

Anatomie der Wurzel-, Stengel- und Rübenbildung von
Oelraps und Steckrübe
(*Brassica Napus L. var. oleifera* und *var. napobrassica*).
Von HANS SOEDING (Hamburg)

VORWORT.

Sind *Brassica napus v. oleifera*, der Raps, und *Brassica napus v. napobrassica*, die Steckrübe, durch irgendwelche durchgreifenden und prinzipiellen Unterscheidungsmerkmale getrennt, oder aber bestehen nur graduelle Unterschiede zwischen diesen beiden Pflanzen? Ist in irgend einem Stadium der Entwicklung ein wenn auch noch so geringes durchgreifendes und prinzipielles Unterscheidungsmerkmal vorhanden, oder aber, verläuft die Entwicklung beider Pflanzen vollkommen gleichsinnig, und bestehen die Unterschiede zwischen beiden Pflanzen nur darin, dass die eine in erster Linie nach der einen, die andere nach der andern Richtung variiert? Diese Frage bildet die Haupt- und Grundfrage der vorliegenden Arbeit; sie soll durch anatomische Untersuchung beantwortet werden. Da Raps und Steckrübe im morphologischen Bau von Blatt und Blüte übereinstimmen und dem entsprechend auch im anatomischen Bau dort keine Unterschiede zu erwarten sind, wurde die anatomische Untersuchung auf Wurzel und Stengel beschränkt, in deren Bau sich Raps und Steckrübe morphologisch ja ausserordentlich unterscheiden.

Den Anlass zu dieser Arbeit gab ein Problem, das die angewandte Botanik seit langer Zeit beschäftigt, die Frage nach der Möglichkeit der Unterscheidung der Raps- und Steckrübenpflanze. Da die Samen selber auf keine Weise sicher unterscheiden werden können, so stellte mir Herr Prof. Dr. VOIGT, Direktor des Institutes für angewandte Botanik in Hamburg, die Frage, ob es nicht möglich sei, die nach Aussaat des Samens erhaltenen jungen Pflanzen zu unterscheiden. Diese Frage, ob und in welchem Alter die jungen Raps- und Steckrübenpflanzen unterschieden werden können, bildet eine Spezialfrage der vorliegenden Arbeit.

I. EINLEITUNG.

Wohl keine andere Pflanzengattung hat so vielfältige Verwendung im Haushalte des Menschen gefunden, wohl von keiner sind so viele Kulturrassen entstanden wie von der Gattung *Brassica*. Als Arzneipflanze dient *Brassica nigra* den Menschen; Raps - *Br. napus v. oleifera* - und Rüben - *Br. campestris v. oleifera* - liefern Öl, unzählige Kohlfermen - *Br. oleracea* - dienen den Menschen zur Speise. Rübenarten - *Br. napus v. napobrassica* und *Br. campestris v. rapifera* - werden als Viehfutter verwandt. In aller Erinnerung ist noch der Steckrüben-Winter 1916-17, wo die Steckrübe, *Br. napus v. napobrassica*, uns die schlimmsten Ernährungsnoten mit überwinden half. - Indische *Brassica*-Arten endlich kommen als Ölsaaten in grosser Menge nach Deutschland, um bei uns auf Öl verarbeitet zu werden. In besonders grossem Umfange eingeführt wird die Saat von *Br. napus v. dichotoma* Prain, Tori, Indian Raps, Indischer Raps, daneben Saat von *Br. napus v. glauca* (Roxb.) O. & Schulz (= *Br. campestris L. v. Sarson* Prain, *Br. campestris L. v. glauca* Watt), Sarson, Indian Colza oder Guzerat-Raps. Der bei der Ölgewinnung aus diesen Saaten zurückbleibende Futterkuchen dient der Landwirtschaft als wertvolles Futtermittel. In vielen Fällen und je nach der Herkunft sind diese indischen Saaten auch gemischt mit Samen der folgenden Art, *Br. integrifolia* O. & Schulz (= *Br. juncea* Hook. fil. et Thoms.) stammend aus Indien (besonders Begalen) und Sareptasen, von der in Russisch-Vorderasien verbreiteten und besonders an der unteren Wolga kultivierten *Br. juncea* Czernjajew et Cosson (= *Br. Besseriana* And.)

stammend, enthalten scharfes Senföl, das ihre bei der Ölgewinnung zurückbleibenden Rückstände als Futtermittel unbrauchbar macht.

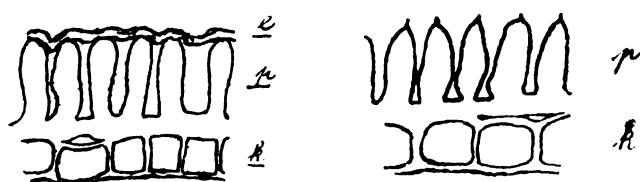
Die wichtigste Ölpflanze und zugleich vielleicht diejenige Art des Genus *Brassica*, welche die meisten und mannigfältigsten Kulturformen erzeugt hat, ist *Br. napus*. Bei uns werden 4 Formen gebaut: der Sommer-Raps (*Br. napus v. annua*), der Winter-Raps (*Br. napus v. oleifera*), der Schnittkohl (*Br. napus v. pabularia*) und die Steckrübe (*Br. napus v. napobrassica*). - Der Winter-Raps ist unsere wichtigste einheimische Ölpflanze, seltener wird der Sommer-Raps gebaut; der Schnittkohl, eine krausblättrige Form, wird als Frühjahrsgemüse gezogen. In zahllose Kulturrassen zerfällt die während des Krieges so bekannt gewordene Steck- oder Kohlrübe.

Ausser diesen einheimischen gibt es noch mehrere indische Formen. Besonders bekannt sind d. vorhin als wichtige Ölpflanzen erwähnten Formen *Br. napus v. dt-chotoma* *Prain* und *Br. napus v. glauca* (*Roxb.*) *O. & Schulz*. Ebenfalls in den Formenkreis *Br. napus* gehört nach O. E. SCHULZ (1) *Br. chinensis* *L.*, der chinesische Kohl, der sich allerdings im anatomischen Bau nach DE CORDEMOY (2) vom *Brassica*-Typus entfernt. Er wird in Ostasien viel gebaut, ähnelt einem Weisskohl und ist zugleich Gemüse- und Ölpflanze.

Von Interesse ist es nun, etwas über die Heimat und den Ursprung dieser Pflanzen zu erfahren, die dem Menschen so unentbehrlich geworden sind. Fossile Cruciferen-Funde sind fast unbekannt (3). Ihre grösste Verbreitung finden die Kreuzblütl er im trockenen und sonnigen Mittelmeer-Gebiet, und hier ist auch die Heimat der meisten Kulturpflanzen unter ihnen. Im einzelnen berichtet O. E. SCHULZ (4) das folgende über ihren Ursprung. Rettich und Radieschen sind aus den beiden in den westlichen Mittelmeer-Ländern vorkommenden Arten *Raphanus maritimus* und *R. Iandra* hervorgegangen. Die Kulturformen des Kohls stammen von verschiedenen im Mediterrangebiet vorkommenden, einander nahe verwandten *Brassica*-Arten ab. An der englischen und französischen Küste sowie auf Helgoland kommt *Br. oleracea* auch wild vor, und auch diese wilde Form ist an der Entstehung der Kulturrassen mit beteiligt. Raps und Rübsen sind in Algerien und den benachbarten Mittelmeerlandern heimisch und dort alte Kulturpflanzen. - *Brassica chinensis* hat ihre Heimat und fast ausschliessliche Verbreitung in Ostasien.

Eine andere Frage als die nach der Herkunft und Entstehung der Kulturrassen stellt sich jedoch der angewandten Botanik, besonders den Samen-Kontrollstationen. Mit Hilfe des Mikroskops gelingt es zwar leicht, durch Samen-Querschnitte einen Samen von *Brassica oleracea* von *Br. napus* und *Br. campestris* zu unterscheiden, der Geübte unterscheidet auch noch die Samen von *Br. napus* und *Br. campestris* (Fig. 1 und 2) von einander (5, 6), dagegen ausgeschlossen, obwohl unzählige male versucht,

ist es, die einzelnen Untergruppen dieser beiden Formenkreise im Samen zu erkennen. Und doch hat dieser letzte Fall praktische Bedeutung, indem den Samen-Kontrollstationen Saatgut von *Br. napus* bzw. *Br. campestris* vorgelegt wird mit der Frage, ob es sich um Rübsen- oder Ölsaft handele, ob also Raps- bzw. Rübsen-Saat oder Steckrüben- bzw.



Querschnitt durch die Samenschale: 1. des Winterr-Rapses. e = Epidermis, p = Palissadenschicht, k = Kleberschicht; 2. des Winter-Rübsens. (die Epidermis ist weggerissen).

Wasserrüben-Saat vorliege. Nun sind zwar allgemein die Körner der Winter-Raps-Saat dicker als die der Steckrüben-Saat, ebenso wie auch die des Rübsens dicker, als die der Wasserrüben, doch schwankt die Korngrösse sehr, sodass man vielleicht wohl ein besonders grosses Korn mit einiger Wahrscheinlichkeit als Raps erkennen, aber über die Reinheit einer vorgelegten Probe kein Urteil fällen kann. Ebenso ist auch die Ölsaft, namentlich der Raps, oft etwas bläulicher in der Farbe als die zugehörige Rübsensaat, wie besonders die Wasserrüben mit der Farbe stark

ins Rote gehen. Ferner ist die Ölsaft in der Färbung häufig einheitlicher, die Ribensaft bunter, indem die Färbung der einzelnen Körner mehr variiert. Indessen sind diese Unterschiede sehr den Schwankungen unterworfen und, wie die Verschiedenheiten in der Korngrösse, nicht durchgehend. Auch das spezifische Gewicht der Samen kann nicht zur Unterscheidung dienen. Makroskopisch kommt man also ebenso wenig wie mikroskopisch zum Ziele, wenn es sich darum handelt, zu entscheiden, ob eine vorliegende Probe aus reiner Öl- oder Ribensaft oder aus einem Gemisch besteht. Auch garantiert reine Proben von Öl- bzw. Ribensaft lassen sich mit völliger Sicherheit nicht auseinander halten. Wenn es nun also nicht möglich ist, Raps bzw. Rübsen und Steckrüben bzw. Wasserrüben im Samen mit Sicherheit zu erkennen, so erhebt sich die Frage: Lässt sich vielleicht an der Keimpflanze oder wenigstens an der jugendlichen Pflanze ein Unterschied zwischen Öl- und Ribensaft feststellen? Diese Frage soll nun für den Raps und die Steckrübe in der vorliegenden Arbeit behandelt und wenn möglich beantwortet werden. - Von den beiden Formen des Rapses wurde nur der Winter-Raps untersucht, da einwandfreies Saatgut von Sommer-Raps nicht zur richtigen Zeit zu beschaffen war.

Bekanntlich sind die jungen Raps- und Steckrüben-Pflanzen einander sehr ähnlich, während die ausgebildete Steckrübe sich äusserlich sehr vom Raps unterscheidet durch den Besitz der "Rübe", an deren Bildung Teile der Wurzel, das ganze Hypokotyle Stengelglied und die untern Internodien des Stengel teilnehmen. Wie verhalten sich nun diese beiden so nahe verwandten Pflanzen anatomisch? Wie bildet sich anatomisch die äusserlich normale Wurzel des Rapses und die dicke "Rübe" der Steckrübe? Welche Übereinstimmungen und welche Verschiedenheiten bestehen? Die Beantwortung dieser Fragen, die vergleichend-anatomische Untersuchung der Stengel-, Wurzel- und Rübenbildung des Rapses und der Steckrübe sei der Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Des näheren sei dabei auf die Frage, die sich vorhin stellte, eingegangen: Wann und wie lassen sich die Keimpflanzen oder wenigstens die jugendlichen Pflanzen von Raps und Steckrübe unterscheiden?

II. DIE ENTWICKLUNG DER JUNGEN PFLANZEN BIS ZUM ALTER VON SIEBEN WOCHEN.

Wie ist nun die Keimpflanze von *Brassica napus* gebaut und ergeben sich etwa bereits Anhaltspunkte, um die Unterscheidung von Rüben- und Ölsaft durchzuführen? Zur Beantwortung dieser Fragen wurde ein Querschnitt durch den unteren Teil des

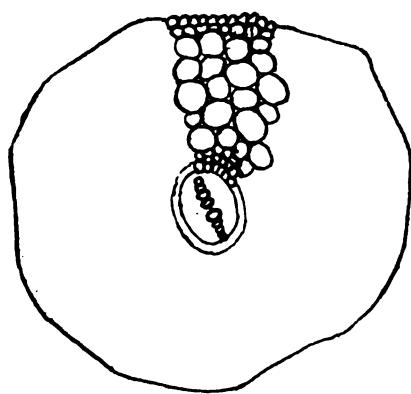


Fig. 3. Querschnitt durch den unteren Teil des Hypokotyls eines 6 Tage alten Winter-Rapses.

Linie die Sorte "Hamburger Markt", daneben auch rotköpfige Rutabaga, Bangholm u. Pommersche Kanne untersucht.

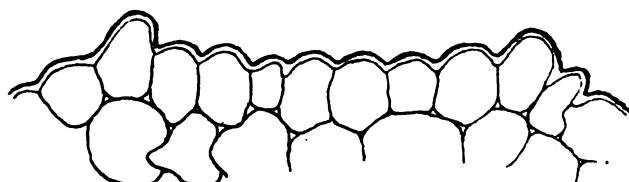


Fig. 4. Epidermis des Winter-Rapses aus dem unteren Teil des Hypokotyls einer 10 Tage alten Pflanze.

Hypokotyl eines jungen, etwa eine Woche alten Winter-Rapses untersucht.

Die von mir untersuchten Pflanzen stammen alle aus Samen, der von der Firma ERNST & v. SPRECK-ELSEIN, Hamburg, geliefert wurde. Von den zahlreichen Spielarten der Steckrübe wurden in erster

Eine Woche alte Pflanzen. Unterer Teil des Hypokotyls.

Ein Querschnitt durch den unteren Teil des Hypokotyls zeigt in der Mitte des Stegels liegend den Zentralzylinder (Fig. 3) umgeben von 6 bis 7 Zellschichten Rindenparenchym, das nach aussen von der Epidermis abgeschlossen wird. Diese (Fig. 4, 5, 6) besteht aus Zellen, die auf dem Querschnitt bald mehr quadratisch, bald mehr rechteckig erscheinen. Aufsichtsbild und Radialschnitt zeigen ihre langgestreckte Gestalt. In der Mitte ist meist die grösste Breite, die Enden sind vielfach schräg abgeschnitten. Das Rindenparenchym, das, wie der Zentralzylinder, etwas Chlorophyll führt, besteht aus Zellen, die nach der Epidermis und dem Zentralzylinder zu kleiner werden und etwa im halben Radius des Stengels ihre grösste

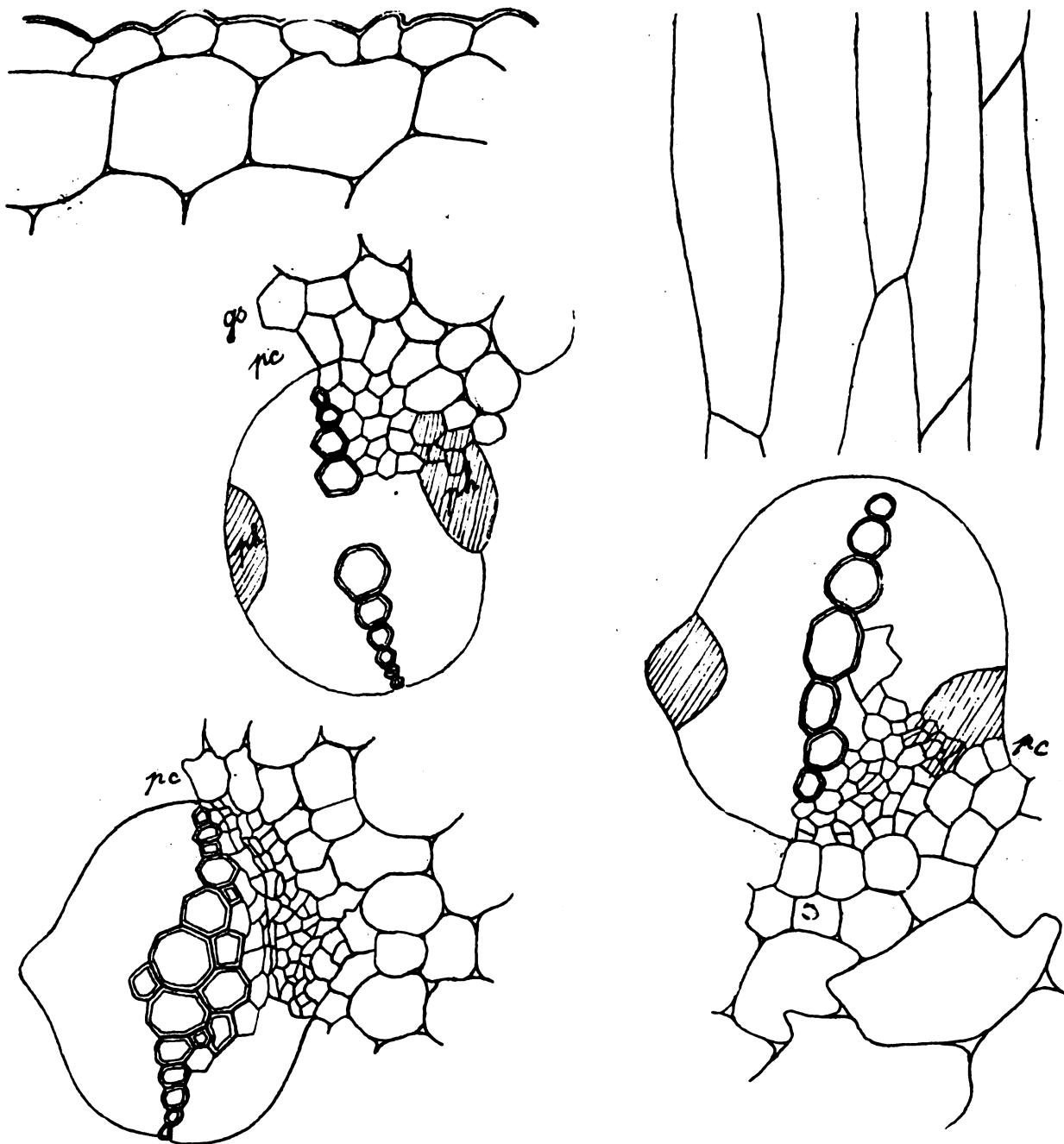


Fig. 5. Epidermis der Steckrübe aus dem unteren Teil des Hypokotyls einer 8 Tage alten Pflanze. Fig. 6. Dasselbe vom Winter-Raps. - Fig. 7. Querschnitt durch d. Zentralzylinder eines 8 Tage alten Winter-Rapses im unteren Teil d. Hypokotyls. ph = Phloem, pc = Perizykel, gs = Scheide des Zentralzylinders. - Fig. 8. Querschnitt durch d. Zentralzylinder einer 8 Tage alten Steckrübe im unteren Teil des Hypokotyls. - Fig. 9. Dasselbe vom 10 Tage alten Winter-Raps (Mikrotomschnitt).

