

BOTANISCHES ARCHIV.

Zeitschrift für die gesamte Botanik.

Herausgegeben von Dr. CARL MEZ,

Professor d. Botanik a. d. Univers. Königsberg.

II. Band, Heft 5.

Ausgegeben am 15. November 1922.

 Verlag des Herausgebers, Königsberg Pr., Besselplatz 3 (an diese Adresse alle den Inhalt d. Zeitschrift betreffenden Zuschriften). - Kommission: Verlag d. Repertoriums, Berlin-Dahlem, Fabeckstr. 49 (Adresse für den Bezug d. Zeitschrift).
 Alle Rechte vorbehalten. Copyright 1922 by Carl Mez in Königsberg.

Das Licht als Wachstumsfaktor.

Von GERHARD LAMBERG (Königsberg Pr.).

EINLEITUNG.

Im Jahre 1912 waren im Institut für Pflanzenbau in Königsberg von MITSCHERLICH (1) Beschattungsversuche vorgenommen worden, um festzustellen, in welcher Weise Lichtentzug auf das Wachstum einwirkt und "ob die Energie-Bereitstellung durch Sonnenlicht bei unsern klimatischen Verhältnissen in einem Überschuss statthabe oder auch nur dem Maximum sich nähere". Die Versuche ergaben, dass der Pflanzen-ertrag mit steigender Licht-Intensität gemäss dem Wirkungsgesetz der Wachstums-faktoren stieg. Zum Vergleich mit den späteren Ausführungen seien die damals gefun-denen Trockensubstanz-Werte angeführt:

Lichtin- tensität	Hafererträge 30. IV. - 30. VII.		Erbsenerträge 30. IV. - 1. VII.			
	Korn + Stroh		Korn + Stroh		Korn	
	gefunden	berech- net	gefunden	berech- net	gefunden	berech- net
0,192	26,5 ± 1,56	23,6	8,6 ± 0,32	9,0	1,7 ± 0,28	1,7
0,217	34,6 ± 0,77	34,3	13,3 ± 0,56	13,4	4,1 ± 0,27	4,3
0,250	45,1 ± 1,96	48,1	17,8 ± 0,73	18,4	6,2 ± 0,32	7,2
0,294	62,5 ± 3,97	62,0	25,0 ± 0,95	23,7	9,8 ± 0,37	10,3
0,375	75,9 ± 2,98	76,6	29,9 ± 1,14	29,2	13,1 ± 0,56	13,5
0,455	92,9 ± 1,30	91,0	37,1 ± 1,05	34,7	17,2 ± 0,32	16,8

Lichtintensität	Buchweizen-Erträge. 1. VII. - 12. VIII.		Lupinen-Erträge. 3. VIII. - 15. X.	
	gefunden	berechnet	gefunden	berechnet
0,192	8,3 ± 0,57	7,8	5,7 ± 0,57	4,1
0,217	12,2 ± 1,66	13,4	7,1 ± 0,12	7,8
0,250	18,7 ± 1,70	20,1	11,1 ± 0,96	10,9
0,294	28,5 ± 1,71	28,1	15,3 ± 0,67	15,3
0,375	37,7 ± 0,26	37,6	19,3 ± 1,63	19,1
0,455	49,3 ± 1,63	49,1	26,6 ± 1,02	26,9

Die Wachstumskurven folgen den nachstehenden Gleichungen:

Hafer (Korn + Stroh)	$\log. (110 - y) = 2,0414 - 2,5 (i - 0,15)$
Erbsen " " "	$\log. (42 - y) = 1,6232 - 2,5 (i - 0,15)$
Erbsen (Korn)	$\log. (21 - y) = 1,3222 - 2,5 (i - 0,177)$
Buchweizen	$\log. (80 - y) = 1,9031 - 1,4 (i - 0,16)$
Lupinen	$\log. (44 - y) = 1,6353 - 1,4 (i - 0,16)$

Die Versuche waren in einem Gewächshaus angestellt, die relative Lichtintensität durch Belichtung photographischen Papiers festgestellt; weitere Lichtmessungen waren nicht vorgenommen worden.

LICHTMESSUNG.

Diese Versuche wurden im Jahre 1921 in grösserem Masstab wiederholt. Dabei wurde besonders Wert auf einwandfreie Lichtmessung gelegt. Die Lichtmessung befindet sich noch ganz in den Anfängen. Häufig benutzt wird ein Apparat, bei dem das Sonnenlicht, durch eine Sammellinse fallend, seine Bahn auf einem Papierstreifen einbrennt. Der Apparat eignet sich naturgemäss nur zur Messung des direkten Sonnenlichtes, die Resultate sind zahlenmässig nicht gut zu erfassen. Zweckmässiger ist ein von MITSCHERLICH (2) konstruierter und beschriebener Photometer. Ein Vorzug dieses Apparats ist die geringe Arbeit, die er verursacht: alle 3 Tage muss das photographische Papier ausgewechselt werden. Zweckmässig geschieht dies Nachts, damit für jeden Tag ein einheitliches Diagramm zustande kommt. Ein wesentlicher Nachteil aber ist es, dass subjektiven Beobachtungsfehlern ein allzu grosser Spielraum gelassen wird: die photographischen Bilder haben zu wenig scharfe Grenzen; Unterschiede im Ton (hell und dunkel) sind zahlenmässig nicht zu erfassen. Die Resultate der Lichtmessung sind aus Tabelle 1 ersichtlich; die Diagramme sind mit dem Planimeter gemessen worden.

Der von EDER (3) erfundene Graukeil-Photometer, der auf demselben Prinzip beruht wie der von MITSCHERLICH, dürfte auch denselben Hauptmangel haben.

Um zu besseren Lichtmessungsergebnissen zu kommen, wurden in unserm Institut in diesem Jahr Versuche mit lichtempfindlichen Lösungen angestellt. Viele oxalsaure Salze und die Oxalsäure selbst in Gegenwart von Katalysatoren zersetzen sich im Licht (4). Wir benutzten anfangs Kaliumferrioxalat, das sich nach der Formel $2 K_3Fe (C_2O_4)_3 = 2 K_2Fe (C_2O_4)_2 + K_2C_2O_4 + 2 CO_2$ zersetzt; die Ergebnisse waren nicht befriedigend. Darauf versuchten wir es mit einer gemischten Lösung von Kaliumferrioxalat und Oxalsäure, wobei das Eisen als Katalysator für die Oxalsäure diente, die sich nach der Formel $(COOH)_2 = 2 CO_2 + H_2$ zersetzt. Der Umfang der Zersetzung wurde durch Titrieren mit Kaliumpermanganat festgestellt, die Differenz des Oxalsäuregehaltes der unbelichteten und belichteten Lösung, in ccm 1/100 normaler Kaliumpermanganatlösung berechnet, gibt die Tageslichtintensität an. Der Umfang des Zersetzungsprozesses ist nicht nur von Zeit und Lichtintensität abhängig, sondern auch von Konzentration der Lösung und Grösse der Fläche, die von den Lichtstrahlen beim Übergang aus der Luft getroffen wird. Die Wärme übt keinen Einfluss. Es wurden die verschiedenartigsten Gefässe benutzt; dabei zeigte sich, dass die

Zersetzung umso schneller vor sich gieng, je grösser die Fläche war, die mit der Luft *d i r e k t* in Berührung stand. In Reagenzgläsern von 1 1/2 cm Durchmesser und in zylindrischen Standkolben von 3 cm Durchmesser gieng unter sonst gleichen Bedingungen die Zersetzung entsprechend langsamer vor sich, als in Erlenmeyerkolben von 15 cm Durchmesser. Am deutlichsten wurde diese Erscheinung bei Benützung von 250 ccm Standkolben. Die Zersetzung nahm bei halbgefüllten Kolben, also bei grösster belichteter Fläche, den grössten Umfang an, nahm bei zu 1/4 oder 3/4 gefüllten Kolben ab und sank bei bis zum Halse gefüllten Kolben auf ein Minimum, auch bei tagelanger Belichtung wurden im letzten Fall nicht mehr als 1 1/2 ccm 1/100 normaler Kaliumpermanganatlösung weniger verbraucht.

