

Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse
Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft
Band: 45 (1936)

Artikel: Entwicklungsgeschichte und vergleichende Anatomie der pharmakognostisch wichtigen Rhamnusrinden : unter besonderer Berücksichtigung der Calciumoxalat-Bildung
Autor: Hasler, O.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-30323>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 24.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Entwicklungsgeschichte und vergleichende Anatomie der pharmakognostisch wichtigen Rhamnusrinden unter besonderer Berücksichtigung der Calciumoxalat-Bildung.

Von O. Hasler.

(Aus dem Pharmazeutischen Institut der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich.)

Eingegangen am 4. Mai 1936.

Inhaltsverzeichnis.

A. Einleitung	519
B. Übersicht über bisherige Untersuchungen	520
I. Calciumoxalat-Bildung	520
II. Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Rinden	523
C. Experimenteller Teil	525
I. Entwicklungsgeschichte der Calciumoxalat-Kristalle bei <i>Rhamnus</i> <i>Frangula</i> und <i>Rhamnus cathartica</i>	525
II. Entwicklungsgeschichte und Anatomie einiger pharmakognostisch wichtiger Rhamnusrinden	534
<i>Rhamnus Frangula</i> L.	535
<i>Rhamnus Purshiana</i> DC.	543
<i>Rhamnus alpina</i> L. subsp. <i>eu-alpina</i> Beger.	553
<i>Rhamnus alpina</i> L. subsp. <i>fallax</i> (Boiss.) Beger	559
<i>Rhamnus pumila</i> Turra	566
<i>Rhamnus cathartica</i> L.	570
<i>Rhamnus saxatilis</i> Jacquin.	575
III. Vergleichende Anatomie der Rinden	580
D. Zusammenfassung	590
Literaturverzeichnis	591

A. Einleitung.

Die pharmakognostisch wichtigen *Rhamnusrinden*, *Cortex Rhamni Frangulae* und *Cortex Rhamni Purshianae*, unterliegen im Handel ab und zu Verfälschungen oder Verwechslungen. Es schien uns daher wünschenswert, einmal vergleichend-anatomisch die pharmazeutisch gebrauchten Rinden und die im europäischen Drogenhandel gelegentlich schon beobachteten Verfälschungen, sowie auch einige andere eventuell als Verfälschungen in Betracht kommende Rinden des Genus *Rhamnus* eingehend zu untersuchen.

Gleichzeitig haben wir die Entwicklungsgeschichte dieser Rinden möglichst vollständig studiert. Dies liess schon rein wissenschaftlich wertvolle Resultate erwarten. Andererseits glauben wir auch der Praxis zu dienen, da eine Untersuchung der verschiedenen Altersstufen der Rinden auch Rückschlüsse auf das Alter der im Handel befindlichen Drogen zulässt und da ab und zu auftretende abnorme anatomische

Bilder in den Drogen sich auf Grund der Entwicklungsgeschichte meist gut erklären lassen.

Bei diesen entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen stiessen wir auf das Problem der Calciumoxalat-Bildung. An Hand von Keimlingen haben wir versucht, auch dessen Entwicklung in *Rhamnus Frangula* und *Rhamnus cathartica* näher zu studieren, wobei wir uns besonders mit den Oxalatdrusen eingehender beschäftigten.

Es wurde durchwegs frisches Pflanzenmaterial verwendet, das, soweit möglich, von uns selbst gesammelt worden war und entweder in den Gewächshäusern des Instituts für spezielle Botanik der E. T. H. oder im Garten des Pharmazeutischen Instituts ausgepflanzt wurde. Die Samen von *Rhamnus Frangula* und von *Rhamnus cathartica*, die für die Oxalatuntersuchungen gebraucht wurden, stammten aus dem Botanischen Garten der Universität Zürich und von wilden Pflanzen am Katzenssee bei Zürich.

Die vorliegende Arbeit wurde am Pharmazeutischen Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich auf Veranlassung und unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Flück ausgeführt. Ich möchte nicht versäumen, auch an dieser Stelle meinem verehrten Lehrer für seine stets wertvolle Unterstützung und sein freundliches Entgegenkommen meinen besten Dank auszusprechen.

Ebenso ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. Gäumann, Direktor des Instituts für spezielle Botanik an der E. T. H., für die Erlaubnis der Benützung eines Abteils in seinen Gewächshäusern und der Beanspruchung seines Obergärtners, Herrn Dr. Koch, Konservator der botanischen Sammlungen der E. T. H., für seine wertvolle Mithilfe beim Bestimmen einiger *Rhamnus*-arten, Herrn Obergärtner Riethmann am Institut für spezielle Botanik und Herrn Wallmann in Alpnach-Dorf für seine zuvorkommende Führung beim Sammeln von *Rhamnus alpina* nochmals besonders zu danken.

B. Übersicht über bisherige Untersuchungen.

I. Calciumoxalat-Bildung.

Zu den häufigsten festen Einschlüssen der pflanzlichen Zelle gehört das Calciumoxalat, und es ist daher schon seit Ende des 18. Jahrhunderts der Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen. Für die Pharmakognosie sind die verschiedenen Kristallformen von Calciumoxalat diagnostisch von grösster Wichtigkeit.

Obwohl in der vorliegenden Arbeit die Calciumoxalat-Ausscheidungen von *Rhamnus Frangula* und *Rhamnus cathartica* nur in topographisch-entwicklungsgeschichtlicher Hinsicht und zum Teil unter Berücksichtigung veränderter äusserer Bedingungen behandelt werden, soll doch eine kurze Übersicht über die wichtigsten, bisher angestellten Unter-

suchungen auf physiologischer und physikalisch-chemischer Grundlage vorausgeschickt werden. Nach neueren Anschauungen (Frey [15], Kohlschütter und Marti [30]) lässt sich nämlich die Calciumoxalat-Bildung und speziell die eigentliche Formbildung hauptsächlich physikalisch-chemisch und erst sekundär vom physiologischen Standpunkt aus erklären.

Nach der Entdeckung von Drusen und anderer Kristallformen im Pflanzengewebe durch Malpighi (35) (1687) war Scheele (54) (1785) der erste, der diese kristallinen Gebilde als Calciumoxalat identifizierte. Sanio (53) (1857) wies in zahlreichen Pflanzen oxalsauren Kalk nach und Solereder (57) (1899/1908) fand bereits die meisten Genera des Pflanzenreiches, besonders innerhalb der Dicotyledonen, in bezug auf Calciumoxalat-Vorkommen untersucht.

Über die Bildung der Oxalsäure sind bis in die neuere Zeit zum Teil sich stark widersprechende Hypothesen aufgestellt worden. Während die, erstmalig von Liebig (34) (1840) und später von Baur (3) (1913) vertretene Ansicht, die Oxalsäure stelle ein Zwischenprodukt bei der CO_2 -Assimilation dar, seit dem Aufkommen der Assimilationstheorie von Bayer (4) fraglich geworden war, haben sich andere Theorien, allerdings mit Varianten, bis heute halten können. Die Arbeiten Wehmers (70) (1891) bringen die Entstehung der Oxalsäure in einen Kausalzusammenhang mit dem Atmungsvorgang. Dass bei der Atmung als Vorstufe der Kohlensäure Oxalsäure entstehe, konnte aber bis heute nur bei wenigen Pflanzen (Sukkulenten) nachgewiesen werden. Hingegen wurde sie als unvollständiges Verbrennungsprodukt von Zucker bei gewissen Pilzen beobachtet, allerdings oft nur bei hoher Zuckerkonzentration und gehemmttem Wachstum. Palladin (45) (1887), Schimper (55) (1890) und später A. Meyer (36) (1918) sehen in der Oxalsäure ein Nebenprodukt, das bei der Eiweißsynthese entsteht, wobei es sich aber, nach der Formulierung der älteren Autoren, im Grunde genommen auch nur um eine Oxydation der Kohlehydrate handelt. Die Untersuchungen von Bencke (5) (1903) und W. Müller (42) (1922), die bei Darreichung von Nitraten reichliche Oxalatausscheidung feststellten, während Ammonsalze als Stickstoffquelle keine oder nur geringe Bildung zur Folge hatten, lassen mit ziemlicher Sicherheit schliessen, dass Oxalsäure als Nebenprodukt bei der Reduktion der Nitrate gebildet werde. Für die Entstehung der Oxalsäure im Eiweißstoffwechsel sprechen auch die Versuche von Ruhland und Wetzels (51, 71) (1926/29), die ebenfalls bei Nitratkulturen vermehrte Bildung von Oxalsäure nachwiesen. Endlich sei noch auf die Bildung von organischen Säuren bei der Desaminierung von Aminosäuren und Säureamiden (Kostytschew [31]) hingewiesen. Oxalsäure entsteht dabei als Endprodukt der Desaminierung über verschiedene Stufen, unmittelbar durch Oxydation einer Ketosäure.

Die Calcium-Ionen, die mit der Oxalsäure in Verbindung treten, gelangen aus dem Boden, zusammen mit den andern mineralischen Nährstoffen in die Pflanze.

Die Ansicht von A é (1) (1869) und K r a u s (32) (1897), die im Calciumoxalat einen Reservestoff sahen, ist schon lange widerlegt. Das Oxalat wird seit S t a h l (60) (1920) zu den Exkreten gezählt. S t a h l vertritt auch die schon früher von A m a r (2) aufgestellte sog. Entkalkungstheorie, nach der die Oxalsäure und sekundär das schwer lösliche Calciumoxalat zur Beseitigung des überschüssigen Kalkes entstehe. Eine Überschwemmung der Zellen mit Kalk würde die Pflanze schädigen, weshalb sie sich dessen mit allen Mitteln entledige. Im Gegensatz dazu bezeichnet S c h i m p e r (55) (1890) die Bildung des Calciumoxalats als Entgiftung der Gewebe von der, im Laufe des Stoffwechsels entstandenen, sehr giftigen Oxalsäure. Beide Theorien sind nach F r e y (15) unhaltbar, da sie eine absichtliche Aufnahme oder Bildung des einen Ions nur zum Zwecke, das andere zu eliminieren, voraussetzen. F r e y (15) erklärt den Vorgang vorerst vom rein physikalisch-chemischen Standpunkt aus: Als Nebenprodukt im Stoffwechsel der Pflanze seien geringe Mengen Oxalsäure bis zu einem Gleichgewicht entstanden. Durch Bindung an Calcium werde dieses Gleichgewicht gestört und durch neue Säurebildung wieder regeneriert, wodurch die Oxalatausscheidung proportional der Calciumaufnahme erfolgen müsse. Das Calciumoxalat stelle somit einfach das Reaktionsprodukt zweier Ionen dar, die sich irgendwo in der Pflanze begegnen, wobei allerdings sekundär die Neubildung des einen (Oxalat-Ion) nur infolge steter Gleichgewichtsstörung durch das andere (Calcium-Ion) bedingt sei. Da dabei das Oxalat-Ion in vielen Fällen kein Endprodukt, sondern ein Zwischenprodukt des Stoffwechsels darstellt, zählt F r e y (15) das Calciumoxalat nicht zu den Exkreten (= Endprodukte des dissimilatorischen Stoffwechsels, wobei unter Dissimilation nicht nur Stoffabbau, sondern die Stoffentfremdung überhaupt verstanden sei), sondern zu den Rekreten (= anorganische Ausscheidungsstoffe, die nicht assimiliert worden sind) und legt das Hauptgewicht auf die überschüssigen, aber keineswegs als giftig anzusprechenden Calcium-Ionen aus dem Mineralstoffhaushalt der Pflanze. Die Anschauungen von F r e y (14, 15) beruhen bei der häufigsten Ablagerungsart im Parenchym und auch bei der Ablagerung an Gewebegrenzen (Markstrahlen/Phloem) weitestgehend auf einem rein physikalisch-chemischen Standpunkt. Für diese beiden Fälle betont er, dass Calciumoxalat sich ausscheidet, « wo die beiden Ionen zusammenreffen » und dass « die Kristallisation desselben nach physikalisch-chemisch fassbaren Gesetzen vor sich geht, ohne dass das lebende Protoplasma irgendwie eingreift ». Hingegen muss für die Ausscheidungen in der Zellwand, in Idioblasten und in abgestorbenen Gewebeelementen, z. B. Steinzellen, eine Wirkung des lebenden Protoplasmas angenommen

werden, in der Art und Weise, dass dieses « die Fällungsreaktion meistert und in gewisse Bahnen lenkt ». Alle älteren Autoren bis *Netolitzky* (43) (1929) sprechen durchwegs von einem Einfluss des lebenden Zellinhalts, z. B. des Zellkerns, besonders auf die Kristallform. Auch *Kohlschütter* und *Marti* (30) (1930), deren Versuche über die Formbildung des Calciumoxalats in vitro, aber mit möglichst naturnahen Verhältnissen ausgeführt waren, glauben trotz starker Hervorhebung der chemischen und physikalischen Momente an eine Wirkung des biologischen Geschehens in der Pflanze.

Die Frage der Funktion des Calciumoxalats in der Pflanze ist weniger diskutiert worden. Ältere Physiologen weisen auf die Bedeutung des Oxalats als Festigungsmittel hin, *Kohl* (29) spricht in besonderen Fällen von vermehrter Lichtausnützung bei Blättern infolge Reflexwirkung von Oxalateinzelkristallen. Nach *Stahl* (59) sollen besonders die peripher gelegenen Raphiden gewisser Organe eine wichtige Rolle als Schutzmittel gegen Tierfrass spielen.

Über das Problem der eigentlichen Formbildung beim Calciumoxalat werden wir im Zusammenhang mit den eigenen experimentellen Untersuchungen eingehender referieren.

Ausgedehntere entwicklungsgeschichtliche Studien über Calciumoxalat hat bis jetzt nur *Kreusch* (33) (1933) über die kristallreiche Familie der *Solanaceen* ausgeführt. Die früheren Autoren beschäftigen sich meist nur mit dem Kristallvorkommen in ausgewachsenen Pflanzen. Teilweise wurden zwar die Anfangsstufen der Kristallbildung beschrieben, aber über die Zwischenstufen hinweggegangen. So beobachtete *Urban* (66) (1872) in den Brakteen von *Medicago* in allen Zellen, die später von einem Kristall ausgefüllt wurden, sehr kleine Punkte und *Vöchting* (67) (1873) spricht von einer Ansammlung dunkler Körnchen zu einem Ballen, aus dem dann der Kristall entsteht. *Sanio* (53) (1857) vermutet in den Drusen einen organischen Zentralkörper, nachdem schon *Turpin* (65) (1830) für alle Kristalle einen Körper als Kristallisationszentrum annimmt. Nach *Kohl* (29) (1889) bildet ein Einzelkristall die Grundlage der Trihydratdrusen, eine Beobachtung, die übrigens neuerdings *Frey* (13) bestätigte.

Kreusch (33) behandelt die Entwicklung der Einzelkristalle, Drusen und des Kristallsandes der *Solanaceen*, während wir uns im ersten Teil der vorliegenden Arbeit hauptsächlich mit der Entstehung und dem Wachstum der Drusen und kurz mit demjenigen der Einzelkristalle beschäftigen.

II. Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Rinden.

Die Anatomie von Zweig- und Stammrinden hat schon wiederholt Botaniker und Pharmakognosten beschäftigt. Ein grosser Teil der Untersuchungen war aber nicht oder nur in den wenigsten Fällen auf ent-

wicklungsgeschichtlicher Basis ausgeführt worden, obwohl schon Schleiden (56) (1844) im Studium der Entwicklungsgeschichte « die einzige Möglichkeit zu wissenschaftlicher Einsicht in die Botanik zu gelangen und somit das einzige und unumgängliche methodische Hilfsmittel, welches aus der Natur des Gegenstandes sich von selbst ergibt », sah. Mohl (39) (1836) und Hanstein (18) (1853) waren wohl die ersten, die eingehend die verschiedenen Teile der Rinden von den jüngsten Anfangsstufen bis zu den ausgewachsenen Endformen beschrieben. Trotzdem haben spätere Forscher bei anatomischen Arbeiten die Entwicklungsgeschichte der einzelnen Rindenteile wieder nicht berücksichtigt. Aus diesem Grunde hat z. B. Berg (6) die Obliteration der Siebröhrengruppen ganz übersehen, während diese wichtigen Gewebeteile einem sonst so gewissenhaften Beobachter bei Vergleichung der Jahresstufen niemals hätten entgehen können. Auch Moeller (38), dessen « Anatomie der Baumrinden » bis heute das umfangreichste Werk über Rindenanatomie darstellt, betont in der Einleitung, dass im allgemeinen entwicklungsgeschichtliche Studien nicht im Rahmen seiner Arbeit lagen.

Bei pharmakognostischen Untersuchungen war es hauptsächlich Tschirch, der Ende des vorigen Jahrhunderts die Entwicklungsgeschichte speziell zu berücksichtigen begann. Die Angaben im « Anatomischen Atlas der Pharmakognosie und Nahrungsmittelkunde » von Tschirch und Österle (63) beruhen auch zum grossen Teil auf entwicklungsgeschichtlichen Grundlagen und eine Anzahl entwicklungsgeschichtlicher Untersuchungen von Blüten, Samen und Früchten und unterirdischen Organen stammen von Schülern Tschirchs. Auf seine Veranlassung entstand auch die Arbeit von Speyer (58) (1907), der unter anderem auch die beiden offizinellen *Rhamnus*rinden: *Cortex Rhamni Frangulae* und *Cortex Rhamni Purshianae* studiert hat.

Es liegt nicht im Rahmen dieser Arbeit, die gesamte botanische Literatur über die Gattung *Rhamnus* ausführlich zu behandeln, besonders, da es sich in der Mehrzahl um systematische Studien handelt. Anatomische Untersuchungen beschäftigten sich entweder nur mit dem Blattbau, wie die Arbeiten von Herzog (23) (1903) und von Heppler (21) (1928), mit Einschluss der Systematik oder dann hauptsächlich mit den Rinden der beiden offizinellen Arten *Rhamnus Frangula* und *Rhamnus Purshiana*. Die Rinde von *Rhamnus cathartica* als Verfälschung von *Cortex Rhamni Frangulae* beschrieb Tschirch (62) in Anlehnung an die Angaben von Moeller (38), die aber mit der Beschreibung von Gilg (16) nicht vollständig übereinstimmen. Über *Rhamnus alpina* berichtet eine Abhandlung von Roulier (50), sowohl in botanisch-anatomischer, als auch in chemischer Hinsicht. Eine speziell entwicklungsgeschichtliche Darstellung gibt nur Speyer (58), aber auch nicht eine lückenlose Reihe, was bei einigen Arten unumgänglich

nötig war. Es schien uns daher von wissenschaftlichem und praktischem Werte zu sein, neben den anatomisch überhaupt noch nicht behandelten, europäischen und als Verfälschung der beiden Drogen möglicher *Rhamnus*rinden, auch die obengenannten, bereits teilweise untersuchten Spezies gründlich und vor allem in bezug auf ihre Entwicklungsgeschichte zu studieren.

C. Experimenteller Teil.

I. Entwicklungsgeschichte der Calciumoxalat-Kristalle bei *Rhamnus Frangula* und *Rhamnus cathartica*.

Die Untersuchungen wurden mit Keimlingen von *Rhamnus Frangula* und *Rhamnus cathartica* ausgeführt. Die reifen Früchte der beiden Sträucher waren im Spätsommer und Herbst gesammelt worden und die daraus gewonnenen Samen wurden zum Teil direkt zwischen, mit destilliertem Wasser befeuchtetes Filtrierpapier gebracht, zum Teil sofort getrocknet. Zur Abkürzung der Ruheperiode (die frisch zur Keimung gelegten Samen trieben erst nach 2—3 Monaten aus) legten wir die getrockneten Samen zuerst während 3 Wochen in den Eisschrank bei zirka 2° C und darauf ebenfalls zwischen feuchtes Filtrierpapier. Nach 3—4 Wochen waren fast alle Samen von *Rhamnus cathartica* ausgekeimt, während bei *Rhamnus Frangula* erst nach Entfernung der viel härteren Samenschalen, weitere 4 Wochen später die erste Keimung beobachtet werden konnte. Die Kältebehandlung zeitigte also bei *Rhamnus Frangula* keinen wesentlichen Erfolg; auch eine Ätherisierung nach J o h a n n s e n (26) war ohne beschleunigende Wirkung.

Auf einen dritten Parallelversuch mit *Rhamnus Purshiana* mussten wir leider verzichten, da wir keine keimfähigen Samen erhalten konnten.

Zur bessern Kontrolle der Calciumverabreichung wurden die Keimlinge in Quarzsand mit v. d. C r o n e s cher Nährlösung weitergezüchtet, d. h. abwechselungsweise mit Nährlösung und destilliertem Wasser begossen, um ein Ansteigen der Konzentration der gelösten Salze zu verhindern. Die Nährlösung v. d. C r o n e s hat nach S t r a s - b u r g e r (61) folgende Zusammensetzung:

KNO ₃	1,0 g	Ca ₃ (PO ₄) ₂	0,25 g
CaSO ₄	0,5 g	Fe ₃ (PO ₄) ₂	0,25 g
MgSO ₄	0,5 g	Aqua dest.	1000 cm ³

Über die Unterschiede, die sich bei dieser Ernährungsweise gegenüber der natürlichen Aufzucht in Erde, besonders in bezug auf Habitus und gewisse anatomische Merkmale ergaben, werden wir in einem der folgenden Abschnitte berichten.

Die Keimlinge resp. die jungen Pflänzchen wurden sukzessive den Kulturgefäßen entnommen, in Carnoy fixiert und mikrotomiert. Zum Färben der Schnitte benützten wir fast durchwegs Alaun-Häma-

toxylin nach Ehrlich mit oder ohne Differenzierung mit Eisenammonalaun oder wässrige Fuchsinlösung, die zum Teil sehr schöne Kernfärbungen ergab.

Rhamnus Frangula und *Rhamnus cathartica* zeigten keine Unterschiede der Kristallentwicklungsformen. Wir haben daher die Resultate zusammengefasst.

In Anlehnung an den zweiten Teil der Arbeit wurden hauptsächlich die Oxalatausscheidungen in der Achse der Keimpflanzen untersucht, die Keimblätter und Laubblättchen nur zu Vergleichszwecken mit den Versuchen unter veränderten Lebensbedingungen. Da aber Achse wie Blätter dieselben Endformen, Drusen und Einzelkristalle, aufweisen, dürfen wir mit ziemlicher Sicherheit auf gleiche Bedingungen der Entwicklung schliessen.

Die ersten Ausscheidungen, die wir als Calciumoxalat betrachten können, bestehen aus einem bis mehreren kleinen ($1-2\ \mu$), stark lichtbrechenden Körnchen von unbestimmbarer Form im Protoplasma der Zelle (Tafel 14, Fig. 1). Zwischen gekreuzten Nikol leuchten sie nur schwach. Es könnte sich also um Trihydrat handeln (Frey [13]). Brunzema (8) und Kreusch (33) sprechen von denselben Anfangsstufen bei *Quillaja saponaria* und bei *Solanaceen*. Ob sich daraus Einzelkristalle oder Drusen bilden werden, lässt sich natürlich nicht nachweisen; Anknüpfungspunkte sind nach beiden Richtungen möglich.

Drusen: Die kleinen Kristalle werden zahlreicher und gruppieren sich \pm kreisförmig um ein Zentrum, das zwischen gekreuzten Nikol meist nur schwach leuchtet (vielleicht Monohydratansammlung um einen Trihydratkern; T. 14, Fig. 2 und 2a). Als nächste Stufe folgt ein ovales bis rundliches Gebilde, das flach zu sein scheint und einem korrodierten Kristall gleicht, im polarisierten Licht ein wenig leuchtendes Zentrum, aber stark leuchtende Ränder aufweisend (T. 14, Fig. 3 und 3a). Nach und nach tritt, zuerst undeutlich 2- bis 3strahliger, dann deutlich 4strahliger Bau auf (T. 14, Fig. 4 und 4a), um dann in die eigentliche Morgensterndruse überzugehen (T. 14, Fig. 5). Die Bildung einer Kristallzellreihe mit verschiedenen Entwicklungsstadien von Drusen zeigt Fig. 6 (T. 14).

Neben dieser direkten Entwicklungsreihe konnte noch ein zweiter Weg der Drusenbildung beobachtet werden. Ebenfalls von kleinen Kristallen im Protoplasma ausgehend, entsteht ein Sphärit (T. 15, Fig. 7), dessen feinstrahliger Bau allmählich (T. 15, Fig. 8) in die morgensternartige Verdrusung übergeht. Dieselbe Erscheinung beschreibt auch Kreusch (33) bei älteren Blättern von *Datura Stramonium*.

Als dritte Art der Drusenbildung beobachteten wir einen Übergang von Einzelkristallen in Drusen. Da alle Stadien im polarisierten Licht stark leuchteten, kann es sich nicht um die Entstehung von Trihydratdrusen (Frey [13]), sondern es muss sich um die Verwandlung von

Monohydrateinzelkristallen in Monohydratdrusen handeln. Auch Frey (13) spricht von solchen Übergangsformen und Chodat (9) fand sie in den Blättern von *Rhamnus crocea* Nutt. — Die Umwandlung geht in der Weise vor sich, dass sich an einen Einzelkristall (T. 15, Fig. 9) neue Individuen ansetzen (T. 15, Fig. 10) bis zur vollständigen Verdrusung. Die Umbildung bei einem andern Einzelkristall zeigt Fig. 11 (T. 15) und eine Anzahl verschiedener Umwandlungsformen Einzelkristall-Druse in Kristallzellreihen zwischen Fasern Fig. 12 (T. 15). Auch von Zwillingen (T. 15, Fig. 13), die oft schon bei Anfangsstadien der Kristallbildung auftreten können (T. 15, Fig. 14), müssen wir annehmen, dass sie allmählich zu Drusen werden, da in der ausgewachsenen Pflanze keine derartigen Formen mehr zu finden sind.

Einzelkristalle : Die Entwicklung verläuft normal, d. h. der Kristall wächst durch Apposition aus kleinen Individuen mit zum Teil unbestimmbaren Formen (Fig. 1, 15, 16) zu fertigen Einzelkristallen heran (Fig. 9, 11, 17, 18).

Eine befriedigende Erklärung der oben beschriebenen Entwicklungsstadien kann nur teilweise gegeben werden. Da wir uns selbst nicht mit den genetischen Problemen der Kristallbildung beschäftigt haben, müssen wir deshalb auf frühere Arbeiten zurückgreifen.

Bekanntlich kristallisiert das Calciumoxalat auf 2 verschiedene Arten, nämlich als Monohydrat monoklin und als Trihydrat tetragonal. Das Trihydrat ist bei Temperaturen und bei einem Druck, wie sie in der Pflanzenphysiologie in Betracht kommen, metastabil und zeigt die Tendenz, in Monohydrat umzukristallisieren. Trihydrat entsteht bei Temperaturen von 0—30° C, in Lösungen, die mit Calciumoxalat übersättigt sind, aber einen niedrigen osmotischen Wert aufweisen, und ist deshalb haltbarer, d. h. die Umwandlung geht nur langsam vor sich, bei Gegenwart von Ca-Ionen. Saure Lösung und Oxalat-Ionen setzen die Haltbarkeit des Trihydrats herab. — Monohydrat ist unter allen normalen Bedingungen stabil und haltbar.

In den Pflanzen wurden beide Hydrate beobachtet (Frey [13]). Da aber in den von uns untersuchten Pflanzen hauptsächlich Monohydratkristalle, erkennbar am starken Aufleuchten zwischen gekreuzten Nikol, gefunden werden konnten, werden wir uns auf diese beschränken.

Monohydrateinzelkristalle entstehen bei langsamer, ruhiger, Monohydratdrusen hingegen bei relativ rascher Kristallisation. Entsprechend bildeten sich bei Freys (13) Versuchen in vitro die Monohydrateinzelkristalle bei Mischung von stark verdünnten Lösungen (z. B. 1/1000 n), die Monohydratdrusen aus konzentrierten (1/100 n und höher). In der Pflanze wären folglich bei Auftreten von Drusen und Einzelkristallen nebeneinander, die Drusen in dünnwandigen Zellen, die Einzelkristalle in Zellen mit verdickten Membranen zu suchen. In *Rhamnus Frangula* und *Rhamnus cathartica* ist dies im allgemeinen der Fall :

In den primären Stadien des Wachstums treten nur Drusen auf (abgesehen von sehr kleinen Einzelkristallen, deren Form noch unbestimmbar ist und die sich eventuell auch zu Drusen entwickeln können) und zwar im Rindenparenchym und etwas später im Mark. Fertig ausgebildete Einzelkristalle konnten meist nur in älteren Keimlingen nachgewiesen werden, selten bevor die Fasern entstanden waren und vorwiegend in deren Nähe oder in den ziemlich derbwandigen Zellen des Markes in Anlehnung an die Gefässe (T. 15, Fig. 11). — Bei ca. 50 Tage alten Keimpflänzchen von *Rhamnus cathartica* fanden sich auch Monohydrateinzelkristalle im dünnwandigen Gewebe der Knospe, also der künftigen Laubblätter. Diese Kristalle zeigen allerdings zum grössten Teil beginnende Übergangsformen in Drusen. Wir glauben nicht, dass sich die oben entwickelte Theorie, wie sie Frey (13, 15) in seinen Arbeiten vertritt, für diesen Fall anwenden lässt, ebensowenig für die in Fig. 17 und 18 (T. 15) dargestellten Einzelkristalle, die bei einem nur zirka 14tägigen Pflänzchen von *Rhamnus cathartica* in den dünnwandigen Zellen des Rindenparenchyms beobachtet wurden.

Die Bildung der Sphärite (auch Monohydrat) geht in ähnlicher Weise vor sich wie bei den Drusen, nur dass das Ca-Ion beim Zusammen treffen mit dem Oxalat-Ion in grossem Überschuss sein muss. Wir können uns leicht vorstellen, dass die Konzentration der Oxalat-Ionen nicht in allen Zellen der Pflanze gleich gross ist, so dass ein Überschuss an Calcium-Ionen in gewissen Gewebeteilen möglich wäre. Dies kann in unserem Falle besonders leicht zutreffen, da die Calciumzufuhr infolge Verwendung von Nährlösung als konstant angenommen werden kann. In den unter natürlichen Bedingungen gezogenen Pflänzchen (siehe Seite 534) waren keine Sphärite feststellbar, wahrscheinlich, weil weniger Kalk in der Nahrung vorhanden war. Ebensowenig fanden sich Sphärite in den Ca-frei gezogenen Keimlingen.

Welche Faktoren die Form der Zwischenstufen bestimmten, bleibt vorläufig noch unbeantwortet; wir können höchstens einen Einfluss des lebenden Protoplasma oder des Zellkerns annehmen. Vielleicht wäre bei den Übergängen auch ein formbildender Einfluss der kolloidalen Zellbestandteile in rein physikalischem Sinne denkbar, obwohl diese nach den Untersuchungen von Kohlschütter und Marti (30) keine entscheidende Rolle bei der spezifischen Oxalatausscheidung spielen sollen.

Lokalisation und zeitliches Auftreten des Calciumoxalats in den Keimpflanzen.

In diesem Abschnitt ist eine getrennte Besprechung der beiden untersuchten Pflanzen nötig, da die Art der Keimung verschieden ist.

Rhamnus cathartica: Die Keimung ist epigäisch. 15—20 Tage alte Keimlinge zeigen vollständig entfaltete Kotyledonen, die Folgeblätter treten erst viel später aus der Gipfelknospe des Epikotyls.

