

## Lignum Santali rubr.

Rotes Santelholz, Caliaturholz, Bois de Santal rouge, Red Sanders wood.

Das rote Santelholz ist das Kernholz der Stämme von *Pterocarpus santalinus* L. fil., dem Splint nicht beigemengt zu sein pflegt.

Die Kernholzbildung ist ein Vorgang, der ganz analog der Schutzholzbildung verläuft und mit der Ausschaltung der davon ergriffenen Holzpartien aus dem Saftverkehre endet (Angew. Anatomie, S. 423). Während in dem Siebteile der Rinde die Ausschaltung in der Weise erfolgt, daß die ihres Inhaltes verlustig gegangenen Siebröhren und Kambiformzellen der Obliteration anheimfallen (Angew. Anatomie, S. 337), findet im Holzkörper wegen der derben Beschaffenheit der Zellwände, die eine Obliteration nicht zuläßt, Verstopfung der Lumina durch Gummi oder Harz oder beides statt. Dieses „Kerngummi“ oder „Kernharz“ ist oftmals gefärbt. Mit der Färbung der Ausfüllungspforten geht alsdann meist auch eine solche der Membranen Hand in Hand, deren Bedeutung für die Verstopfung der betreffenden Holzpartien unmittelbar nicht ersichtlich ist, vielleicht aber darin ihre Erklärung findet, daß derartig infiltrierte Membranen schlechter leiten als nicht infiltrierte. Aus allen Vorgängen, die sich im Kernholze abspielen, geht also die Tendenz zur Herstellung großer oder absoluter Unwegsamkeit für Wasser oder wässrige Lösungen hervor. Während der Splint farblos und wegsam ist, seine Zellen weder gefärbt noch verstopft sind, ist das Kernholz gefärbt und die Elemente desselben sind mit Gummi und Harz verstopft. Gerade diese Eigenschaften machen ja das Kernholz zahlreicher Bäume als Farbholz (Santel, Campeche, Fernambuk), als Kunstholz (*Diospyros Ebenum*) oder als harzreiches Arzneimittel (Guajac) wertvoll. Quantitativ pflegt das Kernholz, dessen Bildung nur bei den leicht kernfaul werdenden Splintbäumen unterbleibt, die Hauptmasse des Querschnittes auszumachen, das ganze Centrum auszufüllen. Der Splint bildet meist nur einen schmalen Saum. Nur in diesem wandert das Wasser und die Nährsalze aus den Wurzeln zu den Blättern. Das in der Thatsache, daß vom Kambium sehr viel mehr Zellen nach innen zum Holzkörper abgeschieden werden als nach außen zur Rinde, liegende Mißverhältnis zwischen Holz- und Rindenbahn wird also später durch die Kernholzbildung wieder ausgeglichen. Auch in einem dicken Stamme von *Pterocarpus* ist die Holzbahn nicht viel breiter als die Rindenbahn. Für

Tschirch und Oesterle, Anatomischer Atlas.

die Pflanze hat das aus dem Saftverkehre ausgeschaltete Kernholz nur noch mechanische Bedeutung, diese zu erfüllen ist es aber hervorragend befähigt, denn es besteht überwiegend aus mechanischen Elementen, aus Libriform.

Der Bau des Kernholzes von *Pterocarpus santalinus*, das eine blutrote, frische Spaltfläche besitzt, schwer, dicht und leicht spaltbar, an der Spaltungsfäche grobfaserig (mit schief verlaufenden Fasern) und außen braunrot, beim Befeuchten braunschwarz ist, ist folgender.

