

Vorlesung im Rahmen des Moduls “Holzbiologie und Holztechnologie”

Lignin

Dr. Christian Schöpfer

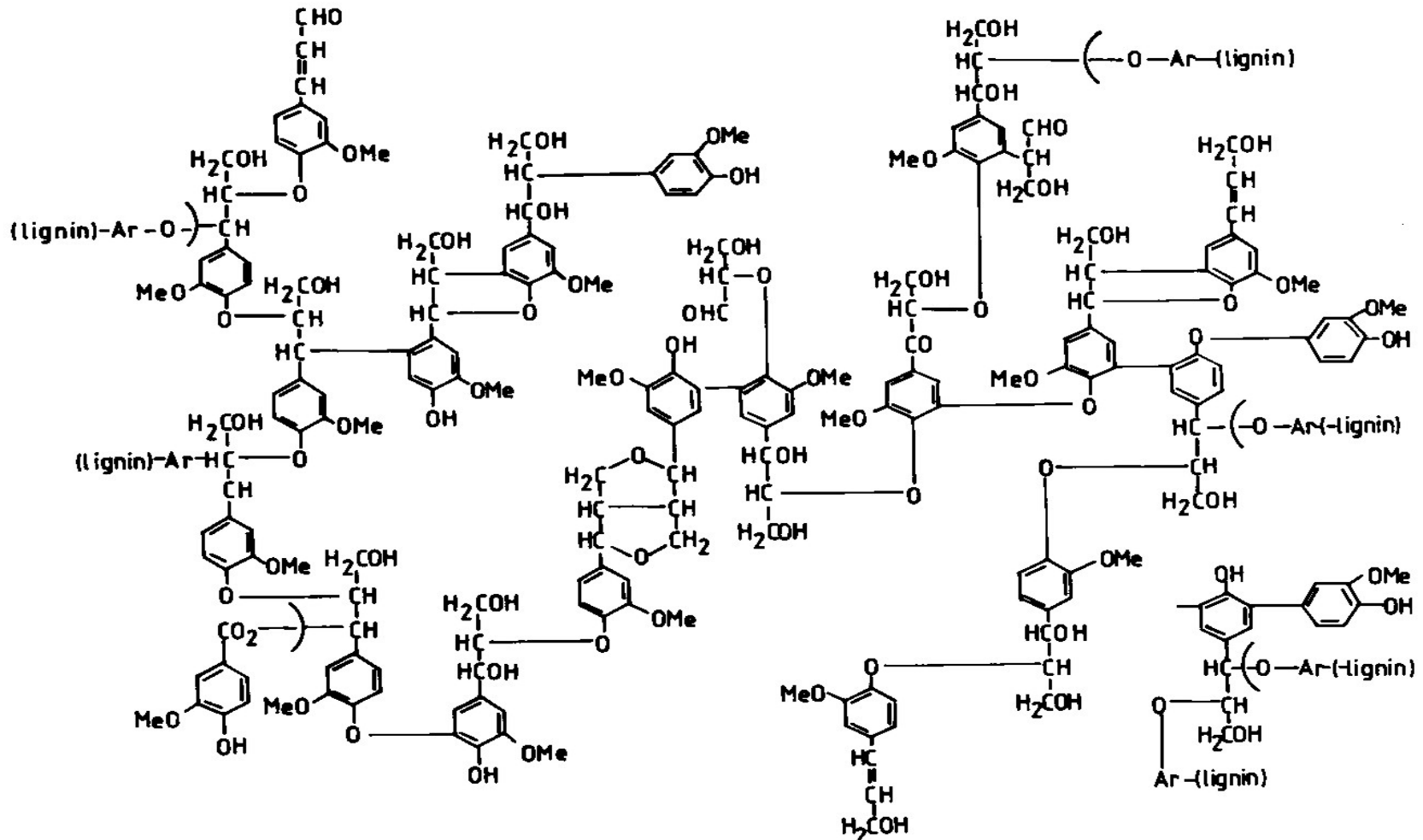
Phone: 0551 - 39 9745

eMail: cschoep@gwdg.de

Charakteristische Merkmale

- ⇒ Lignin besteht aus aromatischen Ringen mit OH-Gruppen
- ⇒ Lignin gehört zur Gruppe der Phenole
- ⇒ Lignin ist aus vernetzten Makromolekülen aufgebaut und daher ein sehr komplexes Heteropolymer
- ⇒ Lignin kommt in jeder Pflanze vor

