

# Zur Wurzelanatomie unserer Alpenpflanzen

## II. Saxifragaceae und Rosaceae

Von Maria Luhan

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien

Mit 15 Textabbildungen

(Vorgelegt in der Sitzung am 19. Juni 1952)

Während die Mehrzahl der Primulaceen morphologisch durch ein Rhizom mit kräftigen Beiwurzeln und anatomisch dadurch charakterisiert ist, daß der Primärbau der Wurzeln dauernd erhalten bleibt, findet man bei den Saxifragaceen und Rosaceen vielfach eine andere Wuchsform und damit auch einen anderen inneren Bau. So sind die alpinen Saxifragaceen vor allem als Polsterpflanzen mit langer Pfahlwurzel ausgebildet, die alpinen Rosaceen als Halbrossettenstauden oder Spaliersträucher mit Pfahlwurzel oder verholztem Erdstamm.

Daraus ergibt sich, daß wir hier im wesentlichen sekundär veränderte Wurzeln werden erwarten dürfen. In sehr frühem Entwicklungsstadium wird nämlich, wie an den Haupt- und Nebenwurzeln der meisten Dikotyledonen, mit Hilfe eines Kambiums ein geschlossener Holz- und Bastring angelegt, aus der äußersten Zellreihe des Zentralzylinders, dem Perikambium, bildet sich das Periderm (oder Polyderm) der Wurzel, während die primäre Rinde langsam abstirbt und abgestoßen wird. Die Aufgabe der Wasser- und Nährsalzaufnahme bleibt nur auf die jüngsten, noch primär gebauten Verzweigungen beschränkt.

Was nun die **A b s c h l u ß g e w e b e** der Wurzeln der beiden im folgenden zu behandelnden Familien betrifft, nämlich das Periderm der Saxifragaceen (Abb. 2, 4 u. a.) und das Polyderm der Rosaceen (Abb. 8), so möchte ich einige **h i s t o r i s c h e D a t e n** vorausschicken: Der Kork zählt bekanntlich zu den ersten Objekten mikroskopischer Untersuchung überhaupt und ist begreiflicher-

weise seither schon viel untersucht worden. 1836 hat v. Mohl für eine bestimmte Korkart den Ausdruck „Periderma“ gebraucht, der später (de Bary 1877), in Abänderung der ursprünglichen Bedeutung, auf das phellogene Meristem mit allen seinen Produkten — einschließlich Saniós Phelloderm (Sanió 1860) — erweitert wurde. Unter Periderm faßt man somit das Korkkambium (Phellogen), den von diesem nach außen abgesehenen Kork und das nach innen gebildete Phelloderm zusammen. Da jedoch dieser Kork nicht immer nur aus einheitlich verkorkten Zellagen besteht und man daher exakt zwischen „morphologischem“ und „chemischem“ Kork unterscheiden müßte (Mühl-dorf 1926), hat v. Höhnel (1877), um Unklarheiten im Ausdruck zu vermeiden, alle vom Phellogen nach außen abgegliederten Zellen als Phellem bezeichnet und innerhalb dieses Phellem wieder zwischen Kork (suberinhaltigen Zellen) und Phelloid (korkähnlichen Zellen, welche kein Suberin enthalten) unterschieden. Das Phelloid hat im Gegensatz zum Kork Interzellularen und parenchymatischen Charakter. Es können nun entweder stets mehrere Korksichten mit dem Phelloid abwechseln oder nur jeweils eine. Letztere Bildung des phelloidführenden Periderms kommt verhältnismäßig selten vor, tritt aber bei einigen Familien oder Gruppen (*Rosoideae*, *Hypericaceae*, *Myrtaceae* u. a.) konstant auf und ist für diese charakteristisch (vgl. Douliot 1888, 1889, Weiß 1890, Protits 1891, Bunting 1898, Solereder 1899 S. 348, Prodingen 1908).

Bei vielen der genannten Autoren findet man schon Angaben darüber, daß die einreihigen Korkzellagen des „Phelloidkorkes“ in Bau und Chemismus große Ähnlichkeit mit Endodermiszellen haben, daß sie in ihrer Jugend den Casparyschen Streifen zeigen, später verkorken, aber nicht wie echter Kork totes Gewebe darstellen; doch hielt man weiterhin am Begriff des Periderms fest. Erst Mylius (1913) hat dieses Gewebe in seiner Natur richtig erkannt und dafür zum Unterschied vom Periderm den neuen Begriff *Polyderm* eingeführt; er versteht darunter ein lebendes, in ständiger Erneuerung begriffenes Gewebe, das sich aus einzelnen Polydermlamellen zusammensetzt. Eine Polydermlamelle besteht von außen nach innen aus dem Zwischengewebe (meist eine bis drei Zellreihen breit), der Polyderm- oder Folgendodermis und der Initialschicht. Letztere ist nur in der innersten Lamelle vorhanden; aus ihr entstehen in rhythmischer Folge die neuen Polydermlamellen. Ein dem Phelloderm analoges Gewebe kommt hier nie zur Ausbildung. Bevorzugt tritt das Polyderm an unterirdischen Organen (Wurzeln, Rhizomen und unterirdischen

Ausläufern) auf. Es kommt nach einer Zusammenstellung von Mylius (l. c. S. 99 f.) nur Pflanzen aus den Reihen der *Rosales*, *Parietales* und *Myrtiflorae* zu.

In die neueren Lehrbücher hat das Polyderm nur zum Teil die verdiente Aufnahme gefunden (v. Guttenberg 1940, 1943), zum Teil wird es gar nicht erwähnt (Eames and MacDaniels 1947, Troll 1948, Metcalfe and Chalk 1950), oder es wird für überflüssig gefunden, dieser Modifikation des Periderms einen eigenen Namen zu geben (so in der von Jost, 1934, bearbeiteten 2. Aufl. von Roths „Gewebe der Pflanze“).

\*

Vorliegende Untersuchung behandelt, anschließend an die erste Mitteilung über die Wurzelanatomie der Primulaceen (Luhán 1951), die anatomischen Verhältnisse der Wurzeln der Saxifragaceen und Rosaceen. Das Untersuchungsmaterial stammt aus den Ostalpen, und zwar vom Arlberg und Umgebung sowie aus der Ankogel-, Sonnblick- und Venedigergruppe der Hohen Tauern. Da bei der Besprechung der einzelnen Arten nur die engeren Fundorte angegeben sind, sei hier deren Lage in den genannten Gebirgsgruppen vorweggenommen:

- Arlberg: Albonaseen, Wirt, Peischelkopf, Maroiköpfe,  
Ulmer Hütte, Kapall, Trittkopf, Stuttgarter  
Hütte.
- Ankogelgruppe: Hannoverhaus, Grauleitenspitze, Jamnigalm,  
Feldseescharte, Großelendscharte.
- Sonnblickgruppe: Duisburger Hütte, Rojacherhütte.
- Venedigergruppe: Kürsingerhütte, Defreggerhaus.

## A. Saxifragaceae.

Über den anatomischen Bau der Saxifragaceen liegen einige ältere Arbeiten vor (Christ 1887, Leist 1890, Thouvenin 1890, Hollé 1893), doch beziehen sich die Untersuchungen der beiden erstgenannten Autoren vor allem auf die Anatomie der Stengel, die Hollé (1893) — unter Ausschaltung der krautigen Pflanzen — auf die Gruppen mit holzigen Gewächsen. Nur Thouvenin (1890) hat erstmalig zusammenhängend den Bau der Saxifragaceen untersucht, wobei auch die Wurzeln Berücksichtigung fanden. Solleder (1899) gibt keine Angaben über den Wurzelbau. Eine Beschreibung der Wurzeln von *Saxifraga tridactylites* L.,

*S. hypnoides*, *S. oppositifolia* L., *S. nivalis* L., *S. stellaris* L. und *S. aizoides* L. findet sich bei Freidenfelt (1904).

Innerhalb der Saxifragaceen sind die untersuchten alpinen Formen in ihrer Zugehörigkeit fast ausschließlich auf die Gattung *Saxifraga* beschränkt, auf deren 15 Sektionen (Engler und Prantl 1930) sie sich wie folgt verteilen:

- Sekt. 1: Boraphila: *Saxifraga stellaris* L.
- Sekt. 2: Hirculus
- Sekt. 3: Robertsonia: *Saxifraga Geum* L.
- Sekt. 4: Miscopetalum
- Sekt. 5: Cymbalaria
- Sekt. 6: Tridactylites
- Sekt. 7: Nephrophyllum
- Sekt. 8: Dactyloides: *Saxifraga Seguierii* Spr.  
*Saxifraga caespitosa* L.  
*Saxifraga moschata* Wulf.
- Sekt. 9: Trachyphyllum: *Saxifraga aspera* L. subsp. *bryoides*
- Sekt. 10: Xanthizoon: *Saxifraga aizoides* L.
- Sekt. 11: Euaizoonia: *Saxifraga Aizoon* Jacq.
- Sekt. 12: Kabschia: *Saxifraga caesia* L.  
*Saxifraga squarrosa* Sieb. et Tausch
- Sekt. 13: Porphyryon: *Saxifraga biflora* All.  
*Saxifraga oppositifolia* L.
- Sekt. 14: Tetrameridium
- Sekt. 15: Diptera

Es lassen sich nun bei dieser Gattung eine Reihe mehr oder weniger gut umschriebene „Wuchsformen“ unterscheiden (Hegi IV/2, S. 570), welche ich hier, soweit sie für die untersuchten Arten Bedeutung haben, anführen möchte; denn der anatomische Bau der Wurzel ist ja, wie erwähnt, von der Wuchsform der Pflanze in vieler Hinsicht abhängig.

Dem Aretia-Typus (= Kugelpolster nach Schröter) gehören *Saxifraga caesia* und *S. squarrosa* an, dem Sempervivum-Typus (Warming) *Saxifraga Aizoon*, dem Primel-Typus (Warming) *Saxifraga stellaris* und *S. Geum* und dem Hypnum-Typus die oben angeführten Vertreter der Sektionen Dactyloides, Trachyphyllum, Xanthizoon und Porphyryon.

Im folgenden soll die Wurzelanatomie der einzelnen Arten — wie früher bei den Primulaceen (Luhan 1951) — an Hand von Querschnitten beschrieben werden.

*Saxifraga stellaris* L.

Von dieser Art wurden Pflanzen verschiedener Standorte untersucht (von den Albonasen, den Maroiköpfen, aus der Umgebung des Hannoverhauses, der Kürsingerhütte, der Feldseescharte); all diesen Standorten war eine verhältnismäßig hohe Feuchtigkeit gemeinsam. Das zunächst unter-

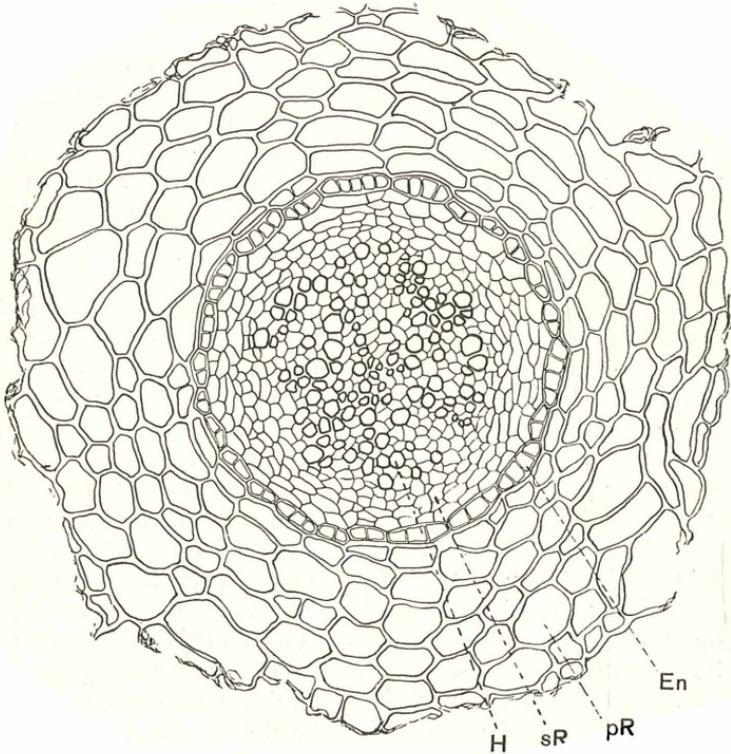


Abb. 1. *Saxifraga stellaris*. Querschnitt durch eine Wurzel von 0,5 mm Dicke. H = Holzkörper, sR = sekundäre Rinde, En = Endodermis, pR = primäre Rinde.

suchte Exemplar ist auf schneewasserdurchtränktem Boden unweit eines Schneefeldes in Hannoverhaus-Nähe (2650 m) gewachsen und im August 1951 gesammelt worden.

Der vielgestaltige, boden- und gesellschaftsvage, schneeschutzbedürftige und feuchtigkeitsliebende „sternblütige Steinbrech“ hat überwinternde Blattrossetten am Ende eines sympodialen Rhizoms. Die Hauptwurzel stirbt bald ab und wird durch dunkelgefärbte, ziemlich lange Adventivwurzeln ersetzt.

Solche junge Beiwurzeln (von z. B. 0,18 mm Durchmesser) zeigen die wenigen Gefäße im Zentralzylinder in einer medianen Platte angeordnet, welche die beiden Bastteile voneinander trennt. Ein einschichtiges Perikambium und eine verkorkte und unverdickte Endodermis umgeben das Gefäßbündel. Darauf folgen zwei bis drei interzellularenfreie Reihen großlumiger, dünnwandiger Rindenzellen und zuäüßerst die vielfach zerdrückten, kleineren Zellen der Rhizodermis.

Mit zunehmendem Alter hat eine Wurzel von 0,5 mm Durchmesser folgenden Bau (Abb. 1): Der kreisförmige Holzkörper, aus Gefäßen und unverholzten Parenchymzellen zusammengesetzt, wird umgeben von der sekundären Rinde, welche aus unregelmäßig verdickten und schwach tangential gestreckten Zellen besteht. Darauf folgen sieben bis acht Zellreihen der primären Rinde mit hell- bis dunkelbraun gefärbten und mäßig verdickten Wänden; ihre Zellen schließen ohne Interzellularen aneinander. Auch die innerste Rindenschicht, die Endodermis, hat so gefärbte und verdickte Membranen, nur sind ihre Zellen schmaler und durch eine bis drei radiale Scheidewände geteilt. Nach außen zu sind die Rindenzellen vielfach zerdrückt oder nur mehr als Reste vorhanden; eine anders gebaute Abschlußschicht, sei es eine Rhizoder oder eine Exodermis, läßt sich nicht erkennen.

