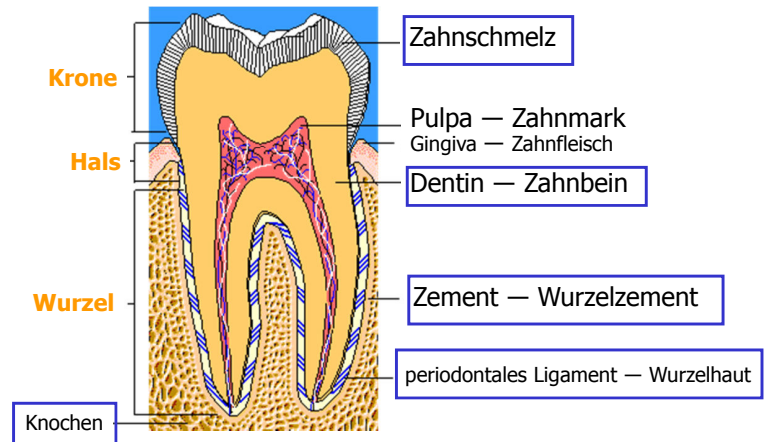


## Mechanische Eigenschaften von Geweben

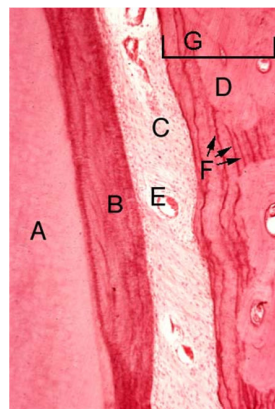
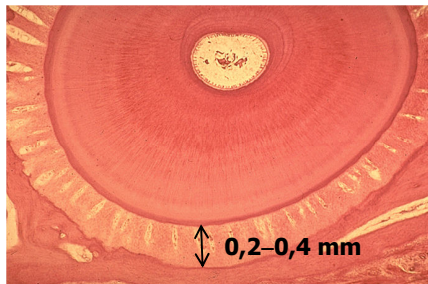


## Zahngewebe und Gewebe um den Zahn



2

## Periodontales Ligament (Wurzelhaut)



≈ Kollagen

Polymer

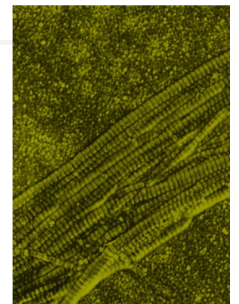
## Kollagen

- Strukturprotein
- Wichtigstes Protein des Bindegewebes
- Etwa 1/4 der Proteinmenge

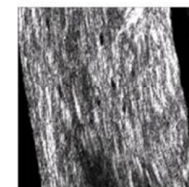
Wichtige Rolle in den Geweben/Organen:

- Sehnen, Bänder,
- Haut,
- Knorpel,
- Knochen,
- Zahn,
- Aderhaut
- Glaskörper,
- Cornea,
- ...