Das Lupenbild (Fig. 1) läßt zunächst die auffallend großen, hellrötlichen Gefäßöffnungen (*gf*) erkennen, an die sich tangential verlaufende, ebenfalls hellrötliche, zarte wellenförmige Linien anschließen. Diese Linien, die die Gefäßöffnungen umschließen und oft miteinander verbinden (*hp*), sind die Holzparenchymbänder. Sie sind es auch, die eine hier allerdings sehr undeutliche Jahrringbildung vortäuschen. Echte Jahresringe fehlen dem Santelholze, wie allen anderen tropischen Hölzern. Denn da in den Tropen eine Periodicität des Klimas im eigentlichen Sinne nicht zu beobachten ist, fehlen auch die Vorbedingungen zur Jahrringbildung. Außerordentlich zarte, wohl mit der Lupe am matten (nicht polierten) Querschnitte, nicht aber mit bloßem Auge sichtbare Markstrahlen durchziehen in radialer Richtung den Holzkörper (*mk*, Fig. 1), besonders das Libriform, dessen Grundfarbe ein tiefes braunrot ist, von dem sich die Gefäße und Holzparenchymstreifen, da viel heller gefärbt, deutlich abheben. Das Santelholz läßt sich gut schneiden, wenn man es einige Tage in verdünntes Glycerin legt und dann in Wasser überträgt (das Wasser nimmt blaugrüne Fluoreszenz an).

Die Hauptmasse des Holzkörpers bildet das Libriform, die mechanischen Elemente des Holzes (Angew. Anatomie, S. 297). Die Zellen des Libriforms sind sehr lang. Ihre Wand ist gleichmäßig verdickt. Die Dicke der Wand beträgt überall 3,5–4 mik. Nur selten zeigt eine dieser Libriformzellen im ganzen Verlaufe die gleiche Breite, Regel ist vielmehr, daß sie sich allmählich verschmälern, ja bisweilen so schmal werden, daß (bei gleichbleibender Wanddicke) das Lumen nur als feine Linie sichtbar ist. So kommt es, daß man auf dem Querschnitte neben weiltumigen, oft in Radialreihen angeordneten Libriformzellen (Fig. 2, *x*) Gruppen und Streifen englumigen

Libriforms findet (Fig. 2, *y*), obwohl es weder ein nur weitemiges, noch ein nur englumiges Libriform giebt. Da nun die verdickten und verdünnten Stellen nicht regelmässig, symmetrisch und alternierend, sondern unregelmässig angeordnet sind, so kommt schon dadurch der schiefe Verlauf der Fasern, von dem oben die Rede war und der besonders auf der Radialfläche deutlich ist, zu stande; vermehrt wird derselbe alsdann noch durch geschlängelten Verlauf der Fasern. Die Libriformzellen sind alle auf den Radialwänden mit linksschiefen, spaltenförmigen Tüpfeln versehen, die bisweilen (wenn zwei Libriformzellen aneinander grenzen) gekreuzt erscheinen (Fig. 4, *lf*). Der Verschluss des Libriforms wird durch Gummiharztropfen hervorgerufen, die sich hauptsächlich in dem verengten Teile finden und dort das Lumen oft ganz ausfüllen (Fig. 5), bisweilen wie eine Jamin'sche Kette (Fig. 5, *a* u. *b*).

Begleitet wird das Libriform von Kristallkammerfasern (*km* in Fig. 2, 3, 4), die aus bisweilen ziemlich zahlreichen (20 und mehr) übereinander stehenden, kurzen, quadratischen Zellen bestehen und beiderseits mit einer kegelförmigen Zelle spitz endigen. Diese Kristallkammerfasern finden sich entweder im Libriform oder am Rande desselben — ein sehr häufiger Fall (Fig. 4) — oder als Begleiter der Markstrahlen (Fig. 3), nur selten inmitten der Holzparenchymbänder. Ihre Gestalt ist auf dem radialen und tangentialen Längsschnitte die gleiche. Sie sehen aus wie sekundäre Markstrahlen im tangentialen Längsschnitte (vergl. Fig. 3 u. 4). Die monosymmetrischen Kalkoxalatkrystalle stecken in einer Membrantasche. Es ist ja nichts Auffallendes, dass ebenso wie andere Sekrete auch das Kalkoxalat gewissermaßen in der Membran entsteht. Wahrscheinlich ist die bei den Kalkoxalatkrystallen auch anderwärts zu beobachtende Haut nichts anderes als eine Ausstülpung der innersten Membranelle und der die Krystalle so oft begleitende Schleim, die „kristallogene Schicht“. Hier ist die Membrantasche für gewöhnlich sehr gut zu beobachten. Entweder ragt sie frei in den Zellraum hinein (Fig. 10 u. 12), oder sie ist auf beiden Seiten angeheftet (Fig. 11), so dass man den Eindruck einer Zelle in der Zelle erhält.