Der ungekeimte Same enthält kein Oxalat in Kristallform, aber schon zwei Tage nach Austritt der Wurzelspitze finden sich in den Keimblättern und im Hypokotyl einige winzige Kriställchen, die mit zunehmendem Alter allmählich zahlreicher werden. Nach einer Woche treten die ersten Sphärite auf im Rindenparenchym des Hypokotyls, speziell unter den Ansatzstellen der Keimblattstiele. In den Kotyledonen macht sich eine Lokalisation der kleinen Oxalatanlagen in der Gegend des Gefässverlaufs bemerkbar. Die fertig ausgebildeten Einzelkristalle, wie sie Fig. 17 und 18 (T. 15) zeigen, stammen aus dem Rindenparenchym eines zirka 15 Tage alten Keimlings. Gleichzeitig hat die Zahl der Sphärite zugenommen. In Keimpflanzen von zirka 20 Tagen beobachteten wir erstmalig Drusen, und zwar fertig ausgebildete neben den Entwicklungsstadien der Fig. 2—4 (T. 14); zum Teil waren sie in Reihen angeordnet. Obwohl auf dieser Altersstufe auch zum erstenmal einige Fasern im Zentralzylinder angetroffen wurden, konnten noch keine Kristallzellreihen mit Einzelkristallen gefunden werden. Die Lokalisation der Drusen in der 20 Tage alten Pflanze ist die folgende: Besonders viele Drusen unter der Ansatzstelle des Epikotyls, ziemlich viele im Rindenparenchym, wenige im Mark.

Das charakteristische Merkmal des sechswöchigen Keimlings ist immer noch eine Anhäufung von Drusen, darunter natürlich verschiedene Entwicklungsstadien und Sphärite, in den obern Partien des Hypokotyls, während weiter unten Kristalle oft ziemlich selten sind. Abgesehen von kleinen Anlagen fehlen die Einzelkristalle fast ganz. Nur in den Blattanlagen und in den Schuppen der Knospe sind Einzelkristalle vorhanden, von denen ein Teil aber schon im Begriff ist, in Drusen überzugehen.

Die Entwicklung wurde bis zu einem Alter von 125 Tagen verfolgt. Sie zeigt deutlich eine starke Zunahme der Drusen im Rindenparenchym, eine schwache im Mark, dessen Randzellen nach und nach verholzen. Kristallzellreihen mit Einzelkristallen sind trotz Vergrößerung der Faserbündel nicht nachweisbar. Sie entstehen, wie im zweiten Teil dieser Arbeit gezeigt wird, nicht im Zusammenhang mit den primären Fasern (Perizykelfasern), sondern erst später um die sekundären Faserbündel im Parenchym der Innenrinde.

Die Keimblätter, die anfänglich allein die Funktionen der Laubblätter ausüben, beginnen abzusterben. Ihre ausgewachsenen Stadien enthalten viele Drusen (z. T. sehr grosse, bis $33\ \mu$ Durchmesser), die den Nerven entlang lokalisiert sind. In den Blattfacetten hingegen können bei starkem Aufhellen und im polarisierten Licht sehr kleine Einzelkristalle unterschieden werden.

Die sekundären Blätter, also die eigentlichen Laubblätter, die sich in einigen Fällen schon zirka 40 Tage nach Beginn der Keimung, meist aber bedeutend später entfaltet hatten, zeigen ein ganz anderes Bild.

Einzelkristalle überwiegen, mit Lokalisation auf die Blatthacetten. Drusen sind in diesem Stadium sehr selten, bei etwas älteren Blättern dagegen, als Kristallzellreihen die Hauptnerven begleitend, vorhanden.

Rhamnus Frangula: Entgegen den Angaben von Hegi (20), konnte eine deutlich hypogäische Keimung konstatiert werden. Die Keimblätter bleiben in der Samenschale, bis sie mit dieser abgestossen werden. Zwischen den beiden Stielchen der Kotyledonen richtet sich schon nach einigen Tagen das Epikotyl auf, an dem in kurzer Zeit (zirka 14 Tage) die Folgeblätter vollständig entfaltet sichtbar sind.

Auch hier enthalten die ungekeimten Samen keine Calciumoxalatkristalle. Nach der Keimung aber erfolgt die Ausscheidung noch früher als bei *Rhamnus cathartica*. Bei vier Tage alten Keimpflänzchen konnten in den Kotyledonen, die ja nach obigen Feststellungen in der Samenschale eingeschlossen bleiben, schon fertig ausgebildete Einzelkristalle beobachtet werden, in den übrigen Teilen erst kleine Oxalatanlagen von noch unbestimmter Form.

12tägige Keimlinge: Das Epikotyl mit den Anlagen der Folgeblätter an der Spitze und mit seitlichen Vegetationskegeln hat die Samenschale bereits verlassen. Im Rindenparenchym des Epikotyls resp. des daraus entstehenden Stengels finden sich neben sehr kleinen und grösseren Oxalatanlagen schon alle Entwicklungsstadien von Drusen bis zum fertigen Kristall, auch einzelne Sphärite.

Nach 3 Wochen sind die meisten Folgeblätter vollständig entfaltet und enthalten ebenfalls schon einzelne Drusen und deren Übergangsformen. Das Oxalat ist hauptsächlich im Rindenparenchym unter der Gipfelknospe und den Abzweigungsstellen der obersten Blättchen ausgeschieden.

Nach 30 Tagen können die ersten Fasern nachgewiesen werden, aber ohne dass dabei ein Einfluss auf die Oxalatabscheidung zu konstatieren ist, während bei einem Alter von 45 Tagen die ersten Kristallzellreihen mit Einzelkristallen auftreten.

Bei 60tägigen Pflänzchen bilden im Gegensatz zu *Rhamnus cathartica* die Nachbarzellen der Fasern Kristallzellreihen, wie sie sonst erst in 3jährigen Rinden als typische Begleiter der sekundären Fasern auftreten. Das in diesen Zellen beobachtete Oxalat bestand allerdings sehr selten aus eindeutigen Einzelkristallen, sondern meistens aus Übergangsformen, zum Teil schon aus fast fertig ausgebildeten Drusen (T. 15, Fig. 12). Mit zunehmendem Alter verschwinden die Einzelkristalle zugunsten der Drusen gänzlich. Es kann sich also bei den Fasern nur um die ersten Elemente des Perizykels handeln, dessen Faserbündel gewöhnlich nicht von Zellreihen mit Einzelkristallen begleitet sind.

Die Zellen des Markparenchyms bzw. besonders die Randzellen des Markes zeigen schon nach 60 Tagen eine \pm starke Verholzung der Zell-

wände und enthalten teilweise Einzelkristalle (in T. 15, Fig. 11 auch Übergang in Druse).

In älteren Keimlingen (bis 106 Tage) verteilen sich die Oxalatablagerungen (Drusen und deren Entwicklungsstadien, wenige Einzelkristalle und kleine Anlagen) auf das Rindenparenchym und das Mark des gesamten Stengels. Der Rest des Samens und damit die Kotyledonen wurden nach zirka 6 Wochen abgestossen. Die Laubblätter, stark aufgehellt, zeigen in der Durchsicht sehr viele Drusen den Nerven entlang (Kristallzellreihen längs der Hauptnerven), wenige Kristalle in den Facetten (Drusen und kleine Einzelkristalle). Das Grössenwachstum der Blätter bewirkt ein relatives Abnehmen des Oxalats.

Zusammenfassend ergibt sich über Lokalisation und zeitliches Auftreten des Calciumoxalats in den Keimpflanzen folgendes: Ungekeimte Samen enthalten kein Oxalat in Kristallform. Bei *Rhamnus cathartica* mit epigäischer Keimung erfolgt die erste Kristallbildung im Hypokotyl und breitet sich von hier nach oben und unten aus. Dasselbe beobachtete schon A é (1) (1869) in verschiedenen Pflanzen. Das abgeschiedene Calciumoxalat im Stengel besteht in der Hauptsache aus Drusen. Lokalisation: Rindenparenchym, wenig im Mark. — Bei *Rhamnus Frangula* mit hypogäischer Keimung treten Calciumoxalatkristalle erstmalig in den Kotyledonen auf, die in der Samenschale bleiben. Weitere Ausscheidungen finden sich wenig später zugleich in Hypokotyl und Epikotyl. Die Kristalle sind hauptsächlich Drusen. In der Nähe der primären Fasern abgelagerte Einzelkristalle verwandeln sich ebenfalls in Drusen. Lokalisation: Rindenparenchym inklusive Faserzone, Mark.

Wirkung veränderter Lebensbedingungen auf das Wachstum der Keimlinge und die Oxalatbildung.

Mit destilliertem Wasser zur Keimung gebrachte Samen von *Rhamnus cathartica* und *Rhamnus Frangula* wurden unter Ausschluss von Calcium weitergezogen. Zu diesem Zwecke wurden die jungen Keimlinge in einen Quarztiegel mit ziemlich grobem Quarzsand gebracht und abwechselungsweise mit destilliertem Wasser und einer calciumfreien Nährlösung begossen. Wir verwendeten dieselbe Nährlösung wie W. Müller (42), d. h. eine Ca-freie Nitratlösung folgender Zusammensetzung:

KNO ₃	1,0 g
K ₂ SO ₄	0,5 g
MgSO ₄	0,5 g
Fe ₃ (SO ₄) ₂	0,25 g
Aqua dest.	1000 cm ³

Die Keimlinge wuchsen zuerst gut, zum Teil sogar rascher als bei einem Kontrollversuch mit v. d. Cronescher Nährlösung. Erst nach 6½ Wochen zeigten die Blätter einige braune Flecken, beginnende

Nekroseerscheinungen und es wurde daher sofort zur Fixierung geschritten. Die Wurzeln waren verkümmert.

Die mikroskopische Untersuchung ergab in bezug auf Calciumoxalat folgendes Bild :

Rhamnus cathartica :

Kotyledonen : Wenige Einzelkristalle über das ganze Blatt verteilt (normal viele Drusen und wenige Einzelkristalle).

Laubblätter : Ziemlich zahlreiche, kleine, aber deutliche Einzelkristalle (normal viele Einzelkristalle in den Blatthäutchen, Drusen über den Nerven).

Stengel : Nur wenige kleine Einzelkristalle (Anlagen).

Rhamnus Frangula :

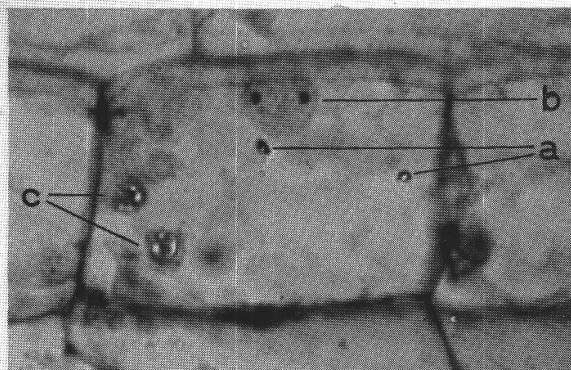
Laubblätter : Wenige kleine Einzelkristalle in den Blatthäutchen, hauptsächlich am Rand (normal sehr viele Drusen den Nerven entlang, wenige kleine Einzelkristalle in den Häutchen).

Stengel : Einige wenige Anlagen.

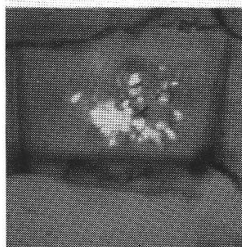
Calciumoxalat ist also auch in den Ca-frei gezogenen Pflanzen vorhanden, aber in bedeutend geringerer Menge als unter normalen Verhältnissen. Das zur Oxalatbildung notwendige Calcium kann nur aus den Samen stammen, was mikrochemische Untersuchungen bestätigten. Die ungekeimten Samen enthalten, wie erwähnt, kein Oxalat in Kristallform. Das Calcium muss daher in den Samen als leichtlösliche Verbindung vorhanden sein. Die Oxalsäure entsteht wahrscheinlich zuerst bei der Mobilisierung der Reservestoffe während der Keimung, dann als Nebenprodukt bei der Reduktion der Nitrate (B e n e c k e [5] und W. M ü l l e r [42]). Es wird sich in kurzer Zeit ein Überschuss an Oxalsäure bzw. gelöster Oxalate, z. B. Kaliumoxalat, bilden und es scheint möglich zu sein, dass die verhältnismässige Konzentration der beiden Ionen einen Einfluss auf die Oxalatbildung haben kann.

In unserm Falle wäre anzunehmen, dass ein Überschuss an Ca-Ionen (gemäss den Versuchen in vitro, F r e y [13]) zur Bildung von Sphärökristallen führen würde; ungefähr gleiche Mengen von Ca- und Oxalat-Ionen ergäben vielleicht Drusen und ein Überwiegen der Oxalat-Ionen könnte die Entstehung von Einzelkristallen hervorrufen (und zwar Monohydrat, da nach F r e y (13) Trihydrat bei einem Überschuss von Oxalat-Ionen nicht haltbar ist). Die Befunde der Ca-frei durchgeführten Versuche scheinen wenigstens die obige Ansicht über die Bildung von Monohydrateinzelkristallen zu bestätigen. Diese Folgerung widerspricht zwar einer Äusserung von K r e u s c h (33) (loc. cit., S. 417), nach der bei Kalkmangel Drusen entstehen sollen, eine Ansicht, die ebenfalls durch Versuche mit verschiedenen *Solanaceen* belegt ist. Ob in diesem Fall die Verhältnisse durch die Verschiedenheit der Gattung bedingt sind, was immerhin denkbar wäre, kann hier nicht entschieden werden.

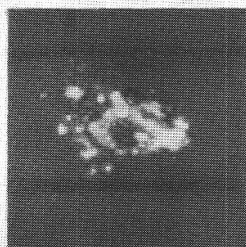
Tafel 14



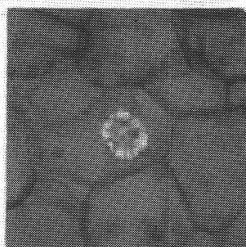
1



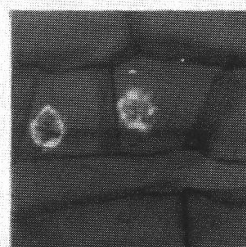
2



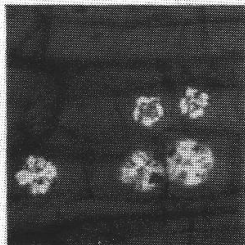
2a



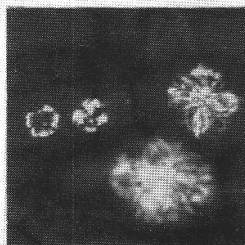
3



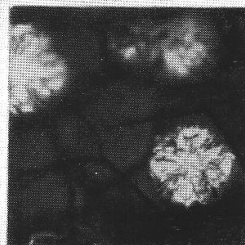
3a



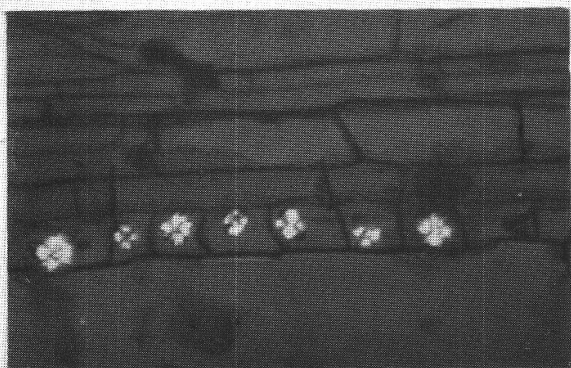
4



4a

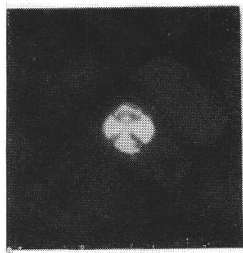


5

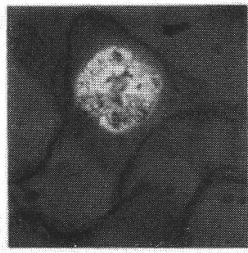


6

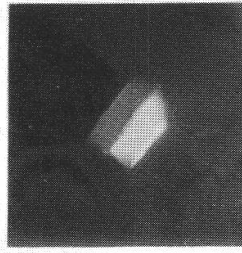
Tafel 15



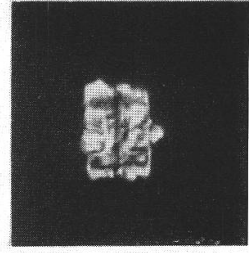
7



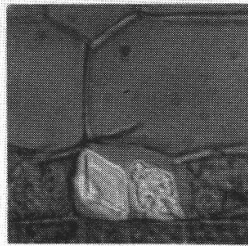
8



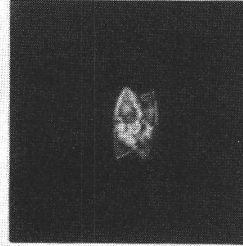
9



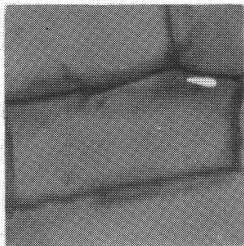
10



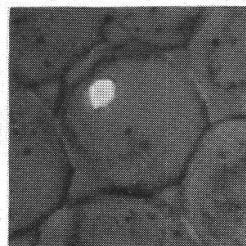
11



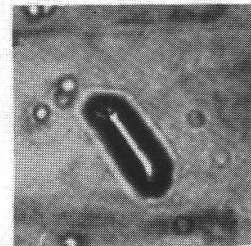
13



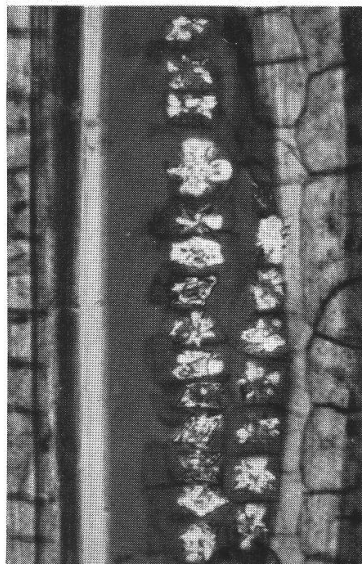
15



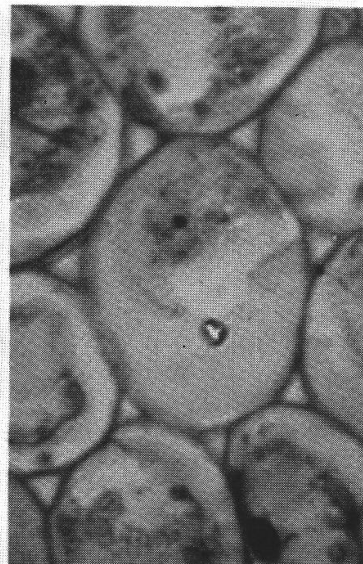
16



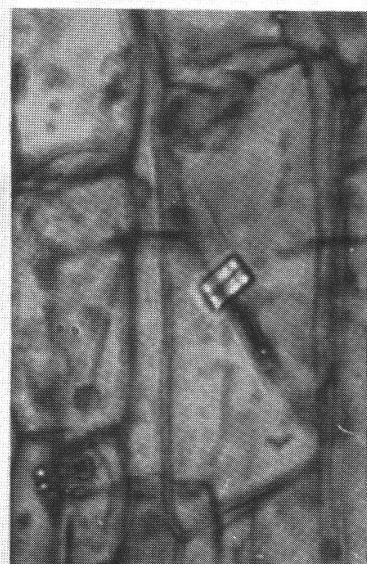
18



12



14



17

Tafelerklärung.

Tafel 14.

- | | | |
|----------|---|-------|
| Figur 1, | <i>Rhamnus cathartica</i> : Beginn der Oxalatausscheidung, a) stark lichtbrechende Körnchen, b) Zellkern, c) Stärkekörner. | 960 × |
| Figur 2 | und 2 a, <i>Rhamnus cathartica</i> : Sammlung der kleinen Kristalle um ein Zentrum. | 500 × |
| Figur 3, | 3 a, 4, 4 a, Übergangsformen der Drusenbildung.
(Fig. 3, 4 und 4 a <i>Rhamnus cathartica</i> , Fig. 3 a <i>Rhamnus Frangula</i> .) | 400 × |
| Figur 5, | <i>Rhamnus cathartica</i> : Fertig ausgebildete Druse. | 400 × |
| Figur 6, | <i>Rhamnus cathartica</i> : Beginn der Bildung einer Kristallzellreihe mit verschiedenen Entwicklungsstadien von Drusen. | 360 × |

Tafel 15.

- | | | |
|-----------|---|-------|
| Figur 7. | <i>Rhamnus cathartica</i> : Sphärit. | 480 × |
| Figur 8. | <i>Rhamnus Frangula</i> : Übergang von Sphärit in Druse. | 400 × |
| Figur 9, | <i>Rhamnus Frangula</i> : Einzelkristall. | 400 × |
| Figur 10, | <i>Rhamnus Frangula</i> : Übergang von Einzelkristall in Druse. | 400 × |
| Figur 11, | <i>Rhamnus Frangula</i> : Einzelkristall und Übergang in Druse in derselben Zelle. | 400 × |
| Figur 12, | <i>Rhamnus Frangula</i> : Kristallzellreihen zwischen Fasern; Übergänge von Einzelkristallen in Drusen. | 360 × |
| Figur 13, | <i>Rhamnus Frangula</i> : Zwillingskristall. | 400 × |
| Figur 14, | <i>Rhamnus cathartica</i> : Anfangsstufe eines Zwillingskristalls. | 960 × |
| Figur 15, | <i>Rhamnus cathartica</i> : Kleiner Einzelkristall, Anfangsstadium. | 400 × |
| Figur 16, | <i>Rhamnus cathartica</i> : Kleiner Einzelkristall, Anfangsstadium mit deutlicher Form. | 480 × |
| Figur 17, | <i>Rhamnus cathartica</i> : Einzelkristall mit Plasmastrang. | 960 × |
| Figur 18, | <i>Rhamnus cathartica</i> : Einzelkristall. | 960 × |

Anmerkung: Figuren 2—13, 15 und 16 im polarisierten Licht aufgenommen; Figuren 3—5, 8, 11 und 12 im polarisierten Licht mit dazwischengeschaltetem Gipsblättchen Rot I. (Es hatte sich nämlich gezeigt, dass durch Verwendung des Gipsblättchens die Bildschärfe bedeutend erhöht werden konnte und dass besonders die Zeichnung der Drusen viel besser zur Darstellung kam. Ebenso wurde die, bei stark leuchtenden Kristallen unvermeidbare Lichthofbildung aufgehoben und das umgebende Gewebe trat besser hervor.)

Zum Schluss sei noch kurz ein weiterer Einfluss der verschiedenen äusseren Bedingungen erwähnt, der zwar weniger bei der Ausbildung des Calciumoxalats zum Ausdruck kam. Keimlinge, die in Erde gezogen und mit Zürcher Leitungswasser begossen wurden, zeigten äusserlich und anatomisch eine etwas andere Entwicklung als die in Nährlösung kultivierten Pflänzchen. Erstere zeichneten sich durch ein stärkeres Dickenwachstum, letztere hingegen durch ein bedeutend grösseres Längenwachstum aus (mit 60 Tagen fast doppelt so gross). Bei den Erdkeimlingen hatte sich nach 60 Tagen schon eine ansehnliche Korkschicht gebildet und das Xylem und ein Teil des Markes waren stark verholzt, während bei den künstlich ernährten Pflanzen auch nach 120 Tagen noch keine Korkbildung stattgefunden hatte. Calciumoxalat war reichlich vorhanden, aber nicht in Sphäritform, was, wie schon erwähnt, auf eine geringere Zufuhr von Calcium zurückgeführt werden dürfte.

II. Entwicklungsgeschichte und Anatomie einiger pharmakognostisch wichtiger Rhamnusrinden.

Bevor wir zur Beschreibung der einzelnen Rinden übergehen, seien einige Bemerkungen über Systematik und Pflanzengeographie der Familie der *Rhamnaceen*, sowie über die Arbeitsweise vorausgeschickt.

Nach H e g i (20) umfasst die Familie der *Rhamnaceen* etwa 50 Gattungen, von denen aber nur 3 im mitteleuropäischen Florengebiete wild auftreten, nämlich die Gattungen *Paliurus*, *Frangula* und *Rhamnus*. — *Frangula* zählt zirka 20 Arten und ist vorwiegend nord-amerikanisch (z. B. *Frangula Purshiana* Coop.), in Mitteleuropa sind nur *Frangula Alnus* Miller und *Rhamnus rupestris* Scop. heimisch. *Rhamnus* umfasst zirka 80 Arten; in Mitteleuropa kommen vor: *Rhamnus cathartica* L., *Rhamnus saxatilis* Jacquin., *Rhamnus alpina* L. (mit Subspezies) und *Rhamnus pumila* Turra.

Die Verwandtschaft der Gattungen *Frangula* und *Rhamnus* ist eine sehr nahe, weshalb sie von andern Autoren (Engler und Prantl [10] usw.) als Sektionen oder Untergattungen zusammengezogen werden. Auf dieser Auffassung basiert auch die vorliegende systematische Einteilung.

Abgesehen von *Rhamnus Purshiana* DC. wurden nur die mitteleuropäischen Arten behandelt. Einzig *Rhamnus rupestris* Scop., deren Verbreitungsgebiet im westlichen Balkan liegt und die bisher noch nie in der pharmakognostischen Literatur erwähnt wurde, konnte nicht berücksichtigt werden, da es uns nicht möglich war, davon zuverlässiges Rindenmaterial zu erhalten.

Bei der Beschreibung der einzelnen Arten sind wir in folgender Reihenfolge vorgegangen: Nach einer systematisch-pflanzengeographischen Vorbemerkung (H e g i [20]), bei den offizinellen Arten verbun-

den mit einigen Angaben über Verfälschungen, folgt eine Beschreibung der makroskopisch unterscheidbaren Eigenschaften von jüngeren und älteren Rinden. Dann besprechen wir die Resultate der mikroskopischen Untersuchungen, d. h. zuerst die jüngsten Stadien (2—10 Monate alte Triebe), bei der Knospe angefangen, jedes Internodium für sich. Bei den folgenden Jahrestrieben werden nur noch die jeweiligen auftretenden Veränderungen erwähnt, und als Abschluss beschreiben wir die ausgewachsene Rinde, wie sie im Handel ist oder als Verfälschung der Drogen in Betracht kommen kann, unter Berücksichtigung der allerdings nur dimensional Unterschiede zwischen Zweig- und Stammrinden. Die Beschreibungen beziehen sich auf die Beobachtungen, die am Querschnitt gemacht wurden. Bei Angaben über Längsschnitte wird speziell darauf hingewiesen. Die Verhältnisse im radialen und tangentialen Längsschnitt sind im allgemeinen unter der einfachen Bezeichnung Längsschnitt zusammengefasst, sofern keine oder nur minimale Unterschiede vorhanden waren; bei verschiedenartigem Bau, d. h. wenn eine getrennte Behandlung nötig schien, werden die beiden Längsschnitte einzeln aufgeführt.

Die Beobachtungen wurden an Handschnitten (Querschnitte, radiale und tangentiale Längsschnitte) ausgeführt, wobei besonders darauf Wert gelegt wurde, dass die Rindenstücke von mehr als einer Pflanze und bei der gleichen Pflanze von verschiedenen Ästen stammten. Die nachfolgend niedergelegten Befunde basieren also für jede Einzelbeschreibung auf einer Mehrzahl von parallelen Beobachtungen.

Eine vergleichende Betrachtung mit Rücksicht auf die Verfälschung von *Cortex Rhamni Frangulae* und *Cortex Rhamni Purshianae* ist in einem speziellen Abschnitt getrennt aufgeführt.

Das Alter der Rinden bestimmten wir auf Grund der Jahrringbildung im Holz, wobei zwar, besonders bei *Rhamnus pumila*, zum Teil nur approximative Angaben gemacht werden konnten, da die Ringe zum Teil sehr undeutlich waren und sehr nahe beieinander lagen.

Alle behandelten Rinden wurden sowohl im Schnitt als auch in gepulverter Form im Fluoreszenz-Mikroskop (mit Eisen-Bogenlampe) auf ihre Fluoreszenz im ultravioletten Licht untersucht. Da sich dabei keinerlei differential-diagnostisch verwertbare Merkmale ergaben, sind die Befunde nur kurz im Kapitel : Vergleichende Anatomie der Rinden zusammengefasst.

Rhamnus Frangula L. = *Frangula Alnus* Miller.

Wehrloser, 1—3 m hoher Strauch, selten bis 7 m hoher, schwächtiger Baum, der in fast ganz Europa von Lappland bis Mittelspanien und Kleinasien, von Irland bis zum Ural verbreitet ist.

Standort der zur Untersuchung verwendeten Pflanzen : Katzenssee bei Zürich, 443 m ü. M., und Kellen zwischen Waltikon und Ebmattingen bei Zürich, 650 m. ü. M.; beide Standorte \pm sumpfig.

Offizinell ist die getrocknete Rinde der Zweige und jungen Stämme.

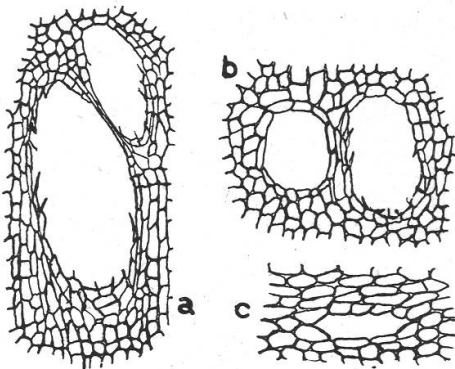
Als Verfälschungen oder Verwechslungen wurden nach Gilg (16) beobachtet: Rinden von *Prunus Padus* L., *Alnus glutinosa* und *incana* Gärtner, *Rhamnus cathartica* L., *Rhamnus Carniolica* A. Kerner (= *Rhamnus alpina* L. subsp. *fallax* [Boiss.] Beger) und *Rhamnus Purshiana* DC.

Makroskopische Merkmale der Rinde.

Aussen: Rinde der jungen Triebe zuerst grün, dann rötlichbraun bis dunkelviolet, später graubraun bis dunkelbraun mit zahlreichen quergestellten, hellgrauen Lentizellen, glatt; älteste Stadien mit \pm feinen Längsrundeln und Rissen und stellenweise Flechten.

Innen: hellgelb bis rotbraun mit feinen Längsstreifen.

Bruch: aussen körnig, innen wenig und sehr kurz faserig.



Figur 19 a—c.

Längs- und Querschnitte durch junge Triebe von *Rh. Frangula*, Schleimlücken. 75 \times

Anatomie:

Zirka 2½ Monate alter Frühjahrstrieb:

Der Durchmesser der Zweige schwankt zwischen 1,5 und 2,5 mm, wovon auf die Dicke der Rinde zirka 0,25—0,35 mm fallen.

Querschnitte, die direkt unter der Gipfelknospe gemacht wurden, zeigten noch wenig differenziertes primäres Gewebe. Auf eine schwach verdickte Epidermis, die mit vielen Haaren besetzt ist, folgt ein dünnwandiges Parenchym, bestehend aus \pm rundlichen Zellen. Die Gefässbündel sind noch klein mit 1—2 Holzgefässen und weit auseinander. Die Markzellen unterscheiden sich kaum vom Parenchym der Rinde.

