

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXVI, N^O 12.

VERGLEICHEND HISTIOLOGISCHE UNTERSUCHUNG

DER

GRAMINEEN- UND CYPERACEEN-WURZELN

INSBESONDERE DER

WURZEL-LEITBÜNDEL.

VON

J. Klinge, Cand. botan.

Mit 3 Tafeln.

(Lu le 5 Septembre 1878.)

ST.-PÉTERSBOURG, 1879.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à **St.-Petersbourg**,

MM. Eggers et C^{ie}; J. Issakov
et J. Glasounof;

à **Riga**:

M. N. Kymmel;

à **Leipzig**:

M. Léopold Voss.

Prix: 85 Kop. = 2 Mrk. 80 Pf.

Vorwort.

Wiewohl die Wurzeln der Monocotyledonen oft und besonders in letzter Zeit Gegenstand von Untersuchungen in vergleichend histiologischer, anatomischer und physiologischer Weise waren, so ist dieses Gebiet der botanischen Forschung keineswegs erschöpft, sondern es steht hier noch so manche Frage offen, und harrt ihrer Beantwortung.

Nachstehende Blätter sind auch nur ein geringer Beitrag zur weiteren Kenntniss der Monocotyledonen-Wurzeln. Sie beschränken sich nur auf den Vergleich des anatomischen Baues zweier nahestehender monocotyler Familien, die durch die Voruntersuchungen van Tieghems und durch die Entdeckung eines eigenthümlichen Stellungsverhältnisses des Xylems durch denselben Forscher von besonderem Interesse geworden sind. Nachstehende Arbeit hat demnach neben einer vergleichend histiologischen Untersuchung der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln die Aufgabe: das von van Tieghem entdeckte abweichende Stellungsverhältniss des Xylems zu verfolgen und an einem reichen Untersuchungsmateriale zu constatiren.

Je mehr Formen wir in den Untersuchungskreis ziehen, um so mehr dürfen wir darauf rechnen, generelle Verschiedenheiten zu finden. Dass in vorliegender Arbeit auch dieser Anforderung nicht völlig Genüge geleistet, muss offen bekannt werden, aber auch die Hoffnung ausgesprochen werden, dass sie, wenn auch nicht Alles, so doch Einiges feststellt. Ein Vergleich der von van Tieghem untersuchten Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln und meines weit grösseren Untersuchungsmateriales in Bezug auf die Zahl der untersuchten Arten berechtigt mich zu dieser Hoffnung.

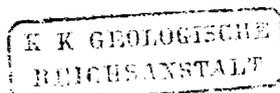
VERGLEICHEND HISTIOLOGISCHE UNTERSUCHUNG
DER
GRAMINEEN- UND CYPERACEEN-WURZELN
INSBESONDERE DER
WURZEL-LEITBÜNDEL.

EINE
ZUR ERLANGUNG DER WÜRDE EINES
MAGISTERS DER BOTANIK
BEI DER
PHYSIKO-MATHEMAT. FACULTÄT DER KAISERL. UNIVERSITÄT DORPAT

EINGEREICHTE

ABHANDLUNG

VON
JOHANNES KLINGE
CAND. BOTAN.



DORPAT

DRUCK VON SCHNAKENBURGS LITHO- UND TYPOGRAPHISCHER ANSTALT

1879.

Von dieser geleitet betrachte ich meine Arbeit nur als einen Beitrag zur Lösung der gestellten Frage. Die völlige Lösung hätte erst dann erhofft werden können, wenn Alles, was es auf Erden an Gramineen und Cyperaceen giebt, zur Untersuchung vorläge. Das Unmögliche dieser Anforderung liegt auf der Hand, doch gerade darum glaubte ich das Möglichste wenigstens thun zu müssen.

Die hier einschlägige Litteratur, soweit sie den anatomischen Bau der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln betrachtet, bezieht sich meist, mit Ausnahme der Arbeiten von van Tieghem, Russow und Duval-Jouve, auf allgemeine Charakteristiken, wie solches in den Handbüchern der Fall ist, oder sie beantwortet Fragen über den Wurzelbau, die ausserhalb der Aufgabe stehen. Ich gebe hier im Nachstehenden ein vollständiges Verzeichniss der von mir benutzten Litteratur, um einestheils zu zeigen, auf wie wenig vorhandenes litterarisches Material ich mich stützen konnte, anderentheils, um die dürftige Beschaffenheit dieses an sich schon geringen Materials darzulegen:

1. M. Ph. van Tieghem: Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires (Annales des sc. natur. Tom. XIII. Paris. 1870. La Racine). Worin unter den Wurzeln der Monocotyledonen besonders beschrieben worden: *Triticum sativum*, *Secale cereale*, *Zea Mays*, *Sorghum vulgare*, *Coix lacryma*, *Hordeum bulbosum*, *Paspalum Michauxianum*, *Cyperus longus* und *Carex brizoides*, mit besonderer Bezugnahme der Entstehung der Nebenwurzeln. Beigegeben sind Abbildungen von *Triticum sativum*, *Zea Mays*, *Paspalum Michauxianum* und *Carex brizoides*. Zum Schluss folgt ein Vergleich des Stellungsverhältnisses des Xylems der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln mit den Wurzeln der übrigen Monocotyledonen (pag. 140—146).
2. J. Sachs: Lehrbuch der Bot. (4. Aflg. Leipzig. 1874). Neben allgemeinen Bemerkungen über den Wurzelbau, die Entwicklung und Fortbildung von *Zea Mays* (pag. 146, 148, 152).
3. W. Hofmeister: Allg. Morph. d. Gewächse (Handb. der physiolog. Bot. Leipzig. 1868) Scutellenbildung bei *Secale* und *Oryza* (p. 424), und Gallerte bei *Secale* (p. 425).
4. H. Schacht: Lehrb. der Anat. und Phys. d. Gewächse. 1859. Th. II. Allgemeine Beschreibung aller Wurzeln (p. 137—177).
5. R. Caspary: Ueber die Gefässe der Pflanzen. (Vorläufige Mittheilungen in Monatsberichten der Akad. der Wissensch. zu Berlin. 1862). Es werden hier die Gefässe in den Wurzeln von *Carex Oederi*, *Scirpus lacustris*, *Phragmites communis* und *Zea Mays* beschrieben.
6. C. Naegeli und H. Leitgeb: Entstehung und Wachsthum der Wurzeln (in den Beiträgen zur wissensch. Bot. von C. Naegeli. Leipzig. 1868, Heft IV). *Oryza sativa* (Nebenwurzelentwicklung) pag. 141, Tab. XX, fig. 6—14.
7. S. Schwendener: Das mechanische Princip der Monocotyledonen. Leipzig. 1874.

Den Druck genehmigt im Namen der physiko-mathematischen Facultät

Dorpat, den 24. Mai 1879.

Prof. Dr. L. Schwarz.
z. Z. Decan der physiko-mathematischen Facultät.

8. M. Treub: Le méristème primitif de la racine dans les Monocotylédones. (in: musée botanique de Leide. Leiden. 1876).
9. P. Falkenberg: Vergleichende Untersuchungen über den Bau der Vegetationsorgane der Monocotyledonen. (Stuttgart. 1876). Von *Scirpus palustris* findet die Wurzel (pag. 122) eine kurze Berücksichtigung, dann, nach Holle, die Xylembildung von *Arundinaria falcata* (pag. 194).
10. Edm. Russow I: Vergleichende Untersuchungen der Leitbündelkryptogamen, Petersburg 1872.
11. Edm. Russow II: Betrachtungen über das Leitbündel- und Grundgewebe. Dorpat. 1875. Neben vielen in meine Arbeit einschlägigen Notizen, wird hier das abweichende und normale Stellungsverhältniss von 21 Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln beschrieben (pag. 54)¹⁾.
12. Duval-Jouve: Étude histotaxique des Cyperus de France. (Bull. de la soc. bot. de France. tome XI, pag. 347—408). Die zehn in Frankreich vorkommenden Cyperen: *Cyperus globosus*, *Cyp. flavescens*, *Cyp. fuscus*, *Cyp. vegetus*, *Cyp. rotundus*, *Cyp. aureus*, *Cyp. longus*, *Cyp. serotinus*, *Cyp. distachyos* und *Galilea mucronata* werden zu histotaxischen Zwecken in groben Zügen anatomisch beschrieben.

Anknüpfend an das von van Tieghem entdeckte Stellungsverhältniss des Xylems, kündigte Duval-Jouve in obiger Abhandlung die nähere Untersuchung dieses Themas an mit den Worten: «ce sera le sujet d'un autre travail». Aus diesem Grunde zögerte ich auch mit der Veröffentlichung nachstehender Blätter, in der Hoffnung auf das baldige Erscheinen der von Duval-Jouve angekündigten Arbeit. Leider ist bisher die Untersuchung des Stellungsverhältnisses des Xylems von Duval-Jouve durch den Druck noch nicht bekannt geworden.

1) Wenn ich im Nachstehenden bei den von Professor Russow untersuchten 21 Wurzelarten nicht den Autor citire, wie ich es immer bei den von den übrigen Autoren untersuchten Wurzeln gethan habe, so liegt der Grund darin, dass ich einestheils die meisten Arten selbst untersuchte, und dann, dass mir die Präparate von Prof. Russow freundlichst zur Verfügung gestellt waren.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^E SÉRIE.
TOME XXVI, N^o 12.

VERGLEICHEND HISTIOLOGISCHE UNTERSUCHUNG
DER
GRAMINEEN- UND CYPERACEEN-WURZELN
INSBESONDERE DER
WURZEL-LEITBÜNDEL.

VON
J. Klinge, Cand. botan.

Mit 3 Tafeln.

(Lu le 5 Septembre 1878.)

ST.-PÉTERSBOURG, 1879.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à **St.-Pétersbourg**:
MM. Eggers et C^{ie}, J. Issakof
et J. Glasounof;

à **Riga**:
M. N. Kymmell;

à **Leipzig**:
M. Léopold Voss.

Prix: 85 Kop. = 2 Mrk. 80 Pf.

Erster Abschnitt.

Beschreibung der Gewebe und Elemente der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln.

A. Hautgewebe.

Epidermis. «Die Epidermis fehlt keiner Wurzel!» Aus dem Dermatogen hervorgegangen, behält die Epidermis meist die auf Querschnitten sich zeigende hexagonale Form ihrer Zellen auch nach dem Absterben. Die in jugendlichen Entwicklungsstadien auf Längsschnitten tafelförmigen, neben einander liegenden Epidermiszellen werden später meist zu lang ausgezogenen, oben und unten abgestutzten Fasern, die in einem interstitienlosen Zusammenhange stehen.

Die Epidermiszellen unterscheiden sich von den auf Querschnitten nach Innen liegenden Rindenzellen meist durch ihr grösseres Lumen (Vergl. Taf. I, fig. 15, 16, 19; Tab. II, fig. 23, 24, 25), durch grössere Streckung in radialer Richtung und durch die dünnwandige Beschaffenheit ihrer Membranen. Oft aber liegt unter der Epidermis eine Rindenschicht, gleichfalls von grossen hexagonalen, dünnwandigen Zellen gebildet, die sich in ihrem Bau nicht wesentlich von der Epidermis unterscheidet, die aber genetisch in keinem Zusammenhange mit ihr steht. (Vergl. weiter unten: Aussenrinde). Eine solche äusserste, der Epidermis gleichgebildete Rindenschicht zeigen nachstehende Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln: *Anthoxanthum*, *Setaria*, *Alopecurus*, *Agrostis*, *Deyeuxia*, *Phragmites*, *Gynerium*, *Bambusa*, *Molinia*, *Triticum polonicum*, *Nardus*, *Saccharum*, *Imperata*, *Erianthus*, *Carex dioica* (*hordeiformis*, *globularis*, *loliacea*, *stellulata*, *sparganioides*, *teretiuscula*, *dioica*), *Eriophorum*, *Scirpus* und *Heleocharis* (Taf. II, fig. 21 a).

Den Unterschied zwischen der Epidermis und der ähnlich gebildeten Rindenschicht macht die Anwendung von Chlorzinkjod klar, die jede dieser beiden Schichten verschieden färbt: während die Epidermis immer bräunlich tingirt erscheint, wird diese Rindenschicht meist gelblich gefärbt. Bei *Anthoxanthum odoratum* wird die Rindenschicht, bei *Carex dioica* dagegen die Epidermis violett gefärbt. Auch liegt schon in der ursprünglichen Färbung dieser beiden Schichten, der Epidermis und der äussersten Rindenschicht, oft ein Unterscheidungsmerkmal.

In den seltensten Fällen erscheinen die Epidermiszellen englichtiger und ihre Membranen verdickter als die Zellen der auf dem Querschnitt nach Innen liegenden Rindenschicht, wie z. B. bei *Cinna mexicana* und den Nebenwurzeln von *Phragmites communis*

Mars 1879.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.

C. V e s s é l o f s k i, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

(Taf. I, fig. 13 und 14). Die Wurzel 1ster Ordnung von *Phragmites communis* (Taf. II, fig. 22) hat dagegen eine Epidermis, deren Zellen grösser sind als die der nach Innen liegenden Rindenschicht. Grosse und zarte Epidermiszellen haben *Scirpus* und *Eriophorum* (Tab. II, fig. 23), und ganz besonders grosse, die grössten, die mir zu Gesicht gekommen sind, zeigt *Eriophorum alpinum*. Aus englichtigen, dünnwandigen Zellen besteht die Epidermis von *Holcus lanatus*. *Hordeum vulgare* hat auch recht englichtige, aber höchst unregelmässig angeordnete Epidermiszellen (Tab. III, fig. 26).

In den meisten Fällen wird die Epidermis in alten Entwicklungsstadien vollständig zerstört, und oft die darunterliegenden Rindenschichten, wie bei *Oryza*, *Zea* und bei vielen anderen Gramineen und Cyperaceen, oder sie bildet mit den nächsten Rindenschichten ein verworrenes Geflecht; ob hier eine Korkbildung vor sich geht, habe ich nicht beobachten können.

Gallerte. Die Aussenfläche aller jungen Wurzeltheile wird von einer klaren, hyalinen Masse umkleidet, in der man deutlich auf Querschnitten eine Fortsetzung der Radialmembranen der Epidermis und dunklere Querstreifen bemerkt. Sie ist im Durchschnitt geringer als der Durchmesser der Epidermiszellen, wie solches immer bei den Carices der Fall ist, oder sie kann dieselben auch an Mächtigkeit übertreffen, wie bei *Poa nemoralis*, wo diese Aussenschicht den Durchmesser der Epidermiszellen um das Dreifache übertrifft. Nach Hofmeister¹⁾ quillt eine äussere Schicht der Aussenfläche des untersten Theils der Wurzel zu Gallerte auf, welche das obere Ende der Wurzelhaube leicht ablöst und, nachdem letzteres geschehen, sich in der Bodenflüssigkeit vertheilt (Taf. II, fig. 24 und 25).

Die Abbildungen 24 und 25 auf Taf. II weisen in dem schwach contourirten, ausserhalb der Epidermis liegenden Theil die Erscheinung der Gallertbildung auf. Der Querschnitt von *Carex Pseudocyperus* (fig. 24) liess noch einige zusammenhangslose Wurzelhaubenzellen erkennen, die, um Raum zu sparen, fortgelassen wurden. Dagegen liegt der Querschnitt von *Heleocharis palustris* (fig. 25) ausserhalb der Region der ältesten Wurzelhaubenzellen und die Vertheilung der Gallerte nimmt hier schon ihren Anfang.

Haare. «Die Epidermiszellen wachsen häufig zu langen, dünnwandigen, schlauchförmigen Ausstülpungen, den Wurzelhaaren, aus, die durch Spitzenwachsthum sich verlängern, und an ihrem Ende alle keulenförmig oder kugelig erweitert sind, während gleichzeitig an der Basis der Haare eine geringe Erweiterung stattfindet²⁾.» (Siehe Taf. I, fig. 19 h_2).

Der gewöhnliche Bau der Wurzelhaare der Gramineen und Cyperaceen entspricht vollständig dieser Beschreibung, wie wir es auch in den Fig. 1 h_3 und Fig. 19 h_2 auf Taf. I sehen, aber durch Krümmungen und Biegungen erhalten die Wurzelhaare oft ein verworrenes Ansehen und wo sie dicht zusammenstehen hinterlassen sie den Eindruck eines

1) Allg. Morph. d. G., *Oryza*, pag. 425.

2) Sachs. Lehrb. 4. Aflg. pag. 164.

Seinem hochverehrten Lehrer,

Prof. Dr. Edmund Russow,

in Dankbarkeit,

der Verfasser.

verfilzten Geflechtes oder eines regellosen Ineinandergreifens, gleich Pilzhyphen. Die einzelnen Haare selbst lassen oft eine Quertheilung wahrnehmen und man könnte dieselben für mehrzellig erklären, was aber strict im Widerspruche mit dem bisher ausnahmslos Beobachteten steht, dass die Wurzelhaare stets einzellig sind. Auch verwahre ich mich gegen die Behauptung, mehrzellige Wurzelhaare beobachtet zu haben, sondern schreibe das Ggliedertsein in mehrere Räume solcher eigenthümlich gebildeten Haare folgenden Ursachen zu:

Vorzüglich sind es Wurzelhaare bei *Carex vulgaris*, *C. stricta* und *C. caespitosa*, auch bei *Agropyrum giganteum*, *Eulalia japonica*, *Cyperus alternifolius* und bei anderen (Taf. I, fig. 1 und 2 *a—g*), die eine Quertheilung erkennen lassen, und deren Querwände bei durchfallendem Lichte wie deutliche Membranen zweier verschiedener Räume erscheinen. Diese Erscheinung ist jedoch durch zwei Ursachen veranlasst: einmal durch Drehung oder Krümmung des betreffenden Wurzelhaars und dann durch den eingetrockneten Inhalt. Die Abbildungen fig. 1 *h₄*, fig. 2 *c*, *f*, *g*, sind die Belege für erstere Erscheinung und was die Fig. *f* und *g* anlangt, so zeigen diese dasselbe Object, aber nur bei verschiedener Einstellung des Mikroskops.

Das merkwürdige Aufsetzen eines Haartheils auf den andern (fig. 1 *h₄*) kann auch durch den Schnitt veranlasst sein, indem in diesem Falle das Messer eine Kniestelle oder eine bauchige Anschwellung oder Ausstülpung des Haares fortgeschnitten oder durchschnitten hat.

Wie man in den Haaren (fig. 1 *h₁*, *h₂*, *h₃*) einen an einigen Stellen angehäuften Inhalt bemerkt, der gewöhnlich kurz vor dem Absterben des Haargebildes erscheint, so trocknet derselbe bei völlig abgestorbenen Haaren in mannigfaltiger Weise ein, indem derselbe bald in Bändern und Schnüren in der Längsrichtung sowohl, als in der Querrichtung zur Länge des ganzen Haares als blosse Verdickungsleiste auftritt, oder bald den Innenraum des Haares vollständig abtheilt, oder auch nur das kugelige Ende des Haares ausfüllt, wie wir es in den Figuren 2 *a*, *b*, *c*, *d* sehen.

Das Lumen der Haarzelle ist bei genauer Einstellung weniger lichtbrechend und ebenso sind die Verdickungen und Quertheilungen im Innern des Wurzelhaars dunkler gelb gefärbt und zuweilen auch weniger lichtbrechend (fig. 2 *c*), als die eigentliche Zellwand des Haares. Eine eigenthümliche stark lichtbrechende Linie inmitten einer solchen Verdickung, besser Verdichtung, wurde einige Male beobachtet (fig. 2 *a*) und diese helle Zone mag sich durch andere chemische Zusammensetzung, d. h. durch geringen Wassergehalt, von den übrigen Theilen der Verdichtung unterscheiden.

Nach Casparrini¹⁾ sollen sich die Wurzelhaare von *Poa annua* öffnen. Die Bemerkung freilich habe ich bei vielen in meinen Untersuchungen vorgekommenen Haargebilden gemacht, dass sie an der Spitze geöffnet waren, will dabei aber nur behaupten, dass solches

1) Schacht. Th. II, pag. 164.

durch Abreissen der kugeligen Spitze bei unvorsichtigem Herausziehen aus dem Erdreich geschehen ist.

Nachdem die Zellen aller vorkommenden Gewebearten im Körper der Wurzel ihre vollständige Ausbildung erfahren haben, verschwinden auch die Haare¹⁾.

B. Rindengewebe.

Rinde²⁾. Nach Schacht³⁾ lässt die Rinde bei der Mehrzahl der phanerogamen Wurzeln zwei Theile unterscheiden: eine Aussen- und eine Innenrinde, die durch eine mehr oder weniger scharf ausgeprägte concentrische Grenze getrennt sind. Nicht nur lässt sich mit Evidenz bei den Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln eine solche Aussen- und Innenrinde nachweisen, sondern es scheint sogar in manchen Fällen geboten, noch schärfere Unterschiede mehrfacher Rindenschichten zu machen. So zeigt sich bei den meisten hier zur Untersuchung gekommenen Wurzeln eine von der Aussenrinde sowohl, als von der Innenrinde scharf abgegrenzte Mittelrinde, aber nur in ausgebildeten Entwicklungsstadien der Wurzeln. Wenn ich in Folgendem den Ausdruck: «Mittelrinde» nicht gebrauchen werde, sondern nur von Aussenrinde, von äusserer und innerer Innenrinde sprechen werde, so liegt es wohl in dem Wunsche, einerseits die technischen Ausdrücke nicht zu vermehren, andererseits aber, was vorzüglich in Betracht kommt, der Entwicklungsgeschichte der Rinde Rechnung zu tragen, da in jugendlichen Entwicklungsstadien kein Unterschied, geschweige denn eine Grenze zwischen Mittelrinde und Innenrinde besteht, und die Mittelrinde genetisch zur Innenrinde gehört. Ausserdem tritt die Mittelrinde nur in ausgebildeten Entwicklungsstadien der Wurzeln auf, und wie schon erwähnt, nicht bei allen, denn, wie wir sehen werden, giebt es eine Abtheilung, die keine Mittelrinde selbst im Altersstadium aufweist, und bei der sich auch Aussenrinde und Innenrinde nur schwach abgrenzen.

Die Bildung der Rinde der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln ist eine sehr mannigfaltige, lässt sich aber auf zwei Grundtypen mit in älteren Entwicklungsstadien eintretenden Modificationen zurückführen:

1. in eine solche, deren **Aussenrinde** eine Schicht bildet, deren Zellen von polygonaler Form nicht sehr regelmässig, ohne Intercellularräume aneinander gereiht sind; deren **Innenrinde** aber, was die regelmässige Anordnung, Bildung und Form der Zellen, und was die Abgrenzung zur Aussenrinde anlangt, anders gestaltet ist, als die des folgenden Typus, indem sich hier Aussenrinde und Innenrinde nur

1) Vergl. Duval-Jouve pag. 350, Anmerkung 1.

2) Sachs: Grundgewebe; Naegeli: Protenchym (Epidermis und Leitbündelscheide mit eingeschlossen); Rindenparenchym, oder einfach Parenchym, wie die Rinde

von vielen Autoren genannt wird.

3) Th. II, pag. 168. Vergleiche ausserdem Naegeli und Leitgeb, van Tieghem und Duval-Jouve.

durch den Mangel oder das Vorhandensein von Intercellularräumen unterscheidet, und die Innenrinde an Schichtenmächtigkeit wenig die Aussenrinde übertrifft. (Vergl. Taf. II, fig. 26)¹⁾.

2. in eine solche, deren **Aussenrinde** eine Schicht bildet, deren Zellen sich mehrfach tangential theilen und ohne Intercellularräume aneinanderstossen; deren **Innenrinde** in äusserst regelmässige radiale Strahlen und concentrische Kreise geordnet, eine die Aussenrinde um das Dreifache übertreffende Schicht zeigt, deren tafelförmige Zellen, zuerst auch durch Tangentialtheilungen, dann durch centripetal fortschreitende radiale Theilungen²⁾ — wodurch übrigens die regelmässige Anordnung des Gewebes durchaus nicht gestört wird, — sich spaltend, zwischen sich rhombische Intercellularräume lassen, die, entsprechend der Entwicklung der Zellen, von Aussen nach Innen an Grösse abnehmen (Taf. II, fig. 24 u. 25).

Das Auseinandergehen dieser zwei typischen Rindenbildungen ist in weiteren Stadien gleich scharf zu verfolgen.

Die Aussenrinde des Rindentypus I sowohl, als **die Innenrinde des Rindentypus I** sind wiederum zweien in älteren Entwicklungsstadien auftretenden Modificationen unterworfen. Entweder persistiren sie, so dass beide sich nur durch den Mangel oder das Vorhandensein von Intercellularräumen unterscheiden, wobei sich die Aussenrindenzellen grösstentheils um ein wenig mehr verdicken, selten einen sclerenchymatischen Charakter annehmen, und das parenchymatische Gefüge der Innenrinde bis auf die innerste Lage (nicht mit der Leitbündelscheide zu verwechseln), deren Zellen sich oft verdicken, ein äusserst lockeres ist; oder sie werden beide vollständig bis auf eine oder zwei der innersten Zellreihen zerstört.

Zwischen diesen beiden Formen des Persistirens und des Zerstörtwerdens der ganzen Rinde bestehen Uebergangsformen.

Die Aussenrinde des Rindentypus II verdickt sich äusserst stark und bildet sich zu einem soliden sclerenchymatischen Cylindermantel aus. **Die Innenrinde des Rindentypus II**, gleichfalls bis zum Leitbündel nach Innen Sclerenchym von verschiedener Mächtigkeit bildend, geht, sich scharf von dem Innensclerenchym, das nicht immer vorhanden zu sein braucht, abgrenzend, in eine sehr charakteristische Mittelrinde, in die äussere Innenrinde, über, deren Parenchym durch Collabiren der Zellmembranen oder ganzer Zellparthien grosse Luftgänge bildet³⁾. Doch dieses Collabiren ist auch bestimmten Gesetzen unterworfen. Das Sclerenchym der Aussen- und Innenrinde bleibt nach gewissen Zwischenräumen durch nicht collabirte Zellengänge, oder besser Zellenplatten, im Zusammenhange und nur die da-

1) Vergl. Duval-Jouve pag. 350.

2) Vergl. Naegeli und Leitgeb. Vergl. Duval-Jouve pag. 353: «que les deux zonules corticales ont un développement inverse; celui de l'externe étant centrifuge, et celui de l'interne centripète, (Van Tieghem l.

c. p. 59).

3) Vergl. van Tieghem: méats; ferner Falkenberg pag. 122: «Lockeres Gewebe von tangential gestreckten Rindenzellen, zwischen denen sich Intercellularräume ausbilden».

zwischen liegenden Zellen collabiren ihre Membranen, aber wiederum so, dass, um den Zusammenhalt zu vergrössern, in bestimmter Gesetzmässigkeit, entweder die Tangentialmembranen allein zusammenfallen und die Radialmembranen zurückbleiben, oder umgekehrt, dass die Radialmembranen zusammenfallen und die erhaltenen Tangentialmembranen die nicht collabirten radialen Zellenstrahlen verbinden. Die erstere Erscheinung macht den Eindruck eines verschiedenstrahligen Sternes, während die andere den Eindruck des Netzes eines Spinnengewebes¹⁾ hinterlässt (Taf. II, fig. 22 u. 23). Sowohl bei der einen, als bei der anderen Form kommt ein vollständiges Zerstörtwerden der ganzen äusseren Innenrinde vor, mit der Erhaltung einer einzigen schmalen radial verlaufenden Zellparthie, als einziger Zusammenhalt zwischen der Aussenrinde und der innern Innenrinde (Saccharum, Erianthus, Cyperus).

Die Art und Weise des Collabirens der einzelnen Rindenzellen kann man vornehmlich an ziemlich entwickelten Wurzeltheilen, die aber eine noch nicht vollständige Ausbildung erfahren haben, verfolgen, welches Mittelstadium mit in lebhaftem Collabiren befindlichen Zellen wir an den Figuren 18 und 21 *b* sehen. Die am weitesten vorgeschrittenen Stufen des Collabirens finden wir in den nach Aussen liegenden Rindenschichten mit meist schon völlig collabirten Zellen, während den Beginn dieses Processes und die ersten Stadien der Entwicklung dieser Erscheinung wir an den mehr zum Leitbündel hin gelegenen inneren Innenrindenzellen beobachten können. Zum Voraus sei bemerkt, dass die innerste Schicht der Innenrindenzellen (auf fig. 18 und fig. 21 *b* mit 1 bezeichnet) bei keiner Gramineen- und Cyperaceen-Wurzel collabirte Zellen aufzuweisen hat.

Der tangentiale Zusammenhang auf dem Querschnitt radial übereinanderliegender Rindenzellen löst sich und schreitet strahlenförmig centripetal fort, so dass radiale Strahlen von noch zusammenhängenden und vegetirenden Rindenzellen mit solchen, deren Tangentialmembranen getrennt sind, alterniren. Durch Spannung und Streckung der erhaltenen Zellen fallen die Zellwände der tangential isolirten Zellen zusammen, bleiben nur im schwachen Zusammenhange mit den erhaltenen Zellenstrahlen und bilden eine fadenförmige Verbindung zwischen denselben. Dieses centripetale Collabiren ganzer Rindenzellenstrahlen kann nun weitere, vorher erhaltene Zellenstrahlen ergreifen, so lange bis das ganze Innenringewebe, wie bei fig. 23, nur noch aus acht erhaltenen Zellenstrahlen besteht, während alle übrigen Zellen collabirt noch fadenförmig einen Zusammenhang mit diesen vermitteln, und auf diese Weise das Bild eines Spinnengewebes zu Stande kommt. Bei einem grösseren Theile der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln findet das umgekehrte Verhältniss beim Collabiren, aber nur der einzelnen Rindenzellen statt, indem hier die Radialmembranen getrennt und die Tangentialmembranen zusammenhängend bleiben und neben den gleichfalls radial verlaufenden erhaltenen Zellenstrahlen als feinere fadenförmige Strahlen die inner-

1) Duval-Jouve pag. 350: «lambeaux arachnoïdes».

sten erhaltenen Innenrindenschichten mit der Aussenrindenschicht verbinden (Taf. II, fig. 22).

Bei der Abbildung von *Carex caespitosa* (fig. 18) kann man sich alle Uebergangs- und Zwischenformen in der Entwicklung des Collabirens zur Anschauung bringen, und sei hier noch hinzugefügt, dass der tangentiale Zusammenhang der collabirten Zellen nicht deutlich wahrzunehmen ist. Bei fig. 21 *b* (einer nicht näher bestimmten Cyperacee) dagegen erkennt man nicht nur deutlich die einzelnen collabirten Tangentialmembranen, sondern auch die Radialmembranen, an ihrer ursprünglichen Verbindungslamelle, die als feiner schwarzer Strich mitten durch eine Knotenstelle geht. Man muss in Betracht ziehen, dass die ganze Wand einer Zelle tangential collabirt ist, und da die Zellen des Rindenparenchyms mit einander nur geringen Zusammenhang haben und dieser tangential gelöst ist und nur radial persistirt, so ist nur das kurze Stück der radialen Wand, welche mit der benachbarten Zelle zusammenfällt, sichtbar und, wie oben erwähnt, erscheint diese Stelle als Knoten in den collabirten Zellfäden.

Die collabirten Zellwände liegen durchaus nicht glatt und parallel aufeinander, sondern decken sich kraus und wellig; ebenso erfahren die aus collabirten Zellen zusammengesetzten Fäden Zerreibungen und Störungen aller Art, deren Residua oft wirr und unregelmässig in die weiten Interzellularräume hineinragen; auch laufen die Zellfäden nicht parallel neben einander her, sei es in tangentialer oder radialer Richtung, sondern durch häufige Anastomosen wird das regelmässige Gefüge eines Spinnengewebes oder das eines vielstrahligen Sterns vielfach aufgehoben (Vergleiche fig. 16, 21 *a*, 22, 23).

Selbst die Zellen der erhaltenen Rindenstrahlen erfahren durch Zug- und Druckkräfte Formenänderungen. Meist wandeln sie ihre auf Querschnitten rundliche Gestalt durch Spannung und Zug in eine mehr viereckige, was nur schwach angedeutet in den Figuren 18 und 22 zum Ausdruck kommt. Duval-Jouve giebt eine diese Erscheinung betreffende Abbildung von *Cyperus longus*¹⁾.

Die Anzahl der erhaltenen radialen Zellenstrahlen ist inconstant. Duval-Jouve giebt aber jedes Mal für jede untersuchte Cyperusart speciell die Menge der persistirenden Rindenstrahlen in bestimmten Zahlen an. Er mag vielleicht das Mittel aus vielen Untersuchungsobjecten derselben Art geschöpft haben, aber immerhin sind solche Zahlenverhältnisse für histotaxische Verhältnisse nicht verwerthbar.

