

## Studien über die Milchröhren und Milchzellen einiger einheimischer Pflanzen.

Von

**R. Kōketsu, Rigakushi.**

---

*Mit 3 Tafeln.*

---

### Einleitung und Literarisches.

Schon seit früheren Zeiten haben sich eine Anzahl Botaniker mit dem Studium der Milchsafthälter beschäftigt und wir sehen die Resultate der Forschungen in zahlreichen Abhandlungen.<sup>1)</sup>

Der Übersichtlichkeit halber werde ich bei der Besprechung der einschlägigen Literatur drei Epochen unterscheiden.

1. Die erste Epoche erstreckt sich vom Altertum bis zum Schluss des siebzehnten Jahrhunderts. In dieser Zeitfrist war unsere Kenntnis der Milchsafthälter sehr gering, man<sup>2)</sup> fasste damals mit den Milchsafthältern auch Siebröhren und „Weichbast“ unter dem allgemeinen Namen der „eigenartigen Gefäße“ (*vasa propria*) zusammen. Ein scharfer Unterschied zwischen echten Milchröhren und anderen Röhrenformen wurde nicht gemacht.

---

1) Was die älteren Arbeiten anbetrifft, vergl. man: — CHIMANI, Untersuchungen über Bau und Anordnung der Milchröhren mit besonderer Berücksichtigung der Guttapercha und Kautschuk liefernden Pflanzen. (Bot. Centralbl. Bd. LXI, 1895, p. 305.) — CHAUVEAUD, Recherches embryogéniques sur l'appareil lactifère des Euphorbiacées, Urciacées, Apocynées et Asclépiadées. (Ann. d. sc. nat. bot. 7<sup>e</sup> Sér. t. XIV, 1891, p. 1.) — SCOTT, zur Entwicklungsgeschichte der gegliederten Milchröhren. (Arb. d. bot. Inst. in Würzburg. Bd. II, p. 648.)

2) Vergl. CHIMANI. (l. c. p. 306.)

2. Die zweite Epoche ist die Zeit vom Beginn des achtzehnten Jahrhunderts bis zur Mitte des neunzehnten Jahrhunderts. In dieser Zeit erschienen viele Arbeiten über die Milchsafschläuche und die Milchzellen. Einige Autoren<sup>1)</sup> kamen zu der falschen Vorstellung, dass der Milchsaft, analog dem Blut in den Blutgefäßen der Tiere, in den Milchsafschgefäßen der Pflanzen zirkuliere. Man wies aber schon nach, dass die Milchsafschgefäße durch Verschmelzung der Zellen<sup>2)</sup> entstehen. Auf anderer Seite jedoch behauptete man,<sup>3)</sup> dass der Milchsaft anfangs die Interzellularräume erfülle und später eine eigene Haut erhalte, und SCHACHT<sup>4)</sup> betrachtete ferner die Milchsafschgefäße als „nicht selten verzweigte Bastzellen.“

3. Die dritte Epoche ist der Zeitraum von der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts bis auf die Gegenwart. In dieser verhältnismässig kurzen Zeit hat unsere Kenntnis über die Milchsafschbehälter eine schnelle Bereicherung erfahren, und das Untersuchungsgebiet ist bedeutend erweitert worden.

Die Entstehungsweise und das anatomische Verhältnis der Milchsafschbehälter wurden besonders von VOGL,<sup>5)</sup> DIPPEL,<sup>6)</sup> SCHMITZ,<sup>7)</sup> VESQUE<sup>8)</sup> u. s. w. eingehend studiert, aber damals waren noch einige falsche Ansichten vorhanden. DAVID<sup>9)</sup> war nämlich der Meinung, dass neue Milchröhren fortwährend im Meristem des Vegetationspunktes gebildet werden; VOGL meinte ferner, die Milchsafschschläuche seien nichts anders als die mit Milchsaft gefüllten

1) Vergl. MOHL, Über den Milchsaft und seine Bewegung. (Bot. Zeit. 1843, p. 553.)

2) Vergl. SCOTT. (l. c. p. 649.)

3) Vergl. Ein Ungenannter, Die Milchsafschgefäße, ihr Ursprung und ihre Entwicklung. (Bot. Zeit. 1846, p. 833.)

4) SCHACHT, Die sogenannten Milchsafschgefäße der Euphorbiaceen u. s. w. sind milchsafschführende, nicht selten verzweigte Bastzellen. (Bot. Zeit. 1851, p. 513.)

5) VOGL, Über die Interzellularsubstanz und die Milchsafschgefäße in der Wurzel des gemeinen Löwenzahns. (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. zu Wien. Bd. XLVIII, Abt. 2, 1863, p. 668.) Derselbe, Beiträge zur Kenntnis der Milchsafschorgane der Pflanzen. (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. V, 1866-7, p. 31.)

6) DIPPEL, Entstehung der Milchsafschgefäße und deren Stellung in dem Gefäßbündelsystem der milchenden Gewächse. (Ref. in Bot. Zeit. 1867, p. 332.)

7) SCHMITZ, Über die anatomische Struktur der perennierenden Convolvulaceenwurzeln. (Bot. Zeit. 1875, p. 677.)

8) VESQUE, Mémoire sur l'anatomie composée de l'écorce. (Ref. in Just's Jahresb. Bd. IV, 1876, p. 387.)

9) Vergl. SCOTT. (l. c.)

Siebröhren; und endlich vermengte DIPPPEL die gegliederten und ungegliederten Milchröhren.

Die wahre Entstehungsweise der Milchsafschlänche wurde wohl zuerst von SCHMALHAUSEN<sup>1)</sup> erkannt. DE BARY<sup>2)</sup> hat in seiner „vergleichenden Anatomie“ die ungegliederten Milchröhren, welche durch Verzweigung der schon im Embryo liegenden Initialzellen entstehen, von den aus Zellfusion entstehenden gegliederten Milchröhren sicher unterschieden. Sodann bestätigte SCOTT<sup>3)</sup> mit Sicherheit die Entstehung der gegliederten Milchröhren, indem er Ausstülpung, seitliche Durchbohrung und nachherige Verschmelzung der Zellen in seinen Objekten verfolgte. SCOTT<sup>4)</sup> fand auch danach die gegliederten Milchröhren bei *Manihot* und *Hevea*, welche zu den sonst ungegliederte Milchröhren besitzenden Euphorbiaceen gehören. Die Art und Weise der Entstehung der ungegliederten Milchröhren wurde von CHAUVEAUD<sup>5)</sup> genau studiert; er erwies, dass die ungegliederten Milchröhren durch Spitzen- und partielles Seitenwachstum der Initialzellen entstehen, welche in einer bestimmten Querschnittebene (plan nodal) des Embryos schon in einer für jede Art der Pflanzen konstanten Zahl anliegen.

Unter den später publizierten anatomischen Arbeiten seien z. B. die Untersuchungen von LÉGER<sup>6)</sup> erwähnt, der bei Fumariaceen Milchsafgefäße fand, die denjenigen der Papaveraceen ähnlich sind. CZAPEK'S<sup>7)</sup> Arbeit über die Milchsafbehälter der Convolvulaceen erbrachte das Resultat, dass alle untersuchten Convolvula-

1) SCHMALHAUSEN, Beiträge zur Kenntnis der Milchsafgefäße der Pflanzen. (Ref. in Just's Jahrb. IV, 1876, p. 376.)

2) DE BARY, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. (Leipzig 1877, p. 191 ff. und p. 447 ff.)

3) SCOTT. (l. c.)

4) SCOTT, On the laticiferous tissue of *Manihot Glaziovii*; Note on the laticiferous tissue of *Hevea Glaziovii*; On the occurrence of articulated laticiferous vessels in *Hevea*. (Ref. in Bot. Centralb. Bd. XXV, 1886, p. 334.)

5) CHAUVEAUD. (l. c.)

6) LÉGER, Sur la présence du laticifères chez les Fumariacées. Derselbe, L'appareil laticifère des Fumariacées. (Ref. von beiden in Just's Jahrb. XVIII<sub>1</sub>, 1890, p. 626.) Derselbe, Les laticifères des *Glaucium* et de quelques autres Papaveracées. Derselbe, Les différents aspects du latex chez des Papavéracées. (Ref. von beiden in Just's Jahrb. XIX<sub>1</sub>, 1891, p. 565.)

7) CZAPEK, Zur Kenntnis des Milchsafsystems der Convolvulaceen. (Sitzungsb. d. kais. Akad. d. Wiss. zu Wien, Bd. CIII, Abt. I, 1894, p. 87.)

ceen Milchzellenreihen besitzen; mit Ausnahme der Gattung *Dicondra*, welche querwandlose Milchsaffbehälter hat. CHIMANI<sup>1)</sup> machte den Bau und die Anordnung der ungegliederten Milchröhren klar; und COL<sup>2)</sup> studierte die Sekretbehälter der Compositæ und wies die systematische Verbreitung derselben genau nach. YADRAC'S<sup>3)</sup> Untersuchung über die Loberiaceen stellte fest, dass alle Organe mit Ausnahme der Samen Milchsaffgefäße besitzen.

Ausserdem sind die Arbeiten von DUTAILLY,<sup>4)</sup> der in der Frucht von *Scorzonera hispanica* Milchkanäle fand, die von MIRANDE<sup>5)</sup> über die Milchsaffbehälter von *Cuscuta*, und die von GRÉLOT,<sup>6)</sup> nach welcher in der Blüte von Convolvulaceen drei Arten von Milchzellen, d. h. Zellreihen, isolierte Zellen und Zellfusionen vorhanden sind, hier noch anzuführen. Erwähnt sei ferner, dass COL<sup>7)</sup> die Milchsaffzellen in der Rinde der Gattung *Euonymus* (Celastraceæ), THOUVENIN<sup>8)</sup> die Milchsaffbehälter an *Cardiopteris lobata* (Oleaceæ) und CHAUVEAUD<sup>9)</sup> Milchzellen sogar in Coniferen entdeckt haben. Die Milchröhren der höheren Pilze fand zuerst WEISS<sup>10)</sup> aus, dann wurden dieselben von ISTVÁNYFY und OLSEN<sup>11)</sup> weiter bestätigt.

Die älteren Anatomen waren der Meinung, dass die Milch-

1) CHIMANI, (l. c.)

2) COL, Recherches sur l'appareil sécréteur interne des Composées. (Ref. in Just's Jahrb. XXXI<sub>2</sub>, 1903, p. 513.)

3) YADRAC, Sur l'appareil laticifère des Lobéracées. (Ref. in Bot. Centralbl. Bd. 98, 1905, p. 354.)

4) DUTAILLY, Canaux sécréteurs, laticifères et cellules à mucilage du fruit des Composées. (Ref. in Just's Jahrb. XIX<sub>1</sub>, 1891, p. 566.)

5) MIRANDE, Sur les laticifères et les tubes criblés des *Cuscutes monogyne*s. (Ref. in Just's Jahrb. XXVI<sub>2</sub>, 1898, p. 215.)

6) GRÉLOT, Recherches sur les laticifères de la fleur des Convolvulacées. (Ref. in Bot. Centralbl. Bd. 92, 1903, p. 83.)

7) COL, Sur l'existence de laticifères à contenu spécial dans les Fusaius. (Ref. in Just's Jahrb. XXIX<sub>2</sub>, 1901, p. 397.)

8) THOUVENIN, Sur la présence de laticifères dans une Oléacée, le *Cardiopteris lobata*. (Ref. in Just's Jahrb. XIX<sub>1</sub>, 1891, p. 566.)

9) CHAUVEAUD, Un nouvel appareil sécréteur chez les Conifères. (Ref. in Just's Jahrb. XXXI<sub>2</sub>, 1903, p. 513.)

10) WEISS, Über gegliederte Milchsaffgefäße im Fruchtkörper bei *Lactarius deliciosus*. (Sitzungsb. d. kais. Akad. d. Wiss. zu Wien. Bd. XCI, Abt. I, 1885, p. 166.)

11) ISTVÁNYFY und OLSEN, Über die Milchsaffbehälter und verwandte Bildungen bei den höheren Pilzen. (Bot. Centralbl. Bd. XXIV, 1887, p. 372.)

röhren des Protoplasmas und der Kerne entbehren. Obwohl DE BARY<sup>1)</sup> schon voraussagte, dass vielleicht spätere Untersuchungen einen Plasmakörper in Milchröhren nachweisen würden, hielt er doch bei den damaligen mangelhaften Kenntnissen die Milchsäfte für nichts anderes als Flüssigkeit.

Das Vorkommen von einem Protoplasmakörper nebst Kernen wurde bald darauf von einigen Autoren<sup>2)</sup> nicht nur in ungegliederten, sondern auch in gegliederten Milchröhren bei einigen Pflanzen nachgewiesen. Eine wertvolle Arbeit SCHMIDT'S<sup>3)</sup> hat dann dafür einen entscheidenden Beweis geliefert, indem er in den Milchsäftegefäßen von mehreren Pflanzen nicht nur Kerne sondern auch den Plasmaschlauch entdeckte. Er war dabei der Meinung, dass der Milchsaft dem Zellsaft gleichwertig sei; ferner in Bezug auf die Kerne bestätigte er, dass sie im allgemeinen bis in das höchste Alter der Milchröhren erhalten bleiben, während SCHMITZ<sup>4)</sup> bei seiner Untersuchung über Convolvulaceen die Meinung geäußert hatte, dass das Protoplasma und die Kerne in den Milchröhren allmählich verschwinden und eine farblose Zellflüssigkeit hinterlassen.

Das Vorhandensein der Kerne in den Milchröhren von *Manihot* und *Hevea* wurde von CARBERT und BOODLE<sup>5)</sup> bestätigt. Sodann veröffentlichte MOLISCH<sup>6)</sup> eine Arbeit, in welcher er den lebenden Teil des Milchröhreninhaltes und die Chemie des Milchsaftes genau schilderte. Es gelang ihm dabei, in den Milchröhren einiger Pflanzen eine neue Art von Zellkernen oder „Blasenkerne“<sup>7)</sup> zu entdecken.

---

1) DE BARY. (l. c. p. 191.)

2) Vergl. SCHMIDT, Über den Plasmakörper der gegliederten Milchröhren. (Bot. Zeit. 1882, p. 435 ff.)

3) SCHMIDT. (l. c.)

4) SCHMITZ. (l. c.)

5) CARBERT and BOODLE, On laticiferous tissue in the pith of *Manihot Graziiovii*, and on the presence of nuclei in this tissue. (Ann. of Bot. vol. I, 1887-8, p. 55.) CARBERT, The laticiferous tissue in the stem of *Hevea brasiliensis*. (ebenda. p. 75.)

6) MOLISCH, Studien über den Milchsaft und Schleimsaft der Pflanzen. Jena 1901.

7) Vergl. MOLISCH. (l. c.) Derselbe, Über Zellkerne besonderer Art. (Bot. Zeit. 1899, p. 177.)

Hier sind auch die Arbeiten von HANSEN<sup>1)</sup>, WITTMACK<sup>2)</sup> und DIETZ<sup>3)</sup> zu erwähnen; die zwei ersteren haben peptonisierend wirkende Fermente in Milchsäften von *Carica Papaya* und *Ficus Carica* gefunden, und der letzte verschiedene Krystalle bei einigen Milchsäften. Neuerdings dokumentierte WIESNER<sup>4)</sup> die Zusammensetzung der Milchsäfte von *Euphorbia*-Arten.

Die Funktion der Milchsaftbehälter ist von alters her ein interessantes Untersuchungsproblem gewesen. TRECUL<sup>5)</sup> meinte, dass zwischen den Milchröhren und den Gefäßen des Holzes offene Kommunikationen vorhanden seien. Andererseits beobachteten einige Autoren, z. B. DIPPEL<sup>6)</sup>, eine anatomische Ähnlichkeit der Milchröhren und Siebröhren, und DE BARY schrieb in seiner „vergleichenden Anatomie,“ dass bei einigen Pflanzen eine Entwicklungskorrelation zwischen diesen beiden Organen vorhanden sei.

Einige Forscher, wie FAIVRE,<sup>7)</sup> TREUB<sup>8)</sup> und SCHULLERUS<sup>9)</sup>, machten physiologische Untersuchungen über die Funktion der Milchröhren und gelangten zum Ergebnisse, dass die Milchröhren Speicherorgane oder typische Leitungsröhren seien, beziehungsweise der Milchsaft Reservestoff oder Bildungssaft sei. Eine Untersuchung

1) HANSEN, Über Fermente und Enzyme. (Arb. d. bot. Inst. in Würzburg. Bd. III, p. 253.) Derselbe, Über die Wirkung des Milchsafte von *Ficus Carica*. (Ref. in Just's Jahrb. IX<sub>1</sub>, 1881, p. 52.)

2) WITTMACK, Die pepsinartigen Wirkungen des Milchsafte von *Carica Papaya*. (Ref. in Just's Jahrb. VIII<sub>1</sub>, 1880, p. 317.) Derselbe, Der Milchsafte der Pflanzen und sein Nutzen. (Ref. in Just's Jahrb. IX, 1881, p. 52.) Derselbe, Über die Wirkung des Milchsafte von *Ficus Carica*. (Ref. in Just's Jahrb. X<sub>1</sub>, 1882, p. 48.)

3) DIETZ, Beiträge zur Kenntnis des Milchsafte der Euphorbiaceen u. a. (Ref. in Bot. Centralbl. XVI, 1883, p. 132.)

4) WIESNER, Über die chemische Beschaffenheit des Milchsafte der *Euphorbia*-Arten nebst Bemerkungen über den Zusammenhang zwischen der chemischen Zusammensetzung und der systematischen Stellung der Pflanzen. (Sitzungsb. d. kais. Akad. d. Wiss. zu Wien. Bd. 122, Abt. I, 1912, p. 1.)

5) Vergl. SCOTT. (l. c.)

6) DIPPEL. (l. c.)

7) FAIVRE, Laticifères et le latex pendant l'évolution germinative normale chez l'embryon du *Tragopogon porrifolius*. (Ref. in Bot. Centralbl. 1880, I, p. 747.)

8) TREUB, L'amidon dans les laticifères des Euphorbes. (Ref. in Bot. Centralbl. 1882, II, p. 338.)

9) SCHULLERUS, Die physiologische Bedeutung des Milchsafte von *Euphorbia Lathyris*. (Ref. in Bot. Centralbl. 1882, II, p. 387.)

VON HABERLANDT<sup>1)</sup> brachte auch das gleiche Ergebnis; er hat zwar dabei auch einige Beziehung zwischen dem Milchröhrensystem und dem Assimilationsgewebe, und eine Korrelation zwischen dem Milchröhrensystem und dem des Leitungsparenchyms beobachtet, und er erörtert, dass die Milchröhren die Assimilate leiten sollen, dass sie also in physiologischer Hinsicht dem Leitparenchym gleichwertig seien, ein Ergebnis, welches später auch von PIROTTA<sup>2)</sup> und MARCATITI weiter bestätigt wurde.

Einige abweichende Ansichten wurden jedoch von anderen Seiten erbracht. LEBLOIS<sup>3)</sup> behauptete nämlich, dass die Milchsaftegefäße Sekretionsorgane darstellen. Ebenso leugnete SCHWENDENER<sup>4)</sup> die Ernährungsbedeutung des Milchsafte und sah ihn als Exkrete an. SCHIMPER'S<sup>5)</sup> Untersuchung über die Frage, ob die Milchröhren Kohlenhydrate leiten können, wie HABERLANDT annimmt, brachte auch ein negatives Resultat. GROOM<sup>6)</sup> erforschte dann die Endungsweise der Milchröhren in Blättern; dabei bestätigte er im Gegensatz zu HABERLANDT, dass die Endungsweise der Milchröhren uns keinesweges die Funktionen derselben zu verstehen gibt. Auch TSCHIRCH<sup>7)</sup> glaubte, die Milchröhren seien Sekretbehälter, obwohl er ihre Möglichkeit als Leitungsorgane nicht ganz leugnete. Gleichzeitig brachte die Untersuchung von SCOTT<sup>8)</sup> über die Verteilung der Milchröhren in Blättern auch ein Ergebnis gegen HABERLANDT; er behauptete, dass die Milchröhren mit den Sekretionskanälen anderer Pflanzen anatomisch und funktionell verwandt sind.

