

Über die Substanzquotienten von *Cannabis sativa* und *Cannabis gigantea*.

Von

Dr. phil. Hugo Hackenberg,
Barmen (Bonn).

Mit vier Abbildungen im Text.

Im vergangenen Jahre (1906) machte Professor Noll in der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde zu Bonn eine Mitteilung über die von ihm Substanzquotient der Pflanze genannte Größe. Es sei gleich vorweggenommen, daß der Substanzquotient erhalten wird, wenn man die Trockensubstanzquantitäten einer Pflanze in gleichen Intervallen bestimmt und jede erhaltene Gewichtsmenge auf die vorhergehende bezieht, indem man sie durch letztere dividiert. Es gibt somit der Trockensubstanzquotient einen Maßstab für die Assimilationsenergie einer Pflanze in verschiedenen Lebensperioden ab, indem er, was bei früheren absoluten Trockensubstanzbestimmungen nicht berücksichtigt wurde, den Assimilationsgewinn auf das vorhandene und das jeweilig erweiterte Betriebskapital bezieht.

Einer Anregung von Professor Noll folgend, entschloß ich mich im Jahre 1906, die Substanzquotienten bei einigen Pflanzenspezies im einzelnen zu ermitteln und sie auf vermutete Gesetzmäßigkeiten hin näher zu untersuchen. Die bis jetzt erschienenen Arbeiten, die den Assimilationsvorgang quantitativ behandeln, weisen fast alle einen wesentlichen Einfluß der äußeren Bedingungen auf die Assimilation nach. Die Abhängigkeit der assimilatorischen Tätigkeit der Pflanzen von äußeren Einflüssen ist von mehreren Forschern näher begründet worden. Die bedeutendsten und exaktesten Arbeiten auf diesem Gebiete hat Kreuzler ausgeführt. Auf eine Anregung des Herrn Ministers der Landwirtschaft hin hat Kreuzler im Chemischen Institute der Königlichen Landwirtschaftlichen Akademie Bonn-Poppelsdorf das absolute Trockengewicht einer Maiskultur in gleichen Zeitintervallen bestimmt. Seine Versuche, die in den Jahren 1875—78 angestellt wurden, hat er in den Landwirtschaftlichen Jahrbüchern unter dem Titel „Beobachtungen

über das Wachstum der Maispflanze“ veröffentlicht. Aus seinen Zahlenergebnissen weist Kreuzler zunächst eine gewisse Abhängigkeit der Trockensubstanzzunahme von äußeren Einflüssen nach, spricht aber am Schlusse seiner Untersuchungen die Vermutung aus, daß die Zunahme der Trockensubstanz wohl von inneren Faktoren stärker als von äußeren Einflüssen abhängig sei. In den Jahren 1885—90 hat Kreuzler die Abhängigkeit der Assimilationsenergie von äußeren Bedingungen, nämlich dem CO₂-Gehalt der Luft, dem Lichte und der Temperatur, näher untersucht und ist zu dem Resultat gekommen, daß Temperatursteigerungen und ebenfalls Erhöhung des CO₂-Gehaltes der Luft innerhalb gewisser Grenzen die Assimilationsenergie beträchtlich steigern. Letztere Untersuchungen an einzelnen Organen unterscheiden sich aber von den früher angestellten dadurch, daß bei ihnen nicht mit ganzen Pflanzen, sondern nur mit einzelnen Blättern oder Sprossen gearbeitet wurde.

Eingehender sind diese Untersuchungen in den letzten Jahren von Blackmann und Matthaei angestellt worden. Über den Einfluß der Temperatur auf die Assimilation hat Gabriele L. C. Matthaei eingehende Untersuchungen angestellt. Sie ist zu folgenden Resultaten gekommen, die ich kurz charakterisieren werde. Die Versuche wurden mit Blättern von Kirschlorbeer angestellt, die in einer Glaskammer untergebracht waren, durch welche sich ein beständiger CO₂-Strom bewegte. Es wurden nun Lichtintensität und Temperatur geändert und die von den Blättern angenommene CO₂-Menge berechnet. Die Verfasserin kam zu folgenden Schlüssen:

1) Jeder Temperatur entspricht ein gewisser Assimilationsbetrag, welcher als „der Maximalwert für diese Temperatur“ bezeichnet wird; dieser kann nicht überschritten werden und wird nicht erreicht, wenn nicht sowohl Licht und CO₂-Gehalt hinreichend vorhanden sind.

2) Diese Maximalbeträge wachsen schnell mit zunehmender Temperatur, und zwar entsteht eine Kurve, welche konvex ist hinsichtlich der Temperatur, welche auf der Abscissenaxe aufgetragen ist und der Kurve gleicht, die die Abhängigkeit von Temperatur und Atmung darstellt.

3) Diese Reihe der Maxima bricht plötzlich ab einige Grade unter der Todestemperatur (d. h. der Temperatur, die vom Blatte nur wenige Stunden ausgehalten werden kann).

4) Bei hoher Temperatur kann ein einzelnes Blatt nur für kurze Zeit die Maximalassimilation aushalten. Je höher die Temperatur ist, um so früher beginnt das Fallen und um so steiler ist die Neigung. Es folgt, daß eine Kurve der Werte der Assimilation bei verschiedenen Temperaturen in der ersten Stunde nicht diejenige ist, die aus den Werten während der zweiten Stunde gebildet wird u. s. w.

5) Die assimilatorische Tätigkeit eines ausgewachsenen Blattes ist nicht immer dieselbe, sondern variiert beträchtlich mit der Jahreszeit.

Ferner wurden weitere Versuche von F. Frost, Blackmann und G. Matthaei angestellt. Sie benutzten die äußeren

Bedingungen, wie sie in der Natur gegeben sind, d. h. sie benutzten z. B. als Licht das Sonnenlicht in den verschiedenen Abstufungen, wie es die Natur zu verschiedenen Zeiten bietet. Die Versuchsanordnung war ungefähr dieselbe. Es wurde eine ähnliche Blattkammer verwandt und gleichfalls die innere Temperatur des Blattes berücksichtigt. Es wurden die Ergebnisse der vorher erwähnten Arbeit bestätigt. Es ist also die Gültigkeit der Schlüsse von G. Matthaei auch für die in der Natur gegebenen Bedingungen nachgewiesen.

Mit den Ergebnissen vorstehender Literaturzusammenstellung, die allerdings in Laboratoriumsversuchen, bei kurzen Beobachtungszeiten und an kleinen abgetrennten Pflanzensegmenten einen großen Einfluß der äußeren Bedingungen auf die Assimilationsenergie nachweisen, stimmt aber die im großen und ganzen gemachte Erfahrung, daß in trüben, feuchten Sommern die Erntemengen nicht ein dementsprechendes Manko zeigen, nicht überein. Die fortlaufenden Bestimmungen des Substanzquotienten sollen nun nicht nur an der ganzen Pflanze während des ganzen Entwicklungsganges die Assimilationsarbeit feststellen, sondern auch in ihrem Fortgange vergleichen mit den theoretisch berechneten Mengen, welche anfänglich in geometrischer, später in arithmetischer Progression zunehmen, und somit den Einfluß der Korrelationen und Regulationen berücksichtigen, die bei Laboratoriumsversuchen völlig ausgeschaltet bleiben.

Es ist meine Aufgabe, die relative Substanzzunahme innerhalb gewisser Zeitabschnitte zu berechnen. Um die tatsächliche Substanzzunahme festzustellen, wurde die Bestimmung des Trockengewichtes der Versuchspflanzen regelmäßig nach sieben Tagen vorgenommen und auf diese Weise die wirkliche Zunahme einwandfrei bestimmt. Zur Bestimmung der Gewichtszunahme verwandte ich zwei Hanfarten, *Cannabis sativa* und *Cannabis gigantea*. Ich ging von der Annahme aus, daß sich zur Erlangung möglichst einwandfreier Resultate bei den Untersuchungen über die Zunahme des Trockengewichtes solche Pflanzen am besten eignen, die innerhalb kurzer Zeit ein möglichst großes Volumen erreichen. Ferner ist es von Wichtigkeit, daß solche Pflanzen den Untersuchungen zugrunde gelegt werden, deren habituelle Unterschiede möglichst gering sind, und die sich nicht viel verzweigen. Da besonders bei *Cannabis gigantea* die Verästelung relativ groß ist, wurden nur solche Pflanzen den Bestimmungen zugrunde gelegt, die den erwähnten Bedingungen am meisten entsprachen. Da die Hanfarten diözisch sind, wurden von dem Zeitpunkte an, wo die Geschlechter sich differentiieren, die männlichen und weiblichen Exemplaren gesondert betrachtet. Die Kulturen wurden auf freiem Felde angelegt und waren dem freien Sonnenlicht unbehindert ausgesetzt.

