

logie. München 1890, in ZITTEL, Handb. d. Paläontol. II. - SCHMALHAUSEN, Beitr. z. Juraflora Russlands, Petersburg 1879 (Mém. Acad. Imp. Sci. VII. ser. Tome XXVII). - SCHULZE, Über die Flora d. subherzyn. Kreide, Halle 1887 (in Zeitschr. f. Naturwissensch.). - SCHUSTER, Bem. über Podozamites, Berlin 1911 (Ber. Deutsch. bot. Gesellsch. XXIX). - SCOTT, Studies in Fossil Botany, London 1909. - SEWARD, The Wealdenflora, London, I 1894, II. 1904, - SEWARD, The Jurassic Flora, London I 1900, II 1904. - SEWARD, Fossil Plants, Cambridge 1910. - SEWARD, A petrified *Williamsonia* from Scotland, in Phil. Trans. Roy. Soc. CCIII (1912). - SOLMS-LAUBACH, Einleitung i. d. Paläophytologie, Leipzig 1887. - STIEHLER, Beitr. z. Kennt. d. vorweltl. Fl. d. Kreidegeb. i. Harze, Cassel 1857, Paläontogr. 5. - TRAUTSCHOLD, Der Klinsche Sandstein. Moskau 1870. - VELENOWSKY, Gymnospermen d. böhm. Kreideform. Prag 1885. - VELENOWSKY, Über einige neue Pflanzenform. d. böhm. Kreideform. in Sitzungsber. K. böhm. Ak. d. Wiss. Prag 1887. - VELENOWSKY, Květena českého cenomanu, in Abh. Böhm. Ges. Wiss. VII. Neue Folge III, Prag 1890. - WARD, The cretaceous form. of the Black Hills, Washington 1899 (U. St. Geol. Surv.). - WARD, FONTAINE, BIBBINS, WIELAND, Status mesoz. floras U. St. Monogr. Geol. Surv. 48, 1905. - WIELAND, La flora Liasica de la Mixteca Alta, Mexico, 1914, Atlas 1916 (Boletín del Instituto Geol. de Mexico). - YOKOYAMA, Jurassic Plants from Kaga, Hida and Echizen, 1889 (Journ. Coll. imp. Univ. Japan III, pt. I. - ZEILLER, Eléments de Paléobotanique, Paris 1900. - ZIGNO, Flora format. Oolith. 1, 2. Padua 1856 - 85.

Ein grosser Teil der Literatur entstammte der Privatbibliothek des Herrn Prof. SALFELD, der dieselbe in liberalster Weise dem Verfasser zur Benützung überliess.

Untersuchungen über den Wachstumsfaktor Kohlensäure.

Von PAUL SPIRGATIS (Königsberg Pr.).

EINLEITUNG: STAND DER WISSENSCHAFTLICHEN FORSCHUNG.

Seit einer längeren Reihe von Jahren sind auf dem Gebiete der Kohlensäuredüngung von verschiedenen Forschern zahlreiche Versuche angesetzt worden. Meist wurde, wenn nicht methodische Fehler vorlagen, durch Erhöhung des Kohlensäuregehaltes der umgebenden Luft eine Steigerung des Pflanzenertrages erzielt. So teilt FISCHER (1) als Gesamtergebnis seiner Versuche mit, dass die Pflanzen sich durch kräftigen Wuchs auszeichnen, und insbesondere ihr Blühen und Fruchten erheblich beschleunigt und gesteigert wird. Von einer näheren Besprechung der älteren Literatur auf diesem Gebiete will ich absehen, da dieses von meinem Vorgänger JANERT (2) eingehend geschehen ist; dagegen wird die neuere Literatur am Ende dieser Ausführungen kritisch gewürdigt werden. Jedoch möchte ich hervorheben, dass fast sämtliche Versuchsansteller mit geschlossenen Glasgefässen bzw. Glaskästen arbeiteten, die oft noch in einem Gewächshause aufgestellt sind. Hierbei wird die Lichtintensität bedeutend verringert, weil die Lichtstrahlen die Glaswände passieren müssen. Meine Lichtmessungs-Versuche haben dies bewiesen. Den Kohlensäure-Pflanzen stand vielleicht nur ein Bruchteil des ungeschwächten Tageslichtes zur Verfügung, sodass sie anomalen Verhältnissen unterworfen waren.

KURZE ERÖRTERUNG MEINER VERSUCHSERGEBNISSE.

Nach JANERT (2) haben wir uns das Eindringen der Kohlensäure in die Zellen als einen reinen Diffusionsprozess vorzustellen. Assimiliert die Pflanze, d. h. wird aus Kohlensäure und Wasser organische Substanz gebildet, so wird die Konzentration in der Zelle geringer, und infolgedessen diffundiert Kohlensäure aus den Interzellularräumen, die durch Spaltöffnungen mit der Luft in Verbindung stehen,

durch die Zellwände hindurch. Wird nun der Kohlensäuregehalt der Luft erhöht, so muss ein lebhafterer Strom nach den Interzellularräumen, mithin auch nach den Zellen einsetzen, und die Chloroplasten werden zu grösseren Leistungen befähigt. Es tritt eine Mehrproduktion von organischer Substanz ein. Wir können uns so die Assimilation als eine Funktion des Kohlensäure-Gefälles von der umgebenden Luft in die Interzellularräume vorstellen. Natürlich sind der Leistung der Chloroplasten auch bestimmte Grenzen gesetzt, zumal mit der Steigerung der Assimilations-Vorgänge auch eine steigende Giftwirkung verbunden ist. Die optimale Höhe des Kohlensäure-Gefälles wird nach meinen Versuchen wesentlich von zwei Faktoren bedingt: nämlich erstens von der der Pflanze zur Verfügung stehenden Lichtmenge und zweitens von dem Kohlensäure-Gehalt der umgebenden Luft; und zwar bedingt bereits die Steigerung eines dieser beiden Wachstumsfaktoren eine Erhöhung des Kohlensäure-Gefälles, folglich auch eine Zunahme der Assimilations-Geschwindigkeit. Überschreiten sie eine gewisse Grenze, so treten Schädigungen im Wachstum auf. Wir haben 2 extreme Fälle zu unterscheiden, die ich als normalen und anomalen Zustand bezeichnen möchte. Im ersteren Fall steht den Pflanzen das ungeschwächte Tageslicht zur Verfügung und der Kohlensäuregehalt der umgebenden Luft ist normal; im anderen Fall ist die Licht-Intensität herabgesetzt und der Kohlensäure-Gehalt der Luft erheblich gesteigert. Jedoch erhelet ich bei beiden Versuchsanordnungen den Höchstertrag, d.h.: Der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre reicht zur Erzielung von Höchsterträgen aus, wenn die Pflanzen dem vollen Tageslicht ausgesetzt werden. Diese letzte Bedingung ist, wie ich schon hervorhob, von den meisten Forschern durchaus nicht erfüllt worden, und so haben wir uns der Erfolg ihrer Kohlensäure-Düngung zu erklären.

Ich komme nun auf die Besprechung der Spezialfälle zurück. Wir haben also bei beiden Versuchen die Optimalleistung der Chloroplasten erreicht, jedoch verschiedene Wege benützt; einmal ist es das ungeschwächte Tageslicht, das die Zelle zur höchsten Tätigkeit anregt und so das erforderliche Diffusionsgefälle zwischen Zelle und umgebender Luft herstellt. Wird dagegen die Assimilationstätigkeit durch Licht-Entzug verlangsamt, sodass die Luft in den Interzellularräumen noch ständig grössere Kohlensäure-Mengen enthält, so kann man durch Vermehrung des Kohlensäure-Gehaltes der Luft das Kohlensäure-Gefälle entsprechend erhöhen und ebenfalls Höchsterträge erzielen. Nur darf man aus dieser Tatsache nicht den Schluss ziehen, dass der höhere Kohlensäuregehalt das Tageslicht voll ersetzen könne. Zur Bildung von organischer Substanz ist in erster Linie die Sonnenenergie notwendig. Ein Minimum von Lichtintensität muss bei Anbau unserer Kulturpflanzen stets vorhanden sein, um überhaupt einen Erfolg zu erzielen. Wir haben es nur mit bestimmten Wechselbeziehungen zwischen Licht und Kohlensäure zu tun.

Ferner zeigte sich, dass das Optimum in der Kohlensäure-Konzentration nicht für die ganze Vegetationszeit konstant war sondern von der Licht-Intensität, die den Pflanzen während der Versuchsdauer zur Verfügung stand, abhieng. Überschreitet der Kohlensäuregehalt der Luft bei einer bestimmten Licht-Intensität eine gewisse Grenze, so treten Vergiftungen auf. Sehr deutlich lassen dies die Versuche von JANERT (2) erkennen. Beim Kohlensäureversuch nr. 2 wird der Höchstertrag schon bei einem Kohlensäuregehalt von 0,5% erreicht; bei 1% und insbesondere bei 5% machen sich erhebliche Wachstumsschädigungen bemerkbar. Bei Versuch nr. 4 liegt das Optimum bei 1% und beim letzten Kohlensäureversuch erst bei 5%. - Wie sich die Verhältnisse während der ganzen Vegetationszeit gestalten, werden wir aus meinen Versuchen ersehen.

KRITISCHE WÜRDIGUNG DER JANERT'SCHEN UNTERSUCHUNGEN.

Nachdem ich so in grossen Zügen das Ergebnis meiner Untersuchungen vorweg genommen habe, trete ich in die Besprechung der JANERT'schen Arbeit ein, da sie ja die Grundlage für meine Versuche bildet. JANERT erkennt neben anderen Forschern die grosse Bedeutung des Lichtes bei der Kohlensäure-Düngung. Er stellt zunächst fest, dass der Wirkungsfaktor der Kohlensäure nicht konstant ist und führt dieses

auf die verschiedenen Lichtintensitäten, die den Pflanzen bei seinen einzelnen Versuchen zur Verfügung standen, zurück; und zwar steigt der Wirkungsfaktor mit zunehmender Lichtintensität.

Da er selbst keine Lichtmessung durchführte, benützte er die Resultate der Lichtmessung von LAMBERG (3). Jedoch sind die LAMBERGschen Tabellen nicht ganz einwandfrei, wie ich noch später klarlegen werde. Ausserdem verhält sich nach JANERT die Lichtintensität im Gewächshause, in dem er seine Versuche aufgestellt hatte, zur natürlichen, ungeschwächten Lichtintensität wie 1 : 7. Dieses Resultat ist mit den meinigen nicht in Einklang zu bringen, denn bei meinen Messungen, die ich an demselben Orte anstellte, erhielt ich für die Lichtintensität im Gewächshause 50% der Lichtintensität im Freien.

Der Grund für diese grosse Differenz liegt meines Ermessens in den verschiedenen Methoden der Lichtmessung. JANERT benützt als Lichtmesser photographisches Papier, während ich Oxalsäure als Indikator verwandte.

Schon LAMBERG hat auf die Nachteile der ersteren Methode hingewiesen, die objektive Beobachtungen garnicht gestattet. So zeigen auch die LAMBERGschen Lichtmessungstabellen in ihren Zahlen, die die Lichtintensitäten nach beiden Methoden angeben, sehr grosse Unterschiede. Mithin ist der JANERTschen Ertragsberechnung, wonach der normale Kohlensäuregehalt der Luft nur für 64% des durch Kohlensäure-Zufuhr erzielbaren Höchstertrages ausreichen soll, jede tatsächliche Unterlage genommen und es erübrigt sich, noch weiter darüber zu sprechen.

