

Die Eiweiß- oder Myrosinzellen der Gattung *Arabis* L.

nebst

allgemeineren Bemerkungen über Cruciferen-Idioblasten.

Von

Jos. Heinr. Schweidler.

Mit 54 Abbildungen im Text.

Auf die „Vorläufige Mitteilung“ über den gleichen Gegenstand hinweisend (Schweidler, I. 1905), bemerke ich, daß eine längerdauernde Erkrankung und verschiedene andere Umstände es mir bisher unmöglich machten, die begonnene Arbeit über die systematische Bedeutung der Eiweiß- oder Myrosinzellen der Cruciferen zu vollenden oder auch nur wesentlich über den Stand des Jahres 1905 hinaus, in welchem jene Mitteilung erschien, zu fördern. Die vorliegende Abhandlung ist daher in der Hauptsache nur eine genauere und detaillierte Ausführung eines Teiles der in der „Vorläufigen Mitteilung“ nur kurz skizzierten Ergebnisse.

Nur der I. Abschnitt bringt eine dort nicht enthaltene kritische Erörterung über das Verhältnis zwischen Protein und Myrosin in den Idioblasten, der II. Abschnitt ist dem Vorkommen von Chloroplasten in den Myrosinzellen eines bestimmten Lokalisations-Typus gewidmet, während der III. und größte Abschnitt die Idioblasten der Gattung *Arabis* L. s. l. vom anatomisch-systematischen Standpunkt aus behandelt, wobei die in der „Vorläufigen Mitteilung“ nicht erwähnte *Arabis Thaliana* L. mit einbezogen erscheint.

Weitere Abhandlungen über die Idioblasten anderer Cruciferen und Cruciferengruppen sowie über anatomisch-physiologische Beobachtungen an ihnen sollen, soweit es die mir zur Verfügung stehende freie Zeit zuläßt, in zwanglosen Intervallen folgen.

I. Abschnitt.

Myrosin und Protein in den Idioblasten.

Für die Idioblasten der Cruciferen existieren folgende Bezeichnungen:

1. Eiweiß-Schläuche (Heinricher. 1886. II. S. 7);
2. Myrosin-Schläuche (Spatzier. 1893. I. S. 48);
3. Myrosin-Zellen (Guignard. 1890. I. S. 11, und Solereder. 1899. I. S. 67).

Ob man für die Idioblasten die Bezeichnung „-Zellen“ oder „-Schläuche“ wählt, ist im Grunde genommen ziemlich belanglos. Faßt man jedoch ins Auge, daß die Idioblasten in vielen Fällen keine ausgeprägt schlauchförmige Gestalt besitzen, sondern häufig in nahezu vollständiger Übereinstimmung mit den Zellen des umliegenden Parenchyms, in welchem sie u. a. auch auftreten, durchaus parenchymatische, ja manchmal nahezu kugelige Ausbildung zeigen (z. B. bei *Arabis*arten der Sektionen *Pseudarabis* C. A. Mey. und *Turritella* C. A. Mey.), so dürfte der Guignard-Solerederschen Bezeichnungsweise „-Zellen“ der Vorzug gebühren; besonders wenn man noch berücksichtigt, daß der mit den Cruciferen verwandten Familie der Capparideen dieselben idioblastischen Elemente gleichfalls zukommen, ohne daß hier die bei zahlreichen Cruciferen beobachtete Schlauchform in Erscheinung tritt.

Doch das nur nebenbei. Wichtiger ist folgender Punkt: Seit dem Erscheinen der Arbeit Guignards (I.) wurde Heinrichers Terminus „Eiweiß-Zellen“ gänzlich fallen gelassen, und nur mehr die Bezeichnung „Myrosin-Zellen“ gebraucht, in der stillschweigenden oder auch ausgesprochenen Annahme, daß mit dem von Guignard (I. S. 11) geführten Nachweis, daß das Enzym Myrosin im Innern der „Eiweiß-Schläuche“ Heinrichers lokalisiert ist, die Identität des in den Idioblasten gespeicherten Eiweißkörpers mit dem Enzym Myrosin festgestellt sei. Die Sachlage ist jedoch eine andere. Allerdings wurde von Guignard (II. S. 250) durch geeignete Versuche dargetan, daß die Idioblasten der Cruciferen ein für die letzteren spezifisches und in der pharmazeutischen und physiologischen Chemie schon seit längerer Zeit bekanntes Enzym — das Myrosin — enthalten, allein damit ist noch nicht der Nachweis erbracht, daß das Enzym mit dem Eiweißstoff der Idioblasten identisch ist. Man ist ja überhaupt bezüglich der chemischen Natur der Enzyme über Wahrscheinlichkeitsschlüsse und Vermutungen nicht weit hinausgekommen, und die Eiweißnatur nicht nur des Myrosins im besonderen, sondern auch der Enzyme im allgemeinen ist noch immer einigermaßen problematisch. Es muß allerdings betont werden: „Soweit es möglich war, die Enzyme frei von Beimengungen bekannter Substanzen darzustellen, geben sie, mit einigen wenigen zweifelhaften Ausnahmen, die allgemeinen Eiweißreaktionen. Vor allem färben sich ihre Lösungen bei Behandlung mit Salpetersäure und Ammoniak gelb, d. h. sie geben die sog. Xanthoprotein-Reaktion“ (Greene. I. S. 398). Da wir

aber noch kein Kriterium für die Reinheit der darstellbaren Enzympräparate besitzen (Greene, a. a. O.), so läßt sich höchstens von der wahrscheinlichen Eiweißnatur der Enzyme sprechen; der exakte Nachweis derselben steht noch aus.

Allerdings geben gerade die das Myrosin enthaltenden Zellen der Cruciferen oft außerordentlich starke Eiweißreaktionen (speziell mit Millonschem Reagens). Aber „so schlagend auch diese Reaktion ist, so kann sie doch nicht als eine für das Enzym charakteristische angesprochen werden, denn sie kann auch ebensogut von anderen Bestandteilen der Zelle herrühren. Sie kann wohl dazu dienen, nachzuweisen, wo sich das Myrosin befindet, sie kann aber ebensogut von einer das Myrosin begleitenden Substanz herrühren“ (Greene I. S. 400). Der gegenwärtige Stand unseres Wissens über die Natur des Inhaltes der Cruciferen-Idioblasten ist der, daß wir sagen müssen: die Idioblasten der Cruciferen enthalten sowohl Eiweiß als auch Myrosin; diese beiden Substanzen sind möglicher Weise identisch, nicht ausgeschlossen aber ist, daß sie durchaus verschiedene, aber in den Idioblasten stets miteinander vergesellschaftete Körper sind. Die endgültige Entscheidung darüber, welche von beiden Möglichkeiten die zutreffende ist, ist der Zukunft vorbehalten und ist ein Teil des allgemeineren Problems der Konstitution der Enzyme überhaupt.

Aus den obigen Ausführungen geht hervor, daß es unzulässig ist, den in den Cruciferen-Idioblasten nachweisbaren Eiweißstoff ohne weiteres „Myrosin“ zu nennen, wie dies z. B. Spatzier tut, wenn er schreibt (Spatzier. I. S. 48): „Guignard blieb es vorbehalten, den wahren Wert dieser Zellen (der „Eiweißschläuche“ Heinrichers) festzustellen. Er zeigte, daß die Idioblasten kein Eiweiß, sondern das albuminoide Myrosin enthalten. Die Zellen sind demnach als Myrosinschläuche zu bezeichnen.“ Abgesehen von der Unrichtigkeit des Passus, daß die Idioblasten kein Eiweiß enthalten, da dies einerseits von Guignard nicht behauptet worden war und andererseits mit Spatziers eigenen Untersuchungen im Widerspruch steht, indem er sämtliche mikrochemischen Eiweißreaktionen mit dem Inhalte der Idioblasten mit positivem Erfolge ausgeführt hat, so ist es Guignard selber, der sich darüber vollkommen klar war, daß Myrosin und Eiweiß in den Idioblasten ganz gut verschiedene Dinge sein können. Auf S. 48 (Guignard. I) heißt es: „Est-elle (la matière albuminoide der Idioblasten) formée par un corps chimique unique, ou bien la substance qui agit comme ferment n'en représent'-t-elle qu'une partie, douée d'une constitution différente? C'est une question que l'état actuel de nos connaissances sur la nature des ferments ne permet pas de résoudre.“

Ebenso unzulässig ist es, die in den Idioblasten ruhender Cruciferensamen zur Beobachtung gelangenden Körner, welche in Wasser und Glycerin löslich sind und sich Reagentien und Farbstoffen gegenüber als Eiweißkörner präsentieren, schlechthin „Myrosin-Körner“ zu nennen, wie dies Spatzier tut (I. S. 66). Die Idioblasten ruhender Samen enthalten tatsächlich Myrosin, aber in welcher Form, das wissen wir nicht. Ebenso wenig wie wir wissen, in welcher Beziehung das Myrosin zu den Proteinkörnern steht.

Geradesogut als es mit den Proteinkörnern der Samen-Idioblasten identisch sein kann, geradesogut kann es nur einen verschwindend kleinen Teil dieser Körner ausmachen. Schließlich können die beobachteten Körner auch das Zymogen repräsentieren, aus welchem erst bei der Keimung der Samen oder beim Zerreiben derselben mit Wasser das Enzym durch irgend eine Veränderung (Hydrolyse) entstehen muß. Alle diese Möglichkeiten sind gegeben; welche zutrifft, wissen wir nicht. Wohl aber steht fest, daß die fraglichen Körner die Reaktionen der Proteinsubstanzen geben, woraus hervorgeht, daß die einzig richtige Bezeichnung für dieselben „Eiweiß- oder Proteinkörner“ ist.

Dasselbe gilt von den Körnern des Koagulats, welches bei Fällung des idioblastischen Inhalts der Eiweißzellen mittels Alkohol oder anderer Fällungsmittel entsteht. Es wäre verfehlt, sie als Myrosinkörner zu bezeichnen, weil man nicht weiß, wieviel an ihnen Myrosin ist.

Aus den obigen Ausführungen geht hervor, daß die Termini „Eiweißzellen“ und „Myrosinzellen“ vollständig gleichberechtigt sind. Daher sollen sie auch in der Folge nebeneinander benutzt werden.

II. Abschnitt.

Der Chlorophyllgehalt der Mesophyll-Idioblasten.

Bisher waren in den Cruciferen-Idioblasten folgende Inhaltsbestandteile nachgewiesen worden:

1. Plasmaschlauch und Zellkern (Heinricher. II. S. 55).
2. Eiweiß im Zellsaft gelöst (Heinricher. II. S. 54).
3. Myrosin (Guignard. I. S. 20).
4. Stärke (Heinricher. II. S. 57, in den Eiweißzellen der Laubblätter von *Arabis sagittata* DC.; Spatzier. I. S. 61, in den Eiweißzellen des Rhizoms von *Cochlearia Armoracia* L.).

Von den genannten Autoren wurde die Chlorophyllfreiheit der Myrosinzellen ausdrücklich hervorgehoben. (Vgl. Guignard. I. S. 16 und 46; Heinricher. II. S. 54; Spatzier, I. S. 61.)

Im Gegensatze hierzu habe ich gefunden, daß den Idioblasten in den grünen Blättern das Chlorophyll nicht durchaus mangelt. Chloroplasten sind vielmehr in gewissen Myrosinzellen der Blätter vorhanden, aber allerdings infolge mannigfacher Umstände leicht zu übersehen. Selbstverständlich treten sie nur in solchen Idioblasten auf, welche im grünen Assimilationsparenchym der Blätter liegen und die ich Mesophyll-Idioblasten nenne. In den an die Leitbündel des Blattes gebundenen Myrosinzellen (Leitbündel-Idioblasten) wird man höchstens nach Leukoplasten zu suchen haben.

Bisher habe ich Chloroplasten in den Eiweißzellen der Blätter bei folgenden Cruciferen gesehen, die demnach alle Mesophyll-Idioblasten besitzen:

- | | | |
|---|---|---------------------------|
| 1. <i>Arabis alpestris</i> Schleich. | } | Laubblätter. |
| 2. „ <i>ciliata</i> R.Br. | | |
| 3. „ <i>hirsuta</i> Scop. | | |
| 4. „ <i>rosea</i> DC. | | |
| 5. „ <i>sagittata</i> DC. | | |
| 6. <i>Brassica nigra</i> Koch. | | |
| 7. <i>Brassica Napus</i> L. | | |
| 8. <i>Brassica oleracea</i> L. | | |
| 9. <i>Cochlearia Armoracia</i> L. | | |
| 10. <i>Iberis pinnata</i> L. | | |
| 11. <i>Moricandia arvensis</i> DC. | | |
| 12. <i>Raphanus sativus</i> L. (Radieschen) | } | Keim- und
Laubblätter. |
| 13. <i>Sinapis alba</i> L. | | |

Es ist aber unzweifelhaft, daß die Chloroplasten einen integrierenden Bestandteil der Mesophyll-Idioblasten ausmachen. Ob auch die Parenchym-Idioblasten im Assimilationsparenchym der Stengel oder in den grünen Blattorganen der Blütenregion (Kelch und Schotenklappen) chlorophyllhaltig sind, habe ich nicht geprüft, doch halte ich es für sehr wahrscheinlich.

Daß der Chlorophyllgehalt der Eiweißzellen im Assimilationsparenchym der Blätter der Beobachtung bisher entgangen ist, ist in folgenden Umständen begründet:

1. Die relative Kleinheit der Chloroplasten in den Myrosinzellen. Sie sind meist nur halb so groß als die der angrenzenden Assimilationszellen. So stellt sich das Verhältnis der Durchmesser der Chloroplasten in den Eiweiß- resp. in den Assimilationszellen der grünen Keimblätter von *Sinapis alba* in einem gewissen Stadium der Entwicklung der jungen Pflänzchen ziemlich genau auf 1:2 (c. $2\ \mu$: $4\ \mu$) (Fig. 1). Dasselbe Verhältnis fand ich in den Laubblättern von *Brassica nigra*. In anderen Fällen war der Unterschied nicht so bedeutend, wie z. B. in den grünen Keimblättern von *Raphanus sativus*, wo die Differenz zwar merklich war, aber keineswegs das obige Verhältnis erreichte.

Die Größe der Chloroplasten in den Eiweißzellen scheint mir jedoch nicht konstant zu sein, vielmehr vom Alters- und Entwicklungsstadium des Blattes abzuhängen. Wenigstens fand ich, daß in alten Keimblättern von *Sinapis alba* und in alten Grundblättern von *Arabis hirsuta*, wo die Idioblasten ziemlich eiweißarm sind, die Chloroplasten derselben sich der Größe nach kaum von denen gewöhnlicher Assimilationszellen unterscheiden, während sie in jüngeren Organen einen bedeutend kleineren Durchmesser aufweisen. Es scheint hier mit zunehmendem Alter der Organe und mit der damit Hand in Hand gehenden teilweisen Entleerung der Eiweißzellen ein Ergrünen und eine allmähliche Größenzunahme der Chloroplasten einzutreten. Es wäre nicht uninteressant, diese Verhältnisse genauer zu verfolgen.

2. Die starke Lichtbrechung der im Zellsaft gelösten Proteinsubstanz in lebenden Schnitten. Sie hat zur Folge, daß die oft an und für sich zarten und unscheinbaren Chloroplasten

sich nur sehr wenig und ohne scharfe Konturen abheben können. Am besten lassen sie sich bei starker Abblendung — eventuell verbunden mit schiefer Beleuchtung — zur Ansicht bringen.

3. Die schwächere Grünfärbung der Chloroplasten in den Eiweißzellen. Sie erscheinen im Vergleich zu den Chloroplasten der Assimilationszellen bedeutend blasser. Der Grund dafür liegt einerseits sicherlich in ihrer relativen Kleinheit und Zartheit, andererseits dürfte das oben erwähnte hohe Lichtbrechungsvermögen des Zellsaftes zu ihrer Aufhellung beitragen.

4. Die relativ geringe Anzahl der Chloroplasten in den Eiweiß- im Vergleich zu den grünen Parenchymzellen. Während die Chloroplasten in den grünen Mesophyllzellen meist dicht

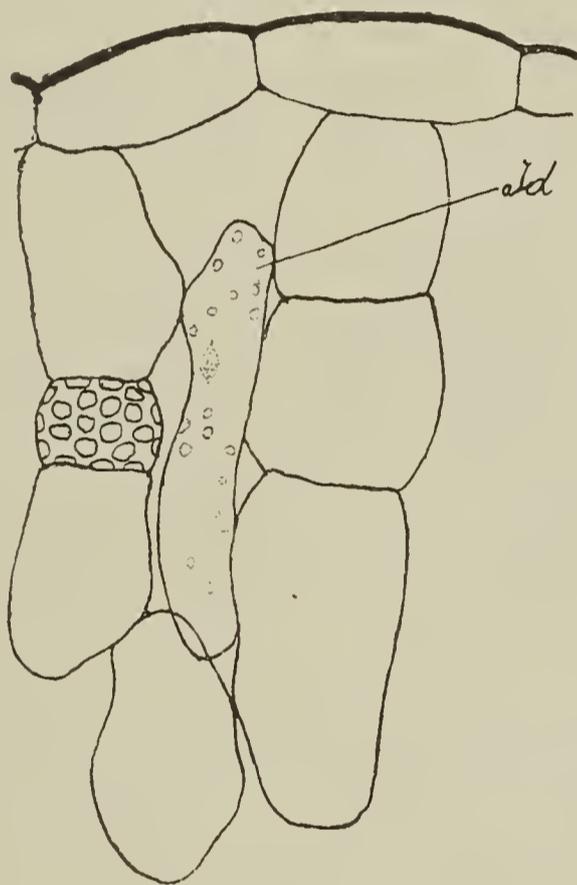


Fig. 1. *Sinapis alba*.

Mesophyll-Idioblast (*Id*) im Palisadenparenchym des Keimblattes mit Chloroplasten.

Zum Vergleiche sind in einer Assimilationszelle die letzteren ebenfalls eingezeichnet (270:1).

nebeneinanderliegend die Wände zum großen Teil bedecken, erscheinen sie in den Myrosinzellen meist viel spärlicher und sind oft durch große Zwischenräume voneinander getrennt (siehe auch Schweidler. I. Tafel XII. Fig. 1). In älteren Kotyledonen von *Sinapis alba* und *Raphanus sativus* hingegen konnte ich eine so auffällige Differenz in der Zahl der Chloroplasten zwischen Eiweiß- und Mesophyllzellen nicht bemerken. Wahrscheinlich handelt es sich auch hier um eine Korrelation zwischen der teilweisen Entleerung der Myrosinzellen im Laufe der Blattentwicklung und der Zahl der Chloroplasten, wie sie auf Seite 426 bezüglich der Größe der letzteren als wahrscheinlich bezeichnet wird.

5. Die Schwierigkeit, die Idioblasten in lebenden Schnitten zu finden. Es ist schon an fixierten und gefärbten oder mit Millonschem Reagenz behandelten Schnitten nicht immer

leicht, die Eiweißzellen zu finden (s. S. 469), wenn sie infolge gestaltlicher Übereinstimmung mit den sie umgebenden Zellen und gleichzeitiger Inhaltsarmut sich von der Nachbarschaft nicht genügend abheben. Diese Schwierigkeit kommt bei der Untersuchung lebender Schnitte umsomehr in Betracht, als man hier auf ein Hervorheben der Idioblasten durch Inhaltsfärbung verzichten muß. Man ist hierbei auf etwaige morphologische Besonderheiten der Eiweißzellen (Gestalt und Membrandicke), auf das stärkere Lichtbrechungsvermögen bei reichlichem Inhalt oder auf die scheinbare Chlorophyllfreiheit als Wegweiser zu ihrer Auffindung angewiesen. Sehr störend wirkt auch die in den Interzellularen lebender Schnitte eingeschlossene Luft. Rechnet man noch dazu die Labilität der Chloroplasten, die bei ihrer Zartheit in den Eiweißzellen noch mehr in die Wagschale fällt, so wird man selbst in Fällen, wo es nicht gelingen wollte, in Mesophyll-Idioblasten lebender Schnitte Chloroplasten zu finden, an die Möglichkeit zu denken haben, daß sie durch eine schwache, unsichtbare Verletzung des Idioblasten desorganisiert sein können.

6. Die oben aufgeführten Momente kommen hauptsächlich beim Studium lebender Schnitte in Betracht. Tatsächlich wurde ich jedoch an mit Alkohol 96% fixierten und mit Säurefuchsin gefärbten Schnitten auf den Chlorophyllgehalt der Myrosinzellen aufmerksam. Und zwar waren es Querschnitte durch Keimblätter von *Sinapis alba*. Trotzdem aber sind die Chloroplasten der Eiweißzellen auch an fixierten und tingierten Schnitten nicht immer leicht zu konstatieren, da sie hier von der koagulierten Eiweißmasse meist vollständig verdeckt werden. Nur wo die Eiweißmenge der Idioblasten gering ist, wie in alten Kotyledonen von *Sinapis alba*, heben sie sich von dem Eiweißkoagulat deutlich genug ab, um mit Sicherheit erkannt zu werden. In Idioblasten mit reichlichem Inhalt wirkt auch noch die gleichsinnige intensive Tinktionsfähigkeit des letzteren störend und die Chloroplasten verdeckend.

Durch die oben angeführten Merkmale: die relative Kleinheit und Zartheit, die schwache Grünfärbung und die relativ geringe Anzahl, erscheinen die Chloroplasten in den Myrosinzellen als reduzierte oder in ihrer Entwicklung und Ausbildung gehemmte Gebilde. Nichtsdestoweniger ist an ihrer Funktionstüchtigkeit nicht zu zweifeln, wenn sie auch nicht die volle Leistungsfähigkeit normaler Chloroplasten zeigen. Die mikroskopische Jodprobe auf Stärke wurde bei sämtlichen auf Seite 426 angegebenen Pflanzen ausgeführt und bei allen Stärke in den Eiweißzellen gefunden. Wurden hierzu Blätter benutzt, die den Tag über in der Sonne assimiliert hatten, so ließen sich die Stärkekörnchen durch einfache Jod-Alkohol-Behandlung der Schnitte in den Chloroplasten selbst nachweisen.

Die in Mesophyll-Idioblasten auftretende Stärke, die in einem Falle bereits von Heinricher (II. S. 57) beobachtet worden war, ist demnach Assimilationsstärke, die von Chloroplasten produziert wird. — Die in chlorophyllfreien Reserveorganen (Rhizom von

Cochlearia Armoracia) von Spatzier (I. S. 63) in den Myrosinzellen gefundene feinkörnige Stärke läßt auf das Vorhandensein von Leukoplasten in denselben schließen, deren Nachweis noch aussteht. — Interessant wäre es auch, die Leitbündel-Idioblasten auf eventuell darin vorkommende Plastiden zu prüfen.

Heinricher hat die Ansicht ausgesprochen, daß die Eiweißzellen der Cruciferen sich phylogenetisch von den Milchröhren der Papaveraceen resp. von den Schlauchzellen der Fumariaceen ableiten (Heinricher. II. S. 73): „So lassen sich demnach durch die ganze Reihe der Rhocadinen spezifische histologische Elemente hindurch verfolgen. Den Ausgangspunkt derselben haben wir in den milchenden Papaveraceen zu suchen. Es tritt dann zunächst eine morphologische Reduktion dieses Gewebeelementes schon innerhalb der Papaveraceenfamilie ein, welches sich in physiologischer Beziehung wahrscheinlich nach mehrfachen Richtungen differenziert. 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 von einem Zweige der Papaveraceen aus zu denken. In jedem Falle, und dies ist die Hauptsache, erscheint die Zusammengehörigkeit der Familien gefestigt.“

Heinricher erblickt demnach in den Eiweißzellen der Cruciferen reduzierte Milchröhren resp. Schlauchzellen. Bei manchen Cruciferen geht nun diese Reduktion so weit, daß sie sich von den Zellen des Gewebes, in welchem sie liegen, kaum unterscheiden. So z. B. besitzen die Mesophyll-Idioblasten (und nur um diese handelt es sich bei dieser engeren Betrachtung) der Arabisarten aus den Sektionen *Turritella* und *Pseudarabis* nahezu vollständig die Gestalt und Größe gewöhnlicher, parenchymatischer Assimilationszellen. Ja bei einigen Arten, wie z. B. *A. Allionii* DC. und *A. bryoides* Boiss., sind sie meist fast isodiametrisch bis kugelig. In der Sektion *Euarabis* C. A. Mey. endlich finden sich aller Wahrscheinlichkeit nach überhaupt keine morphologisch oder inhaltlich als Eiweißzellen anzusprechende Elemente (s. S. 463).

Ferner variiert der Inhalt bei den verschiedenen Pflanzen in quantitativer Hinsicht außerordentlich stark — vom Vollgepfropftsein mit Eiweißkörnern in fixierten Schnitten (z. B. in manchen Exemplaren von *Moriandia arvensis* DC.) bis zu fast vollständigem Fehlen von Körnern in durch ihre Gestalt noch deutlich kenntlichen Idioblasten (z. B. bei *Arabis Vochinensis* Spreng.).