Zu unsern Messungen wurde eine Lösung von 40 g Oxalsäure und 10 g Kaliumferrioxalat in 3000 ccm destilliertem Wasser benützt. Der Titer dieser Lösungen schwankte um 30 ccm 1/100 normaler Kaliumpermanganatlösung; der Titer derselben Lösung war ziemlich konstant, er änderte sich in 4 Wochen (solange pflegte die einmal hergestellte Lösung zu reichen) um höchstens 3/10 ccm, in der Regel wurde die Lösung konzentrierter. Je 25 ccm dieser Lösung wurden mit einer Pipette in 4 250-ccm Standkolben gebracht und 24 Stunden lang dem Tageslicht ausgesetzt. Die Kolben hingen an einem Draht in 2 m Höhe in einem Abstand von ca. 1,30 m voneinander über den Versuchen der Abteilung I und wurden täglich ausgewechselt; nur ausnahmsweise blieben sie 2 Tage hängen. Bei längerer Dauer wurden die Fehler zu gross, auch hätte sich die gesamte Oxalsäure zersetzen können. Titriert wurde in folgender Weise: die Kolben wurden bis auf 250 ccm mit destilliertem Wasser aufgefüllt, mittels einer Pipette 10 ccm in einen Erlenmeyerkolben gebracht, 5 ccm einer 2% Schwefelsäure zugegeben, destilliertes Wasser zugegeben, um ein Springen des Kolbens zu verhindern, erwärmt und titriert. Bei kaltem Titrieren war der Umschlag schlecht zu sehen. Im Verlauf der Arbeit wurden zuerst ca. 50 ccm Wasser und 5 ccm Schwefelsäure bis zum Sieden erhitzt und darauf die Lösung zugegeben, auf diese Weise wurde dieselbe Temperatur beim Titrieren erreicht. Ein Erhitzen auf dem Wasserbade, wobei die Temperatur durch Hineinlegen eines Thermometers festgestellt werden kann, ergab keine Verbesserung der Resultate. Desgleichen erwies sich eine Zugabe von 3 Tropfen Magnesiumsulfat als Katalysator als nicht zweckmässig. Um den nach kurzer Belichtung sich bildenden gelben Niederschlag zu lösen, wurden die Kolben nach Gebrauch mit erwärmter Salzsäure und mehrmals mit destilliertem Wasser durchgespült und bis zum nächsten Tag zum Trocknen aufgehängt.

Die Resultate der Lichtmessung sind aus den unten folgenden Tabellen und Kurven ersichtlich. Die Tageslichtintensität gibt die zweite Spalte in ccm weniger verbrauchter 1/100 normaler Kaliumpermanganatlösung an, die dritte Spalte in qcm belichteten photographischen Papiers. Um die Resultate, insbesondere die Kurven, vergleichbar zu gestalten, wurde in beiden Fällen die mittlere Tageslichtintensität der ganzen Versuchszeit berechnet und darauf die für die einzelnen Tage gefundenen Werte in Prozente dieser Mittelwerte umgerechnet. Das sind die %-Zahlen der Spalten 4 und 5.

Die wahrscheinlichen Fehler der täglichen 4 Beobachtungen sind leider hoch. Anzunehmen war, dass sie durch die Eigenart der verschiedenen Kolben bedingt seien, doch liess sich ein derartiger Einfluss trotz wochenlanger Beobachtungen in keiner Weise nachweisen.

Bei gründlicherer Ausarbeitung dürfte dieses Verfahren wohl bessere Resultate bringen. Angebracht wäre es, die Versuche mit einer konstanten Lichtquelle vorzunehmen, unsere Bemühungen in dieser Richtung hatten wegen der zu geringen Intensität des zur Verfügung stehenden elektrischen Lichtes keinen Erfolg. Alle derartigen Versuche sind zeitraubend. Wir mussten uns, als die Vegetationsversuche angesetzt wurden, für eine bestimmte Messungsweise entscheiden und sie einhalten, um zu einheitlichen Resultaten zu gelangen.

LICHTMESSUNG.

1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
Tag	Lösung ccm	Pho- tom. qcm	%Zahlen Lösung Photom		Tag	Lösung ccm	Pho- tom.	%Zahlen Lösung Photom.	
11. V	6,2 ± 0,50	20,1	124	114	28.	4,9 ± 0,20	21,1	98	119
12	5,9 ± 0,20	19,7	118	111	29	4,3 ± 0,51	21,1	86	119
13	5,6 ± -	19,0	112	107	30	6,2 ± 0,10	21,1	124	119
14	7,0 ± 0,05	20,8	140	118	1.VII.	5,7 ± 0,34	20,8	114	118
15	7,0 ± -	22,1	140	125	2.	6,3 ± 0,10	21,0	126	119
16	6,5 ± 0,06	22,1	130	125	3	5,6 ± 0,08	21,0	112	119
17	7,3 ± -	22,1	146	125	4	4,7 ± 0,34	21,0	94	119
18	6,9 ± -	22,1	138	125	5	4,7 ± 0,49	23,5	94	133
19	10,6 ± 0,78	22,1	212	125	6	5,4 ± 0,29	20,8	108	125
20	6,1 ± -	22,1	122	125	7	5,6 ± 0,28	23,1	112	127
21	5,0 ± 0,42	22,1	100	125	8	6,0 ± 0,18	18,2	120	103
22	8,5 ± 0,42	22,1	170	125	9	5,9 ± 0,20	17,8	118	100
23	9,1 ± 0,96	19,3	182	109	10	5,9 ± 0,20	21,1	118	119
24	5,0 ± -	21,0	100	119	11	7,7 ± 0,70	21,1	154	119
25	4,9 ± 0,42	18,3	98	106	12	7,0 ± 0,11	21,1	140	119
26	5,8 ± 0,06	21,1	116	119	13	5,9 ± 0,76	21,1	118	119
27	5,9 ± 0,24	22,2	118	125	14	5,4 ± 0,17	20,6	108	116
28	5,7 ± 0,48	23,3	114	131	15	5,6 ± 0,15	19,2	112	108
29	6,8 ± 0,30	23,3	136	131	16	5,6 ± 0,32	19,2	112	108
30	6,1 ± 0,05	22,8	122	128	17	5,9 ± 0,22	19,4	118	109
31	6,1 ± 0,12	22,0	122	124	18	5,8 ± 0,26	18,2	116	102
1.VI	6,6 ± 0,36	21,6	132	122	19	6,6 ± 0,27	22,5	132	127
2	7,8 ± 0,06	21,6	156	122	20	4,4 ± 0,12	21,2	88	120
3	5,7 ± 0,05	20,7	114	117	21	6,1 ± 0,24	21,6	122	123
4	5,7 ± 0,05	18,2	114	92	22	5,6 ± 0,22	21,1	112	119
5	6,2 ± 0,73	20,6	124	120	23	4,1 ± 0,24	13,7	82	77
6	6,4 ± 0,34	23,2	128	132	24	4,9 ± 0,34	16,8	98	95
7	6,4 ± 0,10	22,8	128	129	25	5,2 ± 0,10	18,0	104	102
8	5,9 ± 0,15	22,0	118	124	26	5,4 ± 0,20	18,0	108	102
9	5,4 ± 0,49	22,6	108	126	27	5,8 ± 0,41	18,0	116	102
10	4,5 ± 0,34	25,0	90	141	28	4,1 ± 0,41	18,2	82	103
11	3,9 ± 0,41	20,6	78	116	29	5,2 ± 0,05	21,9	104	124
12	5,0 ± 0,32	23,5	100	132	30	5,0 ± 0,27	17,8	100	100
13	5,8 ± 0,17	22,6	116	128	31	5,7 ± 0,24	18,3	114	103
14	5,7 ± 0,68	24,0	114	136	1.VIII	5,7 ± 0,56	19,5	114	110
15	5,5 ± 0,48	22,6	110	128	2	6,0 ± 0,27	20,3	120	115
16	6,5 ± 0,22	21,9	110	126	3	6,6 ± 0,22	18,4	132	104
17	5,3 ± 0,34	22,6	106	128	4	6,5 ± 0,20	16,3	130	92
18	4,2 ± 0,39	21,8	84	123	5	5,4 ± 0,17	16,4	108	94
19	4,1 ± 0,44	23,9	82	135	6	5,4 ± 0,20	20,1	108	114
20	5,2 ± 0,31	25,3	104	143	7	5,4 ± 0,32	19,4	108	110
21	4,2 ± 0,56	21,4	82	121	8	4,5 ± 0,22	16,6	190	94
22	4,8 ± 0,31	21,8	96	123	9	5,1 ± 0,15	15,6	102	88
23	5,0 ± 0,70	21,3	100	120	10	4,6 ± 0,34	16,0	92	90
24	6,3 ± 0,32	20,6	126	117	11	6,1 ± 0,12	16,8	122	95
25	4,7 ± 0,27	21,1	92	119	12	4,7 ± 0,17	15,1	94	85
26	6,9 ± 0,51	20,6	138	117	13	4,0 ± 0,32	16,3	80	92
27	5,0 ± 0,17	21,6	100	119	14	3,9 ± 0,22	16,6	78	94