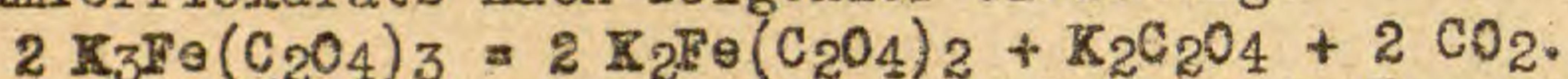
LICHTMESSUNG.

Zu der Zeit, als ich mit meinen Versuchen begann, stand also der grosse Einfluss des Lichtes bei der Kohlensäure-Düngung bereits fest. Es war nun meine Aufgabe, neben den Vegetationsversuchen eine genaue Lichtmessung durchzuführen. Ich wählte dazu die von LAMBERG (3) ausgearbeitete Methode. Sie beruht darauf, dass Oxalsäure sich in Gegenwart des Katalysators Eisen am Licht nach der Formel $(\text{COOH})_2 = 2 \text{CO}_2 + \text{H}_2$ zersetzt. Der Umfang der Zersetzung wird durch Titrieren mit Kaliumpermanganat festgestellt. Die Differenz des Oxalsäuregehaltes der unbelichteten und der belichteten Flüssigkeit in ccm 1/100 normaler Kaliumpermanganatlösung berechnet, gibt die Tageslichtintensität an. Da ich noch einige kleine Änderungen und Verbesserungen vornahm, will ich den vollständigen Gang der Lichtmessung wiedergeben.

Die Lösung enthält in 3000 ccm destillierten Wassers 40 gr Oxalsäure und 10 gr Kaliumferrioxalat und pflegte für 4 Wochen zu reifen. Der Titer der Lösungen schwankte zwischen 26,5 und 27,5 ccm 1/100 normaler Kaliumpermanganatlösung. Je 20 ccm der ersteren Lösung wurden in zwei 200-ccm Messkolben gebracht und in leere Vegetationsgläser gestellt, um so die Lichtintensität, die den Pflanzen zur Verfügung stand, möglichst genau messen zu können. Die Flüssigkeit wurde 24 Stunden dem Licht ausgesetzt, nur während des letzten Versuchs liess ich die Kölbchen 48 Stunden stehen, um einen möglichst prozentual geringen Fehler zu erhalten. Was das Titrieren anbelangt, so müssen wir zwischen unbelichteter und belichteter Flüssigkeit unterscheiden. Bei ersterer geht es folgendermassen vor sich: Die Messkölbchen, die 20 ccm der betreffenden Lösung enthalten, werden mit dest. Wasser bis auf 200 ccm aufgefüllt und kräftig durchgeschüttelt. Mittels einer Pipette werden ihnen 10 ccm entnommen, in einen ERLENMEYERkolben gebracht und 10 ccm einer 5% Schwefelsäure zugegeben. Darauf wird die Probe mit destilliertem Wasser versetzt, erwärmt und titriert. Wir erhalten so den Titer der unbelichteten Flüssigkeit. In der belichteten Lösung hat sich durch Zersetzung des Kaliumferrioxalates ein gelber Niederschlag gebildet, der zunächst gelöst werden muss. Zu diesem Zwecke werden 10 ccm conc. Schwefelsäure in den Messkolben gebracht. Bei mässigem Erwärmen verschwindet der Niederschlag sehr bald. Im übrigen wird dann in derselben Weise wie oben verfahren, nur fällt hierbei die Zugabe der Schwefelsäure zur Probe fort. Die Anzahl der ccm weniger verbrauchter Kaliumpermanganatlösung gibt uns die Tageslichtintensität an.

Der Hauptunterschied zwischen meiner und der LAMBERGschen Lichtmessung liegt darin, dass LAMBERG den gelben Niederschlag vollständig ausser Acht lässt, obwohl

er hierzu nicht berechtigt ist. Der Niederschlag bildet sich nämlich bei der Zersetzung des Kaliumferrioxalats nach folgender Gleichung:



Wir sehen hieraus, dass nur ein Teil der Oxalsäure in Form von Kohlensäure weggeht, während der andere in dem entstandenen Kaliumoxalat und Kaliumferrooxalat enthalten ist. Da wir aber bei der Feststellung des Titors der unbelichteten Flüssigkeit die gesamte Oxalsäure berücksichtigt haben, darf dieser Niederschlag nicht vernachlässigt werden.

Bei meinen Messungen zeigte sich, dass die Werte um 20% zu hoch wurden, wenn man den Niederschlag unbeachtet liess. Demnach müssen wir die LAMBERG'schen Zahlen um 20% verringern, um sie richtig zu stellen (siehe Tabelle unten).

Ferner möchte ich folgenden Nachteil der LAMBERG'schen Lichtmessung erwähnen, der uns die teilweise sehr hohen wahrscheinlichen Fehler seiner 4 täglichen Beobachtungen erklärt. Er benützt beim Titrieren 5 ccm einer 2% Schwefelsäure, die nicht imstande ist, den Braunstein in statu nascendi zu lösen; es tritt eine geringe Braunfärbung ein, die natürlich den Umschlag schwer erkennen lässt.

Die folgenden Tabellen und Kurven zeigen uns die Lichtverhältnisse, denen die Pflanzen während der einzelnen Versuche unterworfen waren. Im Gewächshause, das eine doppelte Glasdecke besitzt, haben wir nur ungefähr die Hälfte der natürlichen Lichtintensität. Die letzte Tabelle führt uns den Unterschied in der Lichtintensität zwischen den freien und den Glaskölbchen in den Vegetationsgefässen vor Augen. Ich konnte diese Beobachtungen leider erst im Herbst ausführen, sodass die Unterschiede nicht immer sehr deutlich hervortreten, da wir es ja nur mit kleinen Grössen zutun gaben, die noch mit verhältnismässig hohen Fehlern behaftet sind. In der letzten Spalte dieser Tabelle ist die Lichtintensität in den freien Glaskölbchen gleich 1 gesetzt worden, sodass wir für den zweiten Wert $0,90 \pm 0,007$ erhalten. Bei der weiteren Verarbeitung der Lichtmessungstabellen ist diese Differenz von 10% berücksichtigt worden.

Ausserdem ist hierbei zu bedenken, dass meine Vegetationsgefässe zylindrische Form besaßen, die vielleicht eine konvexe Linsenwirkung hervorrief. Bei ebenen Glasflächen ist die Schwächung des Lichtes bedeutend stärker. Zur Erläuterung der Tabellen sei noch bemerkt, dass die gefundenen Werte die Lichtintensität des vorhergegangenen Tages angeben. Die Spalten 2 - 4 enthalten die ccm weniger verbrauchter 1/100 normaler Kaliumpermanganatlösung. In der 5. Spalte finden sich Prozentzahlen, die dadurch berechnet sind, dass das Mittel eines jeden Versuchs gleich 100 gesetzt worden ist.

LICHTINTENSITÄTEN

Zu Versuch nr. 1.

Tag	Einzelne Beobachtungen		Mittel	%Zahlen
1	2	3	4	5
4. VII.	5,9	5,6	5,75 ± 0,127	125
5.	6,0	6,4	6,2 ± 0,169	135
6.	5,3	5,2	5,25 ± 0,043	114
7.	7,0	7,4	7,2 ± 0,169	157
8.	4,9	5,1	5,0 ± 0,085	109
9.	5,3	5,5	5,4 ± 0,085	117
10.	6,2	6,3	6,25 ± 0,043	136
11.	7,2	7,5	7,35 ± 0,127	160
12.	5,6	6,0	5,8 ± 0,169	126
13.	3,6	3,8	3,7 ± 0,085	80
14.	6,0	6,1	6,05 ± 0,043	132
15.	2,7	2,9	2,8 ± 0,085	61

Tag	Einzelne Beobachtungen		Mittel	Zahlen
1	2	3	4	5
16.	3,6	3,9	3,75 ± 0,127	82
17.	3,0	3,3	3,15 ± 0,127	68
18.	2,4	2,6	2,5 ± 0,085	54
19.	3,0	3,1	3,05 ± 0,043	55
20.	3,8	4,1	3,95 ± 0,127	86
21.	3,3	3,4	3,35 + 0,043	73
22.	3,6	3,4	3,5 ± 0,085	76
23.	5,4	5,8	5,6 ± 0,159	122
24.	6,0	6,1	6,05 ± 0,043	132
25.	4,0	3,8	3,9 ± 0,085	85
26.	4,1	4,2	4,15 ± 0,043	90
27.	3,0	2,8	2,9 ± 0,085	63
28.	3,3	3,1	3,2 ± 0,085	70
29.	4,0	3,8	3,9 ± 0,085	85
30.	4,1	4,0	4,05 ± 0,043	88
31.	4,3	4,4	4,35 ± 0,043	95
1. VIII.	5,0	5,4	5,2 ± 0,169	113

Zu Versuch nr. 2.

7. VIII.	4,2	4,0	4,1 ± 0,085	105
8.	5,9	5,6	5,75 ± 0,127	147
9.	4,2	4,0	4,1 ± 0,085	105
10.	2,6	2,8	2,7 ± 0,085	69
11.	4,2	4,5	4,35 ± 0,127	111
12.	5,0	4,6	4,8 ± 0,169	123
13.	3,7	4,0	3,85 ± 0,127	98
14.	4,1	4,3	4,2 ± 0,085	107
15.	3,4	3,6	3,5 ± 0,085	89
16.	2,9	3,0	2,95 ± 0,043	75
17.	4,7	5,0	4,85 ± 0,127	124
18.	3,6	3,4	3,5 ± 0,085	89
19.	4,0	4,3	4,15 ± 0,127	106
20.	3,2	3,3	3,25 ± 0,043	83
21.	3,3	3,5	3,4 ± 0,085	87
22.	3,7	3,5	3,6 ± 0,085	92
23.	5,3	4,9	5,1 ± 0,169	130
24.	2,7	3,0	2,85 ± 0,127	73
25.	2,9	3,2	3,05 ± 0,127	78
26.	3,9	3,7	3,8 ± 0,085	97
27.	3,6	3,8	3,7 ± 0,085	94
28.	4,3	4,1	4,2 ± 0,085	107
29.	4,4	4,3	4,33 ± 0,043	111

Zu Versuch nr. 3.

13. VIII.	1,6	1,8	1,7 ± 0,085	98
14.	1,8	2,1	1,95 ± 0,127	113
15.	1,5	1,6	1,55 ± 0,043	90
16.	1,4	1,5	1,45 ± 0,043	84
17.	2,1	2,4	2,25 ± 0,127	130
18.	1,6	1,8	1,7 ± 0,085	98
19.	2,0	2,2	2,1 ± 0,085	121

Tag	Einzelne Beobachtungen		Mittel	Zahlen
1	2	3	4	5
20. VIII.	1,6	1,7	1,65 ± 0,043	95
21.	1,7	1,8	1,75 ± 0,043	101
22.	1,8	1,9	1,85 ± 0,043	107
23.	2,2	2,4	2,3 ± 0,085	133
24.	1,5	1,5	1,5 ± 0,000	87
25.	1,5	1,6	1,55 ± 0,043	90
26.	1,8	1,9	1,85 ± 0,043	107
27.	1,5	1,6	1,55 ± 0,043	90
28.	2,0	2,1	2,05 ± 0,043	118
29.	2,0	2,1	2,05 ± 0,043	118
30.	2,0	2,2	2,1 ± 0,085	121
31.	1,7	1,9	1,8 ± 0,085	104
1. IX.	1,7	1,9	1,8 ± 0,085	104
2.	1,4	1,6	1,5 ± 0,085	87
3.	1,0	1,2	1,1 ± 0,085	64
4.	1,0	1,2	1,1 ± 0,085	64
5.	1,65	1,85	1,75 ± 0,085	101
6.	1,7	1,8	1,75 ± 0,043	101
7.	1,3	1,4	1,35 ± 0,043	78

Zu Versuch nr. 4.