Um den Einfluß verschiedenartiger Bedingungen auf die quantitative Trockensubstanzzunahme der Versuchspflanzen zu ermitteln, legte ich zunächst zu verschiedenen Zeiten die Pflanzungen an. Ferner verglich ich Pflanzen gleichen Alters, welche ich verschiedenartigen äußeren Einflüssen aussetzte, auch unter extremen

Vegetationsbedingungen, indem ich einen Teil, nachdem die Pflanzen vier Wochen lang unter natürlichen Existenzbedingungen gelebt hatten, beschattete, einen andern Teil unter ungünstigen Ernährungsbedingungen in kleinen Gefäßen wachsen ließ und endlich eine andere Kultur an einer feuchten Mauer an einer Stelle anlegte, die durch Gesträuch verdunkelt wurde. Außer diesen von mir willkürlich gewählten Faktoren wirkte auf die Versuchspflanzen eine Anzahl anderer Bedingungen ein, die durch Lichtintensität, Temperatur, den Feuchtigkeitsgehalt der Luft wie des Bodens bestimmt wurden. Da diese Faktoren andauernd und verschiedenartig sich ändern, ist es nicht möglich, die Wirkung der einzelnen Faktoren zu erkennen und genau zu analysieren.

Die Trockensubstanzbestimmungen fanden vom Tage der Aussaat von Woche zu Woche statt. Sie wurden fortgesetzt bis zu der Zeit, wo Wachstumsstillstand eingetreten war und die männlichen Exemplare im Begriff waren, abzusterben, die Blätter sich von den Stengeln loslösten und die weiblichen Exemplare sich der reifen Samen entledigten.

Zu den Bestimmungen des Gewichtes konnte das Frischgewicht nicht maßgebend sein, da der Wassergehalt der Pflanzen in den verschiedenen Entwicklungsphasen sehr variiert und von den täglichen Witterungsverhältnissen, insbesondere von den Feuchtigkeitsbedingungen abhängt.

Die zu trocknenden Pflanzenteile wurden in einem Trockenofen so lange einer Temperatur von 97—99° ausgesetzt, bis Gewichtskonstanz eingetreten war, die durch wiederholt vorgenommene Wägungen konstatiert wurde. Um eine Oxydation beim Trocknen zu verhindern, wurde folgende Einrichtung getroffen: Die zerkleinerten Pflanzenteile wurden in einen Glaskolben gebracht, der vermittelt eines Gummistöpsels luftdicht verschließbar war, durch welchen durch zwei Öffnungen zwei Glasröhren verschieden tief einragten. Durch das längere Rohr wurde ein Strom von Leuchtgas geführt, der vorher mehrere Chlorcalciumröhren zur Entfernung der Feuchtigkeit passiert hatte. Durch die kleinere Glasröhre trat das Gas wieder aus und wurde in einen Bunsenbrenner geleitet. In den Öfen, in welchen bis zu zehn Glaskolben bis zu vier Liter Inhalt untergebracht werden konnten, wurden die Pflanzenteile, je nachdem sie dem Trocknen wegen ihres Gehaltes an öligen Substanzen mehr oder weniger Schwierigkeiten entgegensetzten, ein bis fünf Tage lang der durch das Sieden des zwischen den Doppelwänden des Ofens eingelagerten Wassers entstehenden Temperatur von ungefähr 99° ausgesetzt.

Um Fehlerquellen nach Möglichkeit zu vermeiden, wurde den einzelnen Bestimmungen eine möglichst große Anzahl von Exemplaren zugrunde gelegt. Mit zunehmender Größe der Pflanze nahm ich weniger Exemplare. Ferner wurde Wert darauf gelegt, daß möglichst Durchschnittsexemplare ausgewählt wurden, indem diejenigen, die mir wegen ihrer auffallenden Kleinheit oder ihrer unregelmäßigen Verästelung als ungeeignet erschienen, zu den Bestimmungen nicht hinzugezogen wurden.

Die erste Aussaat fand Sonnabend den 26. Mai 1906 statt. Da jedoch der Erfolg der Aussaat quantitativ den Erwartungen nicht entsprach und ich befürchtete, zur Bestimmung der letzten Stadien Mangel an Pflanzenmaterial zu haben, entschloß ich mich, diese Pflanzen zu den Bestimmungen der letzten Stadien zu verwenden und machte deshalb am 16. Juni eine neue Aussaat; die Bestimmungen an diesen Pflanzen wurden bis zur vollendeten neunten Woche nach der Keimung vorgenommen. Alsdann wurden die Pflanzen der ersten Aussaat zur Bestimmung der weiteren Stadien verwandt.

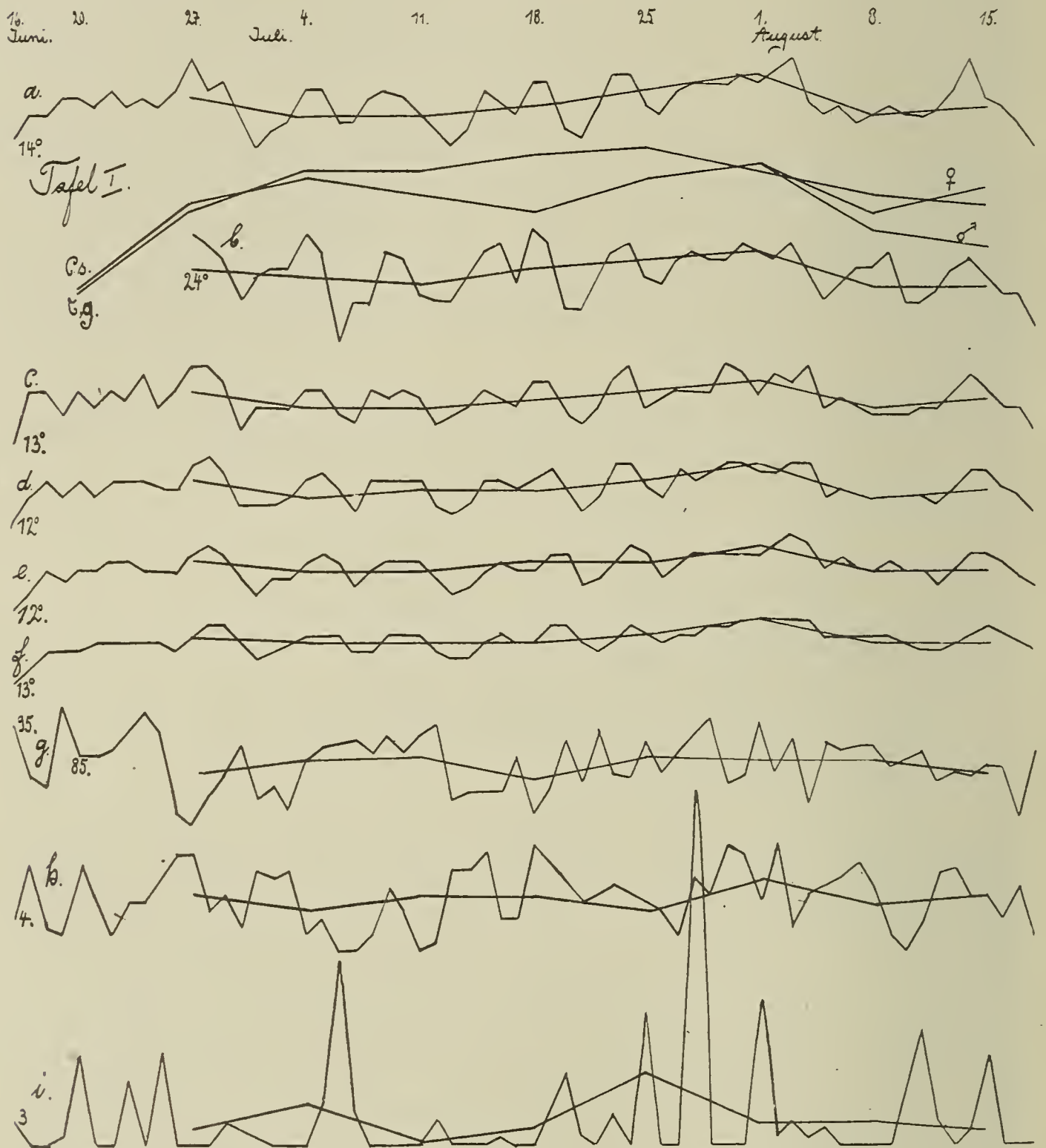
Es werden zunächst die Bestimmungen, die in den Tabellen I und II enthalten sind, und das Wachstum in den ersten neun Wochen charakterisieren, mit den äußeren Einflüssen auf das Wachstum verglichen, und zwar wird die Abhängigkeit der sich ergebenden Wachstumsquotienten, die, wie schon erwähnt, durch Division des bestimmten Trockensubstanzgewichtes einer Woche durch das der vorhergehenden Woche erhalten werden, auf folgende Einflüsse hin untersucht:

- 1) Die tägliche Durchschnittstemperatur der Luft im Schatten (in den Kurven der Tafeln mit *a* bezeichnet).
- 2) Desgl. des Bodens (*b*).
- 3) Desgl. des Bodeninnern und zwar:
 - a) In einer Tiefe von 5 cm (*c*).
 - b) In einer Tiefe von 10 cm (*d*).
 - c) In einer Tiefe von 20 cm (*e*).
 - d) In einer Tiefe von 40 cm (*f*).
- 4) Die relative Luftfeuchtigkeit (*g*).
- 5) Die Intensität des direkten Sonnenlichtes (*h*).
- 6) Die Niederschläge (*i*).