Dieser Bau einer erwachsenen *Saxifraga stellaris*-Wurzel variiert zwar bei den übrigen untersuchten Pflanzen vorhin erwähnter Standorte etwas in der Zahl der Rindenzellen, der Dicke und Färbung der Zellwände und anderem, doch herrscht im Prinzip immer dasselbe Bild vor (Abb. 1). Nur an einem Exemplar, gesammelt auf wasserüberrieseltem Fels oberhalb der Albonaseen (etwa 2000 m), war an einer Wurzel von 0,58 mm Dicke die primäre Rinde schon abgeworfen, und unregelmäßig verkorkte Zellen der Endodermis bildeten das Abschlußgewebe.

Zum Vergleich wurde das nichtalpine *Saxifraga Geum* L. aus dem Wiener Alpengarten Belvedere untersucht.

Der Nelkenwurz-Steinbrech wächst in Wäldern und Schluchten, an schattigen, feuchten Felsen und moosigen Felsblöcken; heimisch ist er in West- und Südwesteuropa, bei uns sicher nur eingeführt.

Der Wurzelquerschnitt ( $D = 0,42$  mm) ist dem von *Saxifraga stellaris* sehr ähnlich, besonders in der Ausbildung der primären Rinde, deren Zellen ebenfalls braun gefärbt, mäßig verdickt und an der Peripherie zerdrückt oder aufgerissen erscheinen; auch hier ist weder eine Exodermis noch eine Rhizodermis mehr vorhanden. Die Zellen der Endodermis, deren Membranen verkorkt und auch

verdickt sind, haben je eine radiale Querwand. Im Innern des Zentralzylinders liegen wenige stark verdickte Markzellen mit deutlichen Tüpfeln, umgeben von den drei primären und dazwischenliegenden sekundären Gefäßgruppen. Einige kambiale Zellreihen trennen diesen Holzteil von den drei Phloemgruppen, die in Parenchymzellen eingebettet liegen; diese und auch die Perikambiumzellen sind ebenso verdickt und getüpfelt wie die Markzellen.

### *Saxifraga Seguierii* Spr.

Die Pflanzen wurden im August 1948 in feuchten Felsritzen des Peischelkopfes gesammelt.

Seguiers Steinbrech ist ein Polster-Chamaephyt; er findet sich auf feuchtem Felsgrus, in berieselten Felsritzen, auch in Rasenpolstern, mit Vorliebe an schattigen Stellen der Alpen. Er ist kalkfliehend, kommt aber auch auf kalkhaltigen Schiefen vor.

An einer Seitenwurzel von 0,63 mm Durchmesser hat der zentrale Holzteil, der aus locker über den Querschnitt verteilten Gefäßen und unverholzten Parenchymzellen gebildet wird, einen Durchmesser von 0,36 mm. Daran schließen die unregelmäßig verdickten und tangential gestreckten Zellen der sekundären Rinde an und das Periderm, aus dem Phellogen und den sechs bis acht Reihen dünnwandiger Korkzellen bestehend. Das Phellogen ist an den Radial- und inneren Tangentialwänden ebenso stark verdickt wie das ursprüngliche Perikambium, aus dessen äußerster Reihe es ja hervorgegangen ist. Die primäre Rinde wurde schon abgestoßen.

Während es bei *Saxifraga stellaris* und *S. Geum*, zwei Vertretern des Primel-Typus, leicht war, die Wurzeln in primärem oder nur schwach sekundär verändertem Zustand anzutreffen, ist mir das bei dieser und den meisten der folgenden Saxifrageen nur vereinzelt gelungen. Das ließe sich nach Th o u v e n i n (1890) damit erklären, daß die Wurzeln nicht im November, Dezember oder Jänner gesammelt wurden, welche Monate dafür allein günstig sein sollen.

Th o u v e n i n (l. c., S. 8) beschreibt den Primärbau der *Saxifraga*-Wurzeln ungefähr so: Die „assise pilifère“ stellt eine Schicht kleiner Zellen dar, welche in gewissem Abstand vom Vegetationspunkt einfache Wurzelhaare erzeugen. Die Rinde wird von großen, dünnwandigen Zellen gebildet, ihre innerste Schicht, die Endodermis, von Zellen mit Casparyschem Streifen. Der Pericykel setzt sich bei *Saxifraga stellaris* z. B. aus einer einzigen Schicht parenchymatischer Zellen zusammen, bei anderen Arten (*S. Aizoon* z. B.) ist er noch einfach über den Bastteilen, über den Holzteilen kann er zwei, drei oder vier Schichten umfassen. Holz- und Bastbündel

sind am häufigsten in der Dreizahl, seltener in der Zwei- oder Vierzahl vorhanden. Das Bindegewebe war bei allen untersuchten Arten parenchymatisch.

### *Saxifraga caespitosa* L.

Das Material stammt aus dem Wiener Berggarten Belvedere. Im Freien kommt die Pflanze an Felsen, auf Felsblöcken oder Felschutt vor.

Das Wurzelsystem besteht aus einer Hauptwurzel mit zahlreichen dünnen Seitenwurzeln. Ein Querschnitt durch die Basis

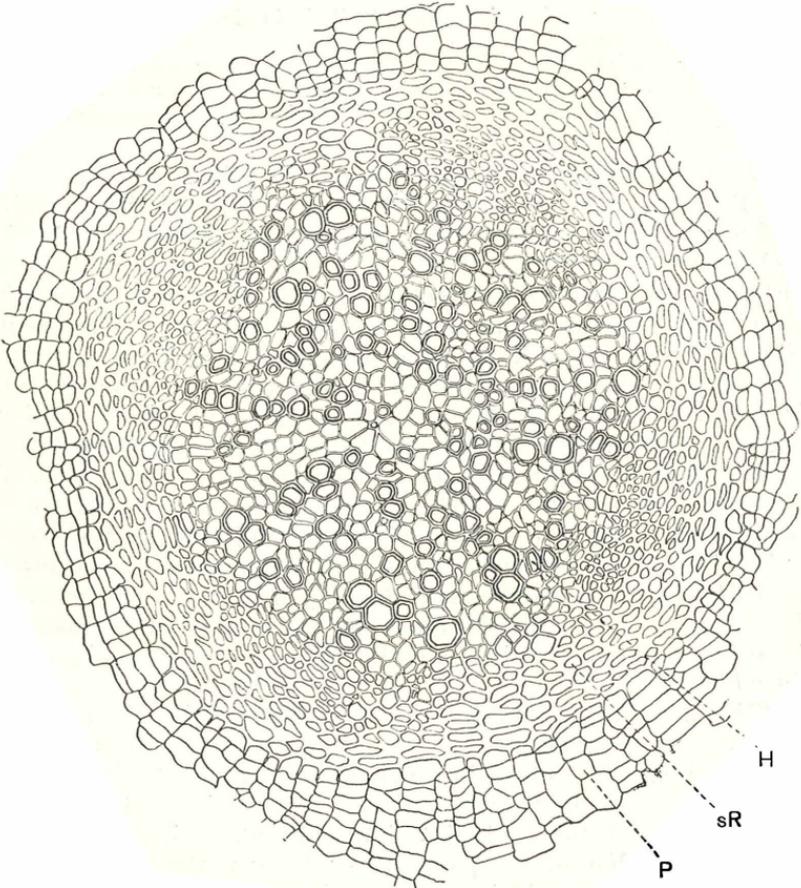


Abb.2. *Saxifraga caespitosa*. Querschnitt durch eine Hauptwurzel von 0,64 mm Dicke.

H = Holzkörper, sR = sekundäre Rinde, P = Periderm.

einer Seitenwurzel ( $D = 0,64$  mm) zeigt das gewohnte Bild einer sekundären Wurzel (Abb. 2). Die Gefäße des Holzkörpers sind durch vielfach radial angeordnete, unverholzte Parenchymzellen voneinander getrennt. Zahlreiche kollenchymatisch verdickte sekundäre Rinden- und drei bis sechs dünnwandige, vom Phellogen gebildete Korkzellenreihen folgen nach außen. Am Kork fällt an manchen Wurzeln eine gewisse Regellosigkeit in Größe und Lagerung der Zellen auf.

### *Saxifraga moschata* Wulf.

Von dieser Art wurde zahlreiche Material von verschiedenen Standorten untersucht. Ich wähle zur näheren Beschreibung drei Pflanzen aus, welche a) von einer Schutthalde unterhalb der Feldseescharte (2600 m), b) von einer feuchten Schiefergeröllhalde unter der Grauleitenspitze (2700 m) und c) von trockenen Schieferfelsen nächst dem Defreggerhaus (etwa 3000 m) gesammelt wurden.

Die vieljährigen Polster des Moschus-Steinbrechs kommen auf Kalk- und Schieferfelsen, auf ruhendem Felsschutt, in Pionierpolstern oder auch auf steinigem Alpenweiden vor.

a) Ein Querschnitt durch die 19 cm lange Pfahlwurzel, knapp unterhalb der Basis geschnitten, hat einen Durchmesser von 0,9 mm, der Holzkörper einen von 0,6 mm. Die Gefäße sind verhältnismäßig zahlreich und weitlumig (durchschnittlich  $24 \mu$  breit), die Parenchymzellen dazwischen nur schwach verdickt. Durch wenige, kaum mehr als solche kenntliche Kambiumzellreihen getrennt, folgen die verdickten und tangential gestreckten Zellen der sekundären Rinde und das Phellogen mit durchschnittlich sieben Korkzellenreihen.

Von derselben Pflanze wurde auch eine junge Seitenwurzel von 0,08 mm Durchmesser quergeschnitten, doch auch diese war schon in sekundärem Stadium und hatte bis zu fünf Korkreihen.

b) Die Pfahlwurzel hat an der Basis einen Durchmesser von 1,3 mm. Zahlreiche Gefäße von durchschnittlich  $20 \mu$  großem Lumen bilden zusammen mit den schwach verdickten, unverholzten Parenchymzellen den Holzkörper ( $D = 0,96$  mm), der vom sekundären Bastteil und von sieben bis neun Korkreihen umgeben wird.

c) Die 14 cm lange Pfahlwurzel hat basal einen Durchmesser von 1,2 mm, der Holzteil allein einen von 0,82 mm; er besteht aus den Gefäßen, die ein durchschnittliches Lumen von nur  $16 \mu$  haben, und aus etwas verdickten Parenchymzellen. Nach außen schließen die länglichen, kollenchymatisch verdickten Zel-

len der sekundären Rinde an und der zehn bis fünfzehn Reihen breite Korkring, der an manchen Stellen aufgerissen ist und sich leicht flügelkorkartig zusammenneigt.

An einer Seitenwurzel dieses Exemplars von 0,42 mm Durchmesser beträgt der Durchmesser des Holzteiles, aus etwa 13  $\mu$  breiten Gefäßen und verdickten Parenchymzellen bestehend,

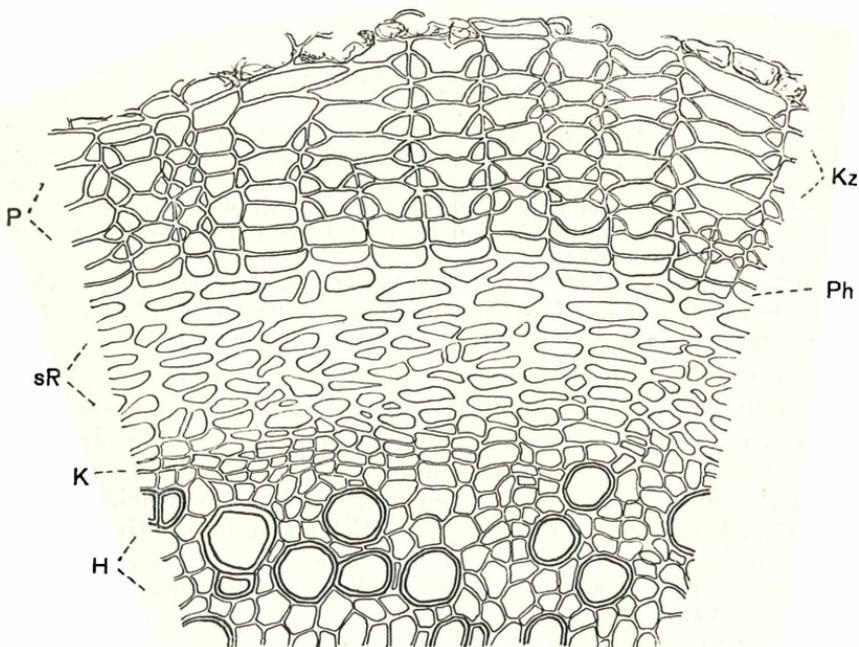


Abb. 3. *Saxifraga moschata*. Peripherer Teil eines Wurzelquerschnittes.

H = Holzkörper, K = Kambium, sR = sekundäre Rinde, P = Periderm, Ph = Phellogen, Kz = Korkzellen.

0,24 mm. Die sekundäre Rinde umfaßt nur wenige Zellreihen. Der Kork besteht aus acht Zellreihen und ist noch nicht radial aufgerissen.

Die Korkzellen all dieser Exemplare von *Saxifraga moschata* sind unverdickt, zeigen aber an vielen Stellen einen merkwürdigen Bau (Abb. 3), der noch näher zu untersuchen sein wird. Von der Mächtigkeit der Korkschiicht läßt sich zusammenfassend sagen, daß die Pflanze vom höchsten und trockensten Standort, nämlich c), auch die größte Anzahl Korkzellreihen aufweist.

***Saxifraga aspera* L. var. *bryoides* L.**

Das untersuchte Pflanzenmaterial stammt a) von Felsplatten vor der Kürsingerhütte (2700 m), gesammelt im Juli 1951, b) vom Trittkopfgipfel (2722 m), gesammelt im Juli 1949, und c) von Felsschutt unter der Grauleitenspitze (2700 m), gesammelt im August 1950.

Die moosartige Abart des „rauen Steinbrechs“ gehört zu den höchststeigenden Schutt- und Gratpflanzen; sie ist kieselstet. Wetter (1918, S. 122) beschreibt eingehend Vorkommen und Wuchsform.

