

Tabelle VI. cont.

Datum	Temperat. Grad C.	Relat. Luft-Fcht %	Licht- mengen relat.	Datum	Temperat. Grad C.	Relat. Luft-Fcht %	Licht- mengen relat.
27. VIII.	18,3	67,7	103	18.	18,0	82,7	96
28.	14,8	92,7	41	19.	16,7	88,7	118
29.	13,5	80,0	122	20.	12,6	87,0	110
30.	13,9	77,3	110	21.	10,1	88,3	77
31.	14,0	65,3	157	22.	10,0	92,7	44
1. IX.	18,4	73,0	110	23.	15,0	74,0	67
2.	13,9	78,3	103	24.	13,9	85,7	55
3.	12,3	81,3	118	25.	12,0	93,0	51
4.	12,1	62,3	96	26.	12,7	87,7	73
5.	12,0	81,7	49	27.	11,9	88,7	63
6.	11,0	84,3	84	28.	10,1	91,0	89
7.	12,4	72,7	132	29.	11,4	82,3	73
8.	10,6	85,0	103	30.	10,0	82,3	96
9.	12,0	75,0	100	1. X.	13,4	94,3	72
10.	14,5	70,3	107	2.	11,1	90,0	83
11.	12,0	78,7	96	3.	9,5	85,7	127
12.	16,4	74,0	89	4.	9,4	95,0	33
13.	13,6	86,7	63	5.	12,6	91,0	83
14.	13,0	75,3	92	6.	10,1	82,7	103
15.	16,8	73,7	92	7.	9,8	85,3	41
16.	16,5	76,0	59	8.	9,4	87,0	83
17.	13,2	94,0	59				

Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Blumenblätter mit besonderer Berücksichtigung der Nervatur.

Von OTTO v. GUMPENBERG (München).

Die Nervatur der Blumenblätter wurde neuerdings von POTONIE (1912) und GLÜCK (1919) zur Begründung stammesgeschichtlicher Annahmen herangezogen. POTONIE nimmt an, dass die gabelige Nervatur mancher Blumenblätter ein Überrest von der gabeligen Nervatur farnartiger Vorfahren ist und GLÜCK leitet aufgrund von Übereinstimmungen zwischen der Nervatur der Blumenblätter und der anderer Blattarten d. Blumenblätter von Laubblättern ab. Diesen Folgerungen hat GOEBEL (1922) nicht zugestimmt. Den systematischen Wert der verschiedenen Nervaturen wird man am besten dann erkennen, wenn man die verschiedenen grossen Unterschiede ihrer Entwicklungsgeschichte miteinander vergleicht.

Es ist daher der Zweck der vorliegenden Abhandlung, die Beziehungen zwischen der Nervatur der Blumenblätter und dem embryonalen Wachstum zu prüfen und sie mit der der Laubblätter zu vergleichen.

Herrn Geheimerrat v. GOEBEL, unter dessen Leitung die Untersuchungen stattfanden, bin ich für zahlreiche Anregungen und Berichtigungen zu Dank verpflichtet.

Um die Darstellung in zweckentsprechenden Grenzen zu halten, mussten starke Kürzungen vorgenommen werden. Es mussten alle theoretischen Erörterungen und Bemerkungen über die entwicklungsgeschichtlichen und stammesgeschichtlichen Fragen wegfallen, ausserdem viele Literatur-Angaben, eine genauere Bezugnahme auf die

anatomischen Abbildungen und ein systematischer Überblick über die Nervatur bei d. bekanntesten Familien.

Die Nervatur der Blumenblätter hat bis jetzt noch keine zusammenhängende Beschreibung erfahren. Über die Nervatur der Perigonblätter von Liliaceen gibt es eine Abhandlung von SIMONSOHN (1901) und eine von KÖLLE (1913), eine entsprechende über die Amaryllidaceen von FRÄNKEL (1903) und die Iridaceen von SINGHOF. (1904). Angaben über die Nervatur der Blumenblätter bei Ranunculaceen finden sich in der Abhandlung von BUSSE (1914). Einige sehr schematische Figuren finden sich bei GRELOT (1897), eine grössere Anzahl bei GLÜCK (1919). HOFFMANN beschrieb die Nervatur der Compositen-Korollen; BRICQUET benützte die Nervatur der Korolle zur Einteilung der Gattung *Galeopsis*, CHODAT die der innern Kelchblätter zur Einteilung der Gattung *Polygala*. LUISE MÜLLER (1893) gibt nur wenig über Zahl und Verlauf der Nerven bei einigen Blumenblättern an. Da die Literatur über diesen Gegenstand also zerstreut und spärlich ist, sind einige anatomische Vorbemerkungen gerechtfertigt.

Die Blumenblätter von *Plantago*, *Littorella*, oft auch von *Cornus mas*, ausserdem die Staminodien von *Parnassia* und die Staubblätter von *Galium*, nach VAN TIEGHEM die Blütenteile mehrere Loranthaceen besitzen keine Leitbündel.

Wenn man von den monokotylen Perigonblättern absieht, die trotz beträchtlicher Grösse nur einen oder drei Nerven besitzen (*Polygonatum*, *Allium*, *Scilla*, *Chionodoxa*, *Anthericum*, *Asphodelus*, *Hyacinthus*), so ist die gesamte Nervatur der Blumenblätter nur sehr selten mit unbewaffnetem Auge sichtbar. Dies ist meist nur dann der Fall, wenn alle Nerven auffällig gefärbt sind (*Raphanus Raphanistrum*, *Eruca sativa*, *Arenaria holosteoides*, *Centaurea scabiosa*, *Orchis morio*) oder wenn sie alle verhältnismässig dick sind (*Ranunculus*, *Adonis*, *Parnassia*). Im allgemeinen ist zur Feststellung aller Nerven auch bei ausgewachsenen Blumenblättern die Benützung des Mikroskops nötig.

Die Nerven bestehen aus Tracheiden und annurwandigen Faserzellen (nach WIESNER), die letzteren werden häufig als Bast bezeichnet (L. MÜLLER, GRELOT, BUSSE). Nach L. MÜLLER kommen auch Siebröhren vor. Die Wandverdickungen der Tracheiden sind meistens spiralgig, ringförmige sind selten. Sie kommen bei *Nymphaea alba*, *Anthemis tinctoria*, nach L. MÜLLER auch bei *Anthericum liliago* und *Amaryllis formosissima* vor. Noch seltener sind Treppen-Tracheiden (*Ophrys arachnites*). Tüpfelgefässe und Tracheen wurden in Blumenblättern noch nicht gefunden; BUSSE fand Tracheen in den Kelchblättern von *Paeonia*. Kambium und sekundäres Holz fand GRELOT häufig in Kelch- und Fruchtblättern, nie aber in Blumenblättern und Staubblättern.

Die einzelnen kleineren Nerven pflegen an allen Stellen ungefähr gleich breit zu sein, die grösseren werden am Ende, besonders in der Nähe des Blattrandes, etwas schmaler (man vergleiche die Tabelle von BUSSE). Nach BUSSE nimmt bei den grösseren Nerven der Perigon- und Blumenblätter der Ranunculaceen gegen den Blattrand zu die Zahl der Tracheiden im Querschnitt, und, wenn auch schwach, auch die Breite der Tracheiden ab. An den verdickten Spitzen mancher Blumenblätter kommen jedoch büschelförmige Anhäufungen von Tracheiden vor, die wahrscheinlich zur Wasser-Ausscheidung dienen (*Nigella*, *Reseda*, *Campanula*, manche Compositen). Schwächere Anhäufungen von Tracheiden findet man gelegentlich an den freien Nervenendigungen bei *Pirola secunda* und *Glaux maritima* an beliebigen Stellen der Blumenblatt-Fläche.

Bei dünnen Blumenblättern sind auch die Nerven sehr schwach ausgebildet. Bei *Helianthemum* z.B. ist die Nervatur mit unbewaffnetem Auge auch im durchfallenden Licht nur in der Nähe des Ansatzes sichtbar. Der übrige grösste Teil des Blumenblattes ist nach L. MÜLLER nur 3 Zellschichten dick und seine Tracheiden sind sehr schwach. Besonders dünne Blumenblätter und schwache Nerven hat auch *Alisma*, *Sagittaria*, *Portulacca*, *Calandrinia* und *Claytonia*. Die Korollen der Scheibenblüten vieler Compositen sind nach WARMING in den mittleren Teilen nur 2 Zellschichten dick. Die kräftigsten Gefässbündel dagegen fand L. MÜLLER bei *Magnolia* und *Liriodendron*.

Manchmal werden die Nerven von Sekretbehältern begleitet, oder sie führen selbst Sekrete, oder sie sind ganz in Sekretbehälter umgewandelt. Auffällig sind

z.B. die embryonalen Gerbstoff-Behälter von *Impatiens parviflora*, die zum Teil die grösseren Nerven begleiten, zum Teil im Grundgewebe zerstreut sind. Sie treten schon in frühester Jugend auf und machen trotz starker Aufhellung mit konzentrierter Kalilauge eine sichere Verfolgung der Nervatur-Entwicklung unmöglich. Sie werden durch besondere Zell-Teilungen angelegt, was leicht zu beobachten ist, da ihre Zellwände von Anfang an viel stärker lichtbrechend sind, als die des übrigen Gewebes. Der Zellsaft färbt sich nun hellbraun, später wird er dunkler und körnig und manche Wände werden aufgelöst. Im ausgewachsenen Blumenblatt ist aber der braune Inhalt verschwunden. Die Behälter, welche die Nerven begleiten, sind nicht mehr leicht zu bemerken, die andern enthalten nur noch je ein grosses Raphidenbündel. In den stark asymmetrischen Blumenblättern von *Hypericum calycinum* sind zwischen je zweien von den 10 bis 13 parallelen Längsnerven bis 8 längs verlaufende Ölschläuche vorhanden. Da der mittlere von diesen Ölschläuchen in seiner unteren Hälfte oft mit Tracheiden versehen ist und manche von den Ölschläuchen sich gelegentlich in Nerven, die mit Tracheiden versehen sind, fortsetzen, so müssen sie aus ähnlichen Anlagen wie die Nerven entstanden sein. Bei *Hypericum Ascyron* und andern Arten sind die Ölschläuche kürzer, aber in Längsreihen angeordnet und durch längs verlaufende Procambium-Stränge miteinander verbunden. In dem dünnen seitlichen Auswuchs des Blumenblattes setzen sich die Nerven oft in Ölschläuche fort. Auch bei den andern Arten sind die Ölschläuche in wechselnder Menge vorhanden (nur wenige bei *Hypericum tetrapterum* und *H. hirsutum*, am wenigsten bei *H. humifusum*). Die echten Nerven sind nach L. MÜLLER von Gerbstoff-Scheiden umgeben (besonders auffällig bei *H. tetrapterum*). Auch die Nerven (bzw. deren Begleitzellen) mancher Compositen-Korollen führen Öl. (Bei *Erigeron*, *Centaurea*, *Serratula*, *Cnicus*, *Carthamus*, nach HOFFMANN bei *Picris*, *Clidadium*, *Conyza persicifolia* und vielen Coreopsidinen.) Anstelle des nur bei wenigen Röhrenblüten vorhandenen Mittelnerven ist ein Ölschlauch vorhanden bei einigen *Senecio Cineraria*- und *Cacalia*-Arten, nach HOFFMANN auch bei *Emilia*, *Gynura*, *Tetradymia*, *Gynoxis*, *Lopholaena*, *Erechtites* und fast allen Othonninen. Dieser Ölschlauch durchzieht das ganze Blumenblatt von oben bis unten bei *Senecio erucifolius*, *S. stenocephalus* und *S. clivorum*, nur im oberen Teil des Blumenblattes ist er bei *S. pratensis* und *S. abrotanifolius* vorhanden, nur manchmal bei *S. jacobaeae*. Bei *S. vulgaris*, *S. silvaticus*, *S. viscosus*, *S. aquaticus*, *S. paludosus* und *S. nemorensis* fehlt er.

Bei vielen Laubblättern enthält z.B. der Mittelnerv mehrere Leitbündel, während die Nerven der Blumenblätter fast immer nur einen Strang enthalten. Wo sich im unteren Teil mancher Blumenblätter Strang-Anordnungen finden, die an das Schema von PAYER erinnern (*Aesculus*, *Dictamnus*, *Iris*), da kann man im Zweifel sein, ob man dem unteren Teil des Mittelnerven den Besitz mehrerer Stränge zugestehen oder ob man nur eine starke Annäherung der seitlichen Nerven an den Mittelnerven annehmen soll. Bei *Aesculus* spricht die Entwicklungsgeschichte für die erstere Annahme, da die unteren Seitennerven als rechtwinklig abgehende Fiedernerven in basipetaler Reihenfolge angelegt werden, und ihr in den Nagel hinabsteigender Teil vor dem Auftreten der Tracheiden vom Mittelnerv nicht unterschieden werden kann. Bei den Blumenblättern der Papilionaceen, besonders bei den Flügeln, finden sich alle Übergänge zwischen Nägeln, in denen mehrere getrennte Stränge verlaufen, und solchen, in denen ein starker Strang vorhanden ist, der aus zahlreichen Tracheidenreihen besteht, die nicht durch Faserzellen voneinander getrennt sind. (Man vergleiche z.B. verschiedene Arten von *Lathyrus*, *Vicia*, *Colutea*, *Lupinus* und *Lotus*.) Wo in grösseren Nerven mehrere getrennte Tracheiden-Züge vorhanden sind, da können die äusseren von diesen meistens deutlich als die Spuren von Seitennerven erkannt werden, in die sie sich unmittelbar fortsetzen. Eine auffällige Ausnahme machen die Korona-Blätter von *Asclepias Cornuti*, deren einziger Längsnerv aus 2 Strängen besteht, und die Perigonblätter von *Asphodelus luteus*, deren starker Mittelnerv mehrere getrennte Tracheiden-Stränge enthält, obwohl sonst keine Nerven mehr vorhanden sind. Überkreuzungen der Nerven in mehreren Ebenen, wie sie SCHUSTER bei monokotylen Laubblättern fand, kommen nur gelegentlich an verdickten Stellen vor, z.B. in dem untersten, dem Blütenboden einge-

senkten Teil der Blumenblätter von *Malva*, in dem spornartigen Fortsatz der Staminodien von *Delphinium* und in der Gegend der Schwielen und Falten bei *Ononis* und andern Papilionaceen.

Die individuelle Variation der Nervatur ist sehr gross. Zwar gibt es zahlreiche Arten, deren Blumenblätter immer 1- oder 3-nervig sind, aber schon das Auftreten des 4. und 5. Nerven ist gerade dann, wenn sonst keine Nerven mehr erscheinen, meistens starken Schwankungen unterworfen. Arten mit konstant 5- bis 7-nervigen Blumenblättern gibt es vielleicht bei den Gattungen *Sedum* und *Saxifraga*. Bei den grösseren, mit zahlreichen Nerven versehenen Blumenblättern ist höchstens d. Zahl der grösseren Längsnerven konstant, so bei den meisten *Geranium*-Arten, wo ausser dem Mittelnerv noch entweder 2 oder 4 oder 6 grosse Längsnerven vorhanden sind. Auch die Nervatur der rechten und linken Hälfte eines symmetrischen Blumenblattes ist nur bei manchen Arten häufig ganz gleich, z.B. bei *Parnassia palustris* und *Saxifraga decipiens*. Noch seltener allerdings sind so starke Unterschiede in der Nervatur der rechten und linken Seite von sonst fast symmetrischen Blumenblättern, wie sie bei *Acer campestre* (Tafel VI, Fig. 23) vorkommen. Trotz der grossen Variation bleiben aber noch genügend konstante Merkmale übrig, die für einzelne Gattungen und Arten bezeichnend sind und auch bei der Bestimmung der Arten gute Dienste leisten können.

I. DIE ENTWICKLUNG DES EINZELNEN NERVEN.

Nur selten treten die Nerven der Blumenblätter wie die grösseren Nerven der Laubblätter als auffällige Verdickungen hervor; wenn ein solcher Unterschied der Dicke vorhanden ist, dann ist er meistens so schwach, dass er nur auf Querschnitten sicher festgestellt werden kann. Nach L. MÜLLER bilden z.B. die Nerven von *Adonis vernalis* hervortretende Rippen. Wenn man sehr junge Blumenblätter von manchen Arten (z.B. *Melandrium diurnum*, *Silene vulgaris*, *Dicentra spectabilis*, *Campanula rotundifolia*) unter dem Präpariermikroskop betrachtet, so kann man über d. ebene Oberfläche der ausgewachsenen Blumenblätter in Erstaunen geraten. Der Mittelnerv ragt bei diesen jungen Stadien wie ein Bergrücken über die Blattfläche hinaus und bei andern Arten (*Ranunculus acer*, *Geum rivale*) sind auch die übrigen grösseren Nerven im Jugendzustand fast ebenso dick wie die von jungen Laubblättern (Tafel I). Auf Fig. 19 - 20 ist die Verdickung nur durch die Überschneidungen am untern Blattrand angedeutet. Doch ist sie in dieser Zeit noch ebenso stark wie vorher. Man sieht, dass in diesem embryonalen Mittelnerven auch die untere Hälfte der seitlichen Längsnerven und das dazwischen liegende Grundgewebe enthalten war. Der Ausgleich der Höhen-Unterschiede beginnt in der Mitte der Spreite u. schreitet gegen den Grund des in Bildung begriffenen Nagels fort. Jeder stark verdickte Nerv tritt anfangs als sehr flacher Hügelrücken auf, der gegen die benachbarten ebenen Teile des Blattes nicht genau abgegrenzt werden kann. Die kleineren Nerven, z.B. die Querverbindungen und die von diesen ausgehenden oberen Nerven von *Cerastium* (T. 4) sind nicht verdickt, deshalb Taf. I, Fig. 27, obwohl schon vorhanden, nicht eingezeichnet. Bei vielen Blumenblättern (z.B. *Vicia*, *Lotus*, *Trifolium*, *Lamium*, *Ajuga*) kommen auch im Jugendzustand überhaupt keine verdickten Nerven vor.

Wie bei allen Gefässbündeln, so wird auch bei den Blumenblatt-Nerven die langgestreckte Gestalt der Zellen durch Zellteilungen vorbereitet, die ausschliesslich in der Längsrichtung der Nerven stattfinden. Die weitere Entwicklung der Gefässbündel beschreibt HABERLANDT (p. 89) folgendermassen: "Hat sich das Procambium in der besprochenen Weise aus dem Urmeristem heraus differenziert, so dauern die Längsteilungen in ihm noch eine Zeit lang fort. Querteilungen sind viel seltener und jedenfalls nicht typisch. Dagegen erfolgen in den benachbarten Zellen des Grundmeristems die Teilungen gleichmässig nach allen Richtungen des Raumes, so dass die Procambiumzellen sehr bald bedeutend länger sind als die benachbarten Zellen des Grundmeristems. An dem Zustandekommen dieses beträchtlichen Längen-Unterschiedes sind die Procambiumzellen auch aktiv durch selbständiges Spitzenwachstum beteiligt".

Bei den Nerven der Blumenblätter erfahren nur diejenigen Zellen, die zu Tracheiden werden, eine Zuschärfung, die sogenannten Faserzellen behalten ihren rechteckigen Längsschnitt. Die grösseren Nerven sind anfänglich in bezug auf die Richtung der Zellteilungen vom benachbarten Gewebe nicht scharf abgegrenzt; an ihren Rändern erfolgen die Zellteilungen häufig schief zur Richtung der Nerven, sodass eine springbrunnenartige Anordnung der Zellen zustande kommt, die mit andern solchen, später erwähnten Anordnungen nicht zu verwechseln ist. Auch die Bemerkung HABERLANDTs, dass die Teilungen im benachbarten Grundgewebe nach allen Richtungen des Raumes erfolgen, bedarf für die Blumenblätter einiger Einschränkungen (siehe Kapitel 5). - Im übrigen gilt das von HABERLANDT gesagte auch für die Nerven der Blumenblätter. Die Zellteilungen in den Nerven hören im allgemeinen früher auf, als im benachbarten Grundgewebe, am frühesten in den innern Teilen, wo nur Längsteilungen vorkommen.

Der Kürze halber werden im folgenden die Procambium-Stränge nach SCHUSTER als Anlagen bezeichnet. Die ersten Zellteilungen einer neuen Anlage treten immer in der Nähe einer schon vorhandenen Anlage oder eines fertigen Nerven auf und an den Punkten des zukünftigen Nerven, die von den schon vorhandenen Nerven am weitesten entfernt sind, beginnen die bestimmt gerichteten Zellteilungen am spätesten. Doch bilden die in der Richtung der entstehenden Anlage geteilten Zellen anfangs keine zusammenhängende Reihe (vergl. T. IX, Fig. 1, 3 und T. X, Fig. 7, 8, T. XI, Fig. 12, 13). Erst wenn diese Unterbrechungen der Anlage alle ausgefüllt sind, beginnen sich deren Zellen stärker zu strecken, als die des umgebenden Grundgewebes. Als ausgebildete Nerven bezeichnet SCHUSTER solche, in denen schon die Wandverdickungen der Tracheiden vorhanden sind. Bei der Benützung dieser Bezeichnung darf man nicht vergessen, dass nach der Fertigstellung der Wandverdickungen oft noch eine sehr starke Streckung der Nerven erfolgt.

Man kann also die Nerven junger Blumenblätter in 3 Gruppen einteilen: I. Unterbrochene Anlagen; II. Zusammenhängende Anlagen; III. Ausgebildete Nerven. In Wirklichkeit müssen wohl sehr allmähliche Übergänge zwischen diesen drei Entwicklungsstufen vorhanden sein; scharf voneinander abgegrenzt aber erscheinen sie, wenn man konzent. Kalilauge als Aufhellungsmittel benützt. Eine Grenze zwischen unterbrochenen und gar nicht vorhandenen Anlagen allerdings kann man auch mit Hilfe von Kalilauge nicht ziehen.

Verhältnismässig junge Zellwände kann man häufig daran erkennen, dass sie durch die Aufhellung ihren Plasma-Belag fast vollständig verlieren, während die Älteren noch mit einer dicken Plasmaschicht überzogen sind. Der Dickenunterschied zwischen den Älteren und jüngeren Zellwänden erscheint dadurch viel stärker, als er wirklich ist; ausserdem erscheinen die alten Wände hell, die jungen dunkel (Tafel VIII, Fig. 2; T. IX, Fig. 2; T. X, Fig. 2, 5). Junge Wandverdickungen, die beträchtlich weniger deutlich sichtbar sind als die fertigen, bleiben bei Aufhellung mit Kalilauge nur selten erhalten.

Die Nerven werden geradlinig oder auf sanft gebogenen Kurven angelegt. Von Anfang an geradlinig verläuft bekanntlich bei den meisten Blättern der Mittelnerv. Geradlinige Sekundärnerven, wie sie bei den Laubblättern vieler Bäume vorkommen, scheint es bei den Blumenblättern nicht zu geben. Dagegen gibt es unter den feineren Nerven der Blumenblätter viele ungefähr geradlinig verlaufende, wenn auch nicht so viele wie bei den Laubblättern. Starke Knickungen der Nerven sind immer die Folge von nachträglichen Verzerrungen oder sie sind ein Anzeichen dafür, dass die ins Auge gefasste Strangverbindung aus mehreren Nerven besteht.

Ebenso haben alle auch noch so schwachen wellenlinienförmigen Verbiegungen ihren Grund in nachträglichen Verzerrungen, falls nicht überhaupt eine sympodiale Strangverbindung vorliegt. Solche Verbiegungen erleiden z.B. die meisten Längsnerven im Vexillum von *Vicia sepium*, (Tafel XIV, Fig. 11); ähnliche Verbiegungen kommen bei andern *Vicia*-Arten, bei *Lathyrus* und *Pisum* vor. - Bei *Tradescantia* scheint das Längenwachstum des Grundgewebes mit dem der Nerven nicht Schritt zu halten; der umgekehrte Fall scheint bei manchen Laubblättern vorzukommen (*Gunnera*, manche Labiaten), wo die kleinen Felder sich kuppelförmig über die angrenzenden Nerven emporwölben.

Während ein krummliniger Nerv in Anlegung begriffen ist, bleibt er immer nach derselben Seite hin konvex, nach der entgegengesetzten Seite hin konkav gekrümmt. Auch die schwach S-förmige Krümmung mancher Nerven ist das Ergebnis von verhältnismässig kleinen nachträglichen Verschiebungen der Nähe des Ansatzpunktes, die den Ansatz des Nerven spitzwinkliger erscheinen lassen, als er ursprünglich war. Besonders wenn Sekundärnerven von einem dicken Mittelnerven abgehen und ein interkalares Wachstum diese Punkte nach längerer Unterbrechung wieder in teilungsfähigen Zustand versetzt hat (*Aesculus*, *Alae* und *Carina* der *Papilionaceen*), werden häufig in den äusseren Teilen des Mittelnerven Tracheiden gebildet, welche in ihrer Richtung einen Übergang zwischen den schon vorher vorhandenen Tracheiden des Mittelnerven und denen des Sekundärnerven bilden, in die sie sich fortsetzen.

