

Vergleichend anatomisch-physiologische Untersuchungen an *Chelidonium majus* und seiner laciniaten Mutationsform¹⁾.

(Aus dem Botanischen Institut der Universität Heidelberg.)

Von Inge Stauffert.

Einleitung.

Bekanntlich hat der Heidelberger Hofapotheker Sprenger im Jahre 1590 in einem Bestand von *Chelidonium majus* eine veränderte Form mit tief gelappten Laub- und Blütenblättern gefunden, die heute als *Chelidonium majus* var. *laciniata* in jedem Botanischen Garten als Musterbeispiel einer Mutation kultiviert wird. Es hatte einen besonderen Reiz, diese alte Heidelberger Mutation vergleichend morphologisch und vergleichend anatomisch genauer zu beschreiben. Einige vergleichend-physiologische Beobachtungen an der Stamm- und Mutationsform sollten das Problem klären helfen, ob *Chel. lac.*²⁾ dem *Chel. majus* gegenüber sich als lebensfähiger erweist.

Es soll zunächst versucht werden durch einen Vergleich in anatomischer und physiologischer Richtung festzustellen, was für Folgen die Änderung der Blattgestalt für die Pflanze nach sich zieht und wie weit das seltene Auftreten der mutierten Form damit in Verbindung zu bringen ist. Eine Beschäftigung mit dieser Frage ist schon deshalb interessant, weil vielfach die Ansicht vertreten wird, daß bei der Entstehung der Arten die Mutation, verbunden mit einer nachfolgenden natürlichen Auslese, eine maßgebende Rolle spielt. Warum konnte nun dieses durch Mutation entstandene *Lac.* nicht zu einer bestandbildenden, selbständigen Art werden, wie seine Stammform *Maj.*²⁾

Der Schilderung der Untersuchungen sei die Besprechung der weni-

1) Dissertation der nat.-math. Fakultät der Universität Heidelberg.

2) Der Kürze halber wird im folgenden *Chelidonium majus* mit *Maj.* und *Chelidonium laciniatum* mit *Lac.* abgekürzt.

gen Arbeiten vorausgestellt, die sich mit *Maj.* und seiner Mutation beschäftigen.

Bei de Vries (1900) finden wir zunächst genauere Angaben historischer Art über die Entdeckung und die Samenbeständigkeit, die schon Roze, Miller u. a. (siehe de Vries) beobachteten. Miller gab der mutierten Form auch ihren heutigen Namen. De Vries bestätigt diese Beobachtung und geht nun als erster einen Schritt weiter, indem er Kreuzungsversuche anstellt mit dem Resultat, daß bei einer Bestäubung einer Narbe von *Lac.* mit *Maj.*-Pollen in F_1 alle Pflanzen den *Maj.*-Typus zeigen und in F_2 annähernd im Verhältnis $m:la = 3:1$ aufspalten.

De Vries nimmt an, daß diese Schlitzblättrigkeit nicht auf Verlust oder Latenz einer Eigenschaft in der älteren Art beruhe, wobei die Pflanze ihrem inneren Wesen nach dieselbe Anzahl von elementaren Eigenschaften besitzt, sondern daß die Schlitzblättrigkeit eine neue positive Eigenschaft ist. Diese Ansicht würde sich etwa mit der heutigen Vorstellung einer Genmutation decken, bei der eine Rückmutation möglich ist, wobei sich das Gen reversibel verhält. Ob bei *Chel.* eine Rückmutation möglich ist, ist bis jetzt noch nicht nachgewiesen.

Die Kreuzungsversuche wurden von Dahlgren (1918) mit dem de Vriesschen Ergebnis wiederholt. Die reziproke Kreuzung, *Lac.* ♂ mit *Maj.* ♀, ergab in F_1 auch wieder das gleiche Resultat, so daß er F_2 nicht untersuchte. Außerdem kreuzte Dahlgren *Chel. maj.* mit *Chel. lac. f. pleniflora* und erhielt in F_1 nur Pflanzen vom normalem Typus, also *Maj.* In F_2 traten als neue Kombinationen *Chel. maj. f. pleniflora* und *Chel. lac.* auf, wahrscheinlich im Verhältnis 9:3:3:1.

Nach diesen Versuchen erfolgt also bei einer Kreuzung der Stammform mit ihrer Mutationsform in der F_2 -Generation ein Aufspalten nach den Mendelschen Regeln im Zahlenverhältnis 3:1 für ein Faktorenpaar bei Dominanz des einen Partners; schon in der F_1 -Generation war die Stammform dominierend. Man kann die Entstehung von *Lac.* ohne Zweifel auf eine monofaktorielle Mutation zurückführen, wobei nur ein Gen im Genom von *Maj.* eine Veränderung erlitten hat. Solche Mutationen gehören zu den am häufigsten an Tier und Pflanze beobachteten Möglichkeiten einer sprunghaften erblichen Änderung. Ebenso zählt die Feststellung, daß die mutierte Form sich rezessiv der Stammform gegenüber verhält zu den vielen Erfahrungstatsachen der Mutationsforschung. *Lac.* bildet auch hierbei keine Ausnahme.

Besonders erwähnt wird die Mutation noch in der Arbeit von Porsch (1909), der die Korrelation der beiden Merkmale, Geschlitzblättrigkeit der Laubblätter einerseits und der Blütenblätter andererseits betont, im Gegensatz zu den meisten Fällen, bei denen die beiden Merkmale nicht Hand in Hand gehen, und in ihrem Zusammenwirken mit der Mutation einen dezendenztheoretisch noch zu wenig beachteten Weg zur Art- und Gattungsentstehung sieht.

Wie weit die Überlegungen von Porsch für den besonderen Fall von *Lac.* in Frage kommen, kann man erst beurteilen, wenn für das seltene Vorkommen dieser Pflanze eine Erklärung wahrscheinlich gemacht worden ist. Das rezessive Verhalten von *Lac.* gegenüber der Stammform allein

ist dafür kein Grund. Liegt die Mutationsform einmal homozygot vor — nur dann ist sie ja sichtbar —, dann müßte sie sich durch Selbstbefruchtung, die bei *Chel.* je nach den Umweltsbedingungen mit Fremdbefruchtung abwechselt, halten können oder bei Selbstbefruchtung einer oder Kreuzung zweier heterozygoten Pflanzen immer wieder herauspalten.

Kurz nach der vorhergenannten Arbeit erschien eine von Friedmann (1911 bis 1912). Auf Grund fremder und eigener Beobachtungen kommt er zu dem Ergebnis, daß *Lac.* häufiger in der Natur vorkommt (Schweiz, Österreich und Norwegen), und daß es Übergangsformen zwischen ihm und *Maj.* gibt. In seinen Kulturen will er den Rückschlag der wilden laciniaten Form zur Stammform ebenso wie Paulin (s. Friedmann) beobachtet haben. Nach Friedmann ist *Lac.* also keine Mutation, sondern eine ökonomische Anpassung, hervorgerufen durch Verschlechterung der Ernährungsbedingungen. Der erworbene Anpassungscharakter soll dann erblich sein. Bei Wiedereintritt günstiger Verhältnisse kann er wieder aufgegeben werden: die Pflanze nähert sich der Hauptform oder schlägt ganz in diese zurück.

Zu der Arbeit von Friedmann sei bemerkt, daß die gleiche Mutation mehrmals entstehen kann nach den Beobachtungen von Baur an *Antirrhinum* und Morgan an *Drosophila*; die Mutation von *Maj.* zu *Lac.* ist also sicher auch in der Natur öfter entstanden, nicht nur das eine beobachtete Mal und führte vielleicht so zu den seltenen in der Literatur angeführten Funden (s. Hegi). Miller beobachtete die Pflanze in 40-jähriger Kultur und fand sie samenbeständig, ebenso de Vries. Sollte es nicht möglich sein, daß bei den Kulturen Friedmanns außer Selbstbestäubung auch Fremdbestäubung mit *Maj.*-Pollen durch Insekten stattfand? Das geschieht sehr leicht, wenn *Maj.*- und *Lac.*-Pflanzen nicht weit genug voneinander entfernt stehen, und wenn sich die Blüten unter günstigen Bedingungen rasch öffnen, so daß der frühreife Pollen nicht die eigenen Narben bestäubt, sondern von Insekten geholt werden kann.

Friedmann fand Übergangsformen zwischen *Maj.* und *Lac.* und glaubte deshalb, daß alle *Chelidonium Maj.* seien mit einer sehr großen Variationsbreite der Blätter; die laciniaten Pflanzen sind die äußerste Grenze auf der einen und die normalen auf der anderen Seite. Die übrigen Untersuchungen beweisen aber die klare Mutation; jede Form, sowohl *Maj.* wie *Lac.*, hat ihre Variationsbreite für die Ausbuchtung der Blätter, so daß sich diese unter Umständen ähneln können; jede Form hat außerdem ihren Kreis von Ökotypen, die mehr oder weniger von der Norm abweichen, aber niemals so sehr, daß man sie nicht sofort zu der richtigen Art einordnen könnte.

Da nach diesen Arbeiten nur die Frage nach der Entstehung der Pflanze und ihrer genetischen Stellung als Mutation geklärt ist, und der Unterschied in anatomischer wie in physiologischer Richtung noch nicht näher untersucht ist, dürfte ein Beitrag über die physiologische Leistungsfähigkeit besonders im Hinblick auf die oben gestellten Fragen deszendenztheoretischer Art erwünscht sein.

Material.

Für meine Arbeit bekam ich von 50 Botanischen Gärten des In- und Auslandes Samen von *Maj.* und *Lac.* zugeschickt und beobachtete unter den Laciniaten besonders zwei Formen, deren Keimpflanzen sich schon voneinander unterscheiden ließen.

Die eine Pflanze war kurz und gedrungen in ihrem Habitus, die Blattstiele viel kürzer und die Fiederblätter zusammengeschohen. Die Laub- und vor allem die Blütenblätter zeigten viel tiefere, im ganzen aber regelmäßigere Einkerbungen als die andere Form. Die ganze Pflanze machte einen kräftigeren Eindruck, obwohl sie niedriger war, da die Blätter dank ihrer Kürze steif aufrecht standen. Der Sproß war nicht sehr stark verzweigt und trug nicht so viele Blüten und Früchte (Abb. 19 III).

Die zweite Form hatte langgestielte Blätter, die, ähnlicher den *Maj.*-Blättern, sich mit den Blattenden abwärts bogen und die weniger stark gekerbte Fiederblätter in großen Abständen trugen; besonders die Endfieder zeigte bei dieser Form verschiedene Gestalt. Die Blütenblätter waren weniger stark, manchmal gar nicht geschlitzt und erreichten deshalb je Blüte dieselbe Fläche wie die der ersten Form, obwohl der Blütendurchmesser kleiner war. Der Sproß war reich verzweigt und blühte fast so gut wie ein *Maj.*-Sproß, den er aber in der Höhe nicht ganz erreichte (Abb. 19 II).

Außerdem fand ich am Schluß eine dritte Form, die wie die zweitgenannte Pflanze aussieht, aber stattlicher ist als diese. Es wäre interessant die Chromosomenzahl festzustellen, denn sie machte gegenüber der zweiten Form den Eindruck einer polyploiden Pflanze.

Unter den *Maj.*-Pflanzen ließen sich verschiedene Formen unterscheiden wie z. B. solche, bei denen das Fiederblatt länglicher und die Bogen spitzer waren als bei der Normalform; andere wichen in der Wuchsform etwas ab; es waren allerdings wenige mit ähnlich gedrungenem Bau vorhanden wie ihn die oben geschilderte erste lacinierte Form aufwies. Die bei Hegi als *Chel. maj. f. grandiflora* geführte Pflanze fand ich ebenfalls unter dem Material, leicht kenntlich an dem stattlichen Wuchs, etwas größeren Blütenblättern und den behaarten Kelchblättern, während alle anderen Formen keine Haare trugen. Es gab *Maj.*-Pflanzen mit großen und mit kleinen Blütenblättern, bei Hegi *Chel. maj. f. mikropetala* genannt. Selbstverständlich wechselte

auch die Zeit der ersten Blüte wie auch etwas ihre Farbe; die einen schienen dunkler als die andern. Ich fand auch ein panaschiertes Exemplar.

Im großen und ganzen konnten unter der *Maj.*-Kultur mehr Variationen entdeckt werden, die aber die Pflanze nicht so stark veränderten, daß man von einer Übergangsform zu *Lac.* sprechen konnte. Es waren eben Standortmodifikationen oder Rassenverschiedenheiten, die bei einer so weit verbreiteten, auf so verschiedenem Boden und in so verschiedenem Klima wachsenden Pflanze selbstverständlich erwartet werden können. Selbst die leicht geschlitzten Blütenblätter einer Form machten diese noch nicht zu einer laciniaten Pflanze, da der übrige Bau dem widersprach.

Es lag nicht im Rahmen der Arbeit Kreuzungs- und Züchungsversuche anzustellen und einzelne Rassen zu isolieren, vielmehr die beiden Formen *Maj.* und *Lac.* gegenüberzustellen, um den Grund für das seltene Auftreten des laciniaten Formenkreises sowie die Änderungen, die den laciniaten Pflanzen gegenüber den *Maj.*-Pflanzen gemeinsam sind, zu finden. Kamen einzelne Formen zur Verwendung, so ist dies besonders angegeben.

I. Morphologischer Teil.

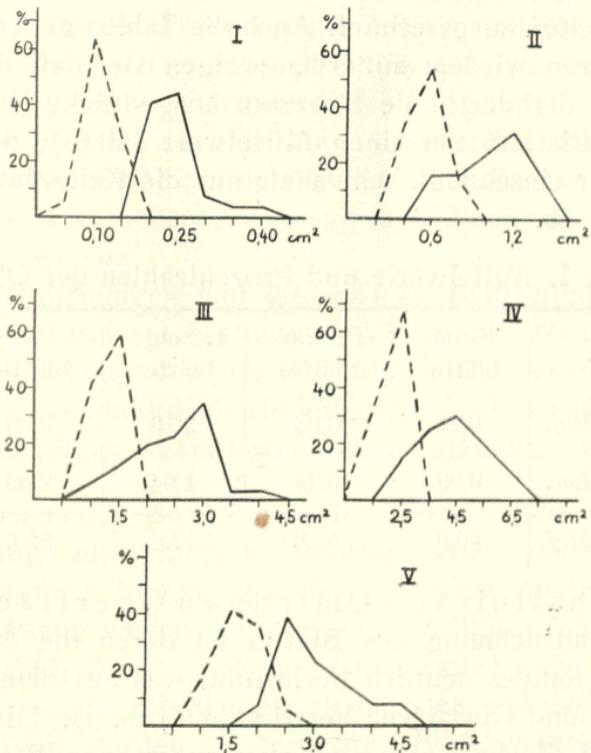
Untersuchungen an den Laubblättern.

a) Blattfläche. Vergleicht man die tief gekerbten, unregelmäßigen Blätter von *Lac.* mit denen von *Maj.*, dann lautet die erste Frage: wird die Blattfläche bei *Lac.* durch die starken Einschnitte verringert oder nicht, d. h. ist die Fläche in ihrer Ausdehnung gegenüber *Maj.* gehemmt, oder handelt es sich nur um eine andere Aufteilung der Fläche.

Zur Messung der Oberfläche wurden ausgewachsene Blätter gleichen Alters und zwar Keimblätter und die auf diese folgenden 1., 2. und 3. Laubblätter mit dem Gelbwerden abgeschnitten und auf Lichtpauspapier Ozalid abgezogen. Die rotbraunen Blattflächen hoben sich scharf gegen den weißen Untergrund ab, so daß ihre Fläche gut durch Ausschneiden und Wiegen oder planimetrisch bestimmt werden konnten. Da das Planimeter bei kleinen Blättern ungenau arbeitet und ebenso leicht beim Ausschneiden Fehler entstehen, wurden diese durch Vergrößern der kleinen Blätter verringert.