Schließlich aber finden sich in den Mesophyll-Idioblasten Chlorophyllkörner. Darin liegt nun gewiß nichts besonderes. Sie sind aber einerseits klein, zart und nur schwach grün gefärbt und zeigen andererseits bei manchen Pflanzen die Eigentümlichkeit, mit allmählicher Abnahme des Proteingehaltes der Eiweißzellen im Laufe der Blattentwicklung größer zu werden (vgl. S. 426). Was folgt daraus? Ich glaube, man ist berechtigt, zu vermuten, daß es sich hier um einen teils beginnenden, teils bereits durchgeführten Funktionswechsel der Myrosin- oder Eiweißzellen des Mesophylls handle.

Sie befinden sich vermutlich in einem Übergangsstadium von Eiweißspeicherzellen zu gewöhnlichen, assimilierenden Mesophyllzellen.

In der Annahme eines derartigen Funktionswechsels der Idioblasten hätten wir eine plausible Erklärung nicht nur für ihre häufige Inhaltsarmut (die aber außerdem sicher auch von Standorts- und Ernährungsbedingungen abhängen mag), sondern auch einerseits für ihre vielfach sehr starke morphologische Reduktion gegenüber dem entsprechenden Elemente der Papaveraceen und Fumariaceen, andererseits für die in der Regel zu beobachtende Kleinheit und geringe Anzahl der Chloroplasten in den Eiweißzellen. Die letztgenannte Erscheinung läßt sich mit dieser Annahme am besten dahin deuten, daß die Chloroplasten infolge der noch in größerem oder geringeren Maße vorhandenen Reste der früheren Funktion noch nicht ihre volle Ausbildung und Funktionsfreiheit erlangt haben. Die morphologische Reduktion der Idioblasten hinwiederum stellt sich einfach als eine korrelative Folge des Funktionswechsels dar.

Der letztere, der genau betrachtet eine Rückkehr zum histologischen Bau des gemeinsamen Vorfahrenstammes der *Rhoeadales* bedeutet, da man wohl annehmen darf, daß die idioblastischen Elemente der hierher gehörigen Familien sich phylogenetisch aus gewöhnlichen, ursprünglich nicht idioblastischen Gewebeelementen ableiten, hat natürlich die Existenz von Plastiden in den Idioblasten zur Voraussetzung, durch deren allmähliges Ergrünen der Funktionswechsel der Idioblasten eingeleitet würde. Den Besitz von Plastiden müssen aber die Eiweißzellen von den homologen Elementen ihrer Vorfahren überkommen haben. Wenn wir daher mit Heinricher die Eiweißzellen der Cruciferen von den idioblastischen Elementen der Papaveraceen und Fumariaceen ableiten, so sind wir berechtigt, in den Idioblasten der beiden letztgenannten Familien nicht nur Plastiden, sondern sogar grüne Chloroplasten zu vermuten. Die Möglichkeit ist nicht ausgeschlossen, daß schon bei den Fumariaceen, vielleicht sogar noch früher bei jenen Papaveraceen, welche keine gegliederten Milchröhren, sondern teils reihenförmig geordnete, teils isolierte Milchsaftzellen oder ähnliche Elemente besitzen (z. B. *Glaucium*, *Sanguinaria*, *Eschscholtzia*; vgl. Solereder. I. S. 63), bereits ein Ergrünen dieser Plastiden und damit ein Funktionswechsel der Idioblasten eingeleitet erscheint. Die wesentliche Bedingung hierfür — Lokalisation der Idioblasten im Assimilationsparenchym — ist ja bei den meisten der in Betracht kommenden Gattungen der Fumariaceen und Papaveraceen erfüllt (s. Solereder. I. S. 64 und 65).

III. Abschnitt.

Die Eiweißzellen der Gattung *Arabis* L.

A. Einleitung.

Die Gattung *Arabis* L. wurde für die vorliegende Untersuchung in ihrem weitesten Umfang genommen, also mit Einbeziehung von

Turritis L. und *Stenophragma* Čelak. In dieser Umgrenzung zerfällt die Gattung in folgende Sektionen (z. T. nach Prantl. II. S. 193):

Arabis L.

1. Sekt. *Turritis* L.
2. „ *Cardaminopsis* Boiss.
3. „ *Stenophragma* Čelak.
4. „ *Pseudarabis* C. A. Mey.
5. „ *Turritella* C. A. Mey.
6. „ *Euarabis* C. A. Mey.
7. „ *Stevenia* Adams. et Fisch.

Von jeder dieser Sektionen wurden, mit Ausnahme der letzten, von welcher kein Material zu erhalten war, mehrere Arten untersucht. Im Folgenden sollen die einzelnen Sektionen hinsichtlich der Ausbildung ihrer Eiweißzellen beschrieben werden. Die Sektionen *Pseudarabis* und *Turritella* werden gemeinsam besprochen, weil sie hinsichtlich der Ausbildung und der Lokalisation der Eiweißzellen vollkommen übereinstimmen.

Was die Organe betrifft, die zur genaueren Untersuchung kamen, so war in Rücksicht auf den großen Umfang der Aufgabe, die sich in der Folge auf die ganze Cruciferenfamilie erstrecken soll, einige Beschränkung geboten. Da nun einerseits die in der Literatur bereits vorliegenden Angaben nur hinsichtlich der Blattorgane vergleichbar sind und mir daran lag, vergleichbares Material für einen Ausblick auf die systematische Bedeutung der Idioblasten in der Familie zu erhalten,¹⁾ und da andererseits die Eiweißzellen am leichtesten in den Laubblättern zu finden und zu studieren sind, so beschränkte ich mich auf die genauere Untersuchung der Laubblätter. Wenn ich im Anschluß daran auch die Blütenteile (Kelch, Krone, Schotenklappen) flüchtig in die Untersuchung einbezog, so geschah dies nur zu dem mehr nebensächlichen Zwecke, um festzustellen, wieweit die Übereinstimmung in dem Bau und der Lokalisation der Idioblasten dieser Organe mit denen der Laubblätter geht, resp. ob wesentliche Verschiedenheiten in dieser Hinsicht auftreten können.

Was die Untersuchungsmethode betrifft, so haben wir in dem starken Farbenspeicherungsvermögen des eiweißartigen Inhaltes der Idioblasten in gefältem Zustande ein Mittel zur Herstellung guter Dauerpräparate. Ich habe nach einigen Versuchen die Doppelfärbung von vorher mittelst Alkohol fixierten Schnitten oder von Schnitten durch Alkoholmaterial mit Säurefuchsin und Kernschwarz am geeignetsten gefunden. Die fixierten Schnitte wurden 24 Stunden lang in einer wässrigen Lösung von Säurefuchsin belassen, deren Konzentration an keine engen Grenzen gebunden ist, in Wasser ausgewaschen, wenige Minuten in verdünntes Kern-

¹⁾ Einen vorläufigen Überblick darüber enthält die „Vorläufige Mitteilung“ (Schweidler. I. S. 281).

schwarz gebracht, nochmals ausgewaschen und durch die Alkohol-Xylolstufen in Kanadabalsam übertragen. Bei dieser Behandlung erscheinen die protoplasmatischen Bestandteile der Gewebe nebst dem durch Alkohol in Form größerer oder kleinerer Körner koagulierten Eiweiß der Idioblasten in verschiedenem Grade rot tingiert — am intensivsten meist die Eiweißkörner —, während die Zellwände und die Nukleolen schwarz erscheinen. Die Dauer des Verweilens der Schnitte im Kernschwarz darf wenige Minuten (in der Regel 2—3) nicht überschreiten, da sonst leicht Überfärbung eintritt.

Das bisher zur Auffindung und zum Studium der Eiweiß- oder Myrosinzellen meist benutzte Verfahren, Schnitte durch lebendes oder fixiertes Material mit Millonschem Reagens zu behandeln und die Eiweißreaktion des Idioblasteninhaltes zur Differenzierung der Eiweißzellen gegenüber dem übrigen Gewebe zu benutzen, ist speziell für eine vergleichende, systematische Untersuchung nicht gut brauchbar, da sich keine haltbaren Dauerpräparate aus so behandelten Schnitten gewinnen lassen, die beim Auftreten von Zweifeln oder neuen Gesichtspunkten während der Untersuchung immer wieder verglichen werden müssen. Doch wurde auch diese Methode neben den Säurefuchsin-Präparaten öfter zur Kontrolle herangezogen.

Lebendes Material wurde nur zur Konstatierung des Chlorophyllgehaltes der Mesophyll-Idioblasten bei einigen Arabisarten (s. S. 426) geprüft.

Im Ganzen wurden bisher 30 Arabisarten untersucht. Bei 21 wurden Eiweißzellen in den Blättern gefunden, bei 9 Arten wurde vergeblich darnach gefahndet. Von diesen 9 Arten zeigen 4 für den (scheinbaren oder tatsächlichen?) Mangel an typischen Eiweißzellen in physiologischer Hinsicht einen Ersatz darin, daß die Schließzellen der Spaltöffnungen auffällige Mengen von Eiweiß führen und wahrscheinlich auch Myrosin enthalten.

B. Sekt. *Turritis* L.

Untersuchte Arten:

1. *Arabis glabra* Weinm. (*Turritis glabra* L.).
2. *Arabis Turczaninowii* Ledeb. (*Turritis falcata* Turcz.).
3. *Arabis Drummondii* A. Gray. (*Turritis stricta* K. Grah.).

1. Laubblatt.

Bau desselben. Die Blätter von *A. Turczaninowii* und *A. glabra* sind dorsiventral gebaut und besitzen ein in der Regel dreischichtiges Palisaden- und ein drei- bis vierschichtiges Schwammparenchym. Das Blatt von *A. Drummondii* kann man als isolateral bezeichnen, insofern als das Mesophyll aus 7—8 Lagen nahezu gleichmäßiger, schwach gestreckter Parenchymzellen besteht, wobei die Palisaden der Oberseite etwas gefördert erscheinen. In der Mediane des Querschnittes liegen die Gefäßbündel, welche stets von einer Parenchymscheide umgeben sind,

die am Querschnitt meist aus rundlichen (Fig. 2—6), nicht selten jedoch unregelmäßigen (Fig. 7), an Flächenschnitten aus meist in der Richtung des Bündelverlaufs gestreckten, nicht selten aber ebenfalls unregelmäßig erscheinenden Parenchymzellen mit meist normalen Querwänden zusammengesetzt ist (Fig. 8, 9, 13—15). Die Parenchymscheiden umschließen einen Leitstrang, welcher bei stärkeren Nerven neben dem Sieb- und Holzteil noch ein oder zwei mehrschichtige Faserstränge besitzt, welche die Gefäßteile begleiten. Zwei solcher mechanischer Belege sind nur an den stärksten Nerven, speziell am Mittelnerv, entwickelt, einer an der Xylem-, einer an der Phloemseite (Fig. 2). Letzterer ist stets der

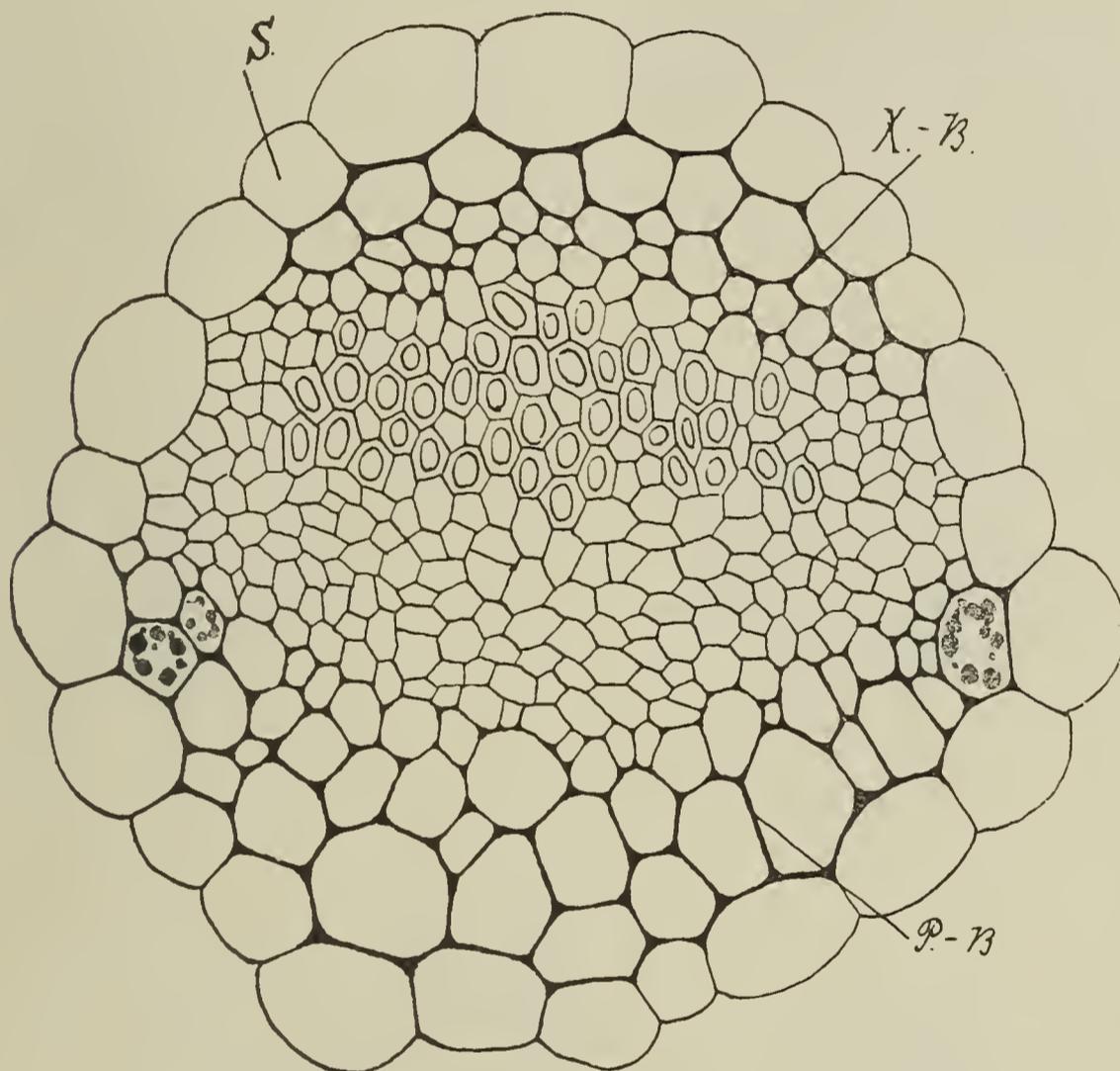


Fig. 2. *Arabis Turczaninowii* Ledeb.

Querschnitt durch den Mittelnerv in noch nicht vollständig ausgebildetem Zustand. *S* = Parenchymscheide. *P.-B.* = Phloembeleg. *X.-B.* = Xylembeleg. (260 : 1.)

stärkere. In schwächeren Nerven fehlt der Faserstrang an der Xylemseite vollständig und es ist nur der Phloembeleg entwickelt (Fig. 4—6). In den feinsten Nervenendigungen und Anastomosen endlich kommen mechanische Fasern überhaupt nicht mehr zur Ausbildung, das Bündel besteht dann nur mehr aus wenigen Xylem- und Phloemelementen. Die Zellen der mechanischen Belege unterscheiden sich an Querschnitten von den Zellen des Phloems selbst sowohl durch ihre Dickwandigkeit im ausgebildeten Zustand als auch durch ihren größeren Durchmesser (Fig. 2).

Lokalisation der Idioblasten. Die Eiweißzellen finden sich in den Blättern der genannten Arten ausschließlich in den die

Siebteile begleitenden mechanischen Fasersträngen (Fig. 4—5). Man kann sie deshalb als „Phloembeleg-Idioblasten“ bezeichnen.

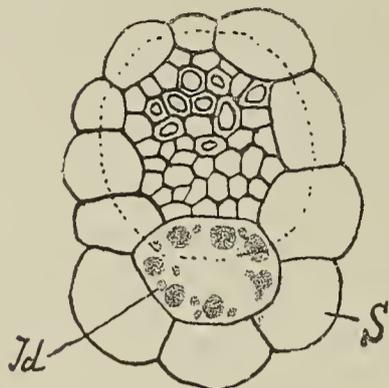


Fig. 3. *Arabis Turczaninowii* Ledeb.

Querschnitt durch ein schwaches Leitbündel des Laubblattes. *S* = Parenchym-scheide, *Id* = Eiweißzelle (Idioblast), in dieser und in allen anderen Figuren, mit Ausnahme von Figur 28, gekennzeichnet durch eingezeichnete Eiweißkörner, die man sich durch Säurefuchsin rot tingiert vorstellen muß. Die punktierte Linie deutet an, daß man bei oberflächlicher Betrachtung den Idioblasten als in der Parenchym-scheide liegend betrachten könnte. Näheres im Text. (340 : 1.)

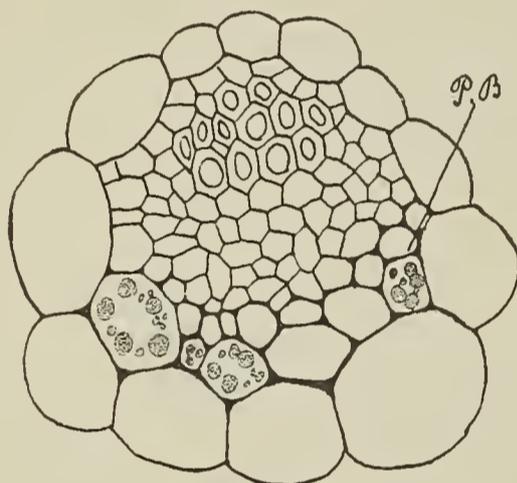


Fig. 4.

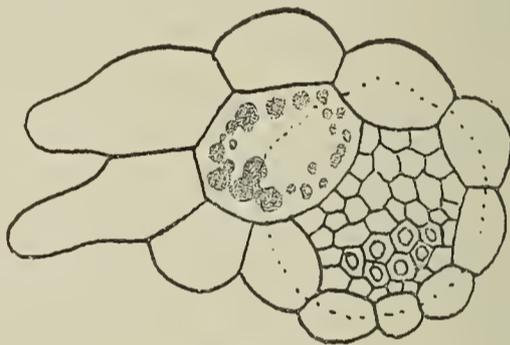


Fig. 7.

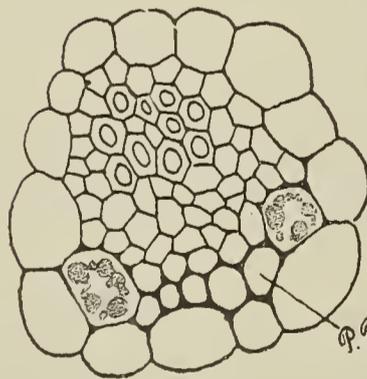


Fig. 5.

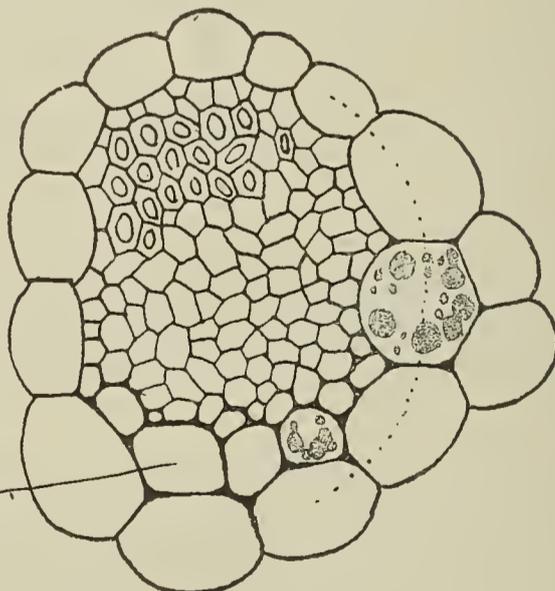


Fig. 6.

Fig. 4 u. 5. *Arabis Turczaninowii* Ledeb.

Querschnitte durch schwächere Gefäßbündel. *P.-B.* = Phloembeleg. (260 : 1.)

Fig. 6 u. 7. Desgleichen.

Die punktierte Linie hat dieselbe Bedeutung wie in Figur 2. (340 : 1.)

Als solche gehören sie natürlich in die Kategorie der „Leitbündel-Idioblasten“. Bei *A. Drummondii* und *A. glabra* machte die

Konstatierung der Lokalisation keine besonderen Schwierigkeiten, hingegen stößt man bei der Untersuchung sowohl von Querschnitten als auch von Flächenschnitten von *A. Turcxaninowii* auf Bilder, aus welchen man bei oberflächlicher Betrachtung auf ein Vorkommen der Eiweißzellen in den Parenchymcheiden schließen könnte. Doch darüber später.

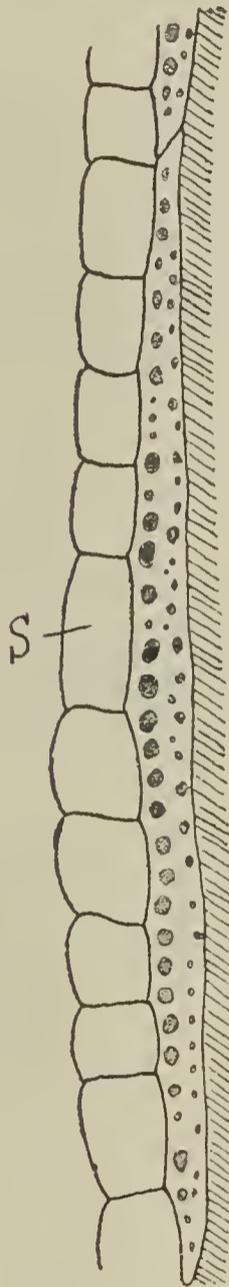


Fig. 8.

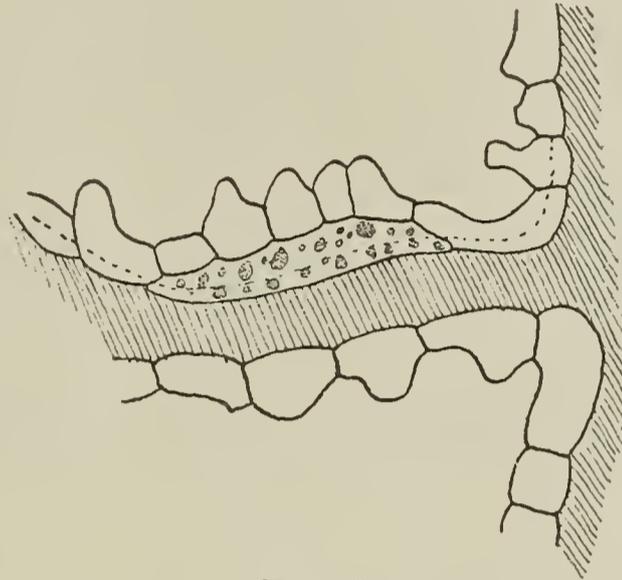


Fig. 9.



Fig. 10.

Fig. 8—10. *Arabis Turcxaninowii* Ledeb.

Fig. 8. Phloembeleg-Idioblast des Mittelnervs im Blattflächenschnitt. *S* = Parenchymscheide. Die Schraffierung deutet hier wie in den übrigen Flächenschnitten das Bündelgewebe an. (170 : 1.)

Fig. 9. Phloembeleg-Idioblast in einem schwachen Nerv. Punktirierte Linie wie in Figur 2. (130 : 1.)

Fig. 10. Dreiarmige Phloembeleg-Idioblasten. (170 : 1.)

Betrachten wir zunächst einen Mittel- oder stärkeren Seitennerv des Blattes irgend einer der drei Arten am Querschnitt, so läßt sich vor allem konstatieren, daß die Eiweißzellen durchgehend die Flanken der Sklerenchymbögen bevorzugen (Fig. 2). Für den

Mittelnerv ist dies eine Regel, von welcher höchst selten Abweichungen zu bemerken sind. Gehen wir zu schwächeren Nerven über, so ist diese seitliche Lage der Idioblasten auch hier Regel (Fig. 5). Zeigt ein solcher Querschnitt mehr als zwei Phloembeleg-Idioblasten, so spricht sich die Tendenz nach Flankenstellung in einer unsymmetrischen Verteilung der Eiweißzellen aus (Fig. 4, 6); und selbst dann, wenn ein Querschnitt durch ein schwaches Bündel nur einen einzigen Idioblasten aufweist, ist dieser in Bezug auf die Symmetrale des Nervenquerschnittes meist seitlich verschoben (Fig. 7). Querschnittsbilder mit vollkommen symmetrischer Lage der Einzel-Idioblasten sind selten (Fig. 3).