Die Verzerrungen, welche die Nerven infolge des ungleichmässigen Wachstums erleiden, das im Grundgewebe stattfindet, müssen von den Unterschieden der Wachstumsverteilung, von denen die Zahl, die Ansatzstelle und die ursprüngliche Richtung der Nerven abhängt, scharf unterschieden werden. Die seitlichen Hauptnerven von *Cerastium vulgare* z.B., die ursprünglich ungefähr die Form eines Kreisbogens von 90° hatten (Tafel IV, Fig. 2 und 3), werden später fast zur Geraden gestreckt. Die ursprünglich geraden Mittelnerven der beiden seitlichen Blumenblätter, die zur Unterlippe von *Lamium album* gehören, sind in der ausgewachsenen Blüte geknickt (Tafel XVI). Bei den Blumenblättern mancher *Papilionaceen* (z.B. Tafel XV, Fig. 13) suchen gewisse Nerven, deren grösster Teil dem Hauptnerven parallel verläuft, zunächst einen Punkt auf, der dem Blattgrund etwas näher liegt als ihr Ansatzpunkt. Hier befindet sich eine scharfe Knickung, mit deren Hilfe die Nerven in diejenige Richtung einlenken, die sie im Keimzustand von Anfang an und ohne solche Umwege aufgesucht hatten. Diese Fälle müssen wohl auf ein ungewöhnlich starkes Längenwachstum zurückgeführt werden, das längs desjenigen Nerven stattfindet, von dem der geknickte Nerv ausgeht, und nach aussen zu schnell abnimmt. Durch ein solches Längenwachstum kann die Ansatzstelle des Nebennerven vom Blattgrund weiter entfernt werden, als die zurückbleibenden angrenzenden Teile des Nebennerven, die früher vom Blattgrund weiter entfernt waren als die Ansatzstelle. Wenn mehrere solche Knickungen nebeneinander liegen, so entstehen Zickzacklinien; solche kommen ausser bei *Papilionaceen* besonders bei *Rosaceen* vor (*Potentilla anserina*, *P. thuringiaca*, *R. recta*, *P. pyrenaica*, *Fragaria californica*, *Rubus illecebrosus*, *Sorbus intermedia*, *Physocarpus amurensis* u.a.), bei *Sedum* (Tafel VI, Fig. 20, 21), *Sempervivum* und *Cornus*. Eine besonders starke Verzerrung der Nerven wird durch die Bildung von Spornen verursacht. Bei den meisten Arten von *Viola* (Tafel XVIII) und *Orchis* wird nur der Mittelnerv von der Spornbildung in Mitleidenschaft gezogen, während bei *Corydalis* und *Fumaria* drei, bei *Aquilegia* (Tafel II) und *Epimedium* noch mehr Nerven durch die Spornbildung verzerrt werden. Viel schwächer dagegen sind die wellenförmigen Verbiegungen der Nerven, die durch den durch Platzmangel in der Knospe verursachten Druck und die daraus folgenden Faltungen oder Druckbeulen der Blumenblätter erklärt werden können. Solche kommen bei *Papilionaceen* vor, wo die Falten und Schwielen, die SCHUEPP (1911) auf Druckwirkung zurückführt, erst sehr spät erscheinen, und bei *Lythrum*, dessen Blumenblätter schon zu der Zeit, wo die Fiedernerven angelegt werden, auf so viele Hindernisse stossen, dass sie, ohne Schaden zu nehmen, erstaunlich scharfe Knickungen und Faltungen erfahren.

II. DIE VERTEILUNG DER TRACHEIDEN.

Aus der häufig unregelmässigen Reihenfolge, in der die Tracheiden ihre Wandverdickungen erhalten, schloss TRECUL, dass die Entstehung eines Gefässbündels von mehreren Bildungsherden ausgehen kann. GRELOT dagegen weist darauf hin, dass zwischen den getrennt auftretenden ersten Tracheiden immer vollständige Verbindungen vorhanden sind, die aus zusammenhängenden Anlagen (von GRELOT als Bast bezeichnet) bestehen und glaubt beobachtet zu haben, dass die Bildung der Blattspuren in der Ansatzstelle des Blattes beginnt und von da aus nach abwärts fortschreitet. Es ist diese Angabe deshalb auffallend, weil, wie schon erwähnt, bei

den Blumenblättern die Bildung einer neuen Anlage von einem schon vorhandenen Strang auszugehen pflegt, wenn man von den kleinen Abweichungen absieht, die durch die unterbrochene Anlegung bedingt sind (vergl. Kapitel I). - Als eine Bestätigung der Annahme von TRECUL können die unterbrochenen Anlagen aufgefasst werden, allerdings nur mit Einschränkungen. Da die Entstehung der Anlagen trotz den oben genannten Unterbrechungen von einem Punkt ausgehend in bestimmter Richtung fortschreitet, so wird man diese Unterbrechungen wohl darauf zurückführen müssen, dass zu der Zeit, wo die Ursachen zu wirken beginnen, die den Zellwänden eine bestimmte Richtung geben, nicht alle Zellen sich gerade in teilungsfähigem Zustand befinden. Durch diese kleinen Ungenauigkeiten lassen sich nur manche von den unterbrochenen Tracheidenzügen erklären, die den Anlass zu TRECULs Annahme der mehrfachen Bildungsherde gaben.

Nach GOEBEL ist es eines der Ziele entwicklungsgeschichtlicher Untersuchungen, dass man von der Nervatur jedes ausgewachsenen Blattes die Wachstums-Verteilung ablesen kann, die während der Keimesentwicklung vorhanden war. Mehrere Umstände wirken zusammen, dass dieses Ziel bei den Blumenblättern nicht so leicht zu erreichen ist wie bei den Laubblättern. Ausser der besonders grossen Mannigfaltigkeit der Wachstums-Verteilung, verglichen mit den Laubblättern oder Teilblättchen von gleich einfacher Umrisssform, und den dadurch bewirkten Verzerrungen der Nervatur, ist besonders die Tatsache hinderlich, dass ausser dem Mittelnerv nur bestentalls einige weitere Längsnerven sich an Stärke von den übrigen Nerven merklich unterscheiden. Die Entstehungsfolge der Nerven kann deshalb nicht so leicht überblickt werden, wie bei den meisten Laubblättern. Am meisten aber verwirrt die oft sehr unregelmässige Verteilung der Tracheiden das Bild. Ein Nerv kann ganz oder streckenweise auf jeder Entwicklungsstufe stehen bleiben und ist dann im ausgewachsenen Blatt oft nur schwer oder gar nicht nachweisbar.

Besonders häufig kommen Anlagen, denen die Tracheiden fehlen, bei Umbelliferen, Caryophyllaceen und Papilionaceen vor. Bei *Medicago lupulina* z.B. findet man oft einzelne Tracheiden, die durch Anlagen miteinander verbunden sind, bei *Trifolium montanum* sind die 1 bis 2 Nerven auf der Schmalseite der Carina nie mit Tracheiden versehen. Bei den Monokotylen sind es meist nur Nervenendigungen, denen die Tracheiden fehlen. Bei Dikotylen dagegen fehlen die Tracheiden auch oft in den Teilen der Nerven, die zuerst angelegt wurden, während sie in später angelegten Nerven vorhanden sind (siehe z.B. *Silene*, Tafel I, Fig. 23, *Pastinaca* Taf. VII, Fig. 11, *Lychnis*, Tafel XVII Fig. 9, *Viola*, Tafel XVIII, Fig. 10, 15, *Aethionema* Tafel VI, Fig. 8). Wenn in einem geschlossenen Feld ein isolierter Tracheidenzug liegt, wie es bei *Actaea spicata*, Tafel VII Fig. 5, *Vicia sepium* Tafel XV, Fig. 13 und *Papaver Rhoeas* vorkommt, so muss dieser immer durch eine Anlage mit einem der umgebenden Nerven verbunden sein. Bei *Arenaria trinervis*, *Ribes rubrum* und *R. alpinum* ist oft nur ein Nerv mit Tracheiden versehen, während 3 Anlagen vorhanden sind. Auch eine falsche Dreinervigkeit kann durch mangelhafte Ausbildung der Tracheiden vorgetäuscht werden. Dies kommt bei Umbelliferen vor (*Carum*, *Pimpinella*, *Aegopodium*, *Seseli annuum*, *Oenanthe peucedanifolia*, *Peucedanum Chabraci*, *Bupleurum rotundifolium*) und bei *Draba verna* und *Armeria vulgaris*. Im letzteren Falle allerdings sind die Anlagen sehr leicht zu sehen, da sie etwas dunkler gefärbt sind als die Parenchymzellen. Es sind die stark verzerrten Anlagen einer Querverbindung, von der nur der äussere Ast gut erhalten ist, und die je eines äusseren Längsnerven. Wenn die Nervatur reichlich ist, so ist die echte offene Nervatur an der gleichmässigen Verteilung der Nerven zu erkennen und daran, dass nebeneinander liegende Nerven, von der nächsten Umgebung der Ansatzstelle abgesehen, ungefähr parallel laufen (z.B. *Linum*, *Ranunculus*, *Lysimachia*). Ist dies nicht der Fall, so ist der Verdacht berechtigt, dass die Nervatur nur scheinbar offen ist, infolge von mangelhafter Ausbildung der Tracheiden (vergl. auch Kapitel VIII). So erscheint die Nervatur meistens offen, trotz Anlegung von Maschen, bei *Evonymus*, *Sambucus*, *Telephium*, vielen Umbelliferen (*Pimpinella*, *Silene*, *Laserpitium*, *Cerastium*, *Orlaya*), bei *Sisymbrium austriacum*, *Thlaspi perfoliatum*, manchmal auch *Draba incana* und *Acer platanoides*. Aber auch dann, wenn der Habitus der Nervatur auf eine echte offene Nervatur hinzuweisen scheint.

können trotzdem die Anlagen von Querverbindungen vorhanden sein (*Corylopsis spicata*, *Caytonia perfoliata*, oft auch *Stellaria*, *Cerastium*, *Ptelea angustifolia*).

Es gibt Blumenblätter, wo die Tracheiden in jedem Nerv genau in akropetaler Reihenfolge entstehen und die Nerven genau in der Reihenfolge, in der sie angelegt werden, ihre ersten Tracheiden erhalten (*Ranunculus*, Tafel I, Fig. 4 - 6, *Adonis*, *Geum rivale*, Tafel I, Fig. 10 - 13). Bei *Ranunculus fluitans* erscheint die erste fertige Tracheide des Mittelnerven gerade in dem Augenblick, wo das Blumenblatt, das zuerst breiter als lang war, eine kreisförmige Gestalt erlangt hat und dazu übergeht, länger als breit zu werden (Tafel III, Fig. 7 - 8). Auch bei den Arten, wo im Jugendzustand unterbrochene Tracheidenzüge vorkommen, pflegt der Mittelnerv zuerst mit Tracheiden versehen zu werden, nach diesem auf jeder Seite der seitliche Hauptnerv (siehe Kapitel III). So bei *Silene* (Tafel I, Fig. 19 - 20), *Staphylea* (Tafel I, Fig. 29 - 30), *Alliaria* (Tafel V, Fig. 10 - 11), *Vicia* (Tafel XIV, Fig. 8 - 9, XV, Fig. 10, 22, 23), *Lamium* (Tafel XVI, Fig. 3-5), *Viola* (Tafel XVIII, Fig. 4, 9, 14).

Daraus folgt, dass ein Nerv ein bestimmtes Alter erreicht haben muss, um Tracheiden bilden zu können. Es liegt deshalb der Gedanke nahe, die unterbrochene Anlegung der Tracheidenzüge auf die unterbrochene Anlegung der Nerven zurückzuführen. Es ist dies aber nur in den Fällen möglich, wo mehrere kurze Unterbrechungen einer einzelnen Tracheiden-Kette aufeinander folgen, z.B. am Mittelnerv der Ala von *Vicia septum*, Tafel XV, Fig. 10. Bei *Lamium* z.B., wo die ersten Tracheiden in der oberen Hälfte der beiden Hauptnerven der Oberlippe erscheinen, (Tafel XVI, Fig. 3 und 5), versagt diese Erklärung. Das interkalare Wachstum im unteren Teil der Röhre ändert nichts daran, dass die ältesten Teile der Hauptnerven sich dort unten befinden. In den Scheibenblüten von *Anthemis tinctoria* gehen die Spiraltracheiden im unteren Teil der Korolle nach oben zu allmählig in Ringtracheiden über, bei diesen nimmt nach oben die Zahl der Verdickungen auf 5 oder 6 ab, noch vor der Gabelung der Nerven verlieren sie sich vollständig. In vielen Fällen scheint nicht nur das Alter der Nerven, sondern auch die Beschaffenheit des umgebenden Grundgewebes die Entstehungsfolge der Tracheiden zu beeinflussen. TRECUL (1881) fand besonders häufig, dass die ersten Tracheiden des Mittelnerven von Kelch- und Blumenblättern in deren Mitte auftreten und dass die Bildung von Tracheiden von da nach oben und unten fortschreitet. Nach VAN TIEGHEM erscheinen die ersten Gefässe in der Reihenfolge des interkalaren Wachstums, nach BERTRAND da, wo kein weiteres Wachstum stattfindet, Angaben, die zwar von GRELOT mit Recht als nicht allgemein gültig eingeschränkt werden, die aber auch bei Blumenblättern oft bestätigt werden können. Ein unterbrochenes Auftreten von Tracheiden-Ketten des Mittelnerven scheint jedenfalls nur bei starkem interkalarem Wachstum vorzukommen (Vergl. *Silene* Tafel I, Fig. 19, *Vicia* Tafel XV, Fig. 22, *Lamium* Tafel XVI, Fig. 3 - 5). Das Auftreten von Meristemen in der Umgebung von Nerven scheint die Ausbildung der Tracheiden zu verzögern.

Nach SCHUSTER sind schon die Tracheiden-Ketten in den Sekundärnerven der Fiederblättchen von *Vicia Fabam* manchmal unterbrochen. Bei manchen Blumenblättern, besonders bei grösseren und dickeren (*Ranunculus acer*, *Adonis vernalis*, *Geum rivale*) werden nach dem Auftreten der ersten in Kalilauge beständigen Tracheiden noch neue Nerven angelegt, bei zarteren Blumenblättern (*Ranunculus fluitans*, *Cerastium vulgatum*, *Lychnis flos cuculi*, *Alliaria*, *Raphanus*) erscheinen die Tracheiden erst nach Anlegung aller Nerven. Bei dem Vexillum von *Vicia septum* erzeugt das ausserordentlich starke Randwachstum noch neue Nerven, nachdem schon mehrere Nerven vollständig mit Tracheiden versehen sind (Tafel XIV, Fig. 9), obwohl diese Blumenblätter ziemlich dünn sind. Die folgende Tabelle vergleicht die Grösse der ausgewachsenen Blumenblätter (A.B.) mit der Grösse der Blumenblätter zu der Zeit wo die ersten in Kalilauge beständigen Wandverdickungen auftreten (J.B.) - Tabelle siehe folgende Seite.

Während die Zahl und Länge der Nerven, wie schon L. MÜLLER bemerkte, von der Dicke der Blumenblätter unabhängig ist, dagegen mit deren Fläche in engstem Zusammenhang steht (vergl. Kapitel VII), scheinen die ersten Tracheiden, wie aus der Tabelle ersichtlich ist, dann aufzutreten, wenn das Blatt einen bestimmten

Namen	Zum Vergleich			J.B.			Zum Vergleich			A.B.	F : f
	Taf.	Fig.	Vergr.	L. i. mm	Br. i. mm	Fl f i. mm ²	Taf.	Fig.	Vergr.	Fl f i. mm ²	
<i>Ranuncul. fluit.</i>	3	7, 8	15:1	1,9	1,5	2,3	3	9	5:1	40	17
<i>Ranuncul. acer</i>	1	4	10:1	0,6	0,8	0,4	1	7	4:1	45-90	112-225
<i>Adonis vernalis</i>				1,4	1,5	1,6				210	131
<i>Geum rivale</i>	1	10	10:1	0,9	0,6	0,3	1	16	4:1	68	227
<i>Silene vulgaris</i>	1	19	10:1	1,5	1,0	1,0	1	23	4:1	25	25
<i>Alliaria officin.</i>	5	9, 10	15:1	1,5	0,7	0,7	5	13	10:1	12	17
<i>Vicia sepium, Vex.</i>	14	8	10:1	1,5	1,3	1,7	14	11	6:1	113	66
<i>Vicia sepium, Ala</i>	15	10, 11	10:1	1,5	1,0	1,2	15	13	6:1	34	28
<i>Vicia sepium, Car.</i>	15	21, 22	10:1	1,9	1,2	1,7	15	26	6:1	22	13

Rauminhalt erreicht hat. Die jungen Blumenblätter von *Ranunculus acer* und *Geum rivale* sind von den in der Tabelle angegebenen weitaus die dicksten, ziemlich dick sind auch die von *Alliaria*, bei *Silene* ist nur der Mittelnerv sehr dick, am dünnsten sind die Blumenblätter von *Adonis* und *Vicia*; bei ihnen erscheinen die ersten Tracheiden erst, wenn eine grössere Fläche erreicht ist. *Ranunculus fluitans* erreicht den Wert $F:f = 17$ hauptsächlich durch Zellvermehrungen, *Alliaria* erreicht denselben Wert hauptsächlich durch das Streckungswachstum.

III. DER MITTELNERV UND DIE SEITLICHEN HAUPTNERVEN.

Die meisten Blumenblätter besitzen einen Mittelnerv, der sie in 2 Hälften v. ungefähr gleicher Form und Grösse teilt. Nur dieser Mittelnerv ist vorhanden bei *Majanthemum*, *Polygonatum*, *Convallaria*, *Smilacina*, *Allium*, *Scilla*, *Hyacinthus*, *Triteleia*, *Asphodelus*, bei den oberen inneren Blumenblättern von *Ophrys arachnites*, bei *Statice*, *Astilbe*, *Mesembrianthemum* und *Cornus mas.* Ein Mittelnerv im geometrischen Sinne fehlt den asymmetrischen Blumenblättern, doch besitzen die meisten von diesen einen starken Hauptnerv, der im Jugendzustand auch längere Zeit die Symmetrie-Axe gebildet (*Lamium album*, seitliche Blumenblätter der Unterlippe, Tafel XVI) oder wenigstens das Blatt ungefähr in 2 flächengleiche Hälften geteilt hat (*Vicia sepium*, Tafel XV, Fig. 1, 14). Je früher die Asymmetrie der Blumenblätter im Laufe der Entwicklungsgeschichte beginnt, desto mehr prägt sie sich in der Nervatur aus. Bei den Schiffchenblättern mancher Papilionaceen, bei *Mentha* (Tafel VI, Fig. 41), oft auch *Daucus* (Tafel VII, Fig. 12) wird überhaupt nur der grössere, auf der einen Seite des Hauptnerven gelegene Teil von Nerven durchzogen.

Bei *Ribes rubrum* und *R. nigrum* sind gelegentlich nur die seitlichen Längsnerven mit Tracheiden versehen, nicht der Mittelnerv. An die Zwiebelschalen und andere Niederblätter mit sehr breitem Ansatz, wo der obere Rand der Blattanlage auf längere Strecken zur Ansatzlinie parallel läuft, sodass zahlreiche Längsnerven zugleich entstehen, sei nur nebenbei erinnert. Blumenblätter mit 2 gleich grossen Hauptnerven kommen bei *Chelidonium majus*, *Mesembrianthemum tricolor* und *Allium paradoxum* gelegentlich vor. Bei den letzteren beiden Arten ist die Blattspitze in diesen Fällen deutlich eingekerbt, bei *Chelidonium*, wo die Nervatur sehr unregelmässig ist und sowohl die äusseren als auch die inneren Blumenblätter zwei Hauptnerven haben können, ist die Einkerbung im Jugendzustand oft sehr stark. Die Blumenblätter von *Cerastium vulgatum* sind ziemlich tief zweispaltig. Die beiden Zipfel entstehen aber erst, nachdem schon fast alle Nerven angelegt sind (Tafel IV). Deshalb sind bei *Cerastium vulgatum* immer normale Mittelnerven und seitliche Hauptnerven vorhanden. Bei *Stellaria media* (Tafel VI, Fig. 25) dagegen sind die Blumenblätter schon zu der Zeit zweispaltig, wo die ersten Nerven angelegt werden, sodass die 2 bis 4 Längsnerven ihrer Zipfel mit den Nerven normaler Blätter schwer verglichen werden können. Die Oberlippe von *Lamium* ist ganzrandig und ungeteilt, besitzt aber doch 2 Hauptnerven anstelle eines Mittelnerven. Man könnte daraus

den voreiligen Schluss ziehen, dass die theoretische morphologische Bedeutung der Oberlippe den oben beschriebenen mechanischen Gesetzen zum Trotz zwei Hauptnerven erzeugen könnte. Im Jugendzustand ist aber eine sehr deutliche Einkerbung vorhanden (Tafel XVI, Fig. 1), die erst später verschwindet. Umgekehrt ist die Einkerbung am mittleren Blumenblatt der Unterlippe anfangs schwach (Fig. 1) und wird erst später immer stärker. Man wird annehmen dürfen, dass eine solche Einkerbung auch bei den mit 2 Hauptnerven versehenen oberen Blumenblättern von *Veronica* zur Zeit der Anlegung der ersten Nerven vorhanden ist (Tafel VI, Fig. 36). Zwei Hauptnerven sind meistens vorhanden bei *Veronica chamaedrys*, *V. officinalis*, *V. austriaca*, *V. surculosa*, *V. cuneifolia*, *V. pinnata*, *V. armena*, oft auch bei *V. persica* und *V. urticifolia*. Ein Hauptnerv dagegen ist meistens vorhanden bei *V. beccabunga*, *V. anagallis*, *V. serpyllifolia*, *V. agrestis*, *V. hederifolia*, *V. praecox*, *V. spicata*, *V. cinerea*, *V. gentianoides*. Bei *V. cuneifolia* ist das obere Blumenblatt noch im ausgewachsenen Zustand eingekerbt oder es sind überhaupt 5 Blumenblätter vorhanden.

Die Röhrenblüten der Compositen besitzen meistens keine Mittelnerven, sondern nur die von R. BROWN zuerst bemerkten Kommissuralnerven. Mit Tracheiden versehene Mittelnerven hat nur *Lappa* und *Helianthus*. Bei *Silphium perfoliatum* haben meist 2 Blumenblätter der Korolle Mittelnerven, ebenso verhält sich nach HOFFMANN *Perityle*. Die bis jetzt bekannten Fälle, wo verkümmerte, zu Ölschläuchen umgewandelte Mittelrippen vorkommen, wurden im Kapitel I. aufgezählt. Auch die Korollen der Ligulifloren und, nach HOFFMANN, der Mutisieen, haben fast immer nur Kommissuralnerven. Eine Zungenblüte pflegt von 6 Nerven durchzogen zu werden. Mit Tracheiden versehene Mittelnerven hat nur *Catananche*. Die kleineren Randblüten der Diversifloren werden meistens von 4 Kommissuralnerven durchzogen. Die Ränder der Blütenzipfel sind verdickt, besonders an der Spitze. Am stärksten ist die Verdickung bei *Carlina*, *Echinops*, *Arnica*, *Euphthalmum*, *Chrysogonum*, *Coreopsis*, *Dimorphotheca*, ziemlich stark auch bei *Sonchus arvensis*, *Cirsium oleraceum* und *C. rivulare*, *Eupatorium cannabinum*, *Bidens chilensis*, *Solidago lanceolata*, *Pulicaria dysenterica*, *Tanacetum vulgare*. In der Mitte sind die Blumenblätter nach WARMING oft nur zwei Zellschichten dick. Dass in diesen Fällen kein Mittelnerv entstehen kann, ist begreiflich. Das von CHATIN behauptete Vorkommen einschichtiger Stellen wurde von WARMING nicht bestätigt. Im Jugendzustande sind diese Verdickungen auch bei solchen Arten auffällig, wo sie im ausgewachsenen Zustand leicht übersehen werden können, z.B. *Aster amellus*, *Senecio aquaticus* und *Hieracium umbellatum*. Nur bei Randblüten kommt es häufig vor, dass die innern Kommissuralnerven sich schon weiter unten in der Röhre spalten und einen kürzeren Weg zur Blattspitze einschlagen, so gelegentlich bei *Senecio aquaticus*, *S. paludosus*, *S. erucifolius*, *S. pratensis*, *Inula salicina*, *Solidago virga aurea* und *Erigeron canadensis*.

Diejenigen Blumenblätter, die schon in der Zeit, wo die ersten Nerven angelegt werden, starke Einbuchtungen oder Fiedern haben (*Stellaria*, *Reseda*, *Mitella*), sind in den folgenden Ausführungen nicht berücksichtigt. Es gibt leere und von Nerven durchzogene Felder. Die Nerven, die ein Feld durchziehen, sind immer jünger, als die Nerven, die das Feld begrenzen. Nach GOEBEL (Ges. p. 37) besitzen alle Blätter im Jugendzustand eine offene Nervatur, auch die, welche später Maschen bilden. Die Nerven reichen nie ganz bis zum Rand der Blumenblätter. Bei denen von *Ranunculus* sind die Nervenendigungen durch mindestens 2 bis 3 Reihen von Mesophyllzellen von der Rand-Epidermis getrennt und dieser Fall ist die grösste Annäherung d. Nerven an den Blattrand, die BUSSE bei den Kelch- und Blumenblättern der Ranunculaceen beobachtet hat. Bei den jungen Blumenblättern sind die Verhältnisse ähnlich. Wo also die Nervatur offen ist, muss man die Nerven durch eine Hilfslinie bis zum Rand verlängern, wenn man auch hier Felder unterscheiden will. Diese Felder kann man als offene Felder den gewöhnlichen (geschlossenen) gegenüberstellen. Der Mittelnerv teilt das Blatt anfangs in zwei leere, offene Felder. In keinem der beobachteten Fälle treten in einem dieser Felder 2 oder mehr Nerven zugleich auf, auch nicht bei *Lythrum Salicaria*, von dessen 6 bis 10 auf jeder Seite des Blumenblattes befindlichen Fiedernerven die mittleren ziemlich gleich lang sind. Die meisten Blumenblätter durchlaufen also nach dem 1-nervigen ein 3-nerviges

Stadium. Die beiden neu hinzu gekommenen Nerven werden in folgenden als Seitliche Hauptnerven bezeichnet. Beim Auftreten der Seitlichen Hauptnerven sind die Blumenblätter von *Alliaria officinalis* und *Potentilla Tormentilla* etwa 0,01 mm² gross. Bei den asymmetrischen Flügeln und Schiffchen-Blättern von *Vicia sepium* und *Lotus corniculatus* entsteht der Seitliche Hauptnerv der grösseren Blattseite vor dem der kleineren. Der Seitliche Hauptnerv entspringt in manchen Fällen (*Nymphaea*, viele Monokotylen) von Anfang an selbständig aus dem Blattgrund. Meistens hat er aber seinen Ursprung in dem Winkel, den die Ansatzlinie des Blattes mit dem Mittelnerven bildet (*Ranunculus*, *Cerastium*) oder etwas höher (*Linum catharticum*, *Potentilla Tormentilla*) oder etwa in der Mitte des Hauptnerven (*Silene vulgaris*, *Vicia sepium*, *Lotus corniculatus*). Nur der Mittelnerv und die Seitlichen Hauptnerven werden gebildet bei *Myosurus*, *Aruncus*, *Globularia*, *Anthericum*, bei den äusseren Perigonblättern von *Ophrys*, bei *Arenaria trinervis*, *Saxifraga tridactylites*, *S. aizoides*, *S. hypnoides*, *S. crustata*, *S. geranioides*, *S. tricuspidata*, *S. trifurcata*.