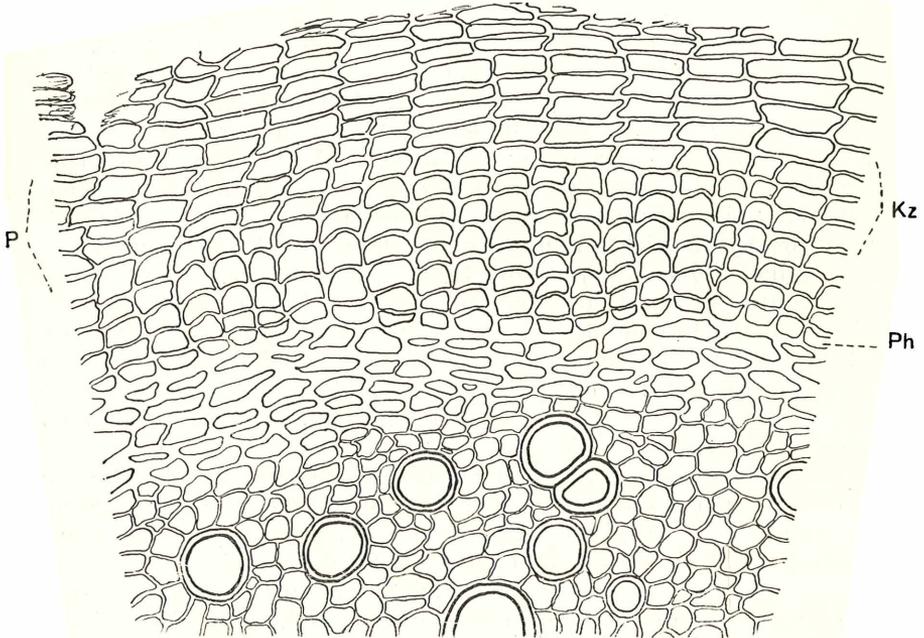


Abb. 4. *Saxifraga aspera* var. *bryoides*. Peripherer Teil eines Wurzelquerschnittes.

P = Periderm, Ph = Phellogen, Kz = Korkzellen (etwas verdickt).

a) Die Hauptwurzel eines noch kleinen Polsters hatte eine Länge von 42 cm; sie wurde an drei Stellen querschnitts:

Der 1. Schnitt, in einiger Entfernung von der Spitze geführt, hat einen Durchmesser von 0,72 mm. Der Holzkörper zeigt annähernd viereckigen Umriß und besteht aus wenigen aber ziemlich weitlumigen Gefäßen ( $D = 24 \mu$ ) mit unverdickten Parenchymzellen. Die unregelmäßig verdickten Zellen der sekundären Rinde folgen nach außen und abschließend die bis zu 15 Reihen mächtige Kork-

schicht. Während bei *Saxifraga Seguierii*, *S. caespitosa* und *S. moschata* die Korkzellen dünnwandig sind, haben sie hier mäßig verdickte, gelbliche Wände (Abb. 4) mit dunkelbraunem Zellinhalt. Da diese breite Korkschiebt an ihren innersten Reihen jedoch annähernd aus gleich vielen oder sogar aus wesentlich mehr Zellen besteht als ihre Außenreihen, so wird der größere Umfang dadurch ausgeglichen, daß die peripheren Zellen schmaler und tangential gestreckter werden und daß die Korkschiebt an manchen Stellen keilförmig aufreißt.

Der 2. Schnitt, 8 cm unterhalb der Basis, hat einen Durchmesser von 1 mm. Die Gefäße sind hier zahlreicher, doch sind sie durchschnittlich kleinlumiger (20—22  $\mu$ ). Der Kork zählt bis zu 18 Reihen; er ist an vielen Stellen keilförmig aufgerissen.

An dem 3., in Basisnähe geführten Schnitt von 1,2 mm Dicke lassen sich bis zu 20 Korkreihen zählen, die ebenfalls an vielen Stellen mehr oder weniger weit aufgerissen sind. — Die Mächtigkeit der Korkschiebt nimmt also mit steigender Wurzeldicke zu.

Eine kleine Seitenwurzel dieses Exemplars befindet sich, an der Spitze geschnitten, noch im primären Entwicklungszustand: Bei einem Durchmesser von 0,07 mm hat der Zentralzylinder diarchen Bau, die Endodermis besteht aus einem Ring von neun ringsum verkorkten Zellen, zwei bis drei interzellularenlose Rindenzellreihen und die Rhizodermis schließen an. Alle Zellwände sind noch unverdickt.

b) Die untersuchten Wurzeln dieses Standortes unterscheiden sich von den vorangegangenen, bei annähernd gleichem Durchmesser, durch größerlumige Gefäße (bis zu 30  $\mu$ ) und einen wenigerreihigen Korkmantel (etwa fünf Zellreihen breit).

c) Auch die Wurzeln vom letzten Standort zeigen vor allem Unterschiede, die in der verschiedenen Dicke der Korkschiebt liegen; hier hatte eine Wurzel von 0,6 mm Durchmesser durchschnittlich fünf Reihen Korkzellen.

### *Saxifraga aizoides* L.

Das Material wurde an folgenden Standorten gesammelt: a) wasserübersprühtes Ufer eines Bachs unterhalb der Ulmer Hütte (2200 m), b) feuchte Erde am Fuß ständig überrieselter Felsen der Grauleitenspitze (2700 m) und c) Bachufer in Nähe der Jamnigalm bei Mallnitz (1700 m).

Der kalkliebende, „fetthennenartige Steinbrech“ bewohnt außer berieseltem Schutt, Sand und Fels häufig in mächtigen tiefenden Polstern die Quellfluren; er ist höhenvag und wie *Saxifraga stellaris* und *S. rotundifolia* immer Feuchtigkeitsanzeiger (Wetter 1918, S. 131). Der primäre Hauptsproß stirbt nach einigen Jahren ab, und mit Adventivwurzeln versehene Nebensprosse übernehmen die Befestigung und Ernährung der Pflanze. Näheres über die Wuchsform siehe bei Hess (1910, S. 125).

a) Eine Adventivwurzel von 0,38 mm Durchmesser zeigt den Holzteil aus den Gefäßen ( $D = \text{etwa } 16 \mu$ ) und etwas verdickten Parenchymzellen zusammengesetzt. Dann folgen einige Kambiumzellen und die kollenchymatisch verdickten Zellen der sekundären Rinde. Der Korkmantel besteht aus fünf Reihen stark verdickter Zellen (vgl. Abb. 5); diese sind in den innersten Reihen zahl-

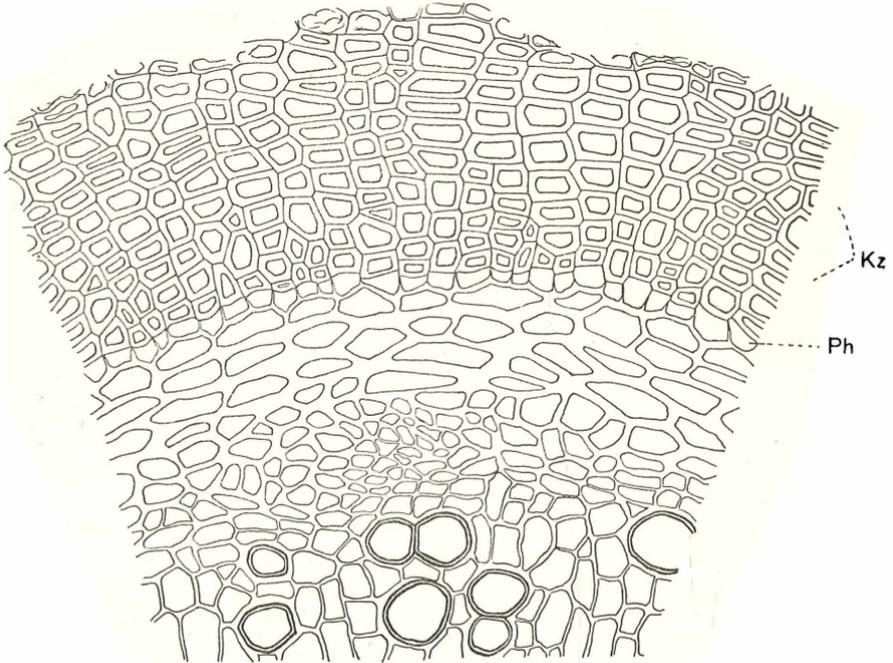


Abb. 5. *Saxifraga aizoides*. Peripherer Teil eines Wurzelquerschnittes.

Ph = Phellogen, Kz = Korkzellen (stark verdickt).

reicher und radial gestreckt, nach außen zu nimmt bei geringerer Zahl ihre Höhe ab und ihre Streckung in tangentialer Richtung zu. Ganz außen sieht man noch Reste dünnwandiger Zellen mit braunem Inhalt, die ursprüngliche Endodermis.

b) Der Durchmesser der Wurzel beträgt 1,38 mm. Der kompakte Holzkörper besteht aus zahlreichen Gefäßen ( $D = 20 \mu$ ) und mäßig verdickten Parenchymzellen. Die stark kollenchymatisch verdickten und in den Ecken vielfach gelblich gefärbten Zellwände der sekundären Rinde zeigen besonders am Längsschnitt schöne

Tüpfel. Eine bis zu 10 Reihen breite Korkschicht mit stark verdickten Wänden und braunem Zellinhalt schließt die Wurzel ab. Die Dicke der Korkzellwände wird von innen nach außen etwas geringer.

c) Die Wurzel hat einen Durchmesser von 0,31 mm. In der Mitte liegen wenige Gefäße, eingebettet in verdickte Parenchymzellen. Das Gefäßbündel hatte ursprünglich diarchen Bau, und man kann noch die beiden primären von den sekundären Holzanteilen unterscheiden. Außerhalb der zarten Kambiumzellen liegen die beiden halbkugelförmigen Bastteile; das Ganze wird von einigen unregelmäßig verdickten Zellen umgeben und von vier bis fünf Reihen verdickter Korkzellen.

Dieselbe Wurzel hat näher der Basis einen Durchmesser von 0,68 mm und eine Korkschicht von 8—11 Reihen Breite (Abb. 5).

Freidenfelt (1904, S. 58) hat die kurzen und feinen Adventivwurzeln von *Saxifraga aizoides* aus sehr feuchtem Standort in etwa 800 m untersucht. Diese zeigen nach seiner Beschreibung nicht die breite Korkschicht unserer alpinen Exemplare, sondern selbst an Wurzeln erster Ordnung bleiben die etwa fünf primären Rindenzellreihen — wenn auch vielfach zusammengedrückt — dauernd erhalten, und aus dem Perikambium entsteht nur eine Schicht kleiner Zellen mit hellen, stark verdickten Wänden, die unseren zahlreichen, dickwandigen Korkzellreihen entspricht und die Freidenfelt als Verstärkungsschicht bezeichnet.

### *Saxifraga Aizoon* Jacq.

Das untersuchte Material wurde gesammelt: a) auf trockenen Kalkfelsen unter dem Kapallgipfel, b) unterhalb der Trittkopfscharte und c) vom Höhenweg Duisburger Hütte—Feldseescharte zwischen Schieferplatten.

Der „immergrüne Steinbrech“ ist in bezug auf seinen Wuchsort nicht sehr wählerisch. Er ist vor allem Felspflanze, geht aber auch auf Felschutt über und auf offene Rasenbestände. Im Moorsrasen und Oberflächendetritus ist er sehr lose verankert und kann daher leicht entwurzelt werden. Eine Hauptwurzel fehlt (Wetter 1918, S. 124).

a) Ein Querschnitt durch die Adventivwurzel einer Blattrosette hat einen Durchmesser von 0,36 mm. Die Gefäße, welche an der Peripherie des Holzkörpers eine durchschnittliche Weite von  $14\ \mu$  haben, sind von Parenchymzellen umgeben, die besonders im Inneren dickwandig sind. Einige nur mehr undeutlich sichtbare Kambiumzellen verbinden das Holz mit den kollenchymatisch verdickten und gestreckten Zellen der sekundären Rinde und den anschließenden drei Reihen verschieden groß und verdickter

Korkzellen. Die Dicke der Wände ist etwas geringer als bei *Saxifraga aizoides*.

Eine junge Seitenwurzel ( $D = 0,09$  mm) hat noch primären Bau: Im Zentrum liegen die Holz- und Bastzellen in diarcher Anordnung. Das Perikambium ist einreihig. Ein Kranz dickwandiger, bräunlich gefärbter Endodermiszellen umgibt den Zentralzylinder, die übrigen Rindenzellen liegen, zu einer leblosen Kruste zusammengedrückt, der Endodermis an.

b) Das in der Nähe der Trittkopfscharte gesammelte Material zeigt denselben Bau.

c) Hier waren nebeneinander zwei *Saxifraga-Aizoon*-Pflanzen gewachsen, deren eine sich mit ihren Wurzeln normal in der Erde verbreitete, während das zweite, viel kleinere Exemplar nur mit einer Wurzel befestigt war, deren oberer Teil 4 cm frei über einen Felsen hingab. Ein Vergleich von dem in der Erde gewachsenen mit dem freiliegenden Wurzelstück zeigt nun — bei annähernd gleichem Wurzeldurchmesser (0,5 mm) — zunächst im Holzteil keinen bemerkenswerten Unterschied; er hat ungefähr dreieckige Gestalt, und seine größten, das sind die peripher gelegenen Gefäße haben einen Durchmesser von etwa  $16 \mu$ . Die sekundäre Rinde hat auffallend unterschiedliche Dicke: bei der „Luftwurzel“ ist sie schmaler, bei der „Erdwurzel“ wesentlich breiter. Bei beiden jedoch sind all ihre Zellen, besonders die äußeren, kollenchymatisch verdickt und tangential gestreckt, die inneren sind bei der „Erdwurzel“ in radialen Reihen angeordnet. Verschieden dick ist vor allem der Korkmantel. Während die „Erdwurzel“ nur bis zu 7 Reihen verdickter Korkzellen ausgebildet hat, sind es bei der „Luftwurzel“ bis zu 18 Reihen. Auch läßt sich bei letzterer eine Trennung feststellen zwischen stärker verdickten inneren Korkreihen mit braunem Inhalt und zwischen äußeren Reihen mit dünnerer Zellwand und ohne Färbung. Wie weit diese unterschiedliche Ausbildung Zufall war, läßt sich nach diesem einen Beispiel nicht sagen.

### *Saxifraga caesia* L.

Gesammelt im Juli 1951 beim Abstieg vom Defreggerhaus in etwa 2500 m Höhe.