Entsprechend den Blattquerschnitten zeigen auch die Flächenschnitte die charakteristische Flankenlage der Idioblasten deutlich. An Flächenschnitten, welche den Mittelnerv oder starke Seitennerven günstig treffen, erscheinen die Eiweißzellen stets in Form von einfachen oder doppelten Reihen, welche die Leitbündel meist beiderseitig, seltener nur auf einer Seite oft auf sehr langen Strecken begleiten (Fig. 8; es wurde nur ein Idioblast ganz und ein Teil eines anschließenden gezeichnet. Man muß sich die Reihe nach oben und unten fortgesetzt und eine zweite symmetrisch zur ersten auf der anderen Seite des Bündels hinzudenken). In schwachen Seitennerven stehen die Idioblasten nicht mehr in einem so kontinuierlichen Zusammenhang. Zuletzt treten sie auch ganz vereinzelt auf, was bei Mittelnerven äußerst selten vorkommt, und haben meist ebenfalls seitliche Lage (Fig. 9). Mediane Lage solcher einzelner Idioblasten, wie in Figur 11, findet sich selten.

Zu erwähnen ist noch, daß die Eiweißzellen in den meisten Fällen in unmittelbarer Berührung mit der Parenchymscheide stehen (Fig. 2—7). Das ist für schwächere Nerven ausnahmslose Regel, in Querschnitten durch Mittelnerven finden sich hier und da einzelne Idioblasten, welche nur von Faserzellen umgeben sind (Fig. 2), also mit der Parenchymscheide nicht in Berührung stehen.

Die Gestalt und Größe der Eiweißzellen ist diejenige der mechanischen Faserzellen in den Phloembelegen, denen sie ihrer Lokalisation nach angehören: sie stellen weitlumige, gerade oder wenig gekrümmte Schläuche mit spitz zulaufenden Enden dar. Dies gilt wenigstens für die Idioblasten der Mittel- und der stärkeren Seitennerven (Fig. 8). Hier stimmen die Eiweißzellen sowohl in ihrer Gestalt als auch in ihren Dimensionen vollkommen mit den mechanischen Fasern überein, und mehr oder weniger dreiarmsige oder gabelige Formen, wie sie sich häufig an Gabelstellen oder Verzweigungen der Nerven finden (Fig. 10), haben ihre vollkommene Analogie in gleichgestalteten mechanischen Zellen an ähnlichen Nervenstrecken.

Ihre Länge beträgt im Mittel c. 450—500 μ , ihre Breite im Mittel c. 25 μ , bei *A. Drummondii* vielleicht etwas weniger. In einzelnen Fällen habe ich an Mittelnerven Eiweißzellen von 800 μ Länge und darüber beobachten können. Die maximale Breite an den stärksten Nervenstrecken dürfte 30 μ selten übersteigen. Die-

selben Zahlen kann man im wesentlichen auch für die mechanischen Zellen anführen.

Mit zunehmender Verästelung der Nerven in der Blattlamina nimmt sowohl die Länge als auch die Breite der mechanischen Zellen ab bis sie schließlich ganz verschwinden, was für die Breite an Querschnitten in Figur 2, 4, 5, 3 in der angegebenen Reihenfolge verfolgt werden kann. Auch die Idioblasten werden nun mit zunehmender Verästelung der Nerven allmählich kürzer, dokumentieren also auch dadurch ihre Zugehörigkeit zu den Fasersträngen. Hingegen nimmt mit der Länge ihre Breite nicht entsprechend ab, im Gegenteil. Während nämlich die mittlere Länge der Idioblasten in der Blattlamina bis auf c. 200 μ heruntergeht und einzelne Eiweißzellen eine Reduktion ihrer Länge bis auf 80 μ aufweisen (Fig. 15), bleibt die Breite bei *A. Drummondii* und *A. glabra* auf einem Mittelwerte von c. 20—25 μ stehen, welcher von der mittleren Breite der Mittelnerv-Idioblasten nur wenig abweicht (Fig. 11). Dadurch kann es zustande kommen, daß der einzelne Idioblast mit

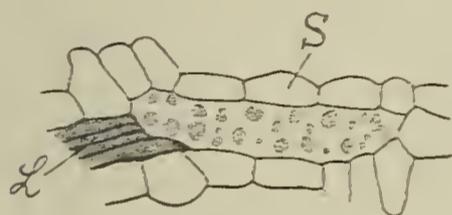


Fig. 11.

Arabis Drummondii A. Gray.

Idioblast des Laubblattes. L = Leitbündel. S = Parenchymscheide.

(130 : 1.)

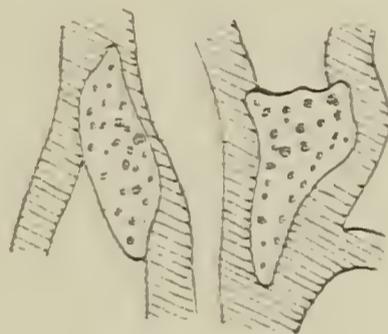


Fig. 12.

Arabis Turczaninowii Ledeb.

Idioblasten an den Verzweigungsstellen der Nerven. (130 : 1.)

seiner Breite diejenige des Bündels an der betreffenden Stelle übertrifft. Wenn er in der Symmetrieebene des Nerven liegt, so verdeckt er (im Flächenschnitt) den letzteren an dieser Stelle vollständig (Fig. 11).

So sehen wir, daß die letzten Ausläufer der Faserbelege vor den Siebteilen, denn als solche müssen wir die Eiweißzellen in den feinen Nervenendigungen und Anastomosen auffassen, bei *A. Drummondii* und *A. glabra* eine namhafte Hypertrophie erleiden, die wir von vornherein infolge der sonst vollkommenen morphologischen Übereinstimmung der Idioblasten mit den Belegzellen nicht erwarten würden. Bei den erwähnten beiden Arten geht diese Breitenhypertrophie wenig über die Breite des Leitbündels hinaus, absolut genommen nicht über 30 μ . Bei *A. Turczaninowii* hingegen geht sie noch weiter. Idioblasten, die in ihrer Breite dem Leitbündel gleichkommen, sind sehr häufig, ja man kann sagen, in den feinsten Areolen des Gefäßbündelnetzes sind die Idioblasten bei dieser Pflanze fast durchaus mindestens gleichbreit wie die Leitbündel selbst (Fig. 3, 7, 9, 14). Ihre Breite beträgt durchschnittlich 30 μ . Es

finden sich aber gar nicht selten Formen, welche 50 μ und mehr in der Breite messen und die Breite des Bündels fast um das Doppelte übertreffen (Fig. 12, 15). Solche Formen sind dann aber immer von sehr geringer Länge, wie aus den Figuren ersichtlich ist, und man würde solche manchmal fast isodiametrische Zellen zunächst für nichts weniger als für Elemente der Phloembelege halten.

Diese Breitenhypertrophie der Eiweißzellen in den feineren und feinsten Ausläufern der Nervatur hat zum Teil schon bei *A. Drummondii* und *A. glabra*, insbesondere aber bei *A. Turczaninowii* eine Erscheinung im Gefolge, welche mich bei letzterer Art ursprünglich sogar zur Annahme des Vorkommens von Idioblasten in den Parenchymcheiden veranlaßte. Betrachtet man nämlich Blattquerschnitte dieser Pflanze, so hat es — selten bei stärkeren Nerven, häufig hingegen bei schwachen — den Anschein, als ob der eine oder der andere Idioblast in der Parenchymscheide läge, indem man nämlich versucht ist, den Kreis der Parenchymscheidenzellen durch den Idioblasten zu schließen, da ein derartiges Vorgehen einen regelmäßigeren Ring liefert (Fig. 3, 6, 7; die punktierte Linie deutet dies an). Dazu kommt einerseits, daß die Größe der Eiweißzellen am Querschnitt meist sehr gut mit der normaler Parenchymscheidenzellen übereinstimmt, andererseits besitzen die den Idioblasten außen anliegenden Zellen oft eine so unregelmäßige Gestalt, wie wir sie an typischen Parenchymscheidenzellen nicht gewohnt sind, wie sie aber gewöhnlichen Mesophyll-, insbesondere Schwammgewebezellen häufig zukommt (Fig. 7). Bei genauerer Betrachtung sieht man allerdings, daß die den Idioblasten außen anliegenden Parenchymzellen durch lückenlosen Zusammenschluß ausgezeichnet sind (Fig. 3, 6, 7), während gewöhnliche Mesophyllzellen von Intercellularen unterbrochen zu sein pflegen. Dadurch wird es schon ziemlich klar, daß derartige Idioblasten nur scheinbar infolge ihrer Breitenhypertrophie in der Parenchymscheide liegen.

Durch Flächenschnitte wird dies vollkommen bestätigt. Auf den ersten Blick allerdings scheinen die Idioblasten auch hier oft in den Parenchymcheiden zu liegen und man ist leicht versucht, die Reihe der aneinanderschließenden Scheidenzellen, welche das Gefäßbündel am optischen Längsschnitt begleiten, durch den Idioblasten zu schließen (Fig. 9, 13—15; die punktierte Linie deutet dies an), während tatsächlich die Reihe der Parenchymscheidenzellen seitlich ausweichend um den Idioblasten herum verläuft. Daß dem in der Tat so ist, ersehen wir einerseits aus dem lückenlosen Verlauf der aus ihrem normalen Weg gedrängten Scheidenzellen, andererseits aus den Endigungen der Idioblasten resp. aus den Neigungen der Berührungswände zwischen Idioblasten und Scheidenzellen an den Enden der ersteren. Für Querwände von Parenchymscheidenzellen ist charakteristisch, daß sie auf der Längsrichtung der von ihnen umschlossenen Nerven senkrecht stehen. Würden die Idioblasten der Parenchymscheide angehören, so dürfte man an ihren Enden ebensolche quere Scheidewände zwischen ihnen und den Parenchym-

scheidenzellen erwarten. Diese Erscheinung findet man aber äußerst selten und nur bei sehr reduzierten Idioblasten (Fig. 15). In der Regel grenzen die Idioblasten mit schiefen Wänden an die Scheidenzellen an (Fig. 9, 13, 14), oder mit anderen Worten: sie besitzen mehr oder weniger spitz zulaufende Enden. Und dadurch charakterisieren sie sich als Elemente der mechanischen Belege vor den Siebteilen, deren letzte Ausläufer an sonst belegfreien Stellen sie offenbar darstellen. Eine Sprengung der Parenchymsehede, wie sie in der nächsten Sektion konstatiert wurde, konnte bei den untersuchten Arten der Sektion *Turritis* nicht beobachtet werden.

Was die Häufigkeit der Idioblasten betrifft, so kann man sagen, daß die Blätter der genannten Arten an Eiweißzellen sehr reich sind. Bei *A. Turczaninowii* trifft man bis zu fünf an einem Nervenquerschnitt. Im Mittel dürften bei dieser Art auf jeden

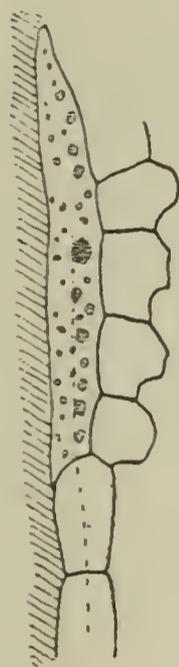


Fig. 13.

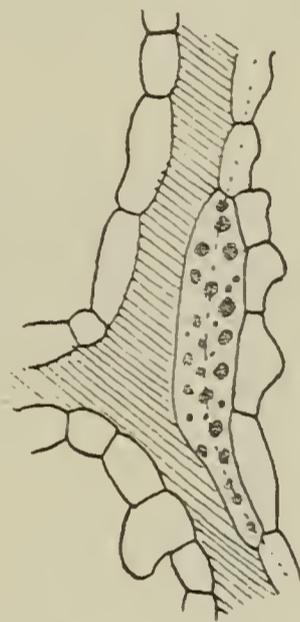


Fig. 14.

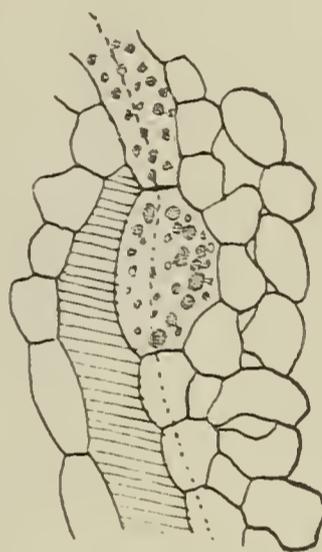


Fig. 15.

Fig. 13—15. *Arabis Turczaninowii* Ledeb.
Schwache Seitennerven mit Phloembeleg-Idioblasten.
Punktlinie wie in Figur 2. (130:1.)

stärkeren Bündelquerschnitt drei Idioblasten entfallen. Etwas weniger häufig sind sie bei *A. Drummondii* und *A. glabra*.

An eiweißartigem Inhalt sind die Idioblasten im allgemeinen sehr reich. Relativ am spärlichsten mit Eiweiß versehen sind sie bei *A. glabra*. Bei *A. Turczaninowii* hingegen erscheinen die Idioblasten oft mit einem grobkörnigen Koagulat geradezu vollgepfropft, so daß die Färbung mit Säurefuchsin ein außerordentlich intensives purpurnes Rot liefert. *A. Drummondii* nimmt in Bezug auf Inhaltsreichtum der Eiweißzellen eine Mittelstellung ein.

2. Kelch- und Kronblätter.

In den Kelchblättern ließen sich die Eiweißzellen bei allen drei Arten erkennen, in den Kronblättern nur bei *A. glabra* und *A. Turczaninowii*. Bei *A. Drummondii* konnte ich, jedenfalls infolge Inhaltsarmut, keine Eiweißzellen finden.

Ihre Lokalisation ist dieselbe wie in den Laubblättern; sie sind Phloembeleg-Idioblasten, doch ist ihr Verhältnis zur Parenchym-scheide geradeso wie in den Laubblättern auch hier auf den ersten Blick unklar. Die meisten besitzen langgestreckt spindelige Gestalt. Starke Breitenhypertrophie und Längenreduktion findet sich ebenfalls, speziell bei *A. Turczaninowii*, nicht selten.

Im Verhältnis zu den Laubblättern zeigen sich die Idioblasten nur schwach mit einem infolge der Zartheit der Organe durch Alkohol rasch gefällten und daher feinkörnigen Koagulat erfüllt.

3. Schotenklappen.

Die Schotenklappen dieser Sektion habe ich etwas eingehender untersucht und zwar hauptsächlich deshalb, um mich wenigstens

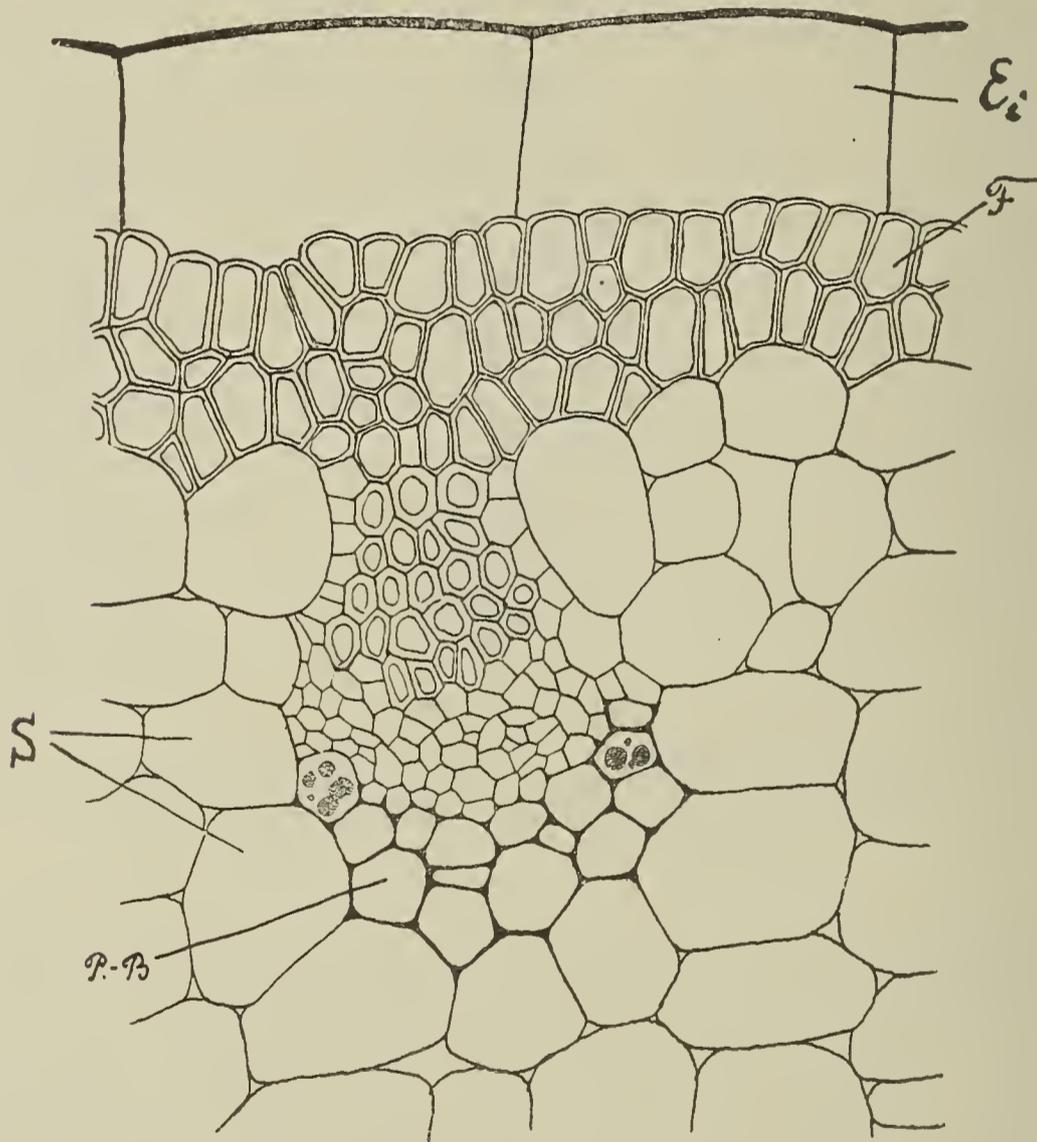


Fig. 16. *Arabis Drummondii* A. Gray.

Querschnitt durch den Mittelnerv der Schotenklappe mit angrenzender Faserschicht (F); *Ei* = Epidermis der Innenseite. (340:1.)

an einer einzelnen Pflanzengruppe genauer von der Übereinstimmung zwischen Laubblättern und Schoten in Bezug auf die Ausbildung der Eiweißzellen zu überzeugen. Meinen bisherigen Erfahrungen nach sind nämlich die Idioblasten bei Pflanzen mit Leitbündel-Idioblasten am allerleichtesten in den Schotenklappen zu finden. Wenn man weiß, daß die Ausbildung der Eiweißzellen in den Laub- und Blüten- resp. Fruchtblättern in jeder wesentlichen Hinsicht über-

einstimmt, so wird man, falls sich die Idioblasten nur in den Klappen finden lassen, aus ihrer Lokalisation und Ausbildung in diesen Organen auf die Laubblätter schließen können. Die vollständige Übereinstimmung in der Idioblasten-Ausbildung zwischen Laubblättern und Schotenklappen bei *Turritis*-arten soll in den folgenden Zeilen gezeigt werden.

Bau der Klappen. Die Klappen der Schoten, welche bei dieser Sektion eine große Länge (1 dm und darüber) erreichen können, haben eine aus in der Längsrichtung der Klappen gestreckten Zellen bestehende Außenepidermis mit eingestreuten Spaltöffnungen. Die Epidermis der Innenseite hingegen besteht aus mehr oder weniger regelmäßigen Längsreihen von in der Querrichtung der Klappen gestreckten Zellen (Fig. 16, 18, 19), welche zur Zeit

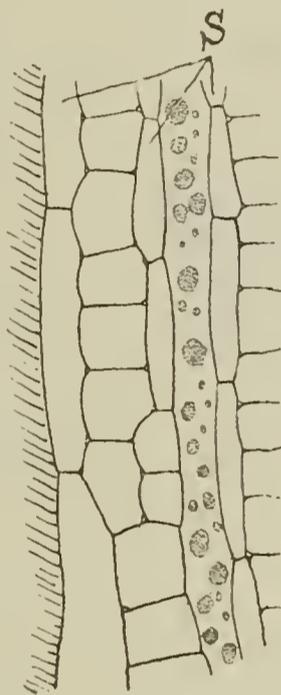


Fig. 17. *Arabis Drummondii* A. Gray.

Flächenschnitt durch die Schotenklappe mit einer streckenweise normalen, aus längsgestreckten Zellen bestehenden Parenchym Scheide *S*. (130:1.)

der Fruchtreife kollabieren. Auf die Epidermis der Außenseite folgt das Mesophyll, dessen parenchymatische, in der Regel in der Querrichtung gestreckte Zellen an Flächenschnitten eine reihenförmige Anordnung in der Längsrichtung der Schoten zeigen (Fig. 21). Dieses aus 6—7 Zellschichten zusammengesetzte Parenchym, in welchem die Leitbündel verlaufen, stößt nicht unmittelbar an die Epidermis der Innenseite, sondern ist von ihr durch eine 2—4schichtige Lage mechanischer, längsverlaufender Fasern getrennt, welche die ganze Innenseite der Klappen unterhalb der Epidermis auskleiden (Fig. 16, 18, 19). Die Gefäßbündel, deren Holzteile in unmittelbarer Berührung mit dieser Faserschicht stehen, haben keine ausgesprochenen Parenchym Scheiden, da dieselben durch die reihenförmige Anordnung der Zellen des gesamten Mesophylls und ihren innigen, nur sehr kleinen Interzellularen Raum lassenden Zusammenschluß ersetzt und überflüssig erscheinen. Andeutungen einer ursprünglichen typischen Parenchym Scheide finden sich jedoch nicht selten in Form von wenigen, parallel den Nerven gestreckten Zellen,

welche hie und da — am häufigsten bei *A. Drummondii* und *A. glabra* — besonders an Verzweigungsstellen der Bündel auftreten (Fig. 17). Im übrigen haben die Parenchymzellen, welche die Gefäßbündel lückenlos umschließen und so die Stelle der Parenchym-scheide vertreten, entweder eine quer verlängerte (Fig. 21) oder isodiametrische Gestalt und sehr veränderliche Größe. In größeren Nerven, speziell im Mittelnerv, gelangt ein aus mechanischen Fasern zusammengesetzter Phloembeleg zur Ausbildung, dessen Zellen sich am Querschnitt einerseits durch die besonders im ausgebildeten Zustande zutage tretende Verdickung ihrer Membranen, andererseits

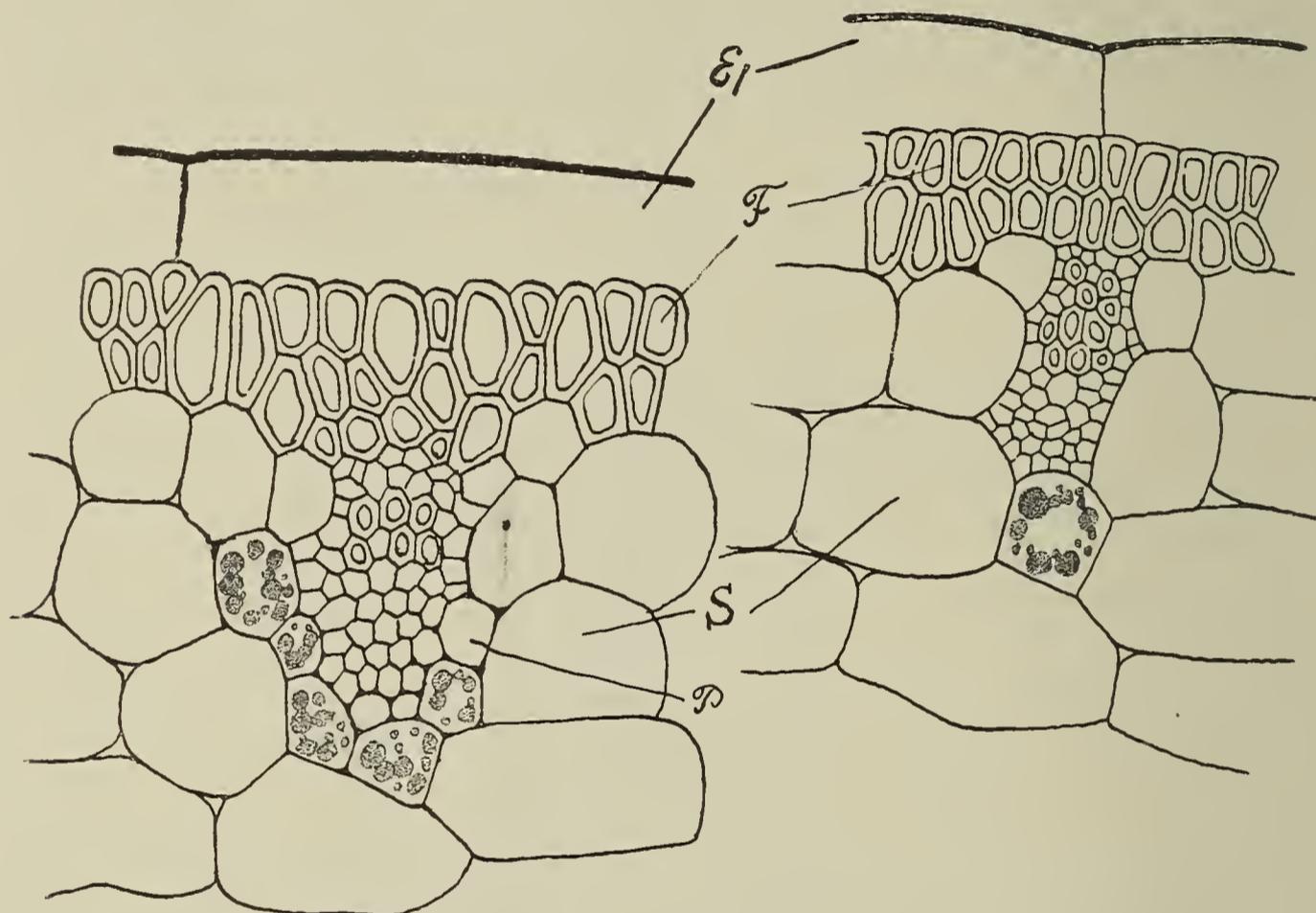


Fig. 18.