IV. DIE ENTSTEHUNGSPOLGE DER NERVEN.

Der nach dem Seitlichen Hauptnerven entstehende Nerv setzt sich entweder ausen an diesen an (*Ranunculus*, *Aquilegia*, *Geum*, *Staphylea*) oder an den Mittelnerven und zwar weiter unten als der Seitliche Hauptnerv (*Vicia*, *Lotus*) oder weiter oben (*Alliaria*, *Raphanus*). Die Entstehungsfolge der weiteren Nerven soll an einzelnen Beispielen beschrieben werden.

Die Grösse und Form der Blumenblätter von *Ranunculus fluitans* ist bei allen in schnell fliessendem Wasser wachsenden Exemplaren ziemlich gleich (Tafel III, Fig. 9; 9:6 mm). In stehendem Wasser kommen grösserblütige Formen vor, deren Nervatur gelegentlich einige Maschen besitzt. Auch bei der hier allein berücksichtigten kleinblütigen Form gibt es zahlreiche individuelle Abweichungen der Nervatur. Der auf Fig. 9 abgebildete Typus ist einer der häufigsten. Manchmal aber ist die Gabelung des Mittelnerven kürzer oder sie fehlt ganz, oder einer von den Gabelästen ist wieder gegabelt. Manchmal besitzt der Mittelnerv ausser den Seitlichen Hauptnerven noch einen kleinen, unmittelbar über der Nektarschuppe abgehenden Seitennerv. Noch veränderlicher ist Zahl, Ansatzstelle und Entstehungsfolge der seitlichen Nerven. Der nach dem Seitlichen Hauptnerv entstehende Nerv, der sich an jenen ansetzt, soll als erster äusserer Längsnerv bezeichnet werden. *Ranunculus acer* und *R. Ficaria* unterscheiden sich von *R. fluitans* zunächst dadurch, dass die Seitlichen Hauptnerven sehr bald dem Mittelnerv parallel gestellt werden. Bei *Ranunculus acer* (Tafel I, Fig. 3) entsteht auch unterhalb des ersten äusseren Längsnerven noch ein Seitennerv des Seitlichen Hauptnerven, was bei der kleinblütigen Form von *R. fluitans* nicht vorkommt. Die Grösse der Blumenblätter von *R. acer* ist sehr schwankend (Länge 9 bis 12 mm, Breite 7 bis 11 mm, Fläche 45 - 90 mm²). Kleine Exemplare haben offene Nervatur und ihr Mittelnerv hat ausser den Seitlichen Hauptnerven und den Gabelästen keine Seitennerven. Grössere Exemplare haben oft eine bis mehrere Maschen und meistens 1 bis 2 vom Mittelnerv ausgehende Längsnerven, die zwischen Mittelnerv und seitlichen Hauptnerven eingeschaltet sind. Diese Nerven entsprechen ungefähr den Längs-Zwischennerven SCHUSTERS und entstehen, ebenso wie einige andere nur bei grösseren Exemplaren vorkommende zwischengeschaltete Nerven, beträchtlich später als alle übrigen, nämlich erst, nachdem schon die ersten Tracheiden fertiggestellt wurden. Bei *Parnassia palustris* sind die beiden Längs-Zwischennerven immer vorhanden. An der Spitze der Nerven findet, ebenso wie bei *Ranunculus fluitans*, häufig Gabelung statt. Ein Grössenunterschied der beiden Gabeläste ist dabei zu keiner Zeit feststellbar. Verlängert man die Mittelaxe z.B. des Mittelnerven bis zum Blattrand, so teilt diese Linie das von den Gabelästen begrenzte offene Feld von Anfang an in 2 Teile von gleicher Form und Grösse. Infolge der, wenn auch schwachen, Verbiegungen, welche die Nerven durch späteres Wachstum erleiden, kann aber Gabelung und seitliche Verzweigung der seitlichen Komplexe im ausgewachsenen Zustand oft nicht mehr sicher unterschieden werden.

Bei *Aquilegia* (Tafel II) bleiben die Längsnerven viel länger unverzweigt. Nachdem auf jeder Seite der erste äussere Längsnerv gebildet ist, setzt sich an diesen ein zweiter an. Dann entsteht ein Zwischennerv zwischen dem Mittelnerv und dem seitlichen Hauptnerv, der im Gegensatz zu *Ranunculus* immer vom seitlichen Hauptnerv ausgeht. Zugleich oder etwas später treten nach aussen gerichtete Verzweigungen an der Spitze des ersten äusseren Längsnerven auf, später auch an der Spitze des seitlichen Hauptnerven. Nun beginnt die durch die Bildung des Spornes verursachte Verzerrung der Nervatur. Bei *Geum rivale* entstehen die meisten Nerven des zwischen Mittelnerv und seitlichem Hauptnerv gelegenen Feldes (Mittelfeldes) später als die ausserhalb des seitlichen Hauptnerven. Bei Tafel I, Fig. 12 z.B. sind die ersten Nerven der Mittelfelder erst als unterbrochene Anlagen vorhanden und deshalb nicht eingezeichnet. Doch kommen in dieser Beziehung starke individuelle Verschiedenheiten vor, wie aus Fig. 10 ersichtlich ist. Bei *Potentilla Tormentilla* entsteht unmittelbar nach dem seitlichen Hauptnerven häufig noch nicht der erste Längsnerv, sondern zuerst ein weiter oben vom Mittelnerv ausgehender Nerv.

Bei *Aquilegia*, *Geum* und *Potentilla* entstehen die Maschen ziemlich spät. Sie werden von unbedeutenden Nerven gebildet und ihre Anordnung ist bei jedem Exemplar eine andere. Bei *Cerastium vulgatum* dagegen kommen häufig bestimmte sehr früh entstehende Maschen vor, die vom Mittelnerv, vom seitlichen Hauptnerv und einer oberen Querverbindung gebildet werden. Bei oberflächlicher Betrachtung der jungen Stadien bemerkt man gar keine individuellen Variationen der Nervatur. Erst nachdem alle Nerven angelegt sind, kann man bemerken, ob die Bildung der Querverbindungen gelungen ist oder nicht. Wenn sie nicht gelungen ist (Tafel IV, Fig. 9) so kann das zweierlei Gründe haben: Entweder ist nur die Tracheidenkette der Querverbindungen unvollständig, oder es ist schon die Anlage an der entscheidenden Stelle unterbrochen geblieben. Durch eine unterbrochene oder zusammenhängende Anlage wird übrigens auch die Spitze des ersten äusseren Längsnerven mit dem seitlichen Hauptnerv verbunden. Diese äusseren Maschen aber bemerkt man auf den ausgewachsenen Blumenblättern nicht, da ihre Querverbindungen nie vollständig mit Tracheiden versehen werden.

Bei den mit offener Nervatur versehenen Blumenblättern und denen, wo nur spät auftretende, unbedeutende Nerven vorhanden sind, ist die Entstehungsfolge der grösseren Nerven sehr leicht festzustellen. Sowie aber Maschen auftreten, ist dies mit grossen Schwierigkeiten verbunden. Wenn man zu den frühesten Stadien der unterbrochenen Anlagen zurückgeht, so wird man zu der Ansicht hinneigen, dass der innere Ast der Querverbindung von der Spitze des Mittelnerven ausgeht und der über die Ansatzstelle der Querverbindung hinausragende Teil des Mittelnerven erst später entsteht (Vergl. Tafel VIII, Fig. 3 und Tafel IX, Fig. 1). - In manchen Fällen (Tafel XII, Fig. 3, rechte Hälfte) scheint der innere Ast der äusseren Querverbindung zuerst angelegt zu werden, während häufiger der äussere Ast der innern Querverbindung zuerst entsteht und daher die unmittelbare Verlängerung des seitlichen Hauptnerven zu sein scheint. Vielleicht muss man eine Art von Gabelung des seitlichen Hauptnerven annehmen.

Die Querverbindung bleibt sehr lange unterbrochen, besonders in der Mitte, wo die beiden Äste zusammenstossen. Der Zeitpunkt, wo die kurzen Nerven entstehen, die von der Querverbindung ausgehen und zum oberen Blattrand hinlaufen (Randstrahlen), ist schwer festzustellen, da in dem ganzen Blumenblatt antiklinale Zellwände vorwiegen. Nur die Querverbindungen durchbrechen diese fächer- oder springbrunnenförmige Anordnung der Zellen und man wird leicht in Versuchung geführt, die antiklinalen Nervenanlagen zu übersehen. Bei der Betrachtung unterbrochener Anlagen ist man immer gezwungen, die Lücken in Gedanken auszufüllen und bei der schematischen Darstellung (z.B. Tafel IV) geraten dann die Kurven leicht zu regelmässig. Man wird sich vorläufig mit der Annahme begnügen müssen, dass der mittlere Teil der Querverbindungen und einer oder zwei von den Randstrahlen, die von ihr ausgehen, ungefähr gleichzeitig entstehen (Vergl. Tafel VIII, Fig. 3). Jedenfalls wird die Anlage der Querverbindungen erst dann ganz geschlossen, wenn auch die dieser Randstrahlen ganz geschlossen sind. Die kleinere, äussere Querverbindung bleibt in ihrer Entwicklung gegenüber der inneren immer etwas zurück. Bei *Cerastium arvense* wird

auch sie oft vollständig mit Tracheiden versehen.

Der äussere Ast der Querverbindung geht meist von Anfang an ohne scharfe Grenze in den Seitlichen Hauptnerv über. Dieser und die Quer-Verbindung erscheinen daher, wenn die Anlage geschlossen ist, als einheitlicher Nerv, der im folgenden wegen seiner ursprünglich sanft geschwungenen Form, die bei anderen Arten auch im ausgewachsenen Zustand besser erhalten ist, als bei *Cerastium*, als Henkel bezeichnet werden soll, und zwar als innerer Henkel im Gegensatz zu den kleineren äusseren. Bei *Lychnis flos cuculi* (Tafel XVII) sind nur die inneren vorhanden. Anstelle der äusseren werden oberhalb der Querverbindung zwei obere Maschen gebildet. Im ausgewachsenen Blumenblatt, Tafel XVII, Fig. 9, sind diese Verhältnisse infolge der starken Streckung und der unregelmässigen Verteilung der Tracheiden bis zur Unkenntlichkeit entstellt. Sehr gut erhalten dagegen sind die Henkel im ausgewachsenen Blumenblatt z.B. von *Gilia* und *Collomia*, von *Geranium pyrenaicum* u. *G. dissectum*, *Cassia marylandica*. Wenn das Feld, das von Mittelnerv und Henkel begrenzt wird (mittleres Henkefeld) später von zahlreichen Nerven durchzogen wird, ist der Henkel oft nicht mehr so auffällig (z.B. bei *Geranium pratense* und *G. palustre*, *Malva silvestris*). Wenn dagegen überhaupt nur sehr wenige Nerven vorhanden sind, so sind die Henkel auch dann sicher erkennbar, wenn sie nur unvollständig mit Tracheiden versehen sind (z.B. bei *Aethionema*, Tafel VI, Fig. 8). Ausser dem mittleren Henkel können auf jeder Seite so viele Henkel vorhanden sein, als äussere Längsnerven vorhanden sind.

Bei dem Vexillum von *Lotus corniculatus* (Tafel XIV, Fig. 12 - 19) setzt sich, wie schon erwähnt, der erste äussere Längsnerv nicht an den Seitlichen Hauptnerven, sondern unterhalb von diesem an den Mittelnerven an. Das erste äussere Henkefeld wird also auf eine kleine Strecke auch vom Mittelnerv begrenzt. Der zweite äussere Längsnerv dagegen setzt sich normal an den ersten an, der dritte an d. zweiten u.s.f. Es sind meistens auf jeder Seite 6 äussere Längsnerven vorhanden, so dass das Blatt im ganzen von 15 grossen Längsnerven durchzogen wird. Dazu kommen noch die schwächeren Zwischen-Längsnerven, die in den breiteren Henkefeldern später erscheinen. Anders ist die morphologische Bedeutung der Henkel bei *Viola septem* (Tafel XIV, Fig. 1 - 2). Hier bildet der seitliche Hauptnerv den inneren Ast der Querverbindung. Der vom Blattgrund herkommende grosse Längsnerv, der später leicht für den Seitlichen Hauptnerv gehalten werden kann, entsteht später. Dann werden wie bei *Lychnis flos cuculi* 2 obere Maschen gebildet. Diese sind hier den mittleren Henkeln von *Lotus* homolog, die beiden grossen darunter liegenden Henkefelder entsprechen den ersten äusseren Henkefeldern von *Lotus*. Die henkelartigen Strangverbindungen von *Trifolium* und *Geum triflorum* bestehen aus Teilen sehr verschiedenen Alters. Der von der Ansatzlinie entspringende grosse Längsnerv, den man für den seitlichen Hauptnerv zu halten versucht sein könnte, ist ein Erzeugnis des interkalaren Wachstums und später entstanden, als alle Nerven der oberen Blatthälfte. Was man bei *Trifolium* für Randstrahlen, bei *Geum triflorum* für obere Maschen halten könnte, sind die seitlichen Hauptnerven und die äusseren Längsnerven. Der innere Ast der Querverbindung ist also sympodial, die Querverbindung entsteht ziemlich spät. Die Blumenblätter von *Alliaria* (Tafel V) haben eine sehr unregelmässige, geschlossene, fiedrige Nervatur. Im Jugendzustand sind auf jeder Seite meist 4 übereinander liegende Henkel deutlich zu sehen, später ist ihr Verlauf infolge der später eingeschalteten Nerven und infolge von geringfügigen Verzerrungen nicht überall leicht zu erraten. Von diesen Henkeln entsteht der zweitoberste zuerst. Sein unterer Ast ist der Seitliche Hauptnerv, der obere entsteht etwas später. Nach dem zweitobersten Henkel wird der zweitunterste angelegt, dann der unterste. Auch bei diesen entsteht der untere Ast (der neu hinzutretende Fiedernerv) vor dem oberen. Der oberste Henkel entsteht zuletzt. Bei der Anlegung des ersten Henkels findet eine Art von Gabelung des Mittelnerven statt, wie bei *Cerastium*. Bei der Anlegung des letzten Henkels wird der Mittelnerv meist nach oben verlängert (Fig. 8). Man ist berechtigt, von den 4 bis 5 scheinbaren Fiedernerven nur die 3 untersten als echte Fiedernerven anzusehen, da nur diese als seitliche Verweigungen des Mittelnerven entstehen. Wie bei *Cerastium* werden die Anlagen der Henkel erst dann geschlossen, wenn die von der Verschluss-Stelle

ausgehenden Randstrahlen angelegt sind. Leider kann man auch hier nicht entscheiden, ob der betreffende Teil der Querverbindung vor dem Auftreten des Randstrahls schon als unterbrochene Anlage vorhanden ist oder ob er noch ganz fehlt. Denn es handelt sich um eine sehr kurze Strecke, auf der nur wenige Zellen liegen. Beobachtet man auf dieser Strecke ein oder zwei längs gerichtete Teilungswände, so können diese auch aus der Zeit stammen, wo die Teilungen hier in allen beliebigen Richtungen erfolgten. Fehlen die Längsteilungen, so kann hier zufällig die Unterbrechung der unterbrochenen Anlage sich befinden. Auch bei den näher ins Auge gefassten Querverbindungen von *Lychnis flos cuculi* und *Anchusa myosotiflora* konnte es deshalb nicht genau entschieden werden, ob der Randstrahl die unmittelbare Fortsetzung des einen Astes der Querverbindung ist oder ein neuer, von der Querverbindung ausgehender Nerv. Bei *Raphanus Raphanistrum* ist die Nervatur etwas dürftiger. Die Entstehungsfolge der Henkel ist genau die gleiche, wie bei *Alliaria*. Bei *Lythrum Salicaria* ist die Nervatur offen. Nur manche von den 6 bis 10 auf jeder Seite vorhandenen Fiedernerven haben einen kleinen Seitennerv. Oberhalb des seitlichen Hauptnerven entstehen 1 bis 3 Fiedernerven in skropetaler, unterhalb des seitlichen Hauptnerven 3 bis 6 Fiedernerven in basipetaler Reihenfolge.

V. DIE ANORDNUNG DER ZELLEN.

Wenn man die unterbrochenen Anlagen und die sonstige Anordnung der Zellen sichtbar machen will, so ist es am besten, die jungen Blumenblätter mit kalter, sehr konzentrierter Kalilauge aufzuhellen und vor Überführung in Glycerin mit Alkohol-Eisessig zu neutralisieren und die Luft zu entfernen. Zarte Blumenblätter sollen vor dem Einlegen in Kalilauge in Wasser getaucht werden. Wenn der schützende Plasmabelag der Zellwände von der Kalilauge vollständig aufgelöst ist, scheinen die Mittellamellen angegriffen zu werden, sodass die sagittalen Wände umkippen und sich falten und das Präparat unbrauchbar wird. Andererseits muss möglichst viel von dem Plasma entfernt werden, sodass für die Aufhellung bei jeder Art eine bestimmte Zeit nötig ist, die nur wenig überschritten werden darf. Sie beträgt für die entscheidenden, jüngsten Stadien von *Cerastium* z.B. etwa 15 Stunden, für *Alliaria* 3 Tage, für *Viola* 2 Stunden.

Nach NÄGELI (1858) haben die Zellen der Meristeme im Gegensatz zu denen des Cambiums die Neigung, sich durch Wände zu teilen, die ihren längsten Durchmesser halbieren. Diese Regel wird bei jungen Blumenblättern an Orten, die genügend weit von Nervenanlagen entfernt sind, ziemlich genau befolgt. Solche Meristeme bilden z.B. bei *Ranunculus*, wo die Nerven sehr langsam entstehen, lange den grössten Teil des Blattes (Tafel X, Fig. 4, 5). Bei den meisten Blumenblättern sind sie auf den Rand beschränkt, sowie die ersten Nervenanlagen erschienen sind (Tafel XVII). Bei *Alliaria* und *Raphanus* sind die Zellen in der Nähe der Nervenanlagen zu der Zeit, wo die Henkel angelegt werden, ebenso klein und protoplasmareich, wie die am Rande und im Mittelpunkt der Henkelfelder. Nur an letzteren Orten aber lässt sich die Halbierung der grössten Durchmesser beobachten. Sehr lange erhalten sich solche echte Meristeme bei den Caryophyllaceen und Asperifoliaceen an der Stelle, wo die Ligula oder Schlundschuppe entsteht. Über die Anlage der Zellen im Urmeristem vergleiche man die Angaben von HOFMEISTER (1863), SACHS (1878), SCHWENDENER (1880) und ERPERA (1885). Dass die antiklinale und periklinale Lage der Zellwände schon sehr früh durch Zerrung und Druck der Zellen infolge von ungleichmässigem Wachstum gestört werden kann, hat schon SACHS angegeben und PFEFFER nochmals betont (Phys. II, p. 50). PFEFFER macht auch darauf aufmerksam, dass ähnliche Anordnungen der Zellen auf verschiedene Weise entstehen können (p. 55).

Beim Erscheinen der ersten Nervenanlagen hat das Blumenblatt das Alter schon überschritten, wo die von SACHS aufgefundenen Gesetzmässigkeiten am besten sichtbar sein müssen. Immerhin wird man das Vorwiegen antiklinaler und periklinaler Wände in den Randmeristemen mancher junger Blumenblätter als einen Überrest dieser ursprünglichen Anordnung der Zellen ansehen dürfen. Eine viel deutlichere strahlige oder springbrunnenartige Anordnung der Zellen pflegt in den innern Tei-

len der Blattfläche vorzukommen. Bei *Cerastium vulgatum* z.B. erfolgen zu der Zeit, wo der Mittelnerv und die seitlichen Hauptnerven angelegt werden, im mittleren Teil des Blumenblattes nur antiklinale Teilungen (Tafel XII, Fig. 1). Von einer Zonenbildung durch dazwischengeschaltete periklinale Teilungen ist sowohl jetzt, als auch später nichts zu bemerken. Wenn die seitlichen Hauptnerven als zusammenhängende Anlagen sichtbar geworden sind, ist zwischen ihnen und dem Mittelnerv die strahlige Anordnung der Zellen verwischt worden, während sie in den ausserhalb der seitlichen Hauptnerven liegenden Teilen erhalten blieb (Tafel XII, Fig. 2, Tafel IX, Fig. 3). Später tritt sie in verstärktem Masse gerade in den mittleren Henkelfeldern zuerst auf und breitet sich dann immer deutlicher über das ganze Blumenblatt aus. Bei einem Blumenblatt ungefähr im Alter des Tafel IV, Fig. 5 abgebildeten bilden die Querverbindungen die Grenze zwischen dem oberen Gewebe, das aus kleinen und kurzen Zellen und dem unteren, das aus älteren, gestreckten Zellen besteht. Am stärksten ist die Verwischung der ursprünglich strahligen Anordnung der Zellen zwischen den drei Hauptnerven, wenn das Blumenblatt 0,15 bis 0,20 mm lang und 0,25 - 0,35 mm breit ist. Es ist das die Zeit unmittelbar vor der Anlegung der Querverbindungen. Auf der Epidermis dagegen bleibt die ursprüngliche strahlige Anordnung der Zellen fast völlig erhalten. Das spätere Wiederauftauchen der strahligen Anordnung rührt nur von einer antiklinalen Streckung der Zellen her. Ähnlich verhält sich *Silene vulgaris* und *Lychnis flos cuculi*. Auf Tafel XVII, Fig. 1 - 6 sind die Meristeme punktiert. Die übrigen Teile dieser Blumenblätter besitzen gestreckte Zellen, deren strahlenförmig angeordnete Reihen von den Nerven in beliebiger Richtung durchschnitten werden.

Auch bei *Ranunculus fluitans*, *Vicia sepium*, *Impatiens parviflora*, *Primula elatior* u.a. ist die springbrunnenartige Zell-Anordnung sehr auffällig. Bei *Lithium catharticum* ist sie anfangs auf den grösseren oberen Teil des Blumenblattes beschränkt. Bei *Chelidonium majus* dagegen ist nichts davon zu bemerken, vielleicht geht sie hier, infolge der sehr zahlreichen Nervenanlagen und anderen Zellteilungen, sehr bald verloren.

In der Gegend, wo ein Nerv in Anlegung begriffen ist, erfolgen immer noch andere Zellteilungen ungefähr parallel zu der Richtung des entstehenden Nerven. Hat ein Nerv ein bestimmtes Alter erreicht, so erfolgen in seiner näheren Umgebung keine Teilungen mehr, die ihm parallel gerichtet sind, sondern nur solche, die senkrecht oder schief zu ihm stehen. Besonders leicht zu beobachten ist das bei *Aquilegia*, z.B. auf einem Stadium, das etwa 0,3 mm lang und ebenso breit ist, wie das Tafel II, Fig. 2 abgebildete. Tracheiden fehlen noch, die Grösse der Zellen ist überall ziemlich gleich. Reste der früheren strahligen Anordnung der Zellen sind noch erkennbar. Die betreffenden Linien werden sowohl von den äusseren Nerven, als auch von den jüngeren Zellwänden durchschnitten. Diese stehen in der Umgebung der Nerven fast senkrecht auf deren Richtung. Am Rand des Blattes, besonders an der Spitze, ist keine Gesetzmässigkeit in der Zellen-Anordnung bemerkbar. Besonders auffällig sind die zur Richtung der Nerven senkrecht erfolgenden sehr zahlreichen Zellteilungen, durch die später (Tafel II, Fig. 6, 7) der Sporn gebildet wird.

Auch bei ausgewachsenen Blumenblättern kommt eine auffällige, springbrunnenförmige Anordnung der Zellen vor, z.B. *Erica carnea*, *Armeria vulgaris*, *Allium suaveolens*, *Triteleia uniflora* und den Randblüten von *Achillea millefolium*. Auffällig sind auch die schildförmigen, einnervigen Kelchblätter von *Corydalis*. Die Streckung der Zellen ist hier vom Ansatzpunkte strahlig nach allen Seiten hin gerichtet. Auch die Nerven können springbrunnenartig verlaufen, z.B. bei *Crocus*, *Iris*, *Tradescantia*, *Gentiana verna* und den Kelchblättern von *Convolvulus arvensis*. Bei *Gaum rivale* ist dies das Ergebnis einer Verzerrung (Tafel I, Fig. 8-16).

