I.

Die Eiweissschläuche der Cruciferen und verwandte Elemente in der Rhoeadinen-Reihe.

Von

Dr. E. Heinricher.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Inhaltsübersicht.

Seite

Einleitung 7

I. Descriptive Betrachtung der Schlauchzellen nach ihrer Form und ihrer topographischen Vertheilung in den Pflanzenorganen.

a) Die Eiweissschläuche der Cruciferen in der Reihenfolge der 21 Tribus.

1. Tribus. Arabideae.

Cheiranthus Cheiri L. 10
Arabis sagittata DC. 11
Dentaria bulbifera L. 11

2. Tribus. Alyssineae.

Cochlearia Armoracia L. 12
Peltaria alliacea L. 13

3. Tribus. Thlaspideae.

Iberis sempervirens L. 15
Iberis semperflorens L. 17
Carpoceras (Thlaspi) sibiricum 17
Biscutella lyrata L. 18
Capsella Bursa pastoris Moench. 18

4. Tribus. Anastaticeae.

Anastatica Hierochuntica L. 19
Morettia Philaeana DC. 20

5. Tribus. Euclidieae.

Euclidium Syriacum Brown. 20

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Seite

6. Tribus. Cakilineae.

Cakile maritima L. 20
Chorispora tenella Dec. 20

7. Tribus. Sisymbreae.

Hesperis matronalis L. 21

8. Tribus. Camelineae.

Camelina sativa Crantz. 22
Camelina austriaca Pers. (Syn. Nasturtium austriacum Crantz., Syn. Myagrum austriacum Jacq.) 22

9. Tribus. Lepidineae.

Lepidium affine Ledeb. 24
Lepidium sativum L. 25

10. Tribus. Isatideae.

Isatis tinctoria L. 25
Myagrum perfoliatum L. 26

11. Tribus. Anchonieae.

Goldbachia torulosa DC. 26

12. Tribus. Brassiceae.

Brassica nigra Koch. (Sinapis nigra L.) 27
Brassica Rapa L., Brassica Napus L. Var. annua Koch., und Var. hiemalis Döll., Brassica oleracea L., ε. gongylodes L., und ζ. botrytis L. 28
Sinapis alba L. 28
Erucastrum arabicum Fisch. et Mey. 30
Moricandia arvensis DC. 31
Diplotaxis tenuifolia DC. 32
Eruca Cappadocica Reut. 33

13. Tribus. Velleae.

Carrichtera Vellae DC. 34
Vella Pseudocytisus L. 34

14. Tribus. Psychineae.

Schouwia arabica DC. 35

15. Tribus. Zilleae.

Zilla myagroides Forsk. 35

16. Tribus. Raphaneae.

Crambe cordifolia Stev. 35
Crambe pinnatifida Brown. 38

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Seite
Rapistrum perenne Berg. 38
Raphanus sativus L. 39

17. Tribus. Buniadeae.

Bunias orientalis L. 39
Bunias Erucago L. 40

19. Tribus. Senebiereae.

Senebiera Coronopus Poir. 40

20. Tribus. Subularieae.

Subularia aquatica L. 41

21. Tribus. Heliophileae.

Heliophila amplexicaulis L. 41

Zusammenfassung der hauptsächlichsten anatomischen Resultate . . 42
Die Eiweissschläuche in den Organen der Blüthe 44
Herrscht eine Correlation zwischen der Ausbildung der Eiweissschläuche und der Siebröhren? 46

b) Die Eiweissschläuche in der Capparideengattung Capparis.

Capparis spinosa L., C. Aegyptia Lam. 46
Capparis latisiliqua 47
Cleome purpurea DC. 47

c) Die Schlauchzellen in der Papaveraceengattung Eschscholtzia californica Cham. 47

d) Die Schlauchzellen in den Fumariaceengattungen Adlumia und Corydalis.

Adlumia cirrhosa Raf. 49
Corydalis rosea Zeyher. und C. capnoides Pers. 49

II. Zur Physiologie der Eiweissschläuche.

a) Der Inhalt der Eiweissschläuche und seine Reactionen 54

Der Inhalt in den lebenden Eiweissschläuchen. Verhalten gegen Alkohol, Jod, MILLON's Reagenz. Fixirung mit Pikrinsäure, siedendem Wasser. Zellkern. Protoplasmaschlauch. Aehnlichkeit des Verhaltens gegenüber den Reagentien zwischen dem Inhalt der Cucurbitaceen-Siebröhren einerseits und dem der Eiweissschläuche andererseits. Tingirbarkeit des Inhalts; Schwankungen im Verhalten desselben, muthmaassliche stoffliche Differenzen. Ausnahmsweises Vorkommen von Stärke. Weitere Reactionen, welche die Eiweissnatur der Inhaltsstoffe bestätigen.

b) Verbrauch der in den Eiweissschläuchen enthaltenen Eiweissstoffe 58

Beziehungen zwischen den Eiweissschläuchen und den umliegenden Gewebeelementen. Uebersehen und Nichterkennen der Eiweissschläuche in Folge Inhaltsarmuth. Entwicklungsstadien der Pflanzen, in denen solche Inhaltsarmuth eintritt. Abhängigkeit von der individuellen Constitution der Pflanzen. Vorhandensein der

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Seite

Eiweissschläuche in den Embryonen der ruhenden Samen. Constatirung des Verbrauchs der in den Eiweissschläuchen enthaltenen Eiweissstoffe durch Culturversuche.

c) Verhalten der Eiweissschläuche in den überwinternden Organen 64

Die Eiweissschläuche in den Zwiebelknospen von *Dentaria bulbifera*, in den überwinternden Sprossen und Blättern von *Iberis sempervirens*, in den ausdauernden Rhizomen von *Crambe cordifolia*.

d) Sind die Eiweissschläuche blos als Eiweissstoffe speichernde oder auch als specifische Eiweiss bildende Zellen anzusehen? 66

Unsicherheit unserer Kenntnisse über specifische Eiweiss bildende Gewebeelemente. Eiweissbildung im Mesophyll der Blätter. Vorhandensein der Eiweissschläuche in chlorophyllführenden und chlorophyllfreien, in dem Lichte ausgesetzten, oder in desselben entbehrenden Geweben. Der Gehalt an Nitriten und Nitraten in den Vegetationsorganen der Cruciferen. Die Localisirung des vom Protoplasma der umliegenden Zellen deutlich verschiedenen Eiweisses in den Schlauchzellen spricht für die Bildung desselben in diesen eigenartigen Elementen selbst. Eiweissschläuche als Speicherzellen. Wie erklärt sich die grosse Mannigfaltigkeit in der Vertheilung derselben?

e) Entwicklung der Eiweissschläuche 70

Die frühe Differenzirung und die grosse Wachsthumsenergie der Schlauchzellen.

III. Phylogenetische Deutung. Eiweissschläuche und Milchröhren 73

Die milchenden und die Farbstoffschläuche besitzenden Papaveraceen. Mannigfaltigkeit in der Vertheilung dieser Gewebeelemente. Beziehungen in der Ausbildung der Milchröhren und der Farbstoffschläuche bei den *Papaveraceen*-Gattungen einerseits und der Eiweissschläuche bei den *Cruciferen* andererseits, zu dem Charakter der umgebenden Zellen. Anatomische Aehnlichkeiten zwischen Milchröhren und Eiweissschläuchen. Die Ableitung der Eiweissschläuche von den Milchröhren der *Papaveraceen* erhält eine wesentliche Stütze durch die systematische Stellung der *Cruciferen*. Die Schlauchzellen der *Fumariaceen* und die Eiweissschläuche der *Capparideen* sind ebenfalls aus den Milchröhren der *Papaveraceen* abzuleiten. Die phyletische Continuität der Milchröhren lässt sich so durch die ganze *Rhoeadinenreihe* verfolgen. Die Milchröhren und ihre Bedeutung; Verhältniss der gegliederten zu den ungegliederten. Ableitbarkeit letzterer aus ersteren.

IV. Sind die Eiweissschläuche in der Systematik der Cruciferen verwerthbar? 83

Tafelerklärung 87

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Einleitung.

In einer vorläufigen Mittheilung [1]) habe ich über das Vorkommen eigenthümlicher, Eiweissstoffe führender Idioblasten bei den zu der *Brassiceentribus* gehörigen 4 Gattungen *Moricandia, Brassica, Sinapis* und *Diplotaxis* berichtet. Die schon an jenem Orte angedeutete Anschauung, dass die Verbreitung dieser Idioblasten, welche ich in Hinkunft als Eiweissschläuche [2]) bezeichnen will, innerhalb der *Cruciferen* wohl eine weiter reichende sei, hat sich in kaum erwarteter Weise bestätigt.

Es ist nämlich auf Grund meiner späteren Untersuchungen der Ausspruch gerechtfertigt, dass die Eiweissschläuche als ein den meisten Cruciferen zukommendes histologisches Element zu betrachten sind.

Sämmtliche 21 Tribus der Cruciferen, vertreten durch 40 Gattungen und einige Gattungen durch mehrere Species, wurden untersucht und in Gattungen von 18 Tribus Eiweissschläuche aufgefunden. Es bleiben also nur 3 Tribus, für welche das Vorkommen von Eiweissschläuchen nicht sicher gestellt ist. Indess wird für die eine dieser das Vorhandensein derselben sehr wahrscheinlich gemacht und auch

---

1) Berichte der deutsch. Botanisch. Ges., Jahrg. 1884, Band II, Heft 10.

2) Die Bezeichnung dieser Zellen als *Idioblasten* ist zwar eine vollkommen correcte, indess ist es mit Rücksicht auf die im Folgenden für dieselben gegebene phylogenetische Deutung vielleicht zweckmässiger, sie Eiweissschläuche zu nennen. Das Vorkommen solcher von isodiametrischer, also nicht blos solcher von gestreckter Gestalt, ist hierbei wohl ohne Bedeutung. Ein derartiger Wechsel in der Gestalt findet sich ja auch unter den Farbstoff führenden Zellen einiger *Papaveraceen*, die De Bary trotzdem als Farbstoffschläuche bezeichnet. Ueberhaupt finden sich in der Anatomie analoge Fälle mehrfach.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

für die übrigen 2 Tribus ist das Fehlen der Eiweissschläuche nicht sichergestellt, da von der einen nur eine Gattung in Herbarexemplaren von sehr schlechtem Erhaltungszustand — von der andern nur ein kümmerlich entwickeltes lebendes Individuum einer Gattung untersucht werden konnten.

Trotz dieses verbreiteten Vorkommens sind bisher die Eiweissschläuche der Cruciferen unerkannt geblieben[1]). Auch eine kürzlich erschienene vergleichende Anatomie der Cruciferenstengel von E. Dennert[2]) erwähnt derselben nicht.

In morphologischer Hinsicht werden die Resultate vorliegender Untersuchung ziemlich erschöpfend sein; auch dürfte der den Eiweissschläuchen bereits in der vorläufigen Mittheilung gegebene phylogenetische Hintergrund einigermaassen gefestigt erscheinen, theils durch die aufgedeckten morphologischen und topographischen Verhältnisse, theils — und wie ich meine, in ganz besonderem Maasse — durch die Entdeckung anatomisch ähnlicher Elemente bei den nächstverwandten Familien. So wird dadurch auch ein weiterer Beleg für enge Zusammengehörigkeit der *Rhoeadinengruppe* erbracht.

Allerdings werden die *Papaveraceen, Fumariaceen* und *Capparideen* hier nur anhangsweise, zur Gewinnung eines geeigneten Anschlusses, Erwähnung finden, da diese Familien erst im 1. Jahre einer eingehenderen Prüfung unterzogen werden können.

Weniger befriedigend werden die Aufschlüsse sein, die ich über die physiologische Function der Eiweissschläuche zu bieten vermag. In der Hauptsache werden es wohl nur Streiflichter sein, die zu besserem Erkennen zu führen geeignet sein mögen. Dieser Mangel hat zum Theil seinen Grund in dem Reichthum an zu bewältigendem

1) Dr. C. H. Schultz („Die Cyclose des Lebenssaftes in den Pflanzen", Verhandlg. der kaiserl. Leopoldinisch-Carolinischen Akademie 10. Bd., 2. Supplement, 1841) spricht *Cochlearia Armoracia* und *Brassica oleracea* Milchsaftgefässe zu. Die Annahme, dass Schultz' Milchsaftgefässe in diesen Fällen identisch mit unseren Eiweissschläuchen wären, wird widerlegt durch die für *Brassica* citirte Abbildung (Tab. XVIII. 2, 3). Schultz' Voreingenommenheit liess ihn eben überall Milchsaftgefässe entdecken, wo er solche zu suchen sich vornahm. Seine „reichillustrirte" Abhandlung wird ewig ein mahnendes Denkmal der verderblichen Thätigkeit eines phantasiereichen, aber kritiklosen Kopfes bleiben. Man versteht vollkommen die Indignation, mit welcher Mohl („Ueber den Milchsaft und seine Bewegung", Botan. Ztg. 1843, und „Erklärung" ibidem) eine solche Forschung zurückweist und geisselt.

2) Botanische Hefte. Forschungen aus dem botanischen Garten zu Marburg, I. Heft, 1885.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Stoff, welchen die morphologische Seite bot, zum Theil in der Zersplitterung der mir zu Gebote stehenden Zeit — nicht weniger aber auch in der Schwierigkeit, welche der Gegenstand an sich einer Lösung entgegenbringt.

Ich gliedere den Stoff folgendermaassen:

I. Descriptive Betrachtung der Schlauchzellen nach ihrer Form und der topographischen Vertheilung in den Pflanzenorganen:
   a) der Eiweissschläuche der *Cruciferen* in der Reihenfolge der 21 Tribus;
   b) der Eiweissschläuche in der *Capparideengattung Capparis.*
   c) der Schlauchzellen in der *Papaveracee Eschscholtzia californica*;
   d) der Schlauchzellen in den *Fumariaceen*-Gattungen *Adlumia* und *Corydalis.*

II. Zur Physiologie der Eiweissschläuche.
   a) Der Inhalt der Eiweissschläuche und seine Reactionen.
   b) Verbrauch der in den Schlauchzellen enthaltenen Eiweissstoffe.
   c) Wie verhalten sich die Eiweissschläuche in den überwinternden Organen?
   d) Sind die Eiweissschläuche blos als Eiweissstoffe speichernde oder auch als specifische Eiweiss bildende Zellen anzusehen?
   e) Die Entwicklung der Eiweissschläuche.

III. Phylogenetische Deutung. Eiweissschläuche und Milchröhren.

IV. Sind die Eiweissschläuche in der Systematik der *Cruciferen* verwerthbar?

Hervorheben muss ich noch, dass nicht alle Pflanzen gleich eingehend behandelt werden können. Bei vielen wurden Wurzel, Stengel und Blatt untersucht, bei andern nur Stengel und Blatt, bei einigen wenigen nur das Blatt. In manchen Fällen handelte es sich vor allem darum, zu entscheiden, ob Eiweissschläuche vorhanden sind oder nicht. Theilweise wird diese Ungleichheit auch begründet durch die weite Ausdehnung, welche die Arbeit annahm, theilweise dadurch, dass manche Pflanzen zur Zeit, da sie in Untersuchung gezogen werden sollten, nicht im geeigneten Zustand vorhanden waren. In der Regel wurden die Pflanzen, nachdem die Anwesenheit der Eiweissschläuche constatirt war, in Alkohol eingelegt und dann nach und nach deren eingehendere Untersuchung vorgenommen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

I. Descriptive Betrachtung der Eiweissschläuche nach ihrer Form und ihrer topographischen Vertheilung in den Pflanzenorganen.

a) Der Eiweissschläuche der Cruciferen in der Reihenfolge der 21 Tribus.

1. Tribus. Arabideae.

Cheiranthus Cheiri L. Ich habe Stamm und Blatt des Goldlacks untersucht; in beiden Organen finden sich Eiweissschläuche, doch ist die Vertheilung derselben im Gewebe eine andere als bei den Brassiceae, über welche ich l. c. mitgetheilt habe.

Das Blatt von *Cheiranthus Cheiri* ist ausgeprägt dorsiventral gebaut. An der Oberseite finden sich 3—4 Lagen eines dichten, ziemlich kurzgliederigen Palissadengewebes, welches mehr als die halbe Blattdicke einnimmt; daran schliesst sich ein Schwammparenchym von 4—5 Etagen. Im Mesophyll finden sich keine Eiweissschläuche; dieselben sind nämlich streng an den Verlauf der Gefässbündel gebunden und können als aus Parenchymscheidenzellen hervorgegangen angesehen werden. Sie erreichen eine beträchtliche Länge (0,52—1 mm etwa) und enden theils stumpf, theils zugespitzt. Sie finden sich sowohl an der Xylem- als an der Phloëmseite — an letzterer jedoch häufiger — und liegen vereinzelt oder auch zu mehreren nebeneinander gehäuft.

Im Stengel finden sich Zellen mit gleichem Inhalt und wesentlich gleicher Gestalt an der Grenze zwischen Rindenparenchym und Siebtheil. Sie scheinen hier immer zugespitzte Enden zu besitzen und erreichen eine Länge von 1,4 mm; der grösste Breitendurchmesser der Eiweissschläuche erreicht etwa 0,023 mm. — Da das Rindenparenchym des Stengels, das 12—14 Zelllagen umfasst, gegen den Siebtheil zu etwas kleinzelliger wird, ist die Grenze zwischen Siebtheil und Rinde nicht scharf gekennzeichnet — und es fällt bei diesem

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Objecte schwer zu entscheiden, welchem dieser Gewebe die Eiweissschläuche angehören.

Die Wandung der Eiweissschläuche des Stengels ist ziemlich derb; dies dürfte, beim Einlegen von Sprossen in Alkohol, ein langsames Eindringen des Alkohols zur Folge haben und so erkläre ich mir die hier auftretende eigenthümliche Gerinnungsform des Inhaltes. Es werden ziemlich grosse Tropfen gebildet, die bei Behandlung der Präparate mit Millon'schem Reagenz eine blass- bis intensiv-ziegelrothe Färbung annehmen (Fig. 1, Taf. II).

Arabis sagittata DC. Von dieser Pflanze wurde nur das Laub untersucht. Die Blätter (die grund- und rosettenständigen waren zur Zeit allein vorhanden) besitzen dorsiventralen Bau. Das Blattparenchym besteht aus 5—6 Zelllagen, welche von, am Querschnitt vorwiegend quadratischen oder kurzrechteckigen Zellen zusammengesetzt werden. Nur die oberste Lage bildet eine, wenn auch niedere, Palissadenschicht, die sich auch durch reicheren Chlorophyllgehalt auszeichnet.

Die Eiweissschläuche finden sich innerhalb der 3 unteren Zelllagen des Mesophylls; sie sind zahlreich, aber sehr klein, machen den Eindruck geringer Ausbildung. Zum Theil liegen sie einzeln, zum Theil auch zu zweien oder dreien in directem Anschluss hintereinander. Die Mehrzahl derselben liegt ringsum von Parenchymzellen umschlossen, einzelne aber legen sich den Gefässbündeln an. Innerhalb einer Areole des Gefässbündelnetzes finden sich bis zu 6 solcher kleiner Eiweissschläuche (Fig. 1, Taf. I).

Dentaria bulbifera L. Als ich im Juli diese Pflanze vornehmen wollte, hatte sie sichtlich ihre Vegetation im Wesen schon abgeschlossen; die Blätter waren verfärbt, ihr Gewebe äusserst arm an plastischem Material, die Stengel saftarm, auch hier die Zellen fast inhaltsleer. Mit Rücksicht auf anderweitig gesammelte Erfahrung war ich deshalb nicht überrascht, keine Eiweissschläuche in diesen Organen nachweisen zu können. Offenbar hatten auch die Eiweissschläuche ihren Inhalt bereits abgegeben, und wo sie durch Grösse und Gestalt nicht besonders hervortreten, da führt ja nur die Reaction mit dem Millon'schen Reagenz zu ihrer Entdeckung.

Es blieb deshalb kein anderer Ausweg als der übrig, die an dieser *Dentaria*-Art vorkommenden Zwiebelknospen zu untersuchen. Das Gewebe dieser besteht aus einem ziemlich dickwandigen, weitlumenigen Parenchym und aus Gefässbündelsträngen von so weit vorgeschrittener Differenzirung, dass Xylem und Siebtheil schon scharf ge-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

schieden erscheinen. Eiweissschläuche treten an zwei Orten auf, erstlich und zwar in geringerer Anzahl vertheilt in dem mit Stärke vollgepfropften Parenchym und zweitens als Begleiter der Gefässbündel, an der Aussenseite des Siebtheils.

Das MILLON'sche Reagenz lässt die Eiweissschläuche scharf hervortreten; sehr hübsche Bilder gewährt an nicht zu dicken Schnitten auch die Behandlung mit Jodlösung. Hat man die Schnitte zuerst gekocht und die Stärke verkleistert, dann werden die mit letzterer erfüllten Zellen bis schwarz tingirt, und die Eiweissschläuche, deren Inhalt eine tiefgelbe Farbe angenommen hat, treten als helle Inseln hervor. Der Form nach sind die im Parenchym verstreuten Eiweissschläuche den umgebenden, mehr oder minder isodiametrischen Parenchymzellen gleich (Fig. 2, Taf. I); die an der Aussenseite den Siebtheil begleitenden aber sind bei mehrfach kleinerem Breitendurchmesser, in der Richtung des verlaufenden Stranges gestreckt.

2. Tribus. Alyssineae.

Cochlearia Armoracia L. Vom Meerrettig habe ich nur die Grundblätter untersucht. Es stehen diese grossen Blätter bekanntlich mehr oder minder aufrecht, so dass wesentliche Differenzen in der Beleuchtung der Ober- und Unterseiten nicht vorhanden sind. Dem entspricht auch der Bau des Blattes, der eine nur wenig ausgesprochene dorsiventrale Ausbildung des Diachyms erkennen lässt. Die beiderseitigen Epidermen lassen nahezu keinen Unterschied wahrnehmen; an jene der Oberseite schliessen sich vier Lagen kurzrechteckiger Palissaden, an diese zwei Lagen breiterer, parallel der Blattfläche gestreckter, chlorophyllärmerer Zellen und an diese bis zur unteren Epidermis drei Lagen wieder chlorophyllreicherer, auf Quer- und Längsschnitten quadratisch erscheinender Zellen. An manchen Stellen erscheinen auch diese drei Zelllagen in der Form kurzer Palissaden. Die Eiweissschläuche finden sich in allen Lagen des Diachyms, häufig auch subepidermal. Sie zeigen starke Grössen- und Formdifferenzen; ihre Länge wechselt von 0,063—0,4 mm, ihr Breitendurchmesser erlangt im Maximum etwa 0,027 mm (Fig. 3, a, b, c, Taf. I). Durch bedeutendere Länge zeichnen sich vor allem die subepidermal gelegenen aus (Fig. 3 c). Oefters finden sich 3—4 Schlauchzellen aneinanderschliessend im Verbande, auch legen sich manche den Gefässbündelsträngen an.

Den stärkeren Nerven entsprechen nach oben und unten vor-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

springende Rippen, in welchen Eiweissschläuche reichlich zu finden sind. Die Rippen bestehen zunächst der Epidermis aus mehreren Lagen von Collenchym; in diesen finden sich Eiweissschläuche sowohl subepidermal, also einerseits von Epidermiszellen begrenzt, als auch rings von Collenchymzellen umschlossen. Dem Collenchym folgt ein grosszelligeres Parenchym, das gleichfalls der Eiweissschläuche nicht entbehrt, besonders zahlreich aber treten selbe in dem den Siebtheil begleitenden collenchymatischen Belege auf.

Nicht minder reichlich finden wir die Eiweissschläuche in den mächtigen Blattstielen. Ein Querschnitt durch einen solchen zeigt ungefähr die Umrisse eines Fünfeckes. An der Peripherie desselben finden sich bei 13 grössere Gefässbündelgruppen vertheilt, deren jede aus 3—4 Bündeln besteht, welche alle ihr Xylem dem Centrum der Gruppe zuwenden. Ausserdem finden sich innerhalb dieses peripherischen Kranzes von Bündelgruppen noch zahlreiche Gefässbündel, theils einzeln stehend, theils zu kleineren Bündelgruppen, den peripheren ähnlich, zusammentretend. Ueber den ganzen Querschnitt vertheilt sind die Eiweissschläuche zu finden. Zunächst in den an der Peripherie gelegenen Collenchymlagen, dann in dem diesen folgenden Parenchym. Besonders zahlreich liegen sie im Umkreis der Gefässbündelgruppen, also die Siebtheile umgebend und hier wohl wahrscheinlich in einem Gewebe, das sich in älteren Blättern zu mechanischen Belegen entwickelt zeigen würde. Auch im grosszelligen Markparenchym innerhalb der peripheren Bündelgruppen sind Eiweissschläuche vorhanden.

Wie Längsschnitte zeigen, sind die im Collenchym gelegenen Eiweissschläuche und besonders jene, welche an der Aussenseite der Siebtheile sich finden, durchwegs von langgestreckter Gestalt, letztere auch beiderseits spitz endend, was bei ersteren nicht Regel ist. Die im übrigen Parenchym gelegenen Eiweissschläuche wechseln in ihrer Gestalt, so wie ich es für die im Marke von *Diplotaxis* vorkommenden schon beschrieben habe[1]).

Peltaria alliacea L. In Blatt, Stengel und Wurzel des Scheibenkrautes wurden Eiweissschläuche gefunden. Das dorsiventrale Blatt, dessen Diachym aus 2 Lagen kurzer Palissaden und 3 Lagen rundzelligen Schwammparenchyms besteht, scheint Eiweissschläuche nicht in grosser Zahl zu besitzen, und die vorhandenen sind meist unscheinbar. Ich sage es scheint so, denn die geringe Auffälligkeit der Grösse

1) l. c. pag. 465.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

und der Form der Eiweissschläuche bringt es mit sich, dass man sie leicht übersieht, wenn ihr Gehalt an Eiweiss und überhaupt an Inhalt gering ist; es versagen in solchem Falle eben auch die charakteristischen Tinctionen. So habe ich in der That in einem kümmerlichen, im botanischen Garten gezogenen Exemplar der *Peltaria alliacea* die Eiweissschläuche übersehen, während ich sie in, auf einer Excursion in unsere obersteirischen Berge, gepflückten Individuen alsbald fand. Aber auch in diesen war der Eiweissgehalt der Schlauchzellen der Blätter ein geringer. (Die Pflanzen standen in voller Blüthe.)

Die Fig. 4, Taf. I führt uns 3 Eiweissschläuche aus dem Blattdiachym vor; der in *c* abgebildete gehört wohl zu den grössten hier vorkommenden. Wahrscheinlich treten Eiweissschläuche auch innerhalb der Siebtheile der stärkeren Nerven auf.

Am Stengel finden wir eine Rinde, welche aus 4—5 Lagen kleinzelliger, chlorophyllführender Parenchymzellen besteht und welche bis an die wohl gekennzeichnete Stärkescheide reicht. In diesem Rindenparenchym habe ich Eiweissschläuche nicht nachgewiesen, möchte aber auf Grund des bei andern Pflanzen Beobachteten, auf ihr, wenn auch relativ seltenes Vorkommen hier bestimmt schliessen. Im Marke, wo wir ein grosszelliges Parenchym finden, sind Eiweissschläuche nicht selten; bezüglich ihrer Form gilt hier und nahezu überall, wo wir Eiweissschläuche in grosszelligem Rinden- oder Markparenchym treffen, das Gleiche, grosser Wechsel in Bezug auf Grösse und Gestalt.

Ausserdem finden sich Eiweissschläuche innerhalb der Zellcomplexe, welche aus relativ grosslumenigen Zellen bestehen und die an der Aussenseite der Siebtheile in 1—3 Zelllagen auftreten. In ausgereiften Stengeltheilen dürften diese Zellcomplexe wohl sklerenchymatische Belege darstellen; an den untersuchten Stengelquerschnitten waren die Wandungen der betreffenden Zellen noch dünn.

Die gleiche Reaction, wie der Inhalt der übrigen Eiweissschläuche, geben indess auch Zellen, welche im Siebtheil selbst liegen, und ich bin geneigt, auch diese für Eiweissschläuche zu halten. Man wird zwar einwenden, diese Reaction beweise wenig, da der Siebtheil ja ohnedies das Eiweiss leitende Gewebe *κατ' ἐξοχήν* sei, und die vermutheten Eiweissschläuche seien wohl Siebröhren oder Geleitzellen. Der directe anatomische Beweis und das Auseinanderhalten der in Frage kommenden Elemente ist schwierig, ich werde auch noch bei tauglicheren Objecten darüber, wie weit ich auf diesem Wege zu entscheiden vermag, zu berichten haben. Hier erwähne ich nur, dass auch das Verhalten gegenüber den Reagentien insofern für meine Annahme spricht,

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

als, wie ich selbst beobachtete, bei anderen Dicotylen entsprechende Zellen in den Siebtheilen durch Anwendung des MILLON'schen Reagenz oder durch Tinctionen nicht hervorgehoben werden. Nur der Siebröhreninhalt der *Cucurbitaceen* gibt bei Behandlung mit MILLON's Reagenz ähnliche Farbenreactionen wie der der Eiweissschläuche der *Cruciferen*; überhaupt zeigen die Inhalte der *Cucurbitaceen*-Siebröhren und der Eiweissschläuche bei den *Cruciferen* auch noch weitere Analogieen in ihrem Verhalten gegen Reagentien. Es hebt aber auch FISCHER[1]) hervor, dass sich der Siebröhreninhalt der übrigen Dicotylen von jenem der *Cucurbitaceen* wesentlich verschieden erweise.

3. Tribus. Thlaspideae.

Iberis sempervirens L. Von den untersuchten Pflanzen aus der Tribus der *Thlaspideae* zeigt *Iberis sempervirens* die quantitativ reichste Entwicklung der Eiweissschläuche. Sie sind im Stamme und im Blatte gleich häufig, die Wurzeln wurden nicht untersucht.

Das Blatt von *Iberis sempervirens* zeigt isolateralen Bau[2]) mit Förderung des Palissadenparenchyms an der Oberseite. Die Hauptmasse des Mesophylls besteht aus Palissaden, nur um den Mittelnerv herum findet sich ein 2—3 Zelllagen umfassendes, aus mehr oder minder isodiametrischen Zellen bestehendes Parenchym. Im Mesophyll kommen die Eiweissschläuche nicht besonders zahlreich vor, um so häufiger treten sie an den Nerven auf. Die Nerven, in allen ihren Stufen, vom Mittelnerv bis zu jenem tiefster Ordnung, besitzen scharf differencirte Parenchymscheiden (Leitscheiden SCHIMPER's[3]). Einzelne der Parenchymscheidenzellen werden nun durch Eiweissschläuche vertreten. Am Querschnitte der grösseren Gefässbündel trifft man 2—3 Eiweissschläuche an der Stelle von Parenchymscheidenzellen, an jenem kleinerer einen oder wohl auch gar keinen. An Längsschnitten durch den Mittelnerv sieht man, dass die Eiweissschläuche oft in langen Reihen von 6—12 Zellen, welche aneinander anschliessen, den Nerv begleiten. Es verbleibt hierbei den Eiweissschläuchen entweder die Ge-

---

1) Ueber den Inhalt der Siebröhren in der unverletzten Pflanze. Berichte der deutsch. botanisch. Ges. 1885, Bd. III, H. 7. pg. 8 des Sonderabdruckes.

2) Diese Abhandlung wird wieder mehrfach Belege für die grosse Verbreitung eines solchen Blattbaues bringen. (Vgl. meine Abhandlung „Ueber isolateralen Blattbau etc.", PRINGSHEIM's Jahrbücher, Bd. XV).