Der vorwiegend fels- und schuttbewohnende „blaugrüne Steinbrech“ gehört zu den bestangepaßten, windhärtesten Pflanzen der wintersüber schneefreien „Windecken“. Er bildet (Schroeter 1926, S. 784) ansehnliche Rosetten am Ende seiner gesellig wachsenden, radial vom Wurzelkopf ausstrahlenden, gedrängten und reichlich wurzelnden Triebe.

Eine Wurzel, in drei verschiedenen Höhen geschnitten, hat im jüngsten Schnitt einen Durchmesser von 0,4 mm. Der Holzteil besteht aus zahlreichen Gefäßen und verdickten Parenchymzellen;

er ist von der Korkschiebt an manchen Stellen nur durch wenige Reihen verdickter Zellen der sekundären Rinde getrennt. Der Kork selbst ist bis zu 12 Reihen breit und setzt sich aus dickwandigen, vier- bis sechseckigen Zellen zusammen.

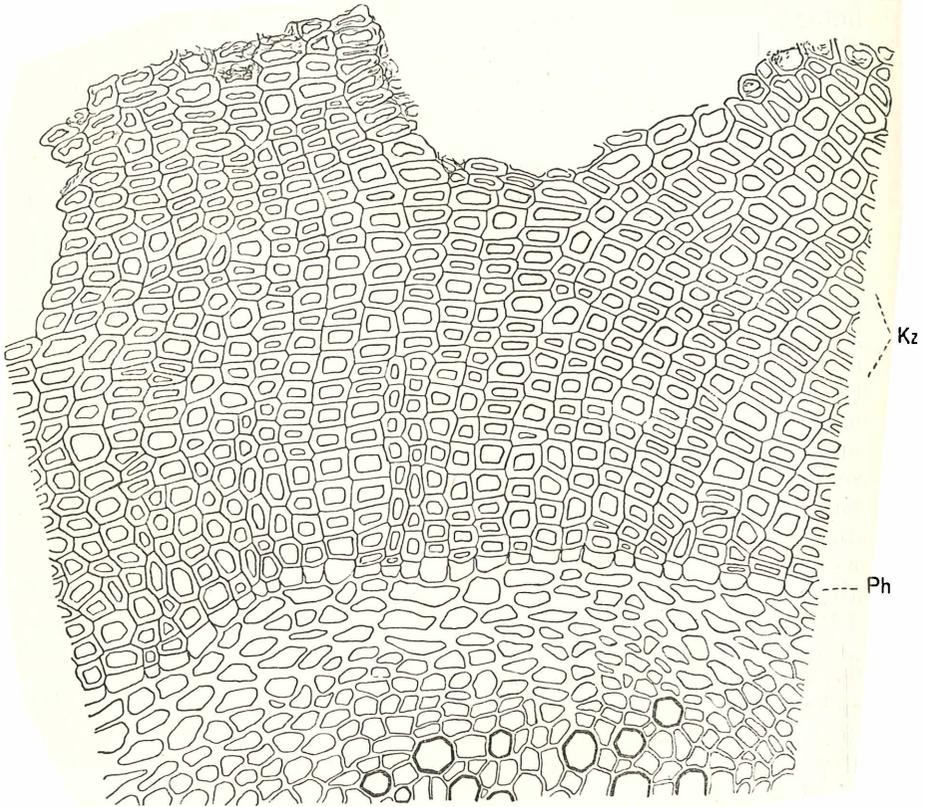


Abb. 6. *Saxifraga caesia*. Mächtige Korkschiebt einer 0,84 mm dicken Wurzel.  
Ph = Phellogen, Kz = Korkzellen (stark verdickt).

Im nächsthöheren Schnitt ( $D = 0,84$  mm) hat die Wurzel eine stellenweise 25 Zellreihen umfassende Korkschiebt (Abb. 6), und an dem basal geführten Schnitt ( $D = 1,5$  mm) kann man bis zu 35 Reihen stark verdickter Korkzellen mit braunem Inhalt zählen. An diesen älteren Querschnitten ist der Korkmantel oft bis zur Mitte radial aufgerissen (Abb. 6), und die äußersten Zellen sind zerdrückt oder lösen sich ab.

### *Saxifraga squarrosa* Sieb. et Tausch.

Das Exemplar wurde 1950 in Nähe des Otthauses (Rax, etwa 1630 m) gesammelt und seither im Botanischen Garten in Wien weiterkultiviert.

Der „sparrige Steinbrech“ wächst auf Felsen und Felsschutt, steinigem Weiden der südöstlichen Kalkalpen zwischen 1200 und 2500 m Höhe. Er bildet feste vieljährige Polster.

Eine junge Wurzel, aus dem Stämmchen entspringend, hat bei einem Durchmesser von 0,25 mm im Zentrum verstreut die Holzgefäße, dann die dünnwandigen Zellen der sekundären Rinde und etwa 10 Reihen verdickter Korkzellen.

Die Hauptwurzel, die an diesem Exemplar schon im Absterben begriffen ist, zeigt an einem basalen Schnitt einen Durchmesser von 1,25 mm und stellenweise bis über 50 Reihen verdickter Korkzellen.

### *Saxifraga biflora* All.

Die Pflanze wurde auf Glimmerschiefergrus unterhalb der Feldseescharte im August 1951 gesammelt.

Der „zweiblütige Steinbrech“ wächst auf Urgestein und durchzieht mit locker verzweigten Stämmchen mit Vorliebe berieselten Felsschutt; er ist niemals polsterbildend.

Der Holzkörper einer 0,57 mm dicken Hauptwurzel besteht aus den Gefäßen und den etwas verdickten Parenchymzellen. Die sekundäre Rinde, die in ihrem inneren Teil ziemlich regelmäßige radiale Anordnung zeigt, ist außen unregelmäßig und kollenchymatisch verdickt; etwa 7 Reihen stark verdickter gelblicher Korkzellen folgen.

Dieselbe Wurzel in Basisnähe geschnitten ( $D = 0,9$  mm) weist einen Korkmantel von rund 10 Reihen Breite auf.

### *Saxifraga oppositifolia* L.

Von dieser Pflanze wurde wieder zahlreiches Material von verschiedenen Standorten untersucht. Zur Beschreibung seien je ein Exemplar a) vom Gipfel des Trittkopf (2722 m), b) von einer ziemlich feuchten Schiefergeröllhalde unter der Grauleitenspitze (2700 m), c) vom Sonnbleckgrat oberhalb der Rojacherhütte (etwa 3000 m) und d) von trockenem Schutt unter der Feldseescharte (2600 m) ausgewählt.

Der „gegenblättrige Steinbrech“ ist eine äußerst anpassungsfähige, frost- und windharte Pflanze, ein anspruchsloser, bodenvager Formationsubiquist; er bewohnt sowohl stark exponierte xerophytische Felsen der höchsten Spitzen und Grate, andererseits geht er auf reichbewässertem Schutt bis tief in die subalpine Stufe hinab. Er hat eine lange bleibende Pfahlwurzel und kann in allen Übergängen zwischen einem dichten Kugelpolster und einem auf wenige Zweige beschränkten Rasen auftreten. Der Eigenhumus des Polsters wird von kleinen Adventivwurzeln durchzogen, die aber auch in die Unterlage herauswachsen und gegebenenfalls die Hauptwurzel ersetzen können (H e s s 1910, S. 124).

a) Eine Wurzel von 0,42 mm Durchmesser, 5 cm unterhalb der Basis geschnitten, hat einen Holzkörper von 0,2 mm Dicke, aus Gefäßen von etwa  $16 \mu$  Weite und unverdickten Parenchymzellen

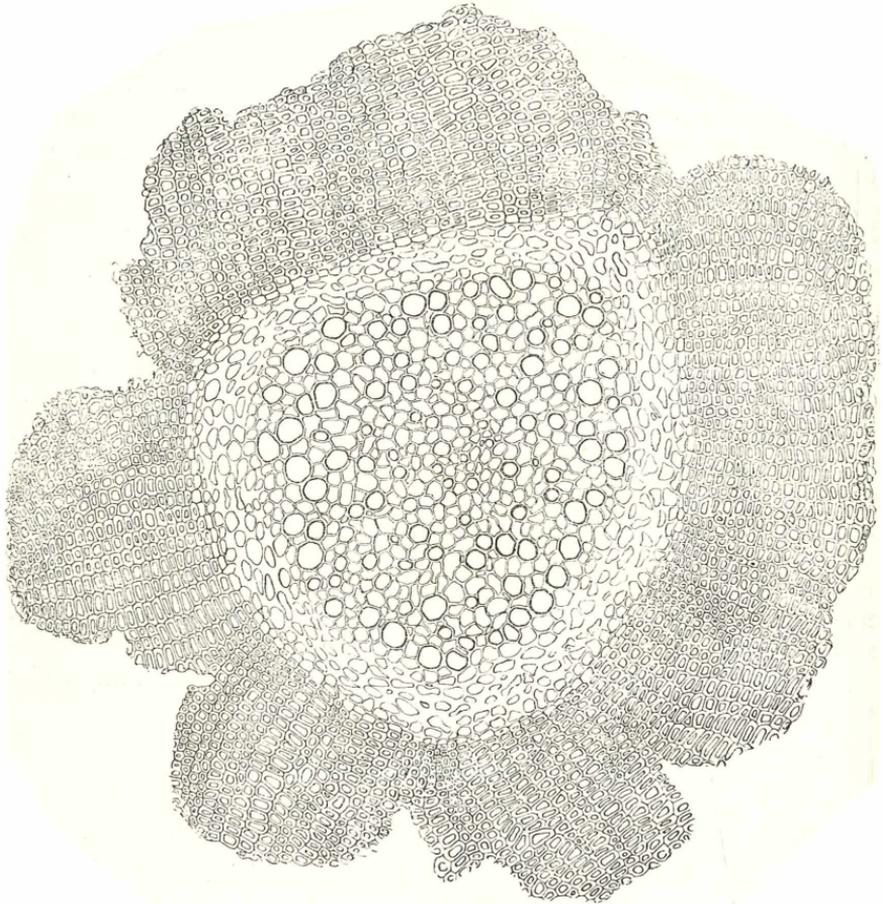


Abb. 7. *Saxifraga oppositifolia*. Querschnitt durch eine Wurzel von 0,55 mm Dicke. Mächtige Korkschicht.

bestehend. Die sekundäre Rinde ist nur schmal, und der Kork hat ungefähr 13 Reihen dickwandiger Zellen. Da die Korkschicht an einigen Stellen radial aufgerissen ist oder abwechselnd verschieden breite Korkschichten produziert werden, ergibt sich ein Bild, das sehr an den Flügelkork mancher Stengel (*Acer campestre* var. *suberosa*) erinnert.

Dieser „Flügelkork“ ist noch deutlicher ausgebildet an einem mehr basal geführten Schnitt derselben Wurzel ( $D = 0,55$  mm), wo die Korkschieht gegen 20 Zellreihen umfaßt (Abb. 7).

b) Der Querschnitt einer Seitenwurzel hat einen Durchmesser von 0,72 mm; davon nimmt der Holzteil mit den zahlreichen, etwa  $16 \mu$  breiten Gefäßen und den unverdickten Parenchymzellen eine Dicke von 0,4 mm ein. Die sekundäre Rinde zeigt schwache Zellwandverdickung. Auch der Kork hat im Verhältnis zur größeren Dicke der Wurzel etwas weniger (bis zu 20) Zellreihen und schwächer verdickte Zellen.

An einem Stämmchen derselben Pflanze von 0,84 mm Durchmesser ist der Korkmantel besonders breit; er setzt sich aus über 35 Zellreihen zusammen und nimmt ungefähr die Hälfte des Durchmessers der Wurzel ein.

c) An dieser Pflanze, welche von Felsen einer exponierten Stelle des Sonnblickgratweges stammt, ist wieder nur die Korkschieht bemerkenswert, während der Holzteil und die sekundäre Rinde den vorigen Exemplaren gleich ist. Die untersuchte Wurzel hat etwas unter der Basis eine Dicke von 0,98 mm, davon entfallen auf die Korkschieht allein, welche aus rund 30 Zellreihen besteht, 0,43 mm. Die 10 innersten Reihen sind sehr unregelmäßig gebaut; die Zellen haben verschiedene Gestalt und Größe, dann folgt eine deutliche Grenze, ab welcher die Korkzellen wieder regelmäßig angeordnet sind.

An der Basis geschnitten, hat dieselbe Wurzel einen Durchmesser von 1,2 mm und bis zu 37 Korkzellreihen.

d) Aber nicht nur die älteren Wurzeln, auch jüngere von geringerer Dicke haben schon eine ganz ansehnliche Korkschieht. So zeigt z. B. eine Wurzel von 0,15 mm Breite acht Reihen verdickter Korkzellen mit braunem Inhalt.

Dieselbe Wurzel hat an der Basis einen Durchmesser von 1 mm, wovon der Korkmantel mit 35 Zellreihen fast die Hälfte einnimmt.

Auch Freidenfelt (1904, S. 57) hat ein Exemplar von *Saxifraga oppositifolia* aus sonniger Lage in 825 m Seehöhe untersucht und dabei für die Basis einer Wurzel 1. Ordnung eine Dicke von 0,38 mm, eine aus 4—5 Schichten schwach verdickter Zellen bestehende sekundäre Rinde und etwa 10 Schichten dickwandiger Korkzellen angegeben. — Diese Wurzel läßt sich der Querschnittsgröße nach ungefähr mit dem Exemplar vom Trittkopf vergleichen, doch entspricht die Größe meiner Wurzel noch nicht der basalen Region; dort hat nämlich die alpine Wurzel größeren Durchmesser und wesentlich mehr Korkzellen.