Ausdehnung haben. Ein Längsschnitt zeigt ihre säulen- bis sackförmige Gestalt, ein Querschnitt die wohl entwickelten Interzellularen. Nach innen wird das Rindenparenchym durch eine Scheide aus kleinen parenchymatischen Zellen abgeschlossen.

Der Zentralzylinder hat auf dem Querschnitt ovale Gestalt mit je einer Ausbuchtung an den Seiten (Fig. 7 und 8). Seine äusserste Zellschicht wird vom Perizykel gebildet. In der Längsrichtung des Ovals liegen die beiden Strahlen der Primärfässer, je aus etwa 3 bis 6 Gefässen bestehend. Seitlich, den beiden Ausbuchtungen des Zentralzylinders entsprechend, liegen die beiden Phloemteile. Zwischen ihnen und den Primärstrahlen befindet sich kolenchymatisch verdicktes Gewebe.

Vergleicht man nun die anatomischen Bilder des Rapses und der Steckrübe, so findet man keinen Unterschied.

Wurzel. - Die Wurzel (Fig. 9) ist vollkommen gleich gebaut - im unteren Teil des Hypokotyls besitzt ja bereits der Zentralzylinder in seinem diarchen Bau Wurzelstruktur -, ist jedoch viel dünner als dieses und scharf gegen das Hypokotyl abgesetzt. Die Epidermis trägt zahlreiche Wurzelhaare.

Oberer Teil des Hypokotyls. - Im oberen Teil des Hypokotyls wird der anatomische Bau des Zentralzylinders anders (Fig. 10 und 11). Seitlich von den Primärstrahlen entstehen neue Gefäße, die sich in etwas grösserer Höhe an den beiden "spitzen Enden" des vom Zentralzylinder gebildeten Ovals gruppieren. Die Primärstrahlen verschwinden, und in der Mitte des Zentralzylinders erscheint das Mark. Die beiden Phloembündel teilen sich, die so entstandenen Hälften weichen

auseinander und legen sich seitlich an die beiden Gefässgruppen in den spitzen Enden des Ovals, sodass eine Gefässgruppe je eine Hälfte der beiden ursprünglichen Phloembündel erhält. Dann weichen diese beiden Gefässgruppen auseinander und biegen, begleitet von ihren beiden Phloemteilen, in die Keimblätter ein.

Auf einem Querschnitt dicht unterhalb der Ansatzstelle der Keimblätter (Fig. 10 und 11) erscheinen so an den Enden des oval bis rechteckig geformten

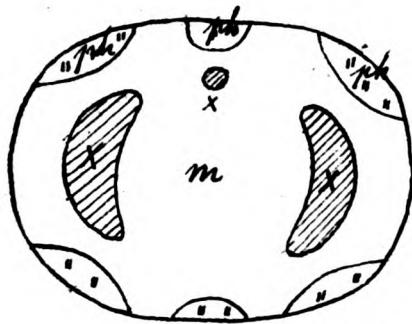


Fig. 10. Querschnitt durch den Zentralzylinder eines 5 Tage alten Winter-Rapses dicht unter der Ansatzstelle der Keimblätter. x = Kylem; ph = Phloem; m = Mark.

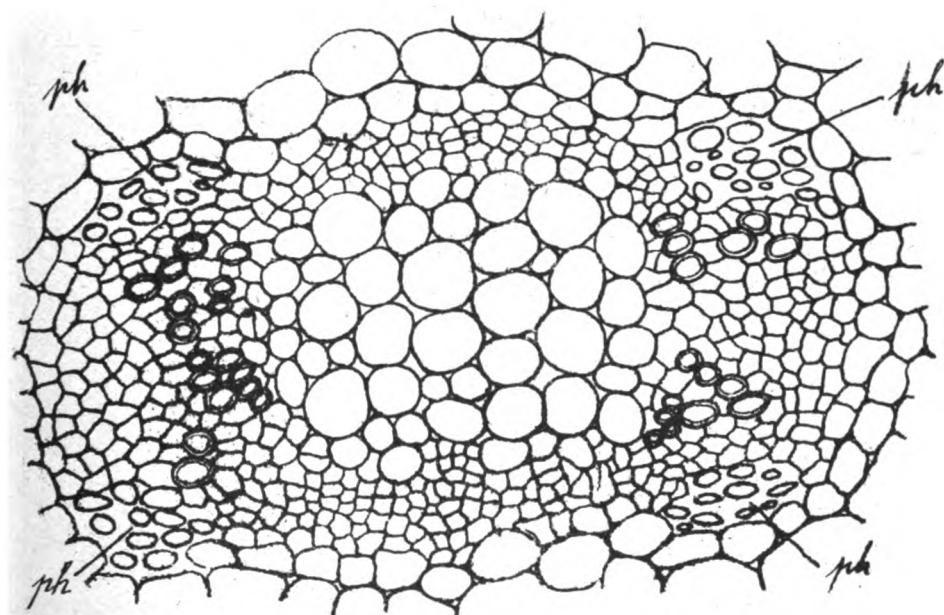


Fig. 11. Querschnitt durch den Zentralzylinder eines 10 Tage alten Winter-Rapses dicht unter der Ansatzstelle der Keimblätter.

Zentralzylinders die beiden in die Keimblätter einbiegenden Gefässgruppen, flan-

kiert von ihren Phloemteilen. Die Mitte des Zentralzylinders nimmt das Mark ein. An den Seiten des Markes, dieses gegen das Rindenparenchym abgrenzend, befindet sich eine generative Schicht, aus der später das Cambium hervorgeht. An der einen Seite des Markes liegt eine kleine Xylemgruppe. Während also die Pflanze im unteren Teile des Hypokotyls und in der Wurzel eine Symmetrieebene in der Richtung der Primärstrahlen und der Nebenwurzeln und, damit zusammenfallend, auch der Keimblätter besitzt, ist diese Symmetrieebene im obersten Teile des Hypokotyls nicht mehr vorhanden.

Die Steckrübe zeigt in allen Punkten dasselbe anatomische Verhalten wie der Raps.

Zwei Wochen alte Pflanzen. Unterer Teil des Hypokotyls.

In welcher Weise entwickeln sich nun diese primären Anlagen weiter? Zunächst möge ein Querschnitt durch den unteren Teil des Hypokotyls einer etwa zwei Wochen

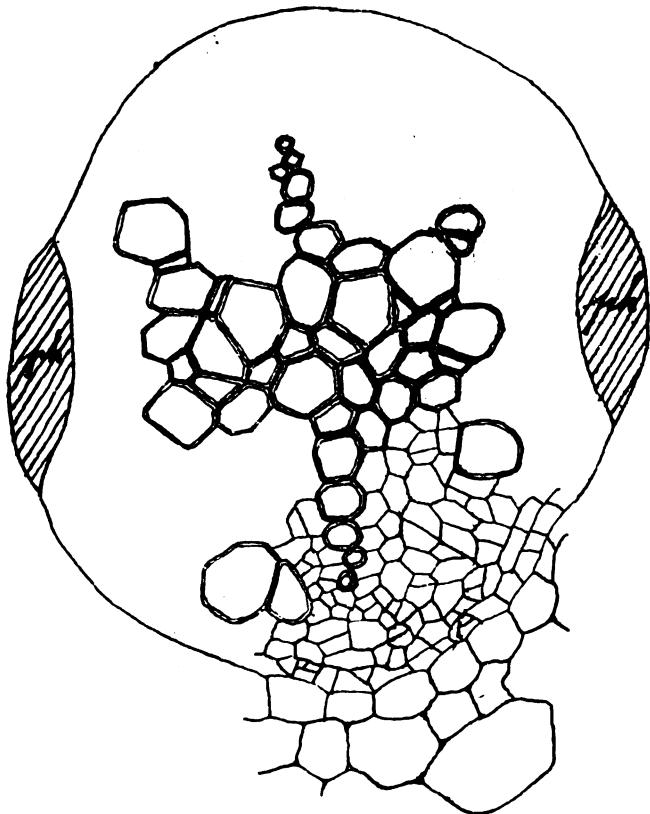


Fig. 12. Querschnitt durch den Zentralzylinder einer 13 Tage alten Steckrübe im unteren Teil des Hypokotyls.



Fig. 13. Querschnitt durch den Zentralzyl. eines 17 Tage alten Winter-Rapses im unteren Teil des Hypokotyls. + = Primärgefäße; h = chlorophyllhaltiges Gewebe; k = Kambium; ph = Phloem.

Raps- oder Steckrüben-Pflanze betrachtet werden! Der Zentralzylinder (Fig. 12 und 13) erscheint auf dem Querschnitt nicht mehr oval, sondern rund. An den Seiten sind noch, als leichte Ausbuchtungen, die beiden primären Phloembündel zu erkennen. Ein schwach biquittförmiger Kambiumring bildet sich, zuerst an den Seiten der Primärstrahlen, den primären Phloembündeln gegenüber. Er gibt nach aussen hin Phloem ab. Der ganze Zentralzylinder ist in lebhaftem Wachstum begriffen. Die beiden Primärstrahlen sind noch deutlich zu erkennen, doch haben sich seitlich neben ihnen zahlreiche neue weitlumige Gefäße gebildet. Die Bildung neuer Gefäße und Gefässgruppen vollzieht sich rasch, sodass die Primärstrahlen bald von

ihnen eingeschlossen werden. Zwischen den Gefässgruppen liegen grosse Gruppen von chlorophyllhaltigen Zellen mit verdickten, weiss aufleuchtenden Wänden.

Ein Unterschied zwischen Raps und Steckrübe ist auch in diesem Stadium nicht vorhanden.

Wurzel. - In der Wurzel kehren im wesentlichen dieselben Verhältnisse wieder. Wie im Hypokotyl entstehen an den Seiten der beiden Primärstrahlen neue weitlumige Gefäße; indessen ist der Kambiumring oval.

In der innersten Schicht d. Rindenparenchym, welche der den Zentralzylinder umschliessenden Scheide anliegt, findet sich in Wurzel und Hypokotyl ein eigenartiges System von Wandverdickungen. Dieses, das sogenannte réseau susendodermique, wurde bei sehr vielen Cruciferen beobachtet und besitzt für die einzelnen Arten charakteristischen Bau (7). Nach Mitteilung von Herrn Dr. BRUNNER in Hamburg ist es bei Raps und Steckrübe in gleicher Weise ausgebildet und wurde daher im Laufe dieser Arbeit nicht weiter berücksichtigt.

Oberer Teil des Hypokotyls. - Auf einem Querschnitt durch den oberen Teil des Hypokotyls fällt zunächst auf, wie einige Epidermiszellen aus ihrer regelmässigen Reihenlagerung herausgedrängt werden und sich vergrössern (Fig. 14 und 15).

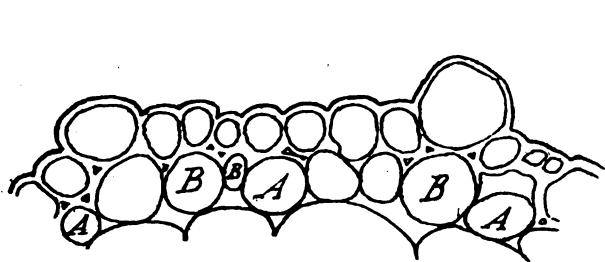


Fig. 14. Epidermis des Winter-Rapses aus dem Hypokotyl einer 20 Tage alten Pflanze. A = Zellen mit rotem, B = Zellen mit blauem Inhalt.

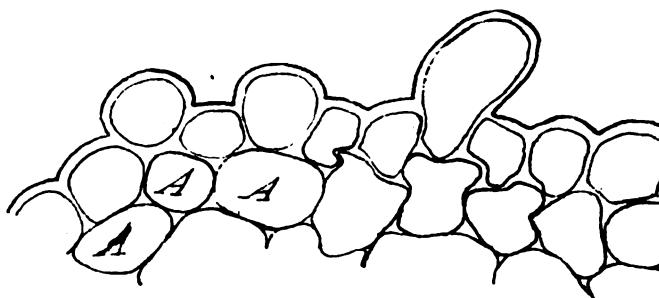


Fig. 15. Epidermis der Steckrübe aus dem Hypokotyl einer 20 Tage alten Pflanze.

Sie nehmen kugel- oder flaschenförmige Gestalt an und springen mehr oder weniger weit papillenartig vor. Die äusserste Zellschicht des Rindenparenchym unmittelbar unter der Epidermis zeigt in manchen Zellen einen roten, in andern einen blauen ins Grüne spielenden Farbstoff im Zellsaft gelöst. So wird die rotviolette Farbe hervorgerufen, die das Hypokotyl des Pflänzchens äusserlich zeigt.

Im innern des Rindenparenchym gegen den Zentralzylinder zu findet man mitunter eine, seltener auch zwei mehr oder minder grosse Höhlungen, die durch Absterben von Parenchymzellen entstehen.

Im Zentralzylinder ist die Entwicklung der einzelnen Elemente im raschen Fortschreiten begriffen. Neben den beiden primären Phloembündeln, an den Seiten des ovalen Zentralzylinders, findet sich neu gebildetes Phloem. In etwas grösserer Höhe, wo sich die Phloembündel in zwei Hälften gespalten hatten, sind diese durch neues, vom Kambium gebildetes Phloem bereits wieder mehr oder minder zusammenhängend geworden. Nach innen folgt das Kambium. Zahreiche neue Gefäße haben sich gebildet, doch im Gegensatz zum unteren Teil des Hypokotyls mehr in der Nähe des Cambiums und an den Seiten des vom Zentralzylinder gebildeten Ovals. Bei einigen Tage älteren Pflanzen ist diese "mondsichelähnliche" Anordnung der Gefäße noch deutlicher (Fig. 16). Das sekundäre Holz, zusammen mit den Phloemteilen, umschliesst dann seitlich in zwei Bögen die Primärgefäße, die oben vor ihrem Verschwinden bereits zerdrückt sind, und in noch etwas grösserer Höhe das Mark. Diese Anordnung des sekundären Holzes ist nach DE CORDENROY (8) charakteristisch für das Genus *Brassica*, doch sei hierauf erst später eingegangen.

Im oberen Teile des Hypokotyls nimmt das Xylem immer mehr an Dicke ab, je mehr Raum das Mark einnimmt. Auch ist der Kambiumring nicht mehr lückenlos. In

dieser Höhe biegen die zu den Keimblättern gehörenden primären Gefäßbündel, die an den Enden des vom Mark gebildeten Ovals liegen, in die Keimblätter ab. Die anderen sekundär an den Seiten des Markes entstandenen leitenden Elemente dringen dagegen in das erste Internodium ein.

Auch hier herrscht Übereinstimmung zwischen Steckrübe und Winter-Raps.

Erstes Internodium. - Im ersten Internodium (Fig. 17) ist der Kambiumring im Entstehen begriffen. Einige Phloem- und Xylemgruppen sind schon gebildet. Das

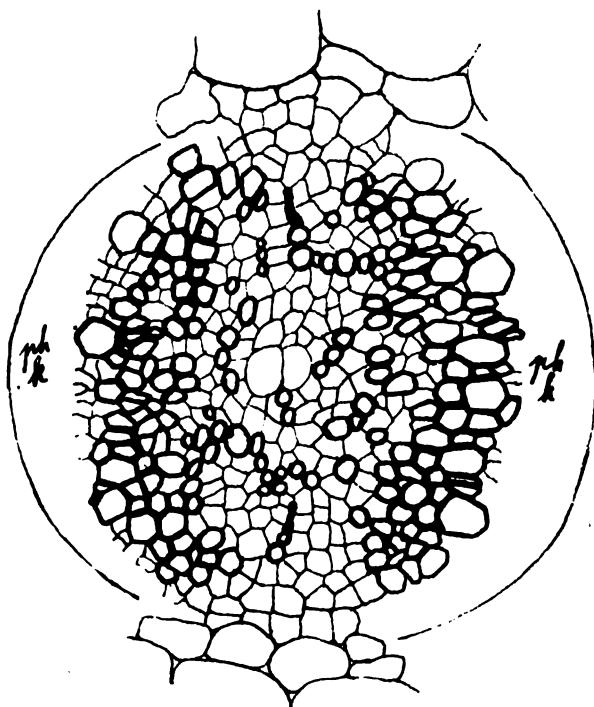


Fig. 16. Querschnitt durch den Zentralzylinder eines etwa 3 Wochen alten Winter-Rapses im oberen Teil des Hypokotyls. ph = Phloem, K = Kambium.

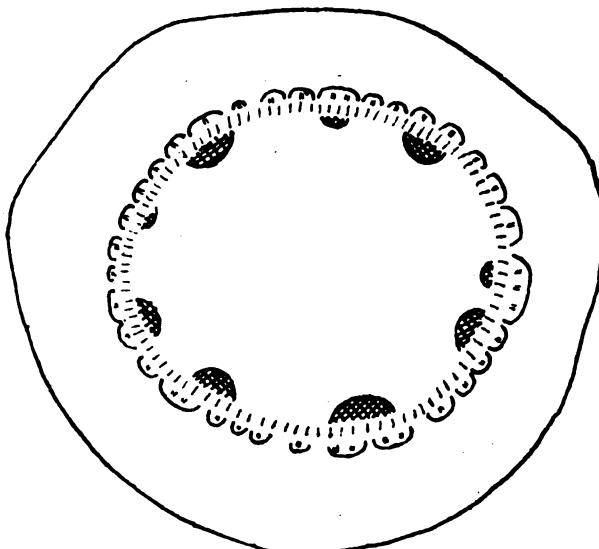


Fig. 17. Querschnitt durch das erste Internodium eines 17 Tage alten Winter-Rapses.