1) HABERLANDT, Zur physiologischen Anatomie der Milchröhren. (Sitzungsb. d. kais. Akad. d. Wiss. zu Wien. Bd. LXXXVII, Abt. I, 1883, p. 51.)

2) PIROTTA e MARCATITI, Sui rapporti tra i vasi laticiferi ed il sistema assimilatore nelle piante. (Ref. in Bot. Centralbl. 1886, p. 212.)

3) LEBLOIS, Sur le rôle du latex dans les Composées. (Ref. in Just's Jahresb. XII<sub>1</sub>, 1884, p. 83.) Derselbe, Canaux sécréteurs et poches sécrétrices. (Ann. sc. nat. bot. 7<sup>e</sup> sér. t. VI, 1887, p. 247.)

4) SCHWENDENER, Einige Beobachtungen an Milchsaftegefäßen. (Ref. in Just's Jahresb. XIII<sub>1</sub>, 1885, p. 125.)

5) SCHIMPER, Über Bildung und Wanderung der Kohlenhydrate in den Laubblättern. (Bot. Zeit. 1885, p. 737.)

6) GROOM, On the funktion of laticiferous tubes. (Ann. of Bot. vol. III, 1889, p. 157.)

7) TSCHIRCH, Angewandte Pflanzenanatomie. (Wien und Leipzig, 1889.)

8) SCOTT, The distribution of laticiferous tissue in the leaf. (Ann. of Bot. vol. III, 1889, p. 445.)

Die Ansicht, dass dem Milchsaff eine Ernährungsfunktion zukomme, wird von einigen Forschern geteilt. DEHMEL<sup>1)</sup> sagte nämlich, dass das Milchröhrensystem ein Nährstoff leitendes Organ darstellt, und dass dieses System mit Siebröhren, Stärkescheide und Assimilationsorganen in näherer Beziehung steht. Ähnlicher Meinung war auch CZAPEK.<sup>2)</sup> HABERLANDT's Ansicht wurde auch von GAUCHER<sup>3)</sup> und neuerdings von MAYUS<sup>4)</sup> bestätigt.

Während die physiologische Bedeutung der Milchröhren auf mannigfaltige Weise erörtert worden ist, sind andererseits ökologische Erklärungen gemacht worden. DE VRIES,<sup>5)</sup> DEHMEL,<sup>6)</sup> BAAR<sup>7)</sup> u. a. waren der Meinung, dass der Milchsaff bei Verwundungen der Pflanzen den Wundschluss besorgen solle. Weiter ist aber noch eine andere Interpretation vertreten, nämlich, dass der Milchsaff ein Schutzmittel gegen Tierfrass sei. KNY<sup>8)</sup> beobachtete die Milchsaffthaare der Cichoriaceen, die schon früher von einigen Botanikern, aber nur oberflächlich, beobachtet worden waren, und seine Beobachtung wurde nachher von ZANDER<sup>9)</sup> wiederholt, welcher konstatierte, dass die Milchsaffthaare nicht nur ein Schutzmittel gegen Schneckenfrass, sondern auch ein Abwehrmittel gegen Beschädigungen durch Insekten und deren Larven sind.

Zum Schluss ist eine Arbeit von KNEIP<sup>10)</sup> zu erwähnen. Er widerlegte durch physiologische Versuche die herrschende Meinung, dass die Milchröhren Nährstoffe leiten, und leugnete auch DE BARY's Ansicht, dass Milchröhren und Siebröhren sich gegenseitig vertreten können. Er bestritt überdies die Ansicht HABER-

1) DEHMEL, Beiträge zur Kenntnis der Milchsaffbehälter der Pflanzen. (Ref. in Bot Centralbl. Bd. XLVI, 1891, p. 385.)

2) CZAPEK. (l. c.)

3) GAUCHER, Du rôle des laticifères. (Ann. sc. nat. bot. Sér. VIII, t. XII, 1900, p. 241.)

4) MAYUS, Beiträge über den Verlauf der Milchröhren in den Blättern. (Beiheft des Bot. Centralbl. XVIII, 1905, p. 273.)

5) Vergl. KNEIP. (l. c.)

6) DEHMEL. (l. c.)

7) BAAR, Ein kleiner Beitrag zur Kenntnis der Milchröhren. (Ref. im Bot. Centralbl. Bd. 92, 1903, p. 406.)

8) KNY, Die Milchsaffthaare der Cichoriaceen. (Ref. in Just's Jahresb. XXI, 1893, p. 540 und XXII, 1894, p. 468.)

9) ZANDER, Die Milchsaffthaare der Cichoriaceen. (Biblioth. Bot. Bd. VII, 1897, H. 37.)

10) KNEIP, Über die Bedeutung des Milchsaffes der Pflanzen. (Flora. Bd. 94, 1905, I, p. 129.)



LANDT'S über die Korrelation zwischen Milchröhren und Leitparenchym, vielmehr neigte er dazu, eine Korrelation zwischen Milchröhren und Sekretbehälter anzunehmen. Er suchte die Bedeutung des Milchsaftes also auf ökologischer Seite und zwar als Schutzmittel gegen Tiere sowie als Wundschlussmittel. Auf Grund eines umfangreichen Versuches über die Beziehung zwischen Milchsäften und Schnecken schrieb er zum Schlusse wörtlich: „Aller Wahrscheinlichkeit nach liegt die primäre Funktion des Milchsaftes auf biologischem Gebiete.“<sup>1)</sup>

Nach allem sind der Bau und die Entstehungsweise der Milchsaftbehälter meist schon ins klare gekommen, während ihre Funktionen noch vieldeutig erklärt worden sind. Um etwaige Beiträge zur Kenntnis unserer einheimischen Milchröhrenpflanzen zu liefern, führte ich die vorliegende Untersuchung aus. Die Versuchsobjekte waren folgende:

- |      |  |                 |
|------|--|-----------------|
| 1)°  | <i>Crepis lanceolata</i> , MAK. var. <i>platyphylla</i> , (F. S.) MAK. (Compositæ) |                 |
|      | (= <i>C. integra</i> , MIQ. var. <i>platyphylla</i> , FR. et SAV.)                 |                 |
| 2)°  | <i>Platycodon grandiflorum</i> , DC.   | (Campanulaceæ)  |
| 3)△  | <i>Wahlenbergia gracilis</i> , A. DC.  | „               |
| 4)△  | <i>Peracarpa carnososa</i> , HOOK. FIT.  | „               |
| 5)°  | <i>Cuscuta chinensis</i> , LAM.  | (Convolvulaceæ) |
| 6)°  | <i>Metaplexis japonica</i> , MAK.  | (Asclepiadaceæ) |
|      | (= <i>M. stantoni</i> , R. et S.)  |                 |
| 7)°  | <i>Trachelospermum divaricatum</i> , K. SCHUM.                                     | (Apocyanaceæ)   |
|      | (= <i>T. jasminoides</i> , LEMAIRE)  |                 |
| 8)°  | <i>Euphorbia humifusa</i> , WILLD.   | (Euphorbiaceæ)  |
| 9)△  | <i>Excoecaria japonica</i> , MUELL.  | „               |
| 10)△ | <i>Sapium sebiferum</i> , ROXB.  | „               |
| 11)° | <i>Macleya cordata</i> , R. BR.  | (Papaveraceæ)   |
| 12)* | <i>Chelidonium japonicum</i> , TH. FL. var. <i>typicum</i> , PRAIN.                | „               |
|      | (= <i>Hylomecon japonica</i> , (THUNB.) PRANTH.)                                   |                 |
| 13)° | <i>Nelumbo nucifera</i> , GAERTN.  | (Nymphæaceæ)    |
| 14)° | <i>Fatoua pilosa</i> , GAUD. var. <i>subcordata</i> , BUREAU.                      | (Moraceæ)       |
| 15)△ | <i>Ficus erecta</i> , THUNB.   | „               |

Bei den mit ° bezeichneten Pflanzen untersuchte ich die Anatomie und den Inhalt der Milchsaftbehälter, bei den mit △ nur die Anatomie und bei den mit \* bloss den Inhalt.

1) Vergl. KNIEP. (l. c. p. 199.)

Vorliegende Untersuchungen wurden unter der Anregung und Leitung Herrn Prof. Dr. MIYOSHI'S im Laufe des akademischen Jahres 1911–1912 im botanischen Institut der Kaiserlichen Universität zu Tokio ausgeführt. Es sei mir gestattet hier dem verehrten Lehrer meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

### I. Anatomie der Milchröhren und Milchzellen.

Die im folgenden mitgeteilten anatomischen Untersuchungen wurden ausgeführt, um das anatomische Verhältnis der Milchsaftbehälter im Pflanzenkörper möglichst vielseitig zu erforschen.

Als Versuchsobjekte dienten mir in den meisten Fällen die frischen Pflanzen, welche in der Regel mit gutem Erfolge in siedendes Wasser getaucht wurden, um den Inhalt der Milchröhren sofort zu fixieren. Auch Pikrinsäure oder Chromsäure wurde gelegentlich als Fixierungsmittel des Milchsaftes gebraucht. Formalin und Alkohol dienten mir nur in besonderen Fällen zur Untersuchung.

Was die Präparation der Untersuchungsobjekte anbelangt, so benutzte ich fast immer die Handschnitt- und Mazerationsmethode, aber niemals den Mikrotomschnitt.

Als Mazerationsmittels bediente ich mich meistens der Kalilauge von 10–30 Proc. und als Tinktionsmittels des Milchröhreninhaltes immer der Sudan III-Alkohollösung. Zur Nachweisung der Callussubstanz in den Siebröhren leistete mir die von STRASBURGER<sup>1)</sup> angegebene Corallinsoda gute Dienste.

#### A. SPECIELLER THEIL.

##### 1) *Crepis lanceolata*, MAK. var. *platyphylla*, (F. S.) MAK.

Der Milchröhrenverlauf dieser Pflanzen stimmt mit dem gewöhnlichen Verlauf der zumeist ein kollaterales Gefäßbündel besitzenden Cichoriaceen-Arten, welcher von DE BARY<sup>2)</sup> in seiner

1) STRASBURGER, Botanisches Praktikum. IV Aufl. p. 197 und p. 661.

2) DE BARY, l. c. pp. 448–9.)

„vergleichenden Anatomie“ beschrieben wurde, fast überein. Im Stengel oder Zweige kommen die Milchröhren unmittelbar innerhalb der Pleromgrenze zunächst dem Phloemteil jedes Gefäßbündels und ihn umgebend vor. Ihre längsverlaufenden Hauptstämme bilden hier, an der Grenze gegen die Schutzscheide, eine auf dem Querschnitt einfache und von Parenchymzellen vielfach unterbrochene Bogenreihe; kleinere Milchröhren können aber im Innern des Phloemteils auftreten. Im verdickten Stengelteil und in der Wurzel begleiten auch die Milchröhren ohne Ausnahme die in der sekundären Rinde vorkommenden Phloemgruppen. Mit dem Dickenwachstum des Stengels werden die Schutzscheidezellen und die darunter befindlichen peripherischen Milchröhren allmählich obliteriert.<sup>1)</sup> Die im Phloemteil eines Gefäßbündels oder in einer Phloemgruppe in der sekundären Rinde verlaufenden Milchröhren verbinden sich mit einander durch zahlreiche Anastomosen und bilden hier ein Milchröhrennetz. Die Anastomosen befinden sich aber auch zwischen den die verschiedenen Phloemgruppen begleitenden Milchröhrennetzen längs der ganzen Internodien, besonders reichlich aber in den Knoten, wovon sie weiter in die Blattstiele und Axillarzweige übergehen.

In den Blattstielen und Blattrippen laufen die Milchröhrennetze mit den Gefäßbündeln parallel, und zwar in derselben Anordnung wie beim Stengel, um endlich mit den letzten Gefäßen im Blattparenchym zu endigen. Das Milchröhrensystem in den Blättern bildet demnach ein dem Nervenetz entsprechendes Netzwerk. Im Mesophyll befinden sich die Milchröhren fast nie, nur mit Ausnahme einiger kurzer Zweigchen.

In den Wurzeln kann der Verlauf der Milchröhren bis auf die feinsten Würzelchen verfolgt werden.

Was die Verteilung der Milchröhren in dem Blütenstand, dem Köpfchen, betrifft, so ist die folgende Tatsache zu bemerken. In der verkürzten Hauptachse des Köpfchens und in den Deckblättern des Involucrums können die Milchröhrennetze nicht nur im Phloemteil des Gefäßbündels, sondern auch frei im Grund-

---

1) Vergl. CHIMANI, (l. c. pp. 456-8.)

gewebe auftreten. Beim Querschnitt eines Deckblattes kommen sie von Rand zu Rand als eine Netzschrift hervor, die bei der Flächenansicht als ein dem Phloem und dem Grundgewebe gemeinsames Milchröhrennetz zum Vorschein kommt (Tafel-Fig. 1). Diese Milchröhrenschicht entwickelt sich bei dem unmittelbar der Aussenwelt ausgesetzten Teil eines Deckblattes stärker, als bei demjenigen Teil, welcher vom anderen Deckblatt bedeckt ist. Solche eine Verteilung der Milchröhren in den Involucralschuppen des Köpfchens lassen uns an die Angaben KNY's<sup>1)</sup> und ZANDER's<sup>2)</sup> über die Milchsafthaare einiger Cichoriaceen erinnern. ZANDER betrachtete die Milchsafthaare als ein Schutzmittel gegen Tiere. In dieser Hinsicht scheint die angegebene Tatsache auch ein interessantes Beispiel zu sein, besonders wenn man sich daran erinnert, dass das Involucrum die Blüten, in welchen wir nirgendwo eine Milchröhre ausfinden können, immer bis zur Samenreife zu umfassen pflegt (Tafel-Fig. 2).

Die Wand der Milchröhren ist dünn und besteht aus Zellulose, der Rest der resorbierten Milchröhrenwand wurde selten beobachtet. Bei der Übersicht eines Querschnittes, besonders des der Wurzel, scheint es, als ob der Phloemteil etwas reduziert sei, weil die gesamte Querschnittsfläche der Phloemgruppen relativ klein ist. Wenn man zudem noch eine Phloemgruppe genauer erforscht, so findet man, dass die Phloemelemente relativ gering sind, während die darin befindlichen Milchröhren sich bedeutend entwickelt haben (Tafel-Fig. 3). Sehr wahrscheinlich ist es also, dass die Entwicklung der Siebröhren wenigstens in der Wurzel in gewissem Grade reduziert ist, wiewohl das Vorhandensein der Siebröhren noch deutlich nachweisbar ist.

Natürlich können wir aber daraus nicht voreilig schliessen, dass die Reduzierung der Siebröhren mit der Vermehrung der Milchröhren in korrelativem Zusammenhang stehe, wie DE BARY<sup>3)</sup> einmal angenommen hatte, denn diese Wurzel ist ziemlich fleischig und es ist öfters der Fall, dass die fleischigen Wurzeln mit mehr

---

1) KNY. (l. c.)

2) ZANDER. (l. c.)

3) DE BARY. (l. c. p. 541.)

oder minder reduzierten Siebröhren versehen sind, worauf KNIEP<sup>1)</sup> schon aufmerksam machte.

## 2) *Platycodon grandiflorum*, DC.

Der Bau und Verlauf der Milchröhren dieser Pflanze mit Ausnahme der Blütenteile, sowie die Beziehung zwischen den Milchröhren und Phloemgruppen in der Wurzel sind ganz ähnlich wie bei *Crepis lanceolata* var. *platyphylla*. Der Reduzierungsgrad des Siebteiles ist hier viel auffallender als bei jener Pflanze, weil die perennierende Wurzel dieser Pflanze sehr fleischig ist.<sup>2)</sup>

Die Verteilung der Milchröhren ist aber bei dieser Pflanze insofern verschieden, als die Milchröhren, wie bei den übrigen Campanulaceen,<sup>3)</sup> sich hauptsächlich in der inneren, gegen die Gefäße der Bündel gekehrten Phloemregion befinden, und das Milchröhrensystem zudem auch spärlich in der primären Rinde und zwar meist in der äusseren Partie derselben vorkommt. Es scheint mir, dass die beiden Systeme der Milchröhren bei den Knoten mit einander verbunden sind.

In den Blüten ist die Verteilung sehr merkwürdig. Das Milchröhrensystem ist bei dem Fruchtknoten nicht nur im Phloem des Gefässbündels, sondern auch im Grundgewebe gut entwickelt. Hinzuzufügen ist noch die Tatsache, dass das im Grundgewebe vorkommende Milchröhrennetz sich hauptsächlich in der Peripherie der Wand des Fruchtknotens entwickelt, während in der Zentralachse und Plazenta die Milchröhren fast nur auf die Gefässbündel beschränkt sind. In Samenanlagen ist das Vorkommen der Milchröhren niemals nachweisbar. In Kelch- Kronen- und Staubblättern laufen sie wie gewöhnlich meist in den Gefässbündeln.

Was den Griffel anbelangt, so ist er von zahlreichen Drüsenhaaren bedeckt, deren basale drüsige Teile eine besondere Schicht an der Peripherie des Griffels bilden. Unmittelbar unterhalb der

---

1) KNIEP. (l. c. p. 180.)

2) Eine genauere Untersuchung über die Beziehung zwischen den Milchröhren und Siebröhren im Stengel und in der Wurzel dieser Pflanze wurde schon von KNIEP gemacht. Vergl. KNIEP. (l. c. p. 169.)

3) Vergl. DE BARY. (l. c. p. 449.) und KNIEP. (l. c. p. 169.)

Schicht ist ein kompliziertes Milchröhrennetz vorhanden, während die innere Partie des Grundgewebes nur mit einer spärlichen Anzahl von Milchröhren versehen ist (Tafel-Fig. 4). Der Inhalt jener Drüsenhaare färbt sich mit Sudan III stärker als derjenige der benachbarten gewöhnlichen Epidermiszellen, und selten sieht man ferner in diesen Drüsen eine dem koagulierten Milchsaft ähnliche Masse (Tafel-Fig. 5). Obwohl eine direkte Kommunikation zwischen dem Milchröhrensystem und den Drüsenhaaren nicht nachgewiesen wurde, so kann man doch eine gewisse Beziehung zwischen beiden Organen vermuten, was unmittelbar daraus hervorgeht, dass unterhalb der Drüse zahlreiche Milchröhren gesammelt und einige von diesen direkt der Drüse angrenzend sind (Tafel-Fig. 6).

Tüpfelartige Aussackungen<sup>1)</sup> an der Seitenwand der Milchröhren sind bei dieser Pflanze, besonders im älteren Zustand, fast stets zu sehen.

### 3) *Wahlenbergia gracilis*, A. DC.

Im Stengel sind die Milchröhren nur auf den Phloemteil beschränkt und die Stellung derselben ist gerade wie bei *Platycodon grandiflorum*.

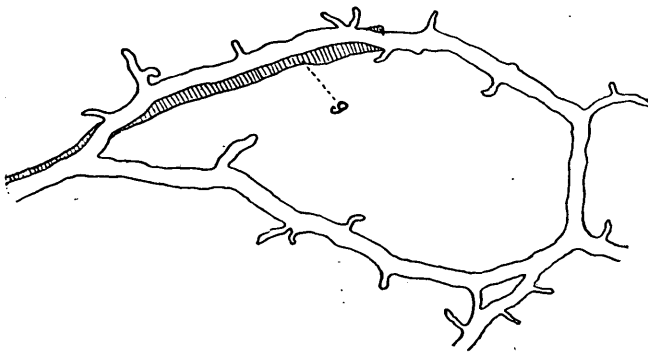


Fig. 1.

Milchröhrennetz in einem Kronenblatte von *Wahlenbergia gracilis*. (Aus mit Kalilauge durchsichtig gemachtem Präparat.)  
g Gefäß. (× 400)

Der Milchröhrenverlauf in den Blättern ist auch demjenigen der in oben erwähnten zwei Arten ganz ähnlich. Der eigentümliche Verlauf in den Blüten, den wir bei

1) Vergl. DE BARY. (l. c. p. 195.)