Fichtenlignin



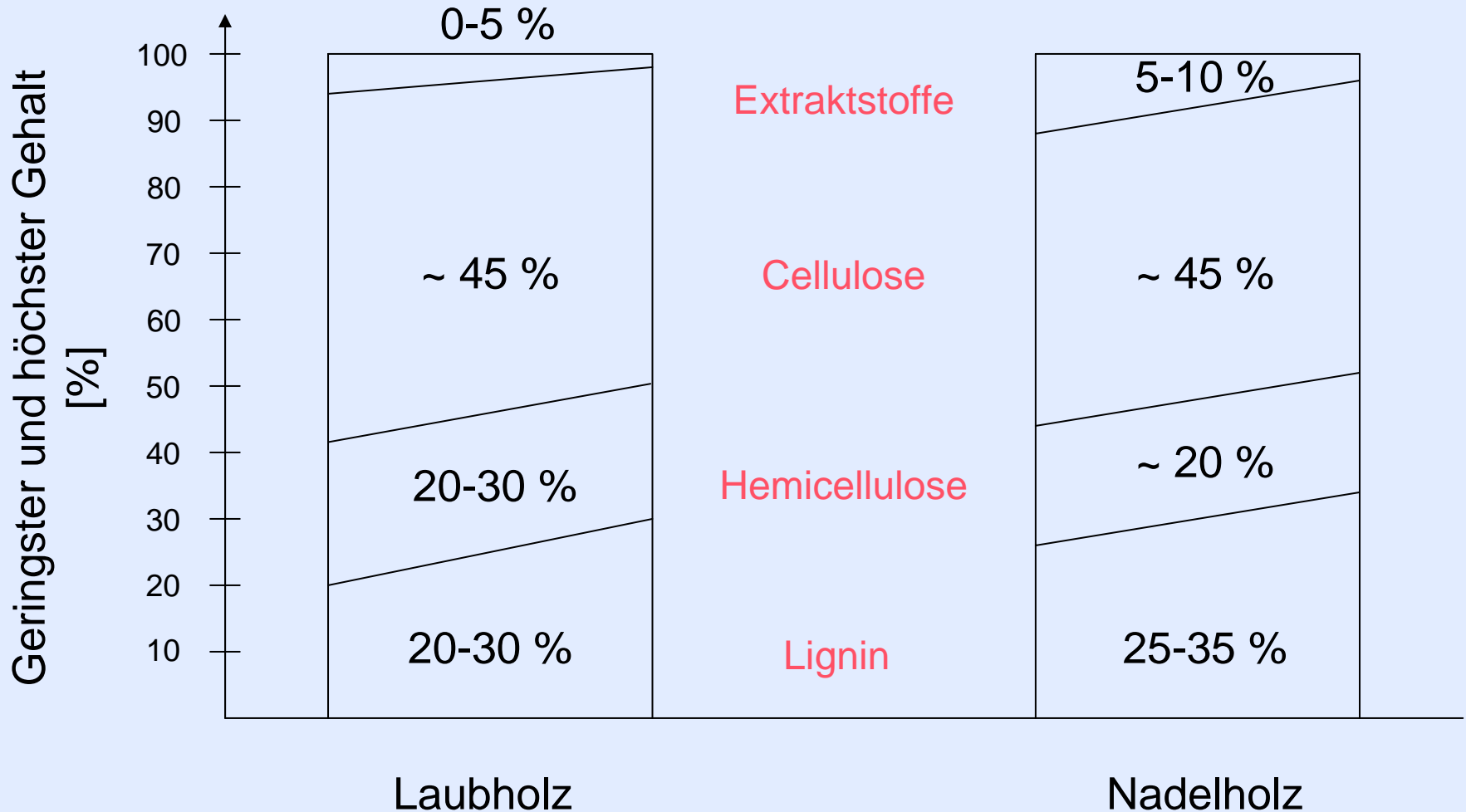
Funktionen

- ⇒ Lignin ist ein Gerüst, das in allen Pflanzenteilen vorkommt. Es ist verantwortlich für mechanische Stabilität, Wassertransport und Verteidigung
- ⇒ Die Unlösbarkeit und Komplexität der Ligninpolymere bieten der Pflanze einen wirksamen Schutz vor dem Abbau durch Mikroorganismen

Lignifizierung

- ⇒ Der Prozess der Lignifizierung war eine notwendige Voraussetzung für die Entwicklung der Pflanzen von „Wasserpflanzen“ zu „Landpflanzen“
- ⇒ Lignifizierung ist besonders im Stammbereich von entscheidender Bedeutung aber auch in Ästen, Blättern und Wurzeln verholzter Pflanzen

Chemische Zusammensetzung



Zusammensetzung von Buchenholz (*Fagus sylvatica*)

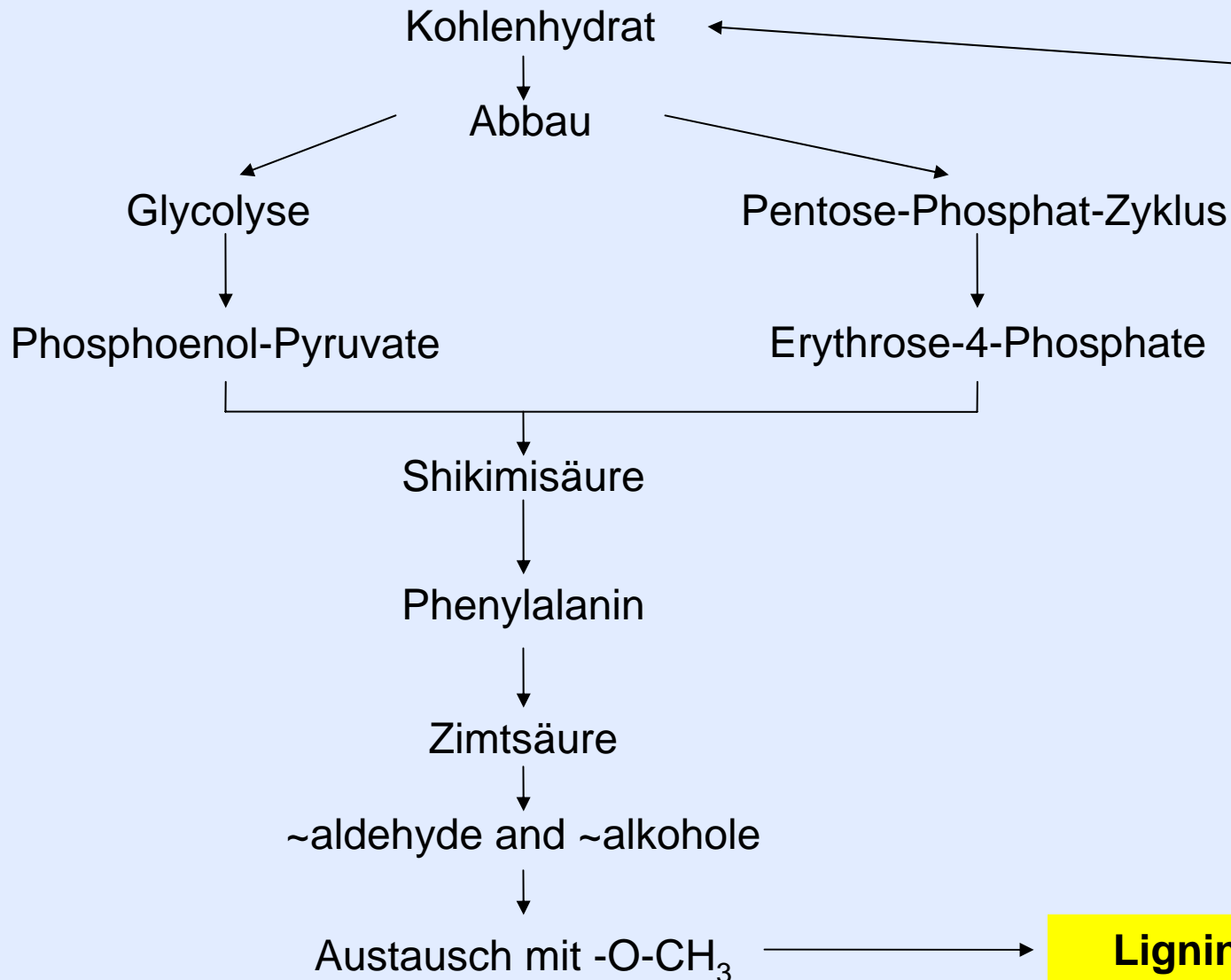
⇒ Lignin	28 %	
⇒ Cellulose	42 %	
⇒ Mannan	18 % (Pentosane)	} Hemicellulose
⇒ Xylane	11 % (Hexosane)	
⇒ Andere	1 %	