Rindenparenchym des Internodiums unterscheidet sich durchaus von dem des Hypokotyls. Es ist kleinerzellig und weniger lakanös.

Rückblickend findet man also im unteren Teile des Zentralzylinders die reine Wurzelstruktur, diarchen Bau und einen einheitlichen Holzkörper mit zwei seitlichen Phloembündeln. In mittlerer Höhe lockert sich dieser zu Gefäßgruppen u. Einzelgefäßern auf, die sich in etwas grösserer Höhe mehr oder minder vollständig zu zwei Halbmonden zusammenschliessen, die Primärgefäße und Mark zwischen sich lassen. Dann dringen die primären an den Enden des vom Mark gebildeten Ovals liegenden Gefäße in die Keimblätter ein, während die sekundären an der Seite des Markes befindlichen Gefäße ins Internodium gehen.

Im oberen Teile zeigt das Hypokotyl äusserlich eine seichte Einschnürung.

Vier Wochen alte Pflanzen.

Hypokotyl. - Doch nun zur Untersuchung einer etwas älteren, etwa 4 Wochen alten Raps- und Steckrübenpflanze! Schon äusserlich fällt auf, wie die primäre Rinde des Hypokotyls aufreisst und vielfach in zwei Lappen unter den beiden Keimblättern herabläuft. Im mikroskopischen Bilde sieht man, wie die Rinden- und Epidermiszellen unter dem starken, durch das Dickenwachstum des Zentralzylinders entstehenden Druck in radialer Richtung zusammengepresst und in tangentialer

auseinandergezerrt worden sind. Zählt man die Zell-Lagen, so findet man oft nur mehr 4 bis 6 Reihen. Die innersten Zellschichten der Rinde haben sich vielfach geteilt und ein Gewebe gebildet, das von dem angrenzenden des Zentralzylinders kaum mehr unterschieden werden kann.

Der Zentralzylinder ist viel kräftiger und dicker geworden. Im Querschnitt stellt er einen Kreis oder eine Ellipse dar, deren grösste Axe aber senkrecht zur Richtung der Primärstrahlen in der Ebene der beiden primären Phloembündel liegt. Der Zentralzylinder einer ganz jungen Pflanze bildete, wie ja erwähnt, ebenfalls eine Ellipse, deren grösste Axe aber senkrecht zur jetzigen Ellipse, in der Ebene der Primärstrahlen, lag. Das Dickenwachstum ist also an den beiden Längsseiten der ursprünglichen Ellipse stärker gewesen als an den Enden, und so sieht man denn auch, dass die primäre Rinde meist an dieser Stelle, an den Seiten der ursprünglichen Ellipse, zwischen den Keimblättern, aufreisst. Auf diese Weise kommt die vorhin erwähnte Lappenbildung zustande, die zuerst von TURPIN (9) 1830 erklärt wurde.

Nach aussen hin oder gegen die primäre Rinde, soweit sie noch vorhanden ist, wird der Zentralzylinder abgeschlossen durch ein Gewebe aus polyedrischen Zellen, dann folgen nach innen die Phloenteile, denen häufig derb getüpfelte Bastfasern vorgelagert sind, sowie zwischen ihnen die Rindenstrahlen.

Das Kambium (Fig. 18) ist in reger Tätigkeit. Es bildet einen geschlossenen Kreis oder eine Ellipse, deren grösste Axe senkrecht zur Richtung der Primärstrahlen steht. Die Kambiumzellen sind dort, wo sie Phloem und Xylem abgeben, prosenchymatisch, wo sie dagegen Markstrahlgewebe bilden, parenchymatisch.

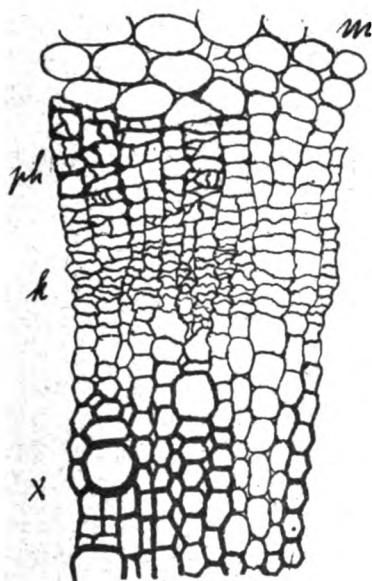


Fig. 18. Steckrübe.
Phloem (ph), Kambium (k) und Xylem (x) einer 4-5 Wochen alten Pflanze. m = Markstrahl.

Der Rübe, ein † grosser Teil des Xylemprosenchyms dünnwändig. Neben den sekundären Markstrahlen findet man auch primäre, bis in das Mark durchgehende. Die Markstrahlen sind weniger sklerosiert als im unteren und mittleren Teile des Hypokotyls. Das Mark erscheint auf dem Querschnitt als Oval. Unten, wo es zuerst erscheint, besteht es, wie ein Längsschnitt zeigt, aus säulenförmigen Zellen, die sich in grösserer Höhe mit zunehmender Ausdehnung des Markes immer mehr abplatten. Am oberen Ende des Hypokotyls sind sie in Richtung der Keimblätter gestreckt.

Internodien. - In den Internodien herrscht derselbe Bauplan wie im oberen Teil des Hypokotyls. Die Epidermis weicht durchaus ab von der im unteren und mittleren Teil des Hypokotyls beobachteten Form. Im einzelnen soll später hierauf

Die Grundmasse des Xylems (Fig. 18) wird von Prosenchym gebildet. Die einzelnen Prosenchymzellen sind in radialen Reihen geordnet und haben verdickte, getüpfelte Wände; zahlreiche Netzgefässe durchziehen das Prosenchym. Die Markstrahlen sind, namentlich im unteren und mittleren Teil des Hypokotyls, ganz oder zum grossen Teil sklerosiert und dann auf dem Querschnitt schwer zu erkennen. Sie bestehen aus parenchymatischen Zellen. Im Zentrum des Xylems bemerkt man unten und in mittlerer Höhe des Hypokotyls die wohl erhaltenen Primärstrahlen.

Im oberen Teil des Hypokotyls, wo das Mark erscheint, ändern sich die anatomischen Verhältnisse. Der ganze Bau wird lockerer. Dicht unter der Ansatzstelle der Keimblätter bildet der Zentralzylinder zwar auch noch eine Ellipse, indessen ist hier die Richtung der ursprünglichen Ellipse - die grösste Axe in der Richtung der Primärstrahlen und der Keimblätter - erhalten geblieben. Die Hauptaxe dieser Ellipse steht also senkrecht zu der Hauptaxe der vom Zentralzylinder im unteren Teil des Hypokotyls gebildeten Ellipse. Die vom Kambium erzeugten Phloem- und Xylemelemente nehmen in dem Masse an Ausdehnung ab, als das Mark zunimmt. Häufig bleibt, namentlich bei

eingegangen werden.

Phloem, Kambium und Xylem nehmen nur einen ganz geringen Raum ein. Das ganze Zentrum d. Stengels wird vom Mark gebildet. Das Xylem stellt im ersten Internodium nur einen dünnten Zylinder dar, der von primären und sekundären Markstrahlen durchzogen wird. Diese sind zum mehr oder minder grossen Teile sklerosiert.

In den höheren Internodien beobachtet man die Bildung des Xylems, die erst nach der des Phloems erfolgt.

Wurzel. - Die Wurzel ist im Wesentlichen wie der untere Teil des Hypokotyls gebaut, doch ist die Entwicklung noch nicht so weit fortgeschritten. Wie dort bleibt die primäre Rinde nicht lange erhalten. Der Zentralzylinder bildet im Querschnitt eine Ellipse, deren grösste Axe senkrecht zu den Primärstrahlen steht. Das Kambium ist ebenfalls elliptisch. Im Zentrum des Xylems erkannt man die Primärstrahlen. Ihre Fortsetzung nach aussen hin bilden die beiden Haupt-Markstrahlen, in deren Verlängerung die Nebenwurzeln in je einer Reihe angeordnet sind. Seitlich von den Primärstrahlen und Haupt-Merkstrahlen haben sich neue sehr weitlumige Gefässe gebildet. Sie sind eingelagert in ganz oder grösstenteils dinnwandiges Gewebe. Hierin liegt ein Unterschied gegen das Hypokotyl, wo das Xylem-Presenchym verdickte Wände besitzt.

Das Hypokotyl stellt also einen Übergang dar von der Wurzel in den eigentlichen Stengel. Im unteren Teile besitzt es Wurzelstruktur - gelegentlich beobachtet man auch das Herverbrechen von Nebenwurzeln - im oberen den Bau des Stengels. In der Wurzel und im unteren Teile des Hypokotyls bildet der Zentralzylinder eine Ellipse, welche senkrecht zur ursprünglichen, am Anfang der Entwicklung gebildeten, steht; im oberen Teile des Hypokotyls, dicht unter den Keimblättern, eine solche, die gleichsinnig mit der ursprünglichen Ellipse liegt.

Zwischen Steckrübe und Raps herrscht auch in diesem Stadium im anatomischen und morphologischen Bau Übereinstimmung.

Sieben Wochen alte Pflanze.

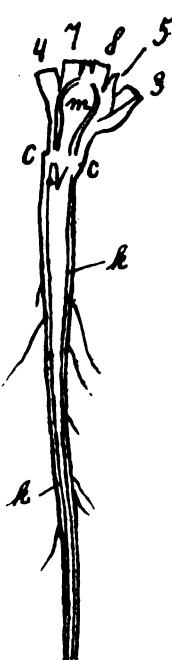


Fig. 19. Längsschnitt durch einen fast 7 Wochen alten Winterraps. k=Kambium; m=Mark; c=Ansatzstelle d. Keimblätter. Die Zahlen bezeichnen die Reihenfolge der Laubblätter.

Die Zahlen bezeichnen die Reihenfolge der Laubblätter. Das Phloem selbst zeigt mitunter Zellen mit kollenchymatischer

Hypokotyl. - Es mögen nun etwas ältere, etwa 7 Wochen alte Pflanzen untersucht werden! (Fig. 19). - Die Epidermis und primäre Rinde des Hypokotyls ist höchstens noch in Fetzen vorhanden. An ihre Stelle ist das verhin bereits erwähnte, aus den äusseren Zell-Lagen des Zentralzylinders hervorgegangene Gewebe getreten, das als sekundäre Rinde bezeichnet werden muss. Die Epidermis ist, soweit sie noch vorhanden, infolge der Dilatation in tangentialer Richtung auseinandergezerrt, sodass die Epidermis im Querschnitt oft ganz zusammengepresst erscheint. An der inneren Wand zeigen sich mitunter wellige Verdickungen, die man auch bei den darunter liegenden Rindenzellen antreffen kann. Diese zeigen zahlreiche, gleichsinnig etwas schräg radial gerichtete Tüpfel. Sie sind erforderlich geworden, da die Zellwände beträchtlich an Dicke zugenommen haben. Übrigens sind diese im Absterben begriffenen Rindenfetzen noch durchaus nicht ganz funktionslos geworden. Sie übernehmen den Schutz und Abschluss der sekundären Rinde nach aussen hin, welche Aufgabe sonst einer von dieser gebildeten Korkschicht zukommt. Im mikroskopischen Bilde sieht man nun, wie diese häufig da fehlt, wo noch ein Fetzen der primären Rinde vorhanden ist. Zuletzt aber setzt sich die Korkschicht auch unter diesen Rindenfetzen fort, diese lösen sich ab, und die sekundäre Rinde ist nur mehr allein vorhanden. Sie hat gegenüber dem letzten untersuchten Stadium sehr an Mächtigkeit zugenommen und zeigt das lebhafte Wachstum unter zahlreichen Zellbildung. Den Phloemgruppen aufgelagert sind Nester von Bastfasern, die allerdings hin und wieder auch fehlen. Das Phloem selbst zeigt mitunter Zellen mit kollenchymatischer

verdickten weiss aufleuchtenden Wänden.

Das Kambium ist in lebhaftester Tätigkeit. Das neu gebildete Xylemprosenchym bleibt aber nun vielfach dünnwandig, bei einigen Pflanzen ganz, bei anderen zum grossen Teil. Es kann allerdings auch, namentlich bei Pflanzen, welche unter ungünstigen Lebensbedingungen gewachsen sind, alles Xylemprosenchym, ebenso wie die Markstrahlen, Wandverdickungen ausbilden und verholzen. Im einzelnen möge über d. Mengenverhältnis von zartwandigem und verholztem Gewebe im übernächsten Kapitel gesprochen werden, das von den Unterschieden zwischen der Raps- und der Steckrübenpflanze in diesem Alter handeln soll.

Die Gefässen sind vielfach in radialen Reihen angeordnet. Die Markstrahlen bestehen aus Parenchymzellen, die in der Regel, allerdings nicht immer, in radialer Richtung gestreckt sind. Die sklerosierten Markstrahlzellen zeigen grosse Tüpfel. Wo das Kambium Markstrahlen bildet, besteht es, wie diese, aus parenchymatischen Elementen.

Im Mark beobachtet man mitunter einige sklerosierte, derb getüpfelte Zellen, am Rande des Markes mitunter auch einige Zellen mit kollenchymatischen weiss aufleuchtenden Wänden.

Ferner findet sich im Mark der Rübe, wie auch bei vielen Rapspflanzen, ein Gewebe besonderer Art, frei im Mark verlaufende Bündelchen von Phloem, die sekundär am Rande des Markes entstehen (Fig. 29). Von ihrer Entstehung im Mark haben sie den Namen markständiges Phloem. Des näheren sei über ihr Auftreten, da sie bis zu einem gewissen Grade zur Unterscheidung von Raps und Steckrübe dienen können, im übernächsten Kapitel die Rede.

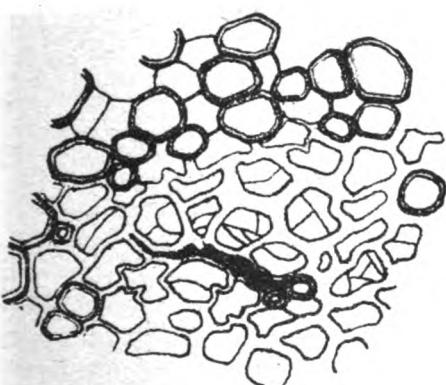
Ebenso gestaltete Phloembündel, in den verschiedensten Stadien der Entwicklung, findet man oft auch bei beiden Formen in den innern unverholzten Teilen des Xylems (Fig. 20), an der Grenze gegen das Mark, ferner im unteren und mittleren Teile des Hypokotyls, in der Nähe der Primärgefässe, sowie besonders im Zentrum der Wurzel. Sie bilden sich niemals in verholztem Gewebe, wohl aber in einem Gewebe mit verdickten weiss aufleuchtenden Wänden, wie es sich besonders in der Nähe der Primärstrahlen befindet, das schon bei der Beschreibung des jüngsten Stadiums erwähnt worden war. Da sie zwischen den Elementen des Holzes entstehen, nennt man sie holzständiges oder interxyläres Phloem. Später soll noch einmal auf sie eingegangen werden.

Wurzel. - Die Wurzel zeigt im Wesentlichen den auch im unteren Teil des Hypokotyls herrschenden Bau mit einigen Abweichungen, die schon bei der letzten Untersuchung hervorgehoben wurden. Diese bestehen in dem Verhandensein von 2 Haupt-Markstrahlen, in der grösseren Weite der Gefässen, sowie darin, dass das Xylemprosenchym weniger zahlreiche, mitunter auch gar keine Elemente mit verdickten und verholzten Wänden besitzt.

Fig. 20. Bildung holzständigen Phloems bei einer 6 Wochen alten Winter-Rapspflanze. In der Mitte zerdrückte Primärgefässe. (Objektiv F.)

Internodien. - Im eigentlichen Stengel, der von den Internodien gebildet wird, zeigt ein Längsschnitt den Verlauf des Kambiums u. des Markes (Fig. 19). Man erkennt, wie an der Ansatzstelle der Keimblätter der Kambiumstreifen unterbrochen ist durch eine Parenchymlücke, welche die Verbindung zwischen dem Mark des Stengels und dem Parenchym des Blattstieltes herstellt. Die höheren Internodien rücken immer dichter aneinander, das Mark nimmt einen immer grösseren Raum ein, bis die höheren Internodien einen fast stumpf kegelförmigen Abschluss bilden. Die Blätter sind wechselständig nach der 2/5-Stellung angeordnet.

Die Epidermis (Fig. 21, 22, 23) des ersten Internodiums zeigt im mikroskopischen Aufsichtsbild vielfach die Zellen zu Zügen geordnet. Die für das Hypokotyl typische, langgestreckte Gestalt der Epidermiszellen ist nicht mehr vorhanden.



Zugleich erkennt man, dass die Epidermiszellen sich öfters geteilt haben. Im Radialschnitt wie im Querschnitt beobachtet man vielfach an der Basiswand der Epidermis wie auch im Rindenparenchym derbe, unregelmässige Wandverdickungen. Das Rindenparenchym enthält Anthozyazellen mit rotem Zellsaft. Auf dem Querschnitt

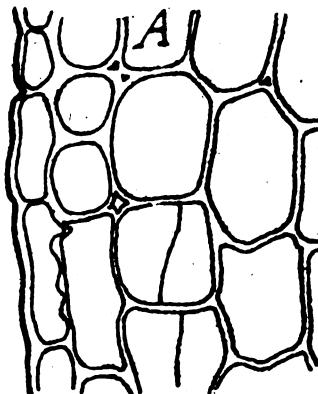
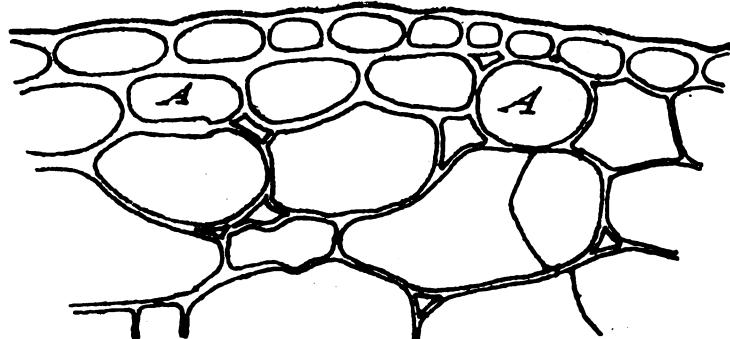


Fig. 21, 22. Epidermis und angrenzende Schicht des Rindenparenchyms aus dem ersten Internodium einer 7 Wochen alten Steckrübenpflanze. A = Zellen mit rotem Zellsaft.