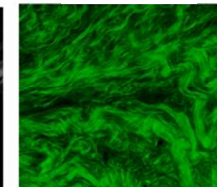
Auge



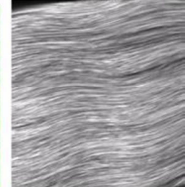
Knochen



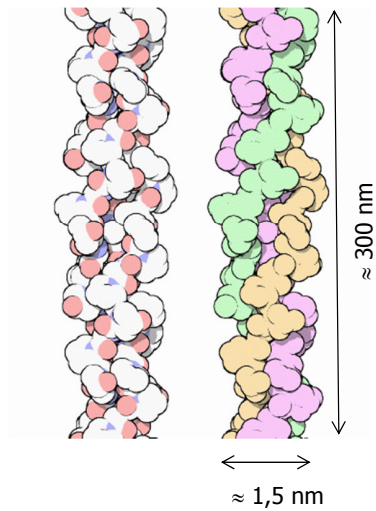
Haut



Sehne



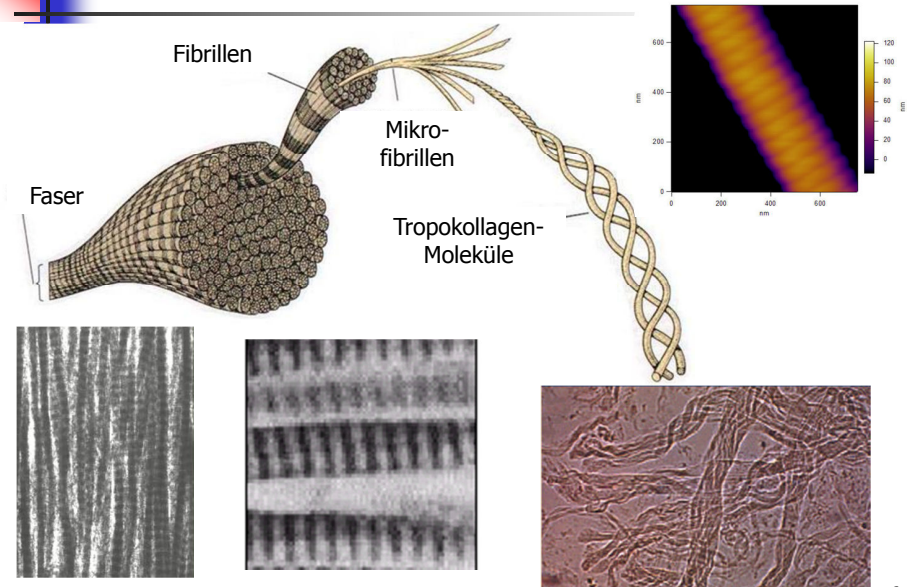
## Das Kollagen-Molekül



- $\approx 1400$  Aminosäuren/Kette
- Glycin (kb. 1/3), Prolin (kb. 1/10), Hydroxiprolin, ...
- 3 Ketten  $\rightarrow$  Tripelhelix

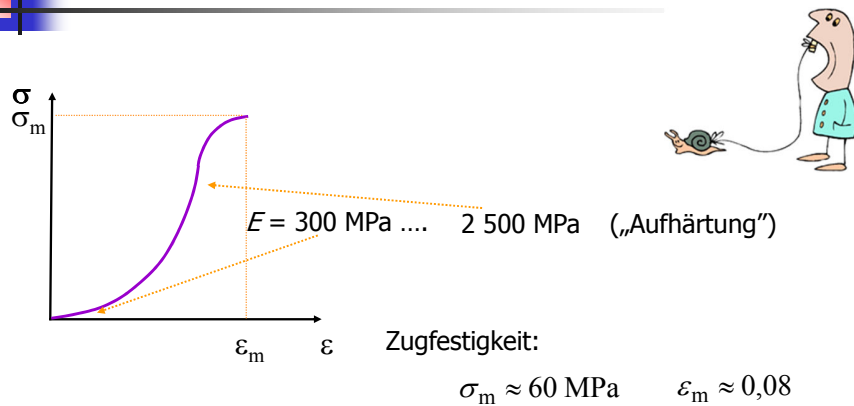
5

## Anordnung der Kollagen-Moleküle



6

## Spannungs-Dehnungs-Diagramm von Kollagen



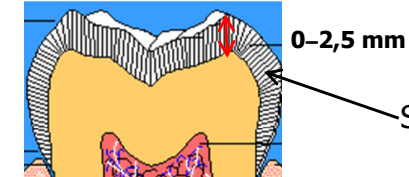
Mittelmäßig steif, relativ stark und zäh, aber weich!

➡ Sehnen, Bänder, Haut

7

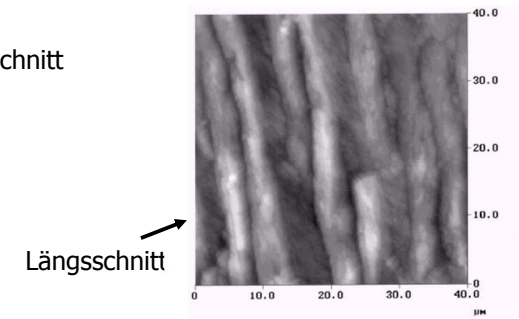
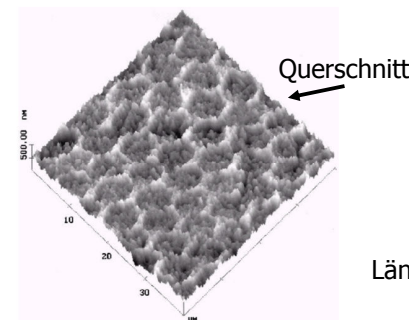
## Zahnschmelz

$\approx 92\%$  Hydroxiapatit (HAP)



