

Zeitschrift: Mémoires de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles.
Botanique = Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in
Freiburg. Botanik

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 1 (1901-1904)

Heft: 4: Über die Systeme der Festigung und Ernährung in der Blüte

Artikel: Über die Systeme der Festigung und Ernährung in der Blüte

Autor: Herzog, Jakob

Kapitel: I: Mechanische Verhältnisse

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-306669>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

I. TEIL.

Mechanische Verhältnisse.

Wie jedes andere Glied des Pflanzenkörpers, hat auch die Blüte vielen auf sie einwirkenden äusseren Agentien, worunter besonders Wind, Regen und Insekten in Betracht kommen, Trotz zu bieten, soll sie nicht, ehe sie ihre Aufgabe erfüllt hat, von diesen zu Grunde gerichtet werden. Von den mechanischen Kräften, welche auf die Blüte einwirken, ist ohne Zweifel die biegende eine sehr häufig vorkommende. Ausser auf Biegung können gewisse Blütenteile auch auf Zug und Druck beansprucht, eventuell von scheerenden Kräften angegriffen werden.

Wenn wir unseren Blick auf eine Reihe typischer Blüten mit Kelch, Krone, Staubgefässen und Stempel werfen, so muss in uns ohne Weiteres der Gedanke Platz greifen, dass im Allgemeinen die Forderung einer mechanischen Ausstattung wohl am stärksten auftritt in den zwei äusseren Blütenblattkreisen. Bei der grössten Anzahl von Blüten finden die Staub- und Fruchtblätter durch die Blütenhülle einen gewissen Schutz und werden daher im Allgemeinen auch in dieser gewissermassen ihr eigenes mechanisches System haben. Im Kelche und in der Korolle werden die auf die Festigung hinielenden Einrichtungen voraussichtlich die mannigfaltigsten Variationen aufweisen.

Schon rein theoretische Erwägungen legen uns den Gedanken nahe, dass die mechanische Ausstattung des Kelches sich mehr oder weniger als abhängige Grösse von den Festigkeitsverhältnissen der Krone erweisen wird. Der Kelch ist

nach der verbreitetsten Ansicht der Fachkundigen das typische Schutzorgan der Blüte und dessen Hauptaufgabe ist es, die übrigen Blütenteile vor Deformationen etc. zu schützen. Die Krone aber hat nach dem, was man ebenso allgemein annimmt, insbesondere als Schauapparat zu funktionieren behufs Anlockung der Insekten; sie kann aber wohl, wie wir sehen werden, unter bestimmten Umständen auch zu mechanischen Leistungen herangezogen werden. Je mehr jedoch in den Bauprinzipien der Krone, die sich immerhin vorwiegend nach ihrer Hauptaufgabe zu gestalten haben, das mechanische Moment noch zur Geltung kommt, desto mehr kann die Korolle sich selbst und die in ihr befindlichen Organe schützen, desto geringer ist die Beanspruchung, welche sie und auch die zwei inneren Blütenblattkreise an den Kelch stellen. Es führt uns somit die blosse physiologische Überlegung a priori zur begründeten Schlussfolgerung, einerseits dass Andröceum und Gynäceum im Allgemeinen durch die Blütenhülle ihren mechanischen Schutz erhalten und anderseits, dass die Festigkeits-einrichtungen von Kelch und Krone Beziehungen zu einander aufweisen.

Um nun diese theoretischen Folgerungen auf ihre Richtigkeit zu prüfen, suchen wir uns im Folgenden etwas zu vertiefen in die anatomischen Bauverhältnisse einzelner Blütenkategorien, bei welchen die mechanischen Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Teilen der Blüte relativ am leichtesten zu übersehen sind.

Zunächst wenden wir uns einer Gruppe von Blüten zu, welche sich durch das allgemeine Merkmal auszeichnen, dass sie radiär gebaut sind und Korollen besitzen, die sich aus freien, benagelten Blättern zusammensetzen.

1. Aktinomorphe Blüten mit benagelten Kronblättern.

Überall, wo es sich um Vergleichen der Festigkeitsverhältnisse von benagelten Kronblättern handelt, werden hauptsächlich die Länge, die basale Querschnittsgrösse und Querschnittsform der Nägel, sowie die Flächenausdehnung der angreifbaren Platte in Rechnung zu ziehen sein. Es ist einleuchtend, dass ein Kronblatt mit langem Nagel mechanisch ungünstiger situiert ist, als ein im Übrigen gleich gebautes Blatt mit kurzem Nagel, denn langbenagelte Blätter werden von den sie angreifenden Kräften mit längerem Hebelarme angegriffen, als kurzbenagelte. Es ist ferner ohne Weiteres klar, dass ein Blatt mit dickem Nagel in besserer mechanischer Lage ist, als ein sonst gleichartiges Blatt mit dünnem Nagel. Ebenso leicht verständlich ist es, dass ein Kronblatt, welches den angreifenden Kräften in seiner Platte eine grössere Angriffsfläche darbietet, eines ausgiebigeren mechanischen Schutzes bedarf, als ein Blatt mit kleiner Angriffsfläche. Sowohl die Länge und Dicke der Nägel, als auch die Grösse der Platten vermag also die mechanische Situation eines benagelten Blumenblattes umzugestalten. Es ist aber auch denkbar, dass zwei Kronblätter von denselben Dimensionen bezüglich der Nägel und Platten noch eine verschiedene Festigkeit besitzen. Das wäre der Fall, wenn ein Nagel mit mechanischen Zellen ausgestattet wäre, der andere aber nicht oder wenn der eine mehr und der andere weniger solche Elemente besässe.

So verschiedenartige Festigkeitsgrade nun die benagelten Kronblätter aufweisen, so manigfaltig wird die Beanspruchung sein, die an den Kelch herantritt, so variabel der Bau des Kelches selbst. Das ist eine logische Konsequenz unserer Auffassung, dass die mechanische Ausbildung des Kelches bis zu einem bestimmten Grade abhängig sei von den Festigkeitsverhältnissen der Krone.

Die höchsten Anforderungen an den Kelch stellen nach dem Gesagten jene Kronformen, welche aus freien Blättern mit langen, an der Basis dünnen Nägeln und relativ grossen Platten bestehen, selbst aber keine spezifisch mechanische Ausstattung besitzen. Es wird uns daher keineswegs überraschend erscheinen, wenn wir derartige Korollen regelmässig mit jener Kelchform kombiniert finden, welche den höchsten Anforderungen entspricht, nämlich mit der röhrenförmigen. Als Typus für die Gruppe von Blüten mit sehr schwachen Blumenblättern betrachten wir die Blüte von *Dianthus Caryophyllus* etwas eingehender. Die Krone dieser Blüte besteht bekanntermassen aus fünf benagelten Blumenblättern. Die durchschnittliche Länge der Nägel bei den von mir untersuchten Blättern betrug $2\frac{1}{2}$ cm. Die aus dem Kelche herausragenden Platten waren $1\frac{1}{2}$ cm. lang und an der breitesten Stelle etwa 1 cm. breit. Die Nägel sind in der Radialrichtung der Blüte von unten bis oben stark abgeplattet (Fig. 1) und daher besonders in dieser Richtung schwach. Wie die anatomische Untersuchung zeigt,

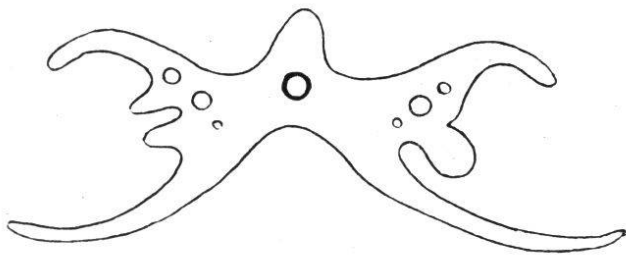


Fig. 1. Querschnitt durch die Basis des Kronnagels der Blüte von *Dianthus Caryophyllus*.

fehlen ihnen auch, abgesehen von der oft schwach kollenchymatischen Epidermis an der Basis, die mechanischen Zellen. Aus all' dem folgt, dass die Kronblätter mechanisch stark auf den Kelch angewiesen sind. Dasselbe

muss gesagt werden von den Staub- und Fruchtblättern, denn auch diese entbehren einer ausgiebigen mechanischen Ausstattung. Nur das Gynäceum besitzt ganz basal eine mit ziemlich dicken Tangentialwänden versehene Epidermis und nebstdem ein etwas dickwandiges Grundgewebe. Wenn nun die *Dianthus*-Blüte vom Winde, von Regentropfen oder Insekten angegriffen wird, so ist es hauptsächlich der Kelch, welcher dieselbe gegen Zerfetzung zu schützen hat. Um aber den übrigen Blütenteilen einen ausgiebigen Schutz bieten zu können, muss der Kelch natürlich selbst mechanisch gut ausgestattet sein.

Derselbe tritt denn auch in der Form einer Röhre auf. Die röhrenförmige Gestalt genügt aber dem Kelche sichtlich noch nicht zu seiner grossen Aufgabe, denn es giebt Fälle, wo Kelche schwächer beansprucht werden, als der *Dianthus*-Kelch, und trotzdem schon röhrenförmig sind, z. B. der Kelch von *Pulmonaria officinalis*. Faktisch ist denn der Kelch der *Dianthus*-Blüte noch durch ein System von typisch mechanischen Zellen zu seiner Funktion besonders qualifiziert. Dieses System besteht in der basalen Kelchpartie aus einer peripherischen aus 5–7 Zellschichten sich zusammensetzenden Röhre von sehr dickwandigen Stereiden. (Fig. 2). Etwas unterhalb der Mitte des Kelches löst sich diese Röhre in einzelne Stränge auf, welche die Gefässbündel auf ihrer Aussenseite begleiten und mit diesen in der oberen Region des Kelches tiefer ins Grundgewebe hineinrücken. Der Übergang der mechanischen Röhre in isolierte Bündel bedeutet offenbar eine Schwächung der mechanischen Funktion nach oben und entspricht vollständig der physiologischen Forderung grösserer Festigkeit an der Basis.

Es erhebt sich nun die Frage: Werden sich auch bei anderen Blüten, welche ungefähr in derselben biologischen Lage sind, wie die *Dianthus*-Blüte, analoge mechanische Verhältnisse verzeichnen lassen? Gestützt auf die Anschauung, dass die anatomischen Bauverhältnisse eines Organs durch die an dasselbe herantretenden Anforderungen bedingt sind, müssen wir das erwarten. Eine Blüte, deren Krone ähnliche mechanische Ansprüche an den Kelch stellt, wie die *Dianthus*-Korolle, ist die Blüte von *Saponaria officinalis*. Die Krone derselben setzt sich auch aus fünf benagelten Blumenblättern zusammen. Das

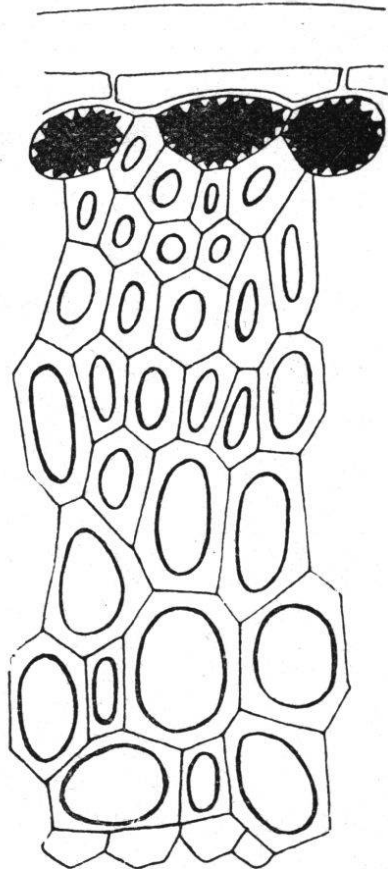


Fig. 2. Teil eines Querschnitts durch die Bast-
röhre im Kelch von *Dianthus Caryophyllus*. (Die
subepidermale Schicht
enthält Kristalldrüsen.)

