionsverlauf ist aber bei der ersteren stärker ausgeprägt.

Die Lampe war in einem Blechrohre (mit Oeffnung an der Vorderseite) eingeschlossen und an einer optischen Bank entlang verschiebbar, sodass man die Lichtintensität von 25 MK. (2 m) bis 400 MK. (0,50 m) regulieren konnte.

Ursprünglich hatte ich die Absicht monochromatisches Licht anzuwenden um unter möglichst konstanten und elementaren Bedingungen zu arbeiten, musste aber leider darauf verzichten, weil mir keine Akkumulatoren ausreichender Kapazität für so lange anhaltende Belichtungen zur Verfügung standen.

Die Temperatur im Versuchszimmer war für sämtliche Versuche 20° C.

3. Die Wachstumsreaktionen auf verschiedene Lichtintensitäten.

Um später die Wachstumsreaktionen bei verschiedenen aufeinanderfolgenden Lichtintensitäten beurteilen zu können, müssen wir zuerst die Reaktionen auf die einzelnen Intensitäten kennen lernen. Es ist hauptsächlich gearbeitet worden mit drei verschiedenen Intensitäten, d. s. 25, 100 und 400 MK. Die Temperatur im Strahlenbündel, in der unmittelbaren Nähe der Pflanze gemessen, wird bei 25 MK. nicht merklich,

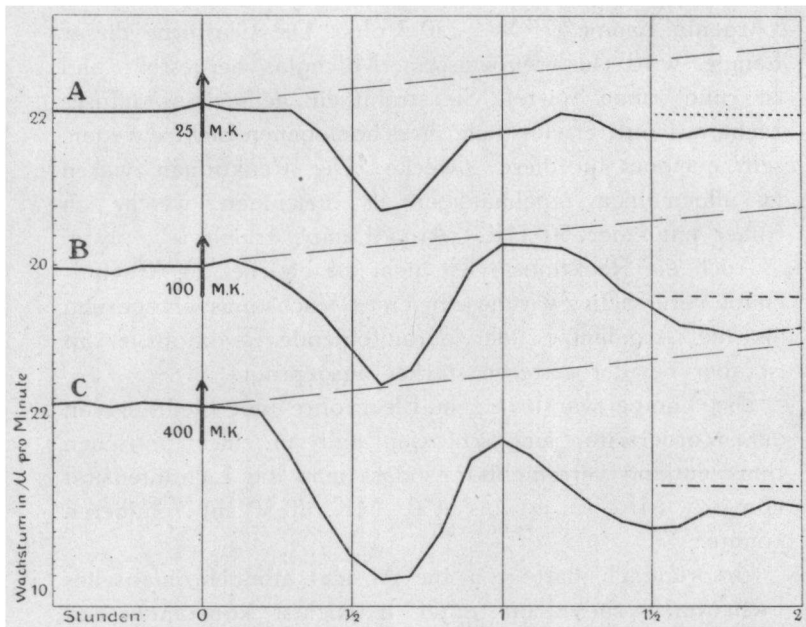


Fig. 1. Dauerbelichtung mit verschiedenen Intensitäten. A. 25 MK., B. 100 MK., C. 400 MK. Die gestrichelten, leise ansteigenden Linien geben die Korrektur des Dunkelwachstums auf die grosse Periode an. Für die Zeichen rechts sehe S. 262.

bei 100 MK. um $0,1^{\circ}$ und bei 400 MK. um ungefähr $0,3^{\circ}$ gesteigert.

Die Reaktionen auf Dauerbelichtung mit diesen Intensitäten sind in Tabellen I, II und III ¹⁾ aufgezeichnet worden.

Die graphische Darstellung (Fig. 1) ist dem Mittelwert pro Minute entnommen worden. Der Mittelwert gibt nämlich m.E. besseres Vergleichungsmaterial als eine individuelle Reaktion, sogar wenn die Kurve nicht ganz denselben Verlauf hat. Denn die scharfen Umknickungen in der Wachstumskurve des Individuums, die sogenannten Blaauwschen (3-5) Kardinalpunkte, werden bei den Durchschnittswerten mehr oder weniger abgerundet. Es bleibt aber immer den individuellen Versuchen eine grosse Zufälligkeit anhaften, sodass man sie nicht für Standartwerte verwenden darf. Die Sache liegt anders in denjenigen Fällen, wo die Kardinalpunkte in den Kurven so dicht neben einander liegen, dass sie von geringen zeitlichen Unterschieden in den Versuchen bei der Aufzählung und Dividierung ganz verwischt würden. In solchen speziellen Fällen muss man wohl mit Einzelbeobachtungen arbeiten. Uebrigens sind diese zeitlichen Unterschiede in der Lage der Kardinalpunkte nicht erheblich, wie Tabelle IV zeigt.

TABELLE IV.

Die durchschnittliche Lage der Kardinalpunkte für verschiedene Lichtintensitäten.

Lichtintensität.	Reaktionszeit.	Erstes Wachstumsmini- mum nach:	Darauffolgende Beschleunigung nach:
25 MK. . .	18 Minuten.	36 Minuten.	72 Minuten.
100 " . .	12 "	36 "	66 "
400 " . .	12 "	36 "	60 "

¹⁾ Die Tabellen findet man am Schluss der Arbeit auf S. 284—311.

Man sieht, dass die Reaktionszeit die Tendenz hat, sich bei den höheren Intensitäten zu verkürzen; das erste Minimum liegt ziemlich fest, während das erste Maximum früher oder später auftritt, je nachdem die Intensität stärker oder schwächer ist.

Weniger leicht ist es, sich ein Urteil zu bilden über die Grösse der Reaktionen. Im Anfang habe ich alle Wachstumswerte in Prozente des Dunkelwachstums umgerechnet. Man erhält dann aber sehr unregelmässige Werte (vergl. Blaauw, 5, S. 107). So gibt diese Berechnung z. B. in Tabelle I bei Vers. No. 232 ein Minimum von 45,45 %, bei Vers. No. 233 dagegen von 60 %, während das Wachstum bei No. 232 von 110 auf 50 und bei Nr. 233 von 150 auf 90 μ pro 6 Minuten (also in beiden Fällen 60 μ pro 6 Minuten) herabgesetzt wird.

Obwohl auch die in μ ausgedrückten Wachstumsunterschiede nicht immer völlig mit einander übereinstimmen, ergeben sich doch viel einheitlichere Werte als bei der Umrechnung in Prozente. Dieser Befund stimmt mit der früher mitgeteilten Tatsache überein, dass die Wachstumsgeschwindigkeit und die Lichtempfindlichkeit von einander unabhängig sind (8, S. 68 u. f.).

Schon aus den hier gegebenen Kurven (Fig. 1) lässt sich folgern, dass die pro Zeiteinheit zugeführte Lichtmenge, d. i. die Lichtintensität, nicht ohne Bedeutung ist. Je höher die Intensität, um so tiefer liegt das erste Minimum.

Um den Effekt einer Belichtung mit diesen Intensitäten später leichter beurteilen zu können, werden diese Kurven mit den in Figur 1 rechts angegebenen (punktierten, u. s. w.) Linien, welche Nichts mit der eigentlichen Figur zu tun haben, in alle spätere Figuren über die gefundenen, gezogenen Linien eingezeichnet. Sie sollen uns dann zeigen, wie die Reaktion bei einer etiolierten Pflanze ungefähr gewesen wäre. Ich werde sie im Folgenden „Idealkurven“ nennen.

4. Vorbelichtungen während mehrerer Stunden.

Zuerst wurde eine Versuchsreihe gemacht, wobei nach Vorbelichtungen während 4 und mehr Stunden mit 25 MK. die Intensität auf 100 MK. erhöht wurde. Zwei Beispiele dieser Versuche sind in Tabelle V aufgezeichnet und graphisch in Figur 2 A dargestellt worden.

Es ist klar, dass die Reaktion auf 100 MK., nach einer so vollkommenen Anpassung an 25 MK., sich in keiner Hinsicht von derjenigen unterscheidet, welche die etiolierte Pflanze ausgeführt hätte.

Nunmehr wurde die Anpassungszeit an 25 MK. auf 3 Stunden zurückgebracht.

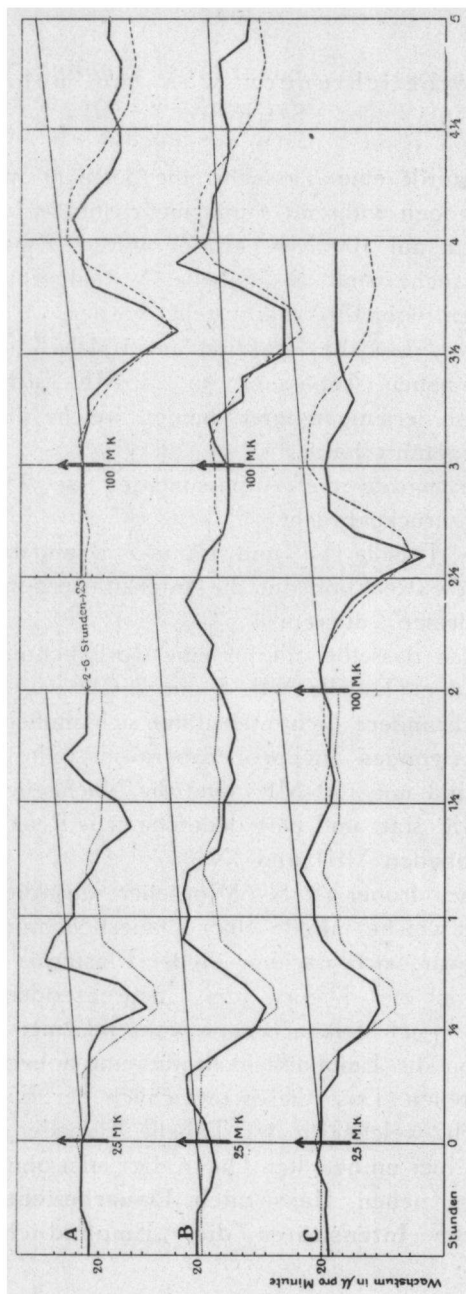
Wie die Tabelle VI und Figur 2 B angeben, stimmt auch jetzt die Reaktion auf die Intensitätserhöhung schön mit der „idealen“ überein.

Wesentlich dasselbe gilt für eine Vorbelichtungszeit von nur 2 Stunden (Tabelle VII, Figur 2 C).

Dass auch andere Lichtintensitäten sich ähnlich verhalten, hat sich bei einigen Stichproben herausgestellt. Nach einer Vorbelichtung mit 100 MK. fand die Nachbelichtung jetzt mit 400 MK. statt und eine deutliche neue Reaktion spricht aus den Tabellen VIII und IX.

Wir haben früher (8, S. 68) gesehen, dass die Lichtempfindlichkeit, welche infolge einer Dauerbelichtung verloren gegangen war, sich nachher in der Finsternis wiederherstellt. Wenn die Theorie des „begrenzenden Faktors“ zutrifft, muss sich demnach auch während einer Intensitätsverringerung die Empfindlichkeit für eine höhere Intensität wiederherstellen. Dass dieses tatsächlich der Fall ist, zeigt der Versuch, welcher in der Tabelle X wiedergegeben ist.

