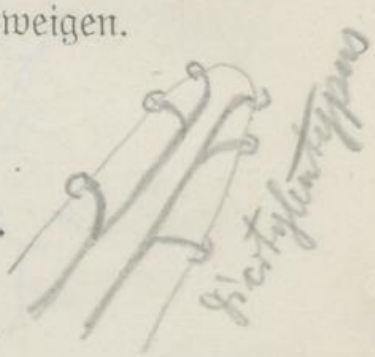
und in das Blatt einzutreten. Da sich hier die Gefäßbündel sehr frühzeitig teilen und dann lange Strecken verlaufen, ohne sich wieder zu teilen oder zu vereinigen, so erscheint das Maschenwerk viel lockerer als bei den Dikotyledonen. Bei den Monokotyledonen mit stengelumfassenden Blättern treten die Gefäßbündel im ganzen Umkreis des Stammes in die Blätter.

In die Blätter treten meist mehrere Gefäßbündel, die zusammen in der Mittelrippe verlaufen, um entweder selbst in die Nerven des Blattes abzubiegen, oder Abzweigungen zu entsenden. Selten tritt nur ein Gefäßbündel in das Blatt, welches sich dann in der Blattspreite verzweigt. Unverzweigt bleiben z. B. die Gefäßbündel in den Nadeln der Koniferen.

Am einfachsten ist der Gefäßbündelverlauf in den Wurzeln; hier bilden sie einen zentralen Zylinder, von welchem aus die Gefäßbündel der Nebenwurzeln einfach abzweigen.



3. Kapitel.

Anatomie des Stammes.

a. Die primären Gewebe.

Die Entwicklung der Pflanze geht von den Vegetationspunkten aus, wo hauptsächlich eine rasche Zellteilung und die Anlage der Organe erfolgt. Bei den Phanerogamen wird die Spitze des Vegetationskegels durch eine Gruppe von Zellen eingenommen, Scheitelzellgruppe, bei den meisten Pteridophyten durch eine einzige Zelle, die Scheitelzelle. Die von diesen Zellen durch Teilung abgeschnittenen Tochterzellen teilen sich gewöhnlich noch mehrfach und bilden, solange sich noch keine Differenzierungen zwischen ihnen bemerkbar machen, ein sehr kleinzelliges, plasmareiches Gewebe, das Meristem. Dabei verlaufen die Zellwände deutlich in zwei aufeinander senk-

rechten Richtungen, einmal parallel mit der Peripherie des Organes, periklin, und dann senkrecht zur Oberfläche, antiklin. Bald aber macht sich in den verschiedenen Schichten eine verschiedene Entwicklung der Zellen bemerkbar; aus der äußersten Zellschicht, dem Dermatogen, entsteht die Epidermis; die darauf folgenden Zellschichten, vier oder mehr an der Zahl, bilden das Periblem, aus welchem sich die Rinde entwickelt;