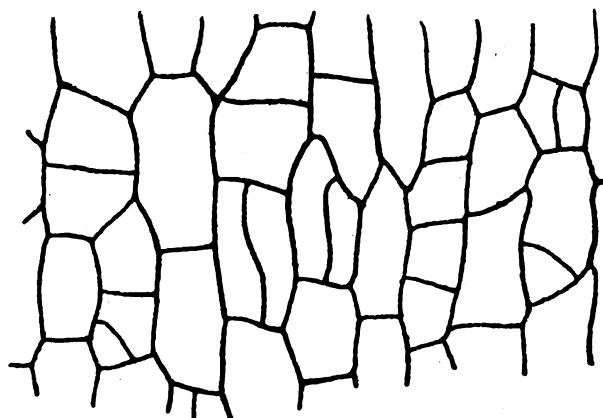


Fig. 23. Epidermis des ersten Internodiums einer 7 Wochen alten Steckrübenpflanze.

tung des Kambiumringes, dann eine Ausstülpung, die sich abschnürt und als Blattnerv in den Blattstiel eintritt. Ein Nerv besteht in der Regel aus mehreren halbkreis- oder ringförmig angeordneten Teilbündeln (Fig. 25). Dem entsprechend werden von einer solchen Abschnürung eines einzelnen Blattnerven ebenso viele durch Markstrahlen getrennte (Xylem- + Phloem-) Bündel betroffen. Je ein Blattstiel enthält 3 grössere Nerven, je aus mehreren Teilbündeln bestehend, und einige kleinere, einfache Nerven. Da nun die Blätter dicht aufeinander folgen und die Internodien nur kurz sind, so stellen Kambiumring und Gefäss-Stränge der Internodien auf dem Querschnitt eine unregelmässig zerrissene Linie dar, entsprechend dem Abgehen der Blattspuren.

Übrigens zeigen noch einige verwandte Cruciferen-Gattungen die Eigentümlich-

beobachtet man häufig Zellteilungen (Fig. 21), die unter dem Einfluss der Dilatation durch den heranwachsenden Zentralzylinder vor sich gehen.

Dem Phloem aufgelagert sind auch hier Nester von Bastfasern. Das Xylem besitzt im grossen und ganzen denselben Bau wie im oberen Teil des Hypokotyls, nur ist es etwas lockerer, was sich schon im Schnitt durch grössere Weichheit zu erkennen gibt. Neben sekundären beobachtet man auch primäre, also bis ins Mark durchgehende Markstrahlen. Dieses selbst nimmt einen sehr viel grösseren Raum ein. Im Marke finden sich wieder bei manchen Pflanzen beider Formen das markständige Phloem.

In den höheren Internodien beobachtet man das Abbiegen der Nerven in die Blätter (Fig. 24). Man sieht zunächst eine Ausbuchtung, die sich abschnürt und als Blatt-

nerv in den Blattstiel eintritt. Ein Nerv besteht in der Regel aus mehreren halbkreis- oder ringförmig angeordneten Teilbündeln (Fig. 25). Dem entsprechend werden von einer solchen Abschnürung eines einzelnen Blattnerven ebenso viele durch Markstrahlen getrennte (Xylem- + Phloem-) Bündel betroffen. Je ein Blattstiel enthält 3 grössere Nerven, je aus mehreren Teilbündeln bestehend, und einige kleinere, einfache Nerven. Da nun die Blätter dicht aufeinander folgen und die Internodien nur kurz sind, so stellen Kambiumring und Gefäss-Stränge der Internodien auf dem Querschnitt eine unregelmässig zerrissene Linie dar, entsprechend dem Abgehen der Blattspuren.

keit, dass die einzelnen Nerven des Blattstiels aus mehreren Teilbündeln bestehen, so z.B. Arten von *Crambe*, *Sinapis*, *Raphanus*, *Lunaria*, *Nasturtium* u. a. Nach BOUTGUES (10) entwickeln sich diese Nerven aus einem einzigen Prokambiumstrang,

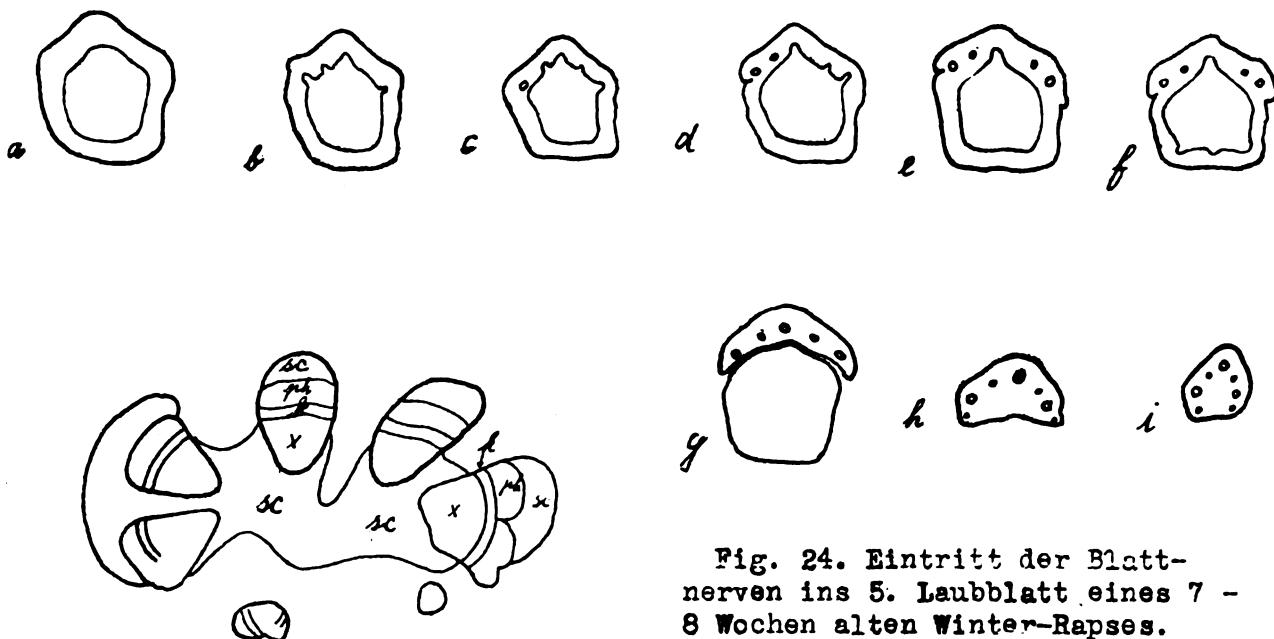


Fig. 24. Eintritt der Blattnerven ins 5. Laubblatt eines 7 - 8 Wochen alten Winter-Rapses.

Fig. 25. Mittlerer Blattnerv aus dem Blattstiel des 5. Laubblattes eines 7 - 8 Wochen alten Winter-Rapses. sc = Sklerenchym; ph = Phloem; k = Kambium; x = Xylem.

Unterscheidung solcher jungen Pflanzen und damit des Saatgutes dienen können, soll dort ausführlich dargestellt werden. Zuvor soll jedoch eine kritische Übersicht folgen über die bereits vorliegenden Arbeiten, welche die anatomischen Verhältnisse der Cruciferen behandeln.

III. FRÜHERE ARBEITEN ÜBER DIE ANATOMIE DER CRUCIFEREN.

In einer sehr eingehenden Arbeit hat DE CORDEMOY (11) die anatomischen Verhältnisse der Brassiceen untersucht. Ihr Ziel war, zu prüfen, ob bei den Spielarten des Kohls den morphologischen, durch die Kultur hervorgerufenen Veränderungen auch Änderungen des anatomischen Baues entsprächen, sowie ferner, die anatomische Untersuchung für die Systematik der Genera *Brassica* und *Sinapis* nutzbar zu machen.

Sie untersuchte besonders eingehend die wilde Form des Kohles, dann zahlreiche Spielarten desselben, zu denen sie auch, DE CANDOLLE folgend, einige Formen der Steckrübe rechnet, den Sommer-Raps und noch einige weitere *Brassica*-Arten sowie verschiedene Arten verwandter Genera.

Für alle Kohle gibt sie unter anderen folgende anatomische Charaktere an (1. c. p. 186 - 187), die auch für die anderen von ihr untersuchten *Brassica*-Arten, also Steckrübe und Sommer-Raps gelten:

1. An der Stelle des Hypokotyls, wo das Mark beginnt, erstrecken sich bogenförmig sekundäre Gefäßbündel auf beiden Seiten des Zentralzylinders von einem Ende zum andern und schliessen seitlich das primäre Holz ein (Fig. 16);
2. Die Epidermis enthält im Hypokotyl Zellen, die † nach aussen vorspringen;

in dem sich sekundäre Prokambiumbündel bilden, aus welchen die einzelnen Gefäßbündel hervorgehen.

Vergleicht man nun den Bau der sieben Wochen alten Raps- und Steckrübenpflanzen, so findet man, wie teilweise bereits angedeutet, einige leichte Verschiedenheiten. Von ihnen soll das übernächste Kapitel handeln. Wie sie zur Unterscheidung solcher jungen Pflanzen und damit des Saatgutes dienen können, soll dort ausführlich dargestellt werden. Zuvor soll jedoch eine kritische Übersicht folgen über die bereits vorliegenden Arbeiten, welche die anatomischen Verhältnisse der Cruciferen behandeln.

3. Die Epidermis der Blattstiele besteht aus kleinen Zellen, welche bei jeder Varietät denselben Durchmesser haben;

4. Die Hauptwurzel enthält Kollenchym. - Was den letzteren Punkt angeht, so ist der Ausdruck "Kollenchym" jedoch nicht zutreffend, da es sich nach den Untersuchungen von LUND und KJÆRSKOU (12) um Bastfasern handelt, die allerdings mitunter nur eine sehr geringe Länge haben. Auch bei Raps und Steckrübe finden sich, wie ja bereits wiederholt erwähnt, Bastfasern.

Aus diesen und anderen Übereinstimmungen schliesst DE CORDEMOY auf eine gemeinsame Abstammung aller Kohle.

Die anderen von ihr untersuchten *Brassica*-Arten gleichen im innern Bau gewöhnlich dem Kohl. Nur in der Wurzel fand sie einige Verschiedenheiten. In Gegensatz zum *Brassica*-Typus stellt sie den *Sinapis*-Typus, den sie (l.c. p. 188 - 189) in der folgenden Weise charakterisiert:

1. Die sekundären Gefäßbündel-Bögen reichen nicht von einem Ende des Zentralzylinders zum andern, Sie liegen den primären Bastbündeln gegenüber und lassen d. primären Holzteile vollkommen isoliert;

2. Die Epidermiszellen des Blattstieles haben nicht bei jeder Varietät dieselbe Grösse;

3. Die Hauptwurzel besitzt kein "Kollenchym".

Für *Brassica chinensis* müsste nach DE CORDEMOY eine besondere Gattung aufgestellt werden (l.c. p. 189 - 190), da diese Pflanze die sekundären Neubildungen im Hypokotyl als überall gleich dicken Ring ausbildet.

Aus diesen Ergebnissen der Verfasserin ergibt sich, wie weit der morphologische Typus auch anatomisch ausgeprägt ist. Die Brauchbarkeit, oder vielleicht besser gesagt, Notwendigkeit der anatomischen Untersuchung für die Systematik sehr nahe verwandter Formen ist hierdurch wohl überzeugend dargetan.

Lässt sich nun vielleicht ihr positives Ergebnis, die Feststellung der Übereinstimmung von morphologischem und anatomischem Bau bei den von ihr untersuchten sehr nahe verwandten Formen, übertragen auf die ganze, doch höchst einheitliche Familie der Cruciferen?

DENNERT (13), der den anatomischen Bau des Basal-Internodiums sehr vieler Cruciferen untersuchte, stellte sieben Cruciferen-Typen auf (l.c. p. 108 ff.). Aufgrund seiner Ergebnisse kommt DENNERT zu dem Schluss, dass die Cruciferen - mit Ausnahme von *Aubrieta* und *Teesdalia* - zwar wohl im wesentlichen einheitlich gebaut sind, dass aber die Unterabteilungen, wie *Pleurorhizae*, *Notorhizae* und *Orthoploceae* anatomisch nicht charakterisiert sind, vielmehr anatomische und morphologische Charaktere sich durchkreuzen, sodass morphologisch nahe stehende Formen anatomisch recht verschieden sein können und umgekehrt. Ebenso verteilen sich die verschiedenen Spezies derselben Gattung oft auf verschiedene Typen. v. HAYEK (14), auf den die neuste Einteilung der Cruciferen zurückgeht, meint deshalb, dass die Anatomie des Stengels nur mit grösster Vorsicht oder vielleicht besser überhaupt nicht bei der Systematik berücksichtigt werde.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt LOHRER (15), der den anatomischen Wurzelbau der Cruciferen untersuchte. Auch nach ihm stimmen die morphologischen und anatomischen Charaktere nicht überein. Dagegen herrscht im anatomischen Bau von Wurzel und Stengel, zwischen LOHRERS und DENNERTs Typen, grösstenteils Übereinstimmung.

Aus diesen Untersuchungen von DE CORDEMOY, DENNERT und LOHRER ergibt sich also der Wert, aber auch die Wertgrenze der anatomischen Untersuchung für die Systematik der Cruciferen. Wie DENNERT und LOHRER zeigten, bildet sie allein, namentlich dann, wenn sie nur auf die ausgewachsenen Pflanzen beschränkt wird, in keiner Weise eine geeignete Grundlage für die systematische Einteilung. Aus DE CORDEMOYS Arbeit geht aber hervor, dass sie, namentlich bei Berücksichtigung der jugendlichen Stadien, da gute Dienste leisten kann, wo es sich darum handelt, die Zusammengehörigkeit nahe verwandter Formen festzustellen.

Die Stelle der grössten Variation im anatomischen Bau ist bei den *Brassica*-Arten nach DE CORDEMOY (l.c. p. 113 ff., 187 ff.) in ungefähr 6/7 der Höhe dort, wo das Mark beginnt. Die hauptsächlichsten Unterschiede finden sich in der Form der primären Phloembündel.

Aus dem verschiedenen anatomischen Verhalten des Phloems zog Verfasserin in erster Linie ihre Schlüsse über die grössere oder geringere Entfernung irgend einer Kohlform vom ursprünglichen Typus, dem der wilden *Brassica oleracea*. Die Kopfkohl- und fast alle Grünkohl-Arten stehen nach ihr der wilden *Brassica oleracea* am nächsten (l.c. p. 187 - 188), dann folgen die krausen Kohle. Die Blumenkohle hält sie ihrem verwickelten anatomischen Bau zufolge für eine verhältnismässig junge Gruppe. Der Rosenkohl soll aus dem Wirsing hervorgegangen sein.

Ob diese auf vergleichend-anatomischem Wege gewonnene Entwicklungsreihe auch phylogenetisch richtig ist, erscheint allerdings zweifelhaft, da nach O.E. SCHULZ (16) die Kulturformen des Kohles nicht allein von der wilden *Brassica oleracea*, sondern hauptsächlich von den nahe verwandten und sehr ähnlichen, im Mittelmeergebiet vorkommenden *Brassica*-Arten abzuleiten sind. Besonders der Blumenkohl zeigt nach ihm eine grosse Ähnlichkeit mit *Brassica cretica*. Ja, ob die wilde *Brassica oleracea* überhaupt an der Entstehung der Kulturrassen mitbeteiligt ist, erscheint nicht als ganz sicher. PRANTL (17) spricht die Vermutung aus, dass die spontanen Vorkommen der Kulturformen auf Verwilderung beruhten.

Wie diese Ausführungen zeigen, ist, wie ja auch schon vorhin kurz betont, der anatomische Bau der Cruciferen nur innerhalb recht enger Grenzen zur Unterscheidung von Formen und Arten verwendbar. Im folgenden Kapitel soll nun versucht werden, eine brauchbare, und, wie oben ausgeführt, an etwa 7 Wochen alten Pflanzen mögliche Unterscheidungsmethode für Raps und Steckrübe aufgrund des anatomischen Baues aufzustellen.

IV. DIE UNTERSCHIEDUNG DER 7 WOCHEN ALTEN WINTER-RAPS UND STECKRÜBENPFLANZEN.

Im vorletzten Kapitel waren bereits einige Unterschiede zwischen den 7 Wochen alten Winter-Raps- und Steckrübenpflanzen angedeutet worden: sie mögen hier näher besprochen werden, zumal in Hinblick darauf, ob sie zur Unterscheidung der Pflanzen dienen können.

An der Wurzel bemerkte man einen morphologischen Unterschied (Fig. 26, 27). Die Nebenwurzeln des Rapses sind nicht sehr zahlreich und nie untereinander gleich



Fig. 26. Winter-Raps.

Anordnung und Gestalt der Nebenwurzeln 7 Wochen alter Pflanzen.

Fig. 27. Steckrübe.

ausgebildet. Man findet stets einige dicke un zahlreichere feine Nebenwurzeln. Auch manche Rübenpflanzen haben diese Ausbildung der Nebenwurzeln, einige jedoch weichen ab: die dickeren Nebenwurzeln fehlen und sehr zahlreiche untereinander wenig verschiedene feine bis mittelstarke Nebenwurzeln sind vorhanden. Natürlich finden sich manche Übergänge zwischen diesen beiden Wurzelformen; doch sind beim Raps stets einige Nebenwurzeln besonders stark entwickelt. Diese "Wurzelumkleidung" durch viele, untereinander ziemlich gleich gestaltete Nebenwurzeln ist also auf die Rübe beschränkt, während der andere Typus der Nebenwurzel-Bildung - weniger zahlreiche, ungleichmässig ausgebildete Nebenwurzeln - bei Raps und Rübe kommt. Eine Rübe lässt sich also hin und wieder an der Ausgestaltung ihrer Nebenwurzeln erkennen.

Diese Angaben gelten indessen nur für Pflanzen, welche unter normalen oder wenigstens annähernd normalen Bedingungen gewachsen sind, nicht für Kümmerpflanzen.