Zusammenfassend läßt sich von den untersuchten Saxifragaceen sagen: Nur *Saxifraga stellaris* (und *S. Geum*) hat dauernd primären oder wenig sekundär veränderten Wurzelbau, bei den übrigen — ausgesprochen alpinen — Formen ist das gesamte Wurzelsystem, mit Ausnahme der Vegetationsspitzen, durch das sekundäre Dickenwachstum zu folgendem Bau umgestaltet: Der meist runde Holzkörper setzt sich überall aus den Gefäßen und den mehr oder weniger verdickten, aber unverholzten Parenchymzellen zusammen, die sekundäre Rinde, worunter der primäre und sekundäre Bastteil wie auch das Perikambium verstanden wird, aus Zellen, welche innen vielfach dünnwandig und radial angeordnet sind, nach außen jedoch starke kollenchymatische Verdickung und eine gewisse Streckung in tangentialer Richtung zeigen. Die Weite der Gefäße, die Dicke der Zellwand und die Größe des Holzkörpers im Vergleich zur sekundären Rinde variiert dabei durchschnittlich sehr stark nach Alter und Standortbedingungen, doch läßt sich kaum eine bestimmte Richtung darin erkennen. Während somit der Holz- und Rindenteil der alpinen *Saxifraga*-Wurzel im wesentlichen keinen ungewohnten Bau bieten, ist die oft mächtige Peridermbildung mancher Arten bemerkenswert.

In der Literatur (Stahl 1873, Haberlandt 1928, Czaja 1935) wird vielfach zwischen Korkhäuten unterschieden, die nur aus wenigen Korkzellen bestehen und das betreffende Organ mit glatter Oberfläche umgeben, und zwischen der selteneren Bildung massiver Korkkrusten (Korkleisten), welche durch ihren unregelmäßig zerklüfteten Umriß auffallen. Letztere können (Czaja 1935, S. 144) durch lokal begrenzte, verstärkte Korkbildung (echte) oder durch radiales Einreißen ausgedehnter Korkkrusten bei fortschreitender Dickenzunahme (unechte Korkleisten) entstehen.

Die Mächtigkeit der Korksicht ist nun auch bei den beschriebenen Arten sehr verschieden. Es finden sich Übergänge von verhältnismäßig dünnen Korkhäuten bis zu — wenn vielleicht auch unechten — Korkleisten von einer für Wurzeln recht ansehnlichen Dicke (vgl. Abb. 6, 7). So lassen sich bei *Saxifraga Seguerii*, *S. caespitosa*, *S. moschata* und *S. biflora* durchschnittlich 5—10 Korkzellreihen, bei *S. aizoides* bis zu 11 Reihen, bei *S. bryoides* 15—20 und bei *S. caesia*, *S. oppositifolia* und besonders bei *S. squarrosa* 25—35 Korkzellreihen und noch darüber zählen. Auch die Dicke der Peridermzellen variiert bei den einzelnen Arten sehr. Das Phellogen unterscheidet sich in der Verdickung seiner Radial- und inneren Tangentialwände in nichts von den äußersten sekundären Rinden-

zellen. Die von ihm erzeugten Korkzellen jedoch sind bei *Saxifraga Sequierii*, *S. caespitosa* und *S. moschata* nahezu unverdickt, während sich eine zunehmende Dicke der Wände über *S. bryoides*, *S. biflora* und *S. aizoon* bis zu *S. aizoides*, *S. oppositifolia*, *S. caesia* und *S. squarrosa* (etwas über  $2 \mu$ ) feststellen läßt. Gewöhnlich ist beim Kork das Suberin nur in einer dünnen Lamelle rings um die Zelle angeordnet; hier aber färbt sich auch die ganze Verdickungsschicht mit Sudan III rot und leuchtet im UV-Licht hellblau, dürfte wohl Kutin eingelagert sein.

## B. Rosaceae.

Anatomische Arbeiten, die sich zusammenfassend mit dem Bau der Rosaceen und hier wieder speziell mit ihrem Wurzelbau befassen, liegen, soweit mir bekannt, nicht vor. Doch finden sich zahlreichere Angaben über einzelne Vertreter oder Gruppen (unter anderen Protits 1891, Freidenfelt 1904, S. 55, Schulthess 1945) oder über einige auffallende Gewebeschichten derselben (Olivier 1881, S. 93 u. 100, van Tieghem 1887, Weiss 1890, Bunting 1898, Prodingger 1908 und Myllius 1913).

Nach Focke (1894) umfassen die Rosaceen 6 Unterfamilien (*Spiraeoideae*, *Pomoideae*, *Rosoideae*, *Neuradoideae*, *Prunoideae*, *Chrysobalanoideae*), deren dritte, die *Rosoideae* weiter in 6 Tribus (*Kerrieae*, *Potentilleae*, *Cercocarpaceae*, *Ulmariaceae*, *Sanguisorbeae*, *Roseae*) geteilt wird. Die untersuchten alpinen Arten gehören nun folgenden zwei Gruppen der *Potentilleae* an:

Potentilleae:		a) <i>Rubinae</i>	
		b) <i>Potentillinae</i> :	<i>Potentilla aurea</i> L., <i>P. frigida</i> Vill., <i>P. caulescens</i> L., <i>P. arenaria</i> Borkh., <i>Sibbaldia procumbens</i> L.
		c) <i>Dryadinae</i> :	<i>Geum montanum</i> L., <i>G. reptans</i> L., <i>Dryas octopetala</i> L.

### *Potentilla aurea* L.

Das Material wurde a) im August 1949 auf den Maroiköpfen (2400 m) und b) im August 1950 zwischen trockenem Quarzgestein unterhalb der Großelendscharte gesammelt. — Das Gold-Fingerkraut ist in den Alpen, namentlich auf kalkarmer Unterlage, sehr verbreitet. Es besitzt einen dicklichen Wurzelstock mit zahlreichen, am Grunde etwas wurzelnden, von den Resten der abgestorbenen Laubblätter bedeckten Ästen.

a) An einer Beiwurzel von 1,4 mm Dicke (Abb. 8) ist der etwas ovale Holzkörper, der aus Gefäßen und verbindenden Parenchymzellen besteht, durch zwei Markstrahlen geteilt. Diese Markstrahlen

entsprechen den vom Kambium über den primären Xylemstrahlen gebildeten Parenchymzellen. Einige kambiale Zellreihen umgeben den Holzkörper und leiten über zu den besonders peripherwärts dicker werdenden Zellen der sekundären Rinde. Zahlreiche, streng in radialkonzentrischen Reihen übereinanderliegende Zellen, deren

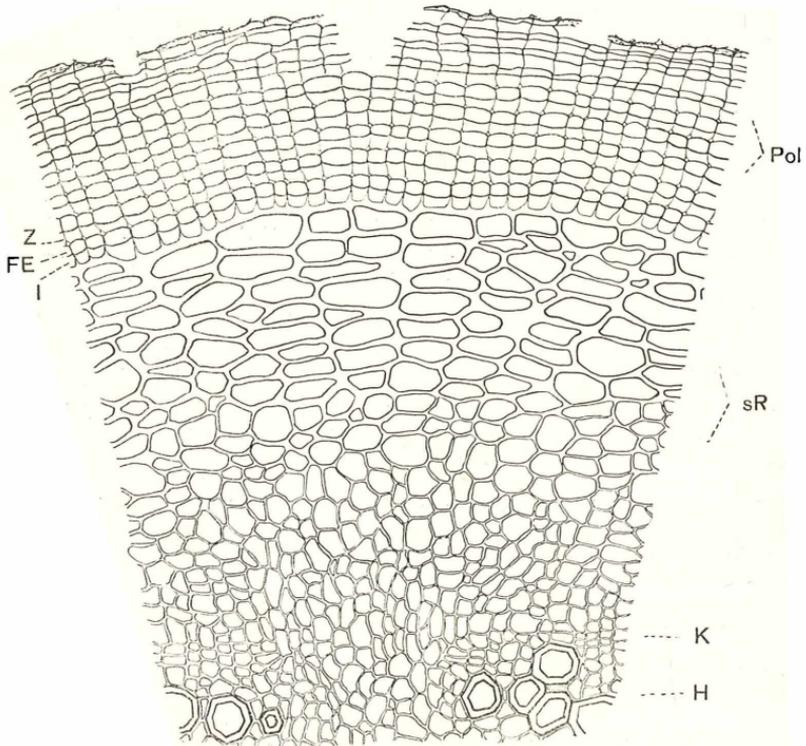


Abb. 8. *Potentilla aurea*. Peripherer Teil einer Wurzel.

H = Holzkörper, K = Kambium, sR = sekundäre Rinde, Pol = Polyderm,  
I = Initialschicht, FE = Folgeendodermis, Z = Zwischenschicht.

äußerste Reihen schon aufgerissen und in Ablösung begriffen sind, schließen die Wurzel nach außen ab; dieses Abschlußgewebe ist durch Bau, unterschiedliche Färbung — und vor allem nach einem Blick in das Fluoreszenzmikroskop — sofort als Polyderm zu erkennen (Abb. 8). Es entspricht die innerste dieser Reihen der Initialschicht, die zweite der Folgeendodermis und die dritte der Zwischenschicht; als 4. Reihe folgen wieder die Endodermiszellen

der 2. Polydermlamelle usw. Im ganzen lassen sich hier 5 bis 6 noch vollständig erhaltene und weitere 2 bis 3 aufgerissene, in Ablösung begriffene Lamellen zählen. Die Initialschicht und die Zwischenschichten bestehen aus Zellulose, die Endodermiszellen allein sind in ihrem Jugendstadium mit dem Casparyschen Streifen versehen und umgeben sich bald — längstens aber vor Anlage der nächsten Polydermlamelle — ringsum mit einer Korklamelle. Dadurch entsteht das so eindrucksvolle Bild, das mir schon bei früheren fluoreszenzmikroskopischen Untersuchungen an der Wurzel von *Geum montanum* L. (L u h a n 1947) aufgefallen war, nämlich kreisförmig angeordnete hellblaue Zellreihen, jeweils getrennt durch die nichtleuchtende Zwischenschicht. Nach außen verschwindet das Leuchten mit zunehmender Braunfärbung der Folgeendodermis. An dieser Braunfärbung läßt sich auch im Hellfeld die endodermale Zellreihe sogleich von den Zwischenschichten unterscheiden. Regelmäßige viereckige Interzellularräume entstehen bei den Rosaceen im allgemeinen, „wenn mehrere Phelloidzellreihen hintereinander vorkommen, zwischen diesen sowie schwächer zwischen Phelloid- und innen folgender Korkzelle, ausschließlich an dieser Stelle bei einreihigem Phelloid“ (P r o d i n g e r 1908, S. 5). Bei *Potentilla aurea* trifft der letztere Fall zu, da es sich hier um einreihige Zwischenschichten handelt.

An einer anderen etwas jüngeren Wurzel von 0,61 mm Durchmesser besteht das primäre wie auch das sekundäre Holz aus drei Teilen, dann folgen einige kambiale Zellreihen, die etwas verdickten Zellen der sekundären Rinde und das aus drei Lamellen bestehende Polyderm. An der jüngsten, also innersten Folgeendodermis sieht man an den Radialwänden noch deutlich die Casparyschen Streifen, die nächstfolgenden Endodermen sind schon ringsum stark verkorkt und zum Teil hellbraun gefärbt. Reste einer vierten Polydermlamelle sind noch vorhanden.

b) Von diesem Standort hatte eine Wurzel, in Basisnähe geschnitten, einen Durchmesser von 0,84 mm. Der Bau von Holz und sekundärer Rinde entspricht dem des vorigen Exemplars, doch ist die Anzahl der Polydermlamellen im Verhältnis zur Dicke der Wurzel etwas größer, nämlich 6—7.

Trifft man jedoch den Querschnitt einer Wurzel, deren primäre Rinde noch erhalten ist, so zeigt sich (z. B. an einer Wurzel von 0,24 mm Dicke) folgender Bau: In der Mitte des Zentralzylinders liegen acht Gefäße. Aus dem Perikambium beginnt sich bereits das Polyderm zu bilden, doch besteht es erst aus einer Lamelle, also aus Initialschicht, Folgeendodermis und einer Zwischenschicht. Daran schließt die Endodermis, deren Zellen bis zu drei tertiäre

Stützwände haben, ferner folgen drei dünnwandige, radial angeordnete Rindenzellreihen mit großen viereckigen Interzellularen, die Exodermis und die kleinerzellige Rhizodermis. An einigen Radialwänden der Exodermis fallen gelbbraune, kreisförmige Verdickungen auf, welche der äußeren Tangentialwand genähert oder

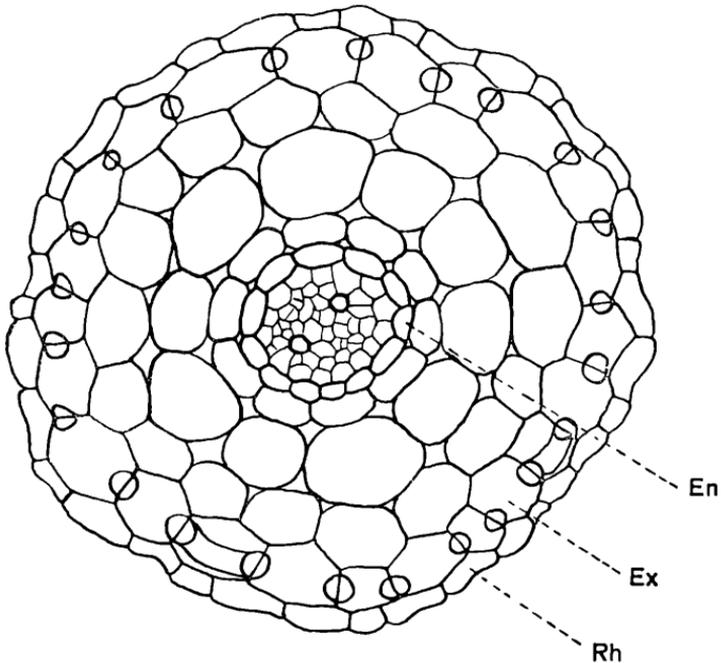


Abb. 9. *Potentilla aurea*. Querschnitt durch eine junge Wurzel von 0,13 mm Dicke.

Rh = Rhizodermis, Ex = Exodermis ( $\Phi$ -Zellen-Exodermis), En = Endodermis.

ihr sogar anliegen (vgl. Abb. 9); sie gleichen den in der Literatur vereinzelt beschriebenen Wandverdickungen der  $\Phi$ -Scheiden (R u s s o w 1875, S. 73, K r o e m e r 1903, S. 81, u. a.).