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Tag	Lösung ccm	Pho- tom. qcm	%Zahlen Lösung Photom.		Tag	Lösung ccm	Pho- tom. qcm	%Zahlen Lösung Photom.	
15. VIII	4,2 ± 0,12	18,3	84	103	9. IX	7,7 ± 0,24	14,2	66	81
16	4,5 ± 0,07	18,2	90	102	10		14,4	68	82
17	4,3 ± 0,17	18,4	86	104	11	2,8 ± 0,37	11,6	54	66
18	4,5 ± 0,17	17,3	90	98	12	3,3 ± 0,34	12,2	66	69
19	4,6 ± 0,05	16,6	92	94	13	3,6 ± 0,49	13,9	72	79
20	5,4 ± 0,34	16,7	108	95	14	4,3 ± 0,02	14,9	86	84
21	4,7 ± 0,12	16,1	94	91	15	3,6 ± 0,27	13,1	72	75
22	5,4 ± 0,34	17,2	108	97	16	2,6 ± 0,10	10,4	52	59
23	4,9 ± 0,12	19,4	98	84	17	3,4 ± 0,05	13,0	68	73
24	5,4 ± 0,29	15,5	108	88	18	2,5 ± 0,12	10,4	50	59
25	4,9 ± 0,27	14,1	98	80	19	2,4 ± 0,27	11,0	48	62
26	3,5 ± 0,22	12,3	70	70	20	3,2 ± 0,17	11,4	64	64
27	4,3 ± 0,20	14,4	86	82	21	2,9 ± 0,05	8,9	58	50
28	4,6 ± 0,10	15,4	92	88	22	3,3 ± 0,12	10,3	66	58
29	4,7 ± 0,10	14,2	94	89	23	7,1 ± 0,15	10,6	72	60
30	3,7 ± 0,10	14,0	74	79	24		8,3	70	49
31	3,7 ± 0,20	13,7	74	77	25	3,9 ± 0,10	8,6	78	49
1. IX.	3,8 ± 0,20	14,0	76	79	26	2,8 ± 0,10	7,8	56	44
2	3,7 ± 0,22	13,2	74	75	27	2,4 ± 0,12	8,4	48	48
3	4,4 ± 0,34	12,2	88	70	28	2,2 ± 0,10	9,3	45	52
4	6,4 ± 0,37	11,1	64	63	29	2,2 ± 0,15	6,6	45	37
5		13,3	64	75	30	3,0 ± 0,32	8,8	60	50
6	3,3 ± 0,20	11,5	66	66	1. X.	2,7 ± 0,17	7,8	54	44
7	2,2 ± 0,15	9,7	44	54	2	5,3 ± 0,21	8,0	52	45
8	3,4 ± 0,27	14,2	68	81	3		8,0	54	45

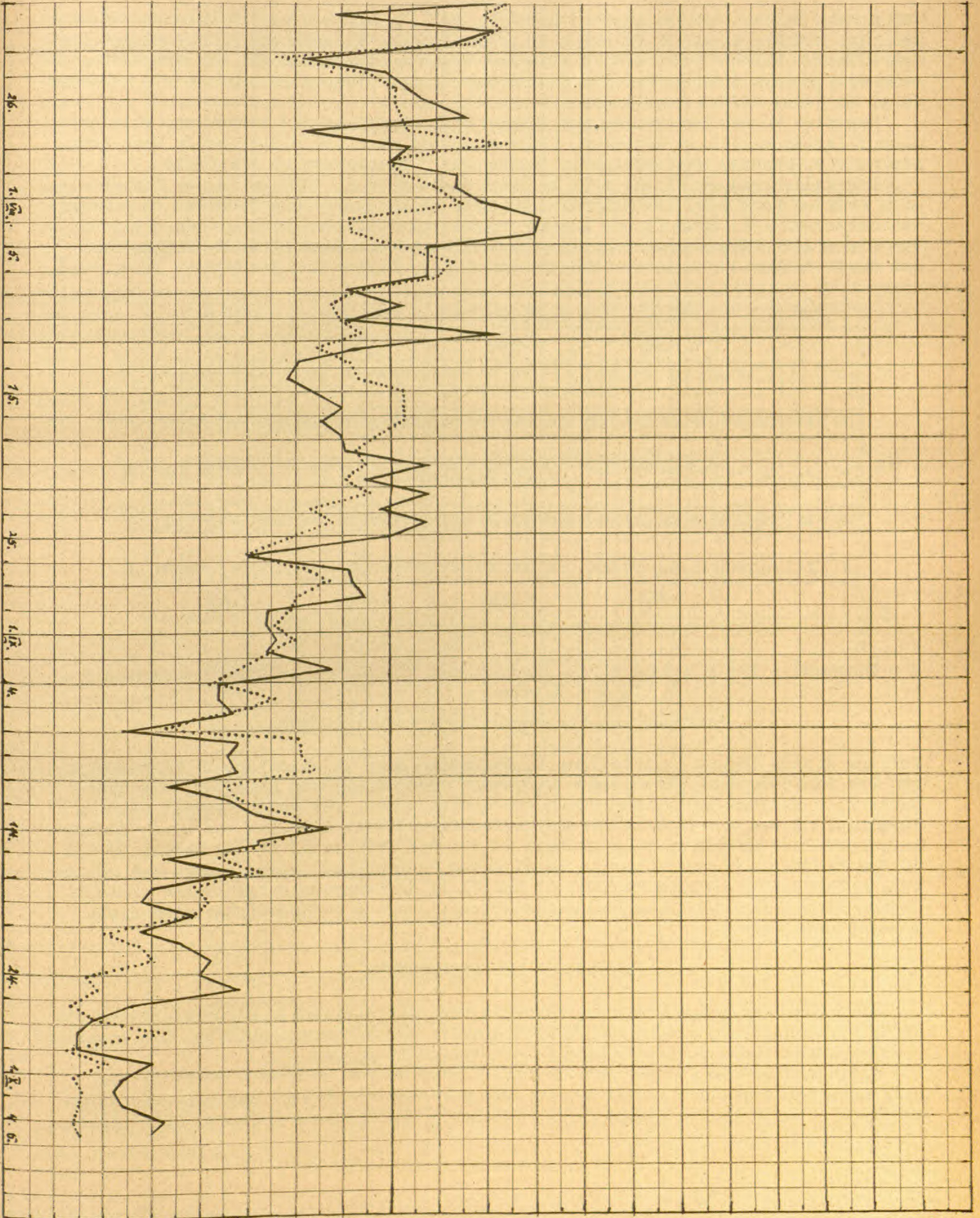
VEGETATIONSVERSUCHE.