4. IX.	1,8	1,9	1,85 ± 0,043	87
5.	3,4	3,0	3,2 ± 0,169	151
6.	3,5	3,7	3,5 ± 0,085	170
7.	2,7	3,0	2,85 ± 0,127	134
8.	2,8	3,0	2,9 ± 0,085	137
9.	2,1	2,3	2,2 ± 0,085	104
10.	2,2	2,3	2,25 ± 0,043	106
11.	2,2	2,4	2,3 ± 0,085	109
12.	2,4	2,8	2,6 ± 0,169	123
13.	1,9	2,2	2,05 ± 0,127	97
14.	1,6	1,8	1,7 ± 0,085	80
15.	1,9	2,1	2,0 ± 0,085	94
16.	2,2	2,5	2,35 ± 0,127	111
17.	1,2	1,4	1,3 ± 0,085	61
18.	1,6	1,8	1,7 ± 0,085	80
19.	2,1	2,3	2,2 ± 0,085	104
20.	2,2	2,0	2,1 ± 0,085	99
21.	1,3	1,4	1,35 ± 0,043	64
22.	2,3	2,2	2,25 ± 0,043	106
23.	1,8	2,0	1,9 ± 0,085	90
24.	1,7	1,8	1,75 ± 0,043	83
25.	1,4	1,5	1,45 ± 0,043	68
26.	1,6	1,7	1,65 ± 0,043	78
27.	1,7	1,9	1,8 ± 0,085	85
28.	1,5	1,7	1,6 ± 0,085	75

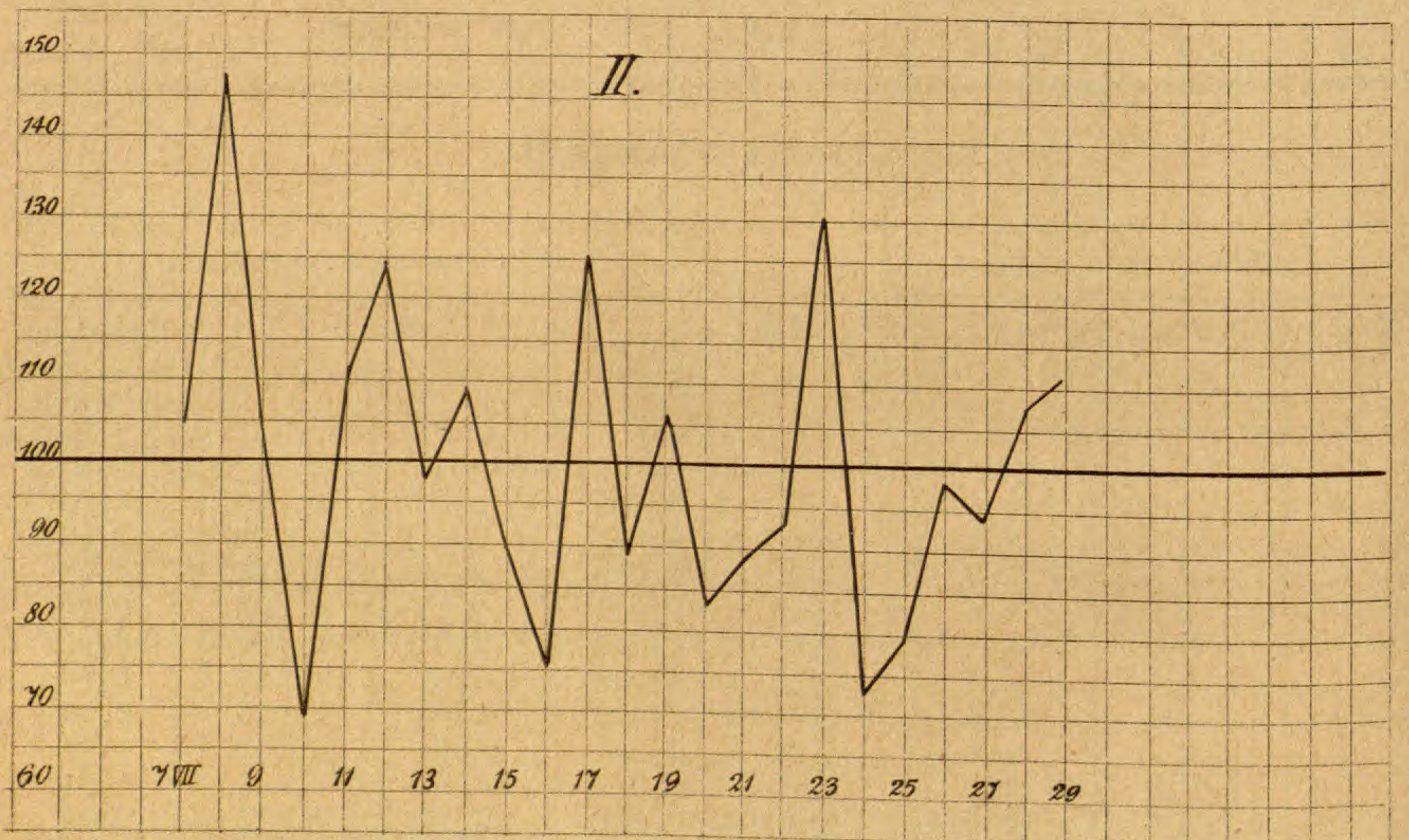
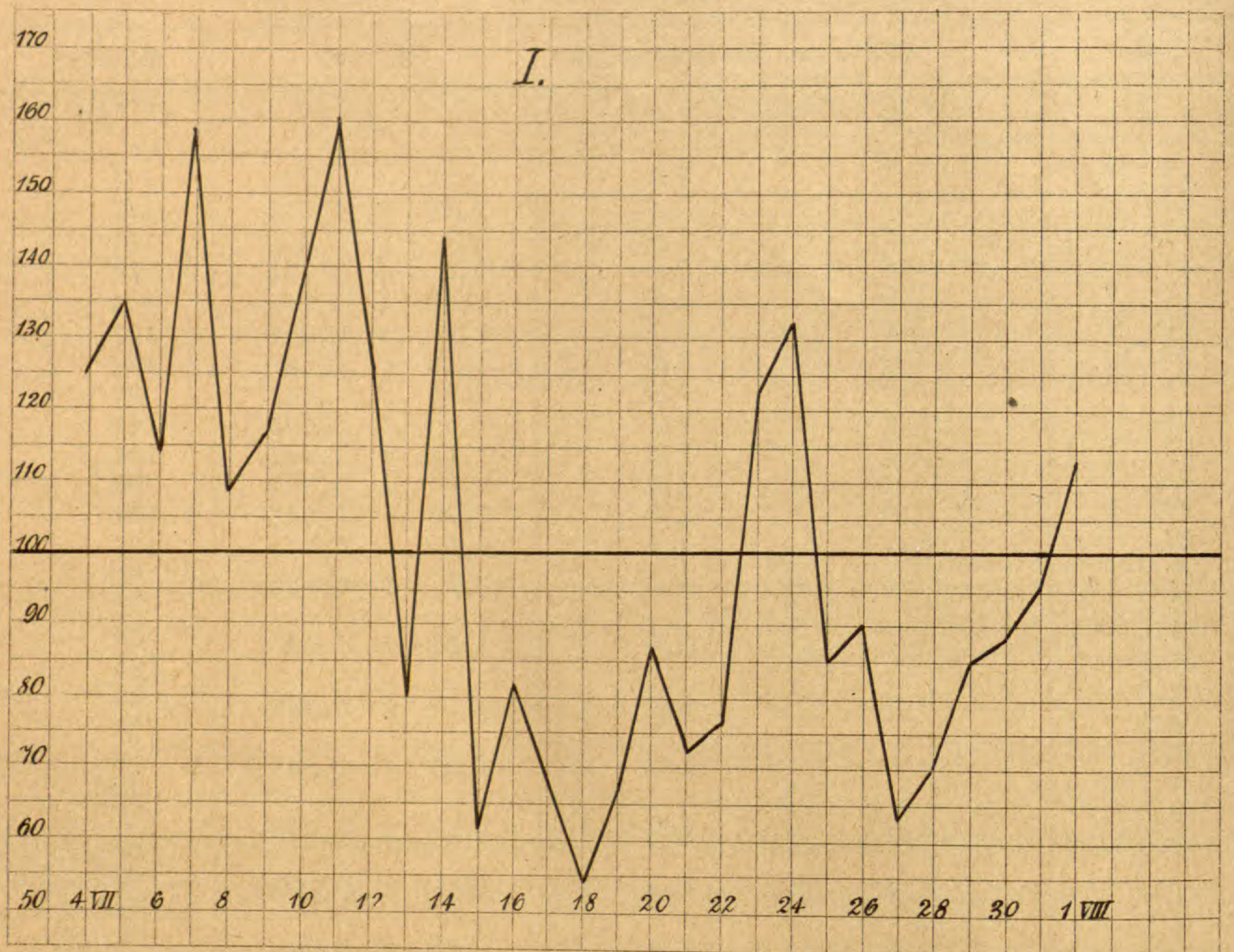
Zu Versuch nr. 5.