Besonders auffallend im Rinden- und Markgewebe sind die stellenweise sehr zahlreichen Calciumoxalatdrusen und die vielen, meist grossen Schleimlücken, deren lysigene Entstehung hier noch deutlich zutage tritt. Sie zeigen nämlich am Rande oft noch Fragmente der aufgelösten Zellen (Fig. 19 a, sehr grosse Schleimlücke, Länge mehr als 350 μ , Längsschnitt; Fig. 19 b rechts, kleinere Schleimlücke im Querschnitt, Länge zirka 160 μ). Längsschnitte durch das Knospenende von jungen Zweigen lassen ebenfalls erkennen, dass es sich bei den Schleimbehältern im Gewebe unter dem Vegetationskegel um eigentliche, kugelige bis ellipsoide Lücken handelt, während sie im 1. Internodium und später mehr schlauchartig erscheinen. Im Querschnitt gleichen die späteren Stadien eher schizogenen Schleimbehältern mit intakten Epithelzellen (Fig. 19 b, links) und in noch etwas älterer Rinde Interzellularen (Fig. 19 c), da sie wie diese zum Teil ganz unregelmässig begrenzt sind. Als Interzellularen wurden sie auch von Flückiger (12)

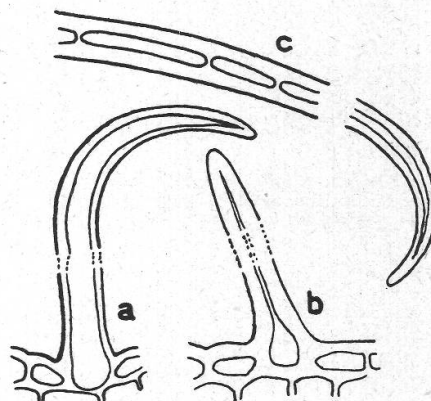
beschrieben, der 1867 und noch 1883 von «grösseren schleimführenden Räumen spricht, die im Parenchym der Mittelrinde infolge des Dickenwachstums zwischen den Parenchymzellen freigelassen werden». Von H ö h n e l (24) hingegen stellte 1881 fest, dass diese Schleimschläuche im Querschnitt bei Behandlung mit Wasser zwar wie Interzellulargänge aussehen, dass sie aber ursprünglich Zellen mit verschleimter Membran waren, von denen mehrere nicht selten verschmelzen, Fusionen bildend.

1. Internodium (Fig. 21).

Epidermis: kleinzellig, aus isodiametrischen, schwach radial oder tangential gestreckten Zellen, mit noch wenig verdickten Aussenwänden und \pm vielen Haaren. — Diese Haare waren bis auf kleine Abweichungen bei allen untersuchten Arten gleich. Sie sind meist \pm kegelförmig, bei ganz jungen Rinden derbwandig (Fig. 20 a), bei etwas älteren sehr dickwandig, mit engem Lumen, das sich an der Basis erweitert (Fig. 20 b), meist ein-, seltener zwei- bis mehrzellig; die Spitze ist zum Teil umgebogen, stumpf. An und unter den Winterknospen von Zweigen, die im Herbst gesammelt worden waren, konnten vorwiegend mehrzellige Haare mit braunem Inhalt beobachtet werden (Fig. 20 c).

Figur 20 a—c.

Haare der Epidermis von *Rh. Frangula*. 300 \times



Kollenchym: rundliche oder ovale, getüpfelte Zellen mit allseitig verdickten Wänden, selten Oxalatdrusen enthaltend.

Parenchym der Aussenrinde: zum Teil derbwandige bis dünnwandige, rundlich-ovale, gegen innen mehr polygonal-abgerundete Zellen, noch ohne Tüpfel, viele mit Oxalatdrusen (bis 20 μ); in den inneren Teilen der Aussenrinde zahlreiche, in ringförmiger Zone gelagerte Schleimlücken mit bis 60 μ Durchmesser.

Endodermis: \pm tangential gestreckte, meist elliptische Zellen mit viel Stärke, direkt anschliessend an die Schleimlückenzone.

Parenchym der Innenrinde: dünnwandig, polygonal, ohne Tüpfel.

Primäre Siebröhren: in Gruppen, oft nicht grösser als umgebendes Parenchym, zum Teil englumig (meist nicht so deutlich wie in Fig. 21).

Markstrahlen: noch nicht deutlich differenziert, Zellen meist grösser als Parenchym der Innenrinde.

Kambium: 2—3 Lagen, undeutlich, da zum Teil nur wenig tangential gestreckt.

Xylem: durch dünnwandiges Holzparenchym getrennte Strahlen, sekundäre Gefässe weitlumig, zum Teil noch nicht verholzt.

Mark: grosse Zellen, noch ohne Tüpfel, einzelne Zellen mit Drusen, grosse Schleimlücken.

2. Internodium:

Rinde zirka 0,25—0,30 mm Dicke bei einem Durchmesser des Zweiges von 1,5—1,75 mm.

Die Anzahl der Haare hat abgenommen. Das Parenchym der Aussenrinde ist zum Teil getüpfelt. Anschliessend an die Endodermis bildet sich ein Perizykel, bestehend aus Bündeln von unverholzten, glashellen Fasern und Parenchym. Im Querschnitt erscheinen diese Fasern zuerst noch dünnwandig, eckig-polygonal und schützen als halbmondförmige Zellbeläge den Phloemteil der noch deutlich getrennten Gefässbündel (siehe bei *Rh. Pursh.*, Fig. 26). Später, d. h. schon in den unteren Teilen des 2. Internodiums, wo das Xylem beginnt, sich zu einem Ring zu schliessen, zeigen die Fasern mehr abgerundete Formen und etwas dickere Wände (wie in Fig. 22) und sind zum Teil begleitet von Kristallzellreihen mit Drusen. Im Längsschnitt ist die Fasernatur der Perizykelelemente schon von Anfang an deut-

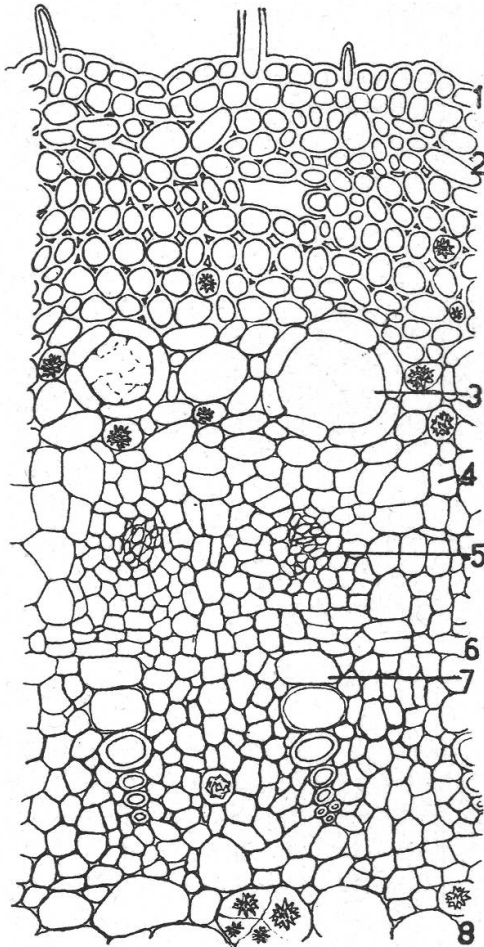


Fig. 21.

Querschnitt durch das 1. Internodium eines 2½ Monate alten Frühjahrstriebes von *Rh. Frangula*. 180 ×

1. Epidermis mit Haaren.
2. Kollenchym.
3. Schleimlücke.
4. Endodermis.
5. Primäre Siebröhren.
6. Kambium.
7. Sekundäres Gefäss.
8. Mark.

lich sichtbar, besonders gut im polarisierten Licht, infolge starker Interferenzerscheinungen. Die dünnwandigen, tangential gestreckten Kambiumzellen sind jetzt deutlich differenziert, die Markzellen nun getüpfelt.

3. und folgende Internodien (Fig. 22).

In der ersten Zellage unter der Epidermis werden dünne, tangentiale Wände gebildet; parallel dazu folgt eine zweite, dann bald eine dritte und vierte Querwand (wie in Fig. 35 und 45). Es handelt sich um die Entstehung des Phellogens, das die ersten Korkzellen erzeugt. Eine Phellodermbildung findet vorläufig noch nicht statt. Die Zahl der Korkreihen, deren Elemente aus dünnwandigen, tangential gestreckten, tafelförmigen Zellen bestehen, nimmt allmählich zu.

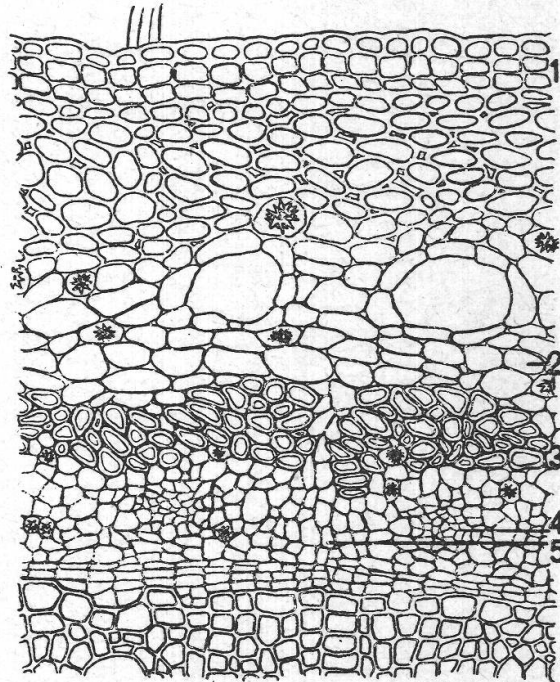
An der Übergangsstelle zum zweiten Jahrestrieb beginnen die Epidermis und Teile des Korkes sich bereits stellenweise abzulösen. — Im Parenchym der Aussenrinde konnten wir in allen Präparaten eine ringförmige Zone von stark collabierten

Parenchymzellen beobachten, die später (2jährige Rinde) wieder verschwand. Parenchym der Aussenrinde und Mark enthalten in den untern Internodien sehr viele und zum Teil sehr grosse Drusen (bis 45μ), vereinzelt oder in Kristallzellreihen und grosse Schleimbehälter, die in der Rinde im Querschnitt elliptisch und tangential gestreckt, im Mark mehr rundlich, im Längsschnitt in Rinde und Mark \pm schlauchförmig erscheinen. Einzelne dieser Lücken in der Rinde erreichen eine Länge von 220μ . Die Endodermis wird nach und nach immer mehr durch stärkerfreie Zellen unterbrochen, während die Faserbündel des Perizykels an Umfang zunehmen und sich zu einem fast kompakten Ring schliessen, der nur hie und da durch 1—2 Radialreihen von Parenchymzellen unterbrochen wird. Das Parenchym

Fig. 22.

Querschnitt durch das 4. Internodium eines $2\frac{1}{2}$ Monate alten Frühjahrs-triebes von *Rh. Frangula*. 165 \times

1. Kork.
2. Endodermis.
3. Perizykelfasern.
4. Primäre Siebröhren.
5. Markstrahl.



der Innenrinde ist dünnwandig und enthält wenige kleine Drusen, die Siebröhrenpartien sind \pm deutlich sichtbar, das Xylem zeigt vollständigen Ringschluss.

Zirka 9 Monate alte Frühjahrstriebe (im Herbst gesammelt) zeigen wenig Veränderung gegenüber den vorhergehenden Stadien.

Epidermis: aussen dickwandig, \pm viele, zum Teil mehrzellige Haare mit stark verdickter Wand; stellenweise abgelöst; erste Lentizellen.

Kork: meist mehrere Lagen, braun.

Parenchym der Aussenrinde: zum Teil grosse Interzellularen, relativ wenige Drusen; collabierte Parenchymzone noch deutlich; Schleimlücken in den obern Internodien viele, nach unten abnehmend und etwas flachgedrückt.

Endodermis: \pm deutlich differenziert.

Perizykel: Fasern etwas mehr verdickt, Ring etwas lockerer.

Parenchym der Innenrinde: etwas mehr Drusen.

Markstrahlen: zum Teil sehr deutlich, Zellen getüpfelt.

Beim Bestimmen des Alters der auf den ersten Jahrestrieb folgenden Zweigstücke konnten wir konstatieren, dass der Holzkörper einer Anzahl von Zweigen mit 5—8 mm Durchmesser und einer Rinde von 0,45—0,65 mm Dicke keine Jahrringbildung zeigte. Dass es sich nicht um 1jährige Triebe handeln konnte, liess sich aus verschiedenen anatomischen Merkmalen schliessen: Epidermis meist abgelöst, reichlich Lentizellen, Schleimlücken meist stark tangential zusammengedrückt, zum

Teil nur wenige, kollabierte Parenchymzone in der Aussenrinde aber noch vorhanden. Die Perizykelfasern waren teilweise ausserordentlich gross (tangential bis 75μ , radial bis 45μ). Zugleich erschien der Perizykel viel weniger kompakt. In der Innenrinde waren 2 event. 3 Reihen von Faserbündeln vorhanden, die aus sekundären, verholzten und dickwandigen Fasern, begleitet von Kristallzellreihen mit Einzelkristallen, wie sie bei normalem Bau erst in 3jährigen Rinden gefunden werden, bestanden (Fig. 23). Auch die Markstrahlen waren sehr deutlich ausgebildet und die primären Siebröhren zeigten beginnende Obliterationserscheinungen.

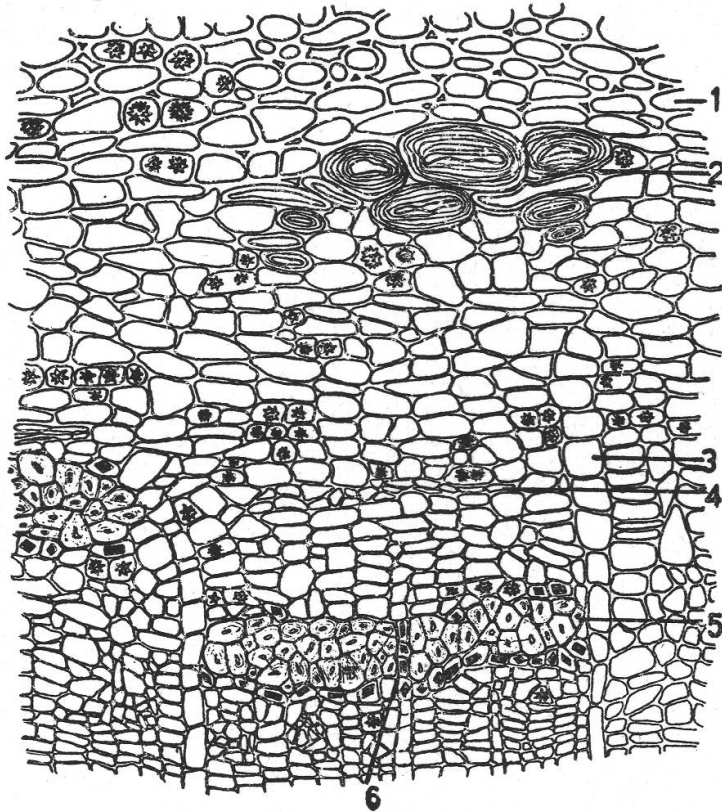


Fig. 23.

Querschnitt durch die Innenrinde von *Rh. Frangula* (Alter unbestimmt).
165 X

1. Endodermis.
2. Sehr grosse Perizykelfasern.
3. Markstrahl.
4. Primäre Siebröhren mit beginnender Obliteration.
5. Sekundäres Faserbündel.
6. Markstrahlzellen zwischen sekundären Faserbündeln (in Kristallzellen verwandelt).

2jährige Rinde.

Dicke 0,35—0,5 mm, von Zweigen mit bis 6 mm Durchmesser.

Epidermis: nur noch in wenigen Fällen vorhanden.

Kork: meistens ziemlich dicke Schicht, \pm stark abgelöst.

Schleimlücken: zahlreich, wenig tangential zusammengedrückt.

Endodermis: \pm deutlich differenziert.

Perizykel: \pm kompakter Ring von glashellen, \pm verdickten, unverholzten Fasern.

Primäre Siebröhren: noch nicht obliteriert.

In einigen 3jährigen Rinden mit einer Dicke von durchschnittlich 0,5 mm konnte das Auftreten von einzelnen sekundären Faserbündeln im Parenchym der Innenrinde zum ersten Male beobachtet werden. Die gelben sekundären Fasern sind anfangs noch wenig verdickt und die Verholungsreaktion mit Phlorogluzin-Salzsäure ergibt nur eine schwache Rosafärbung. Aber schon kurze Zeit später, d. h. im gleichen 3jährigen Zweigstück etwas weiter unten zeigen sie stark verdickte und verholzte Wände. Damit sind alle Elemente, die in der ausgewachsenen Rinde vorkommen, gebildet.

Die Entwicklung geht im allgemeinen so weiter, dass primäre Rindenelemente zum Teil ganz verschwinden wie Epidermis und Endodermis, oder \pm stark obliterieren, die sekundären Elemente hingegen an Zahl und Umfang zunehmen.

Nachdem die Epidermis im dritten Jahr vollständig abgestossen ist, wächst der Kork bis zirka 0,35 mm Dicke an, die er dann \pm beibehält, d. h. durch das Phellogen wird beständig regeneriert, was sich aussen ablöst. Die Schleimlücken werden immer seltener und obliterieren nach und nach stark. Die Faserbündel des Perizykels rücken weiter auseinander und Parenchym schiebt sich dazwischen. Die Anzahl der Fasern pro Bündel wird kleiner und sie werden schlauchartig tangential zusammengedrückt. Sämtliche primäre Siebröhrenpartien sind obliteriert, die äusseren sekundären beginnen zu obliterieren, aber die zusammengepressten Zellkomplexe sind im Querschnitt noch gut sichtbar. Die in tangentialen Reihen angeordneten sekundären Faserbündel nehmen zu, wobei aber keine Proportionalität mit dem Alter konstatiert werden kann, d. h. es entsteht nicht jedes Jahr eine neue Reihe. Als Begleiter der sekundären Faserbündel bilden sich Kristallzellreihen mit Einzelkristallen.

Nach zirka 5—6 Jahren hat die Rinde die Dicke von ungefähr 0,8 mm und damit die Dimensionen, wie sie im Handel angetroffen werden, erreicht. Für diese Handelsrinden, die zwar wahrscheinlich von etwas älteren Zweigen oder Stämmen (8—10jährig) abgelöst sind, gelten folgende anatomische Merkmale (Fig. 24) :

Epidermis : Nicht mehr vorhanden.

Kork : 10—20 Lagen dünnwandige, \pm rechteckige, tafelförmige Zellen, in tangential-radialen Reihen, äussere Lagen sich ablösend, innere mit braunem bis braunrotem Inhalt; zahlreiche Lentizellen. Borkebildung konnte nicht beobachtet werden.

Phellogen : 1 Lage dünnwandige, rechteckige, tangential gestreckte Zellen.

Phelloderm : Meist 1 oder höchstens 2 Lagen, Zellen ähnlich wie Kork, aber ohne braunroten Inhalt.

Kollenchym : 3—6 Lagen, allseitig verdickt, mit kleinen Interzellularen, rundlich-ovale, tangential gestreckte Zellen mit grossen Tüpfeln und mit gelbem Inhalt; stellenweise, besonders unter den Lentizellen fehlend und durch Parenchymzellen ersetzt.

Parenchym der Aussenrinde : \pm dünnwandige, meist polygonale bis rundlich-ovale Zellen, \pm stark getüpfelt, meist grob, z. T. fein; im Längsschnitt meist rundlich-oval, seltener polygonal-rechteckig; stellenweise (besonders unter den Lentizellen) zahlreiche Oxalatdrusen (bis 16 μ), pro Zelle meist 1, seltener 2; andere Parenchymzellen mit wenig Stärke oder einer grünlich-gelben Masse. Schleimlücken selten, \pm tangential zusammengedrückt, zum Teil kaum unterscheidbar, ähnlich wie Interzellularen.

Keine Steinzellen.

Endodermis : Nicht differenziert.

Perizykel : Mehrere Lagen Parenchym, dazwischen Gruppen von wenigen Fasern (3—6) mit glasheller, \pm schwach verdickter, geschichteter und getüpfelter, unverholzter Wand, oft schlauchartig tangential zusammengedrückt, daher Lumen strichförmig; Faserbündel wenig zahlreich, aber ziemlich leicht auffindbar.

Parenchym der Innenrinde : \pm derbwandige, rechteckig abgerundete, seltener polygonale Zellen; im Längsschnitt rechteckig, gestreckt in Richtung der Axe, 2—3mal so lang wie breit. Querwände zum Teil \pm fein, zum Teil netzleistenähnlich getüpfelt. Radialwände mit Netzleisten oder Tüpfeln (meist grob, gegen Kambium feiner).

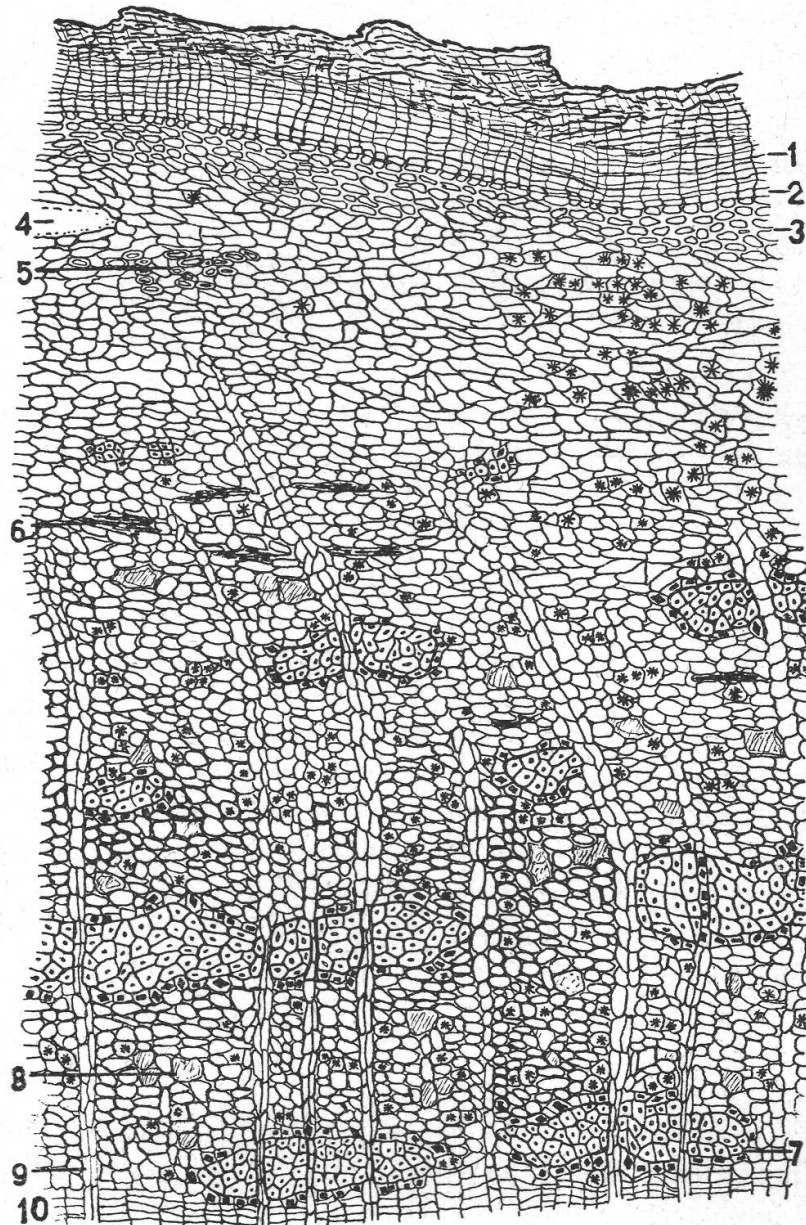


Fig. 24.

Querschnitt durch ausgewachsene Rinde von *Rh. Frangula*.

75 \times

1. Kork, 2. Phellogen, 3. Kollenchym, 4. Schleimlücke, 5. Perizykelfasern, 6. obliterierte primäre Siebröhren, 7. sekundäre Faserbündel, 8. intakte sekundäre Siebröhren, 9. Markstrahl, 10. Kambium.

Tangentialwände ohne Tüpfel, eventuell feine Punkte (Fig. 31 und 32, *Rh. alpina*).

Die meisten Parenchymzellen der Innenrinde enthalten eine gelbe Masse und wenig Stärke, andere kleine Oxalatdrusen ($8-9\ \mu$) zum Teil in Kristallzellreihen, Oxalatzellen in der ganzen Innenrinde verteilt, gegen Kambium \pm abnehmend.

Primäre Siebröhren : Obliteriert, die zusammengedrückten Zellkomplexe aber meist gut sichtbar.

Sekundäre Siebröhren : Aussen zum Teil obliteriert, innen \pm gut erkennbar, weitleumig.

Sekundäre Fasern : In Gruppen, die in tangentialen Reihen angeordnet und in der ganzen Innenrinde verteilt sind. Die einzelnen Gruppen oder Bündel \pm tangential gestreckt, bestehend aus 20 und mehr Fasern mit stark verdickten, gelben, verholzten und wenig getüpfelten Wänden, die in ausgewachsenen Rinden kaum oder undeutlich, in jüngeren etwas deutlicher gezont erscheinen; Fasern im Querschnitt polygonal; Faserbündel begleitet von Kristallzellreihen mit Einzelkristallen, die aber keinen geschlossenen Mantel bilden, oft nur einseitig mit relativ wenigen Kristallen.

Markstrahlen : Zahlreich, \pm geschlängelt, meist 1—2, seltener 3 Zellen breit; Zellen radial gestreckt mit Tüpfeln und einer gelben körnigen Masse als Inhalt.

Zwischen den sekundären Fasernbündeln enthalten besonders die schmalen Markstrahlen teilweise Einzelkristalle und sind eventuell etwas sklerotisiert (Fig. 23 und 24).

Stärke : Grössere Körner bis $6\ \mu$, mit einem wulstartigen Rand, und sehr kleine; keine zusammengesetzten, höchstens zusammengeklebte; spärlich im Parenchym der Aussenrinde und der Innenrinde (Fig. 25).

Fig. 25.

Stärkekörner von *Rhamnus Frangula*.



Rhamnus Purshiana DC. = *Frangula Purshiana* Coop.

Wehrloser Strauch oder 6—12, selten bis 18 m hoher Baum, der hauptsächlich in den Weststaaten der U. S. A., von Nieder-Kalifornien bis Washington und Montana und in Britisch-Columbien heimisch ist.

Die zur Untersuchung verwendeten Pflanzen stammten aus den Baumschulen der Firma Spaeth, Berlin, und waren im Garten des Pharmazeutischen Instituts, ca. 450 m ü. M., ausgepflanzt worden.

Offizinell ist die getrocknete Rinde der grösseren Äste und der Stämme.

Als Verfälschungen oder Verwechslungen können nach Tschirch (62) gelten : die Rinden von *Rhamnus Californica* Esch., *Rhamnus crocea* Nutt. und *Rhamnus Frangula* L.

Makroskopische Merkmale der Rinde.

Aussen : Jüngste Rinde dunkelgrün mit braunen Flecken, etwas ältere (2—3jährige) graubraun, zum Teil schwach längsrunzelig, mit ziemlich vielen kleinen, hellgrauen Lentizellen; später (8—10jährige und ältere Rinden, Handelsrinden) grau bis graubraun bis dunkelbraun, rauh, längsrissig mit wenigen oder ohne Lentizellen, aber oft von Flechten bedeckt.

Innen : Matt gelbbraun bis schwarzbraun, \pm deutlich längsstreifig.

Bruch : Aussen körnig, innen wenig und kurz faserig.

Anatomie :

Zirka 3 Monate alter Frühjahrstrieb :

Durchmesser des Zweiges bis 3,5 mm, Dicke der Rinde zirka 0,5 mm.

Quer- und Längsschnitte durch die Axe direkt unter der Gipfelknospe zeigen eine sehr ähnliche anatomische Struktur wie *Rhamnus Frangula*. Die Aussenwände der Epidermis sind ebenfalls noch wenig verdickt und mit zahlreichen, oft schon ziemlich dickwandigen, einzelligen, z. T. bis $150\ \mu$ langen Haaren besetzt (Fig. 20 a/b); auch Knospenschuppen mit vielen Haaren. Die äussersten Zellagen des Rindenparenchyms weisen beginnende kollenchymatische Verdickung der Wände auf, während in den übrigen Teilen der Aussenrinde und im Mark neben \pm vielen drusenhaltigen Zellen, zahlreiche, meist kugelige Schleimlücken vorkommen. Auch hier, wie bei *Rhamnus Frangula*, tritt die lysigene Bildung der Scheimbehälter noch deutlich zutage. Am Rande der bis $200\ \mu$ oder noch mehr Durchmesser zeigenden Lücken können noch Fragmente von aufgelösten Zellen konstatiert werden, im Gegensatz zu späteren Stadien, wo die Schleimlücken einen intakten Epithelbelag aufweisen und wie schizogene Sekretbehälter aussehen. — Im Zentralzylinder sind erst wenige Gefässbündel differenziert und die Markzellen unterscheiden sich noch nicht von den Parenchymzellen der Aussenrinde.

1. Internodium (Fig. 26).

Epidermis : kleinzellig, aus isodiametrischen, oft schwach radial gestreckten Zellen, mit schwach verdickten Aussenwänden und \pm zahlreichen, schon stark verdickten, einzelligen Haaren.

Kollenchym : rundliche bis ovale, tangential gestreckte, getüpfelte Zellen, allseitig verdickt mit Interzellularen, selten Oxalatdrusen enthaltend.

Parenchym der Aussenrinde : relativ derbwandig, Zellen rundlich-oval, z. T. polygonal abgerundet, viele mit grossen Oxalatdrusen (bis $22\ \mu$), Oxalatzellen besonders zahlreich in der Nähe der Endodermis.

Ringförmige Schleimlückenzone über der Endodermis, Schleimlücken im Längsschnitt oft schlauchförmig.

Endodermis : mit viel Stärke, Zellen tangential gestreckt.

Perizykel : in Bildung begriffen, halbmondförmige Beläge über den Gefässbündeln; Fasern im Querschnitt noch dünnwandig, eckig-polygonal, im Längsschnitt deutlicher.

Parenchym der Innenrinde : dünnwandig, polygonal, z. T. mit kleinen Drusen (beginnende Kristallzellreihenbildung), selten Einzelkristalle resp. Übergangsformen in Drusen.

Primäre Siebröhren : in Gruppen, oft weit, seltener englumig.

Markstrahlen : \pm deutlich; dünnwandige Zellen z. T. grösser als Parenchym der Innenrinde.

Kambium: z. T. erst faszikulär entwickelt.

Xylem: durch dünnwandiges Holzparenchym getrennte Strahlen von 4—6, nach aussen weiter werdenden, \pm verholzten Gefässen.

Mark: grosse Zellen, noch ohne Tüpfel, z. T. mit 1—2 Drusen, Schleimlücken \pm zahlreich.

