

# **Die Welt des Holzes entdecken – von der Zelle bis zum Hochhaus**

**Prof. Dr. Rupert Wimmer  
Institut für Holztechnologie und  
Nachwachsende Rohstoffe  
Universität für Bodenkultur Wien**

**Waldpädagogik im Gespräch 2023**

**3. März 2023**

**“Be very, very careful what you put in that head, because you will never, ever get it out.”**



Cardinal Thomas Wolsey, 1471-1530

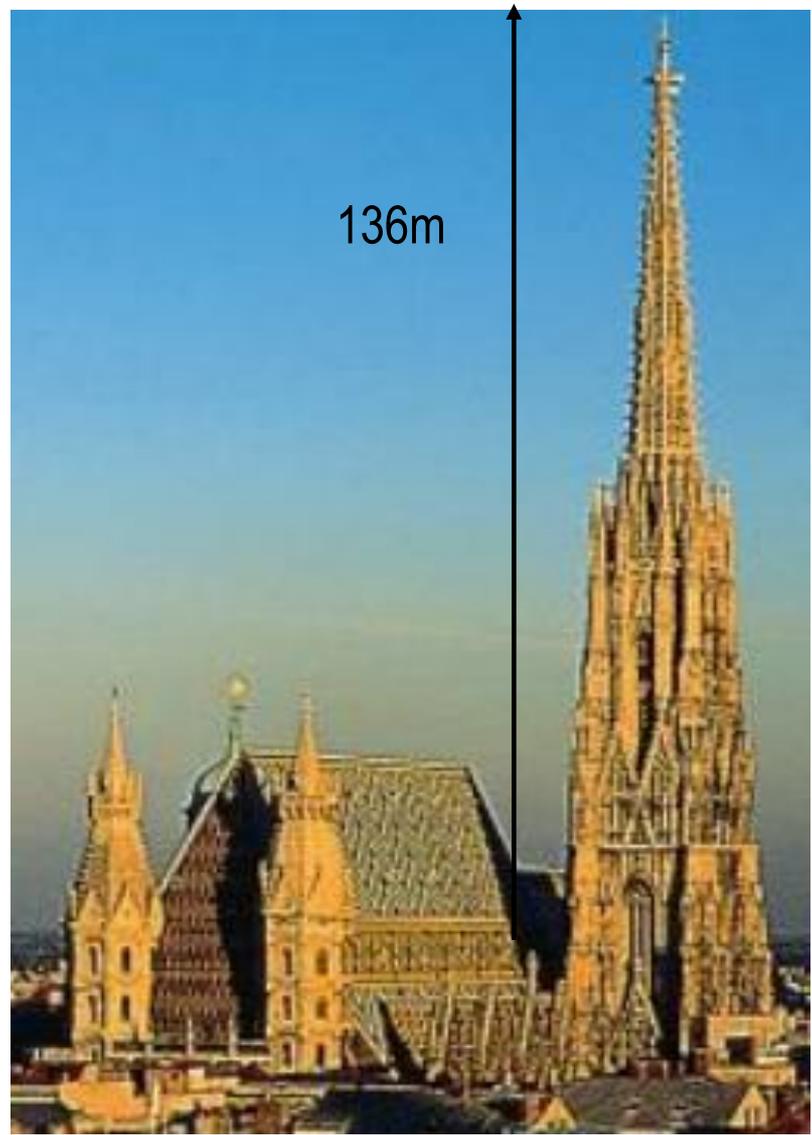


# Ein Baum ist...

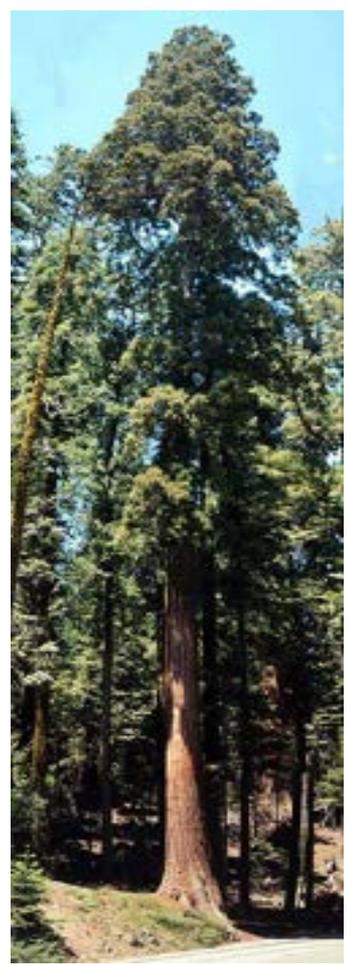
- groß
- langlebig
- wächst in “Schichten”
- mechanisch optimiert
- kompartmentiert



..... groß



*„Earth's Largest Living Thing“*



Sequoia

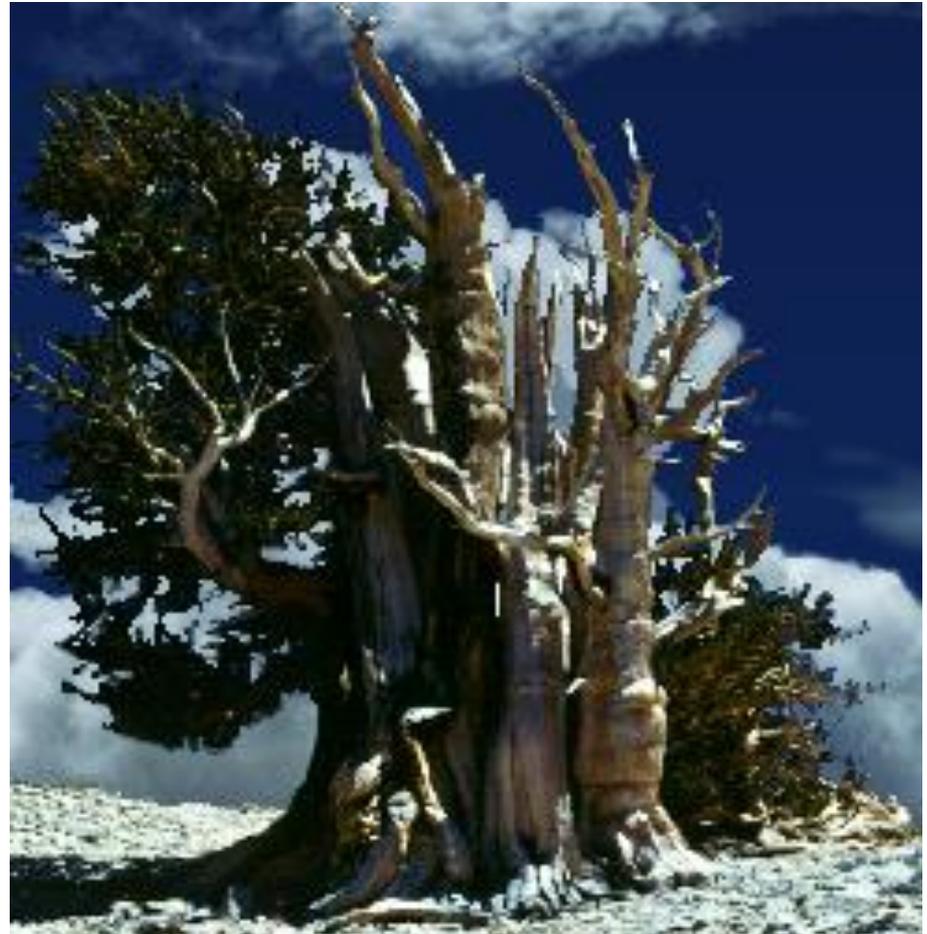
# ..... langlebig

„The oldest thing on earth“

E. Schulman



*Pinus taeda* (Weihrauch Kiefer)  
**20 Jahre**



*Pinus longaeva* (Grannenkiefer)  
**4900 Jahre**

## ...zur Klärung

NATUR & UMWELT FAST 10.000 JAHRE ALT

### Das ist der älteste Baum der Welt

Veröffentlicht am 29.12.2015 | Lesedauer: 2 Minuten

„Alt wie ein Baum möchte ich werden“, so heißt es in einem Song der Ost-Band „Puhdys“. Ganz so alt wie diese schwedische Fichte aber wohl doch nicht. Ganze 9500 Jahre hat das Gewächs auf dem Buckel – oder wohl eher in der Krone. Damit handelt es sich um den vermutlich ältesten Baum der Welt.

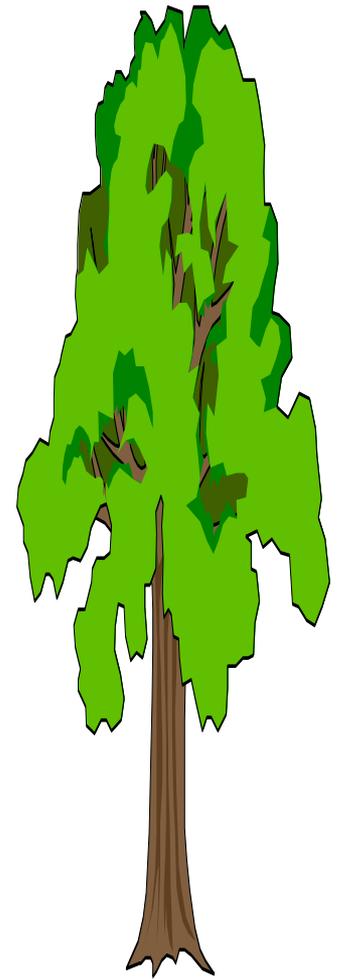
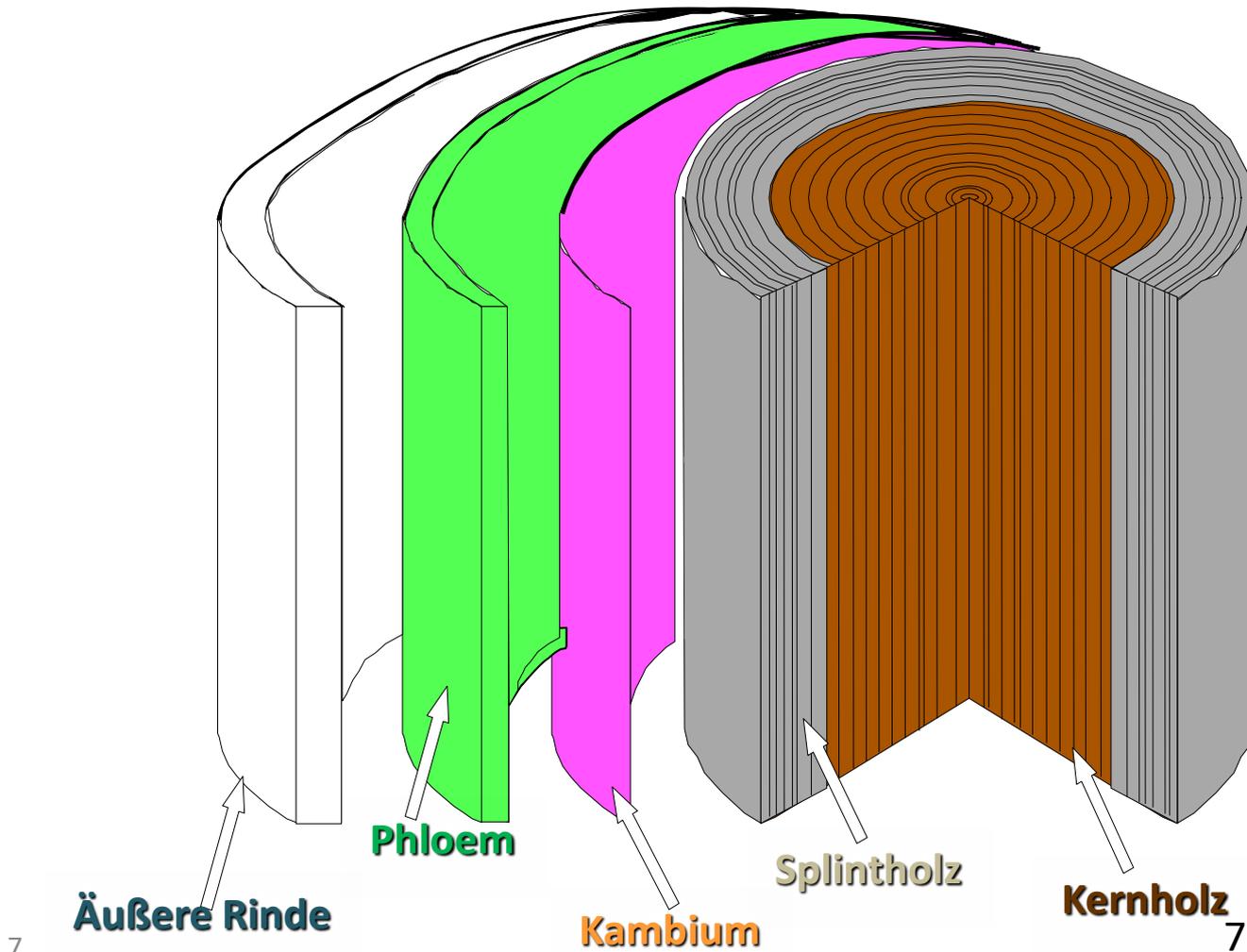


Stolze 9500 Jahre zählt dieser Baum in Schweden. Damit handelt es sich um den vermutlich ältesten Baum der Welt.

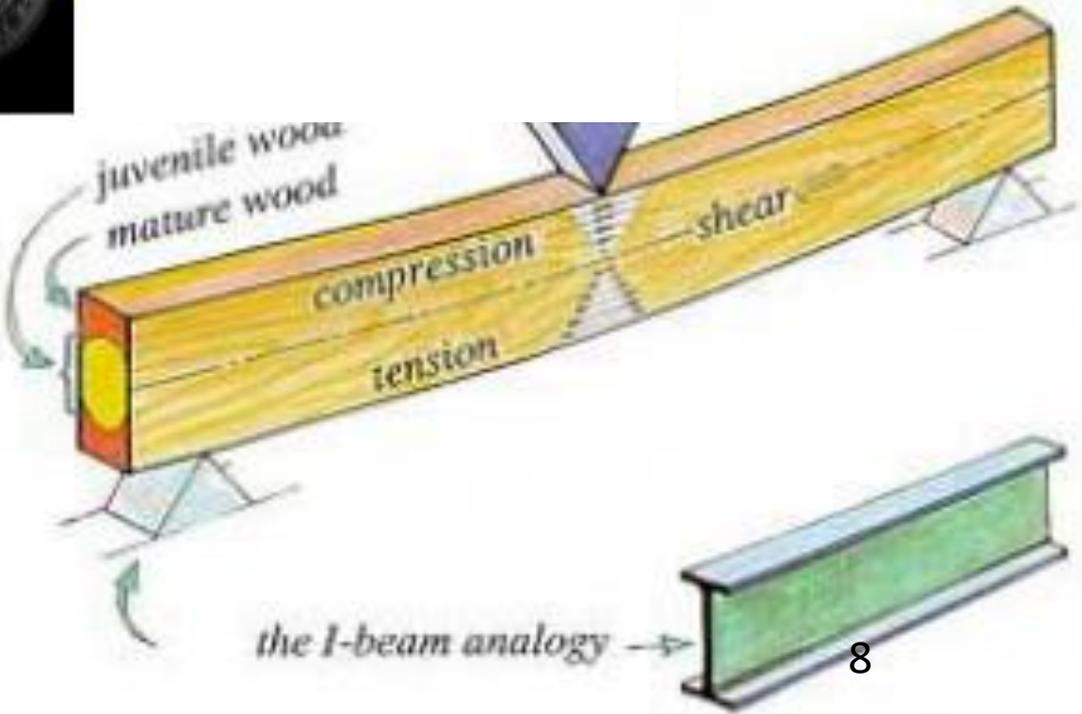
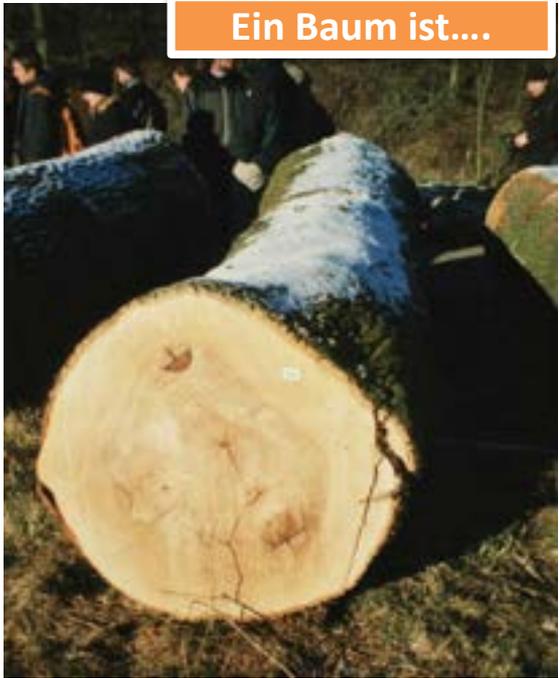
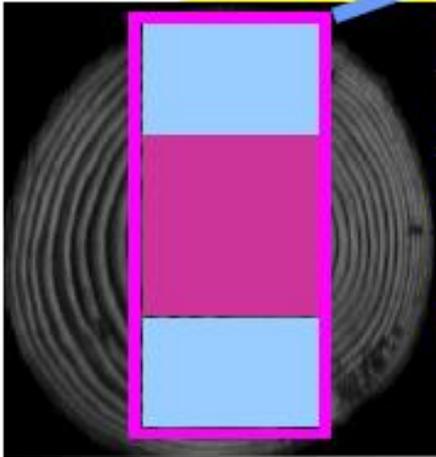
Quelle: REUTERS/ Alister Doyle