Außer an Laubblättern wurden auch die Oberflächen von Blütenblättern gewichtsmäßig festgestellt, um sie unter sich und mit den Laubblättern

zu vergleichen. Die Werte der Blütenblätter beziehen sich auf die Summe der vier Blätter einer Blüte. Es ist nicht gut möglich, die Blütenblätter einzeln zu bewerten, da innerhalb einer Blüte bei *Lac.* sowohl ganz leicht als auch sehr stark geschlitzte Blätter vorkommen können.



A b b. 1: Variationskurven der Blattoberflächen.
 I. Keimblätter. II. 1. Laubblatt. III. 2. Laubblatt. IV. 3. Laubblatt. V. Blütenblätter.
Ch. laciniatum — — — — —, *Ch. majus* —————

Die Werte wurden (wie bei einer Zufallskurve in Klassen eingeteilt) auf der Abszisse, und die Anzahl in jeder Klasse in % der Gesamtzahl der gemessenen Blätter jeder Art auf der Ordinate aufgetragen. Die Umrechnung in % geschah, um aus der ungleichen Zahl der ausgemessenen Blätter vergleichbare Werte und Kurven zu bekommen. Die Oberflächenbestimmungen ergeben Variationskurven (Abb. 1). Die *Maj.*-Kurven umfassen auf der Abszissenachse höhere Werte als die von *Lac.*, und ihre Schwerpunkte sind deutlich gegen die von *Lac.* verschoben, so daß sich die Kurven nur wenig überschneiden.

Die Blätter von *Lac.* haben also nicht nur eine andere Gestalt wie die von *Maj.* gleichen Alters, sondern sie sind der Oberfläche nach tatsächlich kleiner, wenn auch einige besonders große

laciniate Blätter die Größe von *Maj.*-Blättern erreichen können und damit die Überschneidung der Kurven hervorrufen.

In der Tabelle 1 sind die Mittelwerte für die einzelnen Blätter zusammengestellt und daraus die Größe der *Lac.*-Blätter in % von der von *Maj.* ausgerechnet. Auch die Zahlen geben das Resultat der Kurven wieder; außerdem zeigen sie, daß der Größenunterschied, der durch die Prozente ausgedrückt ist, schon bei den ersten Blättern um einen Mittelwert (50 %), der auch die Blütenblätter einschließt, schwankt; nur die Keimblätter weichen etwas davon ab.

Tabelle 1. Mittelwerte und Prozentzahlen der Oberfläche.

		Keimblätter	Primärblätter	1. Folgeblätter	2. Folgeblätter	Blütenblätter
Mittelwerte in cm ²	<i>Maj.</i>	0,21	0,93	2,16	3,80	2,67
	<i>Lac.</i>	0,09	0,48	1,04	2,00	1,37
<i>Lac.</i> in % von <i>Maj.</i>		40,9	52,8	47,9	52,6	51,4

b) Verhältnis von Umfang zu Oberfläche. Außer der Flächenausdehnung des Blattes ist durch die Mutation die Gestalt des Randes deutlich beeinflusst, was aus dem Quotienten aus Umfang und Oberfläche hervorgeht (Tab. 2). Die Werte von Umfang und Fläche wurden an ausgewachsenen Blättern beider Formen gewonnen. *Lac.* erreicht mit einem mittleren Quotienten von 3,8 einen um 83 % höheren Wert als *Maj.* mit einem mittleren Quotienten von 2,07, oder anders ausgedrückt: *Lac.* bildet bei einer Fläche von 100 cm² einen 380 cm langen Blattrand aus, der den Rand von 207 cm von *Maj.*-Blättern um 173 cm übertrifft.

Tabelle 2. Verhältnis von Umfang und Oberfläche ausgewachsener Blätter.

	<i>Laciniatum</i>				<i>Majus</i>			
	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Oberfläche in cm ²	35,42	52,00	65,0	67,0	107,8	71,3	53,6	88,5
Umfang in cm . .	102,6	266,2	246,6	229,8	187,9	156,9	136,4	173,2
U:O	2,9	5,1	3,8	3,4	1,7	2,2	2,5	1,9
Mittelwert	3,8				2,07			

c) Zahl der Spaltöffnungen. Die Blattfläche ist bei *Lac.* kleiner; sind nun alle Gewebeteile des Blattes gleichmäßig in ihrer Entwicklung gehemmt oder erstreckt sich die Mutation auch auf die Nervatur und die dazwischen liegenden Gewebe?

Als Maß für die Änderung der Interkostalfelder diente die Anzahl Spaltöffnungen pro mm^2 . Die Stomata wurden unter dem Mikroskop mit eines Netzmikrometer ausgezählt. Die Mittelwerte aus einer Reihe von Messungen an verschiedenen Blättern betragen für *Lac.* 89,2 Spalten pro mm^2 und für *Maj.* 83,9 Spalten pro mm^2 . Das bedeutet eine geringe Zunahme der Spaltenzahl um 6 % bei *Lac.*

Die Spaltöffnungen und die übrigen Blattzellen stehen bei allen Blättern in einem bestimmten Verhältnis. Nimmt man an, daß diese Beziehung von der Mutation nicht betroffen wurde, dann muß bei annähernd gleichbleibender Spaltenzahl die Fläche durch gleichmäßigen Ausfall von Zellen verkleinert worden sein.

d) Nervatur. Auf verschiedene Weise habe ich versucht die Nervenlänge zu bestimmen, um festzustellen, ob mit den Interkostalfeldern auch Leitungsgewebe von dem Ausfall betroffen wurde. Es gelang wegen der Zartheit der Blätter nicht die Nervatur mit H_2SO_4 , KOH , anderen Chemikalien oder durch Verfaulenlassen von der Blattlamine zu befreien und dann auszuwiegen. Schließlich wurden an gepreßten Blättern innerhalb eines genau abgemessenen cm^2 die Nerven 1., 2. und 3. Ordnung mit dem Stechzirkel abgestochen und ausgemessen. Dabei ergab sich, daß die Nervenlänge der groben Nervatur von *Lac.* größer war als die von *Maj.* Die Mittelwerte betragen für *Lac.* 7,3 und für *Maj.* 5,7 cm pro cm^2 . Aus den Kurven (Abb. 2) kann man die Variationsbreite der Messungen ersehen.

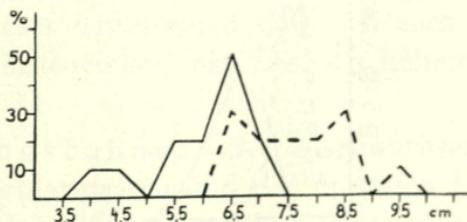


Abb. 2. Variationskurven der Nervenlängen innerhalb eines Quadratcentimeters; Nerven 1., 2., 3. Ordnung.
Ch. laciniatum — — — — —, *Ch. majus* —————

Danach verringert sich die Nervatur nicht im gleichen Maß wie die Oberfläche; denn auf die Einheit der Fläche bezogen, müßten dann die Werte für *Maj.* und *Lac.* gleich sein. Die Werte für *Lac.* sind aber um 28 % größer; die Nervatur wurde also gar nicht oder wenig verkleinert, wenigstens soweit es die Nerven 1., 2. und 3. Ordnung betrifft.

Man kann sich gut vorstellen, daß lediglich die Interkostalfelder eine Wachstumshemmung erfahren, ohne daß die gröbere Nervatur auch in Mitleidenschaft gezogen wird. Diese wird infolgedessen nur zusammengeschoben und ist dann pro cm^2 länger als die von *Maj.* Es kann aber auch sein, daß mit den Geweben der Interkostalfelder ein Teil des feinen Nervennetzes ausfällt; die mittlere Länge pro Flächeneinheit und die Variationsbreite der Nerven 1., 2. und 3. Ordnung ist dann immer noch größer als bei *Maj.*; die Gesamtlänge aber nimmt ab.

Um die zuletzt genannte Möglichkeit auf ihre Richtigkeit zu prüfen, wurde eine 2. Methode versucht, die alle Nerven bis zu den feinsten Verzweigungen und Enden des Netzes erfaßt. An den aufgehellten und mit Eosin gefärbten Blättern zeichnete ich mit Hilfe eines Vergrößerungsapparates die Nerven nach und bestimmte innerhalb einer entsprechend vergrößerten Flächeneinheit die Länge der Adern. Von den Mittelwerten aus mehreren Messungen ist nun der von *Lac.* mit 15,09 cm Nervenlänge pro cm^2 nur 79,2 % von dem von *Maj.* mit 18,92 cm pro cm^2 . Also hat *Lac.* 20,8 % auf Kosten der feinen Nervatur verloren. Damit ist obige Vermutung richtig. Vgl. dazu auch die Variationskurven der Bestimmungen auf Abbildung 3.

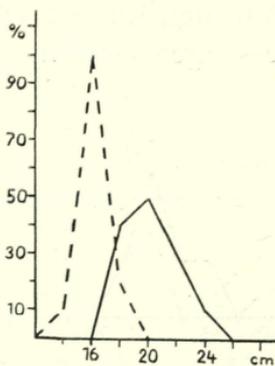


Abb. 3. Variationskurven der Nervenlänge pro cm^2 ; gesamte Nervatur.
Ch. laciniatum — — — — —, *Ch. majus* —————

Dieses verschiedenartige Verhalten der groben und feinen Nervatur ist nicht erstaunlich, wenn man bedenkt, daß *G o e b e l* (1923) für die beiden Arten der Nervatur verschiedene Wachstumsgesetze beobachtete. Da die grobe Nervatur meist zuerst angelegt wird, während die feinen Adern erst später zum Teil im Zusammenhang mit dem übrigen Blattgewebe ausgebildet werden, ist es gut möglich, daß hierfür andere Gene maßgebend sind.

e) *D i c k e* der Blätter. Zum Vergleiche der Blätter gehört auch die Bestimmung der Blattdicke. Die Mittelwerte aus einer Reihe von Messungen an Fiedern ausgewachsener Blätter sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Die Blattdicke nimmt bei beiden Pflanzen von der Spitze bzw. dem Rand nach der Ansatzstelle des Fiederblattes an der Mittelrippe hin zu. *Lac.* ist an allen Stellen um ein Beträchtliches, etwa 40 % dicker als *Maj.*

Tabelle 3. Mittelwerte der Blattdicke an verschiedenen Stellen des Blattes.

		Spitze	Mitte	Basis
Blattdicke in mm	<i>Maj.</i>	0,092	0,128	0,151
	<i>Lac.</i>	0,132	0,178	0,213
<i>Lac.</i> in % von <i>Maj.</i> . . .		143	139	141

Da wesentliche Abweichungen des inneren Baues bei *Lac.* gegenüber *Maj.* nicht zu beobachten waren, z. B. höhere Zahl der Pallisadenzellreihen — es waren bei beiden Formen unregelmäßig zwei bis drei Reihen —, kann die größere Dicke der laciniierten Blätter auf einer größeren aber auf alle Zellen gleichmäßig verteilten Substanzmenge beruhen, die ihren Ausdruck im Unterschied der Frischgewichte, bezogen auf gleiche Oberfläche finden müßte. Dieser Unterschied läßt sich auch tatsächlich nachweisen; pro Flächeneinheit hat *Lac.* ein höheres Frischgewicht. (Tab. 8, Spalte 3.)

f) *L e i t u n g s b a h n e n*. Bei ausgewachsenen Blättern mit mehreren Fiederblattpaaren und der unpaaren Endfieder sind an der Blattbasis die Leitbündel meist symmetrisch angeordnet. Jedes der oft offenen, kollateralen Bündel ist von einer chlorophyllführenden Zellschicht umgeben, innerhalb deren die Milchröhren in Abständen von wenigen Zelldurchmessern zu finden sind.

Verfolgt man in Querschnitten den Verlauf der Bündel innerhalb des Blattstieles nach der Spitze hin, dann findet man, daß die Zahl der Bündel, die durch schräge Stränge miteinander verbunden sind, langsamer abnimmt als die Zahl der Fiedern. Die in die Blättchen abgezweigten Gefäße werden zum Teil durch von den restlichen Bündeln abgespaltene Stränge ersetzt. Erst innerhalb des letzten Fiederpaares verzweigen sich die Bündel, und für die Hauptader des endständigen Blattes bleibt ein Teil des unpaaren Leitbündels.

Da der eben beschriebene Leitbündelverlauf für beide Pflanzen der gleiche ist, erübrigt es sich, auf weitere Einzelheiten einzugehen.

Die Messungen der Nervenlängen haben zwar ergeben, daß für die gleiche Blattfläche ein größeres Nervennetz zur Verfügung steht (siehe S. 146); damit ist aber über die einzelnen Leitungsbahnen, besonders über Größe und Zahl der für den Transpirationsstrom wichtigen Gefäße noch nichts ausgesagt.

Um diese Frage zu beantworten, wurden Blattstiele ausgewachsener Blätter unweit der Blattbasis querschnitten und die Zahl der Gefäße und der Durchmesser der einzelnen Röhren bestimmt. Außerdem ermittelte ich die Oberfläche des Blattes und die Zahl der Milchröhren (Tab. 4).

Die Anzahl der Milchröhren kann man nicht sehr genau bestimmen, weil bei dünnen Schnitten der Milchsaft, der nach Behandlung mit Alkohol als schwarze Masse die Milchröhren kennzeichnet, leicht verloren geht. Milchröhren ohne Inhalt lassen sich aber auf den Querschnitten nur schwer von den Nachbarzellen unterscheiden; infolgedessen sind diese Werte nur Annäherungswerte. Die Siebröhren mußten bei diesen Beobachtungen unberücksichtigt bleiben, weil sie im Querschnitt sehr klein sind und sich von den Geleitzellen kaum unterscheiden.

Die Daten unter I erlauben den Vergleich der Gefäßdurchmesser und deren relativen Häufigkeit bei *Maj.* und *Lac.* Die Zahlen unter II zeigen nochmals die Beziehung zwischen den Flächen und den Leitungsbahnen.

Aus den Prozenten der Gefäßzahl für die verschiedenen Klassen des Durchmessers (I) läßt sich entnehmen, daß *Lac.*, wenn auch nicht viel, doch etwas mehr weite Gefäße besitzt, während die kleinen Röhren an Zahl hinter denen von *Maj.* zurückstehen. Die bei der Fläche beobachtete Verminderung und Einschränkung macht sich also bei den Gefäßen nicht bemerkbar.

Tabelle 4. Verhältnis der Zahl der Gefäße verschiedener Größe zu der Gesamtzahl der Röhren (I) und der Oberfläche des Blattes (II); Mittelwerte aus mehreren Messungen.

Durchmesser in μ	Anzahl der Gefäße bei verschiedener Größe des Durchmessers			
	I. in % der Summe		II. in % der Oberfläche	
	<i>Laciniatum</i>	<i>Majus</i>	<i>Laciniatum</i>	<i>Majus</i>
39,0	3,7	2,3	10,3	6,6
32,5	7,0	5,1	23,5	13,8
26,0	9,6	9,2	32,5	27,1
19,5	21,0	15,5	72,7	48,2
13,0	33,2	35,8	111,5	111,9
6,5	25,5	33,6	81,5	108,1
Summe d. Gefäße			334,6	311,4
Zahl d. Milchr.	32,5	24,0	109,2	72,6

Die Prozentzahlen unter II sind bis auf den Wert beim kleinsten Durchmesser alle höher als die von *Maj.*; auch die Gesamtzahl der Gefäße ist für die gleiche Fläche um ein Geringes größer, mindestens soweit es die im Blattstiel zu erfassenden, zuleitenden Bahnen betrifft. Das steht in scheinbarem Widerspruch zu dem oben festgestellten geringeren Gesamtnervennetz von *Lac.* Wenn man aber bedenkt, daß die Blattstiele von *Lac.* schwächer sind als die von *Maj.* und trotzdem mehr Gefäße aufweisen, dann kann man sich vorstellen, daß die Nerven im Blatt von *Lac.* zwar an Länge mit der Blattfläche etwas ab-, aber an Mächtigkeit zunehmen, also eine etwas andere Raumverteilung erfahren. Die Mutation hat also keine räumliche Beeinträchtigung der zuleitenden Bahnen zur Folge; die Wasserversorgung ist durch Verengung oder Verminderung der Gefäße nicht gehemmt.