Anmerkung 1. Duval-Jouve sagt in seiner: *Étude histotaxique des Cyperus de France*, pag. 350: «La zonule externe est d'ordinaire colorée, se fibrifie même quelquefois et persiste toujours très-longtemps. Le plus souvent, au contraire, l'interne «se détruit» presque en même temps qu'elle se forme; quelques-unes des lignes rayonnantes des ses cellules se conservent, mais, à l'exception des

1) Duval-Jouve. Tab. XIX, Racines, fig. 10; ausserdem vergleiche man pag. 384, Anmerkung 1.

assises les plus internes à parois épaisses, les autres «se résorbent» principalement sur leurs faces radiales, et «se disloquent» en rapprochant leurs faces tangentielles (Pl. XIX, fig. 1—16). Cette zonule est alors toute creusée de grandes lacunes très-irrégulières, où les débris du tissu primitif pendent en lambeaux arachnoïdes plus ou moins concentriques, et le cylindre central flotte dans l'étui formé par la zonule externe. Souvent même, sur les racines très-âgées, cette dernière zonule «se détruit», et il ne subsiste que le cylindre central dénudé. Ferner bildet Duval-Jouve beinahe natürlich die oben geschilderten Verhältnisse des tangentialen Collabirens der Innenrindenzellen für *Cyperus flavescens*, *Cyp. rotundus*, *Cyp. aureus*, *Cyp. longus* und *Galilea mucronata* ab, aber spricht in der Einzelbeschreibung von jeder der untersuchten zehn Cyperusarten stets: «zonule interne se détruisant» etc., oder «zonule interne se disloquant» und zeigt somit, dass er diese Erscheinung in Bezug auf ihre Entstehung nicht richtig gedeutet hat.

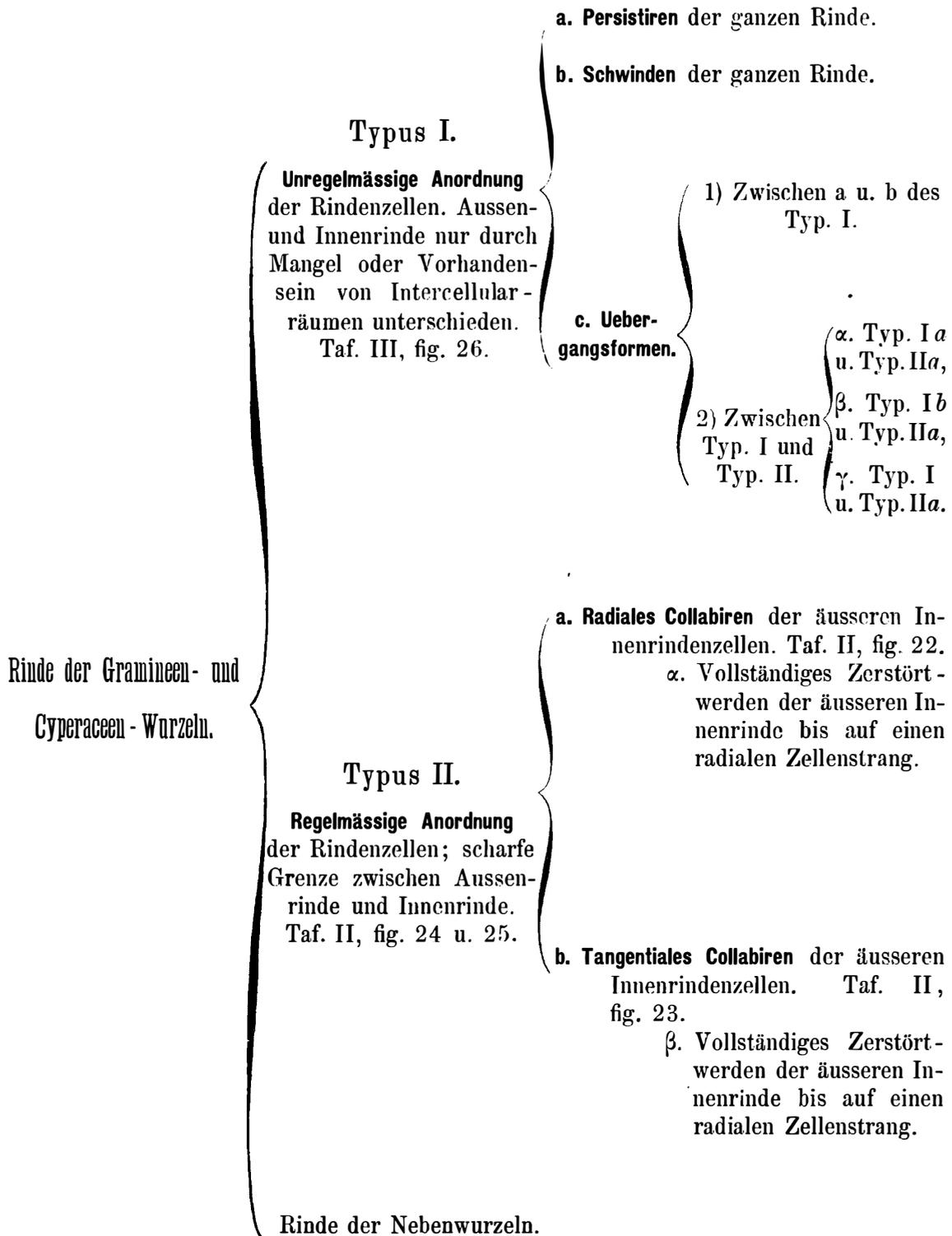
Im Uebrigen stimmen unsere Beobachtungen, wie aus dem Vergleich zu ersehen ist, überein.

Anmerkung 2. Duval-Jouve sagt in der Einzelbeschreibung von *Galilea mucronata*, pag. 392: «zonule interne se disloquant assez régulièrement en une quinzaine de grandes lacunes séparées par des rayons de un ou deux rangs de ses cellules les plus internes». Aus der Abbildung (Tab. XIX, fig. 15) ist aber nicht zu ersehen, ob die Luftgänge durch Zerstörung der Zellen hervorgehen, was in der That als einziger Fall besondere Aufmerksamkeit verdiente. Oder sollten diese Lacunen nicht gleicher Entstehung sein wie die von *Hydrocharis* und anderen Monocotyledonen?

Während im Rindentypus I Uebergangsformen zwischen den beiden besprochenen Formen stattfinden, existiren hier im Typus II keine, es sei denn, dass man das vollständige Schwinden der äussern Innenrinde als Vermittler zwischen radialem und tangentialem Collabiren der äusseren Innenrindenzellen ansehen wollte, was jedoch auch zu verwerfen ist, da man genau bestimmen kann, aus welcher Grundform: entweder durch radiales, oder tangentiales Collabiren, das vollständige Fehlen der äusseren Innenrinde entstanden ist.

Zwischen dem Rindentypus I und dem Rindentypus II werden wir später einige Uebergangsformen kennen lernen.

Auf diese Weise gelangen wir, wobei noch weitere Uebergangsformen und Modificationen auftreten, zu folgendem Grundschema der Rinde der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln:



Was die **Aussenrinde des Rindentypus I** im Allgemeinen und auch im Besondern — auf die Unterabtheilungen des Typus I bezogen — anlangt, so schliessen deren Zellen sowohl unter einander, als an die Epidermis immer ohne Intercellularräume, mit alleiniger Ausnahme von *Hordeum vulgare* (Taf. III, fig. 26), wo sich selbst unmittelbar unter der Epidermis noch Intercellularräume befinden. Wie schon erwähnt, lässt sich das Parenchym — das häufigste Vorkommen — der Aussenrinde von dem Parenchym der Innenrinde nur durch den Mangel an Intercellularräumen unterscheiden.

Das Sclerenchym, wie bei *Holcus lanatus*, oder Prosenchym, wie bei *Avena*, reicht immer unmittelbar an die Epidermis. Von diesen Gewebeformen kann nur dort die Rede sein, wo das Rindengewebe persistirt, oder wo das persistirende Gewebe der äusseren Innenrinde auch ein radiales Collabiren der Zellmembranen aufweist. Die Mehrzahl der Uebergangsformen zwischen dem Typus *Ia* und *Ib* macht jedoch von dieser Regel eine Ausnahme, indem sich hier unter der Epidermis eine der Epidermis ähnliche Zelllage befindet, die sich ebenso, wie die Epidermis selbst, von dem nach Innen liegenden Prosenchym und Sclerenchym der Aussenrinde durch Weitlichtigkeit des Zelllumens und Zartheit der Membranen auszeichnet, wie bei *Deyeuxia retrofracta* und den *Triticum*-arten (Vergl. oben d. Ep. pag. 4 und Aussenrinde des Rindentypus *IIa* weiter unten).

Was die Uebergangsformen überhaupt anlangt, sowohl diejenigen, die im Typus I selbst Uebergänge zu den Unterabtheilungen bilden, als auch diejenigen, die zum nächsten Typus hinüberleiten, so muss ich hier selbst eingestehen, dass die Eintheilung in solche mit bleibendem und schwindendem Rindengewebe und in die Uebergangsformen nicht consequent durchzuführen ist. Durch die Vergleichung der Uebergangsformen unter sich und mit den Typenformen zeigt es sich sehr deutlich, dass die Rinde des Typus I aus einer Form in die andere übergehen kann. So weisen beide Erscheinungen, des Persistirens, wie des Schwindens der Rinde, folgende Gramineen-Wurzeln auf: *Milium effusum*, *Deyeuxia retrofracta*, *Trisetum distichophyllum* und *Tr. argenteum*, *Triodia decumbens*, alle untersuchten *Triticum*-, *Agropyrum*- und *Eremopyrum*-arten und *Secale cereale*. Ein Persistiren und radiales Collabiren der äussern Innenrinde zeigen *Agrostis alba* und *Agr. vulgaris* und *Briza media*, während ein vollständiges Schwinden der ganzen Rinde und ein radiales Collabiren der Innenrindenzellen bei *Gynerium argenteum* und *Festuca rubra* stattfindet (bei *Festuca ovina* schwindet dagegen die Rinde immer vollständig).

Zieht man das Jugendstadium der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln, die diesen Typus repraesentiren, in Betracht, so kommt man zur Ueberzeugung, dass das Erhaltenbleiben und verschiedene Schwinden der Rinde durch gewisse Umstände und Bodenverhältnisse beeinflusst ist¹⁾, und dass man nicht genöthigt ist, ein Persistiren der Rinde — wie es sich bei vorliegenden Untersuchungen herausstellte — immer für: *Holcus lanatus*,

1) Duval-Jouve: *Cyperus longus*, pag. 384, Anmerkung 2.

Anthoxanthum odoratum, *Avena sativa*, *Av. pratensis*, *Melica altissima*, *Hordeum vulgare*, *Leptochloa arabica*(?), und dagegen ein vollständiges Zerstörtwerden der ganzen Rinde immer für: *Panicum palmifolium*, *Mühlenbergia glomerata*, *Calamagrostis lanceolata*, *Cal. Epigeios*, *Cal. elata*, *Ammophila baltica*, *Dactylis glomerata*, *Cynosurus cristatus*, *Festuca ovina*, *Bromus mollis*, *Br. tectorum*, *Lolium temulentum*, *Elymus sabulosus* und *Elymus canadensis* anzunehmen.

Anmerkung. Duval-Jouve, pag. 350, Anmerkung 2: «J'ai pu constater que dans les localités chaudes et humides, comme en Algérie, la zone corticale se détruit très-vite et avant que les cellules les plus internes se soient épaissies; elle persiste plus longtemps dans les terrains secs et frais. Il en est de même pour la zone corticale des rhizomes, dont nous parlerons plus loin. Suivant M. Guillard, «l'exubérance de l'enveloppe corticale des racines et des rhizomes doit être attribuée à l'humidité que la terre entretient, et non à un organisme spécial» (Bull. Soc. bot. de France, tom. XVI, p. 428). Le doute est permis en présence de ce fait, que l'humidité est pour la zone corticale des rhizomes et des racines plutôt une cause de prompt destruction qu'une condition de développement complet».

Vergleicht man das Medium, in welchem die Wurzeln der oben angeführten Pflanzen leben, die entweder ihre Rinde erhalten oder verlieren, so könnten Duval-Jouve's Zweifel einem weiteren Zweifel unterliegen, da gerade diejenigen der oben citirten Wurzeln, bei denen ein Persistiren der Rinde beobachtet wurde, einen feuchten und wasserreicheren Boden aufsuchen, während dagegen diejenigen, bei denen ein Schwinden der Rinde vorkommt, in einem trocknen und sandigen Boden vegetiren. Gegen Duval-Jouve spricht auch folgende Behauptung Schwendeners (Mech. Princ. d. Mon. p. 129): «Wenn der peripherische Bastring in einem schweren oder wasserdurchtränkten Boden nothwendig ist, um die Luftgänge der Rhizome offen zu erhalten, so ist er natürlich ganz ebenso unentbehrlich für die Wurzeln, welche unter gleichen Bedingungen vegetiren». (Vergleiche ausserdem daselbst die (pag. 128) nebenanstehende Uebersichtstabelle; ferner Duval-Jouve: *Cyperus longus*, p. 384, Anmerkung 2; dann Abbildungen von *Oryza sativa* Tab. I, fig. 15 u. 16.)

Die **Innenrinde des Rindentypus I** hat immer einen parenchymatischen Charakter (Taf. III, fig. 26 und 28), nur die innersten Lagen derselben sind in den seltensten Fällen prosenchymatisch oder sclerenchymatisch. Im Vergleich zum Typus II ist das Auftreten von doppelten Stütz- und Steifungsscheiden — auf die wir im Abschnitt über die Leitbündelscheide zurückkommen werden — häufiger, obgleich diese Bildung immerhin eine seltene ist. Beim Typus I b, beim Schwinden der ganzen Rinde, bleiben die innersten Schichten, die dann stark verdickt sind, erhalten, an denen dann die Residua der zerstörten Zellen als verworrene Massen hängen bleiben. Oft erkennt man noch in dieser Masse die alten Zell-

formen, wie bei *Festuca ovina*, wo sie filzig zerrissen tangential gestreckt erscheinen. Als Gegensatz zu *Hordeum vulgare* sei *Leptochloa arabica* (?) genannt, deren Wurzelrinde gar keine Intercellularräume aufzuweisen hat.

Die **Aussenrinde des Rindentypus II** hat im ausgebildeten Zustande nie einen parenchymatischen Charakter, sondern immer entweder einen prosenchymatischen, oder meistens einen sclerenchymatischen aufzuweisen. Diese Sclerenchymtschichten erlangen oft eine grosse Mächtigkeit, wie bei *Phalaris arundinacea* und *Molinia coerulea*, deren Aussenrinde bis 10 Zelllagen hält. Die regelmässige Anordnung der Rindenzellen in jugendlichen Entwicklungsstadien kann zum grossen Theil noch bis in das späteste Alter verfolgt werden; jedoch sehen *Poa* und *Eleusine (gracilis)* in ihrem ausgebildeten Stadium dem Typ. I sehr ähnlich (Tab. I, fig. 20, Tab. II, fig. 22 und 23).

Die **Innenrinde des Rindentypus II**, in frühen Entwicklungsstadien aus äusserst regelmässig angeordneten, tafelförmigen Zellen zusammengesetzt, die in tangentialer Richtung in regelmässige concentrische Kreise geordnet sind (Tab. II, fig. 24 und 25), scheidet sich in späteren Stadien in eine genau von einander zu unterscheidende äussere und innere Innenrinde. Während die letztere durchgängig einen sclerenchymatischen Charakter mit oft bis zum Schwund des Lumens verdickten und tangential gestreckten Zellen hat, sind die Zellmembranen der ersteren immer unverdickt, mit sehr wenigen Ausnahmen, wie z. B. *Heleocharis acicularis* (Tab. II, 21 a), und collabiren entweder radial oder tangential mit Erhaltung von radialen Zellensträngen (Tab. II, fig. 22 und 23). Bei *Poa nemoralis* findet keine genaue Uebereinanderlagerung der Rindenzellen in radialer Richtung statt, sondern ein auf dem Querschnitt regelmässiges abwechselndes Uebereinandergreifen der Rindenzellen (Taf. I, fig. 17).

Die Aussenrinde der Wurzeln, die sowohl ein radiales, als ein tangenciales Collabiren der Membranen der Innenrindenzellen aufweisen, besitzt sehr viel eigenthümliche Bildungen, und da jede Typenform besondere Eigenthümlichkeiten zeigt, so ist denn auch jede im Folgenden einer gesonderten Besprechung unterzogen.

Die **Aussenrinde des Rindentypus II α** , mit radialem Collabiren der äusseren Innenrindenzellen, weist zunächst ein gleichförmiges Sclerenchym von verschiedener Mächtigkeit auf bei: *Phalaris arundinacea*, *Phleum pratense*, *Stipa pennata*, *Stipa capillata*, *Aira caespitosa*, *Poa pratensis*, *Poa fertilis*, *Poa nemoralis*, *Tricholaena rosea* und *Sorghum (spec.?)* Bei *Glyceria spectabilis* und *Gl. fluitans* befindet sich bei der ersteren zwischen der letzten und vorletzten Sclerenchymtschicht und bei der letzteren zwischen der letzten Sclerenchymtschicht und der Epidermis eine beiden Schichten gemeinsame, stark lichtbrechende, regelmässig zackig verlaufende Membran, die davon herrührt, dass die beiden betreffenden Sclerenchymtschichten, an der Stelle wo sie mit einander zusammenstossen, mehr verdickt sind, als gegen die Innenrinde.

Das Sclerenchym reicht nicht immer unmittelbar an die Epidermis, sondern es schiebt sich oft noch eine der Epidermis ähnlich geformte Zelllage dazwischen, die der äussern

Form nach als doppelte Epidermis definiert werden könnte (Vergl. oben Epidermis pag. 4). Genetisch gehört sie aber zur Rinde und sie besitzt auch ein anderes Verhalten chemischen Reagentien gegenüber, als die Epidermis. Die Zellen dieser Aussenrindenschicht sind immer unverdickt, zartwandig, in der Regel mit grösserem Lumen als die übrigen Aussenrindenzellen und wahren bis zu ihrer Erhaltung ihre polygonale, meist hexagonale Form. Eine solche zartwandige Rindenschicht unter der Epidermis, mit gleichförmig ausgebildetem Sclerenchym der übrigen Aussenrinde, haben *Bambusa arundinacea*, *Imperata sacchariflora*, *Erianthus Ravennae*, dagegen mit einer besonders verdickten Sclerenchymsschicht als Stütze der letzten zartwandigen Aussenrindenschicht: *Setaria viridis* (Taf I, fig. 13), *Molinia coerulea*, *Nardus stricta*, und *Oryza sativa* (Taf. I, fig. 15 und 16). Während bei *Molinia* und *Nardus* ein noch weiter ausgebildetes Sclerenchym der Aussenrinde vorhanden ist, schliesst mit dieser Schicht, die einen Steifungsscheiden-artigen Charakter trägt, und sich durch Lichtbrechung und starke Verdickung der Zellen auszeichnet, die Aussenrinde von *Setaria viridis* und *Oryza sativa* ab. Bei *Oryza* ist die zartwandige Schicht ein wenig verdickt und selten befindet sich zwischen der Epidermis und der grosszelligen Rindenschicht noch eine mit kleinerem Zelllumen. Die Abbildung fig. 16 bringt gerade das seltene Vorkommen zur Anschauung; gewöhnlich findet sich diese Aussenrindenschicht unter der Epidermis. *Bambusa glauca* (?) besitzt zwei besonders verdickte Zelllagen einer 5—7-fachen Sclerenchymsschicht innerhalb der weitlichtigen Aussenrindenschicht. Bei *Saccharum cylindricum* schieben sich zwischen eine Schicht, deren Zellen klein und bis zum Schwund des Lumens verdickt sind und die die Aussenrinde gegen die Innenrinde abschliesst, und die grosszellige unter der Epidermis sich befindende Aussenrindenschicht, noch zwei Sclerenchymsschichten. Bei *Phragmites communis* (Taf. II, fig. 22) sind sogar die 2—3 äusseren Aussenrindenschichten aus weitlichtigen, hexagonalgeformten Zellen zusammengesetzt, die noch in späteren Entwicklungsstadien bei starker Verdickung der Membranen ihre hexagonale Form nachweisen; die darauf folgenden beiden inneren, von denen die innerste mit bis zum Schwund des Lumens verdickten Zellen die Grenze zur Innenrinde bildet, sind kleinzellig. Die Aussenrinde von *Eleusine gracilis* trägt nur einen prosenchymatischen Charakter und geht allmählig in das Parenchym der Innenrinde über. Die Aussenrinde von *Alopecurus geniculatus*, als Gegensatz zu dem bisher Angeführten, hat sogar grössere Zellen als die Innenrinde: aus 2—3 Schichten bestehend, zeichnet die innerste sich sowohl durch besondere Grösse und regelmässigen Bau der pentagonalen und hexagonalen Zellen, als auch durch die regelmässige Anordnung und Zusammenlagerung derselben aus.

Die innersten Schichten der **Innenrinde des Rindentypus II a** und vorzüglich die die Leitbündelscheide umgebende Zelllage, sind sclerenchymatisch, wovon *Eleusine gracilis* wiederum eine Ausnahme macht. Die Zellen sind im Querschnitt oft tangential gestreckt, wie es z. B. bei *Stipa pennata*, *Stipa capillata*, *Phragmites communis* und *Nardus stricta* der Fall ist.

Ein vollständiges Schwinden der äussersten Innenrinde bis auf einen einzigen radialen

Zellenstrang als Zusammenhalt zwischen Aussenrinden- und Innenrinden - Sclerenchym, das hier immer mächtig entwickelt ist, ist nur bei *Saccharum cylindricum*, *Erianthus Ravennae* und *Tricholaena rosea* beobachtet worden.

Als einziges Vorkommen sei hier noch der Zellen mit Membranen mit sehr ausgesprochener Streifung im Sclerenchym der Aussenrinde von *Saccharum cylindricum* erwähnt, und wie wir später sehen werden, treten ähnlich gebildete Zellen auch im Mark des Leitbündels derselben Pflanze auf (Taf. I, fig. 7).

Als Anhang zum Rindentypus IIa soll hier die besondere Beschreibung der Rinde von *Lasiagrostis splendens* folgen, um einerseits den complicirten Bau der Rinde, andererseits im Zusammenhange die Beschreibung der Rinde an einem interessanten Objecte vorzuführen. *Lasiagrostis splendens* zeigt ein sehr entwickeltes Rindensystem mit den mannigfachsten Abänderungen in den recht regelmässig verlaufenden Schichten. Auf die stark verdickte Stützscheide (Taf. I, fig. 19a) folgt (b) eine dreischichtige Lage kleiner, im Querschnitt eine hexagonale Form zeigender Zellen, die sich später nur nach Innen bis zum Schwund des Lumens verdicken. Ueber dieser liegen (c) zwei Lagen weitlichtiger, auch eine hexagonale Form zeigender Zellen, die bräunlich tingirt (während sowohl die primären, als die secundären Stützscheidezellen hellgelb und lichtbrechend sind), auch ihre zum Centrum gekehrte Membran etwas mehr verdicken als ihre Aussenmembran und als Uebergangsform zu der (d) aus tangential-gestreckten Zellen bestehenden ziemlich verdickten vierschichtigen Lage zu betrachten sind. Ueber dieser liegt nun (e) die 6—10-schichtige eigentliche Mittelrinde, die aus rundlichen, dünnwandigen, parenchymatischen Zellen gebildet ist, die in ihrer mittelsten Lage sehr an Lumen zunehmen und durch grosse Intercelluarräume geschieden sind. Darüber befindet sich (f) das aus 5—6 Lagen bestehende stark verdickte Sclerenchym der Aussenrinde, deren äusserste Schichten (g) mit sehr verdickten Zellen den Charakter einer Steifungsscheide besitzen. Ueber dieser befindet sich noch eine aus hexagonalen dünnwandigen Zellen bestehende Schicht (h), die in jugendlichen Entwicklungsstadien kaum von den ebenso gebildeten Epidermiszellen (i) zu unterscheiden ist; die Zellen der letzteren wachsen zu verhältnissmässig kleinen Haaren aus. Wie aus der Abbildung (Taf. I, fig. 20), die absichtlich von einer Wurzel mit nicht so regelmässig verlaufendem Schichtenbau gewählt ist, zu ersehen, sind die Grenzen zwischen zwei verschiedenen, oben beschriebenen Schichten, nicht immer deutlich (wie z. B. zwischen f und g).

Ausser dem Unterschiede des tangentialen Collabirens der äusseren Innenrinde zeigt die **Aussenrinde des Rindentypus II b** fast dieselben Bildungen wie die Aussenrinde des Rindentypus IIa und sie hätten füglich zusammen beschrieben werden können, wenn die Innenrinde unter gleiche Gesichtspunkte mit der des vorhergehenden Typus gestellt werden könnte, die ja aber für die Aufstellung des Typus maassgebend war (Taf. II, fig. 23).

Ein aus mehreren Schichtenfolgen zusammengesetztes, gleichförmiges Sclerenchym der Aussenrinde besitzt die Mehrzahl der Carices (*Carex hirta*, *C. filiformis*, *C. ampullacea*, *C. Pseudocyperus*, *C. rhynchophysa*, *C. Drymeia*, *C. Oederi*, *C. montana*, *C. limosa*, *C.*

vulgaris, *C. caespitosa*, *C. stricta*, *C. chordorrhiza* und *C. Buxbaumii* (?), *Heleocharis palustris* und alle untersuchten Cyperen (*Cyperus Papyrus*, *Cyp. Ginge*, *Cyp. albostriatus*, *Cyp. elegans*, *Cyp. japonicus*, *Cyp. Luzulae*) und die von Duval-Jouve untersuchten Cyperus-Arten. Eine schwach verdickte, gegen die äussere Innenrinde an Verdickung der Zellen abnehmende Aussenrinde haben *Carex Buxbaumii* (?), *Heleocharis palustris* und *Cyperus Luzulae* und eine gegen die Innenrinde zunehmende Aussenrinde *Carex chordorrhiza* und *Eriophorum gracile*. Ein mächtig entwickeltes Sclerenchym der Aussenrinde zeigen alle Cyperus-Arten¹⁾ und *Carex montana*. *Carex limosa* hat nur 3—4 Schichten, deren Zellen aber alle bis zum Schwund des Lumens verdickt erscheinen.

Eine äusserste Aussenrindenschicht mit weitlichtigen hexagonalen Zellen unter der Epidermis tritt hier auch auf, aber mit dem Unterschiede von der unter Typus IIa beschriebenen, dass sie immer mehr oder weniger verdickt erscheint. Wenig verdickt sind die Zellen dieser letzten Aussenrindenschicht bei *Carex hordeiformis*, *C. globularis*, *C. stellulata*, *C. loliacea*, *Eriophorum vaginatum*, *Er. latifolium*, *Er. alpinum* (bei *Eriophorum gracile* ist diese Erscheinung nicht so deutlich, vergl. Taf. II, fig. 23); sehr verdickt bei *Carex teretiuscula* und *Carex dioica*.

Eine einzige solche Schicht ohne weitere Aussenrindenschichten, als alleinige Repräsentantin der Aussenrinde, die aus stark verdickten, lichtbrechenden Zellen von hexagonaler Form zusammengesetzt ist, haben *Scirpus lacustris*, *Sc. Baeothryon* und *Sc. Savii*, während sie bei *Heleocharis acicularis* zartwandig bleibt, dagegen die Membranen der Innenrindenzellen verdickt sind (Taf. II, fig. 21 a).

Die Zellen der 3—5 äusseren Schichten der Aussenrinde von *Scirpus silvaticus* sind nur wenig verdickt und weitlichtig, aber kleiner als die Epidermiszellen; auf diese 3—5 äusseren Schichten folgen die zwei innersten, deren Zellen von dunkelbrauner Farbe sich bis zum Schwund des Lumens verdicken.

Die **Innenrinde des Rindentypus II b** ist bis auf das tangentiale Collabiren der Rindenzellen gleich der Innenrinde des Typus IIa gebildet. Zu erwähnen ist, dass das mächtig entwickelte Sclerenchym der Aussenrinde mit dem der Innenrinde bei *Carex montana* fast zusammenstösst und nur durch 1—2 Parenchymlagen von demselben getrennt ist. Die 2—5 Lagen der inneren Innenrinde der echten Cypergräser bilden sich zu tangentialgestreckten, schwarzbraun gefärbten, sehr verdickten secundären Steifungsscheiden aus, mit allmählichem Uebergang zu den übrigen dünnwandigen Rindenschichten der äusseren Innenrinde. Letztere, mit vorhergegangenen tangentialem Collabiren der Rindenzellen, verschwindet oft ganz, mit Erhaltung eines einzigen radialen Zellenstranges (S. oben p. 11, Anmerk. 2).

1) Nach Duval-Jouve haben ein mächtig entwickeltes Sclerenchym der Aussenrinde *Cyperus longus*, *Cyp. distachyos* und *Galilea mucronata* (vergl. daselbst Taf. XIX, Racines, fig. 10, 13, 15); die übrigen von Duval-Jouve untersuchten Cyperus-Arten: *Cyperus globosus*, *Cyp. flavescens*, *Cyp. fuscus*, *Cyp. rotundus*, *Cyp. vegetus*, *Cyp. aureus*, *Cyp. serotinus* haben 2—3 Aussenrindenschichten (Tab. XIX, Racines, fig. 2, 3, 6, 8).

Anmerkung. Duval-Jouve giebt sowohl in den Einzelbeschreibungen (pag. 367—397), als auch in den Abbildungen (Taf. XIX, Racines) das Verhalten der innersten Innenrindenschichten in Zahlen, Farben und Formenerscheinungen genauer und ausführlicher an. Nach diesem Forscher haben: *Cyperus globosus* und *Cyp. flavescens* 1—2 Innenrindenschichten mit wenig verdickten Zellen von hellgelber Farbe, *Cyp. fuscus* 3—4 Schichten mit sehr verdickten purpurviolettgefärbten Zellen, *Cyp. vegetus* 2—3 Schichten mit sehr verdickten tangentialgestreckten Zellen von purpurschwarzer Farbe, *Cyp. rotundus* 2 Schichten mit sehr verdickten tangentialgestreckten Zellen von kastanienrother Farbe, *Cyp. aureus* 3—4 Schichten mit tangentialgestreckten Zellen von blassrother Farbe, *Cyp. longus* $\frac{1}{10}$ aller Rindenschichten (nach der Abbildung etwa 7—8 Schichten) mit sehr verdickten Zellen, die nach Aussen in ihren Membranen weniger verdickt erscheinen, von heller Kastanien-Farbe, *Cyp. serotinus* 2—3 Schichten, *Cyp. distachyos* 1—2 Schichten mit kaum verdickten und gefärbten Zellwänden, *Galilea mucronata* 5 Schichten mit bis zum Schwund des Lumens verdickten Zellen von hellrother Farbe.

Was die **Chlorzinkjodreaction** anlangt, so färbt sich die Aussenrinde bräunlich, die äussere Innenrinde immer violett und die sclerenchymatische Innenrinde wiederum bräunlich, während die Leitbündelscheide goldgelb, gelblich, weisslich und stark lichtbrechend erscheint. Dieselben Eigenschaften, wie die der Leitbündelscheide, nehmen die besonders erwähnten verdickten Aussenrindenschichten an, wie bei *Oryza sativa* und anderen. Ein merkwürdiges Verhalten der Rindenzellen bei der Chlorzinkjodreaction weisen *Molinia coerulea* und *Phragmites communis* auf; die Zellmembranen quellen so stark auf — was nach einer Behandlung mit schwacher Aetzkaliösung auch eintritt — dass nach Innen das Lumen vollständig schwindet, während nach Aussen die Intercellularräume eine zusammengepresste Kreuzform zeigen.

In den Intercellularräumen der Rinde der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln beobachtet man häufig, dass dieselben von einer gelblichen, ziemlich lichtbrechenden Substanz erfüllt sind (z. B. bei *Zea*, *Sorghum* und bei vielen Cyperacéen), und dass bei einigen Cyperaceen (z. B. bei *Eriophorum*) sich diese **Intercellularsubstanz** auch in einigen Zellen selbst findet.

In jugendlichen Entwicklungsstadien von *Deyeuxia retrofracta* beobachtete ich einen in Wasser löslichen bräunlichen **Farbstoff**, der das Hollundermark, in dem das Praeparat geschnitten wurde, braun färbte.