Aus den hier mitgeteilten Daten darf man ohne Weiteres den Schluss ziehen, dass nach Dauerbelichtungen mit schwächeren Intensitäten die „Empfindlichkeit“ für



Figur 2.
Die Lichtwachstumsreaktionen auf 100 MK., nach einer Vorbelichtung mit 25 MK. Vorblichungszeit bei A 4-8,
B 3, C 2 Stunden.

höhere Intensitäten quantitativ erhalten bleibt. Die auf eine Intensitätssteigerung zu Tage tretenden Reaktionen sind ebenso stark ausgeprägt als diejenigen der etiolierten Pflanzen, welche sofort mit derselben hohen Intensität belichtet werden. Dasselbe geht hervor aus der Tatsache, dass während einer Intensitätsverringern die Empfindlichkeit für höhere Intensitäten sich wiedereinstellt.¹⁾

5. Vorbelichtungen: $\frac{1}{2}$ bis 1 Stunde.

Nach dem Vorhergehenden erhob sich die Frage, wie die Wirkung einer Intensitätssteigerung nach kürzeren Vorbelichtungen sich äussern würde.

Wir haben in der Vergleichung der nach einer Intensitätserhöhung gefundenen Daten mit den Idealreaktionen eine einfache Methode kennen gelernt, um die „Empfindlichkeit“ in den verschiedenen Fällen beurteilen zu können. Da das Wachstum während der Vorbelichtung schon ziemlich konstant geworden war, bot das Eintragen der Idealkurven keine Schwierigkeiten. Bei kürzeren Vorbelichtungen liegt die Sache aber anders; denn das Wachstum zeigt noch lebhaftere Reaktionswellen im Augenblick, dass die Idealkurven eingetragen werden müssen. Jeder wird zustimmen, dass die erste Wachstumshemmung der Lichtwachstumsreaktion angehört, sodass man für sehr kurze Vorbelichtungen (von 0 bis ungefähr 36 Minuten) ruhig

¹⁾ Das hier mitgeteilte Ergebnis hat noch eine für die Praxis wichtige Bedeutung. Denn während Dauerbelichtungen ist die Lichtintensität durchaus nicht konstant. Die — öfters erheblichen — Schwankungen in der Netzspannung äussern sich in Aenderungen der Intensität und Zusammensetzung des Lichtes. Es kommt mir vor, dass die, bei langen Dauerbelichtungen nach vielen Stunden noch auftretenden, geringen Wachstumsschwankungen (vergl. 8 S. 56 u. ff.) auf diese Umstände zurückzuführen sind. Dieser Fehler ist nur mittels konstanter Akkumulatorenströme zu umgehen.

die Idealkurven auf das Wachstum im Dunkeln extrapolieren darf. Was aber ist zu tun, wenn die erste Wachstums-
hemmung vorüber gegangen ist? Dies ist nämlich der Fall
für alle Vorbelichtungen, die länger als 36 Minuten dauern.
Es wird sich im Folgenden zeigen, dass man berechtigt
ist, die erste Beschleunigungswelle als Ausgangspunkt zu
wählen.

Was nun die Versuche anbetrifft, so wurde die Zeit
der Vorbelichtung von 2 Stunden ab Abschnittsweise ver-
kürzt. Es stellte sich dabei nichts Neues heraus. Ich begnüge
mich mit der Wiedergabe eines Versuches mit 1-stündiger
Vorbelichtung (Tabelle XI, Figur 3 A).

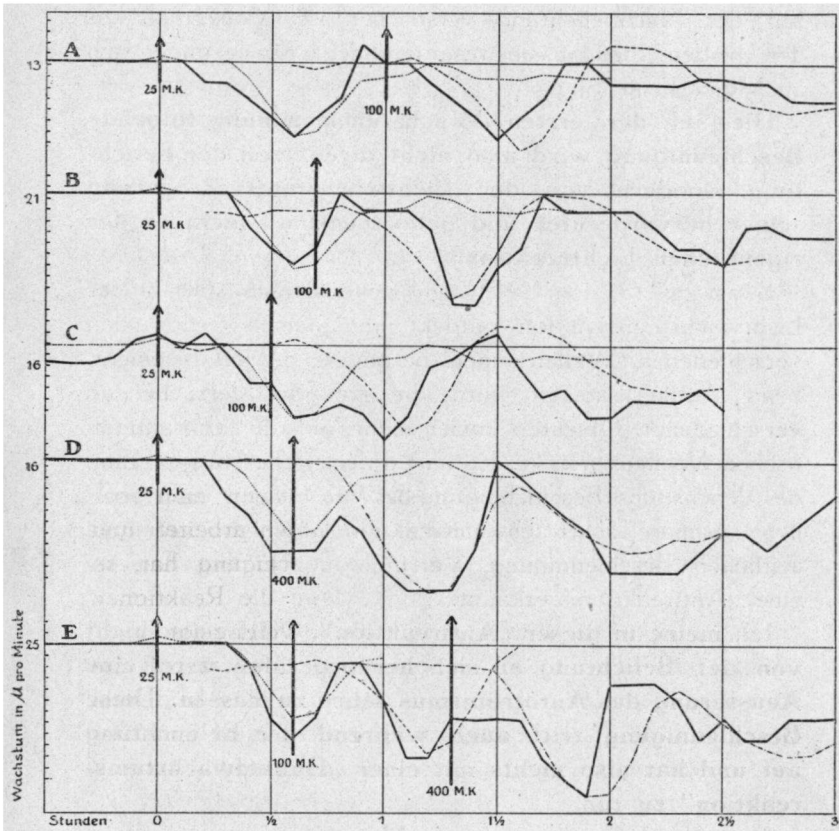
Dasselbe gilt von einigen Versuchen, deren Vorbelich-
tungen kürzer als eine Stunde waren. Ein Beispiel liefert
Tabelle XII, Figur 3 B.

Ein neues Ergebnis geben die Versuche mit halbstündiger
Vorbelichtung. Es wird klar sein, dass wir jetzt in das
Gebiet geraten, wo die Kardinalpunkte eng auf einander
rücken. Hier kann es deshalb bisweilen geboten sein Ein-
zelversuche anzuwenden (siehe S. 261). Wenn man aber
mit möglichst konstanten Aussenbedingungen arbeitet, und
einheitlich reagierendes Material zur Verfügung hat, so
besteht die Möglichkeit, dass sogar dann die Reaktionen
gut übereinstimmen können, wie Tabelle XIII zeigt.

Betrachten wir in der Kurve (Figur 3 C) zuerst die
gefundene Reaktion, dann sehen wir, dass das Minimum
infolge der Vorbelichtung normal erreicht wird und dass
das Wachstum dann wieder etwas ansteigt, um nach 18
Minuten rasch auf das Minimum der Nachbelichtung zu
sinken. Sieht man die Idealkurven an, so fällt es auf, dass
das Ansteigen nach der Belichtung mit 25 MK. sofort
aufgegeben wird, wenn die Senkung auf die Belichtung
mit 100 MK. einsetzt. Hieraus lässt sich folgern, dass die
Wachstumsbeschleunigung nicht zu der Lichtwachstums-
reaktion selbst gehört; denn in diesem Falle würde man

experimentell die resultierende Kurve zwischen beiden Idealen finden müssen.

Noch schärfer geht dasselbe hervor aus Tabelle XIV, Figur 3 D, wo 36 Minuten mit 25 MK. vorbelichtet



Figur 3. A Vorbelichtung: 1 Std. mit 25 MK. Nachbelichtung mit 100 MK.
 B " 42 Min. " 25 " " " 100 "
 C " 30 " " 25 " " " 100 "
 D " 36 " " 25 " " " 400 "
 E 36 Min. mit 25 MK., dann 42 Min. mit 100 MK., schliesslich mit 400 MK. belichtet.

wurde und die Nachbelichtung mit 400 MK. stattfand.

Wo die gefundene Kurve ihr Minimum nach der Vorbelichtung erreicht hat und deutlich steigt, sieht man einen scharfen Knick, und zwar gerade in dem Augenblicke, wo die 400 MK. Idealkurve sich senkt und also die Reaktionszeit der Nachbelichtung verstrichen ist. Von einer, aus den beiden Idealkurven resultierenden, Kurve findet sich auch hier keine Spur.

Die auf der ersten Wachstums hemmung folgende Beschleunigung wird also nicht direkt von der Belichtung, sondern von der Lichtwachstumsverzögerung selber hervorgerufen und gehört deshalb nicht zu der eigentlichen Lichtreaktion.

Blaauw (3) hat 1914 den wellenartigen Verlauf der Lichtwachstumsreaktion entdeckt und damals schon den verschiedenen Wellen einen besonderen Wert beigelegt. Seine Aufmerksamkeit wurde bei weiteren Versuchen an verschiedenen Objekten immer mehr auf die charakteristischen Wellen gelenkt. Er hat in der ersten Verringerung des Wachstums (Beschleunigung bei *Phycomyces*) die eigentliche „primäre Lichtwachstumsreaktion“ und in der folgenden zeitlichen Beschleunigung (Verringerung bei *Phycomyces*) eine „Antireaktion“ erkannt.

Ich meine in dieser „Antireaktion“, welche also nicht von der Belichtung an sich hervorgerufen wird, eine Äusserung des Autotropismus sehen zu müssen. Diese Beschleunigung tritt auch während der Beleuchtung auf und hat also nichts mit einer „Dunkelwachstumsreaktion“ zu tun.

Um die Richtigkeit dieser Meinung zu prüfen, muss gezeigt werden, dass man nach Belieben durch Intensitätserhöhung im Gebiete der Beschleunigungswellen neue Reaktionen hervorrufen kann. Dazu diene der Versuch von Tabelle XV, dargestellt in Figur 3 E.

Wir sind also berechtigt zu schliessen, dass auch bei

Vorbelichtungen, kürzer als 1 Stunde, eine Intensitätserhöhung des Lichtes neue Lichtwachstumsreaktionen hervorruft. Die Lichtintensität tritt also schon als begrenzender Faktor auf, lange bevor das Wachstum sich an die bestrahlende Lichtintensität angepasst hat. Die Beschleunigung oder Antireaktion der Vorbelichtung hat für die Verzögerungen der Nachbelichtungen keine Bedeutung.

6. Vorbelichtungen kürzer als $\frac{1}{2}$ Stunde.

Wir gelangen jetzt zur Frage, ob die begrenzende Wirkung während der Belichtung auftritt, oder ob sie von vornherein existiert. Diese Frage hat eine interessante Bedeutung. Denn, wenn die begrenzende Wirkung erst allmählich während der Beleuchtung auftritt, so ist man zu der Annahme gezwungen: die Empfindlichkeit wird zunächst von jeder Lichtintensität vernichtet. Weil aber auf höhere Intensitäten dieselben Reaktionen folgen, wie bei der etiolierten Pflanze, muss die Empfindlichkeit sich während der Belichtung wieder ganz zurückbilden. Die Tatsache aber, dass auf die Intensität der Vorbelichtung nicht weiter reagiert wird, ist nur erklärlich mittels der Annahme einer „Umstimmung der Sensibilität“.