GOEBEL (1922, p. 12) hat bei den Farnen die Gabelung der antiklinalen Nerven auf regelmässige Zellteilungen zurückgeführt und die Vermutung geäussert, dass die Ähnlichkeit zwischen diesen Gabelungen und denen mancher Blumenblätter nur eine äusserliche, keine phylogenetisch verwertbare sei (p. 38). Die Gabelung bei *Ranunculus fluitans* vollzieht sich auch wesentlich anders. Wie langsam die Ent-

bleiben, ist besonders auf Tafel X, Fig. 3 und 6 zu sehen, wo die auf Tafel III eingezeichneten unterbrochenen Anlagen weggelassen sind. Bei den meisten Exemplaren erfolgt die Gabelung der Seitlichen Hauptnerven vor der des Mittennerven. Sie wird durch zahlreiche Zellteilungen vorbereitet, die vor dem Ende des Nerven erfolgen. Ein grosser Teil der Zellwände ist aus den in Kapitel I erwähnten Gründen leicht als verhältnismässig jung zu erkennen. Sehr oft zeigt eine Ausbuchtung des Blattrandes an, dass an der Stelle, wo später die Gabelung stattfindet, ein besonders starkes Wachstum stattfand. Bei grösseren Exemplaren von *Ranunculus acris* können solche Ausbuchtungen auch im erwachsenen Zustand noch vorhanden sein. Tafel X, Fig. 1, 2 zeigt die ersten drei stark lichtbrechenden Zellteilungen, welche vielleicht die Gabelung des Mittelnerven vorbereiten, Tafel IV und V eine grössere Zahl von kürzlich gebildeten Zellwänden vor dem Ende eines Seitlichen Hauptnervs. Das letztere Zellnetz hat eine gewisse Ähnlichkeit mit dem in d. Nähe einer zweischneidigen Scheitelzelle. Doch ist zu beachten, dass die betreffenden Zellgruppen nicht am Rande des Blattes liegt und dass die stark lichtbrechenden Zellgruppen, die vor den Nerven liegen, nur manchmal ein so auffälliges Aussehen haben. Wenn der Beginn der Gabelung in Form einer keilförmigen Verbreiterung des Nerven sichtbar wird, kann man diese Zellhaufen nicht mehr von den übrigen Zellen unterscheiden, da ihre Zellwände sich inzwischen verdickt und mit fest anhaftendem Protoplasma überzogen haben.

Bei der Betrachtung der unterbrochenen Anlagen kann der Verlauf des zukünftigen Nerven nicht genau vorausgesagt werden. Grössere Nerven können sogar dann, wenn sie schon als zusammenhängende Anlagen vorhanden sind, gegen das Grundgewebe nicht scharf abgegrenzt werden, am allerwenigsten solche, wie die von *Ranunculus*, wo die Zellen der jungen Nerven lange Zeit nicht gestreckt sind, Tafel II. Solche zusammenhängenden Anlagen grösserer Nerven sind an ihrer Aussenseite Taf. III und V mit Punkten, auf Tafel XVII und XVIII mit kurzen Strichen versehen. Ein Kostal- und Interkostal-Meristem, wie es GOEBEL bei den Farnen fand, kann bei den Nerven der Blumenblätter nicht unterschieden werden. Die bei den meisten Farnen allein vorhandenen antiklinalen Nerven entstehen fast gleichzeitig mit d. dazwischen liegenden Parenchym, die Nerven bei den Blütenpflanzen dagegen entstehen beträchtlich später, als das Feld, das sie durchziehen. Dieser Unterschied erschwert auch einen Vergleich zwischen der Nervengabelung der Farne und derjenigen der Blütenpflanzen.

VI. DIE VERTEILUNG DES WACHSTUMS.

Wo das Wachstum ein Feld genügend vergrössert hat, dorthin werden neue Anlagen gerichtet oder ältere verlängert. Am besten ist dies bei gegliederten Blumenblättern zu sehen, z.B. an den kleinen seitlichen Zipfeln von *Lychnis flos cuculi* (Tafel XVII), bei *Reseda* und *Mitella*. Bei *Reseda odorata* (Tafel VII, Fig. 9) entstehen die inneren Zipfel zuerst, die äusseren zuletzt. Ihre neu entstehenden Nerven setzen sich an die zunächst liegenden schon vorhandenen an. Wo dagegen z.B. in ein von 2 Nerven begrenztes offenes Feld ein neuer Nerv eingeschaltet wird, ist dessen Verlauf nicht so selbstverständlich.

Will man einen Zusammenhang zwischen Nervatur und Wachstum feststellen, so muss man besonders die Wachstumsvorgänge, die vor, während und nach der Anlegung eines Nerven stattfinden, scharf unterscheiden. Das nach der Anlegung stattfindende Wachstum hat oft einen grossen Einfluss auf die Länge und Richtung des Nerven, wie die früher erwähnten Verzerrungen beweisen. Sehr gering dagegen ist der Einfluss der während der Anlegung stattfindenden Wachstums. Durch 5 bis 6 Zellteilungen ist meist der Verlauf einer unterbrochenen Anlage bestimmt, wie auf Tafel VIII, IX, XII und XIII ersichtlich ist. Zugleich finden in der Umgebung zwar noch äussere Teilungen statt, aber eine merkliche Formveränderung des betr. Feldes wird dadurch nicht bewirkt (man betrachte z.B. die Herkelfelder von *Alliaria*, Tafel V Fig. 3 - 8) und die geringe Grössenzunahme des Feldes ist infolge der individuellen Variation schwer festzustellen. Während dieser kurzen Zeit entscheidet es sich, von welchem der umliegenden Nerven und von welcher Stelle die

neue Anlage ausgeht. Am wichtigsten für den Verlauf eines Nerven ist also das Wachstum, das vor der Anlegung des Nerven stattgefunden hat, da es die Form des Feldes und die Zahl und Beschaffenheit der umgebenden Nerven bestimmt.

Vorläufig soll von den Umständen, welche die Ansatzstelle der Nerven bestimmen, abgesehen und nur der Zusammenhang zwischen Wachstumsverteilung und Entstehungsfolge der Nerven beschrieben werden. Bei *Ranunculus* und *Adonis* ist ein starkes und lange andauerndes Randwachstum vorhanden, doch finden in der Mitte des Blattes fast ebenso viele Teilungen statt, wie am Rande. Die ganze Blattfläche bleibt sehr lange gleichmässig meristematisch. Ein etwas langsames Wachstum im mittleren Teil des Blattes ist nur daran zu erkennen, dass die mittleren Felder anfangs nur in die Länge, nicht in die Breite wachsen, sodass deren Längs-Zwischenerven erst spät erscheinen. Ähnlich verhält sich anfangs *Aquilegia*, nur ist hier das Wachstum am oberen Rande viel schwächer als das an den seitlichen Rändern, weshalb auch keine unzweifelhaften Gabelungen vorkommen und die Verzweigung der Längsnerven viel später erfolgt. Der Sporn wird durch ein einzelliges, im unteren Teil des Blattes auftretendes Meristem erzeugt, das auf einem Stadium wie das Tafel II, Fig. 6 abgebildete noch ziemlich gleichmässig ist, während bei Fig. 7 in der Spitze des Sporns die Zellen noch beträchtlich kleiner und plasmareicher sind, als die, welche der Ansatzstelle näher liegen. Ein sehr gleichmässiges Wachstum ist bei *Geum rivale*, *Potentilla Tormentilla*, *Chelidonium majus* und *Alliaria officinalis* vorhanden. Die Teilungen hören bei diesen Arten an allen Teilen der Blumenblätter ungefähr gleichzeitig auf. Bei *Geum rivale* findet sich nur ein etwas verspätetes Wachstum der mittleren Teile und des Blattgrundes, wo unterhalb des Ansatzpunktes der seitlichen Hauptnerven noch ganz zuletzt je ein kleiner Fiedernerv angelegt zu werden pflegt (Tafel I, Fig. 15, 16). Bei *Cerastium vulgatum* und *C. arvense*, *Lychnis flos cuculi* und *L. diurna* und *Silene vulgaris* sind leicht erkennbare Randmeristeme vorhanden (Tafel XVII). Schon während der Anlegung der ersten Querverbindungen beginnen die Zellen der mittleren Henkelfelder sich zu strecken. Es können in ihnen natürlich dann keine Nerven mehr entstehen und die Dichte der Nervatur wird schon früh an verschiedenen Teilen des Blattes ungleich.

Die Blumenblätter von *Alliaria* sind zu der Zeit, wo die Nerven angelegt werden, überall gleichmässig meristematisch. Ungleichmässigkeiten des Wachstums sind nur aus den Grössen- und Formveränderungen der Felder zu erkennen. Nimmt man die in Kapitel VI angegebenen Längenmasse als Ordinaten und die entsprechenden Breitenmasse als Abscissen, so erhält man einige Bestimmungspunkte für eine wellenförmige Kurve, an der man sehen kann, dass Längen- und Breitenwachstum abwechselnd überwiegen: Die Entstehung der seitlichen Hauptnerven wird durch ein Überwiegen des Breitenwachstums ermöglicht, in der Zeit, wo das zweite Henkelpaar entsteht, überwiegt das Längenwachstum, während der Anlegung des dritten Henkelpaars wieder das Breitenwachstum, zur Zeit, wo das vierte Henkelpaar erscheint, das Längenwachstum. Dass es übrigens kein typisches interkalares Wachstum ist, das die basipetale Anlage der drei ersten Henkelpaare verursacht, kann man ausser aus der Gleichartigkeit des Meristems aus dem Vergleich mit *Raphanus Raphanistrum* schliessen. Hier bildet der untere Teil des Mittelnerven auf der Oberseite des Blumenblattes eine wallförmige Verdickung, die, solange noch neue Nerven angelegt werden, sehr steil gegen den oberen Teil des Mittelnerven abfällt. Erst am Schluss des embryonalen Wachstums beginnt ein Ausgleich der Höhenunterschiede. Die Verdickung ist anfangs etwa halb so lang wie das Blumenblatt, später geht ihre relative Länge infolge des stärkeren Wachstums der oberen Blatthälfte auf ein Drittel zurück, zuletzt beträgt sie wieder die Hälfte. Die drei in basipetaler Reihenfolge entstehenden Henkelpaare entstehen alle oberhalb dieser Verdickung. Das stärkste Wachstum findet also in einer in der Mitte des Blattes gelegenen Querzone statt.

Ein sehr starkes Rand-Wachstum haben die Blumenblätter der Papilionaceen (Tafel XIV, XV). Bei dem Vexillum von *Vicia* und *Lotus* dauert es besonders lange an den seitlichen Rändern an, wo es die Bildung der zahlreichen äusseren Längsnerven veranlasst; das Spitzenwachstum erlischt beim Vexillum früher, während es bei der

Alae und bei der Carina etwas stärker ist. Hier ist dafür ein auffälliges Randwachstum nur in der Nähe des Blattgrundes vorhanden und nur auf der geförderten Seite. Die Anlage des Mittelnerven wird bei *Viola septum* durch ein ungleich starkes Wachstum der beiden Blatthälften (Figur 1 - 3, 14 - 16) schon vor dem Auftreten der seitlichen Hauptnerven verbogen. Die ursprüngliche Blattspitze ist dann nicht mehr der von der Ansatzlinie am weitesten entfernte Punkt. Bei den Alae bildet sich häufig eine scheinbare Blattspitze aus (Fig. 4 und 6), auf die der seitliche Hauptnerv gerichtet ist. Wenn etwa 6 bis 8 Nerven angelegt sind und der Flächeninhalt der geförderten Seite etwa doppelt so gross ist wie der der kleineren Seite, beginnt die Aufrichtung des gebogenen Mittelnerven durch stärkeres Längenwachstum der kleineren Seite, das noch durch ein allgemeines Spitzenwachstum unterstützt wird. Das Längenwachstum durch Streckung, mit dem die kleinere Seite des Schiffchenblattes den Vorsprung, den die grössere Seite hat, wieder einzuholen sucht, ist so stark, dass der Mittelnerv jetzt in der entgegengesetzten Richtung verbogen wird, wie am Anfang der Entwicklung, wo er seine konkave Seite der geförderten Blattseite zugekehrt hatte. Die Blattspitze ist bei der ausgewachsenen Carina vom Ansatzpunkt 9,5 mm entfernt, während ein Teil des zur kleineren Blattseite gehörenden Randes vom Ansatzpunkt 10,5 mm entfernt ist. Bei *Lotus corniculatus* ist die Asymmetrie der Alae und die Krümmung der Carina-Mittelnerven schwächer. Das interkalare Wachstum, das den Nagel des Vexillum erzeugt, beginnt bei *Vicia* schon ehe alle äusseren Längsnerven angelegt sind, bei *Lotus corniculatus* erst, wenn die gesamte Nervatur fertiggestellt ist. Zugleich mit den Nägeln von Ala und Carina entstehen die Hörner und Falten.

Bei manchen Blumenblättern kommt ein im Verhältnis zu ihrer geringen Grösse viel stärkeres Spitzenwachstum vor als das bisher bei den Laubblättern beobachtete. In der folgenden Zusammenstellung von SONNTAG bedeutet A die Länge des Blattes zu der Zeit, wo das Spitzenwachstum aufhört, B die Länge des ausgewachsenen Blattes. Von allen Blättern, die SONNTAG untersuchte, hatte *Heracleum* das stärkste Spitzenwachstum.

Namen	A in mm	B in mm	A : B
<i>Phragmites communis</i>	0,5	500	1:1000
<i>Heracleum sphoryllum</i>	8	300	1:37

Man vergleiche damit die Blumenblätter von *Viola tricolor*. Der genaue Zeitpunkt, wo das Spitzenwachstum aufhört, wurde nicht untersucht, doch besitzen jedenfalls noch die Tafel XVIII, Fig. 4, 9 und 14 abgebildeten Blumenblätter ein deutliches Spitzenmeristem. Das Grössenverhältnis zwischen ihnen und den ausgewachsenen Blumenblättern ist folgendes:

Tafel XVIII.	A in mm (Fig. 4, 9, 14)	B in mm (Fig. 5, 10, 15)	A : B
Unteres Blumenblatt	3,0	12,3	1 : 4,1
Seitliches "	2,0	7,3	1 : 3,4
Oberes "	1,4	5,3	1 : 3,7

Wichtiger als diese verhältnismässig längere Dauer des Spitzenwachstums ist die Tatsache, dass die Spitzen dieser Blumenblätter während des ganzen embryonalen Wachstums beträchtlich kleinerzellig und plasmareicher sind, als die anderen Teile, und dass die Zellteilungen an der Spitze am spätesten aufhören. Dies ist bei den bisher von TRECUL (1853, 1881), NAEGELI (1855), BOWER (1884), SONNTAG (1887) und SCHRODINGER (1914) untersuchten Laubblättern vom apikalen Typus nicht der Fall.

Das Meristem, das den Sporn bildet, ist zu keiner Zeit durch Kleinheit der Zellen und Plasmareichtum auffällig. Im Gegensatz zu *Aquilegia* beginnt dagegen die Hervorwölbung des Sporns viel früher. Die Nervatur von *Corydalis* sieht der von *Viola* sehr ähnlich, kommt aber ganz anders zustande. Während bei *Viola tricolor*

der ganze obere Teil der Blumenblätter später, als der untere Teil durch Spitzenwachstum gebildet wird, ist der obere Teil bei *Corydalis* und *Dicentra* von Anfang an vorhanden und der untere Teil, bei *Corydalis* anfangs beträchtlich schmaler als der obere, wird durch interkalares Wachstum abgegliedert.

Auch bei Sympetalen kommt starkes Spitzenwachstum vor. Bei der ausgewachsenen Korolle von *Valerianella olitoria*, die 1,7 mm lang ist, verhält sich die Länge der Zipfel (0,6 mm) zur Länge der Röhre wie 1 : 2. Bei einer sehr jungen, 0,28 mm langen Korolle sind die Zipfel nur wenige Zellschichten hoch (durchschnittlich 0,02 mm), sodass sich ihre Länge zu derjenigen der Röhre wie 1 : 13 verhält. Auch zu der Zeit, wo die Tracheiden erscheinen, sind die Zipfel noch kleinerzellig u. plasmareicher als die Röhre. Dies gilt auch für andere Sympetalen, wo das Spitzenwachstum im übrigen schwächer ist, z.B. *Primula*, *Pulmonaria*, *Lamium* und *Ajuga*. Bei *Campanula rotundifolia* und den Compositen (*Hieracium*, *Senecio*, *Aster*) kann das Stadium, wo die Blumenblätter noch fast frei sind, leicht beobachtet werden. Schwieriger ist dies bei *Lamium*, *Ajuga*, *Anchusa* und *Rhinanthus*, wo die Röhre früher entsteht. Bei *Campanula rotundifolia* befinden sich die seitlichen Hauptnerven in den Zipfeln. Bei *Rhinanthus major* werden die Zipfel der beiden oberen Blumenblätter durch ein starkes Breitenwachstum in der Gegend der Kommissur auseinander gerückt. Durch ein stärkeres Wachstum der oberen Seite erhalten sie ihre asymmetrische Gestalt. Die untere Hälfte der Röhre entsteht erst sehr spät. Bei *Lamium album* und *Ajuga reptans* erzeugt das interkalare Wachstum Querverbindungen, welche die grossen seitlichen Längsnerven benachbarter Blumenblätter oberhalb des Abganges der Staubfäden verbinden. Bei keinem der untersuchten Blumenblätter ist ein regelmässig interkalarer Entwicklungsgang vorhanden, d.h. bei keinem hören die Zellteilungen in der Spitze zuerst, am Blattgrund zuletzt auf und findet eine stetige basipetale Wanderung der am meisten teilungsfähigen Zone statt, wie es bei vielen Laubblättern der Fall ist. Bei manchen Blumenblättern (*Ranunculus*, *Cerastium*, nicht gespornte Blumenblätter von *Viola*) fehlt das interkalare Wachstum vollständig, bei *Raphanus*, *Lychnis*, *Silene* findet zugleich noch Spitzenwachstum statt, bei *Lamium* und *Rhinanthus* zugleich noch ein ebenso starkes Wachstum in den oberen Teilen der Korolle, bei *Trifolium*, *Viola* und *Lotus* finden zwar in der Gegend der Nägel und Hörner die letzten Teilungen statt, doch war die Entwicklung vorher keine interkalare.

VII. ANSATZWINKEL, TEILUNG DER FELDER UND NERVATURDICHTEN.

Die Ansicht von SCHUSTER, dass der Verlauf der Nerven eine Saftleitung auf d. kürzesten Wege ermögliche, kann, wenn man die ganze Blattfläche berücksichtigt, natürlich nur für offene, strahlige oder parallele Nervaturen Geltung haben. Betrachtet man dagegen ein einzelnes Feld ohne Rücksicht auf seine Lage zum Blattgrund, so kann eine Saftleitung auf kürzestem Wege in gewissem Sinne erzielt werden, wenn die neu eingeschaltete Leitungsbahn auf einer Senkrechten liegt, die von der Mitte des Feldes auf einen der umgebenden Nerven gefällt wird. Wenn man von den grösseren monokotylen Perigonblättern (*Lilium Martagon*, *Fritillaria Meleagris*) und ihren zwischen parallelen Längsnerven liegenden Queranastomosen absieht, so kommen Anastomosen mit häufig rechtwinkliger Schneidung bei Blumenblättern selten vor, z.B. bei einigen Campanulaceen. Bei den Kelchblättern sind sie viel häufiger (z.B. *Malva*, *Atropa*, *Cerinth*, *Rhinanthus*, *Gentiana*). Die geringe Verbreitung der rechtwinkligen Schneidung bei den Blumenblättern ist zum Teil in der allgemeinen Reduktion der Nervatur und in den durch die stärkere und ungleichmässige Streckung verursachten Verzerrungen begründet, doch kommen dazu noch andere Gründe, die das embryonale Wachstum bestimmen und z.B. den Fertiärnerven von Anfang an einen spitzwinkligen Ansatz geben. Bei *Alliaria* (Tafel V, Fig. 5 und Tafel VIII, Fig. 5) erfolgen die ersten 1 - 2 Zellteilungen, durch die der untere Ast der beiden unteren Henkelpaare angelegt wird, fast rechtwinklig zur Richtung des Mittelnerven. Schon die nächsten, vom Mittelnerv weiter entfernten Zellteilungen bereiten die Aufwärtskrümmung der Fiedernerven vor. Der mit einer Querverbindung zugleich entstehende Randstrahl steht häufig senkrecht auf jenen, z.B. bei

Cerastium und beim *Vexillum* von *Vicia sepium*. Rechtwinklig vom Mittelnerv abgehende Nerven kommen bei Umbelliferen vor (Tafel VII, Fig. 10 - 14). Schliesslich seien noch auffällige, oft geradlinige Querverbindungen erwähnt, die bei einigen Sympetalen die Mittelnerven, die seitlichen Hauptnerven oder andere auffällige Längsnerven benachbarter Blumenblätter verbinden und im folgenden Transpetal-Nerven genannt werden, weil sie von einem Blumenblatt in das andere hinüberlaufen. Sie stehen meist ungefähr senkrecht auf den beiden Nerven, die sie verbinden, und kommen bei *Valeriana* und *Valerianella* (Tafel VI, Fig. 33 - 35), bei *Galium* (Tafel VI, Fig. 30, 31) und bei Labiaten (Tafel XVI) vor.

Das Gesetz, dass die zugleich entstehenden Nerven die Felder ungefähr in gleiche Flächenstücke gliedern, gilt selbstverständlich für den Mittelnerv, ausserdem für Längszwischennerven von *Aquilegia* (Tafel II, Fig. 3), ungefähr auch für d. seitlichen Hauptnerven von *Ranunculus*, *Linum catharticum*, *Potentilla Tormentilla* und für viele andere Nerven, wobei man allerdings die betreffende Anlage bis zum Rande des Feldes in einer oft bis zu einem gewissen Grade-willkürlichen Weise verlängern muss, um eine vollständige Teilung des Feldes zu erzielen. GOEBEL hat übrigens in einem genauer darauf hin untersuchten Fall eine Unterteilung in + und - Felder beobachtet (Ges. 1922, p. 41). Man wird sich also mit der Annahme einer ungefähr gleichmässigen Verteilung der Nervatur begnügen müssen.

Die Folge dieser gleichmässigen Verteilung ist, dass die Dichte der Nervatur an beliebigen Stellen eines Laubblattes ungefähr gleich ist (man vergleiche die Angaben von SCHUSTER über *Vicia Faba*). Bei vielen ausgewachsenen Blumenblättern ist dies nicht der Fall. Man vergleiche z.B. die Röhre vieler Sympetalen, die Nägel von *Lychnis* und *Silene*, die Sporne und unteren Teile der Blumenblätter von *Viola* und *Corydalis* mit den oberen Teilen der betreffenden Blumenblätter. Doch sind ungewöhnlich grosse leere Felder immer Erzeugnis eines Streckungswachstums, das an anderen Stellen des Blumenblattes nicht so früh begann oder früher aufhörte. SCHUSTER (1908) mass die Dichte der feineren Nervatur an entsprechenden Stellen verschieden alter Laubblätter und kam zu dem Ergebnis, dass "die Dichte des gesamten Nervennetzes im ganzen Lauf der Entwicklung für jede Pflanze einen ihr eigentümlichen, nahezu konstanten Wert hat". Mit Hilfe der folgenden Tabelle (p. 468) soll entschieden werden, ob das Gesetz auch für die Blumenblätter gilt. Die angegebenen Masse beziehen sich auf die ganze Fläche der Blumenblätter, von denen die meisten auf Tafel III, IV und V abgebildet sind. Die Blumenblätter wurden, nachdem ihre wichtigsten Masse mit dem Mikrometer-Okular gemessen worden waren, in etwa 180-facher (genau: 181,8-facher) Linearvergrösserung gezeichnet. Die Länge der Nerven wurde auf deren Mittelaxe abgemessen, es wurden dabei auch die unterbrochenen Anlagen berücksichtigt. Die Umrisslinie der Blumenblätter wurde auf Seidenpapier durchgepaust, diese Formen wurden ausgeschnitten und auf der Präzisionswaage abgewogen. Aus den so gewonnenen Werten wurden die wahren Masse mit Hilfe von Verhältnisgleichungen berechnet.

Man sieht, dass die Nervatur-Dichte, solange nur der Mittelnerv und die seitlichen Hauptnerven angelegt sind, geringer ist, als später, dass sie aber dann wirklich längere Zeit ziemlich gleich bleibt. Später allerdings erfolgt eine sehr starke, dauernde Abnahme der Dichte, wie der Vergleich mit den ausgewachsenen Blumenblättern zeigt. Die Nervatur-Dichte bleibt in den 3 untersuchten Fällen genau so lange gleich, solange noch neue Nerven angelegt werden. Bei Blumenblättern mit sehr unregelmässigem Wachstum, wie denen von *Viola tricolor*, wo an der Spitze neue Nerven entstehen, während der Blattgrund längst in Streckung übergegangen ist, wird natürlich auch dieser Satz nicht gelten.