Untersuchungen an Blüten und Früchten.

a) Oberfläche der Blütenblätter und Staubblattzahl. Nach Besprechung der Laubblätter wenden wir uns zunächst den Blüten und Früchten zu. Die hierher gehörigen Kurven sind bereits in die Darstellung der Meßergebnisse, die wir bei den Laubblättern erhielten, aufgenommen worden (s. Abb. 1 V und Tab. 1). Gleichzeitig mit der Bestimmung der Oberfläche der

Blütenblätter zählte ich die Staubblätter in jeder Blüte aus. *Lac.* bleibt auch da mit dem Mittelwert von 22 Staubblättern hinter *Maj.* mit 29 und in der Variationsbreite etwas zurück.

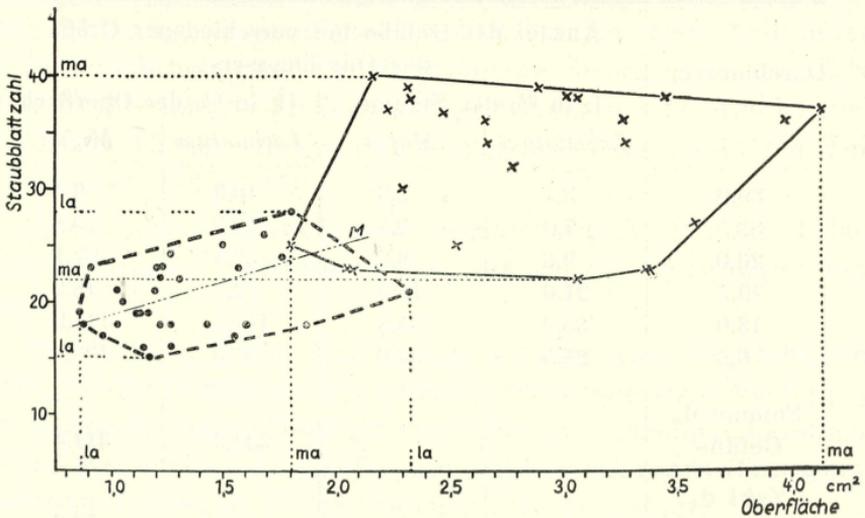


Abb. 4. Verhältnis von Staubblattzahl zu Blütenblattfläche. *Ch. laciniatum*: •, *Ch. majus*: ×; Umrißlinien: *Ch. laciniatum* — — — — —, *Ch. majus* —————; Projektionen der Extremwerte auf die Achsen: *Ch. laciniatum*: la., *Ch. majus*: ma., Mittellinie bei *Ch. laciniatum*: M.

Abbildung 4 zeigt das Verhältnis der Staubblattzahl zur Oberfläche der Blütenkrone. Auf der Abszissenachse ist die Oberfläche der Summe der vier Blütenblätter und auf der Ordinate die Zahl der Staubblätter aufgetragen. Die Größen variieren nahezu unabhängig voneinander bei beiden Pflanzen; bei *Lac.* könnte man vielleicht von einem Steigen der Staubblattzahl mit dem Größerwerden der Blütenblätter sprechen, wie es die Mittellinie zeigt, bei *Maj.* dagegen nicht. Die Projektionen der Extremwerte der Kurven auf die Achsen begrenzen die jeweiligen Variationsbreiten.

b) Pollenmengen. Diesen Untersuchungen folgten Bestimmungen der Pollenmengen. Zunächst versuchte ich die Größen der Antheren zu ermitteln, indem deren Länge und Breite gemessen wurde. Die bei *Lac.* anfangs beschriebenen drei Wuchsformen wurden getrennt untersucht; die Werte von *Maj.* gehen ebenfalls auf vier, sich allerdings nur wenig voneinander unterscheidenden Formen zurück. Jede Zahl von Tabelle 5 stellt den Mittelwert der Messungen an mehreren gleichzeitig entfalten Blüten dar; aus den Werten läßt sich die räumliche Ausdehnung

der Antheren unter der Voraussetzung, daß ihre Breite der Dicke etwa gleichkommt, errechnen (3. Spalte der Tab. 5).

Tabelle 5. Länge, Breite und Inhalt der Antheren.

		Länge in mm	Breite in mm	Inhalt in mm ³
<i>Lac.</i>	1. große Blüten	1,59	0,99	1,41
	2. stark geschlitzt, niedrig	1,26	0,70	0,62
	3. wenig geschlitzt, hoch	1,09	0,86	0,81
<i>Maj.</i>	1.	1,44	0,77	0,85
	2.	1,29	0,72	0,67
	3.	1,19	0,78	0,72
	4.	1,39	0,87	1,05

Läßt man die erste Form von *Lac.*, die besonders große Blüten hat und im Ganzen den Eindruck einer polyploiden Pflanze macht, außer Acht, dann kann man feststellen, daß die Antheren von *Lac.* etwa gerade so breit aber etwas kürzer sind als die von *Maj.*

Nun sind diese Werte aber nicht ohne weiteres zu einer Beurteilung der produzierten Pollenmenge zu gebrauchen. Deshalb versuchte ich die Pollenmenge nach der Methode von Pohl (1937) zu bestimmen. Diese beruht im wesentlichen darauf, die Gesamtmenge des Pollens des zu untersuchenden Staubblattes (Blüte) in einer bestimmten Wassermenge, z. B. 100 cm³ quantitativ aufzuschwemmen und aus der Lösung mit gleichmäßig verteilten Pollenkörnern mehrere Proben (0,1 cm³) auf einem geeichten Objektträger auszuzählen. Mittelwerte dieser Proben werden auf die Gesamtmenge umgerechnet. Pro Staubblatt hatte *Lac.* 4585, *Maj.* 5562 Pollenkörner. Die für eine Blüte festgestellte mittlere Pollenmenge betrug für *Lac.* mit 95 920 Körnern etwa 69 % von der mit 183 280 Pollen ausgezählten Körnermenge von *Maj.*

Nach diesen Untersuchungen darf man wohl sagen, daß *Maj.* nur auf Grund seiner größeren Anzahl Staubblätter und Blüten *Lac.* bei der Pollenerzeugung den Rang abläuft.

Im ganzen ist *Lac.* schon dadurch ins Hintertreffen gekommen, daß es, soweit man es schätzungsweise beurteilen kann, weniger Blüten ausbildet, von denen außerdem ein großer Teil besonders zu Beginn der Blütezeit sehr leicht irgendwelchen

Schädlingen (z. B. Pilzen) zum Opfer fallen, während *Maj.* am gleichen Standort sich viel widerstandsfähiger zeigt. Die Zahl der ausgebildeten Blüten ist außerordentlich schwierig zu bestimmen, weil das Blühen beider Formen sehr von Außenfaktoren abhängig ist; nach einer nur kurzen Schönwetterperiode z. B. setzt sofort ein Ansteigen der Blütenzahl ein. Allgemein konnte ich beobachten, daß es zwei größere Blühperioden gibt und zwar eine von April bis Juni und eine zweite von Juli bis Oktober.

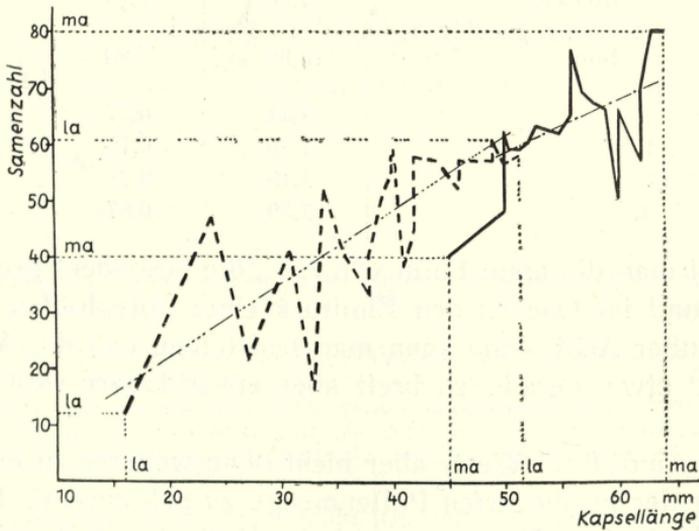


Abb. 5. Verhältnis von Kapsellänge zu Samenzahl.
Ch. majus ———, *Ch. laciniatum* - - - - -
 Projektionen der Extremwerte auf die Achsen: *Ch. laciniatum*
 la, *Ch. majus* ma, Mittellinie bei *Ch. laciniatum* - · - · - ·,
 bei *Ch. majus* — · — ·.

c) Früchte und Samen. Den Schluß des morphologischen Teils bilden Messungen an Früchten und Samen. Zunächst wurden die Kapsellängen und die Samenzahl einzelner Kapseln bestimmt. Die Abbildung 5 gibt die Verhältniszahlen zwischen Kapsellänge und Samenzahl graphisch wieder. Mittelwerte enthält die Tabelle 6. Die Werte gruppieren sich mit großen Schwankungen um eine Mittellinie (s. Abb. 5), was ja ohne weiteres verständlich ist, weil eine bestimmte Anzahl Samenanlagen ein Minimum an Kapsellänge braucht. Auch hier sind die Variationsbreiten durch Projektion der Extremwerte der Kurven auf die Achsen gekennzeichnet.

Lac. bleibt also auch bei der Ausbildung der Menge der Samen und der Fruchtgröße hinter *Maj.* zurück.

Tabelle 6. Mittelwerte der Kapsellängen und Samen und Unterschiede in Prozenten.

	Kapsellänge in mm	Samenzahl
<i>Maj.</i>	49,7	57,0
<i>Lac.</i>	41,1	51,6
<i>Lac.</i> in % von <i>Maj</i>	82,6	90,5

d) Bestimmung des 100-Samengewichts. Von Samen aus 20 Botanischen Gärten — zehn schickten beide Sorten, die übrigen nur eine — wurden jeweils 500 Stück gewogen, über Schwefelsäure bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, und die Werte auf das 100-Samengewicht umgerechnet. Die Mittelwerte betragen für *Lac.* 67,0 mg und für *Maj.* 69,8 mg je 100 Samen. Die Differenz ist so gering, daß man kaum von einem Unterschied im Samengewicht sprechen kann. Das gleiche Resultat ist auch an der Variationskurve (Abb. 6) der Samengewichte abzulesen.

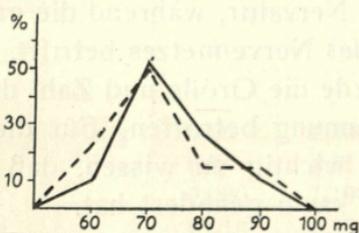


Abb. 6. Variationskurven der 100-Samengewichte.
Ch. laciniatum — — — — —, *Ch. majus* —————

Die Werte der aus verschiedenen Gärten stammenden Samen sind in Tabelle 7 zusammengestellt. Die höheren Werte sind jeweils angekreuzt. Bei den zehn Paaren sind fünfmal die Samen von *Maj.* und ebenso oft die von *Lac.* schwerer. Die Mittelwerte sind völlig gleich.

Kurze Zusammenfassung.

Bevor zu dem physiologischen Teil übergegangen wird, seien die Ergebnisse der morphologischen Studien zusammengefaßt.

Wir haben es also bei *Chel. lac.* mit einer mutierten Pflanze zu tun, die im Vergleich zur Stammform eine Reduktion der Blät-

Tabelle 7. 100-Samengewichte.

	<i>Majus</i>	<i>Laciniatum</i>
Bristol	+ 59,0 mg	51,7 mg
Antwerpen	62,8 „	+ 63,7 „
Jena	+ 63,0 „	62,9 „
Utrecht	65,5 „	+ 68,7 „
Moskau	+ 65,6 „	61,6 „
Heidelberg (Bot. Garten)	69,5 „	+ 74,6 „
Heidelberg (Bot. Inst.)	73,8 „	+ 81,6 „
Münster	74,9 „	+ 82,4 „
Freiburg	+ 75,1 „	70,8 „
Göttingen	+ 78,1 „	64,8 „
Mittelwert	68,7 mg	68,3 mg

ter erfahren hat, begleitet von einer beträchtlichen Zunahme des Blattrandes und der Blattdicke. Diese Verminderung der Fläche bezieht sich aber in der Hauptsache auf die Interkostalfelder und die feinen Adern der Nervatur, während die großen Adern, soweit es die Ausdehnung des Nervennetzes betrifft, nicht davon berührt wurden. Ebenso wurde die Größe und Zahl der Gefäße nicht von einer Wachstumshemmung betroffen. Für die Transpirationsversuche ist außerdem wichtig zu wissen, daß die Verteilung der Spaltöffnungen sich kaum geändert hat.

Vergleichende Messungen an den Blüten ergaben für *Lac.* eine kleinere Fläche der Blütenblätter und geringere Zahl an Staubgefäßen als für *Maj.* Die Pollenmengen pro Staubblatt sind nicht wesentlich verschieden, wohl aber pro Blüte infolge der kleineren Staubblattzahl. Kapsellänge und Samenzahl pro Kapsel erfahren ebenfalls bei *Lac.* eine Verminderung gegenüber *Maj.* Die 100 Samengewichte der beiden Pflanzen unterscheiden sich kaum.

Im Anschluß an die morphologischen Untersuchungen sei kurz auf den morphologischen Teil der Arbeit von M a a ß (1932) eingegangen, der sich mit dem Bau und der Transpiration laciniater Blätter beschäftigt.

Ebenso wie es beim Schöllkraut der Fall ist, findet auch M a a ß für die laciniaten Formen verschiedener Holzgewächse eine geringere Blattfläche gegenüber der normalen Form bei größerer Blattdicke. Das Verhältnis Umfang zu Oberfläche, bei M a a ß der Gestaltungsfaktor ist nicht nur für seine laciniaten Pflanzen sondern auch für *Chel. lac.* größer als

bei der normalen Form. Die z. T. starke Zunahme der Zahl der Stomata konnte ich für *Lac.* nicht bestätigen, ebensowenig eine Verengerung des Gesamtnervennetzes und eine feinere Verästelung der Gefäßbündelenden, was sich als Zunahme der Gesamtnervenzahl ausdrücken müßte; nur die Nerven 1., 2. und 3. Ordnung erfuhren eine Verlängerung je Flächeneinheit bei *Lac.* gegenüber *Maj.* Andererseits aber stimmte die Erhöhung der Zahl der zuleitenden Bahnen in den Blattstielen bei *Lac.* mit der Vergrößerung der Zahl der Blattspurstränge bei den *Majus* laciniaten Versuchspflanzen überein.

II. Physiologischer Teil.

Frisch-, Trocken- und Aschengewichtsbestimmungen.

Die formveränderten Blätter von *Lac.* veranlaßten dazu, vergleichende Frisch-, Trocken- und Aschengewichtsbestimmungen vorzunehmen. Eine relative Auswertung der Daten schien geboten (s. Tab. 8).

Tabelle 8. Frisch-, Trocken- und Aschengewichtsbestimmungen und Vergleiche mit der Oberfläche der Serien I und II beider Pflanzen.

	<i>Majus</i>		<i>Laciniatum</i>	
	I	II	I	II
1. Absolute Werte:				
Frischgewicht. in g	0,26	2,50	0,30	2,65
Wassergehalt „ „	0,24	2,31	0,28	2,45
Trockengewicht „ „	0,020	1,190	0,021	0,195
organische Substanz „ „	0,016	0,15	0,016	0,146
Aschengewicht (anorg. S.) „ „	0,0038	0,044	0,0047	0,049
Oberfläche in cm ² und	13,80	98,10	12,37	80,38
Differenz der beiden Werte .	84,30		68,01	
2. in % des Frischgewichts:				
Wassergehalt	92,10	92,51	92,91	92,88
Trockengewicht	7,98	7,49	7,08	7,12
organische Substanz	6,37	5,80	5,52	5,44
Aschengewicht	1,52	1,69	1,56	1,68
Oberfläche.	5580	4513	4118	3205
3. in % der Oberfläche:				
Frischgewicht	18,00	24,72	24,50	31,36
4. in % des Trockengewichts:				
Aschengewicht	19,59	22,60	22,12	23,60

Aus einer größeren Menge gleichmäßig gewachsener Keimlinge wurden 10 Stück jeder Art drei Wochen nach dem Keimen zur Bestimmung dieser Daten verwendet: Serie I; nach weiteren sieben Wochen folgte Serie II mit ebenfalls je 10 Stück aus der gleichen Kultur.