Ist aber für jede Lichtintensität von vornherein eine bestimmte, von dieser Intensität begrenzte, Lichtwachstumsreaktion gegeben, dann besteht die Möglichkeit die Stimmungserscheinungen auf Reaktionsvorgänge zurückzuführen. Ist dieses richtig, dann kann man voraussagen, wie die Versuche mit Vorbelichtungen, kürzer als $\frac{1}{2}$ Stunde ausfallen werden. Fassen wir noch einmal die Tabelle IV ins Auge, dann wissen wir, dass nach 12 bis 18 Minuten die Wachstumsreaktion mit einer Verzögerung einsetzt, welche 18 bis 24 Minuten anhält. Alle Änderungen der Lichtintensität, welche also während ungefähr der ersten 18 Minuten der Vorbelichtung stattfinden, verbringen ihre Reaktionszeit

während der von der Vorbelichtung hervorgerufenen Wachstumsverzögerung und können nur in eine weitere Senkung des Verzögerungsmaximums zum Ausdruck kommen. Ueberschreitet die Dauer der Vorbelichtung diese Zeit, dann muss man die Wachstumsreaktionen von Figur 3 erhalten.

Mein Apparat in seiner hiesigen Aufstellung gestattet Zeitdifferenzen von 6 Minuten in den Wachstumsreaktionen sicher zu erkennen. Kürzere Intervalle fliessen in den Wachstumswerten pro 6 Minuten selbstverständlich zusammen. Deshalb sind Vorbelichtungen, kürzer als 6 Minuten nicht vorgenommen worden.

Von den vielen Versuchen, welche gemacht worden sind, werde ich nur einige veröffentlichen. Die meisten sind nämlich hergestellt worden während des abnormal heissen Monates Juli. Die Temperatur im Versuchszimmer musste deswegen von 20° auf 25° gebracht werden. Die Resultate sind also nicht mit den anderen vergleichbar, weil die zeitliche Lage der Kardinalpunkte ungefähr 6 Minuten nach links verschoben wurde. Uebrigens stimmt diese Versuchsreihe, was die Grösse der Reaktionen anbelangt sehr gut mit den anderen Reihen überein.

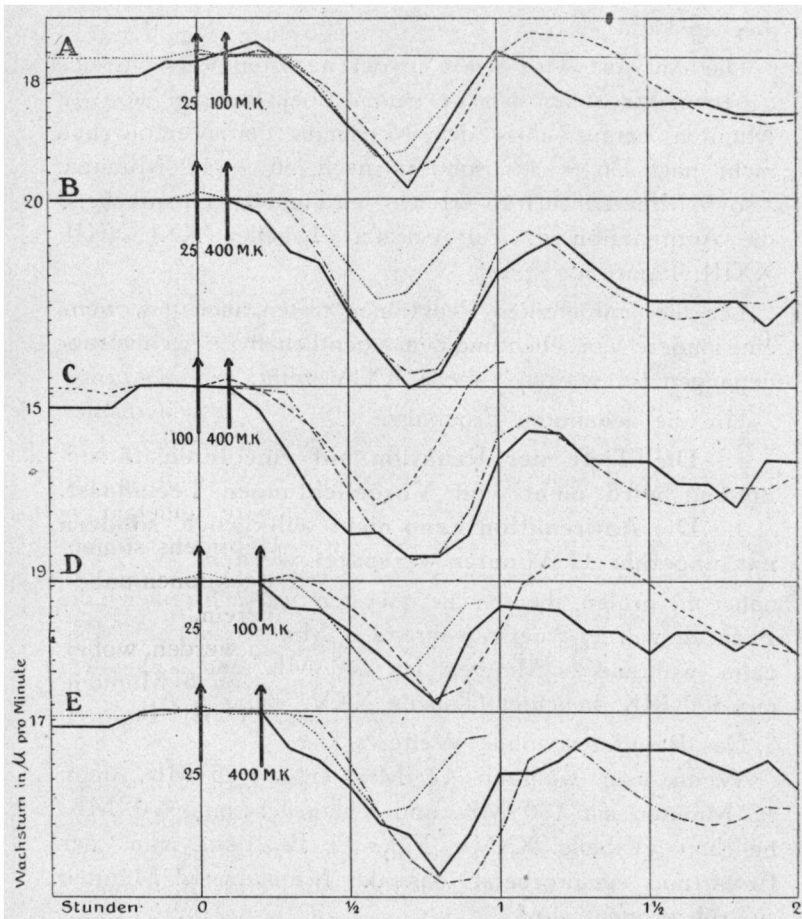
Es sollen zuerst die Versuche besprochen werden, wobei die Intensität nach einer Vorbelichtung von 6 Minuten erhöht wurde (Tabellen XVI, XVII und XVIII, Figur 4 A, B und C).

Das Resultat ist sehr eindeutig: auch nach Vorbelichtungen von wenigen Minuten hat sich die Empfindlichkeit für höhere Intensitäten erhalten, oder besser gesagt: die Tiefe der Wachstumsreaktion auf eine bestimmte Lichtintensität kann nicht von einer Vorbelichtung mit einer niedrigeren Intensität beeinflusst werden. Es gehört demnach zu jeder Intensität eine bestimmte Reaktionsgrösse.

Dasselbe geht hervor aus den Vorbelichtungen während

12 Minuten, welche von einer Intensitätssteigerung gefolgt werden (Tabellen XIX und XX, Figur 4, D und E).

Es fällt hierbei auf, dass die Wachstumsförderung oder



Figur 4. A Vorbelichtung: 6 Minuten mit 25 MK., dann 100 MK.
 B " " 6 " " 25 " " 400 "
 C " " 6 " " 100 " " 400 "
 D " " 12 " " 25 " " 100 "
 E " " 12 " " 25 " " 400 "

die Antireaktion von der Verzögerung verspätet wird. Es erhebt sich die interessante Frage, ob die Beschleunigung willkürlich lang verschoben und auf diese Weise die Antireaktion auch während längerer Zeiten unterdrückt werden kann.¹

Die Antwort wird schon in der nächsten Versuchsreihe gegeben. Es stellt sich ja bei Vorbelichtungen von 18 Minuten heraus, dass das Maximum der Verzögerung nicht nach $36 + 18$, sondern nach $36 + 12$ Minuten, also 6 Minuten zu früh erreicht wird und dementsprechend die Antireaktion zu früh einsetzt (Tabellen XXI, XXII, XXIII, Figur 5).

Die hier mitgeteilten Reaktionen treten auch auf, wenn eine längere Vorbelichtung dem eigentlichen Versuch vorabgegangen ist, wie es Tabelle XXIV zeigt.

Um die genannten Ergebnisse:

1. Die Tiefe der Reaktion auf eine Intensitätserhöhung wird nicht von Vorbelichtungen beeinflusst,
2. Die Antireaktion kann nicht willkürlich, sondern nur ungefähr 12 Minuten verspätet werden,

näher zu prüfen, dienten die nächsten Versuchsreihen: die Pflanzen wurden zuerst während 6 Minuten mit 25 MK., dann während 6 Minuten mit 100 MK. und schliesslich mit 400 MK. belichtet (Tabelle XXV, Figur 6 A).

Das Resultat ist ohne Weiteres klar.

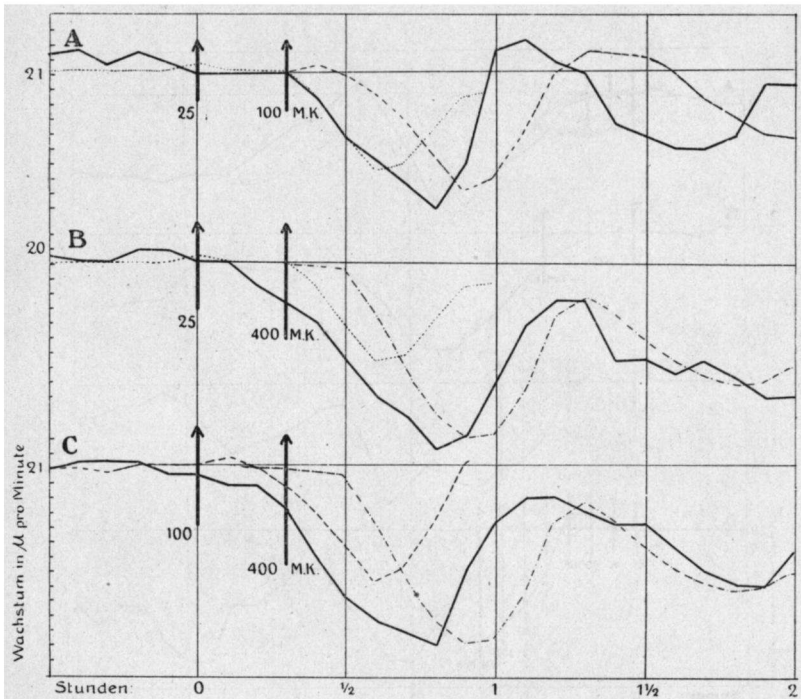
Wenn man während 12 Minuten mit 25 MK., dann 12 Minuten mit 100 MK. und schliesslich mit 400 MK. belichtet (Tabelle XXVI, Figur 6 B), sieht man, der Erwartung entsprechend, dass das Minimum 12 Minuten zu früh erreicht wird.

Wird die Wachstumskurve noch mehr ausgezogen, dann bekommt man etwas kompliziertere Fälle, wie Tabelle XXVII, Figur 6 C zeigt.

Es wurde hier zuerst während 18 Minuten mit 25 MK.,

dann während 18 Minuten mit 100 MK. und schliesslich mit 400 MK. belichtet.

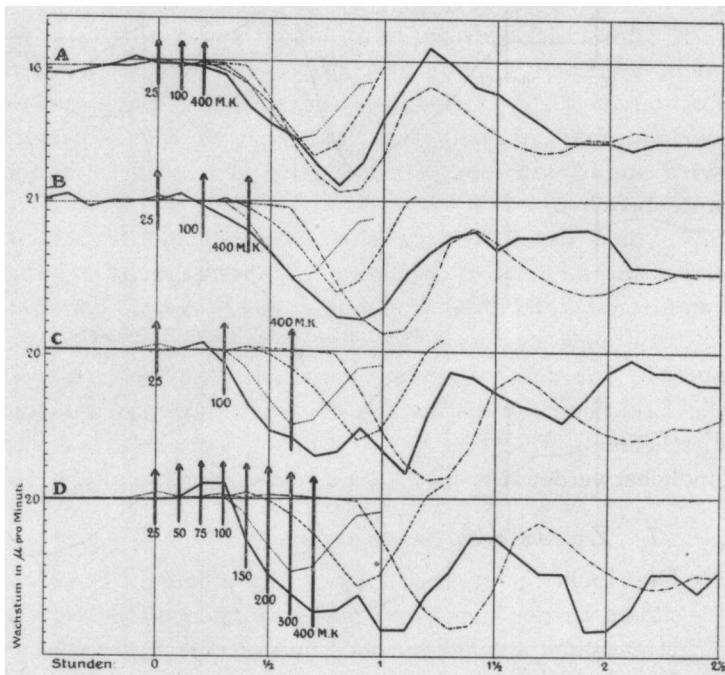
Offenbar kann die Antireaktion, welche nicht mehr als ungefähr 12 Minuten verspätet werden kann, auch selbst während Intensitätserhöhung zur Geltung kommen, in den-



Figur 5. A Vorbelichtung: 18 Minuten mit 25 MK., dann 100 MK.
 B " " 18 " " 125 " " 400 "
 C " " 18 " " 100 " " 400 "

jenigen Fällen, wo die Wachstumshemmung stark abgeflacht ist und also nicht steil verläuft. Bald aber wird die Antireaktion wieder von der Verzögerung überwunden, eine Verzögerung, welche wieder zum erwarteten Minimum herabsinkt.