Eine schwache Abnahme der Nervatur-Dichte bei zunehmendem Alter hat auch SCHUSTER bei seinen Laubblättern festgestellt. Die Konstanz der Nervaturdichte während des embryonalen Wachstums kann dazu benützt werden, die Annahme eines ursächlichen Zusammenhanges zwischen Flächenwachstum und Nervenanlage zu stützen. Das Aufhören der Nervenanlage fällt nicht immer mit dem Beginn des Streckungswachstums zusammen. Bei den ausgewachsenen Blumenblättern von *Ranunculus fluitans* z.B. wo auf 1 mm² Fläche 1,4 mm Nervenlänge trifft (genau dieselbe Zahl gibt BUSSE für *R. aquatilis* an), sind die Zellen viel weniger gestreckt, als bei *Cerastium vul-*

Namen	Fig. nr.	Länge in mm	Breite in mm	Fläche in mm ²	Länge d. Nerven in mm	Nervenlänge pro 0,01 mm ² in mm
<i>Ranunculus fluitans</i> Tafel III.	2	0,19	0,28	0,0393	0,38	0,097
	3	0,20	0,30	0,0454	0,82	0,180
	4	0,23	0,36	0,0607	1,20	0,198
	5	0,26	0,42	0,0744	1,42	0,191
	6	0,35	0,50	0,1286	2,14	0,166
	9	9	6	38,58	54,3	0,014
<i>Cerastium vulgatum</i> Tafel IV.	2	0,17	0,27	0,0393	0,62	0,173
	4	0,20	0,35	0,0631	1,32	0,209
	5	0,23	0,41	0,0857	1,78	0,208
	6	0,33	0,49	0,1489	3,10	0,208
	9	5,5	2	8,27	23,6	0,029
<i>Alliaria officinalis</i> Tafel V.	1	0,15	0,07	0,0101	0,12	0,119
	2	0,18	0,13	0,0182	0,27	0,148
	3	0,20	0,14	0,0238	0,48	0,202
	4	0,25	0,16	0,0321	0,60	0,187
	5	0,28	0,17	0,0345	0,82	0,238
	6	0,31	0,20	0,0488	1,04	0,213
	-	0,41	0,25	0,0798	1,44	0,180
	7	0,44	0,28	0,0952	1,86	0,195
	8	0,52	0,31	0,1203	2,44	0,203
Ausgewachs. Blatt	13	7	2,9	11,96	44,5	0,036

gatum, wo auf 1 mm² Fläche 2,9 mm Nervenlänge trifft. Die Unterschiede zwischen der durchschnittlichen oder maximalen Nervaturdichte der 3 in der Tabelle angeführten Arten sind in der Zeit des embryonalen Wachstums viel geringer. Aber bei *Ranunculus fluitans* hat die Bildung neuer Nervenanlagen aufgehört, lange bevor die Zellteilungen aufhörten. Ein gleich grosses Blumenblatt von *R. acer* besitzt beträchtlich mehr Nerven.

Die Untersuchungen von STAHL (1883), KOHL (1886), ZALENSKI (1902), SCHUSTER (1908) und vielen anderen führten zu dem Ergebnis, dass zwischen Transpiration u. Nervaturdichte oder Ausbildung der Leitungsbahnen im allgemeinen eine Proportionalität besteht. WINKLER (1908) betont besonders, dass eine mangelhafte Ausbildung der Leitungsbahnen nicht nur dann eintritt, wenn die Bedingungen für die Transpiration ungünstig sind, wie bei Wasserpflanzen, sondern auch dann, wenn die Wasserzufuhr zu gering ist, wie bei gewissen sukkulenten Wüstenpflanzen. Auch bei den Blumenblättern kann man Bestätigungen für die von den genannten Botanikern vertretene Ansicht finden, wobei man nicht vergessen darf, dass die Nervaturdichte auch ein systematisches Merkmal sein kann. Bei den Monokotylen z.B. ist die Nervatur sehr locker, ziemlich locker auch bei den Ranunculaceen, sehr dicht dagegen bei den Papilionaceen. Diese Unterschiede scheinen die Laubblätter ebenso wie die Blumenblätter zu betreffen, wie aus den von ZALENSKI und BUSSE mitgeteilten Zahlen hervorgeht. Von den untersuchten dikotylen Blumenblättern hat *Ranunculus fluitans*, *R. aquatilis* und *R. circinnatus* die lockerste, *Tamarix germanica*, im Juni an sonnigen Kiesbänken der Isar gesammelt, die dichteste Nervatur. Die Blumenblätter von *Arenaria trinervis* und *A. serpyllifolia* sind gleich gross (Tafel VI, Fig. 26, 27). Bei der ersteren Art, die meistens an schattigen Orten wächst, sind nur 3 Nerven vorhanden und von diesen oft nur 1 bis 2 mit Tracheiden versehen. Bei der letzteren, an sonnigen Plätzen wachsenden Art sind mindestens 5 mit Tracheiden versehene Nerven vorhanden. Bei *Linum catharticum* sind 5, seltener 4 Hauptnerven vorhanden, oft noch 1 bis 3 sehr kleine Seitennerven. Nur ebenso viele Nerven haben die

Blumenblätter einer in schattigen Alpentälern wachsenden grossblütigen Abart, obwohl die Fläche der Blumenblätter hier etwa 4 mal so gross ist, wie die bei der Normalform. Die Blumenblätter von *Galium* besitzen 3 Hauptnerven, von denen die äusseren durch eine Querverbindung mit dem Mittelnerv verbunden sind. Von den einheimischen Arten besitzt nur *G. palustre*, in schwächerer Masse *G. boreale* noch oberhalb dieser Querverbindung einige Nerven oder auch unvollkommen mit Tracheiden versehene Maschen. Nur bei *G. boreale* (Tafel VI, Fig. 31) befinden sich auch weiter unten ausserhalb des Seitlichen Hauptnerven noch einige kurze Nerven. Die beiden mittleren Felder enthalten nur bei *G. boreale*, gelegentlich auch bei *G. multicaule*, einige mit Tracheiden versehene Nerven. Bei den übrigen Arten ist der Verlauf der verkümmerten Anlagen meist stellenweise durch Raphidenbündel angedeutet. Diese sind besonders zahlreich bei *G. boreale*, *G. cruciata* und *G. palustre*; bei *G. mollugo*, *G. verum* und *G. aparine* fehlen sie. Die Staubblätter und die Kommissur-Linien enthalten nie einen Tracheidenzug. Auf das Vorhandensein einer Staminalspur-Anlage scheint die bei *G. boreale* und *G. palustre* häufig vorkommende Knickung des Transversalnerven hinzuweisen. Der Transpetalnerv ist bei *G. mollugo* (Tafel VI, Fig. 30) *G. verum*, *G. palustre*, *G. aparine*, *G. saxatile*, *G. helveticum* meistens vorhanden, ebenso bei *G. cruciata* und *G. uliginosum*, wo er nur wegen einer Gewebeverdickung ohne Aufhellung oft schwer sichtbar ist. Bei *G. boreale*, *G. silvaticum* und *G. multicaule* fehlt er häufig, bei *G. rotundifolium* (Taf. VI, Fig. 32) fehlt er immer. Bei dieser Art, die an trockenen, dunklen Waldstellen wächst, treffen die beiden von WINKLER betonten Bedingungen, geringe Wasserzufuhr und geringer Wasserverlust, zusammen. Man muss bei solchen Vergleichen allerdings auch bedenken, dass die Fähigkeit zur Bildung von Leitungsbahnen auch bei so nahe verwandten Arten aus innern Gründen verschieden sein kann.

VIII. OFFENE UND GESCHLOSSENE NERVATUR, CABELUNG UND ANSATZ-BREITE DER BLUMENBLÄTTER.

Die Geschwindigkeit, mit der sich die Nervenanlagen in bezug auf die Richtung der Zellteilungen und die Streckung der Zellen vom Grundgewebe sondern, ist bei den verschiedenen Familien sehr verschieden. Man vergleiche z.B. *Ranunculus fluitans* (Tafel XI) mit *Alliaria officinalis* (Tafel XIII). Bei *Alliaria*, Taf. XIII Fig. 1, besteht der Mittelnerv schon zu der Zeit, wo noch keine andern Nerven angelegt sind, aus Zellen, die schmaler und durchschnittlich länger sind, als die des Grundgewebes. Bei *Ranunculus*, Tafel XI, Fig. 1, kann der Mittelnerv noch zu einer Zeit, wo schon die äusseren Längsnerven angelegt werden, nur mit Mühe vom Grundgewebe unterschieden werden. Ebenso wie *Alliaria* verhält sich *Raphanus Raphanistrum* und *Arabis alpina*, ebenso wie *Ranunculus fluitans* verhält sich *R. acer*, *R. lanuginosus* und *R. Ficaria* und *Adonis vernalis*. Bei *Ranunculus acer* z.B. sind die Nerven wenigstens als Verdickungen sehr früh unterscheidbar bei *R. fluitans* aber ist dies nicht der Fall, sodass die Beobachtung der Entwicklungsgeschichte sehr erschwert wird. Am deutlichsten sieht man die Entstehungsfolge der Nerven bei *R. acer* und *R. Ficaria*, wenn man zufällig halb verfaulte junge Blumenblätter antrifft, bei denen die Nervenanlagen dunkler gefärbt und weniger zersetzt sind als das Grundgewebe. Mit der Maschenbildung dagegen ist immer eine beschleunigte Entwicklung sowohl der einzelnen Nerven, wie auch der Nervatur verbunden. Die Zellen der Nerven gehen schnell in Streckung über, die Anlagen sind von Anfang an schmal und scharf vom Grundgewebe abgegrenzt, sie reichen verhältnismässig nahe an den Blattrand, in einem Feld entstehen oft mehrere Nerven zugleich. Bei den Cruciferen ist das Meristem besonders kleinzellig, bei *Ranunculus* besonders grosszellig. Ausserdem sind die jungen Blumenblätter von *Ranunculus*, auch *R. acer*, die einzigen, deren Zellwände nach Aufhellung mit Kalilauge bis zur Unkenntlichkeit zusammenschrumpfen, wenn man sie in Glycerin aufbewahrt. Auch eine sehr allmähliche Steigerung der Glycerin-Konzentration kann das Schrumpfen nicht verhindern. Man muss diese Blumenblätter in Kaliumazetat-Lösung aufbewahren, wenn man die Anordnung der Zellen sichtbar erhalten will. Man wird daraus schliessen dürfen, dass die jungen Zellwände bei *Ranunculus* besonders zart

sind.

Im Scheitel der spitzen und rechten Winkel, welche die Nervenanlagen miteinander bilden, pflegen sich keine neuen Nervenanlagen anzusetzen. Am strengsten gilt dies Gesetz bei geschlossener Nervatur und besonders bei rechtwinkliger Schneidung. "Es gibt", so schreibt GOEBEL (Ges. p. 19), bildlich gesprochen, solche Farne, die "Anfänger" und solche, die Meister in der Herstellung einer geschlossenen Nervatur sind. "Man wird annehmen dürfen, dass bei den Arten, wo die Fähigkeit zur Maschenbildung nur gering ist, die Maschen nur da entstehen, wo die Bedingungen dafür besonders günstig sind." Am spärlichsten ist die Maschenbildung bei der Gattung *Ranunculus*, besonders bei *Batrachium*, bei *R. sceleratus*, *R. arvensis*, *R. muricatus*, *R. crenatus*, wo sie nur manchmal vorkommt. Bei den meisten Arten (*R. acer*, *R. repens*, *R. montanus*, *R. bulbosus*, *R. lanuginosus*, *R. auricomus*, *R. sardous*, *R. flammula*, *R. lingua*, *R. amplexicaulis*, *R. aconitifolius*) kommen Blumenblätter mit ganz offener Nervatur und solche mit einer Masche oder einigen Maschen ziemlich gleich häufig vor. Auch bei *Caltha palustris*, *Anemone ranunculoides*, *Geum rivale* (Tafel I, Fig. 8 - 16) und *Orchis Morio* sind nur wenige Maschen vorhanden. In allen diesen Fällen kommen die beiden Äste der Querverbindung nicht von entgegengesetzten Seiten, wie bei *Cerastium*, sondern sie laufen in einem spitzen Winkel zusammen und vereinigen sich zu einem Nerv, der wie sie antiklinal verläuft und in der Verlängerung eines der beiden Äste liegt, oder mit beiden einen Winkel bildet, der nur wenig kleiner ist als 180 Grad. Über die kleineren Querverbindungen bei Ranunculaceen schreibt BUSSE: "Meistens bilden sie nur Brücken zwischen 2 oder 3 Leitbündeln, über die noch kurze, blinde Endchen hinaus vorgeschickt werden".

Auf die offene Nervatur, die durch mangelhafte Ausbildung der Tracheiden vorgetauscht wird, wurde schon im Kapitel II hingewiesen. Ausserdem müssen diejenigen Blumenblätter abgesondert werden, bei denen nur sehr wenige Nerven vorhanden sind, besonders die 1- und 3-herzigen (siehe Kapitel 2 und 3). Da jedes Blatt am Anfang seiner Keimesentwicklung eine offene Nervatur besitzt, so kann ein Blumenblatt, auf dieser Stufe stehen bleibend, die Bildung der Maschen auch darn unterlassen, wenn die Vorbedingungen, denen *Ranunculus* seine offene Nervatur verdankt, alle fehlen. Ausser der Entwicklungsgeschichte und dem Habitus der Nervatur (siehe Kapitel II) kann der Vergleich mit verwandten Arten oder Gattungen zu der Annahme führen, dass die offene Nervatur eine Rückbildungs-Erscheinung ist. So bei den Cruciferen (*Capsella*, Tafel VI, Fig. 2), *Coronopus*, Fig. 9, *Draba verna*, Fig. 5, bei Caryophyllaceen (*Arenaria*-Arten, *Alpine*, *Sagina*, *Spergula*) und Papilionaceen, wo die Nervatur der Carina am häufigsten, die des Vexillums am seltensten (kleinblütige *Trifolium*-Arten, *Medicago lupulina*, Tafel VI, fig. 22) offen ist, ausserdem da, wo die Nervatur ausgesprochen fiederig ist (*Lythrum*, Tafel VI, Fig. 10), *Daucus* (Tafel VII, Fig. 12), bei *Calluna* und *Erica*, *Sedum* und *Sempervivum* (Tafel VI, Fig. 20, 21), *Hypericum humifusum*, *Spiraea cana*, *Ribes Grossularia* (Tafel VI, Fig. 17) und *R. sanguineum*, *Rhus typhina*. Nur wenn innerhalb einer Gattung die Blumenblätter immer offene Nervatur oder doch nur wenige Maschen besitzen und die Nerven genügend zahlreich und regelmässig angeordnet sind, wird man auf ähnliche Vorbedingungen, wie sie bei *Ranunculus* vorliegen, schliessen dürfen. Solche offene Nervatur kommt noch bei andern Ranunculaceen vor (*Hepatica*, *Adonis*, *Callianthemum*, *Isopyrum*, *Eranthis*, *Delphinium*), bei Monokotylen (*Alisma*, *Tradescantia*), bei Primulaceen (*Lysimachia*, *Anagallis*, *Hottonia*, *Samolus*), Saxifragaceen (*Parnassia*, *Saxifraga granulata*, *S. decipiens*, *S. caesia*, *S. oppositifolia*), bei *Epimedium*, *Linum*, *Limnanthes*, *Polemonium*, *Veronica*, *Geum urbanum* und *Pirola rotundifolia*. Vielleicht gehört auch die offene Nervatur von *Pirola secunda*, *Glaux maritima* und *Phlox subulata* hierher.

Auch von Nervengabelungen wird man wohl mehrere Arten unterscheiden müssen, die unter verschiedenen Bedingungen zustande kommen: 1) Gabelung der Kommissuralnerven (Compositen, *Erythraea*, *Vinca*, *Vincetoxicum*, *Viburnum opulus*, *Androsace*, *Primula* und *Daphne*). - 2) Gabelung des Mittelnerven bei 2-lappigen Blumenblättern (*Circaea*, Tafel VI, Fig. 14), *Stellaria* (VI, 25). - 3) Die Gabelung des Mittelnerven bei *Cerastium* (Tafel IV) und *Alliaria* (Tafel V, Fig. 3) wurde schon in Kapitel

IV beschrieben. Bei *Alliaria* und *Raphanus* wächst der Mittelnerv nachträglich über die Stelle der Gabelung hinaus. Erst diejenige Gabelung, die das oberste, zuletzt entstehende Henkelpaar vorbereitet, ist im ausgewachsenen Zustand erhalten. Solche Gabelungen, wo die beiden Gabeläste ihre konvexe Seite dem Feld zukehren, das sie einschliessen, sind bei Maschenbildung, besonders am Blattrand, sehr häufig. - 4) Eine andere Art von Gabelbildung, die im Aussehen mehr an die der Farne erinnert, scheint nur bei Ranunculaceen (*Ranunculus*, *Adonis*, *Caltha*, *Eranthis*) und Alismataceen (*Alisma* *Plantago*) vorzukommen. Die Gabeläste kehren hier, sobald sie deutlich sichtbar sind, dem Feld, das sie einschliessen, ihre konkave Seite zu; eine Durchwachsung des Feldes durch den gemeinsamen Grundnerv kommt nie vor.

Die Ansatzbreite ist bei den meisten Blumenblättern so gering, dass nur ein Leitbündel eintritt, wie bei den meisten Staubblättern. Die Vereinigung der Leitbündel findet allerdings häufig genau auf der Ansatzlinie statt, sodass man schwer entscheiden kann, ob man den Vereinigungspunkt noch dem Blumenblatt zurechnen soll, z. B. beim Vexillum mancher Papilionaceen. Bei Malvaceen und Onagraceen ist der keilförmige Grund der Blumenblätter oft in den Blütenboden eingesenkt, wodurch eine Entscheidung über die Zahl der eintretenden Stränge erschwert wird. Am Ende des Keils findet eine Vereinigung der Stränge statt. Meist 3 Leitbündel treten ein bei *Philadelphus*, meist 5 bei *Hypericum tetrapterum*, *H. humifusum* und *H. galioides*, meist 5 bis 7 bei *H. perforatum*, *H. quadrangulum*, *H. hircinum*, *H. androsaemum*, *H. polyphyllum*, *H. lysimachioides*, 7 bis 10 bei *H. Ascyron*, 9 bis 12 bei *H. calycinum*. Bei *Paper Rhoeas* ist die Zahl der eintretenden Leitbündel je nach der Grösse der Blumenblätter sehr verschieden, bei den inneren beträgt sie 3 bis 9, bei den äusseren 7 bis 15. Bei *Chelidonium majus* treten 5 bis 7 Leitbündel ein, mehrere bei den meisten Papaveraceen, 7 oder mehr nach BUSSE bei *Paeonia*, ziemlich viele bei *Magnolia*. In die Kelchblätter von *Nymphaea alba* treten 15 bis 20, in die Blumenblätter 6 bis 12, in die verbreiterten Staubblätter bis 7 Leitbündel ein, darunter bis 5 mit Tracheiden versehene; in die flachen Filamente der inneren Staubblätter 3, von denen die beiden äusseren aber nur weiter oben mit (sehr schwachen) Tracheiden versehen sind. Nach CHATIN (1870, p. 80) haben auch die Staubblätter von *Lathraea clandestina* 3 Leitbündel, die von *Mirphar*, *Paratropis*, *Cyrtanthera*, *Eranthemum*, *Peristrophe* 2, die von *Doryanthes* 4. Auch bei den Sympetalen tritt meist nur 1 Leitbündel in jedes Blumenblatt ein, wenn man von den grundständigen Kommissuralnerven absieht. Drei Leitbündel treffen auf jedes Blumenblatt von *Campanula*, 5 bei *Bryonia*. Doch treten auch in die verbreiterten, mit zahlreichen Nerven versehenen Filamente von *Campanula macrostyla* 3 Leitbündel ein. Die Bedeutung der hier aufgezählten Ausnahmefälle wird dadurch vermindert, dass solche auch bei Staubblättern vorkommen. Wichtiger ist die Zahl der Blattspuren, da man aus ihr Schlüsse auf die relative Ansatzbreite, die das Blatt im Jugendzustand hatte, ziehen kann. Bei den Malvaceen und Onagraceen, bei *Philadelphus* und *Hypericum* vereinigen sich die in die Blumenblätter eintretenden Leitbündel so nahe unterhalb der Ansatzlinie, dass nur eine Blattspur vorhanden ist. Man vergleiche damit die Kelchblätter von *Ribes*, die trotz ihrer Kleinheit je 3 Blattspuren besitzen. Zwar kommt es häufig vor, dass die absolute und relative Ansatzbreite der Blätter eines Sprosses im Laufe von dessen Entwicklung abnimmt. Aber so unvermittelte und grosse Unterschiede zwischen der Ansatzbreite der Kelch- und Blumenblätter, wie sie besonders im Jugendzustand z. B. bei Rosaceen, Caryophyllaceen, Cruciferen und vielen anderen sichtbar sind, weisen den Blumen- und Staubblättern eine Sonderstellung zu.

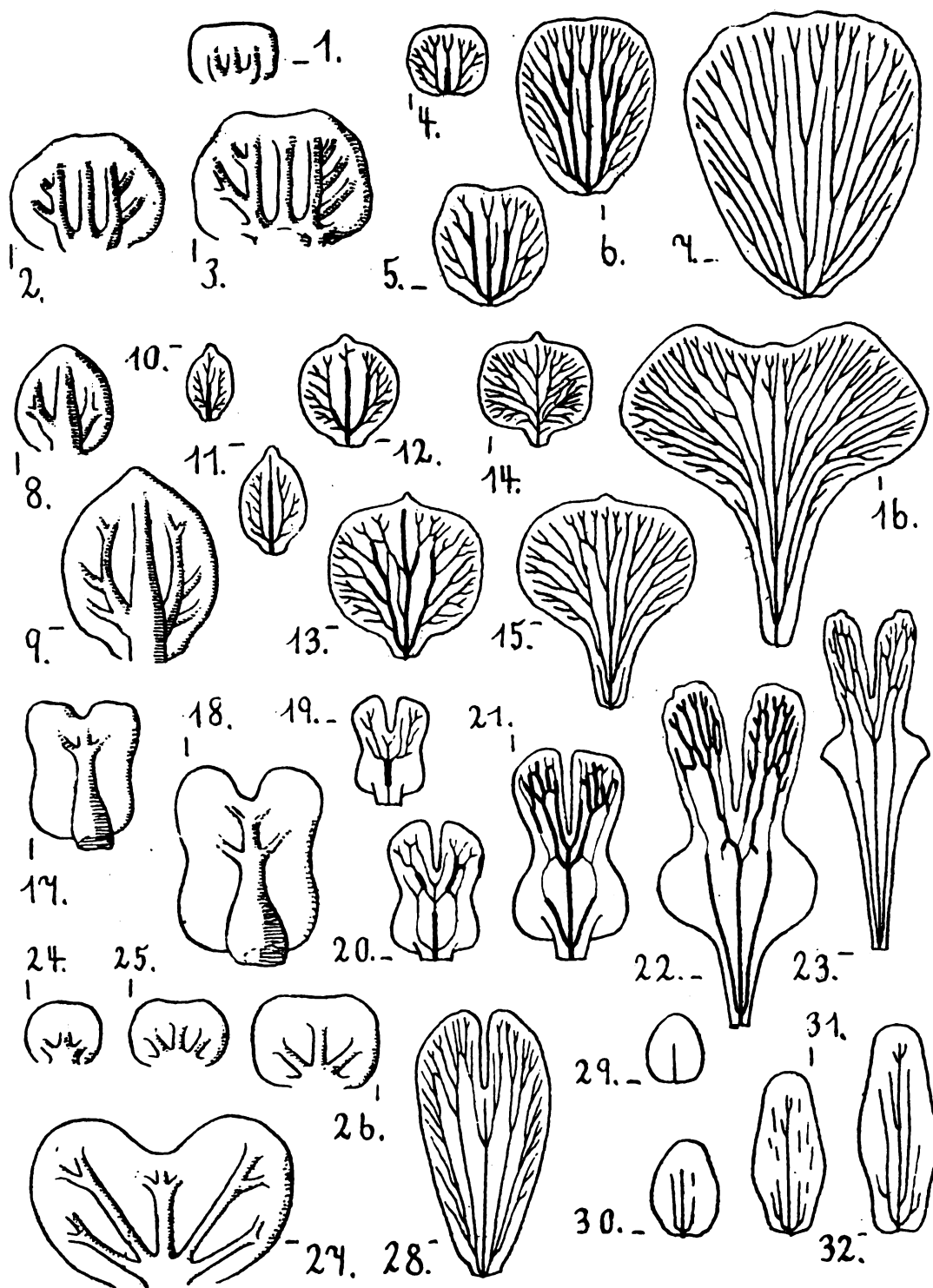
WICHTIGSTE LITERATUR.