Parameter - Ligningehalt

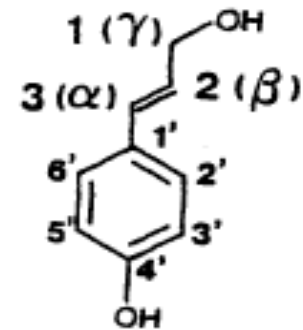
- ⇒ Baumart
 - ⇒ Laubholz - Nadelholz
- ⇒ Alter des Baumes
 - ⇒ Je älter ein Baum ist, desto höher ist der Ligningehalt
- ⇒ Teil des Baumes
 - ⇒ Ligningehalt variiert zwischen Stamm, Wurzeln, Ästen, Blättern
- ⇒ Anatomische Struktur des Holzes
 - ⇒ „Normal gewachsen“ oder „Reaktionsholz“
- ⇒ Klimatische Wuchsbedingungen
 - ⇒ Boden, Luftfeuchtigkeit, Regen, Sonnenschein

Ligninansammlung in Pflanzen

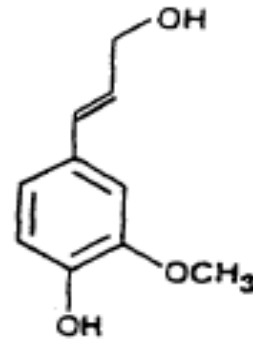
Calvin-
zyklus



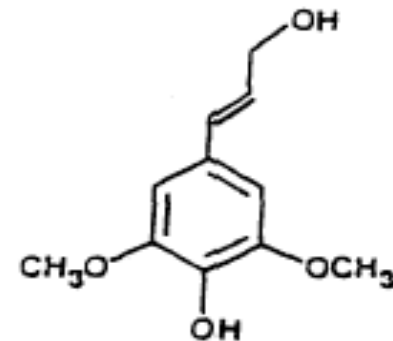
Ligninvorstufen



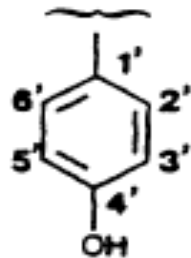
p-coumaryl



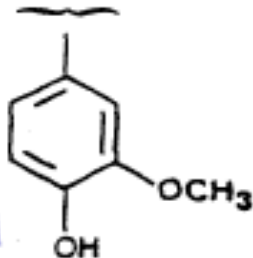
coniferyl



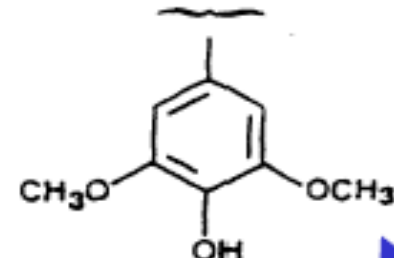
sinapyl



p-hydroxyphenyl (H)



guaiacyl (G)