einzelne Kronblatt der *Saponaria*-Korolle unterscheidet sich mechanisch hauptsächlich dadurch von dem der *Dianthus*-Blüte, dass es blos eine etwa halb so breite Platte und einen in der Radialrichtung der Blüte dickeren Nagel besitzt. Daraus geht hervor, dass offenbar die *Saponaria*-Krone nicht mehr so hohe Ansprüche an den Kelch stellt, wie die Korolle von *Dianthus Caryophyllus*. Damit in Übereinstimmung ist auch der Kelch der *Saponaria*-Blüte schwächer, als der von *Dianthus*. Zwar ist er auch röhrenförmig und besitzt ungefähr dieselbe Höhe und denselben Durchmesser, wie der *Dianthus*-Kelch, hat aber an der Basis eine dünnere Röhrenwandung, als dieser. Der Hauptunterschied zwischen den zwei Kelchen aber liegt in ihrem mechanischen Gewebe. Während dasselbe, wie wir sahen, an der Basis des *Dianthus*-Kelches eine vollständige Röhre bildet, tritt es im Kelche der *Saponaria*-Blüte in Form von *isolierten Baststrängen* auf, welche sich an die Mestom-Bündel anschliessen. (Fig. 3). Es ist sichtlich im Kelche der

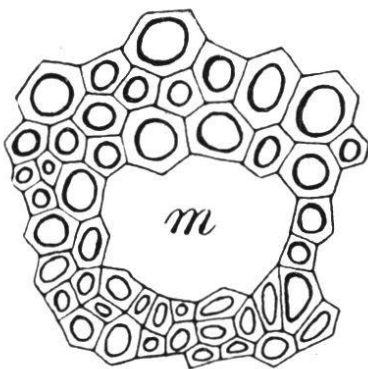


Fig. 3. Querschnitt durch einen grösseren Baststrang aus der basalen Partie der Kelchröhre von *Saponaria officinalis*. m=Mestom.

Saponaria-Blüte gegenüber dem von *Dianthus Caryophyllus* eine beträchtliche Schwächung des mechanischen Systems zu konstatieren; die teleologische Erklärung aber für diesen Festigkeitsunterschied suchen wir wohl am naturgemässesten in der Reduktion der Inanspruchnahme durch die Kronblätter.

Denkt man sich die Beanspruchung an den Kelch noch mehr reduziert, so muss man in demselben folgerichtig auch eine noch weitergehende Verminderung des mechanischen Systems erwarten. Dieser Gedanke einer noch intensiveren Reduktion der Inanspruchnahme des Kelches ist in der Natur realisiert in einer Reihe von Blüten, unter welchen beispielsweise die von *Silene nutans* einer etwas spezielleren Besprechung unterzogen werden soll. Die Kronnägel der Blüte von *Silene nutans* sind bedeutend kürzer, als die der *Saponaria*-Korolle, anderseits aber auch dünner in der Radialrichtung.

Es lässt sich daher aus dem Bau der Nägel nicht mit Sicherheit auf eine verschiedene mechanische Situation der beiden Kronformen schliessen. Ein zweifellos durchgreifender Festigkeitsunterschied zwischen den zwei Korollen aber ist begründet in der differenten Grösse ihrer Platten. Die Platte der Blumenblätter von *Silene nutans* ist höchstens halb so gross, wie jene der Kronblätter von *Saponaria officinalis* und da die Zahl der Platten bei beiden Blüten dieselbe ist, so wird selbstverständlich die *Silene*-Korolle von den äussern Angriffen nicht so heftig erfasst, wie die Krone der *Saponaria*-Blüte, bedarf also auch von Seite des Kelches keines so ausgiebigen Schutzes, wie diese. Dem entsprechend ist der Kelch von *Silene nutans* wieder bedeutend schwächer, als der von *Saponaria officinalis*. Er ist zwar auch röhrenförmig, hat aber eine dünnere Wandung und einen nur etwa halb so grossen Durchmesser, wie der *Saponaria*-Kelch. Ferner ist eine mechanische Differenz zwischen den zwei Kelchröhren gegeben durch ihre Stereom-Verhältnisse. Die Baststränge im Kelche von *Silene nutans* sind nicht so zahlreich und dazu meist noch dünner, als jene im *Saponaria*-Kelche. Somit stehen wir wiederum vor der Thatsache, dass eine Reduktion der Beanspruchung an den Kelch Hand in Hand geht mit dem Schwächerwerden seines mechanischen Systems.

Gehen wir noch einen Schritt weiter. Es wurde auch die Blüte von *Saponaria ocymoides* in den Bereich der Untersuchungen gezogen und es ergab sich hiebei das Resultat, dass der Kelch derselben noch schwächer ist, als der von *Silene nutans*. Er besteht in einer Röhre, welche etwa denselben Durchmesser besitzt, aber eine schwächere Wand aufweist, als der *Silene*-Kelch. Die grösseren Fibrovasalstränge, welche den Kelchtubus der Blüte von *Saponaria ocymoides* durchziehen, enthalten regelmässig noch einzelne Bastfasern, jedoch nie viele. Ich zählte in basalen Querschnitten in einem Bündel meistens 2-6 mech. Elemente, deren Wände stets von sehr bescheidener Dicke sind. Diese Stereom-Armut des Kelches von *Saponaria ocymoides* und dessen damit korrespondierende mechanische Schwächung gegenüber dem *Silene*-Kelch steht

nun wieder in Korrelation mit der Beschaffenheit der Krone. Diese ist mechanisch besser gestellt, als die *Silene*-Krone, weil die Platten ihrer Kronblätter kleiner und die Nägel unter sonst analogen Bauverhältnissen kürzer sind. Sie beansprucht deshalb den Kelch weniger stark, als die *Silene*-Krone und dieser kann daher auch schwächer sein, als der Kelch von *Silene nutans*.

Mit der Schilderung der Blüte von *Saponaria ocymoides* sind wir nun in einem Punkte angelangt, wo das mechanische System des Kelches, sofern es durch Stereom-Verhältnisse gegeben ist, minimale Dimensionen annimmt. Wenn wir uns jetzt in Gedanken einen Kelch konstruieren, welcher von Seite benagelter Blumenblätter nur wenig schwächer angegriffen wird, als der Kelch von *Saponaria ocymoides*, so ist das zunächst Liegende offenbar, dass die Stereiden im röhrenförmigen Kelche ganz verschwinden. Dieser Fall kann sich in der Natur sehr wohl vorfinden, in dem mir zu Gebote stehenden Material fand sich jedoch kein Beispiel hiefür.

Stossen wir nun aber auf Kelche, welche durch die Korolle sichtlich einen noch geringeren Angriff erleiden, als in dem eben von uns gedachten Falle, also einen erheblich schwächeren, als bei der Blüte von *Saponaria ocymoides*, so muss sich die Fragestellung ergeben, auf welche Weise jetzt im Baue des Kelches der geringeren Beanspruchung Rechnung getragen ist. Eine der natürlichsten Lösungen dieser Frage ist gewiss die, dass der Kelch nicht mehr in der röhrenförmigen Gestalt auftritt, sondern in der freiblätterigen. Einen Kelch, der durch die Krone nicht bloß ein wenig, sondern erheblich schwächer beansprucht wird, als der von *Saponaria ocymoides* finden wir in der Blüte von *Geranium Robertianum*. Die Kronplatten derselben erreichen freilich noch ungefähr dieselbe Grösse und die Nägel sind an der Basis von etwa der nämlichen Querschnittsform und Dicke, dagegen bloß etwa halb so lang, wie bei der Krone von *Saponaria ocymoides*. Diese starke Längendifferenz zwischen den Nägeln der beiden Korollen besagt natürlich auch einen erheblichen mechanischen Unterschied und involviert ein geringeres Unterstützungsbe-

dürfnis der *Geranium*-Krone gegenüber der von *Saponaria ocymoides*. Im Einklang damit charakterisiert sich nun tatsächlich der Kelch der *Geranium*-Blüte nicht mehr durch die Röhrenform, sondern durch die *freiblätterige Gestalt*. Die freien Kelchblätter, die sich mit ihren Rändern von der Basis bis zur Spitze berühren und so die Kronnägeln immerhin noch nach Art eines Kelchtubus umgeben, sind mit drei nach aussen vorspringenden Rippen versehen. In jeder Rippe verläuft ein grösseres, stereomfreies Leitbündel. Die mechanische Ausstattung eines solchen Kelchblattes besteht einzig in der Rippenbildung und in dem Vorhandensein einer der inneren Epidermis anliegenden, schuttscheidenartigen Zellschicht mit stark verdickten, nach innen sich oft verjüngenden Radialwänden. (Fig. 4.) Es hat also der Kelch von *Geranium* doch noch eine gewisse Steifigkeit. Von einem derartigen Kelche kann die Krone immer noch einen gewissen Schutz gegen Angriffe von aussen erhalten. Dies ist nun nicht mehr, oder jedenfalls in äusserst beschränktem Maasse der Fall bei einer andern Blüte, auf die ich im Laufe der Untersuchungen gestossen bin, nämlich bei der Blüte von *Sinapis arvensis*.

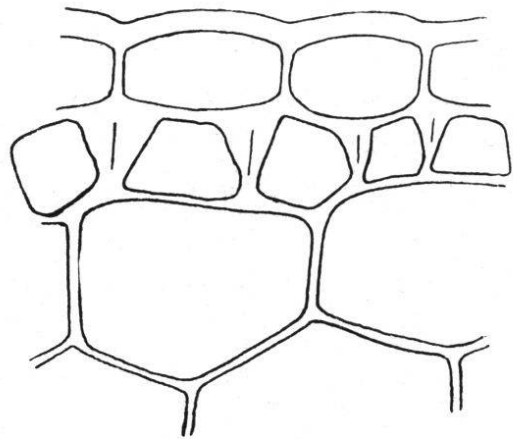


Fig. 4. Epidermis und subepidermale Schicht der inneren Seite des Kelchblattes von *Geranium Robertianum* aus einem Querschnitt durch das Blatt.

Die freien Kelchblätter dieser *Crucifere* sind von der Basis bis zur Spitze ungefähr gleich breit und bilden kahnförmige Organe, deren konkave Seite den Kronnägeln zugekehrt ist. Sie berühren sich mit ihren Rändern nicht mehr, bilden also keine Röhre mehr um die Nägel der Blumenblätter herum, sondern *stehen gewöhnlich von der Krone ab*. Diese ist infolge dessen mechanisch so ziemlich auf sich selbst angewiesen und bekundet das auch in ihrem Bau. Sie hat gewöhnlich etwas kürzere Nägel, dafür aber in der Regel auch ein we-

nig breitere Platten, als die *Geranium*-Korolle und würde infolge dessen dieser gegenüber als ungefähr gleich stark anzusprechen sein. Nichtsdestoweniger aber muss ihr eine grössere Festigkeit zuerkannt werden und zwar wegen der Querschnittsform ihrer Nägel. Diese tritt hier als mechanisch wichtiger Faktor in den Vordergrund. Die Kronnägel der *Sinapis*-Blüte (Fig. 5) besitzen einen etwa doppelt so grossen

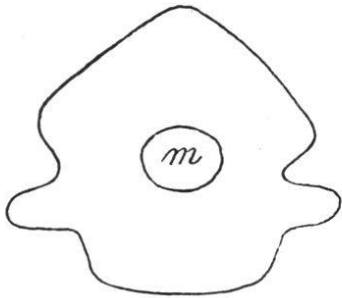


Fig. 5. Querschnitt durch die basale Partie eines Nagels der Blüte von *Sinapis arvensis*. m = Mestombündel.

Durchmesser in der Radialrichtung der Blüte, wie die Nägel der meisten bisher besprochenen Blüten und garantieren der Krone eine gewisse Biegefestigkeit.