Der größeren Anschaulichkeit wegen sind die Wachstumsquotienten in den Tafeln graphisch dargestellt worden. Ebenso sind die das Wachstum beeinflussenden Faktoren in Kurven veranschaulicht. Es sind nicht nur die täglichen Durchschnittszahlen eingezeichnet, sondern auch die von Woche zu Woche berechneten Durchschnittszahlen, da sich auf diese Weise der Vergleich mit den gleichfalls von Woche zu Woche berechneten Quotienten übersichtlicher gestaltet. Die täglichen Durchschnittszahlen habe ich deshalb nicht unberücksichtigt gelassen, weil dieselben innerhalb derselben Woche zuweilen großen Schwankungen unterworfen sind und offenbar diese täglichen Schwankungen das Wachstum nicht wenig beeinflussen.

In den Tabellen sind neben den Angaben des Trockengewichtes und der Quotienten die Bestimmungen des Frischgewichtes und des Gehaltes an festen Stoffen aufgezeichnet. Es wurde zunächst das Frisch- und Trockengewicht der von den Integumenten sorgfältig befreiten Embryonen festgestellt. Zu dieser Bestimmung wurden hundert Samen verwandt. Alsdann wurden ebensoviel Samen von gleicher Größe und gleichem Gewicht in ein Gefäß mit Sand gepflanzt.

Die Trockengewichtsbestimmung der Keimlinge, die nach einer Woche stattfand, ergab, wie aus den Tabellen I und II zu ersehen ist, für *Cannabis sativa* eine Abnahme von 3,3%, für *Cannabis gigantea* eine Abnahme von 6,7%. Der Substanzverlust ist durch den Umstand zu erklären, daß die junge Pflanze wegen



Taf. I. Erklärung der Kurven auf Seite 49.

Die Quotientenkurven (in der Figur mit *C. s.* und *C. g.* bezeichnet) wurden aus den Tabellen I und II erhalten.

des Fehlens des Chlorophylls von ihrer eigenen Substanz lebt und aus dieser außerdem die zur Atmung notwendige Energie nimmt. Selbst bei den Samen wurde eine durch Atmung veranlaßte Gewichtsverminderung beobachtet, da die Samen Kohlenoxyd und Wasserdampf als Verbrennungsprodukte eines Teiles der Vorräte

Tabelle I.

Cannabis sativa. I.—IX. Woche.

16. Juni bis 18. August 1906.

Datum der Bestimmung	Trocken- gewicht	Frisch- gewicht	Quotient	Prozentsatz
16. VI. 0. Woche	0,0120	0,01319		91
23. VI. 1. „	0,0116	0,091	0,967	13
30. VI. 2. „	0,023	0,152	1,98	15
7. VII. 3. „	0,052	0,361	2,26	15
14. VII. 4. „	0,109	0,617	2,1	18
21. VII. 5. „	0,208	1,13	1,91	19
28. VII. 6. „	0,478	2,97	2,3	16
4. VIII. 7. „	♂ 1,185 ♀	♂ 7,08 ♀	♂ 2,48 ♀	♂ 15 ♀
11. VIII. 8. „	2,03 2,27	11,76 13,87	1,7 1,9	17 16
18. VIII. 9. „	2,96 4,96	17,74 29,89	1,5 2,2	17 17

Tabelle II.

Cannabis gigantea. I.—IX. Woche.

16. Juni bis 18. August 1906.

Datum der Bestimmung	Trocken- gewicht	Frisch- gewicht	Quotient	Prozentsatz
16. VI. 0. Woche	0,01115	0,01198		93
23. VI. 1. „	0,01040	0,062	0,933	17
30. VI. 2. „	0,021	0,155	1,9	14
7. VII. 3. „	0,051	0,367	2,4	15
14. VII. 4. „	0,12	0,72	2,4	16
21. VII. 5. „	0,31	1,84	2,6	17
28. VII. 6. „	0,82	5,52	2,7	16
4. VIII. 7. „	1,98	10,7	2,4	19
11. VIII. 8. „	4,23	25,68	2,1	16
18. VIII. 9. „	8,23	51,27	2,0	16

abgeben. Am Ende der zweiten Woche haben die Pflanzen ihre Substanz bereits verdoppelt.

Es sei hervorgehoben, daß die nach der ersten und zweiten Woche bei *Cannabis gigantea* gefundenen Substanzquotienten hinter den entsprechenden von *Cannabis sativa* zurückbleiben, wie aus den Tabellen zu ersehen ist. Erst nach dieser Zeit überholt *Cannabis gigantea* hinsichtlich des Gehaltes an Trockensubstanz *Cannabis sativa* beträchtlich. Nach der sechsten Woche hat *Cannabis gigantea* fast die doppelte Substanz gebildet im Vergleich zu der andern Art.

Der Verlauf der Quotientenkurve ist bei *Cannabis sativa* bis zur siebenten Woche geringen Schwankungen ausgesetzt, da der Quotient zwischen 1,9 und 2,5 schwankt. Zu Beginn der achten Woche war die Differentiierung der Geschlechter erkennbar. Ähnliche Verhältnisse hinsichtlich der Kurvenschwankungen treten uns bei *Cannabis gigantea* entgegen; hier tritt jedoch die Differentiierung der Geschlechter bedeutend später ein. Die nun folgenden Quotientenbestimmungen, die an den männlichen Exemplaren der beiden Arten gemacht wurden, ergaben ein rapides Fallen derselben. Der Quotient der weiblichen Exemplare nimmt gleichfalls augenscheinlich ab, doch im Vergleich zu den männlichen Exemplaren in bedeutend verlangsamtem Maße. Da bezüglich der Quotientenbestimmungen bei beiden Hanfarten unmittelbar nach der Geschlechtsdifferentiierung dieselben Verhältnisse angetroffen werden, so ist mit Sicherheit anzunehmen, daß mit dem Zeitpunkt der Entwicklung der Geschlechtsorgane die assimilatorische Tätigkeit der Pflanze plötzlich gehemmt wird. Wenn die Pflanze sich zur Blütenbildung anschickt, verwendet sie nicht mehr wie bisher alle Stoffe zum Bau neuer Assimilationsorgane, sondern ein Teil dieser Stoffe wandert in die Blüte und wird so der produktiven Arbeit entzogen.

Bis zu Beginn der Differentiierung der Geschlechter bilden die Trockensubstanzquotienten nach Ablauf gleicher Zeiträume, wie ein Blick in die Tabellen zeigt, ungefähr die Glieder einer geometrischen Progression.

Diese geometrische Reihe bricht nach dem Beginn der Blütenbildung plötzlich ab. Wenn die Pflanze auch jetzt noch alle neu produzierten Stoffe zur Blütenbildung verwenden würde, so müßte sie in gleichen Zeiträumen gleiche Mengen produzieren. Ihre Substanzbildung müßte nunmehr in arithmetischer Progression zunehmen. Dies ist jedoch nicht der Fall, weil ja, wie bemerkt, ein Teil der neu produzierten Substanz in die Blätter wandert. Eine bestimmte Gesetzmäßigkeit ist nach Eintritt der Blütenbildung nicht mehr festzustellen.

Bei den letzten Bestimmungen des Wachstumsquotienten der männlichen Exemplare erwies sich dieser gleich 0,94 bzw. 0,92. Wenngleich eine tatsächliche Substanzabnahme in der letzten Woche anzunehmen ist, ist es bei den vorliegenden Versuchen nicht ausgeschlossen, daß der relativ große Gewichtsverlust durch Substanz-

Tabelle III.