Um nachzuweisen, dass tatsächlich die Länge der Verzögerung die Schuld dieser komplizierten Erscheinung trägt, wurde folgender „Kaskaden“ Versuch gemacht: es wurde jedesmal nach 6 Minuten die Intensität erhöht, sodass die Pflanze hintereinander mit 25, 50, 100, 150, 200, 300, 400 MK. bestrahlt wurde (Tabelle XXVIII, Figur 6 D).



Figur 6. A: 6 Minuten 25 MK., 6 Minuten 100 MK., dann 400 MK.
 B: 12 " 25 " 12 " 100 " " 400 "
 C: 18 " 25 " 18 " 100 " " 400 "
 D: Jedesmal 6 Minuten mit 25, 50, 75, 100, 150, 200, 300
 und schliesslich mit 400 MK. belichtet.

Ohne weiter auf Einzelheiten einzugehen, können wir sagen, dass auch hier nach 36 + 12 Minuten sozusagen ein Kampf zwischen Verzögerung und Beschleunigung

auftritt. Die Verzögerung scheint aber der Beschleunigung superponiert zu sein, sie kann aber nicht direkt zum vollen Ausdruck kommen und macht zu früh einer zeitlichen Beschleunigung Platz.

Zweifellos treten hier komplizierende Faktoren auf, auf welche wir noch nicht weiter eingehen können. Es genügt aber vorläufig festzustellen:

1. dass die Antireaktion, das ist der Autotropismus, nicht willkürlich lange unterdrückt werden kann; denn sucht man die Verzögerung um mehr als 12 Minuten zu verlängern, so tritt ihr Maximum zu früh auf oder wird sogar von einer vorübergehenden Beschleunigung unterbrochen,

2. dass diese Antireaktion unter Umstände sich sogar während Intensitätserhöhung geltend macht und also nichts mit einer Dunkelwachstumsreaktion gemein hat.

Ohne mich zu weit auf hypothetischem Gebiete zu wagen, spreche ich die Vermutung aus, dass wir vielleicht hier die Erklärung vor uns haben der noch durchaus unklaren Erscheinung, welche man „ein infolge Vorbelichtung Empfindlicherwerden für die negative Reaktion“ nennt.

7. Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Die Lichtwachstumsreaktionen auf höhere Lichtintensitäten werden nicht von Vorbelichtungen mit niedrigeren Intensitäten beeinflusst, oder anders gesagt:
Die Empfindlichkeit für eine höhere Lichtintensität wird nicht durch Vorbelichtungen mit niedrigeren Intensitäten abgeändert.
2. Es ist dabei gleichgültig, ob die Vorbelichtung nur wenige Minuten oder viele Stunden dauerte.
3. Die Lichtintensität ist also begrenzender Faktor für die Lichtwachstumsreaktion, in dem Sinne, dass von jeder Intensitätserhöhung eine neue Reaktion hervorgerufen wird.

4. Die auf der Wachstumsverzögerung folgende Beschleunigung gehört nicht zu der eigentlichen Reaktion auf die Belichtung, sondern scheint ein Erfolg der Verzögerung zu sein. Diese Antireaktion ist offenbar eine Äusserung des Autotropismus.
5. Dieser Autotropismus kann nicht willkürlich lange (nur ungefähr während 12 Minuten) unterdrückt werden, ihm ist aber die Verzögerung superponiert.

8. Theoretische Folgerungen.

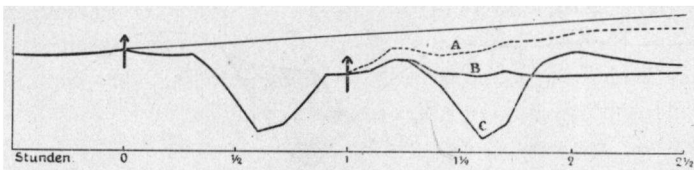
Als Hauptresultat aus dem Vorhergehenden hat sich ergeben, dass während einer Beleuchtung die „Empfindlichkeit“ für eine höhere Lichtintensität vom Anfang ab quantitativ erhalten bleibt. Jetzt werden wir versuchen diesen Befund den von Arisz (1) gefundenen Daten über das Stimmungsproblem anzuknüpfen und mit den theoretischen Darlegungen Bremekamps (7) und Van de Sande Bakhuyzen (2) zu vergleichen.

Noch eine Bemerkung muss aber vorangehen. Arisz hat nämlich nach seinen allseitigen Vorbelichtungen immer mit einer bestimmten Lichtmenge einseitig nachbelichtet, wobei er auch dieselbe, oder sogar niedrigere Intensitäten benutzte als bei der Vorbelichtung. Ich habe nur mit einer Dauerbelichtung bestimmter Intensität nachbelichtet. Es wird deutlich sein, dass nur auf diese Weise die Wachstumskurven quantitativ mit einander vergleichbar sind, denn es hat sich ja erwiesen, dass die Tiefe der Wachstumshemmung von der Lichtintensität bestimmt wird. Die Wachstumsreaktion auf eine 1-stündige Belichtung mit 25 MK. weist somit keine andere Kardinalpunkte auf als eine Reaktion, welche von einer 2-stündigen mit derselben Intensität hervorgerufen wird. Doch wird aus der einseitigen Belichtung während der letzten Stunde eine deutliche Krümmung hervorgehen. In der Wachstumskurve

kann aber der allseitige Effekt nur bei einer höheren Intensität als deutliche neue Reaktion in die Erscheinung treten (z. B. während 15 Minuten mit 100 MK., d. i. dieselbe Lichtmenge, aber anders zusammengesetzt). Figur 7 soll das Gesagte schematisch erklären.

Diese Erwägung gibt eine enge Begrenzung des Gebietes, in welchem die Wachstumsreaktion in ihrer Beziehung zum Stimmungsproblem studiert werden kann.

Van de Sande Bakhuyzen (2) hat versucht mit Hilfe der Blaauwschen Lichtwachstumstheorie die Stimmungserscheinungen zur Analyse zu bringen. Er hat dazu die zahlreichen Daten Arisz' in (theoretische) Wachstumsverzögerungskurven der Vorder- und der Hinterseite umge-



Figur 7. Nach einer 1-stündigen Belichtung mit 25 MK. bei

A: ins Dunkel zurückgebracht,

B: mit 25 MK. durchbelichtet,

C: während 15 Minuten mit 100 MK. belichtet.

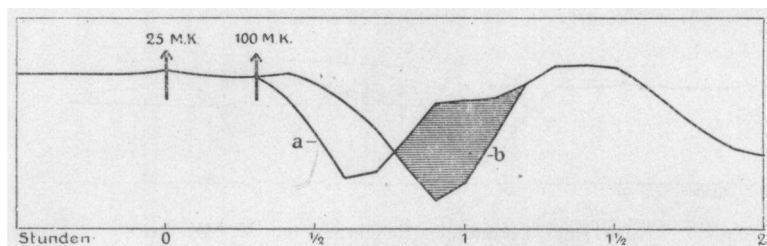
rechnet, aus welchen er die Kurven der „Empfindlichkeit“ erhielt, dargestellt durch den ersten Differentialquotient. Da sich seine Berechnungen hauptsächlich nur auf Krümmungsdaten stützten, liegt in seiner Wachstumsverzögerung viel Hypothetisches. So hat er z. B. eine ziemlich willkürliche Proportionalität zwischen der Verzögerung der Vorder- und der Hinterseite angenommen.

Uns interessiert aber nur die Frage, ob die Möglichkeit besteht das Stimmungsproblem empirisch in dieser Richtung zu analysieren. Es muss bei der Pflanze das Vermögen sich nach Vorbelichtung phototropisch zu krümmen mit der

Fähigkeit eine neue Wachstumsreaktion ausführen zu können zusammenfallen.

Wenn wir nur die Reaktionsfähigkeit und nicht das + oder – Zeichen der Reaktion beachten, ist es vorläufig gleichgültig, ob die Vorderseite oder die Hinterseite allein, oder beide Seiten eine Wachstumsreaktion aufweisen können.

Die Wachstumsverzögerungen sind dem Inhalt der Kurven proportional. Wenn wir den Effekt der Nachbelichtung als „Extraverzögerung“ demjenigen der Vorbelichtung gegenüberstellen, wird es klar sein, dass die Grösse dieser Extrawachstumsverzögerung bestimmt wird von dem in Figur 8 schattierten Flächeninhalt.



Figur 8. Schematische Darstellung der Extraverzögerung, von einer Intensitätserhöhung hervorgerufen.

Dieser lässt sich für jede Vorbelichtung sowohl aus einer geeigneten Uebereinanderlagerung der Idealkurven, wie aus den empirisch gefundenen Reaktionen konstruieren und mittels Wägungen bestimmen. In Figur 9 sind die aus diesen Wägungen hervorgegangenen Zahlen als Ordinate eingetragen worden. Auf der Abszisse sind die Vorbelichtungszeiten mit 25 MK., eingetragen worden. Die Abszissenachse ist also die Energiemenge der Vorbelichtung, für die Intensität von 25 MK. Die Kurven geben also die Grösse der Extraverzögerung an, welche auftritt infolge Nachbelichtungen mit höheren Intensitäten.

Wenn man diese Kurven mit den Bremekampschen

(7) theoretischen Empfindlichkeits- (d. h. Teilchenzahl-) Kurven vergleicht, findet man eine grosse Uebereinstimmung. Dass das Endniveau bei Bremekamp tiefer liegt, ist selbstverständlich. Denn, wo die Wachstumsgeschwindigkeit von der Belichtung herabgesetzt wird, wird auch die Krümmungsgrösse (nach welcher die Bremekampschen Kurven konstruiert worden sind) der Koleoptile herabgesetzt. Aus der Tatsache, dass in Bremekamps Theorie die Lichtempfindlichkeit eine Funktion der Wachstumsgeschwindigkeit darstellt, gehen andere kleine Unterschiede hervor.