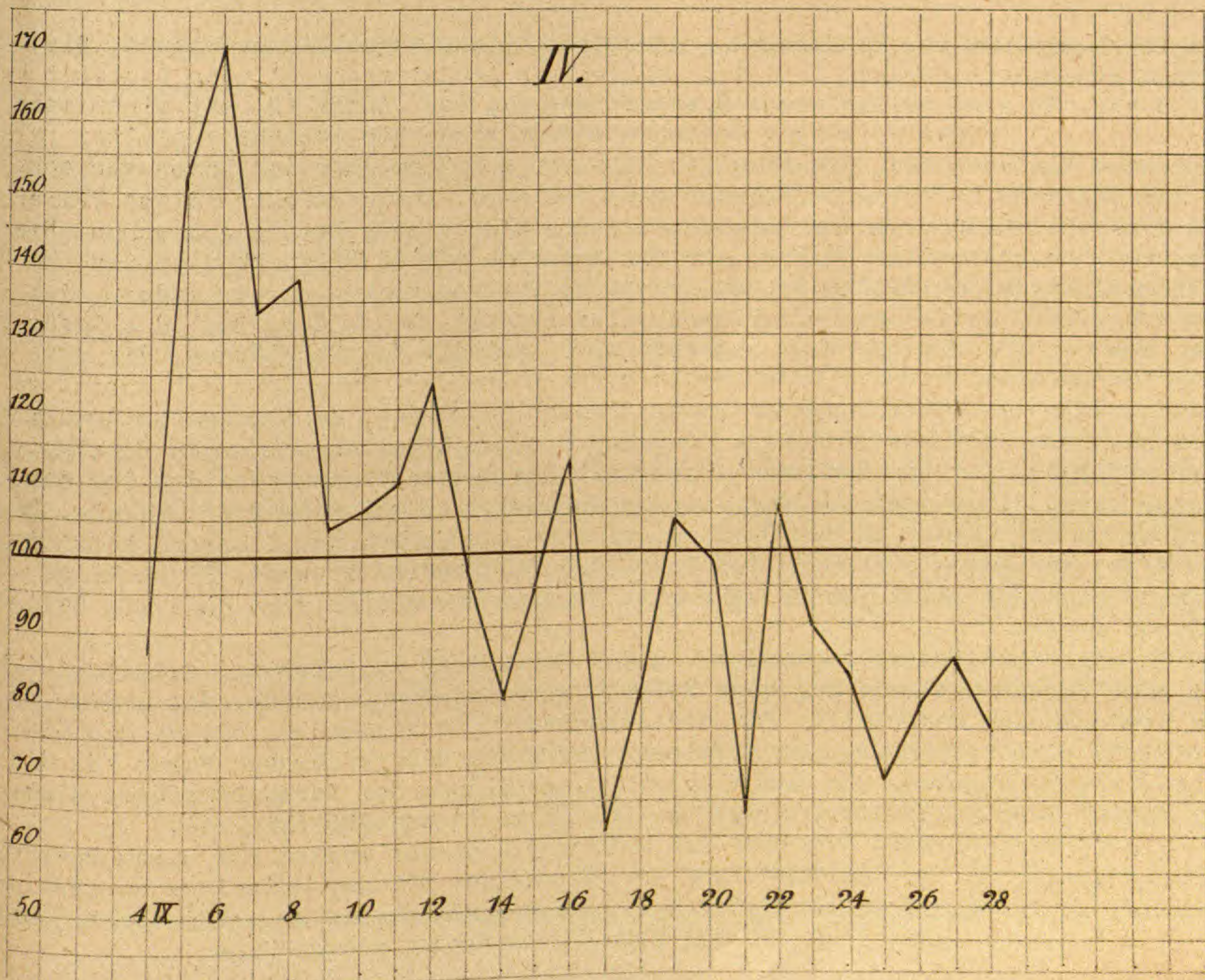
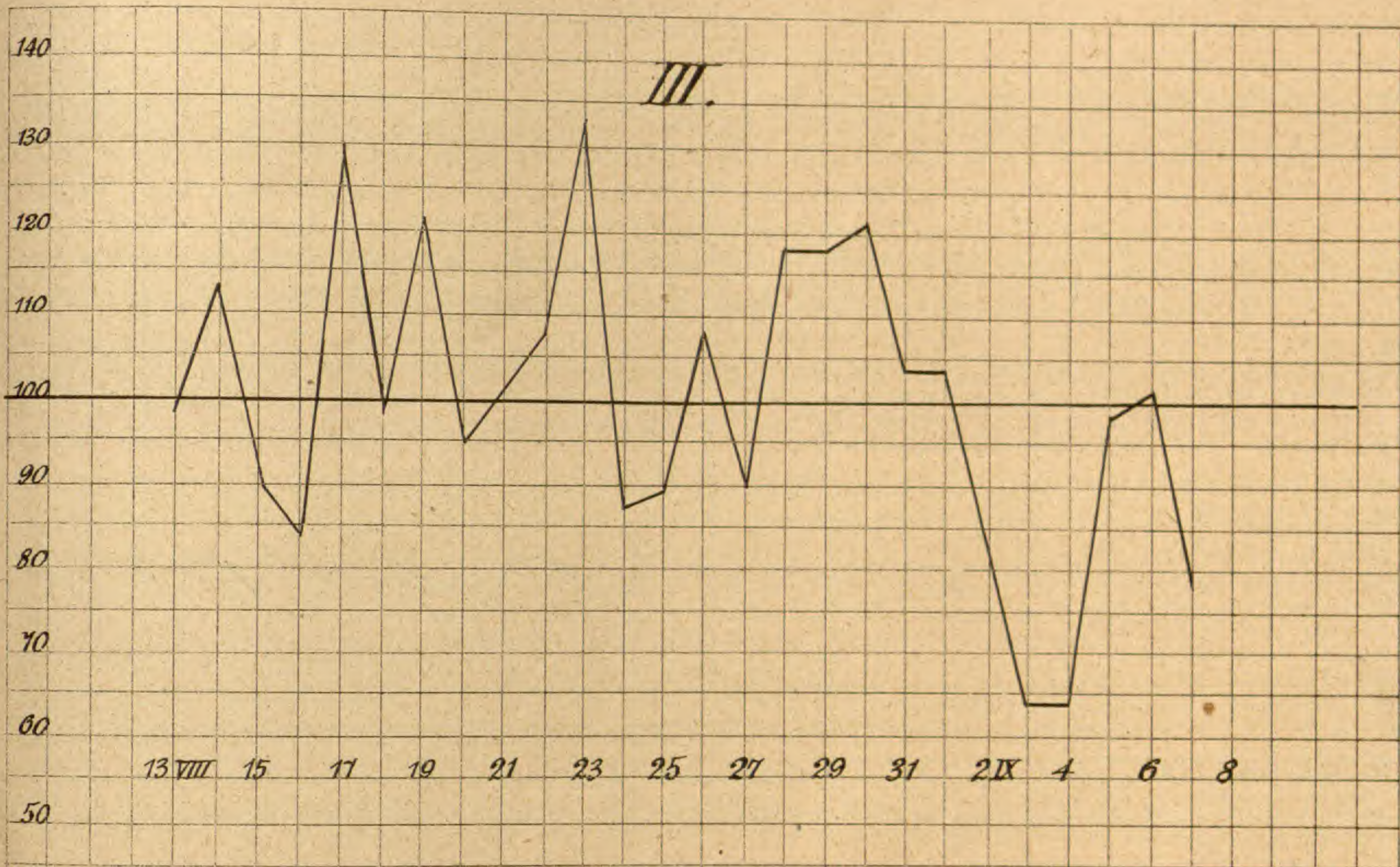
Tag	Einzelne Beobachtungen		Mittel		Zahlen
	2	3	4		
14. IX.	1,0	0,9	0,95 ± 0,043		104
15.	1,3	1,2	1,25 ± 0,043		137
16.	1,0	1,2	1,1 ± 0,085		121
17.	0,7	0,9	0,8 ± 0,085		88
18.	0,9	1,0	0,95 ± 0,043		104
19.	1,0	1,2	1,1 ± 0,085		121
20.	1,3	1,0	1,15 ± 0,127		126
21.	0,9	0,8	0,85 ± 0,043		93
22.	1,2	1,4	1,3 ± 0,085		143
23.	1,1	1,2	1,15 ± 0,043		126
24.	0,8	1,0	0,9 ± 0,085		99
25.	0,9	1,0	0,95 ± 0,043		104
26.	0,9	1,0	0,95 ± 0,043		104
27.)	1,6	1,8	1,7 ± 0,085		93
28.)					93
29. (	2,2	2,3	2,25 ± 0,043		123
30. (					123
1.)	1,4	1,6	1,5 ± 0,085		82
2.)					82
3. (	1,5	1,6	1,55 ± 0,043		85
4. (					85
5.)	1,4	1,5	1,55 ± 0,043		79
6.)					79
7.)	1,4	1,8	1,6 ± 0,169		88
8.)					88
9.)	1,4	1,5	1,45 ± 0,043		79
10.)					79
11. (	1,7	1,4	1,55 ± 0,127		85
12. (					85

VERGLEICHENDE LICHTMESSUNG.

Tag	Glaskölbchen: frei		im Vegetationsgefäß.		Lichtint. i. d. freien Glask. =1 gesetzt.
	einzel. Beobacht.	Mittel	Mittel		
8. IX.	3,2	3,4	3,3 ± 0,085		0,88
9.	2,5	2,6	2,55 ± 0,043		0,86
10.	2,4	2,6	2,5 ± 0,085		0,90
11.	2,4	2,5	2,45 ± 0,043		0,94
12.	3,0	2,8	2,9 ± 0,085		0,90
13.	2,1	2,5	2,3 ± 0,169		0,89
21.	1,4	1,6	1,5 ± 0,085		0,90
22.	2,4	2,7	2,65 ± 0,127		0,85
23.	1,9	2,1	2,0 ± 0,085		0,95
24.	2,0	1,8	1,9 ± 0,085		0,92
			Mittel 1 : 0,90 ± 0,007		

GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER LICHTVERHÄLTNISSE WÄHREND DER EINZELNEN
VEGETATIONSVERSUCHE (1 - 5).





nur 3 - 4 Blätter zur Entwicklung, die geil emporwachsen. Die Zuführung der Kohlensäure ergab grosse Wachstumssteigerungen. Mehrerträge von 100% wurden erzielt. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsreihen waren schon während des Versuchs mit blossen Auge sehr deutlich erkennbar; die Halmchen der Kohlensäure-Pflanzen waren bedeutend stärker als die der Normalgefässe. Die berechneten Werte, die sich den Beobachtungen (siehe folgende Tabell nr. 3 und Kurve III) gut anschliessen, folgen der Gleichung: $\log. (0,600 - y) = (0,4983 - 1) - 3,3 x$. Demnach ist der Wirkungsfaktor infolge der geringen Lichtintensität auf 3,3 herabgesunken.

Der nächste Versuch wurde wiederum auf dem Gewächshause aufgestellt. Er wurde am 4. September angesetzt und am 28. abgeschlossen. Es war nun von vornherein klar, dass bei d i e s e m Aussenversuch eine Ertragssteigerung durch Zuführung von Kohlensäure eintreten musste; denn die Lichtmessung ergab derartig niedrige Werte, dass der normale Kohlensäuregehalt der Luft zur Erzielung von Höchsterträgen nicht mehr ausreichen konnte. Diese logische Folgerung wurde auch tatsächlich durch das Ernteergebnis in vollem Umfange bestätigt. Das Optimum in der Kohlensäure-Konzentration liegt bei 0,5%. Über die erzielten Erträge gibt die folgende Tabelle nr. 4 und Kurve IV. Aufschluss. Die berechneten Werte stimmen mit den gefundenen gut überein und folgen der Gleichung:

$$\log. (0,445 - y) = (0,3424 - 1) - 5,2 \cdot x.$$

Der fünfte und letzte Versuch wurde im Gewächshause durchgeführt. Er brachte nichts wesentlich Neues, sondern bestätigte nur das Ergebnis der vorigen Versuche. Er wurde am 14. September angesetzt und am 12. Oktober geerntet. Der Unterschied zwischen den Pflänzchen der einzelnen Versuchsreihen trat wieder sehr deutlich hervor. Die angewandten Kohlensäure-Konzentrationen und die hierdurch erzielten Erträge sind aus der folgenden Tabelle nr. 5 und Kurve V ersichtlich. Die gefundenen Werte passen sich den aus nachstehender Gleichung berechneten gut an:

$$\log. (0,500 - y) = (0,3617 - 1) - 1,3 \cdot x.$$

=====

Versuch nr. 1.

Gefäss nr.	% Kohlen- säure.	Druck in mm Hg.	Trockensubstanz der Halme in g.		
			gefunden	berechnet	
1	0,0000	160	0,091)	0,245 ± 0,043	0,280
2			0,195		
3			0,295		
4			0,111)		
5	0,0003	160	0,34	0,293 ± 0,018	0,294
6			0,29		
7			0,32		
8			0,22		
9	0,003	226	0,34	0,410 ± 0,017	0,391
10			0,44		
11			0,44		
12			0,42		
13	0,03	760	0,53	0,510 ± 0,012	0,520
20			0,49		

1) Säureerscheinungen.