Ähnliche Verhältnisse wie bei der Blüte von *Sinapis arvensis* finden sich auch bei andern *Cruciferen*; doch soll hier die Besprechung der *actinomorphen* Blüten mit benagelten Kronblättern ihren Abschluss finden. Das Hauptergebnis, das sich hiebei herausgestellt hat, kann seinen Ausdruck erhalten in dem folgenden Satze :

Bei actinomorphen Blüten mit benagelten Kronblättern ist ein Kleinerwerden der Kronplatten, sowie ein Kürzer- und Dickerwerden der Kronnägel unter sonst ungefähr gleich bleibenden Bauverhältnissen mit einer Schwächung des mechanischen Systems im Kelche verknüpft und umgekehrt.

Bezüglich der mechanischen Verhältnisse im Andröceum und Gynäceum der in Rede stehenden Blüten ist das Folgende zu bemerken. Es besitzen die Staub- und Fruchtblätter oft gewisse Einrichtungen, welche ihnen sichtlich eine bestimmte Festigkeit verleihen. Ich erinnere z. B. an die bereits bei der Behandlung der *Dianthus*-Blüte erwähnte Dickwandigkeit der Epidermis an der Basis des Gynäceums. Abgesehen von solchen weniger auffälligen Verhältnissen aber konnte ich bei den erwähnten Organen keine Verstärkungseinrichtungen nachweisen. Demzufolge lässt sich der weitere Satz formulieren :

Die Organe der zwei inneren Blattkreise radiärer Blüten mit benagelten Kronblättern sind regelmässig ohne ausgeprägte mechanische Ausstattung.

Es sei noch bemerkt, dass ich auch die Blüten von *Dianthus silvestris*, *Agrostemma Githago*, *Lychnis Flos cuculi*, *Silene inflata* und *Silene saxifraga* eingehend untersucht habe und keine unerklärlichen Widersprüche mit den eben aufgestellten Sätzen feststellen konnte. Die Kelchröhren der erwähnten Blüten sind ausnahmslos durch typisch mechanische Elemente verstärkt. Ein ausführlicher Vergleich zwischen allen diesen Blüten würde uns indessen zu weit führen und zudem nichts Neues bieten. Nur ein Faktum möge an dieser Stelle noch Erwähnung finden. Dasselbe betrifft den Blütenkelch von *Agrostemma Githago*. Derselbe besteht aus einer Röhre, welche mit stark nach aussen vorspringenden Rippen und mit langen Kelchzähnen versehen ist. In jeder Rippe verläuft ein dicker Baststrang und fast das gesamte Grundgewebe der Kelchröhre ist ausserordentlich dickwandig und chlorophyllfrei. Nur auf der äusseren Seite der Bastbündel, also an den für die Beleuchtung am besten situierten Stellen der Röhre findet sich ein schmaler Streifen aus dünnwandigem, chlorophyllführendem Gewebe. Ganz anders als in der Kelchröhre gestaltet sich das Verhältnis zwischen dem Stereom und dem Assimilationssystem im Kelchzahn und das ist es, worauf ich hauptsächlich aufmerksam machen möchte. Im Kelchzahn besteht fast das gesamte Grundgewebe aus dünnwandigen Pallisadenzellen. Die *Hauptfunktion der Zähne* ist sichtlich nicht mehr die mechanische, wiewohl deren grössere Mestom-Bündel noch Collenchym-Belege besitzen, sondern die *assimilierende*. Wir haben hier einen Fall vor uns, wo zwei Teile eines und desselben Organs wesentlich verschiedene Hauptfunktionen haben und dem entsprechend eine differente anatomische Struktur.

2. Vergleich zwischen aktinomorphen Blüten mit benagelten Kronblättern und solchen mit Kronröhren.

Denken wir uns zwei Kronformen konstruiert, von denen die eine röhrenförmig ist, die andere aber ceteris paribus eine Combination von freien, benagelten Blumenblättern repräsentiert. Offenbar würden wir dann der letzteren aus mechanischen Gründen eine geringere Biegefestigkeit zusprechen, als ersterer. Ich habe nun im Laufe meiner Untersuchungen allerdings nie zwei Blüten aufgefunden, deren Korollen sich lediglich dadurch unterscheiden, dass die eine aus freien benagelten Blättern besteht, die andere aber in der röhrenförmigen Gestalt auftritt. Dagegen giebt es doch Kronformen, welche sich, wenn auch nicht ausschliesslich, so doch hauptsächlich durch das genannte Moment unterscheiden. An diese Thatsache knüpft sich die Frage: Werden sich auch Beziehungen nachweisen lassen zwischen den erwähnten verschiedenartigen Konstruktionsformen von zwei Korollen und dem Ausbildungsgrade des mechanischen Systems in den zugehörigen Kelchen? Die Ergebnisse mehrerer auf diese Fragestellung hin angestellter Untersuchungen legen uns die Bejahung der gestellten Frage nahe.

Vergegenwärtigen wir uns die diesbezüglichen Verhältnisse in den Blüten von *Gentiana verna* und *Dianthus Carthusianorum*. Die Corollen derselben weichen in mechanischer Hinsicht am auffälligsten dadurch von einander ab, dass die von *Gentiana verna* röhrenförmig ist, jene von *Dianthus-Carthusianorum* aber aus freien, benagelten Blättern besteht. Die Staub- und Fruchtblätter der zwei Blüten differieren mechanisch kaum von einander. Der Kelch ist in beiden Fällen röhrenförmig und hat ungefähr denselben Durchmesser und dieselbe Höhe. Auch die Wanddicke der zwei Röhren ist annähernd dieselbe. Der Kelch der *Gentiana*-Blüte hat etwas höhere Rippen, als der von *Dianthus Carthusianorum*, dafür aber

wieder ein viel lockereres Grundgewebe, so dass auch aus diesen Verhältnissen kein entscheidender mechanischer Unterschied zwischen den zwei Kelchröhren abgeleitet werden dürfte. Eine durchgreifende Differenz aber zwischen den beiden Kelchen ist begründet in ihrer stereomatischen Ausrüstung. Während dem Kelch von *Gentiana verna* ein ausgeprägtes Stereom fehlt, wird der Kelch von *Dianthus Carthusianorum* von dicken Bastbündeln durchzogen. Diese in grosser Zahl auftretenden mechanischen Stränge begleiten die Mestom-Bündel auf ihrer äussern Seite. (Fig. 6).

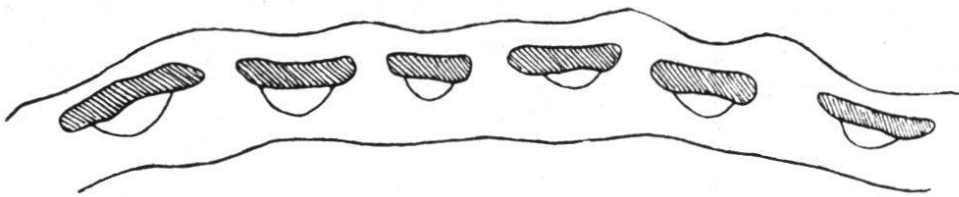


Fig. 6. Teil eines Querschnitts durch die Kelchröhre von *Dianthus Carthusianorum*. (Mechanisches Gewebe dunkel.)

Sonderbarerweise gehen diese typisch mechanischen Elemente ganz an der Basis des Kelches in dünnwandiges Gewebe über. Es erhält jedoch diese Erscheinung ihre physiologische Erklärung dadurch, dass der Kelch an der Basis ringsum von Hochblättern eng umschlossen wird, welche ihrerseits von förmlichen Platten aus typisch mechanischen Zellen durchsetzt sind. Diese Hochblätter gewähren dem Kelchtubus an der Basis wohl hinlänglichen Schutz, so dass er daselbst der mechanischen Elemente entbehren kann. In ähnlicher Weise wie der Kelch von *Dianthus Carthusianorum* wird auch der von *Gentiana verna* an der Basis von Hochblättern umgeben, doch finden sich in diesen keine Stereiden vor.

Zieht man alle erwähnten Verhältnisse der in Frage stehenden Kelchröhren in Betracht, so muss entschieden dem Kelche von *Dianthus Carthusianorum* eine bedeutend höhere Festigkeit zugesprochen werden, als dem der *Gentiana*-Blüte. Diese Thatsache darf nun wohl so gedeutet werden, dass die Kronnägels der *Dianthus*-Blüte schwächer sind und folglich einer ausgiebigeren Unterstützung von Seite des Kelches bedürfen, als die röhrenförmige Korolle von *Gentiana verna*.

Ziehen wir noch einen Vergleich zwischen zwei weiteren Blüten, zwischen denen von *Vaccaria parviflora* und *Primula elatior*. Die zwei inneren Blattkreise derselben verhalten sich nach der mechanischen Seite hin kaum verschieden. Stellt man ferner ihre Korollen einander gegenüber, so besteht der auffallendste mechanische Unterschied darin, dass die eine, nämlich die von *Primula elatior*, röhrenförmig ist, die andere aber aus freien, benagelten Blumenblättern besteht. Diese Festigkeitsdifferenz gelangt nun auch in den zugehörigen Kelchen wieder zum Ausdruck. Für die Kelche beider Blüten ist zwar die röhrenförmige Gestalt charakteristisch, und es unterscheiden sich diese Röhren hinsichtlich des Durchmessers, der Wanddicke und Höhe nicht wesentlich von einander. Für die Rippen, welche den *Primula*-Kelch auszeichnen, besitzt der *Vaccaria*-Kelch ein mechanisches Äquivalent in seinen Flügelbildungen. Eine starke mechanische Differenz zwischen den zwei Kelchröhren ist aber gegeben durch ihren verschiedenartigen Besitz an typisch mechanischen Zellen. Im Kelche der *Primula*-Blüte bilden diese Elemente fünf in den Rippen verlaufende, an die Mestom-Bündel sich anschliessende Stränge von mässiger Dicke, im *Vaccaria*-Kelche aber erscheinen sie in Form einer nur in den Flügeln unterbrochenen Röhre, welche in der Radialrichtung etwa gleich dick ist, wie ein Baststrang im *Primula*-Kelche. Fast das gesamte Grundgewebe des *Vaccaria*-Kelches ist in den Zonen zwischen je zwei Flügeln durch das reichliche Auftreten der Stereiden verdrängt. (Fig. 7). Nach oben hin freilich gehen diese Elemente in dünnwandigeres Gewebe über. Es verlieren sich aber auch die Baststränge des *Primula*-Kelches in der oberen Partie der Röhre. Hinsichtlich des Auftretens von Stereom ist also der Kelch der *Vaccaria*-Blüte entschieden stark im Vorteil, und weil sich aus den übrigen Bauverhältnissen der beiden Kelche keine beachtenswerte mechanische Differenz ableiten lässt, muss er überhaupt im Vergleich zum *Primula*-Kelch als stärker angesprochen werden. Es liegt hier somit ein weiterer Fall vor, wo eine aus benagelten Blumenblättern bestehende Korolle mit einem stärkeren Kelche kombiniert ist, als eine Krone,

welche eine röhrenförmige Gestalt, im Übrigen aber nicht sehr verschiedene Bauverhältnisse aufweist.

Aus den im vorstehenden Kapitel behandelten Erscheinungen leitet sich nun der Satz ab: *Kronformen, die sich aus benagelten Blumenblättern zusammensetzen, sind unter sonst ähnlichen Bauverhältnissen mit stärkeren Kelchen kombiniert, als Kronröhren.* Das ist, soweit meine Untersuchungen in Betracht kommen, selbst dann noch wahr, wenn die radiale Dicke der Nägel erheblich grösser ist, als die Wanddicke der verglichenen Kronröhre.

Zur Würdigung des angeführten Satzes bemerke ich indessen, dass derselbe natürlich nur so lange Geltung haben kann, als der Begriff «ähnliche Bauverhältnisse» nicht zu weit ausgedehnt wird. Von ähnlichen Bauverhältnissen dürfte man z. B. sicherlich nicht mehr sprechen, wenn die Nägel einer freiblättrigen Krone durch gewisse spezifisch mechanische Verhältnisse, beispielsweise durch Bastfasern, so sehr verstärkt wären, dass sie ein ebenso festes System repräsentieren würden, als eine stereomfreie Kronröhre.