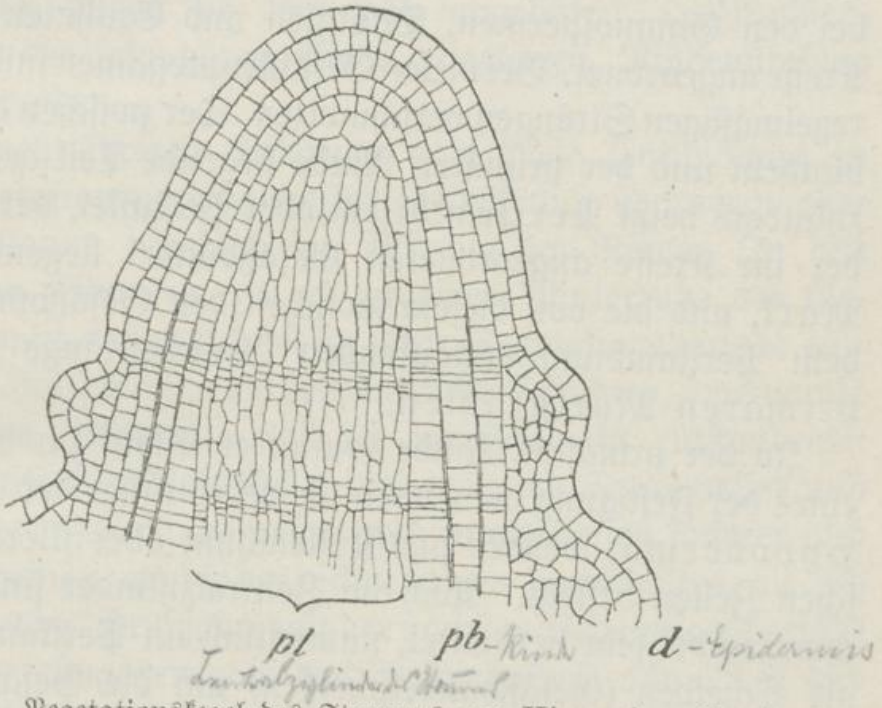


Fig. 47. Vegetationskegel des Stammes von Hippuris vulgaris. d Dermatogen, pl Plerom, pb Periblem.

der innerste Teil, oft nur von einer unter dem Scheitel liegenden Zelle ausgehend, bildet das Plerom, den späteren Zentralzylinder des Stammes. Oft sind diese drei Schichten deutlich voneinander abgegrenzt, manchmal aber gehen sie so ineinander über, daß man zwischen Dermatogen und Periblem oder zwischen diesem und dem Plerom keine Grenze ziehen kann.

Die unter der Epidermis liegenden Zellschichten enthalten häufig Chlorophyll; sie werden dann als primäre Rinde

bezeichnet. Gegen das darunter liegende Gewebe des Zentralzylinders grenzt sich die primäre Rinde zuweilen durch eine besonders ausgebildete Zellschicht ab, welche, wenn ihre Querwände teilweise verkorkt sind und an diesen Stellen dunkel erscheinen, als Endodermis, wenn ihre Zellen mit Stärke reich angefüllt sind, als Stärkescheide bezeichnet wird. In dem Zentralzylinder liegen die Gefäßbündel bei den Monokotyledonen ohne besondere Anordnung zerstreut im Grundgewebe, bei den Gymnospermen, Dikotylen und Equiseten in einem Kreise angeordnet. Bei vielen Gefäßkryptogamen sind sie zu unregelmäßigen Strängen verschmolzen. Der zwischen den Gefäßbündeln und der primären Rinde liegende Teil des Zentralzylinders heißt Perikambium oder Perizykel, der innerhalb der im Kreise angeordneten Gefäßbündel liegende ist das Mark, und die von diesem zwischen den Gefäßbündeln nach dem Perikambium verlaufenden Gewebsstränge bilden die primären Markstrahlen.

In der primären Rinde kommt es öfters zur Ausbildung eines der Festigung dienenden Gewebes unter der Epidermis, Hypoderma, welches aus Kollenchym oder sklerenchymatischen Zellen besteht. Auch im Zentralzylinder sind Sklerenchymbündel sehr verbreitet, namentlich im Perikambium und als Scheiden (Gefäßbündelscheiden) um die Gefäßbündel.

b. Nachträgliches Dickenwachstum. (secundär).

Bei den Gymnospermen und den Dikotyledonen kommt es dadurch zu einem nachträglichen Dickenwachstum des Stammes, daß das Kambium der Gefäßbündel erneut in Tätigkeit tritt und auch zwischen den einzelnen Gefäßbündeln ein sekundäres oder Folgemeristem, das Interfascikularkambium, entsteht. Das Kambium der Gefäßbündel bildet schließlich mit dem Interfascikularkambium ein geschlossenes Gewebe, aus

welchem nach innen zu fortgesetzt Gefäße, nach außen Siebzellen abgeschieden werden. Auf diese Weise entsteht das sekundäre Xylem und das sekundäre Phloem (sekundäre Rinde). Die Zellen des sekundären Xylems und Phloems sind denen in den primären Gefäßbündeln gleich und wie diese langgestreckt. Dazwischen kommen parenchymatische Zellen in radial verlaufenden Zügen zur Entwicklung, welche den Markstrahlen ähneln und, soweit sie dem Holz angehören, Holzstrahlen, soweit sie der sekundären Rinde angehören, Rindenstrahlen genannt werden.