BRICQUET in Engler-Prantl, Natürliche Pflanzenfamilien. - BUCH, Über Blattnerven und ihre Verteilung, in Ber. Akad. Berlin 1852. - BUSSE, Vergleichende Untersuchungen der Blumen-, Kelch- und Laubblätter der Ranunculaceen, Diss. Kiel 1914. - CHATIN, De l'anthère, 1870. - CHODAT in Engler-Prantl, Nat. Pflanzenfamilien. -

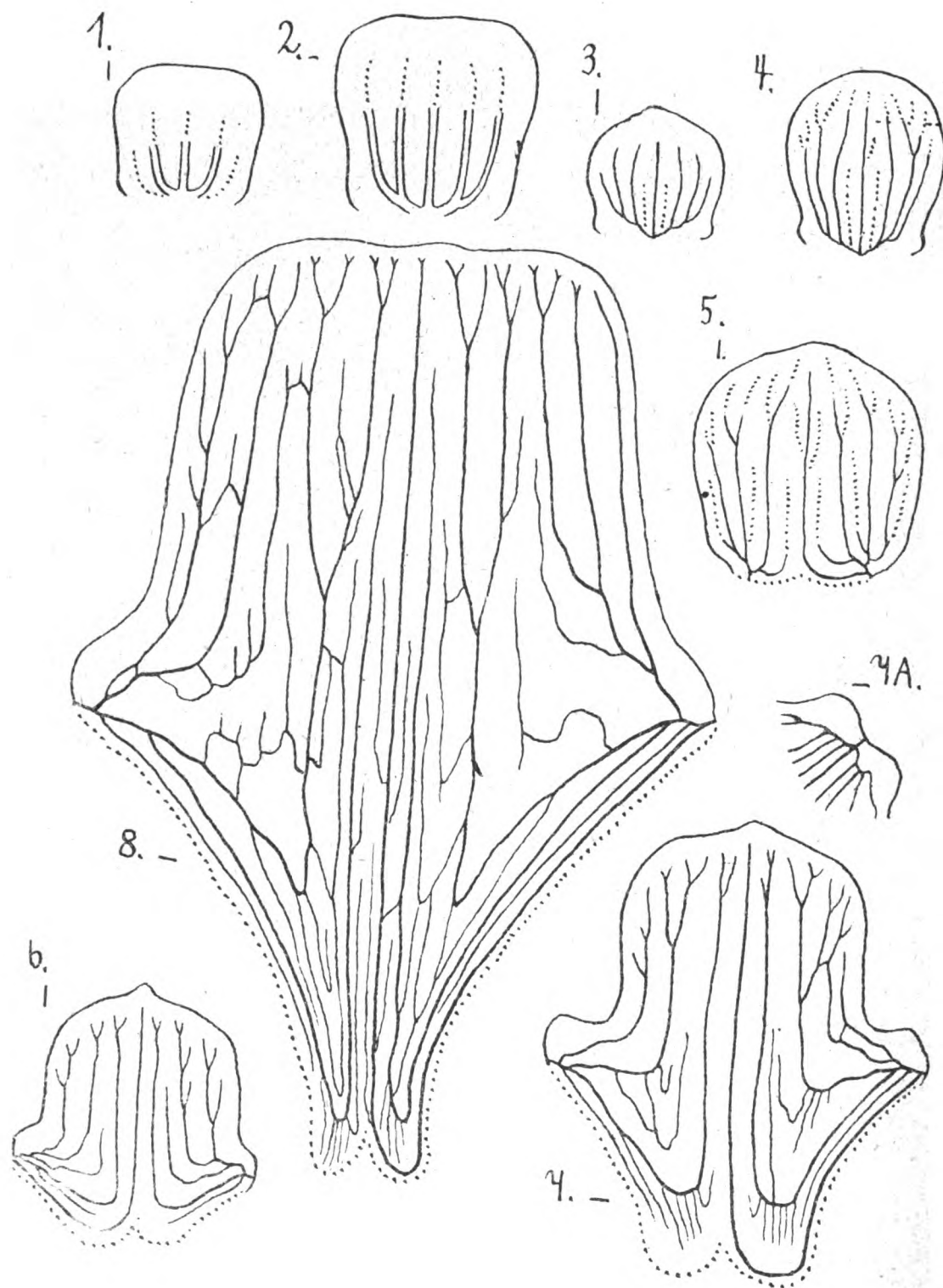
DEINEGA, Beiträge zur Kenntnis der Entwicklungsgeschichte des Blattes und der Anlage der Gefäßbündel, in Flora 1898. - ETTINGSHAUSEN, Blattskelette der Dikotyledonen, Wien 1861. - FRÄNKEL, Über den Gefäßbündelverlauf in den Blumenblättern der Amaryllidaceen, Diss. Heidelberg 1903. - GLÜCK, Blatt- und Blütenmorphologische Studien, Jena 1919. - GOEBEL, Gesetzmäßigkeiten im Blattaufbau, Bot. Abhandl. Heft I, Jena 1922. - GOEBEL, Organographie der Pflanzen, 2. ed., III, Heft 1, Jena 1923. - GRELOT, Recherches sur le système libéroligneux floral des Gamopétales bicarpellées, in Ann. Sc. nat. 8. sér. V (1897). - HABERLANDT, Physiologische Pflanzenanatomie, 5. ed., 1918. - HOFFMANN in Engler-Prantl, Nat. Pflanzenfamilien. - KOELLE, Vergleichend anatomische Untersuchungen der Liliaceen-Blumenblätter, in Nova Acta d. K. Leop.-Carol. Akad. d. Naturf. LIX, Halle 1893. - NAGELI, Wachstumsgeschichte des Blattes von *Aralia spinosa*, Pflanzenphysiol. Unters. 1855. - PAYER, Sur la Nervation des feuilles dans les plantes dicotyles, Diss. Paris 1840, Referat in Ann. Sc. nat. 2. Sér. XIV. - PFEFFER, Pflanzenphysiologie, II. - POTCHKE, Grundlinien der Pflanzenmorphologie im Lichte der Paläontologie, Jena 1912. - PRANTL, Studien über Wachstum, Verzweigung und Nervatur der Laubblätter, insbes. der Dikotylen, in Ber. Deutsch. bot. Ges. I (1883). - SACHS, Über die Anordnung der Zellen in jüngsten Pflanzenteilen. - SACHS, Über Zellenanordnung und Wachstum, in Arbeiten des Botanischen Instituts in Würzburg II, 1878. - SCHROEDINGER, Das Laubblatt der Ranunculaceen, in Abhandlungen der K.K. Zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien VIII, Heft 2, 1914. - SCHUEPP, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Schmetterlingsblüte, Diss. Zürich 1911. - SCHUSTER, Die Aderung des Dikotylenblattes und ihre Abhängigkeit von äusseren Einflüssen, in Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft XXVI (1908). - SCHUSTER, Zur Kenntnis der Aderung des Monokotylenblattes, in Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft XXVIII (1910). - SIMON, Experimentelle Untersuchungen über die Entstehung von Gefäßbündelverbindungen, in Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft XXVI (1908). - SIMONSOHN, Über den Gefäßbündelverlauf in den Blumenblättern der Liliaceen, Dissert. Heidelberg 1904. - SINGHOF, Über den Gefäßbündelverlauf in den Blumenblättern der Iridaceen, Dissert. Heidelberg 1904. - SONNTAG, Über Dauer des Scheitelwachstums und Entwicklungsgeschichte des Blattes, in Pringsheims Jahrb. XVIII (1897). - TRECUL, Mémoire sur la formation des feuilles, in Annales Sc. nat. 3. sér. XX (1853). - TRECUL, Recherches sur l'ordre d'apparition des premiers vaisseaux dans les organes aériens, in Annales Sc. nat. 1881. - WARMING, Die Blüten der Compositen, in Bot. Abhandl. v. Hanstein III, Heft 2. - WINKLER, in Pringsheims Jahrb. XLV, 1908. - ZALENSKI in Berichte der Deutschen botanisch. Gesellschaft XX, 1902.

INHALTS-ÜBERSICHT.

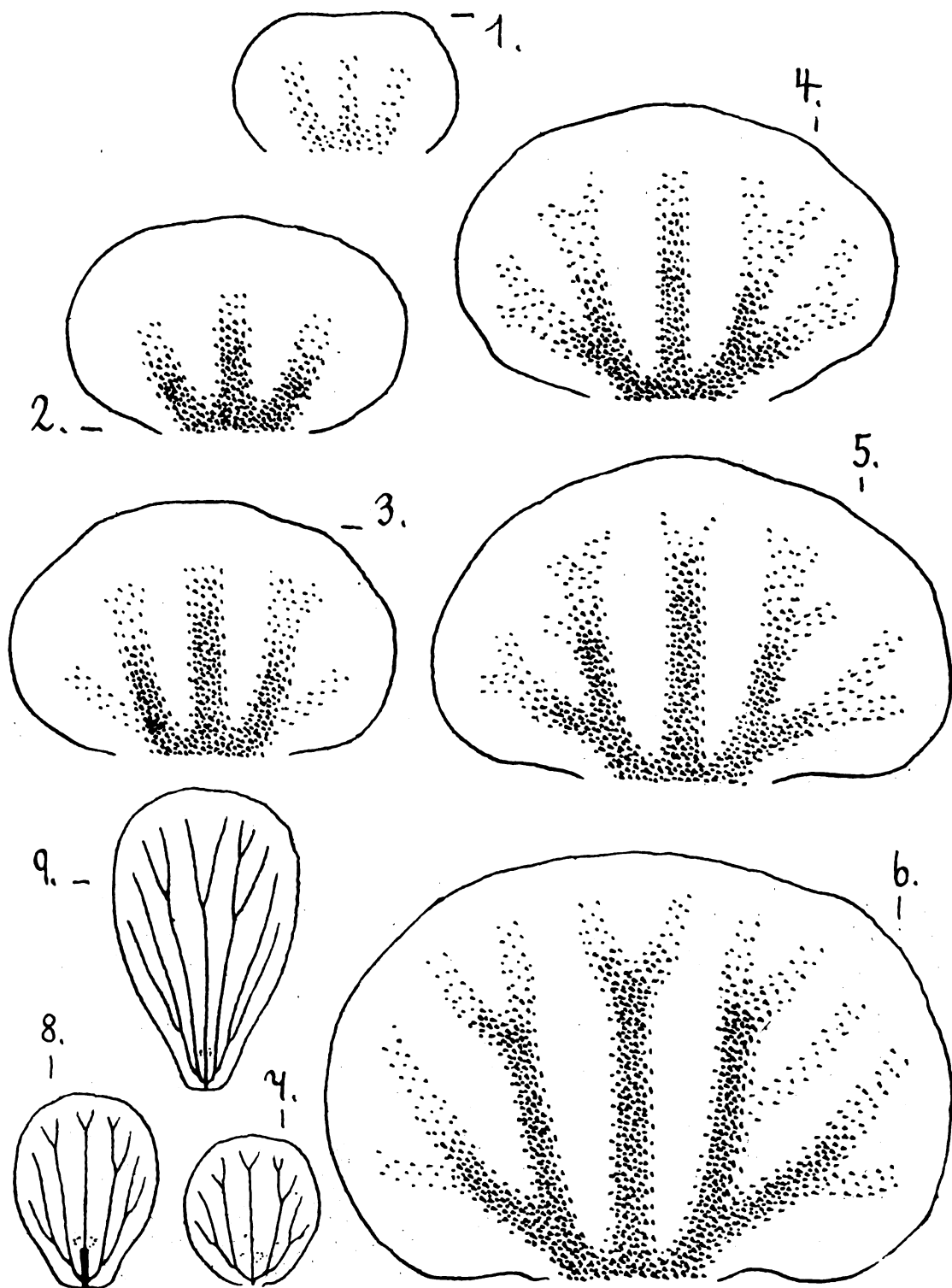
Anatomische Vorbemerkungen	p. 448.
I. Die Entwicklung des einzelnen Nerven	p. 451.
II. Die Verteilung der Tracheiden	p. 453.
III. Der Mittelnerv und die Seitlichen Hauptnerven	p. 456.
IV. Die Entstehungsfolge der Nerven	p. 458.
V. Die Anordnung der Zellen	p. 461.
VI. Die Verteilung des Wachstums	p. 463.
VII. Ansatzwinkel, Teilung der Felder u. Nervaturdichte	p. 466.
VIII. Offene und geschlossene Nervatur, Gabelung und Ansatzbreite der Blumenblätter	p. 469.



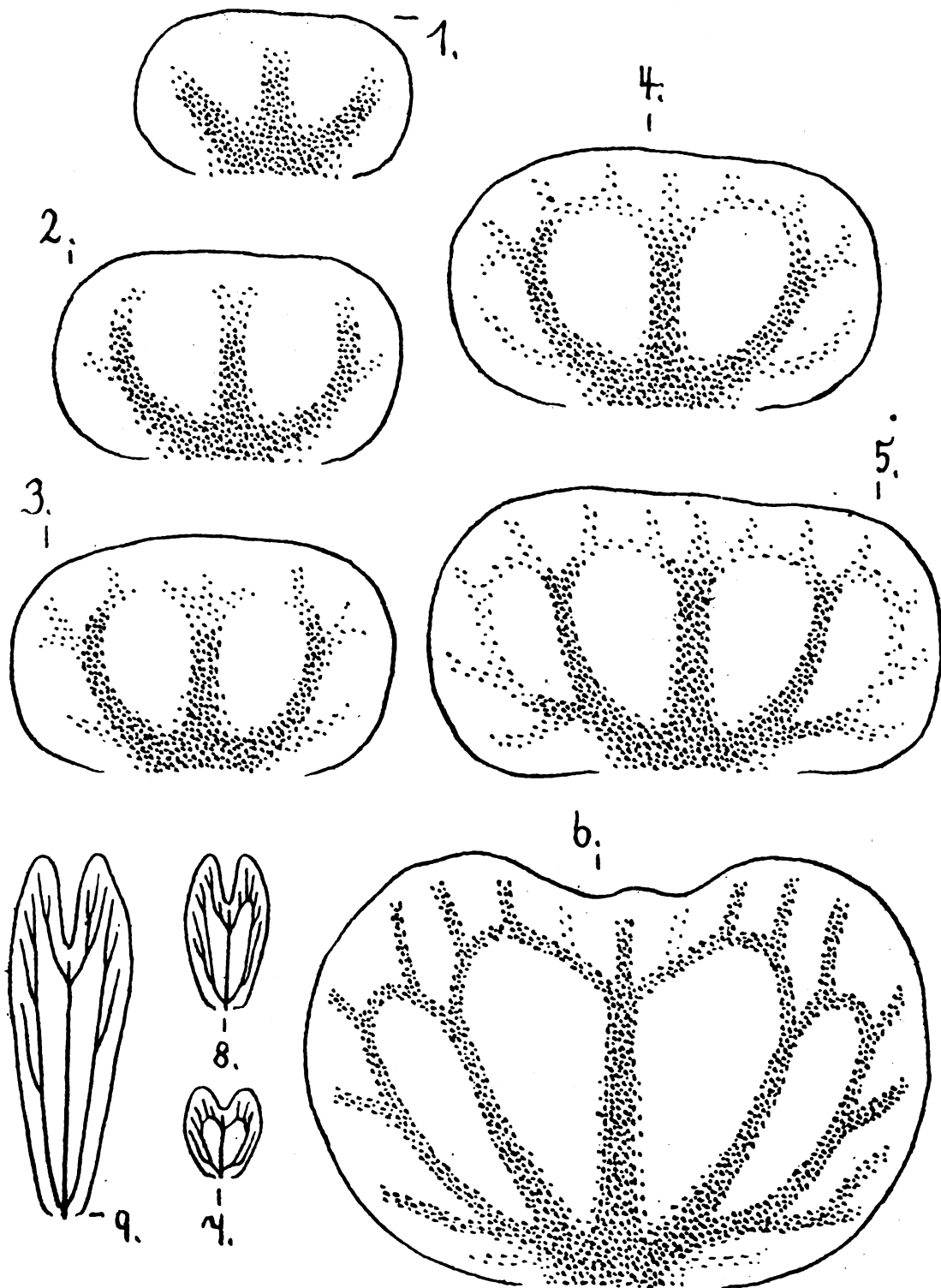
TAFEL I. Fig. 1-7 *Ranunculus acer*; 8-16 *Geum rivale*; 17-23 *Silene vulgaris*; 24-28 *Cerastium arvense*; 29-32 *Staphylea pinnata*. Lin. Vergr. 50:1 bei 1-3, 8, 9, 17, 18, 24-27; 10:1 bei 4-6, 10-13, 19-22; 4:1 bei 7, 14-16, 23, 28-32. - Fig. 1-3, 8, 9, 17, 18, 24-27: Sehr junge Bl.B. mit den als Verdickungen sichtbaren Nerven. Fig. 7, 14-16, 23, 28-32: Nur die ausgebildeten Nerven sind gezeichnet. Fig. 7, 16, 23, 28, 32: Ausgewachsene Bl.B.



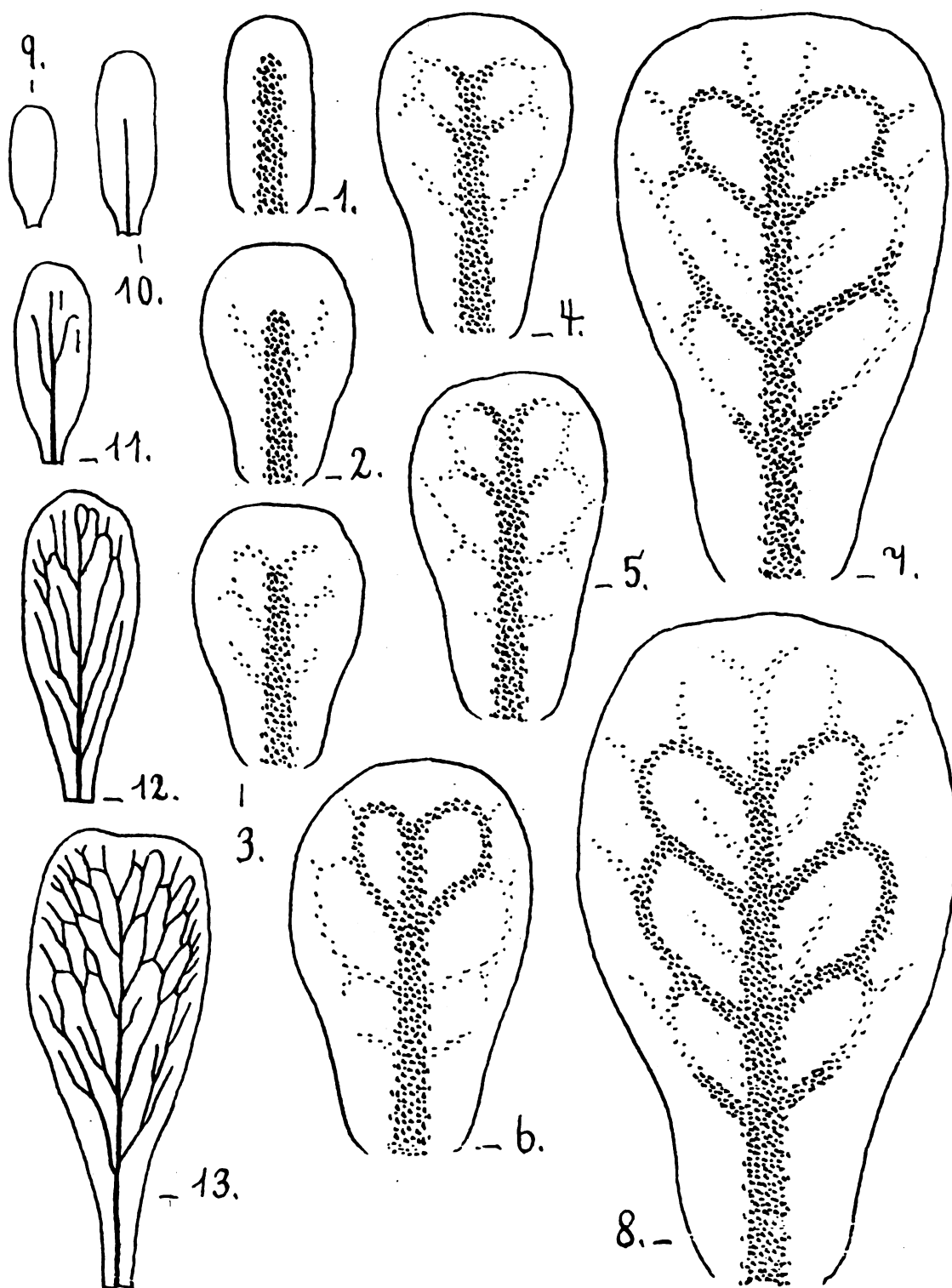
TAFEL II. *Aquilegia vulgaris*. Lin. Vergr. 100:1 bei Fig. 1,2; 50:1 bei Fig. 3-5; 20:1 bei Fig. 6,7; 6:1 bei Fig. 8. - Unterbrochene Anlagen bei Fig. 1-5 punktiert, bei Fig. 6,7 nicht gezeichnet. - Fig. 8: Ausgewachsenes Blumenblatt, nur die ausgebildeten Nerven sind gezeichnet. - Fig. 5-8: Sporn längs der punktierten Umrisslinie aufgeschnitten. - Fig. 7A. Nicht durchschnittenen Ansatzstück des in Fig. 7 abgebildeten Blattes.



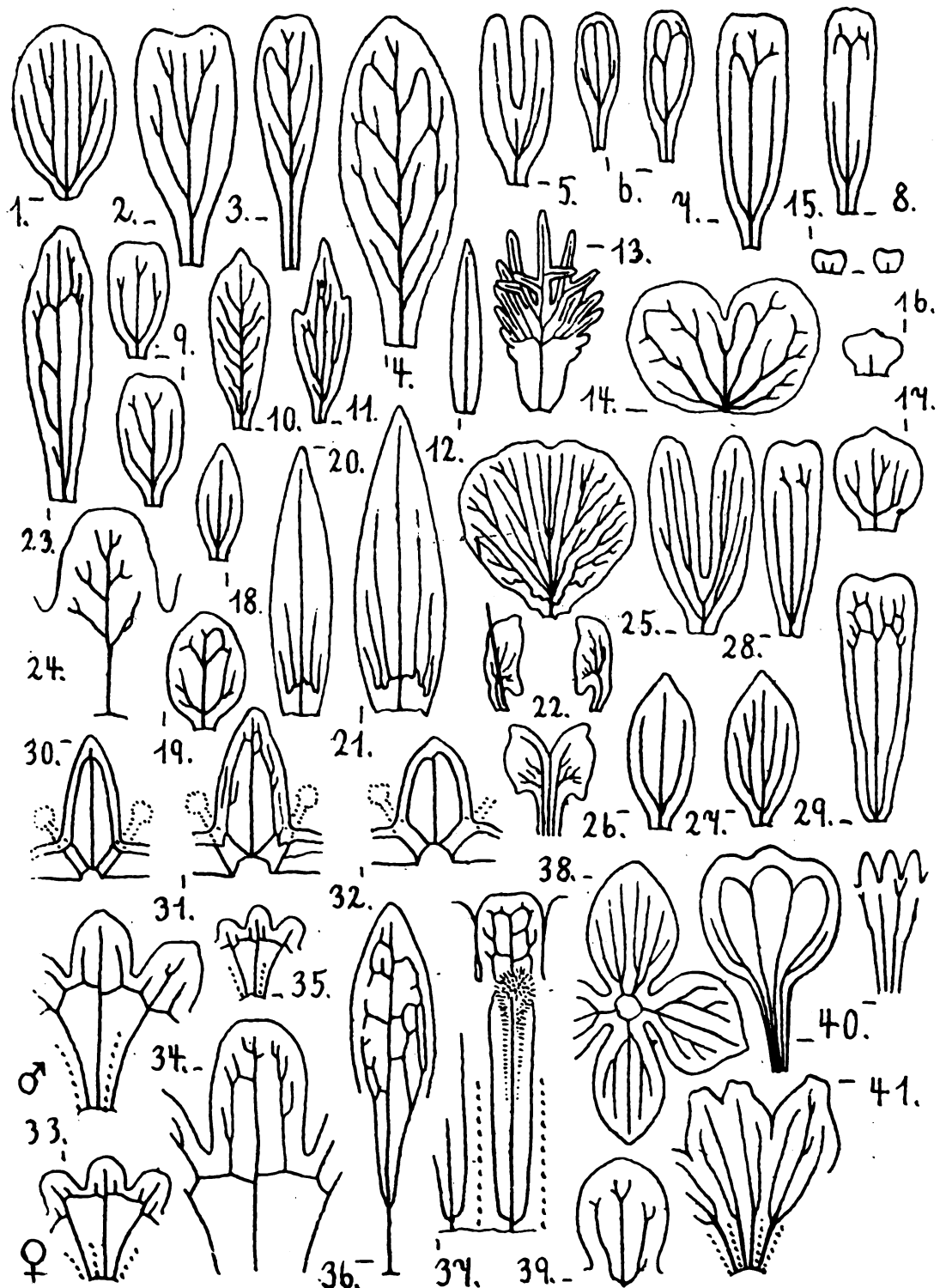
TAFEL III. *Ramunculus fluitans*. Lin. Vergr. 190:1 bei Fig. 1-6; 15:1 bei Fig. 7, 8; 5:1 bei Fig. 9. - Fig. 1-5: Unterbrochene Anlagen locker, zusammenhängende Anlagen dicht punktiert. - Fig. 7, 8: Dünne Linien = zusammenhängende Anlagen; dicke Linie = ausgebildeter Nerv. - Fig. 9: Ausgewachsenes Blumenblatt.



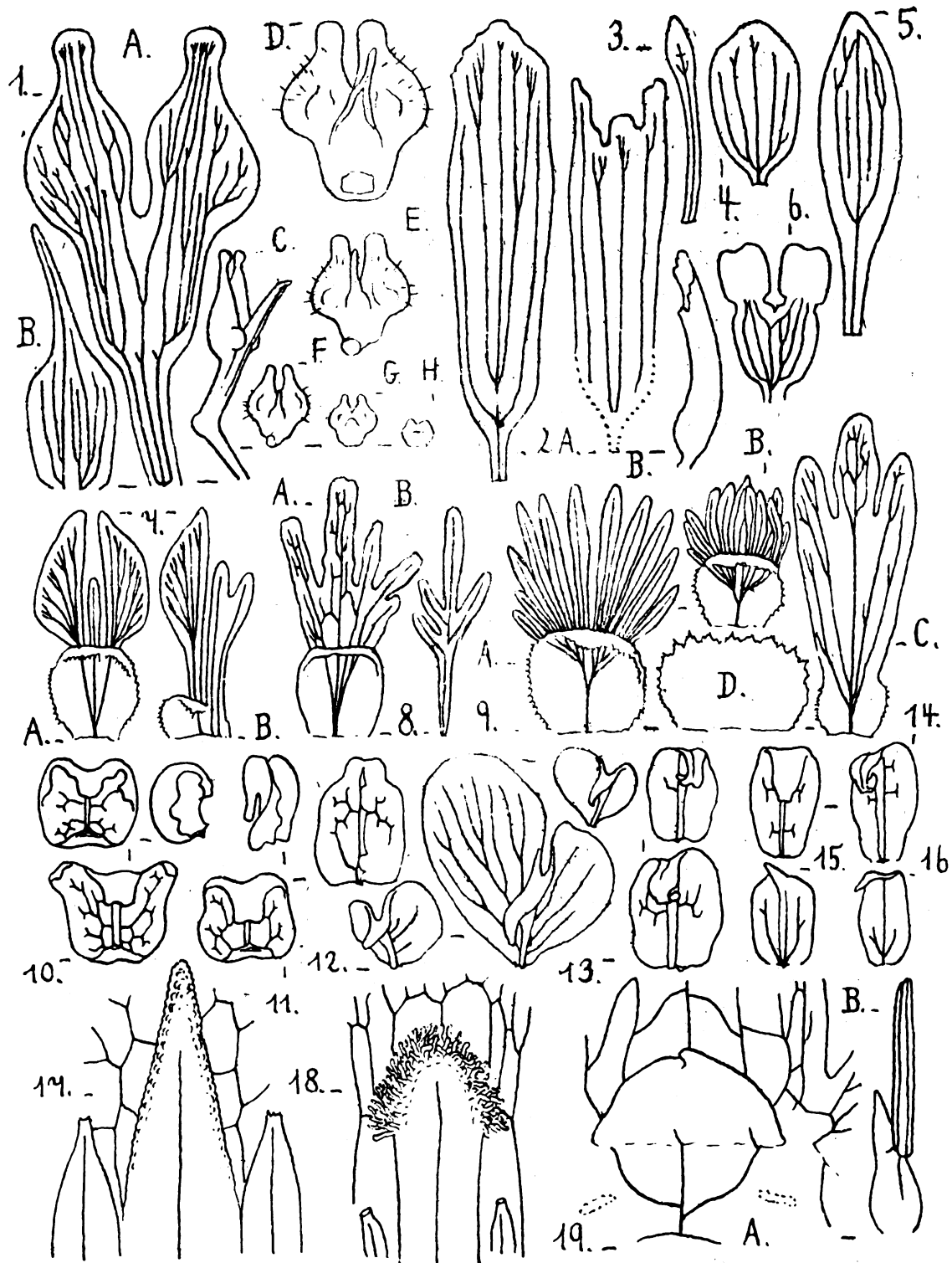
Tafel IV. *Cerastium vulgatum*. Lin. Vergr. 200:1 bei Fig. 1-6; 10:1 bei Fig. 7-9.
 - Bei Fig. 7-9 sind nur die ausgebildeten Nerven gezeichnet. Sonst wie Taf. III.