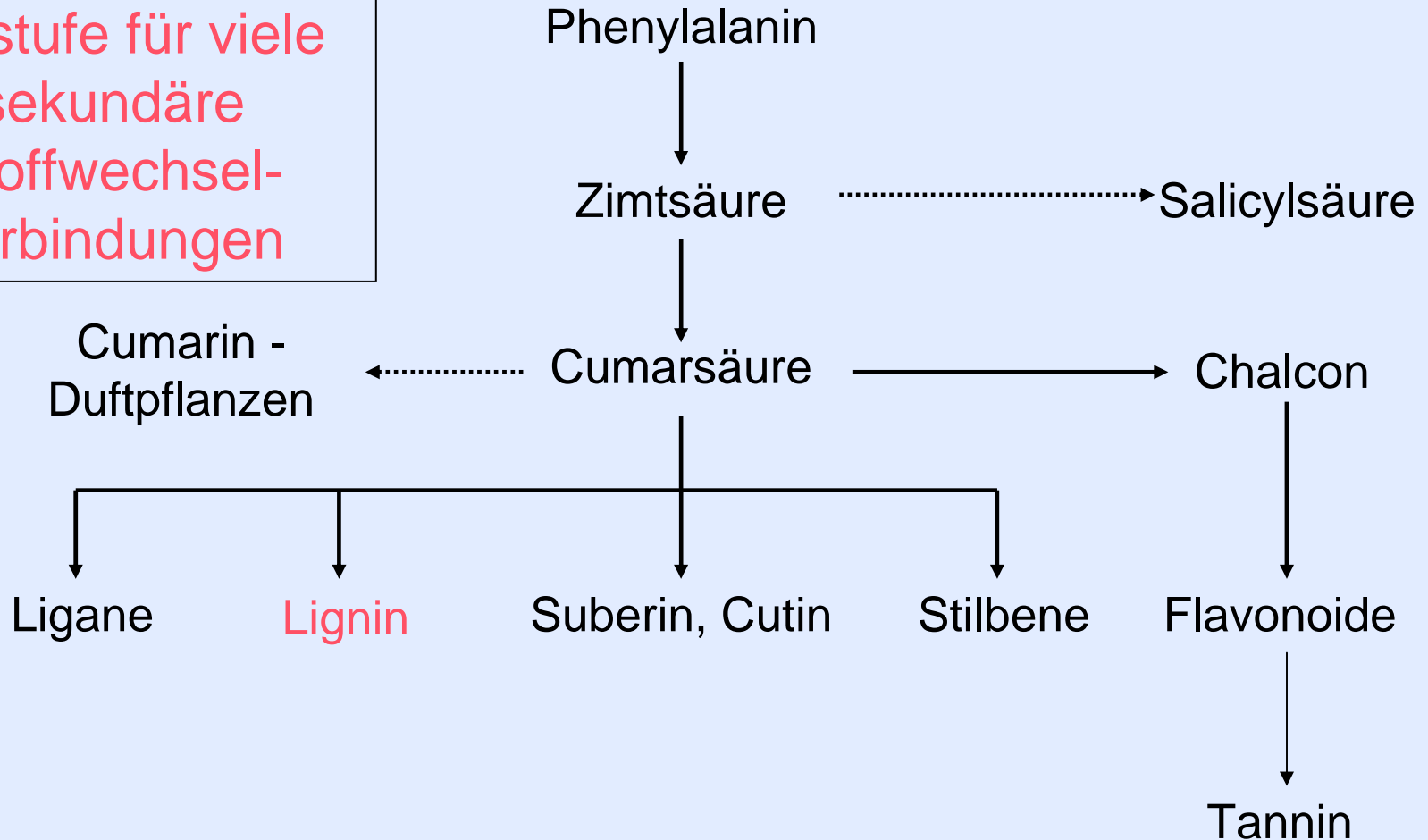
syringyl (S)

Coniferlignin

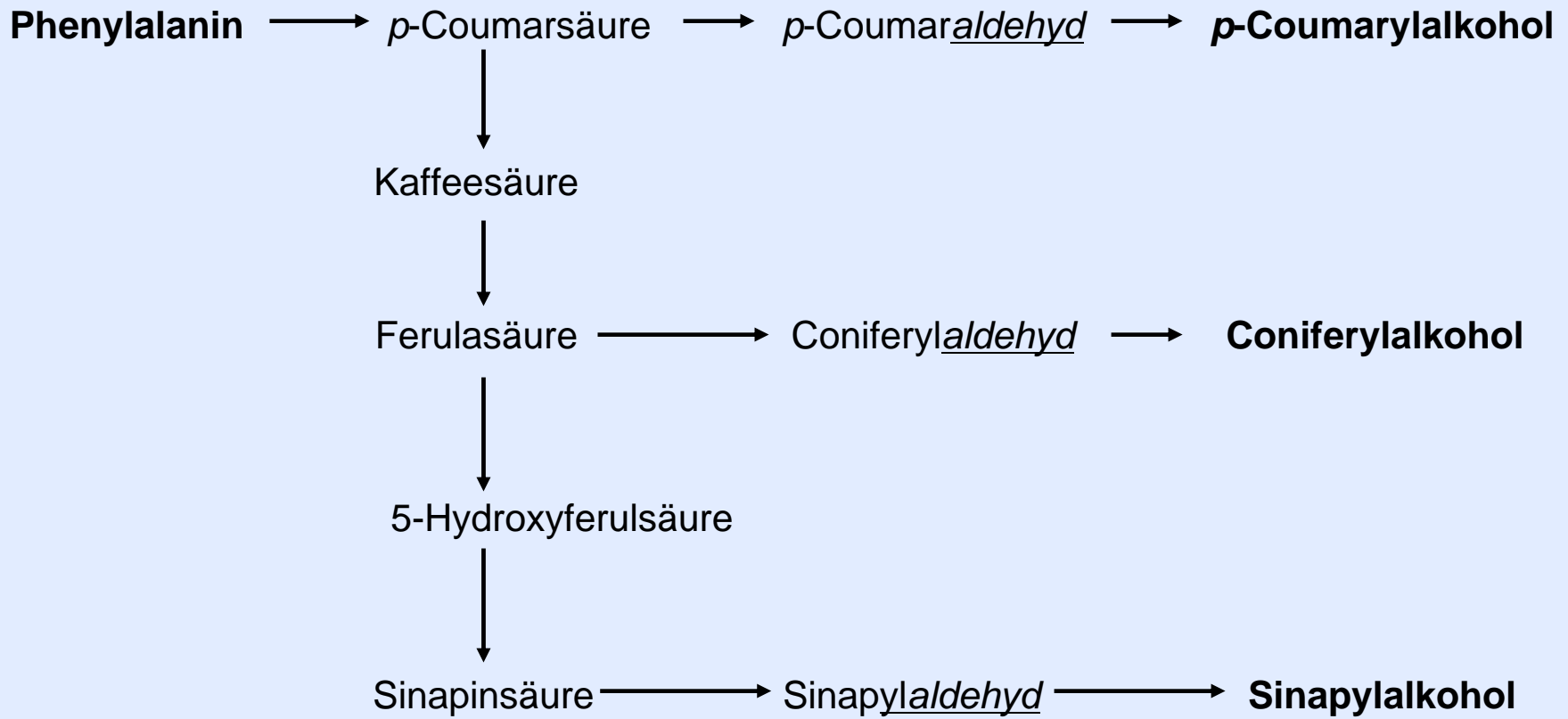
Angiospermlignin

Phenylalanin

Phenylalanin ist die zentrale Vorstufe für viele sekundäre Stoffwechselverbindungen