3) Ueber Bildung und Wanderung der Kohlehydrate in den Laubblättern, Botan. Ztg. 1885.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

stalt der Parenchymscheidenzellen oder sie erscheinen diesen gegenüber ansehnlich in die Länge gestreckt. Der Querschnitt durch einen der grösseren Blattnerven (Fig. 2 Taf. II) zeigt uns aber, sowohl an Schnitten, welche genügend lange in Picrocarmin gelegen, als an solchen, welche mit MILLON's Reagenz behandelt worden sind, auch im Siebtheil des Bündels Zellen durch die genau gleiche charakteristische Tinction hervortreten, welche die Eiweissschläuche in der Parenchymscheide hervorhebt und auszeichnet. Die peripherischen Zellen vertreten gleichsam Sclerenchymfasern; wir finden nämlich am Querschnitt durch den Mittelnerv an der Aussenseite des Siebtheils und von der Parenchymscheide umschlossen einen mechanischen Beleg, bestehend aus 3—4 Zellenlagen, an Querschnitten durch Bündel II. Ordnung (Fig. 2 Taf. II) einen solchen Beleg, bestehend aus einer Zellenlage vor. Einzelne der Sclerenchymfasern werden nun durch Eiweissschläuche ersetzt, welche dabei die Form der Sclerenchymfasern beibehalten, beiderseits spitz enden, jedoch manchmal die Dickwandigkeit aufgeben und stets den die Eiweissschläuche kennzeichnenden Inhalt enthalten.

Weniger Sicherheit der Deutung lassen die mitten im Siebtheil durch Tinction hervortretenden Zellen zu. Hier könnte man an eine Verwechslung mit Siebröhren denken, bei denen ja auch Eiweissstoffe als Hauptbestandtheil des Inhalts zu erwarten sind. Querschnitte sind an sich wenig entscheidend, und Längsschnitte führten bei der Kleinheit der den Siebtheil zusammensetzenden Zellen auch zu keinem definitiven Resultat. Vielleicht gelänge es jemanden, der viel mit dem Studium der Siebröhren beschäftigt war, sie mit mehr Sicherheit zu unterscheiden. Meine Ansicht ist die, dass die durch Tinction im Siebtheil hervortretenden Zellen in der That Eiweissschläuche sind. Ich füge dem in dieser Angelegenheit bei *Peltaria alliacea* Gesagten hier noch Folgendes als Stütze hinzu.

An Querschnitten durch die Blätter von *Iberis sempervirens*, in welchen man mit Picrocarmin oder durch MILLON's Reagenz die Eiweissschläuche kenntlich gemacht hat, findet man nur in den stärksten Bündeln auch im Siebtheil Elemente, welche die gleiche Tinction des Inhaltes wie Eiweissschläuche zeigen. Und doch ist der Siebtheil der schwächeren Bündel noch so reichzellig, dass der Schluss, es seien in ihnen noch Siebröhren und Geleitzellen vorhanden, vollkommen gerechtfertigt ist [1]). Es dürften also wohl Eiweissschläuche in den Sieb-

1) Solches kann auf Grund der an andern Orten dieser Abhandlung genauer citirten Untersuchungen FISCHER's über die Siebröhren und aus der

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

theilen der stärkeren Gefässbündel auftreten, jenen der schwächeren aber fehlen.

Der Stengelquerschnitt zeigt uns die Eiweissschläuche in der Rinde, im Mark und in den Siebtheilen der Gefässbündel reichlich vertreten. Jene der Rinde und des Markes zeigen nichts besonders Bemerkenswerthes. Die Mehrzahl der hier vorkommenden Eiweissschläuche hat die Form der umgebenden Parenchymzellen, nur vereinzelt finden sich langgestreckte. Die Rinde einjähriger Triebe umfasst 12—14 Zelllagen, deren 2 äusserste collenchymatisch verdickt sind. Der Chlorophyllgehalt nimmt nach innen zu ab. Es folgen mechanische Zellen, welche in einfacher, stellenweise doppelter Lage, nicht als continuirliche Ringzone, sondern in kleinen isolirten Gruppen die Siebtheile des geschlossenen Bündelringes umgeben. An der Peripherie des Siebtheils und auch im Innern desselben werden durch Picrocarmin oder Millon's Reagenz Zellen durch gleiche Tinction wie die Eiweissschläuche in Rinde und Mark hervorgehoben (Fig. 3 u. 4 Taf. II). Die peripherischen dieser Zellen haben in der Regel grösseren Querschnitt, und an Längsschnitten erweisen sie sich als beiderseits spitz endende, langgestreckte Schläuche, die wir wohl mit aller Sicherheit als Eiweissschläuche bezeichnen dürfen. Alle tiefer im Siebtheil liegenden Zellen, welche sich Tinctionen gegenüber wie die eben besprochenen verhalten, zeigen geringere Länge und enden nicht zugespitzt, sondern mit schiefen oder senkrechten Querwänden. Ich halte auch diese Elemente für Eiweissschläuche, obwohl es mir nicht gelang, die Siebröhren und Geleitzellen im Siebtheil zu unterscheiden. Ich konnte selbst nach Zerstörung des Inhalts an feinen Längsschnitten die Siebplatten nicht auffinden, was sonst bei den meisten Pflanzen gelingt. Auch die Untersuchung von überwinternden Sprossen, in denen ich die Siebröhren an den Callusplatten erkennen zu können hoffte, brachte keine Klarheit. Ich konnte keine Callusplatten beobachten und solche auch nicht durch Tinction mit Anilinblau zur Anschauung bringen.

Iberis semperflorens L. Diese Art zeigt im Wesentlichen die gleichen Verhältnisse in Bezug auf das Vorkommen und die Vertheilung der Eiweissschläuche, nur scheinen sie im Ganzen etwas spärlicher vertreten zu sein als bei *I. sempervirens.*

Carpoceras (Thlaspi) sibiricum. Die Eiweissschläuche sind weder

---

Arbeit von A. Koch (Ueber den Verlauf und die Endigungen der Siebröhren in den Blättern, Bot. Ztg. 1884, pg. 401 u. f.) geschlossen werden.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

zahlreich noch ihrer Grösse nach hervortretend. Das Blatt ist dorsiventralen Baues. An der Oberseite findet sich eine gut differenzirte Palissadenlage, stellenweise auch eine zweite aus kürzeren Zellen bestehende; an die Palissaden schliessen bis zur Epidermis der Unterseite 3—4 Lagen Schwammparenchymzellen an. Die Eiweissschläuche liegen in der Regel im Schwammparenchym oder an der Grenze zwischen diesem und den Palissaden. Meist liegen sie im Mesophyll innerhalb der Maschen der Nervatur, einzelne lehnen sich wohl auch den Nerven in ihrer ganzen Länge an. Die Länge der Eiweissschläuche schwankt etwa zwischen 0,068—0,172 mm, ihre grösste Breite dürfte 0,018 mm betragen. Verzweigungen zeigen die Eiweissschläuche von *Carpoceras sibiricum* nicht, doch sind sie bald gerade, bald geschlängelt oder mehr oder minder gekrümmt (Fig. 5, Taf. I).

Im Stengel geben nur im Siebtheil einzelne Zellen die Reaction der Eiweissschläuche. Diese liegen der Peripherie des Siebtheils genähert.

Biscutella lyrata L. Bei dieser Pflanze scheinen die Eiweissschläuche eine sehr geringe Ausbildung zu erfahren, erst wiederholtes Nachsuchen liess sie mich endlich, obschon nur im Blatte, auffinden. Sie werden durch unscheinbare, kleine Zellen, etwa von der Grösse und Gestalt des kleinsten der in Fig. 4, Taf. I von *Peltaria alliacea* abgebildeten Eiweissschläuche repräsentirt; ich fand sie stets den Gefässbündeln, und zwar auf der Xylemseite, anliegen. In der Regel findet man sie einzeln und weite Strecken liegen zwischen ihnen, doch treten stellenweise auch 4—5 in Gruppen auf. Das Millon'sche Reagenz bewirkte eine hellmennigrothe Färbung des Inhaltes.

Das wenig zahlreiche Vorkommen und die geringe Grösse der Eiweissschläuche im Blatte, ihr Fehlen oder doch minder seltenes Vorkommen im Stengel sprechen dafür, die Eiweissschläuche dieser Pflanze als ein sehr reducirtes histologisches Element aufzufassen.

Capsella Bursa pastoris Moench. Im Hirtentäschchen wurden Eiweissschläuche wiederholt und auch an augenscheinlich kräftigen Individuen, bei denen ein Uebersehen wegen geringen Inhaltes an Eiweiss und respective der ausbleibenden Reaction bei Behandlung mit Millon's Reagenz ganz unwahrscheinlich ist, vergeblich gesucht. Ich halte danach das Vorkommen solcher bei dieser Pflanze für mindestens sehr fraglich.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

4. Tribus. Anastaticeae.

Anastatica hierochuntica L.[1]). Die 2 Individuen der Jerichorose, welche mir in Alkohol conservirt zu Gebote standen, genügten, um das Vorkommen von Eiweissschläuchen nachweisen zu können. Indess habe ich vielleicht keine richtige Vorstellung darüber, ob die Eiweissschläuche reichlich vertreten sind. Die beobachteten erwiesen sich als sehr inhaltsarm und da die Formverhältnisse wenig hervortretende sind, liegt die Möglichkeit vor, einen Theil der Eiweissschläuche zu übersehen.

Die Blätter haben einen isolateralen oder einen an solchen doch nahe heranreichenden Bau. Unter der auffallend grosszelligen Epidermis finden sich oberseits 3 Lagen von Palissadenzellen, welche einen bedeutenden Breitendurchmesser (bis 0,04 mm) besitzen, unterseits 2 Lagen mit geringerem Breitendurchmesser. Zwischen den Palissaden der Ober- und Unterseite liegen zwei Zellschichten, bestehend aus grossen rundlichen Zellen, eingeschaltet; aus solchen Zellen, die jedoch mehr minder längsgestreckt sind, bauen sich auch die Parenchymscheiden auf. Eiweissschläuche wurden in diesen mittleren Zellschichten und als Stellvertreter von Parenchymscheidenzellen gefunden. Sie können vom umliegenden Parenchym der Form nach kaum verschieden sein, oder aber durch bedeutende Längsstreckung aber parallel damit eintretende Verringerung des Querschnittes auffälligere Gestalt erlangen.

Der Stengelquerschnitt zeigt uns unter einer nach aussen mässig stark verdickten Epidermis 3—4 Lagen eines lockeren, kleinzelligeren, assimilirenden Parenchyms, dem weiter nach innen 4 Lagen eines sehr grosszelligen folgen. Dieses scheint aus sehr inhaltsarmen Zellen zu bestehen und dürfte als Wassergewebe functioniren. Es folgt nun der Gefässbündelring, dem an der Aussenseite des Siebtheils ziemlich weitlumenige Zellen in einfacher oder doppelter Schicht vorgelagert sind. Die Verdickung einzelner dieser Zellen oder von 3—6 zu einschichtigen tangentialen Verbänden zusammentretender weist darauf hin, dass sie zu local-mechanischen Zwecken bestimmt sind. Innerhalb dieser Zelllagen zeigen nun einzelne Elemente, insbesondere der inneren Lage angehörige, die Reactionen der Eiweissschläuche.

Wie in den Blättern waren auch in den Stengeltheilen die Ei-

1) Ich verdanke Alkoholmaterial von dieser Pflanze sowie von *Heliophila amplexicaulis* dem liebenswürdigen Entgegenkommen des Herrn Directors des botanischen Gartens zu Berlin, Professor Eichler.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

weissschläuche sehr inhaltsarm; in der Rinde und im Mark des Stengels habe ich keine Eiweissschläuche gefunden.

Morettia philaeana DC. Es stand mir nur ein schlecht erhaltenes Herbarexemplar zu Gebote. Dieses genügte, um die Anwesenheit von Eiweissschläuchen in Stengel und Blättern festzustellen. Zu weiteren Studien war das Material unbrauchbar.

5. Tribus. Euclidieae.

Euclidium syriacum Brown. Das Untersuchungsmaterial bestand aus zwei schwächlichen, im Topfe cultivirten Individuen, welche den ganzen Sommer hindurch über die Bildung der grundständigen Blattrosette nicht hinauskamen. Die Blätter habe ich wiederholt nach Eiweissschläuchen durchsucht, ohne jedoch solche zu finden. Bei der schwächlichen Entwicklung der untersuchten Pflanzen wäre es denkbar, dass die Eiweissschläuche nicht erkannt wurden. Ein solches Uebersehen läge speciell dann im Bereiche der Möglichkeit, wenn die Eiweissschläuche als Begleiter der Nerven oder als Bestandtheile des Siebtheils auftreten würden, da dann die Aufhellung mit *Eau de Javelle* oder mit *KHO* sie kaum mit Sicherheit erkennen lassen würde. Hingegen gestatten die auf letzterwähnte Weise behandelten und untersuchten Präparate den sichern Schluss, dass durch ihre Form oder Grösse irgend auffallende Eiweissschläuche im Mesophyll der Blätter nicht vorhanden sind.

6. Tribus. Cakilineae.

Cakile maritima L. Die eben für *Euclidium syriacum* gemachten Ausführungen gelten auch für *Cakile maritima.* Die vorhandenen Pflanzen (Topfkultur) waren schwächlich, gelangten jedoch zur Blüthe. Eiweissschläuche konnten trotz wiederholten Suchens nicht gefunden werden [1]). Hingegen besitzt der 2. untersuchte Vertreter dieser Tribus,

Chorispora tenella Dec., solche. Zur Zeit der Untersuchung lagen indess auch von dieser Pflanze gleichsam nur Fragmente vor. Im Blatte finden sich 4 Lagen wohlausgebildeter Palissaden, welche $\frac{2}{3}$ der Dicke desselben einnehmen, darunter bis zur Epidermis der Unterseite 3 Lagen eines lockereren Parenchyms, dessen Zellen am Querschnitt mehr oder minder quadratischen bis kurzrechteckigen Umriss zeigen. In diesen untern Zelllagen vorzugsweise, doch auch vereinzelt zwischen den Palissaden der Oberseite, finden sich Eiweissschläuche ziemlich zahlreich vor. Ihre Grösse ist nicht bedeutend, die

1) Cakile Amerikana Nutt., welche ich nachträglich zu untersuchen Gelegenheit hatte, besitzt Eiweissschläuche.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

kleinsten stellen ellipsoidische Zellchen vor, deren grösster Durchmesser 0,04 mm beträgt, die grössten erreichen bei einem maximalen Breitendurchmesser von 0,02 mm eine Länge von 0,16 mm.

Das Vorkommen von Eiweissschläuchen im Stamme ist, glaube ich, mit Bestimmtheit anzunehmen, obgleich ich sie an dem unzulänglichen Material nicht nachweisen konnte.

In der Wurzelrinde habe ich Eiweissschläuche gefunden.

7. Tribus. Sisymbreae.

Hesperis matronalis L. Die Blätter sind dorsiventral gebaut; das Diachym besteht aus einer Lage hoher Palissadenzellen und aus 3 Lagen Schwammparenchym. Innerhalb des Diachyms fehlen Eiweissschläuche, hingegen sind solche reichlich als Begleiter der Blattnerven zu finden und zwar liegen sie innerhalb der Parenchymscheiden. Die Nerven zeigen je nach ihrer Stärke grössere oder kleinere Belege aus mechanischen Fasern; sie sind an den stärkeren Gefässbündeln sowohl Holz- als Siebtheilseits entwickelt, überwiegen jedoch immer auf letzterer Seite und vermindern sich an den successive schwächeren Gefässbündeln, bis sie endlich ganz fehlen. Die Eiweissschläuche liegen nun zwischen die mechanischen Fasern der Belege, welche am Querschnitte ein collenchymatisches Aussehen darbieten, eingebettet; indess sah ich sie nur in den Belegen an der Siebtheilseite. Sie kommen in stärkeren Nerven (Fig. 5, Taf. II) in grösserer, in schwächeren (Fig. 6, Taf. II) in geringerer Zahl vor. An den Querschnitten kleinerer Nerven fehlen sie wohl auch ganz, oder kommen einzeln vor, ohne von mechanischen Elementen begleitet zu sein. An Blattflächenschnitten, welche die Nerven etwa in der Richtung des in Fig. 5, Taf. II gezeichneten Pfeiles treffen, sieht man, dass alle Eiweissschläuche langgestreckt sind und entweder spitz auslaufen oder doch mit mehr minder schiefer Querwand endigen (Fig. 7, Taf. II). Die Eiweissschläuche bewahren im Wesen also die Gestalt mechanischer Fasern; sie biegen auch so wie diese häufig in Seitennerven aus, oder setzen an diesen Stellen mit fussförmigen Enden an.

Im Stengel von *Hesperis matronalis* fehlen der 6—7 schichtigen Rinde und dem Marke Eiweissschläuche vollständig, um so reicher aber sind sie in den Siebtheilen der Gefässbündel vorhanden. Fig. 8, Taf. II giebt den Siebtheil eines Gefässbündels wieder. Zu unterst sind die äussersten verholzten Elemente des Holztheils noch gezeichnet; rechts und links, wo die Pfeile eingezeichnet sind, setzt verholztes Grundgewebe an, welches von Bündel zu Bündel die Xylem-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

theile verbindet und auf diese Weise einen Festigungsring im Stengel erzielt. Das Cambium bleibt auf die einzelnen Gefässbündel beschränkt, ein Ueberbrückungscambium wird nicht gebildet. Die Rinde wird von den Siebtheilen der Gefässbündel durch eine oder zwei Lagen mässig verdickter, weitlumeniger Faserzellen geschieden. Unsere Figur enthält an der Aussenseite noch diese Faserzone. Der Uebergang von dieser zum ausgesprochenen Siebtheil wird durch ziemlich weite Zellen, welche am Querschnitt ein collenchymartiges Aussehen haben, vermittelt. Es macht Schwierigkeit zu bestimmen, wo der Siebtheil eigentlich beginnt, und es ist für die Eiweissschläuche, welche in Fig. 8 ausserhalb der Linie, die man sich die beiden eingezeichneten Pfeile verbindend denkt, fallen, zweifelhaft ob sie in der That dem Siebtheil angehören, oder ob sie wenig differenzirte und allmählich in den Siebtheil übergehende Elemente eines mechanischen Beleges seien. Immerhin wird so viel klar, dass auch dem Siebtheil Eiweissschläuche zukommen. Dieselben haben, soweit sie an Längsschnitten studirt werden konnten, eine ansehnliche Länge und enden beiderseits spitz.

8. Tribus. Camelineae.

Camelina sativa Crantz. Unseren gewöhnlichen Leindotter habe ich wiederholt vergeblich nach Eiweissschläuchen durchsucht. Anfangs vermuthete ich, dass mir selbe ob geringen Eiweissgehaltes vielleicht entgangen seien, da mich die im Laufe der Untersuchung gewonnene Erfahrung sehr sceptisch gemacht hat. Die vielen untersuchten Pflanzen, und zwar der verschiedensten Entwicklungsstadien, lassen es aber doch sehr wahrscheinlich erscheinen, dass *Camelina sativa* Eiweissschläuche nicht besitzt. Ganz anders verhält es sich in dieser Richtung mit

Camelina austriaca Pers. (Syn. *Nasturtium austriacum Crantz,* Syn. *Myagrum austriacum Jacq.).*

Das Blatt ist dorsiventral gebaut. Die Epidermen sind nur insoweit verschieden, als die der Oberseite aus etwas grösseren Zellen besteht als jene der Unterseite. Ausgezeichnet ist die Oberhaut durch eine weitergehende Differenzirung ihrer Zellen; besonders fallen sehr grosse Zellen auf, welche so angeordnet sind, dass von ihnen ein reichgegliedertes Netz gebildet wird [1]).

---

1) Ich erwähne eines solchen Vorkommens für *Moricandia arvensis* schon in meiner Abhandlung „Ueber isolateralen Blattbau etc. (Prings-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Oberseits finden wir zwei Lagen Palissadenparenchym, unterseits drei Etagen Schwammparenchym. Eiweissschläuche sind zahlreich vorhanden. Dieselben sind durch ihre Form und Grösse ausgezeichnet und lagern theils im Schwammparenchym, theils an der Grenze dieses und des Palissadengewebes; einzelne legen sich an die Gefässbündel an. Ihr mittlerer Breitendurchmesser beträgt etwa 0,027 mm, ihre grösste Länge 0,32 mm. Wurmförmige Krümmungen sind für die Eiweissschläuche dieser Pflanze beinahe kennzeichnend (Fig. 6 *a, b*, Taf. I). Ihre Enden zeigen häufig Verzweigungen, doch bleiben die Gabeläste in der Regel kurz. Sind die Zweige nahezu gleich lang, so bietet ein solches Ende das Bild einer homocercen Fischflosse, während im anderen Falle das einer heterocercen Flosse zu Stande kömmt. Ueberhaupt kommen die abenteuerlichsten Gestalten vor, so auch dreiarmige Eiweissschläuche, mit wesentlich gleicher Länge der Strahlen (Fig. 6 *d*, Taf. I).

Im Stamme fand ich Eiweissschläuche nur vor den Siebtheilen, angelehnt an die höchstens 2 Zelllagen mächtigen mechanischen Belege. In der Wurzel findet man sie an gleicher Stelle wie im Stengel, doch treten sie hier auch in der Rinde auf.

Das reichliche Vorkommen von Eiweissschläuchen bei *Camelina austriaca,* und die auffälligen Gestalten der im Blatte vorkommenden, stehen im schroffen Gegensatze zu dem Mangel an Eiweissschläuchen bei *Camelina sativa.* Wo ich Arten einer Gattung studirte, fand ich in der Regel in allen Eiweissschläuche. Wenn ich nun auch die Entscheidung einem Systematiker von Fach anvertraue, so kann ich doch die Bemerkung nicht unterdrücken, dass ich *Camelina austriaca* als nicht mit Recht zu der Gattung *Camelina* gezogen erachte. Vielleicht prägt sich die unsichere Stellung der Pflanze auch in den vielen Synonymen aus; es scheint den Systematikern nicht so leicht gewesen zu sein, diese Pflanze einer Gattung zuzuweisen [1]). Eine Art der Gattung

---

HEIM's Jahrbücher, Bd. XV., pg. 529). Aehnliche Differenzirungen in der Epidermis finden sich bei Cruciferen häufig und in den verschiedensten Stufen der Ausbildung; offenbar kommt diesen grossen Epidermiszellen eine specifische Function zu. Ich behalte mir vor, diesen Gegenstand in einer separaten Abhandlung zu besprechen, da er uns hier vom eigentlichen Thema zu weit ablenken würde.

1) Wie ich nachträglich bemerke, stellen in der That die meisten Floristen *Camelina austriaca* zur Gattung *Nasturtium*. So KOCH (Taschenbuch der Deutschen und Schweizer Flora, Leipzig 1856) und WILLKOMM (Führer ins Reich der deutschen Pflanzen, Leipzig 1863). NEILREICH

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Nasturtium habe ich nicht untersucht, wohl aber eine später zu besprechende von *Myagrum*. Jedenfalls würde der Ausbildung der Eiweissschläuche nach unsere Pflanze zur Gattung *Myagrum* mehr Verwandtschaft zeigen als zu *Camelina*.

Nach dem Allen erscheint es mir einigermaassen zweifelhaft, ob den *Camelineae* Eiweissschläuche zukommen. Ein weiterer Vertreter der Tribus stand mir eben nicht zur Verfügung [1]).

9. Tribus. Lepidineae.

Lepidium affine Ledeb. Das Blatt zeigt isolateralen Bau. Die Epidermen sind beiderseits gleich; oberseits schliessen 3, unterseits 2 Lagen Palissadenparenchym an, in der Mitte liegen 2 Schichten parallel der Blattfläche etwas gestreckter Parenchymzellen. Eiweissschläuche fehlen innerhalb des zwischen den Maschen der Nervatur liegenden Parenchyms, erscheinen aber zahlreich an den Gefässbündeln, wo sie die Stelle von Parenchymscheidenzellen einnehmen. Ihre Zahl wechselt nach der Stärke der Gefässbündel, so dass im Umkreise eines solchen bald kein Eiweissschlauch, bald deren 1—3 vorhanden sind. An den stärksten Nerven, welche von mechanischen Belegen begleitet werden, finden sie sich ausserhalb der Belege; ihre Anzahl wird hier bedeutender, wir finden an einem Querschnitt durch ein solches Gefässbündel 6—7 und zwar treten sie sowohl auf der Xylem- als auf der Phloëmseite auf. An Längsschnitten sehen wir, dass die Länge der Eiweissschläuche bedeutend schwankt, indess doch immer jene der Parenchymscheidenzellen um das 2—3fache übertrifft, während der Breitendurchmesser der gleiche bleibt, den auch die Parenchymscheidenzellen zeigen. Sie enden bald stumpf mit auf ihrer Längsausdehnung senkrechter Querwand, bald mehr oder minder zugespitzt. Aus den stärkeren Nerven biegen Eiweissschläuche oft in die schwächeren aus, bilden auch häufig an der Abgangstelle ein dem stärkeren Bündel aufsitzendes, fussförmiges Ende, ganz ähnlich, wie wir solches an Tracheiden und Sclerenchymfasern beobachten.

Im Stamme treten die Eiweissschläuche ebenfalls als Begleiter

---

(Flora von Niederösterreich, Wien 1859) bringt die Pflanze mit den andern *Nasturtium*-Arten, ausser des *Nasturtium officinale* R. Br., unter die besondere Gattung *Roripa*, als *Roripa austriaca Bess.*

1) Herbarmaterial lässt sich nur bei besonders gutem Erhaltungszustand zum Nachweis der Eiweissschläuche verwenden. In der Regel gelingt ein solcher nur bei derbblätterigen Arten. — Bei *Neslia paniculata Desv.* habe ich (VI. 1886) Eiweissschläuche constatirt.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

der Gefässbündel auf. Unter der Epidermis liegt eine 8—10 schichtige Rinde, deren äussere Lagen Chlorophyll führen. Vor den Siebtheilen der Gefässbündel stehen 2—3 schichtige, sichelförmige mechanische Belege. In der an diese angrenzenden Parenchymschicht findet man die meisten Eiweissschläuche, einzelne sieht man sogar in den mechanischen Belegen. Ganz vereinzelt treten ferner Eiweissschläuche in den Markstrahlen und sogar Xylemseits im Holzparenchym auf.

Die Eiweissschläuche von *Lepidium affine* scheinen einen Inhalt zu besitzen, welcher von dem der meisten übrigen Cruciferen etwas differirt. An Alkoholmaterial sieht man sie dicht erfüllt mit einem feinkörnigen, gelbbräunlichen Niederschlag, und die MILLON'sche Reaction gibt gleichfalls nicht den schön carminrothen oder ziegelrothen Farbenton, wie die Eiweissschläuche der meisten übrigen *Cruciferen*, sondern einen bräunlichrothen.

Lepidium sativum L. Die Gartenkresse habe ich zweimal vergeblich nach Eiweissschläuchen durchsucht. Die Pflanzen standen in dichter Saat. Die erste Untersuchung wurde an noch wenig blätterigen Keimlingen, die zweite zu Beginn des Blühens vorgenommen. Trotz dieses negativen Resultates möchte ich indess das Fehlen der Eiweissschläuche bei *Lepidium sativum* nicht als erwiesen ansehen, sondern eher auf ein Ausbleiben der charakteristischen Reaction wegen Eiweissarmuth und auf in Folge dessen stattfindendes Uebersehen denken.

10. Tribus. Isatideae.

Isatis tinctoria L. Beim Waid übersah ich bei einer ersten Prüfung des Laubes, indem ich Schnitte mit MILLON's Reagenz behandelte, die Eiweissschläuche. Es erklärt sich dies dadurch, dass die Eiweissschläuche des betreffenden Individuums sehr arm an Eiweiss gewesen sein müssen und desshalb auch durch keine Farbenreaction vom übrigen Parenchym abgehoben wurden. Thatsächlich finden sich bei *Isatis tinctoria* Eiweissschläuche im Blatte, im Stengel und in der Wurzel reichlich.

Das Blatt ist dorsiventral gebaut. Es zeigt oberseits 2 Lagen Palissadenparenchym, unterseits 4 Lagen Schwammparenchym. Die Eiweissschläuche liegen im Mesophyll verstreut. Ihre Form ist sehr wechselnd, indess herrscht die langgestreckte, ziemlich gerade Schlauchform vor. Auffallend ist der recht bedeutenden Länge (0,45 mm und auch darüber) gegenüber der geringe Breitendurchmesser der Schläuche (— 0,015 mm). Die meisten Eiweissschläuche liegen im Schwammparenchym, doch einzelne auch in den Palissadenlagen, wo sie dann

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

mit Vorliebe auch Palissadengestalt zeigen. In dem rundzelligen Parenchym, das in den Blattrippen die Gefässbündel umgibt, und desgleichen in den mechanischen Belegen der stärkeren Gefässbündel finden sich ebenfalls Eiweissschläuche.

Im Stengel fand ich Zellen, welche die für die Eiweissschläuche charakteristische Reaction geben, in der Rinde und zwar anstossend an die dem Siebtheil vorgelagerten mechanischen Faserbündel, und in den Siebtheilen selbst.

In der Wurzel enthält das Rindenparenchym Eiweissschläuche.

Myagrum perfoliatum L. Die Blätter sind dorsiventralen Baues und haben oberseits 3 Palissaden-, unterseits 3 Schwammparenchymlagen. Die Vertheilung und das Vorkommen der Eiweissschläuche ist wesentlich dasselbe wie bei *Isatis tinctoria.* Auch die Formverhältnisse (Fig. 8, Taf. I) sind bei der Mehrzahl der Eiweissschläuche mit jenen vom Waid übereinstimmend, doch kommt es bei einzelnen zur Bildung von Aussackungen, welche gleichsam Versuche zu einer Verzweigung repräsentiren. In einem Falle beobachtete ich denn auch thatsächlich einen einerseits gabelig getheilten Eiweissschlauch (Fig. 8 *c*, Taf. I). Die Länge der Eiweissschläuche schwankt innerhalb derselben Grenzen wie bei jenen von *Isatis tinctoria*, ihr Breitendurchmesser aber ist 2—3 mal so gross, wesshalb sie weit auffälliger sind als beim Waid. In manchen Fällen schliessen zwei Eiweissschläuche mit ihren Enden aneinander an (Fig. 8 *b*, Taf. I).

Im Stengel finden sich Eiweissschläuche vereinzelt in der Rinde, am zahlreichsten in den 5—6 Zelllagen umfassenden mechanischen Belegen, welche die Siebtheile der Bündel begleiten (in den untersuchten Stengeln boten sie am Querschnitte noch ein collenchymatisches Aussehen), und zwar stehen sie mit Vorliebe dem Siebtheil genähert. Ein Eiweissschlauch wurde ferner im Markparenchym, und einer, was besonders hervorgehoben zu werden verdient, im Xylemtheil eines Gefässbündels, anstossend an die Erstlinge desselben gefunden.

Auch die Wurzelrinde entbehrt nicht der Eiweissschläuche.