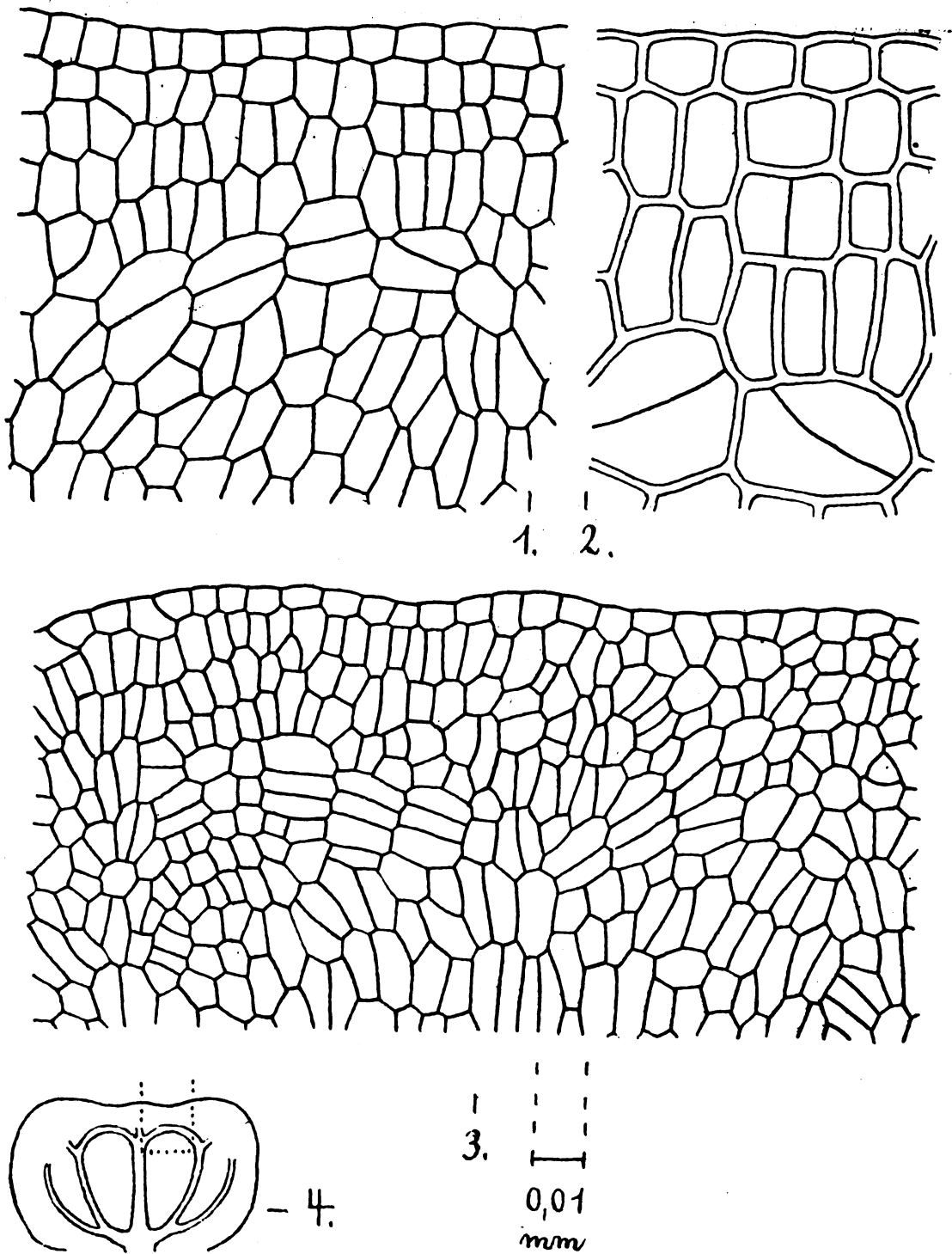
TAFEL V. *Alliaria officinalis*. Lin. Vergr. 200:1 bei Fig. 1-8; 15:1 bei Fig. 9-12; 10:1 bei Fig. 13. - Bei Fig. 9-13 sind nur die ausgebildeten Nerven gezeichnet. Sonst wie Tafel III.



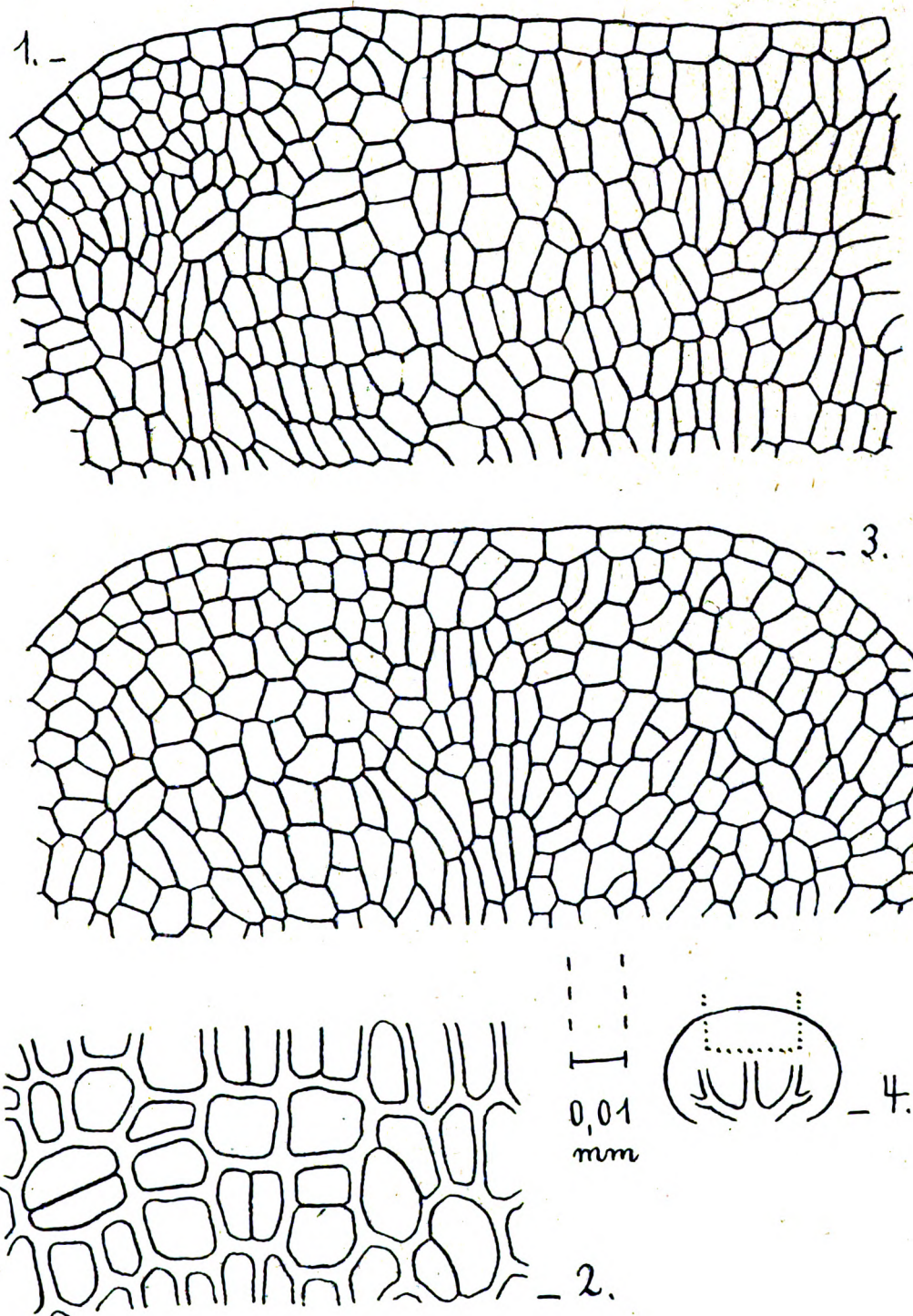
TAFEL VI. Lin. Vergr. 10:1. Ausgew. Bl.-Bl. F.1 = *Ranunculus sceleratus*; 2=Cap-
 selle burs. past.; 3=*Sisymb. officin.*; 4=*Biscut. laevigata*; 5=*Draba verba*; 6=
Nasturt. palustre; 7=*Aethionema saxat.*; 8=*Ae. cappadocic.*; 9=*Coronopus canoestr.*;
 10=*Lythrum hyssopifol.*; 11=*Tiarella cordifol.*; 12=*Astilbe grandis*; 13=*Mitella di-*
phylla; 14=*Circaea lutet.*; 15=*Ribes rubrum*; 16=*R. alpinum*; 17=*R. Grossularia*; 18=
Aruncus silvester; 19=*Stephanandra Tanakae*; 20=*Sedum sexangul.*; 21=*A. acre*; 22=
Medic. lupul.; 23=*Acer campestre*; 24=*Glaux maritima*; 25=*Stellaria media*; 26=*Are-*
naria trinervis; 27=*A. serpyllif.*; 28=*Gynsophila pannic.*; 29=*G. perfoliata*; 30=
Galium mollugo; 31=*G. boreale*; 32=*G. rotundif.*; 33=*Valer. dioica*; 34=*V. officin.*;
 35=*Valerianella auricula*; 36=*Ligustr. wlg.*; 37=*Lithosp. off.*; 38=*Veron. hederif.*;
 39=*Sambucus nigra*; 40=*Achillea millefolium*; 41=*Mentha silvestris*.



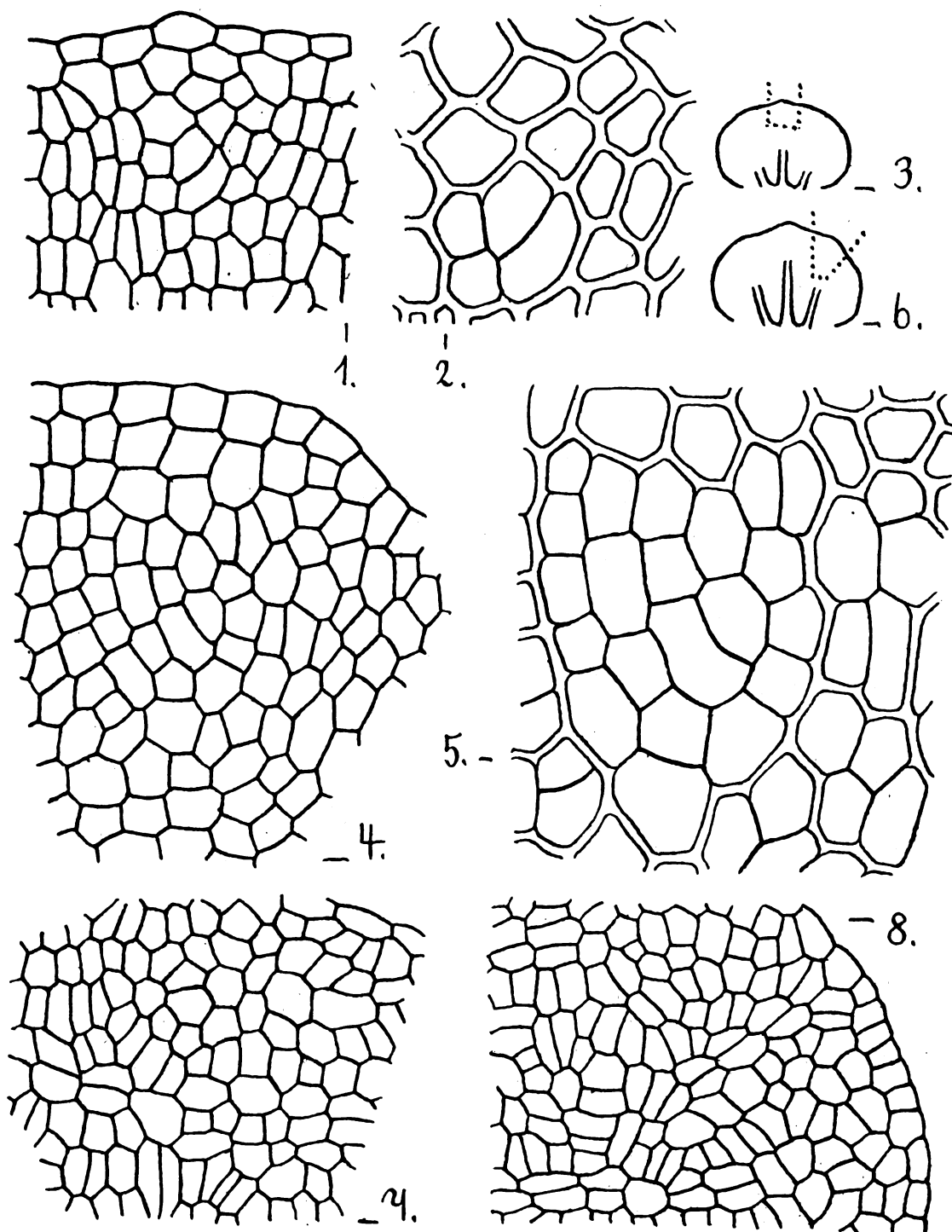
TAFEL VII. Lin. Vergr. 5:1 bei Fig. 1 C, 2 B, 19 B, bei den übrigen 10:1. - Fig. 1 *Nigella sat.*: A: erwachsenes Staminod., von d. Klappe B abgerissen ist; C Stamin. v.d. Seite gesehen. D-H: Jüngere Stadien. - 2. *Helleborus foetidus*. A: obere u. untere Hälfte d. zerschn. Staminod. B: dasselbe v.d. Seite ges. - 3. *Myosurus minim.* 4. *Isopyr. thalict.*; 5. *Actaea spic.*; 6. *A. dahurica*; 7. *Reseda lutea*; 8. *R. luteola*; 9. *R. odorata*; D=Diskus; 10. *Foenicul. offic.*; 11. *Pastinaca sat.*; 12. *Daucus Carota*; 13. *Pimpinelle Saxifraga*; 14. *Silaus prat.*; 15. *Angelica silv.*; 16. *Seseli annuum*; 17. *Symphyt. offic.*; 18. *Anchusa offic.*; 19. *Borrago off.*, B=Staubblatt mit Anhängsel. - 17 - 19: Schlundschuppen.



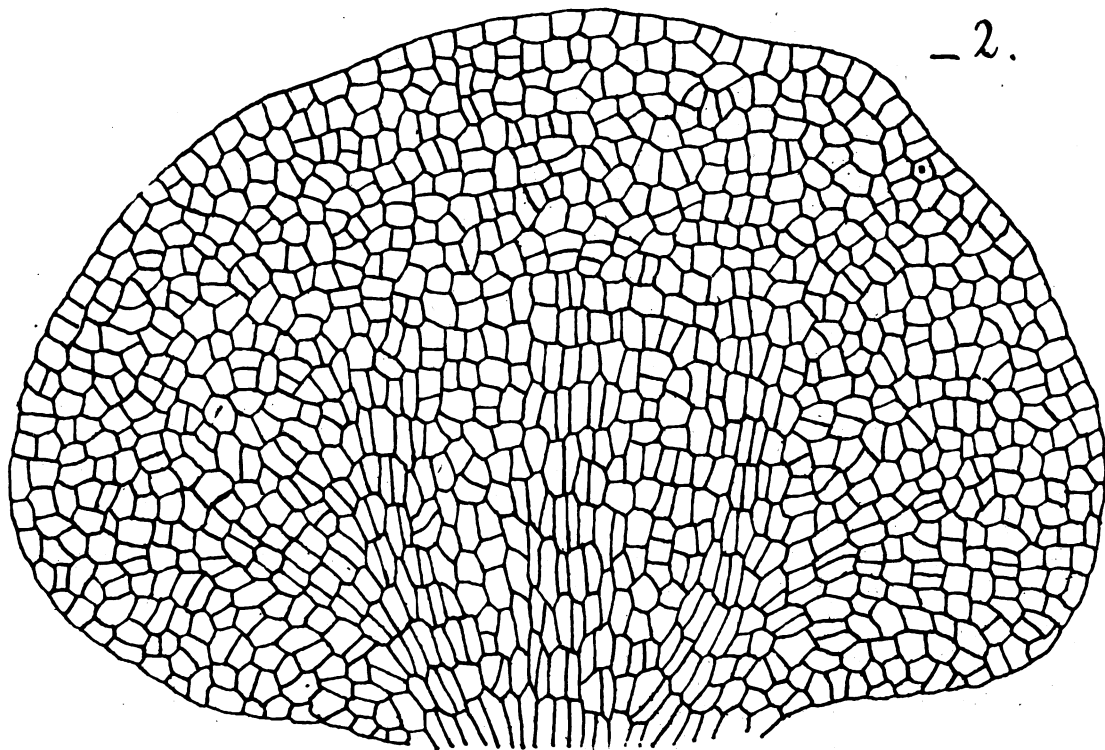
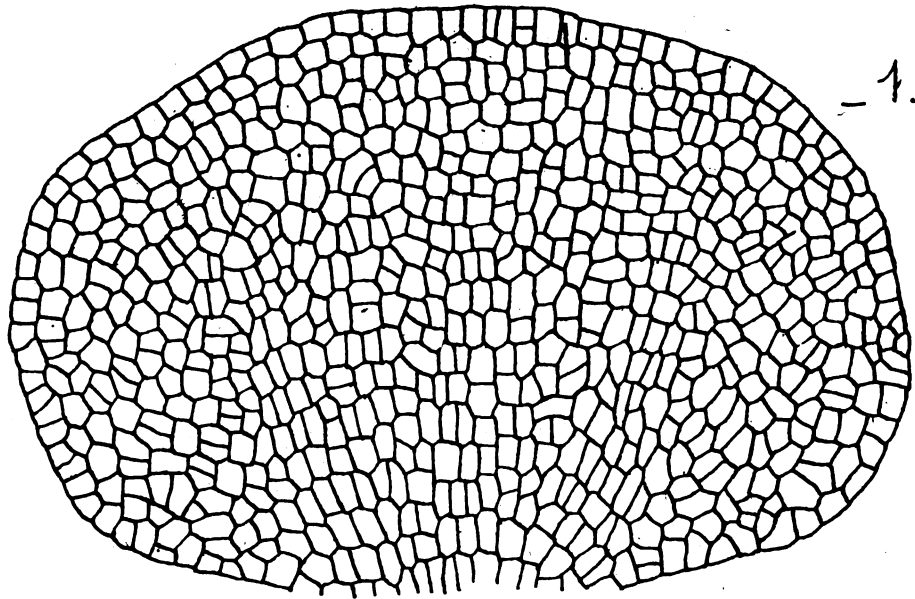
TAFEL VIII. *Cerastium vulgatum*. Lin. Vergr. 800:1 bei Fig. 1 u. 3; 1360:1 bei Fig. 2; 80:1 bei Fig. 4. - Fig. 2 ist ein Ausschnitt aus Fig. 1. - Fig. 1 ist der punktierte Ausschnitt aus Fig. 4.



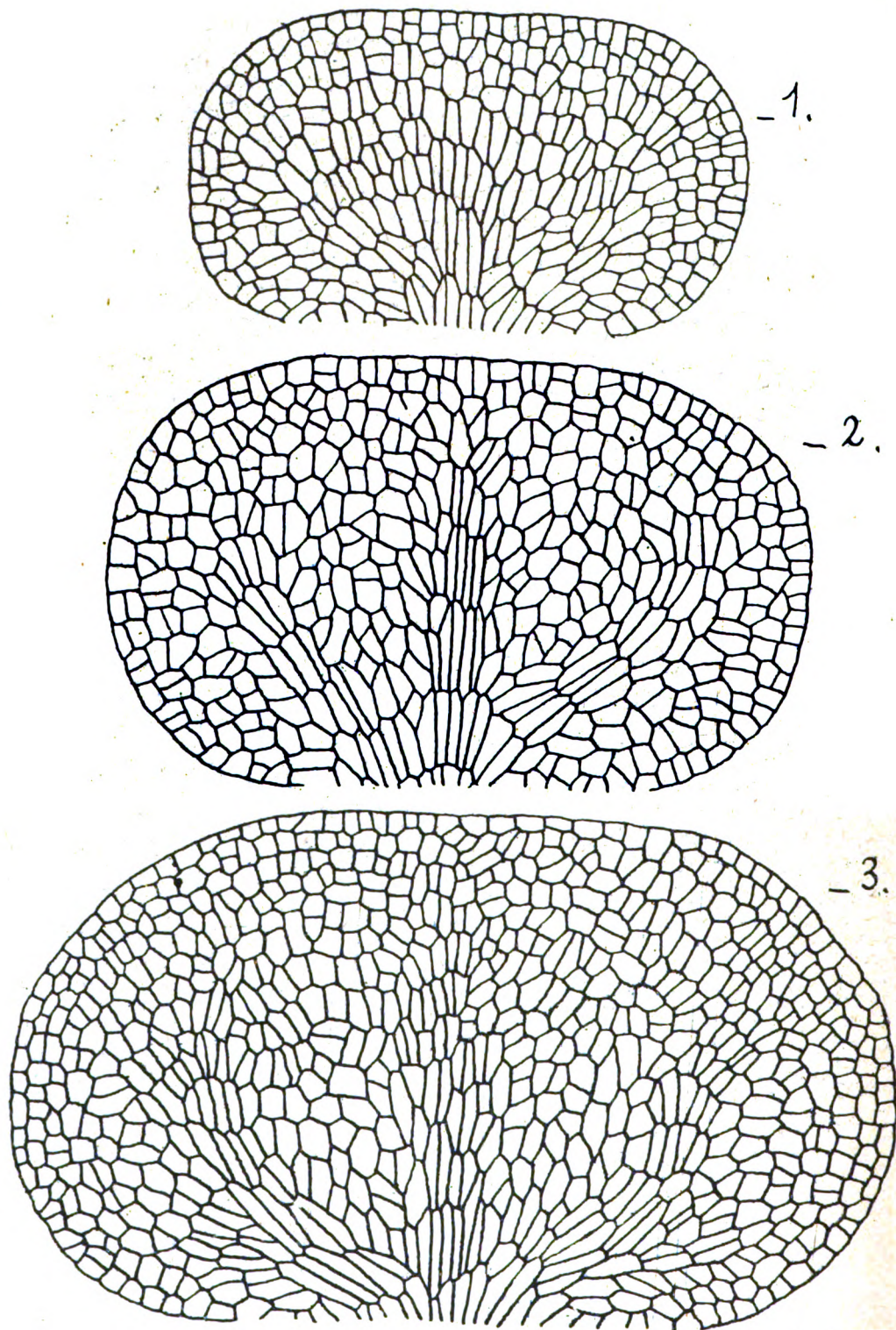
TAFEL IX. *Cerastium vulgatum*. Figur 3 ist der punktierte Ausschnitt aus Fig. 4, Fig. 1 ist ein Ausschnitt aus Tafel IV, Fig. 5; Figur 3 ist ein Ausschnitt aus Tafel IV, Fig. 4 und Tafel XII, Fig. 3.