Will man also die Ausbildung der Nebenwurzeln dazu bemüthen, um eine Pflanze als Rübe zu diagnostizieren, so muss man Kümmerpflanzen von der Untersuchung ausschliessen.

Bei der anatomischen Untersuchung fällt die grössere Neigung des Rapses zur Bildung von dickwandigem, verholztem Xylemprosenchym auf. Ganz besonders deutlich tritt dies auf einem Querschnitt durch das Hypokotyl hervor, der dicht unterhalb der Ansatzstelle der Keimblätter geführt wird, sodass das Mark noch als Oval im Schnitt erscheint. Sowohl beim Raps wie auch bei der Rübe ist nun in der Regel das Xylemprosenchym zum \pm grossen Teile dickwandig und \pm verholzt. Indessen findet man einige Rübenpflanzen, bei denen das ganze Xylem dünnwandig geblieben ist. Beim Raps findet sich nach meinen Beobachtungen ein solches Verhalten nicht; stets ist ein sehr grosser Teil des Xylemprosenchym, sehr oft sogar das ganze oder fast das ganze Xylemprosenchym dickwandig (Fig. 28).

Ähnliches ist aber auch bei der Steckrübe, wenn auch seltener, zu beobachten, namentlich bei Pflanzen, die unter ungünstigen Lebensbedingungen gewachsen sind. Man kann also mitunter an dem Fehlen starkwandigen Xylemprosenchym eine Rübe erkennen, aber nicht etwa umgekehrt am Fehlen der dünnwandigen Xylem-Elemente einen Raps.

Auch auf Querschnitten durch den unteren Teil des Hypokotyls, die Wurzel oder das erste Internodium beobachtet man diese grössere Neigung des Rapses zur Bildung von starkwandigem, verholztem Gewebe. Im einzelnen herrschen in der Ausbildung von dickwandigem Gewebe die grössten Verschiedenheiten von Pflanze zu Pflanze. Einen besonders grossen Einfluss hat hierauf Standort und Ernährung der Pflanze.

Um den Einfluss von Boden und Ernährung festzustellen zog ich Raps- und Rübenpflanzen in gutem Boden, in sehr magerem Sandboden und in Blumentöpfen mit guter Gartenerde. Es zeigte sich, dass die in gutem Boden gewachsenen Pflanzen am meisten, die in magerem Sandboden gewachsenen weniger dünnwandiges Xylemgewebe bildeten. Im übrigen herrschte in der Ausbildung von dickwandigem und dünnwandigem Xylemgewebe die grösste Variation von Pflanze zu Pflanze. So bildeten z.B. einige auf magerem Sandboden gewachsenen Pflanzen im oberen Teil des Hypokotyls mehr dünnwandiges Gewebe aus als gut genährte Topfpflanzen und sogar als in gutem Boden gewachsene Freilandpflanzen, während im Durchschnitt die umgekehrte Abstufung galt. Ein kräftiger Rübenansatz trat nur bei den in gutem Boden gewachsenen Freilandpflanzen ein.

Es ergibt sich also, dass das Mengenverhältnis von verdicktem und unverdicktem Xylem-Prosenchym von Boden und Ernährung abhängig ist, und zwar begünstigt guter Boden im allgemeinen das Auftreten von dünnwandigem Gewebe, während die Pflanzen unter ungünstigen Lebensbedingungen in sehr magerem Boden \pm verholzen. Will man also an dem Fehlen des dickwandigen Xylemprosenchym im oberen Teile des Hypokotyls eine Rübe erkennen, so ist es nötig, die Versuchspflanzen in guten Boden zu säen, da man dort am ehesten Rüben finden wird, denen das dickwandige Xylemprosenchym im oberen Teile des Hypokotyls fehlt.

An einem andern anatomischen Merkmal ist es nun möglich, unter Umständen eine Rapspflanze zu erkennen, und zwar an dem Fehlen oder Auftreten des im vorletzten Kapitel beschriebenen markständigen Phloems. Auf einem Querschnitt durch den oberen Teil des Hypokotyls, dicht unter der Ansatzstelle der Keimblätter, findet man

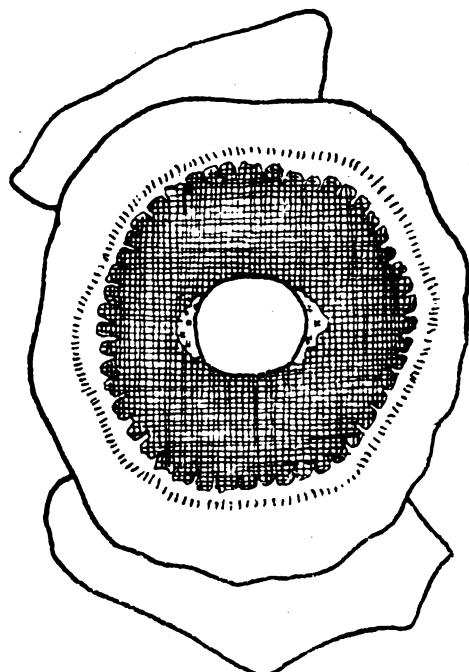


Fig. 28. Querschnitt durch den oberen Teil des Hypokotyls eines 7 Wochen alten Winter-Rapses. Fast das ganze Xylem wird von dickwandigem Gewebe gebildet. Die primäre Rinde ist - im Gegensatz zum gewöhnlichen Verhalten - unter den Keimblättern aufgeschnitten.

Phloembündel (Fig. 29) am Rande des ovalen Markraumes, seltener etwas weiter nach der Mitte zu, stets bei der Rübe, dagegen fehlen sie mitunter beim Raps. Aus dem Fehlen dieses markständigen Phloems kann man also auf Raps schliessen. Die Zahl

und Grösse der Phloembündel schwankt bei Rübe und Raps sehr. Man findet mitunter dicke, wohl entwickelte Phloemstränge, bald auch sind es feine Bildungen, die nur mit stärkerer Vergrösserung zu erkennen sind. Es ist deshalb auch nicht möglich, etwa bei sehr wenig markständigem Phloem auf Raps oder bei sehr reichlich vorhandenem markständigem Phloem auf Rübe zu schliessen. Nur das vollkommene Fehlen d. markständigen Phloems erlaubt den Schluss auf Raps.

Doch ist auch die Ausbildung des markständigen Phloems abhängig von den Aussenfaktoren. Während z.B. die auf gutem Boden gewachsenen Rapspflanzen fast alle markständiges Phloem besassen, schien die Neigung zur Bildung des markständigen Phloems bei den in sehr magerem Sandboden gewachsenen Pflanzen ein wenig geringer zu sein.

Hier möge noch bemerkt werden, dass ich unter den auf gutem Boden gewachsenen Bedingungen gewachsene hochgeschoene, kümmerliche Rübe fand, der das markständige Phloem im Hypokotyl fehlte. Im ersten Internodium war es allerdings ziemlich vorhanden.

Fig 29 Markständiges Phloem einer 46 Tage alten Steckrübe. m = Mark; x = Xylem. (Objektiv F.)

Freilandpflanzen eine wohl unter ungünstigen Bedingungen gewachsene hochgeschoene, kümmerliche Rübe fand, der das markständige Phloem im Hypokotyl fehlte. Im ersten Internodium war es allerdings ziemlich vorhanden.

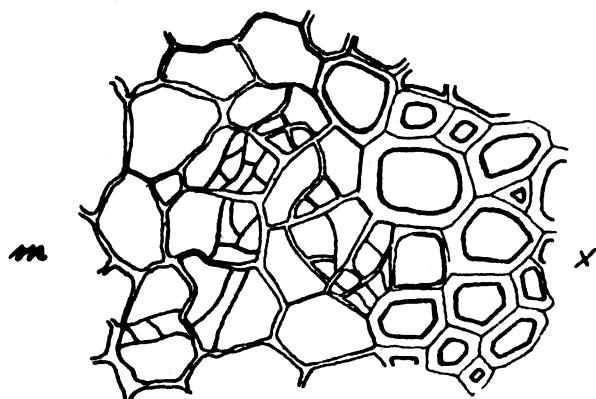
Hieraus geht hervor, dass man zur Untersuchung, ob man einen Raps vor sich hat, nur vollkommen normal gewachsene, wohl entwickelte Pflanzen verwenden darf. Andererseits ist aber auch nicht ratsam, die Pflanzen auf bestem Boden auszusäen, da hierbei die Aussicht, eine Rapspflanze ohne markständiges Phloem zu erhalten, nur gering ist. Vielleicht am besten eignen sich normal entwickelte Topfpflanzen zur Untersuchung. Ferner darf man sich nicht mit einem einzigen Querschnitt begnügen, da man hierbei das markständige Phloem unter Umständen übersehen kann.

Drei Merkmale sind es also, die zur Unterscheidung von Raps und Rübe dienen können: die Beschaffenheit der Nebenwurzeln, der mehr oder minder grosse Grad der Verholzung des Xylems und das markständige Phloem. Alle drei Merkmale sind nicht etwa rein zufällig, sondern hängen aufs innigste mit der Rübenbildung zusammen, sind gewissermassen die "Symptome" der Rübenbildung, wie folgende Betrachtung erläutert:

Die erwachsene Rübe hat bekanntlich zahlreiche in 2 Reihen geordnete, meist mehr oder minder gleichmässig ausgebildete Nebenwurzeln. Im Gegensatz hierzu besitzt d. Raps weniger und verschieden stark ausgebildete Nebenwurzeln. Auf den vermutlichen Zusammenhang zwischen Rübenbildung und Ausgestaltung der Nebenwurzeln soll später bei der Besprechung der weiteren Entwicklung des Rapses genauer eingegangen werden. Diese Unterschiede in der Bewurzelung können nun bereits bei jungen Pflanzen, noch vor der Rübenbildung, deutlich werden.

Das zweite Merkmal, das zur Erkennung einer Rübe verwendet werden konnte, das Fehlen des dickwandigen Xylemprosenchymz im oberen Teile des Hypokotyls, beruht auf der gegenüber dem Raps geringeren Neigung der Rübe zur Bildung von dickwandigem Xylemgewebe. Der Raps bildet eben eine starke Wurzel und einen kräftigen Stengel, die beide durch die starkwandigen Elemente ihre Festigkeit erhalten. Bei der Steckrübe hingegen geht aus Wurzel und Hypokotyl die fleischige Rübe hervor und so ist bei ihr die Tendenz zur Bildung dünnwandigen Gewebes vorherrschend.

Das Auftreten und Fehlen des markständigen Phloems steht ebenfalls in Zusammenhang mit der Rübenbildung. Diese beruht, wie im folgenden Kapitel näher dar-



gelegt werden soll, zum grossen Teil auf der reichlichen Bildung von holzständigem Phloem. Zwischen holz- und markständigem Phloem bestehen nun zahlreiche Übereinstimmungen, sodass es wohl berechtigt erscheint, beide als homologe, nur an verschiedenen Orten entstandene Organe zu bezeichnen und für ihre Entstehung dieselbe Ursache anzunehmen. Da nun die ausgewachsene Rübe bedeutend mehr holzständiges Phloem besitzt als der Raps, so erscheint es natürlich, dass auch bei ihr die Neigung zur Bildung des markständigen Phloems grösser ist als beim Raps.

Es ist also ersichtlich, dass die erwähnten Unterschiede zwischen Raps und Steckrübe letzten Endes zurückgehen auf den einen: normale Wurzelbildung oder Rübenbildung. Sie sind die Vorzeichen der bald eintretenden Rübenbildung.

In welcher Weise wird man nun vorgehen, wenn es sich darum handelt, praktisch festzustellen, ob eine vorliegende Saat reine Oel- oder Rübensaat oder eine Mischung ist? Man wird einen Teil des Samens auf ein Beet mit guter Erde säen, um günstige Bedingungen für das Fehlen des starkwandigen Xylemprosenchyms bei der Rübe im oberen Teil des Hypokotyls zu schaffen. Einen anderen Teil des Samens wird man in weniger guten Boden, vielleicht auch in Blumentöpfe

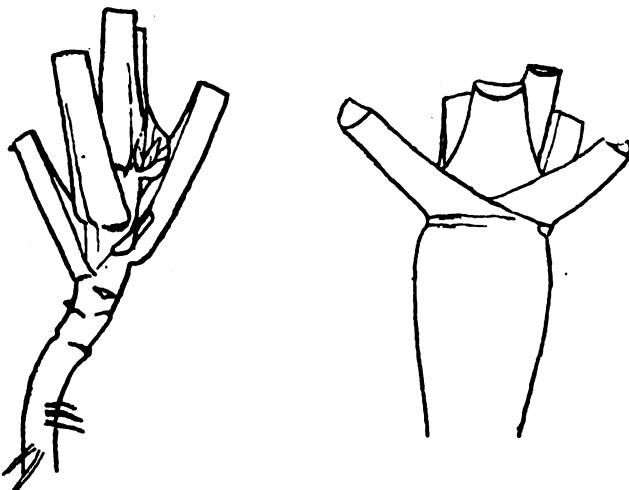


Fig. 30. Etwa 9 Wochen alte Pflanzen, a = Raps, b = Steckrübe.

säen, die aber mit guter Erde gefüllt sind, um so günstige Bedingungen für das Fehlen des markständigen Phloems beim Raps zu treffen. Es ist darauf zu achten, dass besonders die Topfpflanzen nicht zu dicht stehen und jede den zur normalen Entwicklung nötigen Raum erhält. Die Blumentöpfe müssen unbedingt im Freien stehen, da die Pflanzen in Gewächshäusern vergeilen. Erforderlichen Falls sind sie auch noch nachträglich zu düngen, um unbedingt eine normale Entwicklung zu gewährleisten. Es wird sich empfehlen, neben den Versuchspflanzen auch noch einige einwandfrei bekannte Raps- und Rübenpflanzen zur Kontrolle unter denselben Bedingungen zu ziehen. Unbedingt notwendig ist dies, wenn man Topfpflanzen zur Untersuchung verwenden will. Diese scheinen sich zur Prüfung auf Raps zwar gut zu eignen, indessen konnte von mir nur eine viel zu geringe Anzahl von Topfpflanzen untersucht werden, um aus dem Fehlen des markständigen Phloems bei einer Topfpflanze mit Sicherheit auf Raps schliessen zu können.

Man wird mit der Untersuchung sieben Wochen alter Pflanzen beginnen. Gesetzt den Fall, man findet von 30 untersuchten Pflanzen 7, die zahlreiche feine bis mittelstarke, unter sich annähernd gleiche Nebenwurzeln haben, ohne dass einige grössere vorhanden sind, sowie 6 Pflanzen, die im oberen Teil des Hypokotyls nur unverdicktes Xylemgewebe haben, dagegen keine, der das markständige Phloem fehlt, so kann man auf reine oder doch ziemlich reine Rübensaat schliessen. Findet man dagegen keine Pflanzen, welche die nur bei der Rübe vorkommenden Merkmale haben, sondern etwa 12, denen das markständige Phloem fehlt, so lässt sich auf reine oder doch ziemlich reine Raps-Saat schliessen. Findet man aber einige Pflanzen, welche die nur bei der Rübe vorkommenden Merkmale aufweisen und andere, denen das markständige Phloem fehlt, was normaler Weise ja nur beim Raps vorkommt, so liegt eine Mischsaat vor. Um den Prozentsatz festzustellen, würde eine sehr ausgedehnte Untersuchung erforderlich sein.

Es versteht sich natürlich von selbst, dass nur vollkommen normal gewachsene Pflanzen zur Untersuchung verwendet werden dürfen.

Schliesslich möge noch hervorgehoben werden, dass mir zwar eine grosse Anzahl

von untersuchten Pflanzen zur Unterlage meiner Angaben dient, aber immerhin eine gewisse Vorsicht in der Verwertung dieser Ergebnisse bis zu Bestätigung meiner Angaben durch die Erfahrung durchaus notwendig sein wird.

Welche Vorteile bietet nun diese Methode? In welchem Alter ist es auch ohne anatomische Untersuchung, rein äußerlich, an der Rübenbildung möglich, Raps und Steckrübe zu unterscheiden?

Die Rübenbildung, die ja bereits im anatomischen Bau durch vermehrte Bildung von dünnwandigem Xylemgewebe angedeutet war, wird bei einigen Rübenpflanzen auch äußerlich schon sehr bald sichtbar, etwa im Alter von 7 - 8 Wochen (Fig. 30). Indessen kann die Rübenbildung auch später eintreten und unter ungünstigen Verhältnissen, z.B. bei Topfpflanzen, sehr lange oder ganz ausbleiben. Ebenso kann aber auch der Raps ziemlich dicke Wurzeln bilden, sodass leicht eine Verwechslung unterlaufen kann.

Die anatomische Untersuchung gewährt also den Vorteil der Zeitersparnis. Ferner bietet sie in dem Fehlen des markständigen Phloems eine leichte Erkennungsmöglichkeit für den Raps.

Mit diesen Ergebnissen ist die Frage gelöst, die zu Beginn dieser Arbeit als Spezialfrage gestellt war, die Frage nach der Möglichkeit der Unterscheidung der jungen Raps- und Steckrübenpflanzen.

Anhangsweise möge noch einiges über das markständige Phloem gesagt werden. Bekanntlich beruht die Stengel-Anschwellung des Kohlrabi auf dem ausserordentlich Wachstum des Markes, das von konzentrischen Bündeln mit Innenphloem durchzogen wird. Diesen entspricht das markständige Phloem bei Raps und Steckrübe. Während aber die markständigen konzentrischen Bündel des Kohlrabi ein wohl entwickeltes Kambium besitzen, das Netzgefässe nach aussen abgibt, ist bei Raps und Steckrübe - von Ausnahmen abgesehen - nur das Phloem vorhanden. Nur bei einer Rübe in diesem Alter fand ich, dass das Phloem von Kambium umgeben war, das auch Gefässe nach aussen abgegeben hatte. Die markständigen konzentrischen Bündel des Kohlrabi stellen also eine Weiterentwicklung des bei Raps und Steckrübe vorhandenen markständigen Phloems dar.

WEISS (18), der die markständigen und konzentrischen Bündel in der Knolle d. Kohlrabi untersuchte, hält sie nicht für Stamm-eigen, während VÖCHTING (19) der entgegengesetzten Ansicht zuneigt. Bei meinen Untersuchungen des Winter-Rapses und der Steckrübe fand ich nichts, was geeignet wäre, die Ansicht von WEISS für diese Pflanzen zu stützen.