*Platycodon grandiflorum* gesehen haben, kann auch bei dieser Pflanze wohl bestätigt werden.

Trotzdem man in Laubblättern fast keine von Gefässbündeln frei laufenden Röhrenäste ausfinden kann, so befinden sich doch solche isolierte Äste ganz gewöhnlich in Kronenblättern. Die isolierten Äste oder Netze haben zahlreiche kleine Zweigchen, die zwischen die Parenchymzellen eindringen (Text-Fig. 1). HABERLANDT<sup>1)</sup> machte auf die ähnlichen, von Gefässbündeln frei laufenden Milchröhrenäste in Laubblättern besonders aufmerksam, indem er glaubte, dass zwischen dem Verlauf dieser isolierten Äste und dem Assimilationsgewebe eine innige Beziehung vorhanden sei. Aber wenigstens bei diesem Falle, wo die genannten Äste ausschliesslich auf die nicht assimilierenden Kronenblätter beschränkt sind, scheint HABERLANDT'S Ansicht nicht zuzutreffen.

Die Wurzel ist ausserordentlich reich an Parenchym und sehr fleischig. Beim Querschnitt kommen die Milchröhren nicht gruppenweise, sondern überall in der sekundären Rinde zerstreut vor. Da die Phloemelemente und Grundgewebezellen hier ganz ähnlich sind, so kann man auf den ersten Blick die

Siebröhren übersehen; das Vorhandensein der zahlreichen Siebplatten ist aber mit Corallinsoda deutlich nachweisbar (Text-Fig. 2).

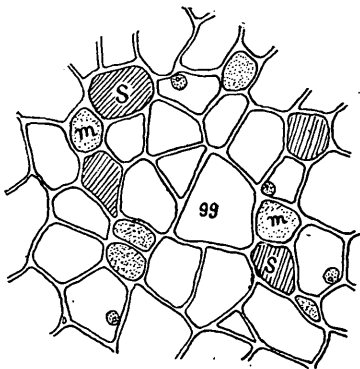


Fig. 2.

Stück eines Querschnittes durch die sekundäre Rinde der Hauptwurzel von *Wahlenbergia gracilis*. *m* Milchröhren, *s* Kallus der Siebröhren. *gg* Grundgewebezellen. ( $\times 245$ )

#### 4) *Peracarpa carnos*, Hook. FR.

Das Milchröhrensystem dieses Kräutchens ist demjenigen bei den angegebenen zwei Campanulaceen-Arten ähnlich gestaltet. Das im Phloemteil vorkommende Hauptsystem liegt fast schliesslich nur in der innersten gegen den Xylemteil gekehrten Region.

1) HABERLANDT. (l. c. p. 58.)

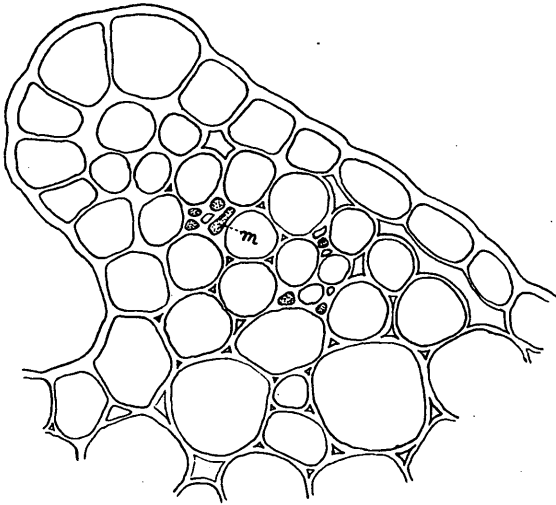


Fig. 3.

Teil eines Querschnittes durch ein Internodium des Stengels von *Peracarpa carnososa*, eine Stengelkante abbildend. *m* Milchröhren. ( $\times 245$ )

In der primären Rinde sehen wir drei kleine Milchröhrengruppen nahe der Kante des dreieckigen Stengels. Oben gehen sie in die Rindenpartie des Blattstiels seiner Seitenkanten entlang über, innen verbinden sie sich im Knoten mittelst je eines Querstückes mit dem im Phloemteil befindlichen Milchröhrennetze, und unten werden sie allmählich schmaler, um endlich

nahe an der Insertionsstelle des nächstunteren oder zweitunteren Blattes zu verschwinden (Text-Fig. 3).

Weil die Blattstellung hier  $\frac{1}{3}$  entspricht, so läuft die Milchröhrengruppe in der kathodischen Seite (absteigende Seite der Grundspirale) des Blattstiels nur ein Internodium und die der anodischen Seite zwei Internodien hindurch (Text-Fig. 4).

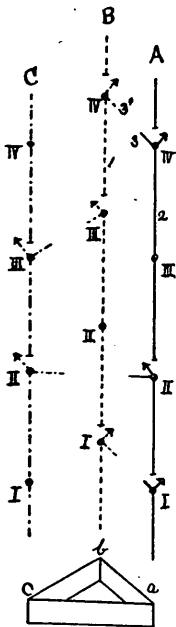


Fig. 4.

Schema des Milchröhrengruppenverlaufes in der primären Rinde des Stengels von *Peracarpa carnososa*. A-a, B-b und C-c drei Kanten des Stengels; I, II, III und IV vier über einander folgende Knoten; Pfeile deuten die in den Blattstiel eintretenden Milchröhrengruppen; 3 und 3' Verbindungsstücke zwischen dem Phloemständigen- und rindenständigen Milchröhrensystem; 1 der durch ein Internodium absteigende Schenkel; 2 der durch zwei Internodien absteigende Schenkel.

In der Blattspreite begleiten die phloemständigen Milchröhrennetze die Gefäßbündel bis auf die feinsten Nerven, hier und dort ziemlich zahlreiche Äste



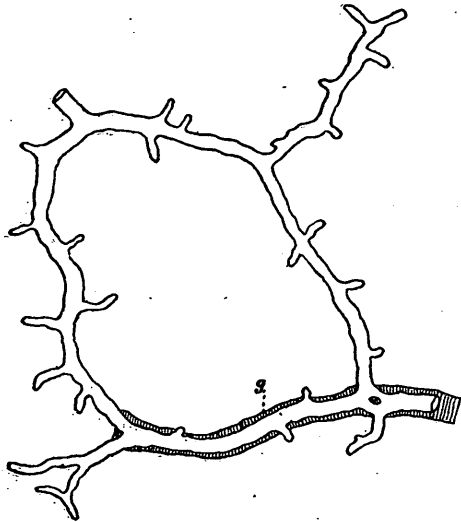


Fig. 5.

Das im Mesophyll frei laufende Milchröhrennetz von *Peracarpa carnosae* (von unten gesehen). *g* Gefässende. ( $\times 400$ )

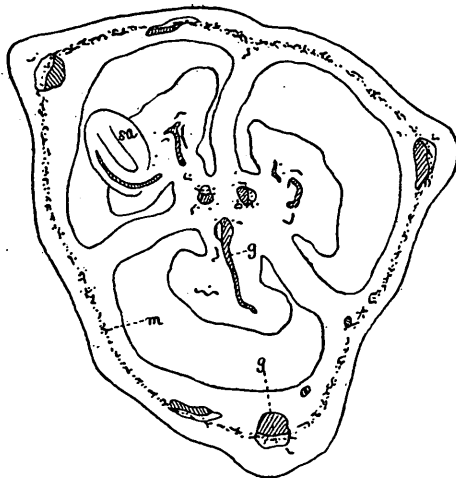


Fig. 6.

Querschnitt durch einen Fruchtknoten von *Peracarpa carnosae*. *m* Milchröhrennetz in der Fruchtwand, *g* Gefässbündel, *sa* Samenanlage. ( $\times 34$ )

in das Mesophyll abgebend, welche mit einander zu anastomosieren pflegen (Text-Fig. 5). Das frei laufende Milchröhrennetz verläuft vorzugsweise zwischen dem Palisadenparenchym und Schwammparenchym mit seinen zahlreichen kurzen Zweigen, die im Mesophyll blind enden. Da bei diesem dünnen Blatte das Palisaden- und das Schwammgewebe sehr undeutlich differenziert sind, so können die Milchröhren im Mesophyll vielmehr nach beliebigen Richtungen verlaufen und enden.

Für den Verlauf in Blüten gilt zum grössten Teile das Gleiche wie es bei *Wahlenbergia gracilis* der Fall ist. Das Milchröhrennetz in der Wand des Fruchtknotens ist bei dieser Pflanze höchst entwickelt (Text-Fig. 6), und das von Gefässbündeln frei laufende Milchröhrennetz in den Kronenblättern entwickelt sich auch hierbei ziemlich stark, während solches in den Kelchblättern bedeutend arm ist. Im Griffel werden aber, wie in den Staubblättern, nur die die Gefässbündel begleitenden Milchröhren be-

stätigt, während das eigentümliche subepidermale System hier nicht nachgewiesen wird.

In der Wurzel und dem Blütenstiel sind die Milchröhren nur auf den Phloemteil beschränkt; man kann diese bis in die feinsten Wurzeln verfolgen.

Die Wand der Milchröhren ist, wie gewöhnlich, meist sehr dünn, doch kann sie häufig in unterirdischen Organen etwas verdickt sein.

5) *Cuscuta chinensis*, LAM.

Die Milchsafthälter von *Cuscuta*-Arten sind, wie bekannt,<sup>1)</sup> nichts anders als die Milchzellen, was auch in meiner Untersuchung bei dieser Art nachgewiesen wurde. Die Resultate meiner Studie sind mit den bekannten Angaben<sup>2)</sup> über die schon untersuchten *Cuscuta*-Arten ganz in Übereinstimmung. Darum werde ich hier meine Ergebnisse über den Bau und die Verteilung der Milchzellen dieser Pflanze nicht beschreiben.

Im Stengel ist der Stärkegehalt so gross, dass das Grundgewebe überall voll Stärkekörner ist, und in den die pericykelständigen Milchzellen umgebenden Zellen sind sie besonders zahlreich und gross (Tafel-Fig. 7). Solch eine Erscheinung mag bemerkenswert sein, wenn man eine etwaige Beziehung zwischen dem Milchzelleninhalt und den Stärkekörnern vermutet.

6) *Metaplexis japonica*, MAK.

Im Stengel befinden sich die Milchröhren vornehmlich in dem Mark, wo Hauptstämme des Milchröhrensystems ihren Sitz nehmen, dazu kommen die Milchröhren auch im Pericykel und in der primären Rinde vor. Der Milchröhrenverlauf in den Internodien ist meist longitudinal mit sehr seltenen Gabelungen; reichliche Verzweigungen und vielfach gekrümmter und verschlungener Verlauf treten dagegen in den Knoten auf, indem die

1) Vergl. MYRANDE. (l. c.) BOODLE und FRISCH, SOLEREDER's systematic anatomy of the Dicotyledon. (Oxford, 1908, p. 1003.)

2) Vergl. BOODLE und FRISCH. (l. c. pp. 1003-4.)

markständigen Stämme der Milchröhren dort ihre zahlreichen Äste teils in das Mark des nächsthöheren Internodiums, teils in den Markteil der Blattstiele und der Axillarknospen, teils endlich den Blattspursträngen entlang durch die Gefässbündel des Stengels hindurch in die primäre Rinde entsenden.

Die Milchröhren im Pericykel verzweigen sich gleichfalls vielfach beim Knoten und senden ihre Zweige nach verschiedenen Richtungen; es ist hierbei eine Frage, ob die pericykelständigen Milchröhren die Äste der markständigen sind oder umgekehrt, weil die beiden Milchröhrensysteme bei den älteren Stengelteilen fast gleichmässig entwickelt sind. Bei den jüngeren Stengelteilen ist aber der Entwicklungsgrad der pericykelständigen Milchröhren schwächer als der der markständigen. Demnach ist es sehr wahrscheinlich, dass die markständigen Milchröhren die Hauptstämme des Systems darstellen, obwohl man eine sichere Erklärung solcher Frage in dem Gebiet der Entwicklungsgeschichte<sup>1)</sup> suchen muss.

Für den Verlauf der Milchröhren im Blattstiel gilt wesentlich das Gleiche wie für den Stengel. Dem Knoten entsprechend, sind die Verzweigungen der Milchröhren bei der Übergangsstelle vom Blattstiel zur Blattspreite ziemlich zahlreich, und die Zweige gehen zum grössten Teil in die Blattspreite über, einige gehen aber nach dem Blattstiel zurück. Die in diesem Orte stehenden hackenartigen Emergenzen sind auch einige Zweigchen der Milchröhren verteilt.

In der Blattspreite verlaufen die Milchröhren zuerst den grösseren Nerven entlang und dann in dem Mesophyll. Entsprechend der Verteilung in anderen Organen, nehmen die Hauptmilchröhren ihre Sitze oberhalb der Nerven. Die feinsten Nerven, die bloss aus den Tracheiden bestehen, nehmen keine Milchröhren mit. Im Mesophyll verlaufen die Milchröhren fast alle in dem Schwammparenchym und enden an beliebigen Stellen endlich blind, ohne uns eine besondere Beziehung zwischen ihnen und dem Assimilationsgewebe zu verstehen zu geben. Häufig sieht man aber die Endzweigchen der Milchröhren unmittelbar unter der Epidermis.

---

1) Vergl. CHAUVEAUD. (l. c. pp. 98-112.)

In der Wurzel können keine Milchröhren mit Sicherheit nachgewiesen werden, nur dass sie in einer Strecke der Übergangszone vom Stengel zur Wurzel spärlich vorkommen, um früher oder später blind zu endigen.

Die Wand der Milchröhre ist, wie gewöhnlich dünn und besteht aus Zellulose. Im Längsschnitt treten die Wände der Hauptstämme als wellige Linien auf.

Der ältere Stengelteil ist überall im Grundgewebe sehr reich an Stärkegehalt, insbesondere im Mark und Pericykel, in welchem alle Zellen ausser den Milchröhren voll von grossen Reservestärkekörnern sind. Die Reservezellen liegen rings um jede Milchröhre derselben innig an, und hierbei ist merkwürdig, dass der Stärkegehalt in den die Milchröhren umgebenden Zellen besonders reich ist, eine ähnliche Erscheinung, wie wir sie schon bei *Cuscuta chinensis* gesehen haben (Tafel-Fig. 8).

Diese Pflanze besitzt bikollaterale Gefässbündel, deren beide Phloemteile leicht nachweisbare Siebröhren besitzen, daher kann man zweifellos eine Reduzierung der letzteren mit Recht verneinen.

#### 7) *Trachelospermum divaricatum*, K. SCHUM.

Der Verlauf und die Verteilung der Milchröhren dieser Pflanze sind im allgemeinen ähnlich wie bei *Metaplexis japonica*. Als einige Verschiedenheiten sind die folgenden zu bemerken.

Die markständigen Hauptstämme nehmen ihre Sitze meistens in der Peripherie und zwar in der Nähe des inneren Phloemteils, mit einer verhältnismässig geringen Anzahl von Milchröhren in der Zentralpartie. Die pericykelständigen Milchröhren befinden sich vornehmlich an der Aussenseite der Sklerenchymfasergruppen, während sie bei *M. japonica* zwischen ihnen und den Phloemteilen zerstreut vorkommen.

Beim verdickten Stengelteil können die Milchröhren auch in sekundärer Rinde auftreten, aber es scheint mir, dass sie in dem inneren Phloem niemals vorkommen, und dabei pflegen die ausserhalb der Sklerenchymgruppen befindlichen Milchröhren stark obliteriert zu sein.

In der Blattspreite begleiten die Milchröhren die Nerven bis zu den feinern, hie und da ihre Äste in das Mesophyll abgebend, welche nicht nur das Schwammgewebe, sondern auch das Palisadengewebe durchziehen. Obgleich wir die Milchröhren häufig sowohl zwischen den zwei Zellschichten des Palisadengewebes, als auch unmittelbar oberhalb oder unterhalb dieses Gewebes verlaufen sehen, können wir doch eine besondere Beziehung zwischen den Milchröhren und den Zellen dieses Gewebes schwer nachweisen. Es kommt aber nicht selten vor, dass die Milchröhren stellenweise von Schwammparenchymzellen in der Art der Angabe von HABERLANDT<sup>1)</sup> umgeben werden. Ob solch eine Erscheinung für die physiologische Bedeutung der Milchröhren massgebend sei, ist jedoch fraglich.<sup>2)</sup> Die kleineren Zweigchen der Milchröhren kommen häufig direkt unter der Epidermis von beiden Blattseiten vor; blinde Enden sind an beliebigen Stellen zu finden.

Wir können durch Schnitt der Winterknospe die Art und Weise des Milchröhrenverlaufes in Internodien und in Knoten leicht verstehen, und ferner können wir erkennen, dass die Milchröhren in das meristematische Gewebe der Vegetationspunkte schon früh vor der Ausbildung der ersten Gefässbündelelemente eingetreten sind,<sup>3)</sup> und dass auch die schuppenförmigen Blätter der Knospe einen Teil des Milchröhrensystems in sich halten.

In der Wurzel befinden sich die Milchröhren in der sekundären und primären Rinde, bis auf die feinsten Wurzeläste durchdringend.

Was die Blüten betrifft, so kann man das Vorkommen der Milchröhren in allen Teilen, mit Ausnahme der Antheren und Samenanlagen, bestätigen. Da der unterständige Fruchtknoten dieser Pflanze eine Anzahl von Gefässbündeln, die nach den Kelch-, Kronen- und Staubblättern verlaufen, in sich durchziehen lässt, so ist folglich die Milchröhrenverteilung in demselben sehr kompliziert und unregelmässig. Die Milchröhren verlaufen meist in dem Grundgewebe an und zwischen den Gefässbündeln;

---

1) HABERLANDT. (l. c. p. 57.)

2) Vergl. GROOM. (l. c.) und KNEIP. (l. c. p. 182.)

3) Vergl. DE BARY. (l. c. p. 452.)

im allgemeinen gesagt, nimmt der grösste Teil derselben seinen Sitz in der Nähe der nach der Krone verlaufenden Gefässbündel, während es in inneren und äusseren Partien des Fruchtknotens nur spärliche Milchröhren gibt.

Während die Milchröhren in den Kelchblättern nur schwach entwickelt sind, besitzt die Krone besonders in ihrem langen Tubusteile, der mit sich den Griffel verdeckt und die Staubblätter trägt, zahlreiche Milchröhren (Tafel-Fig. 9).

Im Stengel ist die Wand der Milchröhren etwas dicker als die der benachbarten Zellen, was besonders beim Knoten leicht sichtbar ist.

Bemerkenswert ist, dass die Milchröhrenstämme im Mark gewöhnlich von „epithelialen“ Zellen umgeben werden, welche häufig eine dem Milchsaft ähnliche Substanz enthalten. Die Beziehung ist besonders beim älteren Stengel leicht zu sehen, weil dabei die gewöhnlichen Markzellen stark zusammengedrückt und teilweise zerstört sind, während die Milchröhren nebst dem

„Epithelium“ im normalen Zustand bleiben. Die „epithelialen“ Zellen tragen in der Regel an ihren Wänden, mit Ausnahme der gegen die Milchröhren gekehrten Wand, bedeutend grosse Tüpfel, trotzdem die gewöhnlichen Markzellen meistens mit kleinen Tüpfeln versehen sind (Text-Fig. 7). Vermöge des Inhaltverhältnisses kann man die „epithelialen“ Zellen schon in dem meristematischen Gewebe der Winterknospe von anderen Zellen deutlich unterscheiden.

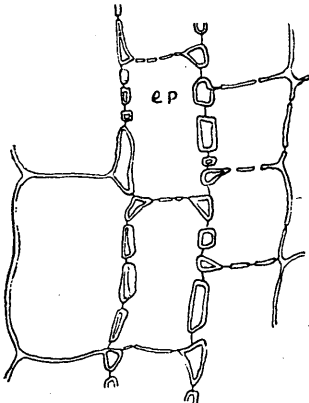


Fig. 7.