Cannabis sativa ♂. IX.—XIV. Woche.

28. Juli bis 1. September.

Datum der Bestimmung	Trocken- gewicht	Frisch- gewicht	Quotient	Prozent- satz	Bemerkungen
28. VII. 9. Woche	6,7	40,7		16	D. L. 0,95 m.
4. VIII. 10. "	8,5	54,5	1,27	16	
11. VIII. 11. "	9,9	52,3	1,16	19	
18. VIII. 12. "	10,7	48,4	1,08	22	Beginn d. Vergilbung
25. VIII. 13. "	12	38,3	1,12	31	
1. IX. 14. "	11,3	29,7	0,94	38	D. L. 1,44 m. D. D. 9,3 mm.

Tabelle IV.

Cannabis sativa ♂. IX.—XVII. Woche.

28. Juli bis 22. September.

Datum der Bestimmung	Trocken- gewicht	Frisch- gewicht	Quotient	Prozent- satz	Bemerkungen
28. VII. 9. Woche	11,5	67		17	D. L. 1 m.
4. VIII. 10. "	18,6	97	1,6	19	
11. VIII. 11. "	31,7	128	1,7	25	
18. VIII. 12. "	44,4	169	1,4	26	
25. VIII. 13. "	59,3	263	1,3	22	Beginn d. Vergilbung
1. IX. 14. "	70,6	283	1,2	25	
8. IX. 15. "	80,2	252	1,2	31	
15. IX. 16. "	112,9	323	1,4	34	
22. IX. 17. "	138,7	344	1,2	40	D. L. 1,65 m. D. D. 16 mm. Etwa 10000 Samen entwickelt.

Anmerkung zu den Tabellen:

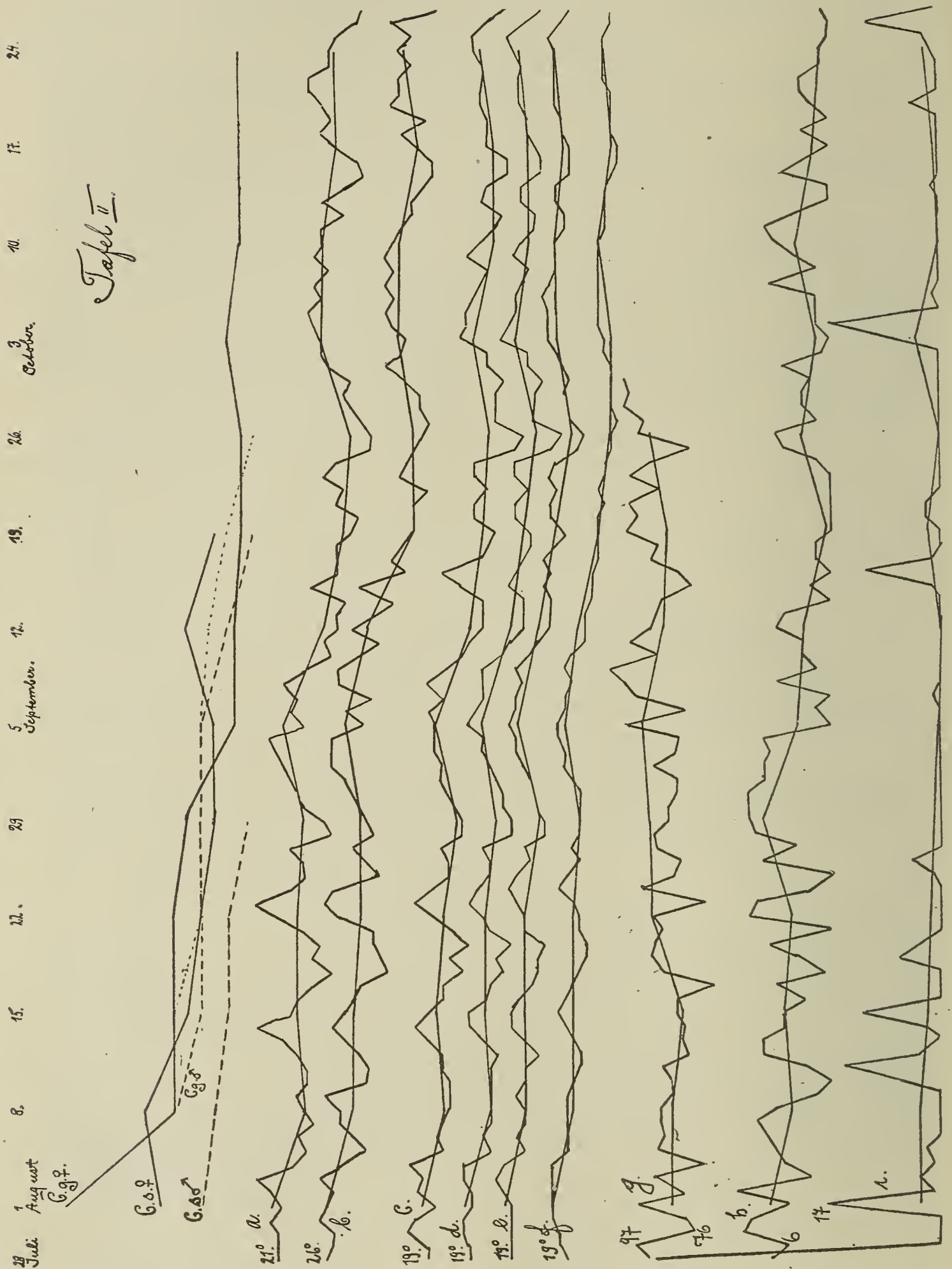
D. L. = Länge der Durchschnittsexemplare.

D. D. = Durchmesser der Grundachse der Durchschnittsexemplare.

D. B. = Dicke des Bastes der Durchschnittsexemplare.

D. W. = Länge der Wurzel der Durchschnittsexemplare bis zu der Stelle,
wo die Verjüngung 1 mm Durchmesser erreicht hat.

verlust zu erklären ist, der durch bereits abgefallene Blätter und Blüten und den ausgestäubten Pollen herbeigeführt wurde. Bei



Tafel II. Erklärung zu den Kurven auf Seite 49.

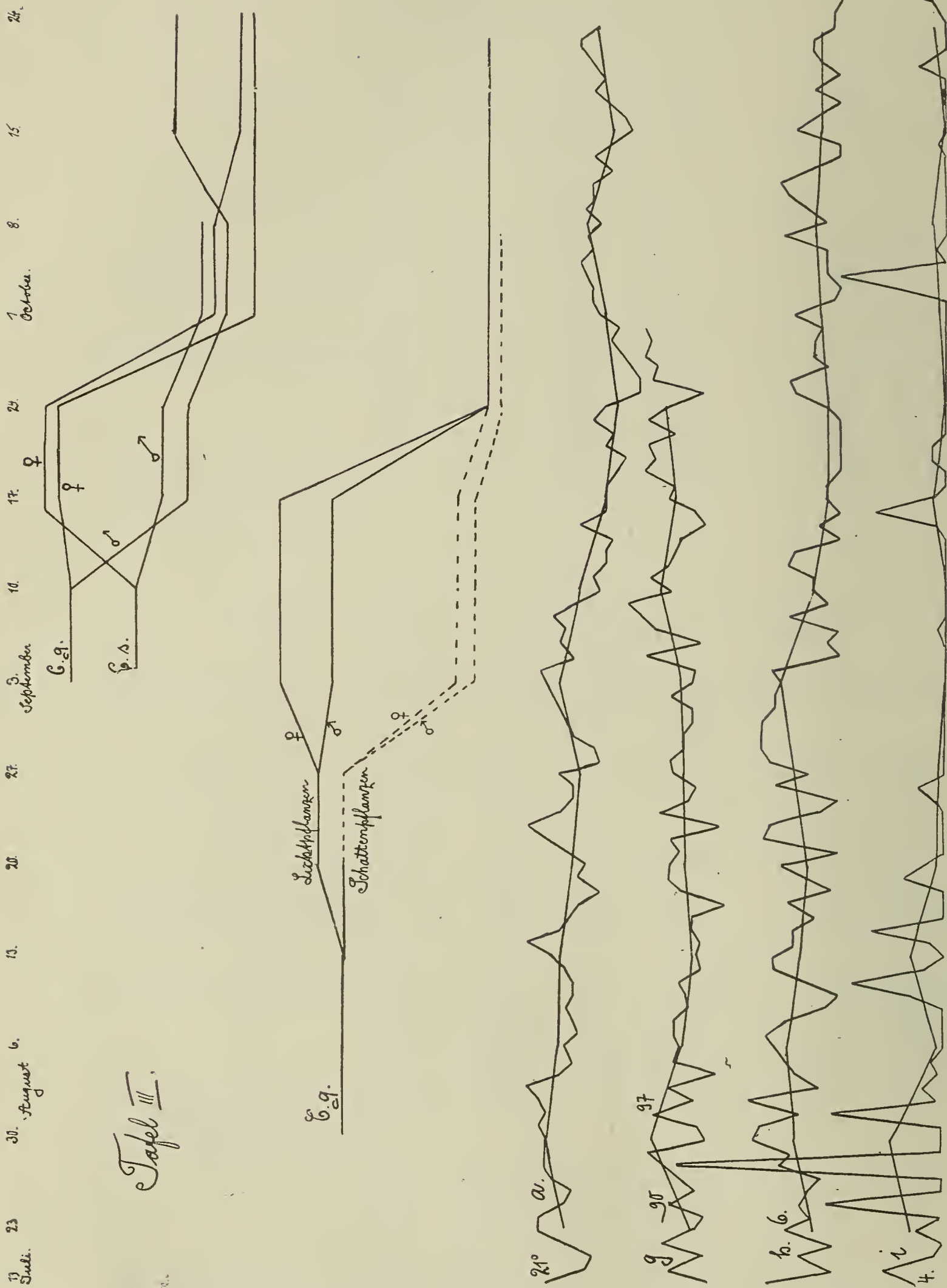
den weiblichen Individuen gelang es nicht, ein Fallen der Quotienten unter eins zu konstatieren, da die letzte Bestimmung bereits gemacht werden mußte, als die reifen Samen im Begriff waren, sich von der Mutterpflanze loszulösen, die Vergilbung hingegen noch

