Sind die Milchröhren Leitungsorgane?

Von

C. Simon, O. F. M.

I. Historisches über die funktionelle Bedeutung der Milchröhren.

Die Arbeiten der älteren Autoren über die Milchröhren befaßten sich vorzüglich mit der Anatomie dieser eigenartigen Organe. Die auf Grund ihrer anatomischen Befunde über die Funktion der Milchröhren aufgestellten Hypothesen konnten bei dem völligen Mangel physiologischer Untersuchungen nur einen geringen Grad von Wahrscheinlichkeit beanspruchen.

Von diesen Forschern sei Trécul hier erwähnt, weil seine Arbeiten den Anstoß zu der Preisschrift Hansteins gaben, der zuerst physiologische Methoden in das Milchröhrenstudium einführte. Nach Trécul (1857, S. 299) findet in der Pflanze ein Kreislauf der Säfte statt, den er zum Unterschiede von den Zirkulationserscheinungen im Protoplasma die „große Zirkulation" nennt. Die Organe der „venösen" Zirkulation sind die Milchröhren. Ein Rest der Stoffe, der beim Aufbau und bei der Ernährung der Pflanze keine Verwendung findet, wird in ihnen abgelagert, um von hier zu den Gefäßen weiter geleitet zu werden, wo diese Stoffe einen Oxydationsprozeß durchmachen sollen, der sie befähigt, wieder in den Stoffwechselprozeß einzutreten. Trécul glaubte zur Aufstellung dieser Hypothese durch folgende Beobachtungen berechtigt zu sein. In Übereinstimmung mit anderen Autoren (vgl. de Bary 1877, S. 196) fand er in den Gefäßen wiederholt Milchsaft, der jedoch sehr unregelmäßig auftrat. Er beobachtete ferner, daß Milchröhren häufig unmittelbar neben Gefäßen liegen und anscheinend offene Kommunikationen zwischen beiden Gewebearten bestehen. Bei einer späteren Nachprüfung hat er in einigen Fällen solche Öffnungen gefunden.

Daraufhin schrieb die Pariser Akademie der Wissenschaften einen Preis aus für eine eingehende Untersuchung der Milchröhren und besonders ihrer Beziehungen zu den Gefäßen (vgl. Hanstein 1864, Vorwort). Dieser Aufgabe unterzog sich Hanstein (1864). Er prüfte die anatomischen Befunde Tréculs nach und konnte bestätigen, daß sich wiederholt Berührungen zwischen Gefäßen und Milchröhren finden. Offene Kommunikationen jedoch

hat er bei keiner milchsaftführenden Pflanze gefunden, weshalb er annimmt, daß solche Öffnungen mindestens so selten vorkommen dürften, daß sie keine Rolle im normalen Stoffwechselprozeß spielen können. Da Trécul (1865, S. 78) seine Behauptung aufrecht hielt, untersuchte Vogl (1866, S. 31) eine große Anzahl Pflanzen aus den Familien der Asclepiadaceen, Euphorbiaceen, Moraceen, Lobeliaceen, Campanulaceen und Compositen. Weder er noch einer der späteren Forscher hat die Tréculschen Kommunikationen gesehen (vgl. de Bary 1877, S. 196).

Die Erklärung für das Auftreten des Milchsaftes in den Gefäßen gab v. Höhnel (1878, S. 15). Erst beim Durchschneiden des Stengels wird der Milchsaft durch den negativen Druck der Gefäßluft in den Gefäßen emporgetrieben.

Um festzustellen, ob Milchröhren vikariierend für Siebröhren eintreten können, dehnte Hanstein (1864, S. 58) seine bekannten Ringelungsversuche auf Milchsaftpflanzen aus. Sind die Milchröhren in bedeutendem Maße an der Leitung der Nährstoffe beteiligt, so ist bei Pflanzen mit markständigen Milchröhren Ernährung der durch die Ringelung abgetrennten Teile durch die Milchröhren des Markes zu erwarten, wie es bei Pflanzen mit bikollateralen Gefäßbündeln durch die innen gelegenen Siebteile geschieht. Den zu den Versuchen benutzten Stecklingen von *Ficus carica* beließ Hanstein oberhalb der Ringelungsstelle die Blätter, unterhalb wurden die Blätter entfernt. Die Wurzelbildung blieb so schwach, daß keine Nahrungszufuhr aus dem oberen Teile anzunehmen war. Da auch Versuche mit *Ficus australis* im gleichen Sinne ausfielen, gewann Hanstein die Überzeugung, daß „die Milchsaftgefäße keinen unmittelbar anwendbaren plastischen Saft enthalten und denselben nicht herbeileiten können“.

Die Ringelungsversuche Hansteins wiederholte Faivre an Stecklingen von *Ficus elastica* (1866, S. 36). Während der obere Teil sich weiter entwickelte, stellte der untere blattlose das Wachstum ein, blieb aber noch zwei Jahre lang im lebenden Zustande. Milchsaft war unterhalb der Ringelung nur in geringer Menge, in den Wurzeln nur in Spuren zu finden. In einem anderen Falle lag der Ringelungsschnitt zwischen den Blättern und der Knospe, sodaß der obere Teil mit der Knospe vollständig blattlos war. Weil die Knospe nichtsdestoweniger zur Entwickelung kam, nimmt Faivre an, den nicht assimilierenden Teilen werde der Nährstoff durch die Milchröhren des Markes zugeführt.

In der zweiten Arbeit betont Faivre den Gehalt des Milchsaftes an Nährstoffen (1869, S. 97). Da er bei der Entwickelung der Knospen nur wässerigen Milchsaft in geringer Menge vorfand, so glaubt er, der Milchsaft spiele eine direkte wichtige Rolle in der Ernährung der Pflanze.

Faivre (1879, S. 269 und 369) beobachtete ferner Auftreten des Milchsaftes in größerer oder geringerer Menge, je nach der Gunst oder Ungunst der Assimilationsbedingungen. Bei Verdunkelung schwand der Milchsaft ähnlich wie die Reservestärke. Wurden die Pflanzen nachtäglich wieder ans Licht gebracht, so stellte

sich auch bald der Milchsaft wieder ein. Faivre sieht hierin ein weiteres Argument für den Reservestoffcharakter des Milchsaftes. Faivre kommt somit zu Resultaten, die den Ergebnissen Hansteins gerade entgegengesetzt sind.

Schullerus (1882, S. 27) verfolgte mit anderen Objekten gleiche Ziele wie Faivre. Als Versuchspflanzen dienten ihm *Euphorbia Lathyris* und einige verwandte Pflanzen. Hielt er die Pflanzen einige Zeit in kohlensäurefreier Luft, so fand sich in den Milchröhren der Wurzeln und der unteren Stengelteile nur wenig Milchsaft, in den oberen Teilen blieb der Milchsaft erhalten. Zog er seine Kulturen im Dunkeln oder bei erhöhter Temperatur auf, so schwand der Milchsaft bis auf einen geringen Rest. Wasserkulturen von *Euphorbia Lathyris,* an denen er die genannten Versuche wiederholte, lieferten gleiche Ergebnisse. Umschloß er die Pflanzen mit einem Glasballon, der reinen Sauerstoff enthielt, so wurde der Milchsaft wasserklar, nur im Vegetationskegel und in den jüngsten Blättern behielt der Milchsaft sein normales Aussehen.

Bei diesen Versuchen nahm auch die Zahl der den Milchröhren von *Euphorbia* eigentümlichen Stärkestäbchen ab. In Pflanzen, die unter normalen Verhältnissen aufgewachsen waren, enthielten die Milchröhren der Blätter kleine, regelmäßige Stärkekörner; im Stengel zeichneten sich die Stärkestäbchen durch ihre Größe aus; an Orten kräftigen Wachstums nahmen die Stärkestäbchen oft auffallend unregelmäßige Formen an, die nach Schullerus auf Abschmelzungsvorgänge hinweisen.

Schullerus sieht deshalb wie Faivre in dem Milchsaft einen „Bildungssaft, welcher sich unmittelbar an den Wachstumsprozessen der Pflanze beteiligt“ und in den Milchröhren zu den Stellen, an welchen Neubildungen erfolgen, geleitet wird.

Für Bewegungen im Milchsafte sprechen auch einige Beobachtungen Schwendeners (1885, S. 323). Er fand bei *Euphorbia splendens* erst im Stengel die typische Knochenform der Stärkestäbchen. In den Wurzeln von *Euphorbia Peplus* und *Euphorbia Lathyris* zeigte die Milchröhrenstärke Anzeichen von Auflösung. Nach seiner Ansicht entstehen die Stärkestäbchen in den Blättern, erhalten auf ihrer Wanderung im Stengel die charakteristische Form und werden an den Orten des Verbrauches wieder aufgelöst. Die wiederholt gefundenen Anhäufungen von Stärkestäbchen entstehen nach ihm auf diesem Transport, wenn sich ein mechanisches Hindernis in den Weg stellt. Bei stark transpirierenden Keimpflänzchen von *Chelidonium majus* hat er Strömung in den Milchröhren gesehen.

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen dieser Forscher, die auf ein vikariierendes Eintreten der Milchröhren für Leitungsorgane hinweisen, suchten de Bary und Haberlandt auf dem Wege anatomischer Untersuchung festzustellen, welche Organe von den Milchröhren vertreten würden. De Bary (1877, S. 541) fand die Siebröhren bei einigen Milchsaftpflanzen weniger gut ausgebildet, so in den Wurzeln von Papaveraceen, Campanulaceen und Cichoriaceen. Besonders deutlich trat die Reduktion der Siebröh-

ren bei *Papaver Rhoeas* und *Argemone mexicana* hervor. Er hält deshalb eine Beteiligung der Milchröhren an der Ableitung der Assimilate, die gewöhnlich in den Siebröhren wandern, für möglich.

Haberlandt (1883, S. 51 u. 1909, S. 311) konstatierte bei einigen Euphorbiaceen Rückbildung des Leitparenchyms und glaubt deshalb, die Milchröhren unterstützten das Leitparenchym in der Ableitung der Kohlehydrate. Ferner fiel ihm die reichliche Verzweigung der Milchröhren unter der Palisadenschicht der Blätter auf. Oft legten sich die Milchröhren an büschelförmig zusammenneigende Palisadenzellen an, oder trichterförmige Sammelzellen vermittelten die Verbindung zwischen Palisaden und Milchröhren. Es wiederholten sich so die Ableitungsvorrichtungen, wie sie Haberlandt zwischen dem Assimilationssystem und den ableitenden Parenchymscheiden fand.

Pirotta und Marcatili (1885, S. 48) fanden gleiche Beziehungen der Milchröhren zum Assimilationsgewebe bei Ficus-Arten, Gaucher (1900, S. 241) bei weiteren Euphorbiaceen.

Haberlandt beobachtete bei *Euphorbia Myrsinites* und *Euphorbia Lathyris* Tüpfelverbindungen zwischen Milchröhren und Palisadenzellen. Ebenso sah Kienitz-Gerloff (1891, S. 19) Tüpfel zwischen Milchröhren und Parenchymzellen im Stengel von *Papaver somniferum, Euphorbia Cyparissias, Nerium Oleander* und im Blütenschafte von *Taraxacum officinale.*

Haberlandt sieht es deshalb als erwiesen an, daß in den Milchröhren ein Teil der stickstofflosen Assimilationsprodukte abgeleitet wird.

Nach den Ergebnissen dieser Forscher konnte es scheinen, als sei eine Erledigung der Milchröhrenfrage im Sinne einer ernährungsphysiologischen Funktion dieser Organe zu erwarten, bis die kritischen Untersuchungen Schimpers und Knieps die Mängel dieser Anschauung wieder scharf betonten. Schimper (1885, S. 771) hält die Hypothese Haberlandts nur dann für berechtigt, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

1. Die in den Milchröhren enthaltenen Kohlehydrate müssen bei Verdunkelung bald schwinden.

2. Es müssen bestimmte Lagebeziehungen zwischen Milchröhren und Assimilationszellen vorliegen.

3. Die in den Mesophyllzellen gebildeten Kohlehydrate müssen sich ähnlich zu den Milchröhren bewegen wie zu der Leitscheide.

Durch Verdunkelung erreichte er bei allen untersuchten *Euphorbia*-Arten vollständiges Schwinden der Stärke und Glukose aus der Leitscheide und den übrigen Zellen, während die Milchröhrenstärke keine Verminderung erfuhr. Nur bei *Euphorbia Peplus* trat nach zwölftägiger Verdunkelung eine merkliche Abnahme der Stärkestäbchen ein. Die anatomischen Beziehungen zu den Palisaden und den Mesophyllzellen hat er trotz eifrigen Suchens nicht auffinden können. Endlich nahmen die Kohlehydrate wie in milchsaftfreien Pflanzen ihren Weg zu der Leitscheide und

ließen die Milchröhren vollständig unberücksichtigt. Nur bei *Euphorbia Myrsinites* schien eine Ausnahme vorzuliegen.

Auf Grund dieser Ergebnisse spricht sich Schimper gegen eine Beteiligung der Milchröhren an der Ableitung der Kohlehydrate aus.

Da Kniep in seiner Dissertation (1905, S. 129) zu gleichen Resultaten kam, lehnt er ebenfalls die Hypothese Haberlandts ab.

Kniep prüfte auch die Ergebnisse der übrigen Forscher nach. Die widersprechenden Sätze, die Hanstein und Faivre auf Grund ihrer Ringelungsversuche aufstellten, machten eine Wiederholung notwendig. Kniep nahm die Ringelungsschnitte an wachsenden Zweigen von *Ficus carica* vor. Die Zweige wurden im Mai vor Beginn der Vegetation geringelt. In dem oberen Teile trat eine Entwickelung ein, die jedoch aufhörte, sobald das der Knospe beigegebene Nährmaterial verbraucht war. Die Neubildung wurde durch stetige Entfernung der Blätter verhindert. Die Entwickelung kam um so schneller zum Stillstand, je näher der Ringelungsschnitt der Knospe lag. Sie richtete sich also nach der Menge des Nährstoffes, die oberhalb der Ringelung aufgespeichert war. Das durch die Ringelung abgetrennte Stück starb allmählich ab. Es wurde somit keine Nahrung durch die markständigen Milchröhren zugeführt. Versuche mit *Ficus elastica* und *Ficus australis* bestätigten ebenfalls die Angaben Hansteins.

Der Annahme de Barys, die Milchröhren könnten stellvertretend die Funktion der Siebröhren übernehmen, geht Kniep in einer eingehenden anatomischen Untersuchung zahlreicher Milchsaftpflanzen nach. Im Stengel konnte er nirgends Rückbildung des Siebteils konstatieren. In der Wurzel fand er vereinzelte Fälle, in denen die Siebröhren bei reich ausgebildetem Milchröhrensystem nur in geringer Zahl auftraten. Diese Reduktion der Siebröhren ist einigen Milchsaftpflanzen gemeinsam mit anderen, die keinen Milchsaft führen, sogar bei diesen zuweilen noch stärker ausgeprägt. Es handelt sich nach Kniep wohl um eine Eigenheit von Pflanzen mit fleischigen Wurzeln.

Kniep kommt deshalb zu der Schlußfolgerung, daß der anatomische Befund die Annahme des physiologischen Ersatzes der Siebröhren durch Milchröhren nicht rechtfertige.

Wie wir hörten, erblickten Faivre und Schullerus in dem Wässerigwerden des Milchsaftes einen Beweis für die Reservestoffhypothese. Kniep macht dagegen geltend, das gesteigerte Wachstum führe zu einer Volumenvergrößerung der Milchröhren und damit zu einer Verteilung der festen Bestandteile des Milchsaftes auf eine viel größere Wassermenge. Der Milchsaft könne somit wässerig werden, obgleich die absolute Menge der in ihm enthaltenen Stoffe sich nicht geändert habe. Außerdem könnten dem Milchsafte Stoffe entnommen werden für den Aufbau und die Ernährung sowie für die Atmungstätigkeit der Milchröhren, ohne daß andere Gewebe Nährstoffe aus ihnen bezögen.

Aus der neuesten Zeit liegen größere Arbeiten zur Milchsaftfrage von Bernard und Tobler vor. Bernard (1910, S. 235) untersuchte junge Pflänzchen von *Papaya*. Nach achttägiger Verdunkelung enthielten sie geringe Mengen wässerigen Milchsaftes. Die Eiweißstoffe waren fast vollständig verschwunden. In den am Lichte gehaltenen Kontrollpflanzen fand sich reichlich dickflüssiger Milchsaft mit hohem Eiweißgehalt. In den Milchröhren von *Euphorbia thymifolia* nahm die Stärke bei Verhinderung der Assimilation ab, zeigte sogar Spuren von Korrosion [1]). In Früchten nahmen mit zunehmender Reife die Eiweißstoffe des Milchsaftes ab. In den Vegetationspunkten traf Bernard wässerigen Milchsaft an. In einiger Entfernung von der Spitze war der Milchsaft reich an Nährstoffen. Die Menge des Nährmaterials schien ihm zu groß zu sein, um allein für die Milchröhren Verwendung zu finden.

Nach Tromp de Haas (1910, S. 443) dienen die Eiweißstoffe, die er am Ende der Zapfungsperiode besonders häufig fand, zur Wundverheilung.

Tobler (1914, S. 265) untersuchte den helleren und den dickeren Milchsaft von *Mascarenhasia elastica* auf den Gehalt an festen Bestandteilen. Der weiße Saft zeichnete sich vor dem wässerigen durch größeren Substanzreichtum aus. In der feuchten Jahreszeit enthielten die Pflanzen reichlicher dickflüssigen Milchsaft als in der trockenen Zeit. Die oberen gut ernährten Triebe führten reichlicheren Milchsaft als die Wurzelschosse. In den Blättern stieg die Dichtigkeit des Milchsaftes mit der Länge der Besonnung und überhaupt im Laufe des Tages. Bei Ringelungsversuchen verhielt sich der Milchsaft ähnlich wie die Stärke. Doch wurde der Milchsaft erst später angegriffen. Die Neubildung des Milchsaftes stand deutlich im Zusammenhang mit den Stellen der Assimilation.

Nach Tobler ist in einigen Fällen der Nachweis erbracht, daß der Milchsaft neben anderm auch Nährstoffe gespeichert biete.

Eine Bestätigung ihrer Ansicht finden Bernard und Tobler in dem Vorkommen von Enzymen in den Milchröhren, wie sie besonders von Hansen (1888, S. 266), Molisch (1901, S. 60) und neuerdings von Bruschi (nach Tobler 1914, S. 269) nachgewiesen wurden. Molisch (1901, S. 81) macht ferner aufmerksam auf die außerordentlich feine Verteilung der festen Materie im Milchsafte und die daraus resultierende ungeheure Oberfläche, wodurch chemische Reaktionen bedeutend gefördert werden könnten.

Wenn wir von der interessanten ökologischen Wertung der Milchröhren, die nicht in den Rahmen dieser Arbeit fällt, absehen, so sind den Milchröhren hauptsächlich zwei Funktionen zugewiesen worden. Einige Forscher sehen in den Milchröhren Leitungsorgane, die entweder das Leitparenchym oder die Siebröhren entlasten. Nach der zweiten Hypothese sind die Milchröhren Speicherorgane.

---

[1]) Vgl. auch Treub (1883, S. 37). Bruschi tritt neuerdings wieder für die Unlöslichkeit der Milchröhrenstärke ein. Die Arbeit war mir leider nicht zugänglich. Ich zitiere nach Tobler (1914, S. 269).

Beiden Auffassungen stehen jedoch so erhebliche Bedenken gegenüber, daß keine als bewiesen gelten kann. Ein Unterschied könnte vielleicht insofern zulässig sein, als die Einwände gegen die erste Hypothese schwerwiegender erscheinen als die, welche gegen die Teilnahme der Milchröhren an der Stoffspeicherung geltend gemacht werden. Ein allgemein gültiger Nachweis der zweiten Ansicht ist jedoch ebenfalls nicht erbracht.

II. Ziel der Arbeit.

Der Frage, ob die Milchröhren an der Stoffleitung beteiligt sind, suchte ich auf einem anderen Wege näher zu treten. Ich suchte leicht erkennbare Stoffe — am nächsten lag es wohl, Farbstoffe zu wählen — in die Milchröhren einzuführen, um aus ihrem Verbleib einen experimentellen Beweis für oder gegen die Stoffleitungshypothese zu gewinnen. Ließ sich dort ein rasches, also nicht durch Diffusion befriedigend erklärbares Fortschreiten des Farbstoffes konstatieren, so war der Nachweis einer Stoffleitung erbracht. Im gegenteiligen Falle, wenn eine Leitung der eingeführten Stoffe nicht stattfindet, ist damit, wenn auch kein abschließender Beweis, so doch ein nicht zu übersehendes Argument gegen die Teilnahme der Milchröhren an der Stoffleitung erbracht. Gibt es nun Farbstoffe, welche in die Milchröhren eindringen und dort mit Sicherheit erkannt werden können? Läßt sich eine Bewegung dieser Farbstoffe konstatieren? Auf welchem Wege wird der Farbstoff den Milchröhren zugeführt? Auf diese Fragen suchen die nachstehend mitgeteilten Untersuchungen die Antwort zu geben.

III. Untersuchung der geeigneten Farbstoffe und Prüfung der Versuchsobjekte.

Die erste Prüfung der Farbstoffe wurde an dünnen Schnitten vorgenommen, die kurze Zeit in die Farbstofflösung getaucht und dann in Wasser ausgewaschen wurden. Da auf diesem Wege keine günstigen Resultate erzielt wurden und anderseits nach den Untersuchungen Küsters (1912, S. 261) und Ruhlands (1912, S. 376) es nicht als wahrscheinlich gelten konnte, daß die so gefundenen Ergebnisse an Pflanzen, die nach dem Beispiele der genannten Forscher mit der Schnittstelle in die Lösung getaucht wurden, stets wiederkehren würden, ging ich schon bald zu der angedeuteten Methode Küsters und Ruhlands über. Die Pflanzenstengel wurden unter Wasser abgeschnitten und etwa 4 cm in die Lösung getaucht, wo sie gewöhnlich mehrere Tage verblieben. Nur ausnahmsweise fand die mikroskopische Untersuchung bereits nach 24 oder 48 Stunden statt. Es wurden ausschließlich wässerige Lösungen benutzt. Die Konzentration bewegte sich anfangs innerhalb der Grenzen 1 : 5000 und 1 : 20 000, später wählte ich stets die Konzentration 1 : 10 000. Bei der Untersuchung wurden Schnitte von Milchröhren führendem Gewebe genommen und diese mikroskopisch geprüft.

Als Versuchspflanzen dienten *Taraxacum officinale* Web. (Wurzelstücke), *Sonchus oleraceus* L., *Chelidonium majus* L., *Papaver Rhoeas* L., *Papaver somniferum* L. und *Papaver orientale* L. (Stengelteile). In der Wurzel von *Taraxacum* fand sich nur an der Schnittstelle Färbung in den Milchröhren. Die Blätter erlagen schnell der schädigenden Wirkung der Farbstoffe. Auch *Sonchus oleraceus* zeigte sich wenig widerstandsfähig. Bei *Chelidonium majus* trat keine Färbung in den Milchröhren auf. Zu günstigen Resultaten führten die Versuche mit den genannten *Papaver*-Arten, an denen der erste Teil der folgenden Untersuchungen ausgeführt wurde.

Für die folgende Übersicht über die geprüften Farbstoffe wurde Schultz, Farbstofftabellen 1914 benutzt. Die Farbstoffe waren bezogen aus den chemischen Fabriken von E. Merck in Darmstadt, Dr. G. Grübler in Leipzig und Schuchardt in Görlitz

Verzeichnis der benutzten Farbstoffe.

Nitrofarbstoffe:

Aurantia (Herkunft unbekannt). Martiusgelb (Merck). Naphtolgelb S (Merck).

Azofarbstoffe:

Azorubin (Grübler). Bismarckbraun (Grübler). Bordeauxrot (Merck). Coccinin (Grübler). Congorot (Merck). Crocein (Grübler). Goldgelb (Schuchardt). Methylorange (Merck). Naphtolschwarz (Grübler). Orangegelb (Grübler).

Diphenylmethanfarbstoff:

Auramin (Merck).

Triphenylmethanfarbstoffe:

Anilinblau (Grübler). Fuchsin (Schuchardt). Fuchsin S (Grübler). Jodgrün (Grübler). Magentarot (Grübler). Malachitgrün (Merck). Methylblau (Schuchardt). Säuregrün (Grübler).

Pyroninfarbstoffe:

Eosin (Herkunft unbekannt). Erythrosin (Merck). Fluorescein (Merck). Phloxin BBN (Merck). Rose bengale (Merck).

Akridinfarbstoff:

Chrysanilin (Merck).

Thiobenzenylfarbstoff:

Primulin (Merck.)

Thiazine:

Methylenblau (Grübler). Methylengrün (Merck).

Azine:

Magdalarot (Merck). Safranin (Grübler).

In dem folgenden Auszuge aus dem Versuchsprotokoll sind die gefundenen Färbungserscheinungen notiert, ohne daß zwischen der Färbung der Membran und des Zellinhalts ein Unterschied gemacht ist. Wenn Milchröhrenfärbung verzeichnet ist, so handelt es sich stets um Speicherung des Farbstoffes im Milchröhreninhalt. Die Versuche sind an *Papaver somniferum* L. bis auf die angeführten Ausnahmen bei der Konzentration 1 : 10 000 ausgeführt worden. Die Zeitangabe hinter der Farbstoffbezeichnung zeigt an, wie lange die Versuchsobjekte in der Lösung standen.

Übersicht über einige Färbungsergebnisse.

Aurantia. 5 Tage.

Sklerenchymscheide der Gefäßbündel an einigen Stellen gefärbt. Anscheinend einmal schwache Milchröhrenfärbung.

Martiusgelb. 3 Tage.

Sklerenchymscheiden einigemal gelb. Milchröhren nicht gefärbt.

Naphtolgelb S. 2 Tage.

Sklerenchymscheiden und benachbartes Grundgewebe kräftig gelb gefärbt. Phloem stellenweise schwach gelblich. Färbung des Milchröhreninhalts nirgends mit Sicherheit erkennbar.

Bismarckbraun. 4 Tage.

An wenigen Stellen schwache Färbung der Sklerenchymscheiden. Anscheinend einigemal schwache Milchröhrenfärbung.

Congorot. 4 Tage.

Gefäßwände teilweise gerötet. Im übrigen Gewebe keine Färbung.

Methylorange. 4 Tage.

Schwache Färbung der Sklerenchymscheide. Bei der Konzentration 1 : 5000 einigemal Milchröhrenfärbung.

Naphtolschwarz. 4 Tage.

Gefäßwandungen teilweise gefärbt. Anscheinend zuweilen schwaches Eindringen des Farbstoffes in die benachbarten Gewebeteile.

Orangegelb. 5 Tage.

Wiederholt kräftige Färbung im Grundgewebe. Sklerenchymscheide und Siebröhren schwach, Milchröhren nicht gefärbt.

Auramin. 5 Tage.

Sklerenchymscheiden und Milchröhren meist stark gefärbt, Grundgewebe und Siebteil schwächer. Milchsaft fließt gefärbt aus.

Anilinblau (wasserlöslich). 4 Tage.

Nur an Gefäßwandungen Anzeichen von Färbung.

Fuchsin. 5 Tage.

Sklerenchymscheide meist kräftig gefärbt; Grundgewebe und Phloem schwächer oder nicht gefärbt. Einigemal Milchröhrenfärbung.

Jodgrün. 3 Tage.

Sklerenchymscheiden grün. Schwache Färbung in einigen Milchröhren.

Eosin. 3 Tage.

Deutliche Färbung in Milchröhren und Sklerenchymscheiden. Phloem schwach gerötet.

Erythrosin. 2 Tage.

Milchröhren und Geleitzellen kräftig rot. Siebröhren schwach gefärbt. Ausnahmsweise schwache Färbung in der Sklerenchymscheide und dem Grundgewebe.

Fluorescein. 3 Tage.

In Milchröhren und Siebröhren keine Färbung. Wässeriger Milchsaft fließt aus. Grundgewebe kräftig gefärbt, Sklerenchymscheide selten und schwach.

Phloxin BBN. 2 Tage.

Milchröhren und Geleitzellen rot, Siebröhren schwächer gefärbt. Grundgewebe und Sklerenchymscheide fast immer ohne Färbung.

Rose bengale. 4 Tage.

Milchröhren lebhaft rot, desgleichen die Geleitzellen. Siebröhren nicht oder sehr schwach gefärbt. Sklerenchymscheide und Grundgewebe ungefärbt.

Chrysanilin. 4 Tage.

Im Grundgewebe, den Sklerenchymscheiden und den Milchröhren an einigen Stellen Färbung.

Primulin. 5 Tage.

Einigemal Färbung in der Sklerenchymscheide. Milchröhren anscheinend stellenweise schwach gefärbt.

Methylenblau. 6 Tage.

An mehreren Stellen starke Speicherung des Farbstoffes in den Milchröhren. Sklerenchymscheiden deutlich gefärbt, Grundgewebe und Phloem schwächer.

Magdalarot. 7 Tage.

Einigemal Gefäßwandungen gefärbt. Milchröhren und übriges Gewebe ungefärbt.

Safranin. 2 Tage.

Grundgewebe, Siebröhren und Milchröhren meist deutlich, Sklerenchymscheiden stark gefärbt.

Man könnte die geprüften Farbstoffe in drei Klassen einteilen. Zu der ersten Klasse gehören die Farbstoffe, welche nicht von den Gefäßen in das übrige Gewebe eindringen, bzw. dort nicht gespeichert werden, z. B. Congorot.

Die Farbstoffe der zweiten Gruppe sind nicht in den Milchröhren zu erkennen, wohl aber in anderen Gewebeteilen. Hierher gehören hauptsächlich Naphtolgelb S, Orangegelb und Fluorescein.

An dritter Stelle sind die Farbstoffe zu nennen, welche neben der Färbung anderer Gewebeteile eine mehr oder minder starke und häufige Färbung der Milchröhren bewirken.

Aus dieser letzten Gruppe war der Farbstoff für die folgenden Untersuchungen zu wählen. Bei dieser Wahl wurden besonders zwei Gesichtspunkte berücksichtigt.

1. Der Farbstoff mußte in den Milchröhren an zahlreichen Stellen deutlich erkennbar sein.

2. Sehr erwünscht war, daß der Farbstoff das übrige Gewebe vollständig oder fast vollständig ungefärbt ließ.

Der ersten Bedingung genügten in vorzüglicher Weise Auramin, Eosin, Erythrosin, Phloxin BBN und Rose bengale, an zweiter Stelle Methylenblau und Safranin. Die Wirkungsweise von Auramin veranschaulicht die erste Tabelle. Über die genannten Pyroninfarbstoffe orientieren die Tabellen 2—5.

Tabelle 1.

Versuchspflanze Nr. 1: *Papaver somniferum* L[1]).
Länge der Pflanze[2]): 41,4 cm. Farbstoff: Auramin 1 : 10000.
Eintauchtiefe: ca. 4 cm. Versuchsdauer: 5 Tage.

Höhe[2])	Färbung in			
	Milchröhren	Siebteil	Sklerenchymscheide	Grundgewebe
9,6	kräftig	deutlich	deutlich	deutlich
13,7	kräftig	deutlich	deutlich	deutlich
20,9	deutlich	deutlich	deutlich	schwach
26,9	deutlich	schwächer	deutlich	schwach
37,2	schwächer	fehlt	schwächer	schwach

Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, war das Gewebe ziemlich gleichmäßig von dem Farbstoff durchtränkt, wobei jedoch eine allmähliche Abnahme von unten nach oben zu bemerken war. Am äußersten Ende (41,4 cm) unterblieb hier wie in andern Fällen die Untersuchung, weil dort die Pflanzen vielfach vertrocknet waren.

[1]) Die eingehender besprochenen Pflanzen sind mit einer fortlaufenden Nummer versehen.

[2]) Als Länge der Pflanze ist in den Tabellen die Entfernung des Vegetationspunktes, als Höhe der Abstand der Untersuchungsstelle von der Eintrittsstelle der Lösung bezeichnet. Die Zahlen in den Tabellen geben somit diese Entfernungen in Zentimetern an.

Der Milchsaft war stark gelb gefärbt. Auffälligerweise floß der gefärbte Milchsaft noch lebhaft aus. Die Pflanzen wurden durch Auramin anscheinend weniger geschädigt als durch andere Farbstoffe. Versuche mit *Papaver Rhoeas* ergaben gleiche Resultate.

Tabelle 2.

Versuchspflanze Nr. 2: *Papaver somniferum* L.
Länge der Pflanze: 41,6 cm. Farbstoff: Eosin 1 : 10000.
Eintauchtiefe: ca. 4 cm. Versuchsdauer: 3 Tage.

Höhe	
6,2	Sklerenchymscheide, Siebteil und Milchröhren rosa. Stärkere Färbung der Geleitzellen zweifelhaft.
13,7	Sklerenchymscheide und Milchröhren deutlich rot, Siebröhren schwächer, Geleitzellen wie vorhin.
22,9	Sklerenchymscheide und Milchröhren deutlich, Siebröhren und Geleitzellen schwach gefärbt.
35,8	Sklerenchymscheide und Siebteil schwach gefärbt, Milchröhrenfärbung zweifelhaft.

Tabelle 3.

Versuchspflanze Nr. 3: *Papaver somniferum* L.
Länge der Pflanze: 32,9 cm. Farbstoff: Erythrosin 1 : 10000.
Eintauchtiefe: ca. 4 cm. Versuchsdauer: 2 Tage.

Höhe	
5,6	Milchröhren und Geleitzellen kräftig gefärbt, Siebröhren etwas schwächer. Übriges Gewebe nicht rot.
14,4	Milchröhren und Geleitzellen deutlich, Siebröhren schwächer gefärbt. Sklerenchymscheide und Grundgewebe zuweilen schwach gerötet.
24,1	Milchröhren fast immer leer. Wenn Inhalt vorhanden, gefärbt. Geleitzellen gefärbt, Siebröhren schwächer. Übriges Gewebe ohne Färbung.
28,7	Milchröhren und Geleitzellen, deutlich gefärbt, Siebröhren schwächer. Einigemal schwache Färbung der Sklerenchymscheide.

Tabelle 4.

Versuchspflanze Nr. 4: *Papaver somniferum* L.
Länge der Pflanze: 38,7 cm. Farbstoff: Phloxin BBN 1 : 10000.
Eintauchtiefe ca. 4 cm. Versuchsdauer: 3 Tage.

Höhe	
5,3	Milchröhren und Geleitzellen deutlich gefärbt, Siebröhren schwächer, Sklerenchymscheide schwach.
13,5	Milchröhren und Geleitzellen deutlich rot. Siebröhren und Sklerenchymscheide schwach gefärbt.
23,9	Milchröhren selten deutlich gefärbt. Geleitzellen rot. Färbung der Siebröhren nicht mit Sicherheit zu erkennen. Sklerenchymscheide nicht gefärbt.
32,1	Milchröhrenfärbung zweifelhaft. Geleitzellen gefärbt. Siebröhren in einigen Bündeln schwach rosa. Sklerenchymscheide nicht gefärbt.

Tabelle 5.

Versuchspflanze Nr. 5: *Papaver somniferum* L.
Länge der Pflanze: 58,1 cm. Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000.
Eintauchtiefe: ca. 4 cm. Versuchsdauer: 5 Tage.

Höhe	
13,5	Milchröhren und Geleitzellen stark gefärbt. Siebröhren zweifelhaft. Grundgewebe und Sklerenchymscheide ungefärbt.
34,7	Milchröhren deutlich gefärbt, anscheinend auch Geleitzellen. Siebteil schwach rosa. Grundgewebe und Sklerenchymscheide ungefärbt.
45,1	Milchröhren rot. Geleitzellen zweifelhaft. Siebröhren, Sklerenchymscheide, Grundgewebe nicht gefärbt.
54,6	Milchröhren gefärbt. Geleitzellenfärbung zweifelhaft. Übriges Gewebe ohne Färbung.

Wie aus den Tabellen hervorgeht, speichern die Milchröhren diese Pyroninfarbstoffe in so erheblicher Menge, daß die Färbung leicht erkannt werden konnte. Die Speicherung fand im Milchsafte statt. Das Milchröhrenplasma schien an der Speicherung der Farbstoffe nicht beteiligt zu sein.

Es ließ sich bei keinem Farbstoffe erkennen, an welche Bestandteile des Milchsaftes die Färbung gebunden war. Eine Bevorzugung der gröberen, distinkt sichtbaren Teilchen schien nicht vorzuliegen. Ebensowenig habe ich Ausflockungsvorgänge beobachtet. Bei den basischen Farbstoffen (Auramin usw.) dürfte die Speicherung durch Bindung an die sauren [1]) Bestandteile des Milchsaftes bewerkstelligt werden. Wie die Speicherung der Säurefarbstoffe (Eosin, Erythrosin usw.) zustande kommt, bleibe dahingestellt. Es sei hier verwiesen auf die Hypothesen Ruhlands (1912, S. 385) über die analoge Speicherung von Säurefarbstoffen durch saure Zellsäfte.

Die bei *Papaver somniferum* meist gut ausgebildeten Geleitzellen nahmen ebenfalls starke Färbung an. Nur Eosin rief anscheinend weniger deutliche Färbung der Geleitzellen hervor. Bei dem plasmareichen Inhalt der Geleitzellen könnte die Speicherung hier vielleicht im Plasma erfolgen.

Im Grundgewebe habe ich fast nie, in der Sklerenchymscheide nur selten Färbung gefunden. Eosin, Erythrosin und Phloxin BBN riefen wiederholt schwache, aber noch erkennbare Färbung der Siebröhren hervor. Da Rose bengale auch die Siebröhren meistens ungefärbt ließ, habe ich zu den folgenden Untersuchungen ausschließlich diesen Farbstoff gebraucht.

Das benutzte Rose bengale war vor Jahren unter der Bezeichnung „Magdalarot“ von E. Merck in Darmstadt geliefert worden. Bei der von Merck freundlichst vorgenommenen Nachuntersuchung erwies sich der Farbstoff als das Kaliumsalz des Tetrajodtetrachlorfluoresceins, das als Rose bengale bezeichnet wird.

[1]) Nach Molisch (1901, S. 44) reagiert der Milchsaft gewöhnlich sauer, sehr selten amphoter und niemals alkalisch.

IV. Versuche mit Papaver.

Im Stengel von Papaver stehen die Milchröhren im Phloem der Gefäßbündel. Berührungsstellen zwischen Gefäßen und Milchröhren scheinen hier nicht vorzukommen. Mit den Gefäßbündeln treten die Milchröhren in die Blätter und Fruchtknoten bzw. Samenkapseln ein. Hier endigen die Milchröhren in ein reich verzweigtes Netz, wobei sich gelegentlich Berührungsstellen mit Tracheiden finden (vgl. auch de Bary 1877, S. 450). In den Narbenstrahlen von *Papaver Rhoeas* fand ich an höchster Stelle Tracheiden, etwas tiefer oft unmittelbar neben ihnen Milchröhren.

Für meine Versuche benutzte ich Freilandpflanzen aus dem botanischen Garten der Universität. Nach einigen orientierenden Versuchen wurde älteren Pflanzen mit bereits reifender Samenkapsel der Vorzug gegeben. Die Konzentration 1 : 10 000 wurde beibehalten. Es sei jedoch vermerkt, daß bereits die Konzentration 1 : 100 000 sichere Milchröhrenfärbung bewirkte.

Die beiden folgenden Tabellen geben eine eingehende Übersicht über die Resultate bei den benutzten Papaver-Arten.

Tabelle 6.

Versuchspflanze Nr. 6: *Papaver Rhoeas* L.
Länge der Pflanze: 36,7 cm. Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000.
Eintauchtiefe: ca. 4 cm. Versuchsdauer: 24 Stunden.

Höhe	Grundgewebe und Sklerenchymscheide	Siebröhren	Gefäß-wandungen	Milchröhren
8,2	ungefärbt	ungefärbt	rot	teils leer teils rotbraun
13,5	ungefärbt	?	rot	rotbraun
22,4	ungefärbt	ungefärbt	rot	rot
26,7	ungefärbt	schwach rosa	rot	rot
29,8	ungefärbt	rosa	rot	teils rot teils rotbraun

Tabelle 7.

Versuchspflanze Nr. 7: *Papaver somniferum* L.
Länge der Pflanze: 62,7 cm. Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000.
Eintauchtiefe: ca. 3 cm. Versuchsdauer: 7 Tage.

Höhe	Grundgewebe und Sklerenchymscheide	Sieb-röhren	Gefäßwan-dungen	Geleit-zellen	Milchröhren	
					Längs-schnitt	Quer-schnitt
11,7	ungefärbt	—	rot	rot	teils rot teils leer	leer
26,3	ungefärbt	rosa	rot	rot	leer	leer
35,4	ungefärbt	?	rot	rot	rotbraun	rot
45,8	ungefärbt	ungefärbt	rot	rot	braun	rotbraun
59,2	ungefärbt	ungefärbt	rotbraun	rotbraun	braun	rotbraun bis braun

Die Färbung der Gefäßwandungen trat nur ausnahmsweise bei allen Gefäßen auf. Nach oben zu nahm die Zahl der gefärbten Gefäße gewöhnlich ab. Meistens war nur in einem Teile der Bündel Färbung zu finden; außerdem lagen in dem gleichen Bündel sehr oft rotgefärbte Gefäße neben ungefärbten. Ich habe Gefäßbündel getroffen, in denen nur ein Gefäß Anzeichen von Färbung aufwies. Die Ursache dieses unregelmäßigen Verhaltens dürfte wohl darin zu suchen sein, daß die Gefäße infolge des in ihnen herrschenden negativen Druckes beim Durchschneiden des Stengels Milchsaft aufsaugen und dadurch verstopft werden. Zuweilen nahmen Gefäße vielleicht infolge eines Zersetzungsprozesses Braunfärbung an. Die Rotfärbung in den Gefäßbündeln war vielfach schon mit unbewaffnetem Auge zu erkennen.

In den Parenchymzellen des Grundgewebes unterblieb die Färbung. Mit Sicherheit ließ sich der Farbstoff auch nicht in den Sklerenchymscheiden der Gefäßbündel erkennen. Die Siebröhren waren manchmal schwach gerötet, während sie in anderen Fällen gänzlich ungefärbt blieben.

An den Milchröhrenwandungen war keine Färbung erkennbar, der Inhalt war deutlich gefärbt. Die Färbung war hier oft intensiver als an den Gefäßwandungen. Es fanden sich sogar Stellen, an denen die Milchröhren den Farbstoff deutlich gespeichert hatten, ohne daß die Wandungen der benachbarten Gefäße Spuren von Rot aufwiesen. Neben den gefärbten Milchröhren lagen vielfach ungefärbte und leere. Ein festes Zahlenverhältnis zwischen gefärbten und nicht gefärbten Milchröhren schien nicht zu bestehen. Es geben jedoch auch die Querschnitte, die für die Zählung der Milchröhren allein in Betracht kommen, schon deshalb keine einwandfreien Resultate, weil der Inhalt aus den kurzen Milchröhrenstücken beim Schneiden leicht entfernt wird. In einigen Fällen habe ich Anastomosen zwischen gefärbten und nicht gefärbten Milchröhren gesehen. Auch in der gleichen Röhre traten Unterschiede in der Färbung auf. So konnte ich einigemal den Übergang von Rot zu Braun und von Rot zu dem normalen Farbton der Milchröhren beobachten.

Kontraktion des Inhaltes war in manchen Fällen nicht eingetreten. Nur durch die Rotfärbung unterschieden sich solche Milchröhren von den nicht gefärbten. Gewöhnlich jedoch war der gefärbte Milchsaft zusammengeschrumpft. Er lag dann entweder als langer Schlauch lose in der Röhre oder die Kontraktion war nach einzelnen Abschnitten erfolgt, sodaß Teile der Röhre vollständig milchsaftfrei waren. In einigen Fällen verband eine schwache Brücke aus Milchsaft oder Plasma solche getrennte Teile. In diesen Verbindungsstücken blieb die Färbung zweifelhaft, vielleicht deshalb, weil die Schicht nicht dick genug war, um die Färbung zu erkennen.

Auch sonst war nicht immer mit Sicherheit festzustellen, ob der Milchröhreninhalt Färbung angenommen hatte oder nicht. Es kamen Übergänge von schwachem Rosa bis zu dunklem Rotbraun vor. An beiden Grenzen blieb die Färbung manchmal zweifelhaft.

Die Rotbraunfärbung, die gelegentlich in deutliches Braun überging, könnte vielleicht von Zersetzungsvorgängen herrühren. Denkbar wäre auch eine verschiedenartige Beteiligung von Milchsaft und Plasma.

Die Rotfärbung der Gefäße ließ sich bis in die Samenkapsel verfolgen. Die Milchröhren waren noch unter der Kapsel gefärbt. In der Kapsel fanden sich in einigen Fällen rote Milchröhren. Einmal waren die Milchröhren in der Narbe bis in die höchsten Enden braunrot, gewöhnlich lag hier keine oder doch keine sichere Färbung vor.

In den Geleitzellen der Siebröhren trat die Färbung etwa gleich stark auf wie in den Milchröhren. Auch hier erschien der ganze Zellinhalt gefärbt.

Die bisherigen Untersuchungen legen die Vermutung nahe, der Farbstoff werde in den Milchröhren selbst emporgeleitet. Um festzustellen, ob eine solche Leitung bloß zum Vegetationspunkte hin erfolge, oder ob sie auch basipetal vor sich gehen könne, wurden die Sproßstücke umgekehrt in die Lösung getaucht, nachdem Sproßspitze wie Wurzel abgeschnitten waren. Die Sprosse mußten an der Eintrittsstelle der Lösung hinreichend stark entwickelt sein. Anderenfalls schrumpfte das Gewebe an der Schnittstelle zusammen, bevor die Lösung in genügender Menge aufgenommen war.

Die Ergebnisse eines Versuches enthält die folgende Tabelle.

Tabelle 8.

Versuchspflanze Nr. 8: *Papaver Rhoeas* L.
Länge der Pflanze: 29,4 cm. Farbstoff: Rose bengale 1 : 7500.
Eintauchtiefe: ca. 2 cm. Versuchsdauer: 4 Tage.
Umgekehrte Einstellung.

Höhe	
8,2[1])	Gefäße schwach rot. Milchröhren sämtlich stark gefärbt. Siebröhren und Grundgewebe nicht gefärbt.
14,5	Milchröhren rot. Gefäße schwächer oder nicht gefärbt. Siebröhren und Grundgewebe ohne Färbung.
19,2	Milchröhren rot oder rotbraun. Gefäßwandungen schwächer. Siebröhren sehr schwach, Grundgewebe nicht gefärbt.
28,7	Milchröhren rot oder rotbraun. Gefäßwandungen teils rot, teils nicht gefärbt. Grundgewebe und Siebröhren ohne Färbung.

Die Färbung des Milchröhreninhaltes war ebenso intensiv wie bei aufrecht stehenden Pflanzen. Bei *Papaver somniferum* färbten sich auch die Geleitzellen deutlich, während die Siebröhren bei beiden Papaver-Arten nur gelegentlich einen rötlichen Farbton annahmen. Die Gefäße waren wie früher nur zum Teile gefärbt. Das Grundgewebe blieb ungefärbt. In der Sklerenchymscheide

[1]) Auch bei umgekehrt eingestellten Pflanzen geben die Zahlen die Entfernung der Untersuchungsstelle von der Eintrittsstelle der Lösung an.

von *Papaver somniferum* fand ich einmal in einem Bündel schwache Färbung.

Einigemal verblieben an umgekehrt eingestellten Sprossen Seitenzweige, die nicht in die Lösung getaucht wurden. Das Ergebnis war folgendes:

Versuchspflanze Nr. 9: *Papaver Rhoeas L.*

Länge des Hauptsprosses: 21,7 cm, des Seitensprosses: 20,4 cm. Insertionsstelle des Seitenzweiges: 18,8 cm über der Eintrittsstelle der Lösung. Farbstoff: Rose bengale 1 : 10 000. Versuchsdauer: 3 Tage. Eintauchstiefe: 2 cm. Umgekehrte Einstellung.

Milchröhrenfärbung im Hauptsproß: wiederholt zwischen 7,2 und 19,3 cm, im Seitenzweige: bei 11,5 cm und anscheinend in der Narbe der Kapsel (20,4 cm).

Der Farbstoff fand sich also auffälligerweise in den Milchröhren an der Basis und in den Milchröhren der an der Basis abgehenden Seitenzweige, sodaß es den Anschein hatte, als könne die Bewegung des Farbstoffes in den Milchröhren ebensowohl zum Vegetationspunkte hin wie in basipetaler Richtung erfolgen.

Wurden die Versuche in der Dunkelkammer angestellt, so ließ sich weder bei *Papaver Rhoeas* noch bei *Papaver somniferum* eine Abnahme der Milchröhrenfärbung konstatieren. Im Gegenteil trat eher eine Verstärkung ein, was jedoch wohl darauf zurückzuführen ist, daß die Pflanzen in der Dunkelkammer weniger schnell vertrockneten.

Die nächsten Untersuchungen bezweckten, die Beziehungen der Färbungserscheinungen zur Transpiration zu klären. Bei den ersten Versuchen verminderte ich die transpirierende Fläche durch die Entblätterung der Stengel. Die Ergebnisse enthält das folgende Versuchsprotokoll.

Versuchspflanze Nr. 10 und 11: *Papaver Rhoeas* L.

Entblätterte Stengel. Farbstoff: Rose bengale 1 : 20 000. Eintauchtiefe: 2 cm. Versuchsdauer: 5 Tage.

Pflanze Nr. 10. Länge 37,8 cm. Gefäße und Milchröhren gefärbt bis unter die Samenkapsel (35,2 cm). In der Kapsel keine Färbung.

Pflanze Nr. 11. Länge 59,3 cm. Färbung von Gefäßen und Milchröhren bis 56,4 cm. In der Samenkapsel Gefäße schwach rot, Milchröhrenfärbung zweifelhaft.

Versuchspflanze Nr. 12 und 13: *Papaver somniferum* L.

Entblätterte Stengel. Farbstoff: Rose bengale 1 : 10 000. Eintauchtiefe ca. 4 cm. Versuchsdauer: 7 Tage. Umgekehrte Einstellung.

Pflanze Nr. 12. Länge 50,8 cm. Gefäße, Milchröhren und Geleitzellen gefärbt bis 47,7 cm.

Pflanze Nr. 13. Länge 42,6 cm. Deutliche Färbung von Gefäßen und Milchröhren bis 36,8 cm. Geleitzellen zweifelhaft.

Wie ersichtlich ist, gelang es durch Entblätterung nicht, die Färbung der Milchröhren zu schwächen. Die Anzahl der gefärb-

ten Milchröhren wie die Intensität der Färbung änderte sich nicht merklich.

Weder bei Herabsetzung der Assimilation durch Entblätterung der Stengel noch bei völliger Unterdrückung in der Dunkelkammer war also eine Verminderung der tingiblen Stoffe festzustellen. Es dürften somit wenigstens keine färbbaren Stoffe dem Milchsafte für die Ernährung der Pflanze entzogen worden sein.

Um eine erheblich stärkere Verminderung der Transpiration zu erreichen, wurden die Pflanzen in eine feuchte Kammer eingeschlossen. Gleichzeitig standen Pflanzen in gleich konzentrierter Lösung an der atmosphärischen Luft. Das Ergebnis beider Versuche ist aus den drei folgenden Tabellen zu ersehen.

Tabelle 9.

Versuchspflanze Nr. 14—21: *Papaver Rhoeas* L.
Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000. Eintauchtiefe: ca. 3 cm.
Versuchsdauer: 7 Tage.

	Nummer der Pflanze	Länge der Pflanze	Höchste Gefäßfärbung	Höchste Milchröhrenfärbung	
in feuchter Kammer	14	56,8	5,9	5,9	
	15	40,7	9,3	4,9	9,3?
	16	42,2	5,6	3,3	5,6?
	17	37,7	8,2	8,2	13,1?
	18	45,0	7,8?	3,6	
in atmosph. Luft	19	39,1	34,9	34,9	
	20	41,2	33,8	33,8	
	21	31,5	29,1	29,1	

Tabelle 10.

Versuchspflanze Nr. 14: *Papaver Rhoeas* L.
Länge der Pflanze: 56,8 cm. Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000.
Eintauchtiefe: ca. 3 cm. Versuchsdauer 7 Tage in feuchter Kammer.

Höhe	Gefäßwandungen	Siebröhren	Milchröhren
3,8	schwach rot	ungefärbt	an 5 Stellen rot
5,9	dickere Schichten schwach rot	ungefärbt	an 1 Stelle rot
11,1	ungefärbt	ungefärbt	ungefärbt
27,9	ungefärbt	ungefärbt	ungefärbt
44,7	ungefärbt	ungefärbt	ungefärbt
55,1	ungefärbt	ungefärbt	ungefärbt

Tabelle 11.

Versuchspflanze Nr. 19: *Papaver Rhoeas* L.
Länge der Pflanze: 39,1 cm. Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000.
Eintauchtiefe: ca. 3 cm. Versuchsdauer: 7 Tage in atmosph. Luft.

Höhe	Gefäßwandungen	Siebröhren	Milchröhren
6,1	rot	rosa	rot
12,8	rot	in einig. Bündeln rosa	rot
21,3	rot	ungefärbt	rot
34,9	rot	ungefärbt	rotbraun

Während die Kontrollpflanzen das frühere Ergebnis lieferten, drang der Farbstoff unter dem Einflusse der Wasserdampfatmosphäre nur wenig in die Pflanze ein. Der Versuch wurde noch mehrmals wiederholt. Stets war die Färbung nur in geringer Höhe in den Milchröhren zu finden. Versuche mit *Papaver somniferum* lieferten übereinstimmende Resultate. Die Färbung der Geleitzellen war hier etwa in gleichem Maße reduziert wie die der Milchröhren.

Bei einem Versuche wurden die Pflanzen nach dem Aufenthalt in dem feuchten Raume nur zum Teil untersucht. Ein Teil wurde in Lösung von Rose bengale an der atmosphärischen Luft gestellt. In diesen Pflanzen war nach vier Tagen an höher gelegenen Stellen Färbung von Gefäßen und Milchröhren zu erkennen. Jedoch vertrockneten die Pflanzen nach dem Aufenthalt in der Wasserdampfatmosphäre schon bald.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß der Farbstoff bei fast völliger Unterdrückung der Transpiration nur in sehr geringem Maße in die Milchröhren einzudringen vermag, woraus zu schließen ist, daß die Transpiration an dem Auftreten des Farbstoffes in den Milchröhren in ausschlaggebender Weise beteiligt ist.

Es wäre nun denkbar, daß entsprechend dem oben erwähnten Versuche Schwendeners an *Chelidonium majus* unter dem Einflusse der Transpiration eine Stoffbewegung in den Milchröhren auftrete. Nun fanden sich aber einige Beobachtungen, die unter dem Gesichtspunkte einer Strömung in den Milchröhren wenig verständlich erschienen. Bei den Transpirationsversuchen hörte die Färbung der Gefäßwandungen und Milchröhren gewöhnlich in annähernd gleicher Höhe auf. In einigen Fällen war die Färbung der Gefäße noch etwas höher anzutreffen. Nur äußerst selten gelang es, Milchröhrenfärbung zu konstatieren an Stellen, die keine Färbung der Gefäßwandungen mehr erkennen ließen. Einigemal zeichneten sich Milchröhren, welche den Gefäßen benachbart waren, durch stärkere Speicherung des Farbstoffes aus. Da somit anscheinend eine Beziehung zwischen der Färbung der Gefäße und der Milchröhren besteht, liegt es nahe, an seitliche Zuführung des Farbstoffes von den Gefäßen zu den Milchröhren zu denken, zumal für die Geleitzellen eine Längsleitung ausgeschlossen ist.

Bevor ich dieser Möglichkeit weiter nachging, nahm ich eine Nachprüfung der bisherigen Ergebnisse an einer Pflanze mit ungegliederten Milchröhren vor.

V. Versuche mit Euphorbia.

Bei unsern einheimischen, krautigen Euphorbia-Arten liegen die Milchröhren hauptsächlich in der Rinde. Die Internodien durchlaufen die Milchröhren fast geradlinig und nicht oder wenig verzweigt. An den Knoten bilden sie ein verschlungenes Netz. Ein Teil der Milchröhren geht hier in das Blatt hinein, ein Teil steigt in das nächst höhere Internodium, bei einigen Arten geht ein dritter Teil in das Mark. Die innere Rindenregion ist häufiger von Milchröhren durchsetzt als die anderen Rindenteile, doch finden sich Milchröhren noch unter der Epidermis je nach der Art in größerer oder geringerer Anzahl (de Bary 1877, S. 464).

Die ersten Versuche verfolgten das Ziel, die Milchröhren der einzelnen Euphorbia-Arten auf ihre Färbbarkeit zu prüfen. Die Pflanzen tauchten wie früher mit der Schnittstelle in wässerige Rose-bengale-Lösung von der Konzentration 1 : 10 000. Die Ergebnisse sind aus der folgenden Zusammenstellung ersichtlich. Die Versuchsdauer ist bei jeder Pflanze vermerkt.

Euphorbia Cyparissias L. 9 Tage.

Nur an der Schnittstelle Milchröhren gefärbt.

Euphorbia helioscopia L. 14 Tage.

Milchröhrenfärbung nur an der Eintrittsstelle der Lösung.

Euphorbia palustris L. 11 Tage.

Färbung der Milchröhren nur unweit der Schnittstelle.

Euphorbia Myrsinites L. 10 Tage.

Milchröhrenfärbung unweit der Schnittstelle. Höher Milchröhren braun, anscheinend zuweilen mit rotem Einschlag.

Euphorbia Lathyris L. 9 Tage.

Milchröhrenfärbung einigemal in größerem Abstand von der Eintrittsstelle.

Euphorbia lucida W. und K. 4 Tage.

Deutliche Milchröhrenfärbung in größerer Entfernung von der Eintrittsstelle.

Euphorbia Esula L. 5 Tage.

Milchröhrenfärbung fast überall in der Pflanze.

Euphorbia Peplus L. 5 Tage.

Milchröhrenfärbung bis in die Nähe des Vegetationspunktes.

Die drei zuletzt genannten Pflanzen kamen allein für die folgenden Versuche in Betracht. Den Ausschlag für *Euphorbia Peplus* gab die Leichtigkeit der Materialbeschaffung.

Auch bei *Euphorbia Peplus* bewirkte bereits die Konzentration 1 : 100 000 Färbung der Milchröhren. Dagegen trat die Färbung der Milchröhren nicht so schnell ein wie bei *Papaver*. Nach drei Tagen wurde gewöhnlich noch keine sichere Färbung gefunden. Nach fünf Tagen war die Färbung meist noch schwach. Die mikroskopische Untersuchung wurde gewöhnlich nicht vor dem siebenten Tage vorgenommen.

Dieses langsamere Eindringen des Farbstoffes ist kaum erklärlich, wenn die Leitung des Farbstoffes in den Milchröhren erfolgt. Verständlich würde es sein bei Annahme einer seitlichen Zuleitung des Farbstoffes. Während nämlich *Papaver* zahlreiche echte Gefäße in der Nähe der Milchröhren aufweist, liegen bei *Euphorbia Peplus* die wenig zahlreichen echten Gefäße im Innern des Holzkörpers. In der Nachbarschaft der Milchröhren finden sich nur Tracheiden. Um Wasser durch ein Stengelstück von *Euphorbia Peplus* zu saugen, mußte dreimal so starker Druck angewandt werden wie bei einem gleich langen Stück von *Papaver Rhoeas*.

Bei der Untersuchung fand ich in der Epidermis, dem Parenchym der Rinde und im Marke keine Färbung. Im Phloem ließ sich nur ausnahmsweise schwache Rosafärbung erkennen. Im Holze waren die inneren Teile intensiver gefärbt als die äußeren. Die Färbungsergebnisse bei den Milchröhren sind in den folgenden Tabellen niedergelegt.

Tabelle 12.

Versuchspflanze Nr. 22—25: *Euphorbia Peplus* L.
Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000. Eintauchtiefe: ca. 4 cm.
Versuchsdauer 11 Tage.

Nummer der Pflanze	Länge der Pflanze	Milchröhrenfärbung		
		deutlich	schwach	fehlt
22	20,8	14,9 16,8 19,3	4,8 7,6 9,9 12,7	
23	23,1	16,9 19,4	4,7 7,0 11,9 14,8	9,8
24	18,7	10,9 12,3 14,1 15,4	8,4	5,7
25	19,4	14,8 16,1	6,2 10,8	

Tabelle 13.

Versuchspflanze Nr. 24: *Euphorbia Peplus* L.
Länge der Pflanze: 18,7 cm. Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000.
Eintauchtiefe: ca. 4 cm. Versuchsdauer: 11 Tage.

Höhe	
5,7	Milchsaft fließt aus. Milchröhren leer, nicht gefärbt.
8,4	Milchsaft fließt aus. Schwache Milchröhrenfärbung.
10,9	Milchsaft fließt nicht aus. Deutliche Milchröhrenfärbung an 2 Stellen.
12,3	Milchsaft fließt nicht aus. Milchröhrenfärbung an 5 Stellen.
14,1	Milchsaft fließt nicht aus. Milchröhrenfärbung an 4 Stellen.
15,4	Milchsaft fließt nicht aus. Fast sämtliche Milchröhren gefärbt.

Die gefärbten Milchröhren waren in der nicht gefärbten Rinde infolge der starken Speicherung des Farbstoffes leicht zu erkennen. Regelmäßig wiesen die oberen Sproßteile bevorzugte Milchröhrenfärbung auf. Einigemal trat eine schrittweise Steigerung nach der Sproßspitze hin ein. In einigen Fällen fanden sich noch in Teilen des Blütenstandes deutlich rote Milchröhren. Meist jedoch waren die Blüten und die benachbarten Sproßteile bei der Untersuchung bereits verdorrt. Auch die Insertionsstellen der Blätter waren durch intensivere Färbung ausgezeichnet. In den Internodien war die Färbung seltener anzutreffen.

Im allgemeinen ließ sich beobachten, daß an Untersuchungsstellen, welche gefärbte Milchröhren aufwiesen, kein Milchsaft ausfloß. Zuweilen traten an solchen Stellen geringe Mengen Milchsaft aus, an dem keine Spuren von Färbung zu erkennen waren. Dieser Milchsaft dürfte aus ungefärbten Milchröhren stammen, welche meist neben den gefärbten zu finden waren. Rotgefärbter Milchsaft floß niemals aus. Deshalb läßt sich wohl annehmen, daß unter dem Einflusse des Farbstoffes auch dann Koagulation eingetreten war, wenn an dem Milchsaft keine Anzeichen davon zu erkennen waren. Einmal gelang es, unter dem Deckglas aus einer solchen Röhre Milchsaft zu pressen. Dieser behielt die Form der Röhre bei, während der ungefärbte Milchsaft sich im Wasser verteilte. In manchen Fällen war der Milchsaft deutlich koaguliert. Es sei darauf hingewiesen, daß auch bei *Euphorbia Peplus* Färbung der Milchröhrenwandung nicht eintritt.

Nach Analogie der oben besprochenen Versuche mit *Papaver* wurden auch Sproßstücke von *Euphorbia Peplus* umgekehrt eingestellt. Die Pflanzen wurden mit der Wurzel aus der Erde genommen, geköpft und die unteren Stengelstücke in die Lösung gestellt. Die eingestellten Pflanzen waren vollständig blattlos. Die Ergebnisse enthält die folgende Tabelle.

Tabelle 14.

Versuchspflanze Nr. 26—32: *Euphorbia Peplus* L.
Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000. Eintauchtiefe ca. 4 cm.
Versuchsdauer: 7 Tage. Umgekehrte Einstellung.

Nummer der Pflanze	Länge der Pflanze	Milchröhrenfärbung			
26	16,2	5,9	10,5	13,1	13,8?
27	24,8		12,5	14,3	17,6
28	16,8		7,2	10,4	14,3
29	20,5		8,4	10,6	15,3
30	22,6			11,8	17,3
31	23,0			13,2	15,1
32	20,1		8,9	11,6	15,8

Die Wurzeln und der basale Teil des Stengels waren bei der Untersuchung vertrocknet. Daraus erklärt sich das Fehlen entsprechender Angaben bei den Versuchen mit umgekehrt eingestellten Pflanzen. In den gut erhaltenen Stengelteilen war namentlich an den Knoten leicht deutliche Färbung zu finden.

Der obige Versuch wurde noch mit einigen Abänderungen angestellt. So wurde der Versuch wiederholt an Exemplaren von *Euphorbia Peplus*, bei denen nahe über der Wurzel ein oder zwei Seitentriebe abgingen. Die Seitentriebe verblieben am Hauptsproß, ohne daß sie mit der Lösung in Berührung kamen. Man vergleiche das folgende Versuchsprotokoll.

Versuchspflanze Nr. 33: *Euphorbia Peplus* L.

Länge des Hauptsprosses: 19,6 cm, des Seitentriebes: 17,1 cm. Insertionsstelle des Seitentriebes: 14,4 cm über der Eintrittsstelle der Lösung. Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000. Eintauchtiefe: 3 cm. Versuchsdauer: 6 Tage. Umgekehrte Einstellung.

Milchröhrenfärbung im Hauptsproß: fehlt bis 11,2 cm, deutlich vorhanden bei 13,3 und 15,3 cm, im Seitentriebe: fehlt bei 2,7 cm, vorhanden bei 9,5 und 13,2 cm.

Wurde ein Ast der dreistrahligen Dolde abgeschnitten und der am Hauptsproß verbliebene Aststumpf in die Lösung getaucht, so fand sich die Färbung sowohl im Hauptsproß wie in den beiden anderen Ästen der Dolde.

Bei umgekehrter Einstellung trat also wie bei *Papaver* Färbung der Milchröhren bis in die Nähe der Wurzel ein. In manchen Fällen war eine Zunahme der Färbung in den basalen Teilen zu beobachten.

Hier sei ein Versuch erwähnt, zu dem ich in Töpfen eingepflanzte Exemplare von *Euphorbia Peplus* benutzt habe. Die Pflanzen wurden geköpft, umgebogen und mit dem abgeschnittenen Ende in die Lösung getaucht. Wurden die Töpfe gut begossen, so war im Holze Färbung erkennbar, jedoch nicht in den

Milchröhren. Bei trocken gehaltenen Pflanzen nahmen auch die Milchröhren Färbung an; die Wurzeln waren bei der Untersuchung vertrocknet. Im letzten Falle war somit der Erfolg der gleiche wie bei dem vorhin beschriebenen Versuche an umgekehrt eingestellten Pflanzen. Das Ergebnis des Versuches mit bewässerten Pflanzen hat auffallende Ähnlichkeit mit dem Erfolge der später zu besprechenden Versuche in der feuchten Kammer.

Daß auch hier Verdunkelung die Färbung der Milchröhren nicht verhinderte oder herabsetzte, geht aus dem folgenden Versuch hervor.

Versuchspflanze Nr. 34 bis 37: *Euphorbia Peplus* L.

Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000. Eintauchtiefe: ca. 4 cm. Versuchsdauer: 7 Tage. Dunkelkammerversuch.

Pflanze Nr. 34. Länge: 18,3 cm. Milchröhren deutlich gefärbt bei 7,6 cm, bei 10,2 cm und höher schwach.

Pflanze Nr. 35. Länge: 22,6 cm. Deutliche Milchröhrenfärbung bei 8,2, 17,8 und 19,3 cm Höhe.

Pflanze Nr. 36. Länge: 31,4 cm. Milchröhren deutlich gefärbt bei 8,1 cm und zwischen 26,9 und 30,8 cm. Von 8,9 bis 23,8 cm schwache Färbung.

Pflanze Nr. 37. Länge: 29,7 cm. Bei 7,3 und 27,2 cm deutliche Färbung. Zwischen 9,1 und 21,4 cm schwache oder keine Färbung.

Wie bei *Papaver* wurde auch bei *Euphorbia Peplus* der Einfluß der Transpirationshemmung durch Kultur im dampfgesättigten Raume festgestellt. Die Ergebnisse enthalten die nächsten Tabellen. Zur Erleichterung des Vergleiches sind Pflanzen aus den Tabellen 12 und 14 noch einmal hinzugefügt worden.

Tabelle 15.

Versuchspflanze Nr. 49—41 u. 22—25: *Euphorbia Peplus* L.
Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000. Eintauchtiefe ca. 4 cm.
Versuchsdauer: 11 Tage.

	Nummer d. Pflanze	Länge d. Pflanze	Milchröhrenfärbung deutlich	schwach	fehlt
in feuchter Kammer	38	19,5	1,8		5,0 7,8 10,8 13,7
	39	25,6	2,2	3,9	von 5,5 bis 23,7
	40	31,9	2,1		von 3,7 bis 29,4
	41	17,3	1,9		4,9 6,8 10,1 12,2
in atmosph. Luft	22	20,8	14,9 16,8 19,3	4,8 7,6 9,9 12,7	
	23	23,1	16,9 19,4	4,7 7,0 11,9 14,8	9,8
	24	18,7	10,9 12,3 14,1 15,4	8,4	5,7
	25	19,4	14,8 16,2	6,2 10,8	

Tabelle 16.

Versuchspflanze Nr. 42—46 und 26—28: *Euphorbia Peplus* L.
Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000. Eintauchtiefe: ca. 4 cm.
Umgekehrte Einstellung.

	Nummer d. Pflanze	Länge d. Pflanze	Milchröhrenfärbung vorhanden	Milchröhrenfärbung fehlt
8 Tage in feuchter Kammer	42	19,2		2,5 5,9 7,6 13,7
	43	23,8		von 1,9 bis 18,4 an allen geprüften Stellen
	44	18,5		2,1 4,5 6,2 8,9 14,5
	45	15,7		2,6 6,4 11,3
	46	17,3		von 3,1 bis 13,2 an allen geprüften Stellen
7 Tage in atmosph. Luft	26	16,2	5,9 10,5 13,1 13,8 ?	
	27	24,8	12,5 14,3 17,6	
	28	16,8	7,2 10,4 14,3	

Die Beeinflussung der Milchröhrenfärbung durch die Kultur in wasserdampfgesättigter Luft trat bei *Euphorbia Peplus* noch deutlicher in die Erscheinung als bei *Papaver*. Die Milchröhren blieben selbst unter dem Spiegel der Lösung ungefärbt. Bei umgekehrt eingetauchten Pflanzen unterblieb die Färbung manchmal schon in der Nähe der Schnittstelle. Beim Anschneiden der Pflanzen, die in der Wasserdampfatmosphäre gestanden hatten, floß der Milchsaft noch schwach aus. Bei Versuchen mit aufrechtstehenden Pflanzen fand sich im Holze einigemal schwächere Färbung an höher gelegenen Stellen, bei umgekehrt eingestellten Pflanzen hatten Elemente des Holzteiles bis in die Wurzel hinein schwächere, aber noch deutlich erkennbare Färbung angenommen. Diese Färbung im Holzteil ist auffallend, weil bei *Papaver* die Färbung der Milchröhren und Gefäße in annähernd gleicher Höhe aufhörte.

Wurden die Pflanzen nach dem Aufenthalt in der feuchten Kammer an der atmosphärischen Luft in Lösung gestellt, so ergab sich folgendes Resultat.

Versuchspflanze Nr. 47 bis 49: *Euphorbia Peplus* L.

Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000. Eintauchtiefe: ca. 4 cm. Versuchsdauer: 9 Tage in Wasserdampf, dann 8 Tage in atmosphärischer Luft.

Pflanze Nr. 47. Länge: 22,8 cm. Wiederholte Milchröhrenfärbung in 16,1 cm Höhe.

Pflanze Nr. 48. Länge: 22,1 cm. Milchröhren stark gefärbt bei 14,7 cm.

Pflanze Nr. 49. Länge: 25,5 cm. Deutliche Milchröhrenfärbung bei 3,2 cm. Bei 6,5 cm Färbung zweifelhaft. Höher keine Färbung.

Durch die Unterbindung der Transpiration waren die Pflanzen somit nicht so stark geschädigt worden, daß die Milchröhren den Farbstoff nachträglich nicht mehr aufnahmen. Dies Ergebnis tritt bei *Euphorbia Peplus* wohl wegen der größeren Widerstandsfähigkeit deutlicher zutage als bei *Papaver*.

Die Resultate bei *Euphorbia Peplus* stimmten also vollständig mit den bei *Papaver* gefundenen überein.

Die Ergebnisse der beiden letzten Abschnitte lassen sich etwa folgendermaßen zusammenfassen.

1. Rose bengale wird in den gegliederten Milchröhren von *Papaver somniferum* und *Papaver Rhoeas* und in den ungegliederten einiger Wolfsmilcharten, unter anderen *Euphorbia Peplus*, auffällig stark gespeichert. Es ist dabei gleichgültig, ob die Lösung vom Wurzelpol oder vom Sproßpol aus zugeführt wird.

2. Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Transpiration und der Speicherung des Farbstoffes.

3. Ein Anhaltspunkt für die Leitung des Farbstoffes in den Milchröhren ergab sich nicht.

VI. Ringelungsversuche.

Die Ringelungsversuche sollten die Frage entscheiden, ob eine Leitung des Farbstoffes in den Milchröhren stattfindet. Im Falle der Bejahung dieser Frage war dann auch wohl eine Bewegung anderer organischer oder anorganischer Stoffe in den Milchröhren anzunehmen.

Für die Ringelungsversuche mußten Pflanzen ausgewählt werden, bei denen die Milchröhren sämtlich in der Rinde liegen, sodaß der Ringelungsschnitt alle Milchröhren trifft. Als geeignet erwies sich *Euphorbia Peplus*.

In der Literatur habe ich keine Angaben über das Vorkommen markständiger Milchröhren bei dieser Pflanze gefunden, auch nicht in der Monographie Gauchers über *Euphorbia*. Wohl fand Gaucher (1898, S. 72) unter anderen auch bei *Euphorbia Peplus*, daß „ces mêmes laticifères se dirigent radialement à travers le bois ou les rayons médullaires, pour demeurer en contact des éléments ligneux, qu'ils suivent sur un trajet plus ou moins long". Bei den Euphorbien mit markständigen Milchröhren nennt er *Euphorbia Peplus* nicht (1898, S. 78). Solche „radial gegen das Holz" gerichteten Milchröhren können wohl nur an der Insertionsstelle der Blätter vorkommen. An der Stelle, wo die Holzelemente in das Blatt einbiegen, durchbrechen anscheinend Milchröhren diese horizontal gerichteten Teile des Xylems, um dann mit ihnen auf der Oberseite des Blattstengels ins Blatt einzutreten. Zum Marke hin vordringende Milchröhren habe ich nicht gesehen. Im Marke selbst fand ich niemals Milchröhren, auch nicht bei Pflanzen, die aus der Lösung von Rose bengale genommen waren, bei denen die Milchröhren durch die Rotfärbung auffielen. Ringelt man

Exemplare von *Euphorbia Peplus* und schneidet den Holzkörper an der Ringelungsstelle durch, so fließt kein Milchsaft aus, wie das z. B. bei *Euphorbia palustris* geschieht, welche markständige Milchröhren besitzt. Es dürften deshalb im Marke von *Euphorbia Peplus* keine Milchröhren vorkommen oder doch so selten, daß ihnen keine Rolle in der Stoffleitung zufallen kann.

Zu den Ringelungsversuchen wurden Pflanzen mit gut entwickeltem Holzkörper ausgewählt. Die geringelten Pflanzen wurden wie früher teils aufrecht teils umgekehrt in die Lösung gestellt. Zur Erleichterung des Vergleiches sind den folgenden Tabellen Auszüge aus den entsprechenden früheren (12 und 14) beigegeben worden.

Tabelle 17.

Versuchspflanze Nr. 50—52 und 22—24: *Euphorbia Peplus* L.
Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000.
Eintauchtiefe: ca. 3 cm, bei den Kontrollpflanzen ca. 4 cm.
Versuchsdauer: 8 Tage, bei den Kontrollpflanzen 11 Tage.

	Nummer d. Pflanze	Länge d. Pflanze	Ringelung	Milchröhrenfärbung deutlich	Milchröhrenfärbung schwach od. fehlend
geringelt	50	24,4	3,9—4,3	5,1 6,3 18,8 20,4	zwischen 6,3 u. 18,8 mehreremal
	51	23,6	3,4—3,9	6,4 18,9 19,8	viermal zwischen 6,4 und 18,9
	52	21,5	4,4—4,8	17,5	5,7 11,9 15,7
nicht geringelt	22	20,8		14,9 16,8 19,3	zwischen 4,8 u. 12,7 mehreremal
	23	23,1		16,9 19,4	an fünf Stellen unter 16,9
	24	18,7		10,9 12,3 14,1 15,4	8,4 10,8

Tabelle 18.

Versuchspflanze Nr. 53—55 u. 26—28: *Euphorbia Peplus* L.
Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000. Eintauchtiefe: ca. 4 cm.
Versuchsdauer: 7 Tage. Umgekehrte Einstellung.

	Nummer der Pflanze	Länge der Pflanze	Ringelung	Milchröhrenfärbung
geringelt	53	19,0	7,1—7,6	8,9 9,4 11,7
	54	16,4	4,4—4,9	6,1 (schwach) 9,3 11,8 13,1
	55	15,7	5,9—6,6	10,1 13,2
nicht geringelt	26	16,2		5,9 10,5 13,1 13,8?
	27	24,8		12,5 14,3 17,6
	28	16,8		7,2 10,4 14,3

Beim Vergleich ergibt sich, daß die Färbung bei geringelten Pflanzen ebenso oft vorkommt, wie bei nicht geringelten. Merkliche Unterschiede in der Intensität der Färbung traten ebenfalls nicht ein. Es fand sich sogar bei aufrecht eingestellten Pflanzen oberhalb der Ringelung an den der Inzisionsstelle benachbarten Knoten mehreremal deutlichere Färbung als bei nicht geringelten Pflanzen in der gleichen Höhe. In den der Schnittstelle benachbarten Internodien habe ich, abgesehen von der unmittelbaren Nähe der Schnittstelle, keine auffallende Färbung bemerkt. Die Färbung war wieder in der oberen Teilen der Pflanze bzw. bei umgekehrter Einstellung in den basalen Teilen am häufigsten zu finden, soweit diese nicht bereits vertrocknet waren.

Die Ringelungsversuche wurden noch mit einigen Abänderungen angestellt. So habe ich an der Schnittstelle die Rinde etwa 2 cm abgeschält und das geschälte Stück teilweise in die Lösung gestellt. Das Versuchsprotokoll von einer Pflanze folgt.

Versuchspflanze Nr. 56: *Euphorbia Peplus* L.

Länge: 12,8 cm. Farbstoff: Rose bengale 1 : 10 000. Rinde bis 1,7 cm entfernt. Eintauchtiefe: 0,9 cm. Versuchsdauer: 8 Tage.

Deutliche Färbung in den Milchröhren bei 10,3 cm Höhe.

Es wurde also auch bei dieser Versuchsanordnung der Farbstoff in den Milchröhren gefunden.

Obwohl die Aufnahme des Farbstoffes an dem oberen Rand der Inzisionsstelle zumal nach der oben erwähnten Untersuchung der benachbarten Teile wenig wahrscheinlich erschien, suchte ich einen etwa daraus hervorgehenden Fehler zu eliminieren, indem ich die Milchröhren am oberen Rande des Schnittes mit flüssigem Wachs schloß. Die Ergebnisse des Versuches sind aus der folgenden Tabelle ersichtlich.

Tabelle 19.

Versuchspflanze Nr. 57—62: *Euphorbia Peplus* L.
Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000. Eintauchtiefe: ca. 3 cm.
Geringelt, oberer Rand in Wachs.

	Nummer der Pflanze	Länge der Pflanze	Ringelung	Milchröhrenfärbung
aufrecht eingestellt 11 Tage	57	22,2	3,5—5,1	6,4 9,2 10,3 14,4 15,7
	58	26,4	3,6—4,5	19,2 22,1
	59	19,8	3,8—4,8	9,5 13,3
umgekehrt eingestellt 13 Tage	60	19,3	5,1—6,0	15,7 16,5
	61	21,7	10,8—11,7	14,4 15,9
	62	15,3	6,0—7,4	10,1 (schwach) 11,7

Auch wenn die Milchröhren eigens zugeschmolzen waren, ergaben sich übereinstimmende Resultate mit den nicht geringelten Pflanzen.

Damit ist wohl zweifellos bewiesen, daß der Farbstoff nicht an der Eintrittsstelle der Lösung in die Milchröhren eindringt. Die Zuleitung des Farbstoffes muß seitlich vom anderen Gewebe her erfolgen. Dieses Gewebe kann nur das Xylem sein. Denn abgesehen von den früher besprochenen Beziehungen zwischen Gefäßen und Milchröhren sind ja alle Teile der Rinde ebenfalls von dem Ringelungsschnitte durchbrochen.

Damit ist noch nicht bewiesen, daß überhaupt keine Bewegung des Farbstoffes in den Milchröhren stattfindet. Es wäre denkbar, daß der Farbstoff an einer Stelle aufgenommen werde und durch Strömung oder Diffusion in den Milchröhren weiter fortschreite. Es wäre beispielsweise möglich, der Übertritt des Farbstoffes zu den Milchröhren geschähe nur in der Nähe der Vegetationspunkte und die Ausbreitung fände von hier aus in den Milchröhren statt. Um eine derartige Bewegung zu hindern, legte ich den Pflanzen Doppelringelungen an und untersuchte die Stelle zwischen den Ringelungen. Die Ergebnisse dieses Versuches sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 20.

Versuchspflanze Nr. 63—66: *Euphorbia Peplus* L.
Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000. Eintauchtiefe: ca. 3 cm.
Versuchsdauer: 14 Tage. Doppelringelung.

	Nummer d. Pflanze	Länge d. Pflanze	Erste Ringelung	Zweite Ringelung	Milchröhrenfärbung
aufrecht eingestellt	63	24,3	3,5 - 4,6	7,5—8,3	5,4 6,3 7,2 13,5 17,9
	64	11,9	5,7—6,8	10,1—11,9	7,3 8,0
umgekehrt eingestellt	65	23,2	8,1—9,6	14,7—15,6	10,4 11,5 13,1?
	66	20,2	8,4—9,3	14,5—15,3	11,3 11,9 13,5

Pflanze Nr. 64 war bei 11,9 cm Höhe abgeschnitten. Bei den beiden umgekehrt eingestellten Pflanzen war der basale Teil bis zur Ringelungsstelle vertrocknet. Es sind daher nur bei der ersten Pflanze Angaben über die Färbung der Milchröhren oberhalb der zweiten Ringelung verzeichnet.

Zwischen den Einschnitten trat die Färbung der Milchröhren in gleicher Häufigkeit und Intensität auf wie bei nicht geringelten Pflanzen in entsprechender Höhe. Der Farbstoff wurde also nicht von den Vegetationspunkten her in den Milchröhren geleitet. Bei Wiederholung des Versuches wurde die Versuchsdauer auf 7 bzw. 11 Tage herabgesetzt. Der Erfolg blieb der gleiche.

Da die Färbung zwischen den Ringelungsschnitten wieder vorzüglich an den Knoten auftrat, wurden Pflanzen mit langen Internodien ausgewählt und die Ringelungen so nahe zusammengelegt, daß keine Blattnarbe dazwischenfiel. Der Versuch wurde

an 7 Pflanzen angestellt. Bei einer trat nur schwache Rötung der Milchröhren zwischen den Ringelungsschnitten auf. Die übrigen Pflanzen wiesen in dem abgetrennten Internodium deutliche Rotfärbung in den Milchröhren auf.

Das Eindringen des Farbstoffes in die Milchröhren war also nicht etwa an eigens disponierte Zonen gebunden. Zugleich steht fest, daß eine Bewegung des Farbstoffes in den Milchröhren in nennenswertem Umfange nicht stattfindet.

Einige Pflanzen wurden dreimal geringelt. Bei einer Pflanze fand ich oberhalb der drei Ringelungen noch Milchröhrenfärbung.

Nach diesen Versuchen war zu erwarten, daß die Abtötung eines Rindenstückes rings um die Pflanze die Speicherung des Farbstoffes in den oberhalb der getöteten Stelle gelegenen Milchröhren ebensowenig wie die Ringelung verhindern würde. Ich umwikkelte zu diesem Zwecke eine Stelle der Pflanze mit Watte und träufelte darauf Chloroform. Nach einer halben Stunde war das Rindengewebe abgetötet. Das Resultat veranschaulicht die folgende Tabelle.

Tabelle 21.

Versuchspflanze Nr. 67—70: *Euphorbia Peplus* L.
Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000.
Eintauchtiefe: ca. 4 cm, bei Pflanze Nr. 68 ca. 2 cm.
Versuchsdauer: 12 Tage. Eine Stelle mit Chloroform abgetötet.

	Nummer der Pflanze	Länge der Pflanze	Abgetötete Stelle	Milchröhrenfärbung
aufrecht eingestellt	67	23,7	6,1—8,3	11,5 (schwach) 13,5 16,2 18,4
	68	29,8	2,4—4,6	17,9 (schwach) 26,3 26,8
umgekehrt eingestellt	69	18,3	7,2—9,1	13,1 14,0 13,3 18,1?
	70	18,1	7,9—9,8	12,8 (schwach) 16,2

Die Abtötung des Rindengewebes ringsum den Stamm hindert also ebenfalls das Eindringen des Farbstoffes in die Milchröhren nicht. In der abgetöteten Zone waren die Milchröhren nicht gefärbt. War die Rinde vollständig zusammengeschrumpft, so hatte das ganze Gewebe, die Milchröhren nicht ausgenommen, eine schwache Rötung angenommen, die weit entfernt war von der starken Rotfärbung der Milchröhren unterhalb und oberhalb der abgetöteten Stelle. Es spricht also auch dieser Versuch für die Zuleitung des Farbstoffes von den Gefäßen her.

Für die Erklärung der Färbung konnten a priori folgende Möglichkeiten in Betracht kommen.

1. Die Erscheinung konnte zu der Annahme führen, es fände eine Stoffbewegung in den Milchröhren statt.

2. Man konnte an eine Beteiligung von Diffusionsvorgängen in den Milchröhren denken.

3. Der Farbstoff konnte mit dem Wasserstrom in den Gefäßen emporsteigen und in horizontaler Richtung den Milchröhren zugeführt werden.

Um den zweiten Punkt vorauszunehmen, so ist nicht zu bezweifeln, daß der in die Milchröhren eingedrungene Farbstoff sich dort durch Diffusion weiterbewegt, aber für eine so schnell fortschreitende Bewegung — bei *Papaver* war die Färbung nach 24 Stunden ca. 50 cm über der Eintrittsstelle zu finden — kann die Diffusion keine Erklärung liefern. Übrigens wäre durch den Ausfall der Ringelungsversuche auch diese Möglichkeit abgeschnitten.

Ebenso lieferten die Ringelungsversuche den Nachweis, daß der Farbstoff nicht durch irgendwelche Bewegungsvorgänge in den Milchröhren emporgeleitet wird.

Es bleibt somit nur der dritte Weg übrig. Die peripheren Teile des Stengels geben andauernd Wasser ab. Der Verlust wird ausgeglichen durch Zuführung von Wasser von den Gefäßen her. Auf diesem Wege passiert der in dem Wasser gelöste Farbstoff die Milchröhren, wo er, wie wir sahen, in so beträchtlicher Menge gespeichert wird. Die Milchröhren werden also wie die benachbarten Parenchymzellen von den Gefäßen her seitlich mit Wasser versorgt.

Wenn in unserem Falle keine Bewegung des Farbstoffes und auch wohl keine anderen Stoffbewegungen in nennenswertem Maße auftraten, so ist damit noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen, daß in den Milchröhren der intakten Pflanze keine Strömungserscheinungen vorkommen. Bei Annahme einer solchen Bewegung in den Milchröhren wäre eine Sistierung wohl am ehesten durch Änderung der osmotischen Verhältnisse in der Umgebung der Milchröhren denkbar. Für eine solche Änderung scheint aber kein Grund vorzuliegen. Die in der Überschrift gestellte Frage dürfte deshalb dahin zu beantworten sein, daß aus den Färbungsvorgängen kein Beweis für eine Stoffbewegung in den Milchröhren herzuleiten ist, daß vielmehr die beschriebenen Versuche es wahrscheinlich gemacht haben, daß eine Stoffbewegung auch in den Milchröhren der normalen Pflanze in bedeutendem Maße nicht stattfindet.

Man könnte übrigens bei der auffällig starken Speicherung des Farbstoffes an eine ökologische Funktion des Milchsaftes denken, nämlich stark schädigende Stoffe, wie es die Farbstoffe sind, zu binden und dadurch die Gefahr für den Pflanzenkörper zu beseitigen.

Nun klären sich leicht einige oben erwähnte Beobachtungen. Die sowohl bei *Papaver* wie bei *Euphorbia Peplus* gefundene Unregelmäßigkeit in der Färbung der Milchröhren dürfte ihren Grund haben in der größeren oder geringeren Entfernung der Milchröhren von dem Xylem, wie auch tatsächlich einigemal den Gefäßen benachbarte Milchröhren intensivere Färbung aufwiesen. Besonders die häufige Milchröhrenfärbung an den Knoten dürfte durch

die hier oft sehr geringe Entfernung des Xylems von den Milchröhren beeinflußt sein. Außerdem blieb in den Windungen und Krümmungen der Milchröhren an den Knoten stets Milchsaft erhalten, während die geraden Röhren in den Internodien oft milchsaftfrei waren.

Die starke Färbung der Milchröhren in der Nähe der Sproßspitze und bei umgekehrter Einstellung am Wurzelpol könnte durch stärkere Konzentration des Farbstoffes zustande kommen. Infolge der starken Abgabe von reinem Wasser und des Nachströmens der Lösung wird die Flüssigkeit im oberen Xylem immer mehr mit dem Farbstoff gesättigt. So wird hier auch wohl mehr Farbstoff in das Gewebe eindringen.

Es wurde mithin in diesem Abschnitte nachgewiesen, daß der Farbstoff nicht durch Strömungen in den Milchröhren bewegt wird und somit seitliche Zuleitung von den Gefäßen her stattfinden muß. Strömungen in den Milchröhren der intakten Pflanze erscheinen nicht als wahrscheinlich.

VII. Sind doppelt angeschnittene Milchröhren als lebende Zellen anzusehen?

Da von den zwischen zwei Ringelungsschnitten liegenden Milchröhren immer nur einzelne den Farbstoff speicherten, andere ungefärbt bleiben, so lag die Annahme nahe, daß nur die speichernden als lebende, osmotisch wirksame Zelle funktionieren, die anderen dagegen abgestorben waren. In erster Linie war hier festzustellen, ob in den Milchröhrenstücken zwischen zwei Ringelungsschnitten die Zellkerne nicht desorganisiert waren. Die Pflanzen hatten wie gewöhnlich in Rose-bengale-Lösung gestanden; zu einem Versuche wurde Safranin verwendet. In beiden Fällen war die Färbung der Milchröhren zwischen den Ringelungsschnitten deutlich eingetreten. Es wurden nun Schnitte mit gefärbten Milchröhren in Methylgrünessigsäure gelegt und dann auf Kerne untersucht. Im Grundgewebe waren die Kerne leicht zu erkennen. Trotz der Erschwerung der Untersuchung durch den Milchsaft gelang es einigemal in den Milchröhren Kerne normalen Aussehens aufzufinden. Aber auch in Milchröhren, die Rose bengale nicht oder doch nur schwach gespeichert hatten, konnten einigemal Kerne festgestellt werden. Somit dürften es nicht kernlose und deshalb abgestorbene Milchröhrenstücke sein, welche die Farbstoffspeicherung verweigern. An den durchschnittenen Milchröhrenenden könnte ein Abschluß hergestellt werden nach Art der von Schmidt (1882, S. 462) und Schwendener (1885, S. 331) bei Verwundungen konstatierten Verschlußbildungen durch Zusammenpressung von seiten des Nachbargewebes oder durch Neubildung von Zellulosemembranen. Außerdem muß das Wandplasma an den Wundstellen regeneriert werden. Beachtet man noch das Ausbleiben der Färbung in den chloroformierten Zonen und die osmotische Wirksamkeit der durch

Doppelringelung abgetrennten Milchröhrenstücke, so dürfte es gerechtfertigt sein, solche doppelt angeschnittene Milchröhren als vollwertige Zellen anzusehen.

VIII. Geleitzellen.

Die bei *Papaver somniferum* gefundene Färbung der Geleitzellen untersuchte ich noch an einigen anderen Objekten. Zu den Versuchen, deren Ergebnisse hier folgen, diente als Versuchspflanze *Zea Mays L.* Die Lösungen hatten die Konzentration 1 : 10 000.

Naphtolgelb S. 4 Tage.

Sklerenchymscheide und benachbartes Grundgewebe wiederholt gefärbt, Siebteil zuweilen schwach, Geleitzellen nicht stärker als Siebröhren.

Orangegelb. 4 Tage.

Sklerenchymscheide und Grundgewebe an mehreren Stellen deutlich gefärbt. Siebröhren und Geleitzellen ohne Färbung.

Auramin. 6 Tage.

Wiederholt Sklerenchymfärbung. Siebteil in einigen Fällen schwach gefärbt, Geleitzellen nicht stärker als Siebröhren.

Eosin. 6 Tage.

Siebröhren schwach gefärbt, Geleitzellen deutlich stärker.

Erythrosin. 2 Tage.

Kräftige Färbung der Geleitzellen. Siebröhren schwach oder nicht gefärbt.

Fluorescein. 4 Tage.

Sklerenchymscheide wiederholt gefärbt. Siebteil ungefärbt

Phloxin BBN. 4 Tage.

Geleitzellen einigemal deutlich rot. Siebröhren zuweilen schwach gerötet.

Rose bengale. 2 Tage.

Geleitzellen stark gefärbt, Siebröhren schwach.

Methylenblau. 3 Tage.

Anscheinend Geleitzellen einigemal deutlicher gefärbt als die Siebröhren.

Safranin. 3 Tage.

Siebteil gefärbt. Stärkere Färbung der Geleitzellen nicht mit Sicherheit erkennbar.

Naphtolgelb S, Orangegelb und Fluorescein riefen also deutliche, teilweise starke Färbung im Gewebe hervor, Geleitzellentärbung jedoch trat abgesehen von schwachen Spuren bei Naphfolgelb S nicht ein.

Von den basischen Milchröhrenfarbstoffen färbte anscheinend Methylenblau in einigen Fällen die Geleitzellen. Die sauren Farbstoffe Eosin, Erythrosin, Phloxin BBN und Rose bengale wurden deutlich in den Geleitzellen gespeichert. Einzelheiten über die Versuche mit Erythrosin und Rose bengale sind aus den folgenden Tabellen zu ersehen.

Tabelle 22.

Versuchspflanze Nr. 71: *Zea Mays* L. Länge der Pflanze: 71,3 cm.
Farbstoff: Erythrosin 1 : 10000. Eintauchtiefe: ca. 5 cm.
Versuchsdauer: 2 Tage.

Höhe	
5,8	Geleitzellen deutlich, Siebröhren schwach oder nicht gefärbt. Sklerenchymscheide und Grundgewebe ohne Färbung.
19,3	Geleitzellen deutlich, Siebröhren schwach gefärbt. Übriges Gewebe ungefärbt.
34,9	In einigen Gefäßbündeln Geleitzellen deutlich, Siebröhren schwach gefärbt.
53,7	Einigemal Siebröhren schwach, Geleitzellen stärker gefärbt.
69,3	Das ganze Gewebe ungefärbt.

Tabelle 23.

Versuchspflanze Nr. 72: *Zea Mays* L. Länge der Pflanze: 69,4 cm.
Farbstoff: Rose bengale 1 : 10000. Eintauchtiefe: ca. 5 cm.
Versuchsdauer: 6 Tage.

Höhe	Grundgewebe u. Skler.-Scheide	Siebröhren	Gefäß-wandungen	Geleitzellen
9,1	ungefärbt	schwach rot	rot	stark rot
22,6	ungefärbt	schwach rot	rot	stark rot
32,2	ungefärbt	schwach rot	rot	stark rot
44,1	ungefärbt	schwach rot	rot	stark rot
53,6	ungefärbt	schwach rot	rot	rot
56,3	ungefärbt	ungefärbt	ungefärbt	ungefärbt

Nach oben zu nahm die Zahl der gefärbten Gefäße und Geleitzellen ab. Bei dem höchsten Knoten, der bei den Pflanzen beider Tabellen ca. 55 cm über der Eintrittsstelle der Lösung lag, hörte die Färbung regelmäßig auf. Die Tabellen bieten ähnliche Bilder wie bei *Papaver*, nur treten für die Milchröhren die Geleitzellen ein.

Die Übereinstimmung zwischen Milchröhren und Geleitzellen ist jedenfalls auffällig. Ob damit eine physiologische Gemeinschaft zum Ausdruck kommt, wage ich nicht zu behaupten.

IX. Zusammenfassung.

1. Einige Farbstoffe wurden in den Milchröhren stark gespeichert; andere ließen trotz deutlicher Fär-

bung sonstiger Gewebeteile die Milchröhren ungefärbt.

2. Eine Gruppe der Milchröhrenfarbstoffe wurde auch in den Geleitzellen gespeichert. Die zweite Farbstoffgruppe färbte die Geleitzellen nicht oder fast nicht, während andere Gewebeelemente deutliche Färbung aufwiesen.

3. Leitung des Farbstoffes in den Milchröhren fand in nennenswertem Umfange nicht statt. Der Farbstoff wird seitlich von den Gefäßen her zugeführt. Vorbedingung ist periphere Wasserabgabe.

4. Doppelt angeschnittene Milchröhren funktionieren als physiologisch vollwertige Zellen.

5. Die Versuche machen es wahrscheinlich, daß die Milchröhren nicht als Leitungsorgane anzusehen sind.

Vorliegende Arbeit wurde ausgeführt im Botanischen Institut der Universität Münster, das zur Zeit unter Leitung des Herrn Privatdozenten Dr. Heilbronn steht. Es ist mir eine angenehme Pflicht, ihm als meinem hochgeschätzten Lehrer und Berater für die vielseitige gütige Unterstützung meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Literatur-Verzeichnis.

De Bary, A., Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane. Leipzig 1877.

Bernard, Ch., Quelques remarques à propos du rôle physiologique du latex. (Ann. d. jard. Bot. de Buitenzorg. 1910. Suppl. 3.)

Bruschi, D., Contributo allo studio fisiologico del latice. (Annali di Botanica 1909. Bd. 7.)

Faivre, E., Recherches sur la circulation et le rôle du latex dans le Ficus elastica. (Ann. sc. nat. Bot. 1866. Ser. 5. Bd. 6.)

— Etudes physiologiques sur le latex du Mûrier blanc. (Ebenda. 1869. Ser. 5. Bd. 10.)

— Recherches sur la formation du latex et les laticifères pendant l'évolution germinative chez l'embryon du Tragopogon porrifolius. (Comptes rendus. 1879. Bd. 88.)

Gaucher, L., Étude anatomique du genre *Euphorbia* L. Paris 1898.

— Du rôle des laticifères. (Ann. sc. nat. Bot. 1900. Ser. 8. Bd. 12.)

Haberlandt, G., Zur physiologischen Anatomie der Milchröhren. (Sitzgsber. d. Wiener Akad. 1883. Bd. 87. Abt. 1.)

— Physiologische Pflanzenanatomie. Leipzig 1909.

Hansen, A., Über Fermente und Enzyme. (Arbeiten d. bot. Inst. Würzburg. 1888. Bd. 3.)

Hanstein, J., Die Milchsaftgefäße und die verwandten Organe der Rinde. Berlin 1864.

v. Höhnel, F., Zur Erklärung des Vorkommens koagulierten Milchsaftes im Innern der Tracheen Milchsaft führender Pflanzen. (Österr. bot. Zschr. 1878. Bd. 28.)

Kienitz-Gerloff, F., Die Protoplasmaverbindungen zwischen benachbarten Gewebeelementen in der Pflanze. (Bot. Ztg. 1891. Bd. 49.)

Kniep, H., Über die Bedeutung des Milchsaftes der Pflanzen. (Flora. 1905. Bd. 94.)

— Die Funktion des Milchsaftes. (Sep.-Abdr. aus „Rubber Recueill". Amsterdam 1914.)

Küster, E., Über die Aufnahme von Anilinfarbstoffen in lebende Pflanzenzellen. (Jahrb. f. wiss. Bot. 1912. Bd. 50.)

Molisch, H., Studien über den Milchsaft und Schleimsaft der Pflanzen. Jena 1901.

Pirotta, R. e Marcatili, L., Sui rapporti tra i vasi laticiferi ed il sistema assimilatore nelle piante. (Ann. dell'Ist. bot. di Roma. 1885. Bd. 2.)

Ruhland, W., Studien über die Aufnahme von Kolloiden durch die pflanzliche Plasmahaut. (Jahrb. f. wiss. Bot. 1912. Bd. 51.)

Schimper, A. F. W., Über die Bildung und Wanderung der Kohlehydrate in Laubblättern. (Bot. Ztg. 1885. Bd. 43.)

Schmidt, E., Über den Plasmakörper der gegliederten Milchröhren. (Bot. Ztg. 1882. Bd. 40.)

Schullerus, J., Die physiologische Bedeutung des Milchsaftes von *Euphorbia Lathyris* L. (Abhandl. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenb. 1882. Bd. 24.)

Schultz, G., Farbstofftabellen. Berlin 1914.

Schwendener, S., Einige Beobachtungen an Milchsaftgefäßen. (Sitzgsber. d. Berl. Akad. 1885. 1. Halbbd.)

Tobler, Fr., Physiologische Milchsaft- und Kautschukstudien. (Jahrb. f. wiss. Bot. 1914. Bd. 54.)

Trécul, A., De la présence du latex dans les vaisseaux spiraux réticulés, rayés et ponctués, et de la circulation dans les plantes. (Ann. sc. nat. Bot. 1857. Ser. 4. Bd. 7.)

— Rapports des vaisseaux du latex avec le système fibro-vasculaire. Ouvertures entre les laticifères et les fibres ligneuses ou les vaisseaux. (Comptes rendus. 1865. Bd. 60.)

Treub, M., Notice sur l'amidon dans les laticifères des Euphorbes. (Ann. d. jard. Bot. de Buitenzorg. 1883. Bd. 3.)

Tromp de Haas, W. R., Relation entre la composition du latex du Hevea brasiliensis et la saignée. (Ann. d. jard. Bot. de Buitenzorg. 1910. Suppl. 3.)

Vogl, A., Beiträge zur Kenntnis der Milchsaftorgane der Pflanzen. (Jahrb. f. wiss. Bot. 1866. Bd. 5.)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Botanisches Centralblatt

Jahr/Year: 1918

Band/Volume: BH_35_1

Autor(en)/Author(s): Simon C.

Artikel/Article: Sind die Milchröhren Leitungsorgane? 183-218