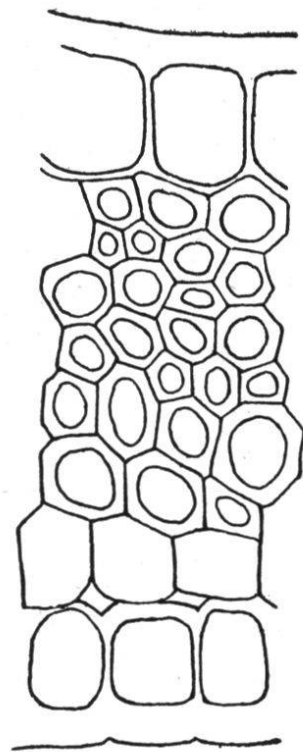


Fig. 7. Teil eines Querschnitts durch die basale Partie der Kelchröhre von *Vaccaria parviflora*.

3. Aktinomorphe Blüten mit Kronröhren, unter sich verglichen.

Wenn wir Blüten vor uns haben, deren Korollen röhrenförmig sind, und wenn die Aufgabe an uns herantritt, nach Wechselbeziehungen zu forschen, welche zwischen Kelch und Krone dieser Blüten bestehen, so ist vor Allem eine Orientierung geboten über die Beanspruchungsgrösse der verschie-

denen röhrenförmigen Kronformen. Es seien deshalb einige der markantesten Formverhältnisse herausgegriffen, welche die mechanische Situation der Kronröhre beeinflussen.

Einen fundamentalen Einfluss auf die Festigkeit einer röhrenförmigen Krone übt jedenfalls deren Durchmesser aus. Eine Röhre mit grossem Durchmesser besitzt im Allgemeinen eine höhere Biegezugfestigkeit, als eine solche mit kleinerem Durchmesser. Das ist mit gewissen Einschränkungen (vgl. Schwendener: « *Das mechanische Princip* » pag. 25) ein unanfechtbares Gesetz der Mechanik und hat nachgewiesener Maassen auch in der lebenden Natur seine Gültigkeit.

Ein anderes tief in die Festigkeitsverhältnisse der Krone eingreifendes Moment ist natürlich auch ihre Länge. Eine lange Röhre bietet den äusseren mechanischen Kräften einen längeren Hebelarm zum Angriff und bedarf daher von Seite des Kelches eines ausgiebigeren Schutzes, als eine im Übrigen gleich gebaute kürzere Kronröhre.

Dass auch die Dicke und Querschnittsform der Röhrenwandung einen nicht zu unterschätzenden mechanischen Faktor bilden, braucht kaum noch besonders hervorgehoben zu werden.

Im Folgenden soll nun dargethan werden, in welcher Gestalt diese verschiedenen Festigkeitsgrade der Kronröhren in der Konstruktion der zugehörigen Kelche ihren Ausdruck finden.

Vorab dürfte es nicht allzu schwierig sein, den Nachweis zu liefern, dass Kronröhren mit grösserem Durchmesser regelmässig mit schwächeren Kelchformen kombiniert sind, als im Sonstigen gleich konstruierte Korollen von kleinerem Durchmesser. Es ergibt sich das schon daraus, dass es eine beträchtliche Zahl von engen Kronröhren giebt, welche von röhrenförmigen Kelchen umgeben sind, während weitere Kronröhren mit sonst etwa gleichen Bauverhältnissen frei-blätterige Kelche unter sich haben. Vergegenwärtigen wir uns z. B. das Habitusbild der Blüte von *Symphytum officinale*.

Eine etwa $1\frac{1}{2}$ cm lange Kronröhre wird von einem Kelche umgeben, welcher aus fünf ziemlich langen freien Blättern besteht. Eine andere ähnliche *Boragineen*-Blüte ist die von *Pulmonaria officinalis*. Die gleichfalls röhrenförmige Korolle derselben unterscheidet sich mechanisch von der von *Symphytum officinale* am stärksten dadurch, dass sie einen erheblich geringeren Durchmesser hat. Dieses Umstandes wegen muss sie der letzteren gegenüber als schwächer taxiert werden und bedarf daher eines stärkeren Kelches als diese. In der That ist sie denn auch von einem röhrenförmigen Kelche umgeben. Es liegt somit hier ein Fall vor, wo offenbar hauptsächlich die verschiedene Durchmessergrösse von zwei Kronröhren eine ungleiche Festigkeit der zugehörigen Kelchformen bedingt.

Vergleichen wir ferner die Blumenkronröhre von *Symphytum officinale* mit der von *Campanula patula*, so sehen wir sogleich, dass die letztere der ersteren gegenüber wieder durch einen grösseren Durchmesser sich auszeichnet. Die übrigen mechanischen Verhältnisse aber differieren bei den zwei Korollen kaum von einander. Damit im Einklang geniesst die Korolle von *Campanula patula* von Seite des freiblätterigen Kelches bei Weitem nicht jenen mechanischen Schutz, den die engere Kronröhre von *Symphytum officinale* von den sie umgebenden Kelchblättern erhält. Die Kelchblätter von *Campanula patula* stehen nämlich gewöhnlich von der Krone ab, so dass sie derselben sichtlich nur einen minimalen, oft wohl gar keinen mechanischen Dienst leisten. Ein gewisser Konnex zwischen den Durchmessern der zwei Kronröhren mit der mechanischen Leistung der beiden Kelche muss wohl auch in diesem Falle wieder als zu Recht bestehend anerkannt werden.

Wie der Durchmesser der Kronröhren, so kann auch ihre Länge in Wechselbeziehung zu dem mechanischen System im Kelche stehen. Zur Beleuchtung des Gesagten diene ein Vergleich zwischen den Blüten von *Pulmonaria officinalis* und *Primula officinalis*. Ich habe mehr als ein Dutzend beliebige Kronröhren von jeder Pflanze hinsichtlich ihrer Längen gemessen. Die Korollen von *Pulmonaria officinalis* waren durchschnittlich $1\frac{1}{2}$ cm lang, die von *Primula officinalis* aber 2 cm.

Der Unterschied zwischen der Länge der beiden Kronröhren ist demnach ein ansehnlicher. Im Übrigen aber unterscheiden sich die beiden Kronröhren mechanisch kaum von einander. Macht sich also zwischen den Kelchen der beiden Blüten eine mechanische Differenz geltend, so sind wir wohl dazu berechtigt, als Hauptgrund hiefür die ungleiche Länge der betreffenden Kronröhren anzusehen.

Ergebnisse der anatomischen Untersuchung setzen die Existenz von Festigkeitsunterschieden zwischen den beiden Kelchen ausser Zweifel. Der Kelch von *Primula officinalis* repräsentiert eine mit fünf weit nach aussen vorspringenden Rippen versehene Röhre. An der Basis derselben ist die innere Epidermis ringsum kollenchymatisch. Auch das Grundgewebe zwischen dieser Epidermis und den in den Rippen verlaufenden Bastbündeln hat einen kollenchymatischen Charakter, desgleichen die äussere Epidermis an den Kanten der Rippen. In den oberen Partien des Kelches verliert sich die kollenchymatische Beschaffenheit aller dieser Gewebe. Dafür aber sind da die fünf dicken Leitbündel auf ihrer Aussenseite von Kollenchymsträngen begleitet.

Der ebenfalls röhrenförmige Kelch von *Pulmonaria officinalis* erweist sich schon dadurch als schwächer gegenüber dem von *Primula officinalis*, dass er kaum halb so hohe Rippen besitzt, wie der letztere. Ferner fehlen ihm die Kollenchymbelege auf der Aussenseite der Mestom-Bündel oder es sind diese jedenfalls nur von sehr schwacher Entwicklung. An der Basis weist der Kelchtubus der *Pulmonaria*-Blüte analoge kollenchymatische Verdickungserscheinungen auf, wie der von *Primula*, doch erreichen diese in letzterem immer einen bedeutend stärkeren Ausbildungsgrad.

Das Faktum einer mechanischen Verschiedenheit der in Rede stehenden Kelchröhren steht also fest. Naturgemäss lässt sich diese zurückführen auf die ungleichartige Beanspruchung durch die zugehörigen Kronformen und diese ist ihrerseits wieder gegeben durch die differente Länge der beiden Kronröhren.

Wenn wir im vorstehenden Falle den Bau des Kelches in

Korrelation stehen sehen mit der Länge der Korolle, so möge schliesslich noch ein Beispiel angeführt werden, wo die Dicke und Querschnittsform der Kronröhrenwand mit dem Festigkeitsgrad des Kelches in Wechselbeziehung stehen. Den Ausgangspunkt für die folgende Betrachtung bildet die Blüte von *Rhododendron hirsutum*. Die Blumenkronröhre derselben zeichnet sich an der Basis durch eine erhebliche Wanddicke und wellblechartige Konfiguration aus. Durch diese mechanischen Momente erhält sie jedenfalls eine ziemlich hohe Biegefestigkeit und stellt an den Kelch keine grossen Anforderungen. Die freien Blättchen, welche denselben zusammensetzen, repräsentieren im Einklang damit winzige Gebilde, welche der Krone sichtlich einen äusserst geringen Schutz gewähren gegen die sie angreifenden mechanischen Kräfte. Der schwach kollenchymatische Charakter, der sich im peripherischen Gewebe dieser Blättchen und ganz besonders an ihren Rändern bemerkbar macht, kann in mechanischer Hinsicht wegen seiner minimalen Stärke kaum in Betracht kommen. Vergleicht man jetzt mit der Blüte von *Rhododendron hirsutum* andere ähnlich gebaute Blüten, deren Kronröhren aber einen kreisrunden Querschnitt und eine dünnere Wandung aufweisen, so stellt sich heraus, dass diese letzteren Blüten regelmässig stärkere Kelche besitzen, als die Blüte von *Rhododendron hirsutum*. Es sei beispielshalber blos an die Blüte von *Symphytum officinale* erinnert. Die freien Kelchblätter derselben erreichen eine erheblich grössere Länge und Dicke, als jene von *Rhododendron*.

Nebst dem Durchmesser und der Länge kann also nach Obigem auch die Dicke und Querschnittsform der Kronröhre in einem gewissen Konnex mit der mechanischen Ausstattung des Kelches stehen.

Zum Abschluss der vergleichenden Darstellung von Blüten mit röhrenförmigen Korollen sollen noch einige Worte Platz finden über einzelne Beziehungen zwischen den Blüten von *Primula officinalis* und *Primula elatior*. Anatomische Untersuchungen zeigen, dass selbst diese einander sonst so nahe stehenden *Primula* Species in mechanischer Hinsicht von ein-

ander abweichen. Während die Kelchröhre von *Primula elatior* von fünf ansehnlichen Strängen aus typisch mechanischen Zellen durchzogen wird, findet man in der Röhre von *Primula officinalis* keine solchen Stereiden, sondern bloß fünf den Leitbündeln auf der Aussenseite anliegende Kollenchymbelege, welche zudem ganz an der Basis sehr schwach sind oder vollständig fehlen. Durch diese hauptsächlichste histologische Differenz zwischen den beiden Kelchen ist selbstverständlich auch ein mechanischer Unterschied gegeben zu Gunsten des Kelches von *Primula elatior*. Die Kelchröhre von *Primula officinalis* besitzt aber wieder bedeutend höhere Rippen, als die von *Primula elatior* und hat dadurch einen gewissen Ersatz für den ihr fehlenden Bast. Vergewahrtigt man sich ferner, dass die trichterförmig ausgebreiteten Platten der Korolle von *Primula officinalis* gewöhnlich etwas kleiner sind, als die von *Primula elatior*, so muss man sich sagen, dass wohl auch die mechanischen Ansprüche, welche die Korolle an den Kelch stellt, geringer sind bei der Blüte von *Primula officinalis* als bei der anderen Species, und dass der Kelch infolge dessen bei letzterer auch stärker sein muss, als bei ersterer. Es bekunden sich somit auch bei den Blüten der in Rede stehenden *Primula*-Arten korrelative Verhältnisse zwischen Kelch und Krone.