In der Aussen- und Innenrinde findet man in dem grössten Theile der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln einen reichen Vorrath von **Amylum** (Taf. I, fig. 18); jedoch habe ich solches nie in der sclerenchymatischen Aussenrinde, noch in der Leitbündelscheide beobachten können. Wo Stärke in der Stützscheide auftritt, wie bei *Glyceria spectabilis*, kann dieselbe nur durch unvorsichtige Behandlung in das Präparat hinein gespült sein. In den

im Frühling untersuchten Wurzeln trat das Amylum viel häufiger auf, als in den in späteren Jahreszeiten untersuchten. *Glyceria spectabilis* führt in verschiedenen Zellen zweierlei Stärkekörner, sehr feinkörnige und grosskörnige.

Krystalldrusen habe ich nur allein in der Aussenrinde von *Carex rhynchophysa* gesehen und nadelförmige Krystalle in der Rinde von *Phalaris arundinacea*. Neben diesen Krystallnadeln bei *Phalaris* bemerkte ich kleine lichtbrechende Körperchen, die aber keine Oeltropfen waren.

Eine von dem Rindentypus I und II abweichende Bildung bietet uns die Rinde der **Nebenwurzeln** (d. h. Wurzeln 2. Ordnung, 3. Ordnung und weiterer Ordnungen), die wir füglich als besonderen Typus hinstellen könnten, wenn sie nicht, einige geringfügige Abweichungen abgerechnet, in ihrer primären Bildung und ihrem späteren Verhalten mit der Rinde des Typus I correspondirte (Taf. I, fig. 14; Taf. III, fig. 28). Wie wir auch späterhin sehen werden, so oft die Rede von Nebenwurzeln sein wird, gilt für alle diese Wurzeln der Satz, dass sie viel einfacher, vorzüglich in Bezug auf die Anzahl der einzelnen Elemente, aufgebaut sind, als das Mutterorgan. Weder lässt sich hier eine Grenze zwischen Aussen- und Innenrinde ziehen, meist wegen Mangel an Intercellularräumen, noch kommen irgendwie sclerenchymatische Bildungen in der Rinde der Nebenwurzeln vor, die zu vorhergenannten Eintheilungsprincipien veranlassen würden. Das Letztere ist jedoch nur bei Nebenwurzeln solcher Wurzeln 1. Ordnung der Fall, die einen sehr kleinen Durchmesser im Querschnitt haben und von Nebenwurzeln 3. und 4. Ordnung, während die Rinde von Nebenwurzeln solcher Wurzeln 1. Ordnung, die einen grossen Querdurchmesser haben, immer in gewisser Verwandtschaft mit der Rinde der Mutterwurzel steht.

Wie aus folgenden Beispielen erhellt, werden die Eigenthümlichkeiten der Wurzeln 1. Ordnung sehr vereinfacht und die ganze Rinde sogar oft bis auf 2—3 Zelllagen reducirt, die die Aussenrinde, äussere und innere Innenrinde zugleich repräsentiren. Bei *Stipa pennata* und *Scirpus silvaticus* fehlt das Sclerenchym der Aussen- und Innenrinde den Nebenwurzeln ganz, ausserdem bei *Glyceria spectabilis* die zackig verlaufende lichtbrechende Membran und bei *Agrostis alba* und *Agrostis vulgaris* die weitlichtige äusserste Aussenrindenschicht. Die Aussenrinde ist hier nur durch den Mangel an Intercellularräumen von der Innenrinde unterschieden. Die Wurzeln 1. Ordnung von *Bambusa arundinacea* (s. oben p. 16) haben ein mehrschichtiges Aussenrindensclerenchym, das in Wurzeln 2. Ordnung nur 2—3-schichtig ist; bei Wurzeln 3. Ordnung ist das ursprüngliche mächtige Sclerenchym der Wurzeln 1. Ordnung bis auf eine einzige Schicht reducirt, deren Zellen sich aber bis zum Schwund des Lumens verdicken. Die pag. 16 besprochene äusserste weitlichtige Aussenrindenschicht bei *Bambusa* erhält sich auch in Nebenwurzeln aller Ordnungen. Bei *Oryza sativa* erhält sich in den Nebenwurzeln 2. Ordnung neben einem unregelmässig verlaufenden Sclerenchym, das in Wurzeln 1. Ordnung (vergl. Taf. I, fig. 15 u. 16) nicht auftritt, zuweilen sogar die Aussenrindenschicht mit den stark verdickten und lichtbrechenden Zellen, welche sonst meist fehlt und in Nebenwurzeln weiterer Ordnungen gar nicht mehr auf-

tritt. Bei *Zea Mays* hat die Rinde der Nebenwurzeln bis unter die Epidermis Interzellularräume. Ohne Interzellularräume ist dagegen die Rinde von *Cynosurus cristatus*. Bei *Phragmites communis* (Taf. I, fig. 14) und bei *Muehlenbergia glomerata* wird die Rinde der Wurzeln 1. Ordnung bei Nebenwurzeln (?)-ter Ordnung bis auf 2—4 Zelllagen reducirt, deren Zellen bei *Phragmites* mit, dagegen bei *Muehlenbergia* (selten einzelne bemerkbar) ohne Interzellularräume aneinanderstossen.

Leitbündelscheide. Wenn ich diese Bezeichnung einführe — ich entsinne mich nicht, dass sie je von einem Autor genannt worden, obgleich, wie es scheint, ein jeder eine neue einführt — so will ich für die Schutz-, Stütz-, und Steifungsscheide Russow's einen, diese drei umfassenden Begriff, dem wohl noch am besten Naegeli's Gefässbündelscheide entsprechen mag. Da ich aber nie Gefässbündel, sondern mit Russow immer Leitbündel sage, so muss es auch Leitbündelscheide heissen¹⁾.

In jungen Entwicklungsstadien unterscheiden die **Schutzscheidezellen** (vergl. Taf. I, II, III schz.) sich auf Querschnitten von dem Leitbündelgewebe durch ihr grösseres Lumen, durch ihre meist hexagonale, nach Aussen abgeplattete Form und durch den eigenthümlichen Schatten (van Tieghem: plissements), den Casparyschen Punkt, an beiden Seiten ihrer radialen Membranen, der bei verschiedener Einstellung des Mikroskops hin und her zu wandern scheint. Das rührt aber von der primären, parallel mit der Längsaxe laufenden Verdickungsfalte her, die geschlängelt an der Membran herabläuft (Taf. I, fig. 3). Je mehr diese Leiste sich verdickt, um so mehr verliert die Schutzscheide ihren Charakter und geht, je nach Art ihrer Verdickung, entweder in eine Stützscheide über, wenn die Verdickung nur nach Innen gerichtet ist, wie z. B. bei *Phalaris arundinacea*, oder in eine Steifungsscheide, wenn die Verdickung allseitig innerhalb der Schutzscheidezellen stattfindet, wie z. B. bei *Aira caespitosa*. Ein recht instructives Beispiel für die fortschreitende Verdickung der Schutzscheide in eine Stützscheide habe ich an *Stipa pennata* gefunden (Taf. I, fig. 4, a, b, c, d; die Buchstaben bezeichnen die einzelnen Entwicklungsstufen der Verdickung einer Stützscheidezelle).

Sachs²⁾ sagt, dass bei allen einschichtigen Strang- und Pleromscheiden diese eigenthümliche Faltenbildung, der Casparysche Punkt, vorkommt. Alle Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln weisen in den Schutzscheidezellen den Casparyschen Punkt auf, wiewohl es oft schwer hält, denselben zu Gesicht zu bekommen. Ich habe wiederholt successive Schnitte

1) Dass ich die neuen Bezeichnungen Russow's nicht adoptire, liegt in dem Wunsche, die vom genannten Verfasser aufgegebene Nomenclatur wieder einzuführen, weil die Benennungen: Schutz-, Stütz- und Steifungsscheide zugleich physiologische Functionen und morphologische Formänderungen bezeichnen, dagegen C- und O-scheiden nur annähernd die Gestalt der querdurchschnittenen Leitbündelzelle zum Ausdruck bringen. Das Ueberladen mit Zischlauten — aus welchem Grunde Sachs

die Schutz-, Stütz- und Steifungsscheide verwarf — ist, ganz abgesehen davon, dass solches gar nicht der Fall ist, weniger störend, als vielsilbige und mit weit unquemerem Lippenbuchstaben überladene Termini technici wie etwa Fibrovasalscheide (vergl. Russow II, pag. 72: über Priman-, Succedan-, C-, O- und Φ -scheiden; vergl. ausserdem Otten: Vergl. histiolog. Untersuchung der Sarsaparillen, Dorpat 1876, pag. 15, Anm. 1).

2) Lehrb., 4. Aufl., pag. 126.

an verschiedenen Objecten derselben Art machen müssen, ehe es mir gelang, die Anwesenheit dieser Verdickungsleiste constatiren zu können. Die Ursachen, aus welchen der Casparysche Punkt sich dem Auge entzieht, sind folgende. Einmal wird er wegen seiner Kleinheit nur schwer sichtbar und sodann liegt der Grund hauptsächlich wohl darin, dass man ihn nur in einer bestimmten Region der Neubildungen einer Wurzel wahrnehmen kann, etwa nach dem Sichtbarwerden (Differenziren) der Protophloem- und Protoxylem-Zellen, und endlich daran, dass diese Falte sich sehr bald zu verdicken beginnt. Die Region des Casparyschen Punktes wechselt jedoch, und ist verschieden bei verschiedenen Wurzeln, wie auch schon aus den Abbildungen erkannt werden kann. Bei den Figuren 25, 27, 30, 31, 32, 33, 34 tritt diese Erscheinung nach der Differenzirung der Protophloem- und Protoxylem-Zellen auf, bei Fig. 24 (*Carex Pseudocyperus*) bereits nach dem Sichtbarwerden der ersten Protophloemzelle, ebenso bei *Milium effusum* Fig. 31. Dagegen ist der Casparysche Punkt bei Fig. 29 (*Lolium temulentum*) bei schon vollständig differenzirtem Protophloem und Protoxylem noch nicht sichtbar.

Der Casparysche Punkt ist oft auf dem Querschnitt zu einem länglichen Schatten ausgezogen, wie bei *Holcus lanatus* (Taf. III, fig. 34). Als Gegensatz hierzu erscheint er bei den echten Cypergräsern als kleiner kugelförmiger, stark lichtbrechender Ansatz, der fast bis zu der nach Innen liegenden Tangentialmembran hinaufrückt.

Je nachdem nun die Verdickung nur besonders nach Innen gerichtet ist, heisst die Schutzscheide: Stützscheide, und findet die Verdickung an allen Theilen der Membran gleichmässig statt: Steifungsscheide. Zwischen beiden, der Stütz- und Steifungsscheide, existirt eben auch keine scharfe Grenze, indem die Verdickung allseitig sein kann, und wenn doch die nach Innen gelegene Membran mehr verdickt erscheint, als die übrigen, so wird man sie immerhin noch mit Stützscheide bezeichnen. So gebildet erscheint die Stützscheide bei *Zea Mays*, *Oryza sativa*, *Phleum pratense*, bei allen *Alopecurus*- und *Poa*-Arten, bei *Carex teretiuscula*, *C. stellulata*, *C. montana*, *C. ampullacea*, und bei vielen anderen Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln.

Was die Form der Zellen der **Stützscheide** auf dem Querschnitte anlangt — auf dem Längsschnitte sind sie sehr gestreckt und mit senkrechten Quermembranen versehen, wie Fig. 6 zeigt — so variiren sie zwischen lang radialgestreckten und lang tangentialgestreckten, wobei die verschiedensten Verdickungsformen auftreten. Die reine typische Stützscheidezelle ist nur nach Innen zum Leitbündel hin verdickt. Die Verdickung hebt sich in den meisten Fällen scharf von der ursprünglichen Mittellamelle der Zellen ab und verhält sich auch chemischen Reagentien gegenüber anders. Die Verdickung ist lichtbrechend und heller als die Lamelle bei *Agropyrum junceum* und ebenso bei *Dactylis glomerata*, wo die Verdickungsschicht nach Chlorzinkjod weisslich, gelblich erscheint, während die Membran dunkelbraun gefärbt wird. Umgekehrt dagegen wird bei *Scirpus silvaticus* die Membran nach Chlorzinkjod goldgelb und stark lichtbrechend, während die Verdickung hellbräunlich und matt violett erscheint. Die violette Färbung der Verdickung der Stützscheidezellen

nach Chlorzinkjod tritt viel deutlicher noch bei *Calamagrostis lanceolata* hervor. Die einzigen Beispiele des Nichtverholzens der Stützscheidzellen. Die Verdickung der Stützscheidzellen lässt in den meisten Fällen eine schöne Schichtung wahrnehmen, die durch zahlreiche Tüpfelcanäle durchbrochen wird. Die Stützscheide von *Elymus sabulosus* (Taf. I, fig. 12) besteht aus radialgestreckten, grossen, fast bis zum Schwund des Lumens verdickten Zellen, die ausser einer reichen Tüpfelung und schönen Schichtung, noch zwei verschiedene Schichtungssysteme ihrer Verdickung erkennen lassen. Zwischen der ursprünglichen Membran und der inneren hellen Verdickung liegt noch eine weniger gelb gefärbte und weniger lichtbrechende Schicht.

Vorzüglich muss die Aufmerksamkeit auf eine merkwürdige Erscheinung der Stützscheidzellen hingelenkt werden, welche eine Eigenthümlichkeit aller *Andropogoneae*—so viele eben hier zur Untersuchung kamen— zu sein scheint, und bei *Saccharum cylindricum* am prägnantesten hervortritt. Die sehr verdickten Stützscheidzellen weisen in ihrer verdickten Membran nabelförmige Ausstülpungen oder Protuberanzen auf, die, mit ihrer Spitze zur unverdickten Aussenmembran gerichtet, tief in das Lumen der Zelle hineinragen. An der Basis dieser Ausstülpungen trat über einem dunklen Schatten ein heller, oft nierenförmiger Punkt hervor, was sich auch immer auf Längsschnitten zeigte. Auf solchen erwiesen sich diese Ausstülpungen als halbkuglige Aufsätze auf die Verdickungsmembran (Taf. I, fig. 9b, 10b, und 11). Die Tüpfelung ging nie durch sie hindurch, sondern immer um sie herum. Bei geringer Vergrösserung nahmen sie sich wie eine wellenförmige Verdickungsleiste auf der Verdickung aus. Bei sehr jungen Entwicklungsstadien solcher Wurzeln zeigten die kugelrunden Aufsätze auf Längsschnitten, auch nach Aetzkalibehandlung, nicht den hellen Fleck, dagegen trat er um so deutlicher bei etwas älteren Entwicklungsstadien hervor.

Bei macerirten Stützscheidzellen von *Erianthus Ravennae* (Taf. I, fig. 10a), eines schon vorgeschrittenen Entwicklungsstadiums, erschienen diese Protuberanzen als kleine knöpfchenförmige, stark lichtbrechende, etwas grünlich gefärbte Gebilde, die gewöhnlich in eine Längsreihe, aber auch in doppelten Reihen wie bei *Andropogon giganteus* (Taf. I, fig. 9a) und *Sorghum saccharatum*, parallel mit der Längsaxe der Scheidenzelle gestellt sind. Die Längsreihen der Protuberanzen verlaufen nicht immer regelmässig und häufig treten dieselben nur vereinzelt auf, wie bei *Erianthus Ravennae* (Taf. I, fig. 10b) und bei *Eulalia japonica*.

Nach Art der Deckzellen erwiesen sich diese Protuberanzen als Einlagerungen von Kieselerde.

Anmerkung 1. Ich lasse hier das Reagenzverfahren folgen, weil ich das von Naegeli und Schwendener nach Mohl (Mikroskop, pag. 488) befolgte Verfahren in nachstehender Weise modificirte: Nicht zu dünne Querschnitte von *Erianthus Ravennae* wurden in der Schulze'schen Mischung ein Mal aufgekocht, in destillirtem Wasser gewaschen und ausgekocht und darauf nochmals in Alkohol aufgekocht. Die Querschnitte wurden nun auf einem Objektglase (nicht Deckglase)

über einem Platinbleche 30—40 Minuten geglüht, bis die Objecte blendend weiss erschienen. Unter dem Mikroskope wurde dann vorsichtig ein Tröpfchen Salzsäure hinzugegeben, worauf plötzlich die vorher als Protuberanzen gesehenen Gebilde isolirt mit denselben Farben- und Formerscheinungen und demselben Strahlenbrechungsvermögen in kleinen Häufchen neben einander lagen.

Anmerkung 2. Duval-Jouve bildet eine solche Protuberanz ab (Taf. XXI, fig. 9, vom Rhizom von *Galilea mucronata*), erwähnt aber dieser Erscheinung nur mit folgenden Worten: la face interne des cellules épidermiques superposées présente des renflements coniques (pag. 394).

Eine Stützscheide, im Querschnitt aus lang radialgestreckten Zellen mit stark lichtbrechender Verdickung zum Leitbündel hin, haben die meisten *Carex* und *Cyperus japonicus*. Eine Stützscheide von gleicher Bildung, aber auch mit verdickten Seitenmembranen der Zellen, weisen *Gynerium argenteum* und *Tricholaena rosea* auf. Auch *Bromus mollis* und *Br. tectorum* würden hierher gehören, nur sind die Zellen nicht so gestreckt. Mehr rundlichere Zellen mit mässiger Verdickung nach Innen haben: *Panicum palmifolium*, *Eleusine gracilis*, *Trisetum argenteum*, *Tr. distichophyllum*, *Triodia decumbens* und *Cynosurus cristatus*; mit stärkerer Verdickung, etwa bis zur Hälfte des Lumens: *Bambusa glauca* (?), *Nardus stricta*, *Saccharum cylindricum*, *Imperata sacchariflora*, *Carex limosa* und die *Scirpus*-Arten; über die Hälfte des Lumens: *Phalaris arundinacea* (fig. 6), *Stipa pennata* und *St. capillata* (fig. 4d) und *Elymus sabulosus* (fig. 12); bis zum Schwund des Lumens: *Molinia coerulea*, *Agropyrum junceum*, *Eremopyrum cristatum*, die *Calamagrostis*-*Avena*- und *Glyceria*-Arten und ganz besonders *Carex Buxbaumii* (?) und *Lasiagrostis splendens* (fig. 20). Eine mehr tangential- als radialgestreckte Form der Scheidezellen mit ziemlich starker Verdickung, etwa bis zur Hälfte des Lumens, haben: *Holcus lanatus*, *Anthoxanthum odoratum*, *Agrostis alba* und *Agr. vulgaris*, *Deyeuxia retrofracta*, *Ammophila baltica*, *Phragmites communis* (Taf. I, fig. 14, Taf. II, fig. 22), *Hordeum vulgare*, *Erianthus Ravennae* (fig. 11); noch mehr tangential gestreckt: *Melica altissima*, *Briza media*, die *Triticum*- und *Eriophorum*-Arten (fig. 23). Sehr tangentialgestreckte Stützscheidezellen von oblonger Form haben: *Setaria viridis* (fig. 13), *Muehlenbergia glomerata*, *Cinna mexicana* und *Dactylis glomerata*.

Langgestreckte Stützscheidezellen, deren Aussenmembran auch eine geringe Verdickung als erste Uebergangsform zur Steifungsscheide aufweist, zeigen *Carex montana* und *C. stellulata*; weniger radialgestreckte Stützscheidezellen, gleichfalls mit verdickter Aussenmembran haben: *Alopecurus geniculatus* und *Phleum pratense*; mit noch stärkerer Verdickung der Aussenmembran: *Oryza sativa* (fig. 16), die *Poa*-Arten, *Zea Mays* und *Carex ampullacea*. Eine Stützscheide mit bis zum Schwund des Lumens verdickten Zellen mit gleichzeitig verdickter Aussenmembran zeigt *Milium effusum*.

Die **Steifungsscheide** ist insofern einfacher angelegt, als sie nur mehr oder weniger verdickt sein kann, und ausserdem steht sie unter den Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln nur in vereinzelt Fällen da (Taf. I, fig. 5). *Aira caespitosa*, *Bambusa arundinacea*, *He-*

leocharis acicularis (Taf. II, fig. 21a), *Hel. palustris*, alle *Cyperus*-Arten, gleichfalls die von Duval-Jouve untersuchten, mit Ausnahme von *Cyperus japonicus* (?), sind die einzigen Beispiele für die Steifungsscheidenbildung¹⁾. *Heleocharis palustris* und die echten Cypergräser (*Cyperus Papyrus*, *Cyp. Ginge* (Taf. I, fig. 5), *Cyp. albostriatus*, *Cyp. Luzulae* und *Cyp. elegans*) besitzen eine sehr schwächliche und dünnwandige Steifungsscheide, die bei *Cyperus* sogar unverholzt bleibt (Vergl. pag. 23) und deren Zellen auf Längsschnitten mit schief gestellten Querwänden versehen sind. Radialgestreckte Steifungsscheidenzellen im Querschnitt haben: *Aira caespitosa*, *Cyp. albostriatus*, *Cyp. alternifolius*, und *Cyp. elegans*; mehr rundliche, oder quadratische: *Cyperus Papyrus*, *Bambusa arundinacea* u. *Heleocharis acicularis* (fig. 21a); in tangentialer Richtung sehr gestreckte: *Cyperus Luzulae*. Die radialgestreckte Schutzscheide von *Heleocharis palustris* erhält sich bis in das späteste Alter mit nur schwacher, kaum bemerkbarer Verdickung und später nicht mehr sichtbaren Caspary'schen Punkten.

Was das gegenseitige Verhalten der Zellen der Leitbündelscheide zu den Zellen der Innenrinde anlangt, so muss hier nochmals auf die Innenrinde zurückgegangen werden, um sie von einem anderen Gesichtspunkte aus zu betrachten.

Wie schon erwähnt, bildet die Innenrinde nicht immer Sclerenchym, aber in den meisten Fällen sind wenigstens die Zellen der innersten, an die Leitbündelscheide herantretenden Rindenschicht verdickt, und wo die Sclerenchymbildung zur vollen Ausbildung kommt, nimmt die Verdickung der Rindenzellen mit jeder mehr nach Aussen gelegenen Rindenschicht kontinuierlich ab und geht allmählig in die lockere äussere Innenrinde über. Die Verdickung der Membranen ist nicht immer allseitig und gleichmässig, und selten weist sie eine Schichtung und noch seltener eine Tüpfelung auf, wie bei der Leitbündelscheide. Bei einigen sind die Zellmembranen nur nach Innen verdickt (*Agrostis*, *Agropyrum*, *Elymus* und anderen), mit deutlicher Schichtung (*Bambusa*) und mit deutlicher Tüpfelung versehen (*Agropyrum*); andere dagegen sind gleichmässig verdickt und meist tangentialgestreckt (*Stipa*, *Setaria*, *Deyeuxia*, *Triodia* und *Nardus*; bei letzterer Gattung bis zum Schwund des Lumens verdickt).

Bei der einen Verdickung sowohl, als bei der anderen, würde man nur eine mehrfache Stütz- und Steifungsscheide sehen²⁾, wenn man beweisen könnte, dass die verdickten Zellen sich aus einer Schutzscheide entwickeln, was ich aber nie beobachtete. Bei einigen tritt das Stütz- und Steifungsscheidenähnliche so deutlich hervor, dass in der That keine Unterschiede wahrzunehmen sind, wie bei *Cyperus*, noch deutlicher bei *Lasiagrostis splendens*. Man braucht nur einen Blick auf die Figur 20a und b auf Taf. I zu werfen, um die Gleichheit der drei Zelllagen einzugestehen, obschon die Zellen der äusseren Schichten heller gefärbt, aber ebenso geformt, geschichtet und getüpfelt erscheinen als die Stützscheide-

1) Da charakteristische Abbildungen von Steifungs- | die Tafel XIX bei Duval-Jouve.
scheidenzellen in den Tafeln fehlen, so verweise ich auf

2) Die Aussenscheiden Russow's. S. R. II, pag. 72.

zellen. Oft sind drei solcher sclerenchymatischer Innenrindenschichten vorhanden, von welchen die innerste mit der eigentlichen Schutzscheide in Färbung, Verdickung, Gestalt, Tüpfelung und Lichtbrechungsvermögen der Zellmembranen vollständig übereinstimmt, so dass beide, die Stützscheide und die innerste Innenrindenschicht, in diesem Entwicklungsstadium gar nicht von einander zu unterscheiden sind.

Allerdings bleiben bei *Cinna mexicana* und *Muehlenbergia glomerata*, bei Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure, die Verdickungsleisten beider Stützscheiden resistent, ohne dass die zweite, trotz sorgfältiger Untersuchung, den Charakter einer Stützscheide, den Caspary'schen Punkt, aufwies. Bei *Muehlenbergia* wird die ganze Rinde bis auf die zwei innersten Schichten zerstört, von denen die innerste sich zur zweiten Stützscheide, aber ohne vorher sichtbaren Caspary'schen Punkt, ausbildet. Die Zellen sind gleich der ersten Stützscheide lang tangentialgestreckt und von oblonger Form, aber geringer verdickt und weniger getüpfelt. Auch färbt sich die zweite nach Chlorzinkjodbehandlung braun, während die erste goldgelb und stark lichtbrechend erscheint. Diese doppelte Stützscheidenbildung bei *Muehlenbergia* wurde nur bei vollständiger Abwesenheit des übrigen Rindenparenchyms beobachtet.

Die Form der Zellen der Stützscheide wie der innersten Rindenschicht, der zweiten Stützscheide, von *Cinna mexicana* stimmt mit der von *Muehlenbergia* vollkommen überein, aber mit dem Unterschiede, dass hier die Zellen der beiden Scheiden gleich stark nach Innen verdickt sind und gleich reiche Tüpfelung besitzen, nur dass die der äusseren weniger lichtbrechend erscheinen. Ausserdem sind die Zellen beider gleich schön getüpfelt. Bei *Muehlenbergia* sowohl, als bei *Cinna* wurde der Caspary'sche Punkt bei der zweiten Stützscheide nicht beobachtet.

Bei *Agropyrum*, deren Stützscheidezellen radial und innerste Innenrindenzellen tangential gestreckt sind, reagiren die 1—3 Schichten des Sclerenchyms der Innenrinde gleich der Stützscheide. Auch sind die Zellen der Stützscheide und der inneren Innenrinde gleich geschichtet und getüpfelt. Die Neigung zur doppelten und mehrfachen Stütz- und Steifungsscheidenbildung ist eine ziemlich häufige (*Agrostis*, *Heleocharis acicularis* und andere), wenn auch nicht in einer so deutlichen Weise, wie bei *Cinna* und *Muehlenbergia*.

Noch muss hier erwähnt werden, dass sich bei *Carex hirta* und *Carex vulgaris* einzelne Zellen der innersten Rindenschicht zu Stützscheidezellen umwandeln, was aber auch bei den genannten Arten nur ausnahmsweise und höchst selten vorkommt¹⁾.

War jetzt von einer Verdoppelung und Vermehrung der Leitbündelscheide die Rede, so zeigen die **Nebenwurzeln** eine solche Bildung niemals, sondern es scheint bei ihnen das Streben auf noch grössere Vereinfachung der Schutz- und Stützelemente des Mutterorgans gerichtet zu sein. Ganz abgesehen davon, dass es bei den Nebenwurzeln von *Agrostis vulgaris* nie zur Bildung einer doppelten Stützscheide kommt, werden hier dem Phloem gegenüber allein

1) Ob der Buchstabe *a* in der Fig. 14, auf Taf. XIX, bei Duval-Jouve nicht verdruckt ist?

nur Stützscheidzellen entwickelt, und das Xylem durch das Pericambium von Zellen geschieden, die wie alle Zellen der Innenrinde gebildet sind. Wiewohl diese Erscheinung nicht vereinzelt im Pflanzenreiche dasteht, so dürfte dieselbe hier doch, zieht man den Aufbau unseres Wurzeltypus in Betracht, als ganz besonderer Fall aufgefasst werden (Taf. III, fig. 28). Bei *Oryza sativa* wurde dieses eigenthümliche Verhalten der Scheidenzellen zu den Leitbündelelementen bei einer Nebenwurzel (2ter Ordnung) einmal beobachtet, bei derselben Nebenwurzel, bei welcher die, pag. 20 erwähnte, Aussenscheide fehlte.

Als Nachtrag für die gesammte Rindenbildung, hauptsächlich in Bezug auf die Vertheilung des Typus I und II, und auf das Verhältniss dieser hier aufgestellten Rindentypen dem Leitbündel gegenüber, sei mir noch folgende Schlussfolgerung erlaubt: Ist die Leitbündelbeschaffenheit eine des Schutzes und der Stütze bedürftige, so finden wir überall den Rindentypus II; ist dagegen die Leitbündelbeschaffenheit eine in sich schon starke zu nennen, so finden wir durchgängig den Rindentypus I. Dabei darf nicht unerwähnt bleiben, dass Ausnahmefälle jener beobachteten Thatsachen vorkommen.

In folgender Uebersichtstabelle sind alle zur Untersuchung gekommenen Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln, je nach der Zugehörigkeit zu einem Rindentypus und dessen Unterabtheilungen, nochmals aufgezählt:

Rinde der Gramineen- u

Rindentypus I.**A. Persistiren der Rinde.**

- a. AR. ohne Interc. zuw. scler.
Holcus lanatus
Anthoxanthum odoratum
Avena sativa
 » *pratensis*
Melica altissima
- b. AR. u. IR. mit Interc.
Hordeum vulgare
- c. AR. u. IR. ohne Interc.
Leptochloa arabica

B. Schwinden der Rinde.

- Panicum palmifolium*
Muehlenbergia glomerata
Cinna mexicana
Calamagr. lanceolata
 » *Epigeios*
 » *elata*
Ammophila baltica
Dactylis glomerata
Cynosurus cristatus
Festuca ovina
Bromus mollis
 » *tectorum*
Lolium temulentum
Elymus sabulosus
 » *canadensis*

C. Uebergangsformen**1. Zwischen Typus Ia und Typus Ib.**

- Zea Mays*
Milium effusum
Deyeuxia retrofracta
Trisetum distichophyllum
 » *argenteum*
Triodia decumbens
Triticum vulgare
 » *polonicum*
 » *Spelta*
 » *repens*
Agropyrum junceum
 » *giganteum*
Eremopyrum cristatum
Secale cereale

2. Zwischen Typus I und Typus II.**a. Zw. Ia und IIa.**

- Agrostis alba*
 » *vulgaris*
Briza media

b. Zw. Ib und IIa.

- Gynerium argenteum*
Festuca rubra

Anmerkung.

Uebergangsformen.

zwischen Typus II a und Typus II b.

Vollständiges Schwinden der äusseren Innenrinde bis auf einen radialen Zellenstrang

a. Radiales Collabiren.
 vorhergegangen.

Die meisten
Andropogoneae.

b. Tangentiales Collabiren.
 vorhergegangen.

Die meisten
Cypereae.

Cyperaceen - Wurzeln.

Rindentypus II.

A. Radiales Collabiren.

1. Auftreten u. mehrschichtiges Sclerenchym der AR.

- Phalaris arundinacea
- Stipa pennata
- » capillata
- » gigantea
- Aira caespitosa
- Phleum pratense
- Poa pratensis
- » fertilis
- » nemoralis
- Tricholaena rosea
- Sorghum Caffrorum
- » bicolor
- » saccharatum

2. Auftreten 1 dünnwandigen und weitlichtigen Aussenrindenschicht unter der Epidermis.

a. Eine solche mit mehrschichtigem Sclerenchym.

- Bambusa arundinacea
- Lasiagrostis splendens
- Imperata sacchariflora
- Erianthus Ravennae
- Andropogon giganteus
- Eulalia japonica

b. Eine solche mit einer besonders verdickten Schicht.

a. Ohne weitere Aussenrindenschichten.

- Oryza sativa
- Setaria viridis

β. Mit weiteren Aussenrindenschichten.

- Molinia coerulea
- Nardus stricta

c. Eine solche mit 2 besonders verdickten AR-schichten.

- Bambusa glauca (?)

d. Eine solche und eine bes. verdickte AR-schicht mit dazwischenliegendem Sclerenchym.

- Saccharum cylindricum

e. Drei solche u. eine besonders verdickte AR-schicht mit dazwischenliegendem Sclerenchym.