11. Tribus. Anchonieae.

Goldbachia torulosa DC. Das Blatt ist dorsiventral gebaut und zeigt 3 Palissadenlagen unter der Epidermis der Oberseite, 3 Schwammparenchymlagen unter jener der Unterseite; in der Mitte, zwischen Palissaden- und Schwammparenchym verlaufen 2 Lagen etwas der Blattfläche parallel gestreckter Zellen. Durch häufiges Auftreten palissadenartiger Zellen auf der Unterseite gibt sich eine geringe Tendenz zu

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

isolateraler Ausbildung zu erkennen. Die Vertheilung der Eiweissschläuche im Blatte zeigt eine Mannigfaltigkeit, die selten vorkommt. Es herrscht hierin gleichsam die Vereinigung mehrerer Typen. Am zahlreichsten finden wir die Eiweissschläuche als Begleiter der Nerven und ihrer Stellung nach als Vertreter einzelner Zellen der Parenchymscheiden. Diese Eiweissschläuche erfahren eine bedeutendere Streckung als die Parenchymscheidenzellen und verzweigen sich, kurze Arme bildend, welche mit Vorliebe zum Ineinandergreifen benachbarter Schläuche und als in Seitennerven ausbiegende Zweige benutzt werden (Fig. 9 *a*, Taf. I). So schliesst oft eine ganz beträchtliche Zahl von Eiweissschläuchen unmittelbar aneinander, bis dann eine Unterbrechung der Reihe folgt. Ausserdem finden sich sehr vereinzelt Eiweissschläuche im Mesophyll zwischen den Maschen der Nervatur (Fig. 9 *b*, Taf. I), und etwas häufiger subepidermal an der Blattoberseite liegende.

Im Stengel geben die Reaction der Eiweissschläuche einzelne subepidermale Zellen der etwa 6 Schichten umfassenden Rinde, ferner einzelne Elemente der vor den Siebtheilen der Gefässbündel liegenden mechanischen Belege und in grösserer Zahl Zellen des Siebtheiles selbst (Fig. 9, Taf. II).

Die Wurzel wurde nicht untersucht.

12. Tribus. Brassiceae.

Diese Tribus wurde nebst jener der *Raphaneae* am eingehendsten bearbeitet, bildet sie doch den Ausgangspunkt der ganzen Untersuchung. Es wurden von sämmtlichen Gattungen eine oder mehrere Arten geprüft und bei allen Eiweissschläuche gefunden.

Brassica nigra Koch. (Sinapis nigra L.). Ich stelle den schwarzen Senf zum Genus *Brassica*, da ausser den morphologischen Merkmalen, welche die Systematiker zur Lostrennung desselben vom Genus *Sinapis* und zur Zutheilung zum Genus *Brassica* bewogen haben, auch in den Eiweissschläuchen sich eine nähere Uebereinstimmung mit den Arten von *Brassica* als mit der untersuchten *Sinapis alba* ergibt.

Im dorsiventral gebauten Blatte sind die Eiweissschläuche ziemlich zahlreich zu finden und zwar vorzugsweise, wenn nicht ausschliesslich, im Schwammparenchym. Ihre Länge schwankt sehr (Fig. 10 *a*, *b*, Taf. I) und wird im Maximum 0,5 mm erreichen, bei einem grössten Breitendurchmesser von 0,23 mm. Verzweigungen sind nicht häufig und bleiben gleichsam auf Anfangsstufen solcher stehen.

In den Stengeln finden sich Eiweissschläuche in allen Schichten

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

der in der Regel 6 Zelllagen mächtigen Rinde (Fig. 11, Taf. I), fehlen aber im Marke. Sie können von den umliegenden Parenchymzellen nur wenig verschieden sein (Fig. 12 *a*, *b*, Taf. I) oder sich durch bedeutende Länge auszeichnen (Fig. 12 *c*, Taf. I). Diese Figur ist insofern instructiv, als durch die Bildung kleiner Intercellularräume zwischen dem Eiweissschlauch und den angrenzenden Parenchymzellen die dem ersteren zukommende Wandung deutlich erkennbar wird, was bei im dichten Parenchym verlaufenden Schlauchzellen oft nicht der Fall ist.

Ausser *Brassica nigra* wurden noch folgende *Brassica*-Arten mehr oberflächlich, und meist blos das Laub, untersucht: *Brassica Rapa L.*, *Brassica Napus L.* in seinen beiden Formen *Var. annua Koch.* (Sommerraps) und *Var. hiemalis Döll.* (Winterraps), *Brassica oleracea L.* in den Spielarten *ε. gongylodes L.* (Kohlrabi) und *ζ. botrytis L.* (Blumenkohl).

Im Allgemeinen zeigen auch bei diesen die Eiweissschläuche die gleiche Vertheilung und Beschaffenheit wie jene von *Brassica nigra*. Dies gilt insbesondere von *Brassica Rapa L.*, *Brassica Napus L. Var. annua Koch.*, und von *Brassica oleracea L. ζ. botrytis*. *Brassica Napus L. Var. hiemalis Döll.* und *Brassica oleracea L. ε. gongylodes* schienen weit weniger Eiweissschläuche, und diese höchstens von 0,17 mm Länge, zu besitzen. Uebrigens waren sie bei diesen Pflanzen sehr arm an Eiweiss (die Blätter des Kohlrabi stammten von einer in Wassercultur gezogenen Pflanze), traten desshalb durch Millon's Reagenz sehr wenig hervor, und so ist es auch möglich, dass ein Theil der Eiweissschläuche übersehen wurde.

Sinapis alba L. Die Blätter des weissen Senfes enthalten zahlreiche Eiweissschläuche, die bei ziemlicher Grösse durch häufige Verzweigung und besonders durch das Aneinanderwachsen der Auszweigungen sich auszeichnen.

Das Laub ist dorsiventralen Baues und sondert sich das Mesophyll in 2 Lagen Palissaden- und 4 Lagen Schwammparenchym. Die Eiweissschläuche findet man ausschliesslich im Schwammgewebe innerhalb der durch die Gefässbündel umschriebenen Maschen; doch legen sich Enden oder Zweige von Eiweissschläuchen häufig den Nerven an. Verzweigungen, besonders aber kürzere Aussackungen sind, wie schon erwähnt, nicht selten, auch stehen oft 4—5 Eiweissschläuche durch Aneinanderlegen von Enden oder Armen im Verbande (vgl. die Fig. 14 der vorl. Mitth., ferner Fig. 13 *a*, *b*, Taf. I).

Besonders interessant gestalten sich die Verhältnisse dort, wo

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

die Eiweissschläuche oder Arme solcher mit einander mehr minder parallel laufen; da kommt es zur Bildung zahlreicher Verbindungsbrücken, indem die Schläuche von Stelle zu Stelle an gegenüberliegenden Punkten Aussackungen treiben, welche sich, wie etwa die Copulationsbrücken zweier copulirender *Spirogyra*-Fäden, miteinander verbinden. Allerdings konnten Resorptionen oder auch nur Perforationen an diesen Verwachsungsstellen nicht nachgewiesen werden. Besser als alle Beschreibung illustrirt diese Verhältnisse die Fig. 13 *a*, Taf. I. Erinnert dieselbe nicht unmittelbar an die Milchröhrennetze der Pflanzen mit gegliederten Milchröhren? In der That scheint hier noch eine Eigenschaft zum Durchbruche zu kommen, welche ein Stück der Phylogenie unserer Eiweissschläuche enthüllt.

Die Fig. 14, Taf. I gibt uns ferner ein Stück eines Eiweissschlauches mit einem Theil der aufsitzenden Mesophyllzellen. Sie zeigt, und dies gilt für alle Pflanzen, bei denen die Eiweissschläuche eine halbwegs geförderte Entfaltung weisen, die enge Verbindung, welche die umliegenden Mesophyllzellen mit jenen eingehen. Jede Mesophyllzelle nahezu sitzt mit einer fussförmigen Verbreiterung auf dem Eiweissschlauch und drückt förmlich auf ihn. Man erkennt in Folge dessen die Ansatzstellen der Zellen, welche sich dem Schlauche angesetzt hatten, auch noch an durch Maceration isolirten Eiweissschläuchen und die Oberfläche desselben ist darum keine glatte, sondern eine vielfach gebuckelte. Da von allen Seiten Mesophyllzellen auf die Eiweissschläuche stossen, ist das Aussehen jedes beliebigen optischen Längsschnittes ähnlich dem in Fig. 14, Taf. I dargestellten. Zwischen den grossen Eiweissschläuchen kommen vereinzelt auch kleine vor, welche den in Fig. 10 *a*, Taf. I für *Brassica nigra* abgebildeten entsprechen.

Im Stamme tritt die Ausbildung der Eiweissschläuche jener im Blatte gegenüber weit zurück. Bei zwei Fuss hohen blühenden Pflanzen konnte ich sie in der unteren Hälfte des Stammes überhaupt nicht finden, höher oben kamen sie allmählich zum Vorschein; zunächst waren sie sehr inhaltsarm, etwas höher wurden sie inhaltsreicher, gaben jedoch bis in die Inflorescenz hinauf keine Reaction, die auf grossen Eiweissgehalt hätte schliessen lassen. Natürlich fehlen die Eiweissschläuche auch in den untern Stengeltheilen nicht, sondern sie waren eben an jenem Individuum zur Zeit der genannten Entwicklungsstufe (dies schwankt wohl individuell) hier entleert und daher schwer erkennbar. Das Vorkommen der Eiweissschläuche im

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Stengel ist in der Hauptsache auf die Rinde beschränkt [1]). Sie finden sich zum Theil innerhalb der chlorophyllführenden 4 Zelllagen, zum Theil in der darunter liegenden, etwas grosszelligeren, chlorophyllfreien Lage. Einzelne Zellen in den mechanischen Belegen vor den Siebtheilen, besonders aber solche, die an der siebtheilseitigen Grenze dieser Belege liegen, geben ebenfalls die Reactionen der Eiweissschläuche.

Erucastrum arabicum Fisch. et Mey. zeigt in der Ausbildung der Eiweissschläuche Beziehungen zu *Sinapis alba*. Es mag erwähnt sein, dass ich ohne zu wissen, welcher Tribus die Gattung *Erucastrum* angehört, sie nach der Ausbildung der Eiweissschläuche zu den *Brassiceae* einzureihen und speciell an *Sinapis* anzuschliessen versucht war. Die darauf vorgenommene Orientirung über die Zugehörigkeit der Gattung *Erucastrum* brachte dann eine erfreuliche Bestätigung meiner Auffassung.

Das dorsiventral gebaute Blatt hat unter der Epidermis der Oberseite drei Lagen Palissadenparenchyms, dem sich bis zur untern Epidermis 4 Lagen Schwammparenchyms anschliessen. Die Eiweissschläuche liegen im letzteren Gewebe und an der Grenze zwischen Palissaden- und Schwammparenchym. Sie sind reich entwickelt, neigen noch mehr als jene von *Sinapis* zur Verzweigung und erhalten dadurch recht abenteuerliche Gestalten. An Länge stehen sie jenen von *Sinapis alba* nach, erreichen aber einen ungewöhnlichen Breitendurchmesser (häufig 0,03 — 0,035 mm). Ihre Vertheilung ist keine gleichmässige, bald stehen sie gehäuft (Fig. 15 *a*, Taf. I) bald einzeln (15 *b*, Taf. I); im ersteren Falle anastomosiren sie meist mit ihren Armen und Enden und gewähren dann an die Fig. 13 *a*, Taf. I von *Sinapis alba* erinnernde Bilder.

Im Stengel findet man Eiweissschläuche vor allem zahlreich in der Rinde. Diese besteht aus 5—8 (Kanten) Zelllagen und führt bis auf die innerste Parenchymlage Chlorophyll. Ausserdem finden sich Eiweissschläuche im Collenchym der Stengelkanten, und auch an der Peripherie der Siebtheile treten einzelne Zellen nach Anwendung des Millon'schen Reagenz in der den Eiweissschläuchen zukommenden, charakteristischen Weise hervor.

---

1) In dieser Beziehung ergeben sich Schwankungen. Ein nachträglich untersuchtes Individuum von *Sinapis alba* enthält auch im Marke Eiweissschläuche. Indess werden die Stengel durch Resorption des Markes bald hohl.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Moricandia arvensis DC. (Vgl. die Figuren 1—7 in der vorl. Mitth.). Bekanntlich wurden die Eiweissschläuche bei dieser Pflanze zunächst endeckt und ich theile l. c. mit, dass dieselben im Blatt und im Stengel nur subepidermal vorkommen. In dieser Beziehung steht *Moricandia arvensis* auch heute, nachdem ich bei so vielen *Cruciferen* Eiweissschläuche nachgewiesen habe, ganz vereinzelt da, ohne dass ich eine sichere Begründung für dieses eigenthümliche Verhalten zu geben vermöchte.

Das Blatt von *Moricandia arvensis* ist isolateral gebaut und das ganze Diachym besteht so zu sagen aus Palissadenparenchym (Fig. 1, Taf. III). Dem isolateralen Bau entsprechend kommen auch die Eiweissschläuche beiderseits vor, vielleicht oberseits etwas zahlreicher als unterseits. Die verschiedenartigen Formen derselben habe ich in der vorl. Mittheilung genügend illustrirt. In der Regel stehen die Eiweissschläuche einzeln, manchmal zu zweien (Fig. 6 l. c.), auch zu dreien (Fig. 10, Taf. II) beisammen. Die Blattepidermis ist, wie ich gleichfalls schon an anderem Orte kurz mitgetheilt habe, durch das Vorkommen von Zellenzügen, bestehend aus auffallend grossen Zellen, welche ein continuirliches Netzwerk bilden, ausgezeichnet. Man wird diese grossen Zellen in der Fig 1, Taf. III, welche ein Stück eines Blattquerschnittes wiedergibt, leicht erkennen und ebenso in Flächenansicht in Fig. 10, Taf. II, welche das über den Eiweissschläuchen gelegene Zellnetz der Epidermis mitgezeichnet enthält. Fig. 2, Taf. III zeigt zwei dieser grossen Zellen in Flächenansicht und sind schematisch auch die Palissadenzellen, welche an eine solche Zelle ansetzen, durch punktirte Kreise angedeutet; daraus sowie aus der Zahl der in der Figur angedeuteten, an diese Zellen ansetzenden, umliegenden Epidermiszellen, erhält mnn ein Bild von den Dimensionen dieser riesigen Epidermiszellen. Man beachte auch die poröse Verdickung jener Wände, mit welchen die grossen Zellen aneinanderstossen. Bei Berücksichtigung der dargelegten Verhältnisse dürfte man zustimmen, dass diese Epidermiszellen zur Stoffleitung recht geeignet sind [1]). Nun glaube ich zwar nicht, dass ihnen in der Regel die Aufgabe zugetheilt sei, plastische Stoffe (bei den *Cruciferen* elso etwa die Producte der Eiweissschläuche) zu leiten. Der Schluss, dass eine solche Differenzirung in der Epidermis zum Zwecke der Ableitung des Inhaltes der Eiweissschläuche Platz greife, fällt schon desshalb, weil wir jene bei vielen *Cruciferen* finden, bei denen aber die Eiweissschläuche nicht

1) Vgl. die Anmerkung pg. 22.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

subepidermal, sondern im Innern des Diachyms gelagert sind und nur ganz gelegentlich welche auch subepidermal vorkommen.

Für *Moricandia arvensis* aber mag eine Ausnahme gelten und die ausschliesslich subepidermale Lage der Eiweissschläuche den Zweck haben, auch Eiweissstoffe auf dem durch die grossen Epidermiszellen geschaffenen Transportwege abzuleiten. Vielleicht wird diese Ansicht etwas gestützt durch den Hinweis auf die geringe Ausbildung der Parenchymscheiden (Leitscheiden). Vgl. Fig. 1, Taf. III und Fig. 3 *b*, *c*, *d*, Taf. XXVIII in meiner Abhandlung „Ueber isolateralen Blattbau" etc. [1]). Auch habe ich in einem Falle mittels der Anwendung des MILLON'-schen Reagenz in einer der grossen Epidermiszellen, welche über einem Eiweissschlauche lag, eine auffallend starke Eiweissreaction beobachtet, die in etwas geringerem Maasse sogar in der ihr benachbarten grossen Zelle erkennbar war.

Ich anerkenne das Hypothetische dieser Erklärung, weiss aber in der That keine bessere für die so exceptionelle Lage der Eiweissschläuche bei dieser Pflanze anzuführen.

Auch im Stamme liegen die Eiweissschläuche sämmtlich subepidermal, in der äussersten der 7—8 Parenchymschichten der Rinde (Fig. 11 u. 12, Taf. II). Die Epidermis lässt hier keine besondere Differenzirung wahrnehmen. Die Zellen derselben sind weitlumenig, parallel der Stengelachse gestreckt, und bieten in der Oberflächenansicht ein, dem Aussehen einer typischen Monocotylenblattepidermis ähnliches Bild [2]).

Diplotaxis tenuifolia DC. (Vgl. die Figg. 8—13 der vorl. Mitth.) Die Eiweissschläuche sind im Blatt, im Stamm und in der Wurzel sehr zahlreich vorhanden. Das Blatt zeigt isolateralen Bau; das Diachym besteht nur aus Palissadenzellen; die in der Mittelebene befindlichen erscheinen etwas kürzer als die der übrigen Lagen. Die Eiweissschläuche kommen in allen Schichten des Diachyms vor, erlangen aber selten bedeutende Grösse. In der Mittelebene verlaufen die meisten und längsten, sie nehmen hier eine der Blattfläche parallele Lage ein. Seltener findet man so orientirte Eiweissschläuche subepi-

1) PRINGSHEIM's Jahrbücher, Bd. XV.

2) In Alkohol eingelegte Blätter enthalten bei *Moricandia arvensis*, *Anastatica hierochuntica* und mehreren andern Cruciferen zahlreiche Sphärokrystalle. Bei *Moricandia* habe ich nach der von HANSEN („Ueber Sphärokrystalle", Arbeiten des botanisch. Inst. in Würzburg, III. Bd.) angegebenen Methode nachgewiesen, dass sie aus phosphorsaurem Kalk bestehen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

dermal, häufiger aber zwischen die Palissadenetagen eingeschobene (Fig. 10, vorl. Mitth.). Viele Eiweissschläuche haben ihrer Form und Stellung nach den Charakter von Palissadenzellen; doch sind sie in der Regel grösser als die Palissaden und entsprechen einer Reihe von 2—3 übereinanderliegenden (Fig. 9, vorl. Mitth.). Sie stehen dann entweder subepidermal an, oder beginnen erst in einer tieferen Zelllage. In Flächenansicht, durch die Epidermis hindurch, erscheinen daher die meisten Eiweissschläuche mit klein-kreisförmigem Querschnitt, so wie die chlorophyllführenden Palissaden. Sehr instructiv tritt an Blattquerschnitten, welche senkrecht zu ihrem Verlauf durchschnittene Eiweissschläuche enthalten, eine radienförmige Gruppirung der Mesophyllzellen zu Tage; es macht den Eindruck, als ob möglichst viele dieser Anschluss an den Eiweissschlauch zu finden suchten.

Nicht weniger häufig sind die Eiweissschläuche im Stamme, besonders im Marke, zu finden. Grösse und Gestalt wechseln sehr. Das 8—9schichtige Rindenparenchym besteht bis auf die innerste Lage aus chlorophyllführenden Zellen von geringem Breitendurchmesser. Auch die hier verlaufenden Eiweissschläuche zeigen einen solchen geringen Breitendurchmesser. Im Marke, wo der Breitendurchmesser des Parenchyms bedeutend wächst, gewinnt auch jener der Eiweissschläuche im entsprechenden Maasse. Hier finden sich Schläuche bis zu 2,7 mm Länge. Ausserdem finden sich Eiweissschläuche in den mechanischen Belegen vor den Siebtheilen der Gefässbündel, hier in der Gestalt übereinstimmend mit jener der mechanischen Fasern, und in den Siebtheilen selbst.

In der Wurzel finden sich Eiweissschläuche sowohl in der primären als in der secundären Rinde. In ersterer sind sie von weit grösserem Breitendurchmesser als in letzterer. In der Regel liegen sie von einander isolirt, doch schliessen öfters 2 neben oder übereinander (auch 4 eine Reihe bildende wurden beobachtet) unmittelbar an. Wurzellängsschnitte weisen uns überzeugend das Hervorgehen einzelner Eiweissschläuche aus Zellen, welche ihre Existenz der Cambiumthätigkeit verdanken, nach (Fig. 13, Taf. II).

Eruca cappadocica Reut. Im dorsiventral gebauten Blatte sind Eiweissschläuche zahlreich vorhanden. Sie liegen im Mesophyll und zwar die meisten in der Mittelebene des Blattes, dort, wo die 2 Palissadenlagen der Oberseite an das aus 4 Lagen bestehende Schwammparenchym der Unterseite grenzen. Einzelne Schläuche verlaufen zwischen den beiden Palissadenetagen, so dass die Palissaden auf ihnen mehr oder weniger senkrecht aufstehen, manche auch subepidermal

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

oberseits. Der Gestalt nach erinnern die Eiweissschläuche an jene von *Myagrum perfoliatum*; Verzweigungen kommen, wenn schon seltener, vor, öfters aber findet man zwei Eiweissschläuche durch sich aneinanderlegende Arme oder Enden in directem Anschluss.

Der Stengel enthält zahlreiche Eiweissschläuche in der 6—8 Parenchymlagen umfassenden Rinde, einzelne in den mechanischen Belegen an der Phloëmseite der Gefässbündel und im Marke. Am letzteren Orte ist indess ihr Vorkommen sehr beschränkt.

13. Tribus. Velleae.

Carrichtera Vellae DC. Das dorsiventrale Blatt enthält die Hauptmasse der Eiweissschläuche an der Grenze zwischen Palissaden- und Schwammparenchym und im letzteren Gewebe selbst. Sie sind mehr unansehnlich, die grössten erreichen eine Länge von 0,18 und einen Breitendurchmesser von 0,018 mm; Verzweigungen werden gleichsam nur andeutungsweise in Form kurzer Zacken gebildet. Zwischen den Palissaden vorkommende Eiweissschläuche durchsetzen in der Regel mit diesen parallel laufend die Palissadenlagen und bewahren entweder die Form der Palissadenzellen oder weichen auch mehr oder minder davon ab (Fig. 16, Taf. I).

Im Stamme fand ich Eiweissschläuche blos in der Rinde, in dieser aber sehr zahlreich. Sie sind dabei auf keine Etage der etwa 7 Zelllagen umfassenden Rinde gebunden. Tangentiale Stengelschnitte geben in der Aufsicht ähnliche Bilder, wie es Fig. 7 der vorl. Mitth. für *Moricandia arvensis* darstellt. Es kommen auf 1 qmm Fläche etwa 6—7 Eiweissschläuche.

Vella pseudocytisus L. Die isolateralen Blättchen enthalten in dem die Gefässbündel umgebenden Parenchym Eiweissschläuche. Die Ausbildung des Palissadenparenchyms ist oberseits gefördert, indem hier 3, unterseits nur 2 Palissadenlagen vorhanden sind.

In den Stengeltheilen sind die Eiweissschläuche auf die mächtig entwickelte Rinde beschränkt, welche bei der geringen Grösse und Ausbildung des Laubes als Hauptsitz der Assimilation anzusehen ist. In Consequenz dessen zeigen die zu Dornen umgestalteten Sprosse zweiter und weiterer Ordnung das Rindenparenchym in Palissadenform (4—5 Etagen) ausgebildet. Interessant ist dabei die Concession, welche die mechanischen Gewebe dem Assimilationsparenchym einräumen. Die mechanische Festigkeit wird bei diesen Sprossen durch sclerenchymatische Ausbildung des Markstrahlen- und Markparenchyms

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

erzielt; der so entstehende Festigungsring ist 9—10 Zelllagen mächtig, erscheint aber auffallend weit von der Peripherie zurückgedrängt.

14. Tribus. Psychineae.

Schouwia arabica DC. Es stand mir nur ein Herbarexemplar zur Verfügung, an dem ich die Anwesenheit von Eiweissschläuchen in Blatt und Stamm constatiren konnte. Auf genauere Untersuchungen einzugehen gestattete das Material nicht.

15. Tribus. Zilleae.

Zilla myagroides Forsk. Das Vorkommen von Eiweissschläuchen wurde an einem Herbarexemplar nachgewiesen.

16. Tribus. Raphaneae.

Nächst den *Brassiceae* erfuhren die *Raphaneae* und insbesondere die Gattung *Crambe* die eingehendste Berücksichtigung. Von den fünf Gattungen der Tribus konnten jedoch *Didesmus* und *Raphanistrum* ob Mangels an Material nicht berücksichtigt werden.

Crambe cordifolia Stev. Das Blatt zeigt dorsiventralen Bau; unter der Epidermis der Oberseite liegen 2—3 Lagen Palissaden, an welche sich bis zur untern Epidermis Schwammparenchym in einer Mächtigkeit von 5—6 Etagen anschliesst. Die Blattdicke ist ziemlich bedeutend und umfassen die Palissadenlagen und das Schwammparenchym ungefähr je die Hälfte derselben. Eiweissschläuche kommen in allen Schichten des Mesophylls vor, doch wohl etwas häufiger im Schwammparenchym und an der Grenze dieses und der untersten Palissadenlage. Die Weite und besonders die Länge der Eiweissschläuche des Blattes ist keine bedeutende. Selten erreichen sie eine Länge von 0,4 mm und im allgemeinen gehören schon jene, welche die Höhe sämmtlicher Palissadenlagen in der Form einer grossen Palissadenzelle durchsetzen, zu den grösseren. Sehr instructiv ist der Ansatz der Mesophyllzellen an die Eiweissschläuche. Ich verweise diesbezüglich auf die Figuren 3 bis 7, Taf. III, welche zum Theil an Blattquer-, zum Theil an Blattflächenschnitten gewonnene Bilder vorführen. Man sieht, dass die Eiweissschläuche von den umliegenden Mesophyllzellen mit Vorliebe als Ansatzzellen gewählt werden und dass ihre Oberfläche diesbezüglich wohl ausgenützt wird. Auch treten Krümmungen und Streckungen der Mesophyllzellen auf, welche einem Anschlussbedürfniss derselben Ausdruck zu verleihen scheinen. Die Ansicht, dass eine derartige Anordnung der Mesophyllzellen um den Eiweissschlauch

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

blos mechanisch, etwa durch das länger andauernde Wachsthum des Eiweissschlauches und durch so zu Stande kommende Zerrungen zu erklären sei, halte ich in diesem Falle für nicht zutreffend; denn erstlich zeigen gerade die Eiweissschläuche im Blatte von *Crambe cordifolia* relativ geringe Länge und sind häufig gar nicht grösser als Mesophyllzellen, zweitens wird eine solche Zellanordnung auch bei ganz unscheinbaren, kleinen Eiweissschläuchen bemerkbar, was die ausgesprochene Annahme unmittelbar hinfällig erscheinen lässt. Dies illustrirt z. B. das in Fig. 6, Taf. III dargestellte, an einem Flächenschnitte gewonnene Bild. Der in der Mitte der Mesophyllzellen liegende Eiweissschlauch zeigt uns seinen grössten Durchmesser, und doch tritt derselbe als Anordnungscentrum für die umliegenden Mesophyllzellen deutlich hervor.

Noch einer andern Erscheinung, welche den festen Verband, der zwischen Mesophyllzellen und Eiweissschläuchen zu Stande kommt, darlegt, muss ich erwähnen. Ich beobachtete dieselbe bei mehreren *Cruciferen* mit Eiweissschläuchen, am meisten ausgeprägt fand ich sie allerdings bei *Crambe cordifolia* und *Camelina (Nasturtium) austriacum.* Es werden nämlich vom Eiweissschlauch kleine Aussackungen in die aufsitzenden Mesophyllzellen getrieben, an denen die Wandung des Schlauches auch dünner zu sein scheint als an den übrigen Wandpartien (Fig. 17, Taf. I). Von der Fläche erscheinen diese Aussackungen als rundliche Höfe oder Tüpfel; es ist wahrscheinlich, dass sie die Function letzterer übernehmen. Perforationen der Membran an diesen Stellen waren aber nicht nachweisbar. Um diese Verhältnisse zu studiren, ist es nöthig, die Zerstörung des Zellinhaltes vorzunehmen. Die Eiweissschläuche im Laube der meisten untersuchten Pflanzen werden, ausser an den eventuellen gestaltlichen Eigenthümlichkeiten, auch an der sie dem übrigen Mesophyll gegenüber auszeichnenden grösseren Wanddicke erkannt. Oft fehlt ein solcher Unterschied, in anderen Fällen, so bei *Crambe*, ist die Dicke der Schlauchwände jener der Mesophyllzellen gegenüber verdoppelt, trotzdem aber wird diese Thatsache erst nach Zerstörung des Zellinhaltes in den betreffenden Blattschnitten durch KHO oder Eau de Javelle erkennbar.

Vielleicht noch reicher an Eiweissschläuchen als die Blätter sind die Stammtheile. In der Rinde findet man sie in den verschiedensten Schichten. Die unteren Stengeltheile entbehren des chlorophyllführenden Parenchyms, welches die oberen in mehreren Lagen besitzen; es wird dort durch collenchymatisches Parenchym ersetzt. Eiweiss-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

schläuche kommen aber im Collenchym und in den tieferen chlorophyllarmen Rindenschichten ebenso häufig vor, wie im Assimilationsparenchym (Vgl. Fig. 13, Taf. II.) Im Marke treten dieselben in grosser Zahl auf, manche erreichen bis über 2 mm Länge. Ausserdem findet man sie in den mechanischen Belegen vor den Siebtheilen und in den letzteren selbst. Am ersteren Orte haben sie die Form mechanischer Fasern; auch hier finden sich über 2 mm lange.

Im Siebtheil ist es immer schwer, die Eiweissschläuche von den umgebenden Elementen mit Sicherheit auseinanderzuhalten. In allen Fällen, wo ich im Siebtheil Zellen mit der Inhaltsreaction derselben fand, beschlich mich die Furcht vor einer Verwechslung mit Siebröhren oder Geleitzellen. Es wird diese Thatsache an mancher Stelle dieser Abhandlung zu Tage treten. Querschnittsbilder können in dieser Frage kaum entscheiden, brauchbare Radialschnitte erhält man nicht zu häufig und abgesehen davon ergibt sich noch eine Reihe hindernder Momente, unter denen nicht das Geringste in der Regel die Kleinheit der Phloëmelemente ist.

Relativ günstig ist zum Studium der Siebtheile und zur Entscheidung der Frage, ob die Zellen, welche bei entsprechender Behandlung die Reaction der Eiweissschläuche geben, auch thatsächlich solche sind, *Crambe cordifolia*. Die Elemente des Siebtheils sind hier ziemlich gross, die reichlich vorhandenen Siebröhren leicht zu erkennen (Fig. 14, Taf. II). Ich glaube mit Sicherheit sagen zu können, dass wenigstens im peripherischen Theil des Phloëms Eiweissschläuche thatsächlich vorkommen. Sie zeigen zwar ungefähr den Breitendurchmesser der Geleitzellen, aber ihre Länge ist viel bedeutender. Die Siebröhren und Geleitzellen in ihrer Nähe sind sehr inhaltsarm, und an den Siebplatten bemerkt man Callusbildungen; so orientirt man sich hier hinlänglich und eine Verwechslung erscheint ausgeschlossen. Der Eiweissschlauch kann direct an eine Siebröhre grenzen. Diese Eiweissschläuche liegen den mechanischeu Belegen nahe; man könnte desshalb meinen, sie gehörten noch zu diesen, es hätte nur insoweit eine Formänderung der Schlauchzelle Platz gegriffen, als die Verdickung der Wand unterblieben sei. Entwicklungsgeschichtlich wäre dies ohne Belang, da ja der mechanische Beleg und der Siebtheil aus dem gleichen Bildungsgewebe hervorgehen. Der usuelle Gebrauch aber rechnet die dünnwandigen Elemente innerhalb des mechanischen Beleges zum Siebtheil.