Bei mehrjährigen Pflanzen geht diese Entwicklung in jeder Vegetationsperiode weiter; gewöhnlich überwiegt aber die Holzbildung erheblich die Bildung der Rinde. In den gemäßigten Klimaten, wo es zu einer Winterruhe der Gewächse kommt, lassen sich die in jeder Vegetationsperiode entstandenen Holzschichten als konzentrische Schichten, sogenannte Jahresringe, erkennen, weil die im Frühjahr entstandenen Holzelemente (Frühjahrsholz) viel größeren Durchmesser und viel dünnere Zellwände haben und infolgedessen lockerer und heller erscheinen, als die des dickwandigen Herbstholzes, die sich scharf gegen das Frühjahrsholz der nächsten Vegetationsperiode abgrenzen. Dagegen geht das Frühjahrsholz allmählich und ohne scharfe Grenze in das Herbstholz derselben Vegetationsperiode über. In den Tropen, in denen das Wachstum oft annähernd gleichmäßig das ganze Jahr über andauert, sind auch oft keine Jahresringe zu erkennen. Das ältere, dunkler gefärbte, dichtere und härtere innere Holz wird als Kernholz von dem Splint, dem helleren, weicheren äußeren Holze unterschieden. Manche Bäume, z. B. Linde, Tanne, lassen einen Unterschied zwischen Kernholz und Splint nicht erkennen.

Bei den Monokotyledonen und Gefäßkryptogamen findet ein nachträgliches Dickenwachstum des Stammes durch Neu-

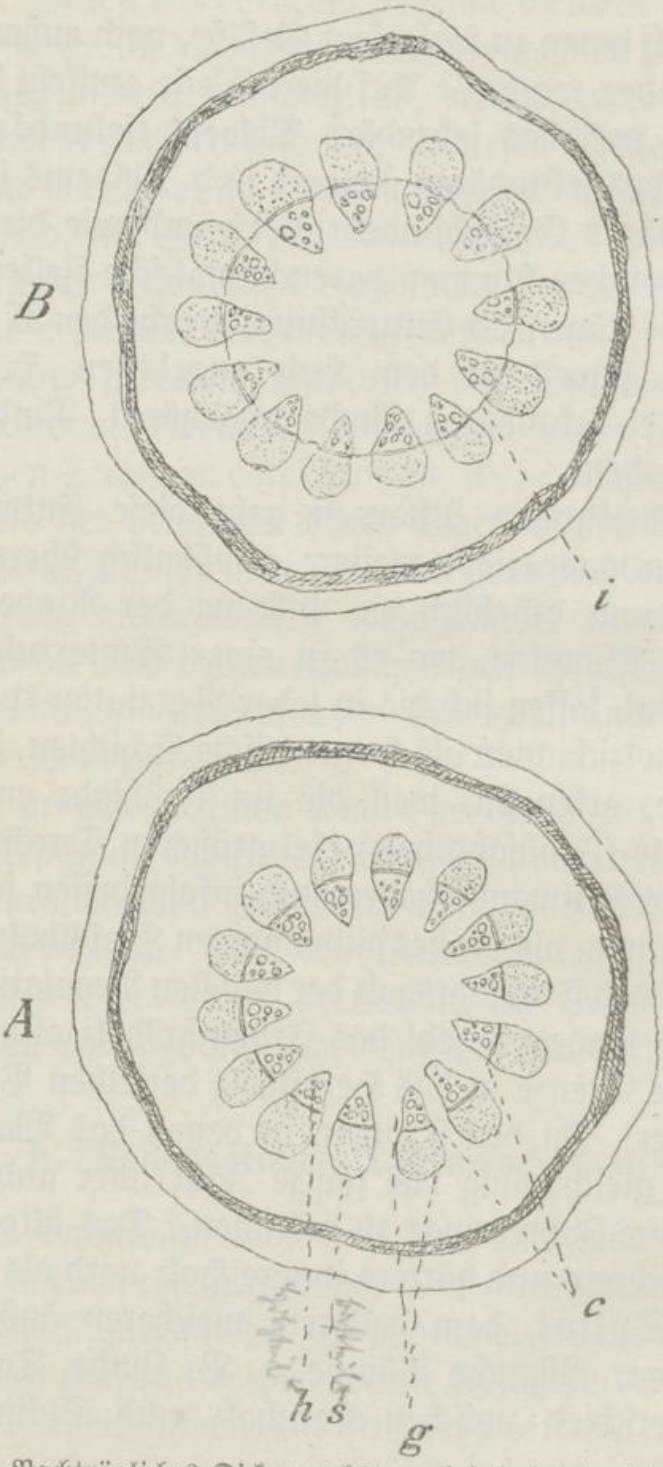


Fig. 48. Nachträgliches Dickenwachstum bei Aristolochia Sipho. A Interfascikularkambium noch nicht ausgebildet. B Interfascikularkambium ausgebildet. g Gefäßbündel, h Gefäßteil, s Siebteil, c Fascikularkambium, i Interfascikularkambium. Schwach vergrößert.

bildung von Zellen (Xylem und Phloemteilen) nicht statt, sondern ein Dickenwachstum ist nur insoweit möglich, als sich die Zellen selbst vergrößern; es kommt also hier überhaupt nicht zur Ausbildung sekundärer Gewebe.