- Phragmites communis

3. Besondere Bildungen der Aussenrinde.

- Eleusine gracilis
- Alopecurus geniculatus
- Glyceria spectabilis
- » fluitans

B. Tangentiales Collabiren.

1. Gleichf. u. mehrschichtiges Sclerenchym der AR.

a. 2—3 Schichten:

- Carex hirta
- » filiformis
- » ampullacea
- » Pseudocyperus
- » rhynchophysa
- » Drymeia
- » Oederi
- » limosa
- » vulgaris
- » caespitosa
- » stricta
- » Buxbaumii
- » chordorrhiza

Cyperus Papyrus

- » globosus
- » flavescens
- » fuscus
- » vegetus
- » rotundus
- » aureus
- » serotinus

Nach
Duval-Jouve.

b. Mehr als 3 Schichten, mächtig entwick. Sclerench.

- Carex montana
- » spec.?

Cyperus Ginge

- » Luzulae
- » albostratus
- » elegans
- » japonicus
- » alternifolius
- » longus n. v. T.
- » distachyos

Nach
Duval-Jouve.

Galilea mucronata

Heleocharis palustris

2. Auftreten einer weitlichen, etwas verdickten Aussenrindenschicht unter der Epidermis.

a. Eine solche mit mehrschichtigem Sclerenchym.

- Carex hordeiformis
- » globularis
- » loliacea
- » stellulata
- » sparganioides
- » teretiuscula
- » dioica

Eriophorum vaginatum

- » latifolium
- » alpinum
- » gracile

b. Eine solche ohne weiteres Sclerenchym.

- Scirpus lacustris
- » Baeothryon
- » Savii

Heleocharis acicularis

c. 3 solche mit 2 besond. verdickt. Aussenrindensch.

Scirpus silvaticus.

C. Leitbündelgewebe.

Das junge Leitbündel besteht aus dünnwandigen, zarten, tafelförmig hexagonalen, ja cubischen Zellen, die ohne Intercellularräume an einander schliessen. Mit der allmäligen Differenzirung des Protoxylems, Protophloems und der grossen Gefässe, nehmen auch bestimmte Zellenparthieen einen bestimmten Charakter an, in denen gleichsam eingebettet die vornehmsten Bestandtheile des Leitbündels liegen. Die Gewebeformen des Leitbündels, mit Ausschluss des Phloems und Xylems, wären drei: 1tens das Mark, 2tens die Leitzellen, 3tens das Pericambium. Da meiner Ansicht nach noch keine definitive Bestimmung des Leitbündelgewebes stattgefunden hat¹⁾, nehme ich drei Gewebeformen des Leitbündels an: das Mark, die Leitzellen und das Pericambium, mehr der Uebersichtlichkeit wegen, als wenn ich wirklich die Ueberzeugung hätte, dass jede dieser drei Gewebeformen in morphologischer und physiologischer Hinsicht verschieden sei, und dass jede dieser drei Gewebeformen in allen Wurzelstrangleitbündeln eine von der andern Gewebeformen zu unterscheidende Ausbildung erfährt. Dem ist nicht so; man kann sogar in den meisten Fällen, vorzüglich bei ausgebildetem Entwicklungsstadium des Leitbündels keinen Unterschied, geschweige denn eine Grenze, zwischen den ebengenannten Formen finden.

Mark. Das sogenannte Mark geht aus der Centralparthie des Protomeristems hervor²⁾, bildet eine seltene Erscheinung unter den Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln, und tritt nur in solchen Wurzeln auf, die sich durch besondere Grösse ihres Leitbündels auszeichnen, wie bei: *Zea*, *Gynerium*, *Bambusa*, *Saccharum*, *Imperata*, *Erianthus*, *Sorghum* und einigen anderen, bei denen es schwer fällt, das Centralgewebe des Leitbündels für Markparenchym zu erklären. Obgleich die Wurzel von *Molinia coerulea* und vielen anderen Gräserwurzeln auch nach einigen Seiten hin zu denjenigen mit grossem Leitbündel zu rechnen wäre, treffen wir dort kein Mark an.

Das Mark, aus parenchymatischen Zellen bestehend, die zum Mittelpunkte hin weitlichtiger werden und grössere Intercellularräume haben, ist in den meisten Fällen scharf gegen die prosenchymatischen Leitzellen abgegrenzt, was bei allen obengenannten, ausserdem einzigen Beispielen, der Fall ist (Taf. III, fig. 27 m). Nach Chlorzinkjodbehandlung färbt sich das Markparenchym stets violett, gleich der äusseren Innenrinde, während die stark verdickten Leitzellen eine gelbe Färbung annehmen, also verholzen. Bei den übrigen Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln, bei denen kein Markparenchym vorhanden ist, ist eben die Centralparthie des Leitbündels von Leitzellen ausgefüllt, die aber in den meisten Fällen im Centrum weitlichtiger sind als an der Peripherie.

1) Vergl. Russow II, pag. 46 und pag. 47.

2) Nach van Tieghem secundärer Natur.

Die Grenze zwischen Mark und Leitzellen ist bei *Cinna* schwer zu finden, weil das Markparenchym allmählig in die Leitzellen übergeht und auch verholzt. Dagegen könnten die im Centrum des Leitbündels von *Calamagrostis lanceolata* und *Panicum palmifolium* liegenden Leitzellen, in Hinsicht ihres Nichtverholzens, füglich als Markparenchym aufgefasst werden, wenn nur eine scharfe Grenze zu den übrigen Leitzellen und das sonst charakteristische Attribut, die Intercellularräume, vorhanden wären. Bei *Calamagrostis Epigeios* sind dagegen deutliche Intercellularräume beobachtet worden. Bei *Glyceria spectabilis* sind gleichfalls die in der Mitte des Leitbündels befindlichen Leitzellen nach Chlorzinkjodbehandlung schwach violett tingirt.

Das Mark weist, wo es auftritt, die Eigenthümlichkeit auf, dass dasselbe in den Nebenwurzeln, d. h. Wurzeln 2ter Ordnung der betreffenden markhaltigen Wurzel 1ter Ordnung, wohl auftritt, aber ohne Intercellularräume ist, und in Wurzeln 3ter Ordnung gänzlich schwindet, wo dann die Centralparthie des Leitbündels, wie bei den übrigen Wurzeln, von Leitzellen ausgefüllt wird. Ja in Wurzeln weiterer Ordnung geht die Vereinfachung noch weiter. Vorher waren die grossen Gefässe im Kreise mehr an die Peripherie gestellt und mit jeder höheren Ordnung wurde nicht nur ihre Anzahl geringer, sondern sie rückten auch mehr dem Mittelpunkte näher, so dass jetzt hier, etwa bei Wurzeln 4ter Ordnung, ein centrales Gefäss sich nur noch findet.

Saccharum cylindricum hat, wie in der Aussenrinde (pag. 17, Tafel I, fig. 7), so auch hier diese eigenthümlich gestreiften Zellen (Tafel I, figur 8). Die bei der Rinde erwähnte Intercellularsubstanz (pag. 19) findet sich im Mark von *Zea Mays* wieder. Bei *Erianthus Ravennae* wurde das Vorkommen verstreuter Leitzellen im Markparenchym beobachtet.

Man könnte die Leitbündel in solche mit und ohne Mark eintheilen, weil erstere in ihrem übrigen Bau auch von den marklosen different sind, aber ich glaube, dass dieses Eintheilungsprincip aus vielen Gründen nicht durchführbar ist.

Leitzellen¹⁾. Vom Marke, wo dieses auftritt, immer scharf abgegrenzt, füllen die Leitzellen, mit Ausschluss des Phloems, des Xylems mit den grossen Centralgefässen und des Pericambiums, den übrigen Theil des Leitbündels aus. Bei einem prosenchymatischen Charakter erscheinen sie auf Querschnitten englichtiger als die übrigen Gewebeformen und verholzen und verdicken sich in den meisten Fällen ausserordentlich, zuweilen bis zum Schwund des Lumens (z. B. *Setaria*, *Aira*). Chlorzinkjod färbt die Leitzellen etwas dunkler gelb als das Xylem, und letzteres hat auch ein weit grösseres Lichtbrechungsvermögen als erstere (z. B. *Stipa*). Auch findet oft ein Nichtverholzen derselben statt, wie bei *Phleum pratense*, *Calamagrostis lanceolata*, *Phalaris arundinacea*, *Glyceria* und einigen Cyperaceen. Meist sind die Leitzellen an der Peripherie englichtiger und nehmen zur Mitte an Weite zu (Tab. I, fig. 16, Tab. II, fig. 22 und 23 gl); doch kann auch das Um-

1) Nach Russow I, pag. 8, Geleitzellen, II, pag. 18; van Tieghem: cellules conjonctives.

gekehrte stattfinden, wie bei *Eleusine gracilis*, *Melica altissima* und *Lasiagrostis splendens*. Im Verhältniss sehr englichtige und stark verdickte Leitzellen weisen die Carices auf, in welchen das verstreute Vorkommen von noch dickwandigeren, ausserdem durch ihre braune Färbung von den anderen hervortretenden Zellen, einige Male von mir beobachtet wurde. Während die Bestandtheile einer Phloemgruppe immer im Zusammenhange stehen und nie von Leitzellen getrennt werden, liegen nicht nur zwischen den grossen Centralgefässen des Leitbündels und zwischen den Protoxylemgefässen oft mächtige Schichten von Leitzellen, sondern die Protoxylemgefässe selbst werden in einigen Fällen von einander durch Leitzellen geschieden (z. B. *Carex hirta*, *Carex hordeiformis* und *Lasiagrostis splendens*) (Taf. I, fig. 19).

Pericambium¹⁾. Ob nur der äusserste Zellenbogen des Leitbündels, oder auch die zunächstliegenden, Pericambium genannt werden sollen, da das Phloem und Xylem hier bei den Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln oft von einer mehrfachen Zellenschicht von der Leitbündelscheide geschieden werden; ob nur der äusserste Bogen allein in dem Sinne als Pericambium gefasst werden soll: als Nebenwurzeln — erzeugender; ob ferner eine Grenze zwischen Leitzellen und Pericambium überhaupt vorhanden ist und worin sie besteht — soviel ich meiner Beobachtungsgabe zutraue, und was die Reactionen mit Chlorzinkjod anlangen, so besteht keine solche, denn bleibt erstere unverholzt, so sind die Leitzellen auch nicht verholzt u. s. w. — werde ich mich nicht erkühnen zu entscheiden, sondern ich werde die Beantwortung dieser Fragen älteren Forschern überlassen müssen. Jedenfalls mag das Pericambium einschichtig oder mehrschichtig sein, so werde ich im Folgenden alle diejenigen Zelllagen, die Phloem und Xylem von der Leitbündelscheide trennen, Pericambium nennen. Denn ich sehe nicht ein, da die Nebenwurzelentwicklung nur bei sehr wenigen Pflanzen²⁾ und nur bei solchen mit einschichtigem Pericambium studirt ist, wesshalb man nur dem äussersten allein und nicht auch dem inneren Bogen eines mehrschichtigen Pericambiums die Befähigung Nebenwurzeln zu erzeugen zusprechen kann?

Anmerkung. Die Untersuchungen van Tieghems, die Ursprungsstelle der Nebenwurzeln betreffend, stimmen in den Hauptmomenten in so weit überein, dass er für die Gramineen die Insertionsstelle in dem Pericambium immer dem Phloem gegenüber annimmt, selbst dort, wo das Xylem nicht an die Leitbündelscheide tritt (Vergl. v. Tiegh.: *Zea M.*), mit alleiniger Ausnahme von *Coix lacryma*, wo van Tieghem ein Mal das Inseriren dem Xylem gegenüber beobachtete; aber dass er sich berechtigt glaubt für die Cyperaceen das Gegentheil anzunehmen, da er das Inseriren bei nur einer untersuchten *Cyperus*-Art, bei *Cyperus longus*, dem Xylem gegenüber sah, auch für die übrigen Cyperaceen,

1) Naegeli: Pericambium; Russow: Phloemscheide; | *nératrice, cellules rhizogènes.*
van Tieghem: membrane périphérique, membrane gé- | 2) Vergl. Naegeli und Leitgeb.

vorzüglich für die Cariceen und Scirpeen, wo das Xylem immer an die Leitbündelscheide tritt, geltend zu machen, finde ich sehr gewagt. Meiner Ansicht nach wäre, wenn man sich gewagten Conjecturen hingeben will, die Annahme, dass die Insertionsstelle der Nebenwurzeln zwischen den Xylemgruppen im Pericambium, bei den Cyperaceen und vorzüglich bei den Cariceen und Scirpeen, als normale, dagegen bei den Gramineen als eine gewissen Bedingungen unterworfenen und Schwankungen ausgesetzte zu bezeichnen sei, eine viel gerechtfertigtere, basirt auf einem reichen Untersuchungsmateriale, in so weit sich eben meine Beobachtungen auf das Herantreten des Xylems an die Leitbündelscheide stützen. Aus einleuchtenden Gründen wäre eine vergleichende Untersuchung der Ursprungsstellen der Nebenwurzeln bei den Gramineen und Cyperaceen eine durchaus lohnende und dankbare Arbeit.

Das einschichtige Pericambium, abgesehen davon, dass es in bestimmten Fällen vom Xylem durchbrochen wird, läuft normal nie gleichmässig um den Umkreis des Leitbündels, sondern bildet dem Phloem gegenüber immer grössere Zellen¹⁾, um sich dann zum Xylem hin zu senken. Es sind immer zwei solcher Zellen bei *Milium effusum*; *Ammophila baltica* hat drei radialgestreckte. Gewöhnlich wird das Xylem von 4—7 solcher Pericambiumzellen von einander geschieden (1—4 hat *Eriophorum* und immer 2 *Heleocharis acicularis*, Taf. II, fig. 21 a). Besonders grosse Pericambiumzellen vor dem Phloem befinden sich in den Leitbündeln von *Milium effusum* und *Calamagrostis lanceolata*. Die sehr langen radialgestreckten Pericambiumzellen der letzteren Art sind noch durch eine besondere Eigenthümlichkeit ausgezeichnet: sie zeigen nämlich in älteren Entwicklungsstadien bei starker Verdickung in ihrer gemeinsamen Membran eine bauchige Anschwellung, die recht tief in das Lumen der Zelle hineingreift. An der Stelle der bauchigen Anschwellung der Membran erfolgt zuweilen eine Quertheilung, d. i. in tangentialer Richtung.

Gleichmässig fortlaufend und gleichmässig verdickt findet sich das einschichtige Pericambium bei *Bambusa glauca* (?) (*Bambusa arundinacea* hat ein unregelmässig verlaufendes Pericambium), *Saccharum cylindricum*, *Erianthus Ravennae*, bei den echten Cypergräsern und anderen, und nur vom Xylem unterbrochen bei den Cariceen und Scirpeen. Bei *Carex vulgaris*, *C. caespitosa* und *C. stricta* werden die Zellen zwischen dem Phloem und der Leitbündelscheide sogar englichtiger; es findet somit hier eine Abweichung vom Normalen statt. Hierher kann man auch das Pericambium von *Dactylis glomerata* ziehen. Die einzelnen Zellen desselben sind ziemlich unregelmässig gebildet und oft zwei kleinere über einander gelagert, verlaufen aber in eine gleichmässige Schicht.

Ein gleichförmig mehrschichtiges Pericambium kommt in der Weise, dass es zwischen dem Phloem und der Leitbündelscheide und zwischen dem Xylem und der Leitbündelscheide gleich viel Schichten bildet, nicht vor, sondern bei Nichtdurch-

1) Die cellules rhizogènes van Tieghems.
Mémoires de l'Acad. Imp. des sciences, VII^{me} Série.

brechung des Pericambiums durch das Xylem sind auch dem Phloem mehr als eine Schicht, gewöhnlich 2—3 Pericambiumschichten, vorgelagert, wie z. B. bei *Panicum palmifolium*, *Stipa capillata* (Taf. III, fig. 33), *Gynerium argenteum*, *Poa nemoralis*, *Triticum vulgare*, *Melica altissima* und *Erianthus Ravennae* mit 4 Schichten. In solchen Wurzeln, in denen das Pericambium nicht immer vom Xylem durchbrochen wird, wechselt auch zwischen dem Phloem und der Leitbündelscheide die Schichtenmächtigkeit, wie z. B. bei *Cinna mexicana* und *Melica altissima*. Aber auch dort, wo das Pericambium immer vom Xylem durchbrochen wird, treten mehrere Pericambiumschichten vor das Phloem, so z. B. sind bei *Milium effusum* bald eine, bald zwei Pericambiumschichten zwischen dem Phloem und der Leitbündelscheide vorhanden. Auch das Xylem ist in einigen Wurzeln wohl mehr als durch eine Pericambiumschicht von der Leitbündelscheide getrennt: bei *Gynerium argenteum* sind die Protoxylemzellen durch 3—4, die Protophloemzellen durch 2—3 Zelllagen geschieden. Wie schon erwähnt, liegt bei *Calamagrostis lanceolata* zwischen dem Phloem und der Leitbündelscheide eine Pericambiumschicht mit den zwei charakteristischen Zellen, das Xylem dagegen ist durch 3—5 Zelllagen von der Leitbündelscheide getrennt.

Das Nichtverholzen der Pericambiumzellen tritt, wie schon erwähnt, überall da auf, wo auch die Leitzellen unverholzt bleiben (Vergl. pag. 31): *Phleum pratense*, *Calamagrostis lanceolata*, *Phalaris arundinacea*, *Glyceria fluitans*, *Glyc. spectabilis*, *Carex filiformis*, *C. Oederi*, *C. vulgaris*, *C. caespitosa*, *C. stricta* und *Carex stellulata*.

Das Pericambium der Nebenwurzeln weist hier auch wiederum Vereinfachungen der Bildungen der Mutterwurzeln auf. Erwähnten wir oben für die Wurzeln 1ter Ordnung von *Erianthus Ravennae* eine vierfache Pericambiumschicht zwischen dem Phloem und der Leitbündelscheide, so haben Wurzeln 2ter Ordnung nur eine dreifache, Wurzeln 3ter Ordnung nur eine zweifache oder einfache Pericambiumschicht aufzuweisen.

Phloem. In dem schon ziemlich ausgebildeten Gewebe einer jungen Wurzel, das aber noch meist in lebhafter Theilung sich befindet, erscheinen an vielen Punkten der Peripherie in bestimmten Abständen, ungefähr in derselben Ebene, von der in diesem Entwicklungsstadium noch nicht deutlich unterscheidbaren Schutzscheide durch das zum Pericambium werdende Gewebe getrennt, mild lichtbrechende, wenig verdickte Zellen von pentagonaler, oder quadratischer Form: die ersten Protophloemzellen (Taf. II, fig. 24). Sie sind meist nach Innen überlagert von zwei radialgestreckten, gleichfalls pentagonalen, oder quadratischen Zellen, die von einer grösseren, von oft polygonaler Form, gedeckt werden (Vergl. Taf. II und Taf. III, prphl, phl.). Alle diese eben genannten vier Zellen differenzieren sich in centripetaler Reihenfolge. Dieses scheint mir das normale Verhältniss der Phloembildung bei den Gramineen- und Cyperaceen- Wurzeln zu sein. Später, durch tangentialer Theilung der beiden auf die erste Pentagonalzelle folgenden Zellen und durch radiale Theilung der darüberliegenden grösseren, vermehren sie sich bis zu acht Zellen, und immer so, dass die ursprüngliche Pentagonalzelle in ihrer Form bis zum vorgeschrittensten Entwicklungsstadium noch deutlich erkennbar und immer nach Aussen gelegen ist, während

eine weitlichtigere, dünnwandigere, eine Siebröhre, nach Innen liegt, im Halbbogen, der nach Innen offen ist, umlagert von den übrigen, links und rechts von der Pentagonalzelle vertheilten Phloemzellen. Selbstverständlich ist diese regelmässige Anordnung des Phloems nicht immer vorhanden, aber im Grossen und Ganzen kann man alle Phloemgruppen auf dieses Schema zurückführen. Van Tieghem leitet die Entwicklung einer ganzen Phloemgruppe aus den Theilungen einer Pentagonalzelle ab. Meint er eine bestimmte Pentagonalzelle des Protomeristems, die die Mutterzelle des ganzen Phloembündels ist, so habe ich darauf bezügliche Beobachtungen nicht gemacht. Nimmt er aber die erste Protophloemzelle, die ja pentagonal gestaltet ist, als Mutterzelle an, so kann ich nur soviel behaupten, dass, soviel ich gesehen, die erste Protophloemzelle mit den übrigen genannten drei Zellen gleichwerthig ist.

Die Pentagonalzelle — der Kürze wegen werde ich die erste Protophloemzelle stets so nennen — wird meist von auffallend grösseren Zellen des Pericambiums gestützt (Vergl. pag. 33), was aber bei den Cyperaceen nicht der Fall ist, und trifft gewöhnlich mit ihrer scharf nach Aussen gewendeten Spitze die Verbindungsmembran der beiden Pericambiumzellen. Die Zahl der Phloemzellen übertrifft nie die Ziffer 10, meist sind es 4, 5 oder 6, wogegen in den Wurzeln der übrigen Monocotyledonen immer mehr als 10 solcher Zellen zu sein scheinen. Nach van Tieghem hat *Coix lacryma* nur 2—3 und *Bambusa arundinacea* scheint constant 4 Protophloemzellen zu führen.

Ungewöhnlich ist das Auftreten des Phloems bei *Eleusine gracilis* (Taf. III, fig. 30). Um eine (seltener zwei) weitlichtige, tangentialgestreckte Siebröhre lagert sich nach Aussen ein Kranz englichtiger Phloemzellen (5—12), unter denen die erste Protophloemzelle, die Pentagonalzelle, immer deutlich hervortritt. Eine sehr grosse Siebröhre, etwa von der gleichen Grösse des grössten Protoxylemgefässes, von zahlreichen (8—10) Phloemzellen nach Aussen im Kranz umlagert, zeigen *Lasiagrostis splendens* (Taf. I, fig. 19), *Bambusa glauca* (?), *Carex montana*, *Eriophorum gracile* und andere. Bei *Carex vulgaris* ist das Phloem auch vielzellig, aber mit einer, was die Weitlichtigkeit anlangt, kaum von den übrigen Phloemzellen zu unterscheidenden Siebröhre.

Das Phloem und Xylem sind meist durch 2—3 Reihen Leitzellen von einander getrennt, seltener durch eine Reihe (z. B. *Holcus lanatus* (Taf. III, fig. 34), *Panicum palmifolium*, *Aira caespitosa* (fig. 32), *Trisetum* und andere). *Triticum polonicum* weist oft keine Leitzelle zwischen dem Phloem und Xylem auf, so dass hier ein unmittelbares Alterniren statt hat. Als einzigen Fall beobachtete ich, dass bei *Carex stricta* ein Mal die Phloemzellen zweier Phloemgruppen zusammenhingen und das einzige Xylemgefäss vollständig umlagerten.

Was die einzelnen Phloembestandtheile selbst anlangt, so konnte ich, ihrer Feinheit und Zartheit wegen, überhaupt nicht genau für alle constatiren, aus welchen Elementen sie zusammengesetzt waren, wo es oft nur vom glücklichen Zufall abhing ein Phloembündel zu treffen. Nach den wenigen Fällen, wo es mir glückte die Verhältnisse genau zu erkennen,

nach Querschnitten und nach den übrigen monocotylen Wurzeln zu urtheilen, lag nach Innen eine sehr zarte Siebröhre, die nach Aussen von äussert feinen Fasern gedeckt wurde.

Das Phloem bleibt immer unverholzt und giebt nach Chlorzinkjodbehandlung die charakteristische violette Färbung. Die einzigen Ausnahmefälle hiervon wären: *Molinia coerulea* und *Festuca ovina*; das Phloem nimmt bei den ebengenannten Wurzeln nach Chlorzinkjod eine gelbe Färbung an und zeigt somit ein Verholzen, welche Erscheinung auch bei anderen Monocotyledonen und Dicotyledonen, aber höchst selten, beobachtet worden ist¹⁾.

Anmerkung. Es ist mir nicht klar, aus welchen Ursachen Duval-Jouve in seinen vergleichend histotaxischen Untersuchungen das Phloem gar nicht berücksichtigt. Auch in den Abbildungen der *Cyperus*-Wurzeln, Taf. XIX, fehlt das Phloem vollständig. In den Einzelbeschreibungen erzählt derselbe Autor nur von kleinen peripherischen Gefässen und von Centralgefässen, aber des Phloems wird mit keiner Silbe erwähnt.

Xylem. Gleich nach der Entwicklung des Protophloems, in den meisten Fällen schon nach der Differenzirung der ersten Pentagonalzelle des Protophloems, erscheinen auf dem Querschnitt an der Peripherie des Leitbündels, zwischen die Phloemgruppen vertheilt, die ersten Protoxylemzellen, als mehr lichtbrechende und verdickte Zellen, um sich gleichfalls in centripetaler Richtung zu entwickeln, was hier jedoch nicht so ausnahmslos geschieht. Besonders deutliche Beispiele für die Entwicklung des Protoxylems nach der Entwicklung des Protophloems bieten uns *Holcus lanatus* (Taf. III, fig. 34) und *Milium effusum* (fig. 31). (Vergl. ausserdem Taf. I, II und III prx und x).

Das erste Protoxylemgefäss tritt in den meisten Fällen unmittelbar an die Schutzscheide und ist in den wenigsten Fällen, wie bei den übrigen Monocotyledonen-Wurzeln, durch das Pericambium getrennt. Das Herantreten und Nichtherantreten des Xylems an die Leitbündelscheide zeigt sich nicht immer in der Weise, dass nur in einer Wurzelart das Xylem durch das Pericambium geschieden, und in einer anderen Wurzelart nicht geschieden von der Leitbündelscheide vorkommt, sondern es giebt hier auch Uebergangsformen, in denen das Herantreten und Geschiedensein des Xylems von der Leitbündelscheide vereinigt auftritt. Das eine oder andere Stellungserhältniss des Xylems, in demselben Leitbündel vereinigt, kann bald vorwiegen, bald zurücktreten, bald in regelmässiger Aufeinanderfolge abwechseln, so dass ein förmliches Alterniren der Xylemgruppen, in Bezug auf das Herantreten und Geschiedensein von der Leitbündelscheide, statt hat²⁾. Bezüglich des Herantretens und Nichtherantretens des Xylems an die Leitbündelscheide und des Zusammenvorkommens beider Stellungsverhältnisse in demselben Leitbündel, verweise ich auf die Uebersichtstabellen im letzten Abschnitte.

1) Vergl. Russow II, pag. 54.

2) Vergl. Russow II, pag. 8.

Die Zahl der Xylemgefässe überschreitet selten drei, meist sind es zwei und nur in vereinzelt Fällen sind es mehr als drei; häufig ist auch das Auftreten eines einzigen Xylemgefässes. Dieses Zahlenverhältniss gilt für beide obengenannten Stellungsverhältnisse des Xylems.

Wie das Xylem durch sein Stellungsverhältniss, bezüglich des Herantretens und Nichterantretens an die Leitbündelscheide, eine Systematisirung der Wurzeleitbündel der Gramineen und Cyperaceen hergeben würde, so würden die Gruppierungen der Xylemgefässe unter sich, und die durch die Zahlenverhältnisse hervorgerufenen weiteren Stellungsverhältnisse des Xylems, zu Unterabtheilungen der beiden Hauptgruppen veranlassen. Da die Hauptstellungen des Xylems auch ihre besonderen Eigenthümlichkeiten in den eiteren Stellungsverhältnissen des Xylems besitzt, so will ich im Folgenden die beiden Hauptgruppen in dieser Hinsicht für sich auch zu beschreiben versuchen. Vorausschicken möchte ich neben einer Uebersichtstabelle noch Folgendes: Deutlicher lassen sich die Stellungsverhältnisse bei Herantreten des Xylems an die Leitbündelscheide überblicken, wozu sich auch die Uebergangsformen ziehen lassen, bei denen das Nichtherantreten in den Hintergrund tritt, als bei Nichtherantreten des Xylems an die Leitbündelscheide, wo die Stellungsverhältnisse oft so complicirter Natur sind, dass zur Einzelbeschreibung geschritten werden muss.

Stellungsverhältnisse des Xylems der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln.

1. bei Herantreten des Xylems an die Leitbündelscheide.

- a.* ein einziges Gefäss.
- b.* zwei Gefässe (ein kleines tritt heran, ein grösseres nach Innen gelegen).
 1. ein kleines, an dem ein grösseres hängt.
- c.* mehr als zwei Gefässe (durch Verdoppelung),
 2. Verdoppelung des ersten englichtigen,
 3. Verdoppelung des zweiten weitlichtigen,
 4. Verdoppelung des ersten und des zweiten.
- d.* mehr als drei Gefässe.

2. bei Nichtherantreten des Xylems an die Leitbündelscheide.

- a.* mit einer Pericambiumschicht,
- b.* mit mehr als einer Pericambiumschicht,
- d.* *Carex brizoides*, *Trisetum*,
- e.* Radiale Längsreihen des Xylems,
- f.* Unregelmässiges Stellungsverhältniss des Xylems.

3. Uebergangsformen.

4. Stellungsverhältniss des Xylems der Nebenwurzeln.

A. Bei Herantreten des Xylems an die Leitbündelscheide haben ein einziges durch Weitlichtigkeit und Lichtbrechung sich auszeichnendes Xylemgefäss, meist eine noch hexagonale Form zeigend, alle untersuchten Carices (mit Ausnahme von *Carex hirta*, *C. limosa*, *C. hordeiformis* und *C. rhynchophysa*; Vergl. Taf. II, fig. 25), ferner *Eriophorum* (Taf. II, fig. 23), *Scirpus* und *Heleocharis* (Taf. II, fig. 21 a). *Eleusine gracilis* (Taf. III, fig. 30) hat oft zwei nebeneinanderliegende gleich weitlichtige Xylemgefässe. *Anthoxanthum odoratum* besitzt auch nur ein einziges Xylemgefäss, das sich aber durch seine besondere Englichtigkeit auszeichnet.

Zwei Xylemgefässe, von denen das erste, das an die Leitbündelscheide herantretende Gefäss, sich durch seine Englichtigkeit gleichsam wie eingekeilt zwischen die viel weitlichtigeren Pericambiumzellen ausnimmt, an welches das zweite, weitlichtigere, nach Innen sich anschliesst, hat die Mehrzahl der Gramineen-Wurzeln, die ein Herantreten des Xylems an die Leitbündelscheide besitzen. So gebildet ist das Xylem bei *Oryza sativa* (Taf. I, fig. 15 u. 16), *Poa pratensis*, *Poa fertilis*, *Glyceria spectabilis*, *Bromus mollis*, *Br. tectorum*, *Festuca ovina*, *F. rubra*, *Nardus stricta*, *Hordeum vulgare* und, nach van Tieghem, *Hordeum bulbosum*; selten fehlt das kleine an die Leitbündelscheide herantretende Gefäss, was bei *Agrostis vulgaris* übrigens nur ein Mal beobachtet wurde. Dagegen fehlt das kleinere Gefäss öfter als es vorhanden ist bei *Alopecurus geniculatus*.

Oft finden sich an Stelle des ersten englichtigen Gefässes zwei englichtige Gefässe, an welche nach Innen dann das weitlichtigere sich stützt, wie bei *Phalaris arundinacea*, *Milium effusum* (Taf. III, fig. 31), *Avena pratensis*, *A. sativa* und *Glyceria fluitans*. Das alleinige und verdoppelte Auftreten des englichtigen Gefässes sowohl, als das vollständige Fehlen desselben in demselben Leitbündel, kommt bei *Deyeuxia retrofracta*, *Phleum pratense* und *Carex rhynchophysa* vor.

Ein doppeltes Vorkommen des zweiten weitlichtigen Gefässes, das entweder seitlich oder nach Innen statt hat, so dass im ersteren Falle das englichtige, an die Leitbündelscheide gehende Gefäss, in die Mitte zwischen diesen beiden, dann gleich weitlichtigen Gefässen, zu liegen kommt, während im anderen Falle, wo das dritte Gefäss auf demselben Radius mit den übrigen liegt, das innerste das weitlichtigste und das an der Peripherie des Leitbündels liegende Gefäss das englichtigste ist, haben *Cynosurus cristatus*, *Elymus canadensis*, *El. sabulosus* und *Secale cereale*. *Triticum sativum*, mit einem doppelten Auftreten des englichtigen Gefässes, würde nach der Zeichnung von van Tieghem auch hierher zu zählen sein. Alle bisher aufgezählten Fälle des verdoppelten Auftretens und des vollständigen Fehlens des englichtigen Gefässes und des doppelten Auftretens des weitlichtigen vereinigt *Lolium temulentum* in seinem Leitbündel (Taf. III, fig. 29). Ein regelmässig strahlenförmig angeordnetes Xylem mit mehr als drei Gefässen, die zum Centrum hin an Weitlichtigkeit zunehmen, weist *Cinna mexicana* und *Carex limosa* auf. Ein ziemlich unregelmässig strahlenförmig angeordnetes Xylem hat dagegen *Muehlenbergia glomerata*. *Briza media* und *Triodia decumbens* haben, was das Zahl- und Stellungsverhältniss anlangt, ein ziemlich unregelmässig gebildetes Xylem. Dasselbe geht immer mit wenigstens einem Ge-

fässe, oft mit zwei, an die hier sehr verdickte Stützscheide; an dieses Gefäss lehnen sich nach Innen oder zur Seite mehrere andere, das erste Gefäss an Weitlichtigkeit nicht viel übertreffende Gefässe an, was auch nicht selten unterbleibt, so dass nur ein einziges Xylemgefäss vorhanden ist. *Aira caespitosa* (Taf. III, fig. 32) gehört in seiner Xylembildung auch hierher, nur dass das Xylem in Zahl und Stellung noch mehr variirt als bei *Triodia* und *Briza*, und dass sich in jeder Gruppe, die durchschnittlich aus 2—6 Gefässen besteht, ein von den anderen sich durch Grösse und Weitlichtigkeit und radiale Streckung auszeichnendes Gefäss findet.