Werfen wir nun nochmals einen Blick zurück auf die Vergleichen, die im Vorstehenden angestellt wurden zwischen Blüten mit röhrenförmigen Korollen, so ergibt sich hieraus als Resumé Folgendes:

Verschiedene Durchmesser- und Längenverhältnisse der Kronröhren, sowie eine differente Querschnittsform und Dicke ihrer Wandungen bedingen ceteris paribus verschiedenartige Festigkeitsgrade der Kelchformen.

Um an dieser Stelle auch noch Einiges zu sagen über die mechanischen Verhältnisse der zwei inneren Blattkreise bei den Blüten mit röhrenförmigen Korollen, so muss nur die Thatsache festgestellt werden, dass die Staub- und Fruchtblätter dieser Blüten, soweit ich sie untersuchte, und soweit es sich um ihre freien in der Kronröhre steckenden Teile han-

delt, in der Regel einer spezifisch mechanischen Ausstattung entbehren. Es erhalten diese Organe durch die Blütenhülle gewöhnlich einen ausgiebigen Schutz gegen die sie angreifenden äusseren mechanischen Kräfte. Indessen bin ich aber doch auf vereinzelte Fälle gestossen, wo sich in diesen Organen gewisse mechanische Einrichtungen namhaft machen liessen. Als Beispiel sei nur der Griffel der Blüte von *Campanula persicifolia* angeführt. Derselbe wird durch die Kronröhre, weil diese einen sehr grossen Durchmesser hat, sichtlich nur in beschränktem Maasse geschützt, besitzt daher an der Basis eine stark kollenchymatische Epidermis und subepidermale Schicht. Dadurch wird der Griffel bis zu einem gewissen Grade biegungsfest.

4. Die zygomorphe Papilionaceenblüte nach der mechanischen Seite hin betrachtet.

Wir betrachten nun die *Papilionaceen*, eine Pflanzenfamilie, deren Blüten sich durch zygomorphen Bau auszeichnen. Im Reiche der zygomorphen Blüten treten Beanspruchungsmomente auf, welche ihre mechanischen Verhältnisse gegenüber jenen der actinomorphen Blüten komplizierter gestalten. Als das wichtigste dieser Momente muss wohl die einseitige Inanspruchnahme durch die Insekten in Rechnung gezogen werden. Es ist daher zum voraus der Gedanke naheliegend, dass sich in den *Papilionaceen*-Blüten nebst der morphologischen Zygomorphie auch eine anatomische resp. mechanische geltend machen wird. Was wir ebenfalls bei diesen Blüten erwarten müssen, das ist ein gewisser Zusammenhang zwischen den Festigkeitsverhältnissen der verschiedenen Blüten-
teile. Sollen unsere bisherigen Darlegungen nicht auf schwachen Füßen ruhen, so darf die eben genannte Korrelation sich nicht bloß auf einzelne Pflanzengruppen beschränken, sie muss vielmehr allgemein sein.

Um nun einen Einblick zu gewinnen in die mechanischen

Verhältnisse der zygomorphen *Papilionaceen*-Blüten, richten wir unsere Aufmerksamkeit im Folgenden zunächst (sub a) auf das gegenseitige Verhalten des Kelches und der Basalteile der übrigen Blütenorgane, hernach (sub b) auf die Wechselbeziehungen zwischen dem Bau des Kelches und der Beanspruchung desselben durch das Körpergewicht der Insekten und endlich (sub c) auf das mechanische System des Schiffchens.

a. Der Kelch und die Basalteile der übrigen Blütenorgane.

Ein Merkmal, wodurch sich die Schmetterlingsblütler von den anderen dikotylen Pflanzen unterscheiden, ist bekanntlich gegeben durch den eigentümlichen Bau der Blumenkrone. Da aber der äussere Habitus der Korolle auch die Art und Weise des Insektenbesuchs beeinflusst, so gestaltet sich auch dieser verschieden bei den *Papilionaceen* und anderen *Dicotylen*. Allgemeine, wenn auch nicht ausnahmslose Regel hiebei ist, dass das Insekt immer mehr oder weniger eindringt zwischen das Vexillum einerseits und die demselben gegenüberliegenden Blütenteile anderseits. Bei dieser Operation übt das Insekt auf die Blüte ungefähr dieselbe Wirkung aus, wie ein Keil, der zwischen zwei auf einander liegende Bretter hineingetrieben wird. Die Fahne und die derselben gegenüberstehenden Blütenorgane werden auseinander gedrängt und dadurch natürlich hauptsächlich die basalen Partien dieser angegriffenen Blütenteile auf Biegung beansprucht. Unter den so in Anspruch genommenen Blütenteilen befinden sich nun nicht blos Elemente der Korolle, sondern meistens auch die Staub- und Fruchtblätter, denn gerade diese letzteren Organe liegen dem Vexillum diametral gegenüber.

Wenn wir jetzt nach mechanischen Wechselbeziehungen zwischen dem Kelche und den Basalteilen der übrigen Blütenorgane forschen, so treten uns theoretisch unter anderen besonders zwei Möglichkeiten entgegen. Es können entweder die Basalteile der Kronblätter, soweit sie im Kelche stecken,

oder noch höher hinauf zu einer Röhre vereint sein und die Staub- und Fruchtblätter einschliessen, resp. auch mit diesen verwachsen sein, oder es kann anderseits das Vexillum bis zur Blütenachse frei bleiben, während die ihm gegenüberliegenden Blütenteile mehr oder weniger mit einander verwachsen, eventuell auch frei sind. Im ersten Falle ist es natürlich undenkbar, dass der Kelch durch die keilartig wirkende Kraft des in die Blüte eindringenden Insekts beansprucht wird, dagegen wird er den basalen Partien der übrigen Blütenteile Schutz bieten können gegen die Angriffe von Seite des Windes und des Regens, eventuell auch gegen solche biegende Kräfte, welche durch das Körpergewicht des die Blüte besuchenden Insekts verursacht werden. Diese Konstruktionsform ist ausgebildet bei der Blüte von *Trifolium pratense*. Im zweiten Falle wird der Kelch, da er bei allen *Papilionaceen* röhrenförmig ist, die Basalteile der übrigen Blütenorgane nicht blos gegen die eben angeführten Kräfte zu schützen haben, sondern voraussichtlich auch gegen die sie auseinanderdrängende Kraft der Insekten. Das trifft mit Ausnahme der eben erwähnten *Trifolium*-Blüte bei allen von mir untersuchten Blüten zu.

Sei es nun, dass die Basalteile der Blumen-, Staub- und Fruchtblätter blos durch Wind, Regen und das Gewicht der Insekten angegriffen werden, oder sei es, dass dazu noch die keilartig wirkende Kraft der in die Blüte eindringenden Tiere kommt, in jedem Falle müssen wir erwarten, dass diese Basalteile entweder selbst mechanisch gut konstruiert sind, oder von dem sie umgebenden Kelche einen ausreichenden Schutz geniessen. Je stärker der Kelch sein wird, desto schwächer können diese Basalteile sein und umgekehrt.

Dass faktisch gewisse mechanische Korrelationen zwischen dem Kelche und den Basalteilen der anderen Blütenorgane existieren, möge vorab folgende Zusammenstellung einigermaßen darthun.

A. Kelch stets mit typischem Stere- om ausgestattet.	$\left\{ \begin{array}{l} \textit{Anthyllis Vulneraria} \\ \textit{Trifolium pratense} \\ \textit{Trifolium repens} \\ \textit{Lathyrus pratensis} \\ \textit{Orobus vernus} \\ \textit{Lotus corniculatus} \end{array} \right\}$	Basis der übrigen Blütenteile schwach, weil dünn und ohne stark entwickeltes mechani- sches Gewebe.
B. Kelch regelmäs- sig ohne Stereom.	$\left\{ \begin{array}{l} \textit{Robinia Pseudacacia} \\ \textit{Robinia hispida} \\ \textit{Cytisus Laburnum} \\ \textit{Coronilla Emerus} \end{array} \right\}$	Basis der übrigen Blütenteile stark, weil dicker und mit mechanischem Gewebe besser ausgestattet als in A.

Es würde zu weit führen, wollten wir alle Glieder dieser Gruppen mit einander eingehend vergleichen. Wir beschränken uns deshalb darauf, einen kurzen Vergleich anzustellen zwischen zwei Vertretern dieser Gruppen, z. B. zwischen den Blüten von *Anthyllis Vulneraria* und *Coronilla Emerus*. Die basalen Partien der im Kelch steckenden Kronteile sind bei der Blüte von *Anthyllis Vulneraria* sehr dünn und ohne nennenswerte mechanische Ausstattung. Der Stempel ist mechanisch insofern etwas ausgestattet, als das einzige ihn an der Basis durchziehende Gefässbündel mechanische Zellen enthält. Es sind jedoch diese Elemente nicht besonders dickwandig und bieten auch wegen ihrer zentralen Lagerung dem Gynäceum keine hohe Biegefestigkeit. Die Filamente der Stamina bilden an der Basis eine Art Röhre, deren äussere Epidermis kollenchymatisch ist. Im Übrigen aber ist diese Röhre schwach; ihr Grundgewebe ist fast auf Null reduziert. Bemerkenswert ist, dass die Epidermis dieser Röhre in der vorderen Region, wo sie nicht mehr vom Kelche umgeben wird, aus typischen Stereiden besteht. Daraus lässt sich wohl folgern, dass sie an der Basis eben nur deshalb schwächer sein kann, weil sie da den Schutz des Kelches geniesst. Wollte man indessen auch annehmen, dass die Staub- und Fruchtblätter des mechanischen Schutzes von Seite des Kelches nicht bedürftig seien, so stellen an ihn doch unzweifelhaft die dünnen langen Korollenteile erhebliche Anforderungen. Er ist deshalb nach der mechanischen Seite hin auch vorteilhaft konstruiert, indem er eine (ziemlich lange) Röhre von ansehnlichem Durchmesser repräsentiert, welche von zahlreichen an

die Mestom-Bündel sich anschliessenden Baststrängen durchzogen wird. Wenn diese letzteren in basalen Querschnitten meistens auch bloss etwa 5–10 Elemente aufweisen, so bilden sie doch mit der weitleumigen Röhrenform des Kelches ein System, welches den umschlossenen Blütenteilen einen beträchtlichen Schutz zu bieten vermag.

Ganz andere Verhältnisse, als bei der Blüte von *Anthyllis Vulneraria* findet man bei der von *Coronilla Emerus* vor. Der Kelch derselben ist viel kürzer, als der von *Anthyllis*, hat zwar auch eine röhrenförmige Gestalt, besitzt jedoch keine mechanischen Zellen. Während der *Anthyllis*-Kelch bei grösseren Blüten ca. 1 1/2 cm lang ist, erreicht der von *Coronilla Emerus* bloss eine Länge von ungefähr 1/2 cm. Die übrigen Teile der *Coronilla*-Blüte aber sind länger (2–2 1/2 cm), als die entsprechenden Teile der Blüte von *Anthyllis Vulneraria* (1 1/2–2 cm). Infolge dessen ragen sie bei *Coronilla Emerus* viel weiter aus dem Kelche heraus, als bei *Anthyllis* und erhalten nur ganz an der Basis einen geringen Schutz von Seite des Kelches.