falsch

# ...wächst in Schichten

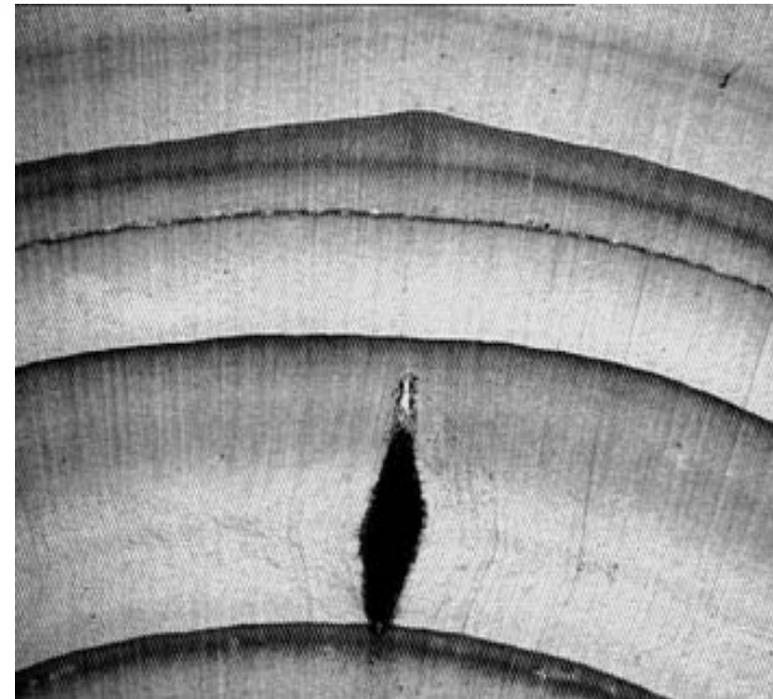
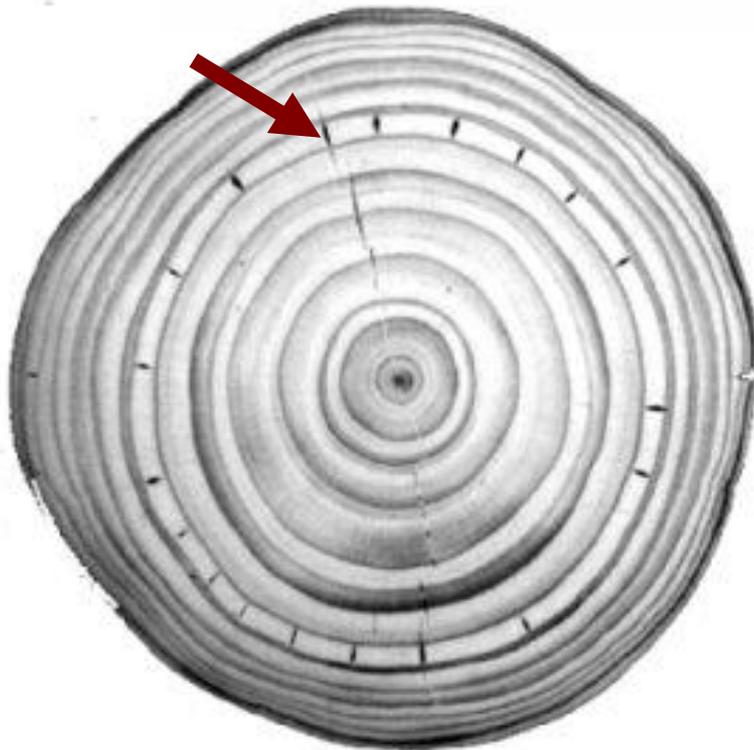


# ...mechanisch optimiert



....mechanisch optimiert

## Holzrisse im stehenden Baum!



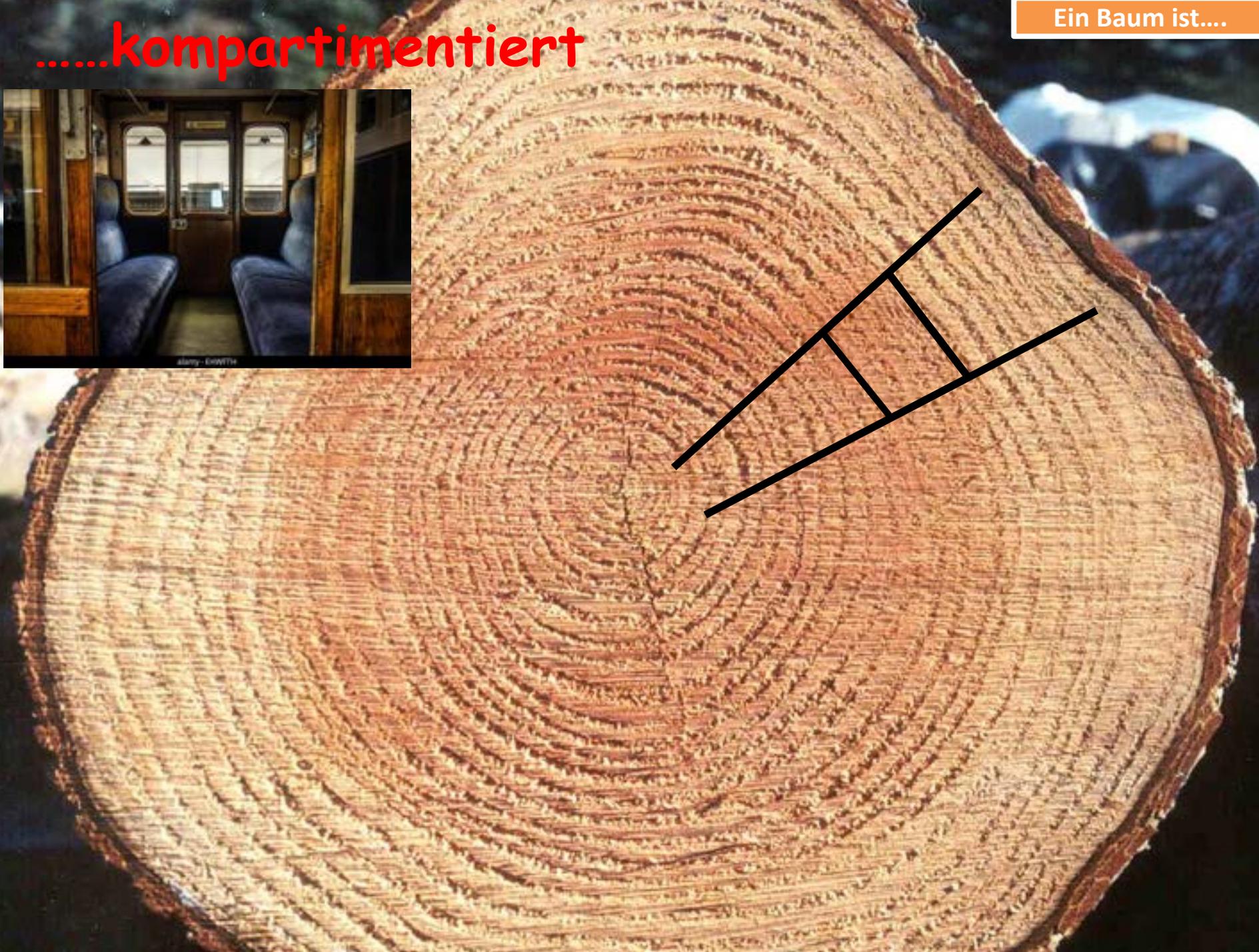
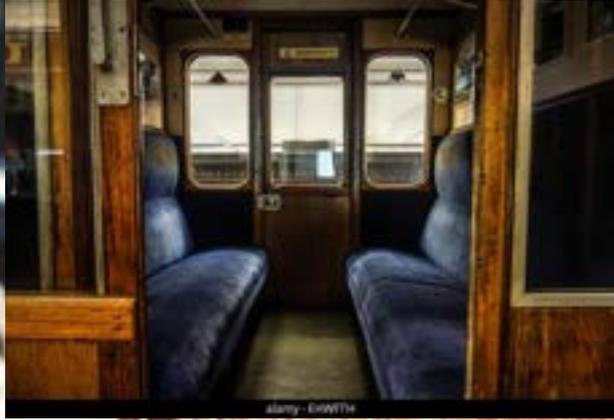
1992

1991

Fichte: Risse verursacht durch **starken Wasserverlust**  
**Tritt auch im Gebirge auf !**

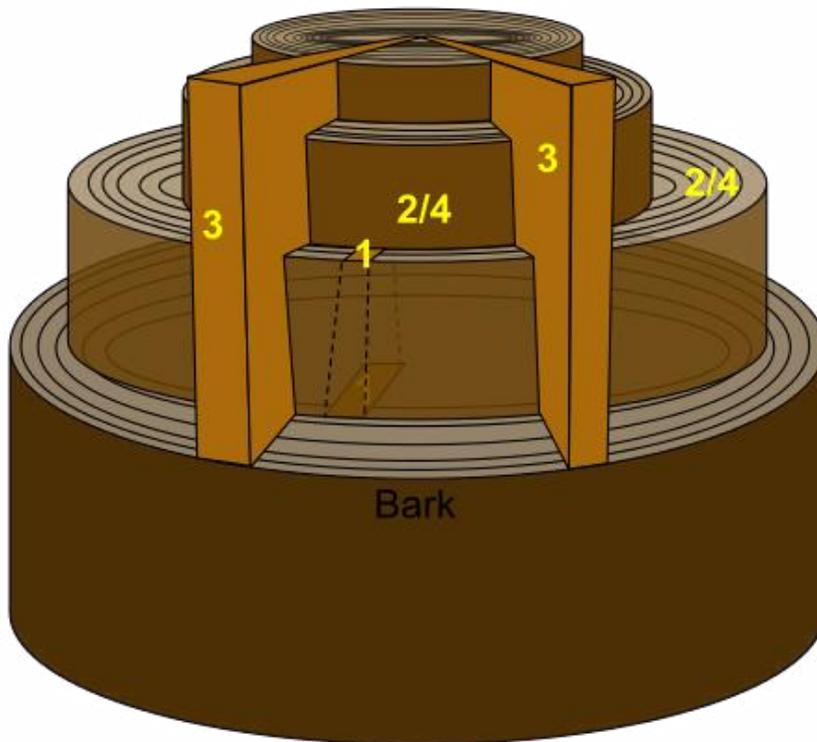
.....kompartimentiert

Ein Baum ist...



# .....kompartimentiert

*A tree is a highly compartmented organism !  
Alex Shigo*



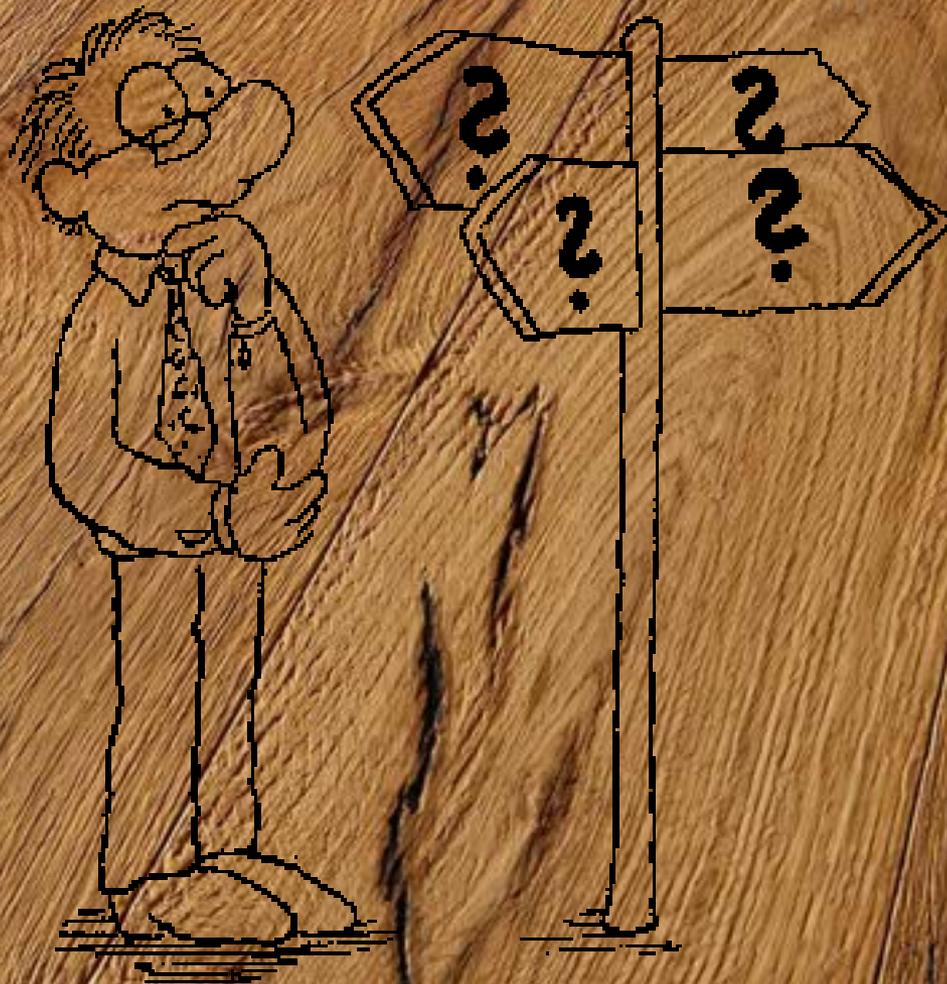
**Wand 1.** Verschluss durch **Thyllenbildung**.

**Wand 2:** Jahresringe bilden diese Wand (Frühholz – Spätholz)

**Wand 3.** Holzstrahlen bilden diese Wand

**Wand 4.** Bildung einer (neuen) **Abwehrwand** (Barriere, Einlagerung ligninähnlicher Substanzen)

# Was ist Holz?





# Holz ist..

- Luft
- nano – mikro – makro
- mechanisch optimiert
- brandsicher
- Zeit
- Farbe
- speziell: Lärche
- antibakteriell
- mondsüchtig
- wert-voll
- riecht
- magnetisch
- ein Wort aus 4 Buchstaben

# Eine Frage....

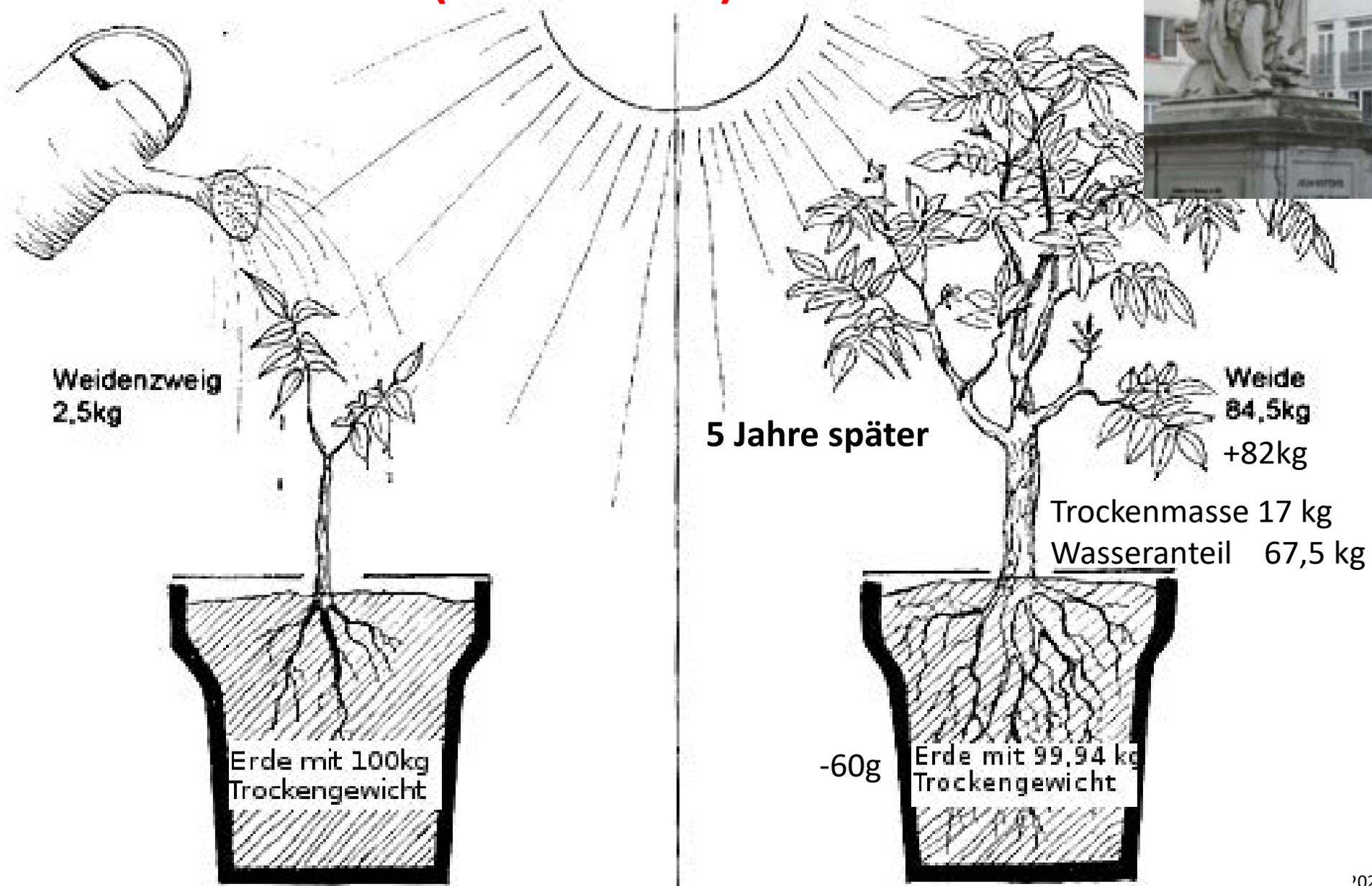
Ein kleines Samenkorn wiegt fast nichts und ein  
Baum wiegt dagegen sehr viel !  
Woher kommt die ganze Materie ?