V. DIE WEITERE ENTWICKELUNG DER STECKRÜBE.

Im letzten Kapitel waren die Unterschiede zwischen den 7 Wochen alten Raps- und Steckrübenpflanzen erörtert worden. Die Unterscheidungsmerkmale waren niemals durchgreifend, sondern sie traten stets nur bei einem Teile der Rüben- bzw. Raps-Pflanzen auf, einem andern fehlten sie. Es handelte sich also stets nur um graduelle Unterschiede. Treten nun vielleicht mit der weiteren Entwicklung durchgreifende und prinzipielle Unterschiede zwischen Raps und Steckrübe auf? Diese Frage soll durch anatomische Untersuchung beantwortet werden, und zwar möge mit der Untersuchung der Rübe begonnen werden.

Die etwa 3 Monate alte Rübenpflanze zeigt eine kräftige Anschwellung der Wurzel, des Hypokotyls und des unteren Stengelteiles (Fig. 31). Diese "Rübe" läuft nach unten in die Hauptwurzel aus; an den Seiten sitzen, zu zwei Reihen geordnet, die Nebenwurzeln. Der oberirdische Teil, der "Kopf" (die Stengel-Internodien) und "Hals" (das Hypokotyl) der Rübe ist durch Chlorophyll grün oder Anthozyan rot gefärbt. Die zu einem Schopfe zusammenstehenden Blätter sind wechselständig nach d 2/5-Stellung. Die Internodien sind gestaucht, sehr kurz aber breit, sodass der untere Stengelteil die Fortsetzung der Rübe bildet und in sie einbezogen wird.

Schneidet man eine Rübe an ihrer dicksten Stelle, etwa der Grenze des Hypokotyls gegen die Wurzel, quer durch (Fig. 32), so erkennt man schon mit blossem Auge den Kambiumring, der einige Millimeter unter der Oberfläche verläuft. Das ganze Innere der Rübe besteht aus mächtig entwickeltem, weichem Xylem-Gewebe, in

welches die Gefäße eingebettet sind. Sie sind in der Nähe des Kambiums in Reihen geordnet, die auch dem blosen Auge deutlich sichtbar sind (Fig. 32).

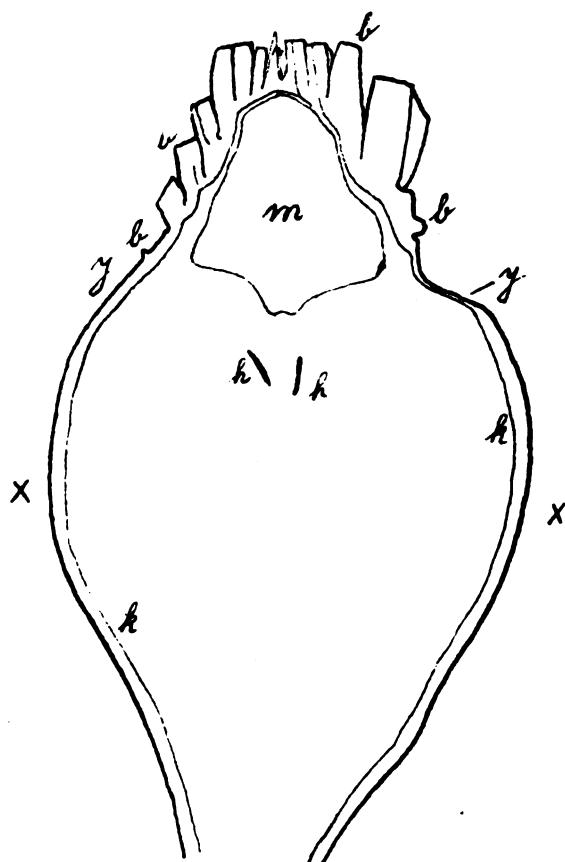


Fig. 31. Längsschnitt durch eine etwas über 3 Monate alte Steckrübe. x - x = Grenze von Wurzel u. Hypokotyl; y - y = Grenze v. Hypokotyl u. erstem Internodium; b = Blattstiele u. Achselknospen; k = Kambium; m = Mark; h = auseinander gerissenes Kernholz.

das auch, aber auf andere Weise, das Markstrahlgewebe übergeht. Im Phloemprosenchym bestehen die Siebröhren (Fig. 33). Die Bastfasern, teils einzeln liegend, meist aber in Gruppen vereinigt, sind von unregelmässiger Gestalt, verholzt und gegeneinander sowie gegen das umliegende Gewebe getüpfelt. Die Markstrahlen bestehen aus parenchymatischen, radial geordneten Zellen. Markstrahlparenchym und Phloemparenchym gehen durch Zwischenformen ohne scharfe Grenze ineinander über. In einiger Entfernung vom Kambium verwischt sich die regelmässige Anordnung der Markstrahl-Zellen, und es findet der Übergang statt in das aus regellos liegenden Zellen bestehende Rindenparenchym.

Das Kambium zeigt an den Stellen, wo es Phloem und Xylem abgibt, denselben Bau wie das eben geschilderte Phloemprosenchym. Das Markstrahlkambium gleicht in seinem Bau den Markstrahl-Zellen; es unterscheidet sich also vollkommen vom faszikulären Kambium.

Das Xylem besteht aus einem äusseren Teil, dessen einzelne Elemente radial angeordnet sind (Fig. 32, 34) und einem regellos gebauten Zentralteil, der die Über-

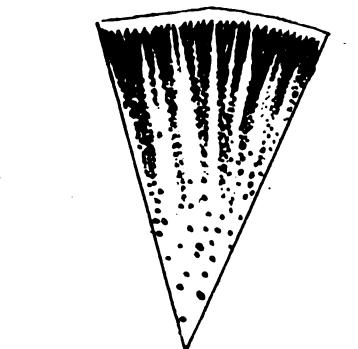


Fig. 32. Querschnitt durch einen Sektor der Steckrübe.

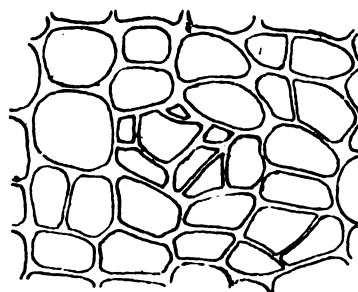


Fig. 33. Phloem der Steckrübe. Das Phloemprosenchym besteht aus lang gestreckten oben und unten zugespitzten Zellen, die an jedem Ende eine radial verlaufende Schneide haben. Diese Zellen teilen sich durch horizontale Wände und bilden sich dann zu dem vorhin beschriebenen regellos gelagerten Rindenparenchym um, in

spitzen Zellen, die an jedem Ende eine radial verlaufende Schneide haben. Diese Zellen teilen sich durch horizontale Wände und bilden sich dann zu dem vorhin beschriebenen regellos gelagerten Rindenparenchym um, in

Aussen ist die Rübe von einer dicken Korkhaut umkleidet. Die äusseren Schichten des nun folgenden Rindenparenchyms bestehen aus Zellen, die sich unter dem Einfluss der Dilatation in tangentialer Richtung sehr gestreckt und durch radiale Querwände wiederholt geteilt haben. Weiter nach innen folgt regellos gelagertes Parenchym. Eingebettet sind verschiedenartig gestaltete, bastfaserähnliche Sklerenchymzellen und funktionslos gewordene, zerdrückte Siebröhren. Man beobachtet zahlreiche Zellteilungen. Mehr einwärts wird der Unterschied zwischen Markstrahl- und Phloemgewebe deutlich.

Das Phloem (Fig. 34) enthält Phloemprosenchym, Siebröhren und Bastfasern. Das Phloemprosenchym besteht aus lang gestreckten oben und unten zugespitzten Zellen, die an jedem Ende eine radial verlaufende Schneide haben. Diese Zellen teilen sich durch horizontale Wände und bilden sich dann zu dem vorhin beschriebenen regellos gelagerten Rindenparenchym um, in

spitzen Zellen, die an jedem Ende eine radial verlaufende Schneide haben. Diese Zellen teilen sich durch horizontale Wände und bilden sich dann zu dem vorhin beschriebenen regellos gelagerten Rindenparenchym um, in

reste der primären und zuerst angelegten sekundären Bestandteile einschliesst. In der Nähe des Kambiums besteht das Grundgewebe aus Xylemprosenchym, das von zahlreichen Markstrahlen durchzogen wird. Die Gefäße, einzeln oder zu Gruppen vereinigt (Fig. 34) sind in der Nähe des Kambiums radial angeordnet in der Weise,

dass auf jeden Xylemstrahl 1 - 2 Gefässreihen kommen. Es sind verholzte Netzgefäße, deren einzelne Glieder durch eine weite Öffnung miteinander in Verbindung stehen. Ein Tangentialschnitt zeigt ihre Anastomosen, die ein Flechtwerk bilden, dessen Maschen von den Markstrahlen durchbrochen werden. Diese sind ähnlich wie die der Rinde gebaut. Es herrschen grosse Verschiedenheiten bei den Steckrüben in der Ausbildung der Markstrahlen: während die Markstrahlen meistens mehrfach länger als hoch und breit sind, ist bei einigen Pflanzen ihre radiale Ausdehnung geringer als die tangentiale und vertikale. Ebenso schwankt die Breite der Markstrahlen sehr: so fand ich in demselben Tangentialschnitt einige Markstrahlen, die an der Stelle ihrer grössten Breite 3 Zellreihen breit waren und andere, die 20 Zellreihen breit waren. Stets aber nehmen die Markstrahlen durch Streckung der einzelnen Zellen nach innen an Breite zu. Sie gehen, wie auch in der Rinde, ohne scharfe Grenzen in das umgebende Prosenchym über. Dieses beginnt sich schon in geringer Entfernung vom Kambium durch horizontale Wände zu teilen; die einzelnen, durch Teilung entstandenen Zellen vergrössern sich und teilen sich weiter, sodass weiter innen ein regellos gebautes Parenchym entsteht, das sich von dem der Markstrahlen, deren Zellen sich ebenfalls teilen, wenig und noch weiter im Innern der Rübe gar nicht mehr unterscheidet. So wird der Zentralteil der Rübe von einem Parenchym verschiedener Herkunft gebildet, dessen einzelne Elemente richtungslos gelagert sind und sich ständig weiter teilen. Einige zerstreute Netzgefäße sind eingebettet.

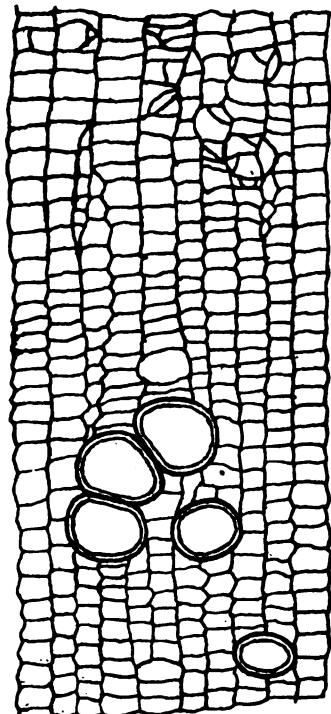
Nun beobachtet man noch eine zweite Wachstums-Anomalie: konzentrische Gefässbündel mit Innen-Phloem (Fig. 35, 36). Sie sind in der Literatur öfters erwähnt worden, so besonders von WEISS (20) und LUND und KJAERS-

Fig. 34. Querschnitt durch die Steckrübe, Phloem, Kambium und d. angrenzende Xylem zeigend.

KOU (21). WEISS berichtet etwa folgendes über ihre Entstehungsweise:

Man beobachtet das Auftreten von sekundären xylemständigen Bildungen 2 - 4 Zellen von den zunächst liegenden Gefäßen und 15 - 20 Zell-Reihen vom Kambium entfernt. Sie liegen meist ausserhalb oder innerhalb der zunächst liegenden Gefässgruppe, seltener rechts oder links davon. Nicht um jede Gefässgruppe treten diese sekundären Bildungen auf, mitunter jedoch entfallen mehrere auf eine Gefässgruppe. Zuerst entsteht das Phloem, das sich bald mit Reihenkambium umgibt (Fig. 35). Die den Gefässgruppen des Xylems anliegenden Zellen strecken sich radial zur Gefässgruppe und teilen sich tangential zu ihr, sodass die sekundären Gefässbündel weiter entfernt von den Gefässgruppen zu liegen kommen. Die innersten sekundären Gefässbündel sind die grössten (Fig. 36). Sie sind zuerst gebildet. Nach dem Kambium nehmen sie, ihrem Alter entsprechend, an Grösse ab.

Meine Beobachtungen weichen von dieser Schilderung teilweise ab. Ich fand, dass die Neubildungen nicht nur in der Nähe der Gefäße, sondern, wenn auch seltener, mitten im Holzprosenchym entstehen konnten. Ebenso bildeten sie sich auch im Zentralteil der Rübe aus dem vorhin geschilderten Parenchym. Ihre Entstehung ist also keineswegs streng lokalisiert. Sie bilden sich in der Weise, dass mehrere nebeneinander liegende Zellen sich durch vertikale Wände teilen. So entsteht ein Phloembündel, das sich meist mit Reihenkambium umgibt, d.h. die benachbarten Zellen werden meristematisch und umgeben so das Phloembündel mit einer Kambium-



scheide, deren einzelne Elemente auf dem Querschnitt in radialen Reihen angeordnet sind (Fig. 35). Dieses Kambium gibt nach innen wieder Phloem, nach aussen radial geordnetes Holzparenchym ab, das mitunter auch einige Netzgefässe enthält (Fig. 36). Die ältesten und dementsprechend am weitesten entwickelten Bündel findet man im Zentralteil der Rübe, neben diesen aber auch junge, eben entstandene. Die Bündel anastomosieren miteinander, ein Netzwerk bildend, wie auf einem Tangentialschnitt oder im Zentralteil, wo die Bündel schon entwickelt sind, bereits makroskopisch durch aufeinander folgende Querschnitte leicht zu erkennen ist.

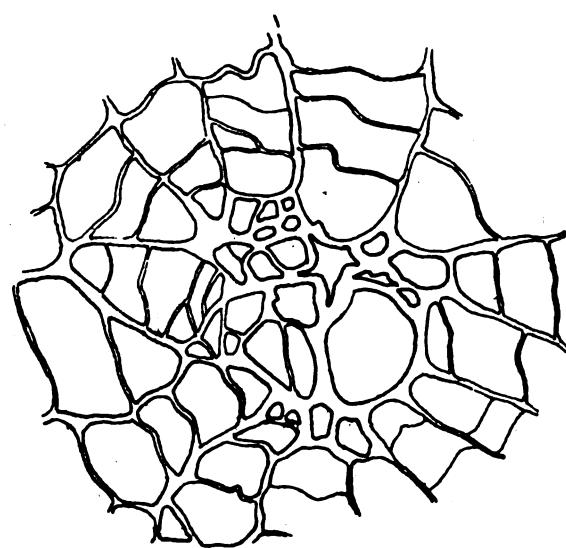


Fig. 35. Im Entstehen begriffenes konzentrisches Gefäßbündel mit Innenphloem aus einer Steckrübe (Objektiv F).

(22) in folgendem: Die Pflanze speichert in folgendem: Die Pflanze speichert grosse Mengen von Nährstoffen auf. Der Stoff-Transport durch Diffusion würde hierzu nicht ausreichen,

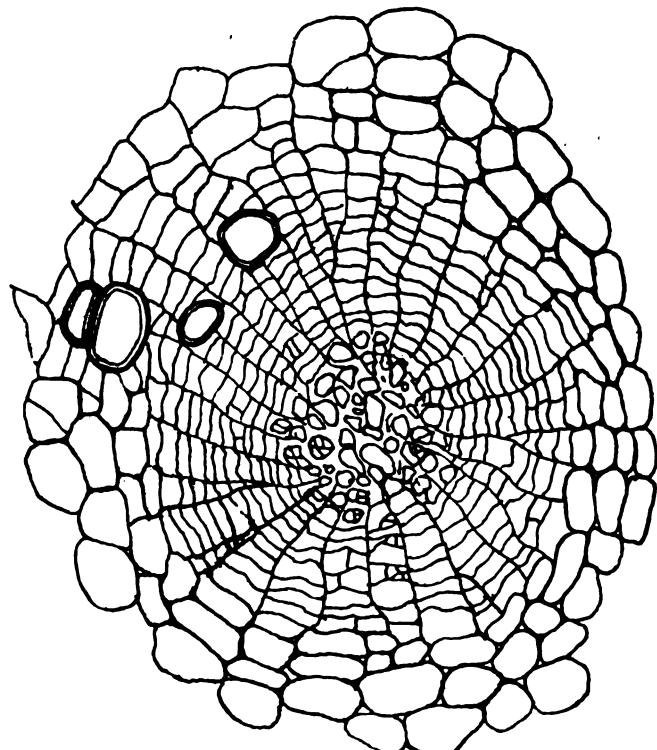


Fig. 36. Ausgebildetes konzentrisches Leitbündel mit Innenphloem aus einer 3 Monate alten Steckrübe.

Diese konzentrischen Bündel mit Innenphloem entsprechen den bereits an der sieben Wochen alten Pflanze beschriebenen xylemständigen Phloemsträngen in Wurzel und Hypokotyl (Fig. 20). Sie stellen eine weitere, höhere Entwicklungsstufe dar, was sich auch darin zu erkennen gibt, dass bei verkümmerten Pflanzen oft nur Phloemstränge vorhanden sind.

Die physiologische Bedeutung dieser konzentrischen Bündel beruht nach WEISS in der Rübe rasch grosse Mengen von Nährstoffen auf. Der Stoff-Transport durch Diffusion würde hierzu nicht ausreichen, und es müssen deshalb neue Leitungsbahnen angelegt werden, eben die konzentrischen Leitbündel mit Innenphloem, in denen die Stoffleitung sich vollzieht.

Die Tatsache, dass im Xylem Phloem- und Kambiumbildungen auftreten, beweist, dass die vom Kambium gebildeten Xylemzellen auch die sämtlichen zur Bildung von Phloem und Kambium notwendigen inneren Anlagen besitzen müssen, dass aber ein Faktor vorhanden sein muss, der ihre normale Entwicklung zu Xylemzellen bestimmt. Vielleicht lässt sich dieses für die Steckrübe geltige Ergebnis noch auf viele oder alle Pflanzen übertragen.