Tangentialer Längsschnitt durch die „epithelialen“ Zellen einer markständigen Milchröhre von *Trachelospermum divaricatum*, die grossen Tüpfel an Wand zeigend. ep „epitheliale“ Zellen. ( $\times 400$ )

#### 8) *Euphorbia humifusa*, WILD.

Der Milchröhrenverlauf in den Internodien und in den Knoten des Stengels dieser Pflanze ist demjenigen

von *Euphorbia Lathyris*<sup>1)</sup> sehr ähnlich. Als eine Verschiedenheit können wir nur bemerken, dass die Milchröhren niemals im Mark vorkommen.

Eine deutliche Trennung des hypodermen Milchröhrensystems von dem Hauptsystem ist nicht vorhanden, indem die Milchröhren überall in primärer Rinde zerstreut vorkommen. Sehr häufig verlaufen sie unmittelbar unter der Epidermis. Der Verlauf im Blattstiel ist analog dem in dem Stengel.

Einige grössere Milchröhren gehen entlang der Unterseite des Mittelnervs vom Blattstiel zur Blattspreite über, um früher oder später mit ihren zahlreichen Ästen in das Mesophyll frei einzutreten, aber alle anderen Milchröhren gehen direkt in das Mesophyll, ohne den Nerven zu folgen. Demnach durchziehen die Milchröhren im allgemeinen, ohne Berücksichtigung des Verlaufs der Blattnerven, das Mesophyll und zwar hauptsächlich dessen Schwammgewebe, aber nicht selten auch das Palisadengewebe. Das subepidermale System der Milchröhren ist gut entwickelt, in welchem wir eine Anzahl von blinden Enden sehen können (Tafel-Fig. 10). Die Milchröhren im Palisadengewebe scheinen hier nur die Verbindungsstücke des im Schwammgewebe vorkommenden Hauptsystems und des subepidermalen Endsystems in der Blattoberseite zu sein.

Mayus<sup>2)</sup> fand die Netzanastomosen der Milchröhren nicht nur in Blättern von *Euphorbia Lathyris* und *E. pepulus*, sondern auch in den von *Ficus erecta*, *Asclepias syriaca* und *Cynanchum sibiricum*. Wir können aber in den Blättern dieser Pflanzen keine Anastomosen der Milchröhren finden, trotzdem die Milchröhren einen komplizierten Verlauf zeigen und zwar ein falsches Netzwerk bilden. Gelegentlich sei hier bemerkt, dass wir auch in Blättern von allen von mir untersuchten ungegliederte Milchröhren besitzenden Pflanzen<sup>3)</sup> keine Netzanastomosen nachweisen können, ein

---

1) Vergl. DE BARY. (l. c. p. 453.)

2) MAYUS. (l. c. pp. 275-81.)

3) Sie sind: *Metaplexis japonica*, *Trachelospermum divaricatum*, *Euphorbia humifusa*, *Excoecaria japonica*, *Sapium sebiferum*, *Fatoua pilosa*, var. *subcordata* und *Ficus erecta*.

Ergebnis, welches mit der Angabe von DE BARY<sup>1)</sup> völlig übereinstimmt.

Alle Blütenblätter besitzen die Milchröhren; im Fruchtknoten bez. in der Frucht durchziehen sie nur das äusserste parenchymatische Gewebe der Kapsel, ohne in die Zentralachse und in die Samenanlagen einzutreten.

In der Wurzel kommt eine geringe Anzahl von grossen Milchröhren vor. Sie verteilen sich, wie im Stengel, hauptsächlich in der primären Rinde, aber auch spärlich in der hier schwach entwickelten sekundären Rinde. Sie können in den feinsten Wurzeln fehlen. Man sieht in der Übergangszone vom Stengel zur Wurzel zahlreiche grosse, vorzugsweise querlaufende Milchröhren, die mit ihren Ästen hier rings um den Zentralcylinder einen komplizierten Verlauf nehmen.

Eine besondere Beziehung zwischen den Milchröhren und dem Assimilationsgewebe kann nicht bestätigt werden. Obgleich die Milchröhren stellenweise von Schwammparenchymzellen innig umgeben werden, können sie häufig auch unmittelbar an den Luftraum grenzen. Die Blattnerven werden, von den grössten bis auf die kleinsten Enden, von den grosszelligen Scheidezellen umgeben, welche nur unterhalb des Mittelnervs, wo die Milchröhrenstämme verlaufen, eine Strecke lang unterbrochen sind. Jede Scheidezelle besteht aus dem äusseren inhaltarmen Teil und dem inneren inhaltreichen Teil, wo es deutliche Stärke- und Eiweissreaktion, sogar auch etwas Fettreaktion gibt. Obwohl wir die Milchröhren nicht selten an der Aussenseite der Scheidezellen anliegen sehen, können wir innerhalb der Scheide keine solche nachweisen.<sup>2)</sup> Alle Palisadengewebezellen sammeln sich nach der Nervenscheide und niemals nach den Milchröhren (Tafel-Fig. 11).

Der Phloemteil des etwas sukkulenten Stengels dieser Pflanze ist verhältnismässig schmal, das Vorhandensein der Siebröhren wird aber mit Sicherheit darin erwiesen (Tafel-Fig. 12).

Die Wand der Milchröhren ist mehr oder minder verdickt,

1) DE BARY. (l. c. p. 452.)

2) Bei *Euphorbia Chamaesyce* fand GAUCHER eine solche. Vergl. GAUCHER (l. c. p. 248, Fig. 2).



und besonders dick ist sie bei der Übergangszone vom Stengel zur Wurzel.

Anhang. *Euphorbia helioscopia*, L.

Wegen der Kleinheit der Blüten von *Euphorbia humifusa* wählte ich diese Pflanze aus, um das Milchröhrenverhältnis in den Blüten näher zu untersuchen.

Im Stiel des eigentümlichen Blütenstandes dieser Pflanze verlaufen die Milchröhren ausserhalb der Gefässbündel, dann treten sie zum grössten Teil in den Stiel der weiblichen Blüte und in das membranöse Involucrum ein, den einfachen männlichen Blüten keine oder nur einige kleine Zweigchen abgebend. Zentralachse, Plazenta und Samenanlagen besitzen keine Milchröhren. Die in den Blütenstiel eintretenden Milchröhren gehen alle in die Aussenwand des Fruchtknotens über, indem sie an der Übergangszone vom Stiel zum Fruchtknoten ungefähr rechtwinklig sich biegen und verzweigen, und nehmen in derselben einen so komplizierten Verlauf, dass ein falsches Netzwerk der Milchröhren hier zustande kommt. Während die Milchröhrenäste grösstenteils hierin blind enden, treten einige in den Griffel bis auf die Narbe ein (Tafel-Fig. 13).

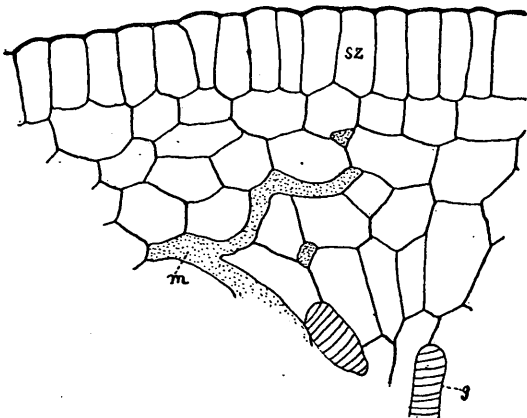


Fig. 8.

Querschnitt durch ein Nektarium auf dem Involucrum von *Euphorbia helioscopia*. *m* Milchröhren, *g* Gefässe, *sz* sezernierende Zellen. ( $\times 400$ )

Das membranöse, die männlichen Blüten in sich fassende Involucrum hat an seinem freien Rand grosse Nektarien, in welchen die Milchröhren ziemlich zahlreich vorkommen (Tafel-Fig. 14). Obgleich die Milchröhrenäste in der Nähe der Oberfläche des Nektariums verlaufen, können wir keine Äste

direkt unter den sezernierenden Epidermiszellen vorkommen sehen (Text-Fig. 8).

9) *Excoecaria japonica*, MUELL.

Im allgemeinen ist der Milchröhrenverlauf bei dieser Pflanze dem der *Euphorbia humifusa* ähnlich. Als eine Verschiedenheit in Bezug auf ihre Verteilung ist aber soviel zu bemerken, dass die Milchröhrenstämme hierbei im Pericykel Sitz nehmen, u. z. verlaufen die Milchröhren vornehmlich an der Innenseite der Sklerenchymfasergruppen. Das hypoderme System ist in den Internodien von den Hauptstämmen meist durch vielschichtiges Rindenparenchym getrennt. Beim Knoten gehen die in der das Blatt nicht tragenden Seite verlaufenden Milchröhren unmittelbar in das nächsthöhere Internodium über, ohne dass sie hier solche Verzweigung und Verschlingung wie in der entgegengesetzten Seite machen.

In dem Blattstiel können die Milchröhren nicht nur in dem Pericykel und der primären Rinde, sondern auch in dem Markteil verlaufen, und bei dieser Pflanze begleiten die Milchröhren die Blattnerven bis zu den Seitennerven der ersten oder zweiten Ordnung. Das subepidermale System ist hierbei nur schwach entwickelt.

Die fugitiven Nebenblätter dieser Pflanze besitzen auch zahlreiche, meist longitudinal parallel verlaufende Milchröhren, während sie nur eine geringe Anzahl von Gefässen in sich halten.

Man kann bei den Schnitten durch eine Winterknospe auffallend den Umstand sehen, dass die jungen Blätter und Nebenblätter schon vor Ausbildung der ersten Gefässelemente bedeutend zahlreiche Milchröhren haben, und dass auch die hierin verhältnismässig stark entwickelten Nebenblätter die jungen Blättchen bedecken, eine Erscheinung, in welcher man in Hinsicht des Schutzmittels eine Antwort zur Frage suchen möge, warum solche fugitiven Nebenblätter zahlreiche Milchröhren besitzen (Tafel-Fig. 15).

In Stämmen mit einem Durchmesser von etwa 11 cm. sieht

man die Milchröhren im Pericykel und in der primären Rinde; die sekundäre Rinde scheint mir jedoch nirgends eine Milchröhre

zu besitzen. Die Wurzel hat nur spärliche Milchröhren; in älteren Teilen aber, wo nur sekundäre Rinde vorkommt, kann man natürlich keine solche ausfinden.

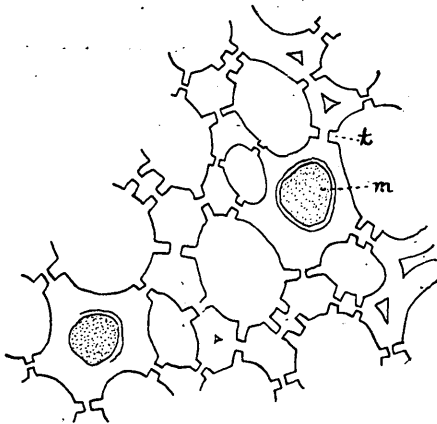


Fig. 9.

Stück eines Querschnittes durch den Stengel von *Eucecacia japonica*, ein Stück der hypodermen mechanischen Schicht zeigend. *m* Milchröhren, *t* Tüpfel. ( $\times 670$ )

Die Milchröhrenwand ist nicht verdickt; die Zellen des hypodermen mechanischen Gewebes des Stengels haben zahlreiche Tüpfel zwischen einander, dagegen kann man keine Tüpfel zwischen den da vorkommenden Milchröhren und den mechanischen Zellen ausfinden (Text-Fig. 9).

#### 10) *Sapium sebiferum*, ROXB.

Der Hauptsitz der Milchröhren ist der Pericykel, wo sie an und zwischen den Sklerenchymfasergruppen vorkommen. Überdies befinden sich die Milchröhren im Mark, besonders in seinem peripherischen Teil, und auch in der primären Rinde. Da bei dieser Pflanze die Blattspurstränge nicht unmittelbar beim Knoten, sondern vielmehr im Internodium allmählich in den Zentralzylinder des Stengels eintreten, so kann man einen besonderen Verlauf der Milchröhren beim Knoten nicht sehen.

Im Blattstiel und in den grösseren Blattnerven zeigen die Milchröhren eine ähnliche Verteilung wie in dem Stengel. Ziemlich feinere Nerven werden auch von ihnen begleitet, aber die feinsten von keinen. Die frei laufenden Milchröhren sind spärlich und kommen vorzugsweise im Schwammparenchym vor. Eine subepidermale Milchröhre wurde nicht sicher nachgewiesen.

Die Verteilung in der Wurzel entspricht derjenigen im Stengel.

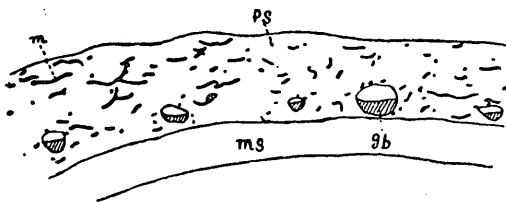


Fig. 10.

Querschnitt durch die Fruchtwand von *Sapium sebiferum*. *m* Milchröhren, *gb* Gefässbündel, *ps* parenchymatische Schicht, *ms* mechanische Schicht. ( $\times 20$ )

In feineren Wurzeln scheinen aber die Milchröhren nur auf das Pericykel beschränkt zu sein.

Der Fruchtsiel ist nicht nur im Pericykel, sondern auch in der primären Rinde mit zahlreichen Milchröhren versehen; die markständigen sind aber nur spärlich.

Der Verlauf in der Frucht stimmt mit dem bei den erwähnten zwei *Euphorbia*-Arten überein, aber der Entwicklungsgrad der in der Fruchtwand vorkommenden Milchröhren ist in diesem Falle besonders auffallend (Text-Fig. 10).

#### 11) *Macleya cordata*, R. Br.

Die Sekretbehälter dieser Pflanze wurden schon von einigen Autoren<sup>1)</sup> ziemlich eingehend untersucht. DE BARY<sup>2)</sup> äusserte zuerst die Meinung, dass sie den Gummiharzschläuchen näher stehen; spätere Untersuchungen<sup>3)</sup> bestätigten aber, dass sie nichts anders als die Milchzellen seien, was nach meiner Studie auch so zu schliessen ist.

Bei Bearbeitung dieser Art leistete mir das mit Pikrinsäure oder mit Chromsäure fixierte Material gute Dienste.

Im Stengel und Blattstiel kann man schliesslich fast im Umkreis jedes Gefässbündels die Milchzellen konstatieren (Tafel-Fig. 16), selten aber können sie in der primären Rinde und im Phloemteil spärlich isoliert vorkommen. In der Blattspreite befinden sie sich oberhalb und unterhalb der Nerven; kleinere Nerven werden nur an der Unterseite von ihnen begleitet, und die kleinsten von keinen. Wir können keine von ihnen in dem Mesophyll ausfinden.

1) Vergl. DE BARY. (l. c. p. 450.)

2) ebenda. (p. 145 und p. 450.)

3) Vergl. BOODLE und FRISCH. (l. c. p. 55.)

Während die Milchzellen in oberirdischen Organen meist bedeutend lang gestreckt sind, sind sie in unterirdischen Organen beinahe gleich gestaltet wie die benachbarten Zellen. Sie kommen in allen Geweben derselben zerstreut vor, besonders zahlreich treten sie aber im stärkereichen Speichergewebe des Rhizoms auf.

Rundliche oder zylindrische Milchzellen, die im Rhizom und in der Wurzel eigentümlich sind, können auch in der Stengelbasis und in den schuppenförmigen Niederblättern zu Tage treten; demnach besitzen die Niederblätter zweierlei Milchzellen, d. i. die den oberirdischen Organen eigentümlichen langzelligen Milchzellen und die dem Rhizom eigenen kurzzelligen.

Was den Inhalt der Milchzellen betrifft, so sind die oberirdischen reich an Alkaloiden und arm an Tannin, während die unterirdischen relativ arm an Alkaloiden und reich an Tannin und Anthocyan<sup>1)</sup> sind.

## 12) *Nelumbo nucifera*, GAERTN.

Die Milchsftbehälter dieser Pflanze sind dünnwandige, sehr lang gestreckte Schläuche, und wir können nicht leicht unterscheiden, ob sie Milchzellen oder gegliederte Milchröhren sind.<sup>2)</sup>

Im Rhizom und im Blattstiel kommen sie nicht nur in Gefässbündeln, sondern auch im Grundgewebe vor. Die in Gefässbündeln vorkommenden Schläuche nehmen ihre Sitze vornehmlich zwischen dem Phloem und dem Xylem (Tafel-Fig. 17).

Die Schläuche verlaufen in den meisten Fällen nur longitudinal. Weder Verzweigungen noch blinde Endigungen konnte ich irgendwie sicher bestätigen. Der in der Peripherie des Grundgewebes verlaufende Schlauch pflegt von einer eigentlichen Zellengruppe begleitet oder umgeben zu werden, welche häufig, besonders im Rhizom eine Art mechanischen Gewebes darstellt (Tafel-Fig. 18). In der Blattspreite begleiten die Schläuche die Blattnerven bis auf die feineren.

Diese Pflanze hat auffallend zahlreiche Tanninzellen, welche

---

1) Die Wurzel ist im frischen Zustand rot gefärbt.

2) Vergl. BOODLE und FRISCH. (l. c. p. 48.)

man leicht bei mit Chromsäure oder Kupferacetat fixiertem Material konstatieren kann. Im Rhizom, Blattstiel und der Blattspreite kommen sie in allen Geweben vor, teils vereinzelt teils gruppiert, und teils längere oder kürzere Reihen bildend. Die Epidermiszellen und subepidermalen Zellen geben sämtlich Tannin-Reaktion. Der Inhalt einiger Tanninzellen ist häufig sehr ähnlich dem der Milchsaftschläuche.

13) *Fatoua pilosa*, GAUD. var. *subcordata*, BUREAU.

Der Verlauf und die Verteilung der Milchröhren dieser Pflanze sind sehr ähnlich wie bei *Metaplexis japonica* (vide supra). Der Entwicklungsgrad der Milchröhren ist aber hierbei sehr schwach. Vor allem sind die pericykelständige Milchröhren, welche gelegentlich auch im Phloem oder in der sekundären Rinde auftreten können, spärlicher als bei jenem Falle. Die markständige Hauptstämme haben meistens in der reservestoffreichen Peripherie ihre Sitze. Die in der primären Rinde befindlichen Milchröhren verlaufen oft direkt unter der Epidermis.

Der unterste Teil des Stengels und die Hauptwurzel, wo das Mark und die primäre Rinde schwach entwickelt sind, besitzen nur eine geringe Anzahl von Milchröhren, die in ihrer sekundären Rinde vorhanden sind. In den kleineren Wurzelzweigchen fehlen die Milchröhren gänzlich.

In männlichen und weiblichen Blüten treten die Milchröhren, ungeachtet ihrer schwachen Entwicklung, fast in allen Teilen auf; in Samenanlagen werden sie aber niemals nachgewiesen.

Dass die markständige Milchröhren fast ganz auf den reservestoffreichen Peripherieteil beschränkt sind, ohne in der reservestoff-freien Zentralpartie vorzukommen, dass sogar auch die Stärkekörner in den Speicherungszellen meistens an der gegen die Milchröhren gekehrten Wand sich sammeln (Text-Fig. 11), dass endlich die milchröhrenhaltige Markperipherie im Knoten besonders bei der blatt-tragenden Seite, entsprechend den Verzweigungen der Milchröhren, verbreitet ist, deutet ohne weiteres darauf

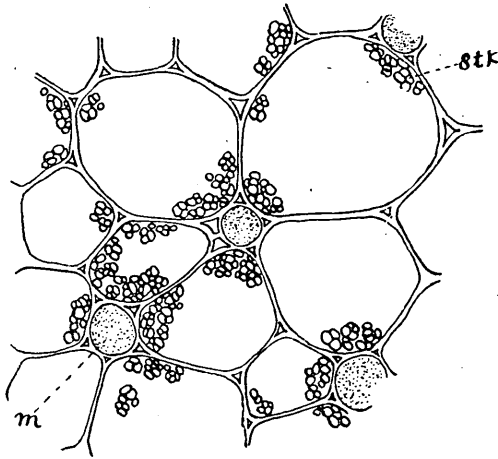


Fig. 11.

