

# Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

6<sup>te</sup> Vorlesung  
 Strukturuntersuchungsmethoden  
 13 Oktober 2016  
 Gergely Agócs

**Lehrbuch:**  
 8. Kapitel

**Hausaufgaben:**  
 2. Kap.: 1-7, 10, 12

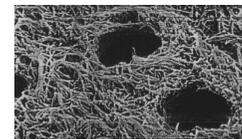
1

## Was bedeutet Struktur?

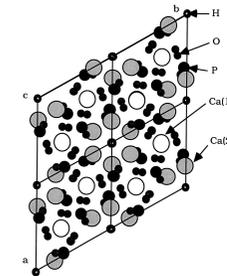
Die **Lage** der Elemente eines komplexen Systems und die **Beziehungen** zwischen ihnen.



schematische Anatomie eines Molars



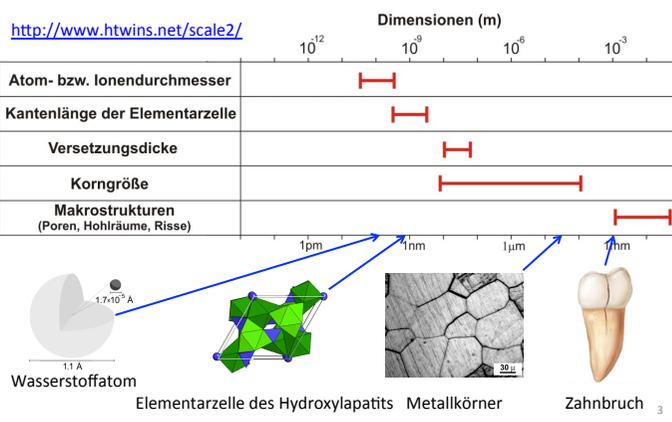
Feinstruktur des Dentins



Struktur des Hydroxylapatitkristalls

2

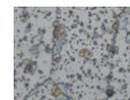
## Dimensionen der Strukturuntersuchungen



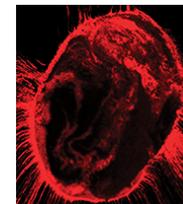
3

## Was ist das Wesen der Bildgebung?

Wir ordnen Intensitätswerte zu den einzelnen Bildpunkten basierend auf irgendwelche Eigenschaften der Gegenstandspunkte zu



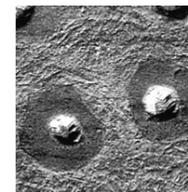
Struktur der Metallkörnchen im Metallmikroskop



Wurzelfüllung aus Guttapercha im konfokalen Mikroskop



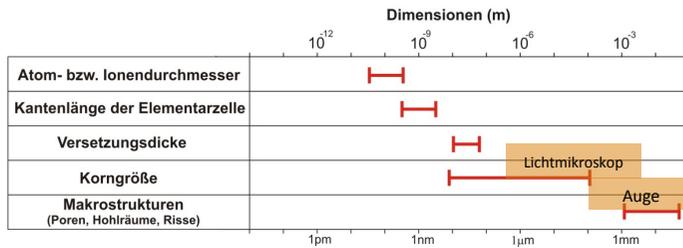
Apatitkristalle des Zahnschmelzes im Elektronenmikroskop



Dentinkanälchen in Rasterkraftmikroskop

4

### Dimensionen der Strukturbauelemente



• **Auge** Auflösungsgrenze: ung. 1 Bogenminute ⇒ bei der deutlichen Sehweite = 25 cm

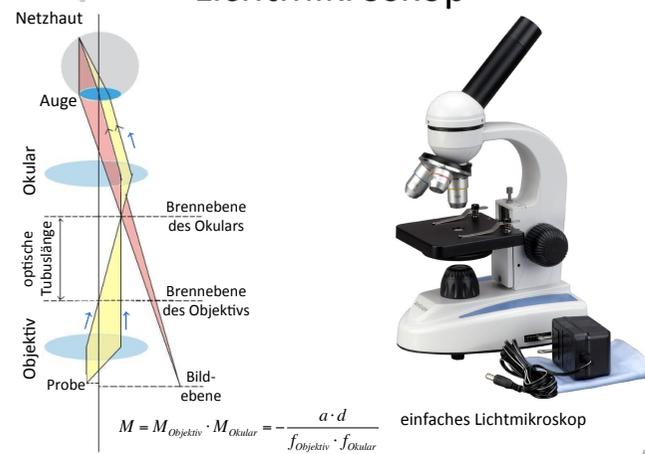
• **Lichtmikroskop** Auflösungsgrenze: ≈ 200 nm  
 (s. Biophysik, Vorlesung und Praktikum)  