Besonders hervorzuheben ist die unregelmässige Bildung des Xylems, in Bezug auf Zahl und Stellung, bei *Carex hirta* und *Carex hordeiformis*, obgleich nie mehr als zwei Gefässe in einer Xylemgruppe zur Entwicklung kommen. Normal geht immer ein Gefäss an die Stützscheide. Modificirt wird aber dieses Stellungsverhältniss durch Nichtherantreten des einen Xylemgefässes an die Stützscheide, durch Entwicklung eines zweiten Gefässes, das entweder an das erste grenzt, abgesehen davon, ob dieses an die Stützscheide geht oder nicht, oder durch eine oder zwei Leitzellen getrennt ist. Folgendes Bildungsschema für die Stellung des Xylems bei *Carex hirta* und *Carex hordeiformis*:

- | | |
|--|---|
| 1. Xylemgefäss an die Stützscheide tretend | $\left. \begin{array}{l} 1 \text{ Gefäss.} \\ 2 \text{ Gefässe} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{zusammenhängend,} \\ \text{durch Leitzellen getrennt.} \end{array}$ |
| 2. Xylemgefäss nicht an die Stützscheide tretend | $\left. \begin{array}{l} 1 \text{ Gefäss.} \\ 2 \text{ Gefässe} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{zusammenhängend,} \\ \text{durch Leitzellen getrennt.} \end{array}$ |

B. Bei Nichtherantreten des Xylems an die Leitbündelscheide können dieselben Unterstellungsverhältnisse des Xylems statthaben, wie wir sie eben bei dem Herantreten des Xylems an die Leitbündelscheide gesehen haben, mit dem Unterschiede, dass eine bis mehrere Zellschichten des Pericambiums dazwischen liegen. In den meisten Fällen ist es nur ein Protoxylemgefäss, das zur Entwicklung kommt, und wenn mehrere zusammen in einer Gruppe vorhanden sind, so sind sie einander an Weitlichtigkeit gleich, nur *Trisetum distichophyllum* und *Tris. argenteum* besitzen ein sehr englichtiges, durch das Pericambium geschiedenes Gefäss, an dem ein zweites, ein sehr weitlichtiges, nach Innen gelegenes hängt. *Carex brizoides*, das nach van Tieghem nie(?) mit dem einzigen Gefäss an die Leitbündelscheide geht, würde dann auch hierher zu ziehen sein. Radiale Längsreihen von Xylemgefässen (4—6) hat *Bambusa*.

Durch eine Pericambiumschicht wird das Xylem von der Leitbündelscheide geschieden bei *Zea Mays*, *Alopecurus*, *Holcus lanatus*, *Lasiagrostis splendens*, *Setaria viridis*, *Panicum palmifolium*, *Arundinaria falcata*¹⁾, *Coix lacryma* (nach van Tieghem), *Ammophila baltica*,

1) Nach Holle, siehe Falkenberg, pag. 194.

Leptochloa arabica, *Poa nemoralis*, *Agropyrum*- *Eremopyrum*- *Triticum*- *Bambusa*- und *Trisetum*-Arten, *Carex brizoides* (nach van Tieghem), bei den meisten *Andropogoneen*¹⁾ und den meisten *Cypereen* (auch den meisten von Duval-Jouve untersuchten *Cyperus*-Arten). In den Fällen, wo das Xylem nicht an die Leitbündelscheide geht, liegt auch nicht immer eine einfache Pericambiumschicht dazwischen, und sind mehrere Pericambiumschichten vorhanden, so brauchen sie auch nicht in demselben Leitbündel zwischen jedem Xylembündel und der Leitbündelscheide gleich vielschichtig zu sein. So finden wir denn mehr als eine Pericambiumschicht zwischen Xylem und der Leitbündelscheide: bei *Stipa pennata*, *St. capillata* (Taf. III, fig. 33) und *St. gigantea* 2—4 Schichten, bei *Dactylis glomerata* 2—3 Schichten, bei *Calamagrostis elata*, *C. lanceolata* und *C. Epigeios* 4—5 Schichten, bei *Phragmites communis* 2—3 Schichten (in der Taf. II, fig. 22 nicht deutlich), bei *Melica altissima* 2—4 Schichten und bei *Gynerium argenteum* 3—4 Schichten.

Ein ganz unregelmässig gebildetes Xylem in Bezug auf Zahl- und Stellungsverhältniss hat *Zea Mays*²⁾ (Taf. III, fig. 27). Die Zahl der Xylemgefässe wechselt zwischen 1 und 8 und oft treten ein oder mehrere zugleich an die Leitbündelscheide. *Gynerium argenteum*³⁾ ist, bezüglich der Zahl- und Stellungsverhältnisse des Xylems, gleich *Zea Mays* gebildet, aber nur in der Hauptstellung des Xylems und Phloems weicht *Gynerium* von *Zea* wesentlich ab. Während bei *Zea* das Xylem oft unmittelbar an die Leitbündelscheide geht und das Phloem nur von einer einfachen Pericambiumschicht von derselben getrennt wird, treten hier die Protoxylemgefässe tief im Innern der Leitzellen auf und die Protophloemzellen sind meist durch eine dreifache Pericambiumschicht von der Leitbündelscheide getrennt.

Eine noch unregelmässiger Xylembildung tritt bei *Lasiagrostis splendens* (Taf. I, fig. 19) auf. Bald geht das Xylem mit einem, bald mit zwei Gefässen an die Leitbündelscheide (das Herantreten jedoch geschieht nur selten und ausnahmsweise), bald ist das Xylem durch 1—4 Pericambiumschichten von der Leitbündelscheide getrennt, bald setzt es sich in einer radialen Reihe fort und bald sind die einzelnen Xylemgefässe durch die dazwischen liegenden Leitzellen getrennt.

Das Auftreten des Xylems ist bei *Stipa capillata* noch unregelmässiger als bei *Lasiagrostis splendens* (Taf. III, fig. 33). Das Protoxylem tritt bald als zweites, bald als drittes, bald als viertes und fünftes Gefäss von der Schutzscheide auf, geht aber nie an dieselbe. Auch sind die Xylemgefässe in der Zahl sehr verschieden und unterscheiden sich in älteren Entwicklungsstadien nach der Chlorzinkjodreaction von den Leitzellen durch hellgelbere Färbung und grössere Lichtbrechung, während die letzteren mehr bräunlich tingirt erscheinen. Dasselbe gilt auch von *Stipa gigantea* und *St. pennata*, mit dem Unterschiede, dass bei *Stipa pennata* einige Male ein Herantreten des Xylems an die Leitbündelscheide beobachtet wurde.

1) Nach van Tieghem tritt das Xylem bei *Sorghum vulgare* immer an die Leitbündelscheide heran (?). | daselbst Pl. XIII, fig. 30.

2) Vergl. Russow II, p. 54; van Tieghem pag. 142,

3) Vergl. Russow II, pag. 54.

C. Ein regelmässig abwechselndes Herantreten und Geschiedensein des Xylems von der Leitbündelscheide, mit einem Worte, ein Alterniren der Xylemgruppen in Bezug auf dieses Stellungsverhältniss, ist nur bei einzelnen wenigen Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln beobachtet worden. Bei *Triticum repens* alterniren in der Weise sechs Xylemgruppen mit einander und bei *Saccharum cylindricum*, *Tricholaena rosea*, *Chloris polydactyla*, und *Cyperus elegans* tritt immer ein grosses Xylemgefäss bald heran, bald ist es von der Leitbündelscheide durch das Pericambium geschieden. Van Tieghem giebt ein gleiches Stellungsverhältniss des Xylems für *Paspalum Michauxianum* an; desgleichen Duval-Jouve für *Cyperus rotundus* und Russow für *Triticum*¹⁾.

Die Zahl der zwischen den einzelnen Xylemgruppen liegenden Pericambiumzellen ist 4—7, meist 5, jedoch kommen oft mehr, seltener aber weniger als 5 vor. *Eriophorum gracile* hat gewöhnlich 4, oft 2—3, und einige Male beobachtete ich sogar nur eine einzige Pericambiumzelle, die die 2 Xylemgefässe trennte. (Taf. II fig. 23). *Heleocharis acicularis* hat constant zwei Pericambiumzellen, die grösser als die Xylemgefässe, tangential gestreckt und von dreieckiger Form sind, und die gegenüber dem Phloem sich mit ihren zugespitzten Enden berühren (Taf. II, fig. 21 a).

Zwischen dem Phloem und Xylem liegen gewöhnlich zwei Lagen Leitzellen, aber auch sehr häufig nur eine einzige Leitzelle, wie z. B. bei *Oryza sativa* (Taf. I, fig. 15 und 16), *Holcus lanatus* (Taf. III, fig. 34), *Anthoxanthum odoratum*, *Panicum palmifolium*, bei *Calamagrostis*-Arten und bei vielen anderen. *Triticum polonicum* hat oft gar keine Leitzelle zwischen dem Phloem und Xylem, so dass wir hier ein unmittelbares Alterniren des Phloems und Xylems haben. Bei *Carex stricta* wurde ein Mal beobachtet, wie die Phloemzellen zweier Phloemgruppen zusammenhingen und das einzige Xylemgefäss vollständig umschlossen (Vergl. pag. 35).

Die Entwicklung des Xylems ist, wie die des Phloems, mit einigen wenigen Ausnahmen centripetal, und die in centripetaler Folge gebildeten neuen Gefässe sind fast immer weitlichtiger, als die der Peripherie zunächst liegenden. Eine centrifugale Entwicklung des Xylems ist nur in vier vereinzelt Fällen beobachtet worden.

Bei *Glyceria spectabilis* und *G. fluitans* entwickelt sich das weitlichtigere, von den Pericambiumzellen geschiedene, Protoxylemgefäss zuerst und darauf das an die Schutzscheide gehende englichtigere. Bei *Glyceria fluitans* entwickeln sich auch oft statt des einen zwei englichtige Protoxylemgefässe zwischen dem weitlichtigeren Gefäss und der Schutzscheide.

Bei *Holcus lanatus* (Taf. III, fig. 34) kommt ein centripetales und centrifugales Entwickeln des Xylems zugleich vor. Sind zwei Protoxylemgefässe vorhanden, so bildet sich zuerst das englichtigere, an die Schutzscheide stossende, worauf das nach Innen gelegene weitlichtige Gefäss gebildet wird. Sind drei Protoxylemgefässe vorhanden, so bildet sich

1) Vergl. van Tieghem pag. 144; Duval-Jouve pag. 379; Russow II pag. 54.

das mittlere (*a*) zuerst, dann wiederum das weitlichtige (*b*) und zuletzt das an der Schutzscheide liegende Gefäss (*c*) aus. Die Entwicklung des letzteren kann unterbleiben und somit ist dann die Xylemgruppe durch das Pericambium getrennt.

Wie bei *Glyceria* wurde auch bei *Elymus sabulosus* ein rein centrifugales Entwickeln des Xylems beobachtet. In der Reihenfolge der Buchstaben der Protoxylemgefässe der beiden Figuren 35 und 36 auf Taf. III ging auch die Bildung derselben an den zur Untersuchung gekommenen Objecten vor sich. Zuerst entwickelte sich das dritte Gefäss (*xa*) von der Schutzscheide, darauf das zweite (*xb*) und zuletzt das an der Schutzscheide liegende Protoxylemgefäss (*xc*). Die Protoxylemgefässe *xb* und *xc* bilden sich zuweilen zu gleicher Zeit aus, aber immer nur, wenn *xa* sich schon differenziert hat. Bei einer aus gleichen Gesichtspunkten untersuchten Nebenwurzel traten dieselben Entwicklungsverhältnisse hervor und wiederum nach der alten Regel: in gedrängterer Weise. Zuerst bildete sich hier eine vom Pericambium getrennte Zelle zum ersten und dann darauf die zwischen dieser und der noch nicht entwickelten Schutzscheide sich befindende Zelle zum zweiten Protoxylemgefäss aus.

Ehe ich von den Centralgefässen rede — die grösseren zum Centrum hingerückten Xylemgefässe sind nicht immer centrale Gefässe, doch da sie die am meisten zum Centrum gelegenen Leitbündelelemente sind, will ich sie der Kürze halber so nennen — möchte ich vorausschicken, aus welchen Gründen ich dieselben nicht mit in das Stellungsverhältniss des Xylems, besser Protoxylems, hineinzog, da sie doch auch nur Xylemelemente sind. Zuvörderst sei darauf hingewiesen, dass das vorherbesprochene Xylem sich vor diesen grossen Gefässen entwickelt, welches ich daher nach Russow Protoxylem¹⁾ genannt habe; ferner stehen diese Centralgefässe nie (mit seltenen Ausnahmen) in unmittelbarem Zusammenhange mit dem Protoxylem, sie sind von demselben und von einander immer durch Leitzellen getrennt; ferner ist die Anzahl aller Xylemgruppen eines Leitbündels nie gleich der Anzahl der Centralgefässe desselben Leitbündels, die stets isolirt in einen mehr oder weniger peripherischen Kreis geordnet sind; ferner ist die Weitlichtigkeit der Centralgefässe durchschnittlich um das Zehnfache grösser als das weitlichtigste der Protoxylemgefässe; schliesslich, was den bedeutendsten Unterschied zwischen Protoxylem und Centralgefässen ausmacht, führt das Protoxylem in demselben Leitbündel anders gebildete Gefässe als die Centralgefässe.

Die Protoxylemgefässe sind meist Leitzellen, Poren- und Netzgefässe und eigenthümlich schraubennetzförmige Gefässe; die Centralgefässe sind Poren- Netz- und Leitzellengefässe und vorzüglich Porenleitzellengefässe. So besteht z. B. das Protoxylem von *Zea Mays* aus schraubennetzförmigen Gefässen und die Centralgefässe aus Netzgefässen. Zwischen den Protoxylemgefässen und den grossen Netzgefässen bei *Zea*, durch Leitzellen getrennt, liegen noch Xylemgefässe, die auch Netzgefässe sind, aber eine Uebergangsform zu den Leitzellengefässen bilden (Taf. III, fig. 27). Ebenso sind die Protoxylemgefässe bei *Gynerium*

1) Vergl. Russow II pag. 20: primordiale Gefässe.

argenteum schraubennetzförmige, die grossen Centralgefässe Porengefässe, und die dazwischen liegenden kleineren Xylemgefässe porenleiterförmige Gefässe. Bei *Carex Pseudocyperus*, *C. hirta*, *C. montana*, *C. Drymeia*, *C. vulgaris*, *C. stricta*, *C. caespitosa* sind die Protoxylemgefässe Leiterzellen¹⁾ und die Centralgefässe Porenleitergefässe. Die Tüpfelung der Porengefässe ist eine sehr deutliche und grosse, nur die Porengefässe von *Phragmites communis* zeichnen sich durch äusserst feine Tüpfelung aus.

In den von mir untersuchten Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln habe ich nie Schrauben- und Ringgefässe finden können. Van Tieghem spricht dagegen bei *Triticum sativum* von vaisseaux annelés et spirales und bei *Zea Mays* vom premier vaisseau annelé. Caspary, der auch die Gefässe in den Wurzeln von *Zea* aufzählt, giebt nur Netzzellen, Netzgefässe und Leitergefässe an und bemerkt dazu noch ausdrücklich, dass er keine Schrauben- und Ringgefässe gefunden hat²⁾. Caspary giebt ferner für die Wurzel von *Phragmites communis* Leiterzellen und Porenleitergefässe, von *Carex Oederi* und *Scirpus lacustris* Leitergefässe an. Das premier vaisseau annelé van Tieghems und wahrscheinlich die Netzzelle Caspary's, das erste Protoxylemgefäss bei *Zea*, konnte ich nicht für eine reine Netzzelle halten, sondern wie schon erwähnt, für ein eigenthümlich schraubennetzförmiges Gefäss. Ebenso habe ich das Porenleitergefäss Caspary's für *Phragmites* einfach Porengefäss genannt, weil mir das leiterförmige Gefüge der Gefässe zu wenig deutlich erschien.

Dass van Tieghem wiederholt von Schrauben- und Ringgefässen spricht, und diese allein für die Cyperaceen- und Gramineen-Wurzeln erwähnt, liegt meiner Ansicht nach in dem Umstande, dass van Tieghem sich nicht die Zeit genommen hatte, seine Untersuchung auch auf Längsschnitte auszudehnen; begründet wird meine Ansicht dadurch, dass man oft auf Querschnitten die nicht vollständig resorbirte Querwand der Gefässe sehen kann, die sich als ein dicker Ringwulst erweist, und vollends noch auf Querschnitten, die nicht ganz senkrecht zur Längsaxe gehen, wo dann Leitergefässe und andere Gefässe schraubig verdickt erscheinen. Ich muss hier aufrichtig gestehen, dass ich dadurch oft aufgefordert wurde, mich durch Längsschnitte vom wahren Sachverhalte zu überzeugen.

Die Anzahl der im Leitbündel vertheilten grossen Centralgefässe ist meist abhängig von der absoluten Grösse des Leitbündels selbst. Bei den kleinen Wurzel-Arten finden sich, wie bei *Festuca ovina*, *F. rubra* und *Heleocharis acicularis* (Taf. II, fig. 21a), ein centrales Gefäss, bei *Poa*-Arten 2—4 Centralgefässe, gewöhnlich 5—10 Gefässe; bei den grösseren Wurzel-Arten aber zwanzig oder mehr Centralgefässe, wie bei *Saccharum cylindricum*; *Zea Mays* hat bis vierzig solcher Gefässe. Oft kommt es vor, dass um ein grosses centrales Gefäss sich eine Anzahl gleichwerthiger Gefässe befindet, wie bei *Dactylis glomerata* 8—12

1) Vergl. Sachs pag. 27, fig. 27; ferner Duval-Jouve, *Cyperus globosus*, pag. 367: «Ce dernier (vaisseau central) a ses parois d'articulation très-obliques, ce qui simule deux vaisseaux quand la coupe tombe sur l'articulation».

2) Vergl. Russow II, pag. 20 und pag. 21.

und bei *Elymus sabulosus* 7—8 Gefässe, oder eine Anzahl ungleichwerthiger Gefässe, wie bei *Cyperus Ginge*, wo um ein centrales Porenleitergefäss herum 6—10 Leitergefässe im Kreise liegen. Oft findet sich unter den in einen regelmässigen Kreis gestellten grossen Centralgefässen eine Menge bald symmetrisch, bald unregelmässig vertheilter, kleinerer Gefässe, wie bei *Bambusa glauca* (?), *Zea Mays*, *Gynerium argenteum*, *Carex hirta* und anderen.

Durchgängig symmetrisch an der Peripherie vertheilt, correspondirt das Xylem mit den grossen Centralgefässen nicht etwa in der Weise, dass es strahlig auf dieselben zuläuft und zusammenhängt, sondern es fallen durchgängig zwei Xylemgruppen, resp. Phloemgruppen auf ein grosses Gefäss¹⁾ Ist nur ein einziges centrales Gefäss vorhanden, so zählte ich meist acht Xylemgruppen. Bei den grösseren Wurzel-Arten (*Bambusa* u. a.) war die Anzahl der Xylemgruppen 4—5, die je auf ein grösseres mehr nach Innen gelegenes Gefäss kamen.

Nicht nur, dass wir wiederum in den Nebenwurzeln Vereinfachungen der Verhältnisse des Mutterorgans treffen, sondern wir finden in den meisten Fällen auch überhaupt nur ein einziges centrales Gefäss von gleicher Bildung, wie in der Mutterwurzel, wie bei *Agrostis vulgaris* (Taf. III, fig. 28), *Avena sativa* und *Cynosurus cristatus*, oder die Anzahl der Protoxylemgefässe sowohl, als die der grossen Centralgefässe wird stark reducirt. So z. B. hat *Muehlenbergia glomerata* in den Wurzeln 1ter Ordnung ein unregelmässig strahlenförmig angeordnetes Protoxylem von 4—5 Gefässen und fünf grosse Centralgefässe, in den Wurzeln 2ter Ordnung nur ein englichtiges, an dem nach Innen ein weitlichtiges Xylemgefäss hängt und nur ein grosses centrales Gefäss. Ebenso findet eine Verminderung der Xylem- resp. Phloemgruppen statt. *Oryza sativa*, *Phragmites communis* (Taf. I, fig. 14), *Agrostis vulgaris* (Taf. III, fig. 28) und andere haben in Nebenwurzeln (?ter Ordnung) oft nur zwei Xylem- und zwei Phloemgruppen, die sich gegenübergestellt sind.

Die Bildung der Nebenwurzeln überhaupt, in Hinsicht des Herantretens oder des Geschiedenseins des Xylems von der Leitbündelscheide, divergirt in vielen Fällen vollständig mit diesem Stellungsverhältniss des Xylems der Mutterwurzel. Es ist mir nicht gelungen, nachzuweisen — was übrigens gar nicht in der Aufgabe dieser Arbeit liegt — wann ein Divergiren, wann ein Correspondiren der Xylembildung der Nebenwurzeln mit der Mutterwurzel statt hat. Doch zu einer Verallgemeinerung glaube ich mich berechtigt: Ein Correspondiren der Xylembildung der Mutter- und Nebenwurzeln findet überall da statt, wo das Xylem in der Mutterwurzel nicht an die Leitbündelscheide geht. Ein Divergiren der Xylembildung der Mutter- und Nebenwurzel, bei Herantreten des Xylems an die Leitbündelscheide im Mutterorgane, findet überall da statt, wo das Leitbündel und die einzelnen Leitbündelelemente auf einen möglichst kleinen Raum beschränkt sind, wie wir es an *Agrostis vulgaris* und *Oryza sativa* sehen. Mit einem Wort, das normale Stellungsverhält-

1) Vergl. Russow II, pag. 55 und Falkenberg, pag. 192.

niss des Xylems, wie es bei allen übrigen Monocotyledonen vorkommt, kehrt bei Wurzeln weiterer Ordnungen wieder zurück.

Das umgekehrte Verhältniss scheint bei *Zea Mays* statt zu finden. In Wurzeln weiterer Ordnungen scheint hier das Herantreten des Xylems an die Leitbündelscheide häufiger zu sein als in der Mutterwurzel. Die Zeichnung van Tieghems (pl. 6, fig. 30) von *Zea Mays* muss, nach der Beschreibung derselben, von einer Wurzel 2ter Ordnung stammen¹⁾.

In nachstehender Tabelle sind der grösseren Uebersicht wegen alle Stellungsverhältnisse des Xylems der untersuchten Gramineen- und Cyperaceen- Wurzeln zusammengefasst:

.

1) Vergl. Russow II, pag. 54.

Stellungsverhältniss des Xylem

A. Herantreten des Xylems an die Leitbündelscheide.

A. Einziges Gefäss.

Anthoxanthum odoratum
 Eleusine gracilis
 Carex filiformis
 » ampullacea
 » Pseudocyperus
 » Drymeia
 » Oederi
 » fulva
 » globularis
 » montana
 » vulgaris
 » caespitosa
 » stricta
 » loliacea
 » stellulata
 » teretiuscula
 » chordorrhiza
 » dioica
 » Buxbaumii
 » sparganioides
 » ?
 Eriophorum gracile
 » latifolium
 » vaginatum
 » alpinum
 Scirpus lacustris
 » silvaticus
 » Baeothryon
 » Savii
 Heleocharis palustris
 » acicularis
 Cyperus globosus } Nach
 » fuscus } Duval-
 » vegetus } Jouve.
 » serotinus }

B. 2 Gefässe.

1) Ein englichtiges u. ein weitlichtiges.

a. immer beide vorhanden.

Oryza sativa
 Poa pratensis
 » fertilis
 Glyceria spectabilis
 Bromus mollis
 » tectorum
 Festuca ovina
 » rubra
 Nardus stricta
 Hordeum vulgare
 » bulbosum
 (nach van Tieghem)

b. das englichtige oft nicht vorhanden.

Agrostis alba
 » vulgaris

2) Verdoppeltes Auftreten der beiden Gefässe.

a. des englichtigen.

α. immer vorhanden.

Phalaris arundinacea
 Milium effusum
 Avena pratensis
 » sativa
 Glyceria fluitans

β. oft ganz fehlend.

Deyeuxia retrofracta
 Phleum pratense
 Carex rhynchophysa

b. des weitlichtigen.

Cynosurus cristatus
 Elymus sabulosus
 » canadensis
 Secale cereale

c. des englichtigen u. des weitlichtigen.

Triticum sativum
 (nach van Tieghem).

d. Einfaches u. verdoppeltes Vorkommen des englichtigen sowohl, als des weitlichtigen und Fehlen des englichtigen Gefässes.

Lolium temulentum

C. 3 und mehr Gef.

1) In radialen Strahlen.

Cinna mexicana
 Muehlenbergia
 Carex limosa

2) Unregelmässige Bildungen.

Briza media
 Triodia decumb.
 Aira caespitosa
 Carex hirta
 » hordeifora

Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln.

B. Geschiedensein des Xylems von der Leitbündelscheide.

a. 1 Pericambiumschicht zw. X. u. Ltb.-scheide.

1) Zuweilen durchbrochen.

Mays
Cyperus geniculatus
Cyperus lanatus
Agrostis splendens
Setum distichophyllum
Cyperus nemoralis
Cyperus altissimus
Cyperus vulgare
Cyperus giganteus
 » *junceus*
Sorghum saccharatum
Cyperus flavescens
 (nach Duval-Jouve).

2) Nie durchbrochen.

Alopecurus anthoxanthoides
Panicum palmifolium
Setaria viridis
Ammophila baltica
Leptochloa arabica
Trisetum argenteum
Bambusa glauca
 » *arundinacea*
Arundinaria falcata
 (nach Holle).
Eremopyrum cristatum
Imperata sacchariflora
Erianthus Ravennae
Sorghum Caffrorum
Carex brizoides } Nach
Coix lacryma } van Tieghem.
Andropogon giganteus
Eulalia japonica
Cyperus Papyrus
 » *Gingee*
 » *Luzulae*
 » *albostriatus*
 » *japonicus*
 » *alternifolius*
 » *longus*
 (nach v. Tiegh.) }
Cyperus aureus } Nach
 » *distachyos* } Duval-Jouve.
Galilea mucronata }

b. mehr als eine Pericamb.-schicht.

1) Zuweilen durchbrochen.

Stipa pennata.

2) Nie durchbrochen.

Stipa gigantea
 » *capillata*
Dactylis glomerata
Calamagrostis elata
 » *Epigeios*
 » *lanceolata*
Glycerium argenteum
Phragmites communis

C. Alternirendes

Herantreten und Geschiedensein des Xylems.

Triticum repens
Saccharum cylindricum
Tricholaena rosea
Chloris polydactyla
Cyperus elegans
Paspalum Michauxianum
 (nach van Tieghem).
Cyperus rotundus
 (nach Duval-Jouve).

Zweiter Abschnitt.

Vergleichung des anatomischen Baues der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln.

Wiewohl sich der anatomische Aufbau der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln eng an den Wurzelbau der übrigen Monocotyledonen anschliesst, und wiewohl, namentlich in Bezug auf den Leitbündelbau, die ersteren mit den letzteren, im Vereine mit den Archegoniaten, nach Russow denselben Wurzeltypus repräsentiren, so trennen sich doch die Wurzeln der Gramineen und Cyperaceen durch besondere Merkmale von denen der übrigen Monocotyledonen ab. Als Einleitung zu Folgendem möge es mir hier an dieser Stelle gestattet sein, mit wenigen Worten einen Vergleich zwischen Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln einerseits und Monocotyledonen-Wurzeln andererseits anzustellen, um dann zur Hauptaufgabe dieses Abschnitts: zur speciellen Vergleichung der Wurzeln der Gramineen und Cyperaceen überzugehen. Vergleichend anatomische Untersuchungen der Wurzeln der Gramineen und Cyperaceen und der Monocotyledonen sind wohl angestellt, und es wäre überflüssig hier schon Bekanntes noch ein Mal zu wiederholen; das liegt auch nicht in meiner Absicht, sondern ich will nur das Abweichende im Aufbau der Wurzeln der beiden Familien von den übrigen Wurzeln hervortreten lassen. Im Uebrigen verweise ich auf die Arbeiten von van Tieghem und Russow.

Vorzüglich ist es die bei Gramineen und Cyperaceen in die Augen springende Gesetzmässigkeit und Regelmässigkeit, nicht nur in der Anordnung der Elemente, sondern auch in der Symmetrie der Vertheilung und Zusammensetzung der übrigen Gewebeformen, die wir bei den Wurzeln der übrigen Monocotyledonen nicht sehen. Die wenigen Protoxylemzellen, von Aussen nach Innen an Weite und Grösse zunehmend, alterniren mit den gleichfalls wenigen, in jugendlichen Entwicklungsstadien durchgängig vier Protophloemzellen, und meist fallen auf je eines der gleichfalls regelmässig peripherisch vertheilten, grösseren Gefässe je zwei Xylem - resp. zwei Phloemgruppen. Ist ein Mark, das immer secundärer Natur ist, vorhanden, so ist solches, bei symmetrischem Eingreifen der Leitzellen in das Mark, von denselben scharf abgegrenzt. Das ganze Leitbündel findet seinen Abschluss an der Peripherie in dem Pericambium, das auch in gesetzmässiger Folge weitere oder engere Zellen bildet, oder ganz gleichförmig verläuft, oder regelmässig nach einer bestimmten Zahl von Zellen von dem

Xylem unterbrochen wird. Eine aus immer gleichförmig gebildeten Zellen bestehende Schutz-Stütz- oder Steifungsscheide umgiebt den kreisrunden axilen Strang. Die Innenrinde, meist aus würfelförmigen Zellen, zwischen denen auch viereckige Intercellularräume liegen, bestehend, setzt sich in frühen Entwicklungsstadien äusserst regelmässig, in radiale Reihen und concentrische Kreise geordnet, bis zu der aus radialgestreckten, hexagonalen Zellen gebildeten Epidermis fort.

Abgesehen von einigen ähnlich gebauten Wurzel - Arten (Potamogeton, Sparganium, Hottonia und anderen Wassergewächsen), vermissen wir diese ausserordentliche Symmetrie in der Structur der monocotylen Wurzeln. Bei den Monocotyledonen findet überall eine reichere Entwicklung des Xylems statt, welches dann strahlenförmig, aber nie so regelmässig, bis an die meist unregelmässig gestellten Centralgefässe geht (z. B. Iris, Allium, Listera). Ferner ist das Phloem meist ein ungeordneter Haufe von Zellen. Der durchgreifendste Unterschied zwischen Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln und zwischen Monocotyledonen-Wurzeln liegt wohl in dem geschlossenen, oder durchbrochenen Pericambiumcylinder. Während derselbe bei den Monocotyledonen immer geschlossen ist, wird er bei den Gramineen und Cyperaceen meist durchbrochen.

Die Rindenbildung weicht auch in den meisten Fällen, sowohl in jugendlichen, als in ausgebildeten Entwicklungsstadien, von der der Gramineen und Cyperaceen ab. Selten nur correspondirt sie, und dann sind es wiederum die Formen, die zu den Gramineen und Cyperaceen hinüberleiten, die oben angeführten monocotylen Wassergewächse.