Keramik

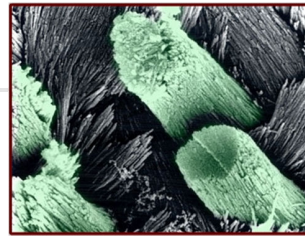
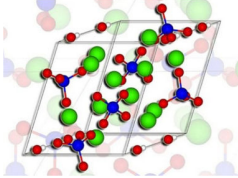
Schmelzprismen



8

## Hydroxyapatit

$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  hexagonales Ionenkristall



Im Dentin, im Knochen:

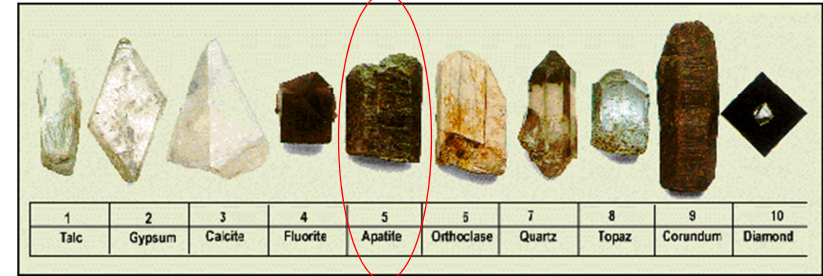
20-60 nm  
6 nm

Im Zahnschmelz:

500-1000 nm  
30 nm

## Eigenschaften von Hydroxyapatit

Moh-Skala:

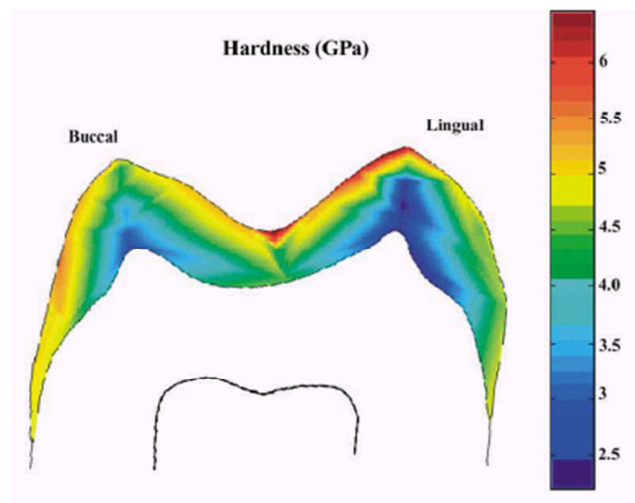


**HAP:**  $HV \approx 6 \text{ GPa}$   $E \approx 140 \text{ GPa}$   $\sigma_m \approx 60 \text{ MPa}$  (Zug)  
 $\approx 500 \text{ MPa}$  (Druck)

**Zahn-schmelz:**  $HV \approx 3-6 \text{ GPa}$   $E \approx 90-100 \text{ GPa}$   $\sigma_m \approx 50 \text{ MPa}$  (Zug)  
 $\approx 400 \text{ MPa}$  (Druck)

Sehr steif, hart, stark, aber brüchig!

## Härteverteilung innerhalb des Zahnschmelz

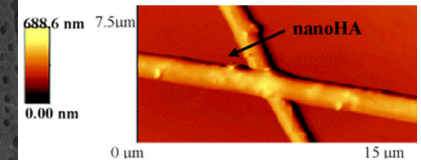
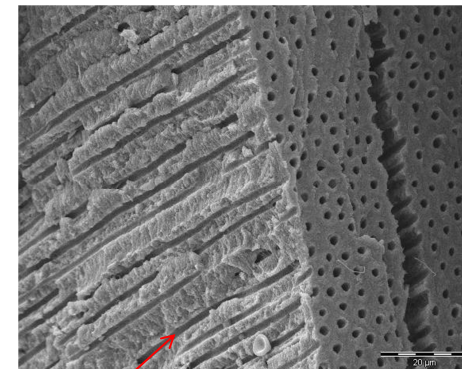


## Dentin

$\approx 35\%$  organisch (Kollagen)+Wasser  
 $\approx 65\%$  HAP

Verbundwerkstoff

Kollagenfaser  $\rightarrow$  Matrix  
 $+$   
 Apatitkörner



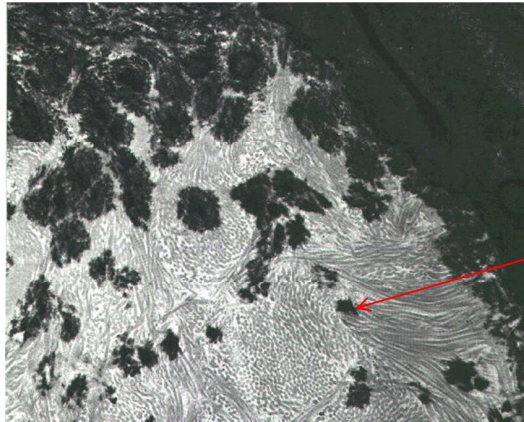
Hart und stark genug,  
 gleichzeitig aber elastisch, zäh!