Gefäss nr.	% Kohlen- säure.	Druck in mm Hg.	Trockensubstanz der Halme in g.		
			gefunden	berechnet	
14	0,4	226	0,52	0,520 ± 0,012	0,520
15			0,55		
16			0,49		
17	0,8	210	0,49	(0,450 ± 0,016)	0,520
18			0,45		
19			0,41		
21	1,0	178	0,55	0,558 ± 0,018	0,520
22			0,49		
23			0,59		
24			0,60		

Versuch nr. 2.

1	0,0000	160	0,29	0,270 ± 0,012	0,000
2			0,22		
3			0,27		
4			0,30		
5	0,0075	302	0,17	0,210 ± 0,012	0,237
6			0,20		
7			0,25		
8			0,22		
9	0,015	456	0,39	0,353 ± 0,015	0,353
10			0,32		
11			0,35 ¹⁾		
12			0,20		
13	0,03	760	0,49	0,453 ± 0,011	0,438
14			0,42		
15			0,46		
16			0,44		
17	0,1	180	0,40	0,420 ± 0,024	0,465
18			0,38 ¹⁾		
19			0,25 ¹⁾		
20			0,48		
21	1,0	180	0,45	0,393 ± 0,016	0,465
22			0,40		
23			0,37		
24			0,35		

Versuch nr. 3.

1	0,0000	160	0,25	0,285 ± 0,010	0,285
2			0,28		
3			0,31		
4			0,30		

1) Säurewirkung.

Gefäss nr.	% Kohlen- säure.	Druck in mm Hg.	Trockensubstanz der Halme in g.	
			gefunden	berechnet
5 6 7 8	0,015	456	0,35 0,28 0,32 0,33	0,320 ± 0,010 0,319
9 10 11 12	0,03	760	0,30 0,33 0,32 0,35	0,325 ± 0,007 0,349
13 14 15 16	0,3	222	0,53 0,63 0,55 0,57	0,570 ± 0,015 0,349
17 18 19 20	1,0	310	0,58 0,69 0,66 0,57	0,625 ± 0,024 0,600
21 22 23 24	5,0	340	0,59 0,63 0,55 0,59	0,59P ± 0,010 0,600

Versuch nr. 4.

1 2 3 4	0,0038	226	0,22 0,24 0,20 0,25	0,228 ± 0,009 0,235
5 6 7 8	0,0075	302	0,24 0,22 0,25 0,26	0,243 ± 0,006 0,243
9 10 11 12	0,015	456	0,26 0,25 0,28 0,27	0,265 ± 0,005 0,261
13 14 15 16	0,03	760	0,34 0,29 0,31 0,27	0,303 ± 0,011 0,291
17 18 19 20	0,1	180	0,33 0,30 0,35 0,38	0,340 ± 0,012 0,379

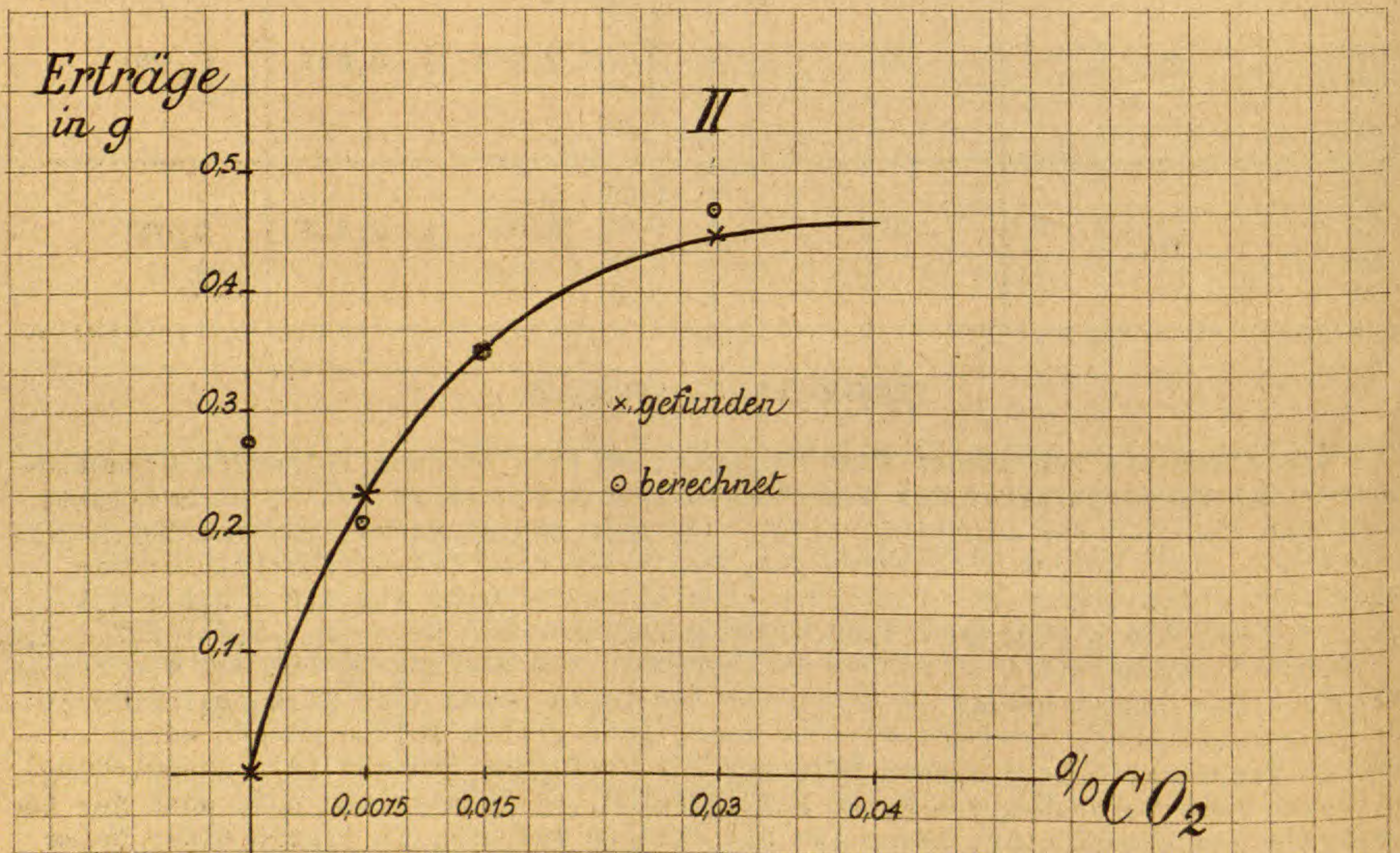
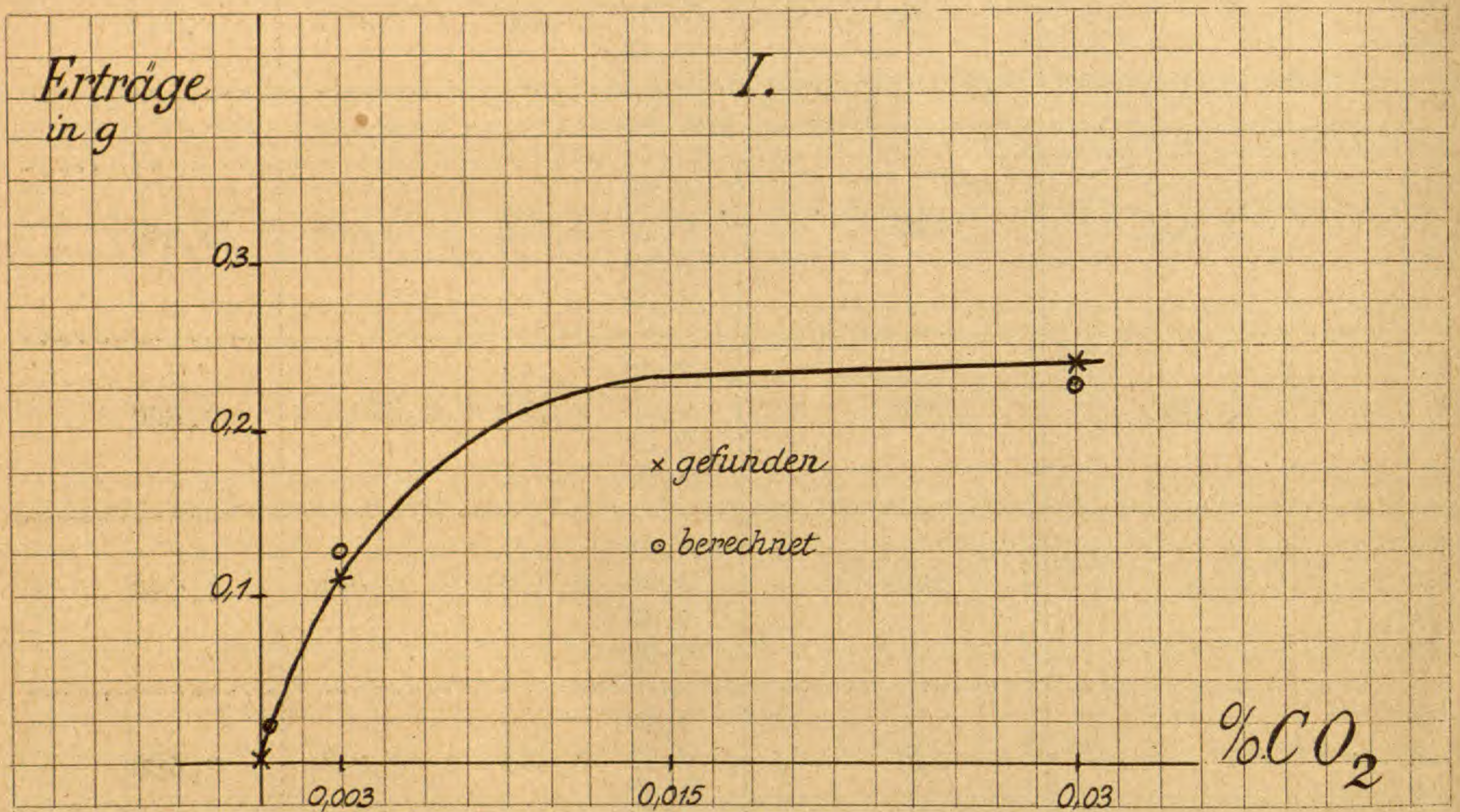
Gefäß nr.	% Kohlen- säure.	Druck in mm Hg.	Trockensubstanz der Halme in g.	
			gefunden	berechnet
21	0,5	270	0,44	0,445
22			0,44	
23			0,43	
----- Versuch nr. 5. -----				
1	0,000	160	0,28	0,270
2			0,25	
3			0,26	
4			0,29	
5	0,03	760	0,30	0,290
6			0,27	
7			0,29	
8			0,29	
9	0,5	270	0,46	0,448
10			0,40	
11			0,49	
12			0,49	
13	1,0	310	0,45	0,488
14			0,53	
15			0,47	
16			0,51	
17	2,0	310	0,53	0,500
18			0,50	
19			0,44	
20			0,46	
21	5,0	310	0,52	0,500
22			0,47	
23			0,54	
24			0,48	