Auch mit den Darlegungen von Van de Sande Bakhuizen (2) steht die Figur in Einklang ¹⁾. Man muss aber bei der Vergleichung beachten:

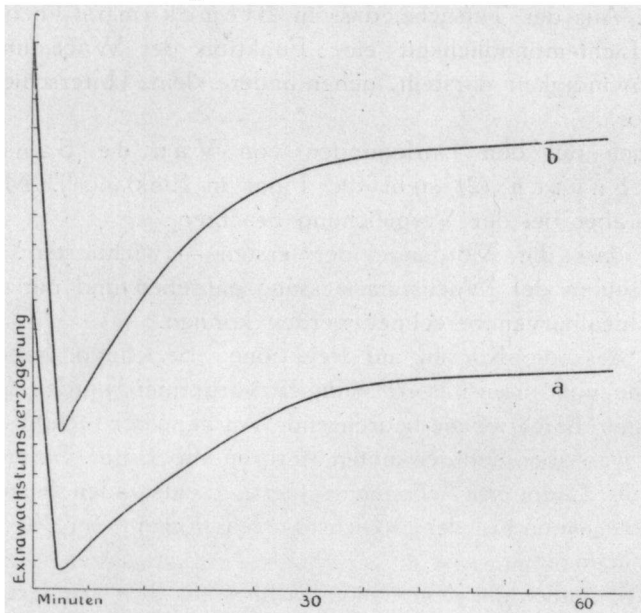
1. dass die Vorgänge der ersten — wichtigsten! — 6 Minuten der Wachstumsmessung entgehen und nur aus den Idealkurven berechnet werden können.

2. dass die Kurven auf Reaktionen Beziehung, haben, welche von Intensitätserhöhung hervorgerufen werden. Die von mir beschriebene begrenzende Wirkung der Lichtintensität war aber den genannten Autoren unbekannt. So muss man überhaupt ihre Arbeiten in einer Zeit entstanden denken, als die Kenntnis der Wachstumsreaktionen von *Avena* noch mangelhaft war.

Wir können aus dem Obigen schliessen, dass die Extrawachstumsverzögerung auf Intensitätserhöhung nach sehr kurzer Vorbelichtung rasch bis auf ein Minimum herabsinkt.

¹⁾ Ich will an dieser Stelle eine falsche Wiedergabe in „Tropismus und Wachstum“ S. 58 u. 59 berichtigen. Herr van de Sande Bakhuizen unterscheidet zwischen der Anpassung der „Empfindlichkeit“ und der Anpassung des Wachstums, was mich irre geführt hat. Tatsächlich ist nach 20 Minuten die phototropische „Empfindlichkeit“ angepasst, das Wachstum aber nicht. Es scheint mir jedoch besser nicht von einer Anpassung der Empfindlichkeit zu reden, weil ich der Meinung bin, dass alle phototropische „Anpassungserscheinungen“ auf die Lichtwachstumsreaktionen zurückgeführt werden können.

Dann steigt sie allmählich an, um nach ungefähr $\frac{1}{2}$ Stunde ihre ursprüngliche Grösse wieder zu erreichen. Dieses Verhalten ist der (an Krümmungen gemessenen) „Empfindlichkeitsänderung“ oder „Abstumpfung der Lichtstimmung“ nach Vorbelichtung durchaus ähnlich. Wir können deshalb einem Teil des Stimmungsproblems sein Geheimnisvolles entnehmen und sagen:



Figur 9. Die „Lichtempfindlichkeit“ für Nachbelichtung, ist ausgedrückt in der Extrawachstumsverzögerung. Wenn während der auf der Abszisse angegebenen Zeiten mit 25 MK. vorbelichtet wird, fand die Nachbelichtung statt mit: 100 MK. bei a, 400 MK. bei b.

Die Abstumpfung der „Lichtempfindlichkeit“ infolge Vorbelichtung findet ihre volle Erklärung in den Lichtwachstumsreaktionen.

Hiermit ist aber das ganze Stimmungsproblem noch nicht erklärt. Es bleiben noch zwei Fragen ungelöst:

1. Die Wiederherstellung der „Empfindlichkeit“ während

der auf der Belichtung folgenden Finsternis (oder Intensitätserniedrigung).

Ich bezweifle, trotz der neueren Untersuchungen Tollenars (11) dass dafür eine Dunkelwachstumsreaktion verantwortlich gemacht werden kann ¹⁾. Ich habe auch bei den hier veröffentlichten Versuchen immer darauf geachtet und niemals eine wirkliche deutliche Reaktion infolge Verdunkelung auftreten gesehen.

Meines Erachtens liegt dieses Problem der Empfindlichkeit nicht auf dem Gebiete der Wachstumsvorgänge, sondern gehört es den Stoffwechselprozessen an. (Vergl. Bremekamp).

2. Die Faktoren, welche das + oder — Zeichen der tropistischen Vorgänge bestimmen. Es können viele Ursachen hieran mitbeteiligt sein, wie insbesondere Van de Sande Bakhuyzen (2) betont hat. Ich habe die Vermutung ausgesprochen (S. 274), dass die unter bestimmten Umständen früher einsetzenden autotropischen „Antireaktionen“ vielleicht mit einem „infolge Vorbelichtung Empfindlicherwerden für die negative Reaktion“ zusammenhängen.

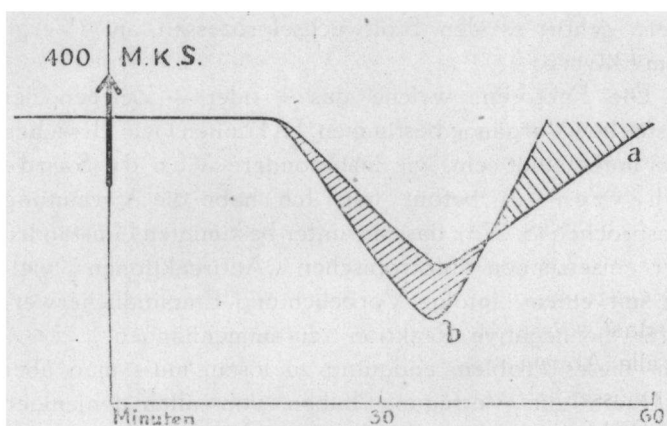
Um dieses Problem endgültig zu lösen, muss man aber alle Daten zur Verfügung haben von allen denjenigen Wachstumsreaktionen, welche von Belichtungen während 1—18 Minuten, mit verschiedenen Intensitäten hervorgerufen werden. Zweifellos wird sich dann eine einfache Erklärung ergeben.

Da in diesen Zeilen immer die Bedeutung der Lichtintensität betont wurde, möchte ich noch einige Bemerkungen über das sogenannte „Reizmengengesetz“ hinzufügen. Ich habe früher (8, S. 27 u. f.) auseinandergesetzt, dass man mit bestimmten kleinen Lichtmengen immer nur einen Teil der ganzen Lichtwachstumsreaktion hervorgerufen hat und

¹⁾ Vergl. auch die jüngst erschienene Mitteilung C. Ermans. (Botaniska Notiser, 1923, Lund, S. 331) (Korrekturnote).

dass die ganze Reaktion von der Intensität bestimmt wird. Wie versteht sich das mit der Produktregel?

Nach der Blaauwschen Theorie gehören gleich grosse Lichtwachstumsreaktionen zu gleich grossen Krümmungen. Das bedeutet aber nicht, dass die Wachstumsreaktionen einander gleich sein müssen; es sagt nur, dass die Flächeninhalte der Wachstumsreaktionen die gleiche sind. Dieses wird in der nächsten schematischen Figur 10 erläutert. Es seien dort zwei Wachstumsreaktionen auf



Figur 10. Zwei Reaktionen auf 400 MKS. *a* mit einer Intensität von 25 MK., während 16 Sekunden, *b* während 4 Sekunden mit 100 MK. belichtet.

400 MKS. dargestellt, die eine (*a*) wurde mit der Intensität von 25 MK., die andere (*b*) mit 100 MK. erzeugt.

Die Flächeninhalte der Wachstumsverzögerungen sind einander gleich; die Krümmungen müssen auch gleich gross sein. Die Tiefe der Verzögerung aber wird von der Intensität bestimmt.

Auch die von Arisz (1) gefundenen zeitlichen Begrenzungen des „Reizmengengesetzes“ lassen sich auf diese Weise erklären. Es ist ja die Lichtmenge das Produkt der

Intensität und der Belichtungszeit. Nach dem Obigem ist es wahrscheinlich, dass nicht die Belichtungszeit, sondern die Intensität die begrenzte Gültigkeit verursacht.

Man kann nun noch einen Schritt weiter gehen. Denn es ist jetzt klar geworden, dass Dauerbelichtung mit einer bestimmten Lichtintensität die Wachstumsverzögerung niemals unter ein bestimmtes Maximum herabsetzen kann; ein Maximum, das ungefähr 36 Minuten nach dem Anfang der Belichtung erreicht wird. Dieses Maximum wird also während der Belichtung selber erreicht, wenn die Belichtungszeit 36 Minuten oder mehr beträgt. Zieht man noch die Reaktionszeit ab (z. B. 12 Minuten), dann kann man sagen, dass Belichtungen während 24 Minuten und länger alle denselben maximalen Verzögerungseffekt für die benutzte Intensität hervorrufen. (Der Effekt der Belichtung während der 24^{sten} Minute äussert sich dann nach der 36^{sten} Minute).

Bei Belichtungen, während 24 Minuten und länger ist also die Lichtintensität massgebend für die Grösse der Reaktion und nur für kürzere Belichtungszeiten kann das sogenannte Reizmengengesetz gültig sein. Auch alle Abweichungen davon (z. B. die negativen Reaktionen) müssen in diesen 24 Minuten auftreten. Das scheint mir die Richtung, in welcher die von Arisz (1) gefundenen Tatsachen über das Stimmungsproblem erklärt werden müssen.

Am Schluss dieser Arbeit möchte ich Herrn Professor F. A. F. C. Went, in dessen Institut diese Arbeit ausgeführt wurde, herzlich danken für die freundlichst mir gebotene Gelegenheit meine Untersuchungen fortzusetzen und Herrn Institutsmechaniker, P. A. de Bouter für seine treue Hilfe bei der täglichen Kontrolle des Apparates.

Utrecht, Botanisch Laboratorium.

Oktober 1923.

TABELLE I.
Dauerbelichtung mit 25 MK. Wachstum in μ pro 6 Minuten. Bei \uparrow Licht.