In schöner Regelmäßigkeit zeigt besonders eine junge Wurzel von 0,13 mm Durchmesser diese  $\Phi$ -Zellen. Unter der niedrigen, haarlosen Rhizodermis liegt eine Exodermis, deren sämtliche Zellen die oben erwähnten auffallenden Verdickungen aufweisen (Abb. 9). Als halbzyklindrisch vorspringende Leisten verlaufen diese Verdickungen — ähnlich den Casparyschen Streifen der Endodermis — an den radialen Längs- und Querwänden jeder Zelle. Der in der

Abbildung kreisförmige Umriß kommt dann durch die genau korrespondierende Lage der halbkreisförmigen Leisten zweier benachbarter Zellen zustande. Mit Phlorogluzin und Salzsäure läßt sich die Verholzung dieser Membranwülste leicht nachweisen. Auf die Exodermis folgen nach innen zu vier radial-konzentrisch angeordnete Zellreihen, deren innerste der Endodermis entspricht, ferner die kleinen Zellen des Zentralzylinders mit nur zwei Holzgefäßen.

An einer noch jüngeren Wurzel ( $D = 0,09$  mm) hatten die Exodermiszellen keine derartigen Wandverdickungen.

### *Potentilla frigida* Vill.

Von dieser Art konnte ich nur ein Exemplar untersuchen, und zwar wurde dieses im Juli 1951 zwischen exponierten Felsplatten in der Nähe des Defreggerhauses (3000 m) gesammelt.

Das Hochgebirgs-Fingerkraut wächst zerstreut und ziemlich selten in Felsspalten, auf Felsgrus und berasteten Felsbändern der Hochalpen von 2600—3100 m.

Eine Wurzel von 0,12 mm Dicke hat primären Bau. Die Endodermis besteht aus einem Ring von 9 Zellen, dann folgen 2 Reihen großlumiger Rindenzellreihen, die Exodermis, welche hier keine Verdickungen aufweist, und die niedrigen Rhizodermiszellen.

Eine nur unmerklich dickere Wurzel ( $D = 0,15$  mm) hat schon sekundären Bau: Im Inneren liegen einige Gefäße, umgeben von parenchymatischen Zellen, welche außen in die stärker kollenchymatisch verdickten Zellen der sekundären Rinde übergehen. Abschließend folgt die dünnwandige Initialschicht und 2—3 Polydermlamellen, aus je einer braunen, schwach verdickten Folgendodermis und einer Zwischenschicht bestehend.

Mit zunehmendem Alter vergrößert sich die Zellwanddicke der peripheren sekundären Rinde und der älteren Polydermlamellen, und die braune Färbung greift auch auf die Wände der Zwischenschichten über. An der Basis geschnitten, hat somit dieselbe Wurzel einen Durchmesser von 1,26 mm und folgenden Bau: Der runde Holzkörper ist durch 3 breite, keilförmige Parenchymstreifen in ebenso viele Sektoren geteilt. Die Zellen der sekundären Rinde sind innen radial angeordnet, außen sind sie unregelmäßig und kollenchymatisch verdickt. Das Polyderm setzt sich aus 5 bis 7 Lamellen zusammen, deren innerste ungefärbt und unverdickt ist, während alle folgenden verdickte und braun gefärbte Zellwände haben; nur die inneren 3—4 Lamellen sind lebend, die äußeren sind zusammengedrückt, haben braunen Inhalt und lösen sich zum Teil schon ab.

### *Potentilla arenaria* Borkh.

Das Material wurde im Juli 1950 auf den trockenen und sonnigen Abhängen des Frauensteins bei Mödling/Wien gesammelt, um es mit den alpinen *Potentilla* zu vergleichen.

*Potentilla arenaria* wächst auf trockenen Plätzen (Heidewiesen, Sandfeldern, Steppenwiesen, Kiefernwäldern u. a.) in Deutschland und Österreich.

Die Wurzel hat an der Basis einen Durchmesser von 1,4 mm. Der runde Holzkörper besteht aus zahlreichen, stark verdickten

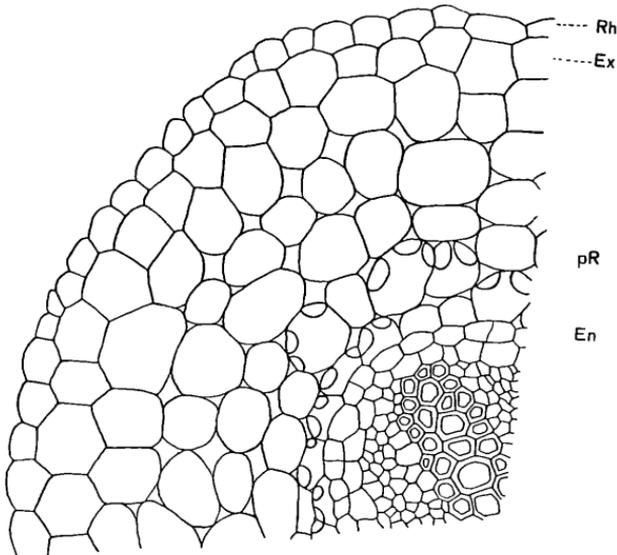


Abb. 10. *Potentilla arenaria*. Querschnitt durch eine Wurzel von 0,36 mm Dicke.

Rh = Rhizodermis, Ex = Exodermis, pR = primäre Rinde (mit außerendodermalen Wandverdickungen), En = Endodermis.

Gefäßen und mechanischen Elementen sowie aus schwächer verdickten Parenchymzellen; er ist über den beiden primären Xylemteilen durch breite, keilförmige Markstrahlen getrennt, in deren Zellen vereinzelt Kristalle verschiedener Gestalt liegen. Wenige kambiale Zellreihen verbinden den Holzteil mit der breiten Schicht verdickter sekundärer Rindenzellen; diese sind weitgehend in radialen Reihen angeordnet und vielfach — besonders außen — an den Zellecken und der Mittellamelle hellbraun gefärbt. Überaus mächtig wirkt das breite Polyderm. Es setzt sich aus einem etwa

7 Lamellen umfassenden hellbraunen inneren Teil und aus einem mindestens ebenso breiten, stellenweise schon abblätternden, dunkelbraun gefärbten äußeren Teil zusammen. Während man an dem intakten inneren Teil deutlich den Wechsel je einer Folgendodermis mit einer Zwischenschicht sieht, lassen sich im äußeren Teil nur mehr einheitliche flache, das ist in tangentialer Richtung gestreckte Zellreihen mit dunkelbraunem Inhalt feststellen, die gewöhnlichen Korkzellen gleichen. Im UV-Licht sieht man aber auch hier besonders die leuchtenden Radialwände jeder zweiten Zellreihe. Alle Wände sind leicht verdickt, die Interzellularen an der tangentialen Innenseite der Zwischenschichten sehr klein.

Bei einer Wurzel von 0,45 mm Dicke setzt sich das Polyderm aus 4 Lamellen lebender und darüber bis zu 7 Reihen dunkelbrauner toter Zellen zusammen.

Eine interessante und eigenartige Bildung zeigt eine Wurzel von 0 36 mm Dicke (Abb. 10), welche sich noch im primären Entwicklungszustand befindet. Der Holzteil, der als zentrale Platte die beiden Bastteile voneinander trennt, das einreihige Perikambium und die Endodermis, deren Zellen ringsum verkorkt und vielfach durch Stützwände geteilt sind, bieten zwar nichts Neues, ebensowenig wie die äußeren, unverdickten Rindenzellreihen, die verkorkte Exodermis und die Rhizodermis. Abweichend gebaut sind allein die beiden inneren, an die Endodermis anschließenden Rindenschichten: In viele dieser Zellen wölben sich aus der im übrigen unverdickten Membran annähernd halbkreisförmige Verdickungen von gold- bis braungelber Farbe vor. Dabei scheint die Lage der Verdickungen in Zusammenhang mit den zahlreich vorhandenen Interzellularen zu stehen, deren begrenzenden Innenflächen sie jeweils anliegen. Mit Phlorogluzin-Salzsäure und Sudan III ergibt sich, wenigstens ohne Vorbehandlung zur Herauslösung des goldbraunen Stoffes, keine Färbung, auch zeigen sie kein Leuchten im Fluoreszenzmikroskop. Van Tieghem (1887) hat in einer kurzen Veröffentlichung, leider ohne Abbildungen, dargelegt, daß nicht nur — was bereits bekannt war — bei einer großen Zahl von Coniferen und Cruciferen die vorletzte Rindenschicht junger Wurzeln mit einem verholzten Verdickungsnetz („réseau sus-endodermique“) ausgestattet ist, sondern daß auch in den Wurzeln einer großen Zahl von Rosaceen eine analoge Bildung vorkommt. Hier springt das Verdickungsband in Form eines Halbzylinders stark gegen das Innere der Zelle vor, welche sie mit einem verholzten Rahmen umgibt. Ab und zu können auch zusätzlich Zellen der vorvorletzten Rindenschicht solche Verdickungsleisten tragen. Van Tieghem (l. c., S. 222) hat weiter diese

„réseau sus-endodermique“ neben zahlreichen anderen Rosaceen-  
gruppen auch bei einigen Potentilleen (*Dryas*, *Sieversia*) beobachtet,  
während sie der Mehrzahl derselben (*Potentilla*, *Sibbaldia*, *Geum*  
u. a.) fehlen soll. Ich kann nun, wie der Bau von *Potentilla arenaria*  
zeigt, das Fehlen eines außerendodermalen Verdickungsnetzes bei  
der Gattung *Potentilla* wenigstens nicht ausnahmslos bestätigen.

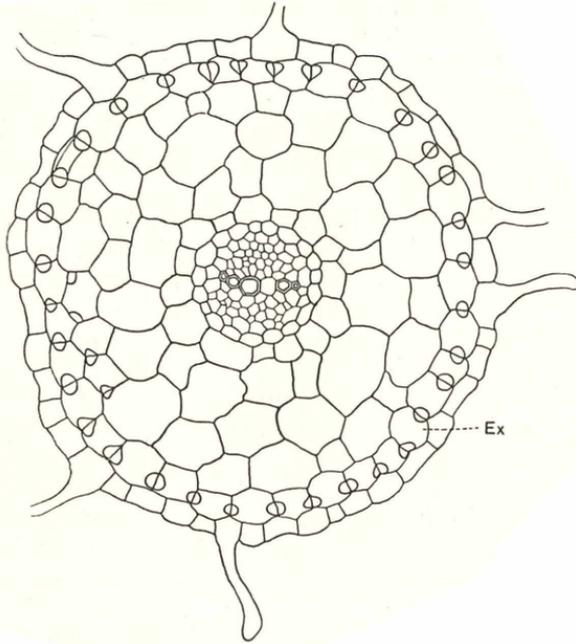


Abb. 11. *Potentilla arenaria*. Querschnitt durch eine junge Wurzel  
von 0,27 mm Dicke.

Ex = Exodermis ( $\Phi$ -Zellen-Exodermis).

Im Juli 1951 wurde auf sonnigen Hängen des Schwarzkogels  
bei Mödling weiteres Material gesammelt, um eine eingehendere  
Untersuchung der chemischen Natur dieser Verdickungen der in-  
neren Rindenzellen durchführen zu können, doch zeigte keiner der  
angefertigten Querschnitte durch junge und jüngste Wurzeln mehr  
derartige Bildungen. Dafür trat vielfach wieder (z. B. an einer  
Wurzel von 0,27 mm Dicke) eine prächtige  $\Phi$ -Zellen-Exodermis  
auf (Abb. 11), wobei die Verdickungen auch auf vier Zellen der  
anschließenden Rindenschicht übergriffen hatten.

### ***Potentilla caulescens* L.**

Von dieser Pflanze stand mir nur Material aus dem Botanischen Garten der Universität Wien zur Verfügung.

Das „stengelige Fingerkraut“ ist eine Spaltenpflanze kalkreicher Gesteine der Alpen. Es besitzt eine bleibende, vielästige Primärwurzel und einen Erdstock. Oettli (1904, S. 66) hat ihre ausgedehnte Bewurzelung in den Spalten eingehend untersucht.

Eine Wurzel von 0,78 mm Durchmesser hat einen kompakten, aus wenigen Gefäßen und zahlreichen, radial angeordneten, verdickten und verholzten Parenchymzellen bestehenden Xylemteil, eine schwächer ausgebildete sekundäre Rinde und ein aus drei Lamellen bestehendes Polyderm; eine Lamelle setzt sich hier, zum Unterschied von den vorher beschriebenen Arten, aus je einer Folgeendodermis und zwei Zwischenschichten zusammen. Schon Proding er (1908, S. 30) betont, daß innerhalb der *Potentilla*-Arten die Phelloidzellen bei der Sektion *Fragariastrum* (welcher *P. caulescens* angehört) im Durchschnitt zahlreicher sind als bei der Sektion *Eupotentilla* (ihre gehören die übrigen beschriebenen Arten an).

### ***Sibbaldia procumbens* L.**

Das Material wurde im Juli 1951 auf dunklem Alpenhumus größerer Felsspalten in Nähe der Kürsingerhütte (2700 m) gesammelt.

Der Alpen-Gelbling zieht in seiner Verbreitung das Urgebirge vor, wo er auf lange schneebedecktem Humus, kalkarmem Grus und Feinschutt, auch in feuchten Felsspalten, bis weit in die Nivalregion aufsteigt. Von dem mit abgestorbenen Nebenblättern und Blattstielresten dicht bedeckten, reich verzweigten Erdstock gehen dunkelbraune, dünne Beiwurzeln weg.

Eine Beiwurzel von 0,6 mm Durchmesser zeigt einen regelmäßig schönen Bau, welchen Abb. 12 wiedergibt. Im Zentrum sind die dickwandigen Gefäße in Form eines dreiteiligen Sternes angeordnet, in dessen Buchten ähnlich dickwandige mechanische Zellen und vereinzelte dünnwandige Parenchymzellen liegen. Während die Wände all dieser Zellen farblos hell erscheinen, haben die übrigen Zellen gelb- bis dunkelbraune Färbung, so zunächst die dünnwandigen Zellen des Bastteiles, die Initialschicht und die beiden Polydermlamellen. Jede Lamelle besteht aus einer etwas verdickten und meist geteilten Folgeendodermis und aus zwei Zwischenschichten mit regelmäßigen Interzellularen; die verkorkten endodermalen Zellen sind vielfach etwas niedriger als die unverkorkten Zellen der Zwischenschicht. Die verdickte und durch tertiäre Stützwände geteilte ursprüngliche Wurzelendodermis schließt das Polyderm gegen die dunkelbraunen, toten und zerdrückten Zellen der primären Rinde ab.