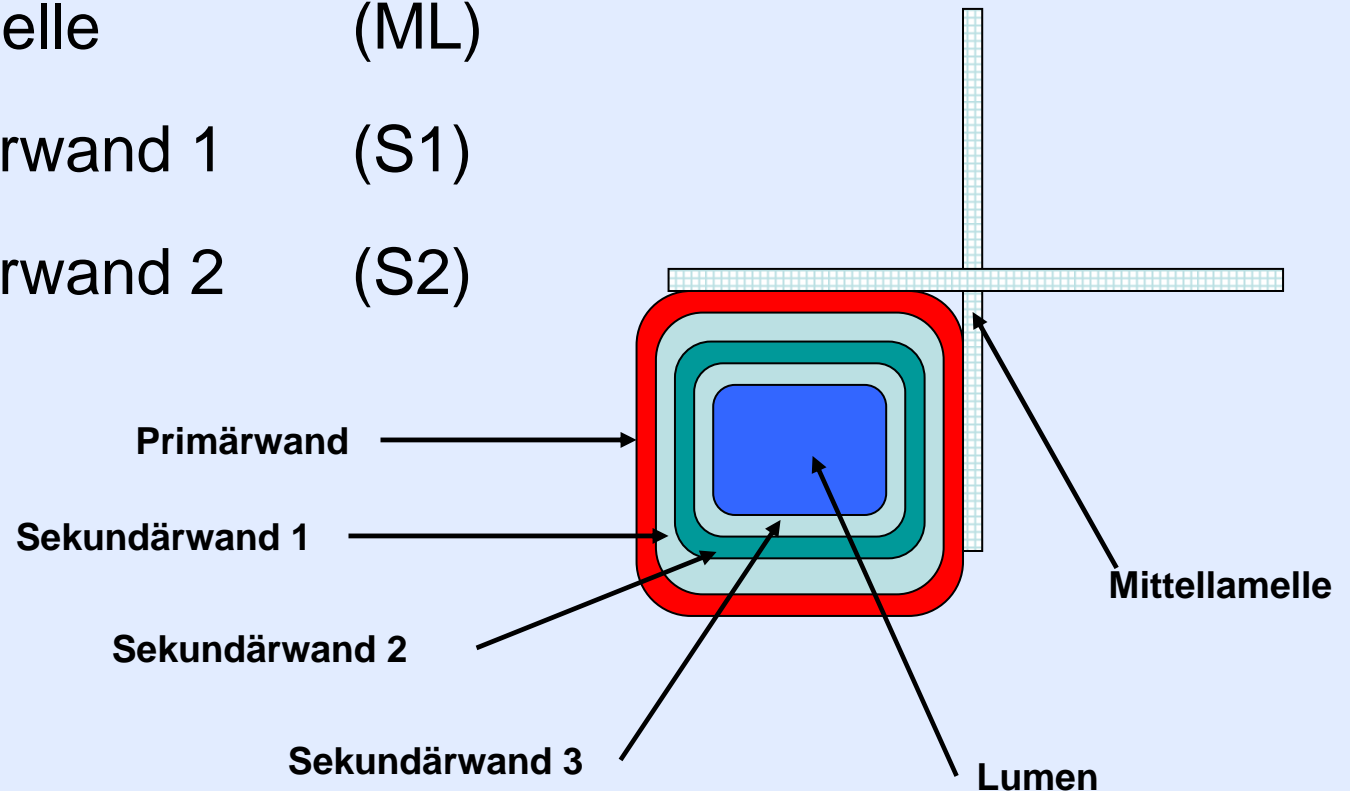
Phenylalanin - Vorstufen - Stoffwechselwege



Lignineinlagerung in Pflanzen

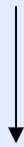
Lignin kommt hauptsächlich vor in

- ⇒ Mittellamelle (ML)
- ⇒ Sekundärwand 1 (S1)
- ⇒ Sekundärwand 2 (S2)