Die Bildung einer zweiten Stütz- oder Steifungsscheide inmitten der Rinde, wie bei *Cypripedium*, *Smilax*, *Lycaste*, *Brassia*, kommt nur in soweit in Betracht, als bei einigen Gramineen und Cyperaceen eine Schicht der sclerenchymatischen Aussenrinde sich besonders durch Verdickung und Lichtbrechung von den anderen heraushebt, genetisch aber nichts mit einer Stütz- oder Steifungsscheide zu thun hat. Eigenthümliche Bildungen, wie sie *Hydrocharis*¹⁾, *Sagittaria*, *Bilbergia* u. s. w. in der Rinde aufweisen, kommen hier nicht vor. Die eigenthümlich gestreiften Rinden- und Markzellen, wie sie sich häufig unter den Monocotyledonen zeigen (*Lycaste*), finden nur einen einzigen Repräsentanten bei den Gramineen in *Saccharum cylindricum* (Taf. I, fig. 7 und 8). Im Grossen und Ganzen finden wir den Charakter der Leitbündel von *Smilax*, *Roxburghia*, *Tritonia* u. s. w. in *Bambusa* und den ebensogebauten Gräserwurzeln wieder, d. h, wenn wir von der Bildung der einzelnen Elemente für sich im Leitbündel absehen.

Bevor wir jedoch zur eigentlichen Aufgabe dieses Abschnittes übergehen, wollen wir noch kurz jede der beiden Familien für sich betrachten, um dann an die vergleichende Untersuchung ihrer einzelnen Elemente zu gehen.

Innerhalb einer aus weitlichtigen Zellen bestehenden Epidermis liegt bei den Gramineen

1) Vergl. oben pag. 11, Anmerkung 2; ferner Duval-Jouve, Taf. XIX, fig. 15: *Galilea mucronata*.
Mémoires de l'Acad. Imp. des sciences, VII^{me} Série.

entweder ein mächtig entwickeltes Rindensystem, dessen mehr rundliche als tafelförmige Zellen in jugendlichen Entwicklungsstadien sich in der Aussenrinde mehrfach tangential theilen und ohne Intercellularräume aneinanderstossen, in der Innenrinde auch durch Tangentialtheilungen, dann durch centripetal fortschreitende radiale Theilungen, sich spalten, wodurch die regelmässige Anordnung des Gewebes in regelmässige radiale Strahlen und concentrische Kreise keineswegs gestört wird; oder ein Rindensystem, das weniger mächtig entwickelt ist und dessen Aussenrinde und Innenrinde sich von einander nur durch den Mangel oder das Vorhandensein von Intercellularräumen unterscheidet. Die Aussenrinde zeigt, wo sie erhalten bleibt, in späteren Entwicklungsstadien die mannigfachsten Erscheinungen. Sie kann zu einer mächtigen Sclerenchymsschicht werden mit eigenthümlich ausgebildeten Zelllagen, die bald aus weitlichtigen, zartwandigen, gleich der Epidermis gebildeten, bald wiederum aus englichtigen, stark verdickten und stark lichtbrechenden Zellen bestehen, oder sie kann einen prosenchymatischen, oder auch nur einen parenchymatischen Charakter annehmen, was übrigens nur in vereinzelt Fällen vorkommt. Die äusseren Innenrindenzellen, wo sie erhalten bleiben, collabiren meist, und so, dass zwischen den erhaltenen radialen Zellensträngen auch die Residua der zerstörten Zellen in radialer Richtung die Aussenrinde und die innersten Lagen der Innenrinde verbinden, deren Zellen meist nach Innen stark verdickt sind. Die Rinde findet, nach Innen zum Leitbündel hin, ihren Abschluss in einer Stützscheide (sehr selten Steifungsscheide), deren Zellen meist nach Innen stark verdickt und oft tangential gestreckt sind und meist mit schöner Schichtung und Tüpfelung versehen sind. Das ganze Leitbündel wird, mit Ausschluss der Xylem- und Phloemgruppen, die an den Umkreis des Leitbündels gestellt, und der grossen Centralgefässe, die auch meist mehr an die Peripherie gerückt liegen, von prosenchymatischen Zellen, den Leitzellen, ausgefüllt, die, immer verdickt und verholzt, zum Centrum hin an Weitlichtigkeit zunehmen. In einigen vereinzelt Fällen wird das Centrum des Leitbündels von einem Mark ausgefüllt. Das ganze Leitbündel wird umschlossen von einem Pericambiummantel, der nur dort, wo das Xylem an die Leitbündelscheide tritt, unterbrochen ist, und der dem Phloem gegenüber grössere Zellen bildet. Das Phloem, auf Querschnitten meist aus einer nach Innen gelegenen Siebröhre bestehend, greift gewöhnlich mit der Spitze der Pentagonalzelle, einer der drei übrigen nach Aussen liegenden Phloemzellen, in die beiden grösseren Pericambiumzellen hinein. Das Protoxylem, aus einem oder mehreren Gefässen bestehend, tritt meist an die Leitbündelscheide heran.

Besonders hervorgehoben zu werden verdient unter den Gramineen die Tribus der **Andropogoneen**, die neben den eigenthümlich ausgebildeten Stützscheidezellen mit Einlagerungen von Kieselerde, und neben dem vollständigen Schwinden der ganzen äusseren Innenrinde mit Erhaltung eines radialen Zellenstrangs, zum Halt zwischen Aussen- und Innenrinde, nie ein Herantreten des Xylems an die Stützscheide, oder in zwei Ausnahmefällen ein Alterniren der Xylemgruppen im Herantreten oder Geschiedensein von der Leitbündelscheide hat.

Unter den **Cyperaceen** befindet sich, bei den Tribus der **Cariceen** und **Scirpeen**, unter einer Epidermis mit lang radialgestreckten Zellen von hexagonaler Form, eine 3—5schichtige, sclerenchymatische Aussenrinde, auf welche die Innenrinde folgt, deren regelmässig tafelförmige Zellen im jugendlichen Entwicklungsstadium, was Theilung und regelmässige Anordnung der Zellen anlangt, gleich der der Gramineen, deren Wurzeln den Rindentypus II repräsentieren, gebildet sind. Doch in späteren Entwicklungsstadien bleiben die nicht collabirten radialen Zellenstränge durch tangentialgestreckte Residua der collabirten Innenrindenzellen im Zusammenhange, so dass die Innenrinde im Querschnitt das Aussehen eines Spinnengewebes erhält. Die im Querschnitt langen und radialgestreckten Stützscheidenzellen (mit wenigen Ausnahmen), die nach Innen immer abgerundet erscheinen, sind in ihrer zarten Aussenmembran immer unverdickt und in ihrer Innenmembran allein verdickt. Die hellgelb tingirte Verdickung derselben ist stark lichtbrechend. Das Protoxylem geht mit dem einzigen Gefässe immer an die Stützscheide und ist meist durch 4—5 Pericambiumzellen von einander getrennt. Ausserdem zeichnet sich das Pericambium dadurch aus, dass es nie zwischen dem Phloem und der Stützscheide grössere Zellen bildet, sondern immer gleichförmig verläuft. Das Phloem, mit einer mehr nach Innen gelegenen Siebröhre, besteht gewöhnlich aus fünf und mehr Zellen; in den meisten Fällen wurden acht Phloemzellen gezählt. Der geringen Anzahl der Centralgefässe, die immer Porenleitergefässe sind, entspricht auch eine geringe Anzahl der Xylem- und Phloemgruppen, die insofern durchgängig dem Leitbündel der Cyperaceen noch mehr Symmetrie gewähren, als es bei den Gramineen der Fall ist, dass immer ein Centralgefäss auf je zwei Xylem- resp. zwei Phloemgruppen kommt. Die Entwicklung des Xylems und des Phloems ist immer centripetal. Die Leitzellen sind bei starker Verdickung immer englichtig und oft unverholzt, wie das Pericambium.

Die Tribus der **Cypereen** trägt mehr oder weniger denselben Charakter. Die Schutzscheide, mit besonders gebildeten Caspary'schen Punkten ihrer Zellen, hat auch als Steifungsscheide zarte, dünnwandige, radialgestreckte und unverholzte Zellen, die auf Längsschnitten schief gestellte Quermembranen haben. Dagegen bilden sich die nächstfolgenden 2—5 Innenrindenschichten zu tangentialgestreckten, schwarzbraun gefärbten, sehr verdickten secundären Steifungsscheiden (Aussenscheiden) aus, mit allmählichem Uebergange zu den übrigen dünnwandigen Rindenschichten, die später, mit vorhergegangenen tangentialem Collabiren der Innenrindenzellen, vollständig zerstört werden bis auf einen radialen Zellenstrang, wie bei den Andropogoneen. In dem verhältnissmässig grossen Leitbündel gehen die Protoxylemgefässe bei den grösseren Cyperus-Arten nie an die Schutzscheide, und bei den kleineren (so viele von ihnen hier zur Untersuchung kamen) zeigt sich in praegnanter Weise dieselbe Neigung des Alternirens zwischen solchen Protoxylemgefässen, die an die Schutzscheide gehen, mit solchen, die von einer Pericambiumschicht getrennt sind, wie wir es bei *Saccharum* sahen. Das Phloem ist immer mehr als fünfzellig.

Das übrige Leitbündelgewebe, aus sehr englichtigen, dünnwandigen Leitzellen beste-

hend, die unverholzt bleiben, wird durch zahlreiche grosse, mehr an die Peripherie gestellte Poren- und Porenleitergefässe durchbrochen. Das Pericambium läuft auch meist gleichförmig und einschichtig um den Umkreis des Leitbündels, nur dort vom Xylem unterbrochen, wo dasselbe an die Steifungsscheide tritt. Die Pericambiumzellen wahren ihre hexagonale Form bis in das späteste Entwicklungsstadium.

Doch wir wollen jetzt nach dieser kleinen Abschweifung zu unserer Aufgabe zurückkehren. Vorausschicken möchte ich zur Beurtheilung des Nachstehenden Folgendes: Wie wir im Vorhergehenden sahen, unterschieden sich die Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln im Allgemeinen von den Wurzeln der übrigen Monocotyledonen durch wesentliche Merkmale. Von so durchgreifenden Unterscheidungsmerkmalen zwischen den Wurzeln der Gramineen und Cyperaceen, die einestheils hervorragende Differenzen der Hauptelemente der Gewebeformen, anderentheils die einer der beiden Familien nur allein zukommenden Eigenthümlichkeiten zeigen, wird nicht die Rede sein.

Die **absoluten Grössenverhältnisse** der Wurzeln dieser beiden Familien geben keine wesentlichen Unterscheidungsmerkmale, jedoch wollte man sie auf den Querdurchmesser der Leitbündel zu dem ganzen Wurzel-Querschnitte beziehen, so dürften sie bei den Gramineen bedeutender sein, als bei den Cyperaceen, indem bei der ersten Familie der Durchmesser des Leitbündels zu dem Querdurchmesser der ganzen Wurzel sich wie 1 : 2, bei den Cyperaceen dagegen wie 1 : 3 verhalten würde. Wollte man noch weiter auf Unterschiede, die Grössenverhältnisse betreffend, eingehen, so müsste noch besonders hervorgehoben werden, dass wiederum den Cyperaceen ein kleinerer Durchmesser aller Zellen aller Gewebeanlagen, als es bei den Gramineen der Fall ist, zukommt. Doch muss hier hinzugefügt werden, dass die prosenchymatischen und sclerenchymatischen Zellen der Rinde und des Leitbündels bei den Cyperaceen auf Längsschnitten eine weit gestrecktere Form haben, als dieselben Elemente bei den Gramineen.

Die geringeren Grössenverhältnisse der Cyperaceen lassen sich auch gleichfalls auf die **Epidermis- und Gallertbildung** derselben beziehen. Während wir bei den Gramineen meist weitlichtige und mehr rundliche, zum Theil die hexagonale Form noch zeigende Epidermiszellen haben, sind die Epidermiszellen der Cyperaceen, auf Querschnitten gesehen, englichtiger und in radialer Richtung gestreckt. Ebenso findet eine weit geringere Gallertentwicklung in jungen Entwicklungsstadien statt. Bei den Gramineen kommt der Durchmesser der über den Epidermiszellen lagernden Gallertschicht dem Querdurchmesser der Epidermiszellen gleich, oder übersteigt ihn, wie bei *Poa nemoralis* (pag. 5), während er bei den Cyperaceen geringer ist.

Die **Rinde** der Gramineen ist in jugendlichen Entwicklungsstadien sowohl nach der unter dem Typus I, als auch nach der unter dem Typus II beschriebenen gebildet, wo einestheils die jugendlichen Zellen rundlich gestaltet und unregelmässig aneinander gelagert sind und Aussenrinden- und Innenrindenzellen sich nur dadurch von einander unterscheiden, dass erstere ohne, letztere mit Intercellularräumen aneinanderstossen, anderentheils die jugendliche

Rinde aus regelmässigen, rundlichen Zellen besteht, die in regelmässige, radiale Strahlen und concentrische Kreise verlaufen. Die Rinde der Cyperaceen dagegen ist nur nach dem Typus II gebildet, aber mit noch viel regelmässigerer Bildung der Zellen, die von tafelförmiger Gestalt, entsprechend der Entwicklung an Weitlichtigkeit von Innen nach Aussen zunehmen und mit noch regelmässigerer Anordnung in radiale Strahlen und concentrische Kreise verlaufen.

Eines der entscheidensten Unterscheidungs Momente der Wurzeln der beiden Familien muss ich in dem späteren Verhalten der Rinde sehen. Abgesehen von den Erscheinungen des Persistirens und des vollständigen Schwindens der ausgebildeten Rinde des Typus I, was nur durch Gramineen repräsentirt wird, kommt das radiale Collabiren der Innenrindenzellen ausnahmslos nur den Gramineen und das tangential Collabiren ausnahmslos nur den Cyperaceen zu. Selbst dort, wo wir ein vollständiges Schwinden der Innenrinde mit Erhaltung eines radialen Zellenstrangs mit vorhergegangenen radialem oder tangentialem Collabiren der Zellwände haben, weisen die ersteren, eine Tribus der Gramineen, das radiale und die letzteren, eine Tribus der Cyperaceen, das tangential Collabiren der Innenrindenzellen auf.

Eine weitlichtige, der Epidermis ähnliche, äusserste Aussenrindenschicht tritt bei den Gramineen, wie auch bei den Cyperaceen, häufig auf und scheint den Scirpeen nie zu fehlen, aber doch mit dem bedeutenden Unterschiede, dass die Zellen derselben bei den Gramineen zartwandig bleiben, während sie sich bei den Carices ein wenig verdicken, und bei den Scirpeen, wo sie oft die ganze Aussenrinde repräsentiren, sehr stark verdickt sind. ●

Das Auftreten einer oder mehrerer besonderen, durch Lichtbrechung und Verdickung auffallenden Schichten des Sclerenchym der Aussenrinde, wie bei *Oryza sativa*, *Setaria viridis* und anderen, ist eine besondere Eigenthümlichkeit der Gramineen-Wurzeln; ebenso muss die nur nach Innen allein gerichtete Verdickung der Zellen des Sclerenchym der Innenrinde auch den Gramineen zugesprochen werden, während die Cyperaceen durchgängig gleichmässig verdickte Zellen der innersten Innenrinde haben. Eine entschiedene Neigung, mehrfache secundäre Steifungsscheiden (Russows Aussenscheiden) zu bilden, legen auch die Cyperaceen häufig an den Tag, was bei den echten Cypergräsern und *Heleocharis acicularis* und *H. palustris* zum vollen Ausdruck kommt. Mehrfache Stützscheiden, wie sie bei *Lasiagrostis splendens*, *Cinna mexicana*, *Muehlenbergia glomerata* und anderen (pag. 26) einer eingehenderen Besprechung bedürften, kommen bei den Cyperaceen nie vor.

Während die **Steifungsscheide** überhaupt bei den Gramineen nur bei *Aira caespitosa* und *Bambusa arundinacea* auftritt, muss eine solche normal für einige Scirpeen (*Heleocharis palustris* und *Heleocharis acicularis*) und für alle *Cyperus*-Arten (mit Ausnahme von *Cyperus japonicus* und der von Duval-Jouve oben citirten Fälle) angenommen werden.

Die **Caspary'schen Punkte** der Schutzscheide fehlen weder den Gramineen noch den Cyperaceen-Wurzeln. Die echten Cypergräser zeigen dieselben als kleine knöpfchenförmige, sehr lichtbrechende Gebilde.

Die Carices insbesondere haben lang radialgestreckte und nur nach Innen verdickte **Stützscheidenzellen**, deren Verdickung von hellgelber Farbe durch bedeutendes Lichtbrechungsvermögen, aber durch wenig deutliche Schichtung und Tüpfelung sich auszeichnet, während die Gramineen alle Verdickungserscheinungen der Stützscheidenzellen mit meist deutlicher Schichtung und Tüpfelung zeigen.

Ein Nichtverholzen der ausgebildeten Leitbündelscheide wurde nur bei *Calamagrostis lanceolata*, *Scirpus silvaticus* und allen *Cyperus*-Arten beobachtet. Die *Andropogoneen* wiesen in ihren Stützscheidenzellen eigenthümliche Protuberanzen mit Einlagerungen von Kieselerde auf.

Die **Leitzellen** der *Cyperaceen* erscheinen verhältnissmässig verdickter, was bei ihrer Englichtigkeit besonders hervortritt; ausserdem bleiben sie häufig unverholzt, was bei den Gramineen nur bei *Phleum pratense*, *Calamagrostis lanceolata*, *Phalaris arundinacea* und *Glyceria* der Fall ist

Das **Pericambium** der Gramineen hält zwischen den an die Leitbündelscheide tretenden Xylemgefässen in tangentialer Richtung durchschnittlich 5 — 7 Zellen, während dagegen die *Cyperaceen* meist 4—5 und weniger Zellen haben (*Eriophorum* und *Heleocharis* 1—3).

Ein weiteres entscheidendes Unterscheidungsmoment liegt in dem Vorhandensein zweier oder dreier grösserer Pericambiumzellen zwischen dem Phloem und der Leitbündelscheide. Die Gramineen haben immer zwei von den übrigen Pericambiumzellen hervortretende Zellen zwischen dem Phloem und der Leitbündelscheide aufzuweisen (mit Ausnahme von *Bambusa glauca* (?), *Saccharum cylindricum* und *Erianthus Ravennae*), während die *Cyperaceen* immer eine gleichmässig verlaufende, nur vom Xylem unterbrochene Pericambiumschicht zeigen, die sich sogar bei einigen (*Carex vulgaris*, *C. stricta*, *C. caespitosa*) in der Höhe des Phloems senkt. Wo bei den Gramineen ein mehrschichtiges Pericambium zwischen dem Xylem und der Leitbündelscheide auftritt, da finden sich auch ebensoviele Pericambiumschichten zwischen dem Phloem und der Leitbündelscheide, während bei den *Cyperaceen* das Phloem immer nur durch einen einfachen Pericambiumbogen geschieden wird. Auch hier wiederum findet bei den *Cyperaceen* ein Nichtverholzen des Pericambiums häufiger statt, als bei den Gramineen.

Das nicht sehr häufige Auftreten eines secundären **Markes** mit Interzellularräumen bei den Gramineen ist bei keiner zur Untersuchung gekommenen *Cyperaceen*-Art beobachtet worden; und somit würde das Vorhandensein von secundärem Marke mit zu den besonderen Eigenthümlichkeiten der Gramineen zu rechnen sein.

Was das **Phloem** anlangt, so lässt sich nur so viel sagen, dass die Anzahl der Proto-phloemzellen bei den *Cyperaceen* durchschnittlich grösser ist, als bei den Gramineen und dass die erste pentagonalgeformte Protophloemzelle in späteren Entwicklungsstadien nicht mit solcher Deutlichkeit bei den ersteren wiedererkannt wird, als es bei den letzteren der Fall ist.

Von grösserer und durchgreifendster Wichtigkeit für die Unterschiede der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln wird die Bildung des Xylems sein und vorzüglich in dem Herantreten an die Leitbündelscheide, oder im Geschiedensein von derselben liegen, obgleich wiederum kein bestimmtes Gesetz dafür angegeben werden kann. Doch bevor davon die Rede sein wird, wollen wir zuvörderst noch andere Beziehungen des Xylems untersuchen.

Was zunächst die Anzahl der Protoxylemgefässe anlangt, so besitzen die Gramineen von diesen immer 2—5, die alle die im vorigen Abschnitte beschriebenen Unterstellungsverhältnisse des Xylems zeigen, während die Cyperaceen, mit sehr wenigen Ausnahmen, nur ein einziges Protoxylemgefäss haben, das auch im Verhältniss an Grösse denen der Gramineen nachsteht. Ein häufiges Vorkommen bei den Gramineen ist ferner, dass zwei Xylemgefässe zu gleicher Zeit an die Leitbündelscheide treten, was wohl eigentlich auf die Cyperaceen gar nicht bezogen werden kann, da sie, wie schon erwähnt, überhaupt nur ein Protoxylemgefäss besitzen, aber dennoch finden sich für dieses Stellungsverhältniss des Xylems drei Repraesentanten in *Carex hirta*, *C. hordeiformis* und *C. rhynchophysa*, bei welchen die Zahl der Protoxylemgefässe verdoppelt wird.

Von dem in Zahl, Stellung und Wachstumsrichtung unregelmässigen Bau des Xylems der Gramineen unterscheidet sich das Xylem der Cyperaceen durch grosse Regelmässigkeit (ausgenommen *Carex hirta* und *C. hordeiformis*) und stets centripetale Entwicklung.

In Bezug auf das Herantreten und Nichtherantreten des Xylems an die Leitbündelscheide schicke ich folgende systematisch geordnete Uebersichtstabelle zur Beurtheilung des Folgenden voraus:

Hauptstellungen

Gramineae.

Tribus.	Herantreten des Protoxylems an die Leitbündelscheide.	Unterbrochenes Herantreten.	Abwechslndes Herantreten und Geschiedensein.	Unterbrochenes Geschiedensein.	Geschiedensein des Protoxylems von der Leitbündelscheide
I. Oryzeae	<i>Oryza sativa</i> L.				
II. Phalarideae	<i>Coix lacryma</i> L. (nach van Tiegh.) <i>Phleum pratense</i> L. <i>Phalaris arundinacea</i> L. <i>Anthoxanthum odor.</i> L.			<i>Zea Mays</i> L. <i>Alopecurus geniculatus</i> L. <i>Holcus lanatus</i> L.	<i>Alopecurus anthoxanthi</i>
III. Paniceae	<i>Milium effusum</i> L.	<i>Paspalum Michaux.</i> Kn. (nach van Tiegh.)	<i>Tricholaena rosea</i> Nees.		<i>Panicum palmifol.</i> Poi <i>Setaria viridis</i> Beauv.
IV. Stipaceae				<i>Lasiagrostis splendens</i> Kunth. <i>Stipa pennata</i> L.	<i>Stipa capillata</i> L. " <i>gigantea</i>
V. Agrostideae	<i>Muehlenbergia glom.</i> Trin. <i>Agrostis alba</i> Schrad.	<i>Cinna mexic.</i> Link. <i>Agrostis vulg.</i> With. (nur 1 Mal nicht).			
VI. Arundinaceae		<i>Deyeuxia retrofracta</i> Kunth.			<i>Calamagr. lanceolata</i> L. " <i>Epigeios</i> N " <i>elata</i> <i>Ammophila baltica</i> Li <i>Phragm. com.</i> Trin. <i>Gynerium arg.</i> Nees.
VIII. Chlorideae	<i>Eleusine gracilis</i>		<i>Chloris polydactyla.</i> " (spec.?)		<i>Leptochloa arabica</i>
IX. Avenaceae	<i>Aira caespitosa</i> L. <i>Avena pratensis</i> L. " <i>sativa</i> L. <i>Triodia decumbens</i> Beauv.			<i>Trisetum distichophyllum</i> Beauv. (1 Mal herantretet.)	<i>Trisetum argenteum</i> B.
X. Festucaceae	<i>Poa pratensis</i> L. " <i>fertilis</i> Host. <i>Glyceria spect.</i> M. K. " <i>fluitans</i> R. Br. <i>Briza media</i> L. <i>Molinia coerulea</i> Mch. (Vergl. Russow). <i>Festuca rubra</i> L. " <i>ovina</i> L. <i>Bromus mollis</i> L. " <i>tectorum</i> L. <i>Cynosurus cristatus</i> L.			<i>Poa nemoralis</i> L. (1 Mal herantretet.) <i>Melica altissima</i> L. (1 Mal herantretet.)	<i>Dactylis glomerata</i> L. <i>Bambusa arundinacea</i> " <i>glauca</i> (?) <i>Arundinaria falcata</i> (u Holle).
XI. Hordeaceae	<i>Lolium temulentum</i> L. <i>Triticum sativum</i> (nach van Tiegh.) <i>Secale cereale</i> L. <i>Hordeum vulgare</i> L. " <i>bulbosum</i> (nach van Tiegh.) <i>Elymus sabulosus</i> Sieb. " <i>canadensis</i> L.	<i>Triticum polonic.</i> L. " <i>Spelta</i> L.	<i>Triticum repens</i> L.	<i>Triticum vulg.</i> Vill. <i>Agropyrum gigant.</i> " <i>junceum</i> R. et Sch.	<i>Eremopyrum cristatum</i>
XII. Rottboelliaceae	<i>Nardus stricta</i> L.				
XIII. Andropogoneae			<i>Saccharum cylindricum</i>	<i>Sorghum saccharatum</i> (1 Mal herantretet.)	<i>Imperata saccharifera</i> <i>Erianthus Ravennae</i> <i>Sorghum Caffrorum</i> " <i>vulgare</i> (nach van Tiegh.) <i>Andropogon giganteus</i> <i>Eulalia japonica</i>

Itzniss des Xylems.

Cyperaceae.

Tribus.	Herantreten des Protoxylems an die Leitbündelscheide.	Unterbrochenes Herantreten.	Abwechselndes Herantreten und Geschiedensein.	Unterbrochenes Geschiedensein.	Geschiedensein des Protoxylems von der Leitbündelscheide.
Cariceae	<i>Carex filiformis</i> L. » <i>ampullacea</i> Good. » <i>Pseudocyperus</i> L. » <i>Drymeia</i> L. » <i>Oederi</i> Ehrh. » <i>fulva</i> Good. » <i>globularis</i> » <i>montana</i> L. » <i>limosa</i> L. » <i>vulgaris</i> Fr. » <i>caespitosa</i> L. » <i>stricta</i> Good. » <i>loliacea</i> L. » <i>stellulata</i> Good. » <i>teretiuscula</i> Good. » <i>chordorrhiza</i> Ehrh. » <i>Buxbaumii</i> (?) » <i>dioica</i> L. » <i>sparganioides</i> » (?)	<i>Carex hirta</i> L. » <i>rhynchophysa</i> » <i>hordeiformis</i>			<i>Carex brizoides</i> (nach van Tieghem)
Scirpeae	<i>Eriophorum</i> » <i>gracile</i> Koch. » <i>latifol.</i> Hoppe » <i>vaginatum</i> L. » <i>alpinum</i> L. <i>Scirpus</i> Savii » <i>lacustris</i> L. » <i>Baeothryon</i> » <i>sylvaticus</i> L. <i>Heleocharis</i> » <i>palustris</i> Brown » <i>acicularis</i> »				
Cyperae	<i>Cyperus</i> » <i>globosus</i> } Nach » <i>fuscus</i> } Duval- » <i>vegetus</i> } Jouve » <i>serotinus</i> }		<i>Cyperus elegans</i> L. » <i>rotundus</i> (nach Duval-Jouve)	<i>Cyperus flavescens</i> Nach Duval-Jouve tritt ¹ / ₁₀ aller Xylem- gefässe an die Leit- bündelscheide.	<i>Cyperus Papyrus</i> L. » <i>Ginge</i> L. » <i>Luzulae</i> Rottb. » <i>albostratus</i> Schr. » <i>alternifolius</i> » <i>japonicus</i> » <i>longus</i> L. (n. v. Tiegh. u. Duval-Jouve » <i>aureus</i> } Nach » <i>distachyos</i> } Duval- <i>Galilea mucronata</i> } Jouve.

Aus der Tabelle wird Jedem soviel hervorgehen, wenn man von den Uebergangsformen absieht, dass bei den Gramineen in der grösseren Hälfte der zur Untersuchung gekommenen Wurzeln das Xylem an die Leitbündelscheide tritt, in der kleineren Hälfte das Xylem von derselben durch das Pericambium geschieden wird. Dagegen zeigen bei den Cyperaceen die Carices und Scirpeen immer ein Herantreten des Xylems an die Leitbündelscheide, mit Ausnahme von *Carex hirta*, *C. rhynchophysa* und *C. hordeiformis*, bei denen auch nur ausnahmsweise ein Geschiedensein des Xylems von der Leitbündelscheide vorkommt, während die echten Cypergräser immer ein von der Steifungsscheide getrenntes Xylem haben.

Van Tieghem in seinen: «Recherches sur la symétrie de la structure des plantes vasculaires, Racine» pag. 145, kommt durch seine Untersuchungen der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln aber zu folgenden Schlussfolgerungen: «Les racines des Cyperacées possèdent donc la structure ordinaire, (d. i. die Structur der übrigen Monocotyledonen-Wurzeln mit der Bildung eines continuirlichen Pericambiumcylinders) et sont dépourvues du caractère particulier propre aux Graminées». Weiter unten heisst es: «mais chez les Graminées, elle (das Pericambium) est interrompue en face des lames vasculaires, et les radicelles, ne pouvant plus naître en regard des vaisseaux, se développent en face des faisceaux libériens etc.»

Wie schon in der Einleitung aufgezählt, hat van Tieghem sieben Gramineen, eine Cyperus- und eine *Carex*-Art zur Untersuchung gebracht und aus diesem wenigen Materiale gelangte er zu eben citirten Schlüssen, die um so gewagter erscheinen, wenn man in Betracht zieht, dass das Herantreten des Xylems an die Leitbündelscheide unter den Wurzeln der übrigen Monocotyledonen nie auftritt (*Sparganium?*). Von *Cyperus longus* und den von Duval-Jouve untersuchten vier Cyperus-Arten, deren Wurzeln das abnorme Stellungsverhältniss des Xylems zeigen, muss man ganz absehen, da ja die echten Cypergräser alle einen continuirlich fortgesetzten Pericambiumcylinder haben, aber dass für *Carex brizoides* ausnahmslos das Gegentheil von den nach meinen Beobachtungen normalen Verhältnissen der Carices gelten soll, erlaube ich mir sehr zu bezweifeln, zumal ich bei *Carex hirta*, *C. hordeiformis* und *C. rhynchophysa*, wo die abnorme Erscheinung des Nichtherangehens des Xylems an die Leitbündelscheide stattfindet, darin immer nur eine Unregelmässigkeit des Normalen sehen kann, da ja in demselben Leitbündel das Herantreten des Xylems an die Scheide in den Vordergrund tritt und das Geschiedensein nur ausnahmsweise geschieht. Leider konnte ich mir *Carex brizoides* auf keine Weise beschaffen, um an ihr Control-Untersuchungen anstellen zu können.

Von den untersuchten Gramineen, für die van Tieghem immer ein Herantreten des Xylems an die Leitbündelscheide angiebt, mit Ausnahme von *Paspalum Michauxianum*, wo er auch das Gegentheil beobachtete, habe ich, mit Ausnahme von *Secale cereale*, bei allen penjenigen, die sowohl von van Tieghem, als von mir untersucht wurden, immer Unregelmässigkeiten in der Xylembildung beobachtet. Man vergleiche nur *Zea Mays*, *Triticum vul-*

gare und vorzüglich Sorghum vulgare. Hier bei Sorghum habe ich nie ein Herantreten des Xylems an die Leitbündelscheide beobachtet, während van Tieghem für Sorghum die gleiche Bildung des Xylems wie für Zea angiebt, für die er immer ein unmittelbares Herantreten des Xylems behauptet.

Was die grossen Centralgefässe anlangt, so haben die Gramineen Poren- und Netzgefässe, die Cyperaceen dagegen Porenleitergefässe und selten Porengefässe.

Alles hier in diesem Abschnitte Besprochene hat nur Bezug auf die Hauptwurzeln, für die Nebenwurzeln beider Familien liessen sich in der Weise nicht Gesetze auffinden und Systeme aufstellen, ich verweise daher im Allgemeinen auf das im vorigen Abschnitte über die Nebenwurzeln Gesagte.

Alle Unterscheidungsmomente im anatomischen Bau der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln will ich der Uebersicht halber noch in folgender Tabelle zusammenfassen:

Tabelle zur Vergleichung des an

Gramineae.