Fig. 19.

Fig. 18—19. *Arabis Turczaninowii* Ledeb.

Querschnitt durch Leitbündel der Schotenklappen. *Ei* = Innenepidermis, *F* = daran unmittelbar sich anschließende Faserschichte, *S* = Bündelscheide, *P* = Phloembelegzelle (260 : 1).

durch ihre bedeutendere Größe von den Phloemzellen unterscheiden, an Längsschnitten aber die typische Form mechanischer Fasern aufweisen (Fig. 16, 18).

Was die Lokalisation der Eiweißzellen betrifft, so erscheint sie an Querschnitten durch Mittelnerven unzweifelhaft als Phloembeleg-Idioblasten (Fig. 16). Hier zeigen sie auch keine nennenswerte Breitenhypertrophie, die sie aus dem Verbande der Belegzellen hinausdrängen würde. An feineren Nerven aber hat es, einerseits infolge der sich hier (besonders bei *A. Turczaninowii*) sehr bemerkbar machenden Breitenhypertrophie der Idioblasten, andererseits aber wegen des schon oben erwähnten Mangels einer normalen Parenchym-scheide häufig den Anschein, als lägen die

Idioblasten in der Parenchym-scheide, d. h. als ob sie zu dem Kranze der das Bündel umgebenden, meist unregelmäßigen Parenchymzellen gehörten (Fig. 18, 19). Auch an Flächenschnitten ist dieses Hinausdrängen aus dem eigentlichen Leitstrang deutlich zu erkennen. Immer aber läßt sich sowohl an Quer- als auch an Längsschnitten bei genauerer Betrachtung der vollkommen lückenlose Zusammenschluß der die Idioblasten außen umgebenden Parenchymzellen erkennen (Fig. 16—19). Wir haben es demnach wie im Blatte mit echten Phloembeleg-Idioblasten zu tun.

Gestalt der Idioblasten. Sie bilden in der Regel langgestreckte Schläuche mit spitz zulaufenden Enden, wodurch sie zusammen mit ihrer Lokalisation ihre Zugehörigkeit zu den Phloembelegen erweisen (Fig. 17, 20, 21). An Verzweigungsstellen und Queranastomosen jedoch weichen sie nicht nur in der Form, son-

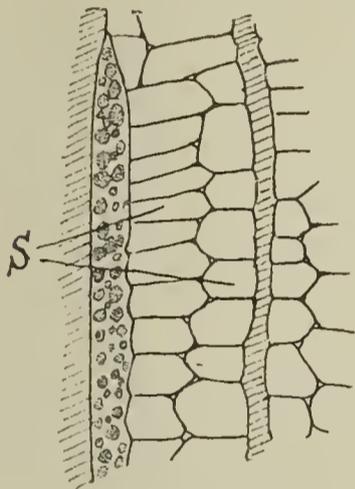


Fig. 20.

Arabis Turczaninowii Ledeb.

Flächenschnitt durch die Schotenklappe mit einem den Mittelnerv begleitenden Phloembeleg-Idioblasten und einem schwachen Seitennerv.
S = Parenchym-scheide. (130:1.)

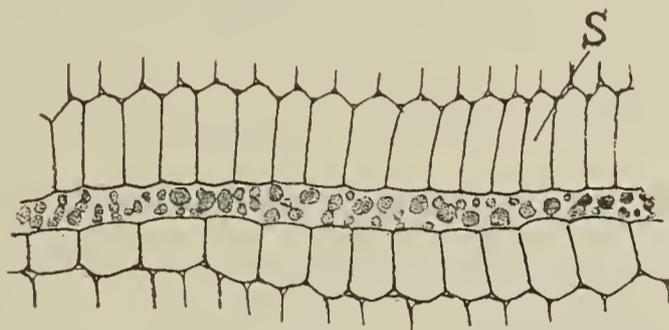


Fig. 21.

Arabis Turczaninowii Ledeb.

Ein dem Querschnitt in Fig. 16 entsprechender Idioblast, der das zarte darunterliegende Leitbündel vollständig verdeckt. S = quergestreckte Scheidenzellen. (130:1.)

dern auch in der Größe häufig von der Schlauchform ab. Am weitesten geht darin wieder wie im Blatte *A. Turczaninowii*, welche überhaupt alle Abweichungen (schlechte Ausbildung der Parenchym-scheide, starke Breitenhypertrophie, scheinbare Scheidenlage und abweichende Gestalt der Idioblasten) in höchstem Maße aufweist. An Queranastomosen finden sich bei dieser Art nicht selten Formen, welche durch nichts mehr an ihre ursprüngliche gestreckt-schlauchförmige Gestalt erinnern (ähnlich wie bei den in Figur 12 dargestellten Idioblasten aus dem Laubblatte; Fig. 22).

Die Größenverhältnisse der Idioblasten sind im Wesentlichen dieselben wie im Laubblatte. Ihre Breite beträgt im Mittel ca. 20—25 μ , ihre Länge ca. 400 μ , doch findet man nicht selten (insbesondere bei *A. Turczaninowii*) Idioblasten, welche 800 μ lang sind. An Queranastomosen liegende Idioblasten können bedeutend breiter sein. An diesen Stellen ist also die Hypertrophie am meisten wirksam. Die größere Breitenentwicklung geschieht aber auf Kosten

der Länge; sie steigt bis auf $60\ \mu$, während die Länge bis nahezu auf dasselbe Maß zurückgehen kann.

Die Zahl der Idioblasten ist sehr groß. Man findet insbesondere bei *A. Turczaninowii* an Flächenschnitten auf einer Fläche von höchstens 3 mm nicht selten 20 und mehr verschieden-gestaltiger Idioblasten. An Querschnitten trifft man bis zu 5 Idioblasten in einem einzelnen Leitbündel (Fig. 18), im Mittel 1—2.

Was den Inhalt betrifft, so sind die Eiweißzellen bei allen drei Arten sehr reich damit versehen. Speziell die Eiweißzellen

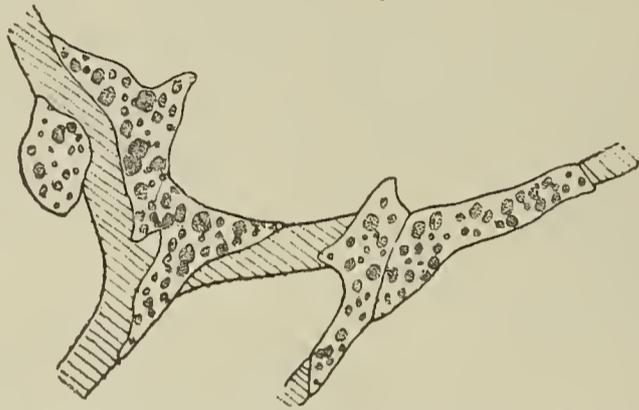


Fig. 22. *Arabis Turczaninowii* Ledeb.

Idioblastengruppe an einer Queranastomose der Schotenklappe. (130:1.)

von *A. Turczaninowii* sind die inhaltsreichsten, die mir bisher überhaupt untergekommen sind. Besonders erscheinen sie in älteren Schotenklappen dieser Art (der Eiweißgehalt der Idioblasten scheint mit dem Alter der Klappen merkwürdiger Weise zuzunehmen) so dicht von einer gleichsam zusammengebackenen Körnermasse erfüllt, daß das ganze Lumen davon eingenommen wird und man die einzelnen Körner nur schwer unterscheidet. Entsprechend der Quantität des Koagulates ist auch die Farbenspeicherung desselben eine so weitgehende, daß die Massen des Gerinnsels an besonders dichten Stellen mit Säurefuchsin eine geradezu dunkelpurpurne Färbung annehmen.

C. Sekt. *Cardaminopsis* Boiss.

Untersuchte Arten:

I.

1. *Arabis Halleri* L. (*Cardamine Halleri* Prantl).
2. *Arabis ovirensis* Wulf. (*Nasturtium* o. Andr.).

II.

3. *Arabis arenosa* Scop. (*Cardamine arenosa* Roth, *Sisymbrium arenosum* L.).

I. *Arabis Halleri* L. und *A. ovirensis* Wulf.

1. Laubblatt.

Blattbau. Die Blätter von *A. Halleri* und *A. ovirensis* sind dorsiventral gebaut, doch ist von den 5—6 Zellschichten des Me-

sophylls nur eine, die der Epidermis der Oberseite anliegende, Zellschicht palisadenartig ausgebildet, und die Palisaden zeigen nur eine geringe Streckung (Fig. 23, 24). In den mittleren Zellschichten des Mesophylls liegen die Gefäßbündel, die in ihrer Zusammensetzung im wesentlichen denen der Sekt. *Turritis* gleichen, nur daß die mechanischen Belege bedeutend schwächer sind, was ganz besonders von den Xylembelegen gesagt werden kann.

Lokalisation der Idioblasten. Die Gefäßbündel besitzen, wie bei fast allen Cruciferen, eine Parenchym Scheide. Wir haben nun bei Besprechung der Sekt. *Turritis* gehört, daß die Phloembeleg-Idioblasten die Tendenz zeigen, in die Parenchym Scheide hinauszurücken. Rein lokal genommen ist das dort auch geschehen: die relativ kurzen Idioblasten der feineren Nerven liegen ja in der Reihe der Scheidenzellen, welche die Nerven begleiten, die eigentliche Parenchym Scheide erscheint weiter hinausgedrängt. Allein der feste und lückenlose Verband der Parenchym Scheidenzellen ist dort noch nicht gesprengt. Die Gestalt der Scheidenzellen an Orten, wo die Parenchym Scheiden aus ihrem normalen Verlaufe durch die Hypertrophie der Idioblasten verdrängt werden, hat sich zwar infolge dieser Verdrängung etwas geändert, sie nähert sich vielfach der Form gewöhnlicher Schwammgewebselemente, allein wir bemerken zwischen den Zellen, welche die Idioblasten außen umschließen, keine Intercellularen, weder an Quer- noch an Flächenschnitten. Die Eiweißzellen sind also noch immer typische Phloembeleg-Idioblasten, wenn sie auch unverkennbar die Tendenz zeigen, die Parenchym Scheide zu sprengen und dadurch in die letztere selbst hinauszurücken.

Die Sektion *Cardaminopsis* besitzt gradeso wie *Turritis* Phloembeleg-Idioblasten, allein der bei letzterer nur in seinen Anfängen angedeutete teilweise Übergang derselben in Scheiden-Idioblasten hat sich bei *A. Halleri* und *A. ovirensis* bereits tatsächlich vollzogen. Der lückenlose Verband der Scheidenzellen ist in vielen Fällen gesprengt, es finden sich Intercellularen zwischen den die Idioblasten umgebenden ursprünglichen Parenchym Scheidenzellen, und die Eiweißzellen stehen mit dem Durchlüftungssystem des Mesophylls in direkter Berührung (Fig. 24, 28—31).

Doch ist diese Lockerung der ursprünglichen Parenchym Scheide nicht überall gleich weit vorgeschritten. In den stärksten Nerven läßt sich zum Beispiel von einer solchen nichts bemerken. Hier haben die Idioblasten genau dieselbe Lokalisation wie bei *Turritis*, sie liegen inmitten unzweifelhafter Phloembelegzellen, angrenzend an die Parenchym Scheiden. Aber auch von schwächeren Gefäßbündeln treten uns nicht selten Querschnitte entgegen, wo die Idioblasten unzweifelhaft innerhalb der Parenchym Scheiden liegen (Fig. 23). Daraus kann man ersehen, daß wir es auch hier mit Phloembeleg-Idioblasten zu tun haben.

Diesen Fällen stehen aber auch andererseits, wenn wir vorläufig nur Querschnitte berücksichtigen, Fälle gegenüber, bei welchen

die Idioblasten in der Scheide selbst liegen und wie echte Scheidenzellen an die Intercellularen des Assimilationsgewebes angrenzen (Fig. 24). Neben diesen gleichsam Endglieder einer Reihe bildenden

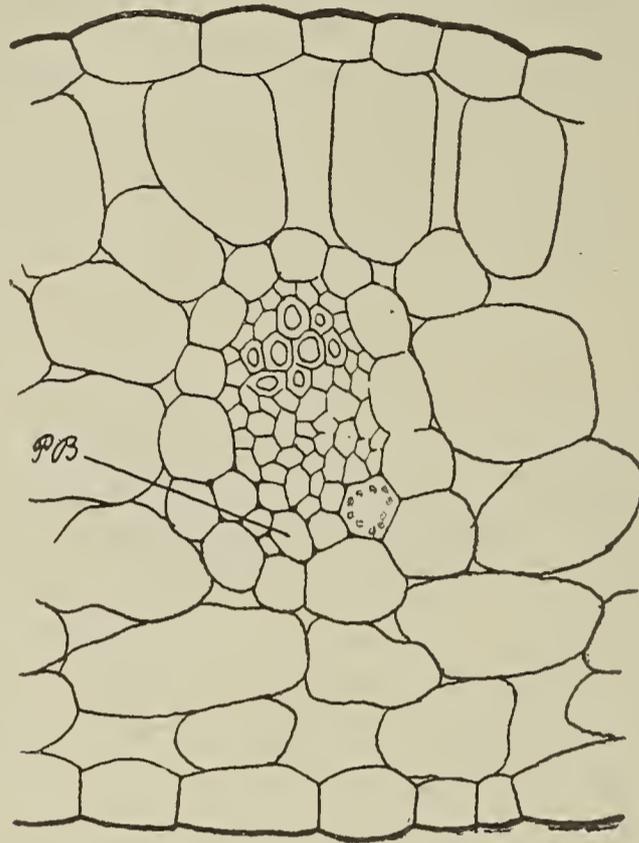


Fig. 23. *Arabis Halleri* L.
Laubblatt im Querschnitt. P.-B. = Phloembeleg mit einem Idioblasten.
(340 : 1.)

Querschnittsbildern finden sich aber nicht selten solche, wo die Idioblasten zwar rein lokal genommen in dem regelmäßigen Ring der Scheidenzellen zu liegen scheinen, wo sich aber ein lückenloser

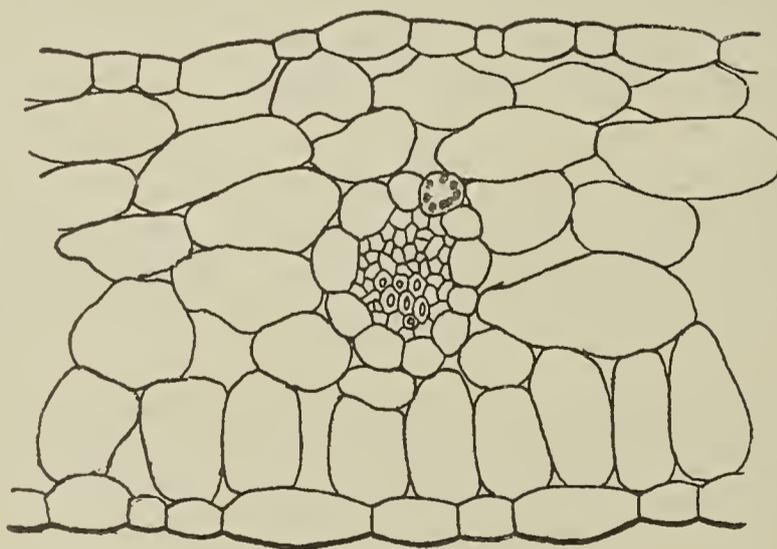


Fig. 24. *Arabis Halleri* L.
Blattquerschnitt mit einem in der Parenchymscheide liegenden Idioblasten.
(260 : 1.)

Zusammenhang der dieselben außen umgebenden und in der Regel in Korrelation mit der scheinbaren Scheidenlage der Eiweißzellen veränderten Parenchymscheidenzellen konstatieren läßt (Fig. 25; die punktierte Linie bedeutet dasselbe wie in Fig. 3, 6, 7).

Ziehen wir zum Vergleiche Flächenschnitte heran, so lassen sich die eben angeführten drei Entwicklungsstadien ebenfalls verfolgen. Echte Phloembeleg-Idioblasten, die also von einer typischen, aus etwas gestreckten, am optischen Längsschnitt rechteckigen Zellen zusammengesetzten Parenchym-scheide begleitet werden, etwa so, wie Figur 8 für die Sekt. *Turritis* es zeigt, finden sich selten, und nur an den stärksten Blattnerven, aber selbst hier ist die Tendenz zur Verdrängung der Bündelscheide bereits deutlich. Man ersieht das besonders gut aus Figur 26. Die Parenchym-scheide, die bis zu der Stelle, wo der Idioblast (und zwar deutlich im Phloembeleg seinen Ursprung nehmend) beginnt, in typischer Ausbildung sich zeigt, geht dort, wo sie mit den Idioblasten in Berührung kommt und aus ihrem normalen Längsverlaufe zur Seite

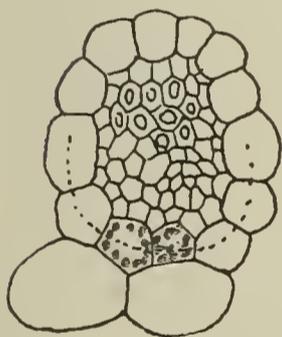


Fig. 25. *Arabis Halleri* L.
Leitbündelschnitt mit scheinbar (punktierete Linie) in der Parenchym-scheide liegenden Eiweißzellen.
(260 : 1.)

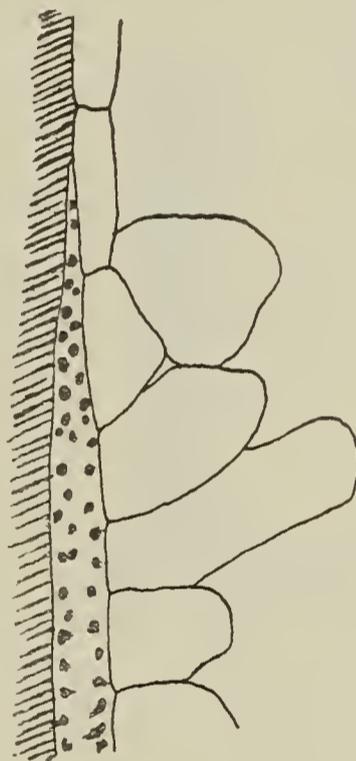


Fig. 26. *Arabis ovirensis* Wulf.
Idioblast aus dem Mittelnerv des Blattes im Flächenschnitt mit zum Teil sehr unregelmäßiger Parenchym-scheide. (170 : 1.)

geschoben wird, nahezu plötzlich in sehr unregelmäßiges Parenchym über, dessen Scheidencharakter nur noch am lückenlosen Zusammenhang seiner Elemente zu erkennen ist. In Figur 28 ist auch dieser gesprengt, zwischen den Zellen, welche an der Außenseite des Idioblasten in der Fortsetzung der anfangs normalen Parenchym-scheide liegen und eine sehr unregelmäßige Gestalt zeigen, treten große Interzellularen (*J*) auf, welche deutlich dartun, daß diese Eiweißzellen bereits in der Parenchym-scheide selbst liegen.

Besonders instruktiv ist Figur 27, die einen Flächenschnitt durch ein Blatt von *A. ovirensis* darstellt. Man erkennt hier deutlich, daß unterhalb der beiden durchsichtig gedachten Idioblasten (*Jd*) bei tieferer Einstellung keine regelrechte, lückenlose Parenchym-scheide zum Vorschein kommt, sondern ein lakunöses Parenchym — das Schwammgewebe.

In Figur 28 liegt ein Fall vor, in welchem an der Scheidenlage des Idioblasten in seinen mittleren, breitesten Partien nicht gezweifelt werden kann, wo aber der Ursprung desselben aus dem Phloembeleg deutlich an dem spitz zulaufenden Ende, welche unter die normalen Scheidenzellen sich einkeilt, erkannt werden kann. Wir haben demnach in solchen Idioblasten Gebilde vor uns, deren spitz zulaufenden Enden den Phloembelegen, deren übriger Teil der Parenchymsehede angehört — jene den Leitsträngen, dieser dem Grundgewebe des Blattes. An Querschnitten kommt es demnach ganz darauf an, wo ein solcher Idioblast getroffen wurde. Ein Querschnitt, welcher den Idioblasten an seinem spitzen Ende durchschneidet (in Fig. 28 durch die punktierte Linie *A* angedeutet), läßt ihn im Phloembeleg lokalisiert erscheinen. Ein Querschnitt

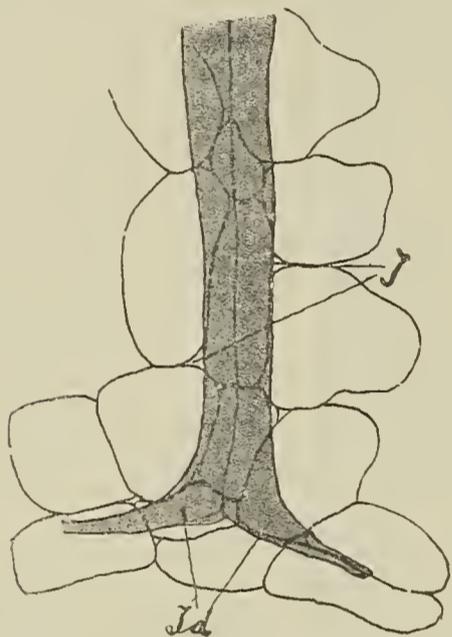


Fig. 27. *Arabis ovirensis* Wulf.
Zwei Idioblasten (*Id*) mit unmittelbar
darunterliegenden Parenchymzellen.
J = Intercellularen.

(170 : 1.)

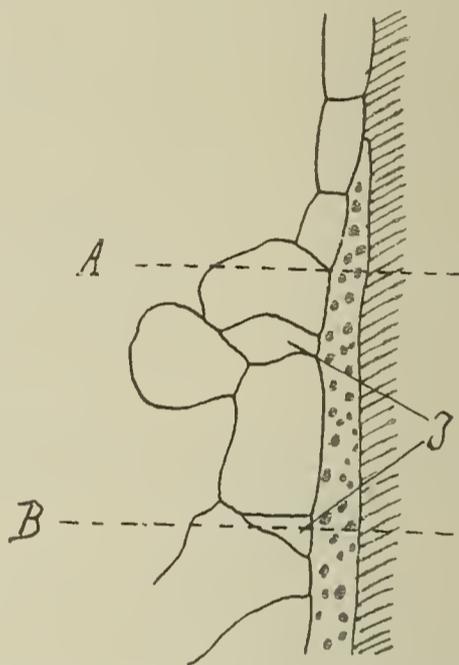


Fig. 28. *Arabis ovirensis* Wulf.
Idioblast, welcher in seiner oberen
Partie „Phloembeleg-Idioblast“, in
seiner unteren „Parenchymseheden-
Idioblast“ ist, im Flächenschnitt. Ein
Querschnitt in der Richtung der punk-
tierten Linie *A* würde der Fig. 25,
in der Richtung von *B* der Fig. 24,
entsprechen. (170 : 1.)

durch die mittlere Partie (Fig. 28, *B*) kann uns denselben als „Parenchymseheden-Idioblasten“ zeigen.