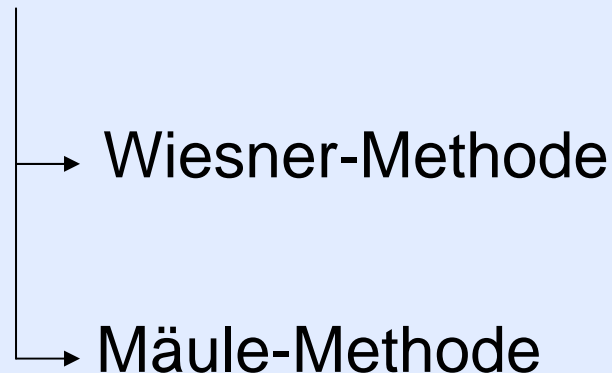


Methoden zur Bestimmung von Lignin

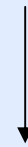
Nicht-Zerstörende Methoden



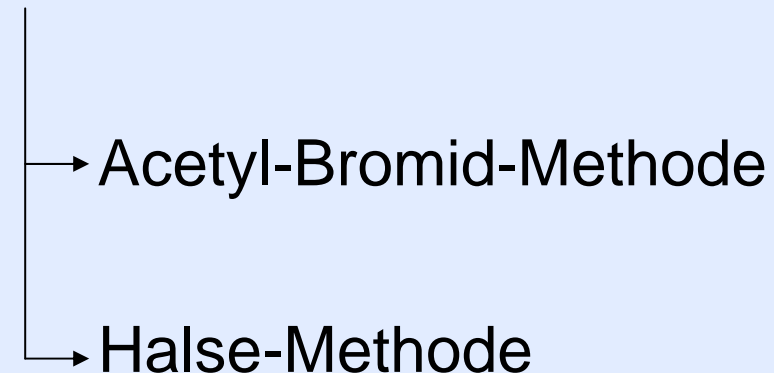
Färbung



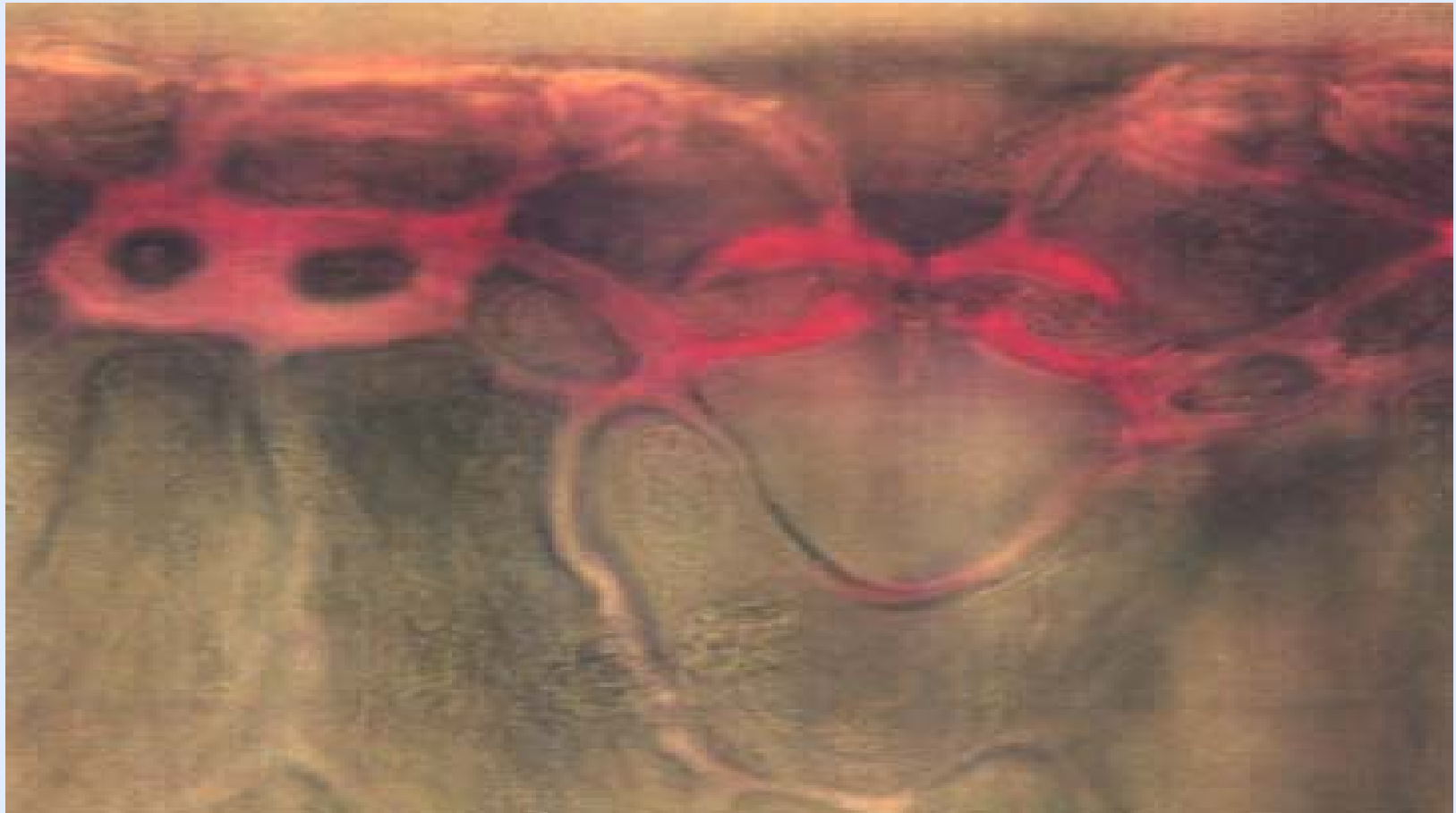
Zerstörende Methoden



Chemischer Aufschluss

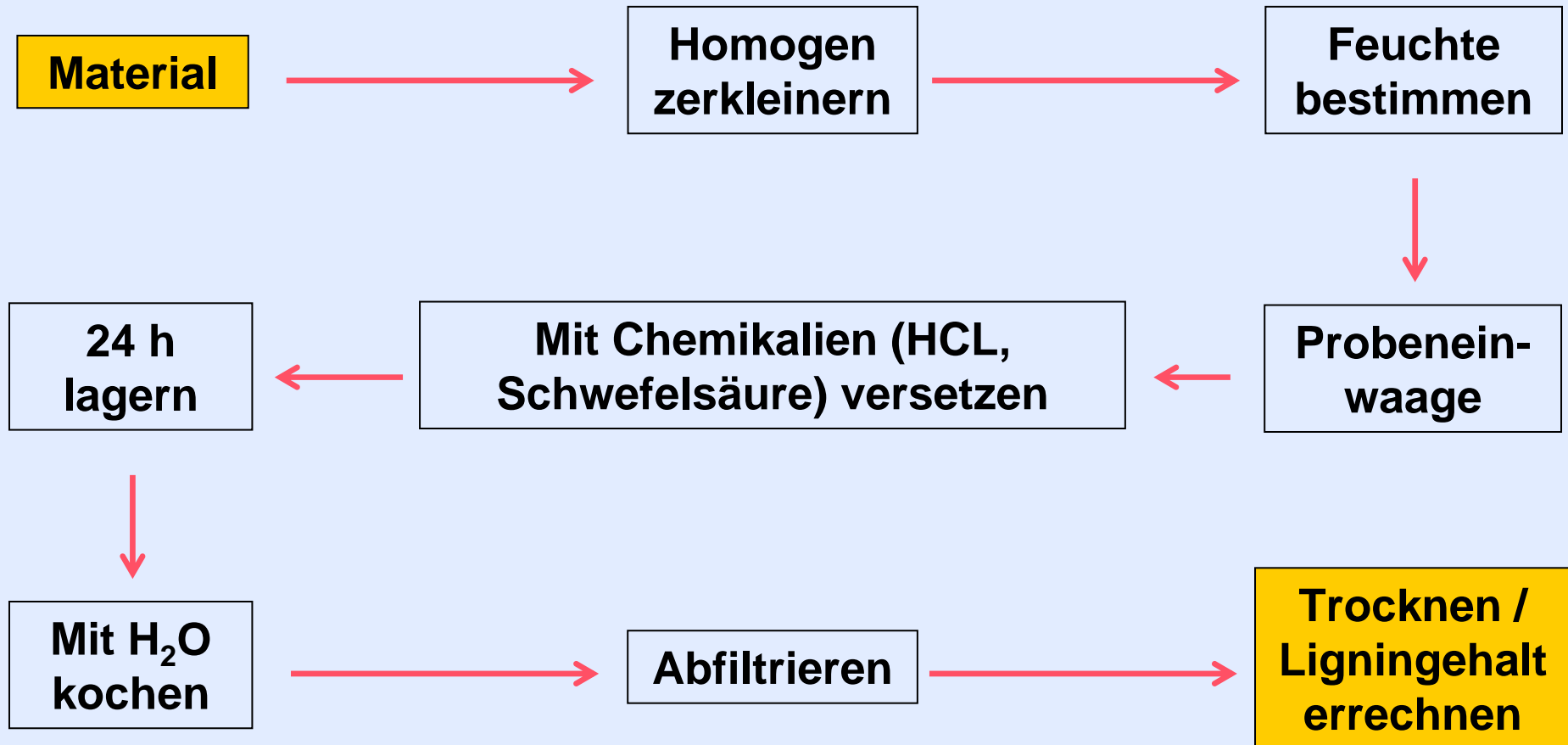


Lignin in jungen Fichtennadeln



Einfärbung von Lignin mit Phloroglucinol

Ligninbestimmung nach der Halse-Methode



Lignin in industriellen Anwendungen

- ⇒ Ligningehalt beeinflusst die Verwendung des Holzes bei bestimmten industriellen Anwendungen
- ⇒ Lignin beeinflusst die Eigenschaften industrieller Produkte meist negativ