Was ist aber aus der ursprünglichen Wurzelanlage geworden? Im inneren der Rübe findet man vielfach eine kleine Höhlung, deren Ränder teilweise holzig sind. Es sind die Überreste der in den ersten Wochen gebildeten Wurzelemente, nurmehr in auseinander gerissenen Trümmern vorhanden, die am Rande der Höhlung oder im umgebenden Parenchym verstreut liegen.

Welche Kräfte aber waren tätig, um dieses starke Gewebe zu zerreißen?

Bereits in der 6 - 8 Wochen alten Wurzel waren die vorhin beschriebenen Phloemstränge vorhanden. Sie sind inzwischen stark herangewachsen, und desgleichen hat sich das Xylemgewebe, wo es noch nicht verholzt war, lebhaft geteilt. Der bereits verholzte Kern der Wurzel hat aber an diesem Wachstum natürlich keinen Anteil, ist vielmehr von einem Ring sich lebhaft teilenden Gewebes umgeben. Dieser nimmt rasch an Umfang zu, ohne dass das Wachstum in radialer Richtung damit Schritt hält. So kann der Wurzelkern bald diesen rasch grösser werdenden Ring nicht mehr ausfüllen; er wird auseinander gerissen, und es entsteht eine Höhlung in der Wurzel. Schnell wachsendes Parenchym dringt zwischen die Trümmer des Wurzelkernes undbettet sie teilweise oder ganz ein, die Höhlung mehr oder minder vollständig ausfüllend, teilweise auch bleiben die Trümmer am Rande der Höhlung liegen. Die Gefässe, die sie enthalten, sind vielfach verstopft durch braune, gelbe oder rote Inhaltmassen.

Neben dem sich ständig weiter teilenden Xylemparenchym im Zentralteil der Rübe und den konzentrischen Bündeln mit Innenphloem beobachtet man noch eine dritte

Wachstumsanomalie: unvollkommen konzentrische Gewebestränge mit Innen-Xylem (Fig. 37). Sie finden sich besonders im unteren Teil der Rübe. Einige Gefässe oder auch kleinere Gefässgruppen umgeben sich ganz oder teilweise mit einem Reihenkambium, das nach aussen Parenchym abgibt. Dieses ist in radialen Reihen geordnet und lässt mitunter Siebröhren erkennen. In einem Falle beobachtete ich sogar Bastfasern. Dieses vom Kambium nach aussen abgegebene Gewebe muss also als Aussenphloem angesehen werden. Die Siebröhren-Bildungen gleichen denen, die man im Xylem beobachtet und aus denen später die konzentrischen Leitbündel mit Innenphloem hervorgehen. Sehr oft umgibt das Reihenkambium die Gefässe nur an einer Seite. Die eingeschlossenen Gefässe zeigen gelbe oder braune Wandfärbung und sind durch gelbe, braune oder rote Inhaltmassen verstopft. Vielfach bilden die benachbarten Parenchymzellen braun gefärbte Wandverdickungen.

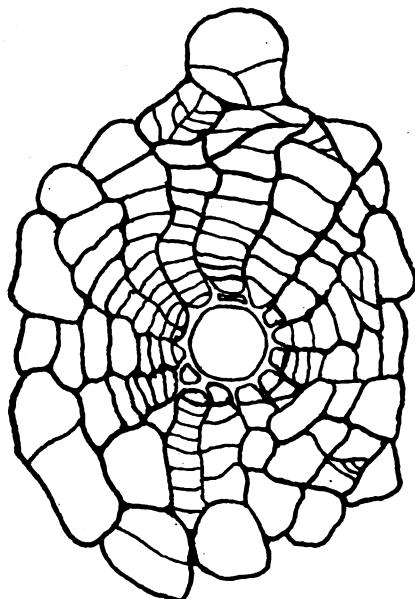
Verhältnismässig selten sind diese Gewebestränge nun so wohl entwickelt, wie eben geschildert. Häufig fehlen die Siebröhren im Aussenparenchym, und dieses selbst ist oft nur wenig ausgebildet. Sehr oft aber, selbst im oberen Teil der Rübe, beobachtet man eine radiale Streckung der den Gefässen anliegenden Parenchymzellen und Zellteilungen durch tangential zum Gefäß gerichtete Wände. Von diesem die Gefässen begleitenden Parenchym finden

Fig. 37. Konzentrischer Gewebestrang mit Innenxylem aus einer 3 Monate alten Steckrübe.

sich nun alle Übergänge bis zum wohl entwickelten konzentrischen Gewebestrang mit Innenxylem und Aussenphloem.

Es ist also ersichtlich, dass die Gefässe, besonders solche, die durch Inhaltmassen verstopft sind, reizauslösend wirken für Zellteilungen des umliegenden Gewebes. Auch die Inhaltmassen verstopfter Gefässe scheinen als Reizstoffe zu wirken, da man oft beobachtet, dass von einer ganzen Gefässgruppe nur diejenigen Gefässe sich mit Reihenkambium umgeben, welche durch Inhaltmassen verstopft und funktionslos geworden sind. Auch die Richtung der Zellteilung wird von den Gefässen bestimmt, da sie stets tangential zu den Gefässen erfolgt. Vielleicht beruht dieser Reiz zur Zellteilung auf Stoffen, welche von den Gefässen aus in das umgebende Gewebe diffundieren, wobei man geneigt sein könnte, an die beschriebenen Inhaltmassen zu denken; vielleicht aber handelt es sich auch um einen Reiz, welcher, von den Gefässen ausgehend, von Zelle zu Zelle weiter gegeben wird.

Nach unten läuft die Rübe in die Hauptwurzel aus. Von oben nach unten gehend



beobachtet man an ihr dieselben Entwickelungsstadien, die an der Wurzel jüngerer Pflanzen bereits geschildert wurden. So treten die beiden Haupt-Markstrahlen deutlich hervor; die Phloemstränge, die das Xylem durchziehen, haben sich noch nicht oder nur unvollkommen mit Reihenkambium umgeben; ein Xylem-Parenchym, wie man es im Zentralteil der Rübe beobachtet, ist noch nicht ausgebildet; die Bastfasern des Phloems treten immer mehr zurück. Das Lumen der Gefäße nimmt, wie auch DE CORDEMOY (23) für Steckrübe und Kohl beobachtet hat, zunächst zu, in grösserer Tiefe wird es wieder geringer.

Die Nebenwurzeln zeigen im wesentlichen denselben Bau.

Doch man zu dem Teil der Rübe, der aus den Stengel-Internodien hervorgegangen ist! Ein Quer- oder Längsschnitt (Fig. 31) zeigt schon makroskopisch, dass die Rübe hier sehr viel Mark enthält, welches von Xylem, Kambium und Rinde wie von einer Haube bedeckt wird. Dieser markhaltige Teil bildet einen Kegel, auf dessen Seitenflächen die Blätter in einem Schopfe dicht zusammengedrängt stehen, sodass die einzelnen Internodien sehr kurz sind. Auf einem Querschnitt erkennt man, dass im oberen Teile des Kegels die Epidermis noch erhalten ist, während sie weiter unten durch ein Phellogen, das aus der subepidermalen Rindenschicht hervorgeht, ersetzt ist. Hier bleibt also die primäre Rinde erhalten im Gegensatz zu Wurzel und Hypokotyl, wo die Korkschicht unter der primären Rinde entsteht und diese abgeworfen wird. In den nun weiter nach innen folgenden Rindenschichten beobachtet man unter dem Einflusse der Dilatation Zellteilungen durch radiale Wände. Das Rindenparenchym enthält Chlorophyll, wodurch die Grünköpfigkeit hervorgerufen wird. Bei den rotköpfigen Rassen ist es verdeckt durch Anthozyan, das unmittelbar unter der Epidermis bzw. der Korkhaut seinen Sitz hat.

Den Phloemteilen sind auch hier in der Regel Kappen von Bastfasern aufgela-
gert. Das Xylem ist verhältnismässig schwach entwickelt. Ein regellos gelagertes Xylemparenchym wie im Zentralteil der Rübe ist nicht vorhanden. Im Xylem beobach-
tet man wieder die Stellung der Gefäße in radialen Reihen sowie, besonders in
der Nähe des Markes, xylemständige Phloemstränge. Sie sind in grosser Menge vor-
handen, haben sich aber nicht mit Reihenkambium umgeben.

Das Mark nimmt auf dem Querschnitt den weitaus grössten Raum ein. Am Rande des Markes, vor den Xylemstrahlen, beobachtet man wieder markständiges Phloem. Meistens liegt es so dicht am Xylem, dass die Entscheidung, ob es sich um markständiges oder xylemständiges Phloem handelt, schwierig ist (24). Indessen fin-
det man es auch etwas weiter im Mark, von den Xylemstrahlen durch Markgewebe ge-
trennt, sodass in solchen Fällen kein Zweifel darüber möglich ist, dass es im
Mark entstanden ist. Ich beobachtete auch den Fall, dass sich ein markständiges Phloembündel mit Reihenkambium umgeben hatte, das nach aussen Parenchym abgab, so-
dass ein markständiges konzentrisches Leitbündel mit Innenphloem entstand von dem-
selben Bau, den die ebenso entstehenden Bündel des Wurzelxylems zeigen. Stets aber
finden sich diese Phloembildungen am Rande, nie im Zentrum des Markes.

Das Mark zeigt die lebhaftesten Zellteilungen, denn da das Xylem wenig ent-
wickelt bleibt, beruht die Dicken-Zunahme des von den Internodien gebildeten Tei-
les der Rübe in erster Linie nicht auf der Tätigkeit des Kambiums, sondern der
Vergrösserung des Markes. Man beobachtet vielfach eine radiale Streckung der äus-
seren Markzellen, verbunden mit Zellteilungen durch tangentiale Wände. Aber auch
dort, wo eine solche Streckung nicht erfolgt, sind zahlreiche Zellteilungen zu
erkennen. Der Zentralteil des Markes nimmt an diesem Wachstum weniger teil.

Bisweilen findet man im äusseren Teil des Markes eingestreut, ebenso auch in den markständigen Phloembündeln, einige Spiralgefässe.

Es mögen nun noch einmal kurz die bei der Steckrübe beobachteten Wachstums-
anomalien zusammengestellt werden; es sind:

1. das aus dem Xylemparenchym hervorgehende Xylemparenchym im Zentralteil der Rübe;
2. xylemständige konzentrische Leitbündel mit Innenphloem;
3. xylemständige konzentrische Gewebestränge mit Innenxylem;
4. markständiges Phloem;
5. das ausserordentliche Dickenwachstum des Markes durch Zellteilungen.

Auf der Xylemparenchymbildung sowie dem Dickenwachstum der konzentrischen Leitbündel mit Innenphloem beruht für Wurzel und Hypokotyl; auf dem Dickenwachstum d. Markes für die Internodien in erster Linie die Rübenbildung. Die Gewebestränge mit Innenxylem sowie die markständigen Phloembündel tragen nur sehr wenig oder garnicht dazu bei. Dem ausserordentlich raschen Wachstum der Rübe entspricht die grosse Zahl ihrer Wachstumsanomalien. Das normale Dickenwachstum mittels des Kambiumringes wird durch die zahlreichen Wachstumsanomalien unterstützt, und so wird das ganz besonders schnelle Wachstum der Rübe ermöglicht.

Angaben über das Dickenwachstum der Rübe finden sich bei: WEISS (25) (über die konzentrischen Bündel mit Innenphloem und das Dickenwachstum des Markes), besonders aber bei LUND und KJAERSKOU (26). An Hand zahlreicher Abbildungen wird der anatomische Bau von *Brassica oleracea*, *Br. campestris* und *Br. napus* geschildert.

VI. DIE WEITERE ENTWICKLUNG DES WINTER-RAPSES.

In welcher Weise entwickelt sich nun die 7 Wochen alte Winterraps-Pflanze weiter? Wie unterscheidet sich die Weiter-Entwickelung des Rapses von der der Steckrübe?

Bekanntlich wird der Winter-Raps normalerweise im August gesät. Die Pflanze bildet im ersten Jahre oberirdisch einen Blätterschopf aus, welcher ganz dem der Rübe gleicht, unterirdisch eine kräftige Pfahlwurzel, die dem unteren Teil der "Rübe" der verwandten Form entspricht. Im nächsten Jahre schiesst der Stengel auf, die Pflanze blüht und bringt Samen. Die Steckrübe wird dagegen schon im April gesät, im Herbst werden die Rüben aus dem Boden genommen; die zur Samenzucht bestimmten Pflanzen lässt man in Mieten oder im Keller überwintern und pflanzt sie im Frühjahr wieder aus. Sie treiben dann aus, schiessen auf, blühen und bringen Samen.

Es ist leicht verständlich, dass diese verschiedene Vegetationsweise Einfluss auf den morphologischen und anatomischen Bau der Pflanzen hat. Will man die Verwandtschaft der beiden Pflanzen feststellen, so muss man gleichzeitig gesäte Pflanzen untersuchen. Deshalb untersuchte ich neben zur normalen Zeit im August des Vorjahrs gesäten Pflanzen auch solche, die gleichzeitig mit den zu untersuchten Rüben am 13. Mai gesät worden waren. Es zeigte sich, dass diese Raps-Pflanzen sich morphologisch und anatomisch anders verhielten als die im Vorjahr zur normalen Zeit gesäten Pflanzen. Ein Aufschiessen trat nicht mehr ein. Einzelne Pflanzen bildeten einen sehr starken, kopfartigen Blätterschopf und eine verhältnismässig dicke Wurzel. Auf die anatomischen Verschiedenheiten soll später eingegangen werden.

Nun ist es ja bekannt, dass mitunter bei der Rübe ein Aufschiessen und Blühen bereits im ersten Jahre stattfindet. Man spricht von den sogenannten "Samenschiesern"; die Wurzeln solcher Pflanzen bilden keine "Rübe" aus. Es besteht nun kein prinzipieller Unterschied im Zeitpunkt des Aufschiessens zwischen Winter-Raps und Steckrübe (27), da der Raps, mit der Rübe gleichzeitig im Frühjahr gesät, nicht mehr aufschiessst. FRUWIRTH (28) gibt zwar an, dass sehr zeitig, am 17. März und 27. April gesäter Winter-Raps noch teilweise aufgeschossen sei, doch gibt es auch hierfür ein Analogon bei der Rübe in den "Samenschiesern". Ebenso herrscht kein durchgreifender Unterschied zwischen Raps und Steckrübe in der Wurzeldicke, da einerseits der Raps oft recht dicke Wurzeln bildet, anderseits bei der Rübe der Rübenansatz ausbleiben oder nur in geringem Grade eintreten kann, wie z.B. bei den Samenschiesern oder bei auf rechtdürftigem Boden gewachsenen Pflanzen.

Auch bezüglich der Ausbildung der Nebenwurzeln besteht kein durchgreifender Unterschied zwischen Winter-Raps und Steckrübe, obwohl, wie schon bei Besprechung d. 7 Wochen alten Pflanzen hervorgehoben wurde, die Rübe dazu neigt, sehr zahlreiche verhältnismässig feine, unter sich ziemlich gleichmässig gestaltete Nebenwurzeln zu bilden, während der Raps einige recht kräftige und andere feinere und zartere Nebenwurzeln besitzt. Der hohe Stengel des Rapses bedarf einer starken Verankerung im Boden, die er durch die kräftigen Nebenwurzeln erhält. Die schwere Rübe hingegen bedarf einer solch' starken Verankerung nicht und die besonders kräftig ausgebildeten Nebenwurzeln können deshalb bei ihr fehlen. Da sie aber in kurzer Zeit grosse Mengen von Nährstoffen speichert, sind für sie eine grosse Menge kleiner,

zarter, im Dienste der Ernährung stehender Nebenwurzeln erforderlich.

Ferner sind für den Menschen Rüben mit kräftigen Nebenwurzeln unerwünscht, da sie schwer aus dem Boden zu nehmen sind. Ausserdem kann durch eine zu starke Ausbildung der Nebenwurzeln der Rübenansatz selbst beeinträchtigt werden. Infolge dessen mögen Rüben mit starken Nebenwurzeln stets von der Zucht ausgeschlossen worden sein und so mag die Auslese die Entstehung des beschriebenen Wurzelsystems der Rübe hervorgerufen oder wenigstens begünstigt haben.

Es zeigt sich also ein inniger Zusammenhang zwischen der Ausbildung der Nebenwurzeln bei Steckrübe und Raps und dem Eintreten bzw. Fehlen der Rübenbildung.

Doch nun zum anatomischen Bau des Winter-Rapses! Auf alle Einzelheiten einzugehen würde zum grossen Teil nur eine Wiederholung dessen sein, was von der Rübe gesagt wurde. Es soll deshalb nur auf das für den Winter-Raps charakteristische eingegangen werden. Zunächst möge das den 5 Wachstums-Anomalien der Rübe entsprechende dargelegt werden.

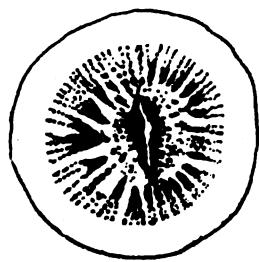


Fig. 38. Querschnitt durch d. Wurzel eines im Vorjahr zur normalen Zeit gesäten u. im folgenden März untersuchten Winterrapses; die den Wurzelriss umgebenden schwarzen Massen stellen xylemständiges Phloem dar.
(Lupenbild.)

trische Bündel hatten, teilweise sogar mit Netzgefäßsen.

1. Das aus dem Xylem-Prosenchym hervorgehende Xylem-Parenchym im Zentralteil der Wurzel ist, wenn auch in weit geringerem Masse als bei der Rübe, auch beim Raps vorhanden. Es nimmt den Zentralteil der Wurzel ein (Fig. 38). Nach aussen folgt, wie bei der Rübe, eine durch Markstrahlen radial geordnete Zone von Xylem-Prosenchym, in das Gefäße eingebettet sind. Das im Zentralteil der Wurzel befindliche Xylem-Parenchym ist, wie bei der Rübe, sekundär aus dem Prosenchym durch Zellteilungen hervorgegangen und besteht aus richtungs- und regellos gelagerten Zellen.