Der Vergleich der Tabelle 8 zeigt uns, daß bei gleichem Frischgewicht *Lac.* schon in diesen jungen Pflanzen einen etwas größeren Wassergehalt und ein etwas geringeres Trockengewicht hat als *Maj.*; die organische Substanz bleibt ebenfalls zurück hinter der von *Maj.*, während die anorganische Substanz größer (Serie I) oder fast so groß (Serie II) ist wie die von *Maj.* Die Oberfläche der Blätter ist wesentlich geringer als die der Stammform bei gleichem Frischgewicht. Bei beiden Pflanzen nehmen die Prozente der Oberfläche von Serie I zu Serie II ab, d. h. das Frischgewicht nimmt relativ stärker zu als die Oberfläche.

Man kann das Ergebnis auch anders formulieren: zum Aufbau des gleichen Frischgewichts braucht *Lac.* am Anfang des Wachstums etwas mehr Wasser, weniger organische aber mehr anorganische Substanz; die dabei erreichte Blattoberfläche ist ungleich kleiner als die junger *Maj.*-Pflanzen.

Aus den Werten der Tabelle 8 (3) geht außerdem hervor, daß *Lac.* nun umgekehrt bei gleicher Oberfläche ein viel größeres Frischgewicht besitzt, bzw. zum Aufbau gleicher Fläche ein bedeutend größeres Frischgewicht braucht. Die übrigen Werte gliedern sich entsprechend den eben besprochenen Verhältniszahlen ein.

Aus Spalte 4 der Tabelle 8 ist schließlich das Verhältnis von Trocken- zu Aschengewicht zu ersehen.

Die Unterschiede zwischen beiden Pflanzen auch im Lauf der Entwicklung von Serie I zu Serie II gehen klarer aus der Abbildung 7 hervor, wo für alle Bestimmungen der Tabelle 8 (2) (3) (4) die Werte von *Lac.* in Prozenten von denen von *Maj.* ausgedrückt sind.

Außer diesen Serien sind die Daten dreier weiterer Untersuchungen in gleicher Weise in die Abbildung 7 aufgenommen, die an älteren Pflanzen gewonnen wurden. Diese gliederten sich in drei Gruppen: 1. ältere Pflanzen (Gr. 1), im Gewächshaus in Kästen aufgezogen wie die Serie II, aber etwa 2 Monate älter als diese; 2. ältere Pflanzen (Gr. 2) im Gewächshaus zur Untersuchung der Wurzeln in einzelnen Töpfen gezogen, etwa 4 Monate älter als Serie II; 3. ausgewachsene Blätter von Freilandpflanzen.

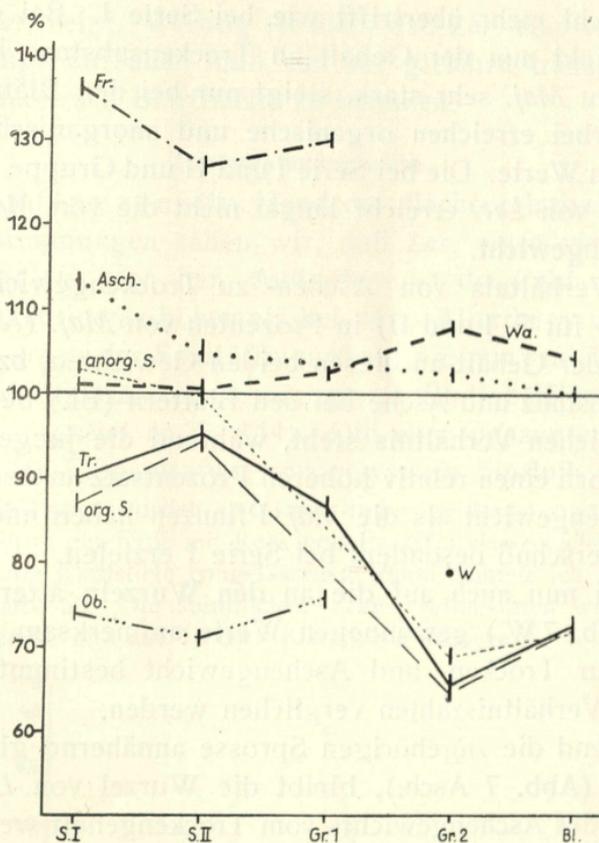


Abb. 7.

1. Die Werte für Wassergehalt (Wa.), Trockengewicht (Tr.), organische (org. S.) und anorganische Substanz (anorg. S.) bezogen auf gleiches Frischgewicht für *Lac.* in % von denen von *Maj.* 2. Verhältnis von Aschen- zu Trockengewicht von *Lac.* in % von dem von *Maj.* für die Sprosse (Asch.) und Wurzeln (W). 3. Flächenrelatives Frischgewicht Fr. von *Lac.* in % von dem von *Maj.* Junge Pflanzen: Serie I (S. I) und Serie II (S. II); ältere Pflanzen: Gruppe 1 (Gr. 1), Gruppe 2 (Gr. 2) und Blätter (Bl.).

Der Unterschied im Gehalt an Wasser (Wa.), Trockensubstanz (Tr.), bzw. organischer (org. S.) und anorganischer Substanz (anorg. S.) und der dabei erreichten Oberfläche (Ob.) im Lauf der Entwicklung von jungen zu älteren Pflanzen läßt sich an Abbildung 7 nun leicht ablesen.

Der Wassergehalt von *Lac.* ist anfangs nur wenig größer, nimmt dann aber zu und ist auch bei den Blättern noch höher als bei *Maj.* Das Trockengewicht von *Lac.* steigt von Serie I zu Serie II und zwar infolge der stärkeren Zunahme an organischer Substanz, während die anorganische Substanz die von *Maj.* in

Serie II nicht mehr übertrifft wie bei Serie I. Bei den älteren Pflanzen sinkt nun der Gehalt an Trockensubstanz bei *Lac.* im Vergleich zu *Maj.* sehr stark, steigt nur bei den Blättern wieder etwas; hierbei erreichen organische und anorganische Substanz die gleichen Werte. Die bei Serie I und II und Gruppe I bestimmte Oberfläche von *Lac.* erreicht längst nicht die von *Maj.* bei gleichem Frischgewicht.

Das Verhältnis von Aschen- zu Trockengewicht von *Lac.* (Tab. 8 (4) für S. I und II) in Prozenten von *Maj.* (Asch. Abb. 7) zeigt, daß der Gehalt an diesen beiden Gewichten, bzw. an organischer Substanz und Asche bei den Blättern (Bl.) bei den Pflanzen im gleichen Verhältnis steht, während die jungen laciniaten Pflanzen noch einen relativ höheren Prozentsatz an Aschengewicht vom Trockengewicht als die *Maj.*-Pflanzen haben und damit den großen Überschuß besonders bei Serie I erzielen.

Es sei nun auch auf die an den Wurzeln älterer Pflanzen (Gr. 1, Abb. 7 W.) gewonnenen Werte aufmerksam gemacht. Es konnten nur Trocken- und Aschengewicht bestimmt und damit nur deren Verhältniszahlen verglichen werden.

Während die zugehörigen Sprosse annähernd gleiche Werte aufweisen (Abb. 7 Asch.), bleibt die Wurzel von *Lac.* mit den Prozenten des Aschengewichts vom Trockengehalt wesentlich hinter den entsprechenden Daten von *Maj.* zurück.

Schließlich sei noch auf die Zahlen der Spalte 1 Tabelle 8 hingewiesen, die die Mittelwerte der absoluten Bestimmungen darstellen und, da die Pflanzen sorgfältig ausgewählt waren, als Daten einer normal gewachsenen Pflanze gelten können. Die Differenzen zwischen Serie I und Serie II jeder Pflanze sind zum besonderen Anführen zu gering, ausgenommen die Zunahmen der Oberflächen; denn der Zuwachs an Fläche bei *Lac.* beträgt nur 80,1 % von dem bei *Maj.*, während das Frischgewicht von *Lac.* um 5 % mehr als *Maj.* zugenommen hat.

Bei den vergleichenden Gewichtsbestimmungen konnte für *Lac.* ein größerer Wassergehalt aber z. T. viel geringere Mengen an organischer und anorganischer Substanz und kleinere Oberfläche bei gleichem Frischgewicht festgestellt werden. Im Lauf der Entwicklung nimmt bei beiden Pflanzen die Oberfläche nicht in gleichem Maß zu wie das Frischgewicht; das Verhältnis von organischer zu anorganischer Substanz wird nahezu gleich bei den Sprossen, während die Wurzel dabei große Differenzen zu Gun-

sten von *Maj.* zeigt. Wichtig ist also, daß *Lac.* eine viel größere Substanzmenge aufbauen muß, um zur gleichen transpirierenden und assimilierenden Blattfläche zu kommen.

Transpirationsversuche.

a) An Pflanzen. An Hand der flächenrelativen Trockengewichtsbestimmungen sahen wir, daß *Lac.* einen viel größeren Wassergehalt als *Maj.* hat. Außerdem ist die Zahl der großen Leitungsbahnen etwas höher als bei *Maj.* Allerdings war nur geringe Differenz in der Spaltöffnungszahl pro mm² zu finden, während die Verhältniszahl des Umfangs zur Blattoberfläche zu Gunsten von *Lac.* ausfiel (s. S. 144). Die eben genannten Faktoren können bei der Transpiration von gewissem Einfluß sein.

Kleine Pflanzen wurden in Glaszylinder gepflanzt und diese nach dem Anwurzeln in der Erde mit Kork und Paraffin wasserdicht abgeschlossen. Den um die Blattstiele freigelassenen Raum dichtete ich mit Vaseline getränkter Watte ab. Die stündlichen Transpirationsraten wurden durch Abwägen bestimmt und auf 10 cm² Blattfläche bezogen.

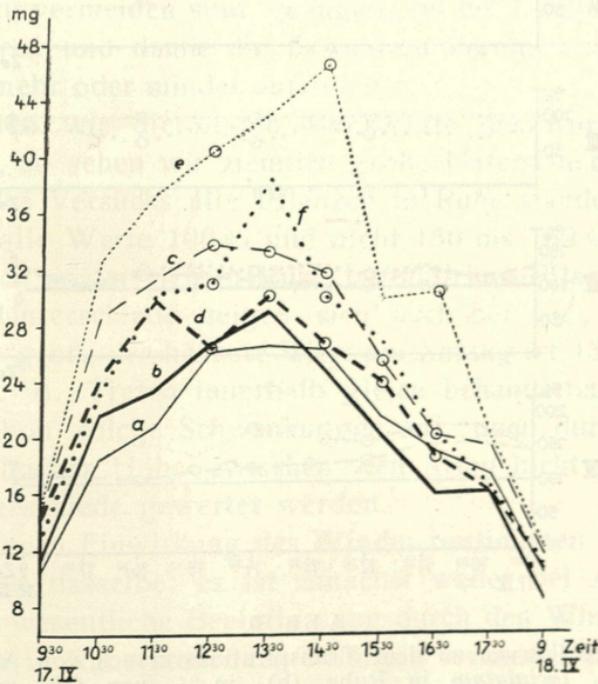


Abb. 8. Transpirationsversuch mit Pflanzen, bezogen auf gleiche Fläche (10 cm²)

in Ruhe im Wind abwechselnd in Ruhe und Wind

Ch. majus: a: ————— c: - - - - - e:
Ch. laciniatum: b: ————— d: - - - - - f: ●●●●●

nach Einwirkung des Windes gewonnene Werte mit o bezeichnet.

Es kam bei diesen Versuchen vor allen Dingen darauf an, festzustellen, ob die veränderte Blattgestalt die Transpiration wesentlich beeinflusst, und ob die Einwirkung des Windes dabei von Bedeutung sei. Deshalb liefen immer Transpirationmessungen von Pflanzen in Ruhe und Wind parallel; meist gehörte auch noch eine dritte Gruppe von Pflanzen dazu, die eine Stunde in ruhiger und eine Stunde in bewegter Luft sich befanden. Der Wind wurde von einem Ventilator erzeugt (ca. 1 m/sec.).

Es sei hier nur einer der Versuche besprochen, da die übrigen im wesentlichen das gleiche Resultat ergaben. Die Kurven a und b der Abbildung 8 sind von in ruhiger Luft stehenden Pflanzen gewonnen. *Lac.* (Kurve b) transpiriert z. T. stärker, z. T. schwächer als *Maj.* (Kurve a). *Maj.*-Pflanzen, die sich von 12³⁰

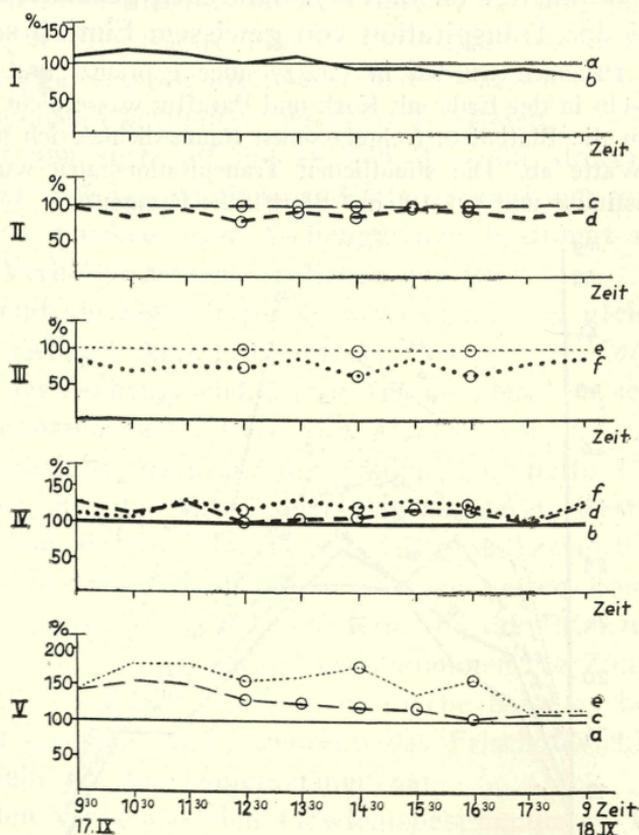


Abb. 9.

Prozentkurven zu dem Transpirationsversuch von Abb. 8.
 I. *Ch. laciniatum* in Ruhe (b) in % von *Ch. majus* in Ruhe (a); II. *Ch. laciniatum* im Wind (d) in % von *Ch. majus* im Wind (c); III. *Ch. laciniatum* abwechselnd in Ruhe und Wind (e) (f) in % von *Ch. majus* abwechselnd in Ruhe und Wind; IV. *Ch. laciniatum* im Wind (d) und abwechselnd in Ruhe und Wind (f) in % von *Ch. laciniatum* in Ruhe; V. dasselbe für *Ch. majus* wie IV. für *Ch. laciniatum*; die Kurvenzeichnung ist die gleiche wie bei Abb. 8.

bis 16³⁰ Uhr im Wind befanden (Kurve c) transpirierten viel stärker als laciniate Pflanzen, die denselben Bedingungen unterworfen waren (Kurve d). Von den Pflanzen, auf die der Wind mit Pausen von einer Stunde Ruhe einwirkte (Kurven e und f), gaben wieder die *Maj.*-Pflanzen mehr Wasser ab.

Um die Kurven besser vergleichen zu können, sind die Werte in Prozente umgerechnet (Abb. 9), und zwar erstens *Lac.* in % des dazugehörigen *Maj.* (Kurven I, II und III) und zweitens sind die Werte der verschiedenen *Lac.*-Kurven in % der Werte von *Lac.* in Ruhe festgestellt worden (Kurven IV) und für *Maj.* ebenso (Kurven V).