Tabelle V.
Cannabis gigantea ♂. IX.—XVII. Woche.
 28. Juli bis 22. September.

Datum der Bestimmung	Trocken- gewicht	Frisch- gewicht	Quotient	Prozent- satz	Bemerkungen
28. VII. 9. Woche	22,3	159		15	D. L. 0,80 m.
4. VIII. 10. "	51,9	320	2,3	16	
11. VIII. 11. "	75,4	419	1,5	18	Beginn d. Differen- tiert. d. Geschlecht.
18. VIII. 12. "	101,4	432	1,3	24	
25. VIII. 13. "	127,1	573	1,3	22	Beginn d. Vergilbung
1. IX. 14. "	167	665	1,3	25	
8. IX. 15. "	210,5	720	1,25	29	
15. IX. 16. "	230,7	1023	1,1	23	
22. IX. 17. "	212,3	644	0,92	33	D. L. 2,4 m. D. D. 26 mm. D. B. 1,7 mm. D. W. 0,52 m.

Tabelle VI.
Cannabis gigantea ♀. IX.—XXII. Woche.
 28. Juli bis 27. Oktober.

Datum der Bestimmung	Trocken- gewicht	Frisch- gewicht	Quotient	Prozent- satz	Bemerkungen
28. VII. 9. Woche	22,3	159		15	D. L. 0,80 m.
4. VIII. 10. "	51,9	320	2,3	16	
11. VIII. 11. "	74,3	419	1,5	18	Beginn d. Differen- tiert. d. Geschlecht.
18. VIII. 12. "	113,8	489	1,5	23	
25. VIII. 13. "	165,9	676	1,5	24	Beginn d. Vergilbung
1. IX. 14. "	228,8	830	1,4	28	
8. IX. 15. "	241,2	962	1,05	25	
15. IX. 16. "	253,6	1027	1,05	25	
22. IX. 17. "	259,8	970	1,02	27	D. L. 1,95 m. D. D. 24 mm. D. B. 1,6 mm. D. W. 0,42 m.
29. IX. 18. "	268	1063	1,03	25	
6. X. 19. "	288,2	1078	1,08	27	
13. X. 20. "	269[?]	1034[?]	1,025	26	
20. X. 21. "	—	—	1,025	—	
27. X. 22. "	327,8	920	1,025	34	D. L. 2,38 m. D. D. 26 mm. D. B. 2,5 mm. D. W. 0,54 m.



Tafel III.

Tafel III. Erklärung zu den Kurven auf Seite 49 und 62. Die Quotientenkurven wurden aus den Tabellen VII—XIV erhalten.

nicht soweit vorgeschritten war als bei den männlichen Individuen.

Wenn wir einen Vergleich zwischen den Quotientenkurven und den Kurven, welche die die Trockengewichtszunahme beeinflussenden äußeren Faktoren charakterisieren, anstellen, so läßt sich eine wesentliche Abhängigkeit nicht erkennen. Im Verlaufe der ganzen Entwicklung der Versuchspflanzen ist die Beeinflussung des Wachstums von Temperatur, Lichtintensität und Feuchtigkeit entgegen den sonstigen Annahmen nicht erkennbar. Auch unter anscheinend ungünstigen Verhältnissen assimiliert die Pflanze mit derselben Regelmäßigkeit. Es ist also die Assimilation in den Grenzen der vorhandenen klimatischen Schwankungen ziemlich unabhängig von diesen, und vor allem abhängig von den inneren Entwicklungsfaktoren, eine Tatsache, deren ökologische Bedeutung von Noll hervorgehoben worden ist. Es soll nicht in Abrede gestellt werden, daß die Substanzzunahme von den einwirkenden Faktoren abhängig ist. Doch ist die Beeinflussung auf die Assimilationsenergie der Pflanze bei weitem nicht so groß, als man im ersten Augenblick annehmen sollte. Um die tatsächliche Einwirkung der Faktoren zu beobachten, wäre es nötig, dieselben willkürlich zu ändern. Ferner wäre das Zusammenwirken der einzelnen Faktoren zu studieren und die Nachwirkung früherer Einflüsse zu berücksichtigen. Für die vorliegenden Untersuchungen ist die Tatsache von Wichtigkeit, daß die Substanzzunahme nicht sprungweise vor sich geht, und die Substanzquotienten bis zur Entwicklung der Sexualorgane ungefähr als Glieder einer geometrischen Reihe aufzufassen sind.

Daß erst mit Beginn der Blütenbildung die geometrische Reihe abbricht, beweist ein Versuch, den Noll anstellte. Es wurden die männlichen Individuen von Hanf kastriert. Der erwartete Erfolg war eine augenscheinliche Substanzzunahme im Vergleich zu den Pflanzen, die unter normalen Bedingungen lebten. Auf diese Weise kann man also die Pflanze veranlassen, noch nach der Blütenbildung die Substanzzunahme in geometrischer Reihe zunehmen zu lassen.