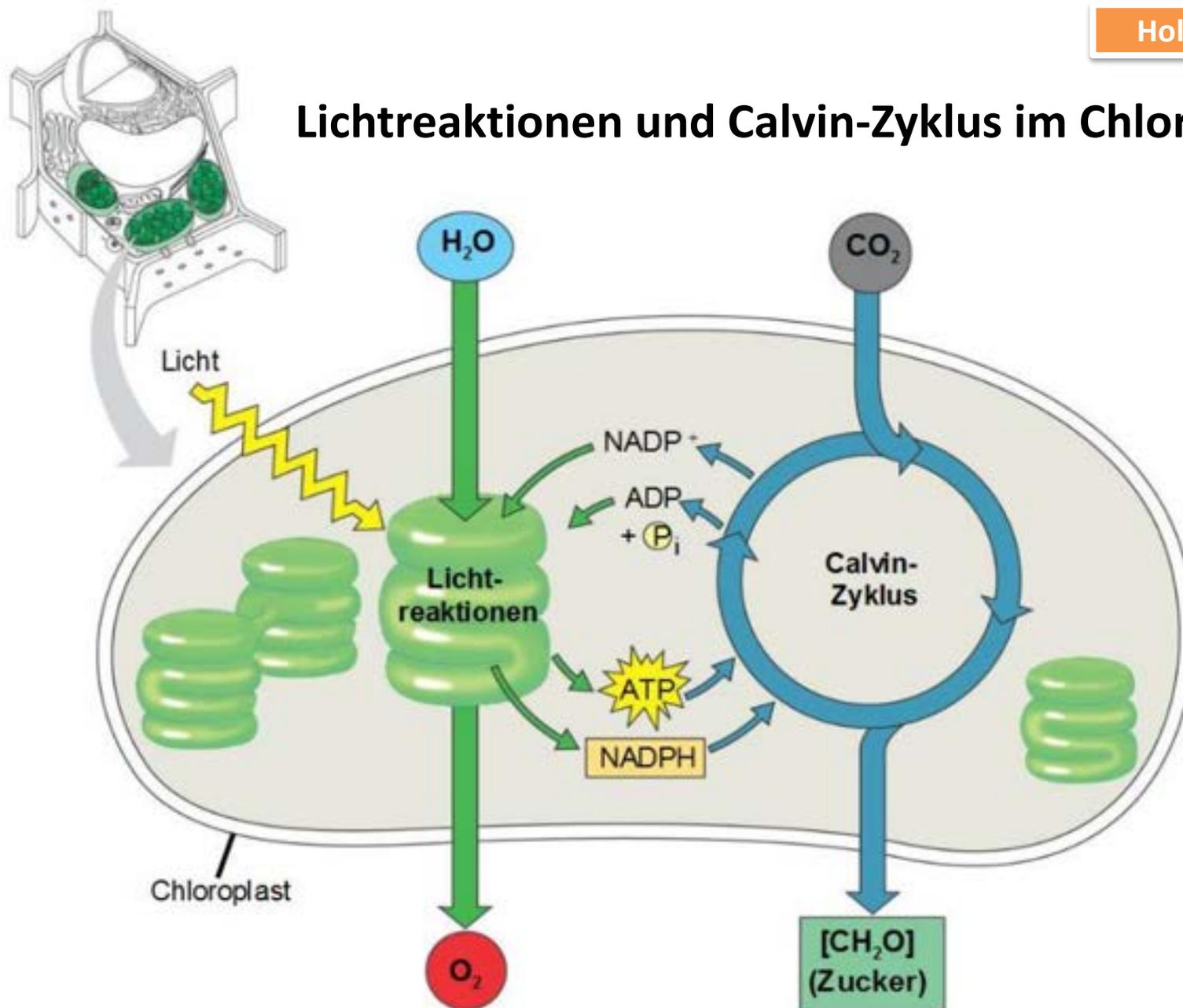
Day 1



# Das Experiment von Johan Baptista Van Helmont (1580 – 1644)



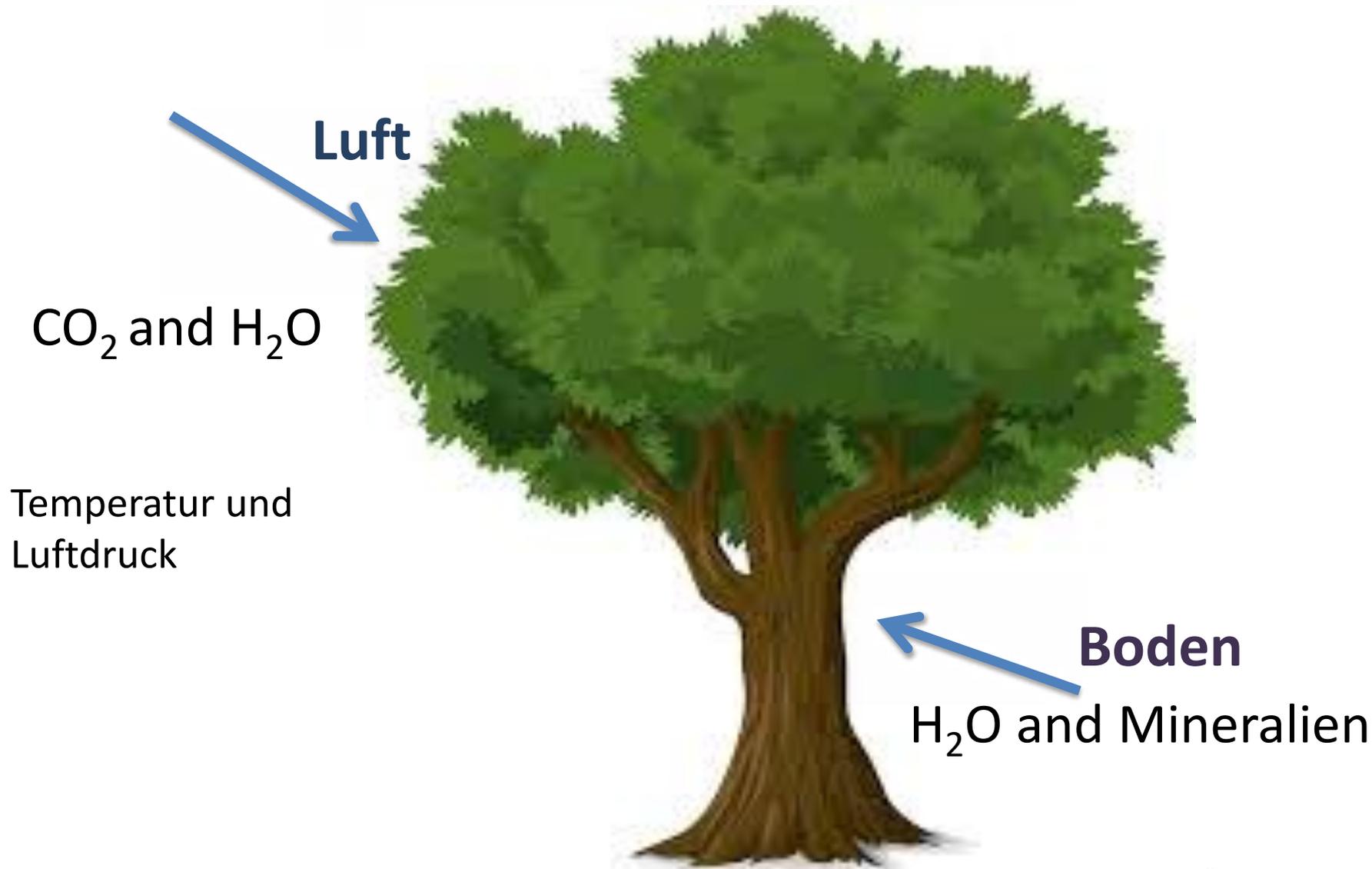
# Lichtreaktionen und Calvin-Zyklus im Chloroplast



ATP = Adenosintriphosphat (liefert Energie für Photosynthese und die  $CO_2$  Reduktion)  
 NADPH = Nicotinamidadenindinukleotidphosphat (H Spender und wird zu NADP oxidiert)

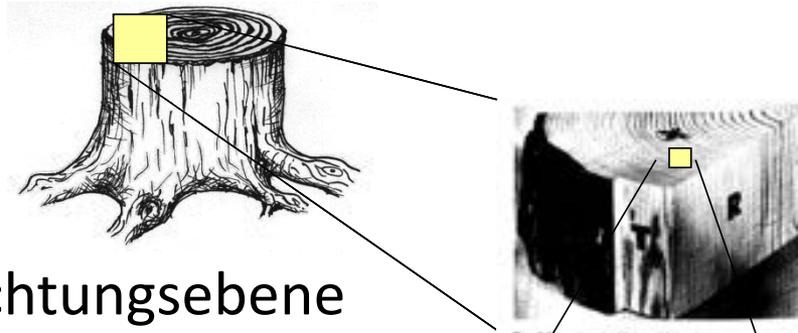
(Wikipedia)

# Holz besteht zu 93% aus Luft

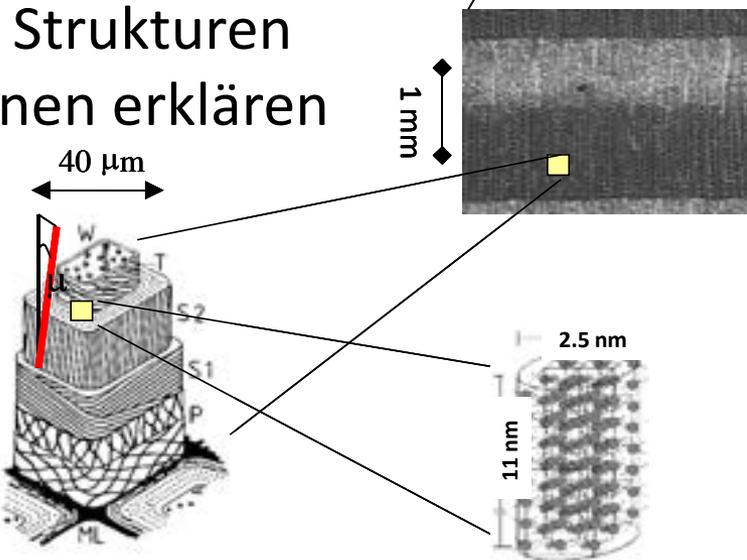


# ... Makro-Mikro-Nano

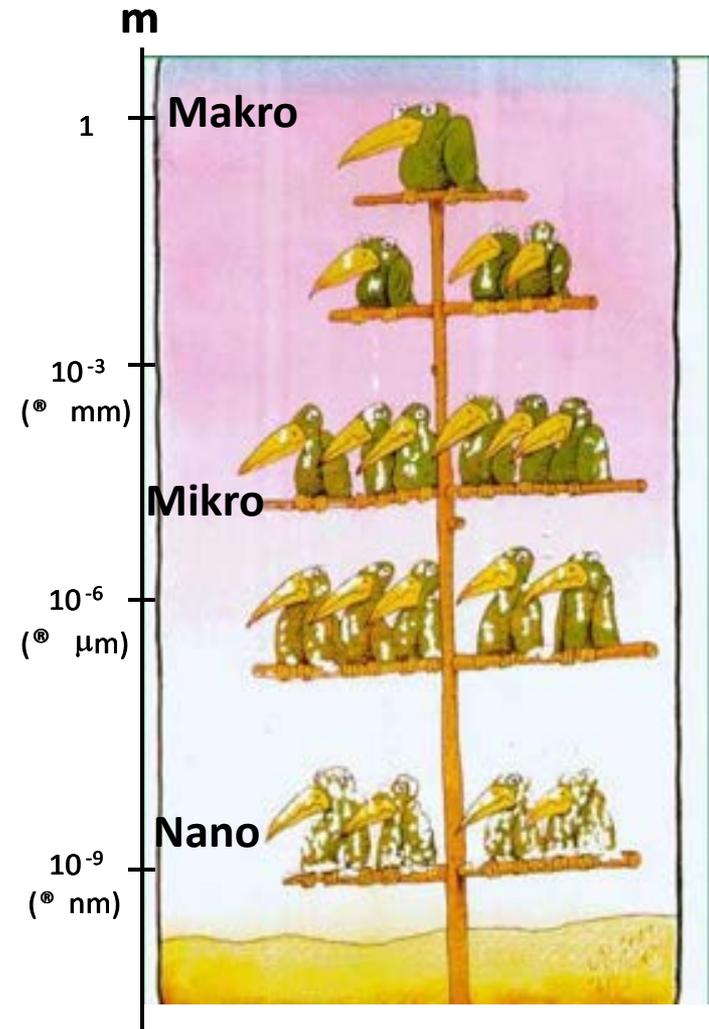
## Holz = hierarchisch aufgebaut !



jede Betrachtungsebene zeigt **eigene Strukturen**, aus den sich Strukturen anderer Ebenen erklären lassen

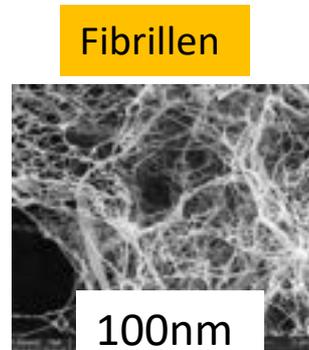
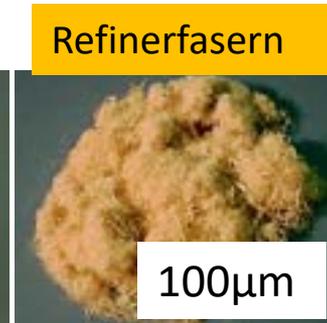


Crystalline of Cellulose Fibres



# „Nicht-periodische“ Holztabelle

10m



10<sup>-8</sup>m

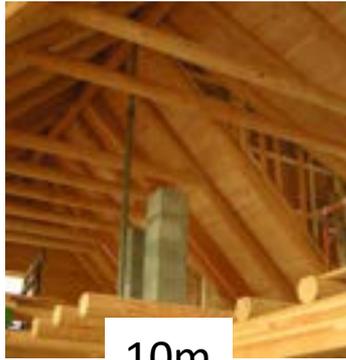
Ideen mit Holz auf 10 Zehnerpotenzen !!

adaptiert nach Marra

# „Nicht-periodische“ Holztabelle

Nano-Mikro-Makro

Holzbau



10m

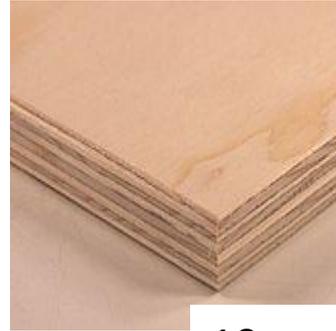
10m

Fussböden



1m

Multiplexplatte



10cm

OSB



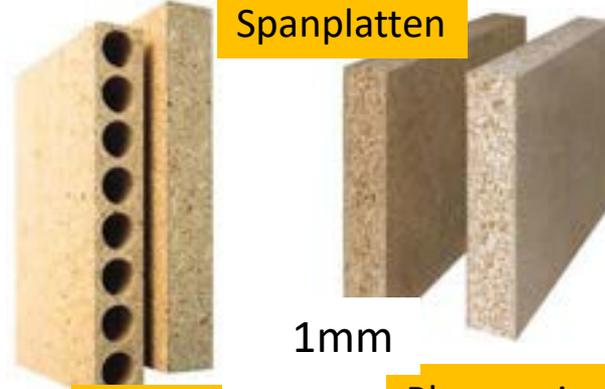
1cm

Heraklit-Holzwole



1cm

Spanplatten



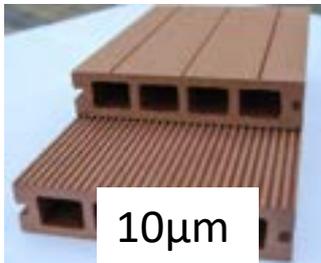
1mm

Faserplatten - Formteile



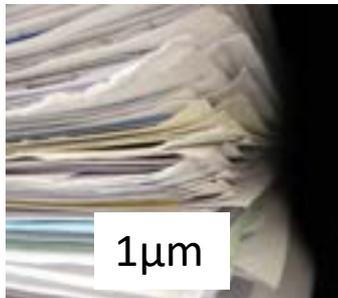
100µm

WPC



10µm

Papier



1µm

Pharmazie



100nm

10nm

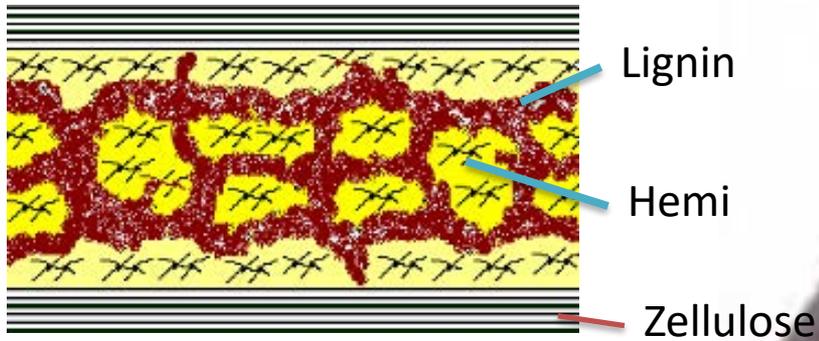
Nanozellulose, Feinchemikalien



10<sup>-8</sup>m

Ideen mit Holz auf 10 Zehnerpotenzen !!