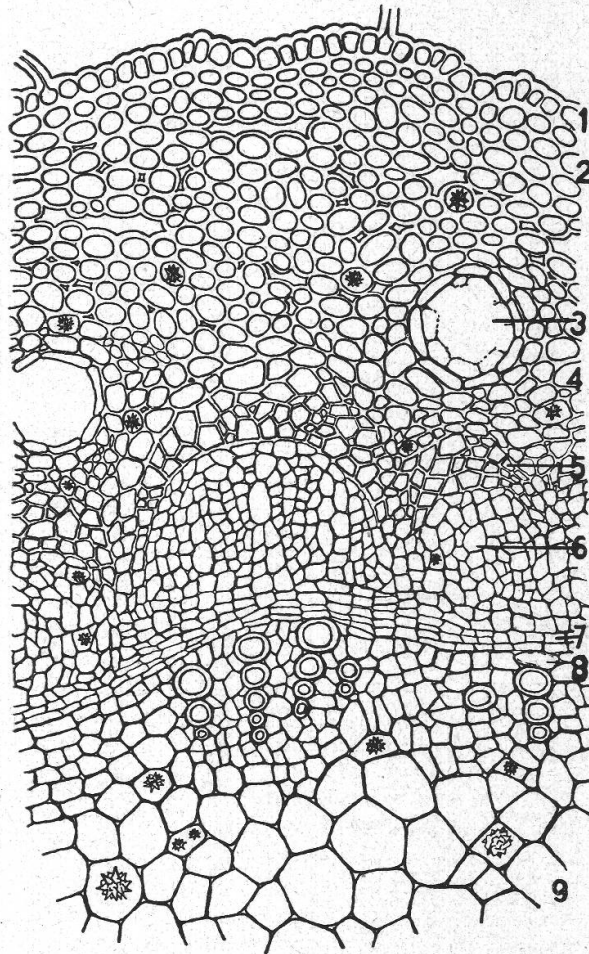
2. Internodium.

Die Aussenwände der Epidermis sind jetzt sehr stark verdickt, zugleich können nur noch wenige Haare beobachtet werden. Der Perizykel besteht aus kleinen Bündeln von 4—5, relativ dünnwandigen Fasern, die im Querschnitt oft

Fig. 26.

Querschnitt durch das 1. Internodium eines zirka drei Monate alten Frühjahrstriebes von *Rh. Purshiana*. 165 \times

1. Epidermis mit Haaren.
2. Kollenchym.
3. Schleimlücke.
4. Endodermis.
5. Perizykelfasern, primäres Stadium.
6. Primäre Siebröhren.
7. Kambium.
8. Sekundäres Gefäss.
9. Mark.



noch eckig-polygonal, teilweise aber schon abgerundet erscheinen. Die Markstrahlen, die im 1. Internodium noch sehr undeutlich waren, sind nun gut differenziert und enthalten viel Stärke. Im Parenchym der Innenrinde hat die Zahl der Oxalatdrusen etwas zugenommen, im Parenchym der Aussenrinde dagegen sind bedeutend weniger Drusen vorhanden.

In der Aussenrinde des 3. Internodiums konnte wie bei *Rhamnus Frangula* eine Zone von obliterierten Parenchymzellen beobachtet werden (Fig. 27), die gegen Ende des ersten Jahres wieder verschwand. Merkwürdigerweise zeigten dagegen die Schleimlücken noch gar keine Obliterationserscheinungen, obwohl infolge ihrer Grösse ein Zusammendrücken viel leichter möglich scheint. Das Xylem bildet nun einen geschlossenen Ring und das getüpfelte Markparenchym weist kein Oxalat und keine Schleimlücken mehr auf.

4./5. Internodium (Fig. 27).

Die Epidermis zeigt nur noch sehr wenige Haare. Im Parenchym der Aussenrinde fällt neben grossen Interzellularen und den Schleimlücken, die z. T. ähnlich wie Interzellularen aussehen, hauptsächlich die nun sehr deutliche Zone von obliterierten Parenchymzellen auf. Sie liegt direkt unter der Schleimlückenzone und die relativ wenigen Oxalatdrüsen der Aussenrinde sind vorwiegend in der nächsten Zellreihe nach innen lokalisiert. Perizykel: mächtige, stark hervortretende Bündel von immer noch wenig verdickten Fasern, unterbrochen durch schmale Parenchymstrahlen.

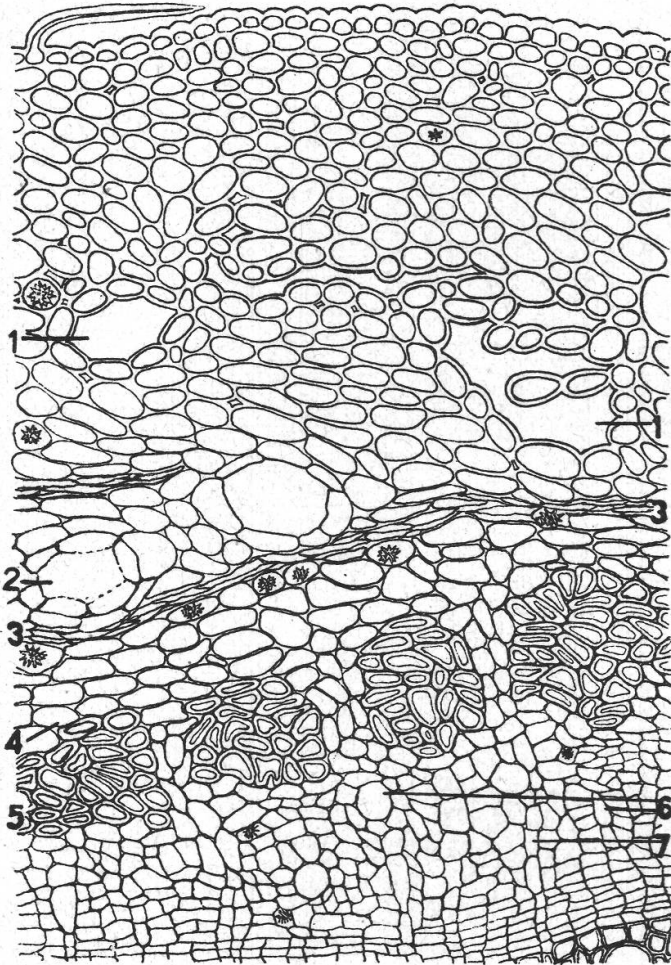


Fig. 27.

Querschnitt durch die Rinde des 5. Internodiums eines zirka drei Monate alten Frühjahrstriebes von *Rh. Purshiana*. 165×

1. Interzellularen.
2. Schleimlücke.
3. Zone von obliterierten Parenchymzellen.
4. Endodermis.
5. Perizykelfasern.
6. Primäre Siebröhren.
7. Markstrahl.

Im 6. Internodium konnten schon primäre Siebröhrenpartien, die z. T. obliteriert waren, gefunden werden. Die Oxalatkristalle werden wieder zahlreicher. In der Innenrinde fallen besonders einige Einzelkristalle auf. Sekundäre Fasern sind noch nicht nachweisbar. Sie treten erstmalig im 8. Internodium auf, in kleinen Bündeln von 2—6 Individuen (also Einzelkristalle, bevor die Fasern ausgebildet sind). Phellogen- und erste Korkbildung sind erst im 7. Internodium zu konstatieren. Die Korkbildung geht aber dann sehr rasch weiter, d. h. schon im 8. Internodium wird die Epidermis gesprengt und es entstehen Lentizellen. Merkwürdigerweise konnten an der Rinde des Übergangsstückes zum vorjährigen Trieb wieder ziemlich viele Haare gefunden werden, die hier aber mehrzellig (Fig. 20 c) waren. Dieses Übergangsstadium enthielt auch wieder zahlreiche Oxalatdrüsen in Rinde und Mark (darunter in der

Aussenrinde Drusen mit $45\ \mu$ Durchmesser). Im Markparenchym traten ebenfalls wieder Schleimlücken auf.

Die Anatomie einer zirka *acht Monate alten Rinde* unterscheidet sich wenig vom jüngsten, 1—3 Monate alten Stadium. Die Aussenrinde enthält neben einer sehr grossen Zahl von Drusen einzelne Zellen mit Einzelkristallen. Steinzellen sind noch nicht vorhanden, so dass also auch hier, wie bei den Kristallzellreihen der sekundären Fasern, von einem Auftreten der Einzelkristalle vor den sklerotisierten Elementen, die sie später umgeben, gesprochen werden kann.

Zweijährige Rinde:

Die für *Rhamnus Purshiana*, im Gegensatz zu *Rhamnus Frangula*, typischen Steinzellnester im Parenchym der Aussenrinde und den äusseren Teilen der Innenrinde konnten erstmalig, aber noch selten in zirka 0,6 mm dicken, zweijährigen Rinden gefunden werden. Ein Teil der Parenchymzellen, die diese Steinzellnester umgeben, enthalten Einzelkristalle. Als weitere Veränderung der zweijährigen gegenüber jüngeren Rinden sind zu nennen:

Epidermis \pm stark abgelöst in Fragmenten, Lentizellen; Endodermis nur noch zum Teil differenziert; perizyklischer Ring gesprengt, grössere Parenchymstreifen zwischen den Faserbündeln; primäre Siebröhren durchwegs, sekundäre in den äusseren Teilen zum Teil obliteriert; sekundäre Faserbündel bis 3 Reihen; im Parenchym der Innenrinde Drusen und hie und da Einzelkristalle ausserhalb der Kristallzellreihen längs der sekundären Faserbündel; Innenrinde schon deutlich in Rinden- und Markstrahlen geteilt.

Die weitere Entwicklung der Rinde vollzieht sich in ähnlicher Weise wie bei *Rhamnus Frangula*. Nachdem die Epidermis vollständig abgestossen ist, bleibt die Dicke des Korks \pm konstant, da die ältesten Korkschichten aussen immer wieder abschiefern (Dicke schwankt um $200\ \mu$). Stellenweise, aber relativ selten wird ein \pm dünnwandiges Phelloderm von 2—3 Zellagen gebildet. Die Schleimlücken erscheinen stark tangential zusammengedrückt, sobald die Schleimzellen auftreten. In 5jähriger Rinde sind sie schon selten geworden oder nicht mehr deutlich unterscheidbar. Die Steinzellnester nehmen an Zahl und Grösse zu, während die Perizykelfasernester immer weiter auseinanderrücken und damit in den einzelnen Schnitten selten werden. Die Endodermis ist ganz verschwunden und auch die sekundären Siebröhrenpartien obliterieren zum Teil bis weit ins Innere der Rinde. Mit zunehmendem Dickenwachstum bilden sich neue Reihen von sekundären Faserbündeln; von einem Zusammenhange dieser Reihenbildung mit dem Alter kann aber ebenfalls nicht gesprochen werden. Auffallend ist, dass die innerste Reihe der sekundären Faserbündel teilweise relativ weit vom Kambium entfernt ist. Über die im Parenchym der Innenrinde bis in die Nähe des Kambiums zahlreich vorkommenden Oxalatkristalle wird weiter unten näher berichtet werden.

Die Dimensionen der Handelsrinden (2—4 mm Dicke) werden zum Teil mit 7 Jahren erreicht. Die ältesten Rinden, die uns zur Verfügung standen bzw. deren Alter genau bestimmt werden konnte, waren 9jährige Stammrinden. Diese, ja schon 5—6jährige Rinden können als ausgewachsen betrachtet werden.

Anatomie der ausgewachsenen Rinde von *Rhamnus Purshiana* D C. (Fig. 28 a/b).

Epidermis: Nicht mehr vorhanden.

Kork: 10 und mehr Lagen dünnwandige, \pm rechteckige, tafelförmige Zellen, Wände zum Teil gewellt; in tangential-radialen Reihen;

äussere Lagen oft dickwandiger und sich ablösend, innere mit braunem bis gelbbraunem bis rotem Inhalt; Borkenbildung selten. Phellogen: 1 Lage dünnwandige, rechteckige, tangential gestreckte Zellen. Phelloderm: Selten und nur stellenweise, 1—2 Lagen, Zellen wie Kork, aber ohne Farbstoff.

Kollenchym: 3—8, meist 5 Lagen, allseitig verdickt mit Interzellularen; rundlich-ovale, tangential gestreckte, zum Teil verzerrte Zellen mit Tüpfeln und braunem Inhalt, zum Teil auch mit Stärke; stellenweise, besonders unter den Lentizellen, fehlend und durch Parenchym ersetzt.

Parenchym der Aussenrinde: \pm dünnwandige, rundlich-ovale, meist aber polygonale Zellen, punktförmig oder gröber getüpfelt; im Längsschnitt Zellen \pm rundlich; stellenweise (besonders unter den Lentizellen) zahlreiche Oxalatdrusen (bis 25μ) enthaltend; andere Parenchymzellen mit Stärke oder gelbbraunem Inhalt.

Schleimücken selten, meist kaum unterscheidbar, da sehr stark tangential zusammengedrückt.

Unregelmässig in der Aussenrinde und meist auch in den äusseren Teilen der Innenrinde verstreut \pm grosse Nester von stark verdickten, verholzten, gelben, geschichteten und getüpfelten Steinzellen, \pm dicht ummantelt von Parenchymzellen mit Einzelkristallen.

Endodermis: Nicht differenziert.

Perizykel: Mehrere Lagen Parenchym, dazwischen ziemlich selten, kleine Gruppen von Fasern mit glashellen, \pm verdickten, geschichteten und getüpfelten, unverholzten Wänden; meist undeutlich, da stark schlauchförmig tangential zusammengedrückt.

Parenchym der Innenrinde: \pm derbwandige, polygonale bis rechteckig-abgerundete Zellen; im Längsschnitt rechteckig, axial gestreckt. Querwände selten fein getüpfelt.

Radialwände grob bis netzleistenartig getüpfelt.

Tangentialwände ohne Tüpfel oder höchstens schwach punktiert (Fig. 31/32, *Rh. alpina*).

Die meisten Parenchymzellen enthalten eine gelbe bis braune Masse und Stärke, andere kleine Oxalatdrusen oder Einzelkristalle zum Teil in Kristallzellreihen. Prozentuale Menge der einen oder andern Kristallform und Verteilung im Parenchym der Innenrinde variieren stark. In einer Anzahl von uns untersuchten Rinden konnten für die, nur im Parenchym, nicht aber längs der sekundären Fasern lokalisierten Kristalle, folgende Fälle beobachtet werden:

1. Drusen und sehr wenige Einzelkristalle nur in den äusseren Teilen der Innenrinde vorhanden, in der Nähe des Kambiums fehlend (Fig. 28 b links);

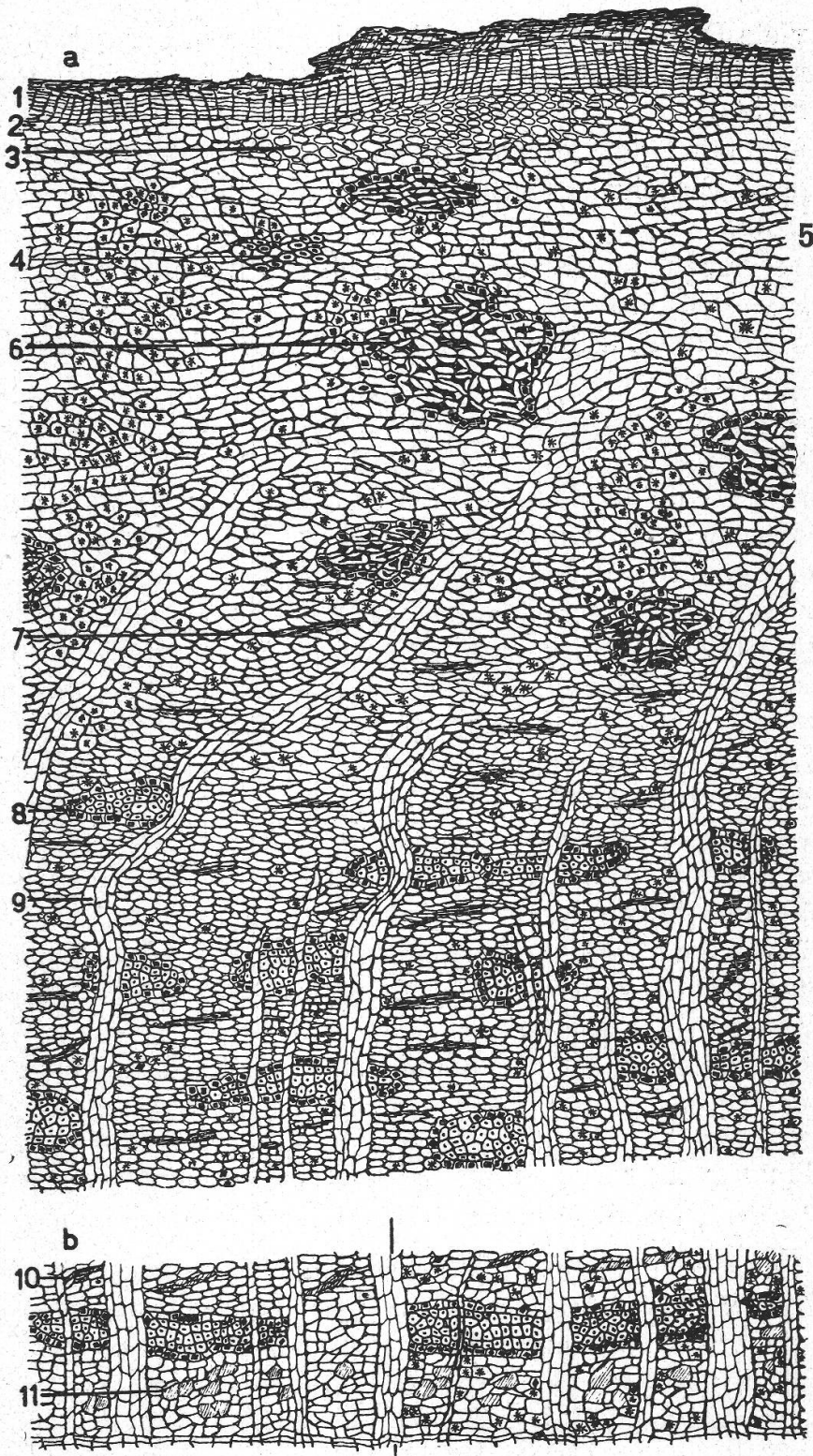


Fig. 28 a/b.

Querschnitt durch ausgewachsene Rinde von *Rh. Purshiana*.
 1. Kork, 2. Phellogen, 3. Kollenchym, 4. Perizykelfasern,
 5. Schleimlücke, 6. Steinzellnest, 7. Obliterierte primäre Siebröhren, 8. Sekundäres Faserbündel, 9. Markstrahl, 10. Sekundäre Siebröhren mit beginnender Obliteration, 11. Sekundäre Siebröhren intakt.

75 ×

2. viele Drusen und wenige Einzelkristalle in der gesamten Innenrinde bis zum Kambium ziemlich gleichmässig verteilt (Fig. 28 b rechts);

3. ungefähr gleich viele Drusen und Einzelkristalle oder etwas mehr Einzelkristalle in der gesamten Innenrinde bis zum Kambium.

(Eine eingehende Diskussion der obigen Befunde folgt am Schluss dieses Abschnittes.)

Primäre Siebröhren : Obliteriert, die zusammengedrückten Zellkomplexe \pm gut sichtbar.

Sekundäre Siebröhren : Aussen* obliteriert, innen \pm gut erkennbar, weiltumig.

Sekundäre Fasern : In Gruppen, die in tangentialen Reihen angeordnet und in der ganzen Innenrinde verteilt sind; die einzelnen Gruppen oder Bündel besonders in den inneren Teilen in radialer Richtung nur wenige Zellen mächtig (schmäler als bei *Rh. Frangula*) und bestehend aus stark verdickten, gelben, verholzten und wenig getüpfelten Fasern, die wie bei *Rhamnus Frangula* undeutlich gezont erscheinen; Fasern im Querschnitt polygonal; Faserbündel \pm stark ummantelt von Kristallzellreihen mit Einzelkristallen.

Markstrahlen : Zahlreich, nach aussen oft aus der radialen Richtung abgelenkt, meist 2—4, seltener bis 5 Zellen breit; dünnwandige, fein getüpfelte, zum Teil stark radial gestreckte Zellen mit gelber Masse und Stärke.

Stärke : Form und Grösse wie bei *Rh. Frangula* (Fig. 25); im Parenchym der Aussenrinde und in den Markstrahlen, weniger im Parenchym der Innenrinde.

(In der Herbstrinde bedeutend mehr Stärke als in der Frühjahrsrinde.)

Verteilung der Oxalatkristalle im Parenchym der Innenrinde von *Rhamnus Purshiana*.

Als Unterscheidungsmerkmal zwischen *Cortex Rhamni Purshianae* und *Cortex Rhamni Frangulae* wird in neueren Lehrbüchern der Pharmakognosie unter anderm auch die Verteilung der Oxalatkristalle im Parenchym der Innenrinde aufgeführt. *Rhamnus Frangula* soll Drusen im gesamten Parenchym der Innenrinde aufweisen, gegen innen etwas abnehmend, *Rhamnus Purshiana* dagegen nur in den äusseren Partien der Innenrinde.

Angeregt durch die gegenteiligen Befunde, die sich bei der Untersuchung der oben beschriebenen *Purshianarinde* und bei Handelsrinden von *Rhamnus Purshiana* ergaben, haben wir diese, noch nie näher behandelte Frage eingehend studiert.

Eine Durchsicht der erreichbaren Literatur über die Anatomie von *Cortex Rhamni Purshianae* liess erkennen, dass die Angaben der verschiedenen Autoren sich zum Teil widersprechen. Prescott (49), der als erster die anatomische Struktur der Rinde von *Rhamnus Purshiana* beschrieb, erwähnt nichts von Calciumoxalat-Kristallen in der Innenrinde. Planchon und Collin (48) sprechen bei der Beschreibung der Innenrinde nur von Einzelkristallen: « Le liber contient des cristaux prismatiques qui sont surtout très nombreux autour des faisceaux fibro-libériens », und zeichnen auch, in der Innenrinde verteilte Einzelkristalle. Braemer und Suis (7) geben eine Mikrophotographie von *Rhamnus Purshiana* mit sehr wenigen Drusen in der Innenrinde und bemerken dazu, dass alle Teile der Rinde Kristallzellen enthalten, die Drusen (cristaux en macles) ohne spezielle Lokalisation, die Einzelkristalle (cristaux octaédriques) besonders in den Zellen, die gegen innen die Faser- und Steinzellnester begrenzen. Seyer (58) weist zwar darauf hin, dass die Rinde von *Rhamnus Purshiana* viel weniger Drusen enthalte als die Rinde von *Rhamnus Frangula* und berichtet dann von dünnen, im Bastparenchym zerstreuten Kristallschläuchen mit kleinen Kalkoxalatdrusen und « mehr klinorhombischen Einzelkristallen, zumal in der Umgebung der Sklereidengruppen und Bastfaserstränge ». Tschirch (62) erwähnt keine Kristallzellen in der Innenrinde, hingegen finden wir bei Zörnig (73) die Auffassung, die sekundäre Rinde weise nur spärlich Drusen auf. Koch (28) zeichnet einzelne Drusen und Einzelkristalle in den inneren Teilen der Rinde und schreibt von « Kristallkammerfasern mit Drusen und Individuen von Oxalat im Parenchym der äusseren und inneren Schichten der Baststrahlen ». Nach Hérail (22) enthält die Innenrinde Drusen und Einzelkristalle, und zwar bis in die Nähe des Kambiums (nur wenige gezeichnet). Die Übersichtsbilder von *Rhamnus Purshiana* bei Moll und Janssonius (41) zeigen ziemlich viele Drusen und wenige Einzelkristalle im ganzen Parenchym der Innenrinde; die anatomische Beschreibung spricht dann aber nur bei den äusseren Parenchymbändern der Innenrinde (outer metacribral bands) von sehr deutlichen Kristallkammerfasern mit einigen Drusen oder Einzelkristallen in jeder Zelle. Im Gegensatz dazu zeichnet Bille Gram (17) einzelne Drusen nur in den äusseren Partien der Innenrinde, ohne Angabe der Verteilung, da er ganz allgemein bemerkt: Das Aussen- und Innenrinden-Parenchym enthält Drusen und einige Einzelkristalle. Gilg (16): « In der sekundären Rinde nur spärlich Oxalatdrusen », und Karsten (27): « Kalkoxalatdrusen sind bei Cascara Sagrada in der Innenrinde seltener als bei Frangula ». Nach Planchon und Bretin (47) kommen in der Innenrinde (liber) Drusen vor wie in der Aussenrinde (oxalate en oursins comme dans le parenchyme cortical). Die Zeichnung dieser Autoren zeigt vereinzelte Drusen bis gegen das Kambium. Auch Youngken (72) spricht von

Drusen und Einzelkristallen im Phloemparenchym. In der neuesten Literatur findet sich bei Flück (11) die klare Formulierung: « Oxalatdrusenführende Zellen in den äusseren Teilen der Innenrinde selten, innen \pm fehlend », während Wasicky (69) das Vorkommen von Kristallen in der Innenrinde überhaupt nicht erwähnt.

Die Angaben über den Kristallgehalt der Innenrinde sind nach obiger Zusammenstellung also zum Teil ziemlich unklar oder gar nicht vorhanden und widersprechen sich. Diese Unstimmigkeit lässt sich leicht erklären, da nach den von uns ausgeführten Untersuchungen in den verschiedenen Rinden wirklich unterschiedliche Verhältnisse vorliegen.

Bei den, von uns untersuchten, bis neunjährigen Rinden waren zahlreiche Drusen und wenige Einzelkristalle im Parenchym der gesamten Innenrinde bis zum Kambium vorhanden. Die Pflanzen, die diese Rinden lieferten, stammten, wie erwähnt, aus den Baumschulen der Firma Spaeth in Berlin und waren im Garten des Pharmazeutischen Institutes weitergezogen worden. Die Identität der Sträucher wurde von Herrn Dr. Koch, Konservator der botanischen Sammlung der E. T. H., und an Hand der Angaben von Rusby (52) mit Bestimmtheit festgestellt. Eine Verwechslung mit *Rhamnus Californica* Esch., der leicht gegen *Rhamnus Purshiana* DC. variiert, ist auf Grund der Differentialdiagnose von Rusby ausgeschlossen.

Dass die Verteilung der Kristalle der Innenrinde nicht ein Jugendmerkmal darstellt, bewies ein Vergleich mit Rindenmaterial verschiedenen Alters aus dem Botanischen Garten der Universität Bern. Zirka 30jährige, 2,5—3,0 mm dicke Stammrinde des Berner *Purshiana* zeigte ein fast genau gleiches Kristallvorkommen in der Innenrinde wie unsere neunjährige Rinde, d. h. sie wies ebenfalls viele Drusen und wenige Einzelkristalle im Parenchym der Innenrinde bis zum Kambium auf.¹ — Auch in einer Lieferung von Handelsrinde konnten ähnliche Verhältnisse konstatiert werden. An Stelle der Drusen traten zwar hier teilweise Einzelkristalle (an einzelnen Stellen mehr Einzelkristalle als Drusen = Fall 3). Ebenso wiesen einzelne Rindenstücke aus der pharmakognostischen Sammlung der E. T. H. Drusen und Einzelkristalle bis in die Nähe des Kambiums auf, allerdings viel spärlicher als die obigen Rinden. — Andere Rindenmuster aus der pharmakognostischen Sammlung der E. T. H. Zürich und aus ausländischen Sammlungen (Paris: Faculté de Pharmacie; Kew, England: Royal Botanic Gardens) enthielten in den inneren Teilen der Innenrinde keine Kristallzellen (abgesehen von den Kristallscheiden der sekundären Fasern).

¹ Auch Rindenmaterial, das wir aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet von *Ph. Purshiana*, von Herrn Prof. Goodrich, University of Washington, Seattle, U. S. A., erhielten, wies dieselbe Kristallverteilung auf.

Warum die Rinden solche Verschiedenheiten zeigen, konnte natürlich auf Grund der vorliegenden Untersuchungen nicht nachgewiesen werden. Ein Einfluss der Bodenbeschaffenheit (Kalkgehalt des Bodens) auf die Oxalatbildung kann nach den Ergebnissen des ersten Teils dieser Arbeit als ziemlich wahrscheinlich angenommen werden. Daneben ist es auch denkbar, dass anatomisch leicht differente Rassen von *Rhamnus Purshiana* existieren, die besonders in bezug auf Kristallverteilung Unterschiede aufweisen. Endlich könnte es sich bei den Rinden, die bis zuinnerst reich an Calciumoxalat sind, um Rinden von Varietäten von *Rhamnus Californica* Esch. handeln. Diese Art steht systematisch und anatomisch *Rhamnus Purshiana* DC. sehr nahe (R u s b y [52]). Bei den von uns untersuchten Rinden aus dem Garten des Pharmazeutischen Instituts der E. T. H., bzw. aus den Baumschulen von Spaeth in Berlin, die ja auch Oxalat in der Innenrinde bis zum Kambium aufweisen, handelt es sich zweifellos um Rinden von *Rhamnus Purshiana*, was durch Bestimmung der blühenden Pflanzen festgestellt wurde.

Die Verteilung und Häufigkeit der Kristalle in der Innenrinde kann also nicht als differentialdiagnostisches Merkmal zwischen *Rhamnus Frangula* und *Rhamnus Purshiana* verwendet werden.

Rhamnus alpina L.

Rhamnus alpina L. bildet nach H e g i (20) eine polymorphe Formengruppe mit den beiden nachfolgenden Unterarten und wahrscheinlich einigen Formen im Mittelmeergebiet, die heute noch für selbständige Arten gehalten werden:

1. *Rhamnus alpina* L. subsp. *eu-alpina* Beger ist verbreitet in der Schweiz, im östlichen Mittel- und Süd-Frankreich, Nordost-Spanien, Nordwest-Italien, Sardinien und Korsika.
2. *Rhamnus alpina* L. subsp. *fallax* (Boiss.) Beger ist heimisch in Süd-Steiermark, Kärnten, Krain, Dalmatien, Bosnien, Herzegowina und Serbien bis Griechenland und « kann als vikariierende Rasse der *Rhamnus alpina* dem illyrischen Gebirgselement zugezählt werden » (H e g i [20]).

Die sehr nahe Verwandtschaft der beiden Unterarten kommt auch im anatomischen Bau zum Ausdruck.

1. *Rhamnus alpina* L. subsp. *eu-alpina* Beger.

Aufrechter, schlanker, wehrloser, bis 3 m hoher Strauch.

Standort der zur Untersuchung verwendeten Pflanzen: Pilatus ob Wasserstation Wolfort der Pilatusbahn, zirka 1000 m über Meer.

M a k r o s k o p i s c h e M e r k m a l e d e r R i n d e.

Aussen: Junge Rinde graubraun, behaart, leicht längsgestreift, mit wenigen feinen, \pm deutlichen Lentizellen; ältere Rinde graubraun bis silbergrau mit vielen feinen, dunkeln Flecken, fein längsrissig oder runzelig, zum Teil mit Flechten.

Innen: Gelbbraun, mit hellgelben Längsstreifen.

Bruch: Aussen körnig, innen ziemlich stark, aber kurz faserig.

Anatomie:

Zirka 3 Monate alte Frühjahrstriebe.

Durchmesser der Zweige bis 4 mm, Dicke der Rinde bis 0,8 mm.

Querschnitte durch die Axe direkt unter dem Vegetationskegel der Gipfelknospe zeigen folgendes anatomisches Bild:

Epidermis-Aussenwand noch nicht stark verdickt, zum Teil fein körnig, reichlich mit schon ziemlich dickwandigen, einzelligen Haaren besetzt; auch Knospenschuppen mit vielen langen (bis 130μ) oder kurzen Haaren. Darunter 2—3 Lagen wenig verdickte, getüpfelte Kollenchymzellen und ein Rindenparenchym, bestehend aus \pm dünnwandigen, rundlich-ovalen Parenchymzellen mit vielen Tüpfeln; in einigen Zellen grosse Oxalatdrusen; Schleimlücken fehlen. Schmale Gefässbündel mit Phloem und einigen Holzgefässen in ringförmiger Zone, unterbrochen durch einige breitere und viele schmale primäre Markstrahlen. Mark aus getüpfelten Zellen wie Rindenparenchym, mit wenigen Drusen.