Neben solchen Eiweißzellen, welche gewissermaßen gleichzeitig Phloembeleg- und Scheiden-Idioblasten sind, sieht man aber auch solche, die ihren Ursprung aus den Phloembelegen nur wenig oder gar nicht mehr erkennen lassen. Die Figuren 29—31 zeigen solche mit gutem Recht als reine Scheiden-Idioblasten zu bezeichnende Eiweißzellen. Sie liegen vollständig in den Parenchymseheden selbst, indem sie in der Reihe der Scheidenzellen verlaufend an die Lufträume des Schwammgewebes angrenzen. Ihre Breite ist meist etwas größer als die der angrenzenden Parenchymsehedenzellen. Vor allem ist es aber ihre größere Länge, welche ihren Ursprung aus parenchymatischen Elementen verrät. In den meisten

Fällen sind sie mindestens zweimal länger als die längsten Parenchymscheidenzellen in derselben Region. Doch kann die Reduktion ihrer relativen Länge soweit gehen, daß sie sich diesbezüglich von ähnlichen Parenchymscheidenzellen nicht unterscheiden (Fig. 31, A). Dann deutet auch die Art und Weise, wie ihre Enden sich an echte Parenchymscheidenzellen anlegen, darauf hin, daß wir es mit Elementen prosenchymatischen Ursprungs zu tun haben. Während nämlich normale Scheidenzellen mit senkrechten Querwänden aneinandergrenzen, sind die Trennungsmembranen zwischen Idioblasten und Scheidenzellen meist deutlich schief, sie haben

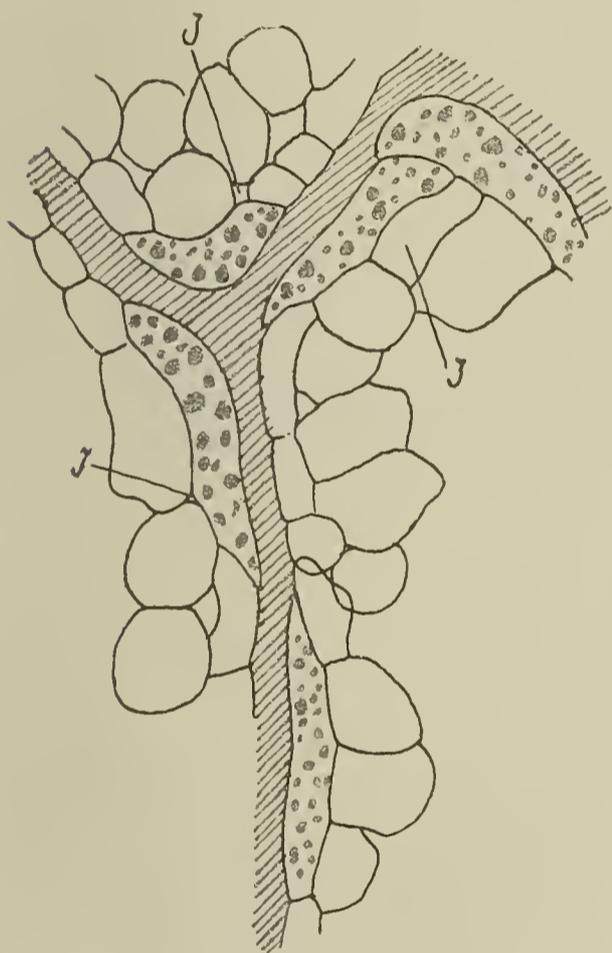


Fig. 30.

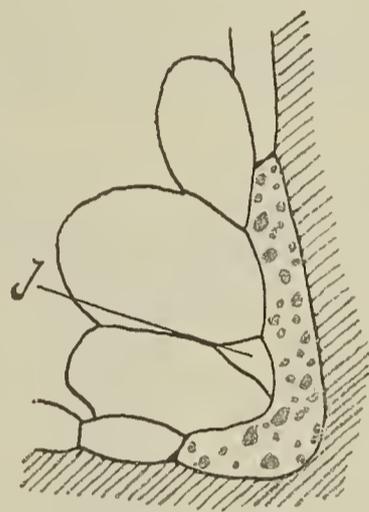


Fig. 29.

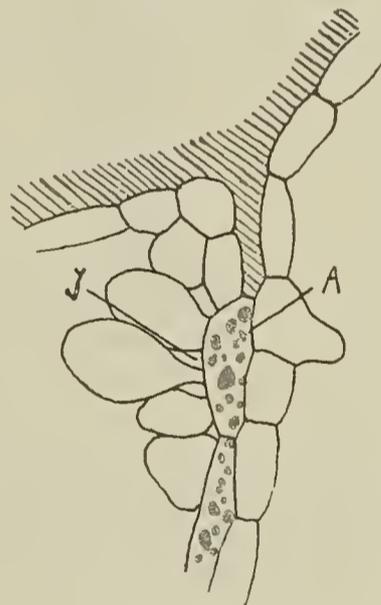


Fig. 31.

Fig. 29—30. *Arabis ovirensis* Wulf.

Parenchymcheiden-Idioblasten in Flächenschnitten. *J* = Intercellularen.
(130 : 1.)

immer noch die Tendenz, welche sie vom Orte ihrer Herkunft überkommen haben, sich mit ihren Enden unter die angrenzenden Parenchymscheidenzellen hineinzuschieben (Fig. 29, 30). Dieses Bestreben ist natürlich in verschiedenem Maße zurückgegangen, verschwindet aber selten vollständig, sondern läßt sich in den meisten Fällen noch erkennen.

Wie bei der Sekt. *Turritis* herrscht auch hier die Flankenlage der Idioblasten in Bezug auf die Leitbündel vor (Fig. 23, 24, 26, 28—30). Doch kommen auch, obgleich seltener und nie an starken Nerven, mediane Idioblasten vor (Fig. 25, 27).

Die Gestalt der Eiweißzellen steht in inniger Beziehung zur Lokalisation. An starken, geraden Leitbündeln haben sie die Form mechanischer Faserzellen des Phloembeleges: langgestreckte Schläuche mit spitzen Enden und etwas verdickten Membranen (Fig. 32, 26). Da sie alle Biegungen und Verzweigungen der Nerven wie die Faserzellen selbst mitmachen, erscheinen sie häufig auch knieförmig gebogen (Fig. 32, 27) oder sogar gegabelt. Mit zunehmender Verzweigung, also je feiner die Leitbündel werden, desto kürzer werden die Eiweißzellen bis sie endlich zur Größe gewöhnlicher Parenchymscheidenzellen herabsinken können. Damit geht Hand in Hand eine Veränderung der Gestalt: die Endigungen werden weniger spitz, schließlich schließen sie nur mit schwach

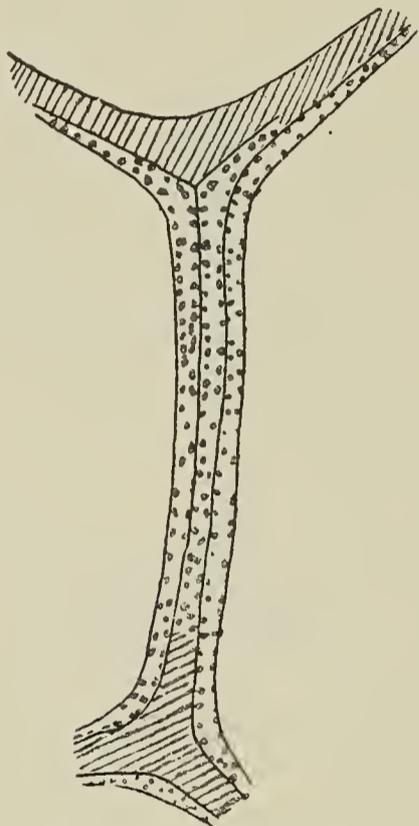


Fig. 32. *Arabis Halleri* L.
Idioblastengruppe an einem stärkeren
Leitbündel des Blattes im Flächen-
schnitt. (130 : 1.)

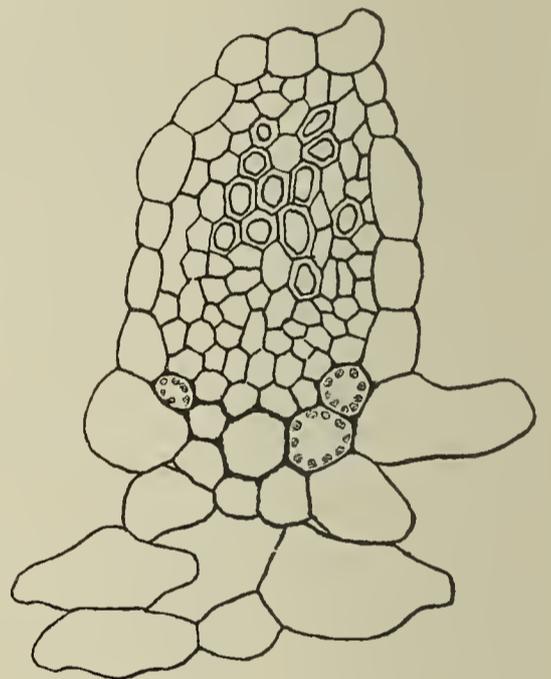


Fig. 33. *Arabis arenosa* Scop.
Nervenquerschnitt mit einigen an-
grenzenden Zellen des Schwamm-
gewebes und Phloembeleg-Idioblasten
(260 : 1.)

geneigten Querwänden ab, kurz ihre Gestalt wird aus einer prosenchymatischen eine fast vollständig parenchymatische entsprechend ihrer nunmehr reinen Scheidenlage (Fig. 29—31).

Größenverhältnisse. Bezüglich der relativen Breite der Idioblasten unterscheiden sich die beiden Arten einigermaßen. Das Blatt von *A. Halleri* ist überhaupt kleinzelliger als das von *A. ovirensis*, außerdem aber ist an den Idioblasten keine so deutliche Breitenhypertrophie zu bemerken (Fig. 23—25, 32), während die Idioblasten von *A. ovirensis* fast stets eine nicht unbedeutende Breitenhypertrophie aufweisen. Doch ist nicht ausgeschlossen, daß wir es hier mit rein individuellen Verschiedenheiten zu tun haben. Systematischen Wert haben diese jedenfalls nicht, weil man noch nicht weiß, wovon sie abhängig sind.

In absoluten Maßen lassen sich die Größenverhältnisse ungefähr folgendermaßen darstellen:

Mittlere Breite bei *A. Halleri* c. 15 μ .

Mittlere Breite bei *A. ovirensis* c. 25 μ .

Maximal Breite beobachtet bei letzterer 60 μ .

Mittlere Länge bei beiden Arten:

a) an geraden, starken Nerven (Phloembeleg- und „Übergangs-Idioblasten“) c. 400 μ .

b) an feineren Nerven (Parenchym scheiden - Idioblasten) c. 150 μ .

Minimale Länge beobachtet an Scheiden-Idioblasten von *A. ovirensis* 90 μ .

Vom Inhalt der Idioblasten ist nichts besonderes zu sagen. Die Eiweißzellen von *A. ovirensis* enthalten ihn verhältnismäßig reichlich, während er bei *A. Halleri* nur spärlich in sehr kleinen Körnern vorhanden ist, die der Innenwand der Idioblasten anliegen. An Querschnitten sind die Idioblasten daher bei letzterer Art schwer aufzufinden.

Chloroplasten fehlen den Idioblasten der Sekt. *Cardaminopsis* offenbar ebenso wie denen von *Turritis*. Man könnte höchstens vermuten, daß in den Scheiden-Idioblasten Chlorophyllkörner vorkommen, da die Parenchym scheide chlorophyllhaltig ist. Wahrscheinlich ist dies jedoch nicht.

2. Kelch und Krone.

Es konnten nur die Kelch- und Kronblätter von *A. Halleri* oberflächlich untersucht werden. Hierbei ergab sich, daß die Idioblasten wegen Eiweißarmut schwer auffindbar, in ihrem Vorkommen aber in beiden Organen an die Leitbündel gebunden sind. Der scheinbare Ort ihres Auftretens ist die Parenchym scheide, insofern der Anschluß ihrer meist spitzen Enden an andere Elemente nicht genau verfolgt werden konnte. Ihre Gestalt ist dieselbe wie im Blatte: teils langgestreckte, teils kürzere Schläuche mit meist spitzen Enden. Bei genauerer Untersuchung würde sich zweifellos ergeben, daß die Idioblasten wie im Laubblatte im Übergang begriffen sind von Phloembeleg-Idioblasten zu Scheiden-Idioblasten.

Die Schoten wurden nicht geprüft.

II. *Arabis arenosa* Scop.

1. Laubblatt.

Blattbau. Das Blatt von *A. arenosa* ist dorsiventral gebaut, doch ist der Grad der Dorsiventralität ein ungleich höherer als bei *A. Halleri* und *A. ovirensis*. Das Mesophyll besteht aus 8—9 Zellschichten, von welchen 3—4 auf das Palisadenparenchym entfallen. Letzteres besteht hier im Gegensatz zu den beiden anderen Arten

aus sehr langgestreckten Palisaden. Fünf Zellagen sind in der Regel als Schwammparenchym ausgebildet. Die Leitbündel sind etwas stärker gebaut als bei den beiden anderen Arten dieser

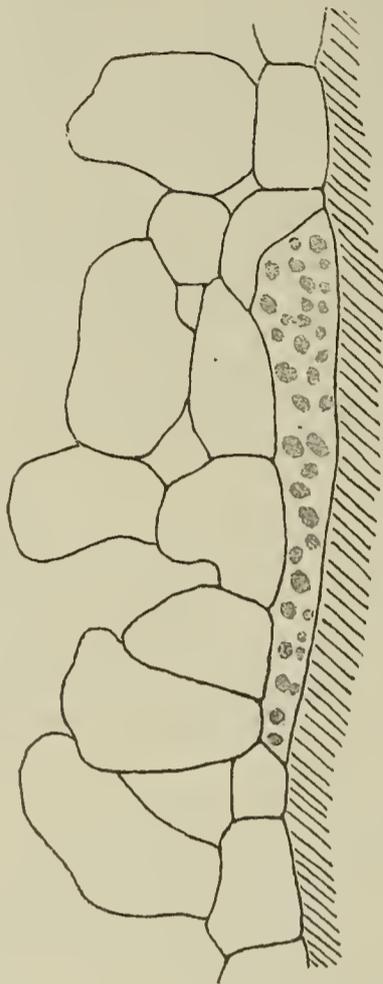


Fig. 34. *Arabis arenosa* Scop.
Typisches Bild eines in die Parenchym-scheide hinausgedrängten
Phloembeleg-Idioblasten. (240 : 1.)

Sektion, insbesondere trifft man auch häufiger Xylembelege außer den Phloembelegen an.

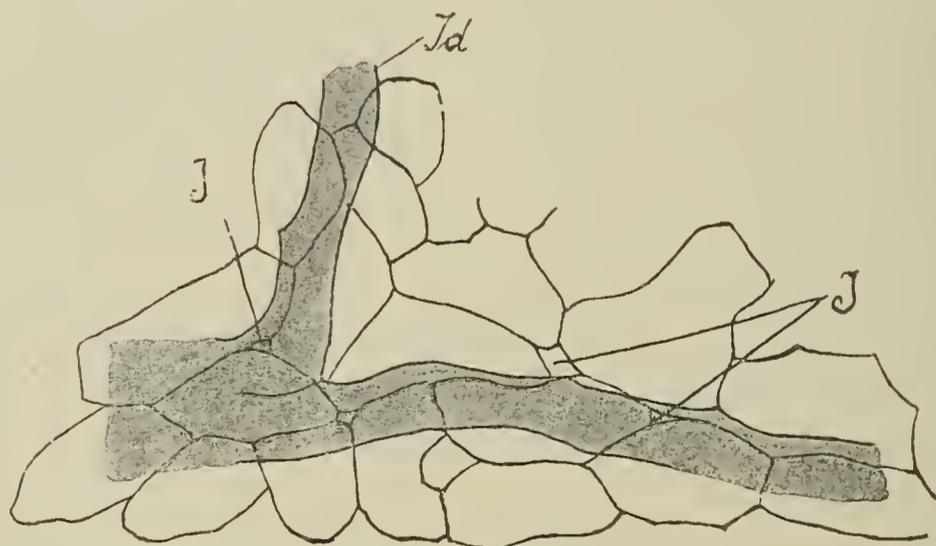


Fig. 35. *Arabis arenosa* Scop.
Blattflächenschnitt. Unter den durchsichtigen Idioblasten (*Id*) liegt die nicht
mehr ganz lückenlose, etwas unregelmäßige Parenchym-scheide.
(*J* = Interzellularlücken.) (240 : 1.)

Die Pflanze wird besonders behandelt, weil sie in Bezug auf die Idioblasten von den beiden anderen Arten der Sektion *Cardaminopsis* einigermaßen abweicht und sich der vorhergehenden Sektion

nähert. Sie vermittelt gewissermaßen zwischen *Turritis* und *Cardaminopsis*. Auch bei ihr sind die Eiweißzellen als Phloembeleg-Idioblasten entwickelt mit vorwiegend seitlicher Lage in den Nervenquerschnitten (Fig. 33).

Auch hier ist infolge von starker Breitenhypertrophie der scheinbare Ort ihres Vorkommens, insbesondere in den feineren Anastomosen, oft die Parenchym-scheide (Fig. 34). Sie stehen auch an solchen Stellen mit dem Interzellularensystem des Mesophylls in direkter Berührung (Fig. 35), aber trotzdem ist die Parenchym-scheide nicht eigentlich gesprengt, die Berührungsstellen mit der Luft der Intercellularen sind vielmehr nicht nur sehr vereinzelt, sondern auch recht klein und unscheinbar (Fig. 35); es sind eigentlich

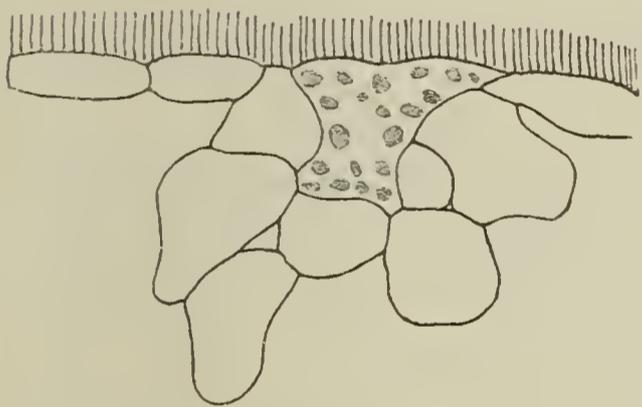


Fig. 36. *Arabis arenosa* Scop.
Phloembeleg-Idioblast im Flächenschnitt. (240:1.)

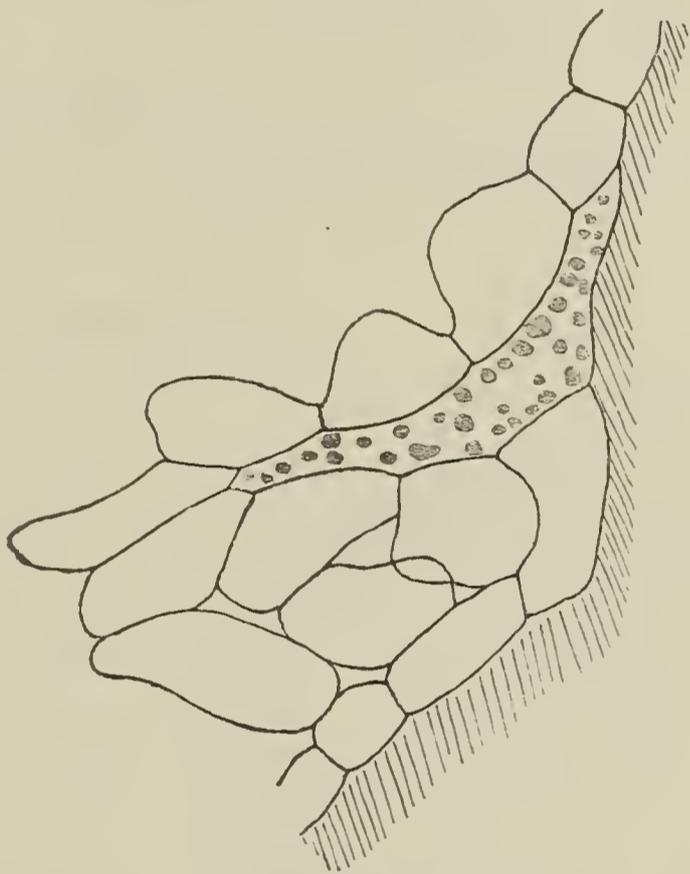


Fig. 37. *Arabis arenosa* Scop.
Ins Mesophyll vorspringender
Idioblast. (240:1.)

nur kleine ausgesparte Zwickel zwischen den sonst eng aneinander schließenden Scheidenzellen, während sie bei *A. Halleri* und *ovirensis* doch nicht selten zellengroße Lücken bilden (Fig. 24, 28, 29). Dadurch nähert sich diese Pflanze den *Turritis*arten, bei welchen ich gar keine Berührung der Idioblasten mit dem Interzellularensystem beobachtet habe.

In jeder anderen Hinsicht stimmen die Idioblasten dieser Pflanze mit denen der übrigen *Cardaminopsis*arten, insbesondere mit *A. ovirensis* durchaus überein, sodaß es hier keiner besonderen Beschreibung bedarf. Höchstens wäre noch das (seltene) Vorkommen von vom Leitbündel als Basis aus tief ins Blattparenchym vorspringenden aber ringsum lückenlos von Mesophyllzellen umschlossenen Idioblasten zu erwähnen, die ebenfalls eine kleine Besonderheit dieser Pflanze bilden (Fig. 36, 37), wie sie in gleichem

Maße bisher nirgends beobachtet wurde, obwohl Andeutungen eines solchen Hinausdrängens auch bei *Turritis* und den beiden anderen *Cardaminopsis*-arten zu beobachten sind. Doch möchte ich darauf kein Gewicht legen, da dies auch eine rein zufällige Konstatierung sein kann, die nur infolge ihrer Seltenheit bei den anderen hierher gehörigen *Arabis*-arten nicht zur Beobachtung kam. — Inhalt mittelmäßig, Vorkommen der Idioblasten reichlich.

2. Kelch- und Kronblätter.

Idioblasten treten in den Kelchblättern reichlich, in der Krone weniger zahlreich auf und sind streng an den Verlauf der Leitbündel gebunden. Starke Breitenhypertrophie läßt sie nicht selten breiter erscheinen als das ganze Bündel, zu dem sie gehören. Inhalt mäßig.

3. Schotenklappen

wurden nicht untersucht.

D. *Stenopragma Thalianum* Čelak.

(*Arabis Th.* L. = *Sisymbrium Th.* Gaud.)

1. Das Laubblatt ist dorsiventral und besteht am Querschnitt aus 4—6 Zellschichten, von welchen nur die oberste von wenig gestreckten Palisaden gebildet wird. Die Gefäßbündel sind — insbesondere in den Grundblättern — der unteren Epidermis genähert, so daß die Parenchym-scheide oft nur durch eine Zellschicht oder einen Luftraum von ihr getrennt ist (Fig. 39, 40). Die Epidermis ist durch den Besitz von Riesenzellen ausgezeichnet (vgl. Heinricher, III. S. 24 ff.).

2. Lokalisation der Idioblasten. Sie liegen ausschließlich in den Phloembelegen, in welchen sie an Querschnitten meist die charakteristische Flankenstellung einnehmen (Fig. 38, 40). Breitenhypertrophie resp. ein Verdrängen der Parenchym-scheidenzellen ist nur schwach angedeutet, doch sieht man ähnlich wie bei *A. arenosa* einzelne feine Intercellularen bis an die Idioblasten heranreichen (Fig. 39, 40).

3. Gestalt und Größe sind die Momente, welche einen wesentlichen Unterschied der Idioblasten dieser Pflanze gegen die der oben besprochenen bedingen. Der Gestalt nach sind es sehr lange Schläuche mit spitz zulaufenden Enden (Fig. 41) und entsprechen, indem selbst in den feinsten Nervenareolen ihre Länge im Gegensatz zu den früher besprochenen Arten nicht abnimmt, vollständig den langgestreckten mechanischen Fasern der Phloembelege, welche sie in feinen Nerven allein repräsentieren (Fig. 38). Nur scheinen ihre Wandungen weniger verdickt zu sein als die der ersteren.

Ihre Länge ist selbst in den feinen Areolen so bedeutend, daß es an Flächenschnitten nicht gelang, vollständige Idioblasten zu beobachten. Ich konnte einen Idioblasten, der an beiden Enden

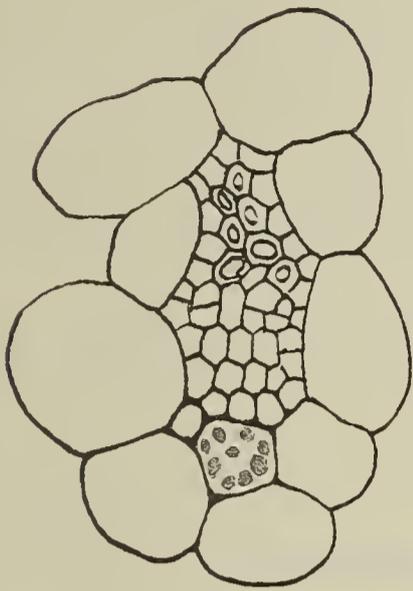


Fig. 38. *Arabis Thaliana* L.
Nervenquerschnitt mit einem
Phloembeleg-Idioblasten.
(340 : 1.)

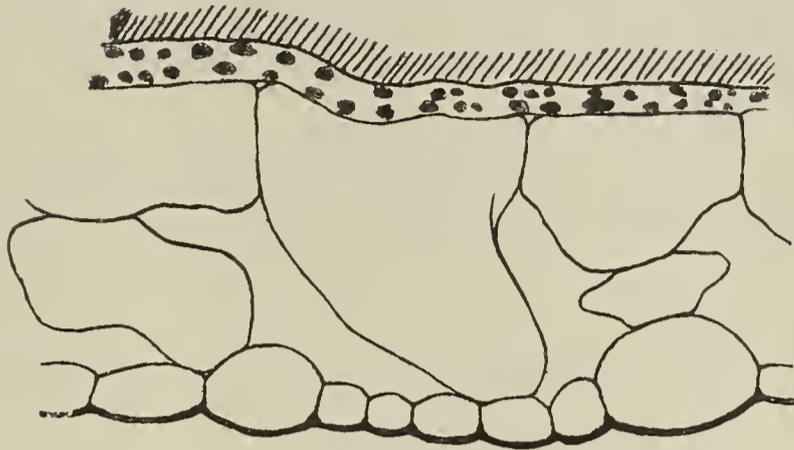


Fig. 39. *Arabis Thaliana* L.
Teil eines Blattquerschnittes mit einem
Idioblasten und der sehr unregelmäßigen,
nicht ganz lückenlosen Parenchym-scheide.
(240 : 1.)