Teil eines Querschnittes durch das Mark des Stengels von *Fatoua pilosa*, var. *subcordata*. *m* Milchröhren, *stk* Stärkekömer. ( $\times 400$ )

hin, dass die Milchröhren in bestimmtem stofflichem Zusammenhang mit dem Speichergewebe stehen.

#### 14) *Ficus erecta*, THUNB.

Das Milchröhrensystem dieser Pflanze ist auffallend gut entwickelt. Sein wesentlicher Verlauf stimmt aber fast ganz mit dem von *Fatoua pilosa*, var. *subcordata* überein. Die Verzweigungsweise des Systems an dem Knoten des Stengels wird bei dieser Pflanze sehr be-

quem bestätigt. Dass die im Pericykel, im Phloem und in der primären Rinde verlaufenden Milchröhren nichts anders als die Zweige der markständigen Milchröhrenstämme sind, kann man hierbei mit Sicherheit nachweisen. Die Winterknospe leistet dafür einen guten Dienst.

Die im Mesophyll frei verlaufenden Milchröhrenäste sind in diesem Falle viel reicher als bei *Fatoua*. Die oberhalb der Blattnerven laufenden Milchröhren geben ihre Zweige meistens in das Palisadengewebe ab, die gewöhnlich zwischen den zwei Zellschichten dieses Gewebes verlaufen, aber die unterhalb der Nerven verlaufenden lassen ihre Äste, wie gewöhnlich, in das Schwammgewebe eintreten. Obwohl wir häufig die Milchröhrenden direkt unter den Palisadengewebezellen die letzteren berühren sehen, können wir niemals konstatieren, dass die Palisadenzellen wirklich mit dem Milchröhrende zusammenkommen. Palisadenzellen neigen sich gewöhnlich nach den Sammelzellen, ganz ungeachtet davon, ob eine Milchröhre neben ihnen verläuft oder nicht. Es scheint uns, dass die Milchröhren in beliebigen Stellen blind enden, ohne Rücksicht auf die Nachbarzellen (Text-Fig. 12).

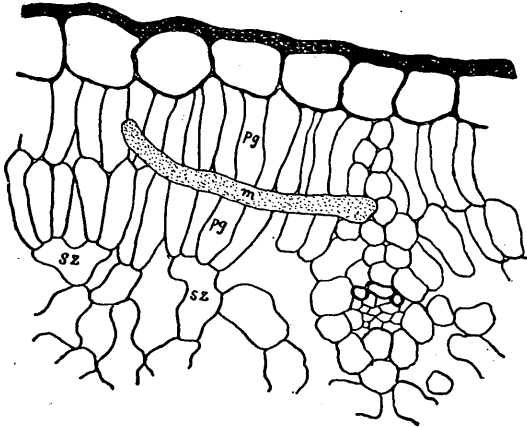


Fig. 12.

Stück eines Querschnittes durch ein Blatt von *Ficus erecta*. m Milchröhre, pg Palisadengewebezellen, sz Sammelzellen. ( $\times 400$ )

Die fugitiven Nebenblätter, welche in den Winterknospen die jungen Blättchen bedecken, besitzen zahlreiche Milchröhren wie bei *Excæcaria japonica*. Sie besitzen überdies isolierte Tanninzellen. Das Vorkommen der Milchröhren in den jungen Blättchen der Winterknospen ist hierbei nicht so zahlreich wie bei *Excæcaria*, aber die Blättchen werden

von zahlreichen tanninreichen Haaren bedeckt.

Das Milchröhrensystem ist in der Wand der „Frucht“ (Blütenstand) höchst entwickelt; zahllose Verzweigungen und Verschlingungen der Milchröhren kommen hier zutage. Von da aus treten die Milchröhrenäste in alle Blüten und in die Schuppen ein, welche den „Mund der Frucht“ mit sich schliessen. Die Schuppen und Blütenblätter besitzen nebst den Milchröhren noch Tanninzellen, die in frischem Zustand gewöhnlich rot gefärbt sind. Der Inhalt dieser Tanninzellen ist häufig dem Milchsaft ähnlich (Tafel-Fig. 19).

Die Wand der Milchröhren ist mehr oder weniger verdickt. Die Beziehung zwischen den Milchröhren und der inhaltreichen Markperipherie ist ähnlich wie bei *Fatoua pilosa*, var. *subcordata*, nur dass die Reservestoffe darin in diesem Falle andere Substanzen sind. Während im Internodium die inhaltarme Zentralpartie des Markes vorhanden ist, fehlt sie beim Knoten gänzlich; in anderen Worten, das inhaltreiche Markgewebe bildet hier eine besondere Querschicht, durch welche die Milchröhren quer laufen, und oft von einer Seite zur anderen Seite übergehen (Tafel-Fig. 20).



Wenn eine Milchröhre in der inhaltarmen inneren Partie der primären Rinde vorkommt, so begleiten sie auch hierbei die inhaltreichen Zellen. Der Inhalt der die Milchröhren umgebenden Zellen gibt Fettreaktion und eine schwache Eiweissreaktion, und er färbt sich mit Jodjodkalium schwärzlichbraun (Tafel-Fig. 21).

#### B) ZUSAMMENFASSUNG.

- 1) Der Bau, der Verlauf und die Lokalisation der Milchsafthehälter der von mir studierten Pflanzenobjekte stimmen im allgemeinen mit denjenigen der von früheren Autoren untersuchten Materialien überein.
- 2) Eine echte Anastomosis der ungliederten Milchröhren wurde nirgends ausgefunden.
- 3) Die Milchröhren können überall im Mesophyll verlaufen, ohne bestimmten Zusammenhang mit den benachbarten Zellen; und sie können an beliebigen Stellen blind enden.
- 4) Eine gewisse Reduktion vom Siebteil bzw. von den Siebröhren wurde nur in den mehr oder minder fleischigen Organen gesehen.
- 5) Die Ausbildung des Leitparenchyms oder der Gefässbündelscheiden kann selbst in dem Falle normal sein, wo das Milchröhrensystem höchst entwickelt ist (im Blatt von *Euphorbia humifusa*).
- 6) Die Milchröhrenstämme kommen meist im Speichergewebe vor, sie können häufig von den besonderen inhaltreichen „epithelialen“ Zellen umgeben werden.
- 7) Das Milchröhrensystem macht in der Regel in Blüten oder in Blütenständen einen besonderen Verlauf.
- 8) In den fugitiven Nebenblättern kann ein gut entwickeltes Milchröhrensystem vorkommen.

## II. Der Inhalt der Milchröhren und Milchzellen.

Nach unserer gegenwärtigen Kenntnis besteht der Milchsafteinhalt aus einem leblosen und einem lebenden Teil. SCHMIDT,<sup>1)</sup>

---

1) SCHMIDT. (l. c. p. 464.)

KALLEN<sup>1)</sup> und MOLISCH<sup>2)</sup> waren der Meinung, dass der Milchsaft zum Plasmakörper der Milchröhren in demselben Verhältnisse stehe, wie der Zellsaft der Zellen zum Plasma derselben. Eine andere Ansicht vertritt BERTHOLD,<sup>3)</sup> nämlich dass der Milchsaft nichts anders als ein eigentümlich metamorphosierter Plasmakörper sei.

Die vorliegende Arbeit wurde mit besonderer Rücksicht auf diese beiden Ansichten ausgeführt. Untersuchungen über das Protoplasma und die Kerne wurden hauptsächlich mit der Schnitt-Methode gemacht, aber die sonstigen fortgehenden Arbeiten vornehmlich mit Milchsafttropfen, die bei Verwundung der milchenden Gewächse aus der verletzten Stelle herausquellen, obwohl sie zur Kontrolle häufig beim Schnitt ausgeführt wurden.

Um den Zutritt von Flüssigkeiten, die mehr oder minder aus anderen Geweben als dem Milchröhrensystem herausquellen, möglichst zu vermeiden, wurde die Pflanze immer mit einem scharfen Rasiermesser unter Vermeidung jedweder Zerrung angeschnitten.

#### A) PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN DES MILCHSAFTES.

Bei der Verwundung der Milchröhren ergießt sich der Milchsaft rasch aus der verletzten Stelle, was uns andeutet, dass der Milchsaft in den Milchröhren gewöhnlich unter einem sehr hohen Druck steht. Nach SCHWENDENER<sup>4)</sup> soll der Druck mehrere Atmosphären betragen. Eine Kraftquelle solches Druckes erblickte er in der elastischen Spannung der Milchröhrenwand, die durch die Osmose besorgt wird. MOLISCH<sup>5)</sup> war auch ähnlicher Meinung. Was den Emulsionscharakter des Milchsaftes anbelangt, so sagte SCHWENDENER<sup>6)</sup>, dass die emulsionsartige Beschaffenheit

1) KALLEN, Verhalten des Protoplasmas in den Geweben von *Urtica ureus*. (Flora, 1882, p. 65.)

2) MOLISCH. (l. c. pp. 40-1.)

3) BERTHOLD, Studien über Protoplasmamechanik. (Ref. in Just's Jahrb. XIV., 1886, p. 8 und 17.)

4) SCHWENDENER, Einige Beobachtungen an Milchsaftgefäßen. (Ref. in Just's Jahrb. XIII., 1885, p. 127.)

5) MOLISCH. (l. c. p. 78.)

6) SCHWENDENER. (l. c. p. 125.)

des Milchsafte den Zweck hätte, die spezifisch leichteren Fetttröpfchen am Emporsteigen und die spezifisch schwereren Stärkekörnchen am Sinken zu verhindern. MOLISCH<sup>1)</sup> suchte eine physiologische Bedeutung in der so feinen Verteilung der Materie im Milchsaft, indem er meinte, dass wegen ihrer ungeheueren Oberfläche die Absorption von Gasen, die chemischen Reaktionen und damit der Stoffwechsel im Milchsaft in hohem Grade begünstigt werden.

Ohne weiter auf solche Fragen einzugehen, werde ich mich hier darauf beschränken, die physikalischen Eigenschaften einzelner Milchsäfte nur sachlich zu beobachten.

1) *Crepis lanceolata*, var. *platyphylla*.

Von beliebigen Stellen dieses Pflanzenkörpers quillt durch Verwundung eine ziemlich grosse Menge milchweissen Saftes hervor. Er ist sehr klebrig und ziemlich bitter. Der Milchsaft aus der Wurzel ist mit feinen Körnchen so dicht erfüllt, dass die BROWN'sche Molekularbewegung derselben hier nicht stattfinden kann, während im Saft aus dem Stengel die Bewegung lebhaft ist.

2) *Platycodon grandiflorum*.

Die ausfliessende Menge des Milchsafte ist ziemlich gross. Er ist milchweiss oder weisslich, ziemlich klebrig und sehr bitter. Die suspendierten Körnchen haben verschiedene Grösse. Die feineren vollführen einen lebhaften Zittertanz, dagegen sind die gröberen stillstehend.

3) *Cuscuta chinensis*.

Der aus der verletzten Stelle nur gering hervorquellende Saft ist rötlichgelb und etwas trüb. Er ist nicht klebrig. Der Emulsionscharakter des Saftes ist sehr arm, d.i. in der durchsichtigen Flüssigkeit schwimmen nur geringe, ziemlich feine Körnchen; ausserdem sieht man Stärkekörner und Leukoplasten darin zerstreut.

---

1) MOLISCH. (l. c. pp. 81-2.)

4) *Metaplexis japonica*.

Aus den oberirdischen Teilen fliesst ein reichlicher Milchsaft aus, welcher dick, milchweiss und klebrig ist. Der Geschmack ist etwas bitter und unangenehm. Der Saft ist sehr emulsionsartig, nämlich voll von bedeutend kleinen Körnchen, die eine lebhaft Brown'sche Bewegung ausführen; hier und dort im Milchsaft sieht man auch eine Anzahl von rundlichen plastischen Gebilden.

5) *Trachelospermum divaricatum*.

Aus beliebigen Stellen des Körpers kann man eine reichliche Menge des milchweissen Milchsaftes hervorquellen lassen, der klebrig, bitter und sehr emulsionsartig ist.

6) *Euphorbia humifusa*.

Die ausfliessende Menge des Milchsaftes ist in den oberirdischen Teilen sehr reichlich, in der Wurzel aber gering. Der Saft ist milchweiss und ziemlich klebrig; der Geschmack ist etwas süsslich-bitter und ein wenig stechend. In sehr feinkörniger oder emulsionsartiger Flüssigkeit sieht man eine Anzahl von knochenförmigen Stärkekörnern und von durchsichtigen Leukoplasten.

7) *Macleya cordata*.

Aus oberirdischen Teilen quillt eine ziemlich reichliche Menge trüben und rötlich-braunen Saftes hervor, welcher sehr bitter aber nicht klebrig ist. Unter dem Mikroskop sieht man eine Anzahl von leukoplastenartigen Kügelchen und von feinen gelben Körnchen in gelblichbrauner Grundflüssigkeit suspendiert. Aus unterirdischen Organen quillt nur wenig Saft oder fast nichts davon hervor.

8) *Chelidonium japonicum*, var. *typicum*.

Der Milchsaft ist gelblichrot, bitter und etwas klebrig. Er hat einen sehr unangenehmen Geruch. In der durchsichtigen

Flüssigkeit sind zahlreiche feine Körnchen suspendiert, die gelb gefärbt sind. Der Saft aus dem Rhizom oder der Wurzel ist sehr dick, während der aus dem Stengel dünner ist. Die ausfliessende Menge ist ziemlich gross.

9) *Nelumbo nucifera*.

Die ausfliessende Menge des Saftes ist sehr gross. Der Saft ist weiss, schwach klebrig und sehr bitter. An der Luft gerinnt er schnell. Emulsionscharakter des Saftes ist nicht bedeutend; in durchsichtiger Flüssigkeit sind zahlreiche feine Körnchen suspendiert, die wie gewöhnlich Brown'sche Bewegung haben. Eine grosse Anzahl von Kernen schwimmt auch darin.

10) *Fatoua pilosa*, var. *subcordata*.

Der Milchsaft ist weisslich und fast nicht klebrig. Eine Anzahl von gröberen Kügelchen ist in der fast durchsichtigen Flüssigkeit suspendiert. Aus dem ältesten Teil des Stengels, aus der Wurzel und aus der Blattspreite quillt nur ein dünner Saft hervor. An schattigen Plätzen wachsende Pflanzen besitzen einen durchsichtigen und wenig weisslichen Milchsaft, während der Saft aus an sonnigen Orten wachsenden Spezimen trüb und weisslich ist. Die Säfte der an einem und demselben Orte wachsenden Pflanzen werden nach einem Regenwetter durchsichtiger oder weniger weisslich. Die Weisse des Saftes mag also wohl von der Feuchtigkeit des Bodens abhängig sein. Dass der Grad der weisslichen Färbung eines Milchsaftes, wie bekannt,<sup>1)</sup> von der Zahl der suspendierten Kügelchen oder Körnchen abhängig ist, wird bei diesem Beispiele bequem nachgewiesen.

Als FAIVRE<sup>2)</sup> fand, dass der Milchsaft von *Morus alba* im Frühling beim Austreiben junger Knospen dünnflüssiger wird, deutete er es als Substanz-Verminderung, dagegen suchte KNIEP<sup>3)</sup> eine Ursache dafür in dem durch den Wurzeldruck in die Gewebe

---

1) Vergl. MOHL. (l. c.)

2) Vergl. KNIEP. (l. c. p. 141.)

3) KNIEP. (l. c. pp. 141-2.)

gepressten Wasser. Der vorliegende Fall spricht durchaus für die KNIEP'sche Meinung.

11) *Ficus erecta*.

Ausfliessende Menge des Milchsaftes ist sehr reichlich. Er ist milchweiss, sehr klebrig und süsslich-bitter, Die Organisation des Saftes ist ähnlich wie bei *Fatoua*, ausser dass die suspendierten Kügelchen hier sehr zahlreich sind.

ZUSAMMENFASSUNG.

- 1) Die meisten Milchsäfte sind mehr oder weniger klebrig, und zwar um so mehr, je höher ihr Emulsionscharakter ist.
- 2) Die meisten Milchsäfte haben einen unangenehmen Geschmack.
- 3) Das Wässerigwerden des Milchsaftes kann auch von dem Einfluss der Aussenwelt verursacht werden.

B) LEBENDE TEILE DES MILCHRÖHREN- UND  
MILCHZELLENINHALTES.

Um das Vorkommen des Protoplasmas und der Kerne zu bestimmen, wurden verschiedene Materialien gebraucht. Als Tinktionsmittel der Kerne leistete mir Methylgrün-Essigsäure<sup>1)</sup> immer gute Dienste, zur Kontrolle benutzte ich daneben auch die sogenannte DELAFIELD'sche Hämatoxylinlösung.<sup>2)</sup>

1) *Crepis lanceolata*, var. *platyphylla*.

Das Absolutalkoholmaterial ist günstig, um die Kerne in Milchröhren nachzuweisen. In einem nach der Kernfärbung in Xylolbalsam eingeschlossenen Präparate wurden die Kerne mit Sicherheit beobachtet. Was die Protoplasmaschläuche in Milch-

1) STRASBURGER. Das botanische Praktikum. III. Auf. (Jena 1897, p. 695.)

2) ZIMMERMANN, Botanische Mikrotechnik. (Tübingen 1892, p. 177.)

röhren anbelangt, so kann man sie nicht sicher nachweisen, da das Saftgerinnsel schwer wegschaffbar ist.

2) *Platycodon grandiflorum*.

Der Protoplasmaschlauch und die darin eingebetteten Kerne kann man ohne lange Mühe beim Alkoholmaterial bestätigen. Wir sehen die Kerne auch häufig in dem ausfliessenden Milchsaft.

3) *Cuscuta chinensis*.

Protoplasmaschläuche und Kerne können leicht nicht nur bei frischem Material, sondern auch bei Alkoholmaterial nachgewiesen werden. Beim Schnitt frischen Materials fliesst der Milchsaft zum grössten Teil heraus, aber man sieht den Plasmaschlauch nebst darin eingebetteten Kernen als eine feinkörnige Substanz zurückbleiben. Das Absolutalkoholmaterial leistet die besten Dienste, weil dabei der eigentliche Milchsaft fast ganz aufgelöst ist. Mit Eosin- oder Jodjodkaliumlösung färbt sich der Plasmaschlauch sehr gut.

Beim Alkoholmaterial sehen wir in den dickwandigen pericykelständigen Milchzellen häufig einige Kerne auf einer kurzen Strecke eines Plasmaschlauches, ja sogar auch eine Gruppe von spindelförmigen kernartigen Gebilden hie und da in dem Plasmaschlauch (Tafel-Fig. 22). Die Gebilde geben dieselbe Färbungsreaktion wie die gewöhnlichen Kerne, sie fassen auch je ein stark lichtbrechendes nucleolusartiges Körperchen in sich<sup>1)</sup>.

In hervorquellenden Safttropfen schwimmen, wie schon bemerkt, eine Anzahl von verschiedenen farblosen leukoplastenartigen Gebilde. Erstens sieht man ziemlich zahlreiche Kügelchen, die in sich einen oder mehrere Stärkekörner einschliessen, zweitens die gleichen mit gelblichbraunen Körperchen und schliesslich solche, welche weder Stärkekörner noch gefärbte Kügelchen enthalten. Die letzteren sind fast homogen oder feinkörnig; die körnigen färben sich mit Sudan III gut, während die homogenen ungefärbt bleiben.

---

1) Vergl. BOODLE und FRISCH. (l. c. p. 1004.)

Obwohl all diese leukoplastenartigen Gebilde durch Jodjodkalium oder Eosin sich färben, sind die Färbungsreaktionen der homogenen Gebilde am stärksten, welche ganz aus plastischer Substanz bestehende junge Leukoplasten sein mögen. Die körnigen Gebilde scheinen eine Art von Eläoplasten zu sein, indem sie in sich mit Sudan III färbbare Körner einschliessen. Die gelblichbraune Körner enthaltenden Gebilde (eine Art von Chromoplasten<sup>1)</sup> ?), und die Stärkekörner tragenden Gebilde (Stärkebildner) befinden sich auch reichlich in anderen Geweben, besonders in Rindenzellen. Demnach müssen solche Gebilde in Safttropfen wenigstens zum Teil von anderen Gewebezellen als die Milchzellen herkommen. Ob sie ganz und gar von den Gewebezellen stammen, ist aber eine Frage. Es ist auch eine andere Frage, ob die eläoplastenartigen Gebilde von Milchzellen, von anderen Gewebezellen oder von beiden herkommen.