1. Internodium (Fig. 29).

Epidermis: Aussenwand schon stark verdickt, mit vielen meist kurzen, einzelligen, dickwandigen Haaren (wie Fig. 20 b, *Frangula*).

Kork: schon 4—5, zum Teil bis 6 Lagen; tafelförmige Zellen, tangential gestreckt.

Phellogen: 1 Lage dünnwandige, rechteckige, tangential gestreckte Zellen.

Kollenchym: bis 10 Lagen, stark verdickte, ovale, tangential gestreckte oder rundliche Zellen, getüpfelt.

Parenchym der Aussenrinde: aussen derbwandige, gegen innen \pm dünnwandige, rundlich-ovale oder polygonal-abgerundete, zum Teil ziemlich grosse Zellen, getüpfelt, einige mit Drusen.

Endodermis: zum Teil wenig abgegrenzt gegen Parenchym der Aussenrinde, mit Stärke.

Perizykel: noch nicht vollständig ausgebildet, Fasern im Querschnitt noch eckig-polygonal, mit wenig verdickten Wänden und grossen Lumen, im Längsschnitt deutlicher, besonders im polarisierten Licht.

Parenchym der Innenrinde: Zellen \pm dickwandig, viele (oft ganze Nester) mit je einer kleinen Druse; viel mehr Oxalat als in der Aussenrinde.

Primäre Siebröhren: englumig, deutlich.

Sekundäre Fasern: einzelne Fasern schon vorhanden, meist allerdings noch sehr wenig verdickt, im Querschnitt deutlich, im Längsschnitt weniger leicht auffindbar; von Kristallzellreihen mit Einzelkristallen oder Drusen begleitet. Daneben konnten wie bei *Rhamnus Purshiana* schon Einzelkristalle, zum Teil in axialen Reihen gefunden werden, bevor die sekundären Fasern sichtbar waren.

Markstrahlen: teilweise schon ziemlich deutlich, getüpfelt, \pm radial gestreckt, zum Teil mit Oxalat.

Xylem: ringförmig.

Mark: grosse getüpfelte Zellen, einzelne mit Drusen.

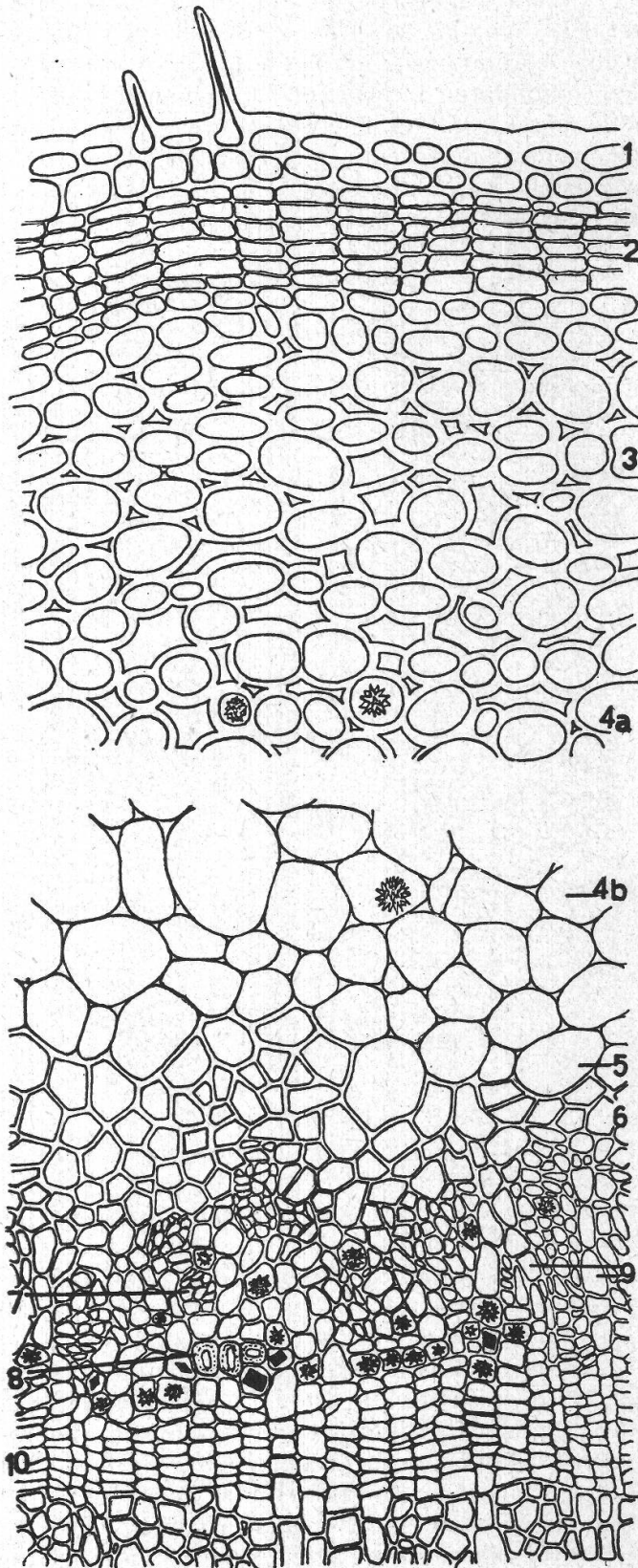
2./3. Internodium ohne grosse Veränderungen.

Besonders auffallend ist, dass im Parenchym der Aussenrinde meist wenige grosse Drusen (bis 20μ) vorhanden sind, während das Parenchym der Innenrinde sehr viele kleine Drusen aufweist, die oft in Nestern angeordnet sind, so dass sie bei schwacher Vergrösserung leicht mit Faserbündeln verwechselt werden könnten. Innerhalb dieser Drusennester bzw. direkt daran anschliessend zeigen sich die ersten sekundären Fasern und Kristallzellreihen mit Einzelkristallen. Die sekundären Fasern bilden kleine Bündel (2—3 Zellen), zum Teil treten sie aber schon in einer zweiten tangentialen Reihe auf (weite Abstände zwischen den einzelnen Bündeln). Weder Perizykelfasern noch sekundäre Fasern geben die Verholungsreaktion (Phlorogluzin-Salzsäure).

Fig. 29.

Querschnitt durch 1. Internodium eines zirka 3 Monate alten Frühjahrstriebes von *Rh. alpina* subsp. *eu-alpina*. 300 ×

1. Epidermis mit Haaren.
2. Kork.
3. Kollenchym.
4. Parenchym d. Aussenrinde:
 - a) äussere Lagen derbwandig;
 - b) innere Lagen dünnwandig.
5. Endodermis.
6. Perizykelfasern Anfangsstadium.
7. Primäre Siebröhren.
8. Sekundäre Fasern Anfangsstadium.
9. Markstrahlen.
10. Kambium.



Im 4. Internodium konnte unter der Epidermis eine Korkschicht von 6—8 Reihen (bis $90\ \mu$) bei zirka 0,65 mm Rindendicke konstatiert werden. Stellenweise beginnt sich die Epidermis abzulösen und die Lentizellenbildung setzt ein. Die sekundären Faserbündel haben an Umfang zugenommen; im polarisierten Licht sind sie besonders leicht von den Perizykelfasern unterscheidbar, da diese im Querschnitt nur wenig, jene stark leuchten. Im Gegensatz dazu konnte bei Längsschnitten im polarisierten Licht ein starkes Leuchten der Perizykelfasern (mit Interferenzfarben) und ein schwaches der sekundären Fasern beobachtet werden.

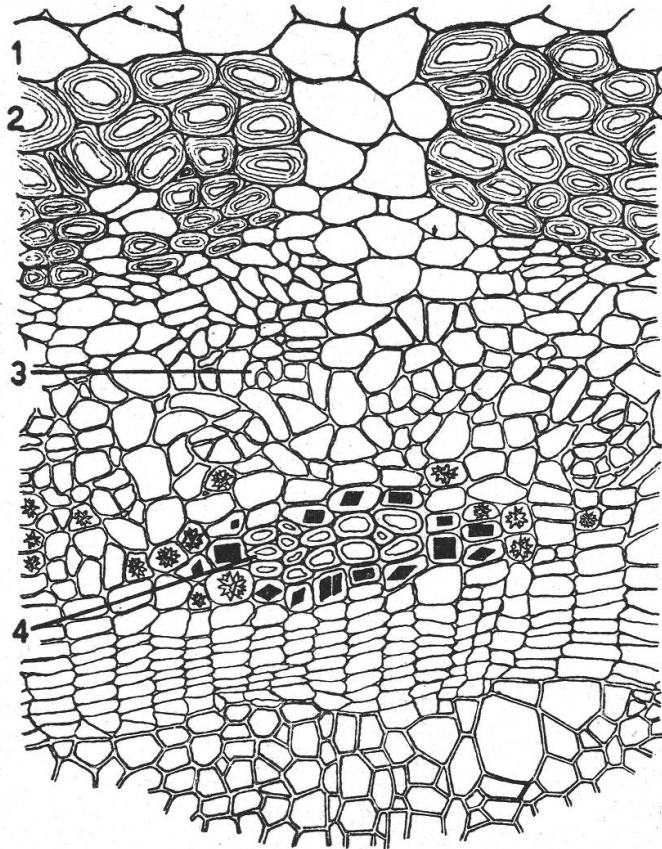


Fig. 30.

Querschnitt durch das 5. Internodium eines zirka 3 Monate alten Frühjahrstriebes von *Rh. alpina* subsp. *eu-alpina*. 300×

1. Endodermis.
2. Perizykelfasern.
3. Primäre Siebröhren.
4. Sekundäre Fasern.

5. Internodium (Fig. 30).

Epidermis zum Teil abgelöst, meist jedoch noch vorhanden, mit Haaren; im Parenchym der Aussenrinde etwas mehr Drusen; Perizykel aus grossen, tangential gestreckten Faserbündeln, die nur durch 2—3 Zellen breite, radiale Bänder von Parenchym unterbrochen sind; Fasern relativ dickwandig, meist oval tangential gestreckt; sekundäre Faserbündel besonders bei Behandlung mit Phlorogluzin-Salzsäure sehr deutlich hervortretend, zeigen aber noch keine Rot-, sondern nur Gelbfärbung, sind also noch nicht verholzt.

Vom 6. Internodium bis zum Übergang zum Trieb des Vorjahres erscheint die Epidermis immer mehr geborsten, bei zunehmender Kork- und Lentizellenbildung. Der zuerst noch ziemlich kompakte Ring von Perizykelfasern lockert sich mehr und mehr, die Endodermis hingegen bleibt noch deutlich differenziert. Der Zentralzylinder zeigt bei einigen Schnitten eine ausgesprochene Teilung in Rinden- und Markstrahlen. Die primären Siebröhren beginnen teilweise schon zu obliterieren, während die sekundären Faserbündel meist in 2, oft in 3 Reihen auftreten; sie sind nun gut ausgebildet, 8—10 Zellen lang, umgeben von vielen Kristallzellreihen mit Einzelkristallen und Drusen, die Fasern nun verholzt. Die grösseren Markstrahlen sind deutlich sichtbar, kleinere nur bei

starker Vergrößerung; wo sie die sekundären Faserbündel durchstossen, enthalten die Markstrahlzellen Einzelkristalle.

8 Monate alte Zweige (Frühjahrsschosse, die im Oktober gesammelt wurden) zeigen den gleichen anatomischen Bau wie die untersten Internodien der oben beschriebenen Altersstufe.

Bei 2jährigen Rinden (Dicke 0,75—1 mm, von Zweigen mit 5—8 mm Durchmesser) ist die Epidermis nur noch bei etwa der Hälfte der Präparate vorhanden und nur in Fragmenten. Die Korkschicht, die aus vielen undeutlichen Lagen mit stark tangential zusammengedrückten Zellen besteht, weist zum Teil eine Dicke von 250μ auf. Im Parenchym der Aussenrinde sind jetzt zahlreiche, stellenweise ausserordentlich viele Drusen zu finden. Die sekundären Fasern gruppieren sich in 3 sehr deutliche Reihen von tangential stark gestreckten, schmalen Bündeln, unterbrochen von breiten Markstrahlen und dazu meist noch 1—2 Reihen mit kleinen, weit auseinanderliegenden Bündeln. Auch bei 3jährigen, ja noch bei 4jährigen Rinden, die bis 1,3 mm dick sind, können noch \pm viele Epidermisfetzen, nun aber ohne Haare, beobachtet werden. Die Anzahl der Lentizellen nimmt ab; vereinzelt tritt Borkenbildung auf. Die Oxalatdrusen im Parenchym der Aussenrinde sind zum Teil sehr zahlreich, aber meist nicht regelmässig im Gewebe verteilt, sondern oft in dreieckförmigen (trichterförmigen) Ansammlungen gehäuft und tief in die Innenrinde eingedrungen. Auch unter den Lentizellen häufen sich die Oxalatausscheidungen. In der 3jährigen Rinde konnten zum ersten Male kleine und grössere Nester von Steinzellen, umgeben von vielen Einzelkristallen, im Parenchym der Aussenrinde konstatiert werden, wobei auch hier zuerst die Einzelkristalle und dann erst die Steinzellen auftraten. Die Steinzellnester sind aber noch ziemlich selten (sie finden sich in etwas mehr als 10 % aller Schnitte). Roulier (50) beschreibt schon in 18 Monate alten Rinden Steinzellgruppen. Trotz Untersuchung von mehr als 100 Präparaten ist es uns nicht gelungen, in jüngeren als 3jährigen Rinden Steinzellen zu finden. Auch bei Zweigstücken, die uns durch Herrn Dr. Koch aus den Herbarien des Institutes für spezielle Botanik zur Verfügung gestellt wurden und die aus verschiedenen Teilen des schweizerischen Jura stammten, konnten in den jüngeren Rinden keine Steinzellen nachgewiesen werden. Ob die Bodenbeschaffenheit des Standortes eventuell auf die Bildung der sklerenchymatischen Elemente irgendeinen Einfluss ausübt, der zu solchen Unterschieden im zeitlichen Auftreten führt, konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht nachgeprüft werden.

Mit 3 Jahren hat die Rinde von *Rhamnus alpina* subsp. *eu-alpina* ihren definitiven Bau erreicht, d. h. es können alle Elemente wie in älteren Rinden gefunden werden. Da sie auch in bezug auf Dicke (1 mm) nun mit den offizinellen *Rhamnus*rinden, besonders mit *Cortex Rhamni Frangulae* vergleichbar ist, übergehen wir die Besprechung der nächsten Jahresstufen, die nur eine Veränderung der Dimensionen zeigen.

Wir haben bis 12jährige Rinden mit einer Dicke bis zu 2,2 mm (von Ästen oder Stämmchen mit zirka 14 mm Durchmesser) untersucht und lassen deren Beschreibung folgen, mit Berücksichtigung der kleinen Variationen der vorhergehenden Altersstufen.

Anatomie der ausgewachsenen Rinde von *Rhamnus alpina* L. subsp. *eu-alpina* Beger.

(Fig. 34)

Epidermis : Nicht mehr vorhanden.

Kork : 15—20 Lagen (meist zwischen 75 und 125μ); Zellen dünnwandig, stark tangential zusammengedrückt, kurz, tafelförmig

und meist gegen aussen gebogen; aussen sich ablösend, hell, innere Partien braun bis dunkelbraun bis rötlichbraun; einzelne Stellen Borkenbildung, Parenchym der Aussenrinde zum Teil abgestossen. Phellogen: 1 Lage dünnwandige, rechteckige, tangential gestreckte Zellen. Phelloderm: Hie und da 2—3 Lagen; ziemlich derbwandige Zellen, \pm rechteckig. Kollenchym: Ovale, zum Teil ziemlich stark tangential gestreckte, allseitig stark verdickte, \pm fein getüpfelte Zellen; mit gelbbraunem Inhalt, selten mit Stärke. Kollenchym stellenweise fehlend bzw. durch Parenchym ersetzt.

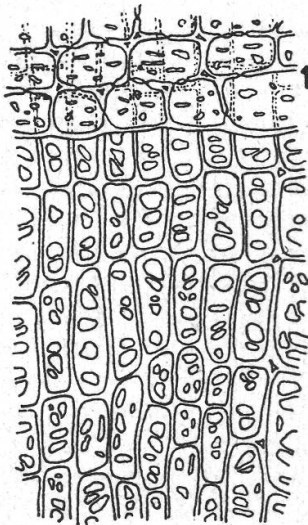


Fig. 31 (links).

Radialer Längsschnitt durch Parenchym der Innenrinde von *Rh. alpina* subsp. *eu-alpina*; Netzleisten der Radialwände. 1. Markstrahl. 300 X

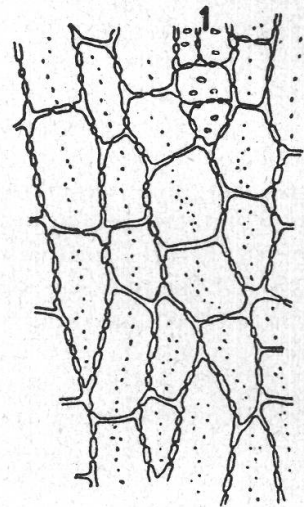


Fig. 32 (rechts).

Tangentialer Längsschnitt durch Parenchym der Innenrinde von *Rh. alpina* subsp. *eu-alpina*; getüpfelte Radialwände, punktierte Tangentialwände. 1. Markstrahl. 300 X

Parenchym der Aussenrinde: \pm derbwandige, ovale, rundliche bis polygonale, \pm verzerrte Zellen mit zum Teil groben Tüpfeln und kleinen Interzellularen; im radialen Längsschnitt \pm rundlich; einige Parenchymzellen enthalten wenig Stärke, andere eine gelbe Masse und sehr viele Calciumoxalatdrusen (meist 20 μ , zum Teil bis 30 μ); stellenweise finden sich keilförmige Partien von Aussenrindenparenchym, die bis weit in die Innenrinde hineinragen und zum Teil ausserordentlich viele Drusen enthalten.

Schleimzellen fehlen.

Unregelmässig in der Aussenrinde verstreut und zum Teil auch in den äusseren Teilen der Innenrinde \pm grosse Nester von stark verdickten und verholzten, gelben, geschichteten und getüpfelten Steinzellen, umgeben von zahlreichen Einzelkristallen. Steinzellnester seltener als bei *Rhamnus Purshiana* (zirka 33 % aller Schnitte).

Endodermis: Nicht differenziert.

Perizykel: Parenchymzellen wie Aussenrinde, dazwischen in ziemlich weiten Abständen, also relativ selten, kleine Bündel von glas hellen, \pm dickwandigen, unverholzten, geschichteten Fasern, die meist schlauchförmig zusammengedrückt sind.

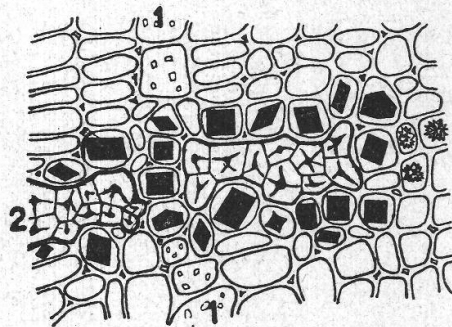
Parenchym der Innenrinde : Meist derbwandige, ziemlich regelmässige, abgerundet-rechteckige oder polygonale Zellen; \pm in radialen Reihen; im Längsschnitt rechteckig bis polygonal, axial gestreckt; Querwände hie und da getüpfelt; Radialwände mit grossen Tüpfeln oder Netzleisten (Fig. 31); Tangentialwände punktiert (Fig. 32).
Inhalt der Parenchymzellen der I. Ri. : Gelbe Masse; ziemlich viele mit kleinen Oxalatdrusen, zum Teil in tangentialen oder axialen Kristallzellreihen; wenige mit Stärke.
Primäre Siebröhren : Stark obliteriert.

Fig. 33.

Querschnitt durch Innenrinde von *Rh. alp.* subsp. *eu-alp.*; Durchbruch eines Markstrahls durch sekundäres Faserbündel. 300 \times

1. Markstrahl.

2. Sekundäres Faserbündel.



Sekundäre Siebröhren : Aussen obliteriert, innen \pm deutlich, \pm englumig.

Sekundäre Fasern : 10 und mehr tangential gestreckte Bündeln, umgeben von vielen Kristallzellreihen mit Einzelkristallen; Fasern gelb, stark verholzt und verdickt, getüpfelt, Schichtung nicht nachweisbar.

Markstrahlen : 1—6, meist 2—5 Zellen breit, nach aussen zum Teil stark verbreitert, meist parallel und gerade; Zellen dünnwandig, nur wenig radial gestreckt, getüpfelt; mit gelber Masse und Stärke, in den breiteren Markstrahlen stellenweise kleine Drusen; innerhalb der sekundären Faserbündel Markstrahlzellen oft zu Kristallzellen, deren Wände eventuell etwas sklerotisiert sind, umgewandelt (Fig. 33).

Stärke : Form und Grösse ähnlich wie *Rhamnus Frangula* (Fig. 25), etwas mehr rundlich, grössere Körner in der Mehrzahl; wenig im Parenchym der Aussenrinde und Innenrinde und in den Markstrahlen.

2. *Rhamnus alpina* L. subsp. *fallax* (Boiss.) Beger.

Aufrechter, wehrloser, bis 3,5 m hoher, oft vom Grunde auf verzweigter Strauch.

Die zur Untersuchung verwendeten Pflanzen stammten aus den Baumschulen der Firma Spaeth in Berlin.

Rhamnus Carniolica A. Kerner ist nach Hayek (19) identisch mit *Rhamnus alpina* subsp. *fallax*. Die Rinde von *Rhamnus Carniolica* bzw. *Rh. alpina* subsp.

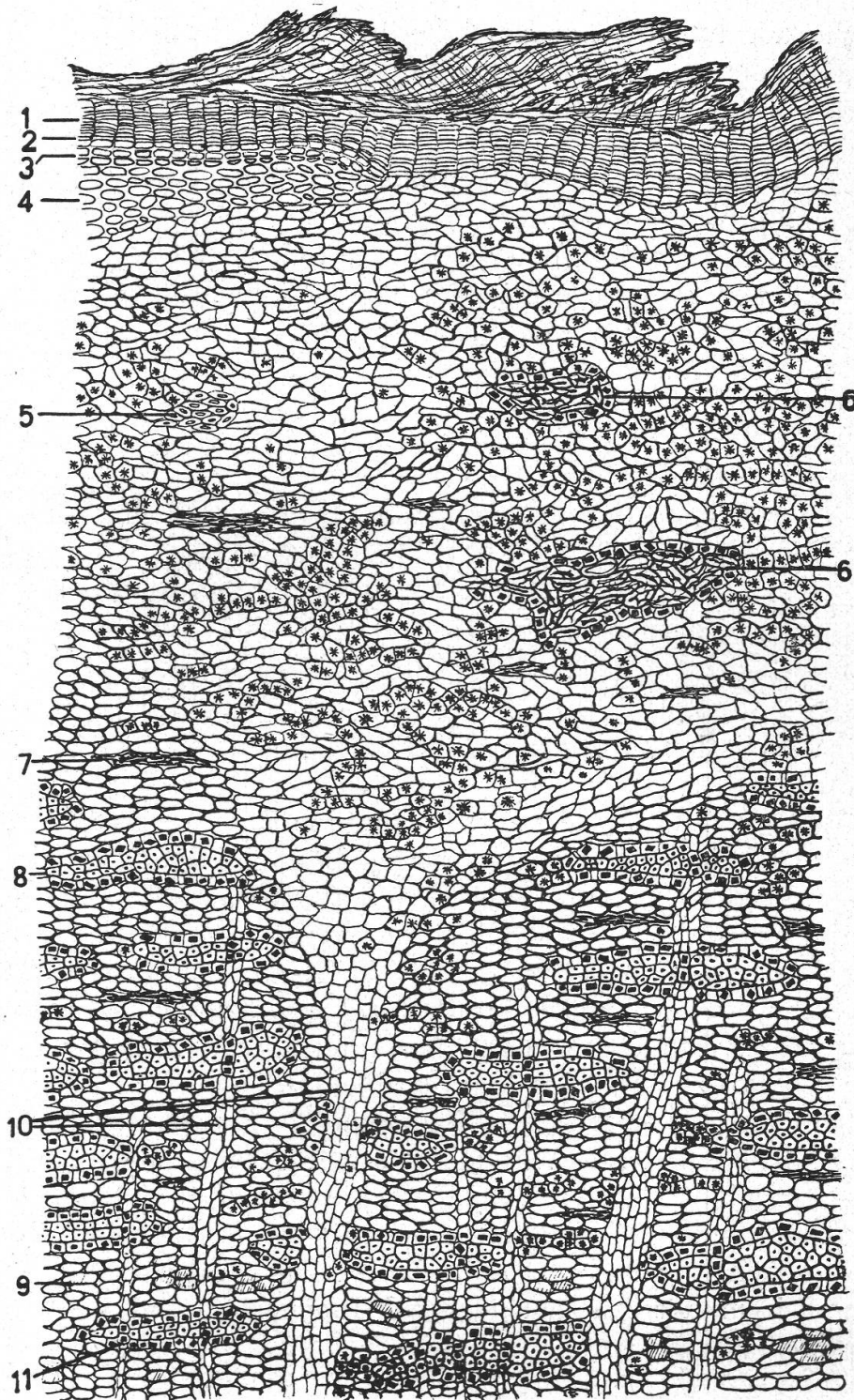


Fig. 34.

Querschnitt durch ausgewachsene Rinde von *Rh. alpina* subsp. *eu-alpina*. 75×

1. Kork, 2. Phellogen, 3. Phelloderm, 4. Kollenchym, 5. Perizykel-fasern, 6. Steinzellnester, 7. obliterierte primäre Siebröhren, 8. sekundäre Faserbündel, 9. intakte sekundäre Siebröhren, 10. Markstrahlen, 11. Markstrahlzellen zwischen sekundären Fasern (in Kristallzellen umgewandelt).

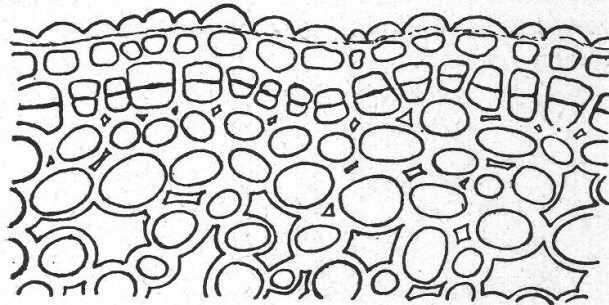
fallax war als Verfälschung von *Cortex Rhamni Frangulae* oder als *Frangulaersatz* im Handel (Mitlacher [37], Tunmann [64], Vrgoč [68]).

Makroskopische Merkmale der Rinde.

Aussen : Junge Rinde graubraun, meist kahl oder verkahlend, frisch \pm glänzend, meist ziemlich viele hellgraue Lentizellen aufweisend (immerhin weniger als *Rh. Frangula*); leicht längsgestreift; ältere Rinde graubraun bis dunkelbraun, rissig, rauh, zum Teil borkig.
Innen : Gelb oder gelbbraun bis rötlichbraun, längsstreifig.
Bruch : Aussen \pm glatt, innen ziemlich stark aber kurz faserig.

Fig. 35.

Querschnitt durch Epidermis und Kollenchym von *Rh. alp.* subsp. *fallax*. Beginn der Korkbildung.
300 \times



Anatomie :

Entwicklung und anatomische Merkmale zeigen zum Teil Übereinstimmung mit der Rinde von subsp. *eu-alpina*.

Zirka 3 Monate alte Frühjahrstriebe.

Durchmesser der Zweige bis 3,5 mm, Dicke der Rinde bis 0,6 mm.

1. Internodium.

Epidermis : Aussenwand stark verdickt, \pm fein körnig, sehr selten einzelne dickwandige, einzellige Haare.

Kork : in den einen Rinden schon vorhanden, in andern noch nicht; bis zum 3. Internodium waren in der subepidermalen Zellage zum Teil erst die Anfangsstadien der Korkbildung, tangentiale Wände durch die Zellen, erkennbar (Fig. 35).

Kollenchym : noch wenig verdickt, aber getüpfelt.

Parenchym der Aussenrinde : dünnwandig, getüpfelt; \pm viele Drusen (bis 20 μ), besonders in den inneren Teilen.

Schleimlücken fehlen.

Endodermis : mit Stärke.

Perizykel : direkt unter der Knospe Fasern noch eckig-polygonal und schwach verdickt, beim Übergang ins 2. Internodium abgerundet, aber immer noch relativ dünnwandig.

Parenchym der Innenrinde : dünnwandig, mit Oxalatdrusen und Einzelkristallen in Kristallzellreihen; sekundäre Fasern stellenweise einzeln auftretend, aber ebenfalls noch wenig verdickt und nicht verholzt.

Primäre Siebröhren : englumig, deutlich.

Markstrahlen : noch undeutlich, im Holzteil deutlicher.

Kambium : vollständig ausgebildet (faszikulär und interfaszikulär).

Xylem : einzelne verholzte Gefässe bis ringförmiger Holzkörper.

Mark : grosszellig, dünnwandig, getüpfelt, wenige Drusen enthaltend.

Im 2. Internodium fällt besonders die eigenartige, unregelmässig verzackte Form der Lumen der Perizykelfasern auf (Fig. 36), was allerdings später wieder verschwindet.

Die folgenden Internodien zeigen die allgemeinen Folgeerscheinungen des Dickenwachstums: Zunahme des Korkes mit den ersten Lentizellen im 4. Internodium; eigentliche Ringbildung beim Perizykel und allmähliches Entstehen der ersten Reihe von sekundären Faserbündeln.

Zirka 9 Monate alte Rinden.

Dicke bis 0,7 mm.

Epidermis oft gesprengt und sich ablösend, zum Teil schon ganz fehlend; ziemlich viele Lentizellen. Das Phellogen hat nach innen ein deutliches, 1—2 Lagen starkes Phelloderm gebildet. Perizyklische Faserbündel in \pm grossen Abständen. Parenchym der Innenrinde mit zahlreichen kleinen Drusen, zum Teil in Kristallzellreihen, besonders in der Nähe der sekundären Faserbündel. Sekundäre Fasern dickwandig, verholzt, gelb; Bündel meist noch klein, aber schon bis 3 tangentielle Reihen bildend.

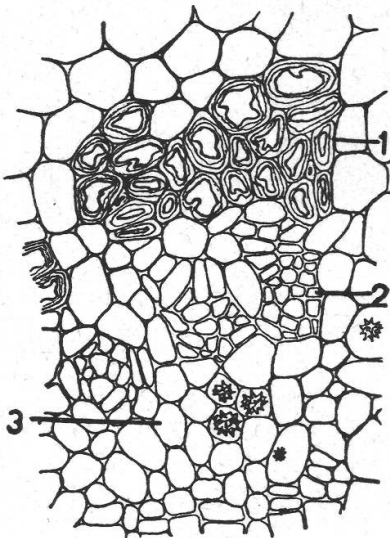


Fig. 36.

Querschnitt durch äussere Partie der Innenrinde von *Rh. alpina* subsp. *fallax*. 300 \times
(2. Internodium eines zirka 3 Monate alten Frühjahrstriebes).

1. Perizykelfasern.
2. Primäre Siebröhren.
3. Markstrahl.

Im 2. Jahr ist die Epidermis meist ganz verschwunden oder es hängen nur noch einzelne Fragmente an der Korkschicht, die eine Dicke von fast 200 μ erreicht hat und oft selbst schon abschiefert. Das Phelloderm weist jetzt bis 4 Lagen auf und besteht aus dünnwandigen, \pm rechteckigen Zellen. Die Endodermis ist nicht mehr differenziert und der perizyklische Ring lockert sich immer mehr; die primären Siebröhren obliterieren und die sekundären Faserbündel haben an Umfang und Zahl zugenommen (meist 3 Reihen).