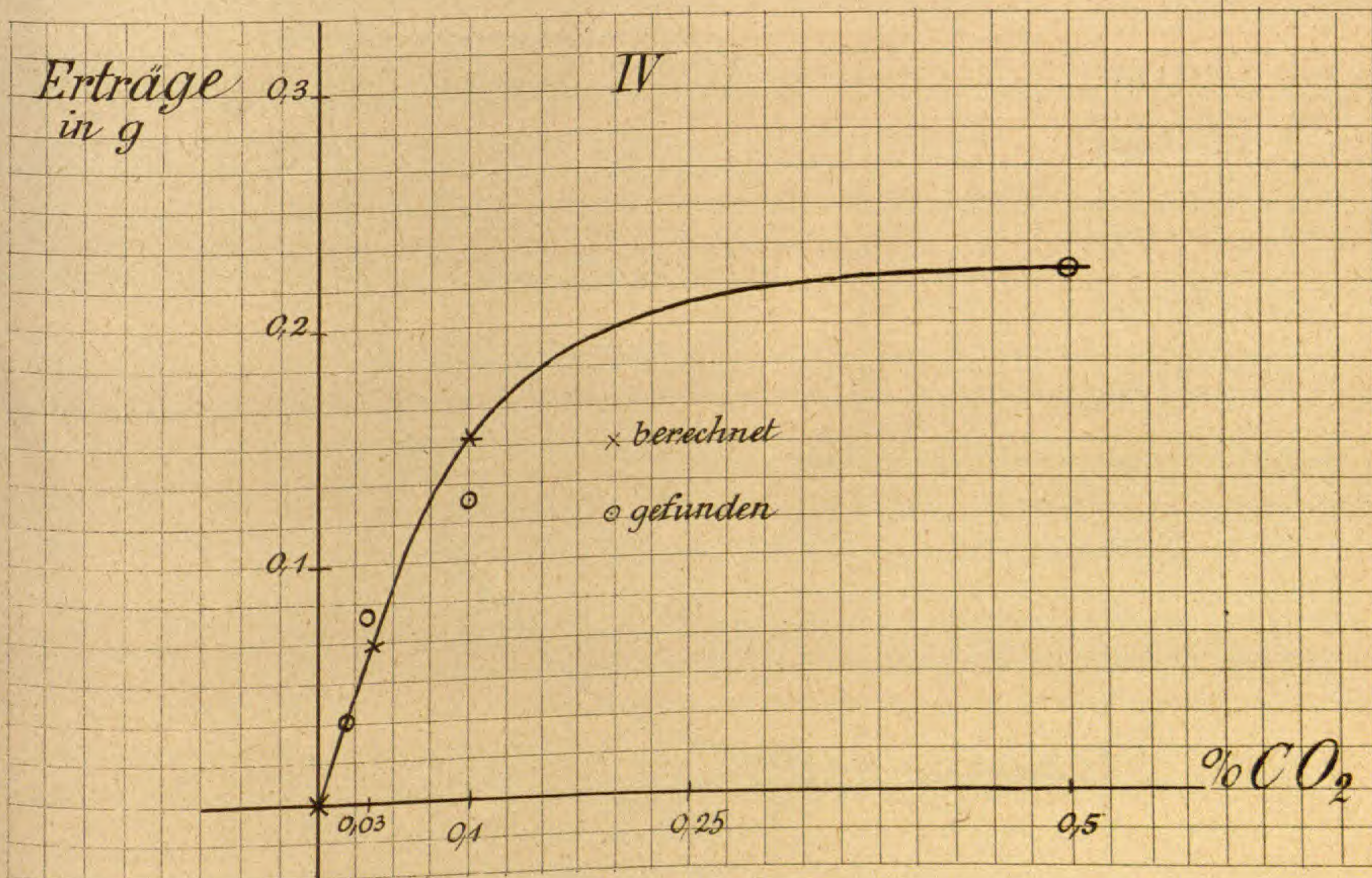
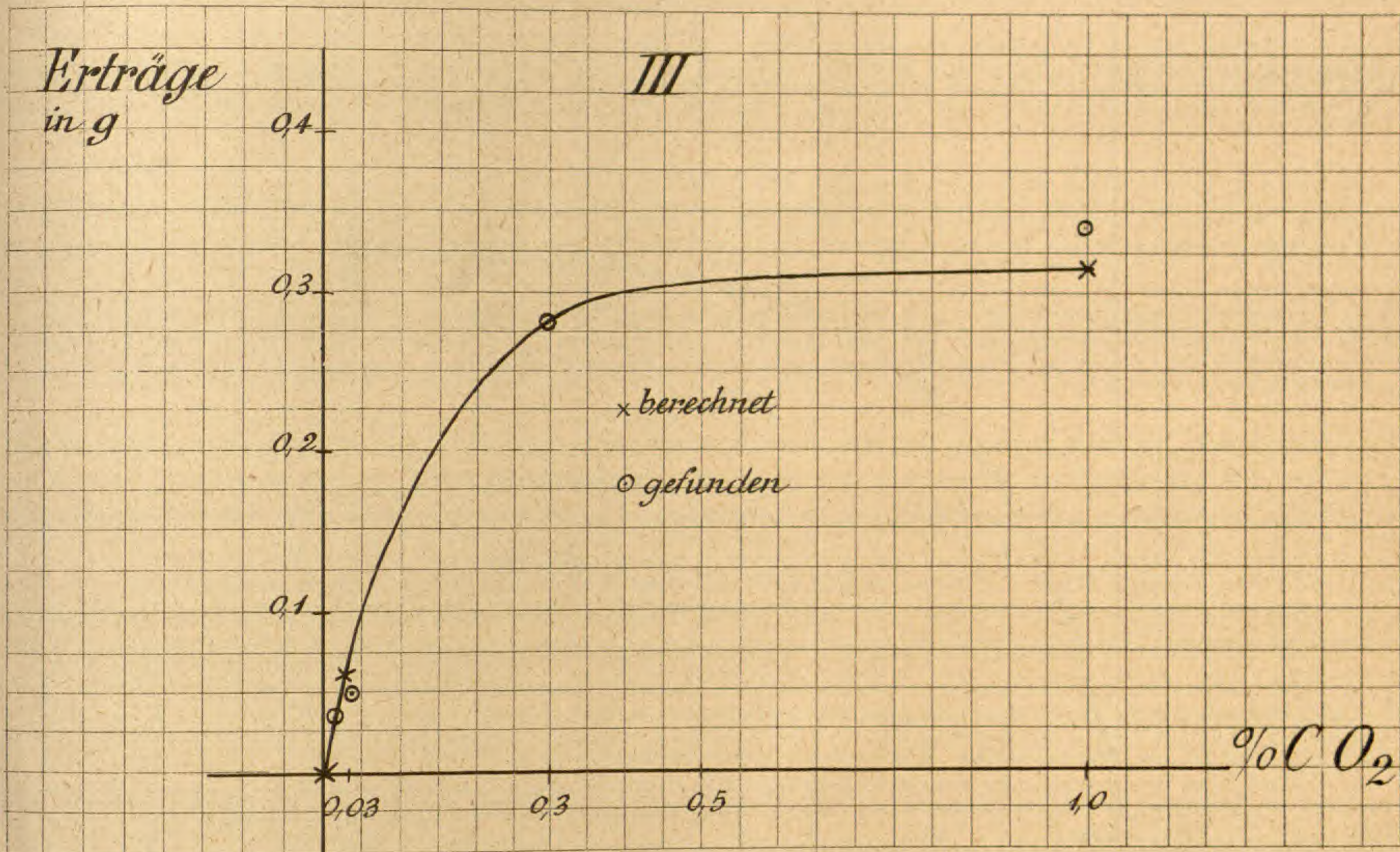
VERWERTUNG DER VERSUCHE.

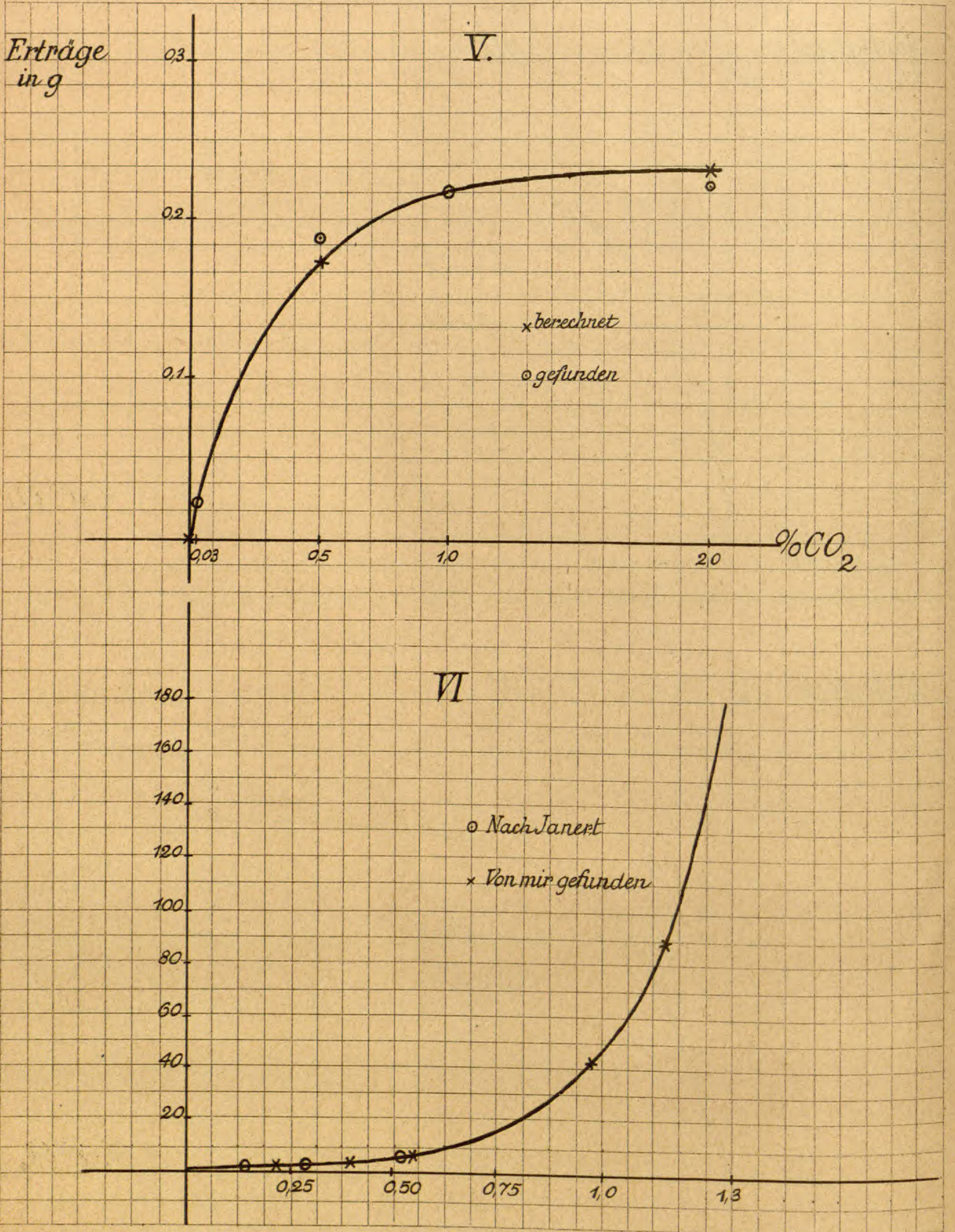
Überblicken wir nun unsere fünf Versuche, so erhalten wir folgendes Gesamtergebnis: Der Wirkungsfaktor des Wachstumsfaktors Kohlensäure ist nicht konstant; er ändert sich mit der Lichtintensität, und zwar steigt er mit zunehmender Lichtintensität. Nach meinen Lichtmessungen verhielten sich die durchschnittlichen Tageslicht-Intensitäten der einzelnen Vegetationsversuche wie 4,6 : 3,9 : 2,1 : 1,7 : 0,9 und die hierzu gehörigen Wirkungsfaktoren wie 90 : 41 : 5,2 : 3,3 : 1,3.