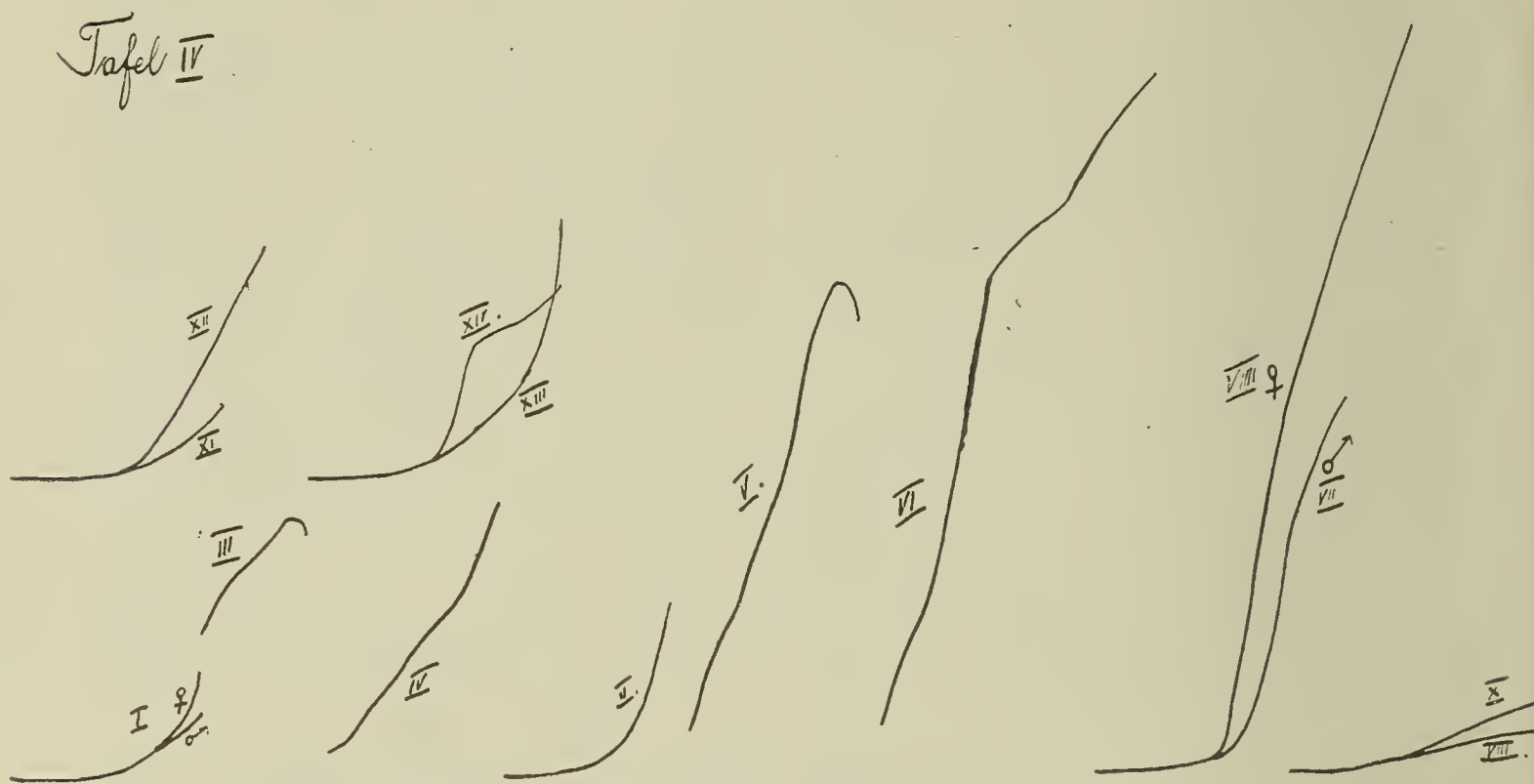
Aus den Tabellen ist ferner der mit zunehmendem Alter der Pflanzen größer werdende Prozentsatz an festen Substanzen zu erkennen, der im Samen weitaus am größten ist und nach einer Woche nach der Keimung den kleinsten Wert annimmt. Es findet also gleich nach der Keimung eine starke Wasseraufnahme statt. Der Prozentsatz an Wassergehalt ist abhängig von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft wie des Bodens, wie ein Vergleich mit den entsprechenden Witterungskurven zeigt.

Nach der neunten Woche variieren die Pflanzen der ersten und zweiten Kultur beträchtlich hinsichtlich ihres Gewichtes. Für die vorstehenden Untersuchungen kommt diese Tatsache wenig in Betracht; die Erklärung für diese Erscheinung wird später gegeben.

Außer in den Quotientenkurven habe ich die Zunahme der Trockensubstanz in Tafel IV in den Wachstumskurven ver-

anschaulicht. Die Zahlenbezeichnungen entsprechen denen der Tabellen I—III. Die Zeiten wurden als Abscissen und die wöchentlichen Zunahmen als Ordinaten eingetragen. In den Kurven IV, V und VI wurden 10 Gramm als Einheit genommen, in den übrigen 1 Gramm.

Was das Verhältnis der sechs Temperaturkurven zueinander betrifft, so erkennt man ohne weiteres den fast gleichen Verlauf derselben. In der ersten Kurve, die die Durchschnittstemperatur der Luft im Schatten charakterisiert, schwanken die Temperaturen zwischen 7° und 24° . In der zweiten Kurve, die die Temperatur der Erdoberfläche angibt, finden Schwankungen zwischen 9° und 29°



Tafel IV. Kurven der Trockensubstanzzunahme.

Die Zeiten sind als Abscissen, die entsprechenden Gewichtsmengen als Ordinaten eingetragen. Die beigelegten Zahlen entsprechen den Zahlen der Tabellen.

statt. Innerhalb des Erdbodens verwischen sich die Schwankungen mit zunehmender Tiefe. Es ist in einer Bodentiefe von

5 cm	das Minimum	$4,6^{\circ}$,	das Maximum	22° ;
10	" "	$5,4^{\circ}$,	" "	21° ;
20	" "	$8,4^{\circ}$,	" "	21° ;
40	" "	$11,1^{\circ}$,	" "	21° .

In einer Tiefe von 40 cm, die etwa der Wurzellänge der Versuchspflanzen entspricht, beträgt demnach die Temperaturschwankung während der ganzen Wachstumsperiode nur 10° . Im Laufe des Monats Oktober betrug die Schwankungsdifferenz in dieser Bodentiefe $2,9^{\circ}$. Die zarten Wurzelspitzen werden also um so weniger Temperaturschwankungen ausgesetzt, als die Pflanze erstarkt.

Wie wir gesehen haben, ist im Allgemeinen die Pflanze hinsichtlich der Zunahme der Trockensubstanz wenig abhängig von

den durchschnittlichen Schwankungen der äußeren Bedingungen. Dagegen hängt dieselbe von inneren Verhältnissen ab. Dieses gilt jedoch nur für Pflanzen, die sich an für sie normalen Standorten befinden. Um den Einfluß andauernder Beschattung auf das Wachstum zu beobachten, wurde folgender Versuch angestellt:

Die Hälfte einer am 19. Juli angelegten Pflanzung wurde nach vierwöchentlichem Wachstum unter normalen Bedingungen allseitig durch Schattendächer beschattet. Nach zwei weiteren Wochen fand die erste Bestimmung des Gewichtes der Trockensubstanz bei Licht- und Schattenpflanzen statt. Die hierauf bezüglichen Quotientenkurven und Bestimmungen sind in Tafel III und in den Tabellen VII—X enthalten.

Der Quotient der Schattenpflanzen war um 0,11 geringer als der der Lichtpflanzen. Die Annahme, daß sich die Pflanze nunmehr dem Einfluß der verminderten Lichtintensität anpassen und unter Entfaltung einer erhöhten Assimilationstätigkeit die Einbuße an Substanz nachholen werde, erwies sich als unberechtigt. Während das Verhalten der Licht- und Schattenpflanzen nach zweiwöchentlicher Beschattung 76 : 65 war, wurde dasselbe nach drei weiteren Wochen bei den männlichen Exemplaren gleich 10,84 : 1,34 und bei den weiblichen Exemplaren gleich 16,7 : 2,0.

Auffallend erscheint die frühzeitige Differentiierung der Geschlechter, welche bei den Licht- wie Schattenpflanzen beobachtet wurde und offenbar durch die hinsichtlich der Jahreszeit späte Aussaat zu erklären ist. Quantitativ steht die Pflanze nach sechs Wochen der gleichaltrigen der ersten Aussaat, welche am 16. Juni stattfand, nicht sehr nach. Die innere Ausbildung ist jedoch bei der später gepflanzten bedeutend weiter vorgeschritten. Die gleiche Beobachtung wurde durch Vergleich meiner ersten Frühjahrsplanzung mit einer solchen gemacht, die im Botanischen Garten zu Bonn einige Wochen vorher angelegt worden war. Letztere schritt erst zur Differentiierung der Geschlechter, nachdem die Pflanzen meiner ersten Frühjahrssaat bereits die Fruchtbildung begonnen hatten. In diesem Falle ist jedoch die Verschiedenheit der Ernährung zu berücksichtigen. Die Substanz jener Pflanzen übertraf die der von mir angelegten Kultur um das zehnfache der Substanz. Genaue Bestimmungen konnten leider nicht gemacht werden, da die umständlichen Trockenvorrichtungen nicht ausreichten. Auf diese Weise ist es auch zu erklären, daß die Pflanzen der ersten und zweiten Kultur beträchtlich hinsichtlich ihres Gewichtes variieren (vgl. S. 57 drittletzte Zeile).

Es ist aus Vorstehendem ersichtlich, daß die Pflanze in erster Linie eine möglichst große assimilatorische Tätigkeit zwecks Erlangung eines möglichst großen Volumens entfaltet, da von der Stärke und Größe der Pflanze die Quantität ihrer Samenanlage abhängt. Es ist von größter Wichtigkeit, daß die Pflanze den Zeitpunkt der geschlechtlichen Differentiierung so wählt, daß sie einerseits ein möglichst großes Volumen erhält, andererseits ihren Hauptzweck, die Erzielung einer gesunden Nachkommenschaft, erfüllt. In allen Fällen sehen wir, daß die Pflanze dieser Zweck-

Tabelle VII.

Cannabis gigantea ♂. IV.—XII. Woche.