2. Xylemständige konzentrische Leitbündel mit Innenphloem finden sich eingebettet auch im Xylem-Parenchym des Winter-Rapses. Bei der Rübe bestanden sie vielfach aus Innen-Phloem, welches sich mit Reihenkambium umgeben hatte, das nach aussen hin Xylem-Parenchym, vielfach mit Netzgefäßsen, abgab. Nur selten sind sie beim Raps so wohl entwickelt: in der Regel sind sie ersetzt durch einfache xylemständige Phloem-Stränge (Fig. 39); ein Reihenkambium mit äusserem Xylem-Parenchym fehlt meist. Unter den im Frühjahr gleichzeitig mit den Rüben gesäten Rapspflanzen befanden sich aber solche, die wohl entwickelte, konzentrisch bestehend aus Innen-Phloem, Reihenkambium und Aussen-xylem bestanden. Es besteht also auch hier kein prinzipieller Unterschied zwischen Winter-Raps und Steckrübe.

Anschliessend möge noch bemerkt werden, dass auch bei Steckrüben, die auf magerem Boden gewachsen sind, die Bildung von Reihenkambium und äusserem Xylem-Parenchym ausbleiben und nur Stränge von xylemständigem Phloem vorhanden sein können. Das Auftreten von Reihenkambium und Aussenxylem um das xylemständige Phloem ist also in weitgehendem Masse von Boden und Zeitpunkt der Aussaat abhängig, ein Beispiel dafür, wie sehr die anatomischen Verhältnisse einer Pflanze durch ihre Lebensbedingungen verändert werden können.

3. Xylemständige konzentrische Gewebestränge mit Innenxylem von demselben Bau, wie er für die Rübe geschildert wurde, besitzt auch der Raps, und zwar in sehr reichlichem Masse. Indessen wurde das Auftreten von Aussen-Phloem, wie es ja bei der Rübe gelegentlich vorkommt, nicht beobachtet. Die einzelnen

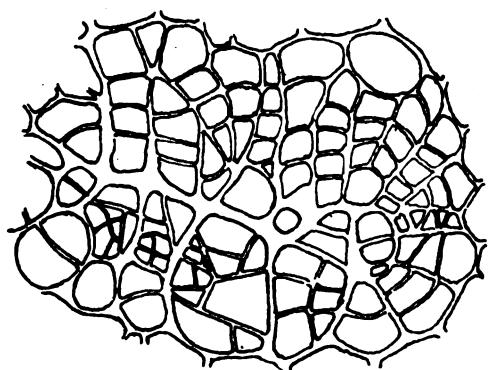


Fig. 39. Xylemständiges Phloem aus der Wurzel eines Winter-Rapses.

Stränge sind oft sehr stark entwickelt. Sie treten beim Raps bedeutend mehr hervor als bei der Steckrübe.

4. Markständiges Phloem erscheint auf Querschnitten durch den oberen Teil des Hypokotyls. Hierauf war ja bereits im einzelnen bei der Unterscheidung der 7 Wochen alten Winterraps- und Steckrüben-Pflanzen eingegangen worden. LUND und KJAERSKOU (29) bringen eine Abbildung von wohl entwickeltem, mit Reihenkambium umgebenem markständigem Phloem aus dem Stengel des Winter-Rapses.

5. Das Dickenwachstum des Markes durch Zellteilungen ist beim Raps ebenfalls angedeutet, indem man auf Querschnitten durch den oberen Teil des Hypokotyls und die unteren Stengel-Internodien ± zahlreiche Zellteilungen im Marke findet.

Es ergibt sich also, dass bezüglich dieser Wachstums-Anomalien zwar wohl graduelle, aber keine prinzipiellen Unterschiede zwischen Winter-Raps und Steckrübe bestehen.

Es möge nun noch auf einiges für den Winter-Raps charakteristische hingewiesen werden. Die grössere Neigung des Rapses zur Bildung von dickwandigem, verholztem Xylemprosenchym war schon bei der Untersuchung der 7 Wochen alten Pflanzen aufgefallen; sie kehrt auch hier wieder. Während man nämlich bei der Steckrübe nur sehr wenig oder gar kein dickwandiges Xylemprosenchym antrifft, beobachtet man beim erwachsenen Raps stets ± grosse Mengen von verdicktem Xylemgewebe. Auch die Markstrahlen sind häufig sklerosiert.

Bei sehr vielen Rapspflanzen beobachtet man ferner im Innern der Wurzel oder des Hypokotyls Risse, die das Xylem spalten und bis zum Kambium gehen. Sie können nur darauf beruhen, dass im Innern der Wurzel bzw. des Hypokotyls durch die Tätigkeit des Kambiums eine Zugspannung hervorgerufen wird; dies ist aber nur dadurch möglich, dass das Wachstum des Kambiumringes, welches - ohne Abgabe irgendwelcher Elemente nach aussen oder innen - ausschliesslich dazu beiträgt, den Umfang des Ringes selbst zu vergrössern, stärker ist, als der Abgabe von Zellen nach innen entspricht. Das Xylem kann dann den rasch an Grösse zunehmenden Kambiumring nicht mehr ausfüllen: es reisst auf. Besonders spiegelt sich diese im Innern der Raps-Wurzel oft herrschende Zugspannung im Bau der Markstrahlen wieder. Diese nehmen oft nach dem Zentrum der Wurzel anscheinend unter dem Einfluss der herrschenden Zugspannung sehr an Breite zu, und die einzelnen Markstrahlzellen können mehrfach breiter als lang werden; während in der Nähe des Kambiums das Umgekehrte der Fall ist.

Bekanntlich zeigt die Steckrübe oft äusserlich Risse: dies ist darauf zurückzuführen, dass das anomale Dickenwachstum des Xylems durch die im letzten Kapitel beschriebenen Wachstums-Anomalien so stark ist, dass der Kambiumring das Xylem nicht mehr umspannen kann. Beim Raps ist also das entgegengesetzte der Fall: das Xylem kann den Kambiumring nicht mehr ausfüllen, und es entsteht im innern der Wurzel bzw. des Hypokotyls ein Riss.

Im übrigen anatomischen Verhalten - Bau der Rinde, des Prosenchyms, der Gefässe etc. - stimmen Raps und Steckrübe überein.

Auch die Stärke, welche sich in grösserer oder geringerer Menge in allen parenchymatischen Zellformen findet, ist bei Winter-Raps und Steckrübe von gleicher Form. Es sind einfache oder auch zwei- oder mehrfach zusammengesetzte kleine runde Körner. Häufig lässt sich ihre Entstehungsweise aus den Leukoplasten beobachten, und oft findet man sie nach Art der Leukoplasten um den Zellkern gruppiert wie die Beerchen einer Brombeere.

Alle erwähnten Unterschiede zwischen Winter-Raps und Steckrübe sind nun keineswegs rein zufälliger Natur, sondern stehen, wie ja bereits bei Besprechung der 7 Wochen alten Pflanzen hervorgehoben, in innigstem Zusammenhang mit dem Eintreten der Rübenbildung. Diese beruht, wie im letzten Kapitel erwähnt wurde, auf der reichlichen Bildung von Xylemparenchym im Zentralteil der Rübe, dem Auftreten von konzentrischen Bündeln mit Innenphloem innerhalb des Xylems und dem Dickenwachstum des Markes. Beim Raps treten dem entsprechend diese Wachstums-Anomalien gegenüber der Rübe sehr zurück. Die Wurzelrisse des Rapses sind eine Folge des Zurücktretens dieser Wachstums-Anomalien und treten auf, da das Xylem keine gesteigerte Dickenzunahme mehr erfährt. Auf den Zusammenhang zwischen markständigem Phloem

und Rübenbildung war bereits bei Besprechung der 7 Wochen alten Pflanzen hingewiesen worden, auf den Zusammenhang zwischen Ausbildung der Nebenwurzeln und Rübenbildung zu Beginn dieses Kapitels.

Es ergibt sich also, dass alle diese graduellen, niemals prinzipiellen Verschiedenheiten zwischen Winter-Raps und Steckrübe im Zusammenhang stehen mit einer einzigen, der Bildung einer normalen Wurzel bzw. einer Rübe, und auch diese stellt, wie vorhin dargelegt, nur eine graduelle Verschiedenheit zwischen Winter-Raps und Steckrübe dar.

VII. PHYLOGENETISCHE BETRACHTUNGEN.

Zwischen Winter-Raps und Steckrübe bestehen nur graduelle, keine prinzipiellen Unterschiede, war das Ergebnis der vorliegenden Untersuchungen. Hieraus folgt mit Sicherheit, dass die Art *Brassica napus*, soweit sie Winter-Raps und Steckrübe umfasst, eine natürliche sein muss.

Zu demselben Ergebnis kommen aufgrund ihrer anatomischen Untersuchungen LUND und KJAERSKOU (30) die eine Entwickelungs-Reihe: Sommerraps — Winterraps — Steckrübe annehmen.

KAJANUS (31), der die Erblichkeitsverhältnisse bei den *Beta*- und *Brassica*-Rüben untersucht hat, meint: "Die Formtypen der Wasser- und Kohlrüben (Kohlrübe = Steckrübe, d. Verf.) sind als stabilisierte Modifikationen zu betrachten, da sie nicht nur bei Vernachlässigung der Auslese, sondern auch bei vollständiger Isolierung degenerieren, d.h. auf ursprünglichere Typen zurückzuschlagen". Man hat es "mit Modifikationen zutun, die nur durch anhaltende Auslese und durch Anbau bei optimalen Wachstums- und Bestäubungs-Bedingungen beibehalten werden können. Wird die Auslese vernachlässigt oder die Konstitution der Pflanze incl. ihrer Samen verschlechtert, so fängt der Typus an zu variieren, um so schneller, je weniger stabilisiert er war. Die Konstanz der betreffenden Typen ist also nur relativ, nicht absolut" (32). Bei Besprechung der Arbeit von LUND und KJAERSKOU äussert er (33): "Die Entwickelungsreihe Sommerraps — Winterraps — Steckrübe ist kontinuierlich, indem die Typen innerhalb so weiter Grenzen variieren, dass sie ineinander übergehen".

Mit diesen Ergebnissen ist die innige Verwandtschaft von Winterraps und Steckrübe wohl ausserhalb allen Zweifels gestellt. Ein Suchen nach prinzipiellen Unterschieden am Bau des Samens oder des jungen Pflänzchens für die Zwecke der Samenkontrolle erscheint auf Grund dieser Ergebnisse als aussichtslos (34). Mehr als graduelle Verschiedenheiten lassen sich nicht erwarten.

Brassica napus ist also eine natürliche Art, soweit sie Winterraps und Steckrübe umfasst, d.h. beide Formen müssen eine gemeinsame Abstammung haben, und zwar ist nach den erwähnten Untersuchungen von LUND und KJAERSKOU und KAJANUS der Winter-Raps als die Stammpflanze anzusehen. LUND und KJAERSKOU stellen die vorhin erwähnte Entwickelungsreihe Sommer-Raps — Winter-Raps — Steckrübe auf. Nach ihren Untersuchungen bildet nämlich der Sommer-Raps, der nur eine dünne Wurzel besitzt, die für die Steckrübe charakteristischen, beim Winter-Raps bereits weniger deutlich in Erscheinung tretenden Merkmale des anatomischen Baues in noch geringerem Masse aus; er muss deshalb als Ausgangspunkt der Entwicklung angesehen werden (35).

Auch für *Brassica campestris*, deren einzelne Formen denen von *Br. napus* entsprechen, stellen LUND und KJAERSKOU (36) eine ähnliche Entwickelungsreihe auf: Wilder Rübsen — Sommerrübsen — Winterrübsen — Wasserrübe. Diese Entwickelungsreihe ist indessen z.T. nur mit einiger Vorsicht aufzunehmen, da für den wilden Rübsen die Vermutung nahe liegt, er möge durch Verwildern entstanden sein (37), zumal der Rübsen ja leichter verwildert. Vom Raps, der ja weniger leicht bei uns verwildert, scheint eine wilde Form auch dem entsprechend nicht zu existieren.

Xylemständiges Phloem, auf dem ja neben der Bildung von Xylem-Parenchym zum grossen Teil die Rübenbildung beruht, ist durch LUND und KJAERSKOU (38) noch beim Kohl und durch WEISS (39) beim Senf (*Sinapis alba* und *S. arvensis*) nachgewiesen worden. Man darf wohl annehmen, dass es sich auch noch bei weiteren *Brassica*- und

Sinapis-Arten findet. Indessen ist die Bildung xylemständigen Phloems nur bei *Brassica napus* und *Br. campestris* mit ausgeprägter Rübenbildung in Gestalt von Steck- und Wasserrübe verbunden. Eine Rüben bildende Kohlart ist nicht bekannt. Die Knolle des Kohlrabi ist eine Stengel-Anschwellung, beruhend auf der Hypertrophie des Markes, das von markständigen konzentrischen Bündeln mit Innen-Phloem durchzogen wird. Es ist wohl wahrscheinlich, dass auch noch bei weiteren *Brassica*-Formen einige der bei der Steckrübe besprochenen Wachstums-Anomalien vorkommen.

Es ist also ersichtlich, dass der anatomische Bau des Genus *Brassica* sehr starken Variationen unterworfen ist. Er ist, im Gegensatz zu den meisten andern, mehr oder weniger streng gesetzmässig gebauten Pflanzentypen, nicht eindeutig festgelegt, entsprechend den überaus zahlreichen, noch stets an Menge zunehmenden Formen, in denen uns das Genus *Brassica* entgegentritt.

Dieses ist offenbar noch nicht am Ende seiner Entwicklung angekommen, da von Jahr zu Jahr neue Formen unter der Hand des Züchters entstehen.

LITERATUR-VERWEISE.

- (1) C. E. SCHULZ in Engler's Pflanzenreich IV.105, 1919, p. 45. - (2) DE CORDEMOY, Recherches anatomiques sur les genres *Brassica* et *Sinapis*. Thèse Paris 1907, p. 104 ff., 158 ff., 181 ff., 189 ff. - (3) ENGLER-PRANTL, Nat. Pflanzenfam. III.2 (1891) p. 152. - (4) C. E. SCHULZ, l.c. p. 17, 41, 48. - (5) ROSEN, Wandtafeln der vegetabilischen Nahrungs- und Gemüssmittel, Text, Breslau 1895, p. 30 ff. - (6) OLIVA, Vergleichend anatomische und entwickelungsgeschichtliche Untersuchung über die Cruciferen-Samen, in Oesterr. Jahresh. f. Pharmac. 7. Heft, Wien 1905, p. 84. - (7) SOLEREDE, Syst. Anatomie der Dikotylen, 1899, p. 75. - (8) DE CORDEMOY, l.c. p. 111. - (9) TURPIN in Ann. sc. nat. Bot. XXI (1830) p. 298 - 317, zit. nach C. E. SCHULZ. - (10) BOUGUES, Petiole, Thèse Paris 1902, p. 31 ff, zit. nach SOLEREDE, l.c. - (11) DE CORDEMOY, l.c. - (12) LUND og KJAERSKOU, Morfologisk-anatomisk Beskrivelse af *Brassica oleracea* L. etc. Kopenhagen 1885, Res. franç. 1. - (13) DENNERT, Cruciferae, in Wigands botan. Hefte I, Marburg 1825, p. 83 - 119. - (14) v. HAYEK, Entwurf eines Cruciferen-Systems auf phylogenetischer Grundlage, in Beih. bot. Zentralbl. XXVII, 1. Abt. (1911) p. 163. - (15) LOHRER, Beiträge zur anatomischen Systematik der Wurzeln, in Wigands Bot. Heft. II (1887) p. 9 - 16. - (16) C. E. SCHULZ, l.c. p. 17. - (17) PRANTL in Engl.-Prantl, Nat. Pflanzenfam. III.2 (1891) p. 177. - (18) WEISS, Das markständige Gefäßbündelsystem einiger Dikotyledonen in seiner Beziehung zu den Blattspuren, in Beih. bot. Zentralbl. XI (1883) p. 390. - (19) VÖCHTING, Untersuchungen zur experimentellen Anatomie und Pathologie des Pflanzenkörpers. Tübingen 1908, p. 22 ff. - (20) WEISS, Anatomie und Physiologie fleischig verdickter Wurzeln, in Flora 1880, p. 103. - (21) LUND und KJAERSKOU, l.c. (3) - (5). - (22) WEISS, 1. c. p. 111. - (23) DE CORDEMOY, l.c. p. 170, 176, 177. - (24) Über den Bau der sog. Markkrone vergl. BRIQUET, sur quelques points de l'anatomie des Crucifères et des Dicotylées en general, in Atti Congr. Internat. 1892, Gemma 1893, p. 180 ff, sowie WEISS, l.c. p. 104. - (25) WEISS, l.c. p. 102 - 104. - (26) LUND u. KJAERSKOU, l.c., und Ref. in Bot. Zentralbl. XXVII, p. 326 ff. - (27) Ich sehe von den Fällen ab, wo durch Bestäubung von einer typisch einjährigen verwandten *Brassica*-Form das Saatgut verdorben war. - (28) FRUWIRTH, Die Züchtung d. landwirtschaftl. Kulturpflanzen II, 1909, p. 163. - (29) LUND u. KJAERSKOU, l.c. Tab. IX, 1. - (30) LUND u. KJAERSKOU, l.c. Res. fr. p. (6). - (31) KAJANUS, Über die Verebungsweise gewisser Merkmale der Beta- und *Brassica*-Rüben, in Zeitschr. f. Pflanzenzüchtung I (1913) p. 462, 463. - (32) KAJANUS, l.c. p. 463. - (33) KAJANUS, l.c. p. 454. - (34) Beziiglich der † grossen g r a d u e l l e n Unterschiede zwischen Winterraps u. Steckrübe im Bau des Samens u. der jungen Pflanzen sei auf das I. und IV. Kapitel verwiesen. - (35) LUND u. KJAERSKOU, l.c. p. (5) - (6). - (36) LUND u. KJAERSKOU, l.c. p. (2) - (4). - (37) PRANTL, l.c. p. 177. - (38) LUND u. KJAERSKOU, l.c. p. (1) - (2). - (39) WEISS in Flora, l.c. p. 108.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Archiv. Zeitschrift für die gesamte Botanik](#)

Jahr/Year: 1924

Band/Volume: [7](#)

Autor(en)/Author(s): Soeding Hans

Artikel/Article: [Anatomie der Wurzel-, Stengel und Rübenbildung von Oelraps und Steckrübe \(Brassica Napus L. var. oleifera und var. napobrassica\) . 41-69](#)