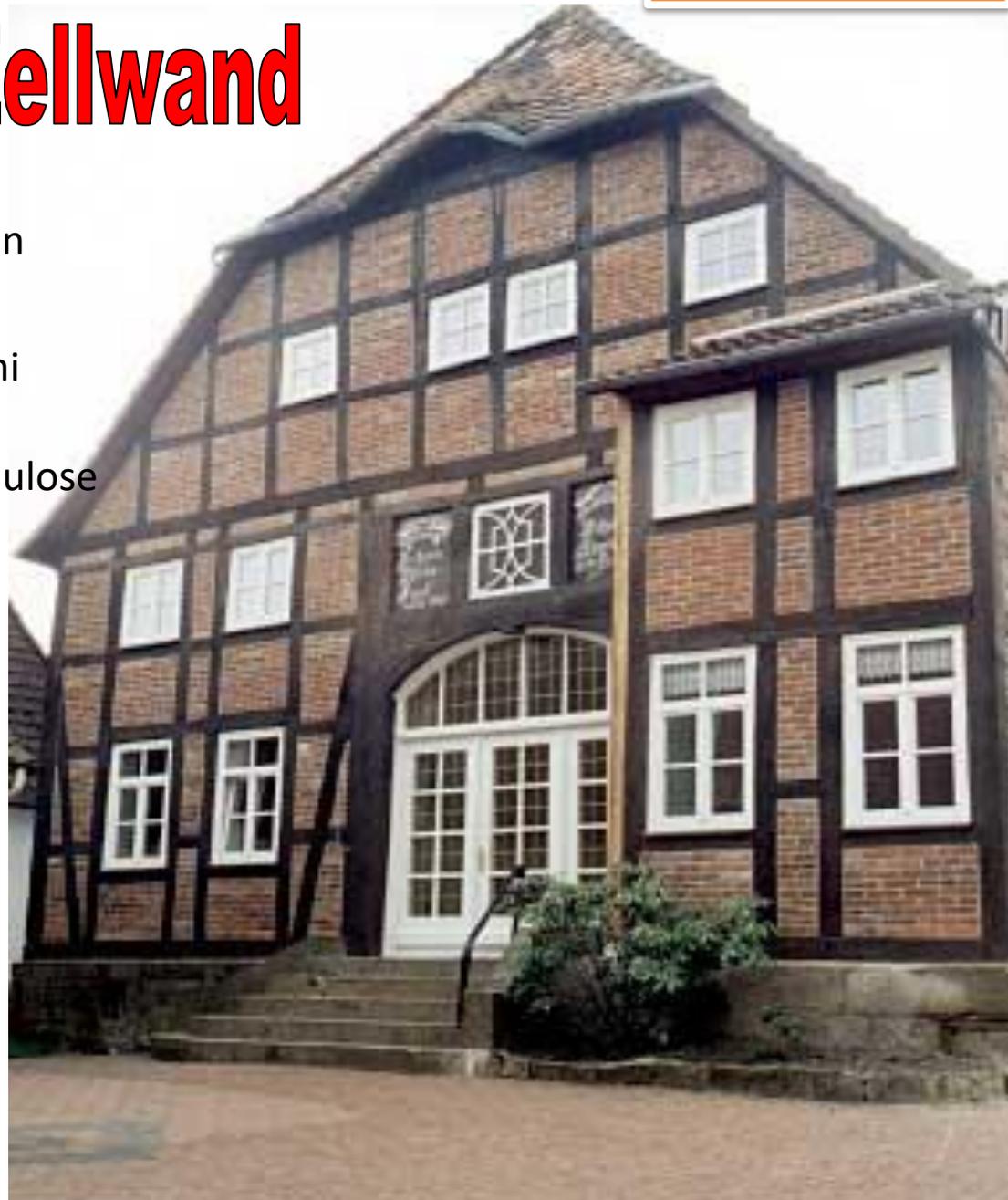
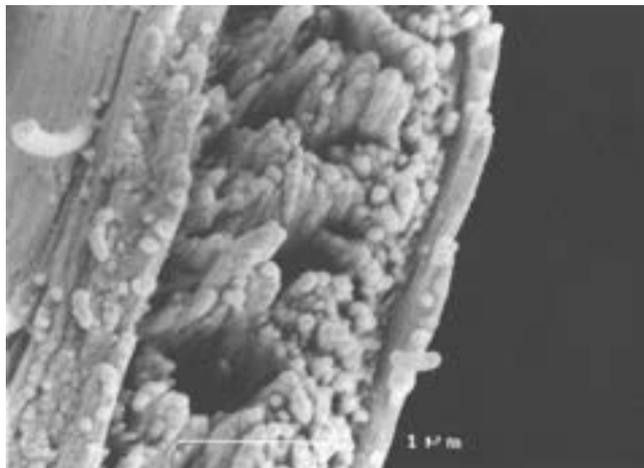
# Fachwerk Holz-Zellwand



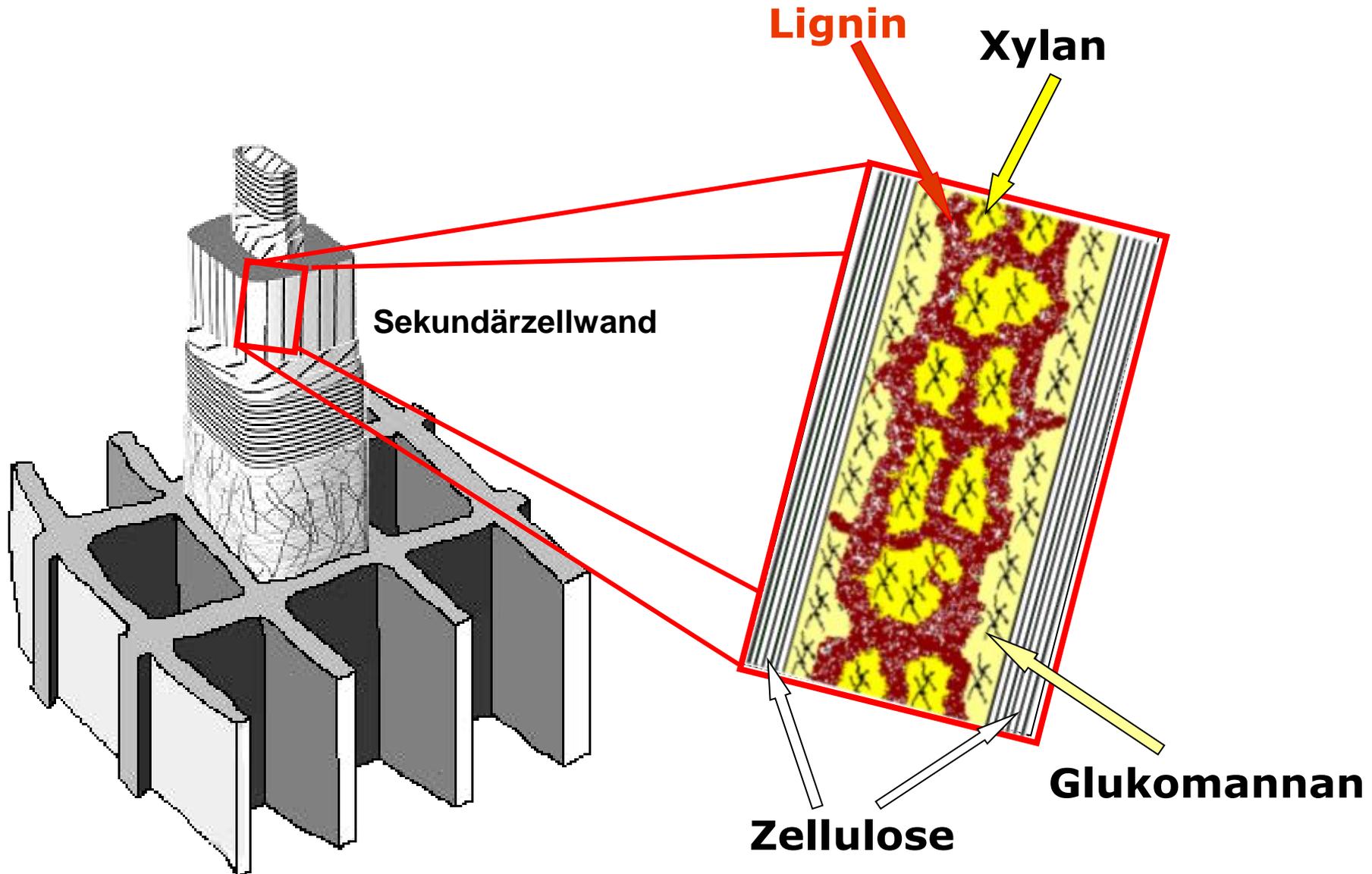
Zellulose (**Balken**)

Hemizellulosen (**Mörtel**)

Lignin (**Ziegel**)

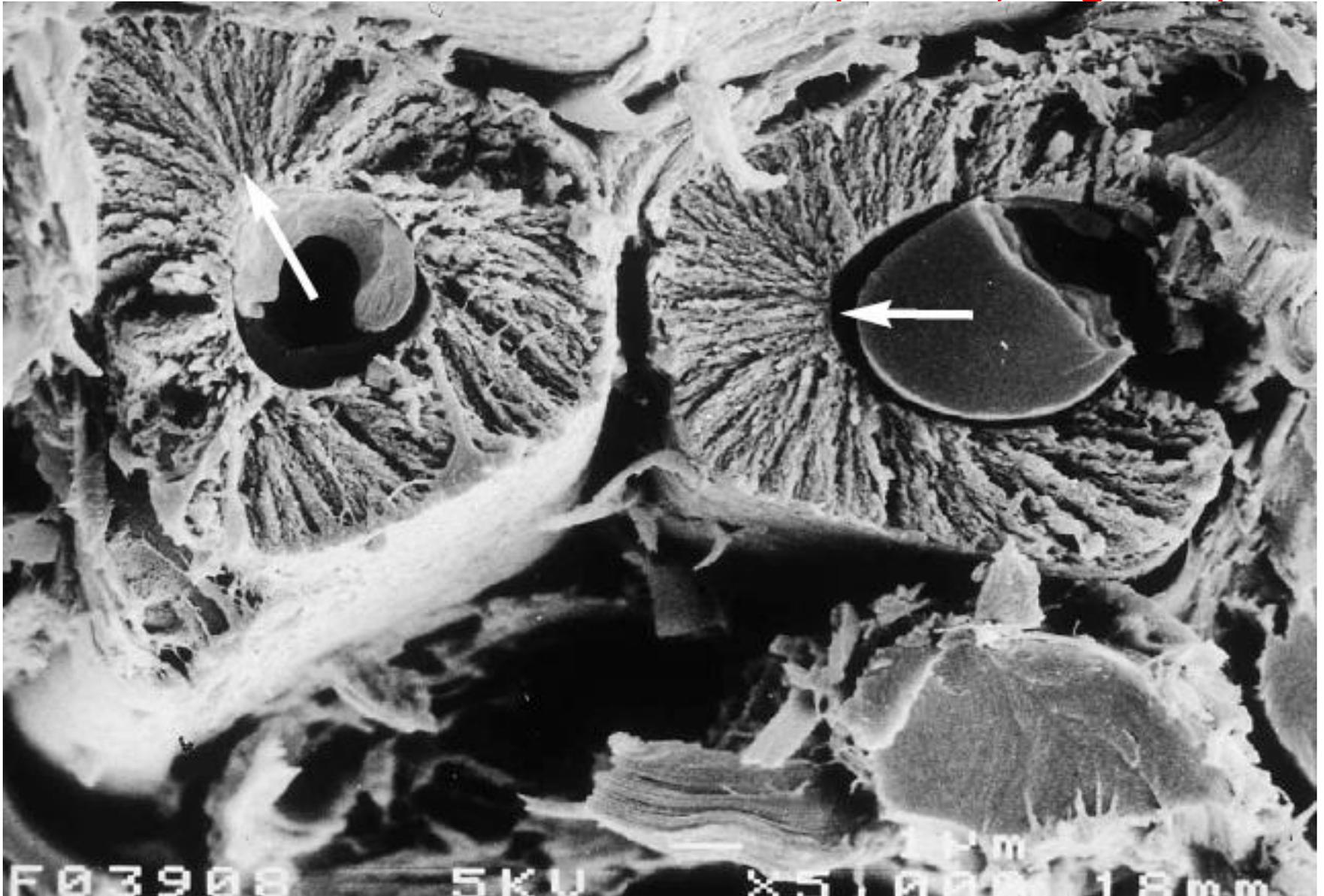


# Wie ist die Holzzellwand aufgebaut?



(nach Salmén & Olsson, 1998)