Es entspricht durchaus den Ergebnissen der Transpirationsphysik (Seybold 1929), daß *Lac.* in Ruhe mehr Wasserdampf abgeben kann als *Maj.* (Abb. 9, Kurve I), da bei gleicher Blattfläche *Lac.* einen größeren Rand besitzt. In unbewegter Luft macht sich die „Randfeldverdunstung“ bemerkbar. Schon geringe Konvektionsströme, die auch bei guter Versuchsanordnung nur schwer zu vermeiden sind, genügen, um die Dampfhaubenbildung zu stören und damit die besondere Verdunstungswirkung des Randes mehr oder minder aufzuheben.

Betrachten wir die ersten *Maj.*-Werte der Kurven V auf Abbildung 9, so sehen wir ziemlich große Unterschiede, obwohl im Anfang des Versuchs alle Pflanzen in Ruhe standen; eigentlich müßten alle Werte 100 % und nicht 150 bis 180 % von dem Wert der auch später sich in Ruhe befindlichen Pflanzen betragen. Diese Unterschiede zeigen sich auch bei *Lac.*, allerdings nicht ganz so groß; der höchste Wert am Anfang ist 130 % (Kurven IV, Abb. 9). Treten innerhalb gleich behandelten Pflanzen jeder Art schon solche Schwankungen auf, dann dürfen Differenzen in gleicher Höhe zwischen den Arten nicht als grundlegende Unterschiede gewertet werden.

Für die nach Einwirkung des Windes bestimmten Transpirationswerte gilt dasselbe: es ist zunächst weder bei *Maj.* noch bei *Lac.* eine wesentliche Beeinflussung durch den Wind im Vergleich zu den in Ruhe stehenden Pflanzen festzustellen. Abweichungen lassen sich finden, aber nicht nur im Sinn einer Transpirationssteigerung, sondern auch in umgekehrter Richtung.

Die Kurven II und III zeigen, daß weder bei dauernder noch bei unterbrochener Einwirkung des Windes *Lac.* mehr Wasser abgibt als *Maj.* Es konnte bei anderen Versuchen auch der um-

gekehrte Fall eintreten, daß also *Lac.* absolut mehr Wasser abgab als *Maj.*

Auf weitere Einzelheiten in der Frage der Windwirkung sei hier nicht näher eingegangen, da sie für diesen Vergleich keine wesentliche Bedeutung haben.

b) An Modellen. Neben den Transpirationsversuchen mit Pflanzen wurden noch Modellversuche angestellt, um die Wasserabgabe laciniater Formen zu studieren. Blattmodelle aus Pappdeckel wurden mit Wasser getränkt, an den Rändern mit Paraffin überzogen und schließlich unter verschiedenen Bedingungen auf ihre Transpiration geprüft. Es galt vor allem festzustellen, wie diese in ruhiger und bewegter Luft bei den *Maj.*- und *Lac.*-Modellen verlief.

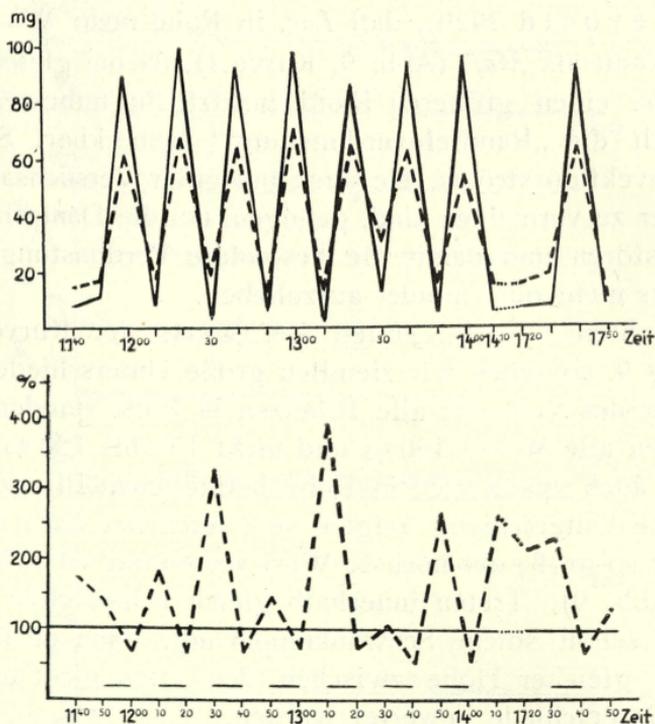


Abb. 10. Transpirationsversuch mit Modellen, bezogen auf gleiche Fläche (10 cm^2).

Ch. laciniatum — — — — —, *Ch. majus* —————;
oben: Wasserdampfabgabe in mg.; unten: *Ch. laciniatum* in %
von *Ch. majus*; Temperatur: 19 bis 20° , Windstärke: 1,0 bis
1,3 m/sec. Psychrometerdifferenz: in Ruhe $1,2^\circ$, im Wind $2,6^\circ$.
Einwirkung des Windes — — — — —; von 14^{10} bis 17^{20} keine Messung.

Da auch hier die Ergebnisse der verschiedenen Versuche in eine Richtung weisen, sei nur einer der Versuche beschrieben. Die Modelle standen je 10 Minuten in ruhiger und 10 Minuten in bewegter Luft; der Wind hatte eine Stärke von 1,0—1,3 m/sec. Die Psychrometerdifferenz,

die von Zeit zu Zeit geprüft wurde, schwankte um 2° d. s. bei 20° C etwa 80 % Luftfeuchtigkeit. Die oberen Kurven auf Abb. 10 geben die auf gleiche 10 cm²-Fläche umgerechnete Wasserdampfabgabe wieder; die untere Kurve stellt die flächenrelativen Werte von *Lac.* in % von denen von *Maj.* dar.

Wir finden, daß das Modell des laciniaten Blattes in Ruhe mehr, im Wind aber weniger Wasser abgibt als das des normalen Blattes. Da die Modelle aus dem gleichen Material bestehen und ihre Transpirationswerte auf gleiche Fläche bezogen sind, können die Unterschiede in der Wasserabgabe nur auf den relativ größeren Blattrand zurückgeführt werden.

Das Blatt von *Maj.* ist gebuchtet, während aber die äußeren Bogen groß und weit sind, sind die inneren Buchten klein und eng. Die Blätter von *Lac.* sind fast ganz in einzelne Lappen aufgeteilt, die durch tiefe, breite Buchten voneinander getrennt sind. Eine Dampfhaubenbildung in ruhiger Luft ist infolgedessen bei *Lac.* sehr erschwert, da der Wasserdampf zwischen den Lappen immer abfließen kann (Konvektionswirkung), während die Bildung einer Dampfhaube bei *Maj.* durch die kleinen, engen Buchten begünstigt wird.

Lassen wir nun den Wind auf die Modelle einwirken, dann können wir eine Steigerung der Transpiration bei beiden Formen feststellen; nunmehr gibt aber das *Maj.*-Modell in gleicher Zeit mehr Wasser ab als das *Lac.*-Modell gegenüber unbewegter Luft.

Die Modellversuche weisen also darauf hin, daß nur in ruhiger Luft eine stärkere Transpiration der *Lac.*-Blätter zu erwarten ist, nicht dagegen im Wind oder bei Konvektionen. Da in der freien Natur unbewegte Luft nie vorhanden ist, so wird die Form des *Lac.*-Blattes gegenüber der des *Maj.*-Blattes keine stärkere Transpiration bedingen.

Wenn M a a ß (1932) in einigen Fällen bei laciniaten Blättern verschiedener Arten gegenüber den Stammformen eine gesteigerte Transpiration fand, so werden physiologische Verschiedenheiten eine größere Rolle gespielt haben als die Unterschiede in den Blattformen.

Nach der Besprechung der Verdunstungsverhältnisse der beiden Pflanzen sei auf die Versuche und Beobachtungen eingegangen, die sich mit dem Wachstum und der Entwicklung der beiden Arten beschäftigen.

Keimversuche.

Keimversuche mit ungebeizten Samen ergaben bei der langen Keimzeit von 3 bis 4 Wochen infolge einer Verpilzung unsichere Resultate. Deshalb wurden beim zweiten Versuch mit „Usulum“ gebeizte Samen von 16 verschiedenen Gärten zum Keimen angesetzt — davon fünfmal beide Sorten aus der gleichen Stadt — und ins Dunkle gestellt. Dabei keimten manche Samen sehr rasch; nach 10 Tagen hatten z. B. *Lac.* von Kopenhagen 70° „, von Baarn 70% und von Münster 69% und *Maj.* von Utrecht 32° „ und von Budapest 82% erreicht, während andere in der gleichen Zeit schlecht keimten, später aber noch hohe Prozentzahlen erlangten, z. B. *Maj.* vom Bot. Inst. Heidelberg nach 10 Tagen 5%, am Schluß 73° „ und von Brüssel

nach 10 Tagen 2 0/0, dann 78 0/0. Von den Samen aus gleichen Städten keimten diesmal *Maj.* besser, aber auch wieder mit schlechten Prozentzahlen.

Damit mußten in diesem Jahr die Keimversuche aufgegeben werden, besonders, da Nachprüfungen ergaben, daß ein Teil des Saatguts nicht einheitlich sondern mit Samen der anderen Art untermischt war.

Nachdem im ersten Jahr über die Keimfähigkeit beider Arten nichts entschieden werden konnte, wurden im nächsten Jahr noch einmal Versuche unternommen. Bei einem kleinen Vorversuch mit diesjährigen Samen einheitlichen Samengutes von Pflanzen gleichen Standorts erreichte *Maj.* 61 0/0 und *Lac.* nur 37 0/0. *Maj.* keimt danach also besser als die Mutationsform.

Diesem Vorversuch folgten drei größere Serien.

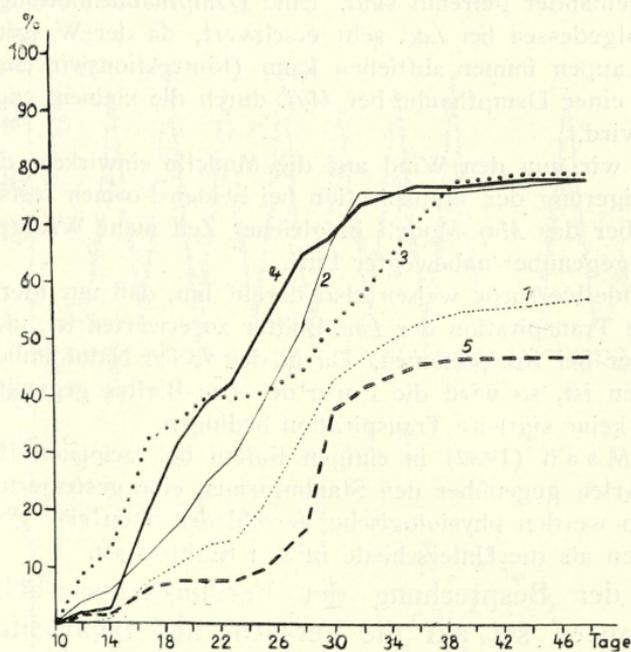


Abb. 11. Keimversuche mit Samen verschiedener Sorten; Serie I, gleich nach dem Ernten ausgelegt; reife Samen.

Ch. majus mit großen Blüten (Kurve 1), mit kleinen Blüten (Kurve 2); *Ch. laciniatum* mit leicht geschlitzten Blüten, hochwüchsig (Kurve 3), mit stark geschlitzten Blüten, hochwüchsig (Kurve 4), mit starkgeschlitzten Blüten, niedrigwüchsig (Kurve 5).

Abbildung 11 zeigt die Kurven der ersten Serie. Von verschiedenen Wuchsformen wurden die Samen geerntet und sofort je 100 Stück zum Keimen ausgelegt und zwar von *Maj.* von groß- (1) und kleinblütigen (2) Pflanzen und von *Lac.* von hochwüchsigen Pflanzen mit leicht (3) und stark (4) geschlitzten Blütenblättern und von niedrig wüchsigen mit stark geschlitzten Blü-

tenblättern (5). Außerdem sollten von jeder Form noch unreife mit brauner Samenschale keimen. Bei 1, 2 und 4 waren hellbraune Samen zum Auslegen vorhanden; die Samen von 3 und 5 waren fast reif, d. h. die Samenschale schon ziemlich dunkel. Die Kurven der unreifen Samen sind mit gleicher Nummer und Zeichnung auf Abbildung 12 wiedergegeben.

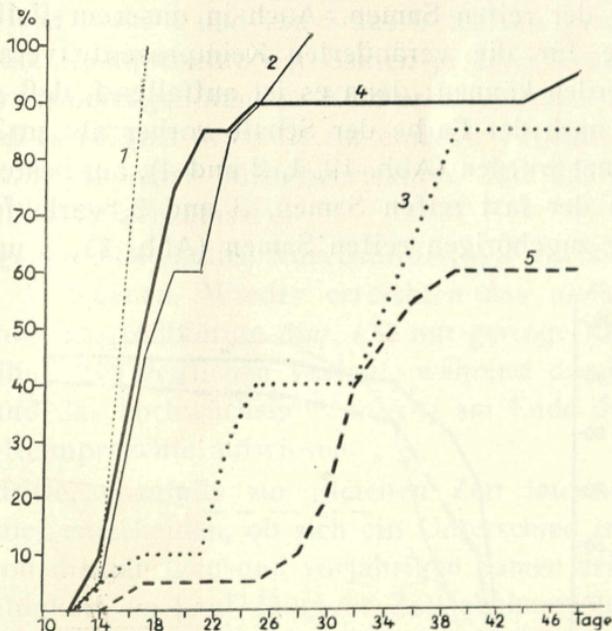


Abb. 12. Keimversuch mit Samen verschiedener Sorten; Serie I, gleich nach dem Ernten ausgelegt; unreife Samen. Kurvenzeichnung siehe Abb. 11.

Die Schalen dieser und der folgenden Serien standen alle unter den gleichen Bedingungen im Gewächshaus bei einer mittleren Temperatur von etwa 20° ohne künstliche Beleuchtung. Bei starker Sonnenbestrahlung wurden die Schalen beschattet.

Beim Betrachten der Kurven fällt auf, daß eine Keimung oft erst nach 14 Tagen aber für beide Formen gleichzeitig eintritt. Bei den reifen Samen nun (Abb. 11) erreichte keine Form 100% Keimung. Es finden sich sowohl für *Maj.* wie für *Lac.* Sorten, die anfangs schlecht — 1 und 5 nach drei Wochen mit noch nicht 15% — und am Ende nach sieben Wochen nur mit 57% (1) bzw. 47% (5) keimen. Außerdem sind aber auch beide Pflanzen mit relativ gut keimenden Formen vertreten: Kurve 2 für *Maj.*, 3 und 4 für *Lac.* steigen nach fünf Wochen bis zu ungefähr 75%.

Ein Teil der Kurven der unreifen Samen zeigen einen interessanten Verlauf (Abb. 12, Kurven 1, 2 und 4). Die unreifen

Samen der Wuchsformen 1 und 2 bei *Maj.* und 4 bei *Lac.* keimen viel rascher und mit höheren Prozentsätzen als die zugehörigen reifen Samen. Ähnliche Beobachtungen macht Dutt (1937), der feststellt, daß unreife Samen von *Cajanus* viel besser keimen können als die reifen, da ihre Samenschalen für Wasser noch leichter permeabel sind; außerdem sind sie besser benetzbar als die harten Schalen der reifen Samen. Auch in unserem Fall wird die Samenschale für die veränderten Keimprozente verantwortlich gemacht werden können; denn es ist auffallend, daß gerade die Samen, die nach der Farbe der Schale vorher als am wenigsten reif bezeichnet wurden (Abb. 12, 1, 2 und 4), am besten keimten. Die Kurven der fast reifen Samen, 3 und 5, verlaufen ähnlich wie der der zugehörigen reifen Samen (Abb. 11, 3 und 5).