Diese Tatsache steht scheinbar im Gegensatz zum Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren. Das Gesetz besagt in einem zweiten Teile, dass "der Wirkungsfaktor eines Wachstumsfaktors konstant bleiben muss, ganz gleich welche Mengen eines zweiten Wachstumsfaktors unsern Pflanzen zur Verfügung stehen" (4). Abweichungen traten nach Versuchen von E. A. MITSCHERLICH (5) jedoch dann auf, wenn der betreffende Wachstumsfaktor, bevor ihn die Pflanze aufnahm, in irgend einer Weise eine physikalische oder chemische Veränderung erfuhr. So bewirkte eine Beidüngung von kohlensaurem Kalk zu Tri- und Dicalciumphosphat eine Verringerung des

GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER GLEICHUNGEN.
(Es sind nur Differenzerträge eingezeichnet.)







Wirkungsfaktors der Phosphorsäure, da sie in grösserem Umfange als bei ausbleibender Kalkdüngung im Boden festgelegt wurde. Umgekehrt erhöhte nach den Versuchen von PFEIFFER (6), die von E. A. MITSCHERLICH weiter verarbeitet wurden, eine Beidüngung von Kochsalz zu leicht löslichen Kalisalzen den Wirkungsfaktor des Kalis, da das Natrium eine weitere Bindung des Kalis durch andere Salze verhinderte und es so für die Pflanze aufnahmefähiger machte. Auch der Wirkungsfaktor des Wassers ist nicht konstant; er ändert sich mit dem Gehalt an Nährstoffen, die im Wasser gelöst sind. Ferner tritt eine Steigerung des Wirkungsfaktors dieses Wachstumsfaktors ein, wenn den Pflanzen das Wasser in den obersten Erdschichten dargeboten wird. Die Pflanze spart hierbei Energie, da sie nicht gezwungen ist, ihre Wurzeln in tiefere Bodenschichten hinabzuschicken.

Ähnliche Verhältnisse müssen wir uns nun auch bei den beiden miteinander in Korrelation stehenden Wachstumsfaktoren, Licht und Kohlensäure, vorstellen. Bevor die Pflanze die Kohlensäure zur Bildung von organischer Substanz verbraucht wird dieser Wachstumsfaktor gewissermassen vom Licht hierzu präpariert. Bei gleichem Kohlensäuregehalt der Atmosphäre ist die Assimilationsgeschwindigkeit bei hoher Lichtintensität grösser als bei niedriger. Im ersteren Falle wird der Pflanzenzelle in der Zeiteinheit mehr Kohlensäure zuströmen. Der absoluten Kohlensäuremenge kommt also bei grösserer Lichtintensität ein grösserer Wirkungswert zu, der sich eben in dem Steigen des Wirkungsfaktors äussern muss. Die Abhängigkeit des Wirkungsfaktors der Kohlensäure von der Lichtintensität ist nun keine willkürliche, sondern folgt ebenfalls einem logarithmischen Gesetze. Die graphische Darstellung der Funktion finden wir in Kurve VI, Seite 398; auf der Abscissenaxe sind die Lichtintensitäten, auf der Ordinatenaxe die Wirkungsfaktoren aufgetragen. Bei den Lichtintensitäten hat noch eine Umrechnung stattgefunden, indem die mittlere Tageslichtintensität einer Vegetationsperiode aufgrund LAMBERG'scher Messungen gleich 1 gesetzt worden ist. Die von JANERT gefundenen Wirkungsfaktoren sind auch in die Kurve aufgenommen; doch mussten die Lichtintensitäten für die einzelnen Versuche, da sie, wie ich klargelegt habe, Unrichtigkeiten aufwiesen, nach folgender Tabelle verbessert werden:

Mittlere Tageslichtintensitäten	Nach Lamberg	Um 20 % verringert.	10% Verdunkelungsabzug durch d. Vegetationsgläser	50% Gewächshaus-Abzug.	Mittel d. ganzen Veg.-Periode = 1 gesetzt
Der ganzen Vegetationsperiode	5,0	4,0	-	-	1
Des 2. Versuchs	5,6	4,48	4,03	2,02	0,51
" 4. "	3,2	2,56	2,30	1,15	0,29
" 5. "	1,5	1,2	1,08	0,54	0,14

Als höchste Lichtintensität eines Versuches ist gemäss dem Kurvenverlauf 5,2 bzw. bezogen auf das Mittel der ganzen Vegetationsperiode 1,3 anzusetzen. Danach beträgt der maximale Wirkungsfaktor 180. Als allgemeines Gesetz für die Abhängigkeit des Wirkungsfaktors der Kohlensäure von der Lichtintensität erhielt ich die Gleichung: $\log w = 2i - 0,3447$, welche die betreffenden Maxima in folgender Weise in der Konstanten enthält: $\log w = \log 180 - 2 \cdot (1,3 - i)$. - Über die Bestimmung der Lichtintensitäten i und der Wirkungsfaktoren w vergleiche die Tabelle auf Seite 400.

Die von JANERT gefundenen Werte zeigen in der Tabelle Abweichungen, doch hält es nicht schwer, die JANERT'schen Gleichungen mit den von mir berechneten Wirkungsfaktoren umzurechnen. Die neuen Werte liegen dann vollkommen innerhalb der wahrscheinlichen Fehler, sodass tatsächlich keine Unstimmigkeiten bestehen.

Nach der Tabelle ergibt sich für die Lichtintensität 1, d.h. für die mittlere Tageslichtintensität einer Vegetationsperiode in Königsberg der Wirkungsfaktor

Es entspricht einer Lichtintensität i		ein Wirkungsfaktor w		
	absolut.	Mittlere Tageslichtintensität d. Vegetationsperiode = 1 gesetzt	gefunden	berechnet
	4,6	1,15	90,0	90,2
	3,92	0,98	41,2	41,2
	2,12	0,53	5,2	5,2
n. JANERT	2,02	0,51	6,0	4,7
	1,73	0,43	3,3	3,3
n. JANERT	1,15	0,29	2,0	1,7
	0,92	0,23	1,3	1,3
n. JANERT	0,54	0,14	0,6	0,86

45,2. Setzen wir ihn in die Gleichung $\log(100 - y) = 2 \cdot 0000 - c \cdot x$ ein, so erhalten wir für $x = 0,03$ $y = 95,6$. Demnach werden in Königsberg bei einem Kohlensäuregehalt der Luft von 0,03% im Freien 95,6% des durch Kohlensäurezufuhr erzielbaren Höchstertages geerntet, mit andern Worten: Der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre reicht bei normalen Lichtverhältnissen für die Lieferung von Maximalerträgen aus; denn die geringe Differenz liegt innerhalb des wahrscheinlichen Fehlers der Beobachtungen.

Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn die Pflanzen nicht das volle Tageslicht zur Verfügung gestellt bekommen. Unter derartigen Bedingungen wird der pflanzliche Organismus durch Erhöhung des Kohlensäuregehaltes der umgebenden Luft zu grösseren Leistungen befähigt. In erster Linie wären hier die Gewächshauskulturen zu nennen. Das freie Sonnenlicht wird durch die Glasscheiben und ihre eisernen bzw. hölzernen Fassungen bedeutend geschwächt. Beträgt z.B. die Verdunkelung 50%, so werden nach meiner Gleichung bei normalem Kohlensäuregehalt der Luft (= 0,03%) nur 30% des Höchstertages erzielt. In diesem Falle würde eine Kohlensäure-Düngung grosse Erfolge zu verzeichnen haben. Die Mittel u. Wege zu finden, wie nun die Kohlensäure für Gewächshäuser rationell hergestellt werden könnte, ist eine Aufgabe der Technik, die hier nicht zu erörtern ist.

Jedoch können wir das Problem der Kohlensäuredüngung als gelöst betrachten. Die Anschauung von BORNEMANN (8), auf die ich im folgenden einzugehen gedenke, ist völlig haltlos. Für die breite Landwirtschaft hat die "Kohlensäuretheorie" keinerlei Bedeutung. Der Landwirt kann auf dem einmal beschrittenen Wege weitergehen und seinen Acker bestellen, wie es die praktische Erfahrung lehrte, bzw. die Wissenschaft von anderen Gesichtspunkten aus für erforderlich hält.

BESPRECHUNG DER NEUEREN LITERATUR.

Habe ich bisher in der Hauptsache meine eigenen Versuche geschildert und sie weiter verarbeitet, so trete ich jetzt in die Besprechung der neueren Literatur ein.

Der eigentliche Begründer der "Kohlensäuretheorie" ist BORNEMANN (8). Auf Grund seiner Versuche kommt er zu dem Ergebnis, dass durch Erhöhung des Kohlensäuregehaltes der Luft die Erträge unserer landwirtschaftlichen Kulturpflanzen bedeutend gesteigert werden können. Er stellt neue Regeln für die Ackerbestellung auf, nach denen der Stalldünger als Kohlensäurequelle dienen soll. Leider vergisst BORNEMANN (9), dass er es bei seinen Versuchen mit anomalen Lichtverhältnissen zutun hat. Wenn auf dem ausgewählten Platze zum Schutze der Kulturen eine leichte Eisenkonstruktion aufgestellt und diese mit engmaschigem Drahtgeflecht überzogen wird, so ist es klar, dass den Pflanzen nur ein Bruchteil des ungeschwächten Tageslichtes zur Verfügung stand. Die Ertragssteigerung durch Kohlen-

säure-Zufuhr ist damit leicht erklärlich und stellt nur eine Bestätigung unserer Versuchsergebnisse dar. Was die Ackerbestellung nach BORNEMANN'schen Grundsätzen anbetrifft, so ist hier zu sagen, dass nicht allein der Wachstumsfaktor Kohlensäure variiert wird, sondern es werden ganz andere Wasserverhältnisse geschaffen, da der nicht untergepflügte Dünger die Verdunstung bedeutend herabsetzt. Auch die physikalische Beschaffenheit des Bodens erleidet eine grosse Veränderung, insofern der Boden nicht durch Regen zusammengeschlänmt wird, sondern unter dieser Schutzschicht lockerer und damit wasserhaltiger bleibt! Bei einer derartigen Versuchsanordnung ist es daher sehr schwer, eindeutig festzustellen, auf welchen Wachstumsfaktor die Ertragsunterschiede zurückzuführen sind.

LEMMERMANN (10) erkennt diese Schwierigkeiten und versucht den Wachstumsfaktor Kohlensäure möglichst zu isolieren. Er führt genaue Topf- und Feldversuche durch und findet, dass bei Volldüngung mit künstlichen Düngemitteln weder die Beigabe von Stalldünger noch die von Gründünger die Ernten erhöhen, auch dann nicht, wenn der Stalldünger als Kopfdünger gegeben wurde. Die Kohlensäurewirkung konnte nicht eintreten, da den Pflanzen ungeschwächtes Tageslicht zur Verfügung stand.