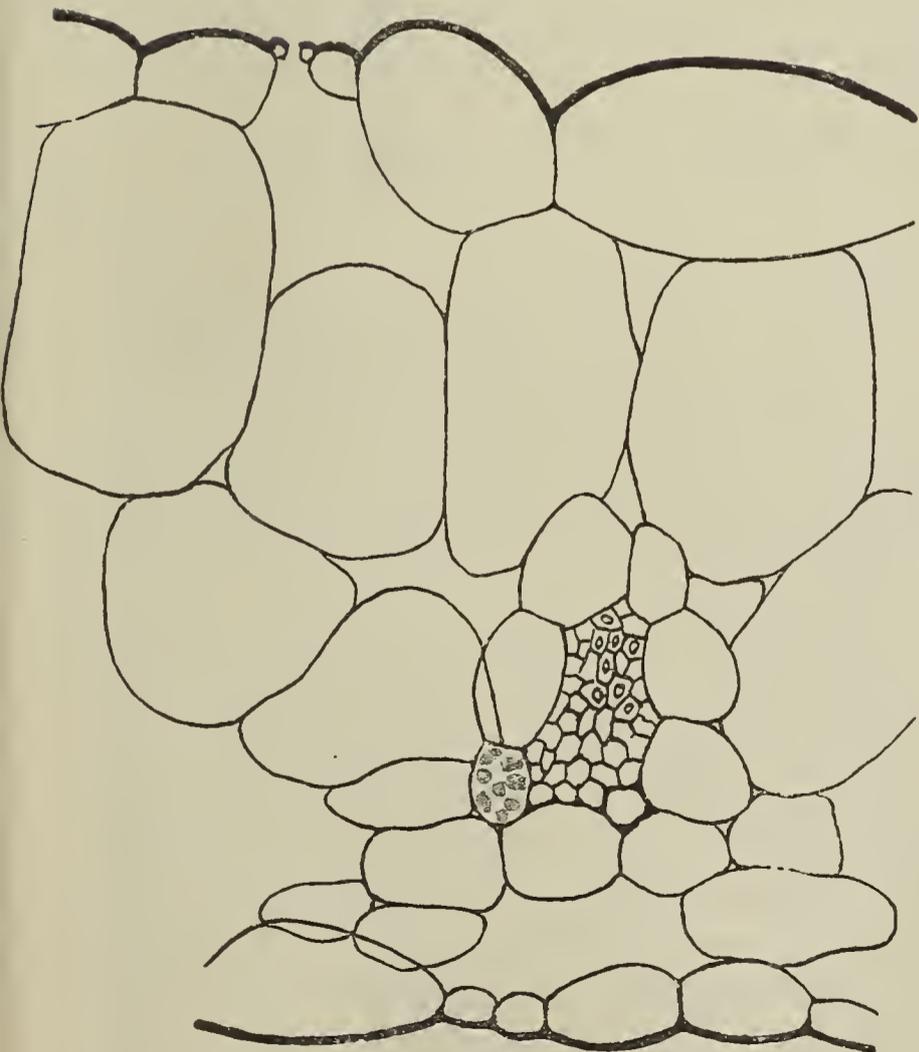


Fig. 40. *Arabis Thaliana* L.
Blattquerschnitt. (240 : 1.)

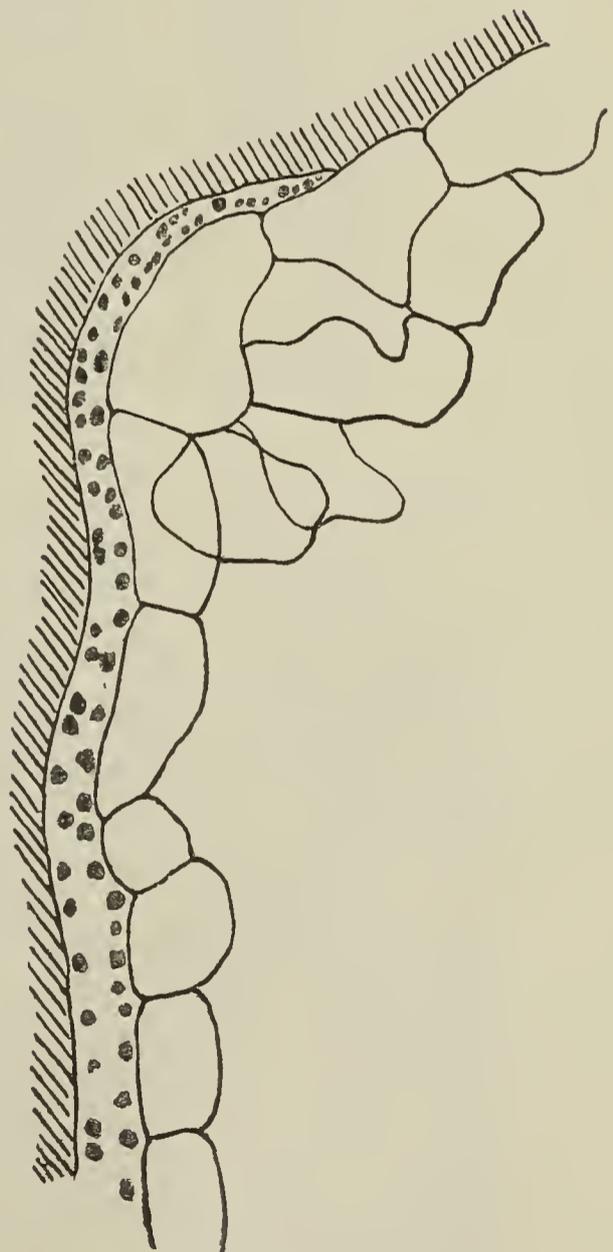


Fig. 41. *Arabis Thaliana* L.
Endigung eines Idioblasten im
Flächenschnitt. (240 : 1.)

abgeschnitten war, 1·4 mm weit verfolgen. Seine wirkliche Länge muß demnach, da er auf einer Seite ungefähr an seiner breitesten Stelle angeschnitten war, mindestens 2 mm betragen. In der Breite läßt sich fast vollständige Übereinstimmung mit den mechanischen Belegzellen konstatieren, da die Eiweißzellen keine deutliche Breitenhypertrophie zeigen. Maximaler beobachteter Breitendurchmesser: 25 μ .

Der Inhalt ist quantitativ sehr gering, was die Auffindung erschwert, doch sind sie reichlich vertreten.

E. Sekt. *Turritella* C. A. Mey. und Sekt. *Pseudarabis* C. A. Mey.

Untersuchte Arten:

1. *Arabis Allionii* DC.
2. „ *alpestris* Schleich.
3. „ *bellidifolia* Jacq.
4. „ *bryoides* Boiss.
5. „ *ciliata* R. Br.
6. „ *digenea* Fritsch (*A. Scopoliana* \times *procurrens*).
7. „ *furcata* Watson.
8. „ *hirsuta* Scop.
9. „ *procurrens* W. et K.
10. „ *rosea* DC.
11. „ *sagittata* DC. (s. Heinricher. II. S. 11).
12. „ *Scopoliana* Boiss. = *Draba ciliata* Scop.
13. „ *sudetica* Tausch.
14. „ *vochinensis* Spreng. (*Draba mollis* Scop.).

1. Laubblatt.

Blattbau. Sämtliche Arten haben dorsiventralen Blattbau (Fig. 42—45). Die Zahl der Palisadenschichten schwankt bei den verschiedenen Arten zwischen 2—4, das Schwammparenchym zählt 3—7 Lagen. Die Gefäßbündel in der Mediane der Blattquerschnitte haben im Wesentlichen denselben Bau wie bei den vorhergehenden Sektionen.

Lokalisation der Idioblasten. Die Eiweißzellen finden sich ausschließlich im Mesophyll, und zwar in allen Schichten desselben mit Ausnahme der beiden unmittelbar an die Epidermen anstoßenden Zellagen, sie sind also als „Mesophyll-Idioblasten“ zu bezeichnen. Zum Mesophyll gehört auch die Parenchym Scheide, und auch in dieser treten bei sämtlichen Arten Idioblasten auf (Fig. 42, 43), die man ebenso wie die aus Phloembeleg-Idioblasten hervorgegangenen, in der Parenchym Scheide liegenden Eiweißzellen bei *Cardaminopsis* als Scheiden-Idioblasten bezeichnen kann. Bevorzugt ist das Schwammparenchym und die mittleren Zellschichten, in welchen die Gefäßbündel liegen (Fig. 44, 45). Unmittelbar an die Epidermis anstoßend habe ich sie nie gefunden. Während sie

sich aber im Schwammgewebe nicht selten nur durch eine einzige Zellage von der Epidermis getrennt finden (Fig. 44), gehört infolge der allgemein bemerkbaren Tendenz der Eiweißzellen, mehr gegen die Blattunterseite zu aufzutreten, ein derartiges epidermisnahes Vorkommen im Palisadengewebe zu den Seltenheiten. Ich habe es bisher nur bei *A. ciliata*, *hirsuta*, *procurrens* und *rosea* in ganz vereinzelt Fällen beobachtet (Fig. 46).

Außer dieser Tendenz nach unten läßt sich eine unverkennbare Beziehung der Eiweißzellen zu den Gefäßbündeln konstatieren. Sie spricht sich in zweifacher Weise aus. Einerseits erscheinen die Idioblasten bei jeder Art auch als Vertreter von Parenchym-scheidenzellen, also in unmittelbarer Berührung mit den Leitbündeln

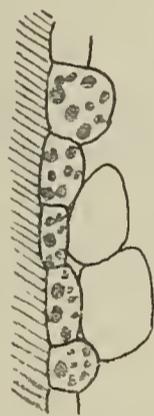


Fig. 42. *Arabis procurrens* W. et K.
Gruppe von Parenchym-scheiden-
Idioblasten im Flächenschnitt
des Blattes. (130:1.)

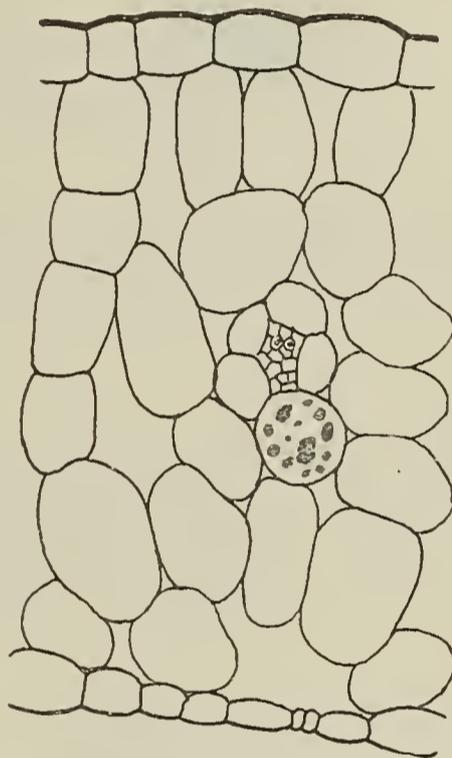


Fig. 43. *Arabis procurrens* W. et K.
Blattquerschnitt mit einem Scheiden-
Idioblasten. (130:1.)

(Fig. 42, 43, 47, 49), und zwar nicht etwa selten und nur vereinzelt, sondern ziemlich häufig. In allen Fällen ist es hierbei der Siebteil des Bündels, mit welchem diese Idioblasten in Berührung stehen (Fig. 43); an der Xylemseite habe ich nie Scheiden-Idioblasten angetroffen. Andererseits läßt sich aber auch bei den Mesophyll-Idioblasten im engeren Sinne ein gewisses Gravitieren nach den Gefäßbündeln erkennen. Am besten ist dies an Flächenschnitten bei schwacher Vergrößerung zu erkennen. An solchen sieht man deutlich, daß nur wenige Idioblasten im Zentrum der von den Blattnerven gebildeten Areolen anzutreffen sind, weitaus die größere Mehrzahl derselben findet sich in allernächster Nähe der Nerven angehäuft. Und zwar legen sich diese den Leitsträngen genäherten Mesophyll-Idioblasten entweder direkt der Parenchym-scheide an (Fig. 45, 48—50), wobei sie sich mit Vorliebe an Scheiden-Idioblasten selbst anschließen (Fig. 40), oder bald größere,

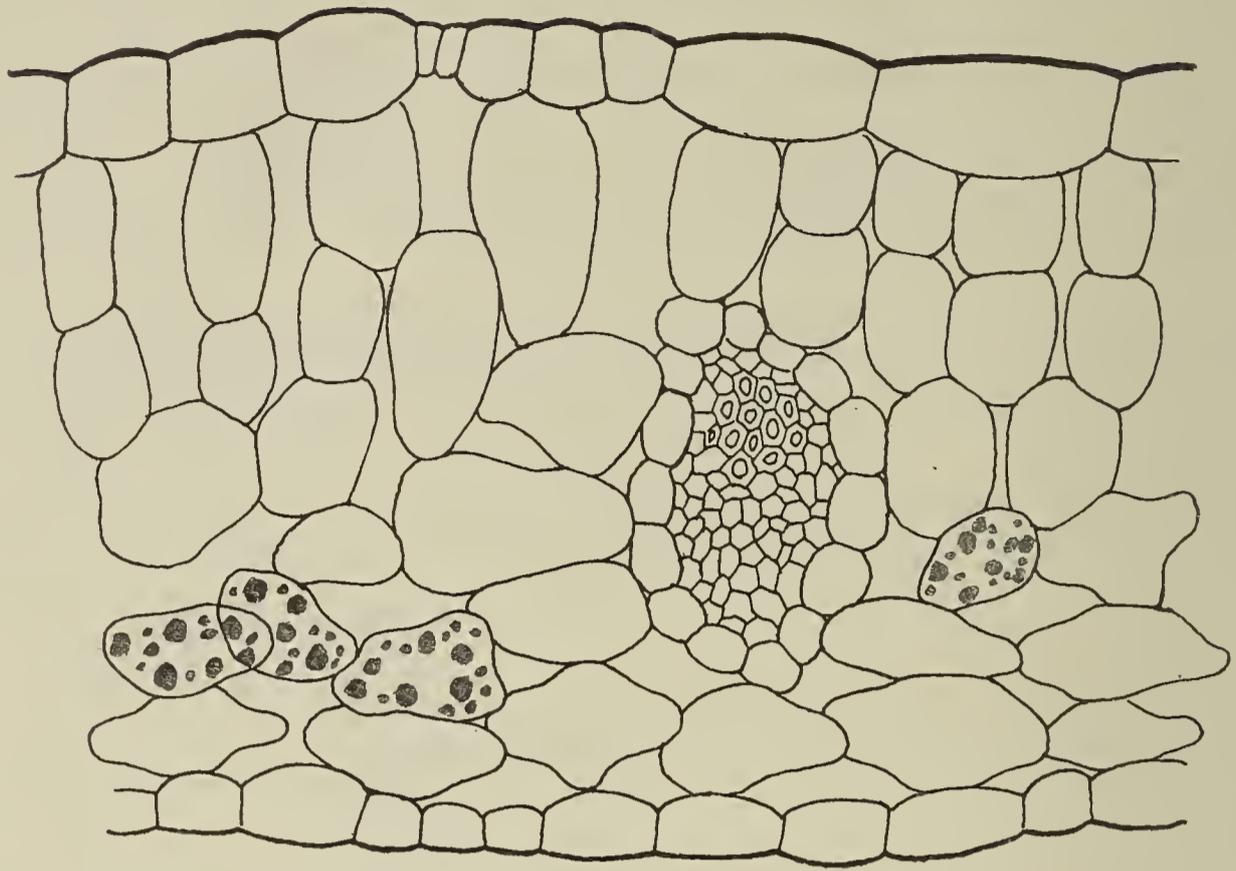


Fig. 44.

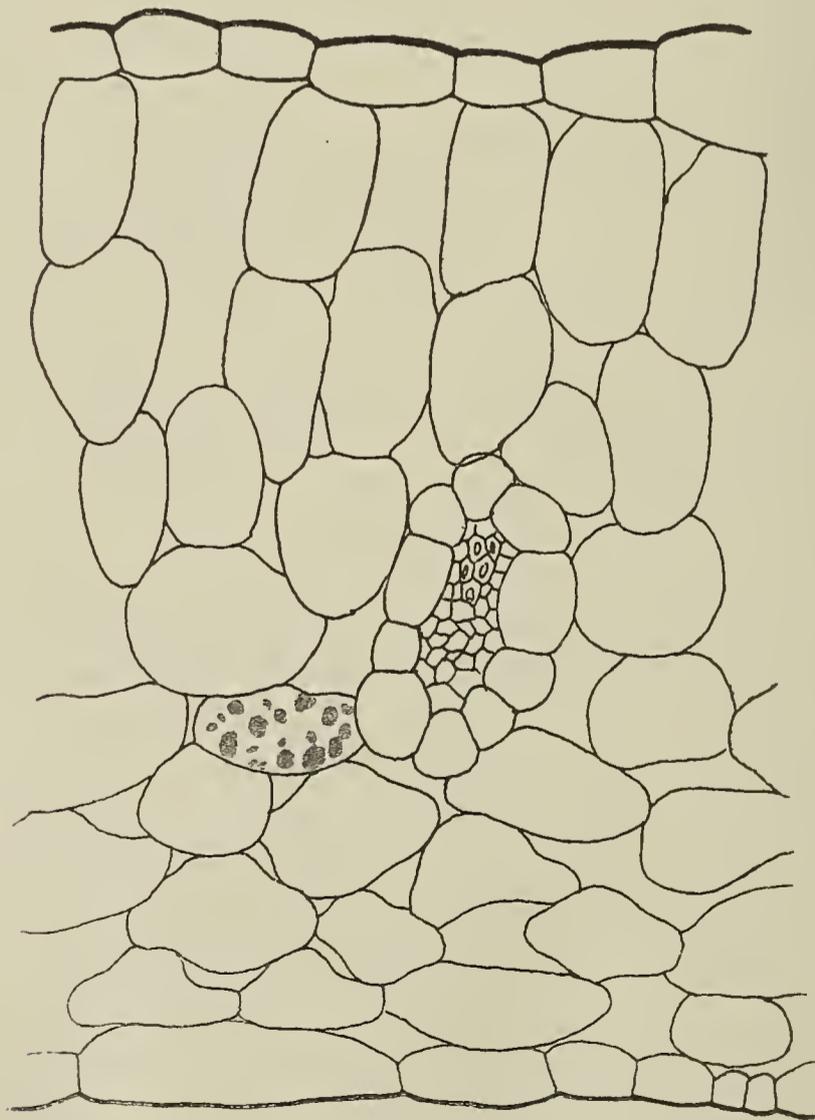


Fig. 45.

Fig. 44—45. *Arabis hirsuta* Scop.
Blattquerschnitte mit Mesophyll-Idioblasten. (260 : 1.)

bald kleinere Gruppen untereinander zusammenhängender Idioblasten erscheinen durch eine einzige Schicht von Mesophyllzellen von der Parenchym-scheide getrennt (Fig. 44). Auch hier ist es in den meisten Fällen die Phloemseite resp. eine der beiden Flanken des Phloems, wo die Anlagerung der Idioblasten an die Parenchym-scheide erfolgt (Fig. 45), was mit der erwähnten Gravitation nach

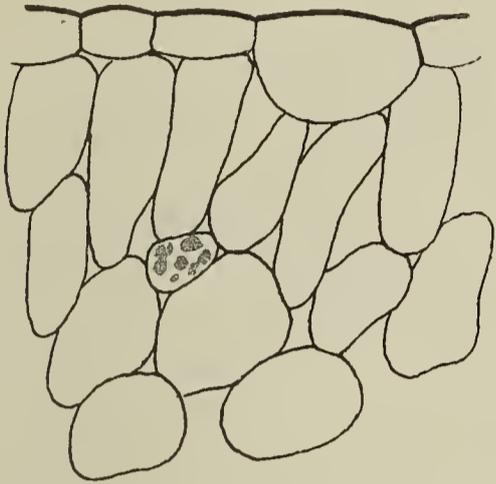


Fig. 46. *Arabis ciliata* R. Br.
Teil des Palisadenparenchyms des
Blattes mit einem Mesophyll-Idio-
blasten. (260 : 1.)

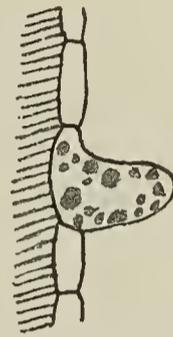


Fig. 47. *Arabis digenea* Fritsch.
Parenchym-scheiden-Idioblast aus dem
Blatte im Flächenschnitt. (170 : 1.)

dem Schwammgewebe zusammenhängt. Doch ist das Auftreten von Idioblasten in unmittelbarer Berührung mit der Parenchym-scheide an der Xylemseite der Gefäßbündel durchaus nicht ausgeschlossen (Fig. 50), wenn auch bedeutend seltener.

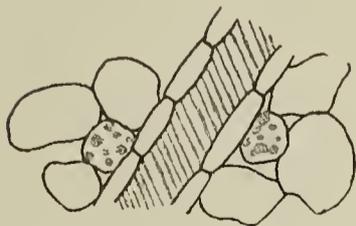


Fig. 48. *Arabis procurrrens* W. et K.
Der Parenchym-scheide anliegende
Idioblasten des Blattes. (130 : 1.)

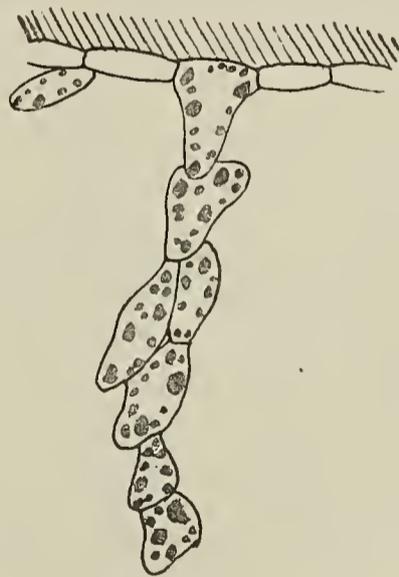


Fig. 49. *Arabis Scopoliiana* Boiss.
Gruppe von 7 zusammenhängenden
Eiweißzellen des Blattes. (170 : 1.)

Hinsichtlich der Gestalt der Idioblasten wurde schon bei den vorhergehenden Sektionen die große Übereinstimmung mit den Elementen desjenigen Gewebes betont, in welchem sie lokalisiert sind. Dasselbe ist auch hier der Fall. Was zunächst die Scheiden-Idioblasten betrifft, so haben dieselben meist auch die den Parenchym-scheidenzellen zukommende Gestalt, indem sie in Form

kurzer oder etwas gestreckter, parenchymatischer, an Querschnitten nahezu kreisrund erscheinender Zellen auftreten (Fig. 42, 43). Nicht selten jedoch macht sich bei ihnen das Bestreben geltend, mit den Zellen des angrenzenden Parenchyms, speziell mit in der Nähe liegenden Idioblasten in Verbindung zu treten, sie treten dann mehr oder weniger aus der Parenchymscheide heraus und zeigen dann häufig die Gestalt keuliger oder am Grunde gegen den Leitstrang zu fußförmig verbreiteter Zellen (Fig. 47, 49). Bei *A. hirsuta* sind die Abweichungen der Scheiden-Idioblasten von der gewöhnlichen Form der Parenchymscheidenzellen manchmal noch bedeutender, indem sie unter Umständen eine sehr starke Streckung in auf den Längsverlauf der Gefäßbündel normaler Richtung erfahren können (Fig. 52). Wenn wir die relative Größe der Scheiden-Idioblasten ins Auge fassen, so läßt sich sagen, daß in den meisten Fällen ihre Breite größer zu sein pflegt als die normaler Scheidenzellen (Fig. 42, 43), während ihre Länge, ebenso wie die der Parenchymscheidenzellen selbst, eine wechselnde ist, sich aber meist mit den Parenchymscheidenzellen der betreffenden Art in Übereinstimmung befindet.