$$d = 0,61 \cdot \frac{\lambda}{n \cdot \sin \omega} \approx \lambda$$
  

$$n \cdot \sin \omega \approx 1$$

5

### Lichtmikroskop



6

### Lichtmikroskop

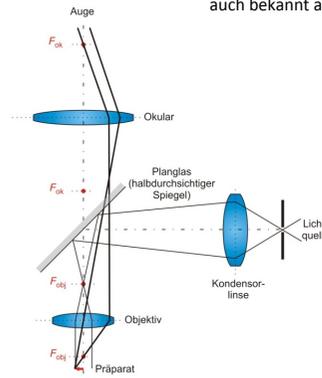
Entwicklungsmöglichkeiten:  
 ← Verbesserung des Kontrastes  
 → Verbesserung der Auflösung



7

### Metallmikroskop

auch bekannt als: Auflichtmikroskop

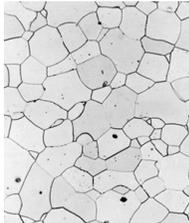


stehendes Metallmikroskop

8

**Vorbereitung :**

- **Probenahme (Prüfkörper oder Abdruck)**
- **Schleifen oder Polieren**
- **Ätzen**



## Konfokalmikroskop

## Konfokalmikroskop

Wurzelfüllung aus Guttapercha

Einstülpung einer Zahnknope

ein funktionierender Zahn und zwei "Ersatzzähne" einer Schlange

## Elektronenmikroskop

**Grundlage:** Elektronenbündel als Materiewelle

theoretische Hypothese – de Broglie-Wellenlänge (1923):

$$\lambda = \frac{h \cdot \circ}{mv \cdot \circ \circ}$$

Planck'sche Konstante ( $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{J/s}$ )

Impuls des Elektrons

experimenteller Beweis – Elektronenbeugung (1927):