Die Beschattungsversuche dieses Jahres wurden im Gegensatz zu den früheren im Freien vorgenommen. Durch Überspannen mit 1, bzw. 2, 4, 8 Vogelnetzen wurden, wie im Jahre 1912, fünf Licht-Intensitätsabstufungen hergestellt. Die Aufstellung der Gefäße und die Beschattung zeigt der Plan auf Seite 219. Die Gefäße in den einzelnen Abteilungen standen also nicht gleich günstig, doch ist eine Zunahme des Ertrages nach der helleren Nachbar-Abteilung hin in der Regel nicht zu erkennen. Die Lichtintensität der einzelnen Abteilungen wurde durch Messung mit unserer Lösung festgestellt; ich fand folgendes Verhältnis: I = 100; II = 79,8; III = 73,3; IV = 63,3; V = 55. Diese Zahlen müssten einer logarithmischen Gleichung folgen, da mit Zunahme der Netzzahl allmählich ein Maximum (vollkommene Dunkelheit) erreicht wird. Ich habe aber von einer Korrektur der Zahlen abgesehen, nach der Abteilung II, III und IV heller sein müssten; die Ungleichheit der Netze, besonders die Stangen des Gerüsts, erklären die Abweichungen.

Als Versuchsgefäße dienten glasierte Tongefäße mit durchlöchertem Rost, die Gefäße für Luzerne und Ellern fassten 16 Kgr Boden, ein Gemisch von Moor und Sand, die übrigen 9 Kgr.

Die Düngung wurde in Form von KNOP'scher Nährlösung, bestehend aus 700 gr K_2SO_4 + 700 gr NO_3NH_4 + 400 gr KH_2PO_4 + 90 gr NaCl und 1315 gr $MgSO_4$ in 1,5% Verdünnung gegeben. Die Gefäße wurden, sobald die Pflanzen genügend herangewachsen waren, täglich bis zur vollen Wasserkapazität gegossen.

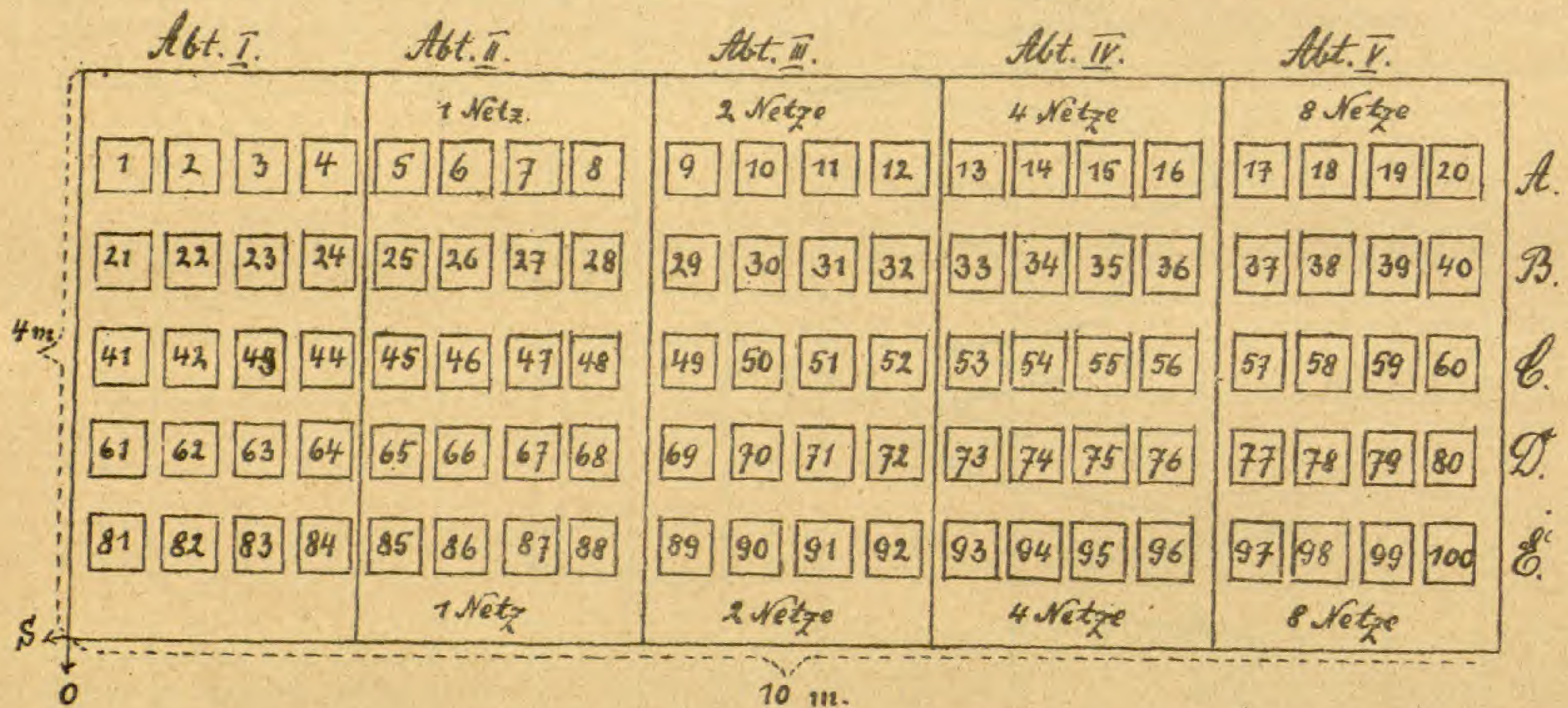
Im einzelnen sei noch bemerkt: Radieschen, Hafer, Senf, Buchweizen, Lupine wur-



den direkt in die Gefässe gesät und später auf 35, Lupinen auf 20 Pflanzungen verzo- gen. Von Luzerne kamen 10 Pflanzungen in jedes Gefäss, Wurzeln und Triebe wurden vor dem Pflanzen beschnitten, die 10 Pflanzen wogen zusammen 150 gr. Das Anwachsen nahm einige Zeit in Anspruch. Von Ellern wurden 20 Pflanzen im Gewicht von zusammen 40 gr in jedes Gefäss gepflanzt.