Vers. Nr.	Länge des Kole- optils.	\uparrow 25 MK. Licht!										1 Std.				
		Dunkel.					25					60	70	80	90	100
232	33 mm.	100	110	120	110	110	110	110	110	110	110	60	50	60	50	70
233	31 "	130	130	140	150	150	150	150	150	150	130	90	100	90	100	110
235	32 "	190	190	180	180	180	180	170	170	180	150	120	100	120	150	160
236	24 "	110	100	100	110	110	110	110	100	100	110	80	70	80	70	100
237	22 "	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	130	140	170	180	180
240	24 "	140	130	130	130	130	130	130	130	120	120	80	90	80	90	110
241	19 "	140	150	150	150	150	140	130	140	140	140	110	110	140	150	130
243	27 "	170	170	160	160	170	180	170	170	170	150	130	140	150	150	150
244	26 "	110	110	110	110	110	100	110	100	100	80	70	90	120	130	130
253	20 "	100	100	100	100	100	100	100	120	120	100	80	90	100	130	130
Durchschnitt	26 mm.	136	136	136	137	138	136	136	136	136	126	95	110	124	127	
" pro Min.	—	22.6	22.6	22.6	22.7	23	22.6	22.6	22.6	22.6	21	18.4	15.9	16.2	20.8	21.2

Fortsetzung:

Vers. Nr.		2 Std.										2 Std.				
		80					90					60				
232	—	80	90	90	90	90	90	90	90	90	80	60	60	70		
233	—	110	110	110	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
235	—	160	140	150	140	140	140	140	140	140	150	150	150	150		
236	—	110	120	120	110	100	100	100	100	110	110	110	110	110		
237	—	180	200	200	200	200	200	200	200	200	190	180	180	180		
240	—	110	120	120	130	130	130	130	130	140	140	140	140	140		
241	—	130	140	140	130	140	150	150	150	160	160	160	160	160		
243	—	140	150	150	140	130	130	130	130	130	130	120	110	110		
244	—	130	130	120	110	110	110	110	110	110	120	120	120	120		
253	—	130	140	110	110	120	110	110	110	110	110	110	110	120		
Durchschnitt	—	128	134	131	126	126	125	128	127	125	126	125	125	126		
" pro Min.	—	21.4	22.4	21.9	21	21	20.9	21.4	21.2	20.9	21	21.2	20.9	21		

TABELLE II.
Dauerbelichtung mit 100 MK. Wachstum in μ pro 6 Minuten. Bei \uparrow Licht.

Vers. Nr.	Länge des Kole- optils.	Dunkel.						\uparrow 100 MK. Licht!						1 Std.					
		180	180	180	180	180	180	180	190	190	190	170	140	120	130	180	210	190	
285	29.5 mm.	180	140	150	150	150	150	150	130	120	100	100	100	60	70	100	150	160	
296	23.5 "	140	100	100	100	100	100	100	100	90	90	90	70	70	70	100	120	120	
297	18.5 "	100	100	100	100	100	100	100	100	90	90	130	100	80	80	90	120	150	
298	32 "	140	140	140	150	150	150	150	140	130	130	130	100	30	40	40	70	80	
299	28.5 "	60	60	60	60	60	60	60	70	70	60	50	40	50	40	40	60	90	
300	22.5 "	90	90	100	110	100	90	90	90	80	70	60	60	60	50	40	60	90	
301	23.5 "	100	100	100	100	100	100	100	90	90	90	90	70	60	50	30	40	60	
302	20.5 "	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	80	70	60	70	90	120	130	
303	22.5 "	120	120	120	120	120	120	120	120	120	110	110	110	100	130	170	170	170	
304	23.5 "	160	150	160	150	150	160	160	160	140	120	110	110	90	100	120	140	140	
Durchschnitt	24.5 mm.	118	117	120	120	120	122	118	111	101	87	72	78	72	78	96	120	129	
" pro Min.	—	19.7	19.5	20	20	20	20.4	19.7	18.5	16.9	14.5	12	13	12	13	16	20	21.5	

Fortsetzung:

Vers. Nr.		2. Std.											
		190	180	170	160	170	170	160	150	150	160	150	160
285	—	190	180	170	160	170	170	160	150	150	160	150	160
296	—	150	150	140	140	120	110	110	110	120	120	120	120
297	—	100	100	100	100	90	80	70	60	60	60	60	60
298	—	140	140	130	110	100	90	110	100	100	100	100	100
299	—	80	100	90	80	70	70	70	80	80	80	80	80
300	—	110	100	90	60	60	40	50	50	50	50	50	50
301	—	70	70	80	70	60	50	40	50	50	50	50	50
302	—	130	130	130	110	100	90	80	70	80	80	80	80
303	—	180	160	160	150	140	140	130	130	130	130	130	130
304	—	140	140	130	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Durchschnitt	—	129	127	122	110	103	96	94	92	93	95	95	95
" pro Min.	—	21.5	21.2	20.4	18.4	17.2	16	15.8	15.4	15.5	15.9	15.9	15.9

TABELLE V.

Vorbelichtung mit 25 MK. (a. während 4, b. während 8 Stunden), dann nachbelichtet mit 100 MK. Wachstum in μ pro 6 Minuten.

Vers. Nr.	Länge.	25 \uparrow MK.										1 Std.
241	19 mm.	140	150	150	150	140	130	140	140	110	110	130
260	22.5 "	110	110	110	110	110	120	110	100	80	110	140
Durchschnitt	20.75 mm.	125	130	130	130	125	125	125	120	95	110	135
" pro Min..	—	20.9	21.6	21.6	21.6	20.9	20.9	20.9	20.9	18.4	25	22.5

Fortsetzung:												
Vers. Nr.		2 Std.										
241	—	130	140	140	130	140	150	160	160	160	160	} u. s. w.
260	—	140	110	100	90	90	110	120	100	100	100	
Durchschnitt	—	135	125	120	105	110	130	140	130	130	130	
" pro Min.	—	22.5	20.9	20	17.5	18.4	21.6	23.4	21.6	21.6	21.6	

Fortsetzung:												
Vers. Nr.	Länge.	25 MK. (Schluss), 100 \uparrow MK.										
241	25 mm.	(1 1/2 Stunde) a.		160	160	160	160	160	160	160	160	150
260	32 "	(5 1/2 Stunden) b.		140	140	140	140	140	140	140	130	90
Durchschnitt	28.5 mm.	—	—	—	—	150	150	150	150	150	145	120
" pro Min..	—	—	—	—	—	25	25	25	25	25	24.4	20

Fortsetzung:												
Vers. Nr.		1 Std.										2 Std.
241	—	130	120	130	150	150	160	150	140	130	130	140
260	—	60	110	160	150	150	150	140	130	130	140	130
Durchschnitt	—	95	115	145	150	150	155	145	135	130	130	135
" pro Min..	—	16.5	19.2	24.2	25	25	25.9	24.4	22.5	21.6	22.5	22.5

TABELLE VI.

3-stündige Vorbelichtung mit 25 MK., dann Nachbelichtung mit 100 MK. Wachstum in μ pro 6 Minuten.

Vers. Nr.	Länge.	25 MK.												1 Std.			
		110	110	110	110	100	100	100	100	100	120	130	140	110	100	100	130
234 d.	28 mm.	110	110	110	110	100	100	100	100	100	120	130	140	110	100	120	130
243 b.	27 "	170	170	160	170	170	170	180	170	180	170	170	150	140	130	140	150
253 b.	20.5 "	100	100	100	100	100	100	100	100	100	120	120	100	80	80	100	130
267 h.	27.5 "	100	100	80	80	80	80	90	90	90	90	90	70	60	50	110	120
Durchschnitt	25.5 "	120	120	113	110	113	110	117	125	127	115	127	115	98	90	102	135
" pro Min.	—	20	20	18.9	18.9	18.4	18.9	19.5	20.9	21.2	19.2	16.2	16.2	15	17	20	22.5

Fortsetzung:

Vers. Nr.		2												Std.	
		140	130	130	130	130	130	120	130	130	140	140	140		
234 d.	—	140	130	130	130	130	130	120	130	130	140	140	140	150	150
243 b.	—	140	150	150	140	130	130	130	130	130	120	110	120	140	120
253 b.	—	130	140	110	110	120	110	110	110	110	110	120	130	110	120
267 h.	—	130	110	80	70	70	70	70	70	60	70	90	100	110	120
Durchschnitt	—	135	132	118	112	112	108	110	108	110	115	123	120	130	130
" pro Min.	—	22.5	22	19.5	18.9	18.9	18	18.4	18	18.4	19.1	20.5	20	21.6	22.5

Fortsetzung:

↑ 100 MK.

Vers. Nr.		Länge.										
234 d.	—	170	150	150	150	150	31.5 mm.	150	140	140	140	110
243 b.	—	110	100	100	100	100	32 "	100	110	100	100	90
253 b.	—	130	130	130	130	130	24 "	130	130	100	100	80
267 h.	—	90	80	70	70	90	32 "	100	120	90	80	70
Durchschnitt	—	125	115	113	113	113	30.25 mm.	120	123	105	105	83
" pro Min.	—	20.9	19.2	18.7	18.7	18.7	—	20	20.5	17.5	17.5	13.8

Fortsetzung:

Vers. Nr.	4 Std.												5 Std.
	90	90	120	140	150	150	150	140	130	140	140	140	
234 d.	—	90	90	120	140	150	150	150	140	130	140	140	130
243 b.	—	80	90	110	130	120	110	110	110	110	110	120	100
253 b.	—	100	130	140	160	160	140	130	120	130	130	140	120
267 h.	—	80	140	140	130	110	110	90	90	80	90	70	50
Durchschnitt	—	83	83	102	140	125	128	120	115	113	115	117	102
" pro Min.	—	13.8	13.8	18	23.4	20.8	21.4	20	19.2	18.7	19.2	19.2	17

TABELLE VII.

2-stündige Vorbelichtung mit 25 MK., dann Nachbelichtung mit 100 MK. Wachstum in μ pro 6 Minuten.

Vers. Nr.	Länge.	25 MK.										1 Std.			
		24 mm.	110	100	110	110	110	110	110	110	110	90	80	70	80
236	24 mm.	110	100	100	110	110	110	110	110	110	110	110	100	70	80
237 a.	22 "	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	150	130	140	180
244 a.	26 "	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	100	80	70	130
251	33 "	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	80	80	80	90
258	28.5 "	90	100	100	100	100	100	100	100	100	90	80	80	100	120
Durchschnitt	26.8 mm.	116	118	118	122	120	120	120	120	120	112	96	88	92	120
" pro Min.	—	19.4	19.6	19.6	20.4	20	20	20	20	18.6	18.6	16	14.8	15.4	20.8

Fortsetzung: \uparrow 100 MK.

Vers. Nr.	Länge.	100 MK.										1 Std.			
		24 mm.	110	100	110	110	110	110	110	110	110	90	80	70	80
236	110	120	120	110	100	110	110	110	110	110	110	120	120	120	90
237 a.	180	200	200	200	200	200	200	200	200	200	180	170	170	170	140
244 a.	130	120	110	110	110	110	110	120	120	120	28.5	110	110	110	90
251	90	100	90	80	70	70	70	70	70	70	34.5	70	70	70	60
258	120	110	100	100	80	90	90	100	100	100	30.5	120	120	90	70
Durchschnitt	126	132	126	122	116	114	116	118	116	120	29.3 mm.	122	118	112	90
" pro Min.	21	22	21	20.4	19.4	19	19.4	19.6	19.4	20	—	20.4	19.6	18.8	17.6

Fortsetzung:

Vers. Nr.	Länge.	3 Std.										4 Std.			
		24 mm.	110	100	110	110	110	110	110	110	110	90	80	70	80
236	—	90	110	120	110	110	110	120	100	80	90	90	90	90	90
237 a.	—	130	130	150	170	180	180	180	180	180	170	170	170	170	170
244 a.	—	80	90	110	110	100	90	90	90	70	90	90	90	90	90
251	—	50	80	80	80	80	90	90	90	80	70	70	80	90	90
258	—	70	110	130	120	120	110	110	110	110	130	140	140	130	130
Durchschnitt	—	64	104	118	118	120	118	110	104	110	112	114	114	114	114
" pro Min.	—	10.8	17.2	19.6	19.6	20	19.6	18.4	17.4	18.4	18.8	19	19	19	19

TABELLE VIII.