Hier ist der Ort, noch auf eine besondere Art der mechanischen Beanspruchung dieser Kronteile von *Coronilla Emerus* hinzuweisen, welche zu der gewöhnlichen Art der Inanspruchnahme beim Insektenbesuch noch hinzukommt. Es fliegen nämlich die Bienen, welche die Blüte besuchen, regelmässig *seitlich* an dieselbe an und klammern sich seitlich an den langen Basalteilen der Kronblätter fest, um in dieser Stellung den Nektar einzusaugen. Man kann deutlich wahrnehmen, dass hierbei die Basalteile der verschiedenen Blumenblätter auf Biegung beansprucht werden. Nebst dieser ungewöhnlichen Inanspruchnahme wird aber die *Coronilla*-Blüte, wie angedeutet, auch von vorn angegriffen und zwar von Hummeln. Hierbei werden das Vexillum einerseits und die demselben gegenüberliegenden Blütenteile anderseits auseinander gedrängt und sie erleiden eine schwache Krümmung. Alle diese Verhältnisse müssen in uns den Gedanken wach rufen, dass da gewiss die langen Stiele der im kurzen Kelche steckenden Blütenteile selbst mechanisch gut ausgestattet sind. Dass

diese Vermutung keine unbegründete ist, zeigt schon die Erscheinung, dass die Querschnittsflächen an der Basis der betreffenden Blütenteile von *Coronilla Emerus* viel grösser sind, als die entsprechenden Flächen von *Anthyllis Vulneraria*. Das Vexillum der Blüte von *Coronilla Emerus* z. B. hat an der Basis einen mehr als doppelt so grossen radialen und tangentialen Durchmesser, als die Fahne der *Anthyllis*-Blüte. Ungefähr dieselbe Proportion besteht bezüglich der Dicke auch bei den übrigen im Kelch steckenden Blütenorganen. Es besteht jedoch die mechanische Ausbildung dieser Blütenteile von *Coronilla Emerus* nicht allein in der erheblichen Dicke ihrer basalen Partien, sondern es gesellen sich hiezu noch andere Verhältnisse. Sowohl die basale Partie der Fahne, als auch jene der Flügel und des Schiffchens sind durch *peripherische mechanische Röhren* ausgezeichnet, indem sich die Epidermis und einige an diese sich anschliessende Gewebezellschichten aus dickwandigen Elementen zusammensetzen. (Fig. 8). Dieselben erweisen sich durch die Rotfärbung mit Phloroglucin

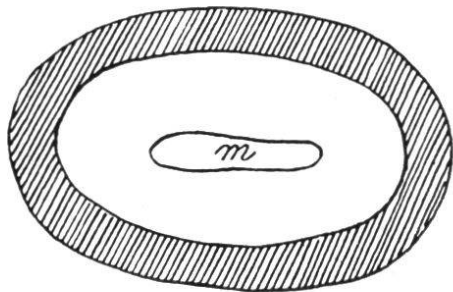


Fig. 8. Querschnitt durch die basale Partie des Vexillums von *Coronilla Emerus*. Mech. Ring schraffiert; m = Mestom.

und Salzsäure als verholzt, sind langgestreckt und grösstenteils mit prosenchymatisch zugespitzten Endigungen versehen. Speziell im Vexillum habe ich diese Elemente auch hinsichtlich ihrer Poren untersucht und es hat sich hiebei herausgestellt, dass dieselben meist eine längsovale Form haben und mehr oder weniger longitudinal gestellt sind. Dieser Umstand berechtigt uns wohl, diese prosenchymatischen Zellen als typische Stereiden anzusprechen. Am dickwandigsten sind regelmässig die Zellen der Epidermis. Die an diese sich anschliessenden Elemente erreichen in der basalen Partie des Vexillums die grösste Dickwandigkeit; in den Basalteilen der übrigen Kronblätter sind sie dünnwandiger.

Analoge Elemente wie in den basalen Partien der Korolle

finden wir auch in den Staub- und Fruchtblättern. Diese letzteren werden bei der Blüte von *Coronilla Emerus*, wie ich mich durch eigene Beobachtung zu überzeugen Gelegenheit hatte, sichtlich auch auf Biegung beansprucht beim Insektenbesuche, und es überrascht uns daher keineswegs, wenn sie auch durch mechanische Elemente ausgezeichnet sind.

Von besonderem Interesse dürfte noch die Mitteilung sein, dass das mechanische System des Stempels sich etwas anders gestaltet, als das der übrigen Blütenteile, indem nämlich das Gynäceum nicht an der Basis, sondern erst nach vorn hin mit einer mechanischen Röhre ausgestattet ist. Diese Erscheinung hat einen leicht erkennbaren physiologischen Hintergrund. An der Basis ist nämlich der Stempel von der aus den Staubgefässfilamenten gebildeten Rinne eingeschlossen und erhält von dieser wohl einen hinlänglichen mechanischen Schutz. Nach vorn hin aber tritt er aus dieser Rinne heraus und gerade in der Zone, wo er dieselbe verlässt, beginnt die mechanische Röhre, welche sich dann bis zur Spitze des Griffels hin erstreckt.

Wenn nun die erwähnten spezifisch mechanischen Einrichtungen die Basalteile der im Kelche steckenden Blütenorgane gegen die verschiedenen äusseren Angriffe widerstandsfähig machen, so verstehen wir es wohl, dass dem Kelche selbst keine grosse mechanische Rolle mehr zufällt und derselbe infolge dessen verhältnissmässig schwach sein kann. Es liegt also hier der umgekehrte Fall vor, wie bei der Blüte von *Anthyllis Vulneraria*. Dort hat das mechanische System seinen Sitz im Kelche, hier in den übrigen Blütenteilen.

Ähnlich wie in der Blüte von *Coronilla Emerus* gestalten sich die mechanischen Verhältnisse in den Blüten von *Cytisus Laburnum*, *Robinia Pseudacacia* und *Robinia hispida*. Die Blumen-, Staub- und Fruchtblätter dieser Blüten sind aber kürzer, als bei *Coronilla Emerus*, und damit in Beziehung steht wohl auch die etwas schwächere Entwicklung ihres mechanischen Systems. An die Blüte von *Anthyllis Vulneraria* schliessen sich in mechanischer Hinsicht die Blüten von *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Lathyrus pratensis*, *Orobis vernus* und *Lotus*

corniculatus mehr oder weniger eng an. Wenn sich zwischen den Kelchformen innerhalb der letztgenannten Gruppe von Blüten auch ziemlich starke mechanische Differenzen geltend machen, so finden dieselben in der verschiedenartigen Inanspruchnahme immer wieder ihre kausal-finale Erklärung.

Die Untersuchung aller im Vorstehenden besprochenen *Papilionaceen*-Blüten führt nun im Wesentlichen zu folgenden Hauptergebnissen :

1. *Zwischen der mechanischen Ausstattung des Kelches einerseits und der Basalteile der übrigen Blütenorgane anderseits existiert bei den Papilionaceen-Blüten eine zweckmässige Korrelation, welche wesentlich im Hinblick auf den Insektenbesuch ihre Erklärung findet.*

2. *Bei den Papilionaceen-Blüten werden meistens auch die Staub- und Fruchtblätter zu mechanischen Funktionen herangezogen und verraten das häufig in ihrem Bau.*

b. Die Konstruktion des Kelches und dessen Beanspruchung durch das Gewicht der Insekten.

Wenn sich ein Insekt auf eine *Papilionaceen*-Blüte niederlässt, so kann die durch sein Körpergewicht verursachte, die Blüte angreifende Kraft bezüglich ihrer Wirkung eine verschiedenartige sein. Die Art dieser Beanspruchung hängt, wie man leicht einsieht, jedenfalls sehr oft ab von der Lage der Blüte zum Horizonte. Bei einer mehr oder weniger senkrecht herunterhängenden Blüte hängt sich natürlicherweise im Allgemeinen auch das Insekt an die Korolle und nimmt deren Teile auf Zug in Anspruch. Diese Zugkraft kann nun wohl die Korolle, nicht aber den Kelch angreifen. Setzt sich aber ein Insekt auf die Krone einer wagrecht hinausstehenden oder schief nach oben gerichteten Blüte, so wird die Korolle zunächst nicht auf Zug, sondern auf Biegung beansprucht. In diesem Falle findet nun aber die Krone im Kelche ein Widerlager und verlangt von diesem und zwar in erster Linie von

der unteren Partie desselben eine bestimmte Festigkeit. Wir stellen nun die Frage: Finden die angedeuteten Beanspruchungsdifferenzen zwischen den Kelchen von herunterhängenden und wagrecht hinaus resp. nach oben gerichteten Blüten auch in der Anatomie dieser Kelchformen ihren Ausdruck? Die Resultate der histologischen Untersuchung drängen zur Bejahung dieser Frage hin.

Es zeigt sich vorerst, dass die Kelche der herunterhängenden Blüten von *Robinia hispida*, *Robinia Pseudacacia* und *Cytisus Laburnum* als « mechanisch » radiär bezeichnet werden können. Es treten da zwischen der unteren und den übrigen Seiten des Kelches keine, oder nur minimale mechanische Differenzen auf.

Ganz anders verhalten sich die Kelche der streng horizontal oder schief aufwärts stehenden Blüten. Dieselben weisen fast ausnahmslos eine *mechanische Symmetrie* auf, d. h. sie sind auf der Unterseite stärker als seitlich und oben. Zur Beleuchtung des Gesagten mögen einige Beispiele herangezogen werden.

Ein entschieden mechanisch zygomorpher Kelch ist der von *Lathyrus pratensis*. Derselbe wird von vielen kleinen und fünf grösseren Mestom-Bündeln durchzogen. Die meisten dieser Bündel besitzen auf der inneren Seite Bastbelege. Besonders die fünf grösseren Bündel sind durch kräftige mechanische Belege ausgezeichnet. Ein konstanter Unterschied zwischen den mechanischen Strängen der fünf grösseren Gefässbündel existiert nicht, dagegen beruht die grössere Stärke der Kelchunterseite gegenüber seinen anderen Partien in der Anordnung dieser fünf mit Stereom-Belegen versehenen Bündel. Eines hievon durchzieht nämlich den Kelch gerade in der Medianebene der Unterseite, die vier andere verlaufen seitlich. Die obere Partie des Kelches wird nur von kleinen Fibrovasalsträngen durchzogen. Somit ist also eine deutliche « mechanische Symmetrie » im Bau des *Lathyrus*-Kelches nicht zu verkennen.

Ganz übereinstimmende Verhältnisse liegen im Kelche von *Lotus corniculatus* vor. Auch die Kelchröhre von *Orobis*

vernus besitzt fünf durch ihre Grösse auffallende Gefässbündel, welche auf dieselbe Weise angeordnet sind wie die des *Lathyrus*-Kelches. Die Unterseite des *Orobus*-Kelches aber erhält gegenüber den seitlichen und oberen Partien noch eine weitere Verstärkung dadurch, dass auch der mechanische Beleg des unten durchziehenden Leitbündels dicker ist als die Belege der übrigen grösseren Bündel. Zudem ist auch die Wandung der Kelchröhre unten noch erheblich dicker als seitlich und oben.

In noch nöherem Grade als bei *Orobus vernus* ist die Unterseite des Kelches gegenüber den anderen Partien mechanisch ausgezeichnet bei der Blüte von *Trifolium pratense*. Beim Kelche dieser Blüte beschränkt sich die mechanische Differenz zwischen der Unterseite und den übrigen Partien nicht allein auf die Kelchröhre, sondern sie erstreckt sich sogar in die Zähne des Kelches hinein. Die Kelchröhre von *Trifolium pratense* wird von 10 Fibrovasalsträngen durchzogen. Ein jeder dieser Stränge besteht aus einem dünnen Leitbündel und einem starken das Mestom röhren- oder rinnenförmig umgebenden Bastbelege. Unter den zehn Bastbelegen ist in nicht allzu sehr basalen Querschnitten regelmässig der unterste am dicksten und auch die über ihm liegende Rippe ist stets höher als die Rippen der seitlichen und oberen Kelchpartien. Dem untern Bastbelege kommen an Grösse gewöhnlich die zwei ihm benachbarten am nächsten. Die Zweckmässigkeit dieser Erscheinung leuchtet uns ein, denn diese zwei Stränge sind nicht weit vom mittleren entfernt und durchziehen also auch die durch die Insektenlast am direktesten angegriffene untere Seite des Kelches.

Wie liegen die Verhältnisse in den Kelchzähnen? Wie der untere Zahn sich schon durch seine grössere Länge von den anderen auszeichnet, so ist er auch nach der mechanischen Seite hin besser konstruiert. Wenn man von den verschiedenen Zähnen des Kelches in gleicher Entfernung von der Basis Querschnitte anfertigt, so findet man in den Schnitten des unteren Zahns immer bedeutend mehr mechanische Elemente als in Schnitten durch die anderen Zähne. Etwa in der Mitte

des unteren Kelchzahns finden wir z. B. noch drei Leitbündel, von denen jedes einen äusseren und einen inneren Bastbeleg besitzt. In der nämlichen Entfernung von der Basis befindet sich dagegen in den anderen Zähnen bloß noch ein mit einem äusseren und inneren Bastbelege versehenes Mestom-Bündel. Es können nun freilich die Belege dieses Bündels ganz oder annähernd so dick sein wie die des mittleren Leitstranges im unteren Zahn; da aber dieser untere Zahn eben noch vier seitliche Baststränge besitzt, so ist ihm dadurch gegenüber den übrigen Zähnen eine erhöhte Biegefestigkeit garantiert. Es drückt sich demnach die mechanische Zygomorphie des Kelches von *Trifolium pratense* wirklich nicht bloß in der Anatomie der Kelchröhre, sondern auch im Bau der Zähne aus.

Wie der Kelch von *Trifolium pratense* verrät auch der von *Trifolium repens* einen ausgeprägten mechanisch zygomorphen Charakter, jedoch auffallenderweise in einem ganz anderen Sinne. Derselbe ist nämlich unten schwächer als oben. Regelmässig ist das in der Mitte der Kelchoberseite verlaufende Mestom-Bündel mit dem dicksten mechanischen Belege ausgestattet. Wir müssen gestehen, dass uns dies anatomische Verhalten noch unerklärt ist, wiewohl gewisse Umstände dasselbe unserem Verständniss etwas näher zu rücken geeignet sind. Es stellt ja sichtlich auch die Korolle von *Trifolium repens* andere mechanische Anforderungen an den Kelch als die von *Trifolium pratense*. Die Fahne bei *Trifolium repens* ist bis zur Blütenachse frei und liegt der Kelchröhre eng an. Wird sie nun beim Insektenbesuch durch den Kopf des Tieres nach oben gedrängt, was nach meinen Beobachtungen gewöhnlich der Fall ist, so nimmt sie, da sie selbst schwach ist, die obere Seite des Kelches als Wiederlager in Anspruch. Dieselbe muss folglich eine gewisse Biegefestigkeit aufweisen. Dass aber die Oberseite geradezu stärker ist als die untere, erklärt uns das Gesagte noch nicht. Immerhin dürfen wir diese Erscheinung nicht als bedeutungslos hinstellen, da wir keine ganz genaue Kenntnis von den Beanspruchungsverhältnissen beim Insektenbesuche haben und in diesem Falle nicht bestimmt sagen können, ob dabei die obere oder die untere

Seite des Kelches intensiver angegriffen werde. Es ist uns unter Anderem auch bekannt, dass die Blüte von *Trifolium repens* vom Knospenzustand bis zur Samenreife eine Krümmungsbewegung vollzieht in dem Sinne, dass die anfangs senkrecht oder schief aufwärts stehende Blüte sich langsam senkt und schliesslich eine hängende Lage einnimmt. Man könnte dabei vielleicht an die Möglichkeit denken, dass die Insekten beim Besuch der Blüte auch dieser biegenden Kraft entgegenwirken und dadurch natürlich die obere Seite des Kelches empor zu heben suchen. Es darf jedoch einem solchen Erklärungsversuch nicht zu viel Wert beigelegt werden, da wir damit das Gebiet der reinen Spekulation betreten haben.

Physiologisch verständlicher als die mechanische Ausbildung des Kelches von *Trifolium repens* ist uns die noch zu besprechende Konstruktion des Kelches von *Anthyllis Vulneraria*. Trotzdem die *Anthyllis*-Blüten entweder wagrecht hinausstehen oder schief nach oben gerichtet sind, ist der Kelch derselben mechanisch radiär gebaut. Der Grund dieser Thatsache ist jedoch einleuchtend. Wie ich mich durch zahlreiche Beobachtungen überzeugt habe, werden die Kelchröhren von *Anthyllis Vulneraria* durch das Gewicht der Insekten allseitig angegriffen. Die *Anthyllis*-Blüten nehmen nämlich nicht jene regelmässige Orientierung im Raume ein, wie wir sie z. B. bei *Trifolium pratense* zu finden gewöhnt sind. Die Fahne der Korolle befindet sich nicht selten statt über dem Schiffchen unterhalb desselben und häufig liegt die morphologische Symmetrieebene der Blüte parallel zum Horizonte. Setzt sich nun ein Insekt auf die Korolle, so wird bald die ausserhalb des Vexillums gelegene, bald die diametral gegenüber- und bald eine dazwischen liegende Partie der Kelchröhre am direktesten angegriffen. Vergewegenwärtigt man sich so die Art und Weise, wie der Kelch von *Anthyllis Vulneraria* beansprucht wird, so kann dessen mechanisch radiäre Konstruktion nichts Befremdendes mehr an sich tragen.

Folgendes Schema möge nun alle bisher besprochenen, auf ihre Symmetrieverhältnisse geprüften *Papilionaceen*-Kelche übersichtlich darstellen.

Kelche mechanisch radiär.	{	<i>Robinia Pseudacacia</i> <i>Robinia hispida</i> <i>Cytisus Laburnum</i>	{	Kelch durch das Körpergewicht der Insekten <i>nicht</i> angegriffen ; Blüten hängend.
		<i>Anthyllis Vulneraria</i>		
Kelche mechanisch symmetrisch.	{	<i>Trifolium pratense</i> <i>Orobis vernus</i> <i>Lathyrus pratensis</i> <i>Lotus corniculatus</i>	{	Kelch durch das Körpergewicht der Insekten <i>allseitig</i> angegriffen . Symmetrieebene nämlich wechselnd orientiert. Blüten wagrecht oder schief nach oben strebend.

Soll das Endresultat des vorstehenden Kapitels noch in einem Satz zusammengefasst werden, so kann derselbe folgenden Wortlaut erhalten :

Papilionaceen-Kelche, welche durch das Körpergewicht der auf der Blüte sich niederlassenden Insekten gar nicht oder allseitig beansprucht werden, sind mechanisch radiär konstruiert ; die Kelche aber, welche durch die Insektenlast einen einseitigen Angriff erfahren, verraten diese Inanspruchnahme durch die Symmetrie ihres mechanischen Systems.

Es ist klar, dass ein auf die Korolle einer wagrecht hinausstehenden *Papilionaceen*-Blüte fallender Regentropfen den Kelch in ähnlicher Weise angreift, wie ein auf die Krone sich setzendes Insekt. Ich verkenne nicht, dass dieser Faktor unter Umständen bei Beurteilung der mechanischen Symmetrie-Verhältnisse auch seine Berücksichtigung verdient. Doch darf wohl das Gewicht der Insekten in den meisten Fällen als ausschlaggebend betrachtet werden, wie es im Vorstehenden geschehen ist.

c. Das mechanische System des Schiffchens.

Es ist eine Thatsache, dass jedenfalls bei sehr vielen *Papilionaceen*-Blüten der vordere Teil des Schiffchens bei jedem Insektenbesuche mit der Unterseite des Tierkörpers in Berüh-

rung kommt. Ich habe mich hievon in zahlreichen Fällen auch selbst überzeugt. Am klarsten treten die diesbezüglichen Verhältnisse bei den Blüten hervor, deren Schiffchen wagrecht hinaus stehen. Jede durch ein Insekt verursachte Berührung des Vorderteils vom Schiffchen involviert eine bestimmte mechanische Beanspruchung desselben, und da derselbe einerseits vom Kelche keinen direkten mechanischen Schutz genießt und anderseits Teile der wichtigsten Blütenorgane in sich birgt, so können wir wohl schon zum voraus darauf rechnen, dass er selbst gewisse Festigungseinrichtungen aufweise.

Es ist unzweifelhaft von grosser Wichtigkeit, dass dem Schiffchenvorderteil eine hohe Sicherheit gegen jede erhebliche Formveränderung garantiert ist, denn schon eine geringe Deformation könnte ihn seinem Zwecke, die wichtigsten Organe der Blüte durch seine Umhüllung zu schützen, entfremden. Damit solche Deformationen möglichst vermieden werden, dafür ist nun in der Konstruktion des Schiffchens thatsächlich Vorsorge getroffen. Um uns hievon zu überzeugen, soll kurz auf die mechanischen Verhältnisse in den Vorderteilen einzelner Schiffchen eingegangen werden.



Fig. 9. Querschnitt durch den Kollenchymstrang im Kiel des Schiffchens vom *Trifolium repens* gegen die Spitze hin.

Unter allen Schiffchen, die ich genauer untersucht habe, ist das von *Trifolium repens* hinsichtlich seiner vorderen Partie als eines der stärksten zu bezeichnen. Der vordere Teil desselben wird in seinem Kiel von einem dicken Kollenchymstrang durchzogen. (Fig. 9.) Sowohl das gesamte Grundgewebe, als auch die beiden Epidermen sind im Kiel kollenchymatisch. Die auf beiden Seiten des Kiels verlaufenden Mestom-

Bündel sind von dicken Bastbelegen röhrenförmig umhüllt. Es ist das der einzige Fall, wo ich in einem Schiffchen typische Stereiden vorgefunden habe.

Etwas anders als bei *Trifolium repens* sind die mecha-

nischen Verhältnisse im Vorderteil des Schiffchens von *Trifolium pratense* gestaltet. Ein im Kiel verlaufender Kollenchymstrang ist indessen auch bei diesem Schiffchen nachzuweisen. Zudem aber ist die vordere Partie desselben mechanisch noch ausgestattet durch eine nicht bloß auf den Kiel sich beschränkende, sondern auch auf die Flanken übergreifende stark kollenchymatische innere Epidermis und eine an diese sich anschliessende subepidermale Zellschicht mit stark verdickter, verholzter Aussenwand. (Fig. 10. Die verholzte Schicht ist dunkel.)

Im Kiel des Schiffchens von *Lathyrus pratensis* ist gegen die Spitze hin ebenfalls das gesamte Gewebe kollenchymatisch. Die Epidermen der Flanken sind da durch dicke Tangentialwände ausgezeichnet, welche nur nach oben hin dünner werden.

Von Kollenchymsträngen werden auch die Kiele der Schiffchen von *Orobis vernus* und *Lotus corniculatus* durchzogen. Das Schiffchen der *Orobis*-Blüte ist, abgesehen von diesem Kollenchym, mechanisch nicht weiter ausgestattet, dasjenige von *Lotus corniculatus* aber ist in seinem vorderen Teile noch durch ein bis zum oberen Rande sich erstreckendes dickwandiges Grundgewebe ausgezeichnet und durch eine ebenfalls bis nach oben hin reichende mit dicken Tangentialwänden versehene äussere Epidermis.

An die mechanischen Verhältnisse im Schiffchen der *Lotus*-Blüte lehnen sich eng an jene im Schiffchen von *Anthyllis Vulneraria*. Beide Epidermen und das gesamte Grundgewebe des Kiels und der Flanken sind im vordersten Teile dieses Schiffchens sehr dickwandig. Nur die Radialwände der Epidermen sind, wie das auch beim Schiffchen der *Lotus*-Blüte der Fall ist, ziemlich dünn.

Unter den von mir der Untersuchung unterzogenen Schiffchen von mehr oder weniger senkrecht herunterhängenden Blüten besitzt dasjenige von *Cytisus Laburnum* im Kiel

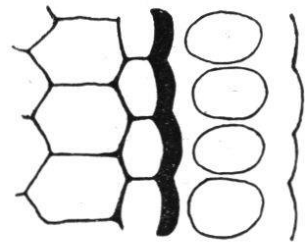


Fig. 10. Epidermis und subepidermale Schicht seitlich vom Kiel im Vorderteil des Schiffchens von *Trifolium pratense*. (Querschnitt).

noch kollenchymatisches Gewebe. Andere nennenswerte Festigkeitseinrichtungen hat dasselbe nicht.

Die Schiffchenwände von *Robinia hispida*, *Robinia Pseudacacia* und *Coronilla Emerus* weisen gegen die Spitze hin in der Region des Kiels eine grössere Dicke auf und besitzen häufig etwas dickere Epidermisaussenwände als nach oben hin, sonst aber sind sie durch keine auffälligen mechanischen Momente ausgezeichnet.

Vergleichen wir nun die mechanischen Einrichtungen der verschiedenen eben besprochenen Schiffchen mit einander, so ist vor Allem ersichtlich, dass dieselben bezüglich ihres Ausbildungsgrades von einander differieren, dass sie aber doch in keinem von allen untersuchten Schiffchen gänzlich fehlen. Ich habe mir natürlich auch die Frage vorgelegt, ob den verschiedenen Graden der mechanischen Ausstattung auch verschiedene Beanspruchungsgrössen entsprechen. Es reichen jedoch meine Beobachtungen zu einer befriedigenden Klarlegung der diesbezüglichen Verhältnisse nicht aus. Eines jedoch ergibt sich aus allen Untersuchungen von *Papilionaceen*-Schiffchen, die Thatsache nämlich, die wir bereits oben konstatiert haben, dass unter Umständen auch Teile der Korolle zu wichtigen mechanischen Funktionen herangezogen werden können.

5. Zygomorphe Labiatenblüten nach der mechanischen Seite hin betrachtet.

Um unsere Untersuchungen über die Verhältnisse der verschiedenen Blütenteile in Hinsicht auf ihre mechanische Ausstattung noch etwas weiter auszudehnen, werfen wir noch einen kurzen Blick ins Reich der *Labiaten*-Blüten. Hiebei sei zunächst wieder die Frage gestellt: Sind auch in der Konstruktion der *Labiaten*-Blüten gewisse mechanische Wechselbeziehungen nachweisbar?

a. **Mechanische Correlationen zwischen Kelch und Krone.**

Zwei *Labiaten*-Blüten, deren Korollen entschieden ganz differente mechanische Anforderungen an den Kelch stellen, sind die Blüten von *Teucrium montanum* und *Clinopodium vulgare*. Die Röhre der *Clinopodium*-Krone ist etwa 1 cm lang, jene von *Teucrium* nur ungefähr $\frac{1}{2}$ cm. Die Unterlippe beider Korollen hat dieselbe Länge und die Oberlippe der *Clinopodium*-Krone weicht bezüglich ihrer Länge auch kaum ab von den zwei Zipfeln der tief zweispaltigen kleinen Oberlippe von *Teucrium montanum*. Durchmesser und Wanddicke sind an der Basis beider Kronröhren gleich. Die etwa doppelt so lange *Clinopodium*-Krone bedarf nun aber offenbar eines kräftigeren mechanischen Schutzes von Seite des sie umgebenden Kelches als die *Teucrium*-Korolle. Der Kelch von *Clinopodium vulgare* ist denn auch nach dem anatomischen Befund anders gebaut als derjenige von *Teucrium montanum*. Er hat zwar ungefähr denselben Durchmesser wie der letztere, ist aber schon etwas länger und besitzt 13 starke Rippen, während der *Teucrium*-Kelch deren bloß 7 aufweist. In jeder Rippe des Kelches von *Teucrium montanum* verläuft ein Gefäßsbündel, welches einige nicht besonders dickwandige Libriform-Fasern enthält. Ich zählte in basalen Schnitten in den grössten Bündeln höchstens 10–12 mechanische Elemente, sehr oft bloß 2–6. Die in den Rippen des *Clinopodium*-Kelches verlaufenden Baststränge sind dagegen so dick, dass man ohne Übertreibung sagen darf, ein einziger dieser Stränge enthalte weit mehr mechanische Zellen als alle Fibrovasalstränge im Kelche von *Teucrium montanum* zusammen. Angesichts dieser Thatsache muss dem *Clinopodium*-Kelche eine viel höhere Festigkeit zuerkannt werden als der Kelchröhre von *Teucrium* und es wird dies Verhältnis nur wenig verändert durch den Umstand, dass die Wanddicke im *Teucrium*-Kelche, gemessen zwischen je zwei Bündeln, etwas erheblicher ist als im Kelche von *Clinopodium vulgare*. Unser Vergleich führt demnach zu dem Satze :

Verschieden lange Korollen bedingen ceteris paribus eine differente anatomische Struktur und mechanische Ausstattung der zugehörigen Kelche.

Dieser Satz hat sich bereits aus der Betrachtung actinomorpher Blüten mit Kronröhren ergeben und findet auch hier im Reiche der zygomorphen Blüten seine Bestätigung.

Es sind nun auch Fälle denkbar, wo zwei Kronröhren ungefähr dieselben mechanischen Ansprüche an den Kelch stellen und derartige Fälle sind bei den Blüten der *Labiata*-Familie nicht selten. Ein Beispiel hiefür sind die Blüten von *Mentha alpina* und *Clinopodium vulgare*. Die Kronen derselben sind ganz analog gebaut und dem entsprechend kann auch zwischen den beiden Kelchen kein wesentlicher Unterschied namhaft gemacht werden.

Anlässlich der Erwähnung von *Mentha alpina* soll noch auf die merkwürdige Thatsache aufmerksam gemacht werden, dass die Gefässe, welche den Kelch dieser *Mentha*-Blüte durchziehen, teils an den seitlichen Kanten der Baststränge, zum Teil aber zwischen den mechanischen Zellen dieser

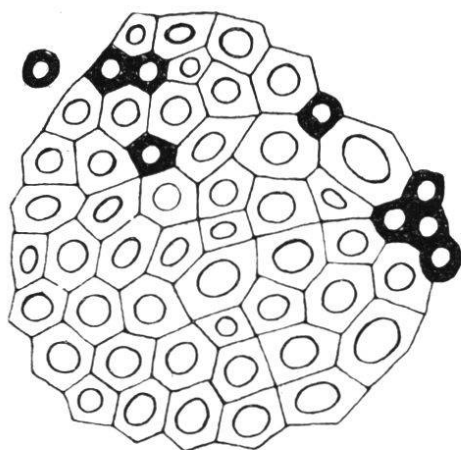


Fig. 11. Querschnitt durch einen Baststrang mit Gefässen im Kelch von *Mentha alpina*. Gefässe dunkel.

Stränge selbst verlaufen. (Fig. 11.) Infolge dieser Lagerung der Gefässe, und weil dieselben ungefähr dieselbe Querschnittsgrösse und Wanddicke besitzen wie die Stereiden, übersieht man sie leicht und gelang es mir erst nach längeren Bemühungen, sie ausfindig zu machen.

Doch wieder zurückkehrend zu unseren Betrachtungen mechanischer Natur erwähne ich noch zwei weitere Blüten, deren Kelchröhren von Seite ihrer Korollen annähernd gleich stark beansprucht werden. Es sind die Blüten von *Salvia pratensis* und *Galeobdolon luteum*. Ihre Korollen unterscheiden sich mechanisch kaum von einander und in Übereinstimmung damit sind auch die zugehörigen Kelchröhren in mechanischer Beziehung ähnlich konstruiert. Die Leitbündel beider Kelche werden an der Basis von dicken Belegen aus typischem Stereom begleitet. Diese Belege verlieren sich

aber schon vor der Mitte des Kelches. Im *Galeobdolon*-Kelche kommen nebst diesen Bastbelegen der Leitbündel noch mestomfreie mechanische Zellstränge vor, welche im *Salvia*-Kelche fehlen. Dafür sind aber in letzterem die Bastbelege der Leitbündel dicker als im *Galeobdolon*-Kelche. Wie also die Korollen der in Rede stehenden Blüten analoge Anforderungen an die zugehörigen Kelche stellen, so weisen diese in mechanischer Hinsicht einen ungefähr übereinstimmenden Bau auf.

Ähnliche mechanische Ansprüche wie an den Kelch von *Galeobdolon luteum* treten an den von *Lamium maculatum* heran. Es ist die Krone von *Lamium maculatum* nur etwas länger als jene von *Galeobdolon luteum* und stellt daher etwas höhere Anforderungen an den Kelch als diese. Der Kelch von *Lamium maculatum* bekundet die gesteigerte Inanspruchnahme in seiner Anatomie dadurch, dass dessen Baststränge sich in der Mitte der Kelchröhre noch nicht verlieren, sondern dieselbe in ihrer ganzen Länge durchziehen.

Annähernd von gleicher Stärke wie die Kelchröhre von *Lamium maculatum* ist auch die von *Lamium purpureum*. Die Blumenkrone von *Lamium purpureum* hat zwar einen kleineren Durchmesser als die von *Lamium maculatum*, ist aber dafür auch kürzer als die letztere. Entsprechend der annähernd gleichen Inanspruchnahme der beiden *Lamium*-Kelche sind dieselben auch hinsichtlich ihres mechanischen Systems übereinstimmend gebaut. Beide Kelchröhren sind sowohl von zahlreichen isolierten Baststrängen durchzogen, als auch von typisch mechanischen Elementen, welche sich in Form von Belegen den Mestom-Bündeln anschliessen.

Auf weitere Vergleichen zwischen *Labiates*-Blüten soll Verzicht geleistet werden. Es zeigt schon dieser flüchtige Blick auf einige Repräsentanten der *Labiates*-Familie, dass sich auch bei diesen Blüten Wechselbeziehungen zwischen den mechanischen Verhältnissen von Kelch und Krone erkennen lassen.

b. Mechanische Verhältnisse im Andröceum und Gynäceum.

Die Staub- und Fruchtblätter der meisten von mir untersuchten *Labiaten*-Blüten sind durch die Organe der zwei äusseren Blütenblattkreise gegenüber den äusseren mechanischen Angriffen ziemlich geschützt und besitzen keine spezifisch mechanische Ausstattung. Nur auf zwei Fälle möchte ich aufmerksam machen, wo die Sexualorgane mechanisch mehr auf sich selbst angewiesen sind und das auch in ihrem Bau bekunden.

Vorab ein Wort über die Stamina der Blüte von *Teucrium montanum*. Dieselben sind bis zum vorderen Rande der Kronröhre mit dieser verwachsen und ragen dann noch etwa $\frac{1}{2}$ cm weit frei über sie hinaus. Dass sie infolge dessen von Wind und Regen mechanisch beansprucht werden, unterliegt keinem Zweifel. Ein Vergleich zwischen den Stamina der *Teucrium*-Blüte mit mehreren von der Korolle besser geschützten Staubgefässen anderer Blüten gab nun das Resultat, dass die Staubfäden der ersteren eine viel dickere Epidermisaussenwand aufweisen, als die Filamente der letzteren. So ist z. B. die Epidermisaussenwand der Staubfäden bei *Mentha alpina* und *Gratiola officinalis* nur etwa halb so dick, wie bei der Blüte von *Teucrium montanum*. Es darf also wohl mit Recht angenommen werden, dass die Staubfäden der *Teucrium*-Blüte in ihrer dickwandigen Epidermis ein mechanisches Moment besitzen, welches sie befähigt, den äusseren auf sie einwirkenden Kräften erfolgreichen Widerstand zu leisten.

Ein zweiter noch zu besprechender Fall ist der von *Ajuga genevensis*. In der Blüte dieser Pflanze finden wir ebenfalls Staubgefässe, welche frei in die Luft hinausragen. Die Filamente dieser Stamina zeichnen sich jedoch durch keine auffallend dickwandige Epidermis aus. Dagegen sind sie gegenüber andern durch die Korolle mehr geschützten Staubfäden mechanisch im Vorteil durch ihre erhebliche Dicke, welche ihnen eine bestimmte Biegefestigkeit verleiht.