# Holzfasern brechen **radial** (Eichen, Zugzone)

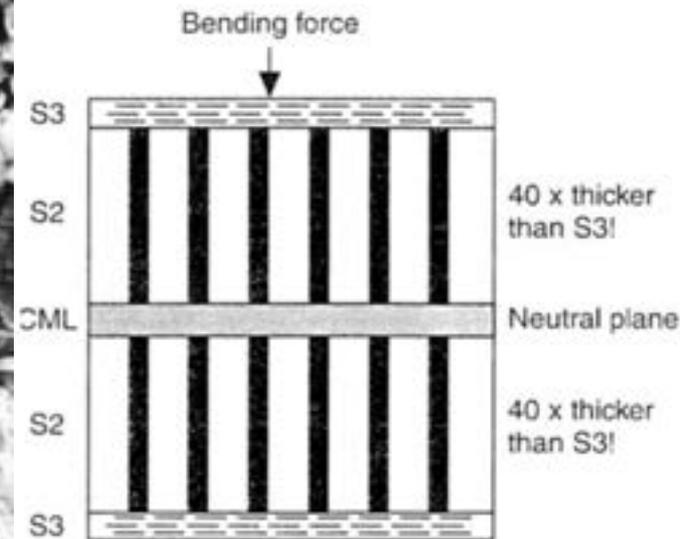
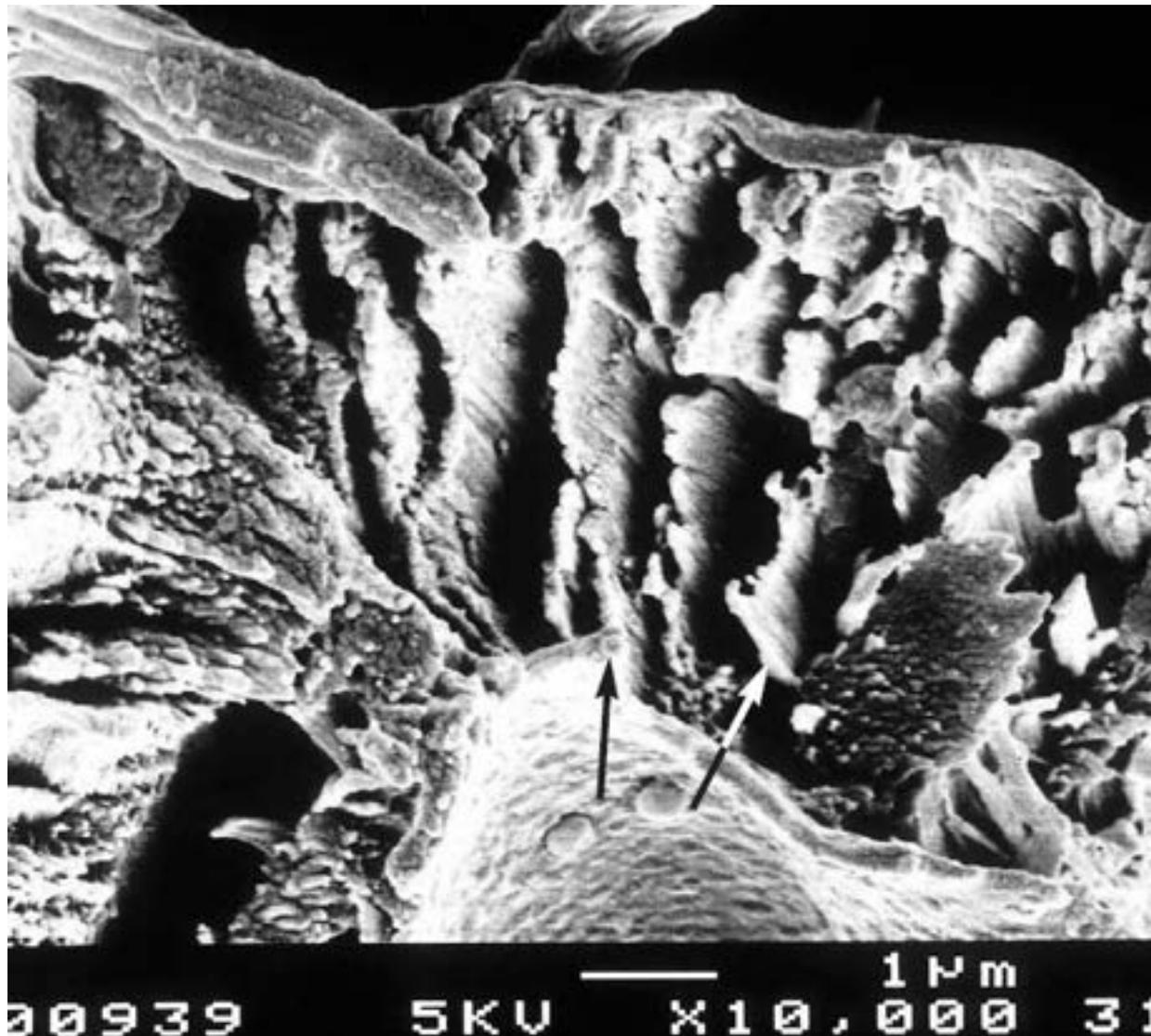


Schlagbiegeversuche

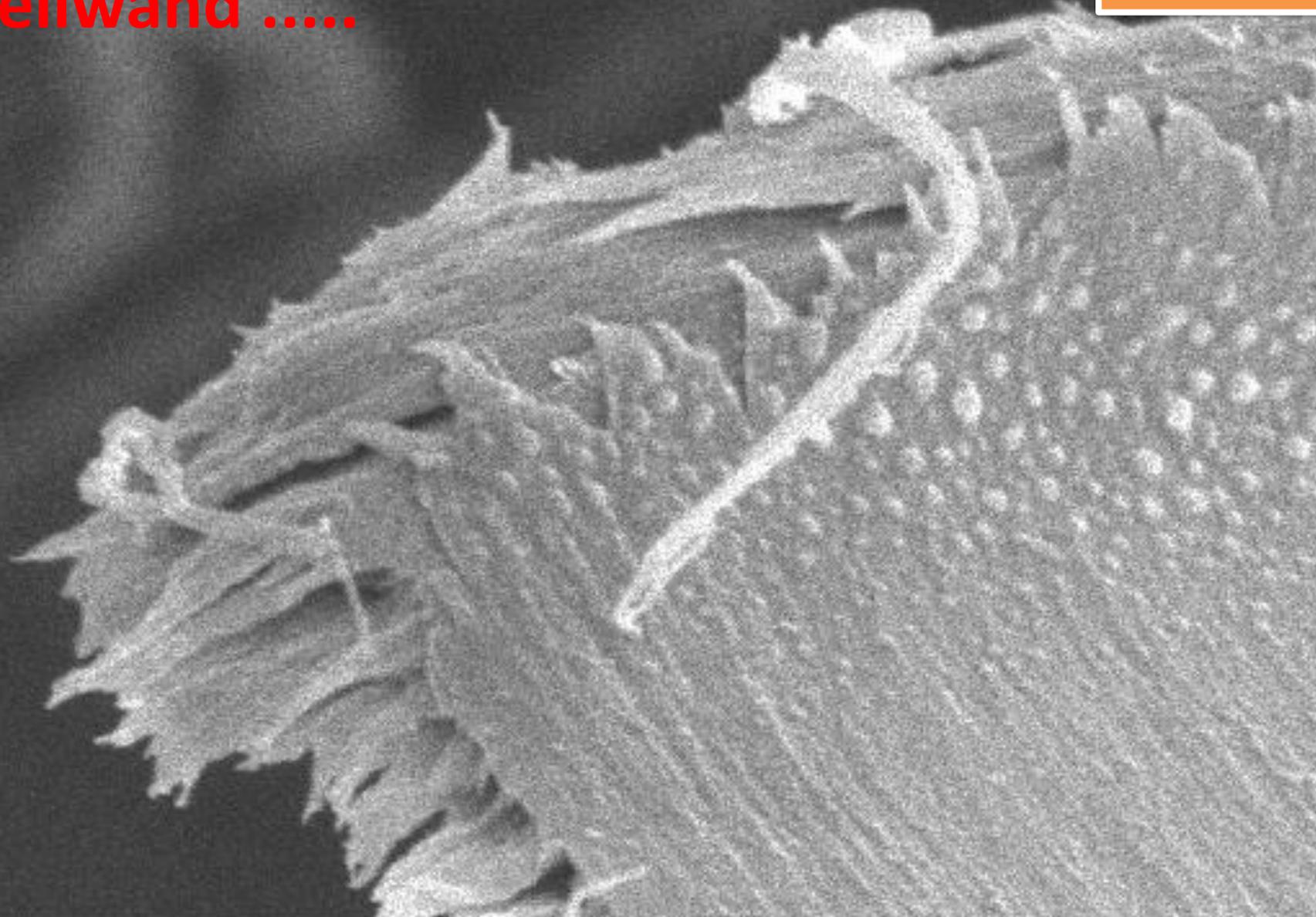
(T.Zimmermann)

# Zellwandbruchfläche - Buchenfaser

**Radiale  
Strukturen  
entdeckt !**



# Holzzellwand .....



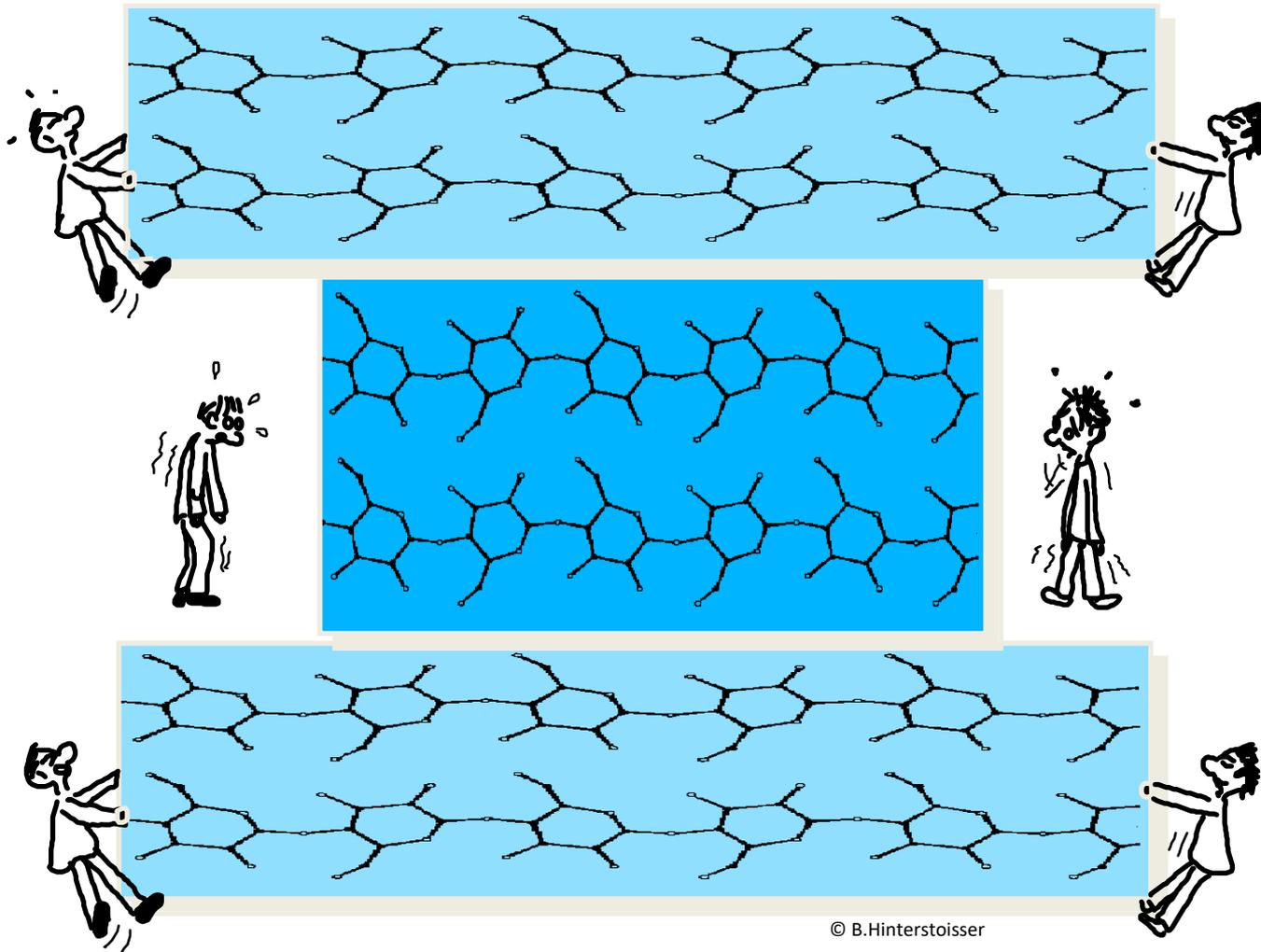
Acc.V Spot Det WD Exp | 2 μm  
5.00 kV 2.0 SE 13.9 1 | Black pine

...ist wie Sperrholz

Nano-Mikro-Makro

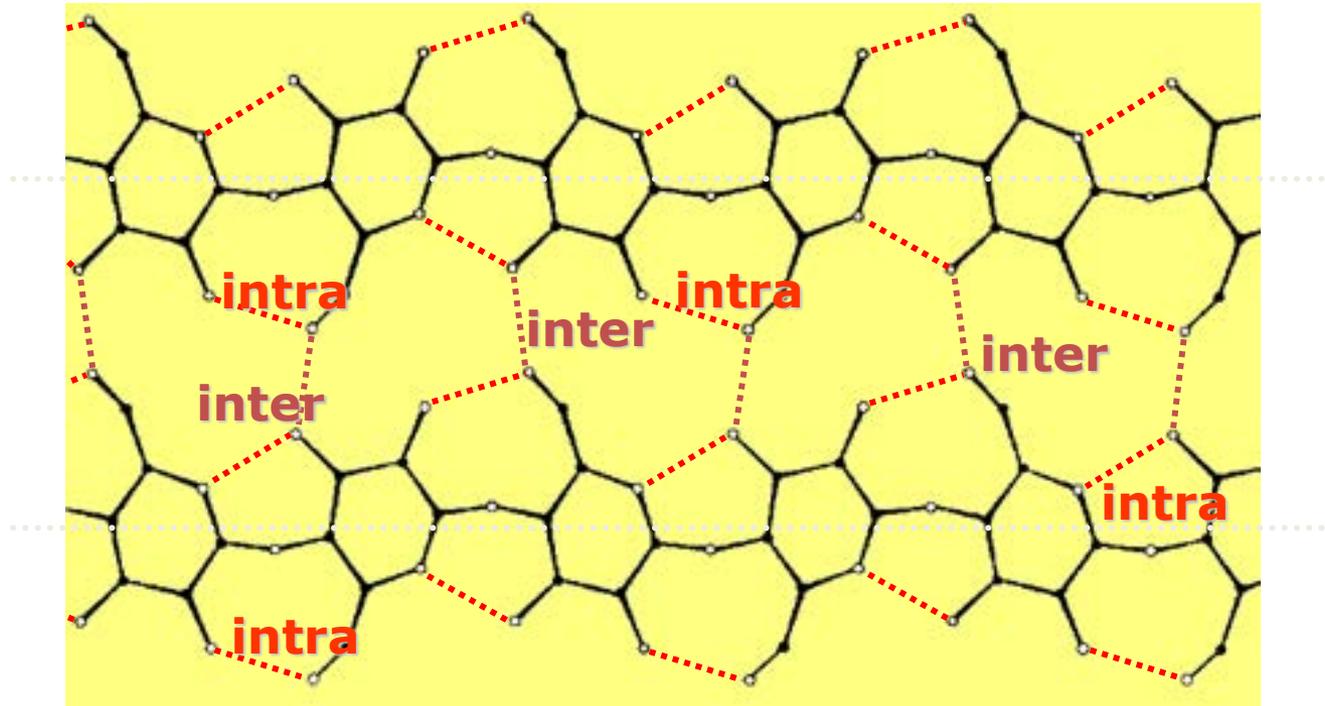


# Warum ist Holz so zugfest ?



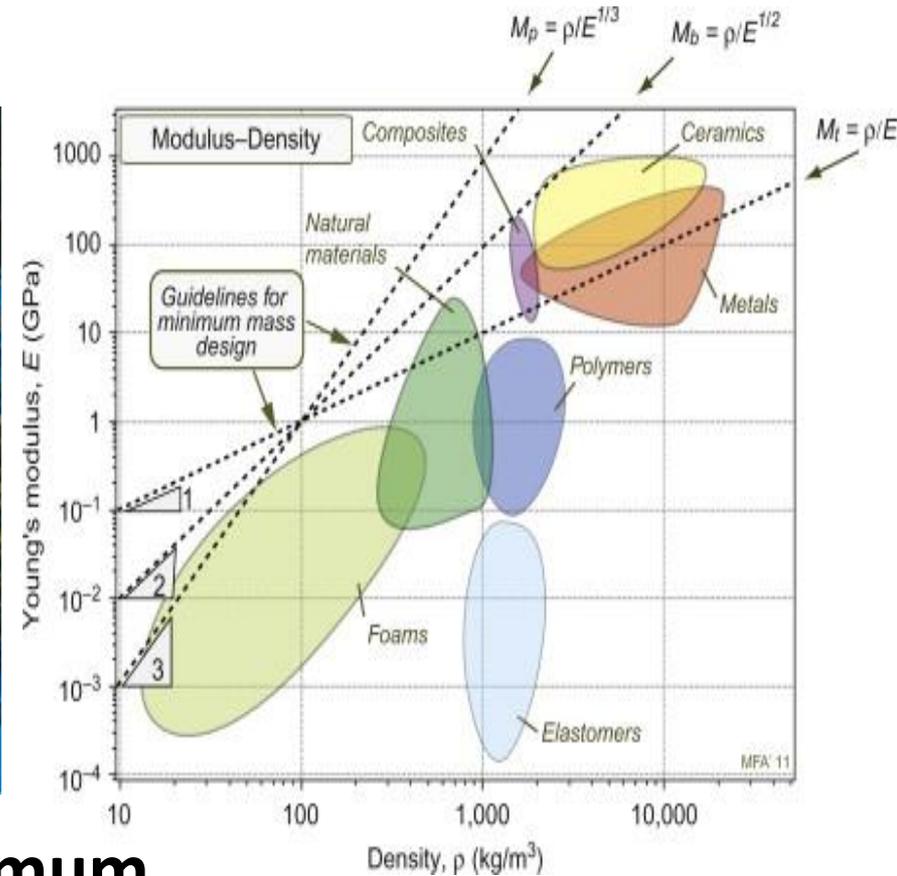
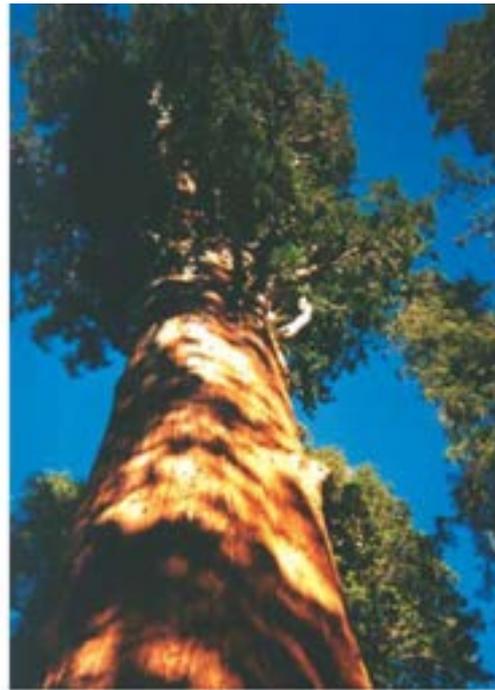
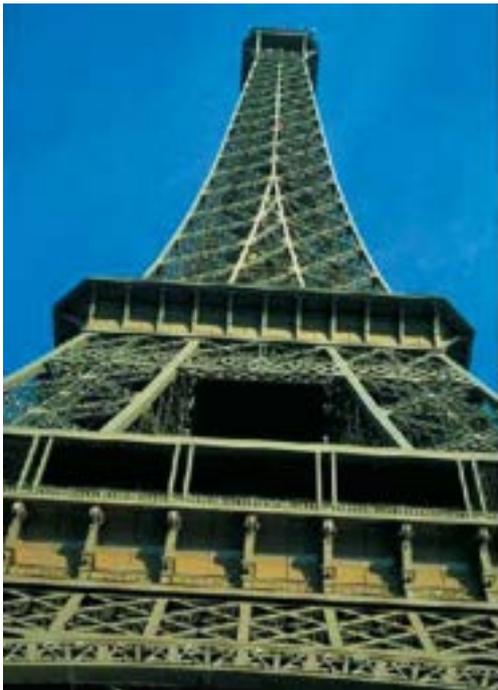
© B.Hinterstoisser

# Wasserstoff-Brückenbindungen der Zellulose



**Inter und intra-molekulare Bindungen**

# Holz: Hohe Steifigkeit bei minimalem Materialeinsatz



(U.Müller/A.Teischinger)

**Steifigkeit<sup>1/2</sup>/Dichte → Maximum**

Bei gegebener Masse – kann die höchste Säule mit jenem Material gebaut werden, das das höchste  **$E^{1/2}$ Dichte** besitzt.