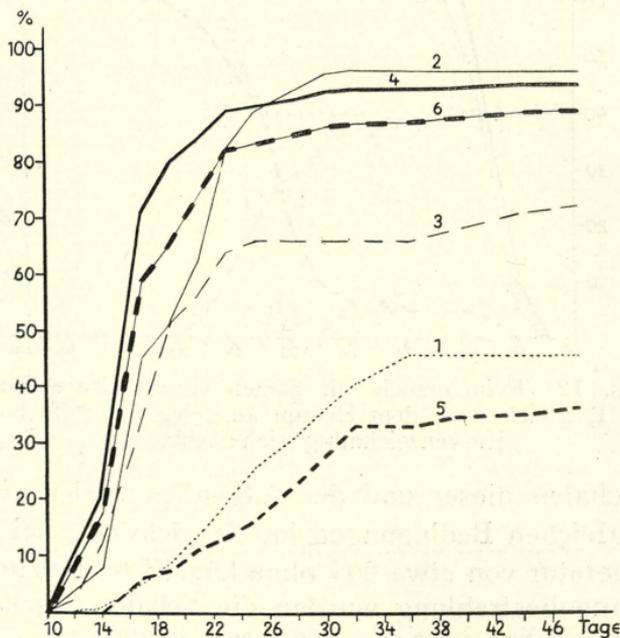


Abb. 13. Keimversuch mit Samen verschiedener Sorten; Serie II, 39 Tage nach der Ernte ausgelegt.

Ch. majus dünn gezeichnete Kurven 1, 2 und 3; *Ch. laciniatum* dick gezeichnete Kurven 4 und 5; *Ch. majus*, heterozygot, Kurve 6; die Kurven 1, 2, 4 und 5 stammen von der gleichen Sorte wie die Kurven 1, 2, 4 und 5 von Abb. 11 und 12 mit derselben Zeichnung.

Bei der zweiten gleichzeitig angesetzten Serie sind wieder Samen verschiedener Wuchsformen verwendet, aber mit dem Unterschied, daß die Samen 39 Tage nach der Ernte zum Keimen ausgelegt wurden. Die Kurven 1 und 2 bei *Maj.* und 4 und 5 bei *Lac.* (Abb. 13) stammen von Pflanzen gleicher Wuchsform

wie die Kurven mit gleicher Nummer und gleicher Kurvenzeichnung bei der vorhergehenden Serie (Abb. 11), die Kurve 3 von *Maj.*-Pflanzen mit ganz leicht geschlitzten Blütenblättern und etwas kleineren Laubblättern als die normale Form und die Kurve 6 von heterozygoten Pflanzen.

Die Werte der Kurven 1, 2, 4 und 6 sind als Mittelwerte aus 4, die von 3 aus 5 und von 5 aus 3 Kurven gewonnen, die ihrerseits die Keimprozent der Samen je einer Frucht darstellen. Die zusammengehörenden Keimprozentkurven verliefen so ähnlich, daß es möglich war, die für einzelne Früchte bestimmten Keimprozent zu einer Mittelwertkurve für die betreffende Wuchsform zusammenzufassen.

Es ergaben sich ähnlich Kurvenbilder, wie wir sie schon aus Abbildung 11 kennen. Wieder erreichten das niedrigwüchsige *Lac.* (5) und das großblütige *Maj.* (1) nur geringe Keimprozent in einem ähnlichen zeitlichen Verlauf, während das kleinblütige *Maj.* (2) und das hochwüchsige *Lac.* (4) am Ende des Versuchs sehr hohe Keimprozent aufwiesen.

Der dritte, ebenfalls zur gleichen Zeit laufende Versuch sollte darüber entscheiden, ob sich ein Unterschied in der Keimfähigkeit von diesjährigen und vorjährigen Samen zeigt, ob z. B. die Keimfähigkeit im Lauf längerer Zeit abnimmt, und ob sich dabei die Vergleichspflanzen verschieden verhalten. Es waren von mehreren Pflanzen beider Formen Samen von 1936 und 1937 vorhanden. Auf eine Wiedergabe der Kurven sei verzichtet.

Es fanden sich sowohl *Maj.*-Samen von 1936, die schlecht keimten, während die Ernte von 1937 von der gleichen Pflanze gute Keimprozent erzielte, als auch umgekehrt schlechte Ergebnisse bei 1937er Saatgut und gute bei den zugehörigen Samen von 1936. Dasselbe Bild ergab sich auch bei *Lac.*-Samen.

Das Ergebnis dieser drei Serien sei kurz zusammengefaßt. Es gibt bei beiden Pflanzen Formen mit guter und schlechter Keimfähigkeit der Samen, sowohl gleich nach der Ernte (Serie I) als auch einige Wochen später (Serie II) wie nach einem Jahr (Serie III). Da aber nicht einzelne, sich entsprechende Ökotypen untersucht werden, sondern die Gesamtheit der laciniaten Formen der Gesamtheit der normalen Formen gegenübersteht, kann man von einer besseren Keimfähigkeit der einen oder der anderen Art nicht sprechen.

Konkurrenzversuche.

Eine weitere Gruppe von Versuchen sollte uns zeigen, wie es den laciniaten Pflanzen ergeht, die in einem *Maj.*-Bestand aufwachsen. Nach dem Vorbild der Konkurrenzversuche von Correns (1929), bei denen Pflanzen in Wettbewerb treten, wurden eine bestimmte Zahl von Individuen zusammengepflanzt. Bei diesen Versuchen mußte es sich entscheiden, ob die laciniaten Individuen ebenso lebenskräftig sind wie die *Maj.*-Pflanzen oder ob jene diesen über- oder unterlegen sind.

Man setzt die Versuche so an, daß vier gleichalte Pflanzen in einem Blumentopf in gleichem Abstand voneinander aufwachsen. Man setzt dreierlei Kombinationen an: I. vier Pflanzen der Stammform, II. je zwei von der Stammform und der Mutationsform (das ist die eigentliche Konkurrenz), III. vier Pflanzen der Mutationsform. I und III sind Kontrollversuche. Bei der Auswertung der Frischgewichte ergaben sich infolgedessen vier Gruppen von Pflanzen: 1. *Maj.* aus Topf I : M_I, 2. *Maj.* aus Topf II : M_{II}, 3. *Lac.* aus Topf II : L_{II}, 4. *Lac.* aus Topf III : L_{III}. M_{II} und L_{II} konkurrieren also miteinander, während M_I und L_{III} jeweils mit der eigenen Art in Wettbewerb stehen.

Bei den meisten Versuchen wurden für jede dieser vier Gruppen zwanzig Pflanzen verwendet; es mußten deshalb doppelt soviel Konkurrenztöpfe angesetzt werden als Kontrolltöpfe einer Art.

Nach etwa 4 bis 5 Monaten, bei großen Töpfen etwas später, wurden die Pflanzen abgeschnitten. Die Frischgewichte galten als Maß der Lebensfähigkeit beider Arten.

1. Erster Versuch und seine Deutung. Die Frischgewichte — Mittelwerte einer Pflanze — der vier Gruppen, die bei dem ersten Versuch ermittelt wurden — die Pflanzen wuchsen in 2500 Gramm Erde in Töpfen von 22 Zentimeter Weite; Versuchsdauer 7¹/₂ Monate; Standort: schattiger Platz im Freien — sind folgende:

- | | | | |
|---------------------------|------------------------|---------------|--------|
| 1. <i>Maj.</i> aus Topf I | M _I , | wog im Mittel | 10,7 g |
| 2. „ „ „ | II M _{II} , | „ „ „ | 15,3 g |
| 3. <i>Lac.</i> „ „ | II L _{II} , | „ „ „ | 4,6 g |
| 4. „ „ „ | III L _{III} , | „ „ „ | 12,2 g |

Noch anschaulicher wird das Ergebnis an Hand der Kurven (Abb. 14). Für jede dieser vier Gruppen wurde eine Variationskurve aufgestellt, wobei auf der Abszissenachse die Frischgewichte der Pflanzen in Klassen, auf der Ordinate die Anzahl der Werte bzw. die Prozente der Gesamtzahl der für diese Kurve verwendeten Pflanzen aufgetragen wurden.

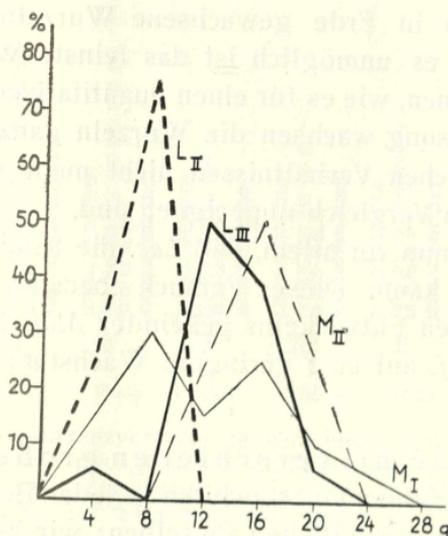


Abb. 14. Variationskurve der Frischgewichte des ersten Konkurrenzversuchs.

Ch. laciniatum dick gezeichnete Kurven, *Ch. majus* dünn gezeichnete Kurven; die Kurven aus der Konkurrenz zwischen *Ch. laciniatum* (L_{II}) und *Ch. majus* (M_{II}) gestrichelt, die Kurven der Kontrollen, d. h. jede Pflanze mit sich im Wettbewerb, M_I und L_{III} ausgezogen.

Lac., das mit *Maj.* in Konkurrenz stand (L_{II}) blieb also wesentlich hinter dem *Lac.* zurück, das mit sich selbst konkurrierte (L_{III}), während *Maj.* im Wettbewerb mit *Lac.* (M_{II}) dieses überflügelte und auch über dem Mittelwert der Kontroll-*Maj.* lag.

Jede *Maj.*-Pflanze hat im Topf I einen bestimmten Platz bzw. Erdmenge zur Verfügung, ebenso jede *Lac.*-Pflanze in Topf III. Dabei scheint das Wurzelsystem von *Lac.* weniger rasch zu wachsen als das von *Maj.* Das Frischgewicht des abgeschnittenen Sprosses ist somit größer als das von *Maj.* aus Topf I, das schon früher gezwungen ist, sein Wachstum einzuschränken. Sitzen aber *Maj.* und *Lac.* in einem Topf (II), dann hat *Maj.* die Möglichkeit, den Topf rasch zu durchwurzeln und damit das Wachstum des Sprosses bedeutend zu heben. Das langsamere *Lac.* findet bald seinen Teil Erde von *Maj.* mit Beschlag belegt und ist im Wachstum gehemmt.

Diese Erklärung ist für das verschiedene Wachstum der beiden Pflanzen naheliegend, zumal das Wurzelsystem junger *Lac.*-Pflanzen wesentlich schwächer ist als das der gleichaltrigen *Maj.*-Exemplare.

Der Versuch in Erde gewachsene Wurzeln herauszulösen, schlug fehl, da es unmöglich ist das feinste Wurzelwerk vollständig zu gewinnen, wie es für einen quantitativen Vergleich nötig wäre. In Nährlösung wachsen die Wurzeln ganz anders, so daß sie den tatsächlichen Verhältnissen nicht mehr entsprechen und deshalb für einen Vergleich ungeeignet sind.

Wichtig ist nun vor allem, daß *Lac.* die Konkurrenz mit *Maj.* nicht aufnehmen kann. Dieser Versuch ebenso wie die Beobachtung des rascheren Entwickelns gekeimter *Maj.*-Samen deuten im Vergleich zu *Maj.* auf eine geringere Wachstumsgeschwindigkeit bei *Lac.*

2. Versuche mit verschieden großer Erdmenge. Die Kurven und Zahlen eines zweiten in jeder Beziehung gleichen Versuchs sind im wesentlichen dieselben; wir begnügen uns mit Tabelle 9.

Die Versuche sollten die Frage beantworten, ob die zur Verfügung stehende Erdmenge einen Einfluß auf die konkurrierenden Pflanzen ausübt. Daß die Frischgewichte infolge von Nährstoffmangel mit abnehmender Erdmenge kleiner werden, ist selbstverständlich (s. Tab. 9). Es interessiert aber, ob sich das Verhältnis der beiden Pflanzen „bei schärferer Konkurrenz“ ändert.

Tabelle 9. Konkurrenzversuche in verschieden großen Töpfen.

Topfgröße in cm .	22	22	16	16	12	12	9
Erdmenge in g . .	2500	2500	1500	1600	800	800	250
Versuchsdauer in Monaten	7 1/2	7 1/2	4 1/2	4	4	4	3
Vers.-Nr.	I	II	IV	XIV	III	VI	V
Mittelwerte der Frischgew. in g	M I 10,7 M II 15,3 L II 4,6 L III 12,2	7,8 14,7 5,1 9,1	2,6 5,1 1,8 2,8	6,1 7,1 4,3 5,8	1,6 2,2 1,2 1,6	2,8 3,3 1,5 1,7	0,88 1,26 0,28 0,74

Wie die graphische Darstellung (Abb. 15) zeigt, schneidet *Lac.* in kleinen Töpfen gegenüber *Maj.* nicht schlechter ab. Es ist also einerlei, ob man große oder kleine Töpfe beim Ansetzen des Versuchs nimmt. Zu denselben Ergebnissen kommt auch *Correns* bei seinen Versuchen mit *Urtica peraurea* und *typica*.

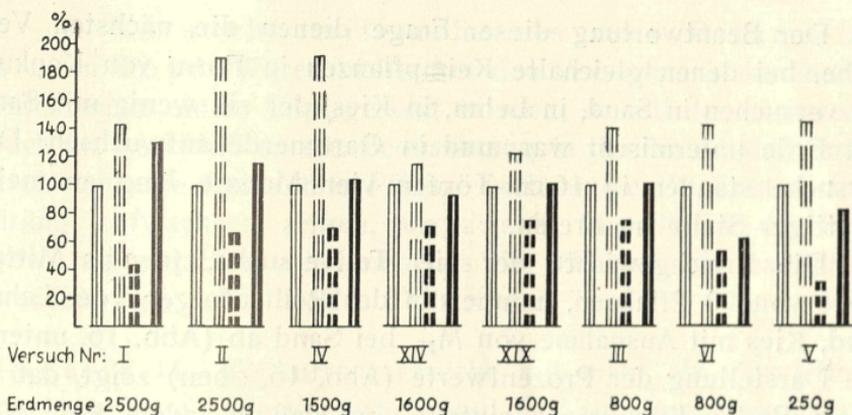


Abb. 15. Konkurrenzversuche in verschieden großen Töpfen. Mittelwerte der Frischgewichte in Prozenten von M_I jedes Teilversuches. Die Zeichnung der Kurven von Abb. 14 ist in gleicher Weise auf Säulen dieser Abbildung übertragen:
 M_I ————— M_{II} - - - - L_{II} - · - · - L_{III} ————

3. Versuche mit verschiedenen Böden. Haben wir jetzt gesehen, daß *Maj.* sich als lebenskräftiger erweist, wenn die Pflanzen in guter Erde aufwachsen, so bleibt noch die Frage offen, ob dies auch in anderem Boden der Fall ist.

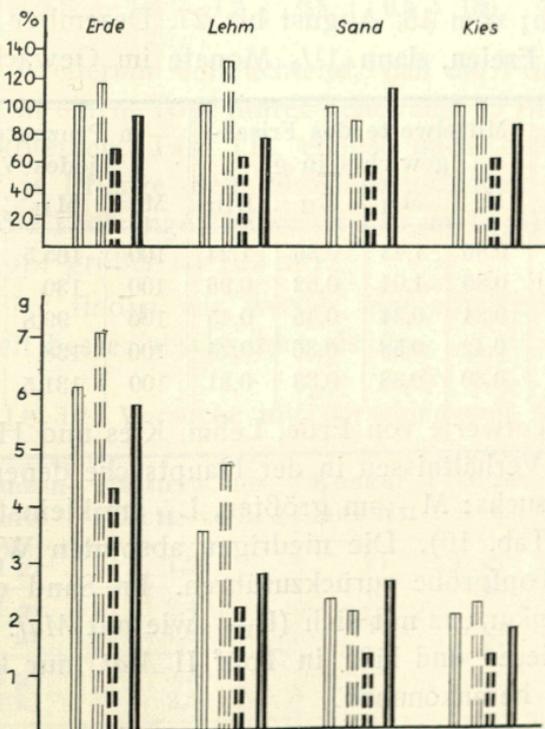


Abb. 16. Konkurrenzversuche in verschiedenen Böden; unten: Mittelwerte der Frischgewichte; oben: Mittelwerte der Frischgewichte in Prozenten von M_I jedes Teilversuches. Kurvenbezeichnung siehe Abb. 15.

