

Beiträge über den Verlauf der Milchröhren in den Blättern.

Von

Oscar Mayus, Crefeld.

Mit 17 Abbildungen im Text.

Vorliegende Arbeit wurde noch zu Lebzeiten meines leider zu früh verstorbenen Lehrers, Herrn Prof. Dr. Schimper, Basel, angefertigt. Nach Beendigung meiner Studien nehme ich Veranlassung, wenigstens einen Teil derselben zum Andenken an meinen verstorbenen väterlichen Freund und Berater zu veröffentlichen.

Die Milchröhren durchziehen bei den meisten Gewächsen, bei welchen sie vorkommen, als ein zusammenhängendes System den ganzen Pflanzenkörper und sind nach de Bary¹⁾ (pag. 447) ihrer Stellung zu den übrigen Geweben nach die Begleiter, stellenweise die Vertreter der Siebröhren. De Bary (pag. 195) unterscheidet nach Gestaltung und Entwicklung zwei Kategorien der Milchsaftröhren, gegliederte und ungegliederte. Die ersteren entstehen aus Reihen langgestreckter Meristem- (resp. Cambium-) Zellen, welche durch Perforation ihrer Querwände zu kontinuierlichen Röhren verschmelzen (pag. 199). Die Röhren kommen einfach oder insofern verzweigt oder netzartig verbunden vor, als eine Reihe ihrer ursprünglichen Glieder sich von irgend einer Stelle aus in zwei divergierende fortsetzen kann und umgekehrt. Die ungegliederten Milchröhren entstehen nach Untersuchungen von Schullerus²⁾ (pag. 52) aus den im Embryo der Pflanze angelegten Urmilchzellen, deren Größerwerden nicht durch Verschmelzung benachbarter Zellen, sondern durch Spitzenwachstum der Milchröhren geschieht.

In seiner Arbeit „Über die Milchsaftegefäße und ihre Beziehung zu den verwandten Organen der Rinde“ will Hanstein³⁾ bei *Ficus carica* in einem Schnitte durch das Parenchym eines

¹⁾ De Bary. Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig 1877.

²⁾ Schullerus. Die physiologische Bedeutung des Milchsaftes von *Euphorbia Lathyris*. (Verhandl. des botanisch. Vereins d. Pr. Brandenburg. Berlin 1882.)

³⁾ Hanstein. Die Milchsaftegefäße und die verwandten Organe der Rinde. Berlin 1864.

Stengelknotens aus einer noch nicht erschlossenen Knospe junge, eben entstandene Milchsaftgefäße gefunden haben (pag. 19). Aus der hiezugehörigen Abbildung (Taf. II, Fig. 2) sieht man, daß Hanstein sich getäuscht hat. Beide hier vorhandenen Milchröhren haben nicht in dem jungen parenchymatischen Gewebe ihre Entstehung, sondern kommen, wie aus der Figur deutlich ersichtlich ist, aus einer tieferliegenden Schicht, welche sich Hansteins Beobachtung entzogen hat.

Bei *Ficus elastica* (pag. 41) und *Nerium oleander* will David¹⁾ außer den aus dem Blattstiel in die Blattspreite eintretenden Milchröhren noch solche gefunden haben, welche nur im Blatte verlaufen und diesem ihrer ganzen Länge nach angehören, so daß dieselben also blatteigen seien. Daraufhin vorgenommene Untersuchungen meinerseits ließen jedoch nichts Derartiges erkennen, vielmehr halte ich diese von David für blatteigen erklärten Milchröhren für nichts anderes als für bei der Mazeration durch Kalilauge abgerissene Stücke des ganzen zusammenhängenden Milchröhrensystems.

In den Blättern folgen die Milchröhren den höheren Auszweigungsordnungen der Gefäßbündel, in der Mehrzahl der Fälle senden sie auch Zweige aus, welche die Gefäßbündelbahnen verlassen und sich nach allen Richtungen hin zwischen die Zellen des Parenchyms einschieben.

In der Schlußfolgerung seiner Arbeit „Zur physiologischen Anatomie der Milchröhren“ sagt Haberlandt²⁾ (pag. 66, 2. Abschnitt): „Die Milchröhren verzweigen sich im Laubblatte besonders reichlich unmittelbar unter dem spezifischen Assimilationsgewebe, der Palissadenschicht, oder auch in derselben und empfangen so die Assimilationsprodukte aus erster Quelle“. Bei *Ficus elastica* und *Euphorbia peplus* werde ich darauf hinweisen, daß die Milchröhren nicht nur frei endigen, sondern auch aus dem Palissadenparenchym sich zu anderen Gefäßbündeln erstrecken und diese begleiten. Nachstehende Untersuchungen beziehen sich auf den Verlauf der Milchröhren, besonders mit Rücksicht auf denjenigen der Siebröhren. Die Untersuchungen wurden teils an ganzen durch verschiedene Reagentien durchsichtig erhaltenen völlig ausgewachsenen Blättern angestellt, teils an Querschnitten durch Blätter aus folgenden Familien:

I. *Moraceen*: *Ficus elastica*.

II. *Papaveraceen*: *Papaver orientale*, *Chelidonium laciniatum*.

III. *Euphorbiaceen*: *Euphorbia Lathyris*, *Euphorbia peplus*, *Poinsettia pulcherrima*.

IV. *Apocynaceen*: *Nerium oleander*.

¹⁾ David. Über die Milchzellen der *Euphorbiaceen*, *Moraceen*, *Apocynaceen* und *Asclepiadaceen*. Dissertation. Breslau 1872.

²⁾ Haberlandt. Zur physiologischen Anatomie der Milchröhren. (Sitzungsberichte der Mathem. Naturwissenschaftl. Klasse der Kaiserl. Akad. der Wissenschaften. Bd. 87. 1. Abt. Wien 1883.)

V. *Asclepiadaceen*: *Asclepias syriaca*, *Cynanchum sibiricum*.

VI. *Campanulaceen*: *Campanula Trachelium*, *Canarina Campanula*.

VII. *Compositen*: *Sonchus arvensis*, *Taraxacum officinale*, *Hypochaeris radicata*.

I. *Moraceen*.

Ficus elastica.

Die Untersuchung bei dieser *Ficus*-Art führte ich an Quer- und Flächenschnitten des Blattes aus, da dessen große Dicke eine Untersuchung in ganzem Zustande trotz Anwendung von Kalilauge und Chloralhydratlösung nicht zuließ. Das Blatt wurde zuerst in Wasser, dann in Alkohol zur Entfernung des Chlorophylls und hierauf in einer 60% wässrigen Chloralhydratlösung vorsichtig gekocht. Dieser Lösung wurde dann zur Färbung der Milchröhren etwas Jod zugesetzt, wodurch sie braun wurden.

Blattquerschnitte zeigen, daß im Hauptnerven die Milchröhren sich im mechanischen Gewebe befinden; dieses liegt zwischen der Epidermis der Blattoberseite einerseits und dem Gefäßteil andererseits. Schon hier beobachtete ich Abzweigungen der die Gefäßbündel begleitenden Milchröhren in das assimilierende Parenchym. In derselben Weise wie die Milchröhren des Hauptnerven, verlaufen diejenigen der Seitennerven erster Ordnung, welche ich durch einen zu demselben senkrecht ausgeführten Schnitt im Querschnitt erhielt. Durch Schnitte, parallel zu den Seitennerven erster Ordnung, erhielt ich die Seitennerven zweiter und dritter Ordnung sowohl in Quer- als auch in Längsschnitten. Die Milchsaftegefäße und die Siebröhren waren in den Seitennerven zweiter Ordnung noch vorhanden. In den Gefäßbündeln dritter Ordnung fanden sich die Siebröhren nicht mehr vor. Wie die Siebröhren in den Nerven höchster Ordnung nicht mehr vorhanden waren, so konnte ich auch daselbe von den Milchröhren feststellen; dieselben hatten die Gefäßbündelbahnen von den Nerven zweiter Ordnung exklusive an verlassen und waren in das Grundgewebe des Blattes eingetreten. Nach de Bary (pag. 447) sind die Milchröhren die Begleiter, stellenweise selbst die Vertreter der Siebröhren. Diese Vertretung durch die Milchröhren kann aber, wie aus obigem hervorgeht, nur von den Seitennerven zweiter Ordnung an beginnen.

Der weitere Verlauf der Milchröhren, welcher in Flächenschnitten beobachtet wurde, war nach ihrem Austritte aus den Blattnerven ein verschiedener. Kurz nach demselben durchliefen sie meist zuerst streckenweise das Schwammparenchym, um dann in schräg aufwärtsstrebender Richtung das Palissadenparenchym zu durchziehen.

Zwischen der Epidermis der Blattoberseite einerseits und der Palissadenschicht andererseits bemerkte ich zahlreiche Netzanastomosen der Milchröhren; außerdem waren sowohl stumpfe als auch spitze blinde Endigungen derselben vorhanden. Die von

David¹⁾ (pag. 41) für blatteigen gehaltenen Milchsaftgefäße bei *Ficus elastica* habe ich in der Einleitung schon erwähnt und auch den wahrscheinlichen Grund seiner Täuschung angegeben.

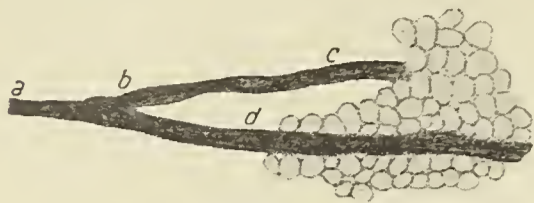


Fig. 1.

- a) Milchröhre im Schwammparenchym, nahe dem Hypoderm der Unterseite.
- b) Gabelung der Milchröhren.
- c) Weiterverlauf im Schwammparenchym.
- d) Aufstieg zur Blattoberseite durch das Palissadenparenchym.

nur Fortsetzungen der im Stamme befindlichen Milchröhren und bilden mit diesen ein ganzes zusammenhängendes System; blatt-eigene Milchröhren kommen nicht vor. 3. Es kommen sowohl einfach verlaufende Milchröhren als auch Netzanastomosen derselben vor.

Bei den mit Jod-Jodkali behandelten Blattquerschnitten war in den Zellen, welche die im Parenchym frei verlaufenden Milchröhren umgeben überall reichlich Stärke zu sehen.

Die Ergebnisse der Untersuchung über die Milchröhren im Blatte von *Ficus elastica* fasse ich folgendermaßen zusammen: 1. Sie haben ihren Verlauf nach Austritt aus den Nerven sowohl im Schwamm- und im Palissadenparenchym, als auch zwischen der Epidermis der Blattoberseite und dem Palissadenparenchym. 2. Sie sind

II. *Papaveraceen.*

Papaver orientale.

Die Blätter dieser *Papaveracee* wurden mit 60% wässriger Chloralhydratlösung behandelt. In dem Hauptnerven verlaufen die Milchröhren einander parallel. Hier konnte ich die Verschmelzung zweier Milchröhren zu einer einzigen feststellen (Fig. 2). Des öfteren hatte ich Gelegenheit, im Hauptnerven des Blattes ein plötzliches Aufhören der Milchröhren zu sehen; ein Austritt derselben aus dem Hauptnerven fand nicht

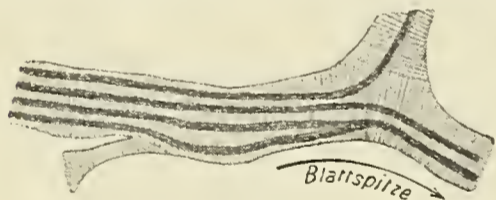


Fig. 2.

statt. In kleinen und ganz kurzen Seitennerven erster Ordnung bemerkte ich mehrmals, daß in denselben keine Milchröhren vorhanden waren, was auch sehr oft bei Seitennerven höherer Ordnung vorkam (Fig. 2).

In den kleineren seitlichen Gefäßbündeln dagegen begleiten die Milchsaftgefäße dieselben meist, teils bis zur Endigung, teils bis kurz vor dieselbe, um dann spitz zu endigen. Die seitlichen Gefäßbündel zweiter Ordnung besitzen noch Siebröhren, während in denjenigen höherer Ordnung keine mehr vorhanden sind.

Chelidonium laciniatum.

Im Blattstiel befinden sich die Milchröhren im Siebteil in nächster Nähe des anstoßenden mechanischen Gewebes. Die

¹⁾ David, Über die Milchzellen der *Euphorbiaceen*, *Moreen*, *Apocyneen* und *Asclepiadeen*. Dissertation. Breslau 1872.

Blätter wurden durch das Jod-Chloralhydratverfahren sehr gut durchsichtig erhalten. Bei den Seitennerven ist der Verlauf der Milchröhren bis zur Gefäßbündelendung meist ein regelmäßiger, doch habe ich öfters Austritt aus den Nerven und innigen Anschluß an das Schwammparenchym gefunden (Fig. 3b).

Ebenso wie bei *Papaver orientale* kam bei *Chelidonium laciniatum* öfters ein plötzliches Aufhören der Milchröhren in den Gefäßbündeln vor. Hanstein¹⁾ schreibt auf pag. 19, daß bei den *Papaveraceen* die letzten Spiralgefäßenden von den Milchröhren frei bleiben. Wie ich schon bei *Papaver orientale* und auch oben bei *Chelidonium laciniatum* erwähnte, ist dieses nach meinen Untersuchungen nicht immer zutreffend. In der Blattspitze begleiten die Milchröhren die Gefäßbündel bis zu ihrer Endigung (Fig. 3). Ich konnte eine sehr schöne Netzanastomose beobachten, welche von einem einzigen Seitennerv höchster Ordnung gebildet wurde. Von einem Seitennerv zweiter Ordnung zweigte sich ein solcher höchster Ordnung ab, welcher kurz nach dieser Abzweigung sich in zwei Arme teilte, die sich nach kurzem Verlauf wieder vereinigten, um nachher zu endigen. Die ganze Gefäßbündelbahn war hierbei nur von einer Milchsaftröhre begleitet, welche die Teilung sowohl als auch die Wiedervereinigung mitmachte und auch gleichzeitig mit diesem Nerv endigte (Fig. 4).

In einem Seitennerv zweiter Ordnung konnte ich die Teilung einer Milchröhre an der Spitze in zwei Äste feststellen, von denen der eine die bisherige Richtung beizubehalten, der andere dagegen in ein seitliches, nicht von Milchsaftegefäßen begleitetes Bündel höherer Ordnung einzutreten schien. Die Vertretung der Siebröhren durch die Milchsaftegefäße geschah in derselben Weise wie bei *Papaver orientale* von den Nerven zweiter Ordnung exclusive an.

Meine Untersuchungen über den Verlauf der Milchröhren in den Blättern der *Papaveraceen* liefern folgende Ergebnisse:

1. Sie kommen nur im Schwammparenchym vor, teils in Begleitung der Gefäße, teils frei verlaufend.

1. Sie kommen nur im Schwammparenchym vor, teils in Begleitung der Gefäße, teils frei verlaufend.

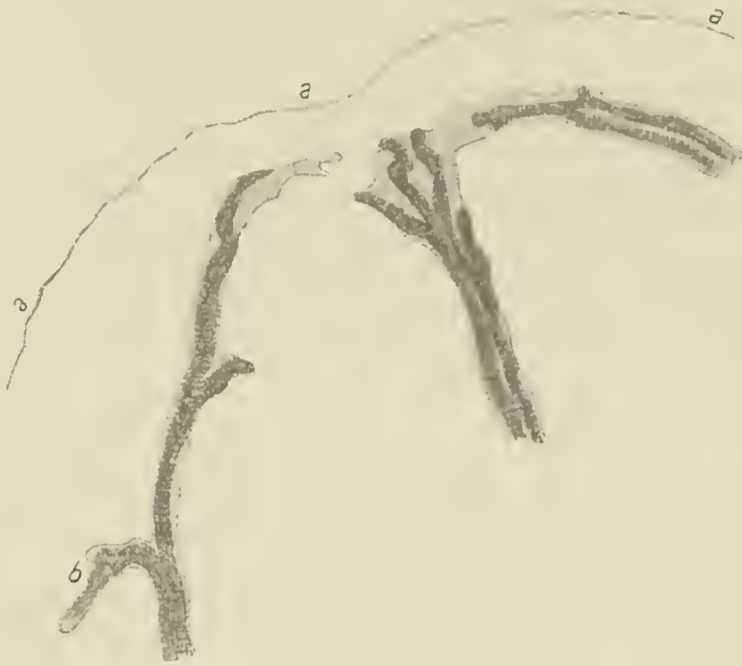


Fig. 3. Blattspitze von *Chel. lac.*
a) Blattrand. b) Austritt der Milchröhren aus Seitennerven.



Fig. 4.

¹⁾ Hanstein. Die Milchsaftegefäße und die verwandten Organe der Rinde. Berlin 1864.

2. Die Milchröhren vertreten die Siebröhren von den Seitennerven dritter Ordnung an.

III. *Euphorbiaceen.*

Euphorbia Lathyris.

Die Blätter wurden durch Chloralhydratlösung nach vorhergegangener Entziehung des Chlorophylls durchsichtig erhalten. Im Hauptnerven liegen die Milchröhren in dem die Gefäßbündel begleitenden parenchymatischen Gewebe. Nach ihrem Austritt aus demselben durchlaufen sie das Schwammparenchym, dabei sehr zahlreiche Netzanastomosen bildend, um wohl so durch die Vermittlung der Zellen desselben die Ableitung der assimilierten Stoffe zu bewirken. An Querschnitten normaler Blätter konnte ich in den die frei verlaufenden Milchröhren umgebenden Zellen immer Stärke finden. Dieses habe ich an solchen Schnitten, welche von einer einen Monat lang unter vollständigem Lichtabschluß gehaltenen Pflanze herrührten, niemals bemerken können. Selbst die Milchröhren zeigten hier nur eine äußerst schwache Stärkereaktion auf Jod-Jodkali, während doch sonst sofort eine tiefblaue bis schwarze Färbung auftrat. Auch hier, bei *Euphorbia Lathyris*, konnte ich nur noch in den Seitennerven zweiter Ordnung Siebröhren feststellen.

Bei

Euphorbia peplus

waren die Milchsaftgefäße in den durch 60⁰ o. Jod-Chloralhydratlösung durchsichtig erhaltenen Blättern sehr deutlich zu erkennen. Hier waren die weitlumigen Milchröhren sowohl im

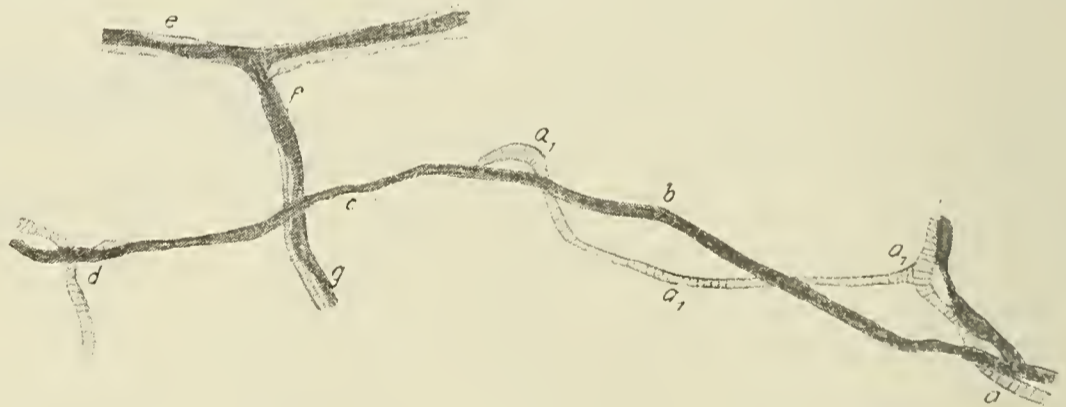


Fig. 5.

- a) Abzweigung der Milchröhre von den Gefäßen im Schwammparenchym.
- b) Durchlaufen des Palissadenparenchyms.
- c) Verlauf der Milchröhre zwischen Epidermis der Blattoberseite und Palissadenparenchym.
- d) Wiedervereinigung mit Gefäßen.
- e, f, g) Gefäße und Milchröhre im Schwammparenchym.
- a₁) Gefäße im Schwammparenchym.

Schwamm- als auch im Palissadenparenchym sehr reichlich vertreten. Mehrere Male fand ich hierbei Milchröhren, welche die feineren Verzweigungen der Gefäße eine Zeit lang begleiteten und dann in das Schwammparenchym eintraten. Von hier aus durchliefen dieselben in schräg aufsteigender Richtung das Palissadenparenchym, um sich zwischen die Oberseite desselben und

die Epidermis zu begeben. Doch war hier dem Verlauf noch kein Ziel gesetzt. Vielmehr kehrte die Milchröhre nach einigem Verweilen zwischen diesen beiden Zellschichten schräg abwärtsstrebend durch das Palissadenparenchym in das Schwammparenchym zurück, wo sie dann nach dem Zusammentreffen mit irgend einem Gefäßbündel den oben beschriebenen gewöhnlichen Verlauf nahm. Somit gibt es Netzanastomosen, welche nicht nur einer Zellschicht angehören, sondern sich von der Epidermis der Blattunterseite bis zu derjenigen der Blattoberseite erstrecken (Fig. 5).

In den Seitennerven zweiter Ordnung waren die Siebröhren noch vorhanden, während solches bei den Nerven höherer Ordnung nicht mehr der Fall war.

Poinsettia pulcherrima

ist die letzte der von mir auf Milchröhren untersuchten *Euphorbiaceen* und besitzt von diesen allen das einfachste Verzweigungssystem. Die Blätter wurden mittels Jod-Chloralhydrat behandelt und sehr durchsichtig erhalten. Die sehr zahlreichen Gefäßbündel, welche hauptsächlich Netzanastomosen bilden, von denen sich wiederum die kleinsten Endigungen abzweigen, sind überall von den sehr englumigen Milchröhren begleitet. Diese laufen meist stumpf aus, doch habe ich auch einige spitze Endigungen beobachten können. Einen Austritt aus den Gefäßbündelbahnen und somit freien Verlauf im Parenchym konnte ich nirgendwo bemerken.

Aus vorstehenden Untersuchungen ergibt sich, daß bei den *Euphorbiaceen* folgende drei Fälle vorkommen:

1. Die Milchröhren begleiten die Gefäßbündel bis zu deren Endigung (*Euph. pulch.*).

2. Sie treten aus diesen aus und nehmen freien Verlauf im Schwammparenchym (*Euph. Lath.*)

3. Es kommen Milchsaftgefäße vor, welche sich durch alle Zellschichten von der Epidermis der Blattunterseite bis zu derjenigen der Blattoberseite hinziehen (*Euph. peplus*).

IV. *Apocynaceen.*

Nerium oleander

konnte wegen der ziemlichen Dicke des Blattes durch Kalilauge gar nicht, durch 60% Jod-Chloralhydratlösung nur sehr schwer nach längerer Behandlung durchsichtig erhalten werden. Im Blattstiel verlaufen die großen und starken Milchröhren parallel zu einander im Rindenparenchym, dabei zahlreiche H-förmige Verbindungen untereinander bildend. Durch den Seitennerven erster Ordnung, parallel geführte Querschnitte erhielt ich diejenigen zweiter und dritter Ordnung in Quer- und auch in Längsschnitten. Während ich nun in den Gefäßbündeln zweiter Ordnung noch Siebröhren beobachten konnte, war dieses bei den Bündeln dritter Ordnung nicht mehr der Fall: dort muß somit die Vertretung der

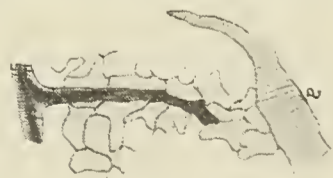


Fig. 6.

Siebröhren durch die Milchröhren beginnen. Meist begleiten dieselben die Gefäßbündel bis zur Endigung; von dort treten sie in das Schwammparenchym ein, wo sie mit stumpfen Endigungen blind verlaufen (Fig. 6). Auch bemerkte ich Gefäßendigungen, welche nicht von Milchröhren begleitet waren (Fig. 6a).

Viele Milchsäftgefäße begaben sich an die untere Seite des Palissadenparenchyms, wohl zwecks direkter Aufnahme der Assimilate: sie laufen dann einige Zeit lang dieser Zellschicht parallel, um schließlich blind zu endigen. Einen Eintritt in die Palissadenparenchymschicht habe ich nirgends bemerken können: Netzanastomosen waren auch nicht vorhanden. Bei den mit Jod-Jodkali behandelten Blattquerschnitten war in den Zellen, welche die im Parenchym frei verlaufenden Milchröhren umgeben, überall Stärke zu sehen. Blatteigene Milchsäftgefäße, wie David¹⁾ (pag. 46) sie an der Basis des Blattes beobachtet haben will, konnte ich weder hier noch sonst in der Blattspreite bemerken.

Über den Verlauf der Milchröhren bei *Nerium oleander* kann ich folgendes als Resultat zusammenfassen:

1. Sie begleiten die Gefäße teils bis zur Endigung, teils treten sie schon früher aus und nehmen ihren Verlauf nur im Schwammparenchym.

2. Blatteigene Milchsäftgefäße sind nicht vorhanden.

V. *Asclepiadaceen*.

Asclepias syriaca.

Wie bei den Querschnitten des Blattes zu ersehen ist, liegen die Milchsäftgefäße ohne jede regelmäßige Verteilung in sehr großer Anzahl, wie ich vorher noch nie zu beobachten Gelegenheit hatte, im Rindenparenchym und zwar der Epidermis näher als der an der Innenseite des Rindenparenchyms gelegenen Stärkescheide. Bei dem mit 60⁰ o. wässriger Jod-Chloralhydratlösung behandelten Blatte erscheinen sie im Schwammparenchym, dasselbe nach allen Richtungen hin durchstreifend, schlossen sich dem Verlauf der Gefäßbündel an und endigten mit denselben, ohne irgendwelche Abzweigungen auszusenden. Hierbei bilden die Milchröhren, den

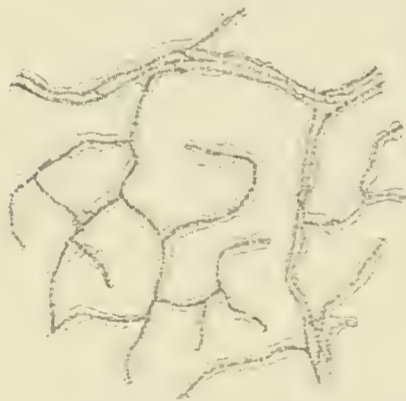


Fig. 7.

Gefäßbündelbahnen entsprechend, zahlreiche Gabelungen und Netzanastomosen. In den Nerven niedrigerer Ordnung, in welchen mehrere einander parallel laufende Milchsäftgefäße vorhanden sind, habe ich sehr viele H-förmige Verbindungen der Röhren untereinander feststellen können (Fig. 7).

In den Seitennerven zweiter Ordnung waren die Siebröhren noch vorhanden, jedoch in denen höherer Ordnung habe ich letztere nirgends mehr gefunden.

¹⁾ David, Über die Milchzellen der *Euphorbiaceen*, *Moreen*, *Apocynen* und *Asclepiadeen*. Dissertation. Breslau 1872.

Am Blattquerschnitt von

Cynanchum sibiricum

zeigt es sich, daß die Milchröhren im Siebteil liegen und zwar in nächster Nähe des ihn nach außen umgebenden mechanischen Gewebes. Im Blatte, welches durch Jod-Chloralhydratlösung durchsichtig erhalten wurde, kann man feststellen, daß die Milchröhren die Gefäßbündel begleiten. In den größeren derselben ließen sich zahlreiche H-förmige Verbindungen der Milchröhren beobachten. Gerade wie die Blattnerven zahlreiche Netzanastomosen bilden, so war dieses auch bei den Milchsaftgefäßen der Fall (Fig. 8).

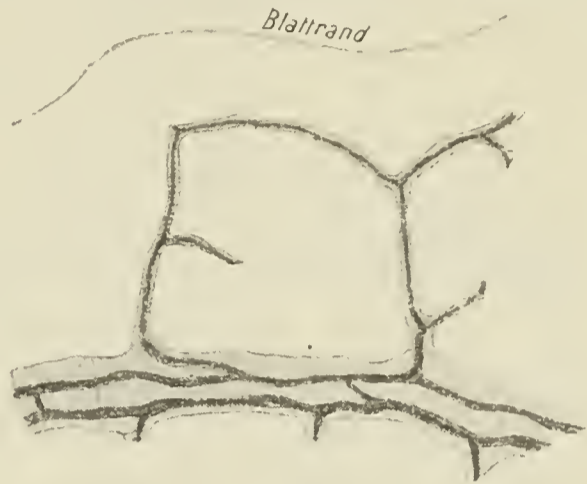


Fig. 8.

Die kleineren seitlichen Nervenendigungen sind regelmäßig von Milchröhren begleitet, deren Endigungen teils stumpf teils zugespitzt sind. Freie Endigungen im Schwammparenchym nach vorherigem Verlassen der Gefäßbündelbahnen konnte ich nirgends bemerken. Dagegen konnte ich in einem Falle bei zwei streckenweise parallel verlaufenden Gefäßbündeln eine Verbindung der beiden dazugehörigen Milchröhren beobachten, welche ganz frei das Schwammparenchym durchzog (Fig. 9). Als Entstehungsursache muß ich freien Austritt einer Milchröhre aus einem der beiden Gefäßbündel, Zusammentreffen mit dem anderen und nachheriges Verschmelzen der beiden Milchröhren an ihrer Berührungsstelle annehmen.



Fig. 9.

Diesen Verlauf muß ich jedoch für eine Ausnahme ansehen, da ich einen weiteren derartigen Fall trotz vielen Suchens nicht gefunden habe. Der Verlauf der Siebröhren war der gleiche wie bei *Asclepias syriaca*. Die Resultate meiner Untersuchungen über die *Asclepiadaceen* kann ich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Die Milchsaftgefäße begleiten stets die Gefäßbündel bis in die kleinsten Endigungen, deren Bahnen entsprechend sie oft Netzanastomosen bilden.

2. In den größeren Blattnerven zeigen die Milchröhren zahlreiche H-förmige Verbindungen untereinander.

3. Austritt aus den Gefäßbündelbahnen kommt in der Regel nicht vor. Ebenso sind keine blatteigenen Milchröhren vorhanden.

VI. *Campanulaceen.*

Campanula Trachelium.

Querschnitte des Blattstiels zeigen, daß die Milchröhren in einer einzigen Schicht in gleichen Abständen voneinander im Siebteil verlaufen. Im Blatte, welches durch Jod-Chloralhydrat-

lösung durchsichtig erhalten wurde. erscheinen die Milchsaftgefäße als die Begleiter der Gefäßbündel bis zu deren Endigung. Einen Austritt aus denselben und freien Verlauf im Schwammparenchym habe ich nicht gefunden, dagegen sehr häufig H-förmige Verbindungen. Die Siebröhren waren noch in den Seitennerven zweiter Ordnung vorhanden, während sie in denjenigen höherer Ordnung fehlten.

Canarina Campanula.

In gleicher Weise wie bei *Campanula Trachelium* liegen hier die Milchröhren im Siebteil angeordnet. Die Blätter wurden durch Jod-Chloralhydratlösung sehr gut durchsichtig erhalten. Der Verlauf der Milchsaftgefäße in denselben war genau der gleiche wie bei *Campanula Trachelium*. In den Seitennerven zweiter Ordnung waren die Siebröhren noch vorhanden, während sie in denjenigen höherer Ordnung fehlten.

Bei den *Campanulaceen* sind die Milchröhren die Begleiter der Gefäßbündel bis in deren feinste Endigungen. Austritt aus denselben kommt nicht vor. Netzanastomosen wurden nicht beobachtet, hingegen H-förmige Verbindungen.

Die letzte der von mir auf Milchröhren untersuchten Familie war diejenige der

VII. *Compositen.*

Sonchus arvensis.

Um zu sehen, wie die Verteilung und wie groß die Anzahl der Milchröhren im Hauptnerven des Blattes von *Sonchus arvensis* ist, machte ich, unten beim Blattstiel anfangend, bis zur Blattspitze hinauf, etwa an sechs gleichweit voneinander entfernten Stellen Querschnitte. Die Milchröhren, welche an der Außenseite des Siebteils liegen, waren in allen Schnitten in gleichen Abständen voneinander verteilt. Ihre Anzahl, welche unten fünfzehn betrug, wurde, je näher die Schnitte der Blattspitze entnommen wurden, infolge von seitlichen Abzweigungen immer geringer, sodaß in den Gefäßbündelendigungen in der Blattspitze nur noch vier vorhanden waren. Im Flächenschnitt zeigten die Milchröhren zahlreiche H-förmige Verbindungen. In dem durch vorsichtiges Kochen mit 10⁰ o-iger wässriger Kalilauge durchsichtig erhaltenen Blatte zeigen sich die Milchröhren als die Begleiter der im Schwammparenchym verlaufenden Gefäßbündel bis zu deren Endigung. Einen Austritt und freien Verlauf im Parenchym, wie Hanstein¹⁾ (pag. 73) beobachtet haben will, konnte ich nirgends finden. Auch hier bei *Sonchus arvensis* waren die Siebröhren in den Seitennerven dritter Ordnung nicht mehr vorhanden.

¹⁾ Hanstein. Die Milchsaftgefäße und die verwandten Organe der Rinde. Berlin 1864.

Die Blätter von

Taraxacum officinale

wurden auch durch 10⁰ ige wässrige Kalilauge durchsichtig erhalten. Die Milchsaftgefäße begleiten hier die Gefäßbündel bis in die feinsten Endigungen, treten dann aus diesen aus, um im Schwammparenchym frei zu verlaufen (Fig. 10).

Seitliche freie Austritte der Milchröhren aus den Gefäßbündelbahnen in das Schwammparenchym kommen auch ziemlich häufig vor. Diese so frei werdenden Milchsaftgefäße werden dann meist noch streckenweise von dem die Gefäßbündel umgebenden Leitparenchym begleitet (Fig. 11). Die Milchröhrenendigungen waren in allen beobachteten Fällen spitz und den Zellen des Schwammparenchyms auf das innigste angeschmiegt. Netzanastomosen fand ich keine vor. In allen an die im Parenchym frei verlaufenden Milchsaftgefäße anstoßenden Zellen war Stärke vorhanden. In den Seitennerven zweiter Ordnung waren die Siebröhren noch vorhanden, während dieses bei den Seitennerven höherer Ordnung nicht mehr der Fall war.

Bei

Hypochaeris radicata

liegen die Milchröhren in großer Anzahl am äußeren Rande des Siebteils. Die Blätter wurden durch Jod-Chloralhydratlösung durchsichtig erhalten. In denselben durchziehen die Milchröhren mit den Gefäßbündeln das Schwammparenchym, um nach deren Endigung in diesem, teils stumpf, teils spitz, frei zu endigen. In den Blattnerven niedrigerer Ordnung finden sich zahlreiche H-förmige Anastomosen (Fig. 12). Verschmelzung von zwei Milchröhren zu einer kommen auch häufig vor, nicht ohne vorher noch Netzanastomosen gebildet zu haben (Fig. 13).

Einen sehr schönen Beleg für nachträgliches Austreiben von Seitenästen und für das Spitzenwachstum der Milchröhren im Blatte habe ich auch bei *Hypochaeris rad.* gefunden. Bei einer gewissermaßen als



Fig. 10.



Fig. 11.



Fig. 12.

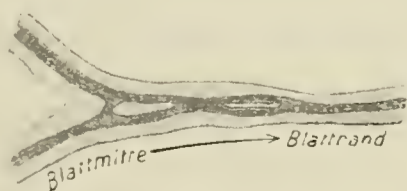


Fig. 13.



Fig. 14.

Verbindungsbrücke zweier größerer Gefäßbündel zweiter Ordnung dienenden Trachee (Fig. 14) sah ich, daß von beiden Seiten von

den diese begleitenden Milchröhren Seitenäste ausgetrieben waren, die nach kurzem Verlauf aufhörten. Bis zur Mitte dieser Trachee waren die Milchröhren noch nicht gelangt. Der eine dieser beiden seitlichen Milchröhrenäste zeigt kurz vor der Endigung seitliche höckerartige Ausstülpungen, welche ich für im Anfangs-



Fig. 15.

stadium der Entwicklung befindliche Abzweigungen halte. Zum erstenmale gelang es mir bei *Hypochaeris rad.*

eine schlingenförmige Anastomose einer Milchröhre festzustellen (Fig 15). Gleichzeitig bildet dieser Fall ein sehr schönes Gegenstück zu dem oben in Figur 14 erwähnten.

Sehr zahlreich waren die Netzanastomosen am Blattrand vertreten und zwar in einer so großen Anzahl, wie ich sie überhaupt bisher noch bei keiner anderen Pflanze vorgefunden habe. Einen ähnlichen Fall wie Figur 15 bildet Figur 16. Diese zeigt einen Seitennerven erster Ordnung, von welchem sich die Seiten-

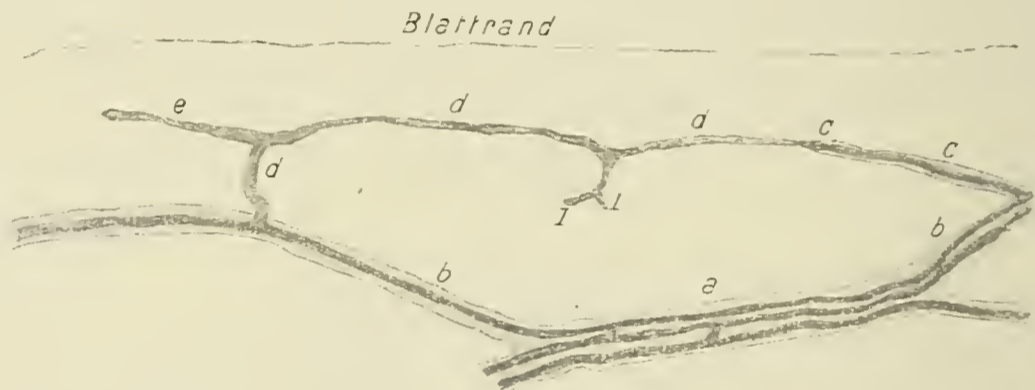


Fig. 16.

- a) Seitennerv erster Ordnung.
- b) zweiter ..
- c) dritter ..
- d) anastomosierende Milchröhre.
- e) freie Endigungen der anastomosierenden Milchröhre.

nerven nächst höherer Ordnung abzweigen. Eines dieser Gefäßbündel läßt nun seitwärts in das Blattgrundgewebe in die Nähe des Blattrandes ein Milchsaftegefäß frei austreten. Ein anderer dieser

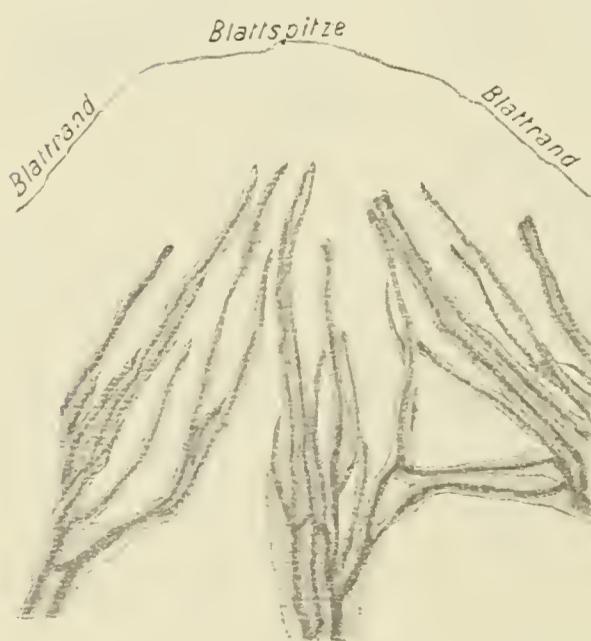


Fig. 17.

Seitennerven zweiter Ordnung zweigt nun einen solchen dritter Ordnung ab, welcher letzterer an seiner in der Nähe des Blattrandes liegenden Endigung die ihn bisher begleitende Milchröhre frei austreten läßt. Dieses Milchsaftegefäß läuft dem Blattrande parallel und anastomosiert mit der aus dem Seitennerven zweiter Ordnung frei austretenden Milchröhre, jedoch nicht ohne vorher ihrerseits noch mehrere frei verlaufende Abzweigungen ins Blattgrundgewebe

geschickt zu haben. In der Blattspitze lösen sich die Gefäß-

bündel in einzelne Tracheen auf: jede derselben ist von einem Milchröhrenast begleitet. Die Endigung beider findet nach kurzem Verlaufe gleichzeitig statt. Netzanastomosen sind hier auch vorhanden (Fig. 17).

Die die freien Milchröhren berührenden Zellen zeigten auch bei *Hypochaeris rad.* überall reichlich Stärke. In den Seitennerven zweiter Ordnung waren auch hier noch Siebröhren vorhanden, bei denen höherer Ordnung jedoch nicht mehr.

1. Die *Compositen* besitzen in ihren Blättern teils die Gefäßbündel begleitende, teils im Parenchym frei verlaufende Milchsaftgefäße.

2. Zahlreiche H- und netzförmige Anastomosen kommen vor. schlingenförmige sind dagegen äußerst selten.

Zur Erlangung der hier erzielten Resultate dienten Alkoholmaterial und Pflanzen in frischem Zustande, soweit mir letztere zugänglich waren. Um die Blätter in ihrer ganzen Spreite durchsichtig zu erhalten, gebrauchte ich teils Chloralhydratlösung, teils Kalilauge. Letztere muß sehr vorsichtig angewendet werden, da es sonst sehr leicht vorkommt, daß bei dem Auflegen des Präparates auf den Objektträger schon durch sehr geringen Druck eine Verschiebung der einzelnen Elemente in der Blattspreite und dabei eine wesentliche Verzerrung des Bildes stattfindet. Bei allen von mir auf Milchröhren untersuchten Pflanzen habe ich noch in den Seitennerven zweiter Ordnung die Siebröhren feststellen können, während in den Nerven höherer Ordnung dieselben nirgends mehr vorhanden sind. Gleichzeitig habe ich mich davon überzeugt, daß dieses bei Pflanzen, welche keine Milchsaftgefäße besitzen, auch in derselben Weise der Fall ist. Eine Vertretung der Siebröhren durch die Milchröhren, welche de Bary¹⁾ (pag. 447) für wahrscheinlich hält, kann ich infolgedessen als erwiesen bezeichnen. Diese beginnt jedoch erst bei den Seitennerven dritter Ordnung. Ein direkter Anschluß der beiden Elemente aneinander ist nicht wahrscheinlich und auch bisher noch nicht nachgewiesen.

Aus dieser Vertretung der Siebröhren durch die Milchröhren ergibt sich, daß diejenigen Pflanzen, welche Milchröhren haben, den anderen Pflanzen gegenüber im Vorteil sind. Derselbe besteht darin, daß die Milchröhren besitzenden Pflanzen die organischen Stoffe aus den assimilierenden Zellen durch Massenbewegung fortleiten können, während die Pflanzen, welche keine Milchröhren besitzen, die Assimilate durch Osmose, welche bekanntlich dem Stofftransport größere Schwierigkeiten bereitet, bis zu den Siebröhren befördern müssen.

¹⁾ De Bary. Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig 1877.

In meinen Untersuchungen habe ich für *Euphorbia peplus* und *Ficus elastica* das Vorhandensein von Milchsaftgefäßen zwischen Epidermis der Blattoberseite und Palissadenparenchym-schicht festgestellt. Einen triftigen Grund für das Vorhandensein der Milchröhren in dieser Lage habe ich nicht finden können.

Nach dem Orte ihrer Endigung teile ich die Milchröhren in drei verschiedene Klassen ein, deren erste die Pflanzen umfaßt, deren Milchsaftgefäße im Schwammparenchym mit den Gefäßbündeln endigen; hierher gehören: *Papaver orientale*, *Euphorbia pulcherrima*, *Asclepias syriaca*, *Cynanchum sibiricum*, *Campanula Trachelium*, *Canarina Campanula* und *Sonchus arvensis*.

Als zweite Klasse kann diejenige gelten, deren Pflanzen Milchröhren besitzen, welche nach Austritt aus den Gefäßbündeln teils im Schwammparenchym verlaufen, teils auch durch direkten Anschluß an die untere Seite der Palissadenparenchymzellen die Assimilationsprodukte aufnehmen; hierher gehören: *Chelidonium laciniatum*, *Euphorbia Lathyris*, *Nerium oleander*, *Taraxacum officinale* und *Hypochaeris radicata*.

Die dritte Klasse endlich, welche ich für die höchste Entwicklungsstufe der Milchröhren halte, umfaßt diejenigen Pflanzen, deren Milchsaft leitende Organe teils im Palissadenparenchym selbst, teils auch zwischen Palissadenparenchym und Epidermis verlaufen; hierher gehören: *Euphorbia peplus* und *Ficus elastica*.

Zusammenfassung der Resultate der anatomischen Untersuchungen.

Als Gesamtergebnis meiner Untersuchungen über die Milchsaftgefäße in den Blättern der *Moraceen*, *Papaveraceen*, *Euphorbiaceen*, *Apocynaceen*, *Asclepiadaceen*, *Campanulaceen* und *Compositen* stelle ich folgende Sätze auf:

1. Die in der Blattspreite verlaufenden Milchröhren bilden mit denjenigen der in den anderen Pflanzenteilen vorhandenen ein ganzes in sich abgeschlossenes System. Blatteigene Milchröhren kommen nicht vor.

2. Im allgemeinen begleiten die Milchröhren die Gefäße: hinsichtlich der Milchröhrenendigungen sind drei Klassen zu unterscheiden:

- a) Die Milchröhren endigen mit den Gefäßen.
- b) Sie treten aus den Gefäßbündelbahnen aus und verlaufen frei im Parenchym.
- c) Sie nehmen ihren Verlauf von der Epidermis der Blattunterseite bis zu derjenigen der Blattoberseite.

3. Es kommen außer H- und netzförmigen Anastomosen auch schlingenförmige vor.

4. Von den Nerven dritter Ordnung an sind die Milchröhren die Vertreter der Siebröhren.

5. In den die frei verlaufenden Milchröhren umgebenden Zellen ist immer Stärke vorhanden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [BH_18_1](#)

Autor(en)/Author(s): Mayus Oscar

Artikel/Article: [Beiträge über den Verlauf der Milchröhren in den Blättern.
273-286](#)