Elektronenkanone

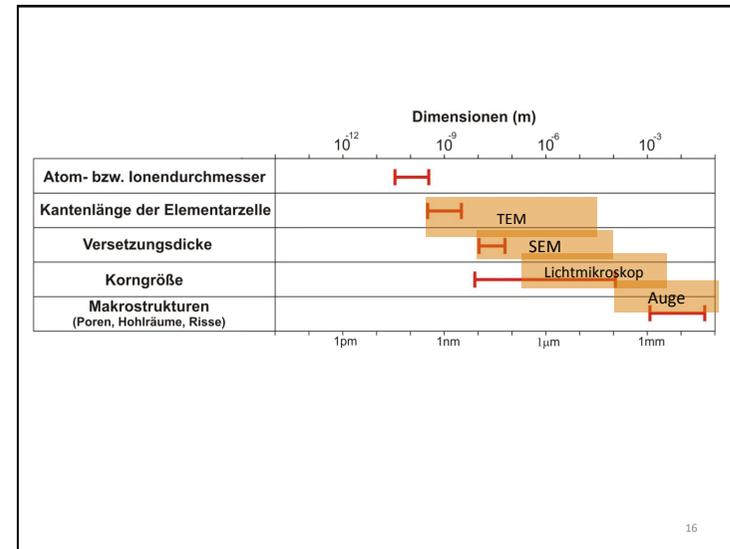
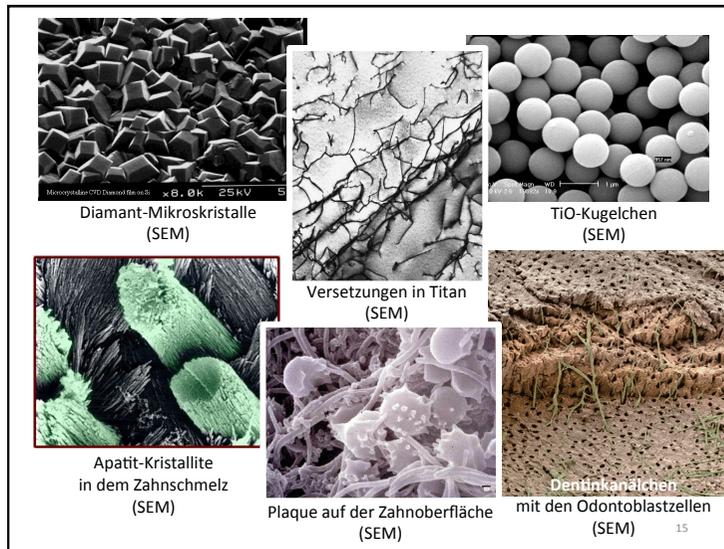
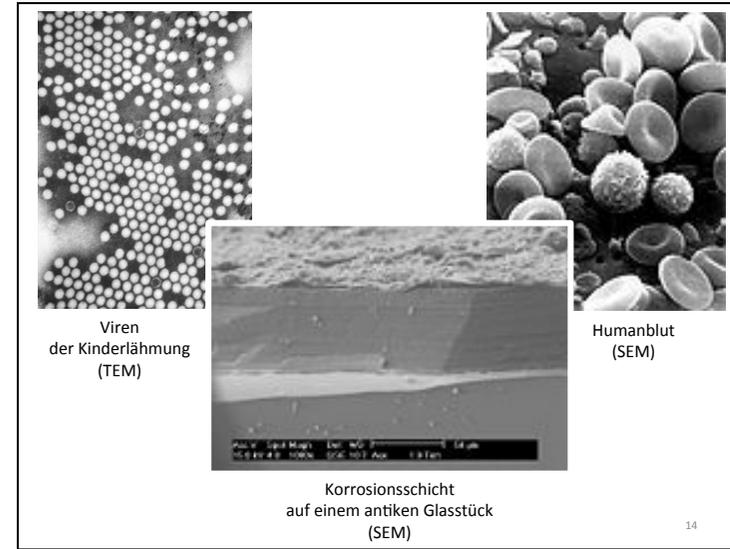
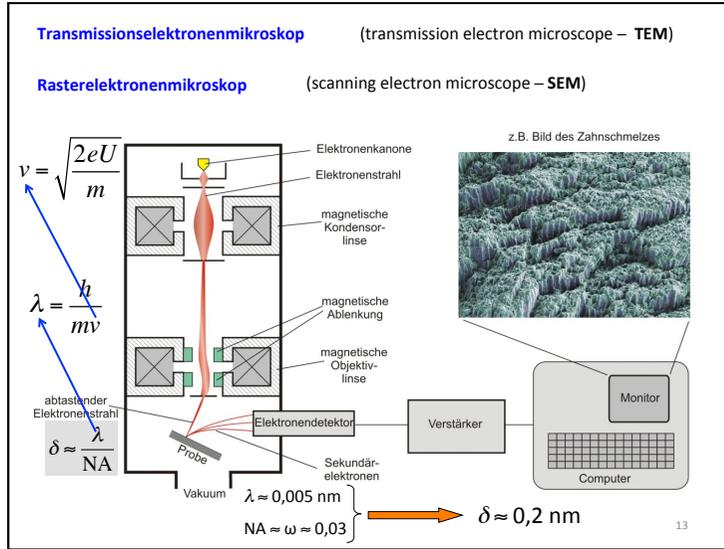
Detektor

Nickelkristall

"Intensität" der gestreuten Elektronen

**Louis de Broglie (1892-1987)**  
Physiker

**Clinton Davisson (1881-1958)**  
**Lester Germer (1896-1971)**  
Physiker



## Rastersondenmikroskope

(Engl. *scanning probe microscopes – SPM*)