Elemente.	Tribus I bis XII.	Tribus XIII.
Epidermis.	Epidermiszellen weitlichtiger .....	.....
Rinde.	<p>Bedeutende Entwicklung von Gallerte.</p> <p>Die Rinde, nach Typus I <i>a, b, c</i> und Typus II <i>a</i> gebildet, bleibt in ausgebildeten Entwicklungsstadien entweder persistent, oder schwindet ganz, oder die Rindenzellen collabiren radial.</p> <p>Das Auftreten einer äussersten Aussenrindenschicht mit weitlichtigen und zartwandigen Zellen (bei 12 Gattungen).</p> <p>Im Sclerenchym der Aussenrinde besonders ausgebildete Schichten mit sehr verdickten und stark lichtbrechenden Zellen.</p> <p>Das Sclerenchym der Innenrinde meist nur nach Innen verdickt.</p> <p>Rindenzellen im Verhältniss grösser</p>	<p>Rinde, nach Typ. II <i>a</i> gebildet schwindet ganz mit vorhergegangenen radialem Collabiren der Rindenzellen.</p>
Leitbündelscheide.	<p>Casparysche Punkte auf dem Querschnitt zu</p> <p>Die Stützscheidenzellen mit allen Verdickungsformen, mit meist deutlicher Schichtung und Tüpfelung.</p> <p>Steifungsscheide nur bei <i>Aira caespitosa</i> und <i>Bambusa arundinacea</i>.</p> <p>Unverholzte Stützscheidenzellen bei <i>Calamagrostis</i>.</p>	<p>Ausstülpungen in den Stützscheidenzellen mit Kieselerdeeinlagerungen.</p>

chem Baues der Wurzeln der

Cyperaceae.

Cariceae.	Scirpeae.	Cypereae.
epidermiszellen englichtiger .....	.....	.....
eringere Entwicklung von Gallerte. ....	.....	.....
ie Rinde, nur nach Typus IIb gebildet, persistirt, oder die Rinden - ellen collabiren tangential.	det, persistirt, oder die Rinden -	Die Rinde, nach Typus IIb gebildet, schwindet ganz mit vorherge- gangenem tangentialem Collabi- ren der Rindenzellen.
as Auftreten einer äussersten Aus- n, aber etwas verdickten Zellen ... ei 7 Arten.)	senrindenschicht mit weitlichti - (bei Scirpus allein.)	
as Sclerenchym der Aussenrinde eichförmig ausgebildet.		
as Sclerenchym der Innenrinde gleich	mässig verdickt.	2—5 Schichten des Innenscle- renchymms mit allseitig sehr ver- dickten und tangentialgestreckten Zellen.
indenzellen im Verhältniss kleiner. ....	.....	.....
glichen Schatten ausgezogen .....	.....	Casp. Punkte rundlich u. licht- brechend.
ützscheidenzellen langradialgestreckt ckt. (ausgenommen Heleocharis.) ..	und nur zum Leitbündel hin ver-	
	Steifungsscheide bei Heleocharis acicularis.	Immer Steifungsscheidenbildung (ausg. Cyp. japonicus).
	Unverholzte Stützscheidenzellen bei Scirpus silvaticus.	Steifungsscheidenzellen immer unverholzt.

Tabelle zur Vergleichung des a
Gramineae.

Elemente.	Tribus I bis XII.	Tribus XIII.
Mark.	Vorhanden bei Zea, Gynerium, Bambusa, dann bei Molinia, Calamagrostis und Cinna.	Vorhanden bei Saccharum, Imrata, Erianthus, Sorghum.
Leitzellen.	Im Verhältniss weitlichtiger. Auf Längsschnitten im Verhältniss weniger gestreckt. Leitzellen bleiben unverholzt bei Phleum, Phalaris, Glyceria und Calamagrostis.	
Pericambium.	Immer 2 grössere Zellen dem Phloem gegenüber. 4—7 Zellen zwischen den Xylemgruppen. Pericambiumzellen bleiben unverholzt bei Phleum, Glyceria, Phalaris u. Calamagrostis	Gleichförmig bei Saccharum u. Erianthus.
Phloem.	Eine Siebröhre mit 3—5 Phloemzellen Immer centripetale Entwicklung des Phloems.	
Xylem.	Immer mehr als ein Gefäss (ausgenommen Eleusine und Anthox.) und oft mit 2 Gefässen zugleich an die Leitbündelscheide. Bei der grösseren Hälfte geht das Xylem an die Leitbündelscheide; bei der kleineren Hälfte wird das Xylem von der Leitbündelscheide durch das Pericambium geschieden. Alternirendes Herantreten und Geschiedensein des bei Triticum repens, Chloris, und nach van Tiegh. bei Paspalum u. Tricholaena. Die mannigfaltigsten und unregelmässigsten Stellungenverhältnisse des Xylems. Centripetale Entwicklung des Xylems Ausgenommen: Glyceria, Holcus und Elymus. Die Centralgefässe sind meist Netz- und Porengefässe.	Immer geschieden. Xylems: bei Saccharum.

chen Baues der Wurzeln der

Cyperaceae.

Cariceae.	Scirpeae.	Cypereae.
Verhältniss englichtiger. Verhältniss mehr gestreckt. häufig unverholzt.	Heleocharis zartwandig.	Immer unverholzt.
gleichmässiger Verlauf des Pericambiums (Cyperus caespt., stricta, vulg. haben dem Pericambium gegenüber kleinere Zellen). 5 Zellen zwischen d. Xylemgruppen. häufig unverholzt.	Eriophorum und Heleocharis mit 1—3 Zellen.	.....
keine Siebröhre mit 5 — 10 Phloem immer centripetale Entwicklung des immer ein einziges Xylemgefäss Ausgenommen: C. limosa, hirta, Cyperophylla u. hordeiformis).	zellen. Phloems.	.....
immer herangetreten.	Immer herangetreten.	Immer getrennt (Duval-Jouve: 4 Ausnahmefälle). Alternirendes Herantreten bei Cyperus elegans.
immer regelmässige Stellungsverhältnisse des Xylems.	nisse des Xylems.	.....
immer centripetale Entwicklung des Xylems.....	Xylems.....	.....
die Centralgefässe sind meist Poren- leitergefässe.	leitergefässe. ....	.....

Das Resultat aller Untersuchungen vorliegender Arbeit kann man demnach in folgendem Satze zusammenfassen:

«Die Wurzeln der **Gramineen** haben bei radialem Collabiren der Innenrindenzellen und ungleichmässiger Bildung des Pericambiums zur Hälfte ein Herantreten, zur Hälfte ein Nichtherantreten des Xylems an die Leitbündelscheide; die Wurzeln der **Cyperaceen** haben dagegen bei tangenialem Collabiren der Innenrindenzellen, bei gleichförmiger Bildung des Pericambiums und bei kleinerem Bau des Leitbündels und der Zellen bei den *Cypereen* ein Nichtherantreten des Xylems an die Steifungsscheide, bei den *Cariceen* und *Scirpeen* aber ein unmittelbares Herantreten eines Xylemgefässes an die Stützscheide».



Erklärung der Tafeln.

Erklärung der Buchstaben und Abkürzungen.

Ar. = Aussenrinde.	pfl. = Phloem.
C. P. = Casparysche Punkte.	prpfl. = Protophloem.
Ep. = Epidermis.	pr. = Pericambium.
g. = Gefäss.	prx. = Protoxylem.
gl. = Leitzellen (Geleitzellen).	Q. = Querschnitt.
glr. = Gallerte.	R. = Rinde.
h. = Haar.	Sb. = Siebröhre.
ir. = Innenrinde.	schz. = Schutzscheide.
Ltb. = Leitbündel.	st. = Stützscheide.
Ltbg. = Leitbündelgewebe.	stf. = Steifungsscheide.
m. = Mark (centrale Parthie des Protomeristems).	X. = Xylem.

Die Figuren 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 sind mit Hülfe des Zeichnenprismas angefertigt worden. Die übrigen Abbildungen sind frei nach dem Object bei 450-facher Linearvergrößerung gezeichnet worden.

Tafel I.

- | | |
|---|--|
| <p>Fig. 1. Carex vulgaris Fr. Wurzelhaare (eine Zellschicht der Epidermis deckt den unteren Theil der Haare); h_3 normal entwickeltes Haar, h_1 und h_2 Haare mit Biegungen und Krümmungen und körnigem Inhalt, h_4 Haarmitscheinbarer Quertheilung.</p> | <p>Fig. 2. Carex stricta Good. a, b, c Wurzelhaare mit eingetrocknetem Inhalt; d und Carex vulgaris e, f, g Wurzelhaare mit scheinbarer Quertheilung durch Drehung und Schnitte veranlasst.</p> <p>Fig. 3. Milium effusum. L. Längsschnitt einer Schutzscheidezelle mit der Verdickungsfalte C. P.</p> |
|---|--|

- Fig. 4. **Stipa pennata**. L. Fortschreitende Entwicklung der Verdickungsleiste einer Schutzscheidezelle auf dem Querschnitt. Entwicklungsfolge nach den Buchstaben: *a* reine Schutzscheidezelle, *C. P.* Casparyscher Punkt; *d* fertige Stützscheidezelle mit Schichtung und Tüpfelung.
- Fig. 5. **Cyperus Ginge**. L. Längsschnitt einer Steifungsscheidezelle. Die Tüpfelung zum Leitbündel hin lebhafter.
- Fig. 6. **Phalaris arundinacea**. L. Längsschnitt einer Stützscheidezelle. Die Verdickung mit lebhafter Tüpfelung und schöner Schichtung nur nach Innen, zum Leitbündel hin, gerichtet; *x* Xylemgefäss, *ir* innerste Innenrindenzelle.
- Fig. 7. **Saccharum cylindricum**. Gestreifte Zellen der Aussenrinde.
- Fig. 8. **Saccharum cylindricum**. Gestreifte Zellen im Mark.
- Fig. 9. **Andropogon giganteus**. *a* Tangentialansicht macerirter jugendlicher Stützscheidezellen mit doppelten Reihen von Protuberanzen; *b* radialer Längsschnitt einer entwickelten Stützscheidezelle. Die Einlagerungen sind stark lichtbrechend.
- Fig. 10. **Erianthus Ravennae**. *a* Tangentialansicht macerirter jugendlicher Stützscheidezellen mit einfachen Reihen von Protuberanzen, um welche herum eine lebhafte Tüpfelung stattfindet; *b* radialer Längsschnitt einer entwickelten Stützscheidezelle mit unregelmässiger Bildung der Protuberanzen.
- Fig. 11. **Erianthus Ravennae**. Querschnitt von Stützscheidezellen mit dranstossenden Innenrindenzellen (*ir*) und Pericambiumzellen (*pr*).
- Fig. 12. **Elymus sabulosus**. Sieb. Querschnitt einer Stützscheidezelle mit zwei verschiedenen Schichtungssystemen.
- Fig. 13. **Setaria viridis**. Beauv. Querschnitt der Rinde; die äussere Schicht der Aussenrinde mit weitlichtigen Zellen, die innere mit bis zum Schwund des Lumens verdickten Zellen.
- Fig. 14. **Phragmites communis**. Trin. Q. Ausgebildetes Entwicklungsstadium einer Nebenwurzel 4. (?) Ordnung.
- Fig. 15. **Oryza sativa**. L. Q. Jugendliches Entwicklungsstadium, dem gewöhnlichen Aufbau entsprechend.
- Fig. 16. **Oryza sativa**. L. Q., älteres Entwicklungsstadium, den nur ein Mal beobachteten Fall einer dreischichtigen Aussenrinde zeigend. Radiales Collabiren der Innenrindenzellen.
- Fig. 17. **Poa nemoralis**. L. Q. Schematische Darstellung des Uebereinanderliegens der Innenrindenzellen.
- Fig. 18. **Carex caespitosa**. L. Q. Mittleres Entwicklungsstadium. Die Innenrindenzellen sind zum Theil collabirt, zum Theil im Collabiren begriffen, zum Theil noch erhalten und mit Stärke erfüllt. Die fortlaufenden Zahlen bezeichnen die einzelnen Zellschichten mit der innersten Innenrindenschicht beginnend.
- Fig. 19. **Lasiagrostis splendens**. Kunth. Querschnitt eines nicht ganz jungen Wurzeltheils, um die äusserst reichhaltige Schichtenfolge der Rinde zu zeigen; *a* Schutzscheide, *b—e* Innenrinde, *f—h* Aussenrinde, *i* Epidermis, *h₂* Haar.
- Fig. 20. **Lasiagrostis splendens**. Kunth. Querschnitt eines schon ausgebildeten Entwicklungsstadiums; Buchstaben wie in Fig. 19.

Tafel II.

- Fig. 21 *a*. **Heleocharis acicularis**. Brown. Q. Die eine Aussenrindenschicht besteht gleich der Epidermis aus weitlichtigen und unverdickten Zellen. Tangentiales Collabiren der Innenrindenzellen.
- Fig. 21 *b*. **Carex spec.?** (Unter dem falschen Namen *Andropogon bombicinus* geht im botanischen
- Garten zu Dorpat eine Pflanze, die dem Aeussern sowohl, als auch der innern Wurzelstructur nach entschieden eine Carexart sein muss; sie konnte bisher wegen Mangel an Blüthen nicht bestimmt werden). Entwicklung, Buchstaben und Zahlen wie in Fig. 18.
- Fig. 22. **Phragmites communis**. Trin. Q. Ausgebil-

	Seite.
4. <i>Innenrinde des Typus II</i>	15
<i>a.</i> Allgemeine Beschreibung	15
<i>b.</i> Das Collabiren der Rindenzellen	15
<i>c.</i> Eintheilung in Untertypen	15
<i>α.</i> II <i>a</i> : mit radialem Collabiren	15
<i>β.</i> II <i>b</i> : mit tangenialem Collabiren	15
5. <i>Aussenrinde des Typus IIa</i>	15
<i>a.</i> Gleichförmiges Sclerenchym	15
<i>b.</i> Auftreten einer weitlichtigen Rindenschicht	15
<i>c.</i> Auftreten einer englichtigen Rindenschicht	15
<i>d.</i> Aussenrinde ohne Sclerenchym	15
6. <i>Innenrinde des Typus IIa</i>	16
<i>a.</i> Die Rinde der Andropogoneen	16
<i>b.</i> Die Rinde von <i>Lasiagrostis splendens</i>	17
7. <i>Aussenrinde des Typus IIb</i>	17
<i>a.</i> Gleichförmiges Sclerenchym	17
<i>b.</i> Besondere sclerenchymatische Bildungen	18
8. <i>Innenrinde des Typus IIb</i>	18
<i>a.</i> Gewöhnliche Bildungen	18
<i>b.</i> Bei den Cypereen	18
Reactionen	19
Intercellularsubstanz	19
Farbstoff	19
Amylum	19
Krystalle	20
Rinde der Nebenwurzeln	20
Vergleich mit den Mutterwurzeln	20
Einzelbeschreibung	20
2. Leitbündelscheide	21
1. <i>Schutzscheide</i>	21
<i>a.</i> Entwicklung zur Leitbündelscheide	21
<i>b.</i> Casparysche Punkte	21
2. <i>Stützscheide</i>	22
<i>a.</i> Verholzen	22
<i>b.</i> Verdickung	22
<i>c.</i> Schichtung	22
<i>d.</i> Tüpfelung	22
<i>e.</i> Protuberanzen bei den Andropogoneen	23
<i>f.</i> Verdickungsformen der Zellen	24
3. <i>Steifungsscheide</i>	24
4. <i>Verhältniss der Zellen der Leitbündelscheide zur Innenrinde</i>	25
5. <i>Leitbündelscheide der Nebenwurzeln</i>	26
Nachtrag zur Rinde	27
Rindentabelle	28

C. Leitbündelgewebe.

Einleitung	30
1. Mark.	30
2. Leitzellen.	31
Vorkommen	31
Reaction, Verholzen, Nichtverholzen	32
3. Pericambium.	32
Kritisches	32
Bildung der Pericambiumzellen dem Phloem gegenüber	33
Bei den Nebenwurzeln	34
4. Phloem. ..	34
Entwicklung	34
Pentagonalzelle und Phloembestandtheile	35
5. Xylem.	36
Entwicklung	36
Zahl der Xylemgefäße	37
Uebersichtstabelle des Stellungsverhältnisses des Xylems	37
Unterstellungsverhältnisse	38
<i>a. Bei Herantreten des Xylems an die Leitbündelscheide.</i>	38
α. 1 Gefäß	38
β. 2—4 Gefäße	38
γ. 3—6 Gefäße	39
δ. Einzelbeschreibungen	39
<i>b. Bei Nichtherantreten des Xylems an die Leitbündelscheide.</i>	39
α. einschichtiges Pericambium	39
β. mehrschichtiges Pericambium	40
γ. Einzelbeschreibungen	40
<i>c. Alternirendes Herantreten und Geschiedensein des Xylems von der Leitbündelscheide.</i>	41
Verhältniss des gegenseitigen Verhaltens der Pericambiumzellen zum Xylem	41
Centripetale und centrifugale Entwicklung des Xylems	41
Centralgefäße	42
Xylem bei den Nebenwurzeln	44
Tabelle aller Stellungsverhältnisse des Xylems	46

Zweiter Abschnitt.

Vergleichung des anatomischen Baues der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln.

Einleitung	48
Vergleich der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln mit den Monocotyledonen	49
Einzelbeschreibung der Familien	49

	Seite.
1. Gramineen.....	50
2. Cyperaceen.....	51
Vergleich der einzelnen Elemente zwischen den Wurzeln der Gramineen und Cyperaceen.....	52
1. Grössenverhältnisse.....	52
2. Epidermis.....	52
3. Gallerte.....	52
4. Rinde.....	52
5. Leitbündelscheide.....	53
6. Leitzellen.....	54
7. Pericambium.....	54
8. Mark.....	54
9. Phloem.....	54
10. Xylem.....	55
Tabelle zur Vergleichung des Hauptstellungsverhältnisses des Xylems.....	56
Schlussfolgerungen.....	58
Tabelle zur Vergleichung der Gramineen- und Cyperaceen-Wurzeln.....	60

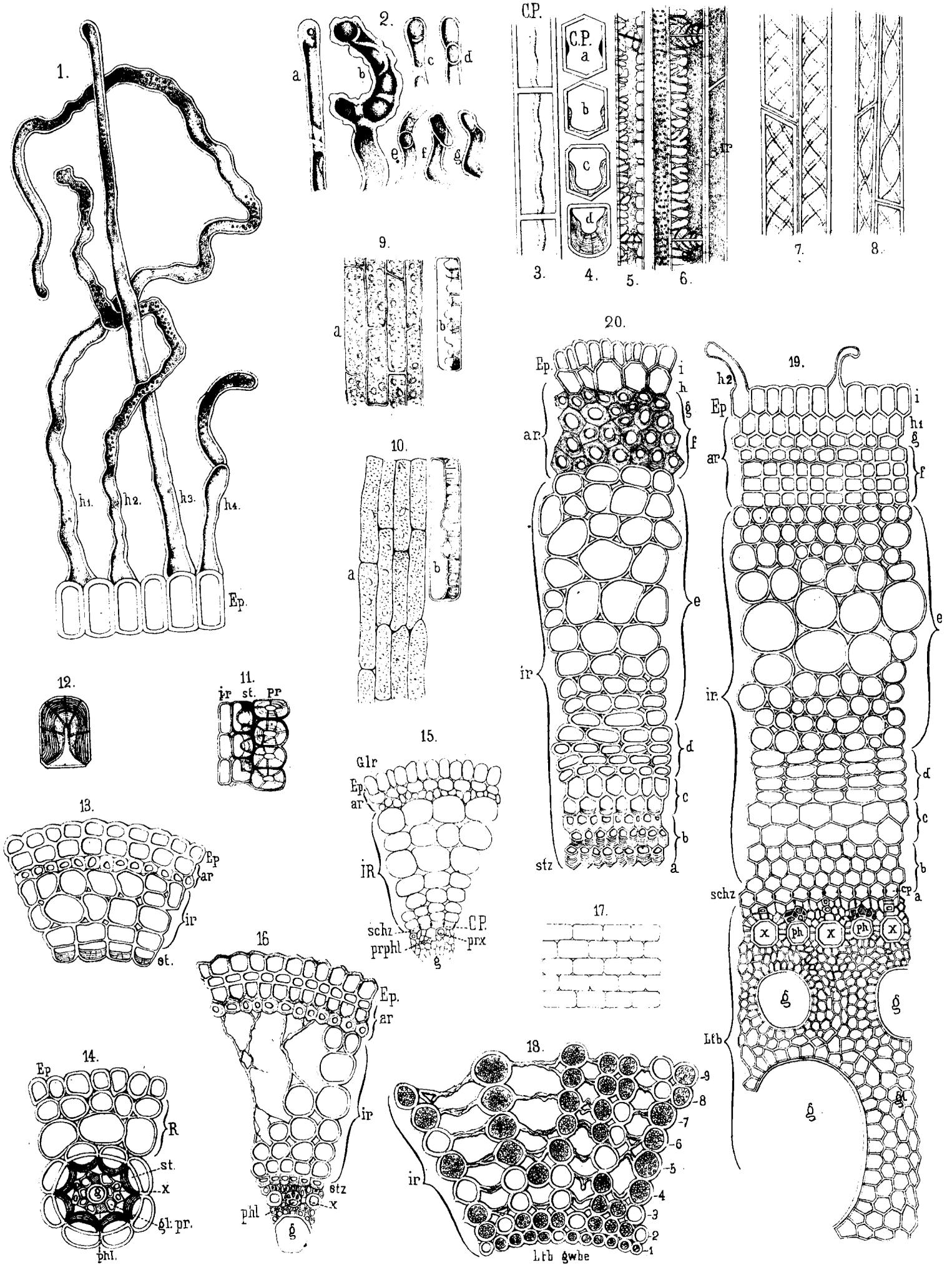
Corrigenda.

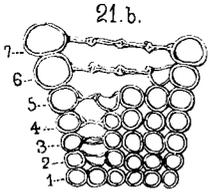
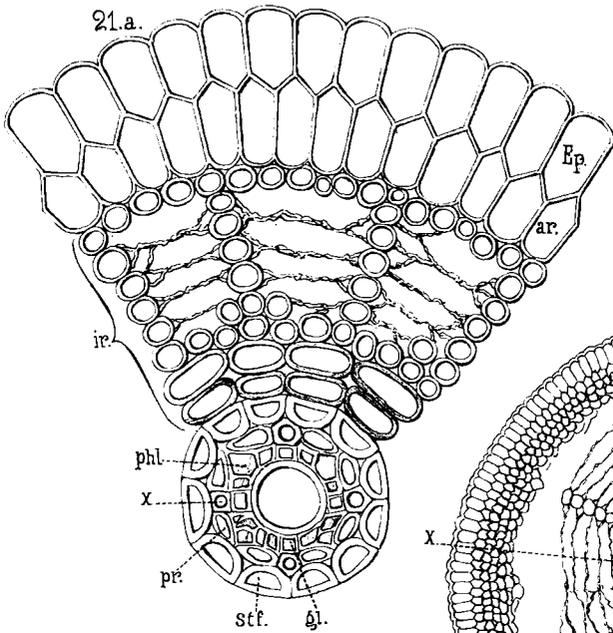
Pag. 32 die 3 letzten Zeilen, und pag. 33 die 2 ersten Zeilen, sind wie folgt zu lesen: aber dass er sich berechtigt glaubt für die übrigen Cyperaceen das Gegentheil anzunehmen, blos darauf hin, dass er bei nur einer untersuchten Cyperus-Art, dem *Cyperus longus*, das Inseriren dem Xylem gegenüber sah, finde ich mehr als gewagt, da bei den Carices und Scirpeen das Xylem ja immer an die Leitbündelscheide tritt.

Pag. 41 Zeile 18 von oben lies häufig statt hänfig
 » 42 » 14 » » » befinden » befindenz
 » 51 » 14 » » » zwischen » zwisehen

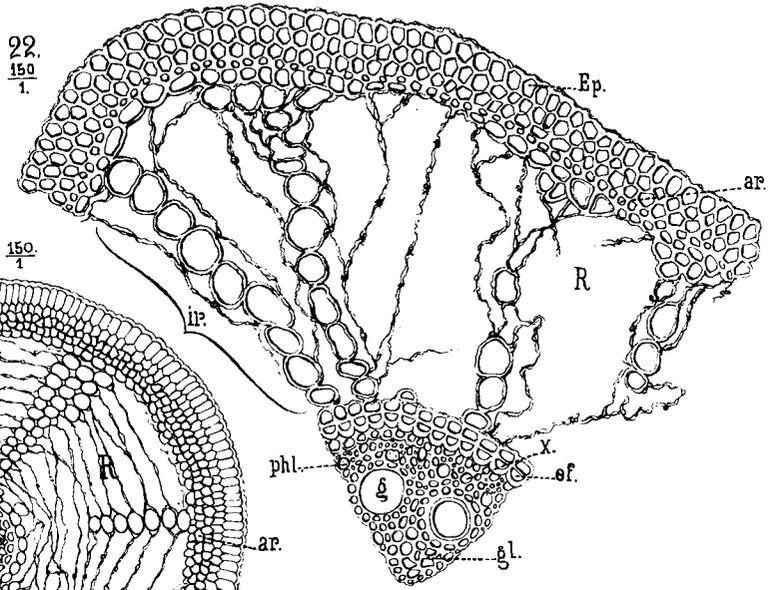
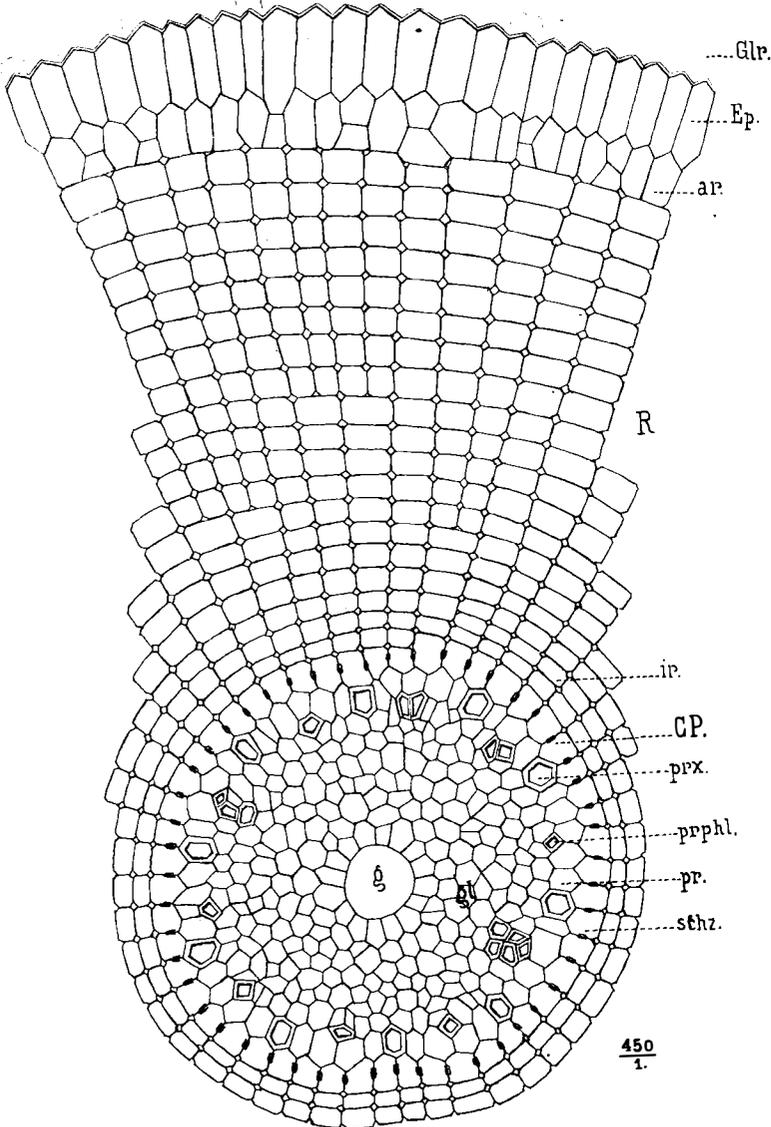
Thesen.

- 1) Das Wurzelstrangleitbündel ist als ein zusammengesetztes aufzufassen.
 - 2) Die als rein centripetal angenommene Entwicklung der Protoxylemgefäße in dem Wurzelstrangleitbündel erfährt Ausnahmen.
 - 3) Der Casparysche Punkt fehlt keiner Schutzscheidenzelle der Wurzel.
 - 4) Leitbündelgewebe, Grundgewebe und Hautgewebe sind genetisch nicht scharf von einander zu trennen.
 - 5) Der Flechtenthallus ist ein Mycelium, welches als Parasit von einer Alge ernährt wird.
 - 6) Die endemischen Pflanzen werden in demselben Maasse zahlreicher, als die Hindernisse ihrer Verbreitung wachsen.
 - 7) Das Verdienst Linné's ist überschätzt worden.
 - 8) Es giebt keinen Unterschied zwischen Pflanzen und Thieren.
-

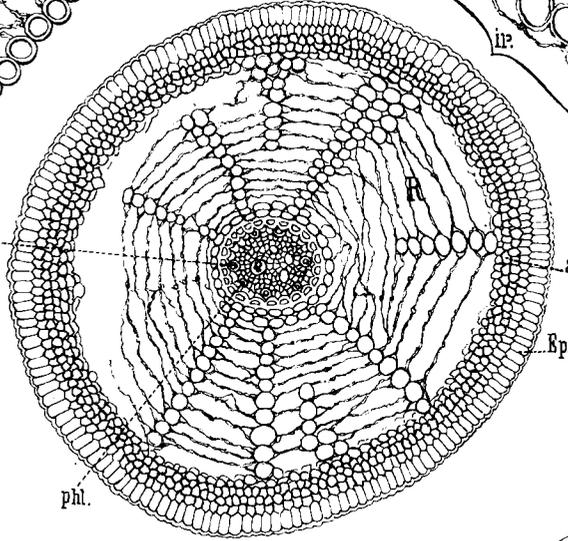




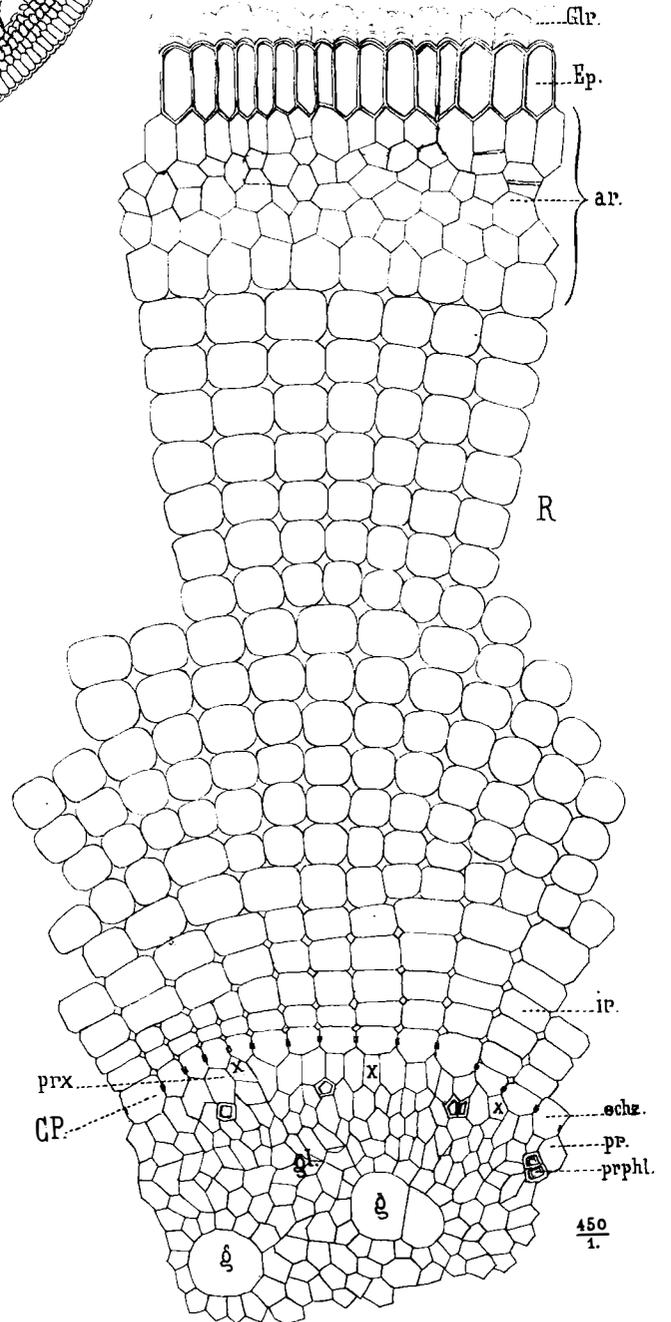
25.