Die Gefässe sind nicht sehr zahlreich und liegen sehr zerstreut, sind aber sehr groß. Solche von 300—350 Mik im Durchmesser sind keine Seltenheit. Man sieht sie daher schon mit bloßem Auge als große Öffnungen. Meist liegen sie isoliert, doch findet man sie auch bisweilen zu Gruppen vereinigt (Fig. 2). Ihre Wand ist behöft getüpfelt. Ihre Glieder sind kurz. Entweder ist ihr Lumen ganz erfüllt von dem Sekret (*sc*), dem Kerngummi (Fig. 2, links), das außerordentlich spröde ist, oder es ragen vereinzelte Tropfen in dasselbe hinein (Fig. 2, rechts). Ein Tracheidensaum fehlt den Gefäßen. Ihr Verlauf ist kein gerader.

Das Holzparenchym (*hp* in Fig. 2, 3 u. 4) besteht aus kurzen, weiten, dickwandigen, getüpfelten Zellen, deren Enden entweder horizontal abgestutzt (Fig. 4) oder zugespitzt (Fig. 3) oder an einer Seite abgestutzt, an der anderen zugespitzt sind (Fig. 9), die also Übergänge zu den Ersatzfasern zeigen. Die zahlreichen ovalen oder rundlichen, einfachen Tüpfel liegen vornehmlich an den Radialwänden, sowie an der oberen und

unteren Wand. Die Holzparenchymbänder verbinden einerseits Markstrahl mit Markstrahl, andererseits Gefäße und Markstrahlen. Sie stellen also die Kommunikation zwischen den leitenden Elementen des Holzes her, durch das Libriform hindurch. Auch in den Holzparenchymzellen findet man an der Wand ansitzend die tröpfchenartigen Kerngummi- und Kernharzausscheidungen (Fig. 7).

Die sekundären Markstrahlen, die den Holzkörper in radialer Richtung durchziehen, sind einreihig und 5—10, meist 8 oder 9 Zellen hoch. Die Breite der Zellen beträgt 15—25 Mik. Sie sind stark radial gestreckt und auf den Tangential- und Radialwänden getüpfelt (Fig. 4 u. 8). Sie enthalten reichlich Kerngummitropfen. Auf dem radialen Längsschnitte erscheinen die Markstrahlen als Mauerparenchym (Fig. 4, *mk*), auf dem tangentialen länglich-oval, beiderseits zugespitzt (Fig. 3, *mk*).

Das Kerngummi bezw. Kernharz findet sich, wie aus obigem hervorgeht, in allen Elementen des Kernholzes, doch verstopft es nur die lange kontinuierliche Längsbahnen bildenden Gefäße und Libriformfasern an bestimmten Stellen vollständig und verschließt dieselben daselbst hermetisch (Fig. 2 u. 5). Die übrigen Elemente: Holzparenchym und Markstrahlen, die keine Längsbahnen darstellen und von denen die ersteren nur Inseln im Gewebe, die letzteren radiale Querbahnen bilden, führen nur isolierte Tropfen (Fig. 7 u. 8). Gerade diese aber lassen die Entstehungsgeschichte des Kerngummiharzes erkennen (Fig. 7). Was zunächst die chemische Natur der Ausfüllungen betrifft, so ist zu bemerken, dass dieselben hier in drei Formen vorkommen: als reines Gummi, als reines Harz und als Gemenge beider. Das Gummi ist in Alkohol gar nicht, das Harz leicht darin löslich, und das Gummiharz wird in der Weise durch Alkohol verändert, dass nach der Behandlung ein vakuoliges Balkennetz zurückbleibt. Die Frage, ob die Ausfüllungen Inhaltsstoffe bezw. von den Nachbarzellen ausgeschiedene Tropfen sind, ist nicht ganz leicht zu entscheiden. Findet man aber günstige Stellen und behandelt man die Längsschnitte mit Schultz'escher Macerationsflüssigkeit kurze Zeit in der Kälte, so kann man feststellen, dass auch hier das Sekret in der Membran entsteht. Die zu innerst gegen das Lumen der Zelle hin liegende sehr dünne Membranelle, die man auch hier als „innere Haut“ (Fig. 6, *ih*) bezeichnen kann, wird nämlich abgehoben und zwischen ihr und der folgenden, vollständig intakt bleibenden Membranschicht entsteht das Sekret. Man kann die innere Haut an besonders günstigen Stellen auch dort sehen, wo sie in der Nähe der Tropfen nur schwach abgehoben ist (bei *x* in Fig. 6 u. 8). Folge dieser Entstehungsweise ist, dass die Tropfen von der sehr zarten inneren Haut bedeckt sind und diese beim Herauslösen des Sekretes zurückbleibt. Diese Haut kann man sich dadurch sichtbar machen, dass man den Schnitt kurze Zeit in kaltes Schultz'esches Gemisch ( $\text{KClO}_3 + \text{HNO}_3$ ) legt und nach dem Auswaschen Chloral zuzufliessen lässt. Fließen mehrere Tropfen zusammen, wie dies z. B. bei den zu Verschlusspfropfen werdenden, an korrespondierenden, gegenüberliegenden Punkten entstehenden geschieht, so kann man bis-