Die folgenden Jahresstufen zeigen prinzipiell keine Unterschiede gegenüber der 2jährigen Rinde. Im Parenchym der Aussenrinde fällt besonders eine starke Zunahme der Drusen auf (auch hier vorwiegend unter den Lentizellen). *Rhamnus alpina* subsp. *fallax* beweist besonders deutlich, dass kein streng gesetzmässiger Zusammenhang zwischen Alter und Reihenbildung bei den sekundären Fasern besteht, denn in 5jährigen Rinden konnten schon 10—12 sekundäre Faserreihen gezählt werden.

Die nahe Verwandtschaft mit subsp. *eu-alpina* liess im Parenchym der Aussenrinde auch Steinzellnester erwarten. Es konnten auch solche gefunden werden, aber erst in 6- bis 7jährigen Stammrinden, d. h. den ältesten Rinden, die uns zur Verfügung standen. Auch Mitlacher (37) und T u n m a n n (64) betonen, dass in jüngeren Rinden keine oder nur sehr selten Steinzellnester vorkommen.

Anatomie der ausgewachsenen Rinde von *Rhamnus alpina* L. subsp. *fallax* (Boiss.) Beger. (Fig. 37)

Dicke der Rinde 2—3 mm, von Ästen bzw. Stämmchen mit einem Durchmesser bis 33 mm.

Epidermis : Nicht mehr vorhanden.

Kork : 8—10, selten mehr deutliche Lagen (zirka 150—200 μ dick); \pm dünnwandige, tafelförmige Zellen in tangential-radialen Reihen, mit gelbem oder hell- bis dunkelbraunem Inhalt, aussen sich stark ablösend.

Borke : \pm häufig; sekundäre Korkbänder im Gewebe der Aussenrinde, den primären Kork und Teile der Aussenrinde, eventuell auch der Innenrinde allmählich abstossend; die Borke enthält daher collabierte, abgestorbene Parenchymzellen, Oxalatdrusen und primäre, zum Teil auch sekundäre Faserbündel.

Je nach Alter normale Korkbildung oder Borke häufiger.

Phellogen : 1 Lage, dünnwandige, \pm rechteckige Zellen, tangential gestreckt.

Phelloderm : Nicht immer vorhanden bzw. zum Teil undeutlich; 2—3 Zellagen von meist rechteckigen, \pm dünnwandigen Zellen, dritte Lage \pm abgerundete Zellen (Übergang in Kollenchym).

Kollenchym : Bis 8 Lagen; rundlich-ovale, tangential gestreckte, allseitig, aber nicht sehr stark verdickte, getüpfelte Zellen; Interzellularen; Kollenchymzellen selten Stärke enthaltend; Kollenchym stellenweise, besonders unter den Lentizellen und natürlich bei Abkorkung fehlend oder durch Parenchym ersetzt.

Parenchym der Aussenrinde : Meist dünnwandige Zellen, oval bis polygonal, mit kleinen punktförmigen oder grossen netzleistenartigen Tüpfeln; im Längsschnitt rund oder wenig elliptisch; mit gelbbraunem bis dunkelbraunem Inhalt oder wenig Stärke. In der Aussenrinde zerstreut viele Oxalatdrusen (meist 15—25 μ , zum Teil bis 30 μ); an einzelnen Stellen keilförmige Partien von Aussenrindenparenchym, die bis weit in die Innenrinde hineinragen und zum Teil sehr viele Drusen enthalten (wie bei subsp. *eu-alpina*).

In der Aussenrinde, seltener in den äusseren Teilen der Innenrinde, treten vereinzelt meist kleinere Nester von Steinzellen auf (im radialen Längsschnitt viel leichter auffindbar als im Querschnitt); diese Steinzellnester sind relativ selten, seltener als bei subsp. *eu-alpina* und viel seltener als bei *Rhamnus Purshiana* und treten meist, aber nicht immer, erst kurz vor der Borkebildung auf. Auch Anfangsstufen der Sklereidenbildung konnten beobachtet werden in Form von Parenchymzellen mit gelben, etwas verdick-

ten, wenig verholzten Wänden. Die voll entwickelten Steinzellnester sind von \pm vielen Einzelkristallzellen umgeben. Schleimlücken fehlen.

Endodermis : Nicht differenziert.

Perizykel : Mehrere Lagen Parenchymzellen, dazwischen in weiten Abständen meist kleine Faserbündel, \pm deutlich erkennbar; Fasern \pm dickwandig, glashell, geschichtet, getüpfelt, unverholzt, seltener schlauchartig zusammengedrückt.

Parenchym der Innenrinde : \pm derbwandig (kleine Interzellularen), meist rundlich-oval oder polygonal-abgerundet, zum Teil fein, aber oft undeutlich getüpfelt; im Längsschnitt \pm rechteckig, axial gestreckt;

Radialwände netzleistenartig getüpfelt;

Parenchymzellen der Innenrinde im Querschnitt meist in \pm radialen Reihen.

Zellinhalt : In den meisten Zellen gelbe bis braune Masse und viel Stärke; in \pm zahlreichen andern Zellen bis in die Nähe des Kambiums kleine Oxalatdrusen (je 1 Druse pro Zelle), die häufig in axialen oder tangentialen Kristallzellreihen angeordnet sind.

Primäre Siebröhren : Vollständig obliteriert, zusammengedrückte Zellkomplexe \pm gut sichtbar.

Sekundäre Siebröhren : Bis weit hinein obliteriert, im innern Teil offen, \pm englumig.

Sekundäre Fasern : 10 und mehr Reihen von grösseren und kleinen, \pm deutlich elliptischen, seltener schmalen, stark tangential gestreckten Bündeln, meist unvollständig ummantelt von Kristallzellreihen mit Einzelkristallen; Fasern gelb, dickwandig, verholzt und getüpfelt, Schichtung nicht nachweisbar.

(Beim Schneiden fallen die sekundären Faserbündel leicht heraus.)

Markstrahlen : 1—5, in der Nähe des Kambiums zum Teil bis 7 Zellen breit, meist nur die kurzen Nebenmarkstrahlen 1—3 Zellen breit, nach aussen meist schmaler werdend, parallel und gerade, seltener geschlängelt und gruppenweise konvergent verlaufend; Zellen dünnwandig, getüpfelt, innen radial, gegen aussen mehr tangential gestreckt; mit gelber bis brauner Masse oder viel Stärke; zwischen den sekundären Faserbündeln \pm selten Einzelkristalle enthaltend.

Stärke : Form und Grösse wie bei *Rh. Frangula* (Fig. 25); grössere Körner in der Mehrzahl; viel im Parenchym der Innenrinde und in den Markstrahlen, wenig im Parenchym der Aussenrinde, selten im Kollenchym.

(Im Frühling wenig Stärke im gesamten Rindengewebe.)

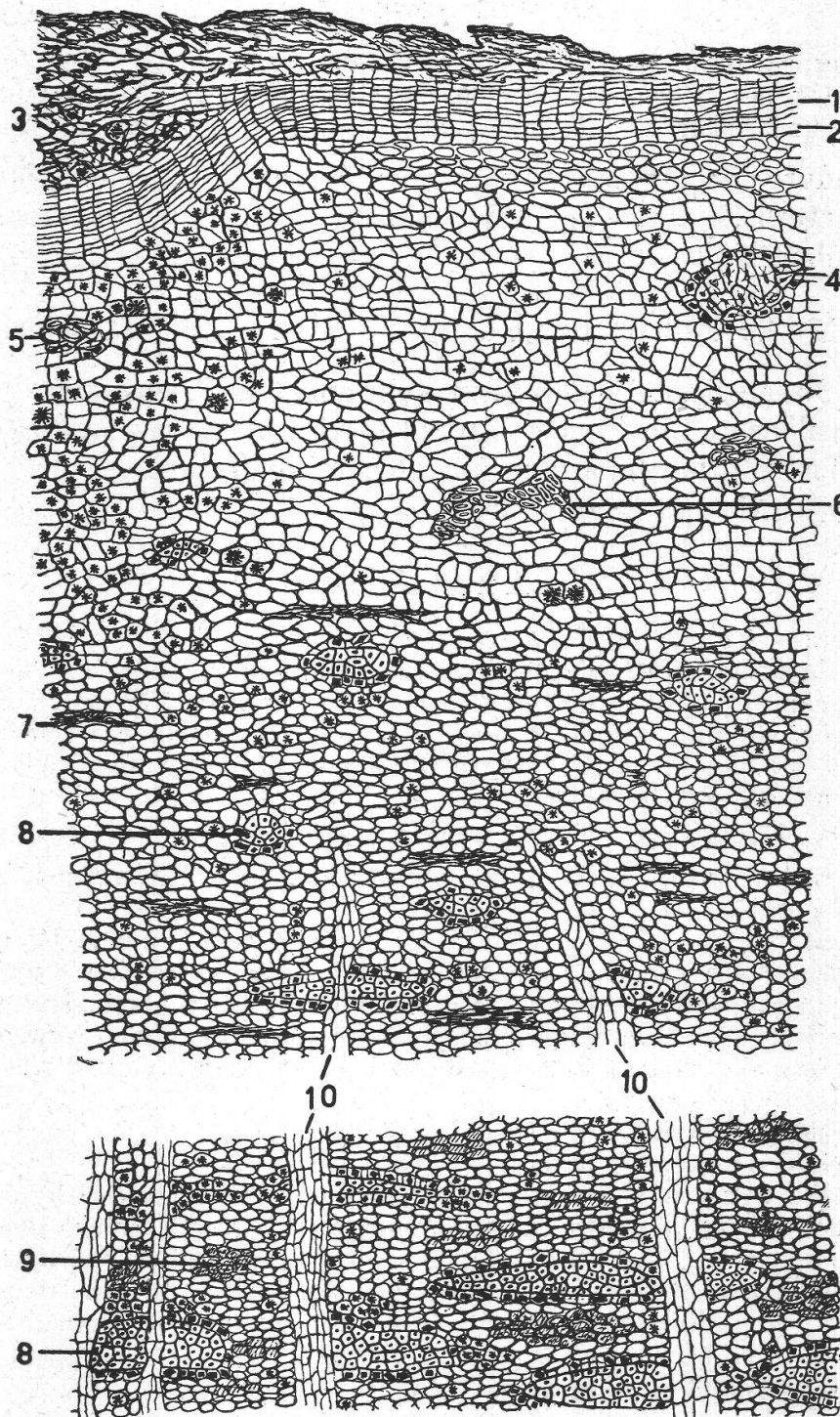


Fig. 37.

Querschnitt durch ausgewachsene Rinde von *Rh. alpina* subsp. *fallax*. 75 ×

1. Kork, 2. Phellogen, 3. Borke, 4. Steinzellen, 5. Anfangsstadien von Steinzellen, 6. Perizykelfasern, 7. obliterierte primäre Siebröhren, 8. sekundäre Faserbündel, 9. intakte sekundäre Siebröhren, 10. Markstrahlen.

Rhamnus pumila Turra.

Niederliegender, 5—20 cm hoher, wehrloser, knorriger, stark verzweigter Zwergstrauch, mit folgender allgemeiner Verbreitung: Pyrenäen, Alpen bis Kärnten, Krain und Steiermark, in Italien südwärts bis in den mittleren Apennin.

Standort der zur Untersuchung verwendeten Pflanzen: Steile Felswände unterhalb Laubegg am Südhang der Churfirstenkette, zirka 1000 m über Meer.

Makroskopische Merkmale der Rinde.

Aussen: Junge Rinde braun bis graubraun, ältere schmutzig-graubraun bis silbergrau, querrunzelig und stark knorrig, wenige Lentizellen.

Innen: Mattgelb bis gelbbraun mit gelben Längsstreifen.

Bruch: \pm stark und kurz faserig.

Anatomie.

Zirka $3\frac{1}{2}$ Monate alte Frühjahrstriebe.

(Durchmesser bis 1,4 mm, Rinde 0,3—0,35 mm dick.)

Querschnitte direkt unter der Gipfelknospe lassen im Parenchym der Innenrinde bereits *einzelne sekundäre Fasern* erkennen, obwohl die Perizykelfasern noch nicht vollständig ausgebildet, d. h. noch dünnwandig und eckig-polygonal sind (wie bei *Rh. alpina* Fig. 29).

1. Internodium.

Epidermis: Aussenwände \pm verdickt, mit vielen dickwandigen, einzelligen Haaren (Fig. 20 b).

Kollenchym: 1—4 Lagen, \pm dickwandige Zellen, mit Interzellularen; 1. eventuell 2. Lage \pm abgerundet polygonal, schwach radial gestreckt, 3. und 4. rundlich-oval und tangential gestreckt; mit Tüpfeln und selten Oxalatdrusen.

Parenchym der Aussenrinde: meist dünnwandige, getüpfelte, rundlich-ovale oder polygonal-abgerundete Zellen; teilweise grosse Interzellularen; ziemlich viele Drusen (bis 20μ).

Schleimlücken fehlen.

Endodermis: mit viel Stärke.

Perizykel: Fasern meist fertig ausgebildet, zum Teil schon relativ dickwandig.

Parenchym der Innenrinde: dünnwandige, polygonale Zellen zum Teil mit kleinen Oxalatdrusen oder Einzelkristallen (beide zum Teil in Kristallzellreihen). Einzelne sekundäre Fasern mit noch wenig verdickten, unverholzten Wänden. (Auch hier treten Einzelkristalle auf, bevor die sekundären Fasern ausgebildet sind.)

Primäre Siebröhren: englumig.

Markstrahlen: \pm deutlich, Zellen dünnwandig, radial gestreckt, meist grösser als Parenchymzellen der Innenrinde.

Kambium: vollständig, d. h. ringförmig.

Xylem: geschlossener Ring.

Mark: dünnwandige Zellen mit Tüpfeln, selten mit Drusen.

Der anatomische Bau im 1. Internodium entspricht im allgemeinen demjenigen von *Rh. alp.* subsp. *eu-alp.* im gleichen Alter mit kleinen Abweichungen (noch keine Korkbildung, mehr Drusen im Parenchym der Aussenrinde, Faserbildung im Perizykel mehr fortgeschritten).

Im 2. Internodium weist die Epidermis etwas weniger Haare auf, der Perizykel besteht aus ziemlich umfangreichen, tangential gestreckten, in radialer Richtung 2—3 Zellagen mächtigen Faserbündeln, die durch kurze Parenchymstreifen getrennt sind; die sekundären Fasern beginnen zu verholzen und bilden ebenfalls kleinere Bündel.

Von den folgenden Internodien fällt besonders das 4. auf, da sich in der subepidermalen Zellage ein Phellogen bildet, das Korkzellen erzeugt. Im Parenchym der Aussenrinde nimmt die Anzahl der Drusen ab, während in der Innenrinde neue sekundäre Faserbündel gebildet werden.

Die anatomische Struktur der folgenden Jahresstufen zeigt, dass die Rinde von *Rh. pumila* ein viel langsames Dickenwachstum aufweist als die übrigen

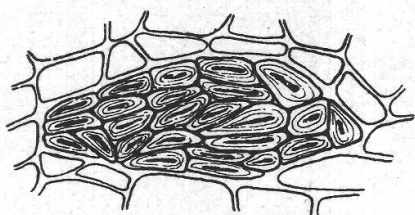


Fig. 38.

Querschnitt durch ein Perizykelfaserbündel von *Rh. pumila*.

untersuchten Arten, was sich übrigens auch auf Grund des allgemeinen Habitus der Pflanze erwarten liess. — Die \pm behaarte Epidermis kann bis zum 7. Jahr beobachtet werden, zuletzt natürlich nur noch in Fragmenten. Zugleich nimmt die Dicke der Korkschicht allmählich zu, um dann \pm konstant zu bleiben, infolge Ablösens der äussersten Schichten. Die Korkzellen werden mehr und mehr tangential zusammengedrückt und erscheinen daher ziemlich undeutlich. Bei 10jährigen Rinden kann ein Phelloderm konstatiert werden, das später bis 4 Lagen aufweist. Die Zahl der Oxalatdrusen im Parenchym der Aussenrinde hat wieder zugenommen. Auch die Endodermis erhält sich bis zum 7. Jahr \pm deutlich. Der perizyklische Faserring wird mit der Zeit gesprengt und die einzelnen Bündel rücken immer mehr auseinander; immerhin sind sie auch noch bei 20jährigen Rinden leicht auffindbar, da sie noch ziemlich häufig vorkommen. Die glashellen, geschichteten Wände der Perizykelfasern sind zum Teil fast so dick wie bei den sekundären Fasern, zum Teil erscheint das Lumen strichförmig, da sie schlauchartig und meist tangential zusammengedrückt sind. (Fig. 38.)

In der Innenrinde sind nur Siebröhren und sekundäre Faserbündel \pm grossen Veränderungen unterworfen. Die primären Siebröhren obliterieren relativ früh (bei zirka 5jährigen Rinden), gegenüber andern *Rhamnus*arten immerhin später; auch die sekundären Siebröhren beginnen mit 7 Jahren zum Teil zu obliterieren. Die sekundären Faserbündel bilden neue Reihen (2jährige 1—2, 10jährige bis 6, 15jährige 8—9 und 30jährige bis 12 Reihen). Die Fasern sind schon im 2. Jahr stark verholzt und dickwandig. Die Markstrahlen erscheinen im Querschnitt noch mit 7 Jahren etwas undeutlich und erreichen selten eine Breite von 3 Zellen.

Es wurden Rinden bis zu einem Alter von zirka 30 Jahren untersucht mit einer Dicke bis 1,5 mm (das Alter der Zweige war nicht immer genau zu bestimmen, da die Jahrringe zum Teil ausserordentlich nahe beieinander lagen). Wenn wir Dicke und anatomischen Bau berücksichtigen, könnten als Verfälschung der Drogen 15- eventuell 10- bis 30jährige oder noch ältere Rinden von *Rh. pumila* in Betracht kommen, für die zusammenfassend folgende Beschreibung gilt :

Anatomie der ausgewachsenen Rinde von *Rhamnus pumila* Turra.

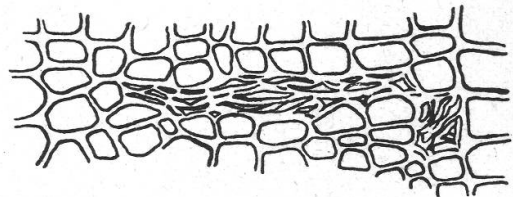
(Fig. 40)

Epidermis : Nicht mehr vorhanden.

Kork : Viele Lagen, hellgelb bis dunkelbraun, äussere Schichten abschiefernd; neu gebildete Korkzellen etwas dickwandiger als in den äusseren Lagen; Zellwände zum Teil gebogen, Zellen \pm tangential gestreckt in radialen und tangentialen Reihen; es konnte

Fig. 39.

Querschnitt durch Parenchym der Innenrinde von *Rh. pumila*. Obliterierte primäre Siebröhren.



keine Borkenbildung beobachtet werden, obwohl die Rinde sehr knorrig erscheint.

Phellogen : 1 Lage, dünnwandige, tangential gestreckte Zellen.

Phelloderm : 2—4 Lagen, dickwandiger als Korkzellen.

Kollenchym : 3—8 Lagen, tangential gestreckte, ovale oder rundliche, allseitig verdickte, getüpfelte Zellen mit gelber Masse und selten Stärke, zum Teil mit Oxalatdrusen. Kollenchym stellenweise, besonders unter den Lentizellen, fehlend und durch Parenchym ersetzt.

Parenchym der Aussenrinde : Mehrere Lagen, \pm dünnwandig (zum Teil ziemlich derbwandig wie Parenchym der Innenrinde), meist polygonale, getüpfelte Zellen mit braungelber Masse und Stärke, viele mit \pm grossen Oxalatdrusen (bis 20μ); stellenweise finden sich ähnlich wie bei *Rh. alpina* ebenfalls Partien des Aussenrindenparenchyms, die \pm weit in die Innenrinde hineinragen und meist sehr viele Drusen enthalten.

Schleimlücken fehlen.

Endodermis : Nicht differenziert.

Perizykel : Mehrere Lagen Parenchym, dazwischen Fasernester (bei alten Rinden sehr selten), aus meist dickwandigen, glashellen, geschichteten, nicht verholzten Fasern, die meist ziemlich stark schlauchartig tangential zusammengedrückt sind. (Beim Schneiden von Querschnitten, besonders bei älteren Rinden, werden die Perizykelfasern leicht herausgerissen.)

Parenchym der Innenrinde : Derbwandige, rechteckig-abgerundete bis rundlich-polygonale, zum Teil fein getüpfelte Zellen; im Längsschnitt \pm rechteckig, bis dreimal so lang wie breit, axial gestreckt.

Radialwände : Grobe Tüpfel oder Netzleisten.

Tangentialwände : Ohne Tüpfel.

Zellinhalt : Gelbe bis braungelbe Masse und Stärke; teilweise mit kleinen Oxalatdrusen, die zum Teil in Kristallzellreihen angeordnet sind, bis in die Nähe des Kambiums.

Primäre Siebröhren : Obliteriert (Fig. 39).

Sekundäre Siebröhren : Aussen obliteriert, gegen innen \pm deutlich, englumig.

Sekundäre Fasern : Bis 12 tangentiale Reihen von schmalen, meist kurzen Bündeln, die oft vollständig von Kristallzellreihen mit Einzel-

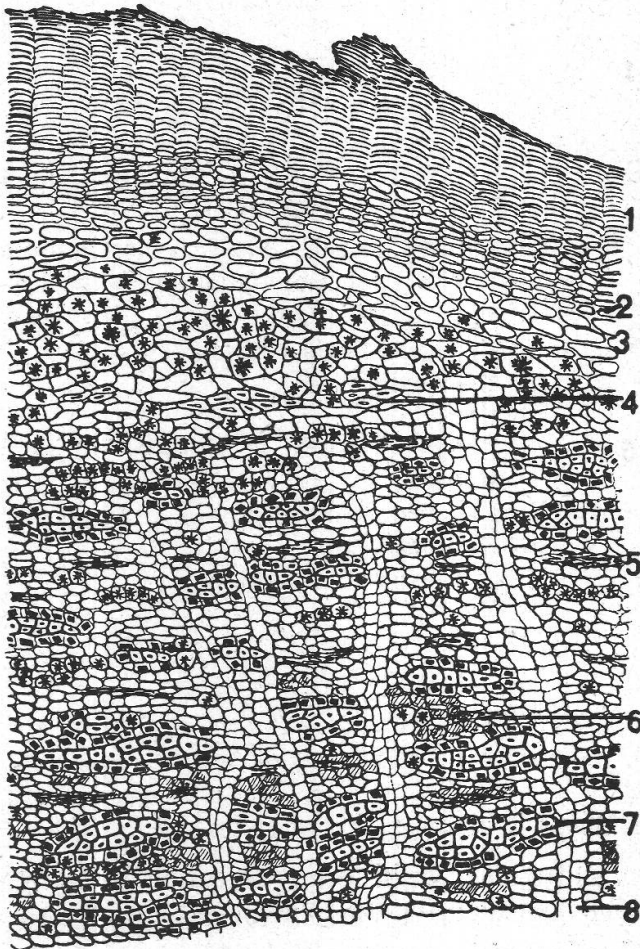


Fig. 40.

Querschnitt durch ausgewachsene Rinde von *Rh. pumila*. 75×

1. Kork.
2. Phellogen.
3. Kollenchym.
4. Perizykelfasern.
5. Obliterierte primäre Siebröhren.
6. Intakte sekundäre Siebröhren.
7. Sekundäre Faserbündel.
8. Markstrahlen.

kristallen ummantelt sind; Fasern stark verdickt, verholzt, gelb, getüpfelt, Schichtung nicht nachweisbar (beim Schneiden Bündel leicht herausfallend).

Markstrahlen : 1—2, selten 3 Zellen breit; meist leicht geschlängelt, heben sich wenig vom umgebenden Gewebe ab; aus dünnwandigen, schwach radial bis tangential gestreckten, getüpfelten Zellen. Zellinhalt : Gelbbraune Masse, wenig Stärke.

Stärke : Form und Grösse wie bei *Rh. Frangula* (Fig. 25); im Parenchym der Aussenrinde und Innenrinde, wenig im Kollenchym und in den Markstrahlen.

(Im Frühjahr weniger Stärker als im Herbst.)

Rhamnus cathartica L.

Bewehrter, meist bis 3 m hoher Strauch, seltener bis 8 m hoher, meist krummstämmiger Baum mit unregelmässiger, lockerer Krone oder auch niederliegender, kleinwüchsiger, verworrenästiger Strauch.

Allgemeine Verbreitung: fast ganz Europa, nördlich bis Norwegen, Schweden, Estland, Petersburg, Kasan, südlich bis Mittelspanien, Sizilien, Mazedonien (fehlt im südlichen Griechenland).

Standort der zur Untersuchung verwendeten Pflanzen: Katzenssee bei Zürich, 443 m über Meer, und Rehalp bei Zürich, zirka 550 m über Meer.

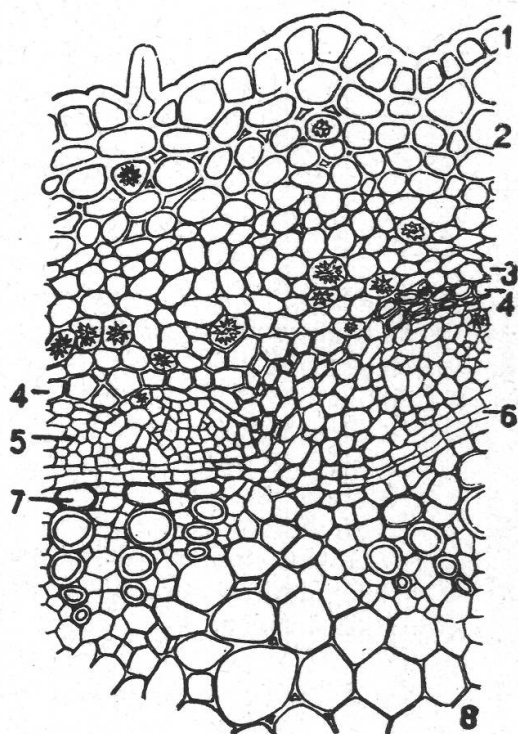


Fig. 41.

Querschnitt durch das 2. Internodium eines zirka drei Monate alten Frühjahrs-triebes von *Rh. cathartica*. 150×

1. Epidermis mit Haaren.
2. Kollenchym.
3. Endodermis.
4. Perizykelfasern (2 Entwicklungsstadien).
5. Primäre Siebröhren.
6. Kambium.
7. Sekundäre Gefässe.
8. Mark.

Makroskopische Merkmale der Rinde.

Aussen: Junge Rinde hellbraun glänzend, kahl oder seltener behaart, mit zerstreuten, ziemlich grossen Lentizellen, ältere dunkelgrau-braun, dunkelbraun bis schwärzlichbraun mit feinen querrunzeligen Rissen.

Innen: Gelb bis rötlichbraun, gelbe Längsstreifen.

Bruch: Sehr stark und lang faserig (hervorragende Fasern oft mehr als 1 cm lang).

Anatomie.

Zirka drei Monate alte Frühjahrstriebe.

Durchmesser: 1,2—2,5 mm, Dicke der Rinde bis zirka 0,3 mm.

Bei Quer- und Längsschnitten durch das Gewebe an der Ansatzstelle der Gipfelknospe kann folgende primäre Struktur konstatiert werden: Reichlich mit Haaren besetzte Epidermis, wenig differenziertes Parenchym mit zahlreichen Oxalatdrusen, Perizykelfasern noch nicht vorhanden, vereinzelte kleine Gefässbündel.

1. und 2. Internodium (Fig. 41).

Epidermis: Aussenwand wenig verdickt mit vielen einzelligen, dickwandigen Haaren (Fig. 20 b).

Kollenchym: meist nur zwei Lagen, zuerst wenig verdickte, polygonale, dann \pm verdickte ovale, tangential gestreckte Zellen; selten mit Drusen.

Parenchym der Aussenrinde: dünnwandig, rundlich-oval bis polygonal-abgerundet, ziemlich viele Zellen mit Drusen.

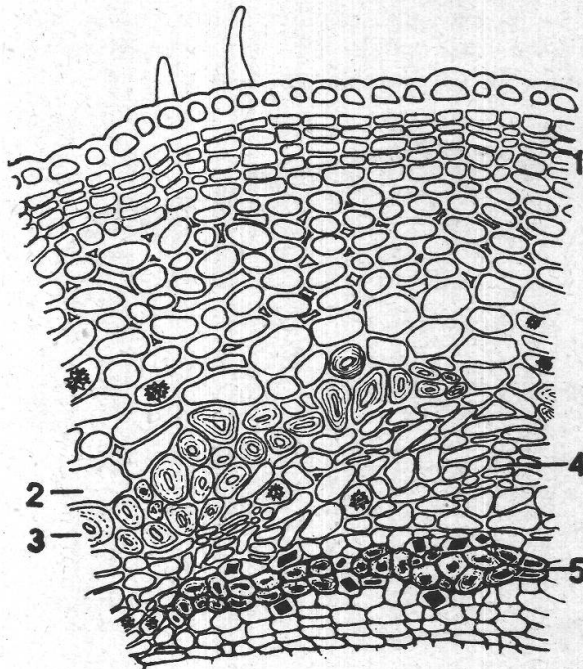
Endodermis: mit viel kleinkörniger Stärke, zum Teil noch nicht ringförmig.

Perizykel: Fasern erst zum Teil gebildet, noch dünnwandig, eckig-polygonal, in \pm halbmondförmigen Belägen über den Gefässbündeln, seltener abgerundet, hie und da von Kristallzellreihen mit Drusen begleitet.

Fig. 42.

Querschnitt durch das 7. Internodium eines zirka drei Monate alten Frühjahrstriebes von *Rh. cathartica*. 150 \times

1. Kork.
2. Endodermis.
3. Perizykelfasern.
4. Primäre Siebröhren.
5. Sekundäre Fasern.



Parenchym der Innenrinde: dünnwandige, polygonal-abgerundete Zellen, hie und da mit Oxalatdrusen.

Primäre Siebröhren: englumig, in Gruppen.

Markstrahlen: meist deutlich.

Kambium: oft erst faszikulär.

Xylem: durch dünnwandiges Holzparenchym getrennte Strahlen von wenigen, aussen weiten, nach innen enger werdenden Gefässen (sekundäre zum Teil dünnwandig und nicht verholzt).

Mark: \pm dünnwandige, noch nicht getüpfelte Zellen, einige mit Drusen.

Im 3. Internodium ist auch der Holzkörper zu einem vollständigen Ring geschlossen und die Markzellen erscheinen getüpfelt.

Mit zunehmendem Dickenwachstum beginnt in der ersten subepidermalen Zellschicht die Korkbildung, während zugleich die Epidermishaare \pm selten werden, und schon im 6. Internodium bei einer Rindendicke von 0,25–0,3 mm können im Parenchym der Innenrinde einzelne noch wenig verdickte und wenig verholzte sekundäre Fasern festgestellt werden. Auch bei *Rhamnus cathartica* treten die, später die sekundären Faserbündel begleitenden Kristallzellreihen mit Einzelkristallen auf, bevor die Fasern mikroskopisch nachzuweisen waren.

Das 7. Internodium lässt schon deutliche Bündel von sekundären Fasern erkennen, die jetzt ziemlich dickwandig und verholzt sind (Fig. 42).