- ⇒ Verschiedene Verfahren haben sich daher für die industrielle Verwendung von Holz entwickelt

Papierindustrie

- ⇒ Hauptsächlich Nadelholz wird für den Bereich Pulp/Paper verwendet
 - ⇒ Kiefer, Fichte

- ⇒ Lignin hat einen enormen Einfluss auf die späteren Eigenschaften des Papiers
 - ⇒ Weisheitsgrad, Fortlauffestigkeit, etc.

- ⇒ Unterschiedliche Methoden haben sich für die Pulp- und Paperherstellung entwickelt
 - ⇒ Sulfitverfahren, Sulfatverfahren

- ⇒ Während der Herstellung von Pulp/Paper Produkten werden viele Chemikalien benötigt und Abfallstoffe produziert
 - ⇒ Abfallstoffe werden hauptsächlich energetisch genutzt

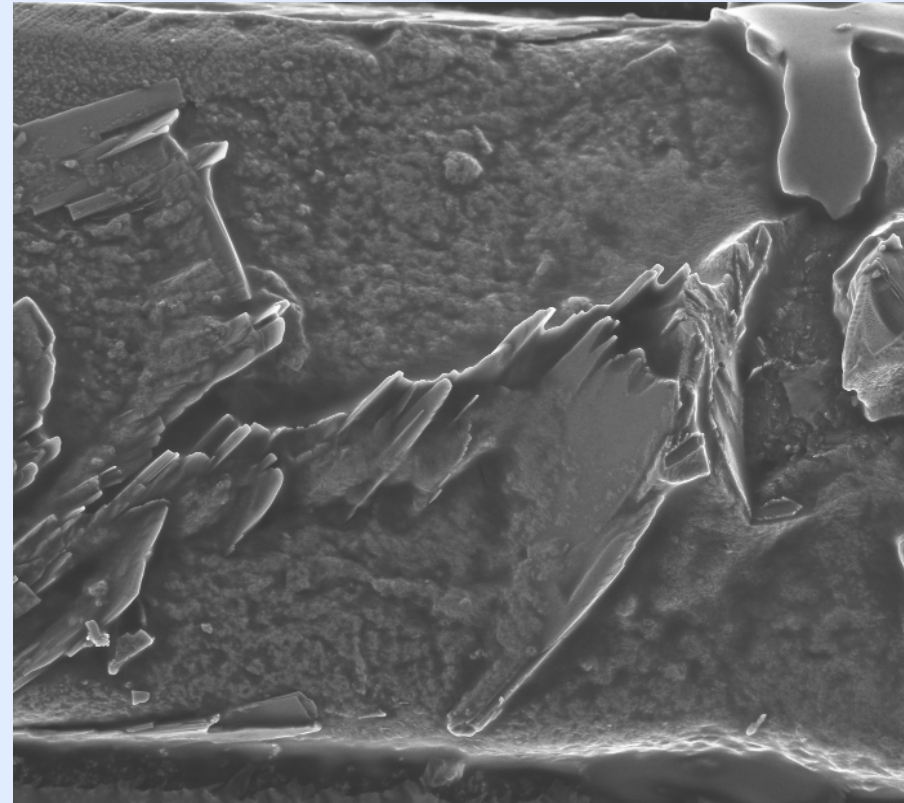
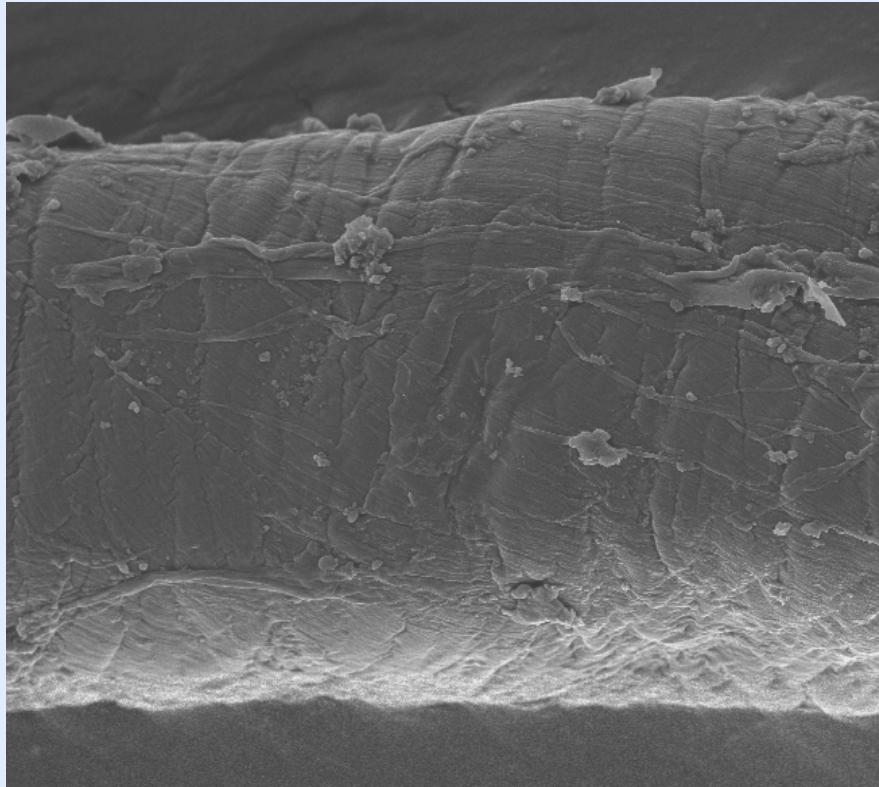
Holzkohleherstellung