Die Mesophyll-Idioblasten im engeren Sinne unterscheiden sich sehr wenig von den umgebenden Mesophyllzellen, ihre Idioblastennatur tritt in Bezug auf Gestalt und relative Größe bei den meisten Arten in der Regel bloß durch ein geringes plus oder minus hervor. Besonders in den mittleren Schichten des Mesophylls, wo die Zellen fast durchweg rundliche Formen aufweisen, sind die Eiweißzellen gestaltlich kaum von den umgebenden Zellen verschieden. Im Schwammgewebe hingegen, wo die Mesophyllzellen bei manchen Arten infolge der Ausbildung großer Interzellularen sehr unregelmäßige Gestalt, mit Ausbuchtungen, Höckern und Armen aufweisen, weichen die Idioblasten durch den konstanten Mangel jeglicher Auszweigung von den Zellen des Schwammgewebes ab und sind vielfach auch durch geringere Größe ausgezeichnet (Fig. 51). Im allgemeinen also sind die Mesophyll-Idioblasten rundliche, elliptische oder eiförmige, nicht selten auch etwas stärker in die Länge gestreckte und dann auch manchmal gekrümmte parenchymatische Zellen. Ihre Länge beträgt in der Regel höchstens das Vier- bis Fünffache ihrer Breite. Eine Ausnahme davon trat mir in einem Exemplar von *A. hirsuta* entgegen, wo langgestreckte, schlauchförmige Idioblasten einerseits sehr häufig zu beobachten waren (Fig. 52, 53), und andererseits eine sehr bedeutende Länge zeigten, welche Erscheinung in der Sektion isoliert dasteht. Eigentümlich ist dabei, daß derartige schlauchförmig verlängerte Idioblasten bei *A. hirsuta* vielfach bald einzeln, bald zu zweien sich von einem Leitbündel zum anderen hinüberspannen, wodurch sie den Eindruck von stoffleitenden Elementen hervorrufen, welche gleichsam als Ersatz für Gefäßbündelverbindungen die Kommunikation zwischen benachbarten Leitbündeln herstellen sollen (Fig. 52, 53). Das zweite Exemplar derselben Art, das ich untersuchte, zeigte derartige vom Gesamtcharakter der Sektion etwas abweichende Idioblastenformen nicht, demnach dürfte es sich hier

vielleicht um eine Rückschlag-Erscheinung handeln, um eine teilweise Rückkehr zu langgestreckten, milchröhrenähnlichen Idioblasten (vgl. auch die Ausführungen auf Seite 429 ff.). Die Idioblasten

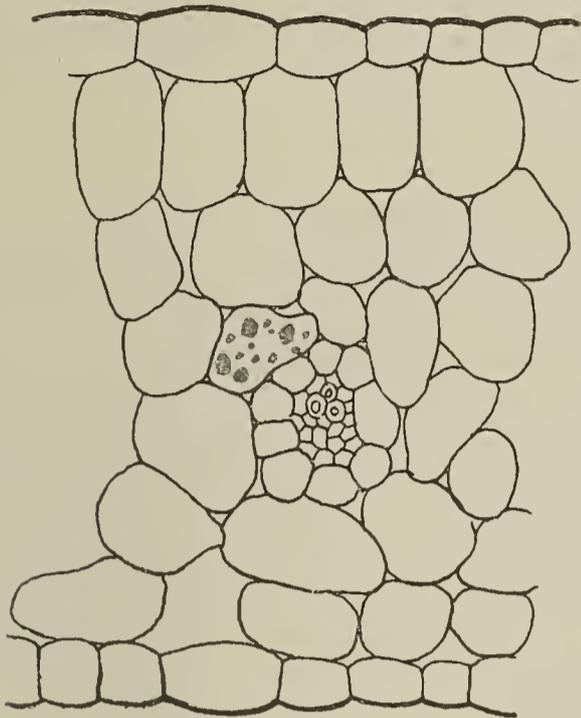


Fig. 50. *Arabis procurrens* W. et K.
Blattquerschnitt mit einem der Parenchymscheide an der Xylemseite anliegenden Idioblasten. (170 : 1.)

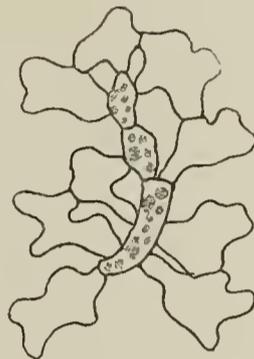


Fig. 51. *Arabis hirsuta* Scop.
Idioblastengruppe aus dem Schwammgewebe im Flächenschnitt. (130 : 1.)

von *A. furcata* sind fast stets nahezu kugelig und kleiner als die umgebenden Parenchymzellen. Bei den übrigen Arten variieren die Formen innerhalb der angegebenen sehr engen Grenzen.

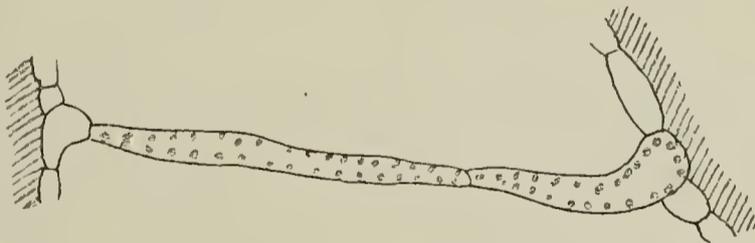


Fig. 52.

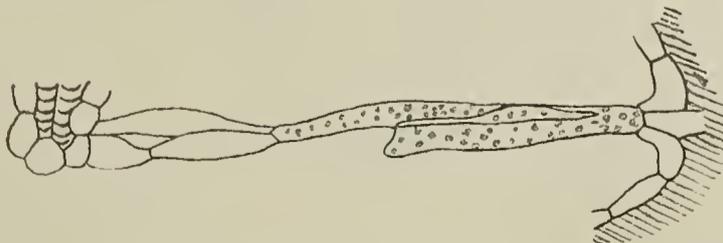


Fig. 53.

Fig. 52—53. *Arabis hirsuta* Scop.
Verlängerte Idioblasten im Flächenschnitt. (170 : 1.)

Die Zahl der zur Beobachtung gelangenden Idioblasten ist bei den meisten Arten ziemlich groß, da sie aber, wie wir noch hören werden, von äußeren Umständen abhängig ist, so hat sie für uns wenig Bedeutung. Während man z. B. bei *A. ciliata*,

hirsuta, *rosea* u. a. die Eiweißzellen leicht und reichlich auffindet (bei ca. 300facher Vergrößerung an Flächenschnitten in günstigen Fällen bis gegen 20 in einem Gesichtsfeld), gelang es mir bei *A. rochinensis* anfangs in den Blättern überhaupt nicht, Eiweißzellen zu finden. Nur im Kelche bekam ich einige kleine Idioblasten zu Gesicht. Ich mußte vier Exemplare dieser Art untersuchen, bis ich endlich auch in den Blättern eine Anzahl von Idioblasten zu finden vermochte.

Die Eiweißzellen treten entweder vereinzelt auf (Fig. 45, 46, 47, 50), was in Querschnitten in den meisten Fällen, in Flächenschnitten sehr häufig dem Vorgang des Schneidens zuzuschreiben sein dürfte, oder aber, was besonders an Flächenschnitten viel häufiger vorkommt, sie bilden untereinander zusammenhängende Gruppen oder Ketten, die aus zwei bis neun Idioblasten bestehen können und nicht selten Verbindungsbrücken zwischen benachbarten Gefäßbündeln darstellen. Deutliche Tendenz zur Kettenbildung zeigen insbesondere die Idioblasten von *A. Scopoliana* (Fig. 49).

Größenverhältnisse. Im Vergleiche zu den großen Schläuchen der Sektionen *Turritis* und *Cardaminopsis* zeigen die Idioblasten von *Pseudarabis* und *Turritella* sehr geringe Dimensionen. Die mittlere Breite beträgt ungefähr 25 μ , die Länge ca. 50 μ . Die maximale Breite und Länge, welche die Idioblasten in dieser Sektion normalerweise erreichen können, beträgt ca. 55 beziehungsweise 80 μ . Bei *A. hirsuta* habe ich, wie oben gesagt, in einem Exemplar dieser Pflanze abweichend davon Idioblasten bis zur Länge von 260 μ gefunden.

Die Membran der Idioblasten zeigte sich in einigen Fällen deutlich verdickt, bald mehr, bald weniger, doch scheint die Dicke der Membran vom Alter der Blätter abzuhängen. Ohne mich darauf einzulassen, ob in genügend alten Blättern die Zellwände der Idioblasten bei allen Arten verdickt sind, sollen hier diejenigen Arten angeführt werden, die unzweifelhaft verdickte Membranen aufweisen. Es sind: *A. alpestris*, *bellidifolia*, *bryoides* (besonders stark), *digenea*, *procurrens*, *Scopoliana*, *hirsuta*, *ciliata* (vgl. auch S. 469).

Hinsichtlich der Menge des eiweißartigen Inhaltes der Idioblasten herrscht große Verschiedenheit. Während bei einigen das Eiweiß reichlich vorhanden ist, findet es sich bei anderen nur in minimalen Spuren, die eben noch zur Not ein sicheres Erkennen der Idioblasten zulassen. Die Inhaltsmengen sind auch individuell außerordentlich verschieden. Infolge der Inhaltsarmut der Eiweißzellen war ich bei manchen Arten (*A. Vochinensis* u. a.) genötigt, oft mehrere Individuen zu untersuchen, bis es mir endlich gelang, Idioblasten zu finden, und merkwürdigerweise zeigten sich die gefundenen dann vielfach durchaus nicht sehr inhaltsarm.

Chlorophyllgehalt. Wichtig ist noch, daß die Eiweißzellen dieser beiden Arabisgruppen Chlorophyll enthalten, was bisher übersehen worden war. Assimilierende Chloroplasten konnten gefunden werden bei den Idioblasten von *A. hirsuta*, *ciliata*, *rosea*, *alpestris*, *sagittata*. Sie bilden sicherlich einen integrierenden Bestandteil der Mesophyll-Idioblasten. Daß gegenwärtig erst bei dieser kleinen

Anzahl von Arabisarten der Nachweis des Chlorophylls in den Eiweißzellen geführt werde, liegt in den auf Seite 426 dargelegten Schwierigkeiten begründet, die gerade bei dieser Arabisgruppe am größten sind wegen der großen Reduktion der Idioblasten und ihrer morphologischen Übereinstimmung mit den umliegenden Zellen.

2. Kelch- und Kronblätter, Schotenklappen.

Wie in den vorhergehenden Sektionen konnte festgestellt werden, daß in den Blattorganen der Blütenregion dieselben Verhältnisse wiederkehren wie im Laubblatte. Zwar konnten Eiweißzellen nicht bei allen Arten in den Blütenorganen gefunden werden, wo sie sich aber vorfanden, dort zeigten sie dieselbe Lokalisation und Ausbildung wie im Laubblatte. Sie sind demnach im ganzen Mesophyll zerstreut, bevorzugen die Unterseite der Blattorgane und in dieser die Nähe der Leitbündel. Gestalt und Größe korrespondieren ebenfalls mit den entsprechenden Verhältnissen im Laubblatte. Lehrreich ist diesbezüglich *A. hirsuta*. Normalerweise haben hier die Idioblasten dieselbe Ausbildung wie bei den übrigen Arten. In dem oben erwähnten Exemplar dieser Art, das in den Blättern sehr lange, schlauchförmige Idioblasten zeigte, weisen die letzteren auch in den Blütenblättern, speziell im Kelch, dieselbe Gestalt auf. Ihre Länge kann hier bei einer Breite von 20μ nahezu 300μ erreichen. Dadurch, daß sich zwei oder mehrere solcher Schläuche mit ihren Enden aneinanderreihen, wird das Bild noch auffallender. Daraus ist zu ersehen, daß solche vereinzelte Abweichungen (Atavismen?), wo sie vorkommen, die ganze Pflanze in allen ihren Teilen zu ergreifen scheinen, so daß auch in solchen Fällen die vollständige Übereinstimmung zwischen Laub- und Hochblättern gewahrt bleibt.

Was die Verteilung der Idioblasten auf die genannten Organe betrifft, so sind sie in der Regel in den Kelchblättern am leichtesten und zahlreichsten zu finden. An zweiter Stelle kommen die Schotenklappen, an letzter die Kronblätter. Hier finden sie sich entweder sehr spärlich (mehr als 8—9 in einem Kronblatt konnte ich nirgends zählen), oder sie sind gar nicht aufzufinden.

F. Sekt. *Euarabis* C. A. Mey.

Untersuchte Arten:

1. *Arabis alpina* L.
2. „ *albida* Stev.
3. „ *Billardieri* Boiss. var. *rosea*.
4. „ *spec.*, der *A. alpina* ähnlich, aber mit tieferen Blattzähnen.

1. Laubblatt.

Myrosin- oder Eiweißzellen in dem bisher gebrauchten Sinne als spezifische Idioblasten mit mehr oder weniger ausgeprägter

morphologischer Eigenart ließen sich bei den Arten dieser Sektion auf keine Weise nachweisen. Die Bildung von Eiweiß resp. Myrosin in bestimmten Zellen scheint jedoch auch für diese Pflanzen von einiger Bedeutung zu sein, nur ist die Funktion der Eiweißspeicherung auf andere Zellen übergegangen, auf die Schließzellen der Spaltöffnungen.

An lebenden Oberflächenschnitten ist natürlich von dieser Erscheinung nichts zu merken, schon aus dem einfachen Grunde, weil die vorhandenen Eiweißmengen nicht so groß zu sein pflegen, um eine starke Lichtbrechung des Inhaltes der Schließzellen hervorzurufen. An gleichen Schnitten durch Alkoholmaterial bemerkt man hingegen ohne weitere Behandlung (gut allerdings nur bei *A. alpina*) stark lichtbrechende, homogene Kügelchen oder Körnchen von verschiedener Größe im Innern der Schließzellen in größerer



Fig. 54. *Arabis alpina* L.

Spaltöffnungs-Schließzellen mit in verschiedener Form koaguliertem Eiweiß.
(460 : 1.)

oder geringerer Zahl, welche genau so aussehen wie die Körner, die sich nach Alkoholbehandlung in den Idioblasten vorfinden (Fig. 54). Diese Körnchen färben sich mit Jod gelb bis gelbbraun, nehmen bei Behandlung mit Millonschem Reagens eine schwache Rosa- bis Karminfärbung an und haben starkes Speicherungsvermögen für Pikrokarmine und insbesondere Säurefuchsin. Bei Behandlung der Schnitte mit verdünnter Kalilauge lösen sie sich auf, ebenso in Eau de Javelle. Unterwirft man frische Schnitte durch lebende Blätter von *A. alpina* der Behandlung mit Millonschem Reagens, so fällt der Inhalt in Form eines sehr feinkörnigen Koagulates aus, welches beim Erwärmen einen fleischroten Farbenton annimmt. Desgleichen ist das Koagulat dann sehr feinkörnig, wenn man lebende Schnitte und nicht ganze Blätter in Alkohol fixiert — ein Zeichen, daß die Kerngröße des Gerinnsels ebenso von der Schnelligkeit der Fällung abhängt wie beim Eiweiß der echten Idioblasten. Verschiedene Formen der Koagulatkörner zeigt Figur 54.

Diese Reaktionen lassen den Inhaltsstoff der Schließzellen als einen Eiweißstoff erkennen. Die Funktion der Eiweißspeicherung scheint demnach bei dieser Gruppe von Arabisarten von den „Eiweißzellen“ auf die Schließzellen der Spaltöffnungen übergegangen zu sein, da sich echte Eiweißzellen nicht nachweisen ließen.

Daß nun der in den Schließzellen lokalisierte Eiweißkörper mit dem Eiweißstoff der von Heinricher entdeckten Idioblasten identisch ist, dafür sprechen folgende Gründe:

1. Das Eiweiß der Cruciferen-Idioblasten hat sich, wie Guignard und Spatzier nachgewiesen haben, stets mit einem Stoff vergesellschaftet gefunden, der das Vermögen besitzt, aus myronsaurem Kali (Sinigrin) Senföl abzuspalten — das Myrosin. Idioblasten führende Organe oder Organteile erregen deshalb beim Zerkauen derselben entweder schon für sich allein (wenn die Pflanze außer Myrosin auch Sinigrin enthält) oder nach Zusatz von wenig Kaliummyronat auf der Zunge den charakteristischen, scharfen, stechenden Geschmack des Senföles. Diese von Spatzier angegebene (I. S. 54) Geschmacksreaktion auf Senföl, welche wie ich mich überzeugen konnte, sehr empfindlich ist, tritt nun auch beim Zerkauen der Blätter der obengenannten Arten ein: bei *A. alpina* und *A. albida* für sich allein, bei *A. spec.* erst nach Zusatz von Sinigrin. Ganz besonders intensiv ist die Reaktion bei *A. alpina*, wo auch der Eiweißgehalt der Schließzellen am größten ist. Bei *A. Billardieri* bekam ich keine Senfölreaktion, obwohl in fixierten Schnitten ein ähnliches Koagulat in den Schließzellen sich vorfindet, wie bei den anderen Arten. Dasselbe besitzt aber, abgesehen davon, daß es nur außerordentlich spärlich ist, ein auffallend geringes Speicherungsvermögen für Säurefuchsin.

Aus dem Gesagten ist zu schließen, daß das glykosidspaltende Enzym nur in den Schließzellen der Spaltöffnungen lokalisiert sein kann, da spezifische Myrosinzellen nicht vorkommen.

2. Spatzier hat bei Resedaceen in den Schließzellen der Spaltöffnungen ebenfalls auffallende Eiweißmengen gefunden und hat die Identität dieses Eiweißkörpers mit dem Idioblasten-Eiweiß der Cruciferen dargetan (Spatzier. I. S. 54 u. 70). Da nun die Resedaceen eine den Cruciferen verwandte Familie sind, so ist einerseits das Vorkommen von Eiweiß in den Schließzellen der letzteren nicht verwunderlich, und andererseits dessen Identität mit dem Eiweiß der Myrosinzellen wahrscheinlich.

Bei dieser Gelegenheit mag noch erwähnt werden, daß auch bei den Capparideen Eiweiß in den Schließzellen der Blätter vorkommt. Bei *Cleome graveolens* Rafin. habe ich sowohl im Stengel und den Blättern als auch in den Fruchtblättern auffallende Mengen von Eiweiß in den Schließzellen gefunden. Demnach ist das Vorkommen desselben in den Schließzellen nicht ausschließlich auf die Resedaceen beschränkt, sondern tritt auch in der Rhoeadinenreihe auf, und ich glaube, nachdem einmal auf ein derartiges Vorkommen bei Cruciferen und Capparideen aufmerksam gemacht worden, werden sich die Fälle noch vermehren. Übrigens ist dadurch eine weitere (anatomische) Beziehung der Resedaceen zu den Rhoeadales gegeben.

Nicht bei allen angeführten Arten ist der Eiweißstoff in den Schließzellen in gleicher Menge vertreten. Am reichlichsten findet er sich bei *A. alpina*, welche auch die stärkste Senfölproube gibt (s. S. 465), doch auch hier wechselt die Menge und Größe der Körner von Zelle zu Zelle. Ebenso variiert die Inhaltsmenge bei verschiedenen Individuen. Bei *A. albida* konnte ich anfangs lange Zeit in einer Menge von Präparaten nirgends die charakteristischen Eiweißkörner finden, bis es mir endlich doch gelang. Ähnlich war es bei *A. Billardieri*. Die Koagulatkörner der letzteren haben zudem die Eigenheit, nur eine sehr schwache Eiweißreaktion mit Millonschem Reagens zu geben und sich mit Säurefuchsin nur schlecht zu tingieren. Worauf dieses Verhalten beruht, weiß ich nicht.

Ich habe auf Seite 429 die Ansicht ausgesprochen, daß wir in den Mesophyll-Idioblasten nicht nur in morphologischer Reduktion begriffene Elemente vor uns haben, sondern daß mit dieser Reduktion ein Funktionswechsel Hand in Hand geht, oder vielmehr die korrelative Ursache der ersteren bildet: der Übergang der Mesophyll-Idioblasten zu Assimilationszellen durch Ausbildung von Chloroplasten. Bei der Arabissektion *Euarabis* C. A. Mey. dürfte nun möglicher Weise dieser Übergang seinen Abschluß bereits erreicht haben, d. h. ursprünglich in den Vorfahren dieser Gruppe vorhandene Idioblasten sind vermutlich infolge vollständigen Verlustes ihrer morphologischen und physiologischen Eigenart unauffindbar geworden und zur Assimilationsfunktion zurückgekehrt.

Zu Gunsten dieser Annahme scheint mir folgendes zu sprechen:

1. Die Sektion *Euarabis* hat entschieden mit den Sektionen *Pseudarabis* und *Turritella* bedeutend größere morphologische Übereinstimmung als mit *Turritis* und *Cardaminopsis*, welche letztere Sektionen von manchen Autoren infolge ihrer besonderen Qualitäten von der Gattung *Arabis* abgetrennt wurden (siehe die Synonyme auf Seite 432 und 444). Daher ist es wahrscheinlich, daß *Euarabis* ursprünglich (in ihren Vorfahren) Mesophyll-Idioblasten besessen hat wie *Pseudarabis*. Dafür spricht auch die Wuchsform und der Besitz ungefiederter Blätter, was in gewissem Grade als Kriterium für die Zugehörigkeit zu Mesophyll-Idioblasten besitzenden Cruciferen betrachtet werden kann.

2. Dieselben verwandtschaftlichen Beziehungen zu *Pseudarabis* lassen es wahrscheinlich erscheinen, daß die hypothetischen Idioblasten von *Euarabis* bereits einen hohen Grad des Funktionswechsels erlangt haben müßten, da sie bereits bei *Pseudarabis* soweit reduziert sind, daß sie vielfach nur schwer von gewöhnlichen Mesophyllzellen zu unterscheiden sind.

3. Wenn nun aber trotz aller Mühe bei keiner einzigen der genannten Arten dieser Sektion auch nur eine leise Andeutung von gegenüber den Mesophyllzellen irgendwie differenzierten Zellen, die eventuell als morphologische Äquivalente der Eiweißzellen gelten könnten, gefunden werden konnte, während doch bei den übrigen Sektionen entweder in allen oder in der weitaus größeren Mehrzahl der Arten der Idioblastennachweis gelungen ist, so liegt die Ver-

mutung nahe, daß die inhaltliche und gestaltliche Reduktion der Idioblasten hier ihren vollkommenen Abschluß gefunden haben dürfte.

4. Das Auftreten von idioblastischem Eiweiß in den Schließzellen der Blätter ist ein Moment, das dieser Annahme nur zur Stütze gereichen kann, indem man in der Übernahme der Eiweißspeicherung durch die Schließzellen eine diesbezügliche Entlastung der Eiweißzellen erblicken kann, denen in Korrelation damit der Weg zur vollständigen Rückanpassung an die Assimilationsfunktion erleichtert wurde, während bei den übrigen Cruciferen dieser Funktionswechsel noch nicht restlos durchgeführt erscheint.

Ein strenger Beweis für diese Deutung ist aber gegenwärtig noch nicht gegeben. Denn die Vergeblichkeit der Bemühungen des Idioblastennachweises kann auch in anderen Momenten ihren Grund haben, wie z. B. in Standortsvielfalt und dadurch bedingtem individuellen Inhaltmangel der Idioblasten, wobei es allerdings ein merkwürdiger Zufall wäre, daß alle vier Arten derselben Gruppe gleichzeitig von demselben Inhaltmangel betroffen wurden. Da diese Möglichkeit, wenn schon nicht sehr wahrscheinlich, doch immerhin denkbar ist, so erscheint es geboten, von einer systematischen Verwertung des Fehlens der Idioblasten vorläufig Abstand zu nehmen; dazu kommt auch noch, daß die Möglichkeit gleichfalls nicht ausgeschlossen ist, daß auch andere Cruciferen mit wohl ausgebildeten Idioblasten Eiweiß in den Schließzellen in dem Zellsaft gelöst führen, obwohl bisher darüber nichts bekannt ist.

2. Kelch, Krone und Schotenklappen.

In den Kelchblättern wurden bei sämtlichen Arten an Säurefuchsinpräparaten rot gefärbte, winzige Körnchen in den Schließzellen gefunden, die mehr oder weniger reichlich vorhanden waren.

Bei reichlicherem Auftreten dieser Körnchen heben sich die Spaltöffnungen schon bei schwacher Vergrößerung durch ihre rote Inhaltsfärbung vom farblosen übrigen Gewebe ab. Mit Millonschem Reagens nimmt der Inhalt der Schließzellen eine schwach rosa Färbung an, wenn auch die Reaktion wegen der Kleinheit und relativen Spärlichkeit der Körnchen sehr schwach ist. Die Ursache der Kleinkörnigkeit des Koagulats ist jedenfalls die Zartheit der Membranen, die ein rasches Eindringen des fällenden Alkohols gestattet.

In der Krone wurde wegen des Fehlens normaler Spaltöffnungen keine gleichartige Beobachtung gemacht, ebensowenig in den Klappen von *A. albida*, *Billardieri* und *A. spec.* Bei *A. alpina* hingegen findet sich Eiweiß sehr reichlich in den Schließzellen der Klappen, und zwar scheint die Menge der Körner mit dem Alter der Klappen zuzunehmen. Hier ist auch die Eiweißreaktion mit Millonschem Reagens sehr deutlich.

G. Arabisarten, bei welchen weder Idioblasten noch Eiweiß in den Schließzellen gefunden wurde.

- Arten: 1. *Arabis Turrita* L.
2. „ *Carduchorum* Boiss.

3. *Arabis pumila* Jacq.
4. „ *pendula* L.
5. „ *coerulea* Haenke.