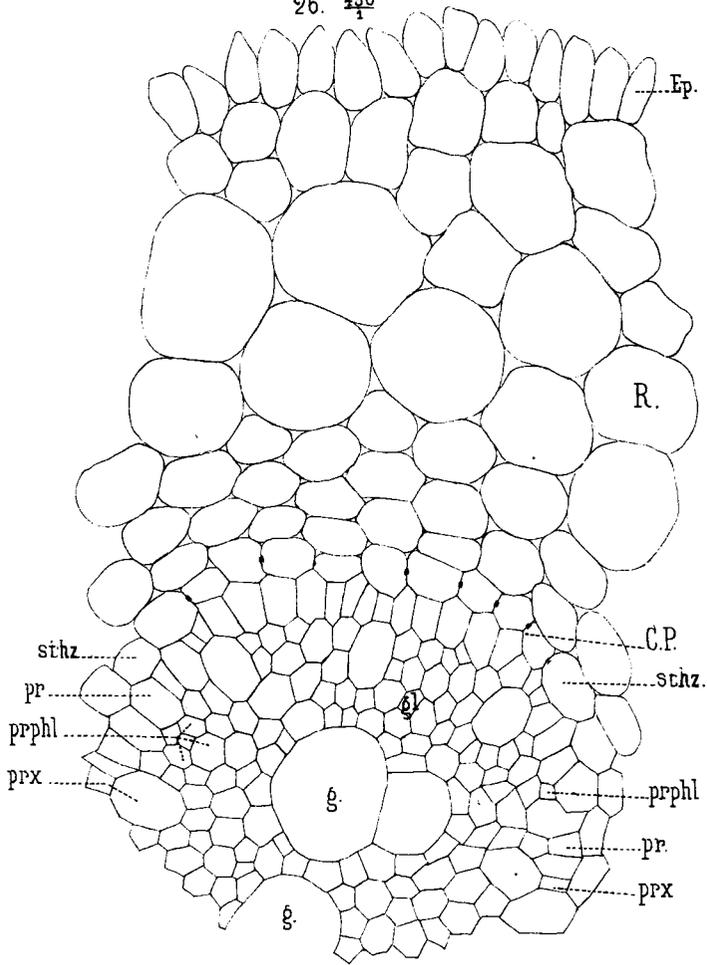
23. 150
1.



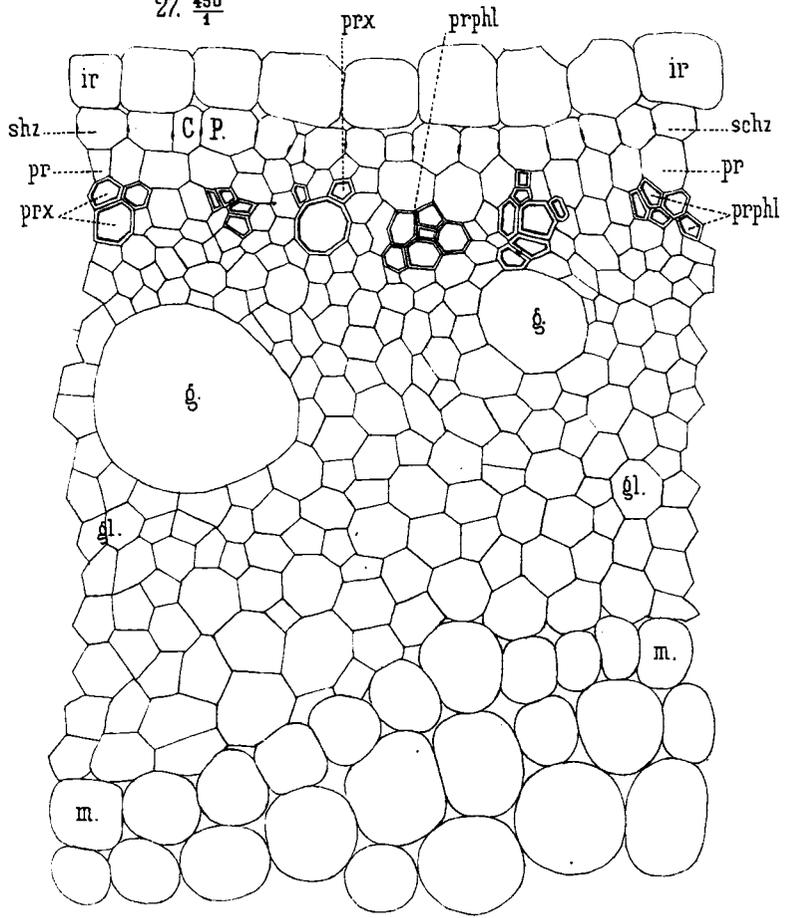
24.



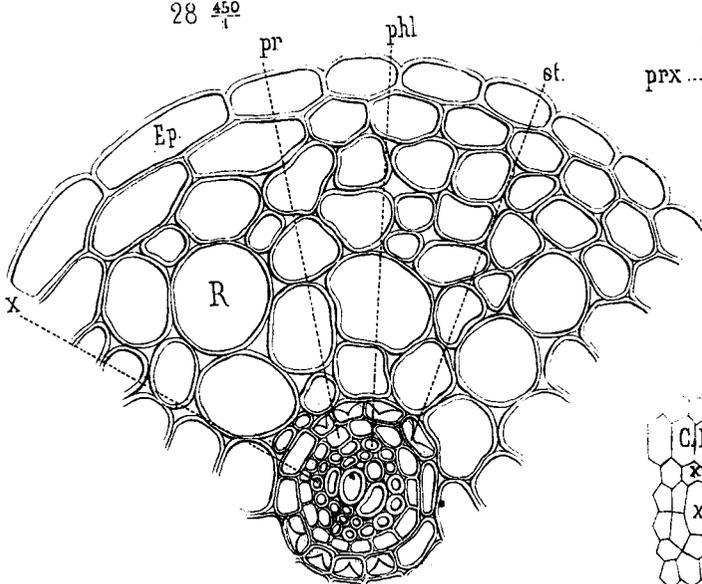
26. $\frac{450}{1}$



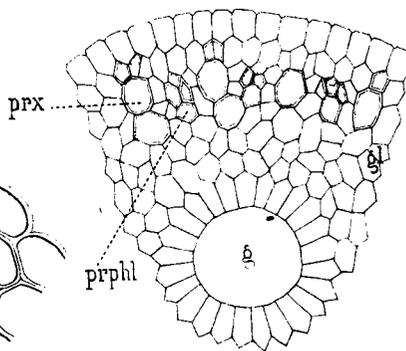
27. $\frac{450}{1}$



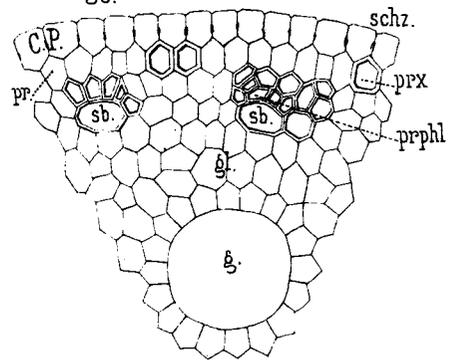
28. $\frac{450}{1}$



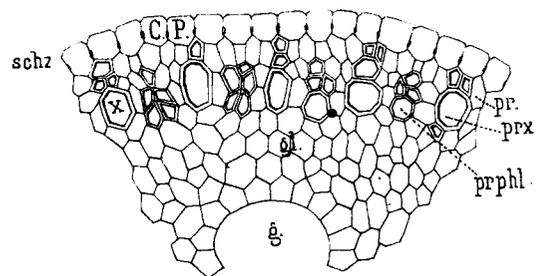
29.



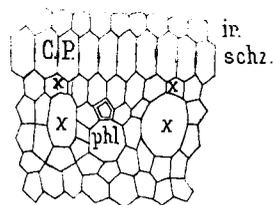
30.



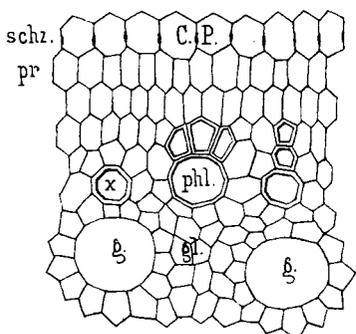
32.



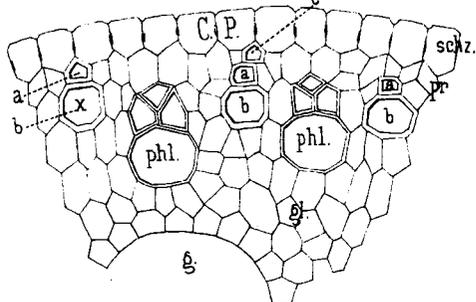
31.



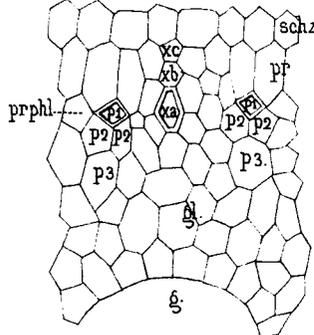
33.



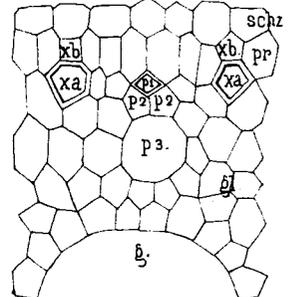
34.



35.



36.



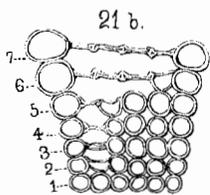
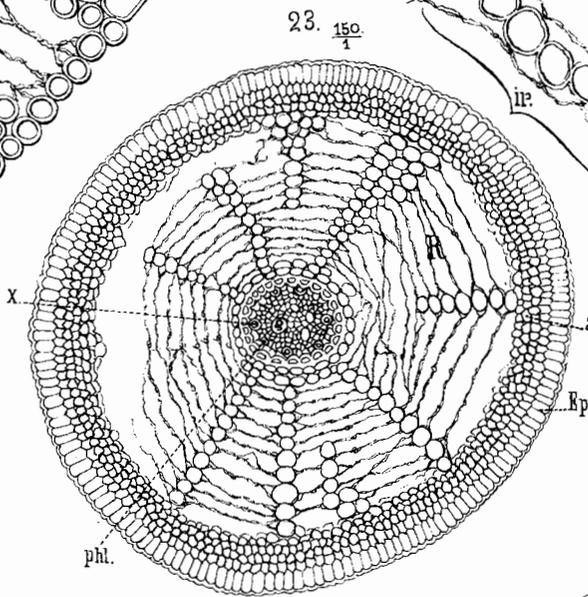
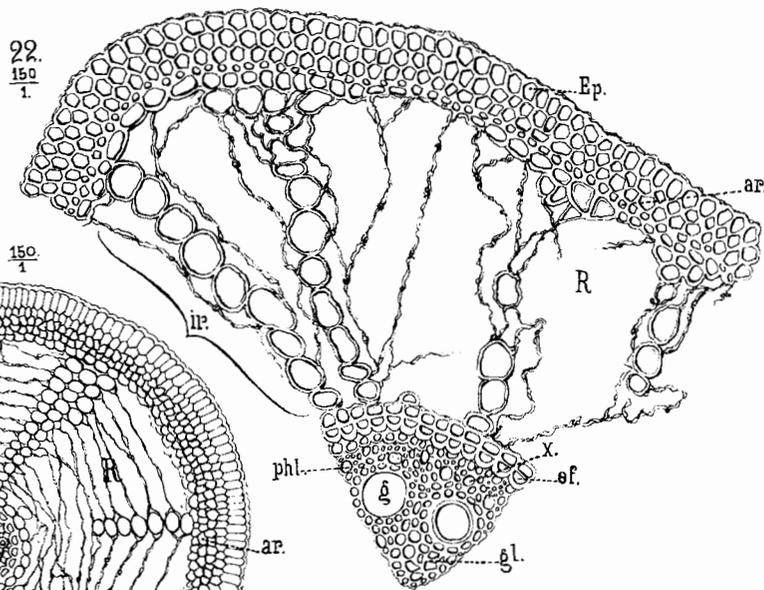
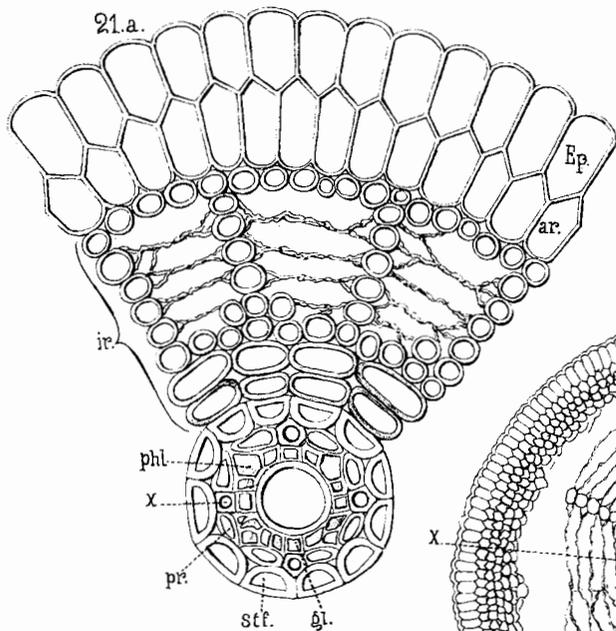
BEKANNTMACHUNG

der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.

Als im Jahre 1847, bald nach Rückkehr des Herrn Dr. A. Th. von Middendorff von seiner sibirischen Reise, seitens der Akademie der Wissenschaften die Herausgabe seiner Reisebeschreibung in deutscher Sprache begann, wurde, einfacherer Berechnung wegen, für jeden Band derselben, ohne Rücksicht auf seinen Umfang und die Zahl der in ihm enthaltenen Tafeln, ein förmig der Preis von 5 Rub. 40 Kop. (6 Thlr.) bestimmt. Gegenwärtig kann das Werk, ungeachtet einer Lücke im zweiten Bande, als vollendet betrachtet werden, und zwar enthält dasselbe 16 Lieferungen, die zu 4 Bänden zusammengestellt sind. Da jedoch der Inhalt des Werkes ein sehr mannigfaltiger und fast jede der Lieferungen einer besonderen Specialität gewidmet ist, so hat die Akademie, um die verschiedenen Theile des Werkes den betreffenden Fachgelehrten zugänglicher zu machen, die Bestimmung getroffen, dass von nun an wie die Bände so auch die Lieferungen einzeln im Buchhandel zu haben sein sollen, und zwar zu den folgenden, nach Umfang und Zahl der Tafeln normirten Preisen.

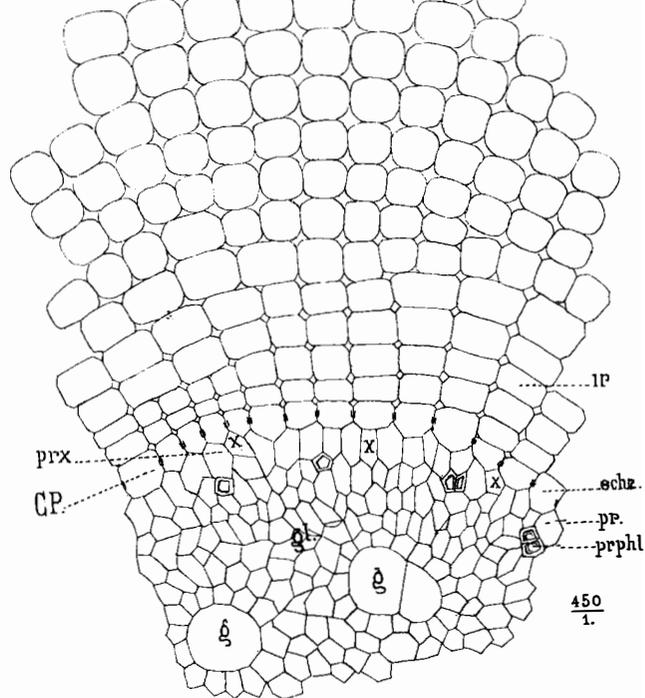
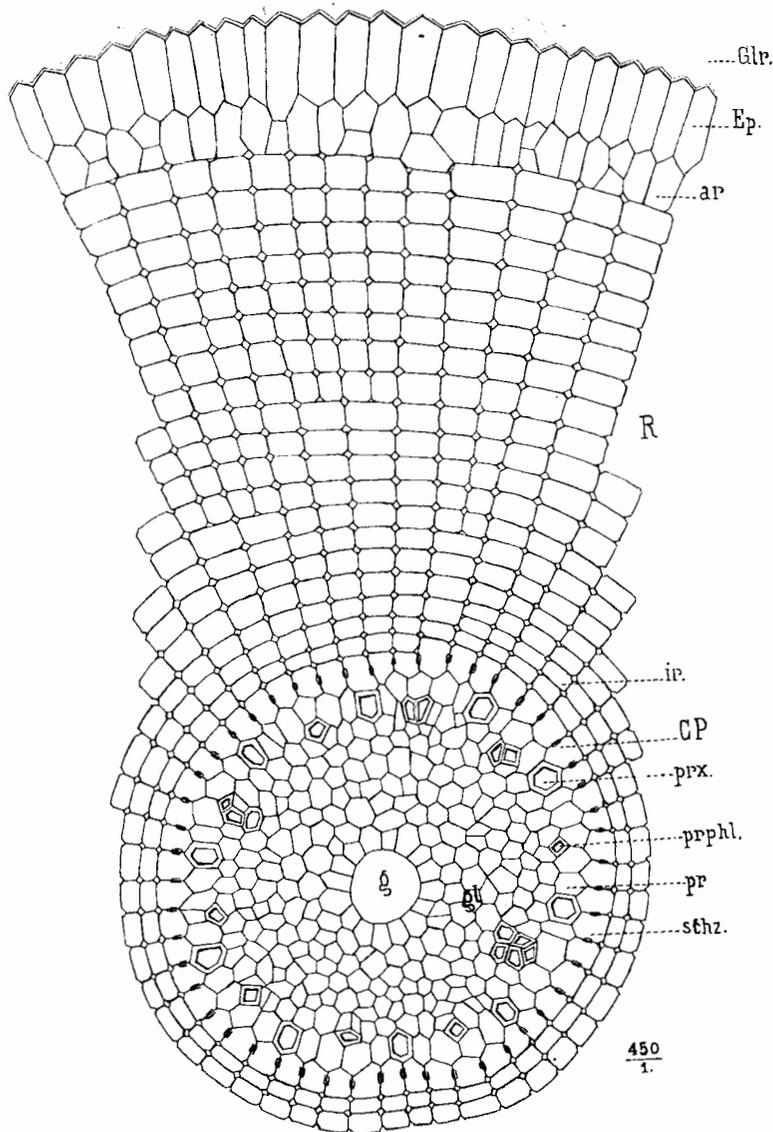
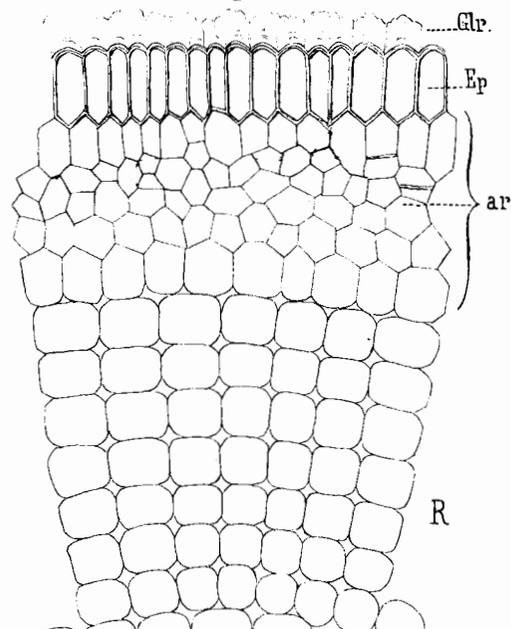
Dr. A. Th. v. Middendorff's Reise in den äussersten Norden und Osten Sibiriens während der Jahre 1843 und 1844 mit Allerhöchster Genehmigung auf Veranstaltung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg ausgeführt und in Verbindung mit vielen Gelehrten herausgegeben. 4 B^{de} in 4^o (1847 -- 1875).

	Silber.		Reichsm.	
	Rbl.	К.	Mrk.	Pf.
Bd. I. Th. I. Einleitung. Meteorologische, geothermische, magnetische und geognostische Beobachtungen. Fossile Hölzer, Mollusken und Fische. Bearbeitet von K. E. von Baer, H. R. Göppert, Gr. von Helmersen, Al. Graf. Keyserling, E. Lentz, A. Th. v. Middendorff, W. v. Middendorff, Johannes Müller, Ch. Peters. Mit 15 lith. Tafeln. 1848. LVI u. 274 S.	3	45	11	50
Bd. I. Th. II. Botanik. Lf. 1. Phaenogame Pflanzen aus dem Hochnorden. Bearbeitet von E. R. v. Trautvetter. 1847. Mit 8 lithogr. Tafeln. IX u. 190 S.	2	25	7	50
Lf. 2. Tange des Ochotskischen Meeres. Bearb. von F. J. Ruprecht. 1851. Mit 10 chromolithogr. Tafeln. (Tab. 9 — 18.) S. 193 — 435.	3	95	13	20
Lf. 3. Florula Ochotensis phaenogama. Bearbeitet von E. R. v. Trautvetter und C. A. Meyer. Musci Taimyrenses, Boganidenses et Ochotenses nec non Fungi Boganidenses et Ochotenses in expeditione Sibirica annis 1843 et 1844 collecti, a fratribus E. G. et G. G. Borszczow disquisiti. Mit 14 lithogr. Tafeln. (19—31.) 1856. 148 S.	2	45	8	20
Bd. II. Zoologie Th. I. Wirbellose Thiere: Annulaten. Echinodermen. Insecten. Krebse. Mollusken. Parasiten. Bearbeitet von E. Brandt, W. F. Erichson, Seb. Fischer, E. Grube. E. Ménétrières, A. Th. v. Middendorff. Mit 32 lith. Tafeln. 1851. 516 S. (Beinahe vergriffen.)	7	35	24	50
Th. II. Lf. 1. Wirbelthiere. Säugethiere, Vögel und Amphibien. Bearb. von Middendorff Mit 26 lithogr. Tafeln. 1853. 256 S. (Vergriffen.)	6	35	21	20
Bd. III. Ueber die Sprache der Jakuten. Von Otto Böntlingk. Th. I. Lf. 1. Jakutischer Text mit deutscher Uebersetzung. 1851. 96 S.	—	80	2	70
Lf. 2. Einleitung. Jakutische Grammatik. 1851. S. LIV u. 97—397.	2	30	7	70
Th. II. Jakutisch-deutsches Wörterbuch. 1851. 184 S.	1	40	4	70
Bd. IV. Sibirien in geographischer, naturhistorischer und ethnographischer Beziehung. Bearbeitet von A. v. Middendorff. Th. I. Uebersicht der Natur Nord- und Ost-Sibiriens. Lf. 1. Einleitung. Geographie und Hydrographie. Nebst Tafel II bis XVIII des Karten-Atlases. 1859. 200 S. und 17 Tafeln des Atlases.	3	15	10	50
Lf. 2. Orographie und Geognosie. 1860. S. 201—332. (Vergriffen.)	1	10	3	70
Lf. 3. Klima. 1861. S. 333—523 u. XXV.	1	70	5	70
Lf. 4. Die Gewächse Sibiriens. 1864. S. 525—783 u. LVI.	2	45	8	20
Th. II. Uebersicht der Natur Nord- und Ost-Sibiriens. Lf. 1. Thierwelt Sibiriens. 1867. S. 785—1094 u. XIII.	2	50	8	30
Lf. 2. Thierwelt Sibiriens (Schluss). 1874. S. 1095—1394.	2	30	7	70
Lf. 3. Die Eingeborenen Sibiriens (Schluss des ganzen Werkes). 1875. S. 1395—1615. Mit 16 lith. Tafeln.	3	25	10	80



25

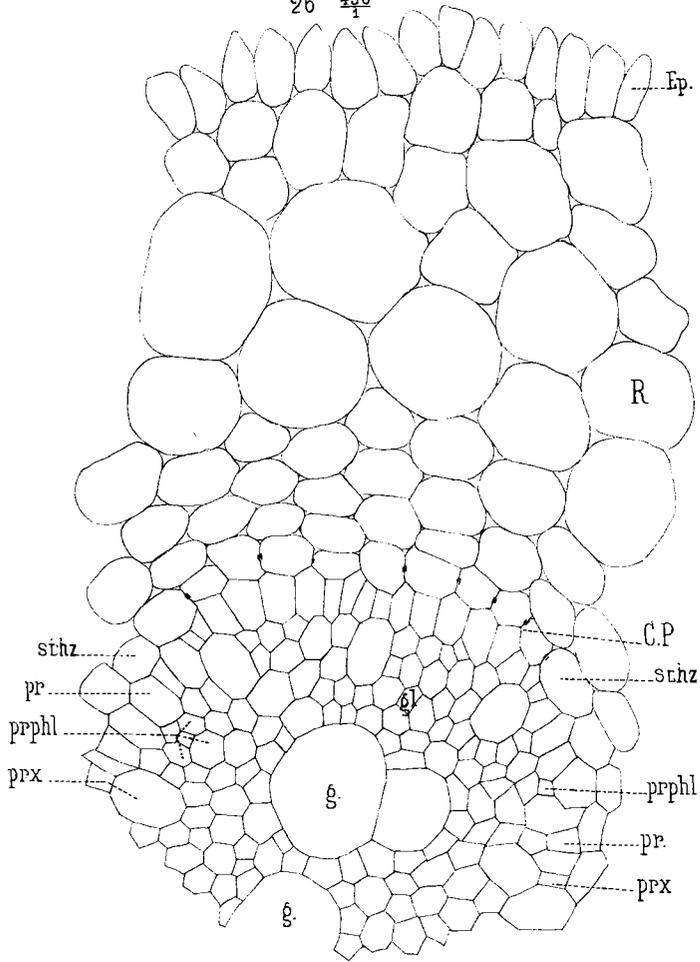
24.



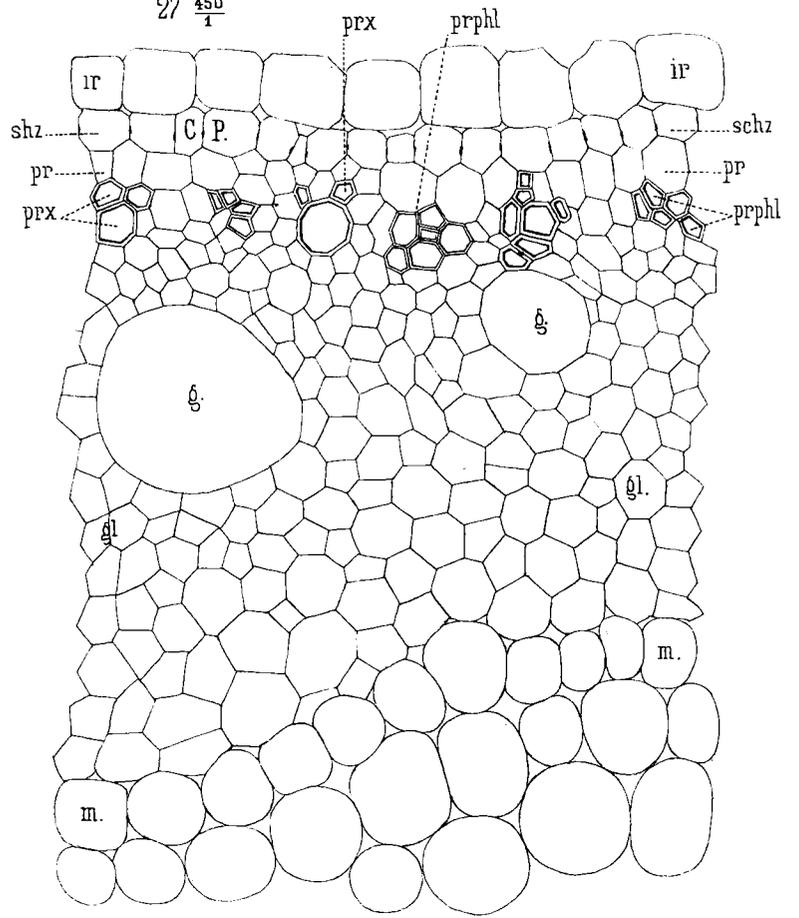
450/1.

450/1.

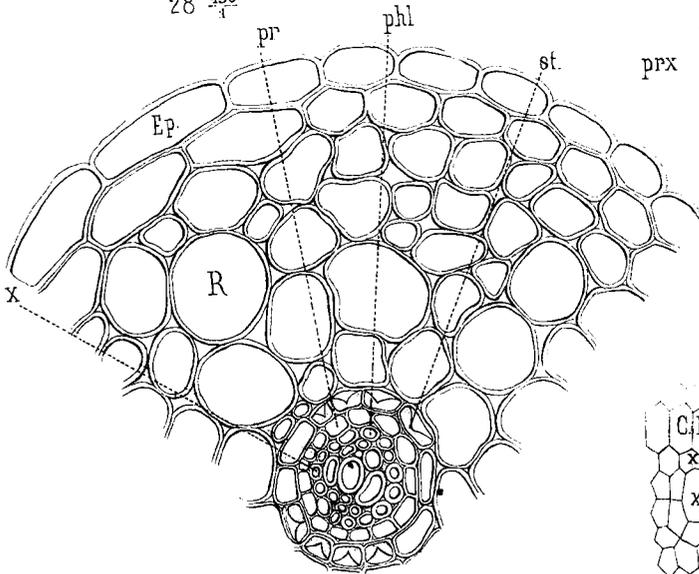
26 $\frac{450}{1}$



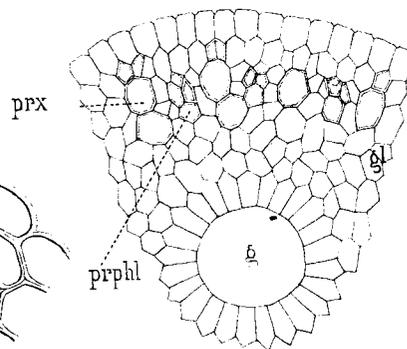
27 $\frac{450}{1}$



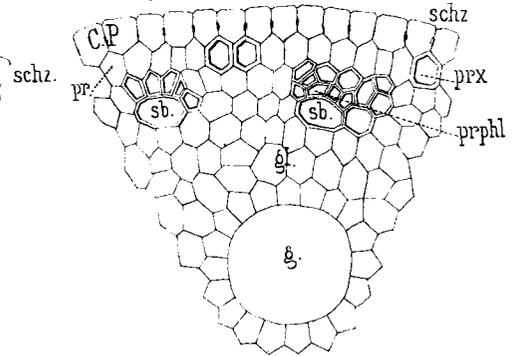
28 $\frac{450}{1}$



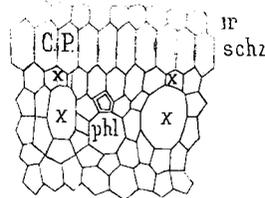
29



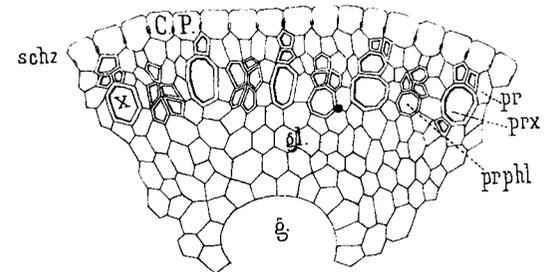
30.



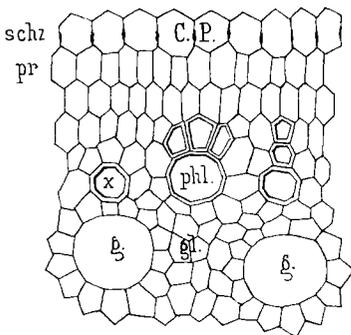
31



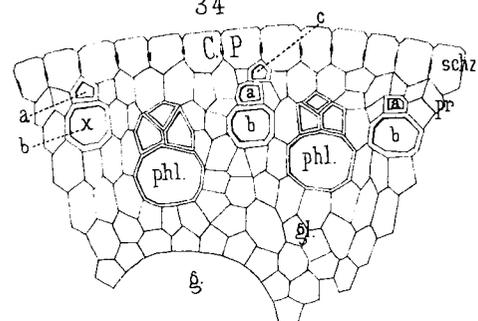
32



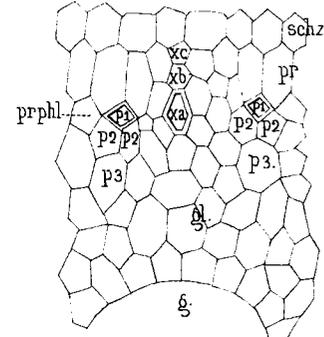
33



34



35



36