weilen auch hier noch die die beiden Tropfen trennende innere Haut sehen (Fig. 8), meist jedoch fließen sie zu einem mehr oder weniger homogenen Pfropfen zusammen (Fig. 5). Das Kerngummiharz ist also kein Produkt einer Membranmetamorphose, wohl aber entsteht es wie alle Sekrete in der Membran.

Die Membranen aller Zellen sind wie das Sekret tieforange gelb bis orangerot gefärbt. Der Farbstoff löst sich zum Teil in Alkohol, doch ist es nicht möglich, mit Alkohol das Gewebe zu entfärben, wohl aber gelingt dies mit Chlorallösung. Es scheint neben einem roten Farbstoffe (Santalin) auch noch ein gelber im Santelholze vorzukommen.

#### Das Pulver.

Da die Librifibrillen die Hauptmasse des Holzkörpers ausmachen, so ist es erklärlich, daß Fragmente des Librifibrillens auch im Pulver prävalieren. Gefäßfragmente treten ganz in den Hintergrund, wohl aber sind Markstrahlen und Holzparenchym da und dort deutlich. Mit Schwefelsäure erhält man Gipsnadeln, jedoch nur langsam, da die Oxalatkristalle in Taschen sitzen. Alkohol löst das Santalin mit roter Farbe. Bezüglich der weiteren Reaktionen ist die Tabelle beim Crocus (S. 93) zu vergleichen.

## Lignum Fernambuci.

Fernambukholz, roter Fernambuk, Brasilienholz, brasilianisch Rotholz, Bois de Brésil.

Das Fernambukholz ist das Kernholz der Stämme von *Guilandina echinata* Spr. (*Caesalpinia echinata* Lam.).

Das Lupenbild des tief-rotbraunen, harten, schweren, feinfaserigen, geradfaserigen, atlasglänzenden, den Speichel rot färbenden Holzes zeigt sehr zahlreiche und dicht gestellte, oft zu kleinen Gruppen vereinigte helle Gefäßsporen, die von kleinen, keine Tangentialstreckung zeigenden Holzparenchymgruppen umgeben sind. Zarte (mit bloßem Auge nicht sichtbare, mit der Lupe aber deutlicher wie beim Santel hervortretende) helle Markstrahlen durchziehen das Holz in radialer Richtung. Die Grundfarbe des Holzes ist tief-rotbraun. Die beim Fernambuk ziemlich deutlich hervortretenden breiten jahringartigen Zonen sind weder Jahresringe, noch werden sie wie beim Santel von Holzparenchymbändern hervorgerufen, sie entstehen vielmehr dadurch, daß in bestimmten Zonen die hellen Gefäßsporen ganz fehlen oder locker stehen. Diese Stellen erscheinen dann dunkler als das benachbarte Gewebe und täuschen so einen Jahrring vor (Fig. 13).