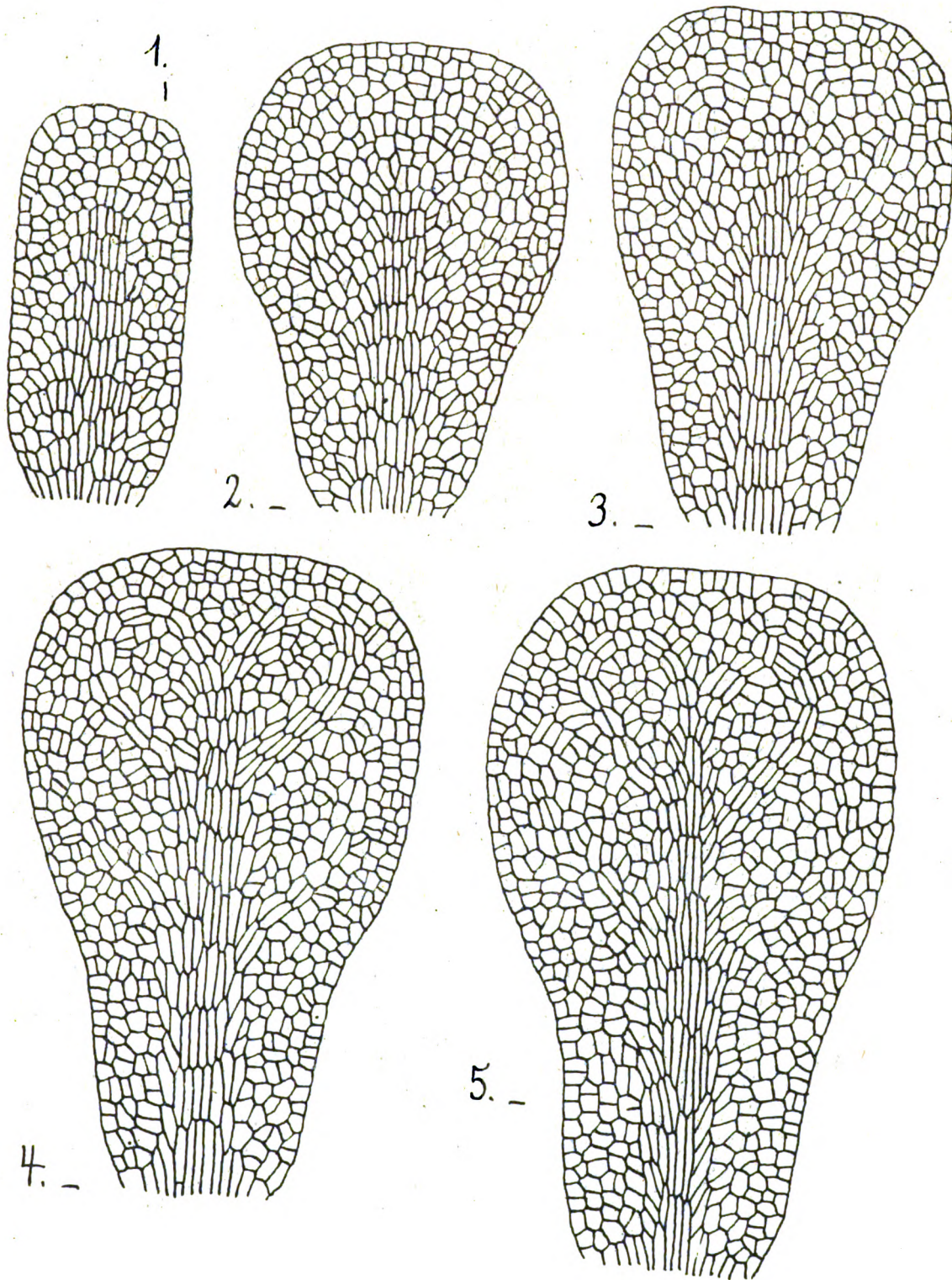
TAFEL X. Fig. 1-6 *Renunculus fluitans*; Fig. 7-7: *Chelidonium majus*. - lin. Vergr. 800:1 bei Fig. 1, 4, 7, 8; 1360:1 bei Fig. 2, 5; 80:1 bei Fig. 3, 6. - Fig. 2 ist ein Ausschnitt aus Fig. 1; Fig. 5 ein Ausschnitt aus Fig. 4; - Fig. 1 ist der punktierte Ausschnitt aus Fig. 3 (=Tafel III, Fig. 2); Fig. 4 der punktierte Ausschnitt aus Fig. 6 (=Tafel III, Fig. 3).



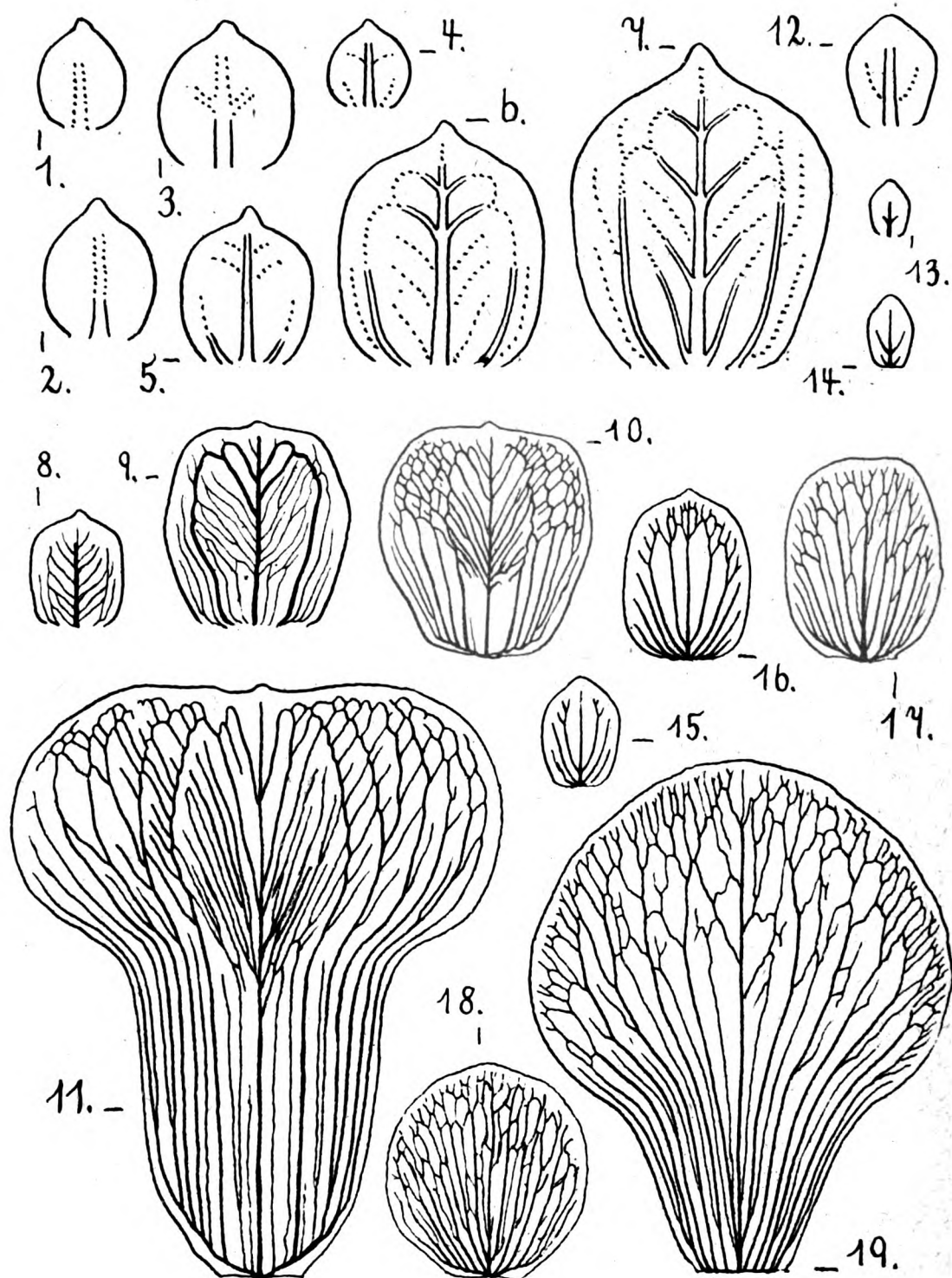
TAFEL XI. Lin. Vergr. 400:1, schematisiert. *Ranunculus fluitans*.



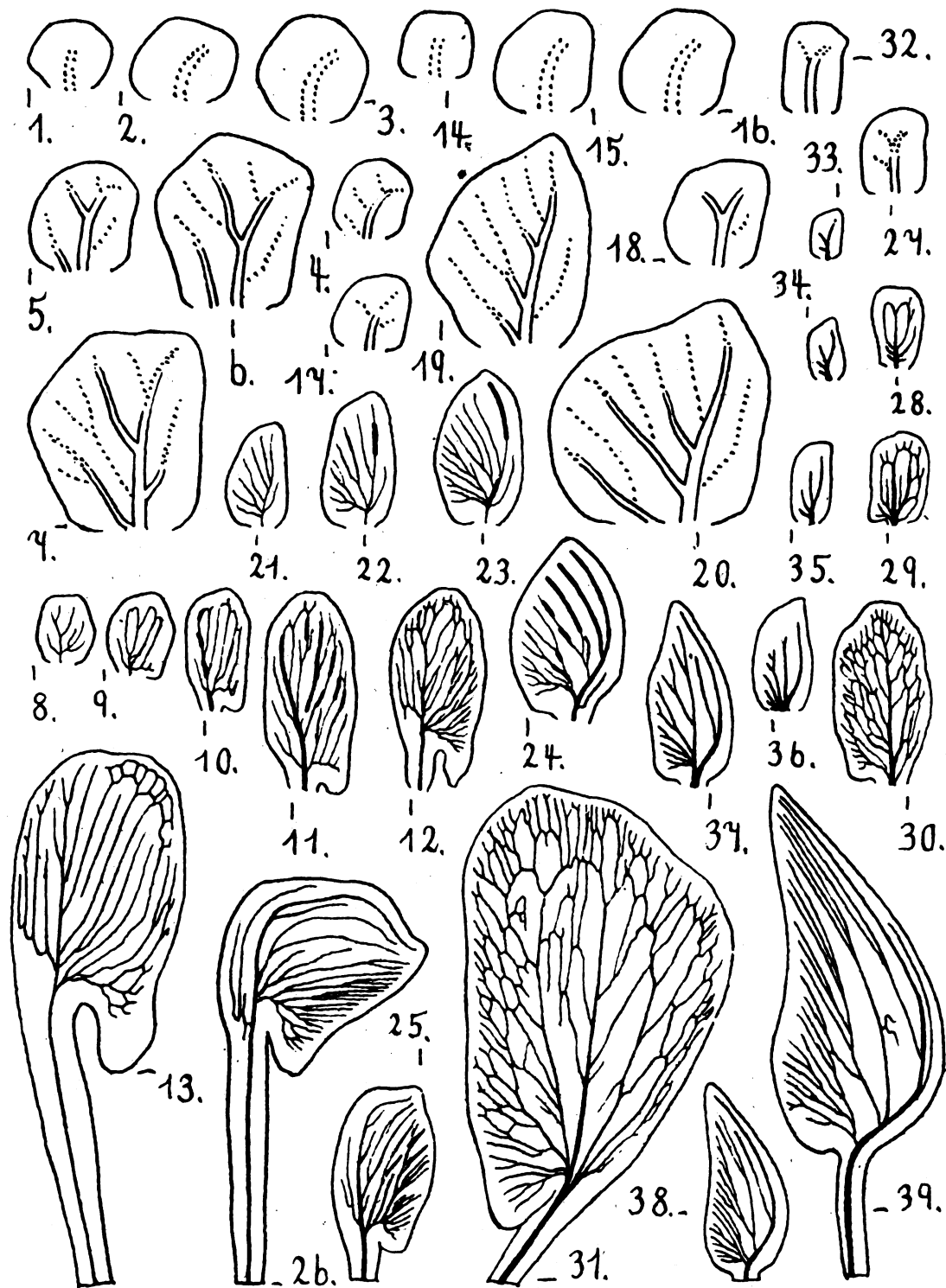
TAFEL XII. Lin. Vergr. 400:1, schematisiert. - *Cerastium vulgatum*, Fig. 1 - 3 stellen dieselben Blumenblätter dar, wie Fig. 1 - 3 auf Tafel IV.



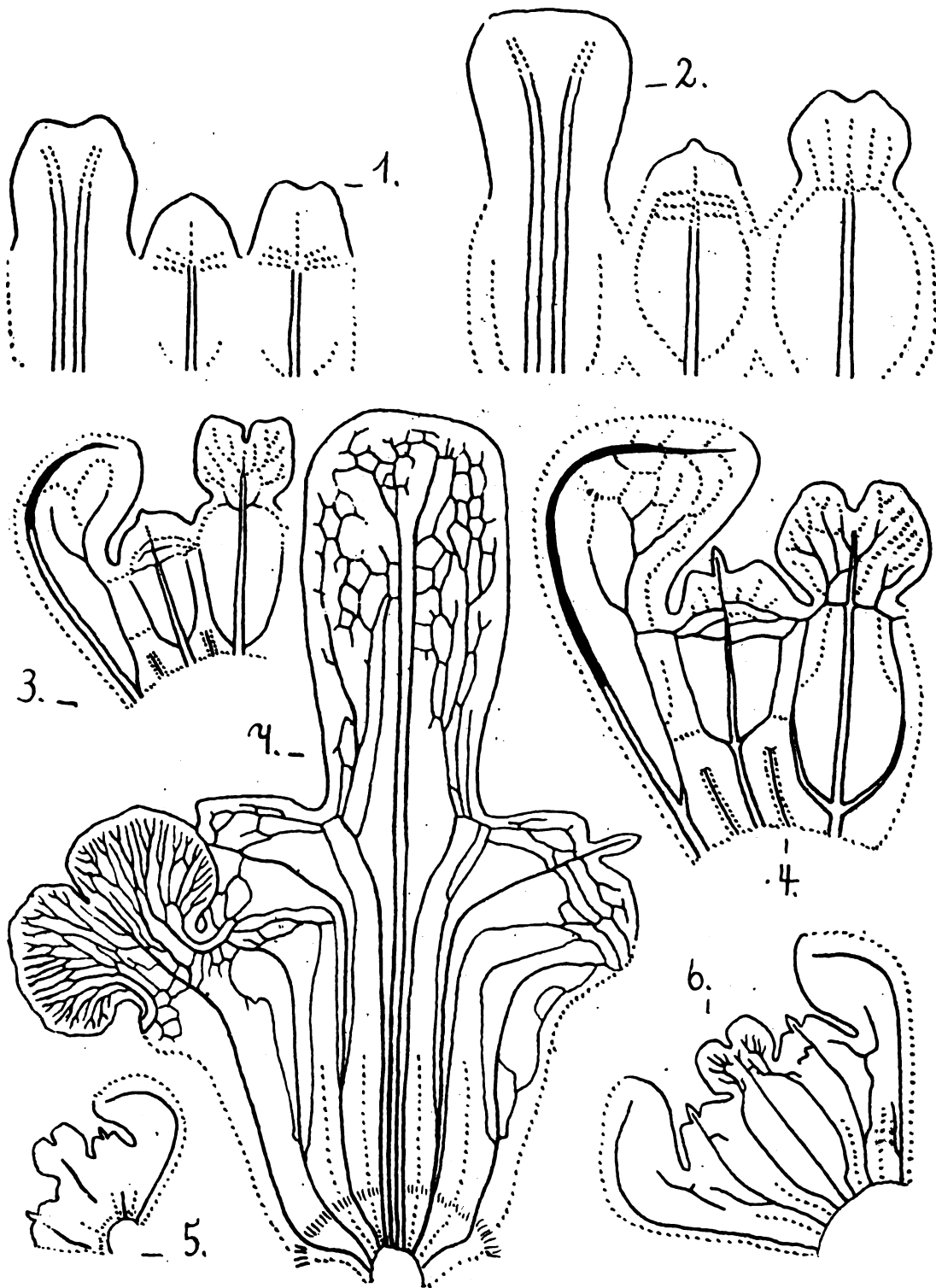
TAFEL XIII. *Alliaria officinalis*. Lin. Vergr. 400:1, schematisiert. Fig. 1 - 5. stellen dieselben Blumenblätter dar, wie Tafel V, Fig. 1 - 5.



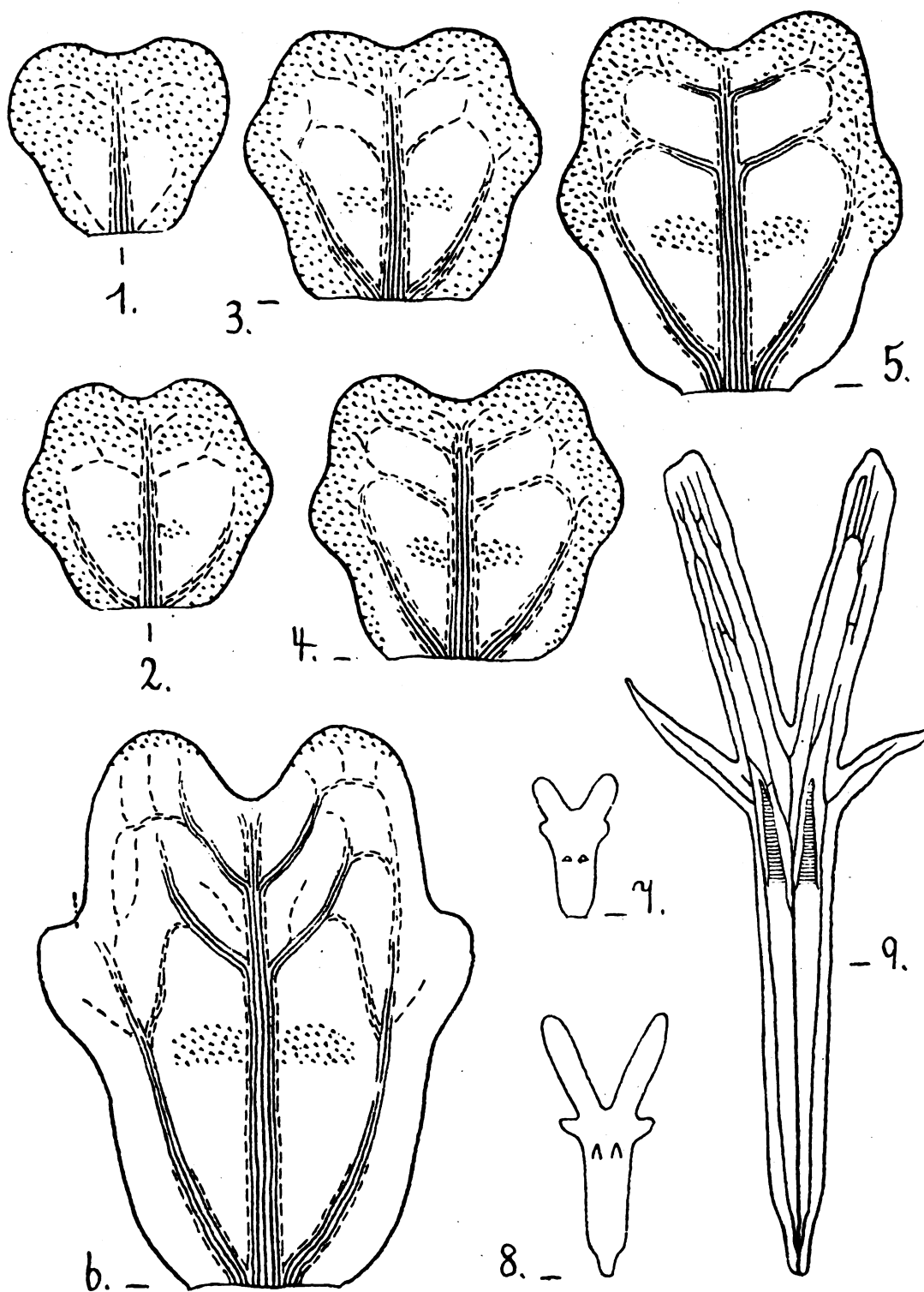
TAFEL XIV. Fig. 1-11: *Vicia sep.*, Vexillum; 12-19: *Lotus cornic.*, Vex. 1-3 = 100:1, 4-7, 12 = 50:1; 8, 9, 13-17 = 10:1; 10, 11, 18, 19 = 6:1. Unterbrochene Anlagen bei Fig. 1-7 und 12 punktiert, bei den übrigen nicht gezeichnet. Bei 10, 11, 18, 19 sind nur die ausgebildeten Nerven gezeichnet, bei 8, 9 sind die ausgeb. Nerven durch dicke Linien dargestellt.



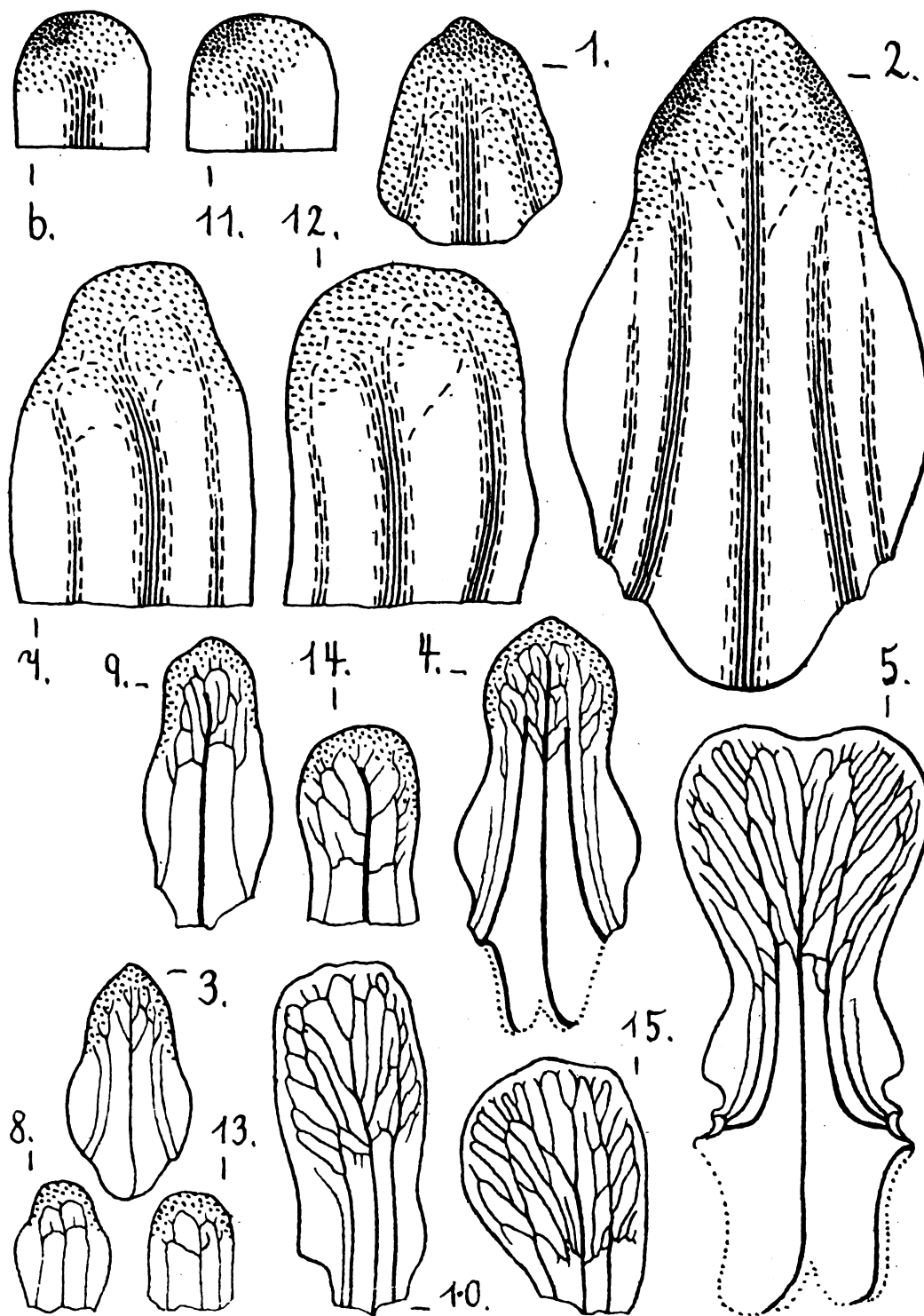
TAFEL XV. F. 1-26: *Vicia sep.* (1-13 ala, 14-26 carina); F. 27-39: *Lotus cornicul.* (27-31 als, 32-39 carina) F. 1-3, 14-16=100:1; 4-7, 17-20, 27-33=50:1; 8-11, 21-24, 28, 29, 34-37=10:1; 12, 13, 25, 26, 30, 31, 32, 39 = 6:1. - Unterbr. Anlagen bei Fig. 1-7, 14-20, 27, 32 punktiert, bei d. übrigen nicht gezeichnet. Bei 8-11, 21-24 sind die ausgeb. Nerven durch dicke Linien dargestellt, bei 12, 13, 25, 26, 30, 31, 32, 39 sind nur die ausgeb. Nerven gezeichnet. Die auf XIV, 1, abgeb. Stadien stammen aus derselben Blüte. Ebenso gehören Fig. 27, 32 u. Tafel XIV, 12 zusammen, sowie alle andern 100-, 50- und 6-fach vergrößerten Figuren.



TAFEL XVI. *Lemnium album*; Fig. 1,2=50:1; 3,4=30:1; 5-7=6:1. - Bei 1,2 sind wahrsch. nicht alle auf diesem Stadium vorh. unterbr. Anlagen eingez. Bei 3,4 unterbr. Anl. punktiert, d. ausgeb. Teil d. Hauptnerven i.d. Oberlippe durch dicke Linien dargestellt. In 5-7 sind nur die ausgeb. Nerven gezeichnet. Die Linien, wo die Korolle durchschnitten wurde, und die Staubblätter sind punktiert.



TAFEL XVII. *Lychnis flos cuculi*. 1-6=90:1; 7-9=7:1. Meristeme punktiert, unterbr. Anlagen gestrichelt. Ligula bei 9 schraffiert. Bei 9 (asugew. Blumenbl.) sind nur die ausgebildeten Nerven gezeichnet.



TAFEL XVIII. *Viola tricolor*. 1, 2, 6, 7, 11, 12=90:1; 3, 4, 8, 9, 13, 14=20:1; 5, 10, 15=7:1 (ausgew. Blumenbl.) - 1-5 unteres, 6-10 seitliches, 11-15 oberes Bl.Bl. Meristeme punktiert. Unterbr. Anl. bei 1, 2, 6, 7, 11, 12 gestrichelt, b. d. übrigen nicht gez. Bei 3, 8, 13 ausgeh. Nerven noch nicht vorh., bei 4, 9, 14 d. dicke Linien dargest., bei 5, 10, 15 nur sie gez. Bei 4, 5 ist d. Sporn längs d. punkt. Linie aufgeschlitzt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1924

Band/Volume: [7](#)

Autor(en)/Author(s): Gumpfenberg Otto von

Artikel/Article: [Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Blumenblätter mit besonderer Berücksichtigung der Nervatur 448-490](#)