

Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

4. Vorlesung
 Strukturuntersuchungsmethoden
 3 Oktober 2018
 Gergely Agócs

Lehrbuch:
 8. Kapitel

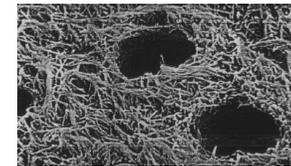
Hausaufgaben:
 2. Kap.: 1-7, 10, 12

Was bedeutet "Struktur"?

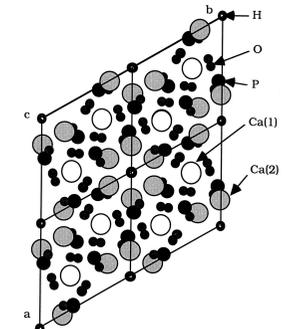
Die **Lage** der Elemente eines komplexen Systems und die **Beziehungen** zwischen ihnen.



die schematische Anatomie eines Molars



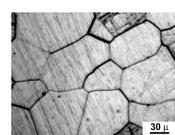
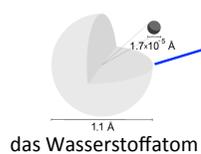
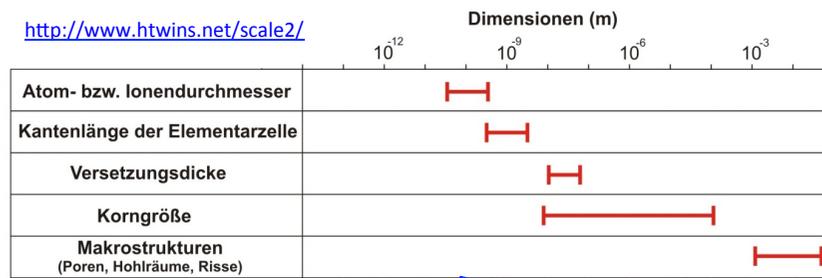
die Feinstruktur des Dentins



die Struktur des Hydroxylapatitkristalls

Dimensionen der Strukturuntersuchungen

<http://www.htwins.net/scale2/>



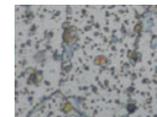
Metallkörner



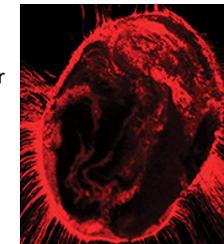
ein Zahnbruch

Was ist das Wesen der Bildgebung?

Wir ordnen Intensitätswerte zu den einzelnen Bildpunkten aufgrund irgendwelcher Eigenschaften der Gegenstandspunkte zu



die Struktur der Metallkörner im Metallmikroskop



eine Wurzelfüllung aus Guttapercha im konfokalen Mikroskop

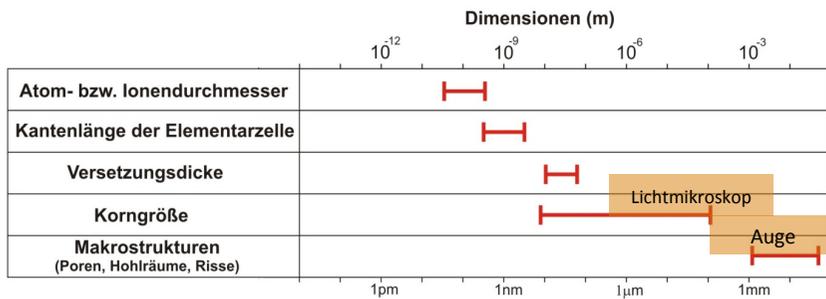


die Apatitkristalle des Zahnschmelzes im Elektronenmikroskop



die Dentinkanäle in Rasterkraftmikroskop

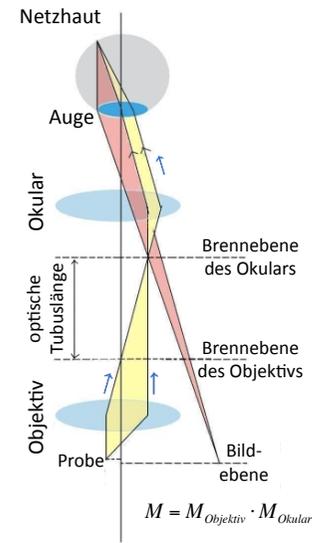
Dimensionen der Strukturbauelemente



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

• **Lichtmikroskop** Auflösungsgrenze: ≈ 200 nm
 (s. Biophysik, Vorlesung und Praktikum)
 $d = 0,61 \cdot \frac{\lambda}{n \cdot \sin \omega} \approx \lambda$
 $n \cdot \sin \omega \approx 1$

Lichtmikroskop



einfaches Lichtmikroskop

$$M = M_{\text{Objektiv}} \cdot M_{\text{Okular}} = - \frac{a \cdot d}{f_{\text{Objektiv}} \cdot f_{\text{Okular}}}$$