Der Holzkörper besteht aus Librifibrill (Hauptbestandteil), Holzparenchym und Gefäßen. Er wird von Markstrahlen durchzogen.

Die Gefäße sind beim Fernambuk sehr zahlreich, aber nicht sehr weit. Ihre Weite beträgt 35—127 (meist 110 bis 125)  $\mu$ . Sie liegen entweder einzeln oder sind zu mehrgliedrigen, radial gestellten Gruppen vereinigt (Fig. 14). Ihre Wand ist stets behöft-gotüpfelt. Ihre Glieder sind relativ lang (Fig. 17). Sehr charakteristisch sind die Verschlusspfröpfe ausgebildet, deren Entstehung man in allen Phasen verfolgen kann. Zuerst treten auch hier scheinbar Tropfen an der Membran auf. Wie beim Santel so sind es aber auch hier keine eigentlichen Tropfen, sondern Bildungen der Membran. Die innerste Lamelle derselben wird nämlich abgehoben, und zwischen ihr und der übrigen Wand entsteht das Sekret, das also, wie alle übrigen Sekrete, eine Bildung der Membran ist. Viel besser als beim Santel ist hier bei dem Fernambukholze die den Tropfen bedeckende zarte Haut, die ich auch hier als

„innere Haut“ bezeichnen werde, besonders nach Behandeln mit Chloral, wahrzunehmen (*ih* in Fig. 15 u. 17). Dieselbe liegt dem Tropfen dicht auf und ist auch oft noch ein ganzes Stück weit vom Tropfen entfernt gut wahrzunehmen (Fig. 17, links). Die Substanz dieser anfangs kegelförmig in das Lumen des Gefäßes hineinragenden festen und spröden Zapfen ist vorwiegend Gummi, dem ein Farbstoff und wohl auch „Harz“ beigemischt ist. In Alkohol und Chloral sind sie nur zum Teil löslich, Chloral läßt eine körnige Gummimasse zurück. Die weitere Entwicklung der Zapfen geht nun in der Weise vor sich, daß sie sich, wenn sie die gegenüberliegende Wand erreicht haben und diese berühren, dort fest anlegen und breit drücken (Fig. 17), auf diese Weise einen hermetischen Verschluss erzeugend. Es kommt wohl aber auch vor, daß zwei einander gegenüberliegende Zapfen sich in der Mitte vereinigen, der Verschlusspfropfen also aus zwei Zapfen entstanden ist. Alsdann sieht man eine Trennungslinie auf dem Querschnitt (Fig. 14, links oben). Immer aber wird schließlich das Gefäß durch zahlreiche, in gewissen Abständen gebildete Pfropfen hermetisch verschlossen. Es giebt kaum ein schöneres Beispiel, den Kerngummiverschluss der Gefäße zu demonstrieren, als das Fernambukholz.

Rings um die Gefäße liegt gewöhnlich, wenn dieselben nicht an Markstrahlen grenzen, ein Kranz von Zellen, die bisweilen behöft Tüpfel (meist jedoch einfache ovale oder rundliche) und immer eine sehr dicke Wand besitzen, übrigens meist kurz oder doch wenig gestreckt erscheinen (Fig. 18). Sie als Tracheidensaum anzusprechen liegt nahe. Doch bilden sie eher ein Übergangsglied echter Tracheiden zu Holzparenchymzellen. In der That folgt auf dieselben gestrecktes Holzparenchym (Fig. 16 u. 19), und dieses geht alsdann allmählich in gestreckte, lange, relativ dünnwandige Zellen über (Fig. 20), deren Enden entweder gerade abgestutzt oder zugespitzt oder verbogen oder gegabelt sind (Fig. 20) und die stets linksschiefe Spaltentüpfel besitzen, also zu den Ersatzfasern zu rechnen sind (Er, Fig. 16). Auch Zellen, die oben Ersatzfasern, unten Libri-

form sind (Fig. 20a), finden sich hier. Dann folgt ziemlich unvermittelt das Libriform. Die sogenannten Holzparenchymbänder, die als relativ schmale Bänder die Gefäße untereinander und mit den Markstrahlen verbinden, enthalten also beim Fernambuk viel weniger als beim Santel typisches Holzparenchym.