Beim Übergang zum vorjährigen Trieb hat die Korkschicht bis $120\ \mu$ Dicke erreicht und die Epidermis gesprengt, so dass sie bereits beginnt sich abzulösen.

Acht Monate alte Rindenstücke zeigen ebenfalls eine stark zerrissene Epidermis mit wenigen kurzen Haaren.

Bei der *zweijährigen Rinde* (zirka 0,5 mm dick) ist die Epidermis meist abgestossen oder nur noch in Fragmenten vorhanden. Auch die Endodermis kann nicht mehr deutlich unterschieden werden und die primären Siebröhren beginnen zu obliterieren. Die sekundären Faserbündel sind in drei Reihen geordnet.

Die weitere Entwicklung geht in ähnlicher Weise vor sich wie bei den andern beschriebenen Arten. Mit fünf Jahren finden wir schon sämtliche Elemente der ausgewachsenen Rinde vorhanden, und da diese fünfjährige Rinde auch in bezug auf Dicke (bis 0,9 mm) als Verfälschung der offizinellen *Rhamnus*-drogen zu gebrauchen wäre, fassen wir die Beschreibung der folgenden Altersstufen zusammen. Die ältesten Rinden, die uns zur Verfügung standen, waren neunjährig und bis $1\frac{3}{4}$ mm dick.

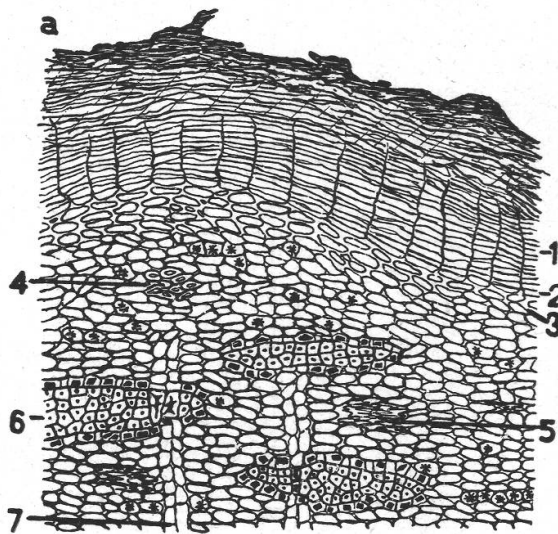


Fig. 43 a.

Querschnitt durch ausgewachsene Rinde von *Rh. cathartica*, mit Kork.
75 ×

1. Kork.
2. Phellogen.
3. Kollenchym.
4. Perizykelfasern.
5. Obliterierte primäre Siebröhren.
6. Sekundäre Faserbündel.
7. Markstrahl.

Anatomie der ausgewachsenen Rinde von *Rhamnus cathartica* L. (Fig. 43 a/b).

Epidermis : Nicht mehr vorhanden.

Kork : \pm dick, in Schichten, gelb bis dunkelbraun; nur 10—20 Lagen über dem Phellogen deutlich unterscheidbar, aussen \pm kompakte, braune Masse, äusserste Schichten sich ablösend; Korkzellen dünnwandig, tangential gestreckt, tafelförmig (Fig. 43 a).

Borke : \pm dick (zum Teil bis 0,6 mm); Korkbänder von 6—8 Lagen bis tief in die Aussenrinde und meist auch in die Innenrinde eingedrungen, oft die gesamte Aussenrinde und Teile der Innenrinde mit Perizykel- und sekundären Faserbündeln abborkend; Oxalatdrusen und Einzelkristalle, zum Teil auch sekundäre Faserbündel in der Borke oft noch deutlich erkennbar (Fig. 43 b).

Phellogen : 1 Lage dünnwandige, tangential gestreckte Zellen.

Kollenchym : Bis 5 Lagen, elliptische, tangential \pm zusammengedrückte, allseitig verdickte Zellen mit \pm grossen Tüpfeln; Interzellularen; im Längsschnitt Zellen rundlich bis schwach elliptisch.

Zellinhalt : Dunkelbraune Masse oder etwas Stärke.

Parenchym der Aussenrinde : Dünnwandige bis derbwandige, polygonale oder ovale Zellen, meist grob bis netzleistenartig getüpfelt; im Längsschnitt rundlich bis oval, wenig getüpfelt.

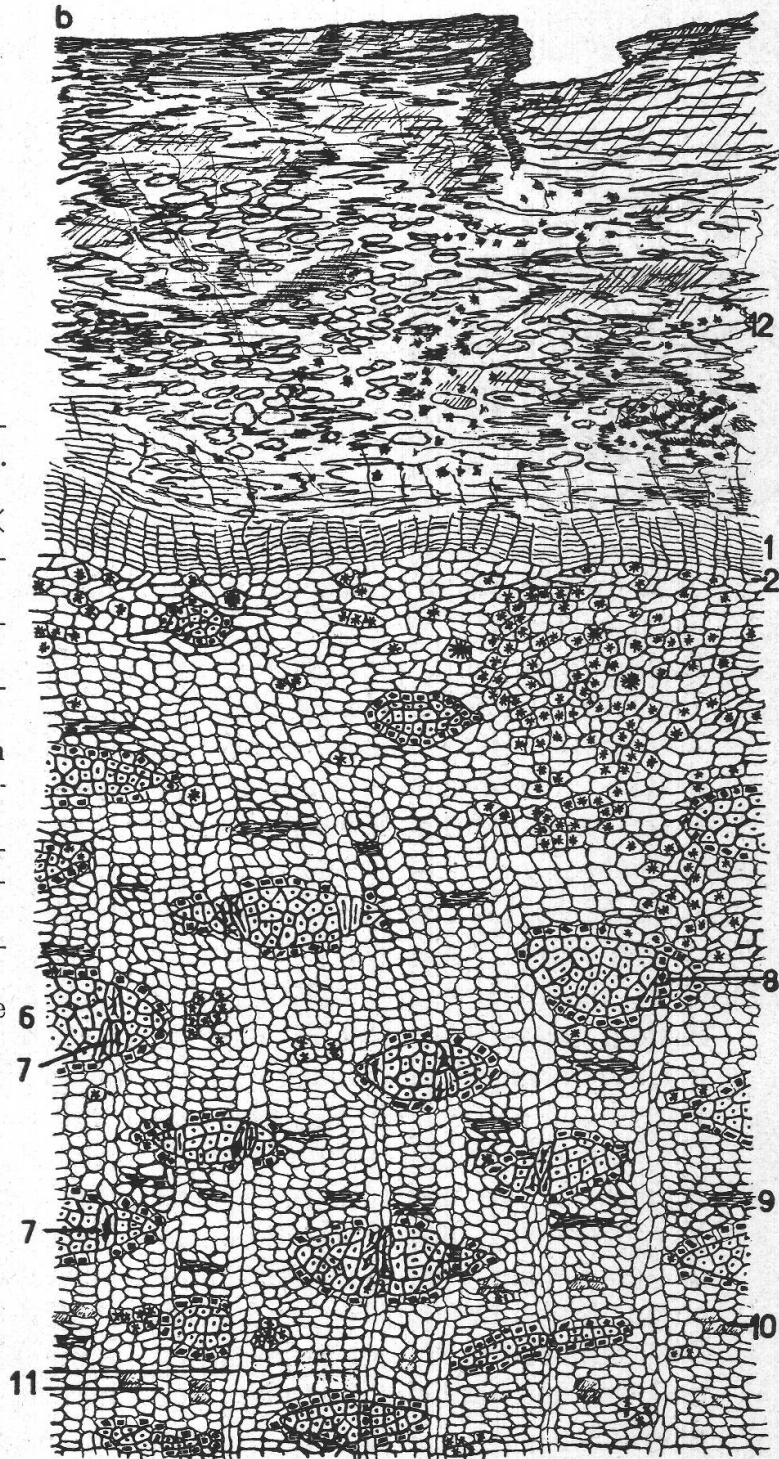
Zellinhalt : Hell- bis dunkelbraune Masse oder ziemlich viel Stärke; andere Zellen mit Oxalatdrusen (15—16 μ , seltener bis

Fig. 43 b.

Querschnitt durch ausgewachsene Rinde von *Rh. cathartica*, mit Borke.

75 \times

1. Sekundäre Korkschicht.
2. Sekundäres Phellogen.
6. Sekundäre Faserbündel.
7. Steinzellen zwischen den sekundären Faserbündeln.
8. Kristallzellen zwischen den sekundären Faserbündeln.
9. Obliterierte sekundäre Siebröhren.
10. Intakte sekundäre Siebröhren.
11. Markstrahlen.
12. Borke.



20 μ); Drusen stellenweise, vor allem unter den Lentizellen, gehäuft.

Endodermis : Nicht differenziert.

Perizykel : Fasernester selten, weit auseinander; Fasern \pm dickwandig, unverholzt, getüpfelt, glashell und geschichtet, tangential zusammengedrückt.

Parenchym der Innenrinde : Derbwandig, meist elliptisch bzw. rechteckig-abgerundet, zum Teil getüpfelt (aussen grob oder Netzleisten, innen fein oder nicht getüpfelt); im Längsschnitt aussen

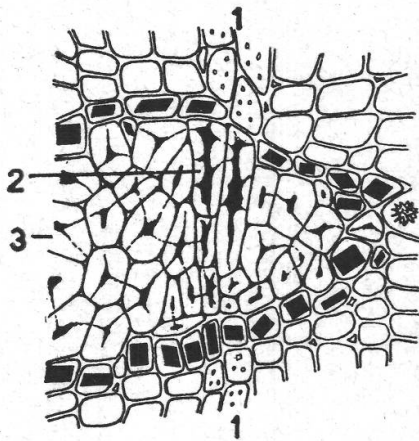


Fig. 44.

Querschnitt durch sekundäres Faserbündel in der Innenrinde von *Rh. cathartica*. Markstrahlzellen zwischen den sekundären Fasern in Steinzellen umgewandelt. 300 \times

1. Markstrahl.
2. Steinzellen.
3. Sekundäre Fasern.

oval und \pm axial gestreckt, innen rechteckig und \pm abgerundet, axial gestreckt;

Radialwände mit sehr vielen groben Tüpfeln oder Netzleisten, Tangentialwände höchstens fein punktiert.

Zellinhalt : Hell-, meist dunkelbraune Masse, in vielen Zellen Stärke; zum Teil mit Oxalatdrusen (10—12 μ), die oft in tangentialen oder axialen Kristallzellreihen angeordnet sind.

Primäre Siebröhren : Obliteriert.

Sekundäre Siebröhren : Aussen obliteriert, innen noch \pm deutlich, \pm englumig.

Sekundäre Fasern : In \pm elliptischen Bündeln, die in tangentialen Reihen angeordnet sind, allseitig von Kristallzellreihen mit Einzelkristallen umgeben; Fasern dickwandig, verholzt, gelb, mit feinen Porenkanälen, Schichtung nicht nachweisbar.

Die Verteilung der sekundären Faserbündel im Parenchym der Innenrinde ist meist eine ziemlich regelmässige. Bei schwacher Vergrößerung ähnelt die Innenrinde im Querschnitt einem Netz, dessen Löcher von den Faserbündeln, dessen Maschen von Parenchym, Siebröhrenpartien und Markstrahlen gebildet werden.

Die sekundären Faserbündel fallen beim Schneiden leicht heraus und das netzähnliche Aussehen der Innenrinde ist dann besonders deutlich.

Markstrahlen : 1—2, selten 3 Zellen breit, parallel oder wenig gebogen; aus dünnwandigen, \pm fein getüpfelten, oft nur wenig radial gestreckten Zellen mit brauner Masse oder viel Stärke.

Zwischen den sekundären Faserbündeln sind die Markstrahlzellen bei jüngeren Rinden in \pm sklerotisierte, Einzelkristalle führende Zellen umgewandelt, während bei älteren Rinden diese Kristallzellen meist nur noch in der Nähe des Kambiums vorkommen und aussen die Markstrahlzellen fast immer zu radial gestreckten, getüpfelten Steinzellen entwickelt sind (Fig. 44).

Stärke : Form und Grösse wie bei *Rhamnus Frangula* (Fig. 25); wenig im Kollenchym, \pm im Parenchym der Aussenrinde, viel im Parenchym der Innenrinde und in den Markstrahlen.

(Im Frühjahr ungefähr gleichviel Stärke wie im Herbst.)

Rhamnus saxatilis Jacquin.

Aufrechter, aufsteigender oder niederliegender, 20—60, bis 150 cm hoher, bewehrter Strauch.

Allgemeine Verbreitung : Nord-Spanien, Süd-, Südost- und Mittel-Frankreich, Mittel- und Nord-Italien, Schweiz, Süd-Deutschland, Ober- und Nieder-Österreich, Steiermark, Kärnten, Krain, Ungarn, Bosnien, Herzegowina, Serbien, Bulgarien, Rumänien.

Standort der zur Untersuchung verwendeten Pflanzen : Schooren bei Engen (badischer Jura), zirka 550 m über Meer.

Makroskopische Merkmale der Rinde.

Aussen : Junge Rinde \pm behaart, hellrotbraun; später silbergrau bis olivbraun, rissig, leicht abblättern und rollend (unter den gerollten Stücken hell- bis dunkelbraun); alte Rinde mit \pm grossen Inseln von dunkelbrauner bis schwarzer Borke; oft mit Flechten besetzt.

Innen : Hellbraun mit gelben Längsstreifen.

Bruch : Sehr stark und lang faserig (hervorragende Fasern oft mehr als 1 cm lang).

Anatomie.

Zirka 6 Monate alte Frühjahrstriebe.

Zirka $1\frac{1}{4}$ mm Durchmesser, Dicke der Rinde bis 0,25 mm.

1. Internodium (Fig. 45).

Epidermis : stark verdickte Aussenwände; mit vielen einzelligen, dickwandigen Haaren (Fig. 20 b), zum Teil noch mit Spaltöffnungen.

Kork : zum Teil noch nicht gebildet, zum Teil Anfangsstadien (Phellogen und 2—3 Lagen Korkzellen in der subepidermalen Zellage).

Kollenchym : 2—3 Lagen, meist rundliche, noch wenig verdickte Zellen mit Tüpfeln.

Parenchym der Aussenrinde : \pm dünnwandige, rundliche bis polygonale, getüpfelte Zellen, einige mit Oxalatdrusen (bis 18μ).

Endodermis : mit viel Stärke.

Perizykel: Fasern direkt unter der Knospe noch nicht vorhanden, etwas weiter unten wenig verdickt, eckig-polygonal.

Parenchym der Innenrinde: \pm dünnwandige, polygonal-abgerundete Zellen ohne Tüpfel.

Primäre Siebröhren: englumig.

Markstrahlen: zum Teil deutlich, radial gestreckte Zellen.

Kambium: meist vollständig, d. h. ringförmig.

Xylem: in den untern Teilen des Internodiums schon zum Ring geschlossen.

Mark: getüpfelt, einige Zellen mit Drusen.

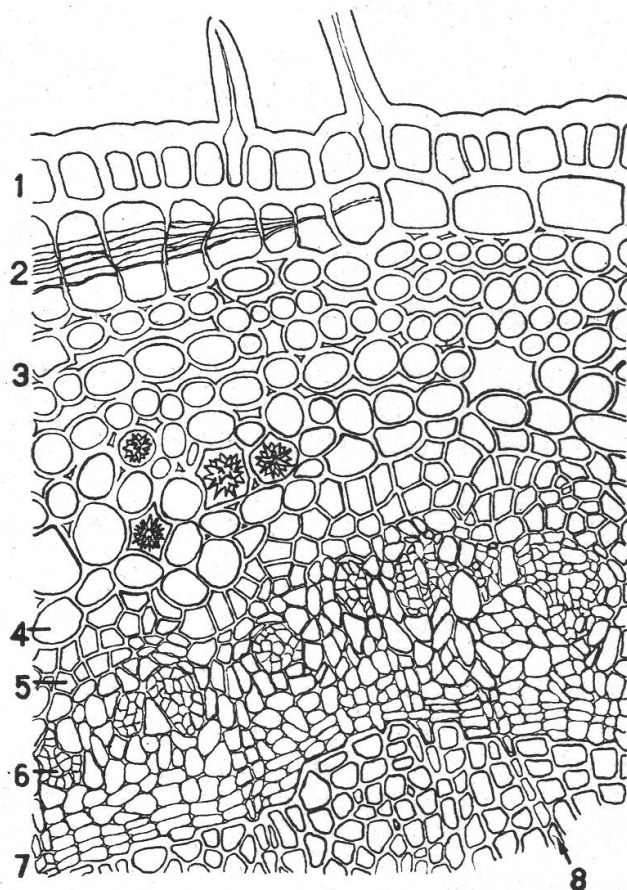


Fig. 45.

Querschnitt durch das 1. Internodium eines zirka 6 Monate alten Frühjahrstriebes von *Rh. saxatilis*. 300 \times

1. Epidermis mit Haaren.
2. Beginn der Korkbildung.
3. Kollenchym.
4. Endodermis.
5. Perizykelfasern (Anfangsstadium).
6. Primäre Siebröhren.
7. Kambium.
8. Markstrahl.

Im 2. Internodium haben die Fasern des Perizykels bereits eine abgerundete Form angenommen, sind aber immer noch wenig verdickt. Im Längsschnitt treten sie deutlich hervor. Im Parenchym der Innenrinde kommen Kristallzellreihen mit Drusen oder Einzelkristallen vor (also auch hier Einzelkristallzellreihen, bevor die sekundären Fasern erscheinen bzw. verdickte Wände zeigen). Einzelne sekundäre Fasern konnten erstmalig im 3. Internodium beobachtet werden, und zwar schon vollständig ausgebildete mit stark verdickten und verholzten Wänden (die Rinde eines anderen gleichaltrigen Triebes wies schon im 1. Internodium sekundäre Fasern auf, während die Perizykelfasern zum Teil fast fehlten).

In den folgenden Internodien (4. bis 10.) fällt eine starke Zunahme des Korkes auf (Fig. 46, Querschnitt durch 5. Internodium). Die Dicke des Korkes beträgt bis 120μ und damit fast die Hälfte der Gesamtdicke der Rinde.

Die Epidermis mit zahlreichen Haaren ist meistens noch vorhanden, erst im 8. Internodium beginnt sie sich teilweise abzulösen.

Kollenchym und Parenchym der Aussenrinde sind dickwandig, bilden aber zusammen selten mehr als 7—8 Lagen. Die perizyklischen Faserbündel, die sich zu einem Ring geschlossen hatten, beginnen im 10. Internodium schon wieder auseinander zu rücken. Die glashellen, unverholzten Fasern sind jetzt stark verdickt.

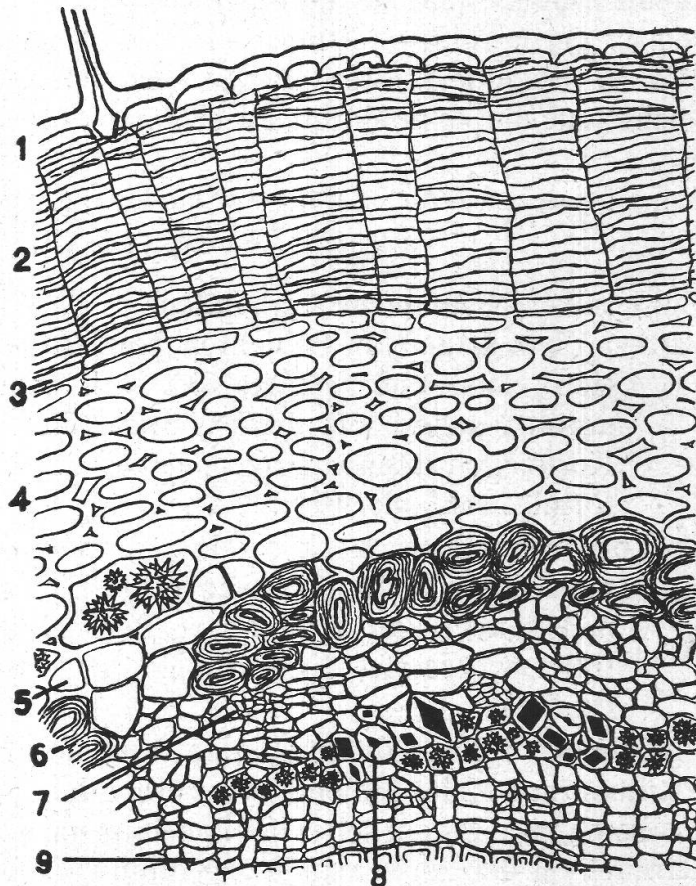
Das Parenchym der Innenrinde enthält zahlreiche kleine Drusen (5—6 μ , selten bis 10 μ ; in der Aussenrinde Drusen meist 20 μ und mehr, nur im Längsschnitt relativ zahlreich).

Die stark verdickten sekundären Fasern treten im 4. bis 6. Internodium noch einzeln auf, im 9. Internodium in Bündeln und zum Teil schon in 2 Reihen.

Fig. 46.

Querschnitt durch das 5. Internodium eines zirka 6 Monate alten Frühjahrstriebes von *Rh. saxatilis*. 300 \times

1. Epidermis.
2. Kork.
3. Phellogen.
4. Kollenchym.
5. Endodermis.
6. Perizykelfasern.
7. Primäre Siebröhren.
8. Sekundäre Faser.
9. Markstrahl.



Primäre und sekundäre Siebröhren sind englumig, aber bei stärkerer Vergrößerung gut erkennbar.

Im 12. Internodium beim Übergang zum vorjährigen Trieb werden die Drusen in der Aussenrinde auch im Querschnitt wieder zahlreicher, sind aber ausschliesslich auf 1—2 Zellreihen über der Endodermis lokalisiert. Infolge des starken Dickenwachstums der Gewebe der Innenrinde (bis 4 Reihen sekundäre Fasergruppen) wird der Perizykel immer mehr auseinandergerissen. Zugleich obliterieren die primären Siebröhren und auch die sekundären werden zum Teil zusammengedrückt.

Die weitere Entwicklung erfolgt in normaler Weise, wobei sich aber die Rinde durch eine ausserordentlich starke Korkbildung von den übrigen untersuchten Rinden unterscheidet. Schon im 2. Jahre bildet sich stellenweise eine eigentliche Borke, d. h. sekundäre Phellogenbänder dringen in die Aussenrinde, oft sogar in die Innenrinde ein, erzeugen Korkzellen und schneiden die aussenliegenden Gewebeteile von jeder Nahrungszufuhr ab. An einzelnen Stellen, allerdings

nicht sehr häufig, ist die Abborkung fast bis zum Holzkörper vorgedrungen und hat also beinahe die gesamte Rinde ausgeschaltet. Äusserlich zeigt sich diese starke Abborkung durch Abblättern bzw. Abrollen der Rinde. Bei Teilen der Rinde, die noch keine Borke gebildet hatten, konnte hie und da ein Phelloderm von 1—2 Zellagen beobachtet werden. Auch die Perizykelfaserbündel waren in diesen Rinden noch gut erkennbar, obwohl sie weit auseinander lagen und stark tangential zusammengedrückt waren. Die Endodermis hingegen ist schon relativ früh nicht mehr differenziert.

Es wurden bis 30jährige Rinden von 2,5—3 cm dicken Ästen untersucht. Infolge der starken Abborkung ist die Dicke der Rinde meist relativ gering (1,0—1,5 mm, selten bis 3 mm). Wie bei *Rhamnus cathartica* ist besonders ältere Rinde sehr schlecht schneidbar; sie zerreisst leicht und die sekundären Faserbündel fallen häufig heraus.

Anatomie der ausgewachsenen Rinde von *Rhamnus saxatilis* Jacquin (Fig. 47 a/b).

Epidermis : Nicht mehr vorhanden.

Kork : Viele Lagen, in Schichten bzw. Zonen eingeteilt (Jahresproduktion), äusserste Schicht löst sich zum Teil ab, zum Teil ist sie gerollt; aussen oft dunkelbraun, innen hellgelb bis dunkelbraun; Korkzellen dünnwandig, meist \pm stark tangential gestreckt, tafelförmig, schlank (Fig. 47 a).

Borke : Sekundäre Korkschichten innerhalb des Rindenparenchyms, meist bis weit in die Innenrinde; Elemente der abgetrennten Rinde meist noch gut erkennbar (Parenchym : mit brauner Masse gefüllte, verzerrte, derbwandige, abgestorbene Zellen; Faserbündel, Oxalat).

Phellogen : 1 Lage dünnwandige, tangential gestreckte Zellen.

Phelloderm : Meist fehlend, wo vorhanden 1—2 Lagen stark.

Kollenchym : Eigentliches Kollenchym meist nicht mehr vorhanden.

Parenchym der Aussenrinde : \pm dünnwandige, \pm grob getüpfelte, meist tangential etwas zusammengedrückte, polygonale Zellen mit gelber Masse, selten mit Stärke, z. T. mit Drusen (bis 20 μ).

Endodermis : Nicht differenziert.

Perizykel : Faserbündel selten und mit sehr grossen Abständen, stark collabiert; Fasern glashell, unverholzt, \pm dickwandig, geschichtet und getüpfelt.

Meist folgt auf ein sekundäres Phellogen Parenchym der Innenrinde mit sekundären Faserbündeln (bei Abborkung).

Parenchym der Innenrinde : Polygonale bis rechteckig-abgerundete, derbwandige Zellen, selten mit feinen Tüpfeln; im Längsschnitt \pm rechteckig, axial gestreckt, bis 3mal so lang wie breit;

Radialwände mit grossen Tüpfeln oder Netzleisten;

Tangentialwände ohne Tüpfel;

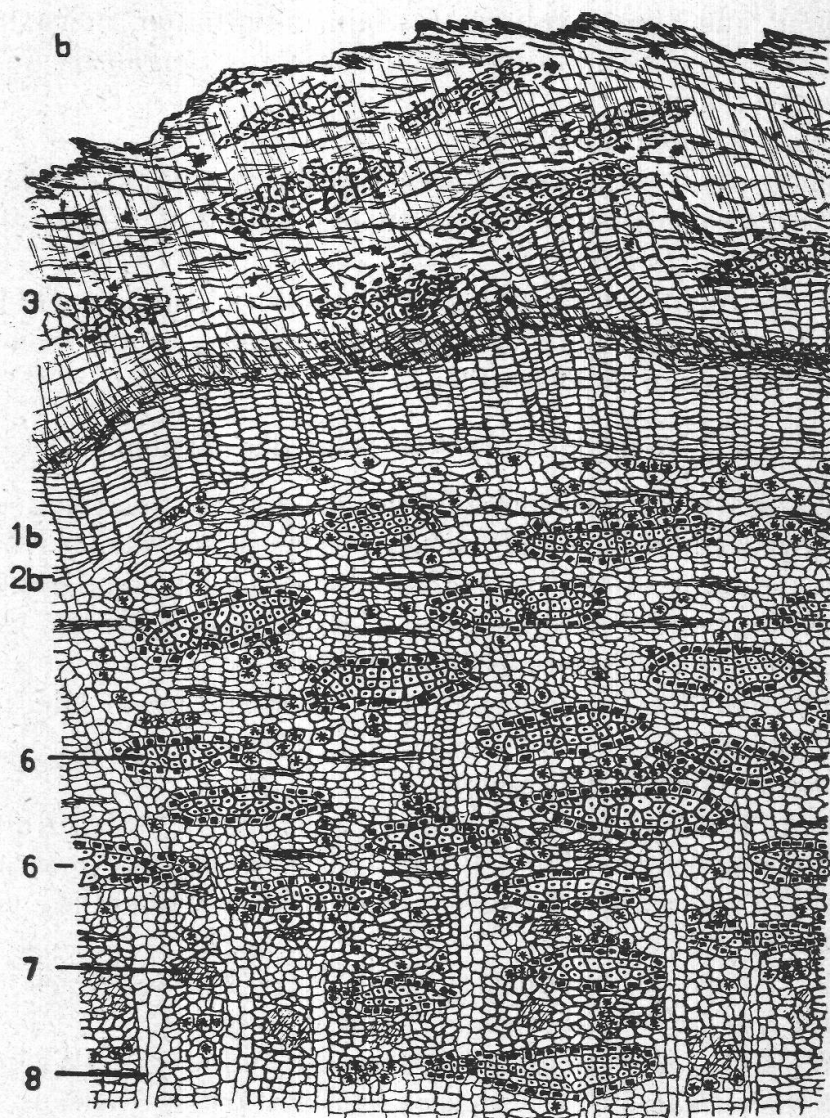
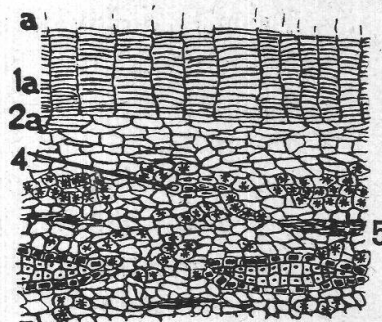
Zellinhalt: Gelbe Masse, wenig Stärke; Oxalatdrusen (maximal 15μ) oft in tangentialen und axialen Kristallzellreihen.

Primäre Siebröhren: Obliteriert und oft abgeborkt.

Fig. 47 a/b.

Querschnitt durch ausgewachsene Rinde von *Rh. saxatilis*: a) mit Kork, b) mit Borke. $75 \times$

- 1 a. Primärer Kork.
- 1 b. Sekundärer Kork.
- 2 a. Primäres Phellogen.
- 2 b. Sekundäres Phellogen.
3. Borke.
4. Perizykelfasern.
5. Obliterierte primäre Siebröhren.
6. Sekundäre Faserbündel.
7. Intakte sekundäre Siebröhren.
8. Markstrahl.



Sekundäre Siebröhren : Oft obliteriert, gegen Kambium noch deutlich, ungefähr gleich weit wie Parenchymzellen.

Sekundäre Fasern : Meist schmale, tangential gestreckte Bündel, in tangentialen Reihen angeordnet, meist stark ummantelt von Kristallzellreihen mit Einzelkristallen;

Fasern dickwandig, verholzt, gelb, mit feinen Tüpfelkanälen, Schichtung nicht nachweisbar.

Ähnlich wie bei *Rh. cathartica* ist die Verteilung der sekundären Faserbündel meist eine ziemlich regelmässige, so dass bei Querschnitten die Innenrinde wie ein Netz aussieht, dessen Löcher von den Faserbündeln ausgefüllt und dessen Maschen von Parenchym, Siebröhrenpartien und Markstrahlen gebildet werden.

Die sekundären Faserbündel fallen beim Schneiden leicht heraus und das netzähnliche Aussehen der Innenrinde ist dann besonders deutlich.

Markstrahlen : 1—2, selten 3 Zellen breit, \pm parallel, zum Teil leicht gebogen; aus dünnwandigen, \pm fein getüpfelten, meist nur innen aus \pm deutlich radial, aussen zum Teil aus tangential gestreckten Zellen bestehend.

Zellinhalt : Gelbe Masse, wenig Stärke.

Zwischen den sekundären Faserbündeln in zum Teil sklerotisierte Kristallzellen mit Einzelkristallen umgewandelt (keine Steinzellen wie bei *Rh. cathartica*).

Stärke : Wenig, nicht deutlich nachweisbar, Form ähnlich wie bei *Fragula*, kleinkörnig; selten in der Aussenrinde, wenig in der Innenrinde und in den Markstrahlen.

III. Vergleichende Anatomie der Rinden.

Eine Vergleichung der untersuchten Rinden hat pharmakognostisch vor allem zwischen den fertig entwickelten, ausgewachsenen Stadien einen Wert, denn nur diese kommen als Substitution der Drogen in Betracht. Da eine Anzahl anatomischer Merkmale der Rinden gleich ist, wollen wir diese zuerst kurz zusammenfassen.