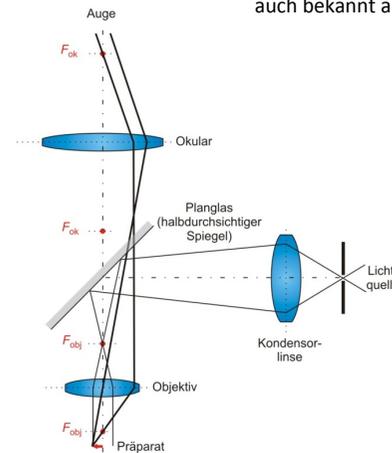
Lichtmikroskop

Entwicklungsmöglichkeiten:
 Verbesserung des Kontrastes Verbesserung der Auflösung

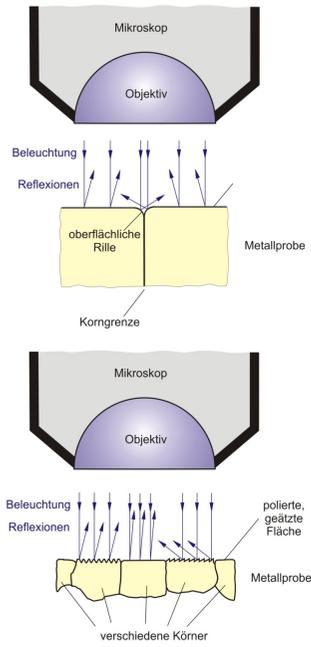


Metallmikroskop

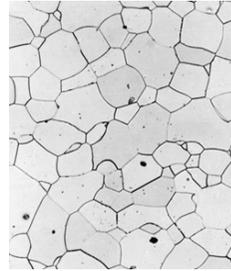
auch bekannt als: Auflichtmikroskop



stehendes Metallmikroskop

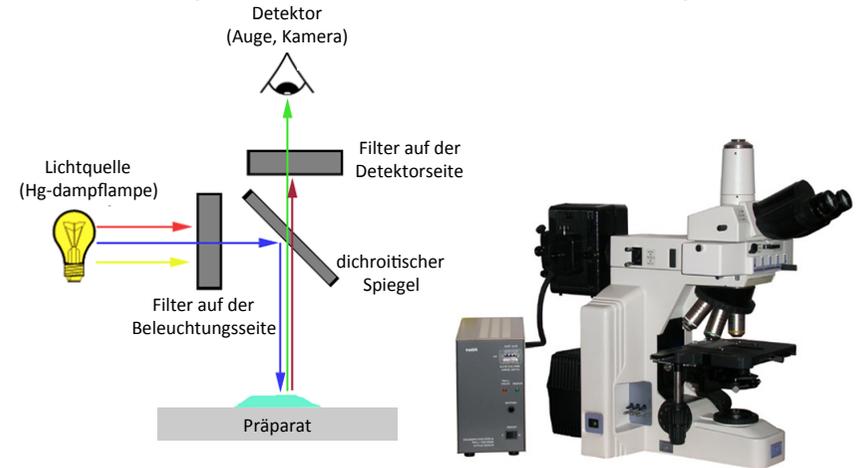


- Vorbereitung :**
- **Probenahme (Prüfkörper oder Abdruck)**
 - **Schleifen oder Polieren**
 - **Ätzen**



9

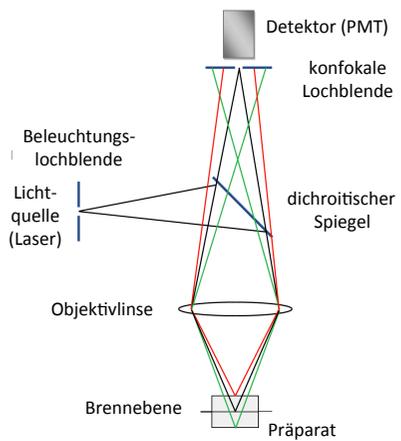
Epifluoreszenzmikroskop



Vorteil im Vergleich zum einfachen Lichtmikroskop:

10

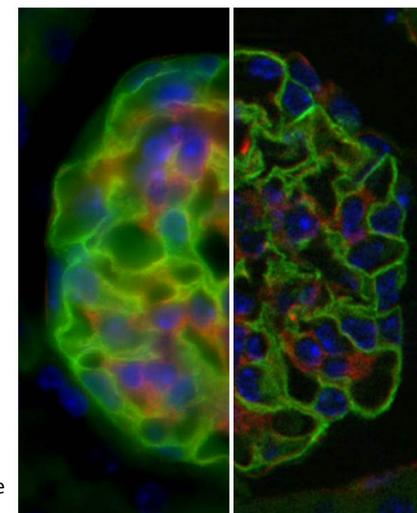
Konfokalmikroskop



Vorteil im Vergleich zum Epifluoreszenzmikroskop:

11

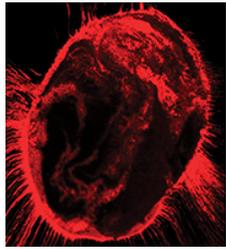
Epifluoreszenz vs. Konfokal



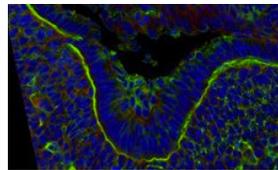
Nierenscheibe

12

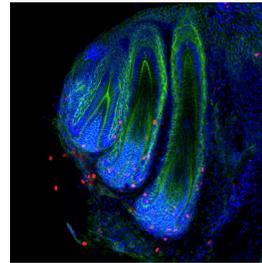
Konfokalmikroskop



Wurzelfüllung aus Guttapercha



Einstülpung einer Zahnkrone



ein funktionierender Zahn und zwei "Ersatzzähne" einer Schlange

Elektronenmikroskop

Grundlage: Elektronenbündel als Materiewelle

theoretische Hypothese – de Broglie-Wellenlänge (1923):

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

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

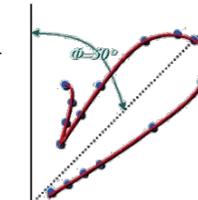
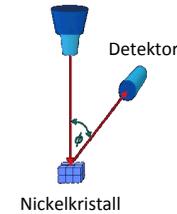
Impuls des Elektrons



Louis de Broglie
(1892-1987)
Physiker

experimenteller Beweis – Elektronenbeugung (1927):

Elektronenkanone



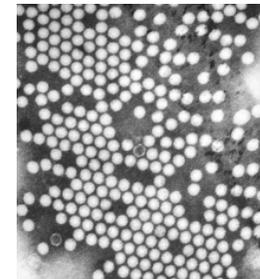
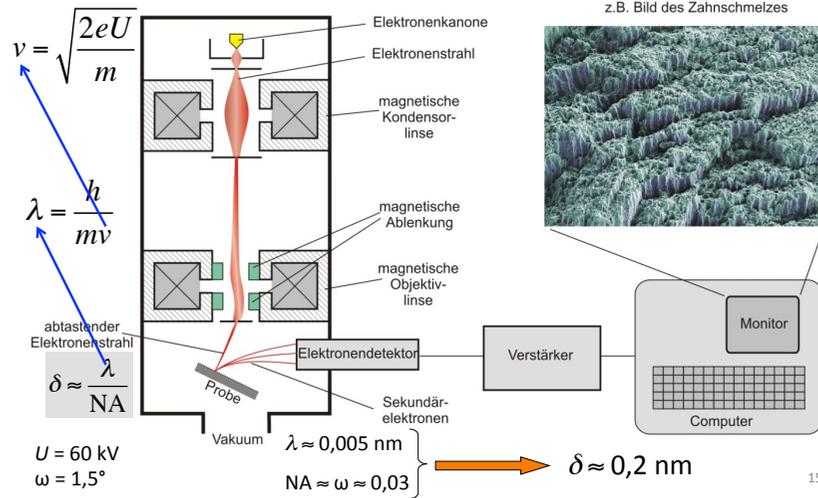
"Intensität" der gestreuten Elektronen



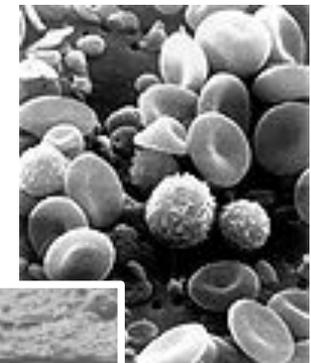
Clinton Davisson
(1881-1958)
Lester Germer
(1896-1971)
Physiker

Transmissionselektronenmikroskop (transmission electron microscope – **TEM**)

Rasterelektronenmikroskop (scanning electron microscope – **SEM**)



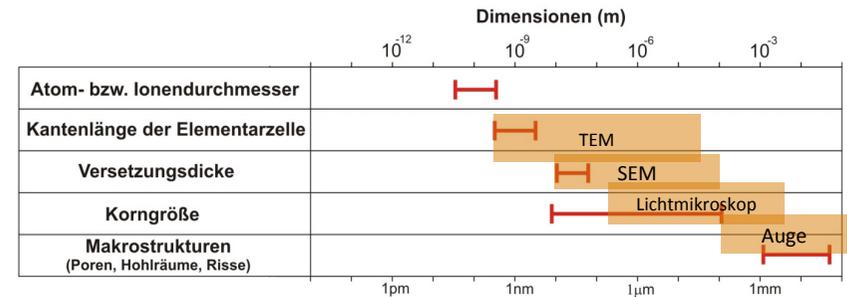