Eine weitere Bestätigung unserer Resultate bringen die Versuche von GERLACH (11). Einige seiner Versuchsergebnisse will ich hier anführen:

Erträge in % der Versuche

Versuchspflanze	im Glaskasten		im Freien
	ohne CO ₂ -Zufuhr	mit CO ₂ -Zufuhr	
Hafer	100	115	108
Weisser Senf	100	118	111
Tagetes	100	131	119
Phlox	100	147	141
Blaue Lupinen	100	114	135
Buschbohnen	100	106	160
Mais	100	107	133

Wir sehen aus dieser Tabelle, dass die Kohlensäure-Zufuhr gegenüber den Normalgefässen in den Glaskästen ertragssteigernd gewirkt hat; jedoch weien die Gefässe im Freien ungefähr dieselben Mehrerträge auf. Diese Tatsache sagt uns, dass der Lichtentzug das Wachstum der Pflanzen schädigend beeinflusst hat. Die Zelle wurde nicht zur höchsten Assimilationstätigkeit angeregt, sodass das Diffusionsgefälle nicht das Optimum erreichte. Kohlensäurezufuhr und ungeschwächtes Tageslicht beseitigen in gleicher Weise diesen Übelstand. Demnach scheinen Kohlensäure und Licht bis zu einem gewissen Grad sich ersetzen zu können. Nähere Angaben hierüber habe ich bereits am Anfange meiner Ausführungen gemacht. Wir haben es offenbar mit denselben Verhältnissen zutun, wie sie LAMBERG bei Wärme und Licht beobachtet hat. Bei den Versuchen GERLACH's mit blauen Lupinen, Mais und Buchbohnen deuten die grossen Ertragsdifferenzen darauf hin, dass das Optimum in der Kohlensäure-Konzentration noch nicht erreicht ist.

HARDEN (12), der das Problem der Kohlensäure-Assimilation mehr vom botanischen Standpunkte aus erforschte, teilt uns als Ergebnis seiner Untersuchungen mit, dass "sowohl eine Erhöhung der Lichtintensität wie eine solche der Kohlensäure-Konzentration einen Anstieg der Assimilationsgeschwindigkeit bedingt". Beim ersten Blick scheint dieses Resultat mit dem unsrigen völlig übereinzustimmen. Dringen wir aber tiefer in die HARDEN'sche Arbeit ein, und wenden wir auf seine Resultate das Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren an, so erhalten wir ein ganz anderes Bild. Nach HARDEN fällt der Wirkungsfaktor der Kohlensäure mit steigender Lichtintensität, und hohe Kohlensäure-Konzentrationen geben bei hohen

Lichtintensitäten die grössten Assimilationsgeschwindigkeiten, mit andern Worten: gerade das Gegenteil unserer Resultate. Die Gründe hierfür liegen in seiner Versuchsanordnung, die sich m. E. zu weit von den natürlichen Wachstumsbedingungen unserer Pflanzen entfernt hat. Er benützt als Lichtquelle elektrisches Licht, dessen Lichtstrahlen eine andere Wellenlänge als die des Sonnenlichtes besitzen, also auch eine ganz andere physiologische Wirkung auf die Pflanze ausüben dürften. Ein weiterer Nachteil der HARDENschen Versuche liegt darin, dass sie sich nur über eine *s e h r* kurze Zeitspanne erstrecken. Es ist sehr leicht möglich, und ich nehme es mit Bestimmtheit an, dass bei hohen Kohlensäure-Konzentrationen und hohen Licht-Intensitäten im Laufe längerer Beobachtungsdauer Vergiftungserscheinungen aufgetreten wären, die aber bei einer Versuchsdauer von 20 Minuten nicht gefasst werden können. Schon JANERT fand, dass mit steigender photosynthetischer Leistung auch eine steigende giftige Wirkung ausgeübt wird. Zum mindesten hätten die Versuche, die HARDEN miteinander vergleicht, über die gleiche Zeitspanne ausgedehnt werden müssen. Wenn er bei niedrigen Konzentrationen 120 Minuten, bei hohen dagegen nur 20 Minuten beobachtet, so sehe ich hierin einen Versuchsfehler. Dieser Einwand wird auch nicht durch die Beobachtungen, bei denen allein der Zeitfaktor variiert, widerlegt; denn die angewandten Variationen sind viel zu gering. Meines Ermessens wird die Assimilations-Geschwindigkeit bei ausgehungertem Material, mit dem wir es hier zutun haben, in der ersten Zeit bis zu einem gewissen Höchstwert ansteigen und ihn bei normalen Verhältnissen beibehalten. Bei hohen Konzentrationen werden allmählig Vergiftungserscheinungen auftreten, die schliesslich das Objekt zum Absterben bringen. Die HARDENschen Versuche tragen wohl dazu bei, das Problem der Kohlensäure-Assimilation zu erhellen, doch ist eine Übertragung seiner Resultate auf unsere Kulturpflanzen unmöglich.

Meine Ergebnisse werden auch durch einen Versuch von BENEKE (13) bestätigt. Er stellt mit Hilfe der Blasen-zählmethode fest, dass eine hohe Kohlensäurekonzentration bei schwachem Licht eine bedeutend grössere Assimilationsgeschwindigkeit als bei hoher Lichtintensität bewirkt.

Als letzte grössere Arbeit auf dem Gebiete der Kohlensäuredüngung ist FISCHERs (14) "Pflanzenbau und Kohlensäure" zu erwähnen. Neben zahlreichen eigenen Versuchen bringt FISCHER eine Zusammenstellung der Versuchsergebnisse vieler anderer Forscher. Ebenso wie BORNEMANN stellt er die Theorie auf, dass durch Erhöhung des Kohlensäure-Gehaltes der Atmosphaere die Erträge unserer landwirtschaftlichen Kulturpflanzen bedeutend gesteigert werden können. Die einzigen Versuche, die imstande wären, diese Hypothese zu beweisen, sind die Freilandversuche von RIEDEL (15). Letzterer verwendet Kohlensäure, die durch Reinigen der Hochofen-Abgase hergestellt wurde. Jedoch sind die Ertragsunterschiede wohl lediglich auf die Bodenverschiedenheiten des Versuchsfeldes zurückzuführen. Selbst FISCHER teilt mit, dass das Freiland für streng vergleichende Versuche sehr wenig geeignet ist. Seine eigenen Versuche sind in Gewächshäusern durchgeführt worden und bestätigen hier nur unsere Beobachtungen.

ZUSAMMENFASSUNG.

Zum Schluss seien die Ergebnisse meiner Untersuchungen noch einmal zusammengefasst:

1. Der Wirkungsfaktor des Wachstumsfaktors Kohlensäure ist nicht konstant; er steigt mit steigender Lichtintensität.
2. Daher müssen bei Kohlensäure-Vegetationsversuchen stets genaue Lichtmessungen gemacht werden.
3. Der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre reicht in unserm Klima bei normalen Lichtverhältnissen zur Erzielung von Höchsternten aus. Unsere Kulturpflanzen haben sich also auch hinsichtlich des Kohlensäure-Gehaltes der Luft "akklimatisiert".

LITERATUR-VERWEISE.

- (1) FISCHER in FFÜHLINGs Landw. Ztg: 1916, p. 234. - (2) JANERT in MEZ, Archiv I (1922) p. 166 - 176, 201 - 209. - (3) LAMBERG in MEZ, Archiv II (1922) p. 214 - 217. - (4) E. A. MITSCHERLICH, Bodenkunde, Berlin 1920, p. 4. - (5) MITSCHERLICH, l.c. p. 223 - 224. - (6) PFEIFFER, Mitteil. d. Landw. Inst. d. Univ. Breslau III (1905) p. 575. - (7) MITSCHERLICH, l.c. p. 210 - 211. - (8) BORNEMANN, Kohlensäure und Pflanzenwachstum, Berlin 1920. - (9) BORNEMANN in Mitt. Deutsch. Landw.-Ges. 1920. - (10) LEMMERMANN in Mitt. Deutsch. Landw.-Ges. 1920, p. 693 - 695. - (11) GERLACH in Mitt. Deutsch. Landw.-Ges. 1919, p. 79 und 1920, p. 371. - (12) HARDEN, Kritische Versuche zu BLACKMANNs Theorie der "begrenzten Faktoren" bei der Kohlensäure-Assimilation, 1921. - (13) BENEKE, Beiträge zur Kohlensäure-assimilation, 1921. - (14) FISCHER, Pflanzenbau und Kohlensäure. Stuttgart 1921. - (15) RIEDEL in FISCHERs Pflanzenbau und Kohlensäure, p. 49 - 50.

Limonitbildende Algen der Neide-Flachmoore.

Von Fr. STEINECKE (Königsberg Pr.).

Als Gegenstück zu seinen Untersuchungen der Algenvegetation Ostpreussischer Hochmoore begann Verfasser im Sommer 1921 eine algologische Bearbeitung des in Masuren gelegenen grossen Neide-Flachmoors. Die Untersuchungen, die eine formationsbiologische Gliederung des Geländes nach dem Mikrophytenbestand erstrebten, konnten nicht abgeschlossen werden, doch zeigten sie u.a. eine gewisse Bedeutung der Algen bei der Bildung des Raseneisenerzes.

Das Neide-Flachmoor bei Neidenburg an der Südgrenze Ostpreussens ist geomorphologisch ein Flusstalmoor und erstreckt sich etwa 40 km lang und 1 bis 2 km breit zu beiden Seiten der Neide und ihrer Nebenbäche. Unter dem schwarzen Flachmoortorf liegt Sand, der Torf selbst ist mit stellenweise starken Lagern von Raseneisenerz = Limonit (Leimon griech. = Sumpfwiese) durchsetzt, das bis zu den 70-er Jahren des vorigen Jahrhunderts im benachbarten Kreise Johannisburg aus ähnlichen Mooregebieten hüttentechnisch verarbeitet wurde.

Untersucht wurden in erster Linie die Teile des Moors, die sich südwestlich vom Stadtwalde Neidenburg hin erstreckten. Aus diesen Flachmoorwiesen nimmt das Sallusker Fliess, ein Nebenbach der Neide, seinen Ursprung. Durch Gräben und in den letzten Jahren intensiv betriebenes Forfstechen ist das Gebiet trockener geworden; die Mehrzahl der Algen vegetiert demgemäss in den Torfstichen und Gräben.

CHARAKTERISTIK DER ALGENFLORA IN DEN STICHEN UND GRÄBEN.

In dem braunen Wasser der frisch gestochenen Stiche fehlen naturgemäss höhere Pflanzen; auch die Algenvegetation ist noch dürftig. Regelmässig findet sich *Trachelomonas volvocina* neben *Cryptomonas ovata*, ab und zu eine Wasserblüte von *Chlamydomonas pluvialis*. Dazwischen wenig Diatomeen (*Nitzschia palea*, *Gomphonema parvulum* u.a.) und *Mesotaenium chlamydosporum*.

In zwei- bis dreijährigen Torfstichen haben sich bereits höhere Pflanzen angesiedelt, und zwar findet sich meist in einem Stich eine Art dominiierend. Es gewährt einen eigenartigen Anblick, den einen Stich erfüllt zu sehen von *Elodea canadensis*, einen zweiten daneben von *Utricularia vulgaris*, einen dritten nur von *Ceratophyllum*, einen vierten von *Hypnum fluitans*, einen fünften voll von *Chara*. Schnelle und reichliche Vermehrung in dem nährstoffreichen Substrat lassen den ersten Ansiedler den ganzen Stich für sich inanspruch nehmen. Ähnlich schnell besiedeln Fadenalgen einen Torfstich, der dann Watten von *Spirogyra*, *Mougeotia* oder *Cladophora* fast in Reinkultur beherbergt. Die mikroskopische Algenflora ist reichhaltiger: *Cryptomonas*, *Euglena*

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: 1923

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Spirgatis Paul

Artikel/Article: [Untersuchungen über den Wachstumsfaktor Kohlensäure. 381-403](#)