Die eben besprochenen Eiweissschläuche gehören dem aus Procambium hervorgegangenen Theile des Phloëms an; ob sich solche

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

auch im Siebtheil, der durch Cambiumthätigkeit erzeugt wird, finden, wage ich nicht zu entscheiden. Principiell lässt sich dagegen um so weniger etwas einwenden, als wir in der Wurzel von *Diplotaxis tenuifolia* Eiweissschläuche im vom Cambium erzeugten Gewebe nachgewiesen haben. Diese Frage ist bei *Crambe cordifolia* um so schwieriger zu entscheiden, als ich constatiren konnte, oder wenigstens constatirt zu haben glaube, dass der Inhalt der jugendlichen Siebröhren, deren Fusionirung noch nicht oder kaum eingetreten ist, in der That Reactionen gibt, welche jenen der Eiweissschläuche sehr nahe stehen. Die Unterscheidung der Elemente wird dadurch also noch complicirter. Die Fig. 15, Taf. II zeigt uns eine Partie eines Siebtheils mit einem Eiweissschlauch, welcher in radialer Richtung durch 8 Zellen von der ersten ausgebildeten Xylemzelle getrennt ist.

Crambe pinnatifida Brown. Von dieser *Crambe*-Art wurden nur die Blätter untersucht. Im Blattstiele und den stärksten Blattrippen fand ich Eiweissschläuche, wenn auch spärlich. In den übrigen Theilen der Lamina konnte ich aber solche nicht finden, weder mittels des Millon'schen Reagenz, noch durch die Aufhellung von Blattstücken mit Eau de Javelle. Ein Uebersehen ist nahezu ausgeschlossen. Die Thatsache aber, dass zwischen den beiden untersuchten *Crambe*-Arten eine so grosse Verschiedenheit in Betreff des Vorkommens von Eiweissschläuchen herrscht, ist auffallend.

Rapistrum perenne Berg. Die Ausbildung und das Vorkommen der Eiweissschläuche bleiben auch hier, *Crambe cordifolia* gegenüber, weit zurück. Das Blatt ist dorsiventral gebaut; das Diachym besteht aus mindestens 3 Lagen Palissadenparenchym, welche mehr als die halbe Dicke des Blattes ausmachen, und aus 4—5 Lagen Schwammparenchym. Die Eiweissschläuche kommen ziemlich zahlreich in beiden Parenchymformen vor, sind aber unansehnlich, von geringer Grösse. (Fig. 18*a*, Taf. I). Desshalb sind sie bei Inhaltsarmuth leicht zu übersehen. So gelang es mir an einem ausgewachsenen Blatte einer stark im Wachsthum begriffenen, etwa $^1/_2$ Fuss hohen Pflanze nach vielem Suchen erst einen Eiweissschlauch zu erkennen, während ich später, als das Wachsthum in der Hauptsache vorüber war und die Blüthezeit nahte, in den Blättern derselben Pflanze die Eiweissschläuche leicht und relativ zahlreich fand.

Im Stengel treten Eiweissschläuche sehr vereinzelt in der etwa 8 Zelllagen starken Rinde, überdies an der Grenze der mechanischen Belege im Siebtheil der Gefässbündel, einzelne auch in den mechanischen Belegen, rings von Sclerenchymfasern umschlossen, auf.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Raphanus sativus L. Untersucht wurde eine gelbe Radieschensorte, welche sich sehr reich an Eiweissschläuchen erwies. Die Blätter des Radieschens sind dorsiventral. Ihr Diachym baut sich aus 3 Palissadenlagen und etwa 6—7 Schwammparenchymlagen auf. Die Eiweissschläuche wurden ganz vorwiegend im letzteren gefunden (Fig. 8, Taf. III). In der Regel stellen sie einfache Schläuche vor, welche ausnahmsweise bis 0,9 mm Länge erreichen, meist aber nur ein Drittheil dieser; indessen finden sich Andeutungen von Verzweigung und in manchen Fällen sich berührende Aussackungen benachbarter Eiweissschläuche, welche theilweise an die Verhältnisse bei *Sinapis alba* erinnern (Fig. 21, Taf. I).

Der Stengel wurde nicht untersucht, hingegen der Rettig, also die metamorphosirte Wurzel. Diese ist mit Eiweissschläuchen wohl ausgestattet und zwar kommen sie hauptsächlich in der Rinde und im Siebtheil vor; ganz vereinzelt wurden solche sogar im Holzparenchym gefunden. Die grössten Eiweissschläuche liegen in der primären Rinde, welche sich eben auch aus grosszelligem Parenchym aufbaut. Zahlreicher aber werden sie an der Aussenseite der Siebtheile oder in den peripherischen Theilen des Phloëms selbst (Fig. 20, Taf. II). Die Abgrenzung dieses gegen die Rinde ist oft eine wenig scharfe. So viel aber lehren uns die radialen Längsschnitte jedenfalls, dass zu Eiweissschläuchen auch Zellen, welche cambiogenen Ursprunges sind, werden (Fig. 16, Taf. II). Ebenso wurde beobachtet, dass ein Eiweissschlauch unmittelbar neben einer Siebröhre liegen kann; da nun alle Elemente des durch Cambiumthätigkeit entstandenen Siebtheils ungefähr die gleiche Länge haben, liesse sich an eine Verwechslung von Eiweissschläuchen mit Geleitzellen denken. Allein ich meine, dass, falls die Zellen mit der eigenthümlichen Reaction des Inhaltes Geleitzellen wären, solche in weit grösserer Anzahl erscheinen müssten, als es der Fall ist. Ich glaube also, dass die betreffenden Zellen thatsächlich Eiweissschläuche sind.

17. Tribus. Buniadeae.

Von der Gattung *Bunias* wurden 2 Arten untersucht. Die Resultate, welche dabei erzielt wurden und die ich im Nachstehenden schildere, werden es vielleicht zweifelhaft erscheinen lassen, ob in dieser Tribus Eiweissschläuche vorkommen. Für die Art

Bunias orientalis L. kam ich selbst zur Ansicht, dass ihr Eiweissschläuche fehlen, da ich nicht einmal die geringsten Anzeichen einer etwa rudimentären Ausbildung solcher fand. Ein Uebersehen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

wegen etwaiger Eiweissarmuth der betreffenden Elemente erscheint nahezu ausgeschlossen, nachdem ein kräftiger Stock in den verschiedensten Entwicklungsphasen untersucht wurde. Anders verhält es sich mit *Bunias Erucago L.* Auch hier erhielt ich trotz mehrfacher Proben, welche von Blättern genommen und mit MILLON's Reagenz behandelt wurden, keine Zellen mit der charakteristischen Eiweissreaction oder von auffälligerer, vom übrigen Parenchym abweichender Form zu Gesichte. Doch glaube ich, dass den Eiweissschläuchen entsprechende Zellen doch noch vorhanden sind. Behandelt man nämlich Blattflächen- oder -querschnitte mit einem Aufhellungsmittel so weit, dass der Inhalt der Mesophyllzellen zerstört ist, dann entdeckt man im Mesophyll, sowohl im Palissaden- als im Schwammparenchym, unscheinbare Zellchen, mehr oder minder von der Gestalt der umliegenden Parenchymzellen, welche sich aber augenscheinlich durch derbere und dickere Wände auszeichnen (Fig. 9 u. Fig. 10, Taf. III).

Ich habe nun schon pg. 36 angeführt, dass den Eiweissschläuchen gewöhnlich eine etwa doppelt so starke Wandung, als es jene der Mesophyllzellen ist, zukommt. Ich halte desshalb auch hier die durch die Wanddicke abweichenden Zellen für morphologisch sehr reducirte Eiweissschläuche; die volle Sicherheit wäre allerdings erst dann erreicht, wenn auch hier die typische Eiweissreaction — oder doch eine inhaltliche Verschiedenheit gegenüber den umliegenden Zellen nachgewiesen wäre. Ich halte den ersteren Nachweis für um so aussichtsvoller, als ich an einem Stengelquerschnitte, in einem mechanischen Belege, eine Zelle mit der für die Eiweissschläuche charakteristischen Reaction fand. Endlich kann ich als Stütze der für diese dickwandigeren Mesophyllzellen vorgebrachten Deutung anführen, dass ich ganz auf dem gleichen Wege, bei der später zu besprechenden Gattung *Capparis,* die Eiweissschläuche auffand; d. h. an Schnitten, welche durch Zerstörung des Zellinhaltes so aufgehellt waren, dass sich im Mesophyll Zellen, welche der Form nach von den umliegenden kaum oder nicht unterscheidbar waren, durch ihre stärker verdickte Wandung abhoben. Der Schluss, dass diese Zellen Eiweissschläuche seien, wurde nachträglich mittels des MILLON'schen Reagenz als richtig erwiesen.

18. Tribus. Erucarieae.

Diese Tribus blieb wegen Mangels an Material ununtersucht.

19. Tribus. Senebiereae.

Senebiera Coronopus Poir. Das Blatt ist isolateral gebaut, mit

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

geringer Förderung der Palissaden der Oberseite. Jederseits finden sich 2 Lagen Palissadenparenchym, in der Mediane aber liegt eine Zelllage, welche aus kurzrechteckigen, also noch palissadenartigen, oder aus cubischen Zellen besteht. Eiweissschläuche sind reichlich vorhanden; sie fehlen im Mesophyll, begleiten aber als langgezogene Schläuche die Nerven. An Blattquerschnitten überzeugt man sich, dass sie den Ort von Parenchymscheidenzellen einnehmen.

Im Stengel sind die Eiweissschläuche spärlich zu finden. Einzelne treten in der innersten Parenchym-Lage, der etwa 8 Zellschichten umfassenden Rinde auf. Sie stossen so unmittelbar an den Siebtheil der Gefässbündel an, oder an mechanische Zellen, welche, zu einem einschichtigen Beleg gruppirt, manchmal vorhanden sind. Die Eiweissschläuche sind hier langgestreckte meist beiderseits spitz endende Zellen.

20. Tribus. Subularieae.

Subularia aquatica L. stand mir nur in gepressten Exemplaren zur Verfügung, an denen Eiweissschläuche nicht nachgewiesen werden konnten. Dieser negative Befund ist indess durchaus nicht entscheidend, da der Erhaltungszustand der Zellen dieser kleinen, so locker gebauten Wasserpflanze an getrocknetem Material naturgemäss ein sehr schlechter ist.

21. Tribus. Heliophileae.

Heliophila amplexicaulis L. Die Blättchen dieser Pflanze sind dorsiventral gebaut. Oberseits finden sich 2 Palissadenlagen, darunter 5—6 Lagen eines dichten Schwammparenchyms; die der unteren Epidermis angrenzende Lage zeigt etwas Tendenz zu palissadenartiger Gestaltung. Sehr interessant ist die Epidermis mit ihren differenzirten Zellformen, worauf indess hier nicht eingegangen werden kann. Eiweissschläuche sind im Blatte reichlich vorhanden und sie gehören zu den grössten der im Laube der *Cruciferen* überhaupt vorkommenden. Ihr Breitendurchmesser kann bis 0,04 mm, ihre Länge bis 0,54 mm erreichen und sind diese Dimensionen besonders mit Rücksicht auf die Kleinheit der Blätter selbst auffällig. Die Schläuche anastomosiren nicht selten, indem sie sich berührend mit einander parallel laufen oder sich mit den Enden aneinander legen (Fig. 11, Taf. III); auch Gabelung kommt ausnahmsweise vor.

Nur spärlich habe ich Eiweissschläuche im Stengel und in der Wurzel beobachtet; sie liegen im Rindenparenchym.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Fassen wir die hauptsächlichsten Momente dieser Untersuchung über die Verbreitung und die topographische Vertheilung der Eiweissschläuche zusammen, so lässt sich sagen: Der grossen Mehrzahl der untersuchten *Cruciferen* kommen Eiweissschläuche zu; doch lässt die Thatsache, dass in einigen Pflanzen die Schläuche in geringer Anzahl erscheinen oder doch wenig auffällige Grösse und Form zeigen und daher im Falle von Inhaltsarmuth und in Folge dessen eintretendem Ausbleiben der charakteristischen Reactionen leicht zu übersehen sind, es als empfehlenswerth erscheinen, die Frage, ob die Eiweissschläuche ein vielleicht allen *Cruciferen* zukommendes histologisches Element sind, noch unentschieden zu lassen. Allerdings spricht das Nichtauffinden der Eiweissschläuche bei *Camelina sativa* und *Capsella bursa pastoris*, wo mehrere Individuen und zwar verschiedener Entwicklungsstufen vergeblich darauf untersucht wurden, und weiter der negative Befund bei *Bunias orientalis*, *Cakile maritima* und *Euclidium syriacum* für die Verneinung obiger Frage. Und zu der gleichen Auffassung führen auch das seltene Vorkommen und die rudimentäre Ausbildung der Eiweissschläuche bei einigen Arten, wobei besonders auf *Arabis sagittata* und *Biscutella lyrata* hingewiesen sei.

Waren bei einer Crucifere Eiweissschläuche in den Blättern vorhanden, so waren sie immer auch im Stamme und in der Wurzel nachweisbar. Letzteres Organ wurde allerdings nur bei einer verhältnissmässig geringen Zahl der untersuchten Arten berücksichtigt.

Bezüglich der topographischen Lagerung der Eiweissschläuche ergibt sich einiger Wechsel. Dem Vorkommen in den Blättern nach lassen sich fünf Fälle unterscheiden:

1) Die Eiweissschläuche liegen im Blattdiachym vertheilt. So ist es bei der grossen Mehrzahl der untersuchten Pflanzen, bei *Arabis sagittata, Cochlearia Armoracia, Peltaria alliacea, Chorispora tenella, Camelina austriaca, Isatis tinctoria, Myagrum perfoliatum, Brassica*-Arten, *Sinapis alba*, *Diplotaxis tenuifolia*, *Erucastrum arabicum, Eruca cappadocica, Carrichtera Vellae, Vella pseudocytisus, Crambe cordifolia, Rapistrum perenne, Raphanus sativus, Heliophila amplexicaulis.*

2) Die Eiweissschläuche liegen nur zum Theil im Mesophyll zerstreut, zum grösseren Theil aber vertreten sie einzelne Zellen der Parenchymscheiden und liegen den Nerven direct an. Dazu gehören *Iberis semperflorens, J. sempervirens* und *Goldbachia torulosa.*

3) Die Eiweissschläuche finden sich nur als Vertreter einzelner

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Zellen der die Nerven umschliessenden Parenchymscheiden, z. B. *Cheiranthus Cheiri, Lepidium affine, Senebiera Coronopus.*

4) Die Eiweissschläuche finden sich nur als Begleiter der Nerven innerhalb der Parenchymscheiden, in den mechanischen Belegen. Dieser Fall wurde nur bei *Hesperis matronalis* beobachtet.

5) Die Eiweissschläuche finden sich im Mesophyll, doch ausschliesslich subepidermal. Ein einzig für *Moricandia arvensis* nachgewiesenes Vorkommen [1]).

Als Regel kann noch festgestellt werden, dass dort, wo die Eiweissschläuche im Mesophyll auftreten, sie bei dorsiventralem Bau der Blätter ausschliesslich oder doch überwiegend im Schwammparenchym vorkommen. Nur bei sehr dicken Blättern gleicht sich die Zahl der im Palissaden- und der im Schwammparenchym auftretenden Eiweissschläuche nahezu aus. Bei isolateralen Blättern ist die Vertheilung der Eiweissschläuche im Mesophyll dem Blattbaue entsprechend auf beiden Seiten die gleiche.

Auch in der Vertheilung der Eiweissschläuche in den Stammtheilen herrscht grosse Mannigfaltigkeit. Wenn ich es versuche, die verschiedenen Fälle, ähnlich wie es für das Blatt geschehen ist, zu gruppiren, so muss ich bemerken, dass diese Gruppirung nur den practischen Werth eines Ueberblickes gewähren, aber nicht absolut richtig und erschöpfend sein soll und kann. Es ist wohl wahrscheinlich, dass in dem einen oder dem andern Gewebe bei dieser oder jener Pflanze einzelne Eiweissschläuche übersehen wurden oder doch an andern Schnitten nachzuweisen gewesen wären. Andererseits muss auf das eventuell leichte Uebersehen von Eiweissschläuchen, falls der Eiweissgehalt derselben ein sehr geringer ist, wiederholt aufmerksam gemacht werden.

Eine Gruppirung kann nun etwa in folgender Weise geschehen. Eiweissschläuche finden sich:

1) In der Rinde, im Marke, in den Siebtheilen und innerhalb der mechanischen Faserbelege vor letzteren: *Crambe cordifolia, Diplotaxis tenuifolia, Iberis sempervirens, Peltaria alliacea.*

2) In der Rinde, im Marke, in den mechanischen Belegen vor den Siebtheilen: *Eruca cappadocica, Rapistrum perenne.*

---

1) Ueberdies dürften mehrfach Eiweissschläuche in den Siebtheilen der Gefässbündel selbst auftreten. Sicher ist solches bei der sub 2) angeführten *Iberis sempervirens* der Fall.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

3) Innerhalb der mechanischen Belege vor den Siebtheilen und rindenseits oder siebtheilseits unmittelbar an die Belege anstossend: *Cheiranthus Cheiri, Anastatica hierochuntica, Camelina austriaca, Lepidium affine, Senebiera Coronopus.*

4) In der Rinde und im Siebtheil: *Goldbachia torulosa, Erucastrum arabicum.*

5) In den Siebtheilen und den mechanischen Belegen vor diesen: *Carpoceras sibiricum, Hesperis matronalis.*

6) In der Rinde allein: *Sinapis alba* (seltener auch im Marke), *Brassica nigra, Carrichtera Vellae, Vella pseudocytisus, Heliophila amplexicaulis.*

7) In der Rinde nur subepidermal: *Moricandia arvensis.*

Ausserdem ist das mehr ausnahmsweise Auftreten von einzelnen Eiweissschläuchen im Xylem zu erwähnen: *Lepidium affine* und *Myagrum perfoliatum.*

Als eine zwischen der Vertheilung der Eiweissschläuche im Blatte und jener im Stengel herrschende Beziehung kann hervorgehoben werden, dass in jenen Fällen, wo im Blatte die Eiweissschläuche an den Verlauf der Gefässbündel gebunden sind und zerstreut im Mesophyll nicht vorkommen, auch das Mark und das Rindenparenchym der Stengel keine Eiweissschläuche besitzen.

Uebereinstimmung aber herrscht im Vorkommen der Eiweissschläuche in den Wurzeln der *Cruciferen;* in diesen finden sie sich überall in der primären und secundären Rinde und jedenfalls öfters auch in den Siebtheilen. Ausnahmsweise treten sie auch hier im Holztheil auf (Holzparenchym der Wurzel von *Raphanus sativus*).

Ausgenommen die Epidermis können sich in allen übrigen Gewebearten Eiweissschläuche vorfinden; sie treten in den verschiedensten Formen des assimilirenden Parenchyms sowie des chlorophyllfreien auf, und ebenso fehlen sie dem Stranggewebe nicht. Hier bevorzugen sie die Siebtheile und die mechanischen Faserzüge, allein auch im Holztheil kommen sie ausnahmsweise vor. Daraus folgt aber, dass die Eiweissschläuche auch bezüglich ihrer Entstehung an kein bestimmtes Bildungsgewebe gebunden sind. Sie entstehen zumeist aus Urmeristemzellen, häufig aus Zellen procambialen Gewebes und in manchen Fällen sicherlich auch durch die Thätigkeit des Cambiums (Stengel von *Iberis sempervirens,* Wurzeln).

Bei der descriptiven Behandlung der einzelnen Pflanzen habe ich die Blüthen unerwähnt gelassen. Wo diese untersucht wurden, waren bei allen Pflanzen, welche in den vegetativen Organen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Eiweissschläuche besitzen, solche auch in den Blüthen vorhanden. Geprüft wurden in dieser Hinsicht: *Moricandia arvensis, Brassica Napus, Var. hiemalis, Iberis semperflorens, Malcolmia maritima* und *Crambe cordifolia. Cakile maritima*, in deren vegetativen Organen keine Eiweissschläuche nachgewiesen wurden, liessen auch in den Blüthen keine erkennen. Besonders reich sind an Eiweissschläuchen die Carpelle und die Kelchblätter, also jene Phyllome der Blüthe, welche eine länger währende Lebensthätigkeit entfalten. In den Blumenblättern sind sie sehr spärlich vertreten und nie mehr an solchen offener Blüthen durch Inhaltsreaction nachzuweisen. Es herrscht in dieser Beziehung eine nicht zu verkennende Analogie mit der von FISCHER [1]) nachgewiesenen, spärlichen Ausbildung des Siebröhrensystems in den Blumenblättern der *Cucurbitaceen*-Blüthen, wie eine solche auch in der reichen Ausbildung von Siebröhren einerseits und von Eiweissschläuchen andererseits in den Fruchtknoten vorliegt. Auch in den Filamenten der Staubblätter habe ich keine Eiweissschläuche nachgewiesen, obwohl der Polleninhalt mit MILLON's Reagenz eine sehr intensive Eiweissreaction gibt, durch den basalen Theil des Staubblattes der Anthere sonach beträchtliche Mengen Eiweiss zugeführt werden müssen. Berücksichtigt man die Kürze der Filamente vor dem Aufblühen und die Thatsache, dass sie sich erst zur Zeit des Aufblühens, wenn die Anthere schon vollständig ausgebildet ist, strecken, ferner, dass der Blüthenboden sehr reich an Eiweissschläuchen ist, dann erscheint deren Fehlen in den Filamenten um so weniger auffällig, als die Staminen sowie die Petalen zu den rasch vergänglichen und alsbald nach dem Verblühen abfallenden Organen gehören.

Am reichsten sind die Eiweissschläuche jedenfalls in den Carpiden vertreten. Die Fruchtknotenwandung erfährt ja nach dem Blühen noch lange Zeit hindurch Vergrösserung, sie ist während der Entwicklung der Samen assimilatorisch thätig und kann die gebildeten oder vielleicht auch zugeführten Bildungsmaterialien auf kürzestem Wege den wachsenden Ovulis zuführen; desshalb erscheint es leicht verständlich, dass auch den Carpiden Eiweissschläuche zukommen. Das Vorkommen dieser erstreckt sich aber sogar auf die Integumente der Ovula; ich habe dies bei *Iberis semperflorens* und *Crambe cordifolia* gesehen.

---

1) Untersuchungen über das Siebröhrensystem der Cucurbitaceen, Berlin 1884, pg. 75 u. ff.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Noch einen Punkt möchte ich hier erörtern, welchen ich, um Wiederholungen zu vermeiden, vorangehend nicht berücksichtigt habe. Es tritt, wenn wir die Eiweissschläuche bei manchen *Cruciferen* in der Nähe der Siebtheile oder in diesen selbst in grösserer Zahl auftreten sehen, die Frage an uns heran, ob sich nicht eine Correlation zwischen Siebröhren und Eiweissschläuchen zu erkennen gebe, speciell ob nicht die Zahl der Siebröhren bei dem Auftreten von Eiweissschläuchen im Siebtheil so sinke, wie dies bei einigen milchenden Pflanzen, bei denen Milchröhren in den Siebtheilen auftreten, der Fall sein soll. Abgesehen von einigen wenigen Pflanzen, bei denen aber wohl die Kleinheit der Elemente des Siebtheils daran Schuld sein wird *(Iberis sempervirens)*, habe ich überall Siebröhren und zum Theil sehr reichlich entwickelt auffinden können. Eine Correlation zwischen der Ausbildung der Eiweissschläuche und der der Siebröhren scheint demnach nicht zu bestehen.

b) Die Eiweissschläuche in der Capparideengattung Capparis.

Schon pg. 40 habe ich die Art und Weise, wie ich die Eiweissschläuche bei der Gattung *Capparis* auffand und nachwies, erörtert; es geschah dies zunächst an sehr gut erhaltenen Herbarexemplaren von den Species *Capparis spinosa L.* und *C. aegyptia Lam.* Ich konnte ferner im vorjährigen Sommer den Nachweis der Eiweissschläuche am frischen Material von *C. spinosa* und *C. latisiliqua* hinzufügen. Im Grossen und Ganzen sind die Verhältnisse des Vorkommens bei allen drei Arten, besonders bei den erstgenannten, übereinstimmend.

Capparis spinosa und *C. aegyptia* haben isolateral gebaute Blätter. Das Diachym derselben besteht sozusagen ausschliesslich aus Palissadenparenchym, welches in etwa 10 Etagen auftritt. In den verschiedensten Schichten kommen Eiweissschläuche vor. Sie sind von unscheinbarer Grösse, bald von nahezu isodiametrischer, bald von kurz schlauchförmiger Gestalt; ihre Wand ist gegenüber jener der Zellen des umgebenden Assimilationsparenchyms 3—4fach dicker. Die Eiweissschläuche liegen theils einzeln, theils in kleinen Gruppen von 2, 3, 4, seltener 5 Zellen, welche sich direct berühren (Fig. 19 *a*, *b*, *c*, Taf. I). Eine Kette von Schlauchzellen, wie sie Fig. 19 *a* zeigt, ist nur selten zu finden.

In der Rinde und im Marke des Stengels kommen Eiweissschläuche gleichfalls vor. Sie sind auch hier von geringer Grösse,

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

in dieser Hinsicht von den umliegenden Zellen gar nicht, und überhaupt nur durch den Inhalt verschieden. Im Marke finden wir einen grossen Theil der Zellen mit stark verdickten, verholzten und porös verdickten Wandungen ausgestattet. Diese Markzellen erinnern einigermaassen an die „Speichertracheiden“ [1]), welche an den Nervenendigungen im Blatte derselben *Capparis*-Arten vorkommen. Auch inmitten solcher getüpfelter Markzellen findet man einzelne Eiweissschläuche.

Capparis latisiliqua. Das Vorkommen der Eiweissschläuche im Stengel ist so wie bei den vorangehend besprochenen Arten. Im Blatte der *C. latisiliqua* sind die Eiweissschläuche viel seltener, ich fand solche nur im Parenchym der grösseren, vorstehenden Blattrippen. Die Blätter sind dorsiventralen Baues, das Diachym besteht aus einer Lage auffallend hoher (bis 0,16 mm) Palissaden und aus 4—5 Lagen Schwammparenchym. Die eine Palissadenlage umfasst zwei Drittel der Blattdicke.

Von andern *Capparideen* wurde nur die Gattung *Cleome* und zwar die Art *Cl. purpurea DC.* untersucht. Weder in den Blättern, noch in den Stengeltheilen konnten Eiweissschläuche, oder solchen irgendwie verwandte Elemente aufgefunden werden [2]).

c) Die Schlauchzellen in der Papaveracee Eschscholtzia californica Cham.

Ich habe schon in der vorl. Mittheilung über die Eiweissschläuche die Ansicht ausgesprochen, dass selbe als functionell metamorphosirte Reste der vielen Papaveraceen zukommenden Milchröhren zu deuten seien. Nach dieser Auffassung, zu deren ausführlicher Erörterung ich in einem der folgenden Abschnitte gelange, sind also die Milchröhren der Papaveraceen, noch näher aber die, theils in reihenförmiger Anordnung, theils isolirt vorkommenden Milchzellen, oder besser die

1) Vgl. Heinricher „Ueber einige im Laube dikotyler Pflanzen trockenen Standortes auftretende Einrichtungen, welche muthmaasslich eine ausreichende Wasserversorgung des Mesophylls bezwecken.“ Bot. Centralblatt, 1885, Bd. XXIII, Nr. 27.

2) Auf dieser *Cleome* fand sich reichlich ein *Cystopus* vor, vermuthlich wohl *C. candidus Lév.* Es ist mir nicht bekannt, ob *Cleome*, oder überhaupt eine *Capparidee* als Wirthpflanze dieses Pilzes bereits bekannt sei. Ich besitze etwas Alkoholmaterial der betreffenden *Cleome* und bin gerne bereit, dasselbe an einen sich um diesen *Cystopus* interessirenden Mycologen abzutreten.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Farbstoffzellen und -Schläuche, wie solche den *Papaveraceen*-Gattungen *Macleya*, *Glaucium*, *Sanguinaria* zukommen, mit den Eiweissschläuchen der *Cruciferen* phylogenetisch und morphologisch verwandt. Solche Elemente kommen nun auch der *Papaveracee Eschscholtzia californica* zu und sollen hier insoweit besprochen werden, als sie uns zu verwandten Schlauchzellen bei den *Fumariaceen* hinüberführen.

Es haben schon zwei Autoren über Milchsaftgefässe im Stamme von *Eschscholtzia californica* berichtet. Ein Ungenannter in seiner Abhandlung „Die Milchsaftgefässe, ihr Ursprung und ihre Entwicklung“ [1]) und Vogl [2]). Ersterer lässt sie unmittelbar um die Gefässbündel des Stengels gelagert sein, letzterer im Siebtheil „im vorwaltend aus Siebröhren gebildeten Gewebe“. Beide schreiben dem Safte einen orangegelben Inhalt zu. Ich beobachtete an frisch abgeschnittenen Sprossen keinen austretenden Milchsaft, und an Schnitten unter dem Mikroskop auch keine Farbstoffschläuche oder Zellen. Von dem Vorkommen solcher (wenn auch nicht mit gefärbtem Inhalt) bin ich indess überzeugt; denn ich werde durch die Befunde im Blatte, welches Organ allein ich bisher genauer studirt habe, zu dieser Annahme gedrängt.

Macht man zarte Flächenschnitte durch eine Blattfieder und pumpt man die Luft aus den Intercellularräumen des Mesophylls aus, so wird man unter dem Mikroskope, da und dort im Mesophyll, zartwandige, anscheinend mit farblosem Inhalt gefüllte Röhren verlaufen sehen. Wendet man sich, um besseren Aufschluss über die Structur und Anordnung dieser Röhren zu erhalten, zur Aufhellung, welche, bei Verwendung von Alkoholmaterial, wohl am schönsten mit Eau de Javelle gelingt, so erfährt man, dass diese Röhren Zellreihen vorstellen, welche sich aus cylindrischen Gliedern von bald grösserer, bald geringerer Länge zusammensetzen. Es zeigt sich ferner, dass nur Bruchstücke dieser Zellenzüge isolirt im Mesophyll verlaufen und dass die Masse derselben die Gefässbündel begleitet. Die selbstständig im Mesophyll verlaufenden Abschnitte sind entweder nur Verbindungsbrücken zwischen den die Nerven begleidenden derartigen Zellreihen (Fig. 12, 13, 15, Taf. III) oder aber blind im Mesophyll endigende Abschnitte (Fig. 14, Taf. III). Mit grosser Constanz findet man an den Rändern der Blattfiedern stets eine solche Zellreihe. Die Fig. 16, Taf. III zeigt eine solche im Querschnitte sammt den umliegenden Zellen

1) Botan. Zeitg., 1846, p. 845.

2) Beiträge zur Kenntniss der Milchsaftorgane der Pflanzen, Pringsheim's Jahrb., V. Bd., p. 46.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

des assimilirenden Parenchyms. Die Verwandtschaft dieser Zellreihen mit den gegliederten Milchröhren wird uns bei ihrer Betrachtung unmittelbar nahe gelegt; es fehlt eigentlich nichts als die Fusionirung der Zellen. Die sehr verschiedene Länge der Glieder erhellt schon aus den in Fig. 13 und Fig. 15, Taf. III gegebenen Abbildungen. Auch lassen die Figuren 12, 13, 14 u. 15 erkennen, dass die Gestalt der im allgemeinen cylindrischen Zellen öfter grössere Unregelmässigkeit gewinnt (Fig. 12), und dass der Anschluss der einzelnen Glieder zwar in der Regel an den auf der Streckungsrichtung senkrechten Querwänden erfolgt, öfters aber auch an schiefen Querwänden stattfindet, ja dass sogar mit den Längswänden aneinander anschliessende Schlauchzellen (Fig. 15) vorkommen. Die umliegenden Mesophyllzellen bedecken dicht die Schlauchzellen und sitzen ihnen häufig mit verbreiterten Basalstücken auf (Fig. 13 u. Fig. 14); ihre Ansatzflächen sind als Eindrücke an den zarten Röhrenwandungen bemerkbar und die Längswände erscheinen desshalb zackig gebuchtet.