16. August bis 4. Oktober. Lichtpflanzen.

Datum der Bestimmung	Trocken- gewicht	Frisch- gewicht	Quotient	Prozent- satz	Bemerkungen
16. VIII. 4. Woche	0,12	0,81		15	
23. VIII. 5. "			2,5		
30. VIII. 6. "	0,76	4,5	2,5	17	
6. IX. 7. "			2,4		
13. IX. 8. "			2,4		Zu Beginn der 8. Woche Differentiierung der Geschlechter.
20. IX. 9. "	10,84	59,4	2,4	18	
27. IX. 10. "			1,2		
4. X. 11. "			1,2		
11. X. 12. "	17,7	75	1,2	24	D. L. 1,30 m. D. D. 10 mm. D. W. 25 cm.

Tabelle VIII.

Cannabis gigantea ♂. IV.—XII. Woche.

16. August bis 4. Oktober. Schattenpflanzen.

Datum der Bestimmung	Trocken- gewicht	Frisch- gewicht	Quotient	Prozent- satz	Bemerkungen
16. VIII. 4. Woche	0,12	0,81		15	
23. VIII. 5. "			2,3		
30. VIII. 6. "	0,65	4,3	2,3	15	
6. IX. 7. "			1,3		
13. IX. 8. "			1,3		Zu Beginn der 8. Woche Differentiierung der Geschlechter.
20. IX. 9. "	1,34	8,1	1,3	17	Internodien sehr lang; Blütenbildung ebenso- weit vorgeschritten als bei den Lichtpflanzen.
27. IX. 10. "			1,1		
4. X. 11. "			1,1		
11. X. 12. "	1,75	10,3	1,1	17	D. L. 0,75 m. D. D. 4,6 mm. D. W. 7 cm.

Tabelle IX.

Cannabis gigantea ♀. IV.—XIV. Woche.

16. August bis 27. Oktober. Lichtpflanzen.

Datum der Bestimmung	Trocken- gewicht	Frisch- gewicht	Quotient	Prozent- satz	Bemerkungen
16. VIII. 4. Woche	0,12	0,81		15	
23. VIII. 5. "			2,5		
30. VIII. 6. "	0,76	4,5	2,5	17	
6. IX. 7. "			2,8		
13. IX. 8. "			2,8		
20. IX. 9. "	16,7	96	2,8	18	D. L. 0,95 m. D. D. 12 mm.
27. IX. 10. "			1,2		
4. X. 11. "			1,2		
11. X. 12. "	25,9	102	1,2	25	Früchte reif. Vergilbung kaum bemerkbar.
18. X. 13. "			1,2		
27. X. 14. "	34,96	149	1,2	23	D. L. 0,99 m. D. D. 13 mm. Vergilbung wenig fortgeschritten. Früchte zum Teil völlig reif.

Tabelle X.

Cannabis gigantea ♀. IV.—XII. Woche.

16. August bis 27. Oktober. Schattenpflanzen.

Datum der Bestimmung	Trocken- gewicht	Frisch- gewicht	Quotient	Prozent- satz	Bemerkungen
16. VIII. 4. Woche	0,12	0,81		15	
23. VIII. 5. "			2,3		
30. VIII. 6. "	0,65	4,3	2,3	15	Mehrere Exemplare liegen am Boden.
6. IX. 7. "			1,45		
13. IX. 8. "			1,45		
20. IX. 9. "	2	14,1	1,45	14,2	Fruchtbildung hat begonnen.
27. IX. 10. "			1,15		
4. X. 11. "			1,15		
11. X. 12. "	3,1	17,2	1,15	18	D. L. 0,56 m. D. D. 3 mm. Früchte so weit entwickelt als bei den Lichtpflanzen, zum Teil sehr groß.

mäßigkeit gerecht zu werden sucht. Je früher hinsichtlich der Jahreszeit die Aussaat stattfindet, um so mehr setzt die Pflanze im Stoffwechsel um. In den von mir beobachteten Fällen gelang es auf diese Weise, nämlich dadurch, daß die hinsichtlich der Jahreszeit später ausgesäte Pflanze bedeutend früher zur Blütenbildung schritt, der schwächlichen Pflanze stets eine gesunde, wenn auch quantitativ kleine Nachkommenschaft zu erzielen. Als ein weiteres Ergebnis meiner Bestimmungen führe ich noch folgendes an: Wenn Individuen einer späten Aussaat, die frühzeitig zur Samenentwicklung schritten, während der letzten Entwicklungszeit der Samen unter günstigen Existenzbedingungen lebten, wie es bei meinen Versuchen, die an einer erst am 30. August angelegten Kultur (vgl. Tabellen XI—XIV) angestellt wurden, der Fall war, so findet das plötzliche Fallen der Quotienten nach der Geschlechtsdifferentiierung in sehr verlangsamtem Maße im Gegensatz zu den Pflanzen statt, die früher ausgesät wurden.

Es findet nun ein Vergleich der Kurven, die durch die in den Tabellen VII—XIV aufgezeichneten Quotienten erhalten wurden, mit den Kurven statt, die durch die täglichen Markierungen der durchschnittlichen Tagestemperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit, der Niederschläge und der Intensität des Sonnenlichtes erhalten wurden (vgl. Tafel III). Die Kurven der Bodentemperatur wurden nicht eingezeichnet, da dieselben, wie schon erwähnt, einander fast parallel sind und durch die tägliche Durchschnittstemperatur bedingt werden. Da die Bestimmungen des Trockengewichtes am Donnerstag vorgenommen wurden, wurden die Durchschnittszahlen, die die wöchentlichen Kurven der beeinflussenden Faktoren ergeben, von Montag auf Montag berechnet. Es liegen den Tabellen VII—XIV Bestimmungen zugrunde, die alle vierzehn Tage gemacht wurden. Da sich nämlich das zu trocknende Material zu sehr häufte, konnten die ursprünglich vorgesehenen wöchentlichen Bestimmungen nicht durchgeführt werden. Es wurden aus den zwei- bzw. dreiwöchentlichen Quotienten die einwöchentlichen durch Radizieren erhalten.

Der Einfluß der äußeren Verhältnisse ist nur insofern zu konstatieren, als infolge der relativ günstigen Temperaturverhältnisse in den letzten Wochen das Fallen der Quotienten in verlangsamtem Maße vor sich geht. Bei der letzten, erst am 2. August angelegten Pflanzung, fand gleichfalls bis zur sechsten Woche die Zunahme proportional der Zunahme der Pflanzen der Frühjahrs-pflanzung statt. Hinsichtlich der inneren Vorgänge war jedoch eine Verschiedenheit zu erkennen, da die Blütenbildung auffallend früh begann. Nach der Blütenbildung fand das der ersten Frühjahrs-pflanzung charakteristische, bei der zweiten schon weniger beobachtete sofortige Fallen der Quotienten nach der Blütenbildung noch weniger statt. Ein Einfluß der äußeren Verhältnisse ist hinsichtlich der ansteigenden Temperaturkurve während der letzten Wochen zu erkennen. Auffallend erscheint das Steigen der Quotientenkurve, das in den letzten Wochen bei den männlichen Individuen von *Cannabis gigantea* beobachtet wurde, und das Fallen des ent-

sprechenden Kurventeiles für die weiblichen Pflanzen. Letzteres ist jedoch anormal und dadurch zu erklären, daß durch den Pollen der Pflanzen, die drei Wochen eher gesät waren, eine zu frühzeitige Befruchtung der jungen Pflanzen stattfand, welche den Wachstumsstillstand zur Folge hatte.

Was die Bestimmungen über den Prozentsatz an fester Substanz, die aus den Tabellen VII—XIV hervorgehen, betrifft, so ist hinsichtlich der Lichtpflanzen gleichfalls ein Steigen des Prozentsatzes mit zunehmendem Alter beobachtet worden, doch tritt dasselbe im Vergleich zu dem entsprechenden Ergebnis aus den Tabellen I—VI in geringerem Maße auf. Bei den Schattenpflanzen ist der Gehalt an Wasser auffallend groß, der bei beiden Geschlechtern 83 % ausmacht, während der Wassergehalt bei den Lichtpflanzen 76—77 % beträgt.

Auf die Resultate einiger weiterer Untersuchungen, in denen der Einfluß ungünstiger Lebensbedingungen auf den Verlauf des Wachstums untersucht wurde, soll kurz eingegangen werden.