***Holz ist kaum zu übertreffen!***

# Holz, fester als Stahl?

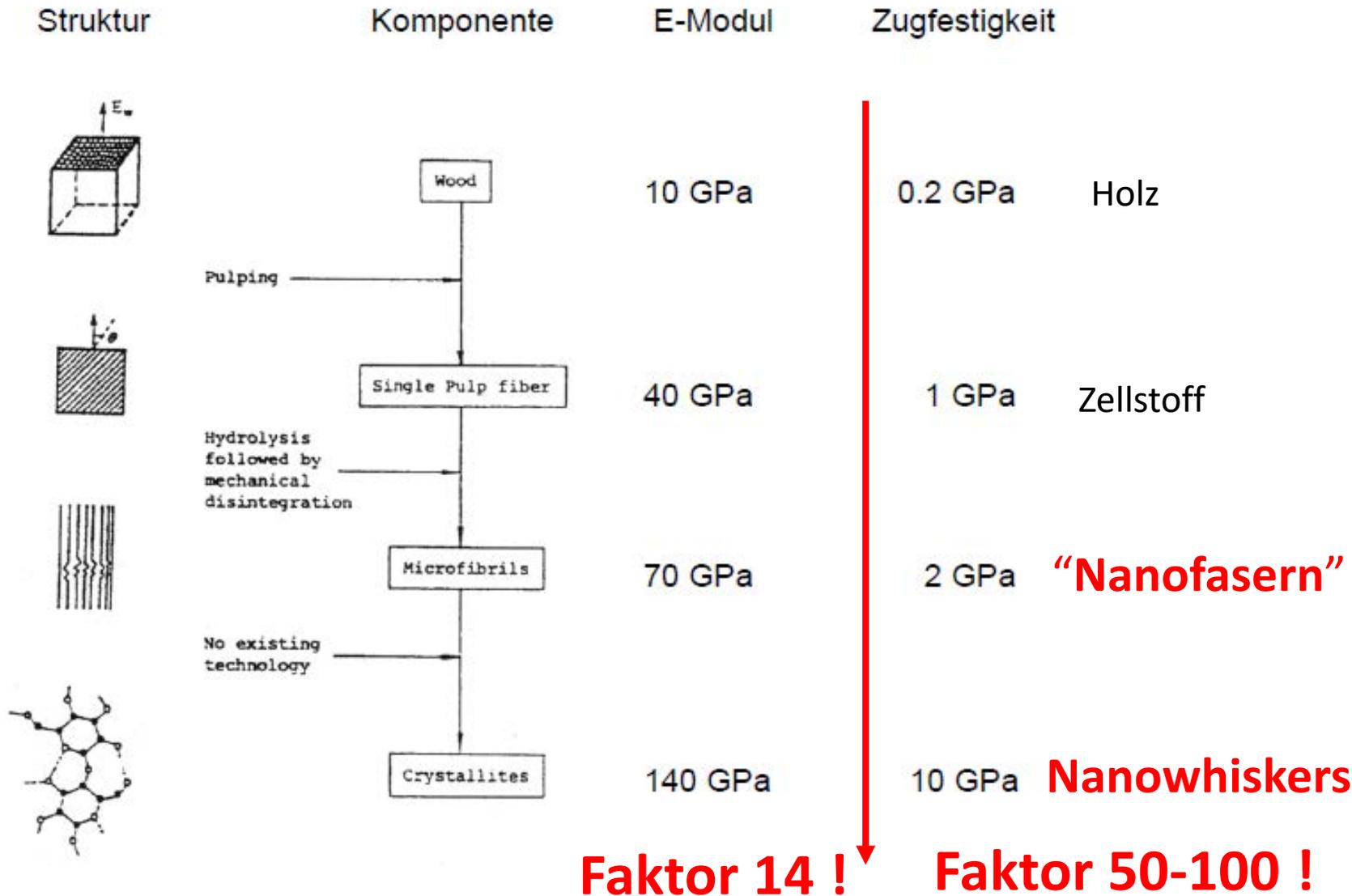
Mechanische Eigenschaften von Naturfasern im Vergleich zu technischen Fasern

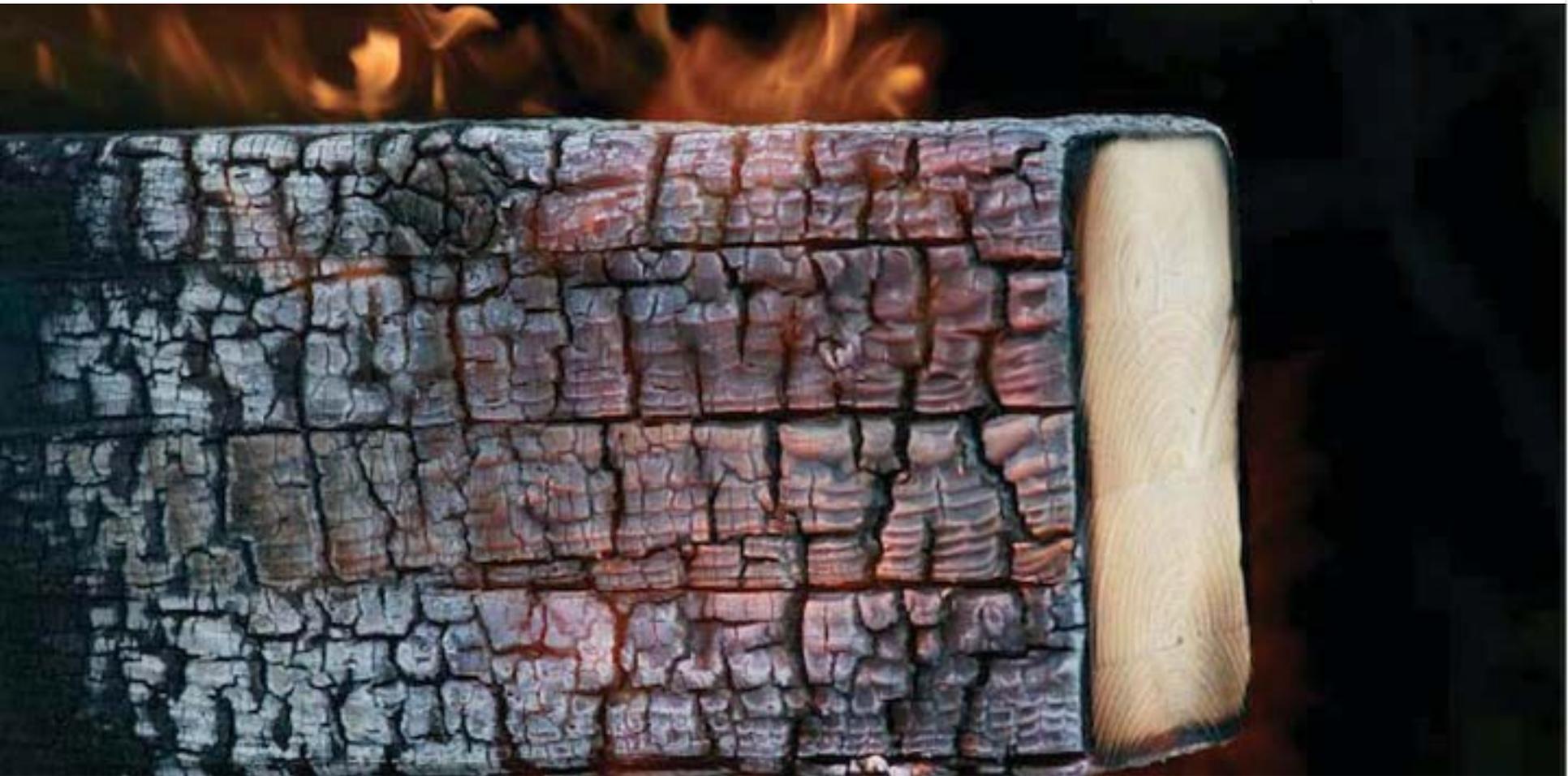
Faser	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	Zugfestigkeit (MPa)	Elastizitätsmodul (GPa)	Spez. Steifigkeit	
Baumwolle	1.5	187-597	5.5-12.6	7	
Jute	1.3	393-773	26.5	20	
Flachs	1.5	345-1035	27.6	19	
Zellstoff	1.5	1000	40.0	27	
Lyocell	1.5	1400	36	24	
E-Glas	2.5	2000-3500	70.0	28	
Stahl (ST52)	7,85	500	210	27	3
Holz	0.43	120	10	23	25
WPC	1	15-25	3-4	3	4
Spanplatte	0.65	20-30	3-4	5	8

Spezifische Steifigkeit = E-Modul <sup>1/2</sup> / Dichte

$Z_f^{1/2}/Dichte$

# Geht noch mehr?





## Holz: brennbar

Die statische Sicherheit von Holzkonstruktionen ist anhand des Abbrandes genau kalkulierbar.

### Probleme:

- Rauchentwicklung
- Brandfortleitung

## Stahl: unbrennbar

Die Festigkeit des Stahles **versagt** ab einer Temperatur von 500-600°C. Diese ist im Brandherd nach ca. 7 bis 10 Minuten der Fall.

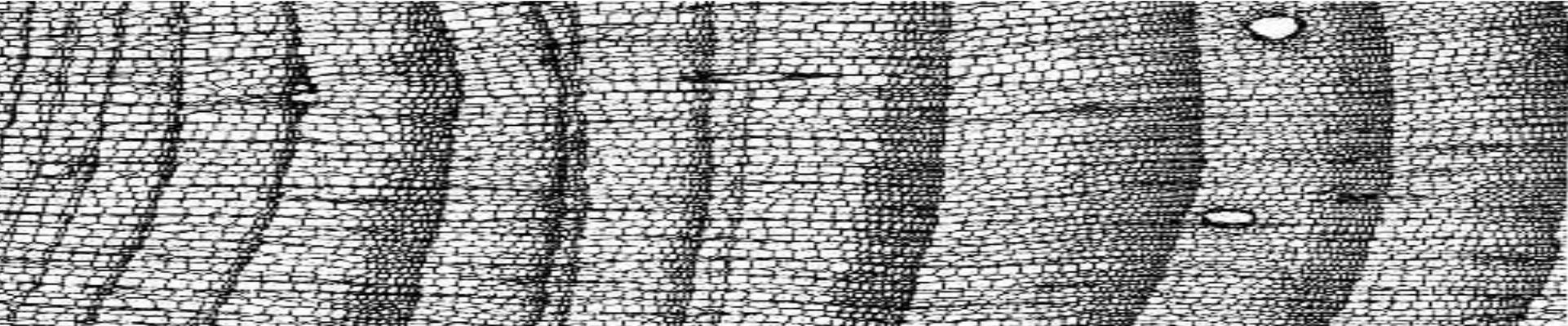
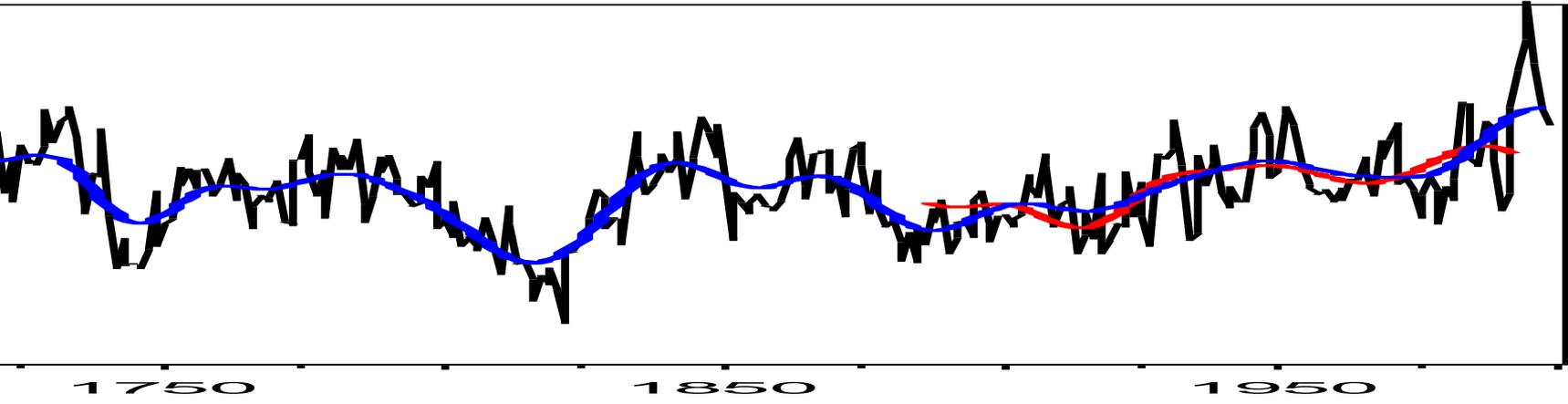
..... Zeit



..... Zeit

Holz ist Zeit

Holz speichert Klimadaten !



# .....Farbe



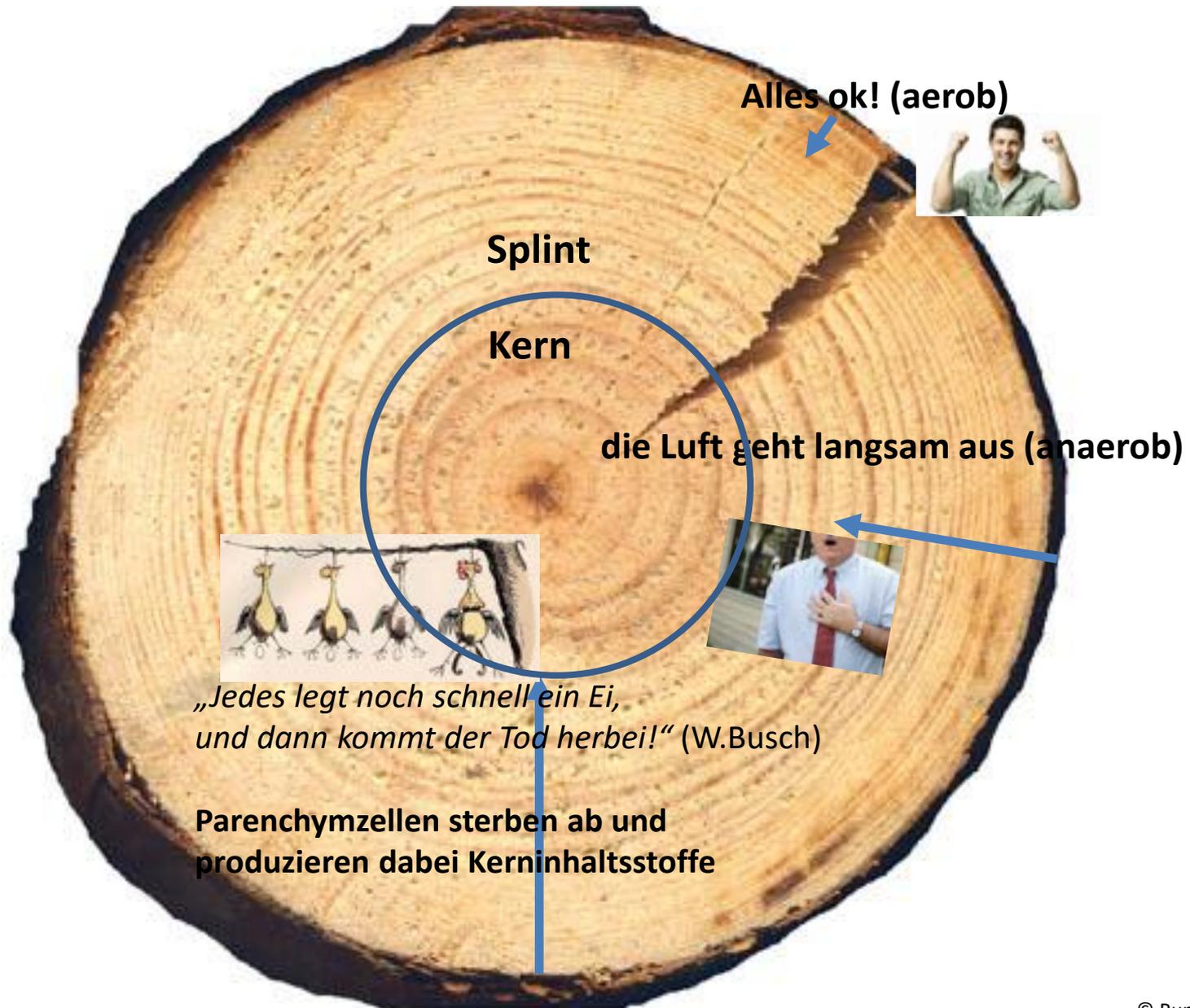
(A. Teischinger)

Splintholz

Kernholz



# Kernholz: wenn den Zellen die „Luft ausgeht“!



# Bläue-Design



# Lärche ist anders....



## Lärche einschneiden, Tricks??

↳ von [rotertrecker](#) » So Feb 05, 2012 21:47

Hallo in die Runde.