Eine Anzahl von grösseren oder kleineren Stärkekörnern schwimmt auch frei von Leukoplasten in den Safttropfen. Ohne Zweifel stammen sie zum Teil von Gewebezellen, wo sie sehr zahlreich vorkommen. Um zu bestimmen, ob sie in den Milchzellen selbst auch wirklich vorhanden sind oder nicht, wurde eine Reihe von Beobachtungen ausgeführt. Beim Alkoholmaterial oder mit Pikrinsäure fixierten und dann mit Alkohol gehärteten Material wurden zahlreiche Schnitte gemacht, ferner wurden mit Ammoniak isolierte Milchzellen untersucht. Zur Bestimmung der Stärkekörner benutzte ich Jodjodkaliumlösung, Jodwasser und Jodglycerin. Die Resultate waren meistens positiv.

#### 4) *Metaplexis japonica*.

Das Vorkommen der Protoplasmaschläuche und Kerne ist schon beim frischen Material nachweisbar. Ziemlich zahlreiche leukoplastenartige Gebilde sind in Safttropfen suspendiert. Um diese Gebilde klar zu machen, wurde Säurefuchsin in sehr verdünnter wässriger Lösung mit gutem Erfolge benutzt.<sup>2)</sup> Sie färben

1) Der Stengel dieser Pflanze ist im frischen Zustand gelblichbraun gefärbt.

2) Vergl. MOLISCH. (l. c. p. 19.)



sich durch Pikrinnigrosin<sup>1)</sup> oder Jodjodkaliumlösung. Während die kleineren fast homogen zu sein scheinen, enthalten die grösseren die mit Sudan III färbbaren Körnchen. Die letzten scheinen eine Art der Eläoplasten darzustellen, indem die Doppelfärbung<sup>2)</sup> derselben mit Methylenblau und Sudan III mir ziemlich gut glückte. Einige Leukoplasten fassen ein oder mehrere Vakuolen in sich, stellen sogar häufig Blasen mit einer dünnen plastischen Membran dar.

5) *Trachelospermum divaricatum.*

Das Protoplasma und die Kerne in Milchröhren wurden ungeachtet vieler Mühe nicht mit Sicherheit bestätigt. Beim Alkoholmaterial ist der Inhalt der Milchröhren stellenweise aufgelöst; unter dem Mikroskop werden mithin hie und da zahlreiche von Saftgerinnsel freie Stellen in Milchröhren beobachtet, wo der körnige Inhalt spärlich zurückgeblieben ist. Die Tinktionsverhältnisse solcher Stellen sind ähnlich den des Protoplasmas.

6) *Euphorbia humifusa.*

Bei mit Pikrinsäure fixiertem, dann mit Alkohol gehärtetem Material kann man den Plasmaschlauch nebst darin eingebetteten Kernen, die gewöhnlich ein oder zwei Kernkörperchen enthalten, leicht nachweisen. In oder an der Wand des Plasmaschlauches befinden sich zahlreiche stab- oder knochenförmige Stärkekörper; sie liegen fast sämtlich parallel zur Längsachse des Milchröhrenstückes.<sup>3)</sup>

In den Safttropfen sieht man zahlreiche Stärkekörper und Stärkebildner. Für die Ergebnisse meiner Untersuchung darüber gilt wesentlich das Gleiche wie für die MOLISCH<sup>4)</sup>schen Angaben über die von *Euphorbia Lathyris*. Ausser den Stärke-

---

1) STRASBURGER. (l. c. III. Aufl. p. 125 und 702.)

2) STRASBURGER. (l. c. IV. Aufl. p. 110.)

3) Vergl. MOLISCH. (l. c. p. 5.)

4) ebend. (pp. 17-9.)

bildnern können wir, jedoch nur selten, Vakuolen mit dünnen plastischen Häutchen finden.

7) *Macleya cordata*.

Protoplasmaschläuche werden leicht beim Alkoholmaterial nachgewiesen, dabei ist der contrahierende Plasmaschlauch zum grössten Teil von der Wand der Milchzellen gelöst, häufig aber in einzelnen Punkten an der Wand in charakteristischer Weise haften bleibend, worauf SCHMIDT<sup>1)</sup> in den Milchröhren von *Chelidonium majus* schon aufmerksam machte.

Das Vorkommen des Kernes wird erst bei mit Pikrinsäure oder Chromsäure fixiertem Material bestätigt. Verschiedene leukoplastenartige Gebilde kommen in den Safttropfen vor, erstens die homogenen oder feinkörnigen Gebilde, zweitens die in homogener oder körniger Grundsubstanz mehr oder minder gelb gefärbte Vakuolen oder Körper enthaltenden Gebilde, und drittens die gelben fast homogenen Gebilde. Die letzten schliessen oft einen vieleckigen krystallartigen Körper in sich (Tafel-Fig. 23). Es scheint mir, dass diese verschiedenen Gebilde nichts anders als die verschiedenen Entwicklungsstadien von einer und derselben Art der Leukoplasten sind.

8) *Nelumbo nucifera*.

In ausfliessenden Safttropfen sieht man zahlreiche Kerne sich mischen, die ein oder einige Kernkörperchen enthalten. Die Färbungsmöglichkeit derselben ist meist normal, aber einige von diesen färben sich durch Methylgrün-Essigsäure nur wenig, und einige andere stellen sogar unfärbbare Vakuolen dar, welche mit einem schwach färbbaren Häutchen versehen sind. Eine solche Erscheinung weist vielleicht auf Materialverminderung der Kerne hin<sup>2)</sup> (Tafel-Fig. 24). Bei mit Pikrinsäure fixiertem, dann mit Alkohol gehärtetem Material kann man das Plasma und die darin eingebetteten Kerne nachweisen (Tafel-Fig. 25).

---

1) SCHMIDT. (l. c. p. 447 und Fig. 17.)

2) Vergl. SCHMIDT. (l. c.)

9) *Fatoua pilosa*, var. *subcordata*.

Die Kerne sind beim Absolutalkoholmaterial deutlich nachweisbar. Um den Plasmaschlauch zu bestätigen, ist aber das Formalinmaterial günstiger, weil das Plasma dabei zwischen den stellenweise vorkommenden Milchsafngerinnseln sich bequem konstatieren lässt, während beim Alkoholmaterial der Plasmaschlauch und das Safngerinnsel schwer von einander trennbar sind.

In Safttropfen sieht man häufig leukoplastenartige Gebilde, die mit Sudan III färbare Kügelchen in sich einschliessen. Sie können gelegentlich auch als Vakuolen vorkommen, deren Tinktionsvermögen sehr gering ist.

10) *Ficus erecta*.

Die Kerne wurden beim Absolutalkoholmaterial bequem nachgewiesen, dagegen wurden die Plasmaschläuche bei Formalinmaterial deutlich konstatiert.

## ZUSAMMENFASSUNG.

- 1) Fast alle untersuchten Pflanzen besitzen in ihren Milchröhren oder Milchzellen Protoplasma und Kerne.
- 2) Die SCHMIDT'sche Ansicht über das Verhältnis zwischen dem Milchsafte und dem Plasmakörper wurde weiter bestätigt.
- 3) Über das Vorkommen von Leukoplasten oder Vakuolen in den Milchsaftebehältern wurden einige weitere Beispiele erbracht.

## C) ZUR CHEMIE DES MILCHSAFTES.

Um die Funktion des Milchsafte richtig zu erklären, muss man in erster Linie die chemische Beschaffenheit desselben genau erkennen. Obwohl einige Autoren<sup>1)</sup> schon früher über die chemische Zusammensetzung makrochemische Untersuchungen aus-

---

1) Vergl. DE BARY. (l. c. pp. 194-5.) KNIEP. (l. c. p. 130.) MOLISCH. (l. c. p. 42.) HAMMERBACHER, Zur Kenntnis der Milch und des Fettkerns der Cocosnuss. (Ref. in Just's Jahresb. III 1875, p. 871.) WIESNER. (l. c.)

führten, waren die Arbeiten meist nur auf einige tropische Bäume beschränkt, die an Milchsaft sehr reich sind. Eine makrochemische Analyse des Milchsaftes unserer einheimischen milchenden Pflanzen ist nicht leicht, indem bei ihnen der Milchsaft nur in geringen Mengen vorhanden ist. Bei den vorliegenden Untersuchungen untersuchte ich mithin den Saft ausschliesslich auf mikrochemischem Wege.

### 1) DIE REAKTION DES MILCHSAFTES.

MOLISCH<sup>1)</sup> bestimmte die Reaktion der Milchsäfte von 42 milchenden Pflanzen mit dem Ergebnis, dass die untersuchten Milchsäfte gewöhnlich sauer, sehr selten amphoter und niemals alkalisch reagieren. Wenn man mit einer bestimmten Methode unmittelbar im echten Milchsaft selbst die Reaktionen bestimmen könnte, so würde man mit Recht davon sprechen; aber beim heutigen Stand unserer Kenntnis kann man eine bessere Methode als die von MOLISCH nicht finden.

Folgende Zusammenstellung zeigt die Reaktion der Milchsäfte, die ich nach MOLISCH'scher Methode untersuchte.

Name der Pflanze	Reaktion des Milchsaftes
1) <i>Crepis lanceolata</i> , var. <i>platyphylla</i>	schwach sauer
2) <i>Platycodon grandiflorum</i>	schwach sauer
3) <i>Cuscuta chinensis</i>	schwach sauer
4) <i>Metaplexis japonica</i>	sauer
5) <i>Trachelospermum divaricatum</i>	sauer
6) <i>Euphorbia humifusa</i>	sauer
7) <i>Macleya cordata</i>	undeutlich (Der Saft gefärbt)
8) <i>Chelidonium japonicum</i> , var. <i>typicum</i>	schwach sauer? (Der Saft gefärbt)
9) <i>Nelumbo nucifera</i>	schwach sauer
10) <i>Fatoua pilosa</i> , var. <i>subcordata</i>	sauer
11) <i>Ficus erecta</i>	sauer

Aus der Tabelle geht hervor, dass das Ergebnis wesentlich mit dem von MOLISCH<sup>2)</sup> übereinstimmt.

1) MOLISCH. (l. c. pp. 43-5.)

2) ebenda. (p. 35.)

## 2) ORGANISCHE KÖRPER.

## a) EIWEISS.

Bei Prüfung eines Milchsaftes wurden die MILLON'sche-, Xanthoproteinsäure- und RASPAIL'sche-Reaktion neben einander benutzt. Doch sind bekanntlich diese Reaktionen keinesweges den Eiweissstoffen allein charakteristisch.<sup>1)</sup> Die in vielen Milchsäften vorkommenden Körper, d. h. Harze, Kautschuk, Fette u. a., geben gleichfalls die RASPAIL'sche Reaktion, andererseits geben auch Öle, Harze und Alkaloide die Xanthoproteinsäure-Reaktion. Da neben Eiweiss auch Abkömmlinge der Proteinkörper, z. B. Tyrosin, eine Ursache der MILLON'schen- und Xanthoproteinsäure-Reaktion sein können, so deuten beide gegebene Reaktionen auf das Vorkommen von Eiweiss oder deren Abkömmlinge.

Milchsaft von	Millon'sche Reaktion	Xanthoprotein- säure-Reaktion	Raspail'sche Reaktion
1) <i>Crepis lanceolata</i> , var. <i>platyphylla</i>	++	++	++
2) <i>Plytycodon grandiflorum</i>	+	?	++
3) <i>Cuscuta chinensis</i>	++	+	?
4) <i>Metaplexis japonica</i>	+	+	++
5) <i>Trachelospermum divaricatum</i>	+++	++	+++
6) <i>Euphorbia humifusa</i>	+	+	+
7) <i>Macleya cordata</i>	+++	+++	++
8) <i>Chelidonium japonicum</i> , var. <i>typicum</i>	++	++	++
9) <i>Nelumbo nucifera</i>	++	+ od. ++	++
10) <i>Fatoua pilosa</i> , var. <i>subcordata</i>	+	+	+
11) <i>Ficus erecta</i>	+++	++	+++

+ schwach, ++ deutlich, +++ sehr deutlich.

Wie oben erwähnt, enthalten die untersuchten Milchsäfte meist mehr oder weniger Eiweiss.

## b) ZUCKERARTEN.

Mit FEHLING'scher Lösung suchte ich in Milchsafttropfen direkt Zucker nachzuweisen, ohne Rücksicht darauf, ob eine zu

1) Vergl. ZIMMERMANN. (l. c. pp. 125-6.) MOLISCH. (l. c. p. 44 und 58.)

erhaltende Reaktion auf das Vorhandensein von Glykose oder von Rohrzucker hinweisen würde.<sup>1)</sup> Zur Kontrolle benutzte ich auch die MOLISCH'sche  $\alpha$ -Naphthol-Methode.<sup>2)</sup> Gelegentlich führte ich auch die Prüfung bei den Schnitten aus, indem ich dabei SCHIMPER'sche,<sup>3)</sup> MEYER'sche<sup>4)</sup> und MOLISCH'sche Methode nebeneinander anwandte.

Milchsaft von	Zuckergehalt
1) <i>Crepis lanceolata</i> , var. <i>platyphylla</i>	arm
2) <i>Platycodon grandiflorum</i>	arm oder fehlend
3) <i>Cuscuta chinensis</i>	reich
4) <i>Metaplexis japonica</i>	ziemlich reich
5) <i>Trachelospermum divaricatum</i>	reich
6) <i>Euphorbia humifusa</i>	reich
7) <i>Macleya cordata</i>	ziemlich reich
8) <i>Chelidonium japonicum</i> , var. <i>typicum</i>	arm
9) <i>Nelumbo nucifera</i>	reich
10) <i>Fatoua pilosa</i> , var. <i>subcordata</i>	arm oder fehlend
11) <i>Ficus erecta</i>	reich

Das Vorkommen der Zuckerarten ist demnach fast allgemein.

### c) KAUSCHUK, HARZ UND FETT.

Die chemische Zusammensetzung der suspendierten Körnchen in vielen Milchsaften ist schwer zu erklären. Nach bisherigen Untersuchungen sollen die Körnchen aus Kautschuk, Harz, Gummi, Fett oder Gerbstoff bestehen.<sup>5)</sup> Von diesen können nur die Gerbstofftröpfchen allein mikroskopisch von anderen sicher unterscheiden werden. Was aber Kautschuk, Harz, Gummi und Fett anbelangt, so können wir dieselben nur auf Grund der makrochemischen Analyse mit Sicherheit von einander unterscheiden. Eine verlässliche Methode, mit welcher man diese heterogenen Körper mikrochemisch von einander unterscheiden kann, gibt es

- 
- 1) Vergl. ZIMMERMANN. (l. c. p. 74 und 76.)
  - 2) ebenda. (p. 73.)
  - 3) ebenda. (p. 75.)
  - 4) ebenda. (p. 74.)
  - 5) Vergl. HABERLANDT. (l. c. IV. Aufl. 1909, p. 303.)

noch kaum.<sup>1)</sup> Löslichkeitsverhältnisse und Tinktionsreaktionen mittels verschiedener Reagenzien stimmen vielfach mit einander überein.

Aus diesem Grunde will ich es in meiner Arbeit dahingestellt sein lassen, welcher unter oben erwähnten Stoffen wirklich vorliegt.

1) Alle untersuchten Milchsäfte werden mit Sudan III-Alkohollösung deutlich gefärbt, nur dass gefärbte Milchsäfte von zwei Papaveraceen-Arten und von *Cuscuta chinensis* undeutlich gefärbt werden.

2) Die meisten Milchsäfte geben, wie schon bemerkt, die RASPAIL'sche Reaktion in gewissem Grade.

3) Mit Ausnahme von gefärbten Milchsäften können die untersuchten Milchsäfte durch Alkannin-Alkohollösung<sup>2)</sup> mehr oder minder gefärbt werden.

Daraus geht ohne Zweifel hervor, dass die meisten Milchsäfte mehr oder weniger Kautschuk, Harz und dergleichen enthalten.

Zur Vergleichung wurde das Verseifungsvermögen<sup>3)</sup> des Fettes bei allen Milchsäften geprüft. Während die Resultate meist negativ oder undeutlich waren, gelang es mir aber sehr gut, den Milchsaft von *Nelumbo nucifera* unter dem Mikroskop verseifen zu lassen. Lösungs- und Quellungsverhältnisse der in Milchsäften von zwei Moraceen suspendierten Kügelchen sind ähnlich wie bei *Ficus elastica* oder *Ficus Carica*.<sup>4)</sup> Alle untersuchten Milchsäfte werden durch Alkohol mehr oder minder aufgelöst; diese Erscheinung ist bei den Milchsäften von den untersuchten *Cuscuta*-, *Macleya*-, *Chelidonium*- und *Nelumbo*-Arten deutlich wahrnehmbar.

#### d) GERBSTOFFE.

Ich bediente mich hierbei gewöhnlich der 4 proc. Eisenchlorid-Wasserlösung, gelegentlich auch einer 10 proc. Kaliumbichromatlösung zur Kontrolle.

---

1) Vergl. ZIMMERMANN. (l. c. p. 68, 86 und 152.) MOLISCH. (l. c. pp. 53-4.)

2) Vergl. ZIMMERMANN. (l. c. p. 69.)

3) Vergl. ebenda (p. 71.) und MOLISCH. (l. c. p. 54.)

4) Vergl. MOLISCH. (l. c. pp. 53-4.)

Unter den 11 untersuchten Milchsäften geben nur die von *Cuscuta chinensis* und *Trachelospermum divaricatum* eine deutliche Reaktion, und der von *Ficus erecta* eine schwache.

#### e) ALKALOIDE.

Bei der Nachweisung der Alkaloide benutzte ich gewöhnlich 10 proc. Salzsäure und eine konzentrierte Lösung derselben. So kann ich mit Sicherheit nur von den durch Salzsäure krystallisierbaren Alkaloiden sprechen.

Alkaloide sind, wie bekannt, die eigentlichen Bestandteile der Papaveraceen-Milchsäfte. Ich konnte das Vorkommen derselben auch bloss in den Milchsäften von zwei Papaveraceen-Arten bestätigen. Bei diesen beiden kommen verschiedene Krystalle durch Salzsäure reichlich zustande; durch Jodjodkaliumlösung dagegen entstehen zahlreiche körnige Niederschläge.<sup>1)</sup>

#### f) ASPARAGIN.

Mit BORODIN'scher Methode<sup>2)</sup> prüfte ich das Vorkommen von Asparagin in allen Milchsäften. Das Resultat war aber stets negativ.

#### 3) ANORGANISCHE KÖRPER.

Ich werde hier zuerst die benutzten Reagentien und Methoden für die Prüfung jeder Substanz zusammenstellen.

a) Calcium. Verdünnte und konzentrierte Schwefelsäure<sup>3)</sup> wurden nebeneinander angewandt.

b) Magnesium. Die SCHIMPER'sche Methode<sup>4)</sup> wurde mit Vorteil benutzt; um die Ausscheidung der Krystalle von Magnesiumammoniumphosphat zu erleichtern, wurde immer etwas Ammoniak zugefügt.

1) Vergl. ZIMMERMANN. (l. c. pp. 116-24.)

2) Vergl. ebenda. (p. 80.)

3) Vergl. ebenda (l. c. pp. 56-64.) und MOLISCH. (l. c. p. 45.)

4) SCHIMPER, Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze. (Flora 1890, p. 214.)



c) Kalium. Nach SCHIMPER<sup>1)</sup> wurde der Milchsaff mit Platinchlorid behandelt.

d) Salzsäure und deren Salze. Die SCHIMPER'sche Silbernitrat-Methode<sup>2)</sup> wurde hierbei benutzt.

e) Salpetersäure. Mit der MOLISCH'schen Diphenylamin-Methode.<sup>3)</sup>

f) Phosphorsäure. Durch Zusatz von Magnesiumsulfat, Ammoniumchlorid und etwas Ammoniak.<sup>4)</sup>

Die erhaltenen Resultate sind in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt.