6-stündige Belichtung mit 100 MK., dann Nachbelichtung mit 400 MK. Wachstum in μ pro Minute.

Vers. Nr.	Länge.	100 ↑ MK.										
285.	29.5 mm.	30	30	30	30	30	30	31.6	31.6	31.6	28.3	23.3
Fortsetzung:												
Vers. Nr.		1 Std.										
285.	—	20	21.6	30	35	31.6	31.6	30	28.3	26.6	28.3	
Fortsetzung:												
Vers. Nr.		2 Std.										
285.	—	26.6	25	25	26.6	26.6	....	u.s.w.	3 1/2	Std.	....
Fortsetzung:												
Vers. Nr.	Länge.	400 ↑ MK.										
285.	40 mm.	25	25	25	25	23.3	23.3	25	25	18.3	15	
Fortsetzung:												
Vers. Nr.		7 Std.										
285.	—	15	18.3	21.6	21.6	18.3	18.3	18.3	18.3	16.6	15	
Fortsetzung:												
Vers. Nr.		8 Std.										
285.	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	

TABELLE XI.

1-stündige Vorbelichtung mit 25 MK., dann Nachbelichtung mit 100 MK. Wachstum in μ pro Minute.

Vers. Nr.	Länge.	25 MK.									
262.	25 mm.	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	11.6	10	8.4
Fortsetzung:											
Vers. Nr.		100 MK.									
262.	—	6.6	8.4	10	15	13.4	13.4	11.6	10	8.4	6.6
Fortsetzung:											
Vers. Nr.		2 Std.									
262.	—	8.4	10	13.4	13.4	11.6	11.6	11.6	11.6	12	12
Fortsetzung:											
Vers. Nr.		3 Std.									
262.	—	11.6	11.6	10	10	10	10	10	10	10	10

TABELLE XII.

Während 42 Minuten vorbelichtet mit 25 MK., dann 100 MK. Wachstum in μ pro Minute.

Vers. Nr.	Länge.	25 MK.									
267.	22 mm.	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	16.6
Fortsetzung:											
Vers. Nr.		100 MK.									
267.	—	15	16.6	21.6	20	20	20	18.4	11.6	11.6	15
Fortsetzung:											
Vers. Nr.		2 Std.									
267.	—	16.6	21.6	20	20	20	20	18.4	16.6	16.6	15
Fortsetzung:											
Vers. Nr.		3 Std.									
267.	—	18.4	18.4	16.6	15	15					

TABELLE XIII.

$\frac{1}{3}$ -stündige Vorbelichtung mit 25 MK., dann Nachbelichtung mit 100 MK. Wachstum in μ pro 6 Minuten.

Vers. Nr.	Länge.	MK.									
		25					100				
264	22 mm.	90	80	90	90	90	80	90	80	70	70
266	20 "	100	90	100	100	90	90	100	100	90	80
267 d.	25 "	100	120	130	140	160	150	150	130	100	100
Durchschnitt	22.3 mm.	97.3	97.3	100	110	113.3	106.6	113.3	103.3	86.6	86.3
" pro Min.	—	16.1	16.1	16.6	18.4	18.9	17.6	18.9	17.1	14.5	14.5

Fortsetzung:

Vers. Nr.		Std.									
		1					2				
264	—	50	50	60	60	40	70	80	80	90	90
266	—	70	70	70	60	50	60	90	100	100	110
267 d.	—	90	100	100	100	80	80	120	120	140	140
Durchschnitt	—	70	71.3	76.6	71.3	56.6	70	96.6	100	110	113.3
" pro Min.	—	11.6	11.9	12.6	11.9	9.3	11.6	16	16.8	18.4	18.9

Fortsetzung:

Vers. Nr.		Std.									
		1					2				
264	—	70	40	50	50	50	80	80	80	80	80
266	—	100	90	90	80	80	90	90	90	100	90
267 d.	—	120	110	110	100	100	80	80	80	90	90
Durchschnitt	—	96.6	80	83.3	76.6	76.6	83.3	83.3	83.3	90	86.6
" pro Min.	—	16	13.4	14	12.5	12.5	13.9	13.9	13.9	15	14.2

TABELLE XIV.

Während 36 Minuten vorbelichtet mit 25 MK., dann 400 MK. Wachstum in μ pro Minute.

Vers. Nr.	Länge.	25 ↑ MK.										
269 e.	31.5 mm.	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	13.4	11.6	8.4

Fortsetzung:

Vers. Nr.	400 \uparrow MK.	1 Std.									
269 e.	—	8.4	8.4	11.6	10	6.6	5	5	5	8.4	16.6

Fortsetzung:

Vers. Nr.	2 Std.										
269 e.	—	15	13.4	11.6	10	6.6	6.6	6.6	6.6	8.4	10

Fortsetzung:

Vers. Nr.	3 Std.									
269 e.	—	10	8.4	10	11.6	13.4				

TABELLE XV.

Während 36 Minuten mit 25 MK.; dann während 42 Minuten mit 100 MK., und schliesslich mit 400 MK. belichtet. Wachstum in μ pro Minute.

Vers. Nr.	Länge.	25 \uparrow MK.									
269 a.	26 mm.	25	25	25	25	25	25	25	25	25	18.4

Fortsetzung:

Vers. Nr.	100 \uparrow MK.	1 Std. 400 \uparrow MK.									
269 a.	—	16.6	18.6	23.4	23.4	20	15	15	18.4	18.4	18.4

Fortsetzung:

Vers. Nr.	2 Std.									
269 a.	—	18.4	15	13	11.6	21.6	21.6	20	16.6	18.4

Fortsetzung:

Vers. Nr.	3 Std.									
269 a.	—	16.6	16.6	18.4	18.4	18.4	16.6	16.6	16.6	16.6

TABELLE XVI.

Während 6 Minuten mit 25 MK. vorbelichtet, Nachbelichtung mit 100 MK. Wachstum in „ pro 6 Minuten.

Vers. Nr.	Länge.	25 ↑ 100 ↑ MK.									
		25 mm.	140	140	140	150	150	150	160	170	160
315	25	mm.	140	140	140	150	150	150	160	170	140
337	28	„	80	80	80	80	80	80	70	80	70
Durchschnitt	26.5	mm.	110	110	110	115	115	120	125	115	105
„ pro Min.	—	—	18.3	18.3	18.3	19.2	19.2	20	20.9	19.2	17.5

Fortsetzung:

Vers. Nr.		1 Std.									
		110	90	100	130	150	150	150	150	150	140
315	—	110	90	100	130	150	150	150	150	150	140
337	—	50	40	70	80	90	90	80	60	50	60
Durchschnitt	—	80	65	85	105	120	120	115	105	100	100
„ pro Min.	—	13.3	10.9	14.2	17.5	20	19.2	17.5	16.6	16.6	16.6

Fortsetzung:

Vers. Nr.		2 Std.									
		130	130	120	110	110	110	100	80	80	100
315	—	130	130	120	110	110	110	100	80	80	100
337	—	70	70	70	80	80	80	80	80	80	80
Durchschnitt	—	100	100	95	95	95	95	90	90	90	90
„ pro Min.	—	16.6	16.6	15.9	15.9	15.9	15.9	15	15	15	15

TABELLE XVIII.

Während 6 Minuten mit 100 MK. vorbelichtet, Nachbelichtung mit 400 MK. Wachstum in μ pro Minute.

Vers. Nr.	Länge.	\uparrow 100 \uparrow 400 MK.					
		15	15	16.6	16.6	16.6	15
333 d.	24 mm.	15	15	16.6	16.6	16.6	15
							11.6
							8.4
							6.6

Fortsetzung:

Vers. Nr.		1 Std.					
		6.6	5	5	6.6	11.6	13.4
333 d.	—	6.6	5	5	6.6	11.6	13.4
							11.6
							11.6
							11.6

Fortsetzung:

Vers. Nr.		2 Std.					
		10	10	8.4	11.6	11.6	10
333 d.	—	10	10	8.4	11.6	11.6	10
							8.4
							—
							—

TABELLE XIX.

Während 12 Minuten mit 25 MK. vorbelichtet, Nachbelichtung mit 100 MK. Wachstum in μ pro Minute.

Vers. Nr.	Länge.	25 MK. 100 MK.					
333	21 mm.	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	16.6
							15

Fortsetzung:

Vers. Nr.	1 Std.					
333	—	13.4	11.6	10	15	16.6
						15

Fortsetzung:

Vers. Nr.	2 Std.					
333	—	15	15	13.4	15	13.4
						—

TABELLE XX.

Während 12 Minuten mit 25 MK. vorbelichtet, Nachbelichtung mit 400 MK. Wachstum in μ pro 6 Minuten.

Vers. Nr.	Länge.	25 MK. 400 MK.											
		70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
305	33 mm.	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
334	24 „	130	130	140	140	140	140	140	140	140	150	130	110
Durchschnitt	28.5 mm.	100	100	105	105	105	105	105	105	105	105	90	75
„ pro Min.	—	16.6	16.6	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	15	12.5

Fortsetzung:

Vers. Nr.		1 Std.											
		30	30	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
305	—	30	30	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
334	—	90	80	70	90	90	140	140	140	130	130	120	110
Durchschnitt	—	60	55	45	55	55	80	80	80	85	95	90	90
„ pro Min.	—	10	9.2	6.5	9.2	9.2	13.4	13.4	13.4	14.2	15.8	15	15

Fortsetzung:

Vers. Nr.		2 Std.											
		70	60	60	60	60	50	50	50	50	50	50	50
305	—	70	60	60	60	60	50	50	50	50	50	50	50
334	—	110	110	100	110	110	100	110	110	110	110	110	110
Durchschnitt	—	90	85	80	85	85	75	80	80	80	80	80	80
„ pro Min.	—	15	14.2	13.4	14.2	14.2	12.5	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4

TABELLE XXI.

Während 18 Minuten mit 25 MK. vorbelichtet, Nachbelichtung mit 100 MK. Wachstum in μ pro 6 Minuten.