Folgendes: Ich habe einige Lärchenstämme liegen, die ich im wesentlichen zu Schalungsbrettern aufschneiden will.

Gestern mein erster Versuch. Folgendes ist passiert:

Das Sägeband hat sich mit Holzfasern so sehr verklebt, das die Säge so gut wie gar nicht mehr durch ging. Bei jedem Zahn hat sich der Zahngrund zugesetzt. Ich musste abbrechen. 😞

Mit Fichte hatte ich gestern bei gleichen Bedingungen keine Probleme!

**Lärche** benötigt doppelt soviel Zeit zum Trocknen wie das Tannenholz. Es läßt sich schwer sägen, und es ist nötig, daß während des Sägens an der **Gatter Wasser** zugeführt wird. Das Lärchenholz ist mit Harzadern durchzogen, die sich meist in der Nähe des Marks befinden.

*Antwort:*

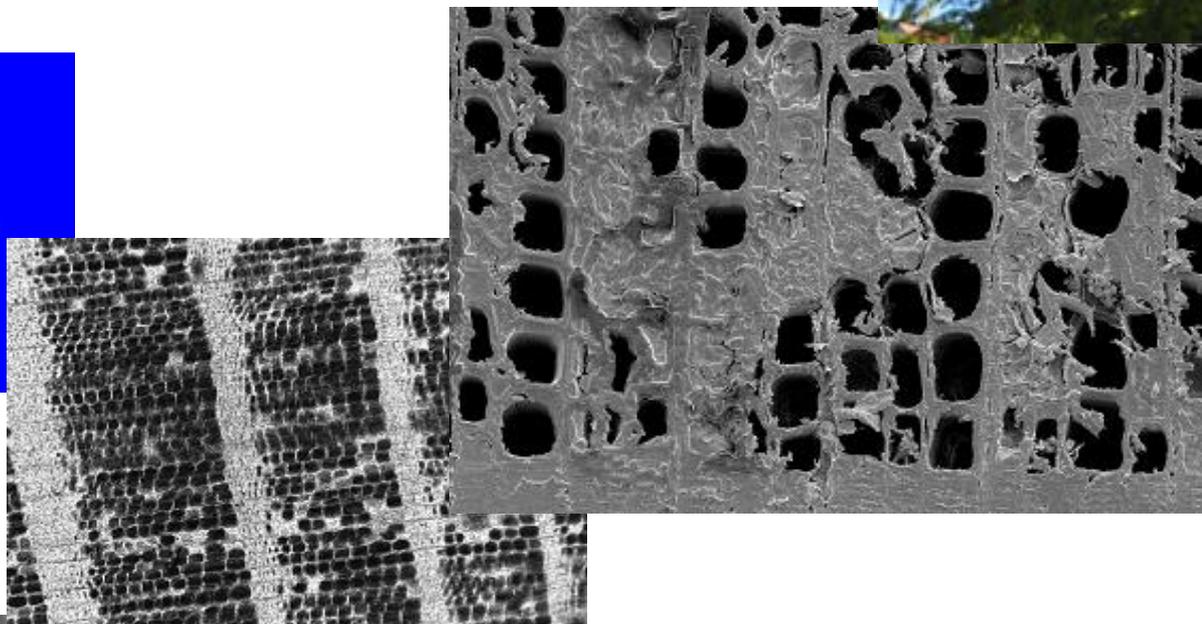
*Wenn bei uns Lärchen geschnitten werden, wird auch immer ab und zu Wasser auf die Sägeblätter geschüttet, kommt halt drauf an wie viel Harz sie drinnen haben, bei manchen gibts gar keine probleme und andere wieder sind total voll mit dem Zeug, vor allem die Erdstämme.....*



# Lärche ist anders

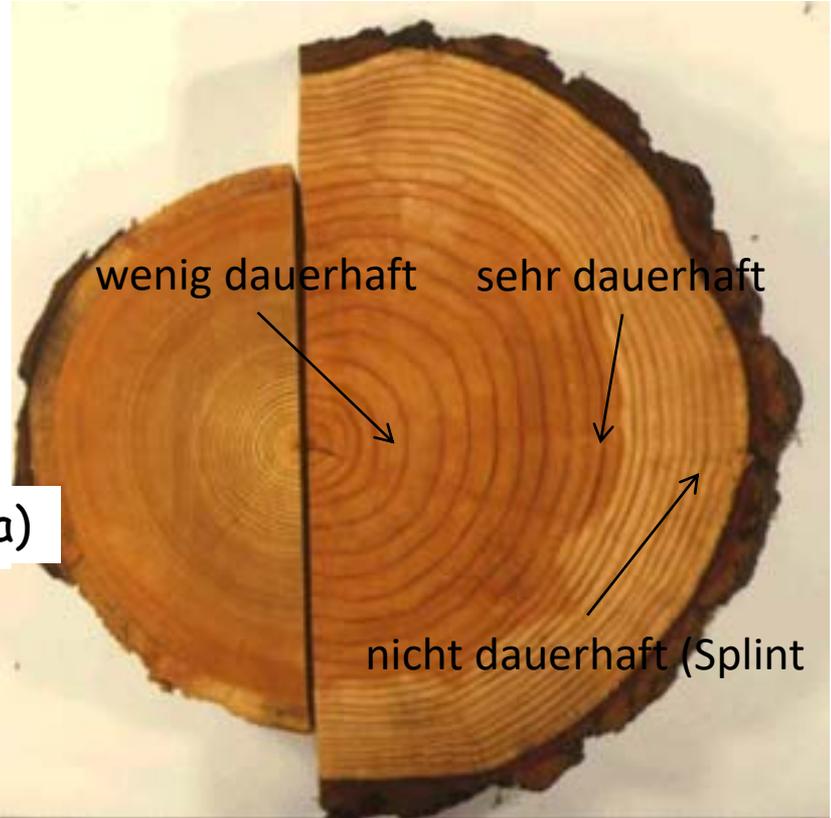
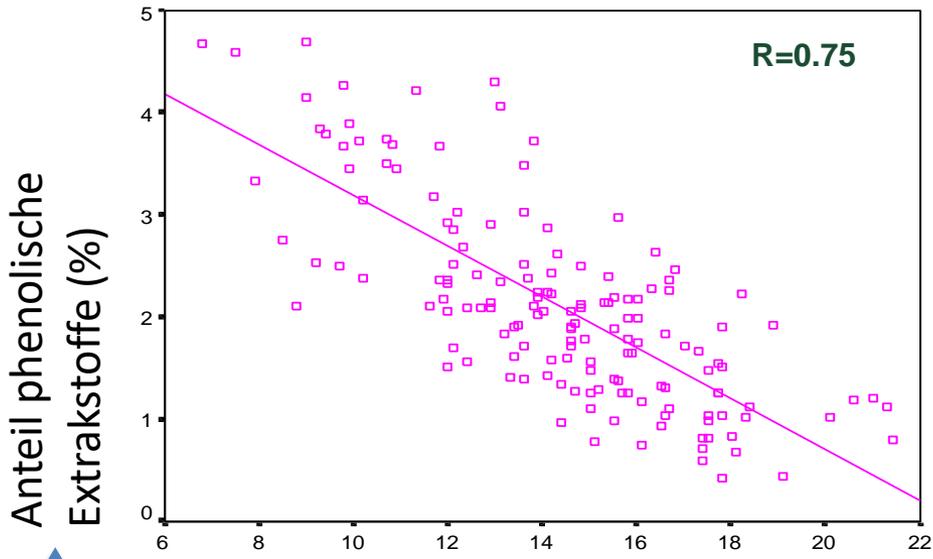
## Besonderheiten

Hohe Dichte und Festigkeit  
Hoher Gehalt an Extraktstoffen  
Gute Dauerhaftigkeit  
Hohe Variabilität

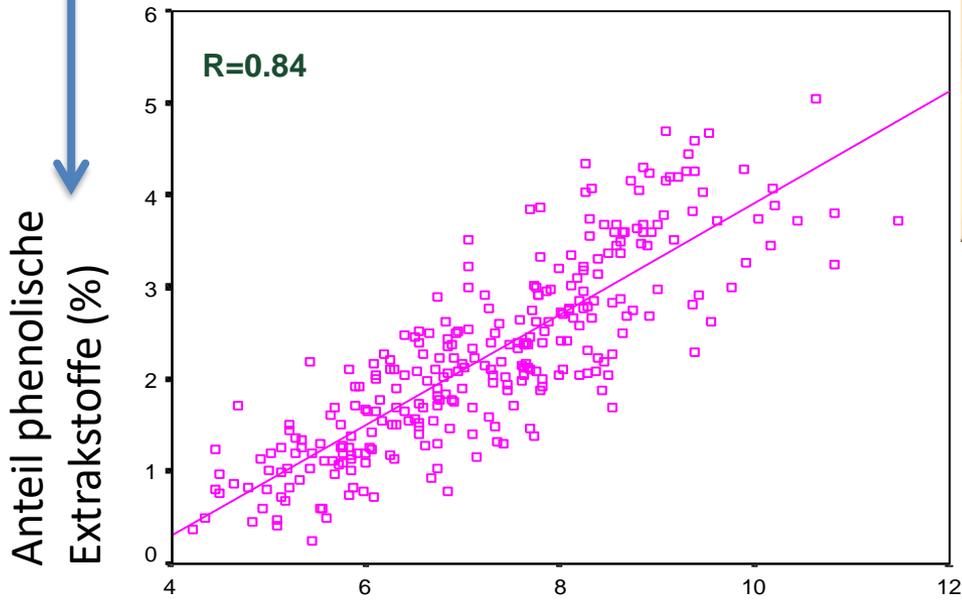


## Hoher „Harzgehalt“ mit Folgen

- Verleimung schwierig
- Holztrocknung problematisch
- Verlaufen von Sägeblättern.....
- .....



↑ Gewichtsverlust durch Pilzbefall (Poria)



Je **röter** das Kernholz, desto dauerhafter!

Grad der Rotfärbung

# Abschirmung gegen Mobilfunkstrahlung

...als die Forscher dann andere Holzarten testen, stellen sie auch hier Erstaunliches fest. Die deutsche Eiche - Inbegriff von Festigkeit und Massivität hat deutlich schlechtere Dämpfungseigenschaften als die meisten anderen Hölzer.

Eindeutiger **Testsieger ist die Lärche**. Die Unterschiede haben nach Ansicht der Forscher nichts mit Dichte oder Gewicht zu tun, sondern mit dem ~~Harzgehalt~~ des Holzes, der die Reflektionseigenschaften bestimmt.

Zuckergehalt=Arabinogalactan

„Strahlung im Mobilfunkbereich wird von der Lärchenholzplatte etwa zehnmal so gut abgeschirmt wie von jener aus Stahlbeton“

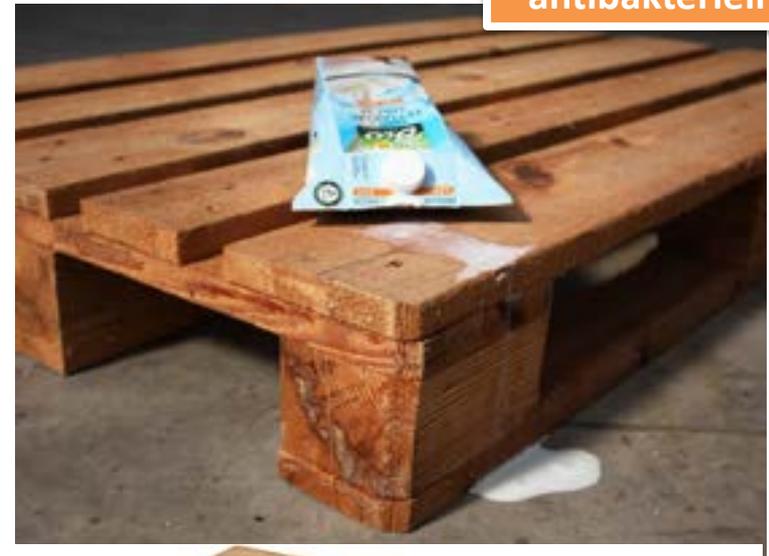
Peter Pauli von der Bundeswehr-Universität München



# Holz.....ist antibakteriell

Kunststoff

Kiefer/Lärche



*E.coli* nach 24 h auf Kiefern-  
/Lärchenspänen (rechts) und  
Kunststoff (links)

**Holzbrettern haben im Vergleich zu Kunststoffbrettern eine geringere um 15% geringere Keimzahl. Am besten sind Kiefern- und Lärchenholz**

**Arabinogalacton** in der Lärche wirkt auch antibakteriell !



.....und der Mond?



# Mondholz – eine besondere Holzqualität!?

- Werkzeug- und Möbelholz: verzieht sich nicht, trocknet nicht auseinander, behält sein Volumen
- Nicht faulendes, hartes Holz
- Nichtentflammbares Holz
- Schwundfreies Holz
- Bestes Brennholz
- Beste Bretter-, Säge- und Bauholz
- Bestes Brücken- und Bootsholz
- Bestes Boden- und Werkzeugholz
- Reißfestes Holz
- Weihnachtsbäume, die nicht nadeln
- Kranke Bäume werden gesund

# «Mondholz» – alles erlaubt?



Einzelne Waldeigentümer, Sägewerke und Holzverarbeitende Betriebe haben sich auf die Ernte und Verarbeitung von «Mondholz» spezialisiert, dem besonders gute Holzeigenschaften nachgesagt werden. Nicht selten wird für «Mondholz» ein deutlich höherer Preis im Vergleich zu Holz aus herkömmlichem Einschlag vom Käufer verlangt.



...aus 2004



Eigenschaft	Autor/Quelle	Ergebnis
Brennbarkeit des Holzes	<i>Herz 1998; Triebel 1998; Seeling 1998; Niemz und Kucera 2000; Teischinger und Fellner 2000</i>	«Mondholz» brennt vergleichbar mit Holz aus Normaleinschlag. Von Unbrennbarkeit kann keine Rede sein!
Resistenz	<i>Triebel 1998; Hirmke 1999; Teischinger und Fellner 2000</i>	«Mondholz» weist keine höhere Resistenz auf als Holz aus Normaleinschlag. Von absoluter Resistenz gegen Pilze und «Würmer» kann keine Rede sein!
Schwindung	<i>Herz 1998; Seeling 1998; Triebel 1998; Rösch 1999; Bariska und Rösch 2000; Niemz und Kucera 2000; Seeling 2000; Teischinger und Fellner 2000</i>	«Mondholz» schwindet vergleichbar dem Holz aus Normaleinschlag. Von Schwindungsfreiheit kann keine Rede sein!
Härte	<i>Seeling 1998; Niemz und Kucera 2000; Seeling 2000</i>	«Mondholz» ist nicht härter (dichter) als Holz aus Normaleinschlag. Von einer deutlichen Erhöhung der Härte (Dichte), die über der bei Holz bekannten natürlichen Streuung liegt, kann keine Rede sein!
Holzfeuchte	<i>Seeling 2000; Torno 2003</i>	«Mondholz» ist nicht trockener als Holz aus normalem Einschlag. Eine deutlich verringerte Holzfeuchte bei im abnehmenden Mond geschlagenem Holz, die über der bei Holz bekannten natürlichen Streuung liegt, ist nicht gegeben. Von einer so niedrigen Holzfeuchte bei im abnehmenden Mond geschlagenem Holz, dass auf eine Holztrocknung verzichtet werden kann, kann keine Rede sein!