- ⇒ Ausschließlich Buchenholz wird für die Holzkohleherstellung verwendet
- ⇒ 333 - 350 kg Holzkohle werden aus einer Tonne Buchenholz (atro) hergestellt
- ⇒ Unterschiedliche Methoden haben sich zur Holzkohleherstellung entwickelt
 - ⇒ Degussa-Methode, „SIFIC-Methode“
- ⇒ Die produzierte Menge an Holzkohle steht in Relation zum Ligningehalt des eingesetzten Holzes
- ⇒ Lignin besteht hauptsächlich aus Kohlenstoff – dieser ist verantwortlich für den späteren Heizwert der Kohle

Holzwerkstoffindustrie

- ⇒ Lignin ist Reaktionspartner für Bindemittel aus der Holzwerkstoffproduktion
 - ⇒ Bindemittel (Harnstoff-Formaldehyd-, Phenol-Formaldehyd-, Melamin-Harnstoff-Formaldehyd)
- ⇒ Ligningehalt ist abhängig vom verwendeten Materialtyp (Faser, Späne)
 - ⇒ Spanherstellung ist mechanischer Prozess – kein Ligninverlust
 - ⇒ Faserherstellung ist thermo-mechanischer Prozess (Plastifizierung) – Ligninverlust bei der Herstellung
- ⇒ Lignin kann als Bindemittel verwendet werden
 - ⇒ Enzymatische Behandlung mit Laccase

Lignin auf Fasermaterial



Lignin als Bindemittel

- ⇒ Lignocellulosehaltiges Material kann mit Enzymen wie Laccase besprüht werden, um ein Anrauen der Oberfläche zu bewirken
- ⇒ Laccase ist ein Enzym, das von Weißfäulepilzen zur Holzzersetzung produziert wird
- ⇒ Polymerisations- und Depolymerisations-Prozesse
- ⇒ Die aufgeraute Oberfläche kann später für sog. Holz-zu-Holz Bindungen genutzt werden - weitere Bindemittel sind nicht notwendig

Literatur

- ⇒ Higushi, T.: Biochemistry and Molecular Biology of Wood. Springer Series in Wood Science 1997
- ⇒ Nultsch, W.: Allgemeine Botanik, Thieme Verlag, 1991
- ⇒ Brett, C., Waldron, K.: Physiology and biochemistry of plant cell walls. Chapman and Hall, 1996
- ⇒ Heldt, H.: Pflanzenbiochemie, Spektrum Verlag, Heidelberg, 1999
- ⇒ Croteau, R., Kutchan, T., Lewis, N.: Natural Products (Secondary metabolites) in Biochemistry and Molecular Biology of Plants, eds. Buchanan, B., Grissem, W., Jones, R. American Society of Plant Physiologists, 2000
- ⇒ Dixon and Palva: Stress-induced phenylpropanoid metabolism, Plant Cell 7, pp. 1085-1097
- ⇒ Lohmann, U.: Holzhandbuch, DRW Verlag, 1998
- ⇒ Taiz, L., Zeiger, E.: Physiologie der Pflanzen, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin, 2000
- ⇒ Boudet, A., M., Kajita, S., Grima-Pettenati, J., Goffner, D.: Lignin and lignocellulosics a better control of synthesis for new and improved uses, TRENDS in Plant Sciences, Vol. 8 No. 12, December 2003
- ⇒ Campbell, M., M., Sederoff, R.: Variation in Lignin Content and Composition, Mechanisms of Control and Implications for the Genetic Improvement of Plants, plant Physiology 110, pp. 3-13, 1996