**Rastertunnelmikroskop** (Engl. *scanning tunneling microscope – STM*)

Graphit

Kollagen

17

## Rasterkraftmikroskop (Engl. *atomic force microscope – AFM*)

18

## Umweg: Piezoelektrizität

Z.B.: Quarz

1880 P. Curie (*piezein = gr. zusammendrücken*)

**(direkter) piezoelektrischer Effekt:**  
Deformation  $\Rightarrow$  elektrische Spannung

**inverser piezoelektrischer Effekt:**  
elektrische Spannung  $\Rightarrow$  Deformation

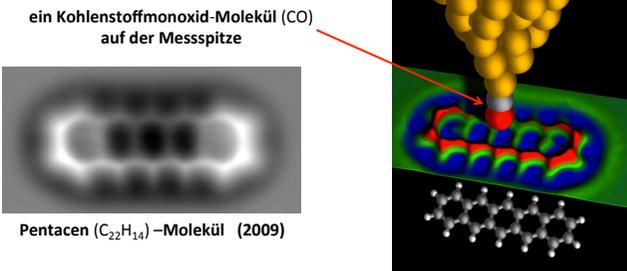
$U = \delta \cdot \Delta x$

z.B für Quarz:  $\delta \approx 10^{12} \text{ V/m}$

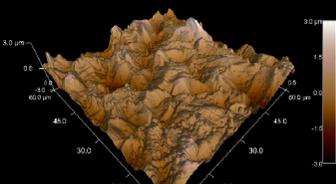
19

20

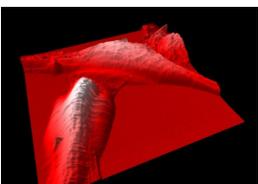
ein Kohlenstoffmonoxid-Molekül (CO) auf der Messspitze



Pentacen (C<sub>22</sub>H<sub>14</sub>) –Molekül (2009)



raue Ti-Oberfläche

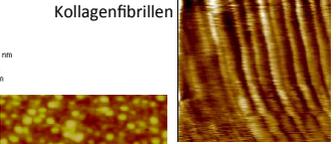


Knochenzellen auf einer Ti-Oberfläche

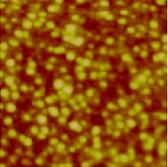
21



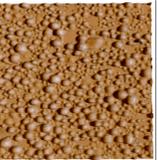
Hitzeschockproteine



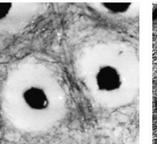
Kollagenfibrillen



Aggregate von Amelogenin-Proteinen 500x500 nm



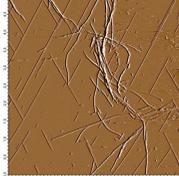
Liposome



Dentinkanälchen

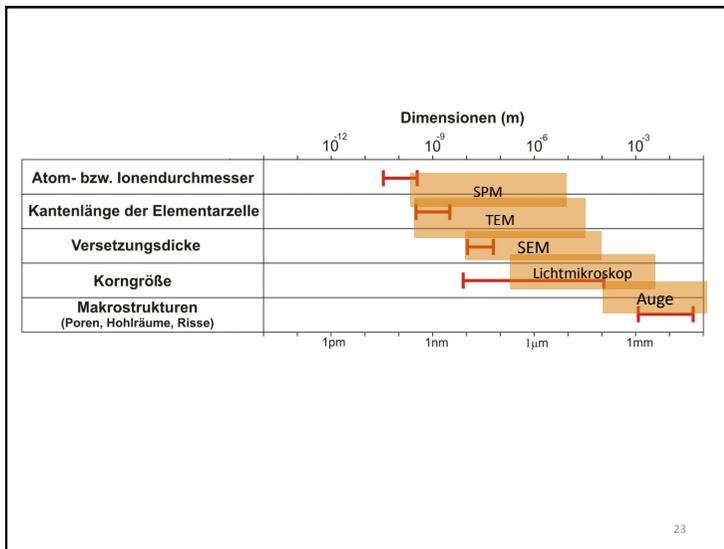


Chromosom



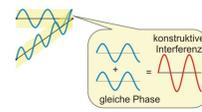
Amiloidfibrillen

22

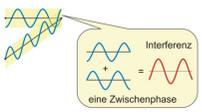


### Interferenz und Diffraktion (Beugung)

**Interferenz**

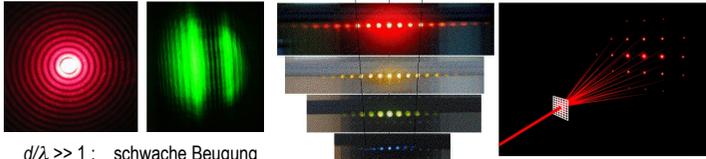


konstruktive Interferenz  
gleiche Phase



destruktive Interferenz  
entgegengesetzte Phase

**Diffraktion**



$d/\lambda \gg 1$ : schwache Beugung  
 $d/\lambda \approx 1$ : starke Beugung

$d \sin \alpha = k \cdot \lambda$



24