Ueber den Inhalt dieser Schlauchzellen bin ich noch nahezu vollends im Unklaren, nur sprechen mehrere Anzeichen dafür, dass er mit jenem identisch oder doch nahe verwandt sei, welchen die im Folgenden zu besprechenden Schlauchzellen der *Fumariaceen* führen. Am Alkoholmaterial erscheinen die Schlauchzellen von *Eschscholtzia californica,* bis auf einen äusserst zarten, der Wandung anliegenden Protoplasmaschlauch und den darin liegenden Zellkern, nahezu inhaltsleer. Nur hie und da trifft man auf eine krümelige Masse, welche einen grösseren oder kleineren Klumpen bildet und wahrscheinlich anorganischer Natur ist.

d) Die Schlauchzellen in den Fumariaceen-Gattungen Adlumia und Corydalis.

Ich habe von *Fumariaceen* bisher nur die Gattungen *Adlumia* und *Corydalis,* und zwar die Arten *Adlumia cirrhosa Raf., Corydalis rosea Zeyher* und *C. capnoides Pers.* untersucht. Die histologischen Elemente, welche ich bei diesen entdeckte und die ich sofort beschreiben will, waren bei allen drei genannten Pflanzen von übereinstimmender Ausbildung. Auch hier vermag man in Blattflächenschnitten, nach dem Auspumpen der in den Intercellularräumen enhaltenen Luft, da und dort das grüne Mesophyll durchsetzende, äusserst zartwandige Schläuche zu erkennen; ihr Inhalt scheint wasserhell zu sein, wenigstens vermögen wir keine Differenzirungen innerhalb der Schläuche

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

wahrzunehmen. Ueberhaupt sind die Schläuche an frischem Material wenig in die Augen springend, wir werden zu ihrer Beachtung vielmehr durch eine besonders regelmässige Stellung der Mesophyllzellen, welche sie umgeben, geführt. Da das Diachym der Blätter dieser Pflanzen aus nur 3 Zelllagen besteht, gelingen uns gute Flächenschnitte schwer und wir wenden uns desshalb an die Aufhellung ganzer Blättchen. An solchen bietet sich uns ein einigermaassen überraschender Anblick; wir gewahren das Blatt von einem reichen Netz zartwandiger Schläuche durchzogen, welche zum Theil frei im Mesophyll verlaufen, zum Theil sich an Nerven anlegen und mit diesen streichen, zum Theil dieselben kreuzen. Der Eindruck dieses Bildes ist zunächst ziemlich der gleiche, wie ihn auf uns ein aufgehelltes Blatt einer *Euphorbia* mit dem reichen Netze seiner ungegliederten Milchröhren macht.

Bei genauerem Nachsehen finden wir hie und da blinde Enden und in seltenen Fällen wird es uns möglich, einen Schlauch nach beiden Seiten hin in blinde Enden auslaufen zu sehen. Wir haben es also mit Schlauchzellen zu thun. Der Grund, warum diese Thatsache nicht ohne weiteres leicht zu entscheiden ist, liegt darin, dass nur wenige Schläuche in ihrer ganzen Länge im Mesophyll verlaufen, dass sie sich vielmehr früher oder später einem Gefässbündelstrang anschliessen und dann schwer zu verfolgen sind. Auch die frei im Mesophyll liegenden Enden bieten einige Schwierigkeit für das Erkennen. Die Wandung der Schlauchzellen ist in ihrer Wanddicke und Beschaffenheit von jener der übrigen Mesophyllzellen nicht unterschieden, die Schlauchzellen erfahren häufig Krümmungen und verlaufen nicht durchaus in der gleichen Zelllage, und ihre immer mehr oder minder verjüngten Enden biegen besonders gern etwas hakig um; all dies sind Momente, welche das Erkennen der Endigungen erschweren. Am sichersten führen Macerationspräparate zum Ziele Fig. 18, (*a*, *b*, *c*) Taf. III zeigt uns drei Endigungen solcher Schlauchzellen und Fig. 17, Taf. III ein ebenfalls durch Maceration gewonnenes Stück einer Schlauchzelle; an diesem haften noch einzelne Mesophyllzellen, welche mit breiter Basis dem Schlauche aufsitzen. Letzteres lässt sich auch an Fig. 21, Taf. III beobachten; die Oberfläche der Schlauchzellen erscheint so zum grössten Theil durch die Fussstücke der aufsitzenden Mesophyllzellen überdeckt. In Fig. 25, Taf. III sehen wir einen Theil einer andern Schlauchzelle; eine Strecke weit folgt sie dem schematisch gezeichneten Blattnerv, dann biegt sie in das in der Figur nicht gezeichnete Mesophyll ab und kreuzt schliesslich den Lauf eines andern Gefässbündelastes. Fig. 23, Taf. III gibt

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

zwei streckenweise einander berührende und parallel verlaufende Schlauchzellen wieder.

Die meisten dieser Schlauchzellen erreichen eine bedeutende Länge, in der Regel von 1,5—2 mm und darüber. Sehr selten findet man Schlauchzellen von geringer Länge, wie etwa die verhältnissmässig zwergigen in Fig. 20 (*a*, *b*), Taf. III dargestellten. Diese fanden sich neben Schlauchzellen von normaler Länge in einem etwas verkümmerten Blättchen von *Adlumia cirrhosa*. Wie die angezogenen Figuren weisen, tritt bei den kurzen Schlauchzellen eine merkliche Zunahme des Breitendurchmessers ein.

An Querschnitten durch Blätter von in Alkohol eingelegten Pflanzen erkennt man die Schlauchzellen leicht an dem Mangel der Chlorophyllkörner und überhaupt eines irgendwie hervortretenden Inhaltes (Fig. 19, Taf. III). Es gelingt indess bei genauer Beobachtung einen sehr zarten, feinkörnigen, protoplasmatischen Wandbeleg zu erkennen. Der Inhaltsmangel lässt uns auch die Schlauchzellen, welche die Nerven begleiten, an Blattquerschnitten erkennen (Fig. 22, Taf. III). Wir finden an den Gefässbündelquerschnitten fast constant Schlauchzellen und zwar in nach der Stärke der durchschnittenen Nerven schwankender Zahl. Sie liegen oft zu zweien nebeneinander, meist aber isolirt und lehnen sich bald der Siebtheil-, bald der Holztheilseite an. Leicht gelingt es uns durch Tinction mit Picrocarmin in den Schlauchzellen einen Zellkern nachzuweisen. Jeder Schlauchzelle scheint nur ein Kern zuzukommen, der indess eine ansehnliche Grösse besitzt und von gestreckter Form ist (Fig. 21, Taf. III); er ist scheibenförmig abgeplattet und erscheint von der Fläche gesehen in den Umrissen einer breiten Ellipse.

Ausser dem zarten Protoplasmaschlauche und dem Zellkerne vermag man in den Schlauchzellen, an Alkoholmaterial, auch durch die verschiedensten Reactionen einen andern Inhalt nicht nachzuweisen. Die Beobachtung zeigte aber, dass die Schlauchzellen im frischen Zustand noch mit andern Inhaltsstoffen erfüllt sind, wesshalb angenommen werden muss, dass dieser Inhalt durch Alkohol gelöst werde. Ebenso inhaltsleer erscheinen, wie erwähnt, am Alkoholmaterial die Schlauchzellenreihen von *Eschscholtzia californica* und ich vermuthe, dass die Inhaltsstoffe dieser und jene der Schlauchzellen bei den *Fumariaceen* sich als identisch oder doch sehr ähnlich herausstellen werden.

Ueber den Inhalt der Schlauchzellen im frischen Zustande weiss ich nur, dass die Reactionen auf Eiweissstoffe, auf Stärke und Gerb-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

säure negative Resultate ergaben. — Einige Ueberlegung sagt uns auch, dass wir, bei der Zartheit der Blätter der genannten *Fumariaceen*, an Flächenschnitten nur schwer unverletzte Schlauchzellen, und daher solche mit intactem Inhalt erhalten werden. Ich habe desshalb ganze Blättchen genommen, sie an einem Ende quer durchschnitten, dann mit dem Deckgläschen bedeckt und beobachtet. So liessen sich am Schnittrande, und besonders bei leichtem Druck mit der Nadel, aus den Schläuchen austretende Inhaltsmassen von wurmförmigem Umriss wahrnehmen (Fig. 24, Taf. III). Daraus geht also hervor, dass die Schläuche im frischen Zustande prall mit Inhaltsmasse erfüllt sind. Diese hervortretenden Massen sind hellgraulich weiss, ziemlich stark lichtbrechend, körnelig und lassen dazwischen grössere vacuolige Tröpfchen wahrnehmen. Mit Jod nehmen sie eine hellgelbliche Tinction an. Ich hatte im Herbste kein ausreichendes Material mehr und musste mich desshalb mit dem Nachweise begnügen, dass der Inhalt der Schlauchzellen bei den *Fumariaceen* nicht aus Eiweissstoffen besteht. Ich muss die weitere Bestimmung desselben bis auf die im l. J. folgende genauere Untersuchung der *Fumariaceen* verschieben; mit aller Reserve gebe ich, im Hinblick auf das Verschwinden des Inhaltes aus den Schlauchzellen in Alkohol eingelegter Blätter, der Vermuthung Raum, dass er aus wachs- oder fettartigen Stoffen bestehe.

Bei der reichlichen Ausbildung dieser Schlauchzellen in den Laminartheilen der Blätter ist es wohl zu vermuthen, dass auch in den Blattstielen, Stengeltheilen und Wurzeln gleichwerthige histologische Elemente vorkommen. Bei dem, allerdings oberflächlichem, Nachsuchen im Stengel und Blattstiel konnte ich, an dem mir gegenwärtig allein zu Gebote stehenden Alkoholmaterial sowohl der *Fumariaceen* als von *Eschscholtzia californica*, die Anwesenheit von Schlauchzellen mit Sicherheit nicht constatiren. Man muss nämlich beachten, dass im Alkohol die Inhaltsstoffe extrahirt werden, dass ferner sämmtliche Parenchymelemente der Stengeltheile genannter Pflanzen aussergewöhnlich langgestreckt sind, was eine rein auf morphologischem Vergleich beruhende Unterscheidung der Schlauchzellen sehr erschwert. Ueberhaupt wird es mit Erfolg vorzugehen erst dann möglich sein, wenn der Inhalt der Schlauchzellen besser definirt und ein eventuelles Hervorheben der betreffenden Zellen durch Reagentien ermöglicht sein wird.

Wenn nun auch diese Schlauchzellen der *Fumariaceen* inhaltlich von den Eiweissschläuchen der *Cruciferen* verschieden sind, so leuchtet

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

andererseits doch die morphologische Aehnlichkeit dieser Elemente in beiden Familien ein, insbesondere wenn man die *Cruciferen*-Arten mit langgestreckten Eiweissschläuchen in Betracht zieht. So könnte man die Fig. 11, Taf. III, welche Eiweissschläuche von *Heliophila amplexicaulis* darstellt, ohne weiteres für eine Abbildung von Schlauchzellen aus dem Blatte einer *Fumariacee* ausgeben. Hier wie dort treten die Schlauchzellen isolirt auf, oder man sieht auch durch Aneinanderlegen zwei oder drei sich miteinander verbinden; hier wie dort kommen zwischen den in der Regel ansehnlich langen Schläuchen auch kurze vor. Immerhin dürfte, wenn man die Stellung der *Fumariaceen* und der *Cruciferen* im System berücksichtigt, das Herrschen einer thatsächlichen phylogenetischen Beziehung zwischen den Schlauchzellen beider Familien nicht bezweifelt werden.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

II. Zur Physiologie der Eiweissschläuche.

a) Der Inhalt der Eiweissschläuche und seine Reactionen.

Schon in der vorläufigen Mittheilung wurden einige Reactionen des Inhaltes der Eiweissschläuche mitgetheilt. Wenn bereits aus diesen die Richtigkeit des Ausspruches hervorging, dass der Inhalt der Hauptsache nach aus Eiweissstoffen bestehe, so konnte doch eine Bestätigung dessen durch andere Reactionen nur nützen und mussten dieselben natürlich an einer grösseren Zahl von Arten durchgeführt werden.

Im lebenden Zustande ist der Inhalt der Eiweissschläuche eine farblose, wasserhelle Flüssigkeit. Man unterscheidet die Schläuche in diesem Zustande nur sehr schwer von den umliegenden Zellen, selbst in dem Falle, wenn letztere durch Chlorophyllgehalt vor jenen ausgezeichnet sind. Im lebenden chlorophyllfreien Parenchym der Stengeltheile und Blattstiele konnte ich aus der Beschaffenheit der Inhalte die Eiweissschläuche nie erkennen; gelang eine Unterscheidung, so war diese nur auf Grund der abweichenden Formverhältnisse der Eiweissschläuche gewonnen. Am sichersten konnte ich dieselben im lebenden Zustande bei *Moricandia arvensis* auffinden. In Folge der subepidermalen Lage derselben gelingt es, mit der Blattepidermis einzelne Eiweissschläuche mitabzuziehen. Verwechslungen sind hier nicht leicht möglich, überdies ist stets eine schliessliche Controlle durch Vornahme entsprechender Reactionen leicht ausführbar.

Alkohol bewirkt Gerinnung des Inhaltes — indess in sehr wechselnder Weise. Ob dies in der Form grosser Klumpen oder einseitig den Schlauchwandungen anliegender Massen von vacuoligem Fluss geschieht, oder in Gestalt grosser Tropfen, grösserer Tröpfchen, endlich kleiner und kleinster Körnchen, das hängt, wie man sich leicht überzeugt, wesentlich von der Schnelligkeit, mit welcher der Alkohol eintritt, und zum Theil wohl auch von der Dichtigkeit des Inhaltes der Eiweissschläuche ab. — In Wasser ist der gefällte Inhalt nicht löslich, mit Jod nimmt er die charakteristische Farbe der Eiweissstoffe an, ebenso bei Behandlung mit Millon's Reagenz.

Am besten fixiren den Inhalt Picrinsäure und siedendes Wasser.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Die Gerinnung erfolgt bei Anwendung dieser Mittel nahezu in der gleichen Weise; die Zellen erscheinen entweder ganz von dem durchaus gleichartig feinkörnig gefälltem Inhalt erfüllt, oder derselbe bildet doch eine zusammenhängende, nur mehr oder minder von der Wandung der Zelle zurückgetretene Masse. Es ist möglich, dass diese Verschiedenheiten von der Dichtigkeit des Inhaltes der Eiweissschläuche abhängen. Das Zurücktreten der feinkörnig gefällten Inhaltsmasse schien mir an mit siedendem Wasser behandelten Präparaten mehr zum Vorschein zu kommen als bei mit Picrinsäure behandelten Schnitten. Diese Contraction der geronnenen Inhaltsmasse schliesst den Vortheil ein, dass man an solchen Präparaten leicht den an der Wandung zurückgebliebenen, feinkörnigen Protoplasmaschlauch erkennt, welchem auch stets der Zellkern anhaften bleibt (Fig. 17, b, Fig. 18, Taf. II). Meine l. c. gemachte Angabe, dass die Eiweissschläuche einkernig sind, hat sich in allen Fällen bestätigt; der Zellkern ist wohl ausgebildet, hat aber in Anbetracht des Umfanges, welchen viele Eiweissschläuche erreichen, keine übermässige Grösse.

An, durch Härtung mit Picrinsäure gewonnenen Präparaten, sowie an solchen, die von Pflanzentheilen, welche mit siedendem Wasser abgetödtet und dann in Alkohol gebracht wurden, stammen, lässt sich immer an der geronnenen Inhaltsmasse eine concave Ausbuchtung nachweisen; diese correspondirt stets mit dem an der Zellwand zurückgebliebenen Zellkern (Fig. 17, b, Fig. 18, Taf. II). Es ist das ein Beleg dafür, dass die im lebenden Zustande der Wandung, respective dem Protoplasmaschlauche anliegende Inhaltsmasse durch die genannten Fixirungsmittel in der That rasch erstarrt. An Picrinsäurepräparaten ist die Contraction der Inhaltsmasse häufig so gering, dass es nicht gelingt, den Protoplasmaschlauch von der Inhaltsmasse zu unterscheiden. An jener Stelle aber, wo der Kern liegt, ist immer ein grösserer oder geringerer Hohlraum, und zwar in der Regel einseitig, zwischen dem Kern und dem Inhalt zu beobachten. Es scheint also, dass bei der Härtung der Kern sich etwas contrahire [1]).

Der Protoplasmaschlauch ist nicht bei jeder Behandlung leicht nachzuweisen. Alkoholmaterial lässt ihn entweder gar nicht — oder doch nur wenig überzeugend, und dies bei inhaltsarmen Eiweissschläuchen

1) Dieselbe Erscheinung beobachtete E. Schmidt (Ueber den Plasmakörper der gegliederten Milchröhren, Botan. Zeitg. 1882, Nr. 27 u. 28, p. 446) an den Kernen der Milchsaftschläuche von *Chelidonium*. Es wird an jener Stelle auch der Schwierigkeit, Protoplasmaschlauch und Inhaltsmasse auseinanderzuhalten, Erwähnung gethan.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

erkennen. Sehr vortheilhaft ist in dieser Beziehung das mit siedendem Wasser behandelte Material, insbesondere wenn man die Schnitte der Einwirkung des Millon'schen Reagenz aussetzt. Der contrahirte Eiweissballen in der Mitte nimmt eine tiefrothe Färbung an, während der Protoplasmaschlauch als hellbräunliche Linie, von der Wandung nur um Geringes abgehoben, deutlich verfolgbar ist. Das verschiedene Verhalten von Protoplasmaschlauch und Inhaltsmasse spricht für die Berechtigung der Unterscheidung von activem Eiweiss (Protoplasmaschlauch) und nicht activem, circulirendem (Inhaltsmasse), im Sinne Sachs.

Am schönsten konnte der Protoplasmaschlauch sichtbar gemacht werden durch Behandlung frischer Schnitte mit Säuren (H_2SO_4, HCl) mittlerer Concentration. Ich verwendete dazu die etiolirten Blattstiele von *Crambe cordifolia*. In den nicht sonderlich eiweissreichen Schläuchen tritt der Protoplasmaschlauch von der Wandung, in der Art, wie es plasmolysirte Zellen zeigen, zurück und innerhalb desselben finden wir, in Form mehrerer getrennter, stärker lichtbrechender Klumpen, von zackigem Umriss, die durch Einwirkung der Säure gefällte Eiweissmasse (Fig. 22, Taf. I).

Die Gerinnung des Inhaltes der Eiweissschläuche erfolgt bei Behandlung ganzer Pflanzentheile mit siedendem Wasser in gleicher oder doch sehr ähnlicher Weise, wie sie Fischer für den Siebröhreninhalt in unverletzten *Cucurbitaceen* beschreibt [1]). Auch folgert er, dass dieser Inhalt in der frischen Pflanze eine klare, körnchenfreie Flüssigkeit vorstelle, da die Flüssigkeit, welche aus abgeschnittenen Sprossen hervorquillt auf dieselbe Weise gerinne. Dafür spricht auch die Inhaltsbeschaffenheit der lebenden Eiweissschläuche, denn zwischen dem Inhalt dieser und jenem der Siebröhren der Cucurbitaceen (und vielleicht theilweise auch jenem der Geleit- und Uebergangszellen) herrscht Uebereinstimmung nicht nur in der bereits angeführten Reaction, sondern in einer ganzen Reihe solcher. Der geronnene Inhalt der Eiweissschläuche nimmt das Anilinblau ebenso reichlich auf, wie es der geronnene Siebröhrenschleim und der Inhalt der Geleitzellen speichert. Ferner zeigen frische mit Millon'schem Reagenz behandelte Schnitte von *Cucurbita*-Sprossen die Schlauchköpfe in den Siebröhren ähnlich carminroth gefärbt, wie es der Inhalt der Eiweissschläuche bei gleicher

1) Ueber den Inhalt der Siebröhren in der unverletzten Pflanze. Berichte der deutsch. botan. Gesellsch., 1885, Bd. III.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Behandlung wird. Auch G. Kraus[1]) führt für die in Wasser unlösliche, rückständige Substanz des ausgetretenen und eingetrocknet gewesenen Siebröhrenschleimes die schön rosa-purpurne Reaction mit dem Millon'schen Reagenz an. Der Farbenton, welchen die Inhaltsmassen der Eiweissschläuche bei Behandlung mit Millon'schem Reagenz annehmen, schwankt allerdings innerhalb ziemlich weiter Grenzen; vom Hell- bis zu Tiefcarminroth, mit Abweichungen in Ziegelroth, Krebsroth und selbst Bräunlichroth. Theilweise mögen diese Farbennuancen von der Dichte des Inhaltes abhängen, zum Theil aber dürften kleine stoffliche Verschiedenheiten und Beimengungen maassgebend sein. Eine solche Verschiedenheit des Inhaltes lässt sich auch aus dem Verhalten desselben gegenüber dem Picrocarmin schliessen. Der geronnene Inhalt der Eiweissschläuche speichert ziemlich intensiv den Farbstoff, aber bei manchen *Cruciferen* viel rascher als bei andern. Jener der Eiweissschläuche von *Crambe cordifolia* ist sehr schwer, oft gar nicht tingirbar. Bei manchen Pflanzen fällt selbst schon der durch Alkohol geronnene Inhalt der Eiweissschläuche durch einen abweichenden Farbenton auf. So ist es bei *Lepidium affine*; der feinkörnig gefällte Inhalt sieht hellbräunlichgelb aus, und eine abweichende Farbennuance wird auch durch das Hervortreten eines tiefbraunrothen Farbentons bei der Reaction mit Millon's Reagenz, und eines feurigrothen bei der Tinction mit Picrocarmin bemerkbar; letzterer Farbstoff wird übrigens erst nach langem Liegen der Schnitte in der Färbeflüssigkeit in genügender Menge aufgenommen.

Bestimmte Beimengungen des Inhaltes zu eruiren gelang mir nicht. Das Vorhandensein von Phosphaten darf nahezu mit Bestimmtheit vorausgesetzt werden. Nach Gerbsäure und Zucker wurde in den Eiweissschläuchen in allen Fällen vergeblich gesucht. Stärke konnte nur in einem Falle, nämlich bei *Arabis sagittata* nachgewiesen werden, wo die unscheinbaren Eiweissschläuche (Taf. I, Fig. 1) alle einen leicht nachweisbaren Gehalt an feinkörniger Stärke enthielten. Am besten gelang dieser Nachweis durch Zerstörung des protoplasmatischen Inhaltes durch Eau de Javelle; bei solcher Behandlung bleibt innerhalb 24 Stunden nur die Stärke ungelöst in den Eiweissschläuchen zurück und diese sind an den stärker verdickten Wandungen leicht von den übrigen Mesophyllzellen zu unterscheiden.

Auf die Eiweissnatur des Inhaltes der Eiweissschläuche weisen

---

2) Botanische Mittheilungen. Sonderabdruck aus den Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle, Bd. XVI, 1885, p. 19.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

noch folgende Reactionen. Die Raspail'sche Reaction: in starke Rohrzuckerlösungen gelegte frische Schnitte zeigen bei Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure die Eiweissschläuche schön carminroth gefärbt. Einlegen von Schnitten in concentrirte Salzsäure und darauf folgender Zusatz von Kalilauge hebt die Eiweissschläuche durch orangerothe Färbung hervor. Der Inhalt der Eiweissschläuche ist ferner durch sehr verdünnte Gerbsäurelösung, sowie durch Säuren fällbar [1]).

b) Verbrauch der in den Eiweissschläuchen enthaltenen Eiweissstoffe.

Schon einige anatomische Verhältnisse weisen auf einen regen Stoffverkehr zwischen den Eiweissschläuchen und den umgebenden Zellen hin. In Geweben, in denen das Intercellularsystem reducirt und von geringer Ausbildung ist — die Berührungsflächen der Zellen untereinander und mit den Eiweissschläuchen also ohnehin bedeutend sind, prägen sich solche Beziehungen naturgemäss weniger aus. Hierher gehören die im Mark und Rindenparenchym verlaufenden Eiweissschläuche. Anders verhält es sich im Diachym der Blätter, wo in Folge des lockeren Baues des Parenchyms den einzelnen Zellen ein grösserer Spielraum gewährt ist. Hier treten dann Verhältnisse zu Tage, welche die Beziehungen, die zwischen dem assimilirenden Parenchym und den Eiweissschläuchen herrschen, anzudeuten vermögen. Vor allem ist da die Thatsache hervorzuheben, dass die Oberfläche der Eiweissschläuche von den umliegenden Mesophyllzellen zum Ansatze im hohen Grade ausgenützt wird und dass relativ nur geringe Theile jener an Intercellularen grenzen. Ferner sieht man die Mesophyllzellen in der Umgebung der Eiweissschläuche Streckung und Verlängerung erfahren, um den Anschluss an den Eiweissschlauch zu erzielen. Einen solchen Fall stellt z. B. Fig. 5, Taf. III vor, welche einen Blattflächenschnitt, durch das Schwammparenchym geführt,

---

1) Minder günstig fällt die Reaction mit schwefelsaurem Kupfer und Kalilauge aus; eine schön violette Färbung der Eiweissschläuche gelang so gar nicht, nur eine sehr blassbläuliche wurde hie und da bemerkbar. Nach Poulsen (Botanische Microchemie, p. 34) soll die Reaction nur in jugendlichen Zellen auftreten. Ebenso misslang die Blutlaugensalz-Eisenchlorid-Reaction. (Vgl. Zacharias, Ueber Eiweiss, Nuclein und Plastin, Botan. Zeitg. 1883, p. 211).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

wiedergibt. Es ist dies kein Ausnahmefall — ähnliche Bilder begegnen uns zahlreich und bringen die oben ausgesprochene Tendenz mehr oder minder vollkommen zum Ausdrucke. Instructiv ist auch Fig. 6, Taf. III, wo der Eiweissschlauch, der in seinem grössten Durchmesser dargestellt ist und der also den umliegenden Mesophyllzellen an Grösse nahezu nachsteht, trotzdem sichtlich die Anordnung der Mesophyllzellen beherrscht. An Blattquerschnitten, welche die längsverlaufenden Eiweissschläuche senkrecht auf die Streckungsrichtung treffen, sieht man die umliegenden Mesophyllzellen, seien es Palissaden- oder Schwammparenchymzellen, büschelig und radienförmig um die Schlauchzelle gruppirt. Ich verweise auf die Figuren 18, b, Taf. I, und 3, 4, 7 und 8, Taf. III. Fig. 7 zeigt, dass die vom Eiweissschlauch entfernteren Palissaden ganz beträchtliche Krümmungen erfahren, um so den Anschluss an jenen zu gewinnen [1]).

---

1) Schimper (Ueber Bildung und Wanderung der Kohlehydrate in den Laubblättern, Botan. Zeitg. 1885, pg. 737 u. ff.) glaubt einer solchen Gruppirung des Mesophylls gar keine Bedeutung in Rücksicht auf den Stoffaustausch zuschreiben zu können. Ohne auf das spezielle Verhältniss des Mesophylls zu den Milchröhren einzugehen, welches Schimper zu dieser Erörterung führt, möchte ich doch der allgemeinen Giltigkeit seines Ausspruches entgegentreten. Schimper lässt solche Anordnung und Streckung durch entwicklungsmechanische Momente bedingt sein. Dieser Satz lässt sich nicht anfechten, aber einfach darum, weil ich ohne entwicklungsmechanische Momente überhaupt zu keiner Erklärung von Vorgängen, bei denen Wachsthum im Spiele ist, gelangen kann. Uebrigens verstehe ich, was Schimper meint, und sein l. c. gegebenes Beispiel, bezüglich dessen seine Erklärung zutreffen wird, kommt der richtigen Auffassung zu Gute. Schimper will die Streckung und die büschelige Anordnung der Palissaden ähnlich erklären, wie ich die (Ueber isolateralen Blattbau etc., Pringsheim's Jahrb., Bd. XV, pg. 552 u. ff.) schiefe Orientirung der Palissaden in Blättern und Sprossen, als durch Wachsthum und Streckung anderer Gewebeelemente des Blattes bedingt, zu erklären versuche und nicht als durch directen Einfluss des Lichtes auf die Palissaden entstanden gelten lassen will. In manchen Fällen mag die Schimper'sche Auffassung zutreffen, in andern, glaube ich, sicher nicht. Ich verweise hier besonders wieder auf den Taf. III, Fig. 6 dargestellten Fall. Und wenn man, bei langgestreckten Eiweissschläuchen, die Streckung der Palissaden etwa als durch die grössere Wachsthumsenergie der Schlauchzellen bedingt, als Folge eines durch sie ausgeübten Zuges erklären will, warum findet man eine ähnliche Streckung (oder eine büschelige Anordnung) nicht auch um die einzelnen mechanischen Faserelemente, welche die Blätter mancher Pflanzen durchziehen? Ich verweise ferner auf die Fig. 2, Taf. XXIX in meiner Abhandlung über isolateralen Blattbau. In dem dargestellten Blattquerschnitte von *Scabiosa ucrainica* sind die Palis-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Die Mesophyllzellen treten in festen Verband mit den Eiweissschläuchen, was die Eindrücke, welche die Ansatzstellen aller Mesophyllzellen an der Wandung der Eiweissschläuche hinterlassen und in Folge derer die Oberfläche der Schläuche ein höckeriges Aussehen erhält, beweisen. Diese Verbindung wird noch fester gestaltet durch kleine Aussackungen, welche die Eiweissschläuche, wenigstens bei einigen *Cruciferen*, in die ihnen aufsitzenden Mesophyllzellen treiben. (Vgl. die Figuren 7 u. 17, Taf. I). In jedem Falle bewirken diese Verzapfungen eine Vergrösserung der sich berührenden Oberflächen von Eiweissschlauch und Mesophyllzelle. Ueberdies scheint die Wandung des Eiweissschlauches an den Zapfen verdünnt zu sein und so ein leichterer Stoffaustausch an diesen Stellen ermöglicht zu werden. Von der Fläche gesehen, machen die Zapfen dem Beschauer den Eindruck von Tüpfeln. Offenbar sind diese Bildungen ganz die gleichen, wie sie De Bary[1]) auch für die Milchröhren beschreibt.

Andererseits wäre hier noch das häufige Anschliessen der Eiweissschläuche an die Leitungsbahnen zu erwähnen: das Anlegen von im Mesophyll liegenden Eiweissschläuchen mit Armen oder Enden an die Gefässbündel, die Thatsache, dass bei andern *Cruciferen* die Eiweissschläuche nur mehr an den Leitbündelbahnen zu finden sind, sei es als Vertreter einzelner Leitscheidenzellen, oder von Zellen der mechanischen Belege, oder als Glieder und Bestandtheile des Siebtheils der Gefässbündel selbst.

In dem descriptiven Theile habe ich mehrfach zu erwähnen gehabt, dass mir bei Pflanzen mit, der Form und der Grösse nach, wenig auffälligen Eiweissschläuchen, diese zunächst entgingen, da sie

---

sadencurven (sit venia verbo) doch sicher mit der Ableitung der Assimilate an die „Leitscheiden" betraut, denn ein anderweitiges Zuleitungsgewebe zu den so typisch ausgebildeten Leitscheiden existirt nicht. Hier kann man doch die büschelige Anordnung der Palissaden um die Leitscheiden nicht als etwas Zufälliges und Nebensächliches betrachten? Das Zustandekommen dieser prägnanten Anordnung auf entwicklungsmechanischem Wege leugne ich gewiss nicht; aber ich meine, sie beruhe auf einer activen Wachsthumsbethätigung der Mesophyllzellen nach den Orten und Elementen hin, mit denen ein Stoffaustausch geboten ist. In dem Falle also nach den Leitscheiden, in unserem speciellen Falle nach den Eiweissschläuchen hin.