Name der Pflanze	Ca.	Mg.	K.	Cl.	HNO <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
1) <i>Crepis lanceolata</i> , var. <i>platyphylla</i>	—	—	—	++	—	—
2) <i>Platycodon grandiflorum</i>	+	—	+	—	—	—
3) <i>Cuscuta chinensis</i>	—	—	—	—	—	—
4) <i>Metaplexis japonica</i>	—	+++	+	—	—	—
5) <i>Trachelospermum</i> <i>divaricatum</i>	—	++	+ od. ++	—	—	—
6) <i>Euphorbia humifusa</i>	++	+	—	—	—	—
7) <i>Macleya cordata</i>	—	+ od. ++	—	—	—	—
8) <i>Chelidonium japonicum</i> , var. <i>typicum</i>	—	—	—	—	—	—
9) <i>Nelumbo uncinifera</i>	—	++	—	—	—	—
10) <i>Fatoua pilosa</i> , var. <i>subcordata</i>	—	+++	+ od. ++	—	++ <sup>5)</sup>	—
11) <i>Ficus erecta</i>	—	+ od. ++	+	+	—	—

— fehlend, + arm, ++ reich, +++ sehr reich.

#### 4) OXYDATIONSFERMENTE.

Das Vorkommen der verschiedenen Fermente<sup>6)</sup> in den Milchsäften wurde bisher häufig bestätigt. Ich versuchte hierbei aber

1) SCHIMPER (l. c. p. 213.) 2) ebenda. (p. 212.)

3) Vergl. ZIMMERMANN. (l. c. p. 49.) 4) ebenda. (p. 51.)

5) Scheint als Kaliumnitrat vorhanden zu sein; es ist nachweisbar mit Alkohol. (Vergl. ZIMMERMANN, l. c. p. 50.)

6) Vergl. besonders WITTMACK (l. c. 1880.) Derselbe. (l. c. 1882.) HANSEN. (l. c. 1881.) Derselbe. (l. c. 1885.) RACIBORSKI, Ein Inhaltskörper des Leptoms. (Berich. d. deut. bot. Gesellsch. 1898, p. 52.) Derselbe, Weitere Mitteilung über das Leptomin. (Ebenda. p. 119.) Derselbe, Einige Demonstrationsversuche mit Leptomin. (Flora 1898, p. 362.) MOLISCH. (l. c. pp. 60-8, 1901.)

nur das Vorhandensein der Oxydasen und Peroxydasen in einzelnen Milchsäften zu bestimmen. Für diesen Zweck benutzte ich die übliche Oxydase-Reaktion durch Guajaktinktur und die Peroxydase-Reaktion durch Guajaktinktur und Wasserstoff-superoxyd.

Die meisten untersuchten Milchsäfte geben die Peroxydase-Reaktion deutlich, während die Oxydase-Reaktion meistens negativ oder undeutlich ist. Falls der Milchsaft die Peroxydase-Reaktion gibt, so wird diese auch stets in anderen Geweben oder sonst in ganzer Schnittfläche erhalten. Wenn man aber einen Schnitt, z. B. den von *Metaplexis japonica*, zuerst mit Guajakharz-lösung behandelt und dann allmählich vom Rande die wasserstoff-superoxydhaltige Lösung darauf einwirken lässt, so sieht man, dass zuerst der Milchröhreninhalt, dann die Gefässbündel und endlich die ganzen Schnitte sich bläuen. Beim Kochen im Wasser oder beim Erwärmen auf etwa 90°C wird die Reaktion des Materials ganz vernichtet, aber in diesem Falle innerhalb des Milchröhrensystems und Gefässbündels zuletzt. Ein gutes Beispiel dieser Erscheinung ist *Fatoua pilosa*, var. *subcordata*. Daraus kann man vermuten, dass der Hauptsitz von Peroxydasen in dem Milchröhrensystem und im Gefässbündel lokalisiert ist.

RACIBORSKI<sup>1)</sup> behandelte Schnitte des Alkoholmaterials mit  $\alpha$ -Naphthol und etwas Wasserstoffsuperoxyd, wobei die Milchröhren und Siebröhrenstränge deutlich hervortraten, indem das darin enthaltene „Leptomin“ dunkelviolette Färbung annimmt. Als ich mit derselben Methode einen frische Schnitt von *Fatoua pilosa* var. *subcordata* behandelte, wurde nach einigen Stunden das Milchröhrensystem allein deutlich dunkelviolet, während alle anderen Gewebearten ungefärbt blieben.

Die Wirkung der Oxydationsfermente wird, wie bekannt, durch hohe Temperatur vernichtet. Wenn man also einen Milchsafttropfen zu hoher Temperatur erhitzt, so wird die Reaktion der Peroxydasen ganz vernichtet, während eine in gewöhnlicher

---

1) RACIBORSKI. (l. c.)

Temperatur trocknen gelassener Safttropfen noch eine deutliche Reaktion geben kann.

In folgender Tabelle werden die direkt in den Milchsafttropfen erhaltenen Resultate zusammengestellt.

Name der Pflanze	Oxydase-Reaktion durch Guajak-tinktur	Peroxydase-Reaktion durch Guajaktinktur und H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	„Leptomin“-Reaktion durch $\alpha$ -Naphthol und H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
1) <i>Crepis lanceolata</i> , var. <i>platyphylla</i>	?	++	?
2) <i>Platycodon grandiflorum</i>	—	+ od. ?	?
3) <i>Cuscuta chinensis</i>	—	+	?
4) <i>Metaplexis japonica</i>	?	+++	+
5) <i>Trachelospermum divaricatum</i>	?	+++	++
6) <i>Euphorbia humifusa</i>	—	++	+ od. ?
7) <i>Macleya cordata</i>	?	+ od. ?	?
8) <i>Chelidonium japonicum</i> , var. <i>typicum</i>	—	+	?
9) <i>Nelumbo nucifera</i>	—	++	+ od. ++
10) <i>Fatoua pilosa</i> , var. <i>subcordata</i>	—	++	+ od. ++
11) <i>Ficus erecta</i>	—	++	++

— fehlend, + schwach, ++ deutlich, +++ sehr deutlich

#### ZUSAMMENFASSUNG.

- 1) Die Reaktion des Milchsafte ist meist mehr oder minder sauer.
- 2) Die Milchsäfte enthalten in der Regel eine variierende Menge von Eiweiss und Zucker.
- 3) Kautschuk, Harz und dergl. sind vielleicht die Hauptbestandteile der meisten Milchsäfte.
- 4) Unter anorganischen Körpern kommen Magnesium und Kalium häufiger in den Milchsäften vor.
- 5) Das Vorkommen der Peroxydasen im Milchsafte ist allgemein.

#### III. Zur Funktion der Milchröhren.

Zur Erklärung der Funktionen der Milchröhren wurden bisher viele physiologische Untersuchungen ausgeführt, unter andern

wurden von einigen Autoren<sup>1)</sup> besonders Ringelungsversuche zu dem Zwecke gemacht, um die Frage zu lösen, ob die markständigen Milchröhren als die Vertreter der Siebröhren Baustoffe leiten können. Die Resultate waren bald positiv und bald negativ.

Um etwas über die Frage beizutragen, habe ich auch einige Versuche bei *Ficus erecta* ausgeführt, die zahlreiche markständige Milchröhrenstämme besitzt. Im März, noch ehe der Baum die Blätter entfaltet hatte, brachte ich an mehreren Zweigen einer und derselben Pflanze in verschiedener Entfernung von deren Endknospen Ringelschnitte an und verfolgte die Entwicklung der Endknospe. Ein geringelter Zweig und der zur Kontrolle benutzte Zweig standen immer auf einem und demselben Ast nebeneinander.

#### VERSUCH I. Ringelung total.

a) Am 7. März: geringelter Zweig 7 mm dick, Kontrolle auch 7 mm dick; die Ringelung (6 mm breit) befindet sich 5,5 cm unterhalb der Ansatzstelle der Endknospe; oberhalb der Ringelung wurden alle anderen Knospen abgeschnitten; dementsprechend hatte die Kontrolle auch nur die Endknospe allein, indem ihre anderen Knospen gleichfalls abgeschnitten wurden.

7. März: Länge der beiden Endknospen, die noch von braunen Schuppen bedeckt sind, 1 cm.

15. April: Länge der Endknospe bei geringeltem Zweige 1.6 cm, bei Kontrolle 1.7 cm; man sieht grüne Blättchen sich zu entfalten beginnen.

7. Mai: In beiden Endknospen stehen einige Laubblätter; Länge des grössten Blattes bei geringeltem Zweige 4.5 cm, bei Kontrolle 14 cm.

30. Mai: Bei der Kontrolle gedeihen mehrere Blätter sehr gut, während die Blätter des geringelten Zweiges gekräuselt bleiben. Der Unterschied zwischen beiden ist sehr auffallend.

b) Am 27. März: geringelter Zweig 5 mm dick, Kontrolle 5.5 mm dick; die Ringelung (4 mm breit) 1.2 cm unterhalb des Ansatzes der Endknospe; oberhalb der Ringelung stehen einige

1) Vergl. KNIEP. (l. c. p. 135-40.)

Seitenknospen, dementsprechend hat die Kontrolle auch einige Nebenknospen.

27. März: Länge der beiden Endknospen 1 cm.

15. April: Die Länge beim geringelten Zweige noch 1 cm, bei Kontrolle 1.9 cm; man sieht nur bei der Kontrolle grüne Blättchen sich zu entfalten beginnen.

7. Mai: Bei geringeltem Zweige entfalten sich einige kleine Blättchen, deren grösstes 1.5 cm lang ist, während bei der Kontrolle mehrere Blätter nicht nur in der Endknospe, sondern auch in den Nebenknospen erwachsen. Das grösste war 12 cm lang.

15. Mai: Blättchen in den Knospen des geringelten Zweiges begannen zu welken.

30. Mai: Die Knospen des geringelten Zweiges waren abgestorben.

#### VERSUCH II. Ringelung partial.

a) Am 7. März: geringelter Zweig 7 mm dick, Kontrolle 6 mm dick; die Ringelung 5.5 cm unterhalb der Ansatzstelle der Endknospe; andere Knospen ausser der Endknospe abgeschnitten.

7. März: Länge der beiden Endknospen 1 cm.

15. April: Kein Unterschied zwischen beiden; beide 1.9 cm lang.

7. Mai und 30. Mai: Kein Unterschied zwischen beiden bemerkbar.

b) Am 27. März: geringelter Zweig 5 mm dick, Kontrolle auch 5 mm dick, die Ringelung 8 mm unterhalb der Ansatzstelle der Endknospe, die Nebenblätter nicht abgetragen.

27. März: Länge der Endknospe beim geringelten Zweige 1.2 cm, bei Kontrolle 1.1 cm.

15. April: Die Länge beim geringelten Zweige 1.7 cm, bei Kontrolle 2 cm.

7. Mai und 30. Mai: Kein Unterschied zwischen beiden bemerkbar.

## VERSUCH III. Ringelung total, mit 2 Incisionsstellen.

a) Am 27. März: Dicke des Zweiges 3 mm; Länge der Strecke zwischen beiden Incisionen ist 6 mm, wo eine kleine Blütenknospe steht; die Strecke von der oberen Incision zur Ansatzstelle der Endknospe 1.5 cm lang.

15. April: Die Blütenknospe blieb unverändert, die Endknospe verlängerte sich etwas.

1. Mai: Die Blütenknospe starb ab; kleine grüne Blättchen waren in der Endknospe entfaltet.

7. Mai: Die Endknospe starb auch ab.

b) Am 27. März: Dicke des Zweiges 7 mm; die Strecke zwischen beiden Incisionen ist 2 cm, wo ein kleiner 6 cm langer Seitenzweig steht, welcher an seiner Spitze eine 9 mm lange Endknospe trägt; oberhalb der Ringelungen stehen einige Zweige mit Knospen. Hierbei wurde nur die Endknospe des zwischen den beiden Incisionsstellen stehenden Seitenzweiges verfolgt.

15. April: 1 cm lang.

7. Mai: Einige Blättchen begannen sich zu entfalten, deren grösstes 1.5 cm lang.

30. Mai: Die Endknospe begann abzusterben. Während dieser Zeit waren die grünen Blätter bei den Knospen der oberhalb der Ringelungen stehenden Zweige entfaltet, obwohl ihre Entwicklung weit schwächer als die normale war.

So stimmen die Resultate aller dieser Versuche mit den der KNIEP'schen<sup>1)</sup> Versuche bei *Ficus carica* überein. Während die Endknospen der partiell geringelten Zweige fast normal sich entwickelt haben, haben die der total geringelten Zweige früher oder später ihre Entwicklung eingestellt, und die Knospen bei Versuch Ib haben ihre Entwicklung eher als die bei Versuch Ia eingestellt. Diese Tatsache erklärt sich natürlich, wenn man sich daran erinnert, dass die Endknospen der total geringelten Zweige, wie KNIEP<sup>2)</sup> sagt, sich auf Kosten der in dem über der Incision gelegenen Zweigstücke aufgespeicherten Reservestoffe entwickelt

1) KNIEP. (l. c. pp. 138-9.)

2) KNIEP. (l. c. p. 139.)

haben, und die Menge dieser Stoffe um so geringer sein muss, je kürzer das Zweigstück ist, ein Verhalten, das wenig verständlich wäre, wenn die markständigen Milchröhren die Nährstoffe leiten könnten. Wenn die markständigen Milchröhren die Assimilate von Blättern nach den Baustoffes bedürftigen Stellen leiten könnten, so wäre auch das Resultat von Versuch IIIb nicht verständlich.

In der Einleitung wurde schon beschrieben, dass einige Autoren der Meinung sind, dass die Milchsäfte dem Wundschutze dienen. Ob die Fähigkeit der Wundkork- oder Kallusbildung den milchenden Pflanzen fehle oder nicht, war demnach eine Frage der Forscher.

Ich unternahm eine Untersuchung darüber; und zwar schnitt ich einige Zweige von *Ficus erecta* ab, dann prüfte ich die Wundfläche nach einer gewissen Zeit.

a) Am 12. März schnitt ich drei Zweige (mit Durchmesser von etwa 5 mm) an den Knoten oder dem Internodium ab, wobei eine Menge Milchsaft herausquoll und fast die ganze Fläche der Wunde bedeckte.

Als ich jede Wundfläche am 18. Mai mikroskopisch prüfte, konnte ich weder Wundkork- noch Kallusbildung irgendwie nachweisen, dagegen war die Fläche etwas abgestorben und von Milchsaftgerinnsel fast ganz bedeckt. Bei einem Specimen, welches durch das Internodium geschnitten worden war, sah ich die Wundfläche von einer kleinen Menge von Pilzhyphen angefochten werden, während andere pilzfrei waren.

b) Am 18. März schnitt ich drei Zweige (etwa 3 mm dick) an den Knoten oder dem Internodium ab. Ausfliessende Milchsäfte wurden wieder und wieder mit Wasser gewaschen und mit Fliesspapier ausgesogen, bis die Säfte nicht mehr hervorquollen. Am 18. Mai waren alle drei Wundflächen mehr oder weniger abgestorben, ohne Wundkork oder Kallus zu bilden, und ausnahmslos von Pilzhyphen angefochten. Unter andern war der durch das Internodium geschnittene Zweig am stärksten angesteckt, und zwar wuchsen die sporentragenden Pilzhyphen auf der ganzen Wundfläche, die tief in das Gewebe, besonders reichlich in das Mark eingetreten waren.

c) Am 18. März schnitt ich vier Zweige (etwa 3 mm dick) an den Knoten oder Internodien ab. Ich liess den hervorquellenden Milchsafte an jeder Wundfläche so künstlich haften, dass er tropfenartig auf jeder Schnittfläche sass. Am 18. Mai trug jede Schnittfläche noch das Tröpfchen, welches dabei als eine eingetrocknete Masse die ganze Wundfläche luftdicht bedeckte. Dadurch waren alle Wundflächen vollkommen vor Infektion der Pilze geschützt.

Aus allen diesen Versuchen geht wohl hervor, dass der Milchsafte von *Ficus erecta* wenigstens die Gefahr der Pilzinfektion bei der Verwundung mehr oder weniger beseitigen kann.<sup>1)</sup>

#### IV. Rückblick auf die Ansichten über die Funktion des Milchsafte.

Wie schon in der Einleitung beschrieben, sind bisher verschiedene Ansichten über die Funktion des Milchsafte mitgeteilt worden. Man kann aber darin nachstehende vier Ansichten<sup>2)</sup> klassifizieren.

I. Der Milchsafte sei an der Ernährung der Pflanzen beteiligt.

a) Man betrachtet den Milchsafte als Reservestoff, beziehungsweise die Milchröhren als Speicherungsorgane. (FAIVRE u. a.)

b) Man betrachtet den Milchsafte als Bildungssafte, beziehungsweise die Milchröhren als Leitungsorgane. (SCHULLERUS, HABERLANDT, GAUCHER u. a.)

II. Der Milchsafte sei an der Ernährung der Pflanze nicht beteiligt.

c) Man betrachtet den Milchsafte als Auswurfsprodukt des Stoffwechsels, beziehungsweise die Milchröhren als Exkretbehälter. (LEBLOI, SCHWENDENER u. a.)

d) Man hält den Milchsafte für ein im Hinblick auf die biologischen Funktionen unter dem Aufwand organischen Materials erzeugtes Produkt. (KNIEP u. a.)

Bei den vorliegenden Untersuchungen gelangte ich aber zu

1) Vergl. KNIEP. (l. c. p. 184.)

2) Es ist hierbei unstrittig, dass solche entscheidend von einander abweichenden Ansichten nicht in der Literatur vorhanden sind. Die Klassifikation wurde nur der Übersicht wegen gemacht.



folgenden wesentlichen Hauptresultaten:—

- 1) Die Ansicht, dass die Milchröhren Leitungsorgane seien, ist auf Grund meiner Untersuchung nicht bestätigt.
- 2) Die Verteilung der Milchröhren in Blüten oder Früchten scheint auf eine ökologische Bedeutung als Schutzvorrichtung gegen Tierfrass hinzuweisen.
- 3) Im Hinblick auf die Meinung, dass die Milchsäfte aus organischen Stoffen produziert werden, ist die anatomische Beziehung zwischen den Milchröhren und Speicherzellen etwas verständlich.<sup>1)</sup>
- 4) Der Inhalt an unverwertbaren Stoffwechselprodukten (Kautschuk, Harze, Alkaloide u. a.) in den Milchsäften ist ein ungleich höherer, als der an sogenannten Nährstoffen (Eiweiss,<sup>2)</sup> Zucker, Stärke<sup>3)</sup> u. s. w.).
- 5) Die meisten Milchsäfte enthalten giftige und widrig schmeckende Substanzen, welche nach KNIEP<sup>4)</sup> die Pflanze vor der Vernichtung durch Tierfrass schützen.
- 6) Wundschlussvermögen des Milchsaftes von *Ficus erecta* ist vielleicht anzunehmen.

Aus den oben angegebenen Gründen<sup>5)</sup> komme ich schliesslich zu der Ansicht, die auch mit KNIEP's<sup>6)</sup> übereinstimmt, dass die primäre Funktion des Milchsaftes nicht auf physiologischem, sondern auf ökologischem Gebiet liege.

Juni 1912.

Botanisches Institut,  
Kaiserliche Universität  
zu Tokio.

1) Vergleiche hier die SCHMUTZ'sche Angabe, dass Harztropfen der Convolvulaceen-Milchzellen auf Kosten des Speichermaterials gebildet werden. (SCHMUTZ, l. c. p. 690.)

2) Wie MOLISCH sagt, (Vergl. MOLISCH, l. c. p. 57.) enthält jede Milchröhre einen Plasmanschlauch; und da in jedem Plasma als integrierender Bestandteil Eiweiss angenommen wird, so können die Milchsäfttropfen, die zweifellos eine gewisse Menge der plastischen Substanz mischen, selbst da Eiweissreaktion geben, wo keine Eiweissstoffe in den echten Milchsäften vorhanden sind.