Vers. Nr.	Länge.	25 \uparrow MK.										100 \uparrow MK.	
		28 mm.	120	110	120	120	110	110	110	110	110	120	90
327	28 mm.	28 mm.	120	110	120	120	110	110	110	110	110	120	90
328	24 „	24 „	150	150	150	140	140	140	140	140	140	130	120
Durchschnitt	26 „	26 „	135	130	135	130	125	125	125	125	125	125	110
„ pro Min.	—	—	22.5	21.6	22.5	21.6	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	18.3
													15.8

Fortsetzung:

Vers. Nr.		1 Std.											
			60	50	40	70	120	140	120	140	120	110	100
327	—	—	60	50	40	70	120	140	120	140	120	110	100
328	—	—	110	100	90	110	150	140	150	140	130	130	90
Durchschnitt	—	—	85	75	65	90	135	140	135	140	125	120	95
„ pro Min.	—	—	14.2	12.5	10.8	15	22.5	23.3	22.5	23.3	20.8	20	16.6
													15.8

Fortsetzung:

Vers. Nr.		2										Std.	
327	. . . . .	—	100	90	100	130	130	120	100	100	100	100
328	. . . . .	—	80	90	90	100	100	100	100	100	100	100
Durchschnitt	. . . . .	—	90	90	95	115	115	110	110	100	100	100
"	pro Min.	—	15	15	15.8	19.2	19.2	18.3	18.3	16.6	16.6	16.6	

TABELLE XXII.

Während 18 Minuten mit 25 MK. vorbelichtet, Nachbelichtung mit 400 MK. Wachstum
in μ pro 6 Minuten.

Vers. Nr.	Länge.	25 \uparrow MK.										400 \uparrow MK.	
		130	140	140	140	140	140	140	140	140	140	130	110
306	25 mm.	130	140	140	140	140	140	140	140	140	140	130	110
311 e.	34 "	100	90	100	100	100	100	100	90	90	80	70	60
Durchschnitt	29.5 mm.	115	115	120	120	115	115	115	115	105	100	90	75
" pro Min.	—	19.2	19.2	20	20	19.2	19.2	19.2	19.2	17.5	16.6	15	12.5

Fortsetzung:

Vers. Nr.		1 Std.											
		70	60	40	50	80	90	90	90	80	50	60	60
306	—	70	60	40	50	80	90	90	90	80	50	60	60
311 e.	—	50	50	40	40	50	90	90	110	120	100	90	90
Durchschnitt	—	60	55	40	45	65	90	90	100	100	75	75	75
" pro Min.	—	10	8.9	6.6	7.5	10.9	15	16.6	16.6	16.6	12.5	12.5	12.5

Fortsetzung:

Vers. Nr.		2										Std.	
306	—	60	60	60	50	60	50	40	50	40	40		
311 e.	—	80	90	80	70	60	60	50	50	50	50		
Durchschnitt	—	70	75	70	60	60	55	45	50	45	45		
" pro Min.	—	11.6	12.5	11.6	10	10	8.9	7.5	8.3	7.5	7.5		

TABELLE XXIV.

2 $\frac{1}{3}$ -stündige Belichtung mit 25 MK. Dann wurde während 18 Minuten mit 100 MK. und schliesslich mit 400 MK. belichtet. Wachstum in μ pro Minute.

Vers. Nr.	Länge.	25 \uparrow MK.									
312	35.5 mm.	31.6	31.6	31.6	31.6	31.6	31.6	31.6	30	26.6	23.3

Fortsetzung:

Vers. Nr.	1 Std.									
312	—	20	28.3	36.6	35	33.3	30	33.3	35	35

Fortsetzung:

Vers. Nr.	Länge.	2 Std. \uparrow 100 MK.							
312	40 mm.	36.6	38.3	36.6	35	33.3	33.3	33.3	33.3

Fortsetzung:

Vers. Nr.		400 ↑ MK. 3				Std.				
312	—	33.3	31.6	31.6	26.6	21.6	16.6	15	23.3	31.6

Fortsetzung:

Vers. Nr.	4 Std.				
312	31.6	31.6	30	28.3	28.3

TABELLE XXV.

Während 6 Minuten mit 25 MK., dann während 6 Minuten mit 100 MK. und schließlich mit 400 MK. belichtet. Wachstum in μ pro 6 Minuten.

Vers. Nr.	Länge.	25						100			400			MK.		
		35 mm.	100	100	100	110	110	100	100	100	90	90	90	90	70	70
310 e.	35 mm.	100	100	100	100	110	110	100	100	100	90	90	90	90	70	70
313 a.	28 "	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90	80
314	32 "	90	90	100	100	100	100	90	100	100	100	100	100	90	70	50
Durchschnitt	31.6 mm.	93	96	100	103	100	100	100	100	100	96	93	93	76	66	
" pro Min. . . .	—	15.5	16	16.6	17.2	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16	15.5	15.5	12.6	11	

Fortsetzung:

Vers. Nr.		1						Std.					
		60	50	40	50	100	100	120	140	130	100	80	80
310 e.	—	60	50	40	50	100	100	120	140	130	100	80	80
313 a.	—	70	50	40	60	70	70	100	100	80	80	90	90
314	—	50	40	20	30	40	40	50	80	90	80	80	80
Durchschnitt	—	60	46	33	46	70	70	90	107	100	86	83	83
" pro Min. . . .	—	10	7.5	5.5	7.5	11.6	11.6	15	17.9	16.6	14.4	13.9	13.9

Fortsetzung:

Vers. Nr.		2						Std.					
		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
310 e.	—	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
313 a.	—	70	70	50	50	40	40	50	50	60	70	60	60
314	—	70	50	40	40	50	50	30	40	30	30	40	40
Durchschnitt	—	73	66	56	56	56	56	53	56	56	60	60	60
" pro Min. . . .	—	12.2	11	9.4	9.4	9.4	9.4	8.9	9.4	9.4	10	10	10

TABELLE XXVI.

Während 12 Minuten mit 25 MK., dann während 12 Minuten mit 100 MK. und schließlich mit 400 MK. belichtet. Wachstum in μ pro 6 Minuten.

Vers. Nr.	Länge.	25 MK. 100 MK. 400 MK.									
		120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
307 e.	31.5 mm.	120	120	120	120	120	120	120	120	120	90
309 e.	37.5 "	120	110	110	110	110	110	100	90	90	80
310 a.	30 "	150	140	150	150	150	160	150	140	140	120
Durchschnitt	33 mm.	130	123	126	126	126	130	123	117	110	97
" pro Min.	—	21.6	20.5	21	21	21	21.6	20.5	19.5	18.3	16.2

Fortsetzung:

Vers. Nr.		1 Std.									
		80	80	70	60	60	60	80	90	90	90
307 e.	—	80	80	70	60	60	60	80	90	90	90
309 e.	—	60	40	30	40	40	40	40	50	60	60
310 a.	—	110	100	90	90	100	160	170	180	180	150
Durchschnitt	—	83	73	63	63	67	87	97	107	110	100
" pro Min.	—	13.9	12.2	10.5	10.5	11.2	14.5	16.2	17.8	18.4	16.6

Fortsetzung:

Vers. Nr.		2										Std.	
		100	110	100	100	90	90	80	70	70	70		
307 e.	.	—	100	110	100	100	90	90	80	70	70	70	
309 e.	.	—	60	50	60	60	60	50	60	60	60	60	
310 a.	.	—	160	160	170	170	160	130	130	130	130	130	
Durchschnitt	.	—	107	107	110	110	107	90	90	87	87	87	
"	pro Min.	—	17.8	17.8	18.4	18.4	17.8	15	15	14.5	14.5	14.5	

TABELLE XXVII.

Während 18 Minuten mit 25 MK., dann während 18 Minuten mit 100 MK. und schliesslich mit 400 MK. belichtet. Wachstum in μ pro 6 Minuten.

Vers. Nr.	Länge.	25 MK.						100 MK.			400 MK.			1 Std.	
		180	180	180	180	180	180	180	150	120	100	90	100	120	100
309 a.	32 mm.	180	180	180	180	180	180	180	150	120	100	100	100	120	100
311 a.	30 "	70	70	70	70	70	70	70	80	70	70	60	50	60	60
317	32 "	100	100	100	100	100	100	100	110	110	80	70	60	50	60
318	26 "	140	130	130	130	130	130	130	130	130	110	90	80	90	70
319	30 "	130	130	130	130	130	130	130	130	110	90	70	60	70	50
Durchschnitt	30 mm.	124	122	122	122	122	122	122	126	114	94	80	76	68	68
" pro Min.	—	20.6	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	21	19	15.6	13.4	12.6	11.4	11.4

Fortsetzung:

Vers. Nr.		2 Std.											
		90	120	160	150	130	130	130	120	130	140	140	150
309 a.	—	90	120	160	150	130	130	130	120	130	140	140	150
311 a.	—	40	50	60	80	80	90	90	80	80	80	90	80
317	—	50	80	110	110	100	90	90	80	80	100	100	110
318	—	60	110	140	120	110	90	90	80	90	110	130	120
319	—	40	80	90	80	80	70	70	80	100	120	150	90
Durchschnitt	—	56	88	112	108	100	94	90	84	96	110	118	106
" pro Min.	—	9.4	14.6	18.6	18	16.6	15.6	15	14	16	18.4	19.6	17.5

TABELLE XXVIII.

Jede 6 Minuten wurde die Lichtintensität erhöht, resp. 25, 50, 75, 100, 150, 200, 300 400 MK. Wachstum in μ pro Minute.

Vers. Nr.	Länge.										
		25	50	75	100	150	200				
316	30 mm.	20	20	20	20	21.6	21.6	16.6	13.3		

Fortsetzung:

Vers. Nr.	↑		↑		MK.		1		Std.	
	300	400	300	400	10	11.6	8.3	11.6	13.3	16.6
316	—		11.6	10	10	11.6	8.3	11.6	13.3	16.6

Fortsetzung:

Vers. Nr.	2										Std.
316	—	15	13.3	13.3	8.3	8.3	10	13.3	13.3	11.6	13.3

Fortsetzung:

Vers. Nr.		3				Std.			
316	—	15	15	15	15	13.3	13.3	13.3	13.3

Literaturverzeichnis.

1. Arisz, W. H., Untersuchungen über Phototropismus. Rec. des Trav. bot. néerl. 12, 1915.
2. Bakhuyzen, H. L. van de Sande, Analyse der fototropische Stemmingsverschijnselen. Diss. Utrecht. 1920.
3. Blaauw, A. H., Licht und Wachstum I, Zeitschr. f. Bot. 6, 1914.
4. ——— Licht und Wachstum II, Zeitschr. f. Bot. 7, 1915.
5. ——— Licht und Wachstum III, Meded. v. d. Landbouw-Hoogeschool, Wageningen, 15, 1918.
6. Blackman, F. F., Optima and limiting Factors, Ann. of Bot. 19, 1905.
7. Bremekamp, C. E. B., Theorie des Phototropismus, Rec. des Trav. bot. néerl. 15, 1918.
8. Koningsberger, V. J., Tropismus und Wachstum, Rec. des Trav. bot. néerl. 19, 1922.
9. Sierp, H., Ueber den Einfluss des Lichtes auf das Wachstum der Pflanzen, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 35, 1917.
10. ——— Ein Beitrag zur Kenntnis des Einflusses des Lichtes auf das Wachstum der Koleoptile von *Avena sativa*, Zeitschr. f. Bot. 10, 1918.
11. Tollenaar, D., Donkergroeireacties, Versl. Kon. Akad. v. Wet. 32, No. 4, 1923.
12. Vogt, E., Ueber den Einfluss des Lichtes auf das Wachstum von *Avena sativa*, Zeitschr. f. Bot. 7, 1915.