Dentinkanälchen



## Zement

Verbundwerkstoff



≈ 50% organisch (Kollagen) + Wasser

≈ 50% HAP

HAP Kristallwachstum

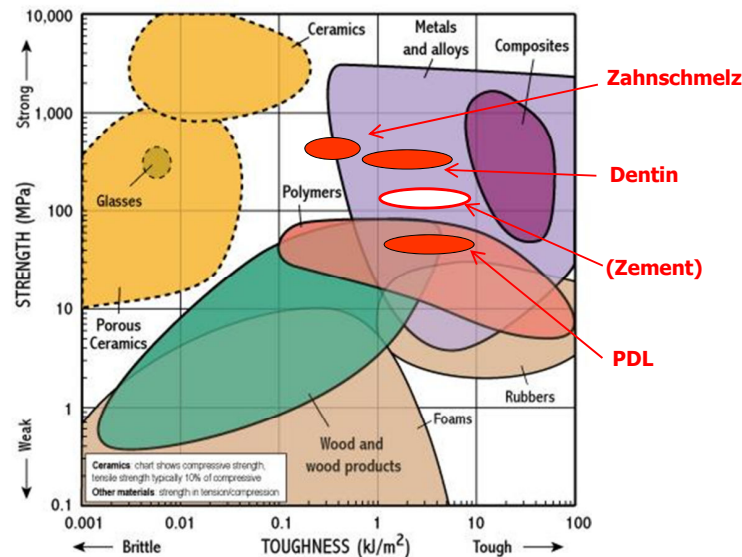
13

## Zusammenfassung

	PDL (≈ Kollagen)	Dentin (≈ 1/3 Kollagen, 2/3 HAP)	Zahnschmelz (≈ HAP)
Steifigkeit ( $E$ ) (GPa)	0,3–2,5	10–20	90–100
Festigkeit ( $\sigma_m$ ) (MPa)	60	110 (Zug) 300 (Druck)	50 (Zug) 400 (Druck)
Zähigkeit ( $\text{kJ/m}^2$ )	1–10	0,5–5	0,1–1
Härte HV (GPa)		0,5–1	3–6

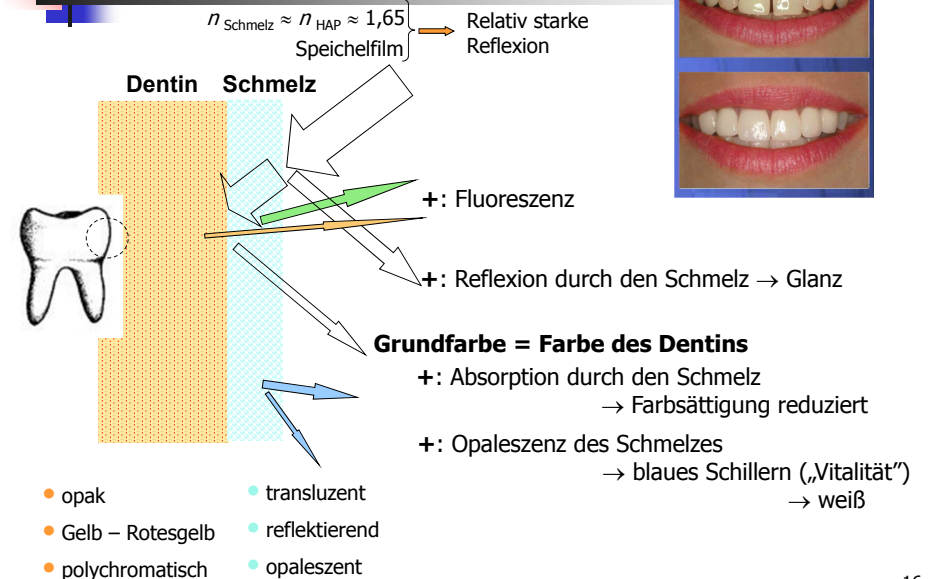
14

## Anschaulich:



15

## Farbe der Zahn



16