Durch die ständige Neubildung weiterer Polydermlamellen wird aber früher oder später die primäre Rinde abgestoßen, ebenso die Endodermis und schließlich auch die jeweils ältesten Polyderm-

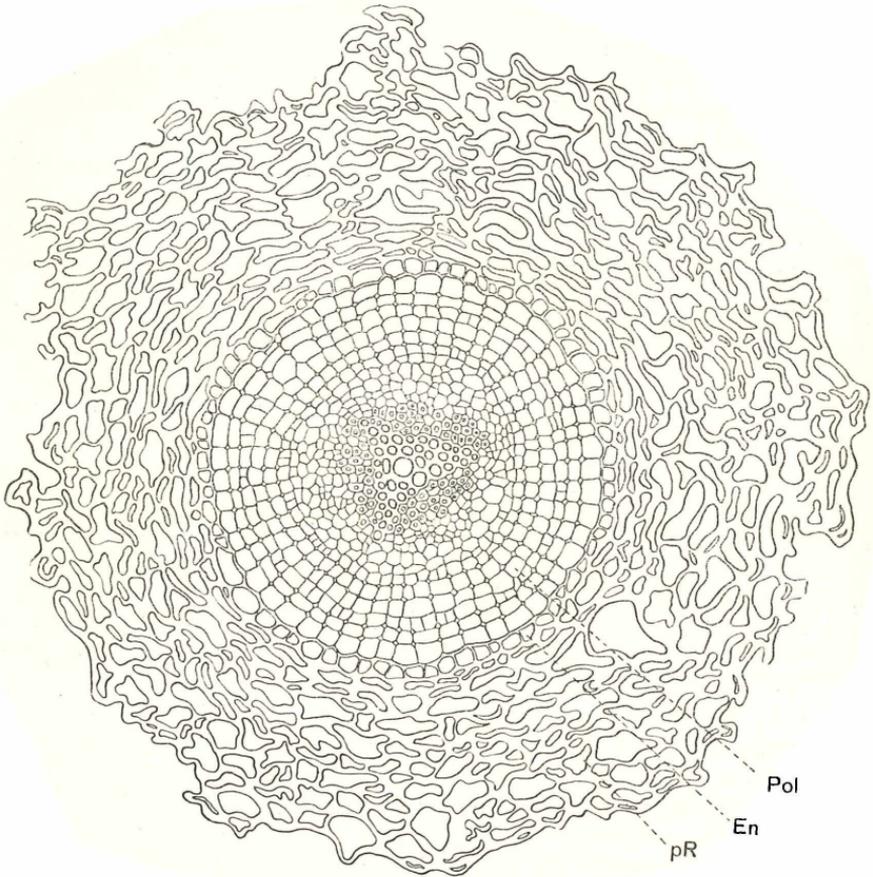


Abb. 12. *Sibbaldia procumbens*. Querschnitt durch eine Wurzel von 0,6 mm Dicke.

Pol = Polyderm, En = Endodermis, pR = primäre Rinde.

lamellen. Eine Wurzel, deren Basis einen Durchmesser von 1,6 mm hat, besteht dann nur mehr aus dem runden, mechanisch verstärkten Holzkörper, der viel schwächer ausgebildeten sekundären Rinde und dem vielreihigen Polyderm (Abb. 13). Eine Polydermlamelle wird hier aus einer Folgeendodermis und (zwei) bis drei

Zwischenschichten gebildet. Die Folgeendodermen sind, mit Ausnahme der innersten, gelb gefärbt, was ihr rasches Erkennen erleichtert. Mit den endodermalen Zellen der fünften Lamelle schließt der lebende Teil des Polyderms ab und geht in die nach außen

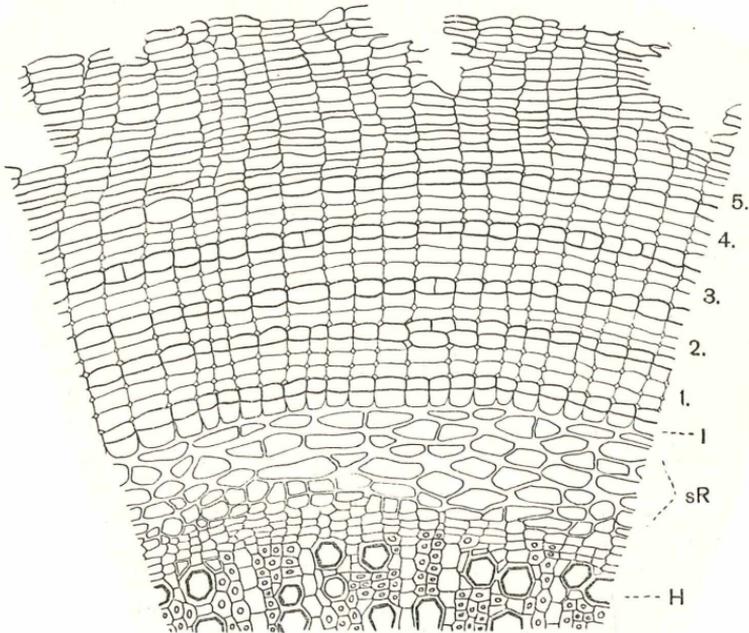


Abb. 13. *Sibbaldia procumbens*. Peripherer Teil einer älteren Wurzel von 1,6 mm Dicke.

H = Holzkörper, sR = sekundäre Rinde, I = Initialschicht,  
1., 2., 3., 4., 5. = Anzahl der Polydermlamellen.

folgenden abgestorbenen Zellen über, welche an vielen Stellen aufreißen und sich abzulösen beginnen.

Junge Wurzeln mit noch vollständig erhaltener primärer Rinde zeigten weder an der Exodermis noch an den Zellen der inneren Rinde irgendwelche Verdickungen.

### ***Geum montanum* L.**

Das untersuchte Material stammt a) vom Wirtgipfel (2300 m), gesammelt im August 1949, und b) aus der Nähe des Hannoverhauses (2700 m), gesammelt im August 1950.

Die Berg-Nelkenwurz gehört zu den bodenständigen Rosettenpflanzen des festen geschlossenen Rasens der Alpweiden. Die Pflanze besitzt eine Pfahlwurzel und einen kräftigen schwarzbraunen, von Blattresten umhüllten Wurzelstock.

a) Der Durchmesser einer Beiwurzel beträgt an der Basis 0,7 mm. Die Hauptmasse des zentralen Teiles besteht aus weitlumigen Parenchymzellen, in welchen die vier primären Xylemstrahlen und ebenso viele Gruppen des sekundären Holzes liegen; die Parenchymzellen zwischen den Gefäßen sind in radialen Reihen angeordnet. Eine bis zwei Kambiumzellreihen trennen den Holzteil von der sekundären Rinde und dem Polyderm. Letzteres setzt sich aus zwei Lamellen zusammen, jede mit nur einer Zwischenschicht (Luhan 1947, Abb. 5). Die Zellen der Folgeendodermis sind stärker verdickt als die Zwischenschichten. Den Abschluß der Wurzel bildet die Endodermis und dunkelbraune Reste der primären Rinde.

In Unkenntnis der Arbeiten von Prodinge (1908) und Mylius (1913) hat Schulthess (1945), der für pharmazeutische Zwecke einige Rosaceen auch in anatomischer Hinsicht untersuchte, die Korkbildung von *Geum*, *Sieversia* und *Dryas* beschrieben. Auch er gibt für die Wurzelfasern von *Sieversia* (= *Geum montana*) den Wechsel von je einer Kork- mit einer Phelloidzelle an. Ferner entstehen nach Schulthess (l. c., S. 42), analog dem Verhalten von *Geum urbanum*, diese Korkreihen „in der ersten unter der Hypodermis gelegenen Schicht“, was wohl auf einen Irrtum beruhen dürfte, da das Polyderm der Wurzeln stets dem Perikambium seine Entstehung verdankt.

An einer Beiwurzel von 0,36 mm Dicke sehen wir das Innere wieder von großlumigen Parenchymzellen ausgefüllt, worin nur wenige primäre und sekundäre Gefäße in je drei Gruppen liegen. Abschließend folgt eine einzige Polydermlamelle, aus Initialschicht, etwas verdickter Folgeendodermis und Zwischenschicht bestehend, und die Endodermis mit meist drei tertiären Stützwänden.

b) Eine Beiwurzel des Exemplars vom Hannoverhaus mit einem Durchmesser von 0,55 mm entspricht im wesentlichen der tetrarchen Wurzel vom Wirtgipfel. Das Polyderm setzt sich auch hier aus zwei Lamellen zusammen, welche noch von der Endodermis umgeben sind. Diese ist jedoch auffallend stark verdickt, braun gefärbt und regelmäßig durch drei tertiäre Wände geteilt. Die Braunfärbung greift auch auf die anschließende Zwischenschicht der zweiten Polydermlamelle über, die aus großen, an der Innenseite stark abgerundeten Zellen besteht. Durch diese starke

Abrundung werden auch die Interzellularen größer, und die Ablösung der beiden äußersten Schichten kann hier leichter erfolgen.

An einer Nebenwurzel von 0,3 mm Dicke ist bemerkenswert, daß kein Mark ausgebildet ist, daß der diarche Holzteil fast zur Gänze von großlumigen Gefäßen ausgefüllt ist und die Parenchymzellen weitgehend zurücktreten, daß ferner die sekundäre Rinde peripher viel stärker verdickte Zellwände aufweist und das Abschlußgewebe trotz der geringen Wurzeldicke schon aus zwei Polydermlamellen besteht.

### *Geum reptans* L.

Die Pflanze wurde im August 1949 auf feuchtem Feinschutt am Höhenweg Trittkopfscharte—Stuttgarter Hütte gesammelt.

Als oberirdische Schuttwanderpflanze von hochalpiner Natur, besiedelt die „kriechende Nelkenwurz“ vorzugsweise kalkarme, feuchte Grob- und Feinschuttböden. Näheres über die Wuchsform bei Hess (1910, S. 129).

Am unteren Ende des kurzen, mit dunklen Blattresten bedeckten, aufrechten Wurzelstockes befinden sich einige annähernd gleich dicke, glatte, dunkle, etwa 20 cm lange Befestigungswurzeln mit wenigen dünnen Saugwurzeln. — Eine dieser Beiwurzeln wurde in drei verschiedenen Höhen geschnitten; sie zeigt im jüngsten Querschnitt ( $D = 0,3$  mm) folgenden Bau: Die Gefäße durchziehen als dünne Platte den Holzkörper, die dazwischenliegenden Parenchymzellen haben, ebenso wie die peripheren Zellen der sekundären Rinde, verdickte Zellwände. Das Polyderm besteht aus zwei Lamellen mit jeweils einer Zwischenschicht. Die äußere Zwischenschicht beginnt sich schon entlang der inneren Tangentialwand abzulösen. Alle Zellen des Polyderms sind ungefähr gleich groß, ihre Wände nehmen peripherwärts an Dicke zu, wobei die endodermalen Zellen meist tertiäre Stützwände erhalten.

Der höher oben geführte Schnitt ( $D = 0,96$  mm) hat das primäre Holz in drei kurzen, sich im Zentrum fast berührenden Strahlen, das sekundäre Holz in ebenso vielen, ein bis zwei Gefäße breiten Sektoren dazwischen angeordnet. Die Hauptmasse des Holzteiles nehmen die in radialen Reihen liegenden schwach verdickten Parenchymzellen ein. Die sekundäre Rinde besteht aus wenigen Reihen stark verdickter Zellen und das Polyderm aus drei intakten Lamellen und einigen toten, verkrusteten Zellreihen.

Der basale Schnitt ( $D = 1,5$  mm) unterscheidet sich außer durch die Größenzunahme in nichts vom vorigen.

Auch hier zeigt an ganz jungen Wurzeln die primäre Rinde keine Verdickungsleisten.

### *Dryas octopetala* L.

Das Material stammt von einer trockenen Grobschutthalde am Höhenweg Walfagehr—Kapall, gesammelt im August 1949.

Die Silberwurz bewohnt in den Kalkalpen mehr trockenen bewegten bis ruhenden Grob- und Feinschutt, Felsen, Moränen, aber auch Alpenhumus in Zwergstrauchheiden und offene Rasen. Obwohl die Pfahlwurzel dauernd erhalten bleibt, bilden alle mindestens 3—4jährigen Zweige

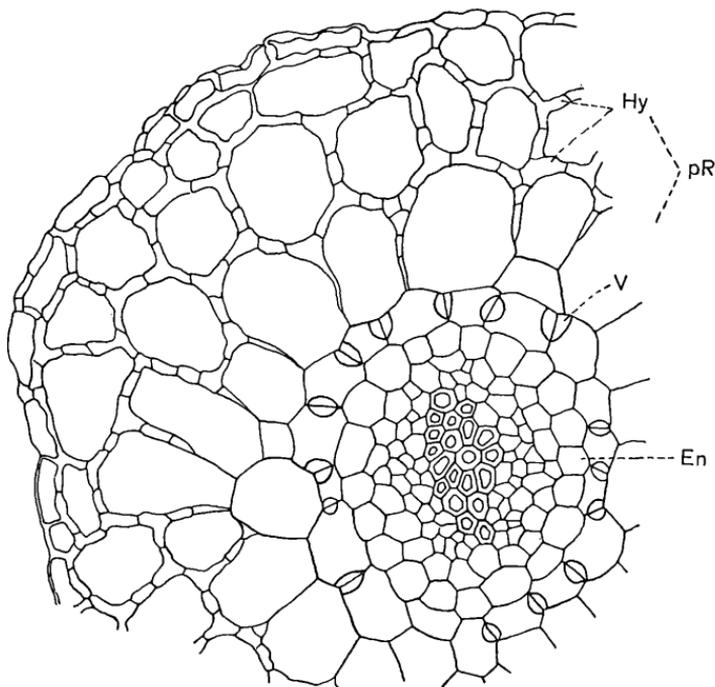


Abb. 14. *Dryas octopetala*. Querschnitt durch eine junge Wurzel.

En = Endodermis, pR = primäre Rinde (außen mit Pilzhyphen, Hy; innen mit starken lokalen Verdickungen, V).

Adventivwurzeln. Die Wurzelenden sind außen von einem Mantel fest verflochtener Pilzfäden, einer ektotrophen Mykorrhiza, umgeben. Von diesem äußeren Geflecht dringen auch Pilzfäden zwischen die Zellen der Wurzelrinde ein (vgl. Schroeter 1923, S. 265, Fig. 86, nach Hesselmann 1900).