Geerntet wurden Radieschen und Ellern nach Abschluss des Wachstums, alle an- dern Pflanzen mitten im Wachstum, Hafer und Senf nach der Blüte, beide noch grün, Lupine vor, Luzerne stets bei eben beginnender, Buchweizen in der Blüte.

Der Radiesversuch II war wohl zu nass gesät worden, infolge dessen fielen ei- nige Gefässe ganz aus, ein Nachpflanzen half nicht (verg. die Tabellen im Anhang). Radiesversuch III, Senf II und Lupine hatten unter starkem Schlagregen gelitten, der die ersten Abteilungen besonders betroffen hatte. Senf II wurde aufgegeben und durch Buchweizen ersetzt. Radiesversuch III, Lupine und Buchweizen gaben wohl



A = Luzerne I - IV; B = Senf I, II, Buchweizen; C = Hafer, Lupine; D = Radies I - IV; E = Ellern.

Versuchsplan der Beschattungsversuche 1921.

infolge dieses Regens in Abteilung I, teilweise auch in Abteilung II Mindererträge. Der Radiesversuch hatte zudem besonders unter Erdflöhen gelitten, die über- haupt alle Radies- und Senfversuche geschädigt haben. Der ganze Versuch wies im Vergleich zu den andern eine derartige Schädigung auf, dass ich von einer Berech- nung desselben abgesehen habe. Gefäss 74 des Radiesversuchs IV und Gefäss 29 und 40 des Buchweizenversuchs hatten stark durch Raupenfrass (*Agrotis segetum*) gelit- ten, Gefäss 15 im Luzernenversuch IV und 31 im Senfversuch zeigten ohne ersicht- lichen Grund einen auffallenden Minderertrag; diese 5 Gefässerträge sind nicht mitberechnet worden.

BERECHNUNG DER GLEICHUNGEN.

Alle Versuche zeigen, wie zu erwarten war, mit steigender Lichtintensität ei- ne Ertragssteigerung gemäss dem Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren. Die logarith- mischen Gleichungen sind folgendermassen berechnet worden (5):

Als Höchstertrag A wurde der in Abt. I tatsächlich gefundene Höchstertrag, nach oben hin abgerundet, angenommen; für y wurden die Mittel aus den gefundenen Erträgen; für x die nach Tabelle I berechneten Durchschnitts-Tageslicht-Intensi-

täten der betreffenden Perioden, in % der mittleren Tageslicht-Intensität der ganzen Versuchszeit, eingesetzt. Die Lichtintensität für die einzelnen Abteilungen wurde nach dem auf Seite 217 angegebenen Verhältnis berechnet; benützt wurden dabei nur die mit der Lösung gefundenen, zuverlässiger erscheinenden Werte. Darauf wurde der Wirkungsfaktor c des Lichts nach der Formel

$$c = \frac{\log(A-y_1) - \log(A-y_2)}{X_2 - X_1}$$

berechnet. Man erhält 10 Werte für c , aus denen das Mittel gebildet wurde. Nach der Formel $K = \log(A-y) + c \cdot x$ wurde darauf die Konstante K berechnet und aus den hierbei gefundenen 5 Werten das Mittel gebildet. Endlich wurden dann die Werte für y berechnet, auch die minimale Lichtintensität a , bei der $y = 0$ wird.

Der Faktor c war innerhalb der Fehler derselbe. Am besten stimmte er beim Ellern-, Senf-, Hafer- und Luzerneversuch I überein. Auffällig war, dass er beim Frischgewicht durchweg etwas niedriger war, als bei der Trockensubstanz. Es wurde nun eine Umrechnung in der Weise vorgenommen, dass der bei den obigen Versuchen gefundene Wert für c abgerundet = 0,02 für alle Gleichungen in Anwendung gebracht wurde. Mit Änderung des angenommenen Höchstbetrages A liess sich im allgemeinen ein noch besserer Anschluss der berechneten an die gefundenen Werte erzielen. Folgende Übersicht gibt die Gleichungen für die einzelnen Versuche nach der Formel $\log(A-y) = \log A - c(x-a)$.

Logarithmische Gleichungen für die Ertragskurven.
Trockensubstanz.

Luzerne I	log (58-y)	=	1,763 - 0,02	(x - 57,8)
" II	log (77-y)	=	1,886 - 0,02	(x - 54,5)
" III	log (55-y)	=	1,740 - 0,02	(x - 50,5)
" IV	log (58-y)	=	1,736 - 0,02	(x - 37,0)
Radies I	log (33,5-y)	=	1,525 - 0,02	(x - 58,2)
" II	log (18,0-y)	=	1,255 - 0,02	(x - 52,9)
" IV	log (15,5-y)	=	1,190 - 0,02	(x - 30,5)
Ellern	log (360-y)	=	2,580 - 0,02	(x - 44,0)
Senf	log (150-y)	=	2,176 - 0,02	(x - 51,9)
Hafer	log (161-y)	=	2,207 - 0,02	(x - 49,4)
Buchweizen	log (6-y)	=	0,778 - 0,02	(x - 29,1)
Lupine	log (65-y)	=	1,813 - 0,02	(x - 34,9)

Frischgewicht.

Luzerne I	log (270-y)	=	2,431 - 0,02	(x - 55,9)
" II	log (365-y)	=	2,562 - 0,02	(x - 50,6)
" III	log (320-y)	=	2,505 - 0,02	(x - 48,3)
" IV	log (330-y)	=	2,519 - 0,02	(x - 35,1)
Radies I	log (355-y)	=	2,550 - 0,02	(x - 57,1)
" II	log (245-y)	=	2,389 - 0,02	(x - 50,5)
" IV	log (210-y)	=	2,322 - 0,02	(x - 30,0)
Ellern	log (735-y)	=	2,866 - 0,02	(x - 44,0)
Senf	log (660-y)	=	2,820 - 0,02	(x - 45,4)
Hafer	log (695-y)	=	2,842 - 0,02	(x - 40,4)
Buchweizen	log (65-y)	=	1,813 - 0,02	(x - 37,4)
Lupine	log (650-y)	=	2,813 - 0,02	(x - 33,4)

GEFUNDENE UND BERECHNETE WERTE.

Folgende Tabellen geben die Durchschnitts-Tageslicht-Intensitäten (x) für die einzelnen Versuche, die Erträge (y) als Mittel der vier Parallelversuche und die nach obigen Gleichungen berechneten Werte für y . Die Ergebnisse der einzelnen Versuche sind aus den Tabellen des Anhangs zu ersehen.

Luzerne I.

15. IV. - 17. VI.

Lichtintensität	Frischgewicht		Trockensubstanz	
	gefunden	berechnet	gefunden	berechnet
	68,8	114 ± 9	120	22,4 ± 2,6
79,1	185 ± 20	177	36,1 ± 5,3	36,1
91,6	210 ± 24	218	43,9 ± 5,3	45,7
99,7	240 ± 4	234	52,8 ± 2,6	49,4
125,0	258 ± 11	259	55,4 ± 1,8	55,4

Luzerne II.