Der Beantwortung dieser Frage dienen die nächsten Versuche, bei denen gleichalte Keimpflanzen in Form von Konkurrenzversuchen in Sand, in Lehm, in Kies, der ein wenig mit Sand und Erde untermischt war, und in Gartenerde aufwuchsen. Die Versuche standen in 16-cm-Töpfen vier Monate lang an meist schattiger Stelle im Freien.

Die Frischgewichte der vier Teilversuche, jeweils Mittelwerte von 20 Pflanzen, nehmen in der Reihenfolge Erde, Lehm, Sand, Kies mit Ausnahme von M_{II} bei Sand ab (Abb. 16, unten). Die Darstellung der Prozentwerte (Abb. 16, oben) zeigt, daß in jedem Boden Konkurrenz eintritt, und daß in jedem Fall *Maj.* im Vorteil ist, wenn auch, wie erwähnt, im Sand nicht so sehr wie bei den anderen Böden.

Der zweite Versuch der gleichen Art, aber in kleineren Töpfen — innere Weite 12 cm —, bei dem noch Töpfe mit Heideerde, eine Mischung aus Sand, Torf und etwas Erde, hinzugenommen wurden, brachte das gleiche Ergebnis.

Tabelle 10. Konkurrenzversuche in verschiedenen Böden in kleinen Töpfen; vom 15. August bis 27. Dezember 1937, 3 Monate im Freien, dann $1\frac{1}{2}$ Monate im Gewächshaus.

Böden	Mittelwerte des Frischgewichts in g				in Prozenten von M_I jedes Versuchs			
	M_I	M_{II}	L_{II}	L_{III}	M_I	M_{II}	L_{II}	L_{III}
Erde	0,86	1,43	0,36	1,24	100	165,5	42	144
Lehm	0,80	1,04	0,52	0,96	100	130	64,1	119,5
Sand	0,34	0,34	0,45	0,45	100	99,8	132	131,5
Kies	0,42	0,58	0,36	0,25	100	138	85,2	60,8
Heide	0,30	0,38	0,33	0,31	100	131,5	111	104

Die Prozentwerte von Erde, Lehm, Kies und Heide entsprechen in ihren Verhältnissen in der Hauptsache denen des vorhergehenden Versuchs: M_{II} am größten, L_{II} am kleinsten, L_{III} größer als L_{II} (Tab. 10). Die niedrigen absoluten Werte sind auf die geringe Topfgröße zurückzuführen. Im Sand erreichte *Lac.* sowohl in Konkurrenz mit sich (L_{III}) wie mit *Maj.* (L_{II}) höhere Werte als dieses und läßt in Topf II *Maj.* nur knapp an den Wert von M_I herankommen.

An den Versuchen mit verschiedenen Böden sehen wir also, daß *Lac.* meistens von *Maj.* zurückgedrängt wird, im Sandboden aber sich behaupten kann.

4. Versuche mit mehr als vier Pflanzen in einem Topf. Waren bisher bei den Versuchen immer nur vier Pflanzen in einem Topf gesetzt worden, so soll der nächste Versuch im Anschluß an die Beobachtung in der Natur, daß im Umkreis um eine fruchtende Pflanze viele junge Pflanzen dicht gedrängt aufwachsen, zeigen, wie sich die Verhältnisse der Frischgewichte gestalten, wenn mehr als vier Pflanzen miteinander groß werden, also z. B. 15 oder 33 in einem Topf.

Tabelle 11. Konkurrenzversuche mit mehr als vier Pflanzen in einem Topf. Die Versuche I und XIV sind zum Vergleich hier noch einmal angeführt.

Topfgröße in cm	Zahl d. Pflanzen	Vers. Nr.	Mittelwerte des Frischgewichts in g				in Prozenten von M _I jedes Versuchs			
			M _I	M _{II}	L _{II}	L _{III}	M _I	M _{II}	L _{II}	L _{III}
22	4	I	10.7	15.3	4,6	12,2	100	143	43	129
16	4	XIV	6,1	7,1	4,3	5,8	100	116	70	94
19	15	XIII	3,5	2,8	0,8	1,8	100	80	22,8	51,5
19	33	XII	1,9	1,2	0,5	0,5	100	120	50	50

Es ist wiederum einleuchtend, daß die Frischgewichte bei 33 Pflanzen in einem Topf hinter denen mit 15 Pflanzen in einem Topf zurückbleiben (Tab. 11), ebenso auch, daß 4 Pflanzen in einem Topf je Pflanze mehr Substanz aufbauen als 15 oder 33, auch wenn die Erdmenge kleiner ist (16-cm-Topf) erst recht aber, wenn der Topf größer ist (22 cm).

Auch hier finden wir wieder eine scharfe Konkurrenz, bei der *Maj.* weit besser abschneidet als *Lac.*

Tabelle 12. Versuche mit verschiedenen Altersstufen.

Konkurrenz Nr.	Pflanzen- sorte	Mittelw. des Frischgew. in g	Konkurrenz Nr.	Pflanzen- sorte	Mittelw. des Frischgew. in g
I	M gr	1,94	VI	L gr	4,48
II	M gr	2,40	"	M kl	2,26
"	L gr	1,88	VII	L gr	4,22
III	M gr	5,26	"	L kl	1,94
"	M kl	2,50	VIII	M kl	6,19
IV	M gr	5,57	IX	M kl	7,09
"	L kl	1,44	"	L kl	4,31
V	L gr	2,69	X	L kl	5,79

5. Versuch mit verschiedenen Altersstufen. Wie weit kann sich nun *Lac.* durchsetzen, wenn es einen Altersvorsprung hat, wenn man ihm gleichsam eine Vorgabe gibt in diesem Wettkampf?

Zur Verwendung kamen von jeder Art 1. etwas ältere Keimpflanzen mit 3 bis 4 Laubblättern und 2. größere Pflanzen mit 7 bis 8 Laubblättern, die etwa sechs Wochen älter waren als die kleinen Pflanzen. Kombiniert man die vier Pflanzensorten 1. *Maj.* groß (M gr), 2. *Maj.* klein (M kl), 3. *Lac.* groß (L gr), 4. *Lac.* klein (L kl), dann ergeben sich folgende 10 Konkurrenzen:

- | | |
|------------------|-------------------|
| I. M gr + M gr | VI. L gr + M kl |
| II. M gr + L gr | VII. L gr + L kl |
| III. M gr + M kl | VIII. M kl + M kl |
| IV. M gr + L kl | IX. M kl + L kl |
| V. L gr + L gr | X. L kl + L kl |

die man wieder so ansetzt, daß für jede Auswertung gleichviel Pflanzen zur Verfügung stehen. Für 20 Pflanzen braucht man also von den Töpfen, die zwei verschiedene Pflanzen enthalten z. B. L gr + M kl, 10 Stück, von denen, die eine Sorte enthalten 5 Stück. Die miteinander zu vergleichenden Mittelwerte der Frischgewichte sind in Tabelle 12 angeführt.

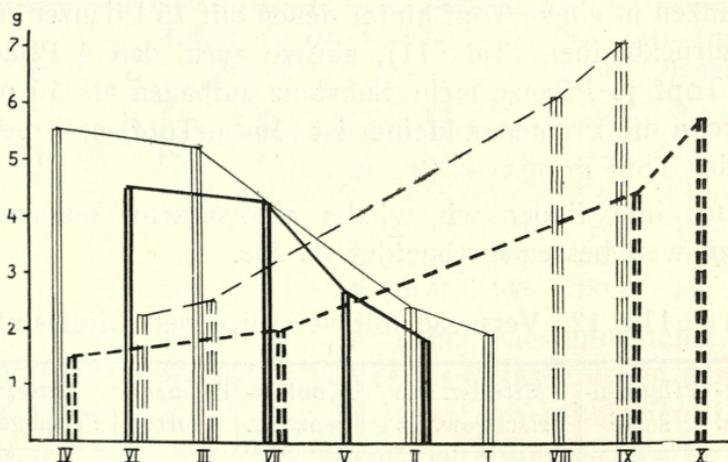


Abb. 17. Konkurrenzversuche mit verschiedenen Altersstufen. *Ch. laciniatum*: große Pflanzen ———, kleine Pflanzen: - - - - -; *Ch. majus*: große Pflanzen: ———, kleine Pflanzen: - - - - -; Verbindungslinien entsprechend. Mittelwerte der Frischgewichte in Gramm der Konkurrenzen I bis X.

Bei der graphischen Darstellung versuchte ich die Werte jeder der vier Formen, M gr, L gr, M kl, L kl, der Größe nach

zu ordnen (Abb. 17) und fand, daß dann die Konkurrenzpartner etwa die gleiche Reihenfolge einhielten. Bei abnehmendem Wert einer Form — auf Abbildung 17 mit der entsprechend gekennzeichneten Linie verbunden — ordnen sich die Konkurrenzteilnehmer nach folgendem Schema:

für M gr : L kl, M kl, L gr, M gr,
 „ L gr : M kl, L kl, L gr, M gr,
 „ M kl : L kl, M kl, M gr, L gr,
 „ L kl : L kl, M kl, L gr, M gr.

Die unterstrichenen Formen sind größer, die andern gleich oder kleiner als der jeweilige Vergleichspartner; daraus ergibt sich, daß

$$M\ gr > L\ gr > M\ kl > L\ kl,$$

d. h. daß *Lac.* mit einem gewissen Altersvorsprung *Maj.* überflügeln kann: L gr ist kräftiger als M kl. Für solch eine Vorgabe genügt eine Zeitspanne von 6 Wochen, die *Lac.* früher zur Keimung gekommen sein muß als *Maj.*

6. Versuche mit anderen Unkräutern. Noch eine andere Frage müssen wir uns stellen: wenn sich nun eine lacinierte Pflanze in der Natur einmal durchgesetzt hat, hat sie dann schon endgültig gewonnenes Spiel? Nein, sie steht ja nicht allein; außer dem besiegten *Maj.* wachsen ja noch andere Pflanzen in dem Hohlweg oder an der Mauer, z. B. *Urtica*, *Erodium*, *Geranium* u. a. Über das Ergebnis des Wettlaufs zwischen diesen Pflanzen und *Lac.* und auch *Maj.* geben uns die nächsten Versuche Auskunft.

Wir setzten also junge Pflanzen von *Erodium cicutarium* (Er) und *Urtica dioeca* (Ur) (junge Triebe einer zweijährigen Pflanze) mit den Chelidonien (M und L) zu folgenden Konkurrenzen an:

I. Ur + L, II. Ur + M, III. Er + L, IV. Er + M und die Kontrollen: V. Ur + Ur, VII. Er + Er und VII. M — M, VIII. L + L, IX. M + L. Der Versuch stand in kleinen Töpfen (12 cm) von März bis Juni anfangs im Gewächshaus, später an schattiger Stelle im Freien.

Bei der Auswertung erhalten wir aus je 20 Einzelwerten die Mittelwerte der Frischgewichte in g:

I. Ur : 1,0	III. Er : 4,4	V. Ur : 1,3	IX. M : 3,3
L : 3,0	L : 2,4	VI. Er : 4,7	L : 1,5
II. Ur : 0,9	IV. Er : 1,7	VII. M : 2,2	
M : 3,2	M : 2,9	VIII. L : 1,7	

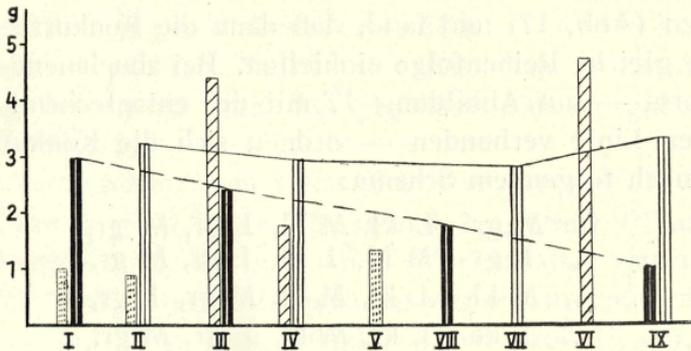


Abb. 18. Konkurrenzversuche mit verschiedenen Unkräutern. *Ch. laciniatum* dicke Linien, *Ch. majus* dünne Linien, *Urtica* punktiert, *Erodium* schraffiert. Konkurrenzen I bis IX.

Noch klarer als aus dieser Aufstellung geht aus der graphischen Darstellung (Abb. 18) hervor, daß *Urtica* zwar für beide Arten eine Konkurrenz bedeutet, aber nur eine sehr geringe und zwar für *Maj.* noch weniger als für *Lac.* Stärker ist die von *Erodium* auch wieder im gleichen Sinn, so daß also *Lac.* durch sie mehr beeinträchtigt wird als *Maj.* Am auffallendsten aber ist, daß sowohl *Lac.* wie *Maj.* durch die eigene Art, also *Lac.* durch *Lac.* (VIII) und *Maj.* durch *Maj.* (VII) stärker an der Entwicklung gehindert wird als durch die fremden Unkräuter, während bei diesen der Fall umgekehrt liegt: sie machen sich selber am wenigsten den Rang streitig, und werden beide von *Maj.* stärker zurückgedrängt als von *Lac.* Durch die Werte von Konkurrenz IX erfährt dieses Ergebnis noch die wichtige Ergänzung, daß *Maj.* für *Lac.* der schärfste Konkurrent bedeutet, oder umgekehrt: die Mutationsform erweist sich der Stammform gegenüber am schwächsten.

Ein zweiter Versuch mit andern Unkräutern bestätigt im großen und ganzen das Ergebnis des ersten Versuchs. Die Pflanzen wuchsen diesmal in großen Töpfen (19 cm) von August bis Ende Dezember, die letzten 1½ Monate im Gewächshaus.

Zum Vergleich kamen *Geranium Robertianum* (Ger), *Lactuca scariola* (Lac) und aus Samen gezogene *Urtica Dodartii* (Ur) mit folgendem Ergebnis, wobei wieder nur die Mittelwerte der Frischgewichte in g angegeben sind:

I. Ger + L	IV. Ur + L	VII. Lac + L	X. M + M
5,72 0,56	2,56 0,63	0,96 1,09	1,77
II. Ger + M	V. Ur + M	VIII. Lac + M	XI. M + L
5,37 0,99	1,87 1,50	1,36 2,16	2,19 2,08
III. Ger + Ger	VI. Ur + Ur	IX. Lac + Lac	XII. L + L
3,79	1,96	3,17	1,31

Auf eine rasch zu übersehende bildliche Darstellung wurde verzichtet, aber auch an den Zahlen läßt sich erkennen, daß *Geranium Rob.* weitaus kräftiger ist als beide *Chelidonien*, wobei *Maj.* (II) immerhin noch etwas höheres Frischgewicht aufweist als *Lac.* (I). Das ähnliche *Erodium* vom vorhergehenden Versuch zeigte sich nicht so unbedingt überlegen, da es nur *Lac.* an Frischgewicht übertrifft, nicht aber *Maj.*, das es nur wenig am Wachstum hemmen kann.

Auch *Urtica Dod.* überflügelt beide *Chelidonien* und wiederum *Lac.* (IV) stärker als *Maj.* (V), während *Urtica dioeca* für beide Formen nur eine geringe Hemmung bedeutete.

Lactuca schließlich kann die beiden Versuchspflanzen (VII und VIII) nicht einholen, sondern wird selbst beeinträchtigt von beiden im Vergleich zu der Konkurrenz mit sich selbst, wo es viel höhere Werte erreicht (IX). Die kräftigen Konkurrenten *Geranium* und *Urtica Dod.* werden durch sich selbst stärker am Wachstum behindert (III und VI) als durch *Chel. maj.* und *lac.* So wie wir es im vorigen Versuch nur für diese nicht für *Erodium* und *Urtica dioeca* kennengelernt haben.