1) Vergleichende Anatomie p. 195: „Die Seitenwände der Milchröhren zeigen besonders im Alter oft sehr kurze und zahlreiche (allerdings auch oft mit dünner Wand versehene) Aussackungen, welche in der Flächenansicht das Bild zart umschriebener Tüpfel geben".

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

ob geringen Eiweissgehaltes auch durch charakteristische Tinction nicht hervorgehoben werden konnten. Erst wiederholtes Nachsuchen und die Vornahme von Individuen, welche einen grösseren Eiweissreichthum besassen, respective auch die Vornahme derselben Pflanzen in andern Entwicklungsstadien, führte bei jenen Arten zum Nachweis der Eiweissschläuche. Schon daraus, sowie aus den Schwankungen in dem Farbenton, mit welchen die Eiweissschläuche bei Behandlung mit geeigneten Reagentien hervortraten, und aus der oft leicht zu constatirenden Thatsache, dass die Menge des geronnenen Eiweisses in den Eiweissschläuchen verschiedener Individuen oder verschiedener Theile des gleichen Individuums sehr wechselt, konnte die auch von vornherein plausible Annahme gestellt werden, dass der Inhalt der Eiweissschläuche im Stoffwechsel der Pflanze eine bedeutsame Rolle spiele.

Die Fälle, in denen Eiweissschläuche bei *Cruciferen*-Arten ursprünglich nicht gefunden wurden, bei wiederholtem Nachsuchen aber constatirt werden konnten, erklären sich auch ganz einfach. Mit Ausserachtlassung jener Arten, wie *Biscutella lyrata, Bunias Erucago*, bei denen die Eiweissschläuche überhaupt eine äusserst geringe Ausbildung erfahren und zugleich auch der Zahl nach sehr selten sein können (*Biscutella lyrata*), kann gesagt werden, dass die betreffenden Individuen sich zum Theil in einem wenig erstarkten Stadium, bald nach der Keimung, befanden. Mit den geringen zur Assimilation vorhandenen Mitteln wurde von ihnen nur so viel plastisches Material erzeugt, als zur Noth für die weitere Organbildung reichte; zur Ablagerung irgend eines Ueberschusses kam es bei ihnen nicht, sie lebten so zu sagen von der Hand in den Mund. Anderntheils waren die Pflanzen solche, die nur eine kurze, rasch zu durchlaufende Lebensperiode haben und die, wenn sie nahe dem Zeitpunkte der Fruchtreife untersucht wurden, schon nahezu ausgelebt hatten. Ihre plastischen Materialien hatten sie aus den vegetativen Organen an die reproductiven abgegeben. So fand ich Sprosse und Blätter einer *Isatis tinctoria*, welche bereits reife Samen trug, bei Vornahme der Eiweissreaction mit dem Millon'schen Reagenz anscheinend ohne Eiweissschläuche, während bei in der Vegetation noch weit zurück und vor der Blüthe stehenden Sprossen eines andern *Isatis*-Stockes der Nachweis der Eiweissschläuche mit Hülfe der Millon'schen Eiweissreaction sofort gelang. Ebenso fand ich die Eiweissschläuche nicht in den Stengeltheilen und Blättern dem Endpunkte ihrer Vegetation augenscheinlich naher Pflanzen von *Dentaria bulbifera*, während sie in den Zwiebel-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

knospen, welche diese Zahnwurz bekanntlich in den Achseln der Laubblätter ausbildet, sofort nachweisbar waren.

Für die Bedeutung der in den Eiweissschläuchen vorhandenen Stoffe spricht auch die Thatsache, dass schon im Keimling des Samens Eiweissschläuche in grosser Zahl gefunden werden können. Trotzdem wurde der Verbrauch und die Abfuhr der in den Schläuchen vorhandenen Eiweissstoffe noch durch einige einfache Versuche erwiesen.

Samen vom weissen Senf wurden in zwei Töpfen in gleicher Zahl ausgesäet, die aufgehenden Keimpflänzchen des einen Topfes im Dunkeln, die des andern im Lichte gezogen. Nach 14 Tagen wurden die Pflänzchen beider Töpfe in Bezug auf die Eiweissschläuche untersucht. Das Resultat war folgendes. Im hypocotylen Gliede (das bei den etiolirten Pflänzchen nahezu die doppelte Länge gegenüber jenem der im Lichte gewachsenen erreicht hatte) waren die Differenzen im Eiweissgehalt der Eiweissschläuche nicht gross. In beiden Culturen war es indess feststellbar, dass gegen die Spitze des Pflänzchens zu ein grösserer Gehalt an Eiweiss in den Schläuchen vorhanden war; in den unteren Partien des Hypocotyls waren die Eiweissschläuche entleert, höher oben enthielten die Schläuche noch geringe Reste von Eiweiss. Schärfer trat ein Unterschied in den Cotyledonen zu Tage. In jenen der Dunkelcultur waren die Eiweissschläuche mit wenig, einseitig zusammengeflossenem Eiweiss erfüllt, während in jenen der im Lichte gestandenen Pflänzchen die Eiweissschläuche dicht mit in Körnerform geronnenem Eiweiss erfüllt waren. Uebrigens konnte auch an im Lichte erwachsenen Keimlingen bei weiterer Cultur eine nahezu völlige Erschöpfung des Eiweissgehaltes in den Schlauchzellen beobachtet werden.

Es wurden ferner zwei gleich alte, einzeln eingetopfte, möglichst gleiche Pflanzen von *Sinapis alba*, welche eine Höhe von 22 cm erreicht hatten, so zu einem Versuche verwendet, dass die eine im Lichte belassen, die andere durch einen darüber gestülpten Pappecylinder verfinstert wurde. Vor der Versuchsanstellung waren die Eiweissschläuche in, auf gleicher Höhe, abgenommenen Blättern an Eiweissgehalt jedenfalls nahezu übereinstimmend; er war nicht sehr bedeutend, doch immer so, dass die Eiweissschläuche leicht gefunden werden konnten. — Nach einigen Tagen wurden abermals Blätter aus gleicher Höhe geprüft. Jenes der verdunkelten Pflanze zeigte nahezu keinen Eiweissgehalt in den Schläuchen, während diese im Blatte der beleuchtet gewesenen Pflanze noch annähernd so viel Eiweiss enthielten als zu Anfang des Versuches. Hingegen waren auch bei der beleuch-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

teten Pflanze in den unteren, inzwischen verfärbten Blättern nur Spuren von Eiweiss in den Schläuchen zu finden. Der Versuch wurde bis zum 10. Tage etwa fortgesetzt. Nach diesem Zeitraume trat der Unterschied zwischen den beiden Pflanzen klar zu Tage. Es wurden die Stengel beider in drei Theile getheilt und aus jeder Region Schnitte auf den Eiweissgehalt der Eiweissschläuche mit Millon'schem Reagenz geprüft. Bei beiden Pflanzen war eine Steigerung des Eiweissgehaltes gegen den Gipfel bemerkbar; aber während bei dem verdunkelt gewesenen Stocke erst in den obersten Internodien die Eiweissschläuche durch eine röthliche Färbung hervortraten, war bei dem im Lichte verbliebenen in den Eiweissschläuchen mittlerer Internodien schon ein reicherer Gehalt an Eiweiss deutlich erkennbar, und in den obersten traten sie durch eine tiefcarminrothe Reaction hervor. Ein Zuwachs und eine Weiterbildung von Blättern war an dem verdunkelt gewesenen Exemplar nicht bemerkbar. Die Blätter erwiesen sich auf Grund der Sachs'schen Jodprobe als vollkommen stärkeleer, während die Blätter der 2. Pflanze einen ziemlich ansehnlichen Gehalt an Stärke wiesen.

Ein ähnliches Resultat ergab *Sinapis alba* bei folgendem Versuche. Einer etwa 26 cm hohen, eingetopften Pflanze wurde der Gipfel und sämmtliches Laub abgeschnitten und selbe so lange weiter gepflegt, bis aus mehreren Blattachseln Seitensprosse bis zur Grösse von 1—3 cm sich entwickelt hatten. Nun, nach 20 Tagen, wurde der Hauptstamm in Bezug auf die Eiweissschläuche untersucht. Dieselben traten hier auf die Reaction mit Millon'schem Reagenz nicht hervor; sie waren durch die ausgetriebenen Knospen ihres Gehaltes an Eiweiss beraubt worden. In den jungen Seitentrieben liessen sich Eiweissschläuche leicht nachweisen.

Es wurde auch zu ermitteln gesucht, ob Dichtsaat auf die Ausbildung der Eiweissschläuche respective auf die Eiweissmengen in denselben von Einfluss sei. In einem kleinen Töpfchen entwickelten sich bei 30 Pflanzen von *Brassica nigra*. Von einigen fusshohen Exemplaren führten alle Uebergänge zu Pflänzchen hinüber, welche ausgeprägt nanistisch waren; die zwergigsten Individuen waren 5—6 cm hoch, hatten 4—5 kleine Blättchen und schlossen mit einer oder zwei Blüthen ab. Alle diese Pflänzchen aber verhielten sich in Bezug auf den Eiweissreichthum der Schlauchzellen nahezu gleich. Ueberall waren Eiweissschläuche nachweisbar — natürlich sank die Zahl der vorhandenen proportional mit der verminderten Grösse der Individuen, also proportional mit der gesteigerten Hemmung in der Entwicklung.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Diese Hemmung ist in diesem Falle offenbar durch die Culturbedingungen gegeben, welche die Pflanzen auf eine gewisse Reduction der Organanlagen hinführen, ohne dass damit in dem gebildeten Pflänzchen ein besonderer Mangel an Bildungsstoffen parallel zu gehen braucht.

c) Wie verhalten sich die Eiweissschläuche in den überwinternden Organen?

Das Vorhandensein der Eiweissschläuche in den mit Reservestoffen vollgepfropften Zwiebelknospen von *Dentaria bulbifera* legte den Gedanken nahe, dass auch in den überwinternden Organen mehrjähriger *Cruciferen* Eiweissschläuche nicht nur vorhanden seien, sondern auch lebensthätig und wahrscheinlich mit gespeicherten Eiweissstoffen reich erfüllt gefunden werden dürften. Zwei Pflanzen, an denen ich diese Frage zu beantworten suchte, gaben bestätigende Antwort. Die eine, *Iberis sempervirens*, überwintert auch mit oberirdischen Organen, Stengeln und Blättern, die zweite, *Crambe cordifolia*, zieht zwar die Sprosse ein, perennirt aber mit mächtigen Rhizomen.

Iberis sempervirens wurde Ende Jänner l. J. unter dem Schnee herausgegraben. Sowohl die Eiweissschläuche in den Blättern als auch jene in den Sprossen waren sehr reich an Eiweiss. Von den Sprossen wurden 1—3jährige untersucht und alle gleich eiweissreich befunden. Besonders zahlreich finden sich die Eiweissschläuche in dem Siebtheil und sie heben sich durch besonders intensive Reactionen noch deutlich ab, wenngleich alle Zellen des Cambiums und des Siebtheils in der winterlichen Ruheperiode sehr eiweissreich sind.

Bei *Crambe cordifolia* finden wir mächtige, mit den Grössenverhältnissen der im Sommer zur Entwicklung kommenden, über $1^1/_2$ Meter hohen Sprosse und deren gewaltigen Blättern harmonirende Rhizome. Diese im Boden annähernd horizontal verlaufenden Rhizome zeigen eine durch secundäre Veränderungen hervorgerufene Dorsiventralität. Der unter der Erde befindliche Theil hat einen mehr minder elliptischen Querschnitt; nach oben, aussen finden wir secundäre Rinde, auf diese folgt das Cambium und jenseits desselben bis an die untere Peripherie Xylem. Ringsum wird durch abgestorbenes Gewebe eine Art Borke gebildet, die an der Oberseite aus Rindenparenchym, an der Unterseite aus Xylemelementen — an den Flanken theils aus Rinden — theils aus Xylemelementen besteht. An der oberen Seite findet sich unter den abgestorbenen Zelllagen eine korkartige Lamelle. Dieser eigenartige Bau der Rhizome kommt offenbar durch das Zugrunde-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

gehen des grösseren Theiles einer ursprünglich radiären Rhizomanlage zu Stande; die untere Hälfte fault ab und nur die obere bleibt zum Theil erhalten. Die Rhizome treten mit einem Laubtrieb über die Erde; dieser erhält knapp vor dem Verlassen des Bodens den Bau eines normalen Sprosses. Ein Kalluswulst trennt an der Sprossunterseite diesen Sprosstheil von dem rhizomartigen, welcher durch Absterben gewisser Gewebepartien — secundär dorsiventral geworden ist.

Der stark entwickelte Xylemtheil besteht der Hauptsache nach aus unverholztem Holzparenchym und dasselbe durchsetzenden Markstrahlen. Im Holzparenchym liegen die grossen Netzgefässe, die einzigen verholzten Elemente; sie fallen durch ihre geringe Höhe auf, der häufig ihr Breitendurchmesser gleichkommt. Die Siebtheile liegen in der secundären Rinde mit den Gefässreihen im Holze correspondirend angereiht; sie sind sehr schmal und keilen sich nach aussen in einer einzigen Zellreihe aus. Entsprechend verbreitern sich die aus dem Holze kommenden Markstrahlen in der Rinde.

Die Reactionen weisen ziemlich viel Stärke im Markstrahlengewebe (im Holztheil und in der secundären Rinde) und ausserdem zahlreiche, Eiweissschläuche, in denselben Geweben, doch spärlicher innerhalb der Markstrahlen des Holzes nach. Die Gestalt der Eiweissschläuche ist von der Gestalt der umliegenden Zellen wenig verschieden, nur einzelne sind etwas in die Länge gestreckt. In den Siebtheilen selbst sind sie jedenfalls sehr spärlich vertreten, doch scheinen vereinzelte darin vorzukommen. Die Siebröhren sind wenigstens im Winter leicht zu unterscheiden, da starke Kallusplatten sie verschliessen; die Siebplatten sind innerhalb der Kallusbelege kaum erkennbar. Die Tinction mit Anilinblau ist sehr vortheilhaft anwendbar. Die Kallusbelege erscheinen dann hellblau, die Eiweissschläuche dunkelblau gefärbt; auch unterscheidet man letztere noch leicht an der Körnelung der Inhaltsmasse. Mit Picrocarmin färben sich die Kallusplatten nicht, auch bleibt bei dieser Pflanze der Inhalt der Eiweissschläuche, selbst nach 24stündigem Liegen in der Färbeflüssigkeit, bis auf die Zellkerne untingirt. Es ist kaum zu zweifeln, dass der reiche Eiweissgehalt in den Schlauchzellen der *Crambe*-Rhizome als Reservestoff gespeichertes Eiweiss vorstellt.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

d) Sind die Eiweissschläuche blos als Eiweissstoffe speichernde oder auch als specifische Eiweiss bildende Zellen anzusehen?

Wenn auch allgemein angenommen wird, dass die Fähigkeit Eiweissstoffe zu bilden jeder lebenden Zelle zukomme [1]), so ist die Anschauung doch nicht weniger verbreitet, dass bei den höher organisirten Pflanzen specifische Bildungsstätten für Eiweissstoffe sich differenzirt haben. So erblickt Sachs [2]) in den Siebröhren specifische Eiweiss bildende Elemente, während Fischer [3]) die Siebröhren nur für die Leitung der Eiweissstoffe in Anspruch nimmt, die Bildung derselben aber den Geleitzellen und den von ihm und Koch [4]) aufgefundenen „Uebergangszellen" (A. Koch's „peripherischen Zellen") zuschreibt. Alle diese Annahmen sind hypothetischer Natur und nur mehr oder weniger durch Wahrscheinlichkeitsgründe gestüzt.

Auch für die Eiweissschläuche lässt sich annehmen, dass sie ausser der Function der Eiweissspeicherung möglicherweise auch jene der Eiweissbildung vollführen. In der That bietet das Verhalten ihres Inhaltes, wie schon an anderer Stelle ausgeführt, so viele Beziehungen zu den Siebröhren und Geleitzellen, dass auch auf theilweise Verwandtschaft der functionellen Aufgaben dieser histologischen Elemente gedacht werden muss. Einen directen Beweis für die Eiweissbereitung in den Eiweissschläuchen zu geben, bin ich allerdings durchaus nicht im Stande und ich zweifle, ob ein solcher vorderhand überhaupt geführt werden könnte.

Hervorzuheben ist, dass uns die Eiweissschläuche der Blätter vieler *Cruciferen* einen Fall vorführen, in dem Eiweissbildung im Mesophyll stattfindet, sei es nun in den Eiweissschläuchen selbst oder

---

1) Vgl. Pfeffer, Pflanzenphysiologie I, p. 245 und Sachs, Vorlesungen p. 392.

2) Ibidem. Sachs theilt mit Holzner auch der Oxalsäure eine bedeutende Rolle bei der Bildung der Eiweissstoffe zu. Wenn nun Sachs auch ausdrücklich bemerkt, dass die Bildung von Oxalatcrystallen bei diesem Processe nicht unumgänglich nöthig sei und dies einleuchtend erscheint, so bemerke ich doch, dass ich bei keiner der untersuchten *Cruciferen* irgendwo Oxalatcrystalle vorfand.

3) Studien über die Siebröhren der Dicotylenblätter, Leipzig 1885, p. 37.

4) Ueber den Verlauf und die Endigungen der Siebröhren in den Blättern, Botan. Zeitg. 1884, p. 401.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

in den umgebenden, assimilirenden Zellen, welche dann die gebildeten Eiweissstoffe an den Eiweissschlauch als locale Speicherzelle abführen würden. Die Bildung von Eiweissstoffen im assimilirenden Parenchym erscheint FISCHER[1]) wenig wahrscheinlich, da, selbst wenn eine leicht diosmirende Modification des Eiweisses im Mesophyll entstünde und so der Durchwanderung der Stoffe bis zu den Leitbahnen keine zu grossen Schwierigkeiten erwüchsen, doch durch die zeitweilige Anhäufung der Eiweissstoffe in den assimilirenden Zellen, sowie durch deren Bildung selbst eine Hemmung und Herabsetzung der Assimilation resultiren würde. Die im Mesophyll so vieler Kreuzblüther vorkommenden Eiweissschläuche erweisen nun, dass hier in der That oft eine Ableitung der in den Schläuchen vorhandenen Eiweissstoffe durchs assimilierende Parenchym zu den Leitungsbahnen und Bedarfsorten erfolgen muss, da ja dort, wo die Eiweissschläuche im Mesophyll vorwiegend auftreten, nur ein geringer Theil derselben an die Nerven direct anschliesst, die Mehrzahl derselben hingegen rings von assimilirenden Parenchymzellen umschlossen ist. Die Thatsache, dass im Bedarfsfalle ein Wegführen der Eiweissstoffe aus den Schlauchzellen eintritt, haben wir ja im Vorhergehenden — wie ich glaube — genügend beleuchtet. Von der Annahme einer solchen Fortleitung durchs assimilirende Parenchym liesse sich nur dann absehen, wenn man die Eiweissschläuche als Speicherzellen, lediglich für die Regeneration der Eiweissstoffe in den unmittelbar anliegenden Zellen bestimmt, auffassen wollte. Ein so beschränkter Wirkungskreis der Eiweissschläuche scheint mir aber wenig wahrscheinlich.

Die Thatsache, dass die Eiweissschläuche sowohl in grünen Organen als in chlorophyllfreien, sowohl in beleuchteten als in dem Lichte entzogenen vorkommen, zeigt uns ferner, dass die Eiweissbildung — wenn eine solche überhaupt stattfindet, vom Chlorophyll und der Beleuchtung nicht direct abhängig ist. Auch in verdunkelten Pflanzentheilen füllen sich die Eiweissschläuche mit Eiweissstoffen an, wenn nur andere Theile der Pflanze eine genügende Assimilationsthätigkeit vollführen können. Ein solches Verhalten erklären uns ja schon die Hefezellen, welche aus Zucker bei Anwesenheit der nothwendigen anorganischen Salze Eiweissstoffe zu erzeugen vermögen.

Ich dachte der Frage, ob die Eiweissschläuche die in ihnen enthaltenen Eiweissmengen selbst erzeugen, vielleicht durch Ermittlung der Art, in welcher Nitrate und Nitrite in dem die Eiweissschläuche

1) Studien über die Siebröhren der Dicotylenblätter, p. 36.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

umgebenden Gewebe vertheilt sind, näher treten zu können. Die Erfahrung lehrte indess, dass die an sich so schöne Reaction mit Diphenylamin, welche Molisch[1]) bekannt gegeben hat, einen Verfolg der Vertheilung dieser Stoffe in den Zellen nicht gestattet[2]).

Für die specifische Befähigung der Eiweissschläuche zur Eiweissbildung kann als Argument die scharfe Localisirung der durch ihre Reactionen vom Protoplasma der übrigen Zellen wohldifferenzirten Eiweissstoffe auf bestimmte Zellen, eben die Eiweissschläuche angeführt werden. Man sollte meinen, dass man besonders im chlorophyllfreien Parenchym eine sich steigernde Anhäufung dieser Eiweisssubstanzen in den die Eiweissschläuche umgebenden Zellen vorfinden müsste, wenn jene blos Speicherorte repräsentiren würden. — Die Bildung der Eiweissstoffe selbst aber könnte entweder aus amidartigen Körpern oder aus Kohlehydraten und den nothwendigen Salzen, welche den Eiweissschläuchen zugeführt werden, erfolgen. Einen Hinweis darauf, dass die Kohlehydrate hierbei eine Rolle spielen, gibt vielleicht der allerdings ganz vereinzelt dastehende Nachweis von Stärke in den

---

1) Ueber den microchemischen Nachweis von Nitraten und Nitriten in der Pflanze mittelst *Diphenylamin* oder *Brucin*. Berichte der deutsch. botan. Gesellsch., Jahrg. 1883, Bd. I, p. 150.

2) Ich führe nur kurz die Resultate der bei folgenden *Cruciferen* vorgenommenen Prüfung auf Nitrate und Nitrite an:

Moricandia arvensis. Schnitte durch die Blätter wie auch solche durch die Stengel gaben eine intensive Reaction. An den Stengelschnitten schien die Reaction stärker in der Rinde zu sein, in der sie auch zuerst auftrat. (Eiweissschläuche bekanntlich nur subepidermal).

Crambe cordifolia. Schnitte durch den Blattstiel, Reaction sehr deutlich.

Hesperis matronalis. (Pflanze schon nahe der Fruchtreife.) Schnitte durch den Stengel; kaum Spuren einer Reaction.

Diplotaxis tenuifolia. Stengel. Reaction sehr deutlich.

Rapistrum perenne. Stengel. Reaction schwach, doch noch deutlich.

Lepidium affine. Stengel. Reaction sehr deutlich.

Eruca cappadocica. Desgleichen.

Biscutella cyrata. Stengel. Reaction deutlich.

Iberis sempervirens. Desgleichen.

Alle untersuchten *Cruciferen* enthielten sonach Nitrate oder Nitrite und zwar die in voller Vegetation stehenden Pflanzen der Reaction nach in reichlichem Maasse. Ein Zusammenhang in der Stärke der Reaction mit dem Vorhandensein oder Fehlen der Eiweissschläuche existirt aber nicht. Eine *Cleome purpurascens*, bei welcher Pflanze Eiweissschläuche nicht nachgewiesen werden konnten, gab mit Diphenylamin die intensivste Reaction; — sie wuchs eben im Mistbeet.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

kleinen Eiweissschläuchen von *Arabis sagittata*. Allerdings sind in der Regel weder Stärke noch Zucker in den Eiweissschläuchen nachweisbar, aber man darf annehmen, dass es zu einer Häufung der betreffenden Kohlehydrate in den Eiweissschläuchen gar nicht komme, dass sofort bei ihrem Eintritt die Inanspruchnahme zur Bildung der Eiweissstoffe erfolgt. Ist es doch auch eine als gesichert geltende Thatsache, dass die Cellulose im Endosperm der Dattel durch die Einwirkung des Saugorgans zunächst in Zucker und dann im Parenchym des Saugorgans in Stärke übergeführt wird, und doch ist es nicht möglich, im Epithel des Saugorgans, durch das doch die Umwandlungsproducte der Cellulose hindurchtreten müssen, Zucker oder Stärke nachzuweisen. Und ganz ähnliche Verhältnisse finden wir bei vielen keimenden Samen.

Nun sind aber die Eiweissschläuche in den Blättern von *Arabis sagittata* äusserst unscheinbare Zellchen, welche den Eindruck eines rückgebildeten histologischen Elementes erwecken; es wäre desshalb denkbar, dass sie auch schon weniger functionstüchtig seien, so dass nicht aller eintretende Zucker sofort bei der Eiweissproduction bewältigt werden, und darum zum Theil in Stärke verwandelt und solche gespeichert werden könnte.

In jedem Falle kommt aber den Eiweissschläuchen die Function zeitweiliger Eiweissspeicherung zu. Am deutlichsten wird dies durch das Vorkommen und die pralle Füllung der Eiweissschläuche in ruhenden Organen erwiesen, wie z. B. in den Rhizomen von *Crambe cordifolia*, in den überwinternden Pflanzen von *Iberis sempervirens* und in den Zwiebelknospen von *Dentaria bulbifera*.

Die Eiweissschläuche repräsentiren gleichsam dislocirte Proviantdepots, welche im gegebenen Bedarfsfalle auf kurzem Wege den Bezug der nöthigen Eiweissmengen sicher stellen. Der Verbrauch des in den Eiweissschläuchen vorhandenen Inhaltes, einerseits bei verhinderter Assimilation, andererseits bei stark wachsenden Pflanzen, bei denen der Consum an plastischem Material die Production überwiegt, zeigt, dass im Bedarfsfalle thatsächlich nach diesen Vorräthen gegriffen wird.

In der Vertheilung der Eiweissschläuche in den Geweben herrscht aber grosse Mannigfaltigkeit. Bei *Crambe cordifolia* z. B. finden wir eine möglichst reiche Verbreitung derselben; sie kommen vor im Diachym des Blattes, in Rinde, Mark und Stranggewebe des Stengels. Dabei trifft man sie im Stengel im Collenchym, im assimilirenden und im chlorophyllfreien Parenchym, in den mechanischen Belegen und den Siebtheilen der Gefässbündel. Dies ist eine Mannigfaltigkeit

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

des Vorkommens, welche lebhaft an jene der Siebröhren bei den *Cucurbitaceen* erinnert, wie selbe FISCHER[1]) in einer schönen Arbeit kürzlich nachgewiesen hat. Bei andern *Cruciferen* tritt dann allerdings eine ziemlich enge Localisirung der Eiweissschläuche auf. So tritt bei zahlreichen Arten gewissermaassen eine Tendenz hervor, dieselben den Eiweissleitenden-Bahnen und somit den Gefässbündeln zu nähern oder gänzlich anzuschliessen. Eine eigenartig localisirte Vertheilung der Eiweissschläuche haben wir ferner bei *Moricandia arvensis* kennen gelernt.

Diese Mannigfaltigkeit in der Vertheilung der Eiweissschläuche wird allerdings, wie ich glaube, erst dann begreiflich, wenn man die phylogenetische Herkunft der Eiweissschläuche berücksichtigt. Vorgreifend späteren Auseinandersetzungen bemerke ich hier, dass wir in ihnen auf verschiedener Stufe der Rückbildung stehende histologische Elemente zu erblicken haben, welche während des Rückbildungsprocesses eine neue Function übernommen haben. Dieser Function haben sich die rückgebildeten Elemente in einzelnen Gliedern der *Cruciferen*-Gruppe hochgradig angepasst; die Rückbildung wurde desshalb sistirt und kann möglicherweise im Sinne der neuen Function sogar zu weiterer Ausbildung vorschreiten. In andern Gliedern sind die Fortschritte der rückgebildeten Elemente im Sinne der neuen Function geringe, in wieder andern gar nicht vorhanden, so dass bei ihnen an dem schliesslichen Untergang dieser Elemente kaum zu zweifeln ist. Ein solcher Ausfall der Eiweissschläuche scheint thatsächlich schon erreicht zu sein bei jenen *Cruciferen*, wo, wie bei *Camelina sativa*, *Bunias orientalis* etc., neuerliche Prüfung das bereits äusserst wahrscheinliche Fehlen der Eiweissschläuche bestätigen dürfte.

e) Die Entwicklung der Eiweissschläuche.

Die Differenzirung der Eiweissschläuche erfolgt augenscheinlich sehr früh. Der Same von *Sinapis alba*, von *Brassica nigra*, und wahrscheinlich aller *Cruciferen*, enthält keine Stärke, sondern nur fettes Oel und Aleuronkörner. An dünnen Schnitten durch die Cotyledonen ist es aber erkennbar, dass trotz der ausgesprochenen Eiweissreaction, welche alle Zellen bei Behandlung mit Millon'schem Reagenz

1) Untersuchungen über das Siebröhrensystem der *Cucurbitaceen*, Berlin 1884.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

geben, doch bestimmte Zellen durch besonders intensive, blutrothe Färbung unterschieden sind; diese Zellen sind wohl als die bereits differenzirten Eiweissschläuche anzusprechen. Ich fand dieselben an Querschnitten durch die Cotyledonen von *Sinapis alba* in Grösse und Gestalt von den umgebenden Zellen nicht verschieden. Lagen sie auf der Oberseite des Cotyledo, so hatten sie Palissadenform, lagen sie auf der Unterseite, so erschienen sie als mehr oder minder isodiametrische Zellen. Bei *Brassica nigra* hingegen hoben sich die meisten Eiweissschläuche in den Cotyledonen des reifen Samens auch durch ihre ansehnlichere Grösse von den umgebenden Zellen ab.

Untersucht man Vegetationspunkte von *Cruciferen*-Sprossen, so erkennt man die Eiweissschläuche unmittelbar unter dem Urmeristem, in jener Gewebepartie, in der eine Differenzirung eben bemerkbar wird. Das Urmeristem ist überhaupt in seiner Totalität so eiweissreich, und zeigt mit Millon'schem Reagenz eine dem entsprechende Reaction, dass eine Unterscheidung der Eiweissschläuche daselbst kaum denkbar erscheint. Es widerspräche solches übrigens auch dem Begriffe Urmeristem. Im allgemeinen kann man sagen, dass die Eiweissschläuche überall da erkennbar sind, wo die Procambiumstränge differenzirt werden. Natürlicher Weise erscheinen in den jugendlichen Geweben hinter dem Vegetationspunkt die Eiweissschläuche viel zahlreicher als in ausgewachsenen; im umgekehrten Verhältniss steht aber ihre Grösse hier und dort. Die stärkere, den Eiweissschläuchen specifisch zukommende Wachsthumsenergie ist allerdings auch in jugendlichen Geweben schon durch die grösseren Dimensionen der Schlauchzellen ausgeprägt, aber diese Wachsthumsenergie dauert noch lange an und bethätigt sich vielleicht noch dann, wenn das umliegende Gewebe das Wachsthum bereits abgeschlossen hat.