Am 15. Juli wurden 200 Samen beider Arten in den Schatten einer feuchten Mauer ausgesät. Die Stelle war durch hohes Gesträuch andauernd beschattet. Eine Keimung der Samen trat nur bei etwa zehn Exemplaren ein. Die Pflanzen erschienen verkümmert und wiesen lange Internodien auf. Nach etwa fünf Wochen waren sämtliche Exemplare abgestorben, ohne zur Differenzierung der Geschlechter geschritten zu sein. Am 2. August wurde ebendorthin eine Anzahl von Exemplaren beider Arten gepflanzt, die drei Wochen vorher in größeren Töpfen zur Keimung gebracht worden waren. Neun Wochen nach der Keimung war bei beiden Arten die geschlechtliche Differenzierung eingetreten, Vergilbung wurde noch nicht beobachtet. Am Schlusse der zwölften Woche wurden folgende Verhältnisse angetroffen:

	<i>Cannabis sativa</i>		<i>Cannabis gigantea</i>	
	♂	♀	♂	♀
Trockengewicht:	0,048	0,24	0,27	0,31
Frischgewicht:	0,083	0,61	0,78	0,90
Durchschnittslänge:	13 cm	23 cm	31 cm	28 cm

Bei *Cannabis sativa* war Fruchtreife bereits eingetreten, bei *Cannabis gigantea* dieselbe noch nicht vollständig vollendet. Der Prozentsatz an Wassergehalt ist trotz des feuchten Standortes relativ gering. Nach der geschlechtlichen Differenzierung war eine Vermehrung der Substanz nicht eingetreten.

Am 18. Juli wurde eine Anzahl Samen von *Cannabis sativa* in kleine Blumentöpfe gesät und die Pflanzen auf diese Weise dem Einfluß ungünstiger Lebensbedingungen ausgesetzt. Nach sechs Wochen war die Befruchtung bereits eingetreten. In der Zeit vom 23. August bis zum 18. September wurde eine Zunahme der

64 Hackenberg, Über die Substanzquotienten von *Cannabis sativa* etc.

Tabelle XI.

Cannabis sativa ♂. IV.—XII. Woche.

30. August bis 27. Oktober.

Datum der Bestimmung	Trocken- gewicht	Frisch- gewicht	Quotient	Prozent- satz	Bemerkungen
30. VIII. 4. Woche	0,13	0,64		20	
6. IX. 5. „			2		Z. T. schon Geschlechter erkenntlich.
13. IX. 6. „	0,51	2,43	2	21	
20. IX. 7. „			1,8		
27. IX. 8. „	1,6	6,65	1,8	24	
4. X. 9. „			1,5		
11. X. 10. „	3,5	11,4	1,5	33	D. L. 0,65 m. D. D. 4,2 mm. D. W. 8 cm. Stengel gekrümmt gewachsen.
18. X. 11. „					
27. X. 12. „					Sämtliche Exemplare völlig vergilbt. Blüten und Blätter abgefallen.

Tabelle XII.

Cannabis sativa ♂. IV.—XII. Woche.

30. August bis 27. Oktober.

Datum der Bestimmung	Trocken- gewicht	Frisch- gewicht	Quotient	Prozent- satz	Bemerkungen
30. VIII. 4. Woche	0,13	0,64		20	
6. IX. 5. „			2		
13. IX. 6. „	0,51	2,43	2	21	
20. IX. 7. „			2,7		
27. IX. 8. „	3,7	16	2,7	23	
4. X. 9. „			1,4		
11. X. 10. „	7,3	26,7	1,4	27	Geringe Verästelung, lange Internodien, Pflanzen gekrümmt gewachsen.
18. X. 11. „			1,2		
27. X. 12. „	11	42	1,2	26	D. L. 0,60 m. D. D. 7,8 mm. D. W. 10 cm. D. B. 1,6 mm. Kräftig entwickelt. Relativ viele Früchte.

Tabelle XIII.

Cannabis gigantea ♂. IV.—XII. Woche.

30. August bis 27. Oktober.

Datum der Bestimmung	Trocken- gewicht	Frisch- gewicht	Quotient	Prozent- satz	Bemerkungen
30. VIII. 4. Woche	0,14	0,82		17	
6. IX. 5. "			2,5		
13. IX. 6. "	0,89	4,8	2,5	22	D. L. 0,32 m.
20. IX. 7. "			1,6		Zu Beginn der 7. Woche Differentiierung der Geschlechter.
27. IX. 8. "	2,4	14,2	1,6	17	D. L. 0,48 m. D. D. 6 mm. D. W. 10 cm.
4. X. 9. "			1,3		
11. X. 10. "	4,3	27,4	1,3	16	Ziemlich lange Inter- nodien. Stengel ge- krümmt gewachsen.
18. X. 11. "			1,7		
27. X. 12. "	12,1	68,8	1,7	18	D. L. 1,23 m. D. D. 9,7 mm. Die unteren Blätter vergilbend.

Tabelle XIV.

Cannabis gigantea ♀. IV.—XII. Woche.

30. August bis 27. Oktober.

Datum der Bestimmung	Trocken- gewicht	Frisch- gewicht	Quotient	Prozent- satz	Bemerkungen
30. VIII. 4. Woche	0,14	0,82		17	
6. IX. 5. "			2,5		
13. IX. 6. "	0,89	4,8	2,5	22	
20. IX. 7. "			2,6		
27. IX. 8. "	6,29	40,7	2,6	15	
4. X. 9. "			1,1		
11. X. 10. "	7,2	37,7	1,1	19	Stengel gekrümmt, ge- ringe Verzweigung.
18. X. 11. "			1,1		
27. X. 12. "	9	41,5	1,1	22	D. L. 0,90 m. D. D. 8,4 mm. Lange Interno- dien. Die meisten Pflan- zen stark gekrümmt.

Substanz nicht beobachtet. Am 18. September wurden folgende Verhältnisse angetroffen:

	♂	♀
Trockensubstanz:	0,080	0,154
Frischsubstanz:	0,129	0,485
D. L.:	20 cm	13 cm

Verzeichnis der benutzten Literatur.

1. Kreuzler, Beobachtungen über das Wachstum der Maispflanze. Bericht über die Versuche aus dem Jahre 1875. (Landwirtschaftliche Jahrbücher. Bd. VI. 1877.)
2. —, Beobachtungen über das Wachstum der Maispflanze. Bericht über die Versuche aus dem Jahre 1876. (Ibid.)
3. —, Trockensubstanzbestimmungen bei Mais. 1877. (Landwirtschaftliche Jahrbücher. Bd. VII. 1878.)
4. —, Beobachtungen über das Wachstum der Maispflanze. Versuche von 1878. (Landwirtschaftliche Jahrbücher. Bd. VIII. 1879.)
5. Hornberger, Chemische Untersuchungen über das Wachstum der Maispflanzen, unter Mitwirkung von Raumer. (Landwirtschaftliche Jahrbücher. Bd. XI. 1882.)
6. Kreuzler, Über die Methode der Bestimmung der Assimilation und Atmung der Pflanzen und der diese Vorgänge beeinflussenden Elemente.
Mitteilung I: Über den Einfluß des CO₂-Gehaltes der Luft. (Landwirtschaftliche Jahrbücher. Bd. XIV. 1885.)
Mitteilung II: Abhängigkeit vom Entwicklungszustande; Temperatureinfluß. (Landwirtschaftliche Jahrbücher. Bd. XVI. 1887.)
Mitteilung III: Einfluß der Temperatur; untere Grenze der Wirkung. (Landwirtschaftliche Jahrbücher. Bd. XVII. 1888.)
Mitteilung IV: Verhalten bei höherer Temperatur; CO₂-Ausscheidung seitens getöteter Exemplare. (Landwirtschaftliche Jahrbücher. Bd. XIX. 1890.)
7. v. Sigmond, Über die Stoffzunahme zweier Kulturpflanzen. (Journal für Landwirtschaft. Bd. 48. 1900.)
8. Matthaei, Gabrielle L. C., Blackmann and F. Frost, Experimental researches on vegetable assimilation and respiration. IV. — A. Quantitative study of carbon-dioxyde assimilation and leaf temperature in natural illumination. (Proceedings of The Royal Society. Series B. Vol. 76. Nr. B. 5 II. Biological Sciences.)
9. Matthaei, Experimental researches on vegetable assimilation and respiration. III. — On the effect of temperature on carbon-dioxyde assimilation. (Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B. Vol 197. pp. 47—105.)

Hackenber^g, Über die Substanzquotienten von *Cannabis sativa* etc. 67

10. Blackmann, F. F., Optima and limiting factors. (Annals of Botany. 19. 1905. 281—295.)
 11. Abegg, R., Der Temperatureinfluß auf die Entwicklungsgeschwindigkeit animalischen Lebens. (Zeitschrift für Elektrochemie. 1905. No. 33.)
 12. Kanitz, A., Über den Einfluß der Kohlendioxydassimilation. (Zeitschrift für Elektrochemie. 1905. No. 42.)
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1909

Band/Volume: [BH_24_1](#)

Autor(en)/Author(s): Hackenberg Hugo

Artikel/Article: [Über die Substanzquotienten von Cannabis sativa und Cannabis gigantea. 45-67](#)