Aus:  
Wald & Holz 3/2004

Viele Studien sagen:  
**nichts nachweisbar !**

## Zukünftiger Umgang mit dem Thema «Mondholz»

Die Ausführungen lassen die Problematik mit dem Spezialsortiment «Mondholz» erkennen. Diskussionen zum Thema «Mondholz» werden kontrovers und häufig emotional geführt. Geschäftemacherei mit noch unbewiesenen Eigenschaften von «Mondholz» birgt die Gefahr, den Rohstoff Holz ganz allgemein in Verruf zu bringen. Daher erscheint es notwendig, im Umgang mit dem Thema «Mondholz» bestimmte Leitlinien aufzustellen:

- a) Die Forschungen an «Mondholz» müssen weitergeführt werden.
- b) Die Forschungen an «Mondholz» dürfen nicht von vorneherein als «esoterisch» abgetan werden.
- c) An «Mondholz» erzielte Forschungsergebnisse müssen reproduzierbar sein.
- d) Unterschiede der Holzeigenschaften von «Mondholz» und Holz aus herkömmlichem Einschlag müssen ausserhalb der natürlichen Schwankungsbreite der untersuchten Holzeigenschaften liegen, um praxisrelevanten Charakter zu besitzen.

Aus:

Wald & Holz 3/2004

Weitere Forschungsergebnisse  
liegen vor !



## ORIGINAL PAPER

# Looking for differences in wood properties as a function of the felling date: lunar phase-correlated variations in the drying behavior of Norway Spruce (*Picea abies* Karst.) and Sweet Chestnut (*Castanea sativa* Mill.)

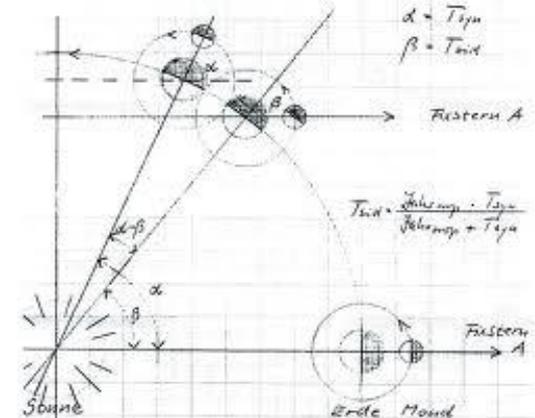
Ernst Zürcher · R. Schlaepfer · M. Conedera ·  
F. Giudici

= größte je durchgeführte Mondholzstudie: 432 Fichten (3 Standorte),  
144 Edelkastanien (1 Standort), 48 Fällzeitpunkte

**Mondphasen konnten im Spint- und Kernholz  
nachgewiesen werden (Wasserverlust, Schwindung,  
Holzdichte) !**

# Während synodischer und siderischer Mondphasen hatte „Mondholz“:

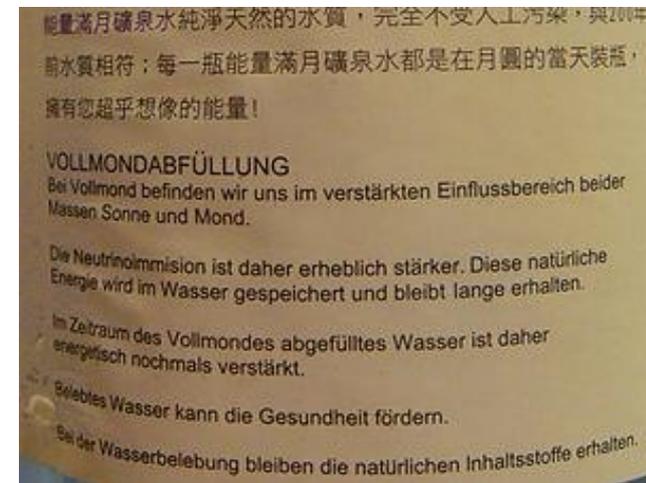
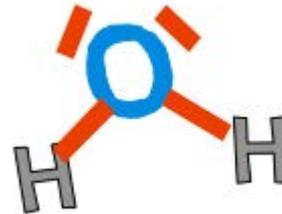
- stärkeren Wasserverlust: Wasser wanderte stärker aus Zellwänden in Zellhohlräume.
- geringere Holz-Schwindung
- geringere relative Dichte.



# Mondholz...die Erklärung!

Es ist nicht das Holz, das sich mit dem Mond ändert.....

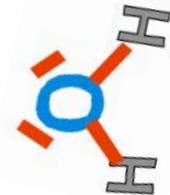
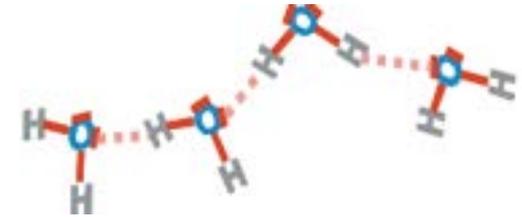
Es ist das **Wasser** .....



Einflüsse des Mondes auf das Holz sind **nachweisbar!**  
 Grund sind offenbar „Schwankungen“ beim  
 Wassermolekül! Die **Einflüsse auf Holzeigenschaften**  
**sind klein und (praktisch) von wenig Relevanz! Holz**  
**müsste stets feucht sein !!!**

# Die Mond-Hypothese

- Wasser tritt in **Aggregaten** zu  $10^8$  Wassermolekülen auf.
- Wasseraggregate führen „**transzelluläre Bewegungen**“ durch, diese verursacht auch der **Mond**.
- Es kommt zu **mondabhängigen Wasser- und Schwindbewegungen** bzw. **relativen Dichteveränderungen**.
- Hintergrund: **Quantum-Hall Effekt** (Nobelpreis für Physik 1985 an Klaus v. Klitzing).



$$\sigma = \nu \frac{e^2}{h}$$

# Der Zauber der Stradivari Geige



Klingt Mondholz besser?



**KLEINE  
ZEITUNG**

Zauber verflogen: Test enlarvt den  
Stradivari-Mythos (3.1.2012)

# Holz...von billig bis sehr teuer



# Holz...von billig bis sehr teuer

<i>Holzrohstoff</i>	<i>Preis je Kilo</i>
Holzspäne für WPC	15 cent
Holzspäne für Pellets	23 cent
Scheitholz für Kaminfeuer	1 €
Tischlerware / Möbelholz	1.5 €
Furnierstämme	2 €
Riegelahorn	10 €
Huonkiefer (Tasmanien)	25 €
Südamerk. Schlangenhholz	150 €
Klangholz (Rücken, Decken)- Grenadill	650 €
Klangholz - Vogelaugenahorn	1000 €
Adlerholzbaum	43.000 € =43 €/g
Goldpreis (3.3)	55 €/g
Platinpreis (3.3)	39 €/g



# Holz...von billig bis sehr teuer

Schlagzeilen | Hilfe | RSS | Newsletter | Mobil | Wetter | TV-Programm

**SPIEGEL ONLINE WISSENSCHAFT**

NACHRICHTEN VIDEO THEMEN FORUM ENGLISH DER SPIEGEL SPIEGEL TV ABO SHOP

Home Politik Wirtschaft Panorama Sport Kultur Netzwelt Wissenschaft Gesundheit einestages Karriere Uni Schule Reise Auto

Nachrichten > Wissenschaft > Natur > Adlerholz: Jäger des verlorenen Schatzes [Login](#) | [Registrierung](#)

## Adlerholz: Jäger des verlorenen Schatzes

Von Rüdiger Falksohn

**Es sieht aus wie gewöhnliche Holzsplitter, riecht betörend - und kostet ein Vermögen: Bis zu 62.000 Dollar bezahlen Liebhaber für ein Kilo Adlerholz. Rohstoffjäger haben die Bestände fast ausgerottet - doch die Jagd in den abgelegensten Urwäldern geht weiter.**

**Adlerholzbaum** (*Aquilaria malaccensis*), auch Adlerholz, Paradiesholz, Rosenholz, **Agallocheholz, Oudh** oder **Calambac**,

Kommt aus Indien, Kambodscha, **Indonesien**, Laos, Thailand und Vietnam.



# Adlerholz – teuerstes Holz, teuerster Duft



# Duftnote Holz

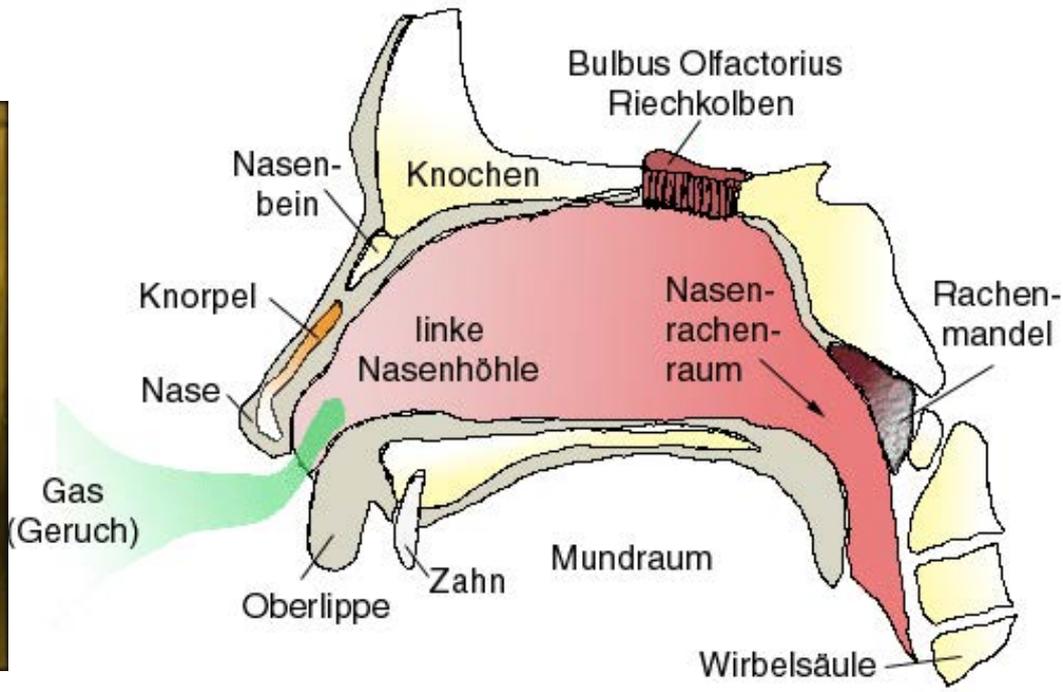


## oder: Warum riecht Holz?

Bei der Basisnote tauchen Essenzen aus Holz häufig auf, vor allem, wenn es um Parfums für Männer geht. Viele beliebte Düfte wie beispielsweise Acqua di Gio von Giorgio Armani haben Zedernholz als Basisnote; andere Düfte wie jene von Hugo Boss verwenden Essenzen aus Rosenholz, Massoiahholz, Sandelholz, Sipoholz oder Guajakholz.



Holzduftprüfautomat



# Holzgeruch.....wirkt beruhigend

Herzschonende Holzverkleidung

Januar, 2010

## Holz bremst den Herzschlag



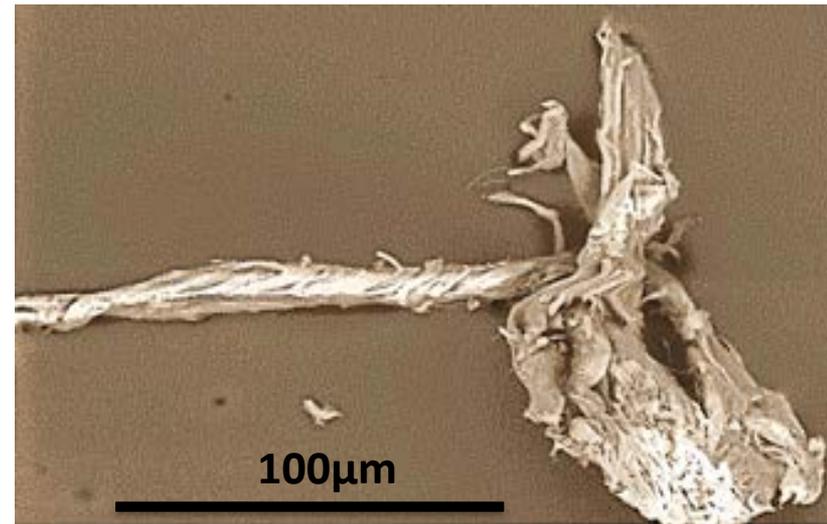
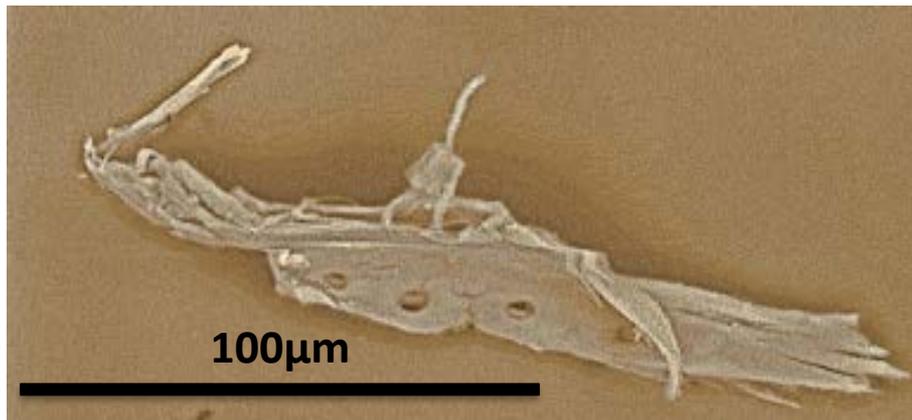
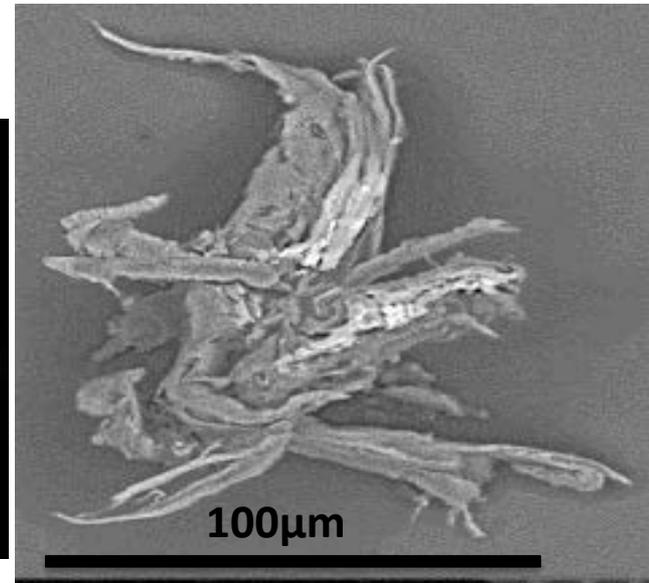
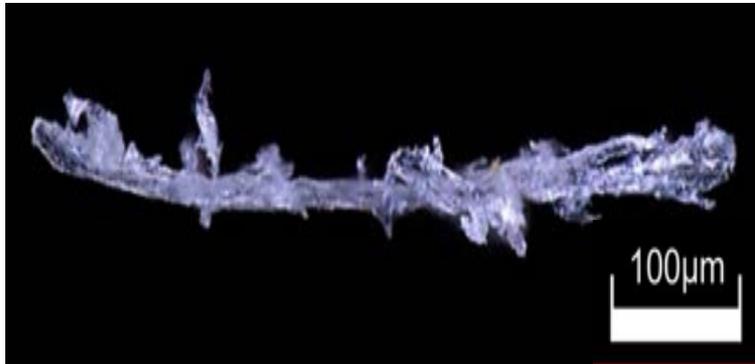
Foto: bilderbox

Die Ausstattung eines Raumes mit Holz hat positive Wirkungen auf die Gesundheit. Das jedenfalls behaupten Forscher des Institut für Nichtinvasive Diagnostik am Forschungszentrum Joanneum in Graz/Österreich.



In einer einjährigen Pilotstudie in einer Schule konnten sie zeigen, dass das Herz in einer Holzumgebung ruhiger schlägt und durch geringeren Stresslevel besser vor Überbelastung geschützt ist. „Bisher konzentrierte sich die Forschung auf die Wirkung von Raumklima, Luft, Lärm, Licht, Farbe, Ergonomie und Anordnung der Möblierung. Wir wollten erforschen, inwiefern das Material eine Rolle spielt“, erklärt Instituts- und Studienleiter Maximilian Moser die Grundlage der Forschung.

**Holzstaub:** unregelmäßig  
geformt, geladen, gefährlich



Holz ist „magnetisch“





**"Holz ist nur ein einsilbiges Wort, doch dahinter verbirgt sich eine Welt voller Schönheit und Wunder!"**

Theodor Heuss (1884-1963),  
deutscher Bundespräsident



A photograph of a forest with tall, thin trees. Sunlight is streaming through the canopy, creating a bright, hazy glow in the center. The ground is covered in green moss or grass, and the overall scene is misty and serene.

Vielen Dank !