Das Libriform besteht aus sehr langen Zellen mit kegelförmigen Enden (Fig. 21), sehr dicker (oft 8 mik messender) Wand und engem, mit rotbraunem Sekret erfülltem Lumen (*lf*, in Fig. 15 u. 16). Sie streichen gerade vertikal und besitzen stets spaltenförmige, steil linksschief gestellte Tüpfel.

Wir finden also beim Fernambuk einen ganz allmählichen Übergang von den Tracheen zu dem Holzparenchym und von diesem über die Ersatzfasern zum Libriform.

Das Libriform wird da und dort, seltener als beim Santelholz, von meist sehr langen Kristallkammerfasern durchzogen. Auch in den Holzparenchymbändern finden sich dergleichen (Fig. 16, *km*), und auch die Markstrahlzellen sind bisweilen kristallführend (Fig. 16, *kr*). Die Kristalle entstehen in eigentümlichen Membrantaschen, ganz ähnlich wie die Kristalle des Santelholzes (s. oben).

Die sekundären Markstrahlen sind 10—24 (meist 18 bis 22) Zellen hoch (Fig. 15) und 1—3 Zellen breit (Fig. 14). Sie bieten das bekannte Bild: im radialen Längsschnitt mauerförmig (Fig. 16), im tangentialen gestreckt, beiderseits zugespitzt (Fig. 15); bisweilen führen sie Kristalle, meist auch partielle Ausfüllungen mit Kerngummi. Bezüglich der Reaktionen des Farbstoffes, des (aus dem farblosen Chromogene, dem Brasilin  $C_{16}H_{14}O_5$ , entstehenden) roten Brasileins  $C_{16}H_{12}O_5$ , ist die Tabelle beim Crocus (S. 93) zu vergleichen.

#### Das Pulver.

Das Pulver besteht vorwiegend aus Fragmenten der meist 15—18 mik breiten, teils gelben, teils roten Libriformfasern und deren Bündeln, dazwischen finden sich zahlreiche Fragmente von getüpfelten Gefäßwänden, einige Kerngummipropfen, sowie reichlich Holzparenchym (Fig. 19) und Übergangsformen (Fig. 18 u. 20), auch Kristallkammerfasern, bisweilen völlig intakt (mit beiden zugespitzten Enden), sind zu finden, sowie herausgefallene Kristalle. Die Markstrahlen sind meist in radialer Längsansicht zu sehen. Chloral löst den Farbstoff mit roter Farbe und läßt nach dem Auswaschen alle Verhältnisse deutlicher hervortreten.

### Tafel 27.

## Erklärung der Abbildungen.

#### *Lignum Santali rubri.*

- Fig. 1. Lupenbild des Querschnittes des roten Santelholzes.  
 „ 2. Querschnitt durch das Kernholz von *Pterocarpus santalinus*.  
 „ 3. Tangentialer Längsschnitt } durch das Santelholz.  
 „ 4. Radialer „ }  
 „ 5. Libriform mit Ausfüllungen von Kerngummiharz.  
 „ 6. Kerngummitropfen, der Wand ansitzend. *ih* innere Haut.  
 „ 7. Kerngummitropfen im Holzparenchym.  
 „ 8. Kerngummitropfen im Markstrahl und einer benachbarten Libriformzelle.  
 „ 9. Holzparenchym.  
 „ 10—12. Kristallzellen aus einer Kristallkammerfaser. Die Kristalle (*kr*) in Membrantaschen.

#### *Lignum Fernambuci.*

- Fig. 13. Lupenbild des Fernambukholz-Querschnittes.  
 „ 14. Querschnitt durch das Kernholz von *Caesalpinia echinata* (Fernambuk).  
 „ 15. Tangentialer Längsschnitt } durch das Fernambukholz.  
 „ 16. Radialer „ }  
 „ 17. Isolierte Gefäße mit Kerngummipropfen.  
 „ 18. Holzparenchym aus der Umgebung der Gefäße.  
 „ 19. Holzparenchym.  
 „ 20. Ersatzfasern.  
 „ 20a. Oben Ersatzfaser, unten Libriform.  
 „ 21. Libriform.