Schon in der vorläufigen Mittheilung wurde darauf hingewiesen, dass sich die specifische Wachsthumsenergie der Eiweissschläuche dadurch deutlich zu erkennen gibt, dass dieselben im Mesophyll der Blätter und im Parenchym der Stengel, ihre zugeschärften Enden und Auszweigungen sichtlich nach den Orten geringsten Widerstandes austreiben (l. c. Figuren 6, 11, 12 und 13). Die Eiweissschläuche im Blatte von *Moricandia arvensis* umfassen oft förmlich die umliegenden Palissaden mit Fortsätzen, und wo Eiweissschläuche im Parenchym des Markes vorkommen, sieht man leicht, dass ihre schliessliche Gestalt und Grösse theilweise von ihrer Lage innerhalb der umgebenden Parenchymzellen abhängt. Liegt der Eiweissschlauch etwa unter gleichmässig rechteckigen oder quadratischen Zellen, und bilden diese

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

regelmässige Reihen, dann bleibt er in der Regel klein, und kommt nicht so leicht zur Bildung von Fortsätzen; liegt der Eiweissschlauch gleichsam zwischen zwei Zellreihen, als eine unregelmässig abgeschnittene Zelle, dann wächst er gewöhnlich, die beiden Zellreihen trennend, lang schlauchförmig aus, indem es ihm gelingt, die Zellreihen in der Richtung der Mittellamelle auseinanderzuschieben. So erklären sich auch meist die einerseits spitz — andererseits stumpf, mit breiter Basis, endenden Eiweissschläuche, wie sie im Markgewebe so zahlreich zu finden sind. Die spitzen Auszweigungen und Enden der Eiweissschläuche sind alle durch das beim Wachsthum sich geltend machende Raum- und Platzgewinnen durch Einschieben zu erklären (vgl. Fig. 12, Taf. II.).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

III. Phylogenetische Deutung. Eiweissschläuche und Milchröhren.

Schon in der vorläufigen Mittheilung wurde dem Gedanken Ausdruck gegeben, dass die Eiweissschläuche der *Cruciferen* phylogenetisch von den gegliederten Milchröhren der *Papaveraceen* abzuleiten seien, und auch im Voranstehenden musste ich diese Vorstellung bereits wiederholt streifen. Durch die vorliegenden Untersuchungen wurde diese Auffassung nur befestigt und ich will es nun versuchen, die Gründe, welche für dieselbe sprechen, darzulegen.

Die *Papaveraceen*[1]) enthalten theils milchende theils nicht milchende Gattungen. Zu ersteren gehören *Papaver*, *Roemeria*, *Argemone* und *Chelidonium*; während bei *Chelidonium* die Querwände der einzelnen Röhrenglieder nur perforirt werden, in der Regel aber im übrigen erhalten bleiben, fehlen bei den andern drei Gattungen in den ausgebildeten Röhren Querwände gänzlich. Bei einer Anzahl anderer *Papaveraceen*-Gattungen, als *Macleya (cordata)*, *Glaucium*, *Sanguinaria* fehlt zwar Milchsaft, doch finden sich in ihnen eigenthümliche Farbstoffschläuche, von denen DE BARY[2]) sagt, dass eine nähere Beziehung derselben zu den Milchröhren der übrigen *Papaveraceen* unverkennbar sei. Auch bei diesen Farbstoffschläuche besitzenden Gattungen scheinen indess Abstufungen insofern vorzukommen, als bei der einen die Farbstoffschläuche sich noch häufiger zu längeren Zellreihen angeordnet finden, die, wie TRECUL[3]) angibt, im Stengel von *Sanguinaria* durch Fusion noch Röhren zu bilden vermögen, während bei andern das Auftreten in Zellreihen seltener wird und die Fusionsfähigkeit zwischen den einzelnen Gliedern ganz verloren zu gehen scheint. Inhaltlich von den Farbstoffschläuchen der genannten *Papaveraceen*-

---

1) Ich folge hierin den Angaben DE BARY's in seiner „Vergleichenden Anatomie der Vegetationsorgane". Die ausgezeichnete Zusammenfassung und Darstellung der Capitel über die Milchröhren lernt man erst würdigen, wenn man selbst in den Wust der älteren Literatur über die Milchröhren, mit den so zahlreichen Irrthümern und abgeschmackten Vorstellungen, Einblick genommen hat.

2) l. c. p. 208.

3) Des laticifères dans les *Papavéracees*. Comptes rendus T. 60, 1865.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Gattungen wahrscheinlich verschieden sind die im Blatte von *Eschscholtzia californica* von mir nachgewiesenen Schlauchzellreihen.

Obgleich sich ein neuerliches Studium der Farbstoffschläuche besitzenden *Papaveraceen* rücksichtlich der Vertheilung und der Inhaltsverhältnisse der Schlauchzellen sehr empfehlen würde, so ist doch schon aus den leider tafellosen Arbeiten Treculs zu entnehmen, dass diese Farbstoffschläuche eine sehr verschiedene Verbreitung in den Geweben der betreffenden Pflanzen erfahren. So finden sich die Farbstoffschläuche im Stengel von *Macleya cordata* im Mark und in der Rinde, ferner angelehnt an der Aussenseite der Gefässbündel, ja selbst „entre les vaisseaux du corps ligneux". Berücksichtigt man ferner die enge Verwandtschaft zwischen den Farbstoffschläuche besitzenden *Papaveraceen* und den milchenden, so findet man bei den letzteren die den Farbstoffschläuchen entsprechenden Elemente, die Milchröhren, auch in den Siebtheilen selbst *(Chelidonium, Argemone)*. All dieses sind Orte, an denen auch bei den *Cruciferen* Eiweissschläuche vorkommen, und in der That ist ein histologisches Element mit der gleichen Verbreitung durch alle möglichen Gewebe, wie sie die Eiweissschläuche haben, nur in den Milchröhren und etwa in den Siebröhren einiger *Cucurbitaceen* aufzufinden. Es ergeben sich aber auch bezüglich des mannigfachen Formwechsels der Eiweissschläuche aus den Angaben Treculs einige Analogien mit den Farbstoffschläuchen und selbst mit den Milchröhren der *Papaveraceen*. So hebt Trecul [1]) von den Milchröhren von *Chelidonium* hervor, dass es sich sehr wohl verfolgen lasse, dass sie aus verschiedenen Elementen, entsprechend dem Charakter des Gewebes, innerhalb welches sie verlaufen, bestehen. Die in dem Siebtheil verlaufenden Röhren würden aus langgestreckten, zarten Gliedern, im Gegensatz jene, welche in der Umgebung des Xylems verlaufen, aus kürzeren, oft sehr kurzen Gliedern zusammengesetzt, in gleicher Weise wie die im Rindenparenchym enthaltenen. Auch im Rhizome von *Chelidonium* richte sich die Gestalt der Glieder nach dem Gewebe, das sie durchbrechen, und nach ihrer Nachbarschaft. Ferner sollen bei *Macleya cordata* im Alter die im Holze liegenden Farbstoffschläuche inhaltsleer werden, und sich dann wie Holzfasern verdicken und so kaum oder gar nicht von jenen unterscheidbar werden. Auch führt de Bary für die in der Wurzel von *Glaucium luteum* im Parenchym zerstreuten Farbstoffschläuche an, dass sie je nach der Form der angrenzenden Elemente mehr oder minder in die Länge gestreckt sind. Aehnliche Anklänge

1) l. c. p. 523.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

der Form an die angrenzenden Elemente begegnen uns auch bei den Eiweissschläuchen der *Cruciferen*, obschon hie und da die specifische Wachsthumsenergie derselben zu grösseren Abweichungen führt[1]). So behalten die im Collenchym vorkommenden Eiweissschläuche den charakteristischen Bau der Zellwand dieser Gewebeform, wenn sie auch häufig bedeutendere Streckung erfahren als die umliegenden Zellen. Die in oder an den mechanischen Faserbelegen liegenden Eiweissschläuche weisen auch die Formverhältnisse mechanischer Zellen. Selbst im Parenchymgewebe herrscht oft ein Parallelismus zwischen der Form der Parenchymzellen und jener der Eiweissschläuche.

Je lockerer das Gewebe, um so grösserer Spielraum wird der specifischen Wachsthumsenergie der Eiweissschläuche geboten. Sie erreicht ihr Maximum im Schwammparenchym der Blätter, während die im Palissadenparenchym liegenden Eiweissschläuche meist noch mehr oder minder die Form der dasselbe zusammensetzenden Zellen beibehalten.

Für die Ableitung der Eiweissschläuche von den Milchröhren und für die Anreihung an dieselben sprechen auch die häufigen reihenweisen Verkettungen von Eiweissschläuchen; durch solche einige Zellen umfassende Schlauchreihen werden uns gleichsam Bruchstücke aus der continuirlichen Gliederreihe, welche bei den Ahnen der *Cruciferen* den Milchröhren Entstehung gaben, vor Augen geführt. Und ebenso kommt die den Milchröhren eigene Verzweigungsfähigkeit noch vielen Eiweissschläuchen zu. Sie führt bei den Eiweissschläuchen einzelner *Cruciferen* zu häufiger Verbindung der Auszweigungen benachbarter Eiweissschläuche (*Sinapis alba* und andere, vgl. Fig. 13, Taf. I),

---

1) E. Schmidt (Ueber den Plasmakörper der gegliederten Milchröhren, Botan. Zeitg. 1882) hat das Vorhandensein von Zellkernen in den gegliederten Milchröhren nachgewiesen. Er wundert sich darüber, dass die Kerne häufig in kurzen Abständen hintereinander zu finden seien, während man oft „ein Stück von 0,3 mm Länge und darüber vergeblich nach ihnen durchsucht.“ Offenbar kommt auch den Milchröhrengliedern eine grosse Wachsthumsenergie zu, welche sich aber in den einzelnen Gliedern sehr verschieden weit äussert. Die stellenweis vorkommende weite Entfernung der Zellkerne in den Milchröhren ist jedenfalls auf einzelne, zu bedeutender Länge sich streckende Milchröhrenglieder zurückzuführen. Die Distanz von 0,3 mm ist gegenüber der Länge von 1—2 mm, welche einzelne Eiweissschläuche erreichen, gar nicht bedeutend. Auch sei auf die Verschiedenheit in der Länge der Glieder in den Schlauchzellen von *Eschscholtzia californica* hingewiesen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

die unmittelbar den Eindruck der Anastomosenbildungen von Milchröhren gewährt, und die sich nur durch die unterbleibende Fusion zwischen den begegnenden Zweigen unterscheidet.

Es ist dann noch hinzuweisen auf die Uebereinstimmung, welche in der Entwicklung der Milchröhren und der Eiweissschläuche herrscht; beiderlei Elemente differenziren sich äusserst früh und sind schon in ganz ungestreckten Internodien weit ausgebildet. Ebenso gleichen sich Milchröhren und Eiweissschläuche auch in der Wandbeschaffenheit und die Bildung jener eigenthümlichen Aussackungen, von welchen pg. 36 die Rede war, sind beiden zukommend. Die Fig. 28, welche Schmidt l. c. von einer Milchröhre von *Calladium marmoratum* gibt — zeigt die kurzen Aussackungen in der gleichen Weise wie etwa eine Schlauchzelle aus dem Blatte von *Crambe cordifolia* oder einer andern *Crucifere*. Für die oben bezeichnete Deutung der Eiweissschläuche der *Cruciferen* spricht aber nicht weniger die Stellung, welche die *Cruciferen* im Systeme auf Grund ihres morphologischen Baues erhalten; ihre aus morphologischen Charakteren erkannte nahe Verwandtschaft zu den *Papaveraceen*. Der Umstand, dass die *Cruciferen* Angehörige der *Rhöadinen*-Reihe sind, ist, nach Berücksichtigung der im Vorstehenden angeführten Momente, wohl der bedeutendste und nahezu zwingende Grund, die Eiweissschläuche für Abkömmlinge der Milchröhren der *Papaveraceen* zu erklären, und ihre Aufdeckung wird so zu einem bestätigenden Moment für die Richtigkeit der auf Grund morphologischer Charaktere ausgesprochenen nahen Verwandtschaft von *Papaveraceen* und *Cruciferen*. Fänden wir solche Schlauchzellen in einer Familie, welche keine durch den Besitz von Milchröhren ausgezeichneten Verwandten besässe, dann wäre ein solcher Schluss weit gewagter und jedenfalls weitaus mehr hypothetischer Natur.

Zwischen die beiden Familien, *Papaveraceen* und *Cruciferen*, wird aber von den Systematikern die Familie der *Fumariaceen* eingeschaltet; um so befriedigender ist es, dass auch in dieser Familie den Milchröhren und Farbstoffschläuchen einerseits und andererseits den Eiweissschläuchen morphologisch und wohl auch phylogenetisch verwandte Elemente nachgewiesen werden konnten. Ueber diese ist allerdings gegenwärtig noch wenig bekannt, aber ich hoffe durch eine folgende Arbeit, der ich mich in Kürze zuwenden will, die Brücke zwischen den *Papaveraceen* und *Cruciferen*, durch das Studium der Schlauchzellen der *Fumariaceen* fester zu gestalten und den Zusammenhang nach beiden Seiten zu beleuchten. Wohl dürfte sich da auch ein Hinübergreifen in die *Papaveraceen*-Familie nothwendig erweisen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Es tritt aber auch noch bei den *Capparideen* das Milchröhrensystem der *Papaveraceen* in den letzten Resten auf. Es geschieht dies durch physiologisch den Eiweissschläuchen der *Cruciferen* gleichwerthige Elemente, ebenfalls Eiweissschläuche, welche aber morphologisch offenbar auf sehr tiefer Stufe stehen. Letzteres ist indess auch bei vielen *Cruciferen* der Fall.

So lassen sich demnach durch die ganze Reihe der *Rhöadinen* [1]) specifische histologische Elemente hindurch verfolgen. Den Ausgangspunkt derselben haben wir in den milchenden *Papaveraceen* zu suchen. Es tritt dann zunächst eine morphologische Reduction dieses Gewebeelementes schon innerhalb der *Papaveraceen*-Familie ein, welches sich in physiologischer Beziehung wahrscheinlich nach mehrfachen Richtungen [2]) differenzirt. Eine dieser Richtungen führt auf die Schlauchzellen der *Fumariaceen* hin, von denen aus man sich weiter den Anschluss an die Eiweissschläuche der *Cruciferen* denken kann. Allerdings ist die Abzweigung der *Cruciferen* nicht weniger gut auch von einem Zweige der *Papaveraceen* aus denkbar. In jedem Falle, und dies ist die Hauptsache, erscheint die Zusammengehörigkeit der 3 Familien gefestigt.

Die *Capparideen* aber schliessen — enger als dies zwischen den anderen Familien erkennbar ist — an die *Cruciferen* an [3]). Dies spricht sich ebenso sehr in ihrem morphologischen Charakter aus, wie in der Thatsache, dass in ihnen Schlauchzellen, deren Inhalt mit jenem der Eiweissschläuche bei den *Cruciferen* übereinstimmt, sich vorfinden. Sie bilden den letzten Ausläufer der Reihe, welcher die bei den milchenden *Papaveraceen* so ausgebildeten Milchröhren in einer kargen Reductionsform noch enthält. Die Gattung *Capparis* vermittelt jedenfalls noch den anatomischen Zusammenhang mit den 3 vorangehenden Familien durch den Besitz von Eiweissschläuchen,

---

1) Die *Resedaceen* werden nicht von allen Systematikern in die Gruppe einbezogen. Ihre Stellung abseits von den übrigen 4 Familien der Gruppe betont auch Eichler. Vgl. Blüthendiagramme p. 187.

2) Ich vermuthe, dass die Schlauchzellen von *Eschscholtzia californica* sich inhaltlich eng an jene der *Fumariaceen* anschliessen und in dieser Hinsicht von den Farbstoffschläuchen der *Sanguinaria*-Arten, der *Macleya cordata* etc. ziemlich divergiren.

3) Vgl. Eichler, Blüthendiagramme, Bd. II, p. 206. „Die Verwandtschaft dieser Familie (*Capparideae*) mit den *Cruciferen* ist so innig, dass manche Formen sich kaum durch das nicht entschieden tetradynamische Androeceum von Kreuzblüthlern unterscheiden lassen."

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

bei *Cleome purpurascens* konnten keine nachgewiesen werden. Ob dies für alle *Cleome*-Arten gilt und wie es mit den andern Gattungen der *Capparideen* steht — bleibt noch zu untersuchen. Leider werde ich mich dieser dankbaren Frage, wegen der Schwierigkeit der Materialbeschaffung, kaum annehmen können.

Das Vorkommen der Milchröhren und verwandter Secretionsorgane ist bekanntlich auf kleinere Abtheilungen (Familien), oder gar auf Gattungen beschränkt; zwischenliegenden Verwandtschaftskreisen fehlen sie. Eine Ausnahme davon bildet von nun ab die *Rhoeadinen*-reihe, wo die voranstehenden Untersuchungen eine derartige phylogenetische Continuität auch rücksichtlich der Milchröhren und der daraus hervorgegangenen Schlauchzellen nachgewiesen haben.

Während über die Function und die Bedeutung der Milchröhren die Ansichten noch weit divergiren, liegt die Bedeutung der Eiweissschläuche der *Cruciferen* unserem Verständniss etwas näher. Jedenfalls wissen wir, dass die Inhaltsstoffe derselben in den Stoffwechsel einbezogen und beim Wachsthum unmittelbar verbraucht werden. Es ist wahrscheinlich, dass ein zum Theil ähnliches Verhältniss auch rücksichtlich der Inhaltsstoffe der Milchröhren einiger Pflanzen, insbesondere jener der *Papaveraceen* herrscht. Unser Urtheil in dieser Frage wird aber wesentlich erschwert durch den Mangel einer genügenden Anzahl von Analysen der Milchsäfte und dann durch die Abhängigkeit, welche der Ausfall solcher von bestimmten Lebensphasen der Pflanzen zeigen dürfte, was wohl bisher zu wenig berücksichtigt worden sein mag.

Es haben in neuerer Zeit insbesondere zwei Forscher den Milchsaft auf Grund ihrer Untersuchungen als Nahrungssaft darzustellen versucht. Es sind dies Faivre[1]) und Schullerus[2]), von denen ersterer mit *Ficus elastica* und *Morus alba*, letzterer mit *Euphorbia Lathyris* experimentirte. Mit Rücksicht auf die verschiedenen Inhaltsbestandtheile der Milchröhren und die Vermengung von plastischen Stoffen mit solchen, welche als Excrete angesehen werden müssen, schreibt Sachs[3]) den Milchröhren eine ähnliche Rolle zu, wie sie die

1) E. Faivre, Recherches sur la circulation et sur la rôle du latex dans la Ficus elastica, Annales de sc. nat. V. S., 6. Bd., p. 33 u. ff. 1866; derselbe, Etudes physiologiques sur le latex du Mûrier blanc, ibid. V. S., 10. Bd. 1869. Derselbe, Comptes rendus, Bd. 88, 1879.

2) J. Schullerus, Die physiologische Bedeutung des Milchsaftes von *Euphorbia Lathyris*, Abhandl. des botanisch. Vereines der Provinz Brandenburg, 24. Bd. 1882.

3) Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, p. 205.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Venen im thierischen Körper vollführen. Er betont, dass, wenn auch die plastischen Stoffe nicht in bedeutender Quantität in den Milchsäften vorhanden seien, sie an sich doch ein zu edles Material seien, um als Excrete aufgefasst werden zu können. Auch HABERLANDT [1]) schliesst sich im Wesentlichen dieser Auffassung an und sieht die Milchsäfte als Mischungen von Bildungssäften mit Endproducten des Stoffwechsels — mit wirklichen Excreten — an.

Zwei neueste Arbeiten allerdings äussern sich mehr gegen die Auffassung der Milchsäfte als Nahrungssäfte. So äussert sich HANSEN [2]): „Wenn man die festgestellten Thatsachen zur Lösung der Frage benützen will, ob die Milchröhren Transportwege oder Excretbehälter sind, denn darum kann es sich ja nur handeln, so sprechen die chemischen Verhältnisse für die Entscheidung im letzteren Sinne. Die Menge der Nährsubstanzen, der Eiweissstoffe und Kohlehydrate tritt zurück gegen die Menge der Substanzen, welche zweifellos als Endproducte des Stoffwechsels anzusprechen sind.“ Und SCHIMPER [3]) sucht es wenigstens für die Kohlehydrate (Stärke in den Milchröhren der *Euphorbiaceen*) darzuthun, dass sie nicht in den Milchröhren transportirt werden.

Mir scheinen unsere Kenntnisse noch nicht auszureichen und die vorliegenden Thatsachen nicht zu genügen, um in der Frage nach der Bedeutung der Milchröhren und Milchsäfte entscheiden zu können; immer bleibt es auch zu berücksichtigen, dass aus dem Verhalten der Milchröhren und der Milchsäfte in der einen Familie nicht unbedingt auf gleiche Verhältnisse in einer andern geschlossen werden darf.

So möchte ich für einen Theil der *Papaveraceen* wenigstens es für wahrscheinlich erachten, dass der Milchsaft als Nahrungssaft und zwar vorzüglich als Eiweissstoffe führender zu betrachten sei. Man vergesse nicht die Correlation, welche sich hier bei einigen Gattungen

---

1) Physiologische Pflanzenanatomie, p. 224.

2) „Ueber Fermente und Enzyme“; Arbeiten des botan. Instituts zu Würzburg, III. Bd., p. 278.

3) „Ueber Bildung und Wanderung der Kohlehydrate in den Laubblättern“; Botan. Zeitg. 1885. Die Stärke in den Milchröhren der *Euphorbiaceen* mag wohl die Bedeutung eines localen Reservestoffes für die Cellulosebildung haben; durch die stete Verzweigung der Milchröhren und das Eindringen und die rasche Vertheilung in die zur Anlage kommenden neuen Organe einerseits, andrerseits zum Verschluss der Milchröhren bei entstehenden Verwundungen (solches geschieht bei *Euphorbia* durch Querwandbildungen, wie SCHWENDENER [Einige Beobachtungen an Milchsaftge-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

zwischen Milchröhren und Siebröhren findet[1]) und die DE BARY[2]) veranlasst, die Milchröhren zuweilen selbst als „Vertreter der Siebröhren“ anzusprechen. In der That findet man auch bei *Papaver* in den Fruchtknotenwandungen die Milchsaftgefässe nicht nur sehr reichlich entwickelt, sondern es giebt ihr Inhalt, wenn man Schnitte mit Millon'schem Reagenz behandelt, auch eine Reaction, welche auf ziemlichen Reichthum an Eiweissstoffen schliessen lässt. Bei *Chelidonium* gerinnt der Milchsaft in einer Weise, welche sehr an feinnetziges Plasma erinnert; diese Thatsache hebt auch SCHMIDT (l. c. p. 446) hervor und erwähnt auch, dass bei Tinctionen sich der geronnene Milchsaft sammt dem Plasma färbt. Ebenso sind die Trecul'schen Angaben nicht zu übersehen, welche er über die Farbstoffschläuche bei *Macleya cordata* macht. „Ces laticifères contiennent un suc jaune, un peu rougeâtre, qui disparaît à mesure que la plante avance en âge, de manière qu'il n'y en a plus vers la base de cette tige quand les rameaux supérieurs en renferment encore. A la fin, les pericarps en présentent presque seuls quand les fruits approchent de la maturité.“ Dies ist kein Verhalten, wie man es bei einem Excrete schlechthin zu erwarten gewöhnt ist, und ich glaube, dass die bei den *Cruciferen* so ausgesprochene Thatsache, dass die Eiweissschläuche einen für den Stoffwechsel so wichtigen Inhalt bergen, darauf hinweist, dass auch bei den *Papaveraceen* die Milchröhren, als die phylogenetischen Vorstufen der Eiweissschläuche, Bildungsstoffe, wenn auch in geringerer Menge und in weniger ausgesprochener Weise, enthalten und als Leitungsbahnen für dieselben von Bedeutung sind.

Noch eine Frage möchte ich hier zur Sprache bringen, nämlich das Verhältniss der ungegliederten Milchröhren zu den gegliederten. In der Regel wird wohl angenommen, dass die beiden Milchröhrenarten tief geschieden seien und dass keine Anknüpfungspunkte zwischen beiden bestehen. Ich glaube, dass thatsächlich die Sache anders liegt, dass die Beziehungen dieser beiden Milchröhren-Arten viel engere

---

fässen; Sitzungsb. der Akad. d. Wissenschaft. zu Berlin, 1885] gezeigt hat) wird ein relativ grosser Bedarf an tauglichen Zellstoffbildnern (Stärke) erklärlich.

1) Es wird gewiss eine dankbare und dankenswerthe Aufgabe sein, dieser Correlation zwischen Milch- und Siebröhren eine besondere Untersuchung zu widmen. A. FISCHER hat eine derartige Arbeit bereits in Aussicht gestellt.

2) Vgl. Anatomie der Vegetationsorgane p. 196 u. p. 447.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

sind und dass die ungegliederten Milchröhren sogar von den gegliederten ableitbar seien. Diesen Gedanken legten mir die Schlauchzellen der *Fumariaceen* nahe. Die langen Schläuche vertreten hier gleichsam eine Mehrzahl von kleinen Schläuchen, wie solche bei den meisten *Cruciferen* im Blatte zu finden sind. Die Zahl der Schläuche in einem *Fumariaceen*-Blättchen ist weit geringer als die jener, welche in einer entsprechenden Fläche, etwa im Blatte von *Crambe cordifolia* vorkommen. Eine reducirte Zahl von Schläuchen kann bei gleichzeitiger Vergrösserung derselben dieselben Dienste leisten wie eine Vielheit kleinerer. Reduction der Zahl ist aber ein herrschendes Entwicklungsgesetz, welches überall da zu Tage tritt, wo wir es mit vorgeschrittenen Endstufen von Entwicklungsreihen zu thun haben. Die Zoologie bietet eine Menge bekannter Beispiele für diesen Satz. Ich erinnere an die Reduction der Rippen in dem Typus der Wirbelthiere, an die Reduction der Phalangen in gewissen Reihen der Säugethiere und Vögel, an die Reductionen im Gebisse der Proboscidier. Den Höhepunkt solcher Reductionen finden wir stets in Gattungen erreicht, welche anerkannte Endglieder von Reihen darstellen.

Entsprechend nun, denke ich, könnte man es sich vorstellen, dass an die Stelle der relativ noch vielen Schlauchzellen, welche wir im Blatte der *Fumariaceen* finden, eine geringere Zahl solcher treten würde, die aber dabei entsprechend an Ausdehnung und Verzweigungsfähigkeit gewännen. Acceptirt man diese Vorstellung, so führt sie uns unmittelbar zu Verhältnissen, wie sie bei den *Euphorbiaceen* (speciell *Euphorbia*) herrschen. Hier werden nur mehr einige wenige Schlauchzellen im Embryo angelegt, diesen aber wohnt eine unbegrenzte Wachsthums- und Verzweigungsfähigkeit inne.

Dafür, dass die Gattung *Euphorbia* ein Endglied einer Reihe repräsentirt, sprechen ja auch die morphologischen Verhältnisse. Ich erinnere speciell an die Reduction der männlichen Blüthen auf ein einziges Staubgefäss.

Eine weitere Stütze dieser Ausführungen kommt mir eben zu Handen. Scott[1]) hat, wie ich einem Referate im botanischen Central-

1) Scott, D. H., On the laticiferous tissue of *Manihot Glaziovii*. (Quarterly Journal of Microscopical Science, No. XCIV, p. 194—204).

— —, Note on the laticiferous tissue of *Hevea Spruceana* (l. c. p. 205—207).

— —, On the occurrence of articulated laticiferous vessels in *Hevea*. (Journal of the Linnean Society of London. Botany, Vol. XXI, 1885. p. 568—575.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

blatt[1]) entnehme, bei 2 Gattungen aus der *Euphorbiaceen*-Familie (*Manihot* und *Hevea*) nachgewiesen, dass die Milchröhren durch Fusion von Zellreihen hervorgehen, also gegliederte Milchröhren sind. In der That eine interessante Thatsache, welche in der *Euphorbiaceen*-Familie das Auffinden noch weiterer Aufschlüsse im Sinne unserer Ausführungen erwarten lässt. Die Vielkernigkeit der *Euphorbia*-Milchröhren böte wohl keine unüberwindliche Schwierigkeit für den hier ausgesprochenen Gedanken über den Entwicklungsgang der ungegliederten Milchröhren; sie stellt nur eine Anpassung an die angenommene Entwicklungsrichtung vor. Bei einer gewissen Grenze, welche die Länge der Schlauchzellen überschreitet, wird dieselbe offenbar zu weit, um einem Zellkern die Vollführung der ihm zukommenden Aufgaben anzuvertrauen; es ergibt sich also die Nothwendigkeit, mehrere Zellkerne zu bilden und diese entsprechend zu vertheilen.

1) Bd. XXV, 1886 p. 334.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

IV. Sind die Eiweissschläuche in der Systematik der Cruciferen verwerthbar?

Meine Untersuchungen waren von vornherein nicht darauf gerichtet, die oben gestellte Frage zu entscheiden, und ich kann demnach selbe auch nur streifend berühren. Es wäre ein empfehlenswerthes Thema einer besonderen Untersuchung, die Gattungen einer Tribus, speciell aber eine möglichst grosse Zahl von Arten einer Gattung vergleichend in Beziehung auf die Eiweissschläuche zu prüfen.

In Betreff des Werthes der anatomischen Untersuchung für systematische Zwecke schliesse ich mich im Wesen der Darlegung an, welche Fischer [1]) diesbezüglich gegeben hat. Eine mit der morphologischen Untersuchung Hand in Hand gehende anatomische Prüfung der Pflanzen wird zweifelsohne zuverlässigere Resultate für die natürliche Gruppirung der Pflanzen ergeben als die einseitig nur auf die einen oder die andern Charaktere Rücksicht nehmende. Nur wird man hie und da über den Werth des anatomischen Befundes sorgfältig zu erwägen haben, da wir immer die auf morphologischem Wege erschlossene Gruppirung als etwas zu Recht Bestehendes und Sichergestelltes zu betrachten geneigt sind und also theilweise befangen an die Arbeit gehen.

Ueber die *Cruciferen* hat kürzlich Dennert [2]) eine Arbeit publicirt,

---

1) Untersuchungen über das Siebröhrensystem der *Cucurbitaceen*, Berlin 1884, p. 93.

2) Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Laubstengels der *Cruciferen*. Dissertat. Marburg 1884. Dennert schreibt vielen *Cruciferen* ein inneres Cambium und inneren Bast (Siebtheil) zu, und glaubt darnach, dass „zum mindesten eine grosse Zahl von *Cruciferen* zu den Pflanzen mit bicolateralen Gefässbündeln zu rechnen sei". Ich glaube, dass sich diese Ansicht durchaus nicht bestätigen wird, wenigstens fand ich solches nicht. Als ein exquisites Beispiel führt Dennert *Raphanus sativus*

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

welche darauf ausging festzustellen, wie weit anatomische Charaktere bei einer Systematik der *Cruciferen* verwendbar wären? Die Eiweissschläuche sind ihm freilich dabei entgangen und somit nicht berücksichtigt worden. Dennert gelangt zu mehr negativen Ergebnissen: „Man muss zwar sagen, dass einige Gattungen auch anatomisch scharf als solche geschieden sind, dass aber bei andern die Merkmale weniger prägnant und von geringerer Werthigkeit sind. Auf der andern Seite kommen Fälle vor, wo morphologisch höchst divergente Formen in anatomischer Beziehung möglichst nahe zusammenrücken" [1]).