Eine Ausnahme hiervon machen die baumartigen Liliaceen (Dracäna, Cordilyne, Yucca). Hier entsteht in einer um die äußersten Gefäßbündel liegenden Schicht des Grundgewebes, dem Perikambium, ein Folgemeristem, in welchem sich fortlaufend neue geschlossene Gefäßbündel bilden, während das dazwischen liegende Gewebe zu sekundärem Grundgewebe wird.

Abweichend von dem Typus bei Dikotyledonen und Gymnospermen erfolgt das Dickenwachstum bei Gnetum, Cykadeen, Chenopodiaceen, Amarantaceen, Nyktagineen usw., bei denen der zuerst normal entstandene Kambiumring nur eine begrenzte Tätigkeit entfaltet und dann durch einen neuen, im Perikambium entstandenen ersetzt wird, der nach einiger Zeit durch einen dritten ersetzt wird u. s. f. Bei den Piperaceen entstehen auch stammeigene Gefäßbündel, die z. B. bei Peperomia nicht miteinander durch einen Kambiumring verbunden werden. Bei manchen Sapindaceen (Serjana) bilden sich im Stamme mehrere getrennte, durch dünne sekundäre Rinde vereinigte Holzkörper aus, deren jeder einzelne ganz wie ein normaler Stamm gebaut ist. Die Zahl solcher „Stämme im Stamm" kann 3—5 betragen. Eine derartige Entwicklung findet sich nicht selten bei den tropischen Lianen.

Bei Tecoma radicans bildet sich ein Gefäßbündel im Mark, getrennt von den übrigen Gefäßbündeln; auf der Außenseite liegt das Xylem, auf der Innenseite das Phloem; eine Cambialzone sorgt für die weitere Entwicklung. Bei den anderen Bignoniaceen und den Malpighiaceen wird der Holzkörper durch parenchymatische Gewebsschichten in verschiedene isolierte Schichten getrennt. Dieses parenchymatische Gewebe verdankt seinen Ursprung einer lebhaften nachträglichen Zellvermehrung

in den Markstrahlen und den die Gefäßbündel transversal durchziehenden Holzparenchymschichten.

In einzelnen Fällen (Wurzeln von Polygala Senega) erfolgt das Dickenwachstum nicht ringsum, sondern nur einseitig, während es auf der anderen Seite ganz fehlt.

4. Kapitel.

Anatomie der Wurzel.

Ähnlich wie beim Stamm nimmt auch die Entwicklung der Wurzel ihren Ursprung in einem Vegetationspunkt, an dessen Spitze bei den Phanerogamen eine Scheitelzellgruppe, bei den Gefäßkryptogamen eine dreiseitige pyramidale Scheitelzelle liegt. Diese Zellen scheiden aber nicht nur wie beim Stamm nach innen, sondern auch nach außen Zellen ab. Aus den ersteren entwickelt sich ähnlich wie beim Stamm Dermatogen, Periblem und Plerom, aus den letzteren aber entsteht eine den Vegetationspunkt umgebende und schützende Wurzelhaube (Fig. 49). Die Wurzelhaube ist überhaupt das Merkmal, welches jeder Wurzel gegenüber dem Stamm zukommt. Bei vielen Wurzeln entsteht die Wurzelhaube aus einer besonderen, vom Vegetationspunkt nach außen abgeschiedenen Zellschicht, dem Kalyptrogen. In anderen Fällen gehen Dermatogen und Wurzelhaube aus einer gemeinsamen Zellschicht am Vegetationspunkt hervor. Bei den Gymnospermen ist eine Gliederung am Scheitel nur insofern bemerkbar, als sich das Plerom deutlich von dem übrigen Gewebe abhebt, eine Unterscheidung von Kalyptrogen, Dermatogen und Periblem aber nicht möglich ist.

Die primären Gewebe der Wurzel sind zum Teil nicht unwesentlich anders geordnet als die des Stammes. Die Epidermis besitzt keine Spaltöffnungen, dagegen sind ihre Zellen