An einer Beiwurzel von 0,25 mm Dicke (Abb. 14) ist das äußere Pilzgeflecht zwar nicht mehr vorhanden, die Pilzhyphen sind jedoch unter lokaler Auflösung der Mittellamelle (v. Guttentberg 1940, S. 316) zwischen die Zellen der Rhizo-

dermis und der äußeren beiden Rindenzellschichten eingedrungen. In der vorletzten, der Endodermis anliegenden Rindenschicht sind die Radialwände aller Zellen entweder in der Mitte oder gegen die äußere Tangentialwand zu mit einer runden bis dreieckigen braungelb gefärbten Verdickung versehen (Abb. 14, V). Die Endodermiszellen haben einen Inhalt von gleicher Farbe.

Diese Wandverdickungen können an einer etwas älteren Wurzel (D = 0,28 mm), deren primäre Rinde schon abgestorben und

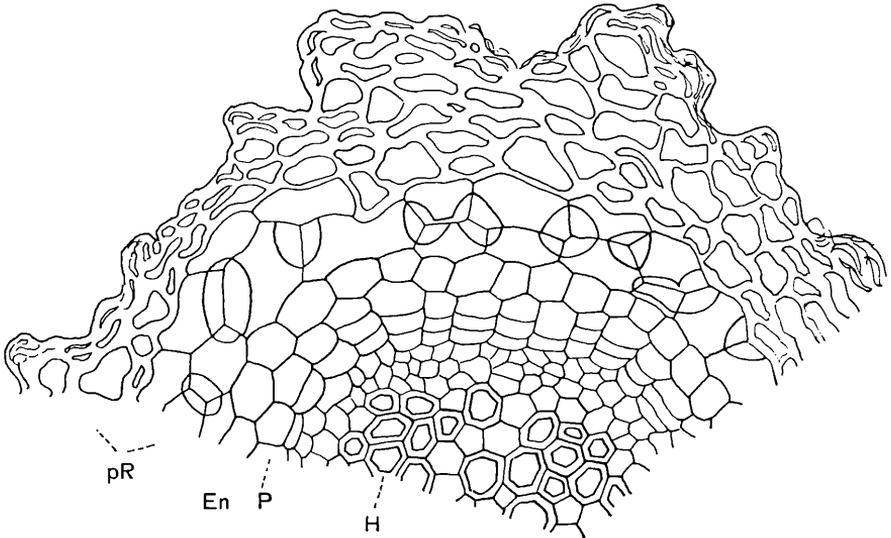


Abb. 15. *Dryas octopetala*. Querschnitt durch eine etwas ältere Wurzel. H = Holzkörper, P = Periderm, En = Endodermis, pR = primäre Rinde (außen meist kollabiert, innen mit kollenchymartigen Verdickungen).

verkrustet ist, auch wesentlich anders aussehen (Abb. 15); sie gleichen hier einem unregelmäßigen Eckenkollenchym. Aus dem Perikambium haben sich bereits einige Peridermreihen zu bilden begonnen (Abb. 15, P).

Später löst sich die primäre Rinde ab, und nur die Endodermis bleibt noch einige Zeit als Abschlußgewebe erhalten. Das zeigt bereits eine Wurzel von 0,18 mm Dicke, bei welcher das Periderm das dünnwandige, unverkorkte Phellogen und zwei bis drei Korkzellreihen umfaßt.

Ein Querschnitt durch die Wurzelbasis hat eine Dicke von 0,84 mm und annähernd dreieckigen Umriß. Der Hauptteil der Wurzel (0,8 mm) wird vom ebenfalls dreieckigen Holzkörper gebildet, der sich aus den zentral gelegenen drei Strahlen des primären Xylems, den von seinen Enden ausgehenden drei primären Markstrahlen und dem übrigen sekundären Holzteil zusammensetzt, welcher durch diese Parenchymstreifen deutlich in drei Sektoren geteilt wird. Außerhalb des Holzkörpers sind alle Zellwände hell- bis dunkelbraun gefärbt. In der sekundären Rinde liegen einzeln oder in Gruppen dickwandige, verholzte Fasern. Das Phellogen und die acht bis zehn Korkreihen bestehen aus dünnwandigen, tangential gestreckten, schmalen Zellen (bis zu fünfmal so lang als breit). — Bei *Dryas octopetala* entwickelt sich somit aus dem Perikambium kein Polyderm, sondern ein Periderm, aus dessen Phellogen sich nur nach außen gleichartige dünnwandige Korkzellen bilden. Auch Proding er (1908, S. 35) hat für den *Dryas*-Wurzelkork das Fehlen von Phelloid und Phelloderm festgestellt, während Schult h e s s (1945) neben der Häufigkeit allgemeiner Verkorkung auch das Vorkommen einer Phelloidschicht beobachten konnte.

Z u s a m m e n f a s s e n d läßt sich von den untersuchten Rosaceen sagen: Der primäre Wurzelbau bleibt nicht lange erhalten; es treten ebenso wie bei den Saxifragaceen schon frühzeitig Veränderungen auf, welche schließlich die Zerstörung und Abblätterung der primären Rinde bewirken. Trotz ihres kurzen Bestehens aber zeigt ein Teil ihrer Zellen bei manchen Pflanzen ungewöhnlich starke und eigenartige Verdickungen der Zellwand. Liegen diese Verdickungen als halbzyklindrische Leisten an den Radialwänden der Exodermiszellen, so kann man solche Zellen als  $\Phi$ -Zellen (R u s s o w 1875) und die aus ihnen aufgebaute Exodermis als  $\Phi$ -Zellen-Exodermis bezeichnen. Ich konnte ihr Vorkommen bei *Potentilla aurea* und *P. arenaria* feststellen (Abb. 9 und 11). Liegen diese Verdickungen jedoch an der zweit- oder drittinnersten Rindenschicht und ist ihre Form und Lage auch vielfach eine andere, dann entsprechen sie dem außerendodermalen Verdickungsnetz („réseau sus-endodermique“) v a n T i e g h e m s (1887), das bei zahlreichen Rosaceen vorkommen soll. Von meinem Material zeigten dies nur junge Wurzeln von *Potentilla arenaria* und *Dryas octopetala* (Abb. 10, 14 und 15).

Befinden sich die Wurzeln im Sekundärstadium, dann ist an ihnen vor allem wieder das Abschlußgewebe bemerkenswert. Aus dem Perikambium der primären Wurzel bildet sich bei den unter-

suchten *Potentilla*-, *Sibbaldia*- und *Geum*-Arten das für viele Vertreter der Rosaceen charakteristische Polyderm (M y l i u s 1913), welches abwechselnd aus einer verkorkten Polydermendodermis und einer bis mehreren unverkorkten Zwischenschichten besteht. *Potentilla aurea*, *P. frigida*, *P. arenaria*, *Geum montanum* und *G. reptans* haben nur eine, *Potentilla caulescens* zwei und *Sibbaldia procumbens* zwei bis drei Zwischenschichten. Das Polyderm kann sich zu bedeutender Dicke entwickeln, wozu auch beiträgt, daß die abgestorbenen Polydermlamellen noch längere Zeit als schützende Kruste erhalten bleiben können. So besitzt *Potentilla arenaria*, welche zwar auf sehr trockenen Böden, doch nicht in alpinen Höhen vorkommt, bis zu sieben lebende und sieben tote Lamellen, *Potentilla aurea* vier bis sechs lebende und drei tote Lamellen und *Sibbaldia procumbens* vier bis fünf lebende und drei tote Lamellen. Bei *Dryas octopetala* entsteht aus dem Periderm nach Phellogenbildung nur einheitlicher Wurzelkork von acht bis zehn Zellreihen Breite.

### Literaturverzeichnis.

- B a r y, A. de, 1877: Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Handb. d. physiol. Botanik von W. Hofmeister, 3. Leipzig.
- B u n t i n g, M., 1898: Structure of the cork tissues in roots of some rosaceous genera. Publications of the Univ. Pennsylvania. New Ser. 5. Contribut. fr. the Laboratory, Vol. 2.
- C h r i s t, K., 1887: Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Laubstengels der Caryophyllinen und Saxifrageen. Diss. Marburg.
- C z a j a, A. Th., 1935: Zur Entwicklungsphysiologie des Periderms: Die Entstehung der Korkkrusten. *Planta* 23, 105.
- D o u l i o t, H., 1888: Note sur la formation du périclerme. *Journal de Botanique*; p. 158.
- 1889: Recherches sur le périclerme. *Ann. Sc. Nat., Sér. 7, Bot.* 10, 325.
- E a m e s, A. J. and M a c D a n i e l s, L. H., 1947: An Introduction to Plant Anatomy. McGraw-Hill Book Comp. New York and London.
- E n g l e r, A. und I r m s c h e r, E., 1919: Saxifragaceae-Saxifraga. In Engler: Das Pflanzenreich, IV. 117.
- E n g l e r, A. und P r a n t l, K., 1930: Die natürlichen Pflanzenfamilien. Bd. 18 a. Leipzig.
- F o c k e, W. O., 1894: Rosaceae. In Engler u. Prantl: Die natürl. Pflanzenfamilien, III. Teil. 3. Abt.
- F r e i d e n f e l t, T., 1904: Der anatomische Bau der Wurzel in seinem Zusammenhange mit dem Wassergehalt des Bodens. (Studien über die Wurzeln krautiger Pflanzen II.) *Bibliotheca Botanica*, H. 61.
- G u t t e n b e r g, H. v., 1940: Der primäre Bau der Angiospermenwurzel. Handb. d. Pflanzenanatomie, II. Abt., 3. Teil, Bd. 8. Berlin.
- 1943: Die physiologischen Scheiden. Handb. d. Pflanzenanatomie, I. Abt., 2. Teil, Bd. 5. Berlin.

- Haberlandt, G., 1928: Zur Entwicklungsphysiologie des Periderms. Sitz.-Ber. preuß. Akad. Wiss., physik.-math. Kl. **23**, 1.
- Hegi, G., 1908—1931: Illustrierte Flora von Mitteleuropa. München.
- Hess, E., 1910: Über die Wuchsformen der alpinen Geröllpflanzen. Beih. z. Bot. Centralbl. **27**, 1, II. Abt.
- Hesselmann, H., On Mykorrhiza-Bildningar hos arktiska växter. — Bihang till K. Svenska Vet.-Akad. Handlingar, Bd. 26. Afd. III, Nr. 2, Stockholm 1900. (Zit. nach Schroeter 1926, S. 264.)
- Höhnelt, F. v., 1877: Über den Kork und verkorkte Gewebe überhaupt. Sitz.-Ber. d. Kais. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Kl. **76**, 507, Abt. I.
- Holle, G., 1893: Beiträge zur Anatomie der Saxifragaceen und deren systematische Verwerthung. Bot. Centralbl. **53**, 1, 33, 65, 97, 129, 161, 207.
- Kroemer, K., 1903: Wurzelhaut, Hypodermis und Endodermis der Angiospermenwurzel. Bibliotheca Botanica, H. 59.
- Leist, K., 1890: Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Saxifrageen. Bot. Centralbl. **43**, 100, 136, 161, 233, 281, 313, 345, 377.
- Luhan, M., 1947: Die Goldendodermis der Farne. Fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Filicineen. Sitz.-Ber. d. Österr. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., Abt. I, **156**, 1.
- 1951: Zur Wurzelanatomie unserer Alpenpflanzen. I. Primulaceae. Sitz.-Ber. d. Österr. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., Abt. **160**, 481.
- Metcalf, C. R. and Chalk, L., 1950: Anatomy of the Dicotyledons. Oxford.
- Mohl, H. v., 1836: Untersuchungen über die Entwicklung des Korkes und der Borke auf der Rinde der baumartigen Dicotylen. Diss. (1845 Verm. Schriften bot. Inhalts, p. 212).
- Mühdorf, A., 1926: Zur Präzisierung der Termini Periderm und Borke und einiger anderer, welche damit im Zusammenhange stehen. Ber. d. d. bot. Ges. **44**, 377.
- Mylius, G., 1913: Das Polyderm. Bibliotheca Botanica **18**, H. 79.
- Oettli, M., 1904: Beiträge zur Ökologie der Felsflora. Zürich.
- Olivier, L., 1881: Recherches sur l'appareil tégumentaire des racines. Ann. Sc. Nat., Sér. 6, Bot. **11**, 5.
- Proding, M., 1908: Das Periderm der Rosaceen in systematischer Beziehung. Denkschr. d. Kais. Akad. Wiss. d. math.-nat. Kl., **84**.
- Protits, G., 1891: Vergleichend-anatomische Untersuchungen über die Vegetationsorgane der Kerrieen, Spiraeen und Potentileen. Sitz.-Ber. d. Kais. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Kl. **100**, 236, Abt. I.
- Rother, W., 1934: Gewebe der Pflanzen. Im Handwörterbuch d. Naturwiss. **5**, 1. Jena (2. von L. Jost bearbeitete Auflage).
- Russow, E., 1875: Betrachtungen über das Leitbündel und Grundgewebe. Dorpat 1875.
- Sanio, C., 1860: Vergleichende Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung des Korkes. Jahrb. f. wiss. Bot. **2**, 39.
- Schroeter, C., 1926: Das Pflanzenleben der Alpen. 2. Aufl. Zürich.
- Schulthess, H., 1945: Pharmakognostisch-anatomische und chemische Untersuchungen von Drogen der Genera *Geum*, *Sieversia* und *Dryas*. Diss. Wädenswil.
- Solleder, H., 1899: Systematische Anatomie der Dikotyledonen. Stuttgart.
- Stahl, E., 1873: Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Lentizellen. Bot. Ztg. **31**, 561.

- Tieghem, M. Ph. van, 1887: Sur le réseau sus-endodermique de la racine des Rosacées. Bull. de la Soc. Bot. de France **34**, 221.
- Thouvenin, M., 1890: Recherches sur la structure des Saxifragacées. Ann. Sc. Nat., Sér. 7, Bot. **12**.
- Troll, W., 1948: Allgemeine Botanik. Stuttgart.
- Weiss, J. E., 1890: Beiträge zur Kenntnis der Korkbildung. Denkschr. d. Kgl. Bayer. Bot. Ges. Regensburg, **6**, 69.
- Wetter, E., 1918: Ökologie der Felsflora kalkarmer Gesteine. Jahrb. d. St. Gallischen Naturwiss. Ges. St. Gallen.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1952

Band/Volume: [161](#)

Autor(en)/Author(s): Luhan Maria

Artikel/Article: [Zur Wurzelanatomie unserer Alpenpflanzen - II. Saxifragaceae und Rosaceae. 199-237](#)