Bei den genannten Arten konnten weder typische Idioblasten noch Eiweiß im Zellsaft der Eiweißzellen beobachtet werden.

Da die Erfahrung lehrt, daß bei vielen Cruciferen die Idioblasten sich erst nach mehrfacher Bemühung finden lassen, so liegt diese Möglichkeit auch hier vor. Es wird daher ein nochmaliges sorgfältiges Prüfen der angeführten Arten nötig sein, bevor ein vollständiges Fehlen der Idioblasten mit Sicherheit zu behaupten ist.

Systematische Folgerungen.

Uebersichtstabelle.

Arabis L.

- A. Idioblasten fehlen (?), Eiweiß in den Schließzellen der Spaltöffnungen: *Euarabis* C. A. Mey.
- B. Chlorophyllführende, parenchymatische Mesophyll-Idioblasten: *Turritella* C. A. Mey. und *Pseudarabis* C. A. Mey.
- C. Chlorophyllfreie, (meist) prosenchymatische Leitbündel- und zwar Phloembeleg-Idioblasten (z. T. mit der Tendenz in die Parenchym-scheide hinauszurücken).
 1. Idioblasten durchaus sehr langgestreckt-prosenchymatisch, selbst in feineren Nerven nicht parenchymatisch werdend, ohne deutliche Breitenhypertrophie, mit dem Durchlüftungssystem durch Lücken in der Parenchym-scheide in Berührung stehend: *Stenophragma* Čelak.
 2. Idioblasten in schwächeren Nerven kürzer bis fast parenchymatisch werdend, infolge oft starker Breitenhypertrophie nach außen drängend und daher zum Teil in Parenchym-scheiden-Idioblasten übergehend
 - a. mit dem Durchlüftungssystem nicht in Berührung, Parenchym-scheide überall lückenlos: *Turritis* L.
 - b. mit dem Durchlüftungssystem durch Lockerung der Parenchym-scheide in Berührung: *Cardaminopsis* Boiss.

Bevor ich an die systematische Verwertung der anatomischen Tatsachen schreite, möchte ich einige Worte über den systematischen Wert der einzelnen Idioblastenmerkmale einfügen. Aus dem deskriptiven Teil dieses Abschnittes ist zu ersehen, daß nicht alle an den Idioblasten zu beobachtenden Eigenschaften gleichmäßig behandelt werden. Es wurden nur solche Eigenschaften eingehender berücksichtigt, die von äußeren Lebensbedingungen und Einflüssen unabhängig, also konstante Merkmale sind. Gehen wir die einzelnen Merkmale durch, so läßt sich folgendes sagen:

1. Die Form und Größe der Koagulatkörner in den Eiweißzellen ist, wie Heinricher (I. S. 54) nachgewiesen hat, von der Menge des gespeicherten Proteins und insbesondere von der Schnelligkeit der Alkoholfällung abhängig; also in Alkoholmaterial von der Dicke der Kutikula, der Anzahl der Spaltöffnungen und dem Alter der Organe. Dieselbe Abhängigkeit der Koagulationsform hat Spatzier für Temperatursteigerung als Fällungsmittel konstatiert (I. S. 57).

2. Das Fehlen oder Vorhandensein von Eiweißzellen. Heinricher (S. 23 und 85) vermutete darin noch ein systematisches Merkmal. Da es nun aber Guignard (I. S. 14) gelang, bei allen jenen Pflanzen, bei welchen Heinricher vergeblich nach Eiweißzellen gesucht hat, solche nachzuweisen (*Capsella bursa pastoris*, *Lepidium sativum*, *Camelina sativa*, *Bunias orientalis*), so ist es klar, daß hier nur Lebens- und Entwicklungsbedingungen im Spiele sein konnten, die durch Verursachung großer Inhaltsarmut das Auffinden der Idioblasten anfangs unmöglich machten. Es bleibt deshalb nichts anderes übrig, als von einer diagnostischen Verwertung dieses Merkmales nur äußerst vorsichtigen Gebrauch zu machen, indem volle Sicherheit über das Fehlen von Idioblasten erst durch mehrmalige Untersuchung derselben Art und durch Bestätigung von Seiten anderer zu erlangen sein wird.

3. Die relative Häufigkeit der Eiweißzellen in denselben Organen verschiedener Arten. Dieser Punkt steht in innigem Zusammenhang mit dem vorhergehenden. Geradeso wie Inhaltsmangel die Auffindung der Idioblasten in einer Pflanze vereiteln kann, so kann Inhaltsarmut dazu führen, daß einzelne Eiweißzellen, denen keine besondere Gestalt gegenüber dem umliegenden Gewebe zukommt, einfach übersehen werden. Es kann demnach Inhaltsarmut zu Täuschungen über die Zahl der Eiweißzellen führen. Gerade in diesem Punkte scheint der Einfluß der Standorts- und Ernährungsverhältnisse von großer Bedeutung zu sein. So fand z. B. Guignard, daß ein auf sumpfigem Boden erwachsenes Exemplar von *Nasturtium amphibium* nur eine geringe Anzahl inhaltsarmer Eiweißzellen im Stengel erkennen ließ, während eine Pflanze derselben Art, die auf einem relativ trockenen Boden zur Entwicklung gelangt war, eine bedeutend größere Anzahl von Idioblasten aufwies, deren Inhalt auch bedeutend reicher war als im ersten Fall (Guignard. I. S. 13).

4. Die Membrandicke der Idioblasten. Die Membran der Eiweißzellen hat keine besondere Struktur, nur zeigt sie sich in vielen Fällen erheblich dicker als in benachbarten Zellen. Es scheint jedoch, daß die Dicke der Membran der Idioblasten von dem Alter der Organe abhängig ist. Bei Phloembeleg-Idioblasten ist dies ganz sicher der Fall. In vollständig ausgebildeten mechanischen Belegen besitzen die Eiweißzellen wie die Belegzellen selbst verdickte Wandungen, während dies in jungen Belegen nicht der Fall ist. Aber auch bei Mesophyll-Idioblasten scheint dieselbe Beziehung zum Alter der Organe stattzuhaben. Wenigstens beobachtete ich bei *Arabis hirsuta*, daß die Zellwand der Idioblasten in alten

Grundblättern nahezu die doppelte Dicke gegenüber derjenigen der Nachbarzellen besitzt. An jungen Blättern hingegen läßt sich eine Verdickung kaum erkennen. Zur Beobachtung gelangende Verschiedenheiten in Bezug auf die Zellwanddicke der Idioblasten können demnach leicht nur durch die Ungleichalterigkeit der untersuchten Organe hervorgerufen sein.

Die genannten vier Merkmale haben demnach für systematische Zwecke gegenwärtig keine Bedeutung. Nach Ausschließung derselben bleiben noch:

1. Die Lokalisation der Idioblasten,
2. der mit dieser innig zusammenhängende Chlorophyllgehalt.
3. die morphologische Ausgestaltung und
4. die relativen und mit einiger Vorsicht auch die absoluten Größenverhältnisse der Eiweißzellen.

Diese Merkmale sind, soweit unsere Kenntnisse reichen, konstant und können daher für systematische Betrachtungen eine geeignete Grundlage bilden. Auf sie wurde auch im deskriptiven Teil das Hauptgewicht gelegt.

Gehen wir nun auf die Gattung *Arabis* näher ein und betrachten zunächst die Sektionen *Euarabis* einerseits und *Pseudarabis* und *Turritella* andererseits in ihrem Verhältnis zueinander. Die Differenz der ersteren von den letzteren kommt in zwei Merkmalen zum Ausdruck, einem positiven: Vorhandensein von Eiweiß im Zellsaft der Schließzellen, und einem negativen: Unauffindbarkeit typischer Idioblasten. Was von letzteren zu halten ist, wurde auf Seite 469 gesagt. Das Vorhandensein größerer Eiweißmengen in den Schließzellen bei *Euarabis* ist aber — auf *Pseudarabis* und *Turritella* übertragen — ebenfalls nur negativ. Es ist durchaus nicht ausgeschlossen, daß auch andere Cruciferen, und speziell auch *Turritella*- oder *Pseudarabis*arten, gelegentlich Eiweiß in den Schließzellen speichern, so daß diesbezüglich eine Verwischung der Grenzen eintreten würde. An und für sich sind die beiden Differenzpunkte, falls sie weiteren Untersuchungen standhalten, allerdings groß genug, um im Verein mit den vorhandenen, bisher zur Unterscheidung der Sektionen benützten morphologischen Verschiedenheiten eine Spaltung in verschiedene Gattungen zu rechtfertigen. Allein, noch halte ich sie nicht für feststehend. Und wenn man weiter bedenkt, daß *Euarabis*, wie schon der Name sagt, mit *Pseudarabis* und *Turritella* sozusagen den eisernen Bestand der Gattung bildet, der von Abtrennungsbestrebungen im Gegensatz zu den anderen Sektionen vollständig verschont blieb, und da endlich auch der Habitus und die morphologische Übereinstimmung dafür sprechen, daß die eventuell noch nachweisbaren Eiweißzellen Mesophyll-Idioblasten sein dürften, so ist es wohl am besten, die Frage, ob die beiden Gruppen in eigene Gattungen zu stellen sind, noch in suspenso zu lassen.

Im übrigen zerfällt *Arabis*, wie aus der Tabelle auf Seite 468 zu ersehen ist, in zwei Gruppen, von denen die eine (B) durch

Mesophyll-, die andere (C) durch Leitbündel-Idioblasten charakterisiert ist. Nun habe ich schon in der „Vorläufigen Mitteilung“ (Schweidler I, S. 281) dargelegt, daß diese beiden Lokalisations-typen der Idioblasten zusammen mit einem dritten die ganze Familie der Cruciferen durchziehen und sie in drei Gruppen zerlegen, welche den wirklichen Verwandtschaftsverhältnissen, soweit sie heute unzweifelhaft feststehen, in hohem Maße gerecht werden und daher als natürliche Gruppen oder Triben innerhalb der Familie aufzufassen sind. Es sind dies folgende:

1. Exo-Idioblastae: Cruciferen mit ausschließlich im Mesophyll lokalisierten, chlorophyllführenden Idioblasten (hierher: *Turritella*, *Pseudarabis* und wahrscheinlich *Euarabis*).
2. Endo-Idioblastae: Cruciferen mit an die Leitbündel gebundenen, chlorophyllfreien Eiweißzellen (hierher: *Stenophragma*, *Cardaminopsis*, *Turritis*).
3. Hetero-Idioblastae: Pflanzen mit Mesophyll- und Leitbündel-Idioblasten.

Daraus geht hervor, daß die Gattung *Arabis* L. in dem hier angenommen aber auch anderwärts gebrauchten weitesten Umfang eine außerordentlich unnatürliche und inhomogene Gattung ist, indem in ihr Arten vereinigt erscheinen, die nach dem Obigen sogar verschiedenen Triben oder Unterfamilien angehören, so daß selbst dann, wenn man mit vielen Autoren *Turritis* und *Stenophragma* als selbständige Gattungen betrachtet, noch keine nähere Verwandtschaft mit *Arabis* s. str. besteht. Wir haben hier eine ähnliche Erscheinung wie bei *Erysimum* und *Cheiranthus*, nur in entgegengesetztem Sinne. Die von v. Wettstein (I. S. 282) vollzogene Vereinigung beider Gattungen unter *Erysimum* ist die notwendige Konsequenz der Erkenntnis, daß das Merkmal der Pleurorhizie (*Cheiranthus*) und Notorhizie (*Erysimum*) keine natürliche Scheidung der Formen herbeizuführen imstande ist, vielmehr innerhalb einer und derselben Gattung schwanken kann und bei konsequenter Durchführung die ähnlichsten Formen auseinanderreißt. Eine noch weitergehende Konsequenz derselben Erkenntnis ist die durch Pomel u. a. vollzogene Vereinigung der *Pleurorhixieae* und *Notorhixieae* zu einer einzigen, nach anderen Prinzipien untergeteilten Reihe, der die Bezeichnung *Platylobeae* gegeben wurde (vgl. Solms. I. S. 71). Wie dort das Schwanken der Keimlage in den Samen gewisser Gattungen die Vereinigung ursprünglich getrennter Reihen forderte, so ist in unserem Falle die Erkenntnis, daß die bei *Arabis* zu konstatierende Verschiedenheit der Idioblasten-Lokalisation die ganze Familie beherrscht, ein Beweis für die Inhomogenität der Gattung.

Demnach ist der Umfang der Gattung *Arabis* auf die Sektionen *Turritella*, *Pseudarabis* und *Euarabis* einzuschränken. Ob die so umgrenzte Gattung bei genauerer Kenntnis der Sektion *Euarabis* nicht noch weiter einzuengen sein wird, ist noch abzuwarten. Die Sektion *Stevenia* Adams. wurde infolge Materialmangels nicht untersucht, doch halte ich sie für exoidioblastisch, also zu *Arabis* s. str. gehörig.

Diese auf Grund der anatomischen Verhältnisse aufgestellte Forderung dürfte wohl kaum auf Widerstand stoßen, da sie in gleichsinnigen Abtrennungsbestrebungen auf Grund rein morphologischer Merkmale eine gewichtige Stütze hat. *Turritis* und *Stenophragma* pendeln fortwährend zwischen Selbständigkeit und Zuteilung zu *Arabis* (*Stenophragma* auch zu *Sisymbrium*) hin und her. Das ist so bekannt, daß ich es für überflüssig halte, Belege beizubringen. *Cardaminopsis* wurde von Prantl zu *Cardamine* gezogen (I. S. 229 und 230), später jedoch (II. S. 193) wieder mit *Arabis* vereinigt. — Andererseits aber ist der anatomische Befund mit seinen Konsequenzen eine glänzende Rechtfertigung dieser in der Synonymik (vgl. S. 444) sich deutlich aussprechenden Separationsbestrebungen.

Turritis und *Cardaminopsis* sind anatomisch (vgl. die Übersichtstabelle auf S. 468) außerordentlich ähnlich, der Unterschied ist eigentlich nur graduell, und *A. arenosa* bildet eine Art Zwischenglied, das *Turritis* ebenso nahe steht wie den beiden anderen *Cardaminopsis*-arten. Doch ist an eine Vereinigung der beiden Sektionen wohl nicht zu denken; denn erstens sind beide morphologisch wohl charakterisiert — *Turritis* hauptsächlich durch straffen, aufrechten Wuchs, schmal-pfeilförmige, sitzende Stengelblätter, gewölbte, mit starken Mittelnerven versehene Klappen und meist zweireihigen Samen; *Cardaminopsis* durch leierförmig gefiederte Grund-, gestielte Stengelblätter, flache von einem ziemlich schwachen Mittelnerv durchzogenen Klappen und einreihe Samen — und zweitens stimmt *Cardaminopsis* sowohl morphologisch als auch anatomisch sehr gut mit *Cardamine* überein. Vom morphologischen Standpunkt aus läßt sich die Prantlsche Vereinigung mit *Cardamine* (s. S. 444) heranziehen, anatomisch konnte ich konstatieren, daß *Cardamine resedifolia* L. ebenfalls Phloembeleg-Idioblasten besitzt mit ähnlicher Lokalisation und Ausbildung wie bei den *Cardaminopsis*-arten. Wieweit diese Übereinstimmung geht, wird allerdings erst durch eine genauere Prüfung festgestellt werden müssen. Daher halte ich *Turritis* für eine selbständige Gattung, während die *Cardaminopsis*-arten am besten zu *Cardamine* zu stellen sind, etwa als besondere Sektion:

Arabidopsis.

1. *Cardamine Halleri* Prantl. = *Arabis* L.
2. „ *ovirensis* (Wulf.) = *Nasturtium* o. Andr.
3. „ *arenosa* Roth. = *Arabis* a. Scop.

Turritis.

1. *T. glabra* L. = *Arabis gl.* Weinm.
2. *T. falcata* Turcz. = *Arabis Turczaninowii* Ledeb.
3. *T. stricta* R. Grah. = *Arabis Drummondii* A. Gray.

Stenophragma Thalianum Čelak. (*Sisymbrium Th.* Gaud., *Arabis Thaliana* L.) ist anatomisch von den eben genannten Arten wesentlich verschieden. Ich halte diese Sektion daher ebenfalls für eine gute Gattung, im Gegensatz zu Bayer (I. S. 144), welcher

auf Grund der Ausbildung der Saftdrüsen zur entgegengesetzten Meinung gelangte.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich auf eine interessante Bemerkung Bayers hinweisen. Er findet nämlich bei seinem „*Arabideae*“, besonders aber in der Gattung *Arabis* selbst, eine große Variabilität der Saftdrüsen.¹⁾ Sollte diese nicht in der Inhomogenität der Gattung ihre Erklärung finden? Eine genauere Vergleichung der hier vorliegenden Ergebnisse mit den Studien Velenovskýs über die Saftdrüsen der Cruciferen, könnte interessante Aufschlüsse geben, doch leider war mir die Arbeit (Velenovský I) bisher nicht zugänglich.

Unter welchen Cruciferen haben wir nun die nächsten Verwandten der hier behandelten Pflanzengruppen zu suchen? Diese Frage ist für die weiteren Untersuchungen insofern von Bedeutung, als in der Folge von der Gattung *Arabis* gleichsam als Basis aus weitergearbeitet und von hier aus den mutmaßlichen Verwandtschaftsbeziehungen nachgegangen werden soll.

Die nahe Beziehung der Cardaminopsisarten zu *Cardamine* ist bereits erwähnt worden. In zweiter Linie kommen hier wahrscheinlich *Nasturtium* und *Barbarea* in Betracht, zwei gleichfalls endo-idioblastische Gattungen, durch die Form der Blätter *Cardamine* sehr nahestehend. *Turritis* ähnelt habituell (von der Schotenform und der Wurzellage muß ganz abgesehen werden) sehr dem Lein-dotter (*Camelina sativa* Crantz). Wieweit die anatomische Übereinstimmung dieser ebenfalls endo-idioblastischen Gattung geht, wird erst festzustellen sein. — *Stenophragma* wird von manchen in die Nähe von *Sisymbrium* (*S. Thalianum* Gaud.) gerückt, mit welcher es auch die Leitbündel-Idioblasten gemein hat. Hier dürfen wir demnach ähnliche Ausbildung der Idioblasten erwarten.

Da die *Arabideae* Leitbündel-Idioblasten besitzen (vergl. Schweidler I. S. 283), so ist unter ihnen für die exo-idioblastische Gattung *Arabis* in dem oben besprochenen engeren Sinne kein Platz, ein merkwürdiges Ergebnis insofern, als gerade die hierhergehörigen Sektionen bisher die integrierenden Bestandteile der Gattung bildeten und der ganzen Tribus den Namen gegeben haben. Es ist dies gewiß bezeichnend für die systematische Ohnmacht der rein morphologischen Merkmale in der Familie der Cruciferen und es ist zu erwarten, daß vielleicht noch manche andere Gattung sich bei genauerer Prüfung als ebenso inhomogen erweisen wird.

Die nächsten Verwandten der Gattung *Arabis* s. str. wird man unter den exo-idioblastischen Alyssineen zu suchen haben, und zwar kommt vor allem die Gattung *Draba* L. in Betracht, mit welcher *Arabis* zahlreiche Berührungspunkte besitzt. Zunächst deutet schon der Name der Arabissektion *Drabopsis* Gris (*Pseudarabis* z. T.) eine solche Beziehung an. Die hierher gehörige und bereits untersuchte (s. S. 456) *A. Scopoliiana* Boiss. ist mit *Draba ciliata* Scop. identisch und *A. digenea* Fritsch ein Bastard zwischen dieser

¹⁾ Bayer. I. S. 141 und 142.

474 Schweidler, Die Eiweiß- oder Myrosinzellen der Gattung *Arabis* L.

und *A. procurrens* W. et K. Ferner gibt es auch zahlreiche Draben, die ohne Früchte genau so aussehen wie kleine Arabisarten, z. B. *D. muralis* L., *nemoralis* Ehrh., *incana* L. Endlich aber besitzt u. a. *Draba incana* L., wie ich konstatieren konnte, dieselben nur wenig von den umgebenden Assimilationszellen verschiedene Mesophyll-Idioblasten wie *Pseudarabis* und *Turritella*.

In der Folge soll mein Streben einerseits darauf gerichtet sein, die noch zahlreich vorhandenen Lücken in unserer Kenntnis von den Idioblasten der Gattung *Arabis* auszufüllen, und insbesondere die Stellung einiger kritischer Arten wie *A. petraea* Lam., *pendula* Lach., *turrita* L., *brassicaeformis* Walb. festzustellen, andererseits aber den vermutlichen Verwandtschaftsverhältnissen der einzelnen Glieder der ursprünglichen Gesamtgattung *Arabis* in den oben angedeuteten Richtungen nachzugehen und von dieser Basis aus immer weitergreifend allmählich die ganze Familie zu bearbeiten.

Zu einem derartigen Vorhaben bedarf es aber eines bedeutenden Pflanzenmaterials, das in einer kleinen Provinzstadt natürlich nur schwer zu beschaffen ist. Im Interesse einer möglichst weitgehenden Vollständigkeit stelle ich daher an die P. T. Herrn Botaniker die Bitte, meine Arbeit durch Zusendung von Cruciferenmaterial freundlichst zu unterstützen, wobei ich insbesondere um Berücksichtigung kritischer — und da einheimische Gattungen immerhin leichter erhältlich sind — exotischer Gattungen und Arten bitte. Durch Pachtung eines kleinen Gartenstückchens bin ich in der Lage, die Pflanzen auch aus Samen zu ziehen. Die löblichen Direktionen der botanischen Gärten würden mich daher durch freundliche Übersendung ihrer Samenkataloge nach der Samenernte zu großem Danke verpflichten. Aber auch für Alkoholmaterial oder im Notfalle für gepresste Pflanzen oder Pflanzenteile (der Mikroskopiker braucht ja nicht viel), insbesondere Blätter und Blüten, wäre ich sehr dankbar.

Adresse: J. H. Schweidler, k. k. Gymnasialprofessor in Lundenburg, Mähren-Österreich.

Lundenburg, im März 1910.

Literatur.

1. Bayer, A., I. Beiträge zur systematischen Gliederung der Cruciferen. (Beihfte z. Bot. Centralbl. XVIII. 1905. S. 119—180.)
2. Greene, J. R., I. Die Enzyme. Deutsch von W. Windisch. Berlin 1901.
3. Guignard, L., I. Recherches sur la localisation des principes actifs des *Crucifères*. (Journal de Botanique. T. IV. 1890. S. 385, 412 u. 435).
II. Sur la localisation des principes actifs dans la graine des *Crucifères*. (Comptes rendus de l'Acad. de Sc. T. 111. 1890. S. 249.)

4. Heinricher, E., I. Über Eiweißstoffe führende Idioblasten bei einigen Cruciferen (Vorläufige Mitteilung). (Berichte d. Deutschen Bot. Ges. Bd. II. 1884. S. 463.)
 - II. Die Eiweißschläuche der Cruciferen und verwandte Elemente in der Rhoeadinenreihe. (Mitteilungen aus d. Bot. Institut Graz. 1886. S. 1—92.)
 - III. Histologische Differenzierungen der Oberhaut. (Mitteil. d. naturw. Ver. Steiermark. 1887. S. 24.)
 5. Pomel, A., I. Matériaux pour la flore atlantique. Oran 1860. (Zitiert nach Solms-Laubach, Cruciferen-Studien. III. S. 71.)
 6. Prantl, K., I. Exkursionsflora für das Königreich Bayern. Stuttgart 1884. *Cruciferae*: S. 217—242.
 - II. *Crucifereae* in A. Engler und K. Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien. Teil III. 1. Hälfte. Abt. II. S. 145—206.
 7. Schweidler, J. H., I. Die Systematische Bedeutung der Eiweiß- oder Myrosinzellen der Cruciferen nebst Beiträgen zu ihrer anatomisch-physiologischen Kenntnis (Vorläufige Mitteilung). (Ber. d. Deutschen Bot. Ges. Bd. XXIII. 1905. S. 274—285.)
 8. Solereder, H., I. Systematische Anatomie der Dikotyledonen. Stuttgart 1899.
 9. Solms-Laubach, H. Graf zu, I. Cruciferen-Studien. III. *Rapistrella ramosissima* Pomel und die Beziehungen der *Rapistreae* und *Brassicaceae* zueinander. (Botan. Zeitung. 1903. S. 59.)
 10. Spatzier, W., I. Über das Auftreten und die physiologische Bedeutung des Myrosins in der Pflanze. (Jahrb. f. wiss. Bot. XXV. 1893.)
 11. v. Wettstein, R., I. Die Gattungen *Erysimum* und *Cheiranthus*. (Österr. Botan. Zeitschrift. 1889. S. 243, 281 u. 327.)
 12. Velenovský, I. O medových žlázkách rostlin křížatých [Über die Honigdrüsen der Cruciferen.] (Sitzungsber. d. böhm. Gesellsch. d. Wiss. 1883.)
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1910

Band/Volume: [BH_26_1](#)

Autor(en)/Author(s): Schweidler Josef Heinrich

Artikel/Article: [Die Eiweiß- oder Myrosinzellen der Gattung Arabis L. nebst allgemeineren Bemerkungen über Cruciferen-Idioblasten. 422-475](#)