Alle untersuchten, ausgewachsenen Rinden haben die folgenden Merkmale gemeinsam :

Epidermis : Nicht mehr vorhanden.

Kork : Aus \pm rechteckigen, tangential gestreckten, tafelförmigen Zellen, in tangential-radialen Reihen.

Phellogen : 1 Lage dünnwandige, rechteckige, tangential gestreckte Zellen.

Phelloderm : Soweit vorhanden \pm rechteckige Zellen, gleich orientiert wie die Korkzellen, aber ohne deren Inhalt.

Kollenchym : Unter den Lentizellen fehlend und durch Parenchym ersetzt; wo vorhanden, aus meist allseitig stark verdickten, rundlich-

ovalen, \pm tangential gestreckten Zellen bestehend, mit Interzellularen.

Parenchym der Aussenrinde : Im Querschnitt meist polygonale, seltener rundlich-ovale, im Längsschnitt rundliche bis ovale, seltener polygonale bis rechteckige Zellen, zum Teil verzerrt.

Endodermis : Nicht differenziert.

Perizykel : Mehrere Lagen Parenchym, dazwischen \pm selten bzw. weit auseinander, meist kleine Faserbündel aus meist ziemlich stark schlauchförmig zusammengedrückten Fasern mit glashellen, geschichteten, getüpfelten, unverholzten Wänden.

Parenchym der Innenrinde : Aus rechteckig-abgerundeten, seltener polygonalen, meist derbwandigen Zellen, oft in \pm regelmässigen radialen Reihen; im Längsschnitt \pm rechteckig, meist 2—3mal so lang wie breit, axial gestreckt; Querwände nicht oder verschiedenartig getüpfelt; Radialwände durchwegs mit groben Tüpfeln oder Netzleisten; Tangentialwände nicht getüpfelt oder punktiert.

Primäre Siebröhren : Obliteriert (Fig. 39, *Rh. pumila*).

Sekundäre Siebröhren : Aussen obliteriert, in den inneren Teilen der Innenrinde noch nicht zusammengefallen, weit- oder englumig.

Sekundäre Fasern : In tangential gestreckten Bündeln, die \pm regelmässig in tangentialen Reihen angeordnet und von Kristallzellreihen mit Einzelkristallen \pm dicht umgeben sind; Fasern im Querschnitt \pm polygonal, gelb, dickwandig, verholzt, mit feinen Tüpfelkanälen, zum Teil undeutlich gezont.

Markstrahlen : Aus dünnwandigen, getüpfelten Zellen, zwischen den sekundären Faserbündeln zum Teil in \pm sklerotisierte Kristallzellen mit Einzelkristallen oder in Steinzellen verwandelt oder unverändert.

Steinzellen : Soweit vorhanden stark verdickt, verholzt, gelb, geschichtet und getüpfelt, meist ganze Nester bildend (Aussenrinde und äussere Teile der Innenrinde) und diese Nester ummantelt von Kristallzellen mit Einzelkristallen; Kristallmantel nicht vollständig.

Stärke : Grössere Körner bis zirka $6\ \mu$ mit wulstartigem Rand und kleine von maximal $2\ \mu$. Form und Grösse überall fast gleich; Unterschiede nur im prozentualen Verhältnis der grossen und kleinen Körner.

UV Fluoreszenz : Alle Rinden zeigen in trockenem Zustand (Schnitte und Pulver) im auffallenden ultravioletten Licht hell- bis stahlblau fluoreszierende Fasern (je nach Verholzungsgrad), braun oder gelblichbraun fluoreszierendes Parenchymgewebe und hellblauen bis violettblauen Kork.

Die anatomischen Unterschiede der Rinden sind in nachfolgenden Tabellen zusammengestellt :

Tabelle 1a.

Anmerkung: A. Ri. = Aussenrinde
I. Ri. = Innenrinde

	<i>Rhamnus Frangula</i> L.	<i>Rh. Purshiana</i> DC.	<i>Rh. alpina</i> L. subsp. <i>eu-alpina</i> Beger
<i>Makroskopisch:</i> Aussen :	graubraun bis dunkelbraun, glatt oder runzelig-rissig	graubraun bis dunkelbraun, rau, längsrissig und runzelig	graubraun bis silbergrau, längsrissig oder runzelig, feine dunkle Flecken
Lentizellen :	zahlreich, hellgrau	±, weniger als <i>Frangula</i>	selten
Flechten :	± selten	häufig	selten
Innen :	hellgelb bis rotbraun, Längsstreifen	mattgelbbraun bis schwarzbraun, Längsstreifen	gelbbraun, hellgelbe Längsstreifen
Bruch :	wenig und sehr kurz faserig	wenig und kurz faserig	ziemlich stark, aber kurz faserig
<i>Mikroskopisch:</i> Aussenrinde: Kork :	10—20 Lagen, dünnwandig	10 und mehr Lagen, dünnwandig	15—20 Lagen, dünnwandig, meist gegen aussen gebogen
Inhalt :	braun bis braunrot	braun bis gelbbraunrot	braun bis dunkelbraun bis rötlichbraun
Borke :	fehlt	selten	stellenweise, A. Ri. z. T. abgestossen

Tabelle 1 a.

<i>Rh. alpina</i> L. subsp. <i>fallax</i> (Boiss.) Beger	<i>Rh. pumila</i> Turra	<i>Rh. cathartica</i> L.	<i>Rh. saxatilis</i> Jacquin.
graubraun bis dunkelbraun, rissig, rauh, z. T. borkig	schmutziggrau-braun bis silbergrau, querrunzelig, stark knorrig	dunkelgraubraun bis schwärzlichbraun, feine querrunzelige Risse	silbergrau bis olivbraun, rissig, leicht abblätternd und rollend
selten	selten	selten	fehlen
fehlen	fehlen	fehlen	häufig
gelb, gelbbraun bis rötlichbraun, Längsstreifen	mattgelb bis gelbbraun, gelbe Längsstreifen	gelb bis rötlichbraun, gelbe Längsstreifen	hellbraun, gelbe Längsstreifen
ziemlich stark aber kurz faserig	± stark und kurz faserig	sehr stark und lang faserig	sehr stark und lang faserig
8—10, selten mehr deutliche Lagen, dünnwandig	viele Lagen, z. T. etwas derbwandig und gebogen	10—20 Lagen deutlich, dünnwandig	viele Lagen, in Zonen von versch. Farbe, dünnwandig
gelb, hell- bis dunkelbraun	hellgelb bis dunkelbraun	gelb bis dunkelbraun	hellgelb bis dunkelbraun
± häufig, bis äussere Teile der I. Ri.	fehlt	bei alter Rinde ziemlich häufig, bis I. Ri.	häufig, bis I. Ri., stellenweise fast bis Holzkörper

Tabelle 1 b.

	<i>Rhamnus Frangula</i> L.	<i>Rh. Purshiana</i> DC.	<i>Rh. alpina</i> L. subsp. <i>eu-alpina</i> Beger
Phelloderm :	1—2 Lagen	selten, stellenweise, 1—2 Lagen	stellenweise, 2—3 Lagen, derb- wandig
Kollenchym :	3—6 Lagen, grob getüpfelt, stellen- weise fehlend	3—8, meist 5 Lagen, getüpfelt, stellen- weise fehlend	± fein getüpfelt, stellenweise fehlend
Inhalt :	grünlichgelbe Masse	braune Masse, z. T. Stärke	gelbbraune Masse, selten Stärke
Parenchym der Aussenrinde :	± dünnwandig, meist grob ge- tüpfelt	± dünnwandig, fein bis grob getüpfelt	± derbwandig, kleine Interzellu- laren, z. T. grob getüpfelt
Inhalt :	grünlichgelbe Masse, wenig Stärke	gelbbraune Masse, ± Stärke	gelbe Masse, wenig Stärke
Oxalat :	viele Drusen	viele Drusen	sehr viele Drusen
Verteilung der Drusen :	bis zum Perizykel	bis zum Perizykel	keilförmige Partien bis in die I. Ri.
Schleimlücken :	selten, ± stark collabiert	seltener als bei <i>Frangula</i>	fehlen
Steinzellen :	fehlen	zahlreiche Nester in der A. Ri. und den äusseren Tei- len der I. Ri.	wie bei <i>Purshiana</i> , aber seltener (zirka 33 % der Schnitte)

Tabelle 1 b.

<i>Rh. alpina</i> L. subsp. <i>fallax</i> (Boiss.) Beger	<i>Rh. pumila</i> Turra	<i>Rh. cathartica</i> L.	<i>Rh. saxatilis</i> Jacquin.
stellenweise, 2—3 Lagen	2—4 Lagen, dick- wandiger als Kork	fehlt	selten 1—2 Lagen
bis 8 Lagen, oft wenig verdickt, getüpfelt	3—8 Lagen, getüpfelt	bis 5 Lagen, grob getüpfelt	meist nicht vor- handen
selten Stärke	z. T. Drusen, gelbe Masse, selten Stärke	dunkelbraune Masse, wenig Stärke	—
meist dünnwandig, fein bis netz- leistenartig ge- tüpfelt	dünnwandig, z. T. derbwandig, getüpfelt	dünn- bis derbwand- ig, oft netzlei- stenartig getüp- felt	± dünnwandig, ± grob getüpfelt
gelb- bis dunkel- braune Masse, wenig Stärke	braungelbe Masse, ± Stärke	hell- bis dunkel- braune Masse, ziemlich viel Stärke	gelbe Masse, selten Stärke
sehr viele Drusen	viele Drusen	± Drusen	± Drusen
keilförmige Partien bis in die I. Ri.	stellenweise Par- tien bis in die I. Ri.	bis zum Perizykel	bis zum Perizykel
fehlen	fehlen	fehlen	fehlen
wie bei <i>Purshiana</i> , meist kleinere Nester, selten, z. T. sehr selten	fehlen	Markstrahlzellen zwischen den se- kundären Faser- bündeln in Stein- zellen verwandelt	fehlen

Tabelle 1 c.

	<i>Rhamnus Frangula</i> L.	<i>Rh. Purshiana</i> DC.	<i>Rh. alpina</i> L. subsp. <i>eu-alpina</i> Beger
Innenrinde: Perizykel:	Faserbündel wenig zahlreich, aber re- lativ leicht auf- findbar, Fasern schwach verdickt	Faserbündel selten, Fasern \pm ver- dickt	Faserbündel selten, Fasern \pm verdickt
Parenchym der Innenrinde:	im Querschnitt z. T. getüpfelt, \pm fein bis netzleisten- artig	im Querschnitt sel- ten fein getüpfelt	im Querschnitt z. T. fein getüpfelt
Inhalt:	gelbe Masse, wenig Stärke	gelbe bis braune Masse, \pm Stärke	gelbe Masse, wenig Stärke
Oxalat:	Drusen, gegen Kam- bium abnehmend, z. T. in axialen Kristallzellreihen	Drusen und Einzel- kristalle, z. T. in axialen Kristall- zellreihen, \pm zahl- reich, z. T. nur in den äusseren Teil- en der I. Ri., z. T. bis Kambium	viele Drusen, im ganzen Paren- chym der I. Ri., z. T. in tangent. und axialen Kri- stallzellreihen
Sekundäre Sieb- röhren:	innen weitleumig	innen weitleumig	innen \pm englumig
Sekundäre Fasern:	Bündel relativ breit und lang, Fasern undeutlich ge- zont	Bündel schmaler als bei <i>Frangula</i> , Fa- sern undeutlich gezont	Bündel meist schmal, Schich- tung der Fasern nicht nachweisbar
Kristallmantel:	unterbrochen, z. T. einseitig	unterbrochen	wenig unterbrochen

Tabelle 1 c.

<i>Rh. alpina</i> L. subsp. <i>fallax</i> (Boiss.) Beger	<i>Rh. pumila</i> Turra	<i>Rh. cathartica</i> L.	<i>Rh. saxatilis</i> Jacquin.
Faserbündel selten, aber relativ leicht auffindbar, da wenig collabiert, Fasern \pm verdickt	Faserbündel selten, bei alten Rinden sehr selten, Fa- sern meist dick- wandig	Faserbündel selten, Fasern \pm verdickt	Faserbündel selten, meist stark colla- biert, Fasern \pm dickwandig
im Querschnitt z. T. fein getüpfelt, oft undeutlich	im Querschnitt z. T. fein getüpfelt	im Querschnitt aus- sen grob oder netzleistenartig, innen fein oder nicht getüpfelt	im Querschnitt sel- ten fein getüpfelt
gelbe bis braune Masse, viel Stärke	gelbe bis braun- gelbe Masse, \pm Stärke	hell-, meist dunkel- braune Masse, viel Stärke	gelbe Masse, wenig Stärke
Drusen, im ganzen Parenchym der I. Ri. bis Kam- bium, z. T. in tan- gential. u. axia- len Kristallzell- reihen	Drusen, im ganzen Parenchym der I. Ri. bis Kambium, z. T. in axialen Kristallzellreihen	\pm Drusen, z. T. in tangentialen und axialen Kristall- zellreihen	\pm Drusen, oft in tangentialen und axialen Kristall- zellreihen
innen \pm englumig	innen \pm englumig	innen \pm englumig	innen ungefähr gleich weit wie Parenchymzellen
Bündel deutlich el- liptisch, seltener schmal, leicht her- ausfallend, Schichtung der Fasern nicht nachweisbar	Bündel schmal und meist kurz, leicht herausfallend, Schichtung der Fasern nicht nachweisbar	Bündel \pm elliptisch, meist ziemlich re- gelmässig in der I. Ri. verteilt, leicht herausfal- lend, Schichtung der Fasern nicht nachweisbar	Bündel meist rela- tiv schmal, meist ziemlich regel- mässig in der I. Ri. verteilt, leicht herausfallend, Schichtung der Fasern nicht nachweisbar
meist unterbrochen	oft vollständig	oft vollständig	oft vollständig

Tabelle 1 d.

	<i>Rhamnus Frangula</i> L.	<i>Rh. Purshiana</i> DC.	<i>Rh. alpina</i> L. subsp. <i>eu-alpina</i> Beger
Markstrahlen :	zahlreich, ± geschlängelt, Zellen radial gestreckt	zahlreich, nach aussen gebogen, Zellen z. T. stark radial gestreckt	meist parallel, nach aussen z. T. stark verbreitert, Zellen meist wenig radial gestreckt
Breite :	1—2, seltener 3 Zellen breit	bis 5, meist 2—4 Zellen breit	1—6, meist 2—5 Zellen breit
Inhalt :	gelbe Masse	gelbe Masse, Stärke	gelbe Masse, Stärke, z. T. kleine Drusen
Zwischen d. sekundären Faserbündeln :	z. T. Kristallzellen mit Einzelkristallen	normal	oft Kristallzellen mit Einzelkristallen
Stärke :	grosse und kleine Körner, im Parenchym der A. Ri. und I. Ri.	grosse und kleine Körner, ± im Parenchym d. A. Ri. und in den Markstrahlen, wenig im Parenchym d. I. Ri.	mehr grosse Körner, rundlicher als bei <i>Frangula</i> , wenig im Parenchym der A. Ri. und I. Ri. und in den Markstrahlen

Tabelle 1 d.

<i>Rh. alpina</i> L. subsp. <i>fallax</i> (Boiss.) Beger	<i>Rh. pumila</i> Turra	<i>Rh. cathartica</i> L.	<i>Rh. saxatilis</i> Jacquin.
parallel, selten geschlängelt, nach aussen meist schmaler werdend, innen radial, aussen mehr tangential gestreckt	meist leicht geschlängelt, sich wenig abhebend, wenig radial, z. T. tangential gestreckt	parallel oder wenig gebogen, meist nur wenig radial gestreckt	± parallel, nach aussen leicht gebogen, innen ± deutlich radial, aussen oft tangential gestreckt
2—5, in der Nähe d. Kambiums z. T. bis 7 Zellen breit	1—2, selten 3 Zellen breit	1—2, selten 3 Zellen breit	1—2, selten 3 Zellen breit
gelbe bis braune Masse, viel Stärke	gelbbraune Masse, wenig Stärke	braune Masse, viel Stärke	gelbe Masse, wenig Stärke
z. T. Kristallzellen mit Einzelkristallen	normal	Steinzellen od. seltener Kristallzellen mit Einzelkristallen	z. T. Kristallzellen mit Einzelkristallen
mehr grössere Körner; viel im Parenchym der I. Ri. und in den Markstrahlen, selten im Kollenchym, wenig im Parenchym der A. Ri.	grosse und kleine Körner; ± im Parenchym der A. Ri. und I. Ri., wenig im Kollenchym und in den Markstrahlen	grosse und kleine Körner; viel im Parenchym der I. Ri. und in den Markstrahlen, ± im Parenchym der A. Ri., wenig im Kollenchym	Form undeutlich, kleinkörnig; wenig im Parenchym der I. Ri. und in den Markstrahlen, selten im Parenchym der A. Ri.

D. Zusammenfassung.

1. Die Ausscheidung der in *Rhamnus Frangula* und *Rhamnus cathartica* vorkommenden Calciumoxalatdrusen erfolgt nicht direkt in der endgültigen Gestalt. Wir unterscheiden drei verschiedene Wege der Entwicklung:
 - a) Die erste Ablagerung besteht aus kleinen Kriställchen im Plasma (maximal $2\ \mu$ Durchmesser), die sich um ein Zentrum \pm kreisförmig sammeln, um dann über mehrere Zwischenformen in die Morgensterndrusen überzugehen;
 - b) es entsteht aus der ersten Ausscheidung ein Sphärit, der sich allmählich in eine Druse verwandelt;
 - c) die Druse kann sich durch Anlagerung neuer Individuen an Einzelkristalle bilden.
2. Die Bildung der Einzelkristalle geht in normaler Weise durch Apposition vor sich.
3. Calciumfreie Nitratkulturen liefern bedeutend weniger Calciumoxalat in den Keimlingen und nur Einzelkristalle.
4. Die gebildeten Kristalle sind zum grössten Teil Monohydrat. Die Bildung der verschiedenen Formen kann durch verschiedene Kristallisationsgeschwindigkeit und Konzentrationsverhältnisse teilweise erklärt werden: Sphärite entstehen bei Überschuss an Calcium-Ionen, Drusen bei Anwesenheit ungefähr äquivalenter Mengen beider Ionen und relativ rascher Kristallisation, Einzelkristalle bei Überschuss an Oxalat-Ionen (oder Kalkmangel) und langsamer, ruhiger Kristallisation.
5. Übereinstimmend mit 4. ergibt die Lokalisation der Kristalle, abgesehen von einigen Ausnahmen, im allgemeinen folgendes Bild: Drusen in dünnwandigen Zellen (Rindenparenchym und innere Markzellen), Einzelkristalle in \pm dickwandigen Zellen (Kristallzellreihen in der Umgebung der Fasern, verholzte Randzellen des Markes).

Erste Ausscheidung bei *Rhamnus cathartica* im Hypokotyl, bei *Rhamnus Frangula* in den Kotyledonen.
6. Es wurden die Rinden der folgenden Rhamnusarten entwicklungsgeschichtlich und vergleichend anatomisch untersucht:

Rhamnus Frangula L., *Rhamnus Purshiana* DC.,
Rhamnus alpina L. subsp. *eu-alpina* Beger,
Rhamnus alpina L. subsp. *fallax* (Boiss.) Beger,
Rhamnus pumila Turra, *Rhamnus cathartica* L. und
Rhamnus saxatilis Jacquin.
7. Die Entwicklung der untersuchten *Rhamnus*rinden erfolgt in ungefähr gleicher Weise; Verschiedenheiten ergeben sich hauptsächlich im zeitlichen Auftreten der einzelnen Elemente der Rinden.

8. Ein Zusammenhang zwischen Reihenbildung bei den sekundären Fasern der Innenrinde und dem Alter besteht nicht.
9. Die Verteilung der Calciumoxalatkristalle im Parenchym der Innenrinde von typischen *Rhamnus Purshiana* DC. variiert je nach Provenienz der Rinden. Vermutlich spielt hier die Bodenzusammensetzung (Kalkgehalt) eine Rolle. Eine Untersuchung, inwieweit dies der Fall ist und ob eventuell Rinden von morphologisch differenten Rassen oder Bastarden mit *Rhamnus Californica* Esch. zur Substitution von *Cortex Rhamni Purshianae* in Betracht kommen, muss im natürlichen Verbreitungsgebiet der Stammpflanze durchgeführt werden.
10. In fast allen untersuchten Rinden treten die Kristallzellreihen mit Einzelkristallen, welche die sekundären Faserbündel und die Steinzellnester ummanteln, auf, bevor die Fasern oder Steinzellen mikroskopisch nachweisbar sind.
11. Die als Verfälschung oder Verwechslung in Betracht kommenden *Rhamnus*rinden sind den Drogen zum Teil sehr ähnlich. Eine sichere Differenzierung an Hand der anatomischen Merkmale kann bei nahe verwandten Arten schwierig sein.

Literaturverzeichnis.

1. A é, H. A. Über d. physiol. Bedeut. d. in d. Pflanzen vorkommenden oxals. Kalkes, *Flora* **52**, 177 (1869).
2. A m a r, M. Sur le rôle de l'oxalate de calcium dans la nutrition des végétaux, *Ann. sc. nat.*, 8^{me} Sér., **19**, 195 (1904).
3. B a u r, E. Genesis d. Kohlehydrate, *Naturwissenschaften* **1**, 474 (1913). (Zit. nach F r e y [13].)
4. B a y e r. (Zit. nach F r e y [13].)
5. B e n e c k e, W. Über Oxalsäurebild. in grün. Pflanzen, *Bot. Ztg.* **61**, 79 (1903).
6. B e r g, O. Pharmazeut. Warenkunde, Berlin 1863 und Atlas, Berlin 1865.
7. B r a e m e r, L., et S u i s, A. Atlas de Photomicrographie des plantes méd., Paris 1900, p. 68 (planche 25).
8. B r u n z e m a, D. Die Entwickl. d. Ca-oxalatzellen mit bes. Berücksicht. d. offiz. Pflanzen, *Arch. d. Pharmazie* **266**, 86 (1928).
9. C h o d a t, L. Contributions à la Géobotanique de Majorque, Thèse, Genève 1924, p. 79.
10. E n g l e r und P r a n t l. Die nat. Pflanzenfamilien, **III/5**, 409. Leipzig 1896.
11. F l ü c k, H., S c h l u m p f, E., S i e g f r i e d, K. Pharmakog. Atlas zur Ph. H. V., Zürich 1935, S. 43, 46.
12. F l ü c k i g e r. Pharmakognosie des Pflanzenreiches, Berlin 1867, S. 429, und Berlin 1883, S. 484.
13. F r e y, A. Calciumoxalat-Monohydrat und Trihydrat in d. Pflanze, Diss. Zürich 1925, Vierteljahresschr. d. Naturf. Ges., Zürich **70**, 1 (1925).
14. — A. Calciumoxalat-Monohydrat und Trihydrat, Hdb. d. Pflanzenanatomie v. K. Linsbauer, Bd. III/1 a, S. 100, Berlin 1929.
15. F r e y - W y s s l i n g, A. Die Stoffausscheid. d. höh. Pflanzen, Berlin 1935.
16. G i l g, E., B r a n d t, W., S c h ü r h o f f, P. N. Lehrb. d. Pharmakognosie, Berlin 1927, S. 271.
17. G r a m B i l l e. Laerebog i Farmakognosi, Kopenhagen 1927, S. 172.

18. Hanstein, J. Untersuch. ü. d. Bau und d. Entwickl. d. Baumrinde, Berlin 1853. (Zit. nach Speyer [58].)
19. Hayek. Flora von Steiermark, Bd. I, 1908/11, und Prodrömus Florae peninsulae Balcanicae, Bd. I, 1927.
20. Hegi, G. Illustr. Flora von Mitteleuropa, Bd. V/1, S. 329, 343, München 1906/31.
21. Heppeler, F. Beitr. z. Systematik d. Gattung *Rhamnus*, Arch. d. Pharmazie **266**, 152 (1928).
22. Hérail, J. Traité de matière médicale, Pharmacographie, Paris 1912, p. 598 et 599.
23. Herzog, Th. Anatom.-syst. Unters. d. Blattes d. *Rhamnaceen* an d. Trieben, Beih. z. Bot. C.-Bl. **15**, 95 (1903).
24. v. Hoehnel, F. R. Anatom. Unters. ü. einige Sekretionsorgane d. Pflanzen, Sitz.-B. d. k. Akad. d. Wiss., Wien **84**, Abt. I, 588/591 (1881).
25. Jaccard, P., und Frey, A. Kristallhabitus und Ausbildungsformen d. Ca-oxalats als Artmerkmal, Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich **73** (1928), Beiblatt Nr. 15.
26. Johannsen, W. Das Ätherverf. beim Frühtreiben, Jena 1906.
27. Karsten, G., und Benecke, W. Lehrb. d. Pharmakognosie, Jena 1928, S. 151.
28. Koch, L. Pharmakognost. Atlas, Bd. I, S. 58/59, Taf. XI, Leipzig 1911.
29. Kohl, F. G. Anatom.-physiol. Unters. d. Kalksalze und Kieselsäure i. d. Pflanze. Marburg 1889. (Zit. nach Onken [44].)
30. Kohlschütter, V., und Marti, J. Unters. ü. Prinzipien d. genet. Stoffbild. I: Über Bildungsformen des Ca-oxalats. Helvet. chim. Acta **13**, 929 (1930).
31. Kostytschew, S. Lehrb. d. Pflanzenphysiologie. Bd. I, Berlin 1926.
32. Kraus, Gr. Über d. Verhalten d. Kalkoxalats b. Wachsen d. Organe. Flora **83**, 54 (1897).
33. Kreusch, W. Über Entwicklungsgesch. und Vorkommen d. Ca-oxalats in *Solanaceen*. Beih. z. Bot. C.-Bl. **50**, Abt. I, 410 (1933).
34. Liebig, J. 1840. (Zit. nach Kreusch [33]).
35. Malpighi, M. Opera omnia, London 1687, p. 52. (Zit. nach Onken [44].)
36. Meyer, A. Die Bezieh. zw. Eiweiss- und Säurebild. in Laubblättern. Ber. d. deutsch. Bot. Ges. **36**, 508 (1918).
37. Mitlacher, W. Eine neue Verfälsch. von *Cort. Frangulae*. Ztschr. d. allg. österr. Apoth.-Vereins, Nr. **1**, 4 (1906).
38. Moeller, J. Anatomie d. Baumrinden. Berlin 1882, S. 292.
39. v. Mohl, H. Unters. ü. d. Entwickl. d. Korkes und d. Borke usw., Tübingen 1936. (Zit. nach Speyer [58].)
40. Molisch, H. Mikrochemie d. Pflanze, Jena 1923.
41. Moll, J. W., und Janssonius, H. H. Botanical Pen-Portraits. The Hague 1923, S. 116/19.
42. Müller, W. Über d. Abhängigk. d. Kalkoxalatbild. i. d. Pflanze v. d. Ernährungsbeding. Diss. Münster. Beih. z. Bot. C.-Bl. **39**, Abt. I, 323 (1922).
43. Netolitzky, F. Die Kieselskörper. Die Kalksalze als Zellinhaltskörper. Hdb. d. Pflanzenanatomie v. K. Linsbauer, Bd. III/1 a, Berlin 1929.
44. Onken, A. Über d. Bedeut. d. Kalziums im Leben d. Pflanzen unt. eingeh. Berücksicht. d. oxalsuren Kalkes. Prometheus **28**, 737 (1917).
45. Palladin, W. Bild. d. organ. Säuren in d. wachsend. Pflanzenteilen. Ber. d. deutsch. Bot. Ges. **5**, 325 (1887).
46. Pharmacopoea Helvetica Editio V, Bern 1933.
47. Planchon, L., und Bretin, Ph. Précis de matière médicale, I, 734, Paris 1928.

48. Planchon, G., et Collin, E. Les drogues simples d'origine végétale. II, 587, Paris 1896.
49. Prescott, A. D. Chemical and microscopical analysis of the bark of *Rhamnus Purshiana*. Year Book of Pharmacy, 1879, p. 173. Ref. Proceedings of the American Pharm. Ass., 27, 262 (1879).
50. Roulier, C. Le *Rhamnus alpina* L. Thèse, Lyon 1928.
51. Ruhland, W., und Wetzels, K. Zur Physiologie der organ. Säuren in grünen Pflanzen. Planta 1, 3, 4, 7, 1926/29.
52. Rusby, H. H. Cascara Sagrada and its allies. Proc. Americ. Pharm. Assoc. 38, 203 (1890).
53. Sanio, C. Über d. in d. Rinde dicot. Holzgew. vorkomm. kristall. Niederschläge und d. anat. Verbreitung. Monatsber. kgl. Preuss. Akad. Wiss. Berlin 1857, S. 252.
54. Scheele. Chem. Annal. v. Dr. Lorenz Crell, I, 19 (1785). (Zit. nach Oncken [44].)
55. Schimper, A. F. W. Zur Frage d. Assimilation d. Mineralsalze drch. d. grüne Pflanze. Flora 73, 207 (1890).
56. Schleiden. Beiträge z. Botanik. Leipzig 1844. (Zit. nach Speyer [58].)
57. Solereder. System. Anatomie d. Dicotyledonen. Stuttgart 1899 u. Ergänzb. Bd. 1908.
58. Speyer, J. Beiträge zur Entwickl.-Geschichte d. Rinde pharmakognost. interess. Pflanzen. Diss. Bern 1907.
59. Stahl, E. Pflanzen und Schnecken. Jena 1888. (Zit. nach Netolitzky [43].)
60. — E. Zur Physiologie und Biologie der Exkrete. Flora 113, 1 (1920).
61. Strasburger, E., und Mitarbeiter. Lehrb. d. Botanik f. Hochschulen. Jena 1919.
62. Tschirch, A. Handb. d. Pharmakognosie. II/2, 1396, 1402, Leipzig 1917.
63. — und Oesterle. Anatom. Atlas d. Pharmakognosie und Nahrungsmittelkunde. Leipzig 1900.
64. Tunmann, O. Über *Frangula*-Ersatz, die Rinden von *Rhamnus Carniolica* A. Kerner und *Alnus glutinosa* Gaertner. Schweiz. Apoth.-Ztg. Nr. 23, 313 (1915).
65. Turpin, P. J. F. Analyse microsc. du tissu cellul. de la moelle et de l'écorce du *Cereus*, etc. Ann. Sc. nat. 20, 26 (1830). (Zit. nach Netolitzky [43].)
66. Urban. Sitz.-B. d. Ges. naturf. Freunde, Berlin, 1872, S. 90. (Zit. nach Netolitzky [43].)
67. Vöchting, H. Zur Histologie und Entwickl. v. *Myriophyllum*. Nova Acta Acad. Leopold Carol., 36, 14 (1873). (Zit. nach Netolitzky [43].)
68. Vrgoč, A. *Rhamnus Carniolica* A. K. Farm. Vjestnik (Dec. 1924). (Ref. Year Book Americ. Pharm. Assoc. 14, 111 [1925].)
69. Wasicky, R. Leitfaden f. d. pharmakogn. Unters. im Unterricht und in d. Praxis. II. Teil, 217, Leipzig und Wien 1936.
70. Wehmer, C. Entsteh. und physiol. Bedeut. d. Oxalsäure im Stoffw. einiger Pilze. Bot. Ztg. 49, 233 (1891).
71. Wetzels, K. Zur Physiologie d. organ. Säuren in grünen Pflanzen. IV. Zur Entstehung d. Oxalsäure. Planta 4, 476 (1927).
72. Youngken, H. W. A Text Book of Pharmacognosy. Philadelphia 1930, p. 445.
73. Zörnig, H. Arzneidrogen I, 92, Leipzig 1909.