Überblicken wir nun diese beiden Versuche, so können wir feststellen, daß bei diesen Wettbewerben *Lac.* ziemlich schlecht abschneidet, sowohl den übrigen Unkräutern als auch *Maj.* gegenüber, während *Maj.* nicht überall unterliegt und vor allem im Wettkampf mit dem gleichen Partner immer höhere Werte erlangt als seine Mutationsform.

7. Versuche an verschiedenem klimatischen Standort. An Hand dieser Versuche soll festgestellt werden, wie die beiden Pflanzen auf verschiedene klimatische Einflüsse in ihrem Wachstum reagieren.

Tabelle 13 zeigt zwei Parallelversuche, von denen der eine an schattigem Platz mit reichlicher Wasserversorgung stand, während der andere bei knapper Wasserzufuhr vor Regen geschützt an sehr sonniger Stelle aufgestellt wurde.

Die absoluten Werte der Frischgewichte nehmen vom feuchten zum trockenen Standort stark ab. Die Prozentwerte aber zeigen ein kräftigeres *Lac.* an trockenem, sonnigen Platz im Vergleich zu dem anderen, während die Verhältniszahlen von *Maj.* sich wenig ändern. Die Mutationsform stellt am trockenen Stand-

ort eine schärfere Konkurrenz für die Stammform dar als am feuchten.

Tabelle 13. Versuche an verschiedenem klimatischen Standort.

Standort	Mittelwerte d. Frischgew.				in Prozenten von m_I jedes Teilversuchs			
	M_I	M_{II}	L_{II}	L_{III}	M_I	M_{II}	L_{II}	L_{III}
feucht schattig	1,56	2,34	1,18	0,89	100	150	75,5	57
trocken sonnig	0,39	0,56	0,55	0,45	100	143,5	141,5	115,5

Die Konkurrenzversuche beantworten also die Frage, welche von den beiden *Chelidonium*-Arten die lebenskräftigere ist, dahin, daß die Mutationsform unter fast allen Bedingungen gegenüber der Stammform den Kürzeren zieht und sich auch andern Unkräutern gegenüber nicht so gut zu behaupten vermag wie die *Maj*-Pflanzen.

Eine Ausnahme bildet die Konkurrenz auf Sandboden, bei der *Lac.* besser abschneidet. Auch Trockenheit schadet diesem etwas weniger als *Maj*. Außerdem genügt eine kurze Spanne Zeit, die *Lac.* älter ist als *Maj.*, um jenem die Möglichkeit zu geben, sich gegen das jüngere *Maj.* durchzusetzen.

Entwicklungsgeschichtliche Beobachtung.

Als letzten Abschnitt schließe ich eine Beobachtung an, die ich an Keimlingen und jungen Pflanzen der Kultur machte: bei gleichem Alter entwickelte sich *Maj.* rascher als *Lac.* und zwar in zweierlei Hinsicht: 1. waren die *Maj.*-Blätter rascher ausgewachsen und vergilbten früher als die entsprechenden Blätter von *Lac.*, so daß ich die Blätter von *Maj.* viel früher zur Bestimmung der Oberfläche abschneiden konnte als die von *Lac.*; 2. vollzieht sich bei *Maj.* die Entwicklung vom Keimblatt zum fertigen, fiedrigen Folgeblatt rascher.

Die Keimblätter beider Arten unterscheiden sich nur wenig: *Maj.* ist an der Spitze abgerundet und *Lac.* zugespitzt, manchmal etwas schmaler (Abb. 19). Die Primärblätter sind noch bei beiden Pflanzen rund, nur hat *Lac.* tiefere Einschnitte und ist an den Ecken etwas zugespitzt.

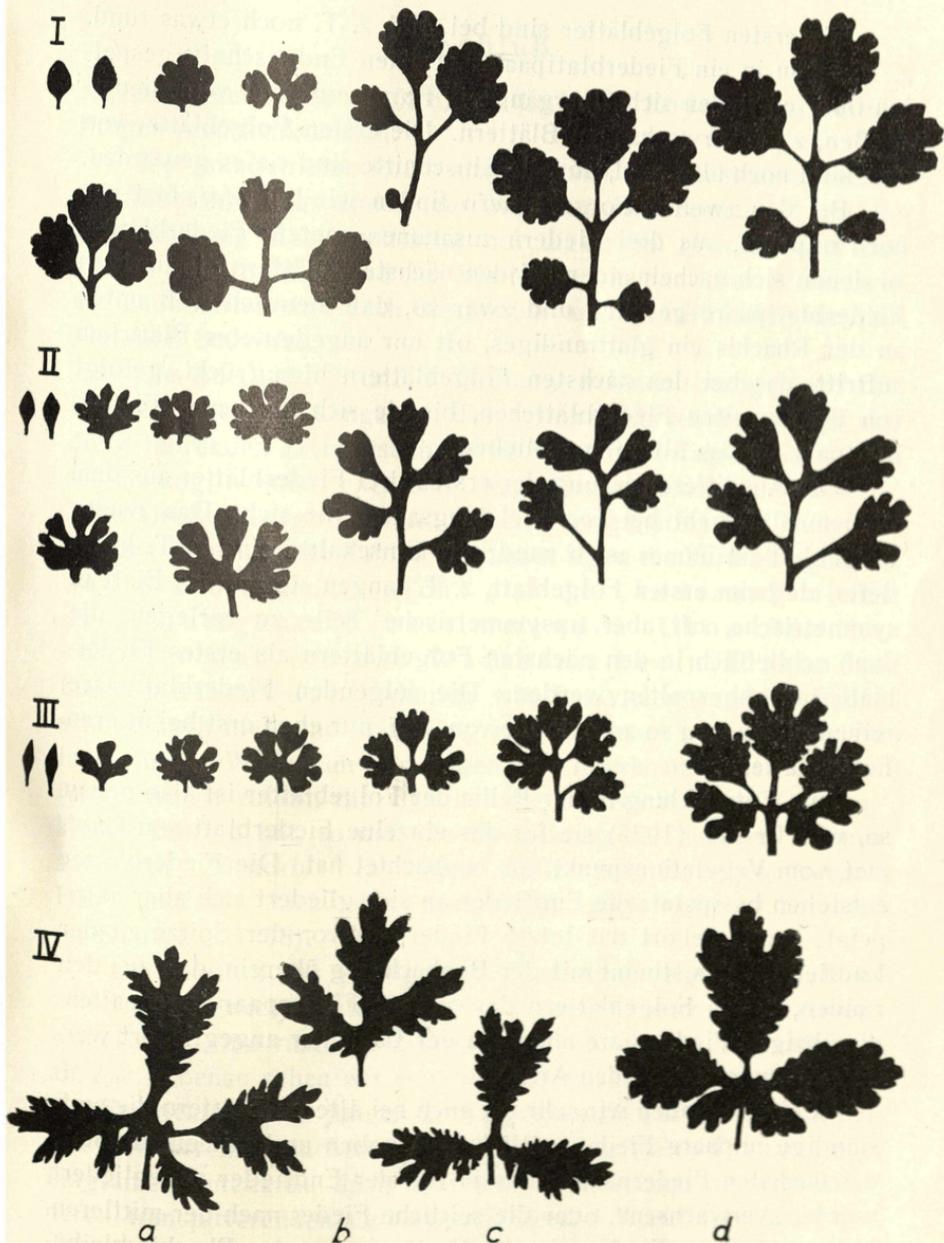


Abb. 19. Beispiele für die Entwicklung der Fiederblätter. I. *Ch. majus*, Keimblätter, 1. bis 7. Laubblatt; II. *Ch. laciniatum*, Keimblätter, 1. bis 8. Laubblatt, hochwüchsige Form; III. *Ch. laciniatum*, Keimblätter, 1. bis 6. Laubblatt, niedrigwüchsige Form. IV. Endfeuern älterer Blätter; a und b symmetrische, c unsymmetrische Form von *Ch. laciniatum*, d von *Ch. majus*.

Die ersten Folgeblätter sind bei *Maj.* z. T. noch etwas rund, z. T. schon in ein Fiederblattpaar und einen Endabschnitt gespalten oder es finden sich Übergänge in Form von zwei verschiedenen großen, z. T. verwachsenen Blättern. Die ersten Folgeblätter von *Lac.* sind noch alle rund, nur die Einschnitte sind tiefer geworden.

Bei den zweiten Folgeblättern finden wir bei *Maj.* fast nur noch unpaare, aus drei Fiedern zusammengesetzte Fiederblätter, zu denen sich nacheinander bei den nächsten Blättern die übrigen Fiederblattpaare gesellen und zwar so, daß ziemlich weit unten an der Rhachis ein glattrandiges, oft nur angedeutetes Blättchen auftritt, das bei den nächsten Folgeblättern hinaufrückt, gefolgt von dem zweiten Fiederblättchen, bis sie sich als neues Fiederblattpaar an das ältere anschließen.

Die Ausdifferenzierung der ersten drei Fiederblätter aus dem runden Blatt geht bei *Lac.* viel langsamer vor sich. Das zweite Folgeblatt ist immer noch rund; die Einschnitte sind z. T. kaum tiefer als beim ersten Folgeblatt, z. T. fangen sie an, das Blatt in symmetrische, oft aber unsymmetrische Teile zu zerlegen, die dann schließlich in den nächsten Folgeblättern als erstes Fiederblattpaar abgespalten werden. Die folgenden Fiederblattpaare reihen sich genau so an, wie die von *Maj.* nur eben erst bei älteren Folgeblättern.

Die Entwicklung in der Reihe der Folgeblätter ist also genau so, wie Troll (1935) sie für das einzelne Fiederblatt von *Chel. maj.* vom Vegetationspunkt aus beobachtet hat. Die Fiederblätter entstehen basipetal; die Endfieder an sich gliedert sich aber akropetal; somit gehört das letzte Fiederpaar vor der Spitze zu der Endfieder. Das stimmt mit der Beobachtung überein, daß aus den runden, ersten Folgeblättern das oberste Fiederpaar abgespalten, die übrigen Fiederpaare aber von der Basis her angegliedert werden und zwar bei beiden Arten.

Bei *Lac.* finden wir sehr oft auch bei älteren Blättern die endständige unpaare Fieder seitlich verschoben und mit einem Blatt des nächsten Fiederpaares, das ja von der Endfieder abgegliedert wurde, „verwachsen“, oder die seitliche Fieder nach der mittleren hin verschoben, die dann in der Verlängerung der Rhachis bleibt. Man spricht eigentlich besser von einer unvollständigen Trennung des Fiederblattes von der Endfieder. So kann man sich die oft unregelmäßige Gestalt des *Lac.*-Blattes entstanden denken; eine derartige Asymmetrie findet sich bei *Maj.* viel seltener.

Schluß.

Nunmehr ist es möglich, auf die in der Einleitung gestellten Fragen zurückzukommen.

Wir konnten eine Reihe anatomischer Unterschiede zwischen *Chelidonium majus* und seiner Mutationsform feststellen, so die Verminderung der Blattfläche bei dieser bei gleichzeitiger Zunahme des Umfangs und der Blattdicke. In ähnlicher Weise wie die Laubblätter sind auch die Blüten- und Fruchtblätter von der Mutation betroffen.

Die Adern 1., 2. und 3. Ordnung nehmen, bezogen auf die Flächeneinheit, an Länge zu; das gesamte Nervennetz nimmt ab; die zuführenden Leitungsbahnen im Blattstiel erfahren keine Einschränkung, sondern eher eine Vergrößerung. Diese unterschiedliche Größe des großen und feinen Nervennetzes und nur eine geringe Zunahme der Zahl der Stomata legen die Vermutung nahe, daß die Mutation nicht auf der Änderung eines die Blattgestalt bestimmenden Gens beruht, sondern daß ein das Wachstum beeinflussendes Gen mutiert ist. Ähnlich wie bei vielen anderen Fällen scheint auch hier eine Hemmung eingetreten zu sein, die nur ein langsames Wachstum der Zellen der Interkostalfelder und der feinen Adern zuläßt, die aber auf die Nerven niederer Ordnung keinen Einfluß hat, so daß die Entstehung der bizarren Formen auf dem Zurückbleiben eines Teils des Gewebes beruht. Das mutierte Gen hat vermutlich pleiotropen Charakter (s. Stubbe 1938).

Der Einfluß des verzögerten Wachstums zeigt sich auch an Hand der Gewichtsbestimmungen in verschiedenen Altersstufen, wobei *Maj.* eine raschere Zunahme in jeder Beziehung aufweist als *Lac.* Ebenso sehen wir es schon bei den Keimlingen, dann bei der Entwicklung von jungen zu Folgeblättern und schließlich bei den Konkurrenzversuchen, wo die jungen laciniaten Pflanzen nur langsamer zunehmen, dann aber weiterhin infolge der viel kleineren transpirierenden und assimilierenden Blattfläche ins Hintertreffen geraten. Wird dieser Nachteil bei Konkurrenzversuchen durch höheres Alter, d. h. größere Blattzahl und damit wieder vergrößerte Blattfläche ausgeglichen, dann kann *Lac.* mit *Maj.* konkurrieren. Es ist also nur langsamer in der Entwicklung, kaum schwächer in der Konstitution.

Das gehemmte Wachstum von *Lac.*, das eine Reihe physiologischer Nachteile mit sich bringt, macht es verständlich, daß diese Art im Freien so selten auftritt. Ob an den Fundorten, die z. B. Hegi für *Lac.* angibt, zahlreiche oder nur einzelne Exemplare vorhanden waren, muß freilich dahingestellt bleiben. Hegi gibt u. a. einen Fundort bei Schriesheim (Bergstraße) für *Lac.* an. Trotz eifrigen Suchens ist es mir aber nie gelungen, eine *Lac.*-Pflanze zu finden. Bei genauerem Zusehen erwiesen sich Pflanzen mit stark gebuchteten Blättern stets als *Maj.* In der näheren und weiteren Umgebung Heidelbergs fand ich *Lac.* ebenfalls nie.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden in den Jahren 1935—1937 auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Seybold ausgeführt. Ihm und Herrn Dozenten Dr. Orth möchte ich auch an dieser Stelle für die Unterstützung der Arbeit herzlich danken.

Literaturverzeichnis.

- Correns, C.: Ein Beispiel für die Konkurrenz unter nächstverwandten Pflanzensippen. Roux' Arch. Entwmech. 116, 1929.
- Dahlgren, K. V. O.: Über einige Kreuzungsversuche mit *Chelidonium majus* L., *Polemonium coeruleum* L. und *Lactuca muralis* L. Svensk Bot. Tidskrift XII, 1918.
- Dutt, B. K. and Guha Thagurta A.: Investigation on the „after-ripening“ of the seed. Transact. Bose Res Inst. 10, 1937.
- Friedmann, H.: Bemerkungen über *Chelidonium laciniatum*. Öfversigt af Finska Vetenskaps-Societens Förhandl. 54, 1911/12 und „Die Welt der Formen“, 1925.
- Goebel, K.: Organographie der Pflanzen. 3. Teil, 1923.
- Hegi, G.: Illustr. Flora von Mitteleuropa. 1. Auflage IV. 1. 1906.
- Maab, W.: Untersuchungen über die transpiratorische Leistung und den anatomischen Bau normaler und laciniater Blätter der gleichen Art. Diss. Greifswald, 1935.
- Pohl, F.: Die Pollenerzeugung der Windblütler. Beih. Bot. Centr. 56, Abt. A, 1937.
- Porsch, O.: Die Bedeutung sprunghafter Blütenvariationen. Zschr. ind. Abst. u. Vererb. I, 1909.
- Seybold, A.: Die physikalische Komponente der pflanzlichen Transpiration. Monogr. Ges. Geb. Bot. 2, Berlin, 1929.
- Stubbe, H.: Genmutation. Handb. d. Vererbw. II F. 1938.
- Troll, W.: Vergleichende Morphologie der Fiederblätter, Nova Acta Leop. 2, 1935.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des Naturhistorisch-medizinischen Vereins zu Heidelberg](#)

Jahr/Year: 1935-1941

Band/Volume: [18](#)

Autor(en)/Author(s): Stauffert Inge

Artikel/Article: [Vergleichend anatomisch-physiologische Untersuchungen an Chelidonium majus und seiner laciniaten Mutationsform 138-182](#)