Indessen auch die Ausbildung der Eiweissschläuche geht jedenfalls nicht immer parallel der gegenwärtigen, auf Grund des morphologischen Vergleichs getroffenen, systematischen Eintheilung der *Cruciferen*. Betrachten wir einzelne Tribus, so kann ein gewisser gemeinsamer Zug in der Ausbildung und der Vertheilung der Eiweissschläuche noch mehr oder minder zum Ausdruck kommen. So ist es bei den

---

an. Den Stengel dieser Pflanze habe ich zwar nicht untersucht, wohl aber jenen von *Rapistrum perenne*, der sich nach Dennert ebenso wie der *Raphanus*-Stengel verhalten soll. Hier konnte ich nichts von einem innern Cambium und innerem Siebtheil entdecken. Was Dennert als letzteren zu bezeichnen scheint, ist unverholztes Holzparenchym, wie es so häufig die Erstlingsgefässe umgibt, und das natürlich protoplasmatischen Inhalt besitzt und „wie sonst Cambium und Weichbast sich bei Behandlung mit carminsaurem Ammoniak röthet". Unverholztes Holzparenchym aber finden wir häufig; ich erinnere nur an die *Brassica*-Arten. Die p. 64 besprochenen Rhizome von *Crambe* bestehen im Holztheil, nach Ausschluss der in relativ geringer Zahl vorhandenen Gefässe, lediglich aus unverholztem Parenchym, das durchgehends protoplasmatischen, tingirbaren Inhalt enthält. Dennert unterlässt es auch, in dem innern Siebtheil die für diesen charakteristischen Elemente nachzuweisen, was der einzig richtige Weg gewesen wäre. Trotzdem hat er am Schlusse seiner Abhandlung es schon gänzlich vergessen, dass er in der Einleitung vom „innern Cambium", resp. „innerem Bast" noch „mit einiger Reserve" spricht. Diese Reserve ist aber höchst nothwendig.

1) Unter den Beispielen dafür, dass manchmal nahe verwandte Arten anatomische Unterschiede aufweisen" führt Dennert einige nicht sehr zutreffende an. So ist ein abweichendes anatomisches Verhalten von *Sisymbrium Thalianum* und *S. Alliaria* von den übrigen *Sisymbrien* erklärlich, da ersteres von den Systematikern häufig zu *Arabis* gezogen, letzteres als eigene Gattung *Alliaria* von *Sisymbrium* getrennt wird. Das abweichende Verhalten von *Cochlearia saxatilis* und *Cochlearia Armoracia* sieht Dennert selbst als ein Kriterium dafür an, „ob es nicht passender ist, diese Arten, wie es von mancher Seite geschieht, in selbstständige Gattungen zu setzen".

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

untersuchten *Brassiceen.* In andern Tribus geben sich grössere Abweichungen kund. Die Tribus der *Arabideae* z. B. zeigt in den Blättern von *Arabis sagittata* kleine, unscheinbare Eiweissschläuche im Mesophyll, bei *Cheiranthus Cheiri* langgestreckte Eiweissschläuche, doch streng an den Verlauf der Nerven gebunden, im Mesophyll keine. In der Tribus der *Thlaspideae* scheinen die Verschiedenheiten der Gattungen rücksichtlich der Eiweissschläuche besonders bedeutende zu sein. *Iberis sempervirens* besitzt dieselben in reichstem Maasse; im Blatte kommen sie im Mesophyll, in den Parenchymscheiden und den Siebtheilen vor; bei *Carpoceras sibiricum* sind sie viel seltener und, wie es scheint, auf das Mesophyll beschränkt; ganz unscheinbar und noch seltener sind sie bei *Biscutella lyrata,* bei *Capsella bursa pastoris* dürften sie ganz fehlen. Aber auch die Arten einer Gattung scheinen in Bezug auf Zahl und Vertheilung der Eiweissschläuche manchmal weit auseinanderzugehen. Bei *Crambe cordifolia* herrscht eine sehr reiche Ausbildung der Eiweissschläuche überhaupt und speciell auch im Mesophyll der Blätter, bei *Crambe pinnatifida* sind in den Blattstielen und -rippen Eiweissschläuche auch noch zu finden, im Mesophyll der Blätter aber keine.

Andererseits treten in bestimmten Fällen verwandtschaftliche Beziehungen in der Ausbildung der Eiweissschläuche zu Tage. Ich verweise hier auf die p. 30 erwähnte Einreihung von *Erucastrum arabicum* zu den *Brassiceae* auf Grund der Ausbildung der Eiweissschläuche, ohne vorausgegangene Orientirung über die systematische Stellung von *Erucastrum.* Auch das Fehlen der Eiweissschläuche bei *Camelina sativa* und deren Vorhandensein bei *Camelina (Nasturtium) austriacum* dürfte für die eventuelle diagnostische Verwerthbarkeit der Eiweissschläuche sprechen. Innerhalb der untersuchten *Brassica*-Arten herrscht im Allgemeinen rücksichtlich der Ausbildung und des Vorkommens der Eiweissschläuche ziemliche Uebereinstimmung.

Wenn auch die Frage über die Verwerthbarkeit der Eiweissschläuche in systematischer Hinsicht erst speciell in Bezug darauf angestellte Untersuchungen klar legen werden, so kann doch nicht geleugnet werden, dass die Eiweissschläuche ein sehr charakteristisches histologisches Element für die *Cruciferen* vorstellen, das sich durch nahezu alle Tribus hindurch verfolgen lässt. Während einzelne Gruppen aus dem System der *Cruciferen* die Eiweissschläuche in reichlicher und kräftiger Ausbildung besitzen, scheinen einzelne Glieder derselben zu entbehren und so die Continuität zu unterbrechen; in

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

andern Gliedern treten sie so spärlich auf, dass ihr Schwinden, und so neuerliche Continuitätsunterbrechungen in der Reihe, gleichsam vorausgesehen werden können. Man kann desshalb die Verbreitung der Eiweissschläuche in der *Cruciferen*-Familie einer farbigen Naht in einem dunkeln Zeugstück vergleichen, welche stellenweise durchrissen und unterbrochen, in andern Partien abgenützt und dem Reissen nahe — in wieder andern aber gut erhalten und deutlich verfolgbar ist.

Graz, im März 1886.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Tafelerklärung.

Sämmtliche Figuren sind mit der Camera lucida entworfen. Die Vergrösserung ist überall, wo keine besondere Angabe unter Klammer erfolgt, 220fach.

Taf. I.

Fig. 1. Die unansehnlichen Eiweissschläuche aus dem Mesophyll von *Arabis sagittata;* grösste und kleinste Formen. Drei Eiweissschläuche (!) bilden eine zusammenhängende Zellreihe.

Fig. 2. Ein Eiweissschlauch unter mit Stärke gefüllten Parenchymzellen aus der Zwiebelknospe von *Dentaria bulbifera*. Der Inhalt des Eiweissschlauches ist unter Einwirkung des Alkohols feinkörnig geronnen. Die Stärkekörner sind nur in einer Zelle eingezeichnet.

Fig. 3 (*a, b, c*). Verschiedengestaltige Eiweissschläuche aus dem Blatte von *Cochlearia Armoracia;* bei *b* 3 Eiweissschläuche zu einer Zellreihe verbunden; *c* (310) repräsentirt einen der grössten der hier vorkommenden Eiweissschläuche.

Fig. 4. Eiweissschläuche aus dem Mesophyll von *Peltaria alliacea*.

Fig. 5. Desgleichen von *Carpoceras sibiricum*.

Fig. 6 (*a—d*). Desgleichen von *Camelina austriaca Pers. (Nasturtium austriacum Crz.)*. Die Eiweissschläuche erhalten im allgemeinen die sehr charakteristische Form eines hin- und hergebogenen Schlauches und theilen sich an den Enden häufig in kurze Aeste. *d*, eine 3strahlige Ausnahmsform.

Fig. 7. Stück eines Eiweissschlauches von *Camelina austriaca*, mit einigen aufsitzenden Mesophyllzellen. Man beachte die kleinen Aussackungen, welche der Eiweissschlauch in die Mesophyllzellen treibt und an denen eine Verdünnung der Wand einzutreten scheint (480).

Fig. 8 (*a, b, c*). Eiweissschläuche aus dem Mesophyll von *Myagrum perfoliatum*. Bei *b* die anastomosirenden Enden zweier Eiweissschläuche; bei *c* das gabelig getheilte Ende eines solchen.

Fig. 9 (*a. b*). *Goldbachia torulosa*. Bei *a* eine Reihe aneinanderschliessender Eiweissschläuche, welche an Stelle von Leitscheidenzellen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

den Blattnerv begleiten, *b* Eiweissschlauch aus dem Mesophyll innerhalb der Nervenmaschen.

Fig. 10 (*a*, *b*). Zwei Eiweissschläuche aus dem Mesophyll von *Brassica nigra*; *a* ein solcher kleinster, *b* einer grösster Art.

Fig. 11. Ein Stück der Stengelrinde von *Brassica nigra* am Querschnitt; in dem assimilirenden Parenchym liegen 2 Eiweissschläuche.

Fig. 12 (*a*—*c*). Verschiedengestaltige Eiweissschläuche aus einem tangentalen Rindenschnitt von *Brassica nigra*. Bei *a* und *b* der geronnene Inhalt eingezeichnet; bei *c* die Bildung der kleinen Intercellularräume zwischen dem Eiweissschlauch und den umliegenden Rindenparenchymzellen zu beachten.

Fig. 13 (*a*, *b*). Eiweissschläuche aus dem Mesophyll von *Sinapis alba*; bei *a* und *b* je drei mit einander in Verbindung. Fig. *a* durch die häufig sich verbindenden Auszweigungen der einander genäherten Eiweissschläuche besonders interessant, da so unmittelbar das Bild eines Abrisses aus einem Milchröhrensystem geboten wird (320).

Fig. 14. Stück eines Eiweissschlauches aus dem Blatte von *Sinapis alba* im optischen Längsschnitt, den Ansatz der umliegenden Mesophyllzellen zeigend (310).

Fig. 15 (*a*, *b*). Eiweissschläuche aus dem Mesophyll von *Erucastrum arabicum*. Bei *a* fünf in Verbindung stehende Eiweissschläuche; *b* ein einzelner Eiweissschlauch, der mit seinen Armen die schraffirt eingetragenen Gefässbündel kreuzt.

Fig. 16. Aus einem Blattquerschnitte von *Carrichtera Vellae*; ein Eiweissschlauch durchsetzt subepidermal beginnend die Palissadenlagen zunächst mit diesen parallel ziehend, dann aber ausbiegend und an einen zweiten Eiweissschlauch anschliessend, welcher der Blattfläche parallel streicht. Der in Alkohol körnig geronnene Inhalt ist eingezeichnet.

Fig. 17. Stück eines Eiweissschlauches von *Crambe cordifolia*, wie Fig. 7 die Bildung kleiner, in die aufsitzenden Mesophyllzellen vorspringender Aussackungen zeigend; dieselben erscheinen in der Aufsicht tüpfelähnlich (620).

Fig. 18 (*a*, *b*). Eiweissschläuche aus dem Mesophyll von *Rapistrum perenne*. Fig. 18 *b* zeigt den Durchschnitt eines Eiweissschlauches und die büschelförmige Gruppirung der Palissaden um ihn.

Fig. 19 (*a*, *b*, *c*). Gruppen von Eiweissschläuchen aus dem Blatte von *Capparis spinosa*; bei *a* ist in eine der Zellen der geronnene Inhalt eingezeichnet.

Fig. 20. Aus einem Blattquerschnitte von *Capparis spinosa*. Der durchschnittene Eiweissschlauch zeigt gegenüber den umliegenden Mesophyllzellen eine beträchtliche Wanddicke.

Fig. 21. Theile zweier anastomosirender Eiweissschläuche aus dem Blatte von *Raphanus sativus*.

Fig. 22. Ein Eiweissschlauch aus dem Parenchym des Blattstieles von *Crambe cordifolia*, nach Einwirkung 30procentiger Schwefelsäure. Die Eiweissmasse wurde in der Form 2er lichtbrechender Klumpen von unregelmässig zackigem Umriss gefällt; der Protoplasmaschlauch tritt sehr deutlich hervor.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Taf. II.

Fig. 1. Theil eines Eiweissschlauches aus dem Stamme von *Cheiranthus Cheiri* mit eigenthümlich tropfenartig geronnenem Inhalt. Alkoholmaterial. MILLON's Reagenz (480).

Fig. 2. Ein stärkeres Gefässbündel aus einem Blattquerschnitte von *Iberis sempervirens*. Die Eiweissschläuche sind in der Weise wiedergegeben, wie sie nach Picrocarmintinction hervortreten. Es finden sich solche in der Parenchymscheide, innerhalb der einschichtigen Lage von mechanischen Fasern, welche zu äusserst den Siebtheil begrenzt, und im Siebtheil selbst (480).

Fig. 3. Partie aus einem Stengelquerschnitte von *Iberis sempervirens*. *h* die äussersten Xylemelemente. Die Eiweissschläuche im Siebtheil sind durch Picrocarmintinction hervorgehoben (620).

Fig. 4. Ein gleiches Präparat. Die äusserste Zelllage bilden Rindenparenchymzellen, in der nächsten Lage folgen mechanische Fasern, darauf der Siebtheil mit zahlreichen Eiweissschläuchen (roth); der Strich unter der Fig. deutet die erste Lage der verholzten Xylemelemente an (480).

Fig. 5 u. 6. Theile von Gefässbündelquerschnitten aus einem Blatte von *Hesperis matronalis*. Die Eiweissschläuche, deren Inhalt sich bei Anwendung des MILLON'schen Reagenz krebsroth färbt, liegen innerhalb der Parenchymscheiden unter mechanischen Fasern, von mehr oder minder collenchymatischem Aussehen, phloëmseits (480).

Fig. 7. Die Eiweissschläuche am Flächenschnitt durch ein Gefässbündel aus dem Blatte von *Hesperis matronalis*. Der Schnitt ist in der Richtung des Pfeiles in Fig. 5 geführt.

Fig. 8. Querschnitt durch den Siebtheil eines Gefässbündels aus dem Stengel von *Hesperis matronalis*. Man erkennt zu innerst (von den beiden Pfeilen im Bogen nach innen) noch eine Zone verholzter Zellen, welche theils dem Xylem des Gefässbündels theils dem verholzten Grundgewebe angehören. Im Siebtheil liegen zahlreiche Eiweissschläuche, welche nach Anwendung des MILLON'schen Reagenz hervortreten. Die Grenze des Siebtheils nach aussen ist nicht deutlich zu erkennen (480).

Fig. 9. Theil eines Gefässbündelquerschnittes aus dem Stengel von *Goldbachia torulosa*. Nur der Siebtheil mit den zahlreichen darin vorkommenden Eiweissschläuchen und eine Lage weitlumeniger, wenig dickwandiger mechanischer Fasern, welche ihn gegen das Rindenparenchym abgrenzen, sind gezeichnet.

Fig. 10. Blattflächenschnitt von *Moricandia arvensis*. Wir sehen ein Stück des Zellnetzes der Epidermis und darunter eine Gruppe von Eiweissschläuchen. Reaction mit MILLON's Reagenz. Ueber den Eiweissschläuchen verlaufen einige der pg. 31 erwähnten grossen Epidermiszellen.

Fig. 11. Partie eines Stengelquerschnittes von *Moricandia arvensis*, und

Fig. 12. Radialer Längsschnitt durch die Stengelrinde derselben Pflanze. Die Eiweissschläuche liegen subepidermal. Alkohol, MILLON's Reagenz.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Fig. 13. Theil eines Querschnittes durch einen mechanischen Beleg aus dem Stengel von *Crambe cordifolia*. Die mechanischen Fasern bieten auf dem Querschnitte ein collenchymartiges Aussehen; in ihrer Mitte liegt ein Eiweissschlauch (310).

Fig. 14. Eine Siebröhre mit den umliegenden Zellen aus einem Gefässbündelquerschnitte von *Crambe cordifolia*. Die Siebporen der dargestellten Siebplatte sind sehr eng (310).

Fig. 15. Partie aus dem Siebtheil eines Gefässbündelquerschnittes (Stengel) von *Crambe cordifolia*. *au* = Aussen-, *i* = Innenseite. Der in der Mitte befindliche Eiweissschlauch ist in radialer Richtung durch 8 Zellen vom Holztheil entfernt. Die Wandungen der Siebtheilelemente erscheinen collenchymatisch gequollen (480).

Fig. 16. Radialer Längsschnitt durch die secundäre Rinde der Wurzel von *Raphanus sativus;* es ist eine Stelle gewählt, wo die Eiweissschläuche gehäuft auftreten und auf kurze Strecken zu Zellenzügen verbunden sind. Man erkennt, dass die Eiweissschläuche durch Cambiumthätigkeit hervorgegangen sind. Ihr Inhalt ist einseitig an der Wandung geronnen.

Fig. 17. Ein Eiweissschlauch aus dem Blatte von *Moricandia arvensis*, entnommen einem durch siedendes Wasser getödtetem Material. Durch Anwendung des Millon'schen Reagenz nimmt die einheitlich geronnene Eiweissmasse eine etwas bräunlich-krebsrothe Farbe an, während der an der Peripherie zurückgebliebene Protoplasmaschlauch als zarter, bräunlich gefärbter Streifen bemerkbar wird (480).

Fig. 18 (*a*, *b*). Eiweissschläuche derselben Pflanze, von gleichem Material, aber mit Picrocarmin tingirt. Der äusserst feinkörnig und gleichmässig geronnene Inhalt hat nur eine schwache Tinction angenommen. Stark tingirt ist der Zellenkern, der in beiden Zellen an der Wand liegen geblieben ist, um ihn herum (bei *b* durch die ganze Zelle) erkennt man den Protoplasmaschlauch, welcher der Wandung stets eng angeschmiegt bleibt. In beiden Figuren ist ferner an der geronnenen Inhaltsmasse, gegenüberliegend dem Zellkern, eine scharf umgrenzte Einbuchtung wahrnehmbar; offenbar entspricht dieselbe der Stelle, wo vordem Kern und Inhaltsmasse in directer Berührung standen.

Fig. 19. Theil eines Radialschnittes durch die Wurzel von *Diplotaxis tenuifolia*. An das Tüpfelgefäss schliesst das Cambium, an dieses der Siebtheil an. Ob sämmtliche Eiweissschläuche dem Siebtheil angehören, ist wegen der wenig ausgesprochenen Grenze zwischen Siebtheil und Rinde schwer zu entscheiden. Jedenfalls erkennt man, dass die beiden dem Cambium (*c*) näher liegenden Eiweissschläuche durch die Thätigkeit des Cambiums gebildet wurden.

Taf. III.

Fig. 1. Stück eines Blattquerschnittes von *Moricandia arvensis*. Das Mesophyll besteht nur aus Palissadenparenchym. Eine typische Parenchymscheide um das Gefässbündel fehlt. In der Epidermis erkennt man die pg. 31 erwähnten grossen Zellen. *o* = oben, *u* = unten.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Fig. 2. Die grossen Zellen aus der Blattepidermis von *Moricandia arvensis* in Flächenansicht. Die Wände, mit welchen diese Zellen aneinander schliessen, zeigen poröse Verdickung. Durch punktirte Kreise sind die an die Epidermiszellen anschliessenden Palissaden schematisch angedeutet. Die Grösse der umliegenden Zellen wird aus den gezeichneten Wandansätzen theilweise ersichtlich (310).

Fig. 3. Theil eines Blattquerschnittes von *Crambe cordifolia*. *e* = Epidermis. Man erkennt zwei Eiweissschläuche an der grösseren Wanddicke und an der Gruppirung der umliegenden Mesophyllzellen. Der eine Eiweissschlauch liegt im Palissaden-, der andere im Schwammparenchym.

Fig. 4. Aus einem Blattquerschnitte von *Crambe cordifolia*. *i* = Eiweissschläuche, von denen einer im Längsverlauf, der andere senkrecht zu dieser Richtung getroffen ist. Man erkennt die von den Eiweissschläuchen beeinflusste Anordnung des Schwammparenchyms.

Fig. 5 u. Fig. 6. Aus Blattflächenschnitten von *Crambe cordifolia*. Fig. 5, Theil eines langgestreckten Eiweissschlauches mit dem umliegenden Schwammparenchym. Fig. 6, ein kleiner Eiweissschlauch (*i*) in seinem grössten Durchmesser dargestellt. Die Figuren sollen die Ausbildung und Anordnung der den Eiweissschläuchen benachbarten Mesophyllzellen darstellen.

Fig. 7. Aus dem Blatte von *Crambe cordifolia*. *e* = Epidermis, *i* = Eiweissschlauch, *p* = Parenchymscheidenzelle. Die Palissaden erfahren in Folge des Bestrebens nach Anschluss an den Eiweissschlauch zum Theil ansehnliche Krümmungen.

Fig. 8. Aus einem Blattquerschnitte von *Raphanus sativus*. *i* = Eiweissschläuche (480).

Fig. 9. u. Fig. 10 (*a*, *b*). Aus dem Mesophyll von *Bunias Erucago*. Die Eiweissschläuche (*i*) sind hier hypothetischer Natur, da auf dieselben nicht aus der Reaction des Inhaltes, sondern aus der grösseren Wanddicke gewisser Zellen des Mesophylls geschlossen wurde. Fig. 9, zwei Eiweissschläuche im Palissadenparenchym. *e* = Epidermis. Fig. 10, a, ein Eiweissschlauch mit 4 umgebenden Mesophyllzellen; *b*, zwei aneinander liegende Eiweissschläuche.

Fig. 11. Aneinanderliegende Eiweissschläuche aus einem Blattflächenschnitte von *Heliophila amplexicaulis*, partiell gezeichnet.

Fig. 12—16. Schlauchzellen aus dem Blatte von *Eschscholtzia californica*.

Fig. 12. Eine Schlauchzellenreihe, mit Gliedern sehr unregelmässiger Bildung, welche von einem Gefässbündel (schraffirt angedeutet) zu einem benachbarten hinüberführt.

Fig. 13 u. Fig 14 zeigen den Anschluss der Mesophyllzellen an die Schlauchzellen (*s*). Fig. 14 stellt eine blind im Mesophyll endigende Schlauchzellreihe dar.

Fig. 15. Zwei im Längsverlauf sich berührende Schlauchzellen.

Fig. 16. Aus einem Blattquerschnitte; Schlauchzelle umgeben von chlorophyllführenden Mesophyllzellen (580).

Fig. 17 bis Fig. 22. Schlauchzellen aus dem Blatte von *Adlumia cirrhosa*.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Fig. 17. Ein durch Maceration gewonnenes Stück einer Schlauchzelle mit einigen anhaftenden Mesophyllzellen (310).

Fig. 18. Drei Enden von Schlauchzellen (310).

Fig. 19. Aus einem Blattquerschnitte. *e* = Epidermis; *i* = Schlauchzelle (310).

Fig. 20 (*a*, *b*). Zwei verhältnissmässig sehr kurze Schlauchzellen aus einem kümmerlich entwickelten Blattabschnitte.

Fig. 21. Aus einem Blattflächenschnitte. Stück einer Schlauchzelle mit Zellkern und einigen ansitzenden Mesophyllzellen. Alkoholmaterial (310).

Fig. 22. Aus einem Blattquerschnitte. *i* = zwei durchschnittene Schlauchzellen, welche dem Gefässbündel anliegen. Man gewahrt an der Wand den ungemein zarten Protoplasmaschlauch. Alkoholmaterial (480).

Fig. 23. *Corydalis rosea.* Zwei Schlauchzellen, die theilweise aneinanderliegend verlaufen, sich später aber trennen.

Fig. 24. *Corydalis capnoides.* Ausgetretener Inhalt einer Schlauchzelle, wie man ihn erhällt, wenn man an frischen Blättchen einen Querschnitt macht und durch leisen Druck auf das Deckgläschen das Hervortreten des Inhaltes fördert (310).

Fig. 25. *Corydalis rosea.* Theil einer Schlauchzelle; man sieht, wie dieselbe das Gefässbündel (schraffirt) streckenweise begleitet, dann das Mesophyll (in der Figur weggelassen) durchquert und später einen andern Gefässbündelast kreuzt.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

ia candicans.

mit den die
u. *i.* Vergl.

idermiszelle *b*

Membranban-

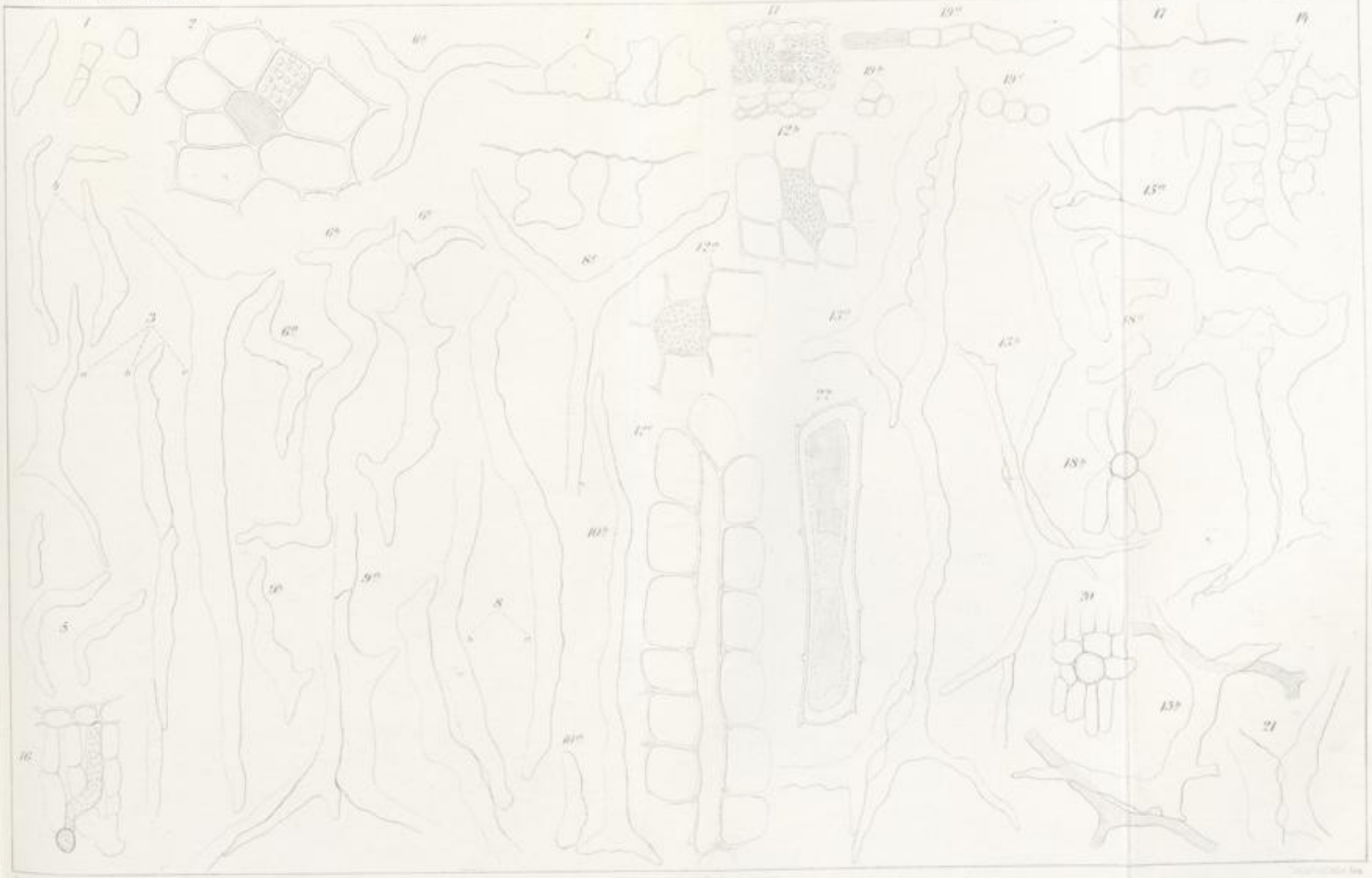
n die Schliess-
ren ist, setzen

mit Membran-
g zwei in das
Anm.
iegende Seiten-
sen; *D* Durch-
28.
m abgezogenen
llkommen ver-

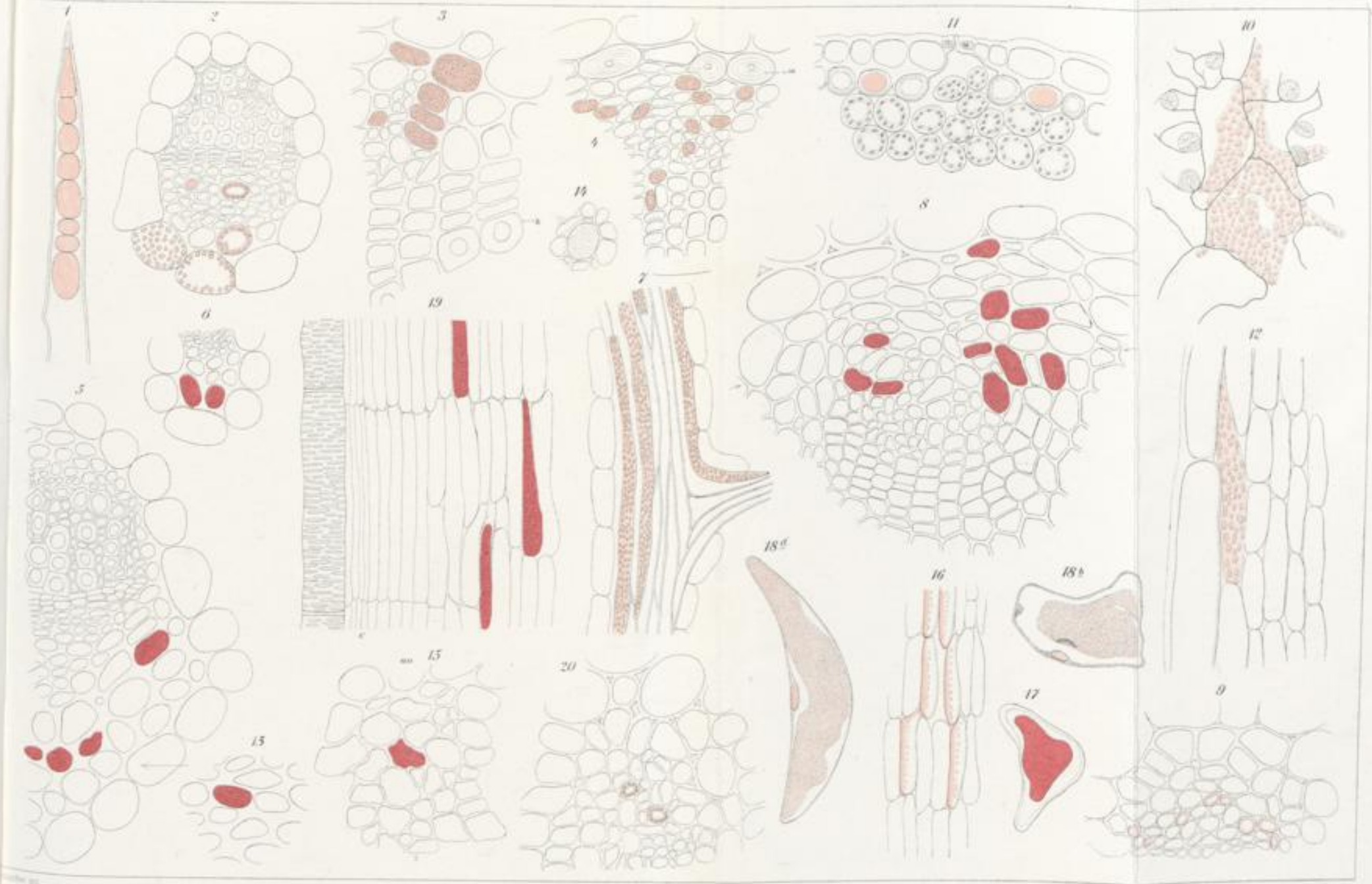
nmten Schliess-

nmten Schliess-

torben.



Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin



Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mittheilungen aus dem Botanischen Institute zu Graz

Jahr/Year: 1886

Band/Volume: 1

Autor(en)/Author(s): Heinricher Emil

Artikel/Article: Die Eiweissschläuche der Cruciferen und verwandte Elemente in der Rhoeadinen-Reihe 1-92