60,5	133 ± 11	133	22,6 ± 1,0	19,7
69,6	217 ± 18	216	37,8 ± 3,4	38,7
80,6	270 ± 17	273	51,1 ± 3,1	53,9
87,8	282 ± 23	299	54,6 ± 3,1	60,4
111,0	347 ± 13	342	72,9 ± 1,9	71,2

Luzerne III.

56,7	104 ± 5	103	15,3 ± 1,1	12,6
65,2	177 ± 18	173	26,3 ± 1,8	26,4
75,5	217 ± 17	229	35,4 ± 3,3	37,2
82,2	240 ± 11	253	39,3 ± 1,3	42,3
103,0	303 ± 13	294	52,3 ± 0,6	50,0

Luzerne IV.

40,7	79 ± 7	86	11,5 ± 1,5	11,7
46,8	148 ± 18	147	22,2 ± 1,2	23,1
54,2	200 ± 27	201	32,2 ± 3,6	33,1
54,0	230 ± 15	228	37,8 ± 2,4	38,1
74,0	272 ± 37	281	47,7 ± 0,8	48,0

Radies I.

68,8	141 ± 3	148	12,6 ± 0,4	12,8
79,1	261 ± 32	228	22,5 ± 2,4	20,7
91,6	282 ± 42	283	26,7 ± 2,9	26,3
99,7	299 ± 24	305	28,5 ± 1,5	28,5
125,0	338 ± 42	340	32,0 ± 3,7	32,0

Radies II.

60,5	91 ± 8	90	6,0 ± 0,4	6,0
69,6	120 ± -	143	8,4 ± -	10,0
80,6				
87,8	199 ± 12	201	13,4 ± 0,8	14,5
111,0	230 ± 15	230	16,7 ± 0,7	16,8

Radies III (16 VIIII 19 IX)				
Lichtintensität	Frischgewicht		Trockensubstanz	
	gefunden	berechnet	gefunden	berechnet
40,7	84 ± 9	82	5,8 ± 0,5	5,8
46,8	111 ± 19	114	7,6 ± 0,7	8,2
54,2	156 ± 14	141	10,8 ± 1,2	10,3
59,0	157 ± 11	165	11,4 ± 0,7	11,3
74,0	171 ± 13	182	13,3 ± 0,8	13,4
Ellern (23 IV 5 X)				
55,0	334 ± 24	332	152 ± 14,4	151
63,3	464 ± 19	485	210 ± 9,8	224
73,3	602 ± 25	594	289 ± 13,7	291
79,8	634 ± 15	638	303 ± 7,8	307
100,0	705 ± 27	705	358 ± 18,3	351
Senf (2 V - - 26 VII.)				
64,4	379 ± 54	383	66,1 ± 9,8	65,3
74,1	520 ± 10	483	97,7 ± 5,3	95,8
85,8	558 ± 28	556	116,0 ± 8,3	118,4
93,4	576 ± 31	582	126,7 ± 5,3	127,2
117,0	613 ± 42	635	144,6 ± 5,2	142,5
Buchweizen (18. VIII 3 X)				
38,5	24,5 ± 1,1	25,3	2,0 ± 0,1	2,1
44,3	40,0 ± 2,5	35,2	3,4 ± 0,2	3,0
51,3	45,7 ± 3,2	43,2	4,0 ± 0,2	3,8
55,9	47,5 ± 0,9	47,5	4,3 ± 0,04	4,3
70,0	48,0 ± 4,7	55,7	4,5 ± 0,4	5,1
Hafer (4 V. - 26 VII)				
64,4	460 ± 25	464	78,2 ± 3,5	80,1
4,1	589 ± 27	547	110,7 ± 5,9	109,2
5,8	617 ± 19	609	136,4 ± 8,2	139,8
93,4	623 ± 27	642	139,6 ± 5,6	139,7
117,0	646 ± 14	675	150,8 ± 6,3	153,8
Lupine (27 VII 3 X)				
44,0	240 ± 18	223	24,1 ± 1,5	23,3
50,6	335 ± 34	345	33,9 ± 3,2	34,2
58,6	473 ± 16	443	45,4 ± 1,6	43,8
63,8	450 ± 19	479	46,5 ± 2,4	48,2
80,0	415 ± 39	569	42,5 ± 3,8	57,0

Um diese Resultate mit denen von 1912 vergleichen zu können, seien die Gleichungen für die Trockensubstanz-Kurven in derselben Weise wie damals berechnet, also die höchste Lichtintensität stets = 1 gesetzt, nochmals angeführt Für x er-

geben sich mithin für alle Versuche: Abtl. I: $x = 1,00$; Abtl. II: $x = 0,798$; Abtl. III: $x = 0,733$; Abtl. IV.: $x = 0,633$; Abtl. V.: $x = 0,550$. - Die Werte für y bleiben dieselben. Die Gleichungen lauten:

Luzerne I.	log	(58 - y)	=	1,763 - 2,5	(x - 46,3)
" II.	log	(77 - y)	=	1,886 - 2,2	(x - 49,1)
" III.	log	(55 - y)	=	1,740 - 2,1	(x - 49,6)
" IV.	log	(38 - y)	=	1,763 - 1,5	(x - 50,0)
Radies I.	log	(33,5 - y)	=	1,525 - 2,5	(x - 46,6)
" II.	log	(18 - y)	=	1,255 - 2,2	(x - 47,7)
" IV.	log	(15,5 - y)	=	1,190 - 1,5	(x - 41,1)
Ellern	log	(380 - y)	=	2,580 - 2,0	(x - 44,0)
Senf	log	(150 - y)	=	2,176 - 2,3	(x - 44,5)
Hafer	log	(161 - y)	=	2,207 - 2,3	(x - 42,2)
Buchweizen	log	(6 - y)	=	0,778 - 1,4	(x - 41,6)
Lupine	log	(65 - y)	=	1,813 - 1,6	(x - 43,6)

Die so berechneten Faktoren, die, weil die Lichtintensität der einzelnen Versuchsperioden nicht berücksichtigt, zum Herbst hin niedriger werden müssen, stimmen mit den im Jahre 1912 gefundenen sehr gut überein.

FOLGERUNGEN AUS DEN GLEICHUNGEN.

Aus den Gleichungen ergibt sich:

I. Der Wirkungsfaktor des Lichtes ist stets konstant. Das Licht wirkt immer in gleicher Weise auf die Ertragssteigerung. Bei den Versuchen von 1912 konnte die Konstanz des Faktors nur für gleiche Versuchszeiten festgestellt werden; wird aber wie es bei den letzten Versuchen möglich war, die Lichtintensität der einzelnen Versuchsperioden mit in Rechnung gezogen, so ergibt sich stets derselbe Faktor, ganz gleich, ob den einzelnen Versuchen viel oder wenig Licht zur Verfügung stand. Das Licht wirkt ferner in der gleichen Weise, wie die Gleichungen zeigen, ob die Pflanzen im Freien oder im Gewächshaus wachsen.

II. Die minimale Lichtintensität a , bei der das Wachstum beginnt, ist eine veränderliche Grösse. Sie wird beeinflusst:

1. Durch die Wärme. Die Gleichungen mit dem Faktor 0,02 zeigen ein ständiges Sinken von a zum Herbst hin; die Pflanzen wachsen zum Herbst also schon bei einer geringeren Belichtung. Diese merkwürdige Erscheinung dürfte dadurch zu erklären sein, dass der Wachstumsfaktor Wärme den Wachstumsfaktor Licht bis zu gewissem Grad ersetzen kann. Temperaturmessungen sind nicht vorgenommen worden; eine Temperaturkurve dieser Vegetationszeit dürfte aber anders verlaufen, als die Lichtintensitätskurve, ihr Maximum im Hochsommer haben.

Die Ergebnisse von 1912 bestätigen die Annahme, dass die Wärme das Licht ersetzen kann. Im Gewächshaus war es, wie erneute Messungen mit unserer Lösung bestätigten, dunkler als in Abtl. V, den unbeschatteten Pflanzen im Gewächshaus standen 10% Licht weniger zur Verfügung, als den am dunkelsten gehaltenen Pflanzen im Freien. Dabei ist nicht anzunehmen, dass das Gewächshaus einen zu niedrigen Wert der Lichtmessung bedingt habe, denn sowohl bei der Lösung wie beim Photometer gehen die Lichtstrahlen sowieso durch Glas hindurch. Wenn im Gewächshaus bei einer Belichtung noch Erträge erzielt wurden, die im Freien kein Wachstum mehr ermöglicht hätte, so ist das nur durch die grössere Wärme im Gewächshaus zu erklären, das eben Licht in Wärme verwandelt. Diese grössere Wärme des Gewächshauses erklärt auch den viel niedrigeren Wert für a in den Gleichungen der Versuche von 1912.

2. Die minimale Lichtintensität a ist ferner von der Pflanzenart abhängig. In den vorliegenden Versuchen ist dieses nicht besonders auffallend; hätten wir aber zu den Beschattungsversuchen ausgesprochene Licht- und Schattenpflanzen verwendet, so hätten wir denselben Wert für c , für a hingegen hätten wir bei den Lichtpflanzen weit höhere Werte als bei den Schattenpflanzen erhalten müssen. Da a auch von der Wärme abhängig, können nur Pflanzen mit gleicher Versuchszeit miteinander verglichen werden.

Aus den vorliegenden Versuchen lässt sich nur folgern, dass der Hafer Lichtentzug besser vertragen kann als Senf; denn bei ihm ist a , wenn auch nicht wesentlich, niedriger. Die Radies- und Luzerneversuche geben kein klares Bild, erstere haben, wie oben gesagt, viel unter Schädigungen gelitten, bei letzteren ist eine Schädigung der Konstitution der Pflanzen durch den dauernden Lichtentzug nicht unmöglich.

III. a ist bei den Trockensubstanz-Gleichungen bis auf den Ellernversuch höher als beim Frischgewicht; zur Bildung von Trockensubstanz ist also mehr Licht erforderlich, als zum Wachstum. Wasser stand ja im Überschuss zur Verfügung und kann auch im Dunklen aufgenommen werden, während zur Assimilation unbedingt Licht erforderlich ist. Die Versuche von 1912 zeigen, dass zur Bildung von Korn mehr Licht erforderlich ist, als zur Bildung der Gesamt-Pflanzensubstanz; diese Beobachtungen stimmen gut zusammen. Dass a beim Ellernversuch in beiden Fällen gleich, möchte ich darauf zurückführen, dass hier nur die entblätterten Stämmchen geerntet wurden, der Unterschied zwischen Frischgewicht und Trockensubstanz mithin nicht so bedeutend war.

Bemerkt mag an dieser Stelle werden, dass erstens der Einfluss der Wärme, zweitens die Individualität der Pflanzenart in der Minimal-Lichtintensität a zum Ausdruck kommen, drittens endlich der Umstand, ob Frischgewicht, Trockensubstanz oder Kornertrag berücksichtigt werden. Die Frage, ob diese drei Momente nicht etwa den Faktor c beeinflussen könnten, ist auf Grund der vorliegenden Versuche nicht mit Sicherheit zu entscheiden. Ich möchte annehmen, dass die beiden erstgenannten Momente (Wärme und Pflanzenart) nur a beeinflussen, während das dritte, der Umstand, ob Frischgewicht, Trockensubstanz oder Kornertrag berechnet wird, auch im Faktor c zum Ausdruck kommen könnte. Wären wir in der Lage, diese drei Momente zahlenmässig zu erfassen und in Rechnung zu ziehen, wie es mit der Lichtintensität der verschiedenen Versuchsperioden in dieser Arbeit geschehen ist, so müssten sich Gleichungen mit stets demselben Wert sowohl für c wie für a aufstellen lassen.

IV. Endlich zeigen die Gleichungen, dass das Licht bei uns in ausreichender Menge den Pflanzen zur Verfügung steht, denn die Höchsterträge der Gleichungen werden innerhalb der Fehler in der Regel erreicht; bei den Herbstversuchen ist es allerdings nicht immer der Fall. Man muss ja wohl auch annehmen, dass sich die Pflanzen den herrschenden klimatischen Bedingungen im Laufe der Zeit angepasst haben.

ZUSAMMENFASSUNG.

Zum Schluss seien die Ergebnisse dieser Arbeit noch einmal zusammengefasst:

I. Von den bis jetzt gebräuchlichen Lichtmessungs-Verfahren dürfte das mittels chemischer Lösungen für pflanzenphysiologische Zwecke am geeignetsten sein.

II. Das Licht steht den Pflanzen in unsern Breiten in angenähert ausreichenden Mengen zur Verfügung; Beschattung bewirkt Ertragsverminderung gemäss dem Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren.

III. Der Wachstumsfaktor "Licht" ist konstant.

IV. Die minimale Lichtintensität a ist keine absolute Grösse, sie ist abhängig:

a. von der Wärme;

b. von der Pflanzenart;

c. sie ändert sich je nachdem Frischgewicht, Trockensubstanz oder Kornertrag berechnet werden, zur Ausbildung des ersteren braucht die Pflanze am wenigsten, des letzten am meisten Licht.

Literatur-Verweise.

- (1) MITSCHERLICH in Landw. Jahrb. XLVII (1912) p. 655 - 659; LVI (1921) p. 77 - 78. - (2) MITSCHERLICH in Landw. Versuchsstat. 1908, p. 467 - 469. - (3) EDER, Ein neues Graukeilphotometer, Halle (Knapp) 1920. - (4) PLOTNIKOW, Allg. Photochemie, Berlin u. Leipzig 1920. - (5) MITSCHERLICH, Bodenkunde, 3. ed. p. 343 - 345.

ANHANG: TABELLEN.

Abtl.	Gefäss nr.	Luzerne I. 25. IV. - 17. VI.				Luzerne II. 17. VI. - 19. VII.			
		frisch	Mittel	trocken	Mittel	frisch	Mittel	trocken	Mittel
I.	1	265		52,5		339		72,3	
	2	269	258	56,5	55,4	346	347	73,1	72,9
	3	263	± 11,2	58,0	± 1,8	373	± 12,9	76,7	± 1,9
	4	235		54,5		329		69,6	
II.	5	245		52,0		316		62,5	
	6	244	240	58,0	52,8	244	282	49,0	54,6
	7	231	± 4,4	50,5	± 2,6	272	± 22,9	51,7	± 4,2
	8	240		50,5		294		55,3	
III.	9	235		46,0		299		51,0	
	10	187	210	38,0	43,9	273	270	51,4	51,1
	11	237	± 24,9	52,5	± 5,3	272	± 16,6	50,5	± 3,1
	12	183		39,0		236		45,5	
IV.	13	199		38,0		220		39,6	
	14	161	185	31,0	36,1	195	217	32,8	37,8
	15	169	± 19,8	33,5	± 5,3	202	± 18,3	38,5	± 3,4
	16	212		42,0		252		43,1	
V.	17	117		24,5		121		20,8	
	18	126	114	25,5	22,4	150	133	23,8	22,6
	19	116	± 8,5	21,0	± 2,5	122	± 11,0	20,8	± 1,0
	20	96		18,5		138		21,8	
		Luzerne III. 19.VII. - 16.VIII.				Luzerne IV. 16.VIII. - 19.IX.			
I.	1	305		53,5		271		46,2	
	2	329	304	57,5	52,3	271	272	47,5	47,7
	3	290	± 14,4	52,2	± 0,6	279	± 3,7	49,0	± 0,8
	4	289		51,9		266		58,0	
II.	5	221		39,5		203		34,5	
	6	261	240	41,7	39,3	260	230	42,7	37,8
	7	240	± 10,7	37,6	± 1,3	226	± 14,9	36,1	± 2,4
	8	236		38,2		230		37,8	
III.	9	211		34,4		192		31,7	
	10	242	217	40,3	35,4	246	200	38,0	32,2
	11	225	± 16,6	37,2	± 3,3	211	± 26,8	33,7	± 3,6
	12	188		29,8		150		25,3	
IV.	13	196		28,7		153		23,0	
	14	167	177	25,5	26,3	123	148	18,7	22,2
	15	148	± 18,3	23,3	± 1,8	(86)	± 18,7	(13,8)	± 1,2
	16	195		27,6		169		24,8	
V.	17	109		15,7		80		12,0	
	18	110	104	17,0	15,3	79	79	11,3	11,5
	19	101	± 5,1	14,2	± 1,1	64	± 7,1	9,2	± 1,5
	20	97		14,2		92		13,6	

Abtl.	Gefäss nr.	Radies I. 2.V. - 17.VI.			Radies II. 17.VI. - 19.VII.			
		frisch	Mittel trocken	Mittel	frisch	Mittel	trocken	Mittel
I.	61	385		36,5	255		19,4	
	62	279	337,5	27,0	199	230	15,0	16,7
	63	375	±41,7	35,0	233	±15,1	15,4	±0,7
	64	311		29,5	234		17,0	
II.	65	292		28,5	223		15,0	
	66	348	298,5	31,5		199		13,4
	67	287	±24,2	27,0		±12,0		±0,8
	68	267		27,0	174		11,7	
III.	69	296		27,0				
	70	356	282	32,5				
	71	210	±42,5	21,5				
	72	267		26,0				
IV.	73	272		23,0				
	74	253	261	22,0		120		8,4
	75	316	±32	27,0		±-		±-
	76	204		18,0		120		8,4
V.	77	136		12,5		87		6,0
	78	145	141	13,0		99	91	6,0
	79	140	±3,4	12,0		77	±8,3	5,3
	80	145		13,0		99		6,8

Abt.	Gef. nr.	Radies-IV. 16.VIII. - 19.IX.				Gef. nr.	Ellern. 23.IV. - 5.X.			
		Frisch	Mittel	trocken	Mittel		Frisch	Mittel	trock.	Mittel
I.	61	162		12,8		81	738		384	
	62	193	171	14,9	13,3	82	728	705	369	358
	63	168	±13,4	13,2	±0,8	83	664	±27,1	328	±18,3
	64	160		12,1		84	691		350	
II.	65	152		11,5		85	611		298	
	66	164	157	12,0	11,4	86	646	634	302	303
	67	171	±10,5	12,0	±0,7	87	627	±14,6	293	±7,8
	68	140		10,0		88	652		318	
III.	69	170		12,0		89	606		301	
	70	170	156	12,0	10,8	90	550	602	262	289
	71	153	±12,9	10,5	±1,2	91	629	±25,1	305	±13,7
	72	130		8,6		92	622		298	
IV.	73	122		8,6		93	493		220	
	74	-	111	-	7,6	94	456	464	205	210
	75	112	±8,7	7,6	±0,7	95	472	±18,5	219	±9,8
	76	98		6,6		96	433		195	
V.	77	87		6,0		97	292		133	
	78	66	84	4,6	5,8	98	325	334	141	152
	79	96	±8,8	6,5	±0,5	99	380	±24,6	179	14,4
	80	87		5,9		100	338		153	

Abtl.	Gef. nr.	Senf 2.V. - 26.VII.				Buchweizen 18.VIII.-3.X.			
		Frisch	Mittel	trocken	Mittel	Frisch	Mittel	trocken	Mittel
I.	21	563		139,7		41,5		4,1	
	22	578	613	140,5	144,6	44,0	48,0	4,0	4,5
	23	662	±42	155,2	±5,2	52,0	±4,7	4,9	±0,4
	24	650		143,0		54,5		5,0	
II.	25	616		137,5		45,5		4,3	
	26	566	576	116,2	126,7	48,5	47,5	4,3	4,3
	27	600	±31	136,6	±5,3	46,5	±0,9	4,3	±0,04
	28	522		116,5		49,5		4,4	
III.	29	550		124,5		(20,0)		(2,2)	
	30	615	558	123,7	116,0	41,0	45,7	3,8	4,0
	31	(398)	±28	(88,2)	±8,3	46,0	±3,2	4,1	±0,2
	32	508		98,5		50,0		4,2	
IV.	33	503		106,0		42,0		3,6	
	34	533	520	100,2	97,7	37,5	40,0	3,2	3,4
	35	516	±10	92,2	±5,3	43,5	±2,5	3,6	±0,2
	36	527		92,3		37,0		3,2	
V.	37	444		78,5		26,0		2,1	
	38	322	379	59,5	66,1	25,5	24,5	2,1	2,0
	39	325	±54	52,5	±9,8	22,0	±1,1	1,8	±0,1
	40	423		73,8		(15,5)		(1,4)	
		Hafer 4.V. - 26.VII.				Lupine 27.VII.-3.X.			
I.	41	675		162,0		349		37,0	
	42	638	646	147,4	150,8	419	415	44,5	42,5
	43	633	±14	151,8	±6,3	399	±39	40,2	±3,8
	44	635		141,9		491		48,4	
II.	45	587		131,5		459		49,5	
	46	603	623	136,2	139,6	474	450	48,5	46,5
	47	657	±27	146,0	±5,6	436	±19	43,1	±2,4
	48	643		144,7		430		44,9	
III.	49	581		133,6		458		44,9	
	50	640	617	136,8	136,4	455	473	42,1	45,4
	51	633	±19	143,0	±8,2	490	±16	46,4	±1,6
	52	613		122,3		490		48,2	
IV.	53	547		109,7		326		34,1	
	54	601	589	112,0	110,7	368	355	35,9	33,9
	55	632	±27	121,6	±5,9	382	±34	38,0	±3,2
	56	574		99,6		373		37,8	
V.	57	459		76,2		249		24,2	
	58	512	460	85,1	78,2	268	240	27,2	24,1
	59	440	±25	73,0	±3,5	231	±18	23,5	±1,5
	60	429		78,5		212		21,6	

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Archiv. Zeitschrift für die gesamte Botanik](#)

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Lamberg Gerhard

Artikel/Article: [Das Licht als Wachstumsfaktor. 213-228](#)