3) Was die Stärkeköerner in den Milchsäften von *Euphorbia*-Arten anbelangt, so meinen einige Autoren (Vergl. GROOM, l. c. pp. 166-7; KNIEP, l. c. p. 155.), dass sie nicht für die Ernährung der Gewebezellen, sondern in den Milchröhren selbst gebraucht werden.

4) KNIEP. (l. c. p. 204.)

5) Vergl. auch ferner: Klebrigkeit des Milchsaftes; subepidermales Milchhörens-system; das Vorkommen des beziehungsweise gut entwickelten Milchröhrens-systems in den fugitiven Nebenblättern.

6) KNIEP. (l. c. p. 199.)

---

Published December 25 th, 1913.

---

**R. KOKETSU.**  
**MILCHRÖHREN U. MILCHZELLEN EINIGER PFLANZEN.**

**TAFEL I.**

## Erklärung der Tafel I.

Fig. 1. ( $\times 40$ ) Querschnitt durch ein Deckblatt im Involucrum von *Crepis lanceolata*, var. *platyphylla*. *A* Die der Aussenwelt ausgesetzte Seite, *B* Die von einem anderen Deckblatte bedeckte Seite, *gb* Gefässbündel, *m* Milchröhrennetz.

Fig. 2. ( $\times 20$ ) Längsschnitt durch einen Blütenstand derselben Pflanze. *m* Milchröhrennetz, *b* Blüte, *iv* Involucrum, *sa* Samenanlage, *gb* Gefässbündel.

Fig. 3. ( $\times 400$ ) Teil eines Querschnittes durch die sekundäre Rinde der Hauptwurzel von derselben Pflanze. *m* Milchröhren, *ph* Phloem, *gg* Grundgewebe.

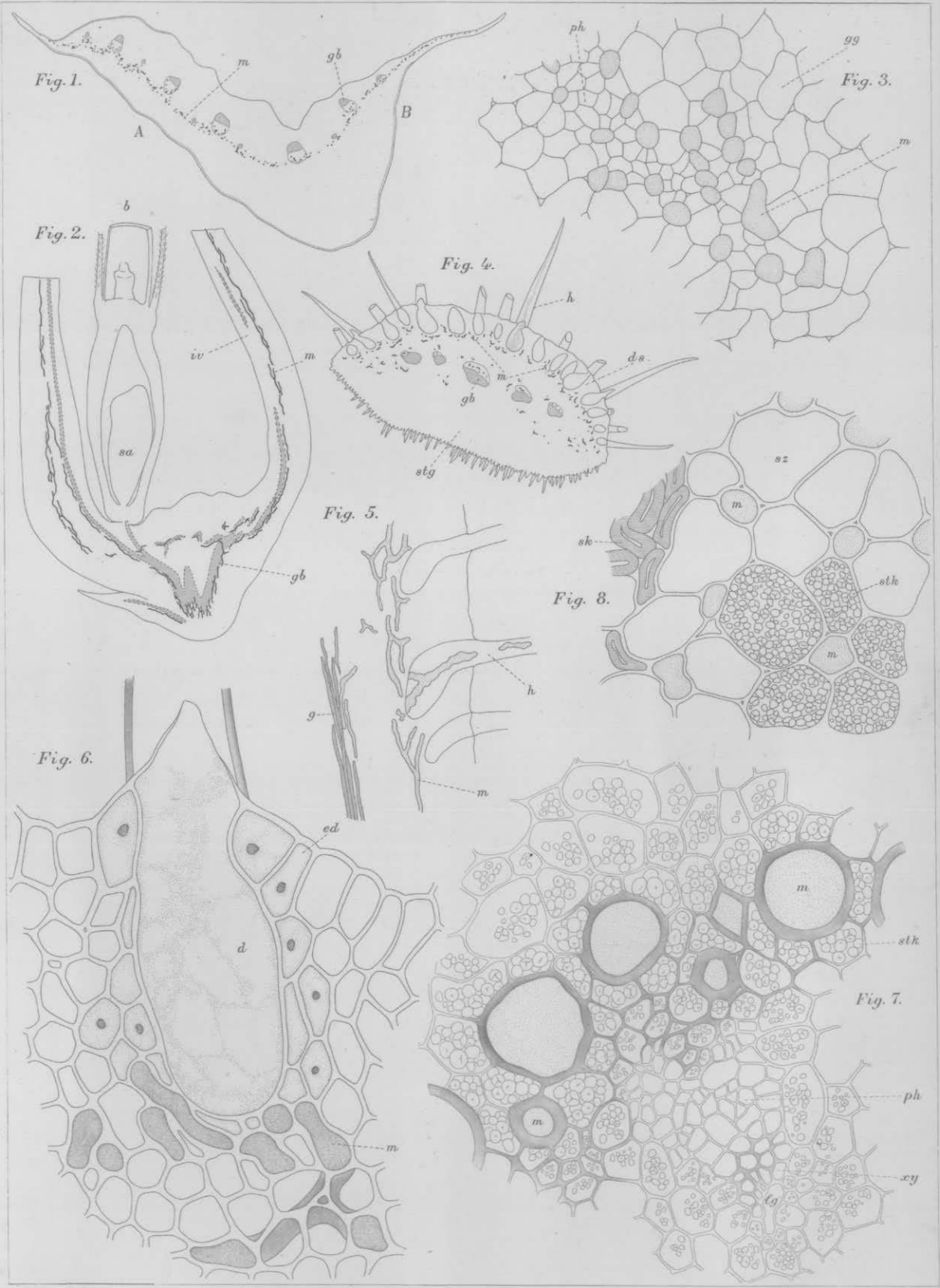
Fig. 4. ( $\times 40$ ) Querschnitt durch einen geteilten Teil des Griffels von *Platycodon grandiflorum*. *h* Drüsenhaare, *ds* drüsige Schicht, *m* Milchröhrennetz, *gb* Gefässbündel, *stg* Stigmagesewebe.

Fig. 5. ( $\times 70$ ) Teil eines Längsschnittes desselben. *h* ein koagulierte milchsaftähnliche Masse enthaltendes Haar, *m* Milchröhren, *g* Gefässe.

Fig. 6. ( $\times 400$ ) Teil eines Querschnittes desselben. *d* Milchröhren, *d* drüsiger Teil eines Haars, *ed* Epidermis.

Fig. 7. ( $\times 245$ ) Stück eines Querschnittes durch ein Internodium des Stengels von *Cuscuta chinensis*, ein Gefässbündel und seine Umgebung zeigend. *m* Milchzellen, *ph* Phloem, *xy* Xylem, *er* Luftraum, *stlk* Stärkekörner.

Fig. 8. ( $\times 245$ ) Teil eines Querschnittes durch den Pericykel des älteren Stengels von *Metaplexis japonica*. *m* Milchröhren, *sk* Sklerenchymfaser, *sz* Speicherungsellen. (Stärkekörner (*stlk*) sind nur in fünf Zellen abgebildet.)



Koketsu del.

R. Kōketsu: Milchröhren und Milchzellen einiger Pflanzen.

**R. KOKETSU.**

**MILCHRÖHREN U. MILCHZELLEN EINIGER PFLANZEN.**

**TAFEL II.**

## Erklärung der Tafel II.

Fig. 9. ( $\times 20$ ) Querschnitt durch den obersten Teil eines Kronen-Tubus von *Trachelospermum divaricatum*. *m* Milchröhren, *gb* Gefässbündel für Krone (*gb*<sub>1</sub>) und Androeum (*gb*<sub>2</sub>), *h*<sub>1</sub> steife Haare, *h*<sub>2</sub> weiche Haare.

Fig. 10. ( $\times 245$ ) Subepidermale Milchröhren zwischen dem Palisadengewebe und der Epidermis im Blatt von *Euphorbia humifusa*, durch die Epidermis hindurch gesehen.

Fig. 11. ( $\times 400$ ) Teil eines Querschnittes durch ein Blatt derselben Pflanze. Ein kleiner Blattnerve mit der Parenchymseide ist dargestellt, deren Zellen (*ps*) sich in den äusseren inhaltarmen und inneren inhaltreichen Teil deutlich teilen. Dunkel gefärbte Zellen sind reich an Chlorophyll und Assimilaten, *m* Milchröhren, *p* Palisadengewebezellen, *stm* Stomata.

Fig. 12. ( $\times 400$ ) Teil eines Querschnittes durch ein älteres Internodium des Stengels derselben Pflanze. *m* Milchröhren, *g* Gefässe, *s* Siebröhren, *sk* Sklerenchymfaser, *mst* Markstrahl.

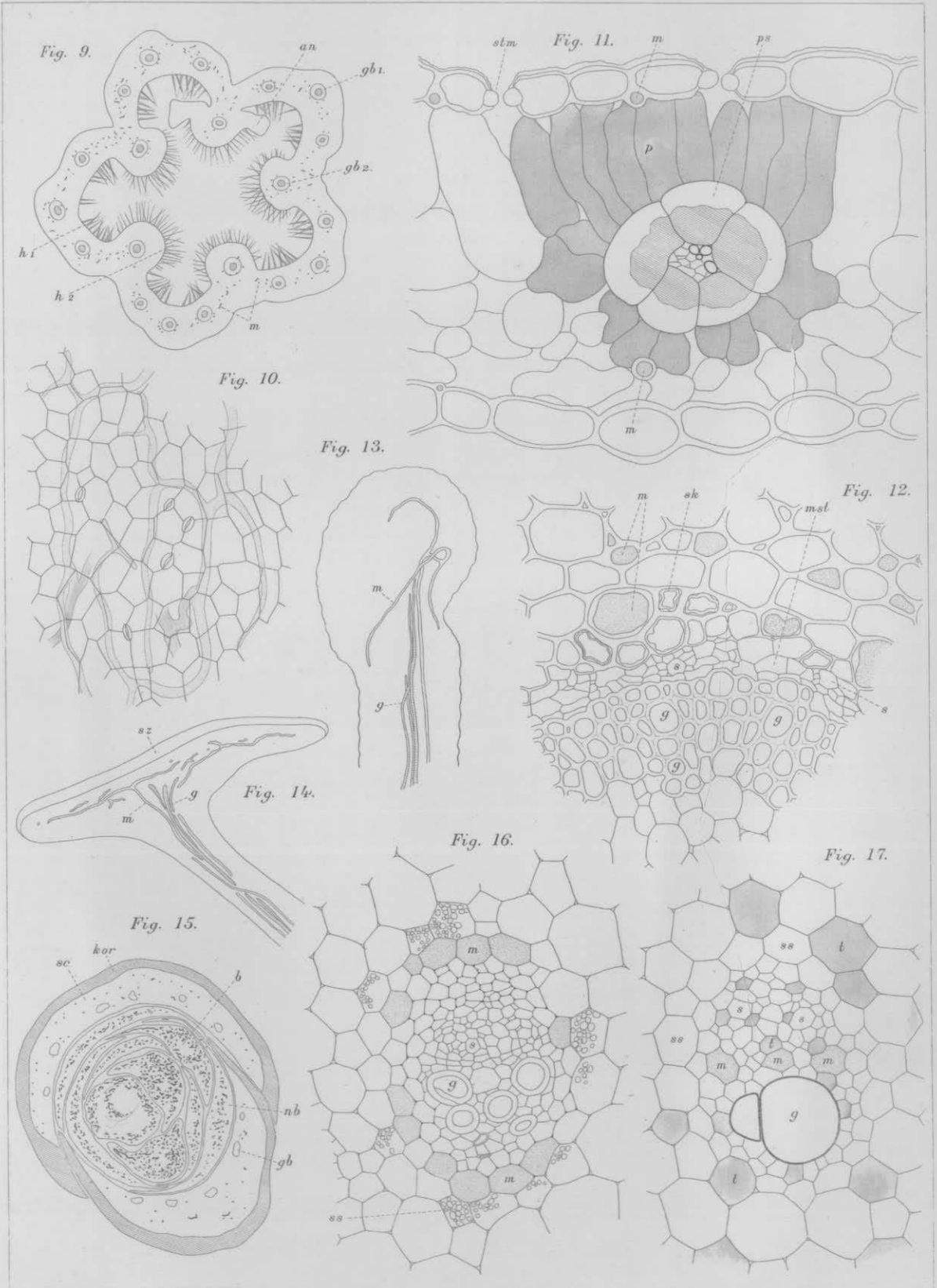
Fig. 13. ( $\times 245$ ) Milchröhrenverlauf in einem Stigma von *Euphorbia helioscopia*. *m* Milchröhre, *g* Gefäss.

Fig. 14. ( $\times 70$ ) Querschnitt durch ein Nektarium auf dem Involucrum derselben Pflanze. *m* Milchröhren, *g* Gefässe, *sz* sezernierende Zellschicht.

Fig. 15. ( $\times 20$ ) Querschnitt durch eine terminale Winterknospe von *Excoecaria japonica*. Schwarze Punkte bezeichnen die Milchröhren, *sc* Schuppen mit Korksicht (*kor*), *gb* Gefässbündel, *nb* Nebenblätter, *b* junge Blättchen.

Fig. 16. ( $\times 245$ ) Teil eines Querschnittes des Stengels von *Macleya cordata*, ein Gefässbündel bezeichnend. *m* Milchzellen, *g* Gefässe, *s* Siebröhren, *ss* Stärkescheide.

Fig. 17. ( $\times 245$ ) Teil eines Querschnittes durch einen Blattstiel von *Nelumbo nucifera*, ein Gefässbündel zeigend. *m* Milchröhren, *g* Gefässe, *s* Siebröhren, *t* Tanninzellen, *ss* Stärkescheide.



Koketsu del.

R. Kōketsu: Milchröhren und Milchzellen einiger Pflanzen.



**R. KOKETSU.**

**MILCHRÖHREN U. MILCHZELLEN EINIGER PFLANZEN.**

**TAFEL III.**

### Erklärung der Tafel III.

Fig. 18. (A-E) ( $\times 245$ ) Stück eines Querschnittes durch einen Blattstiel von *Nelumbo nucifera*, die im Grundgewebe vorkommenden Milchröhren und ihre Umgebung bezeichnend. *m* Milchröhren, *t* Tanninzellen.

Fig. 19. ( $\times 245$ ) Stück eines Flächenbildes von einer an dem Mund der „Frucht“ vorkommenden Schuppe von *Ficus erecta*. *t* Tanninzellen.

Fig. 20. ( $\times 20$ ) Medianer Längsschnitt durch einen Knoten des Stengels derselben Pflanze. Schwarze Linien und Punkte deuten die Milchröhren an. *ks* Kollenchymschicht, *pr* primäre Rinde, *sk* Sklerenchymfaser, *ph* Phloem, *xy* Xylem, *ma<sub>1</sub>* und *ma<sub>2</sub>* inhaltarme und inhaltreiche Partie des Markes, *bs* Blattspurstränge, *ak* Axillarknospe.

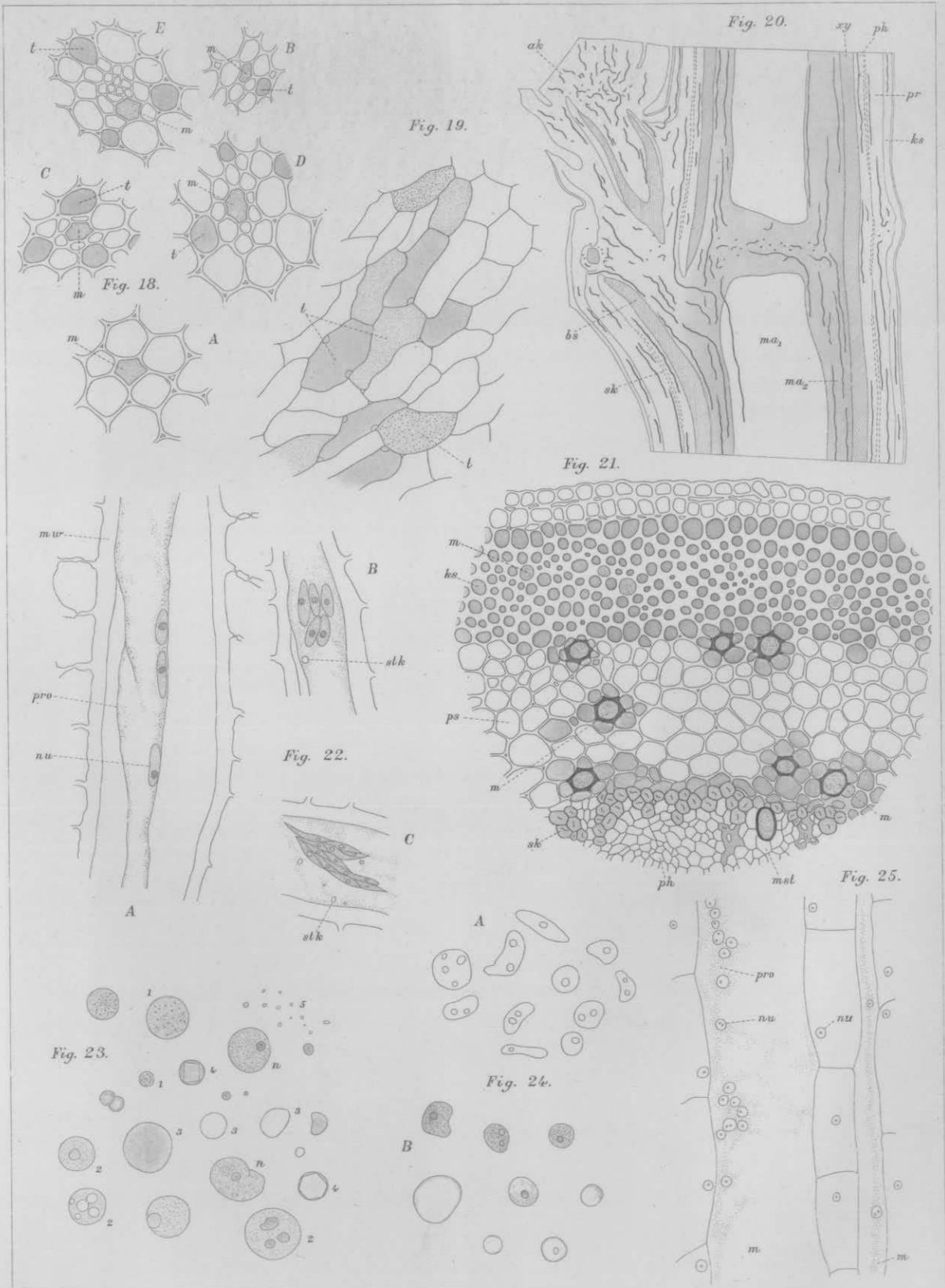
Fig. 21. ( $\times 245$ ) Teil eines Querschnittes durch den Stengel derselben Pflanze. *m* Milchröhren, *ks* Kollenchymschicht, *ps* Parenchymschicht der primären Rinde, *sk* Sklerenchymfasergruppe, *ph* Phloem, *mst* Markstrahl. Die dunkel gefärbten Zellen sind inhaltreich.

Fig. 22. ( $\times 245$ ) Stück eines Längsschnittes durch die pericykelständige Milchzelle von *Cuscuta chinensis*. *A* mit drei Kernen, *B* und *C* mit einer Gruppe von spindelförmigen kernartigen Gebilden. *mw* Milchzellenwand, *pro* Protoplasmaschlauch, *nu* Kerne, *stlk* Stärkekörner.

Fig. 23. ( $\times 670$ ) Geformte Körper aus dem Milchsafte von *Macleya cordata*. 1, farblose feinkörnige Leukoplasten; 2, gefärbte Vakuolen enthaltende Leukoplasten; 3, gelbe Kügelchen; 4, Krystalloid enthaltende Kügelchen; 5, gelbe Körnchen.

Fig. 24. ( $\times 400$ ) Kerne aus dem Milchsafte von *Nelumbo nucifera*. *A* frischer Zustand, *B* mit Methylgrün-Essigsäure behandelte Kerne.

Fig. 25. ( $\times 245$ ) Teil eines Längsschnittes durch einen Blattstiel derselben Pflanze. *m* Milchsafschlauch, *pro* Protoplasma, *nu* Kerne.



Koketsu del.

R. Kōketsu: Milchröhren und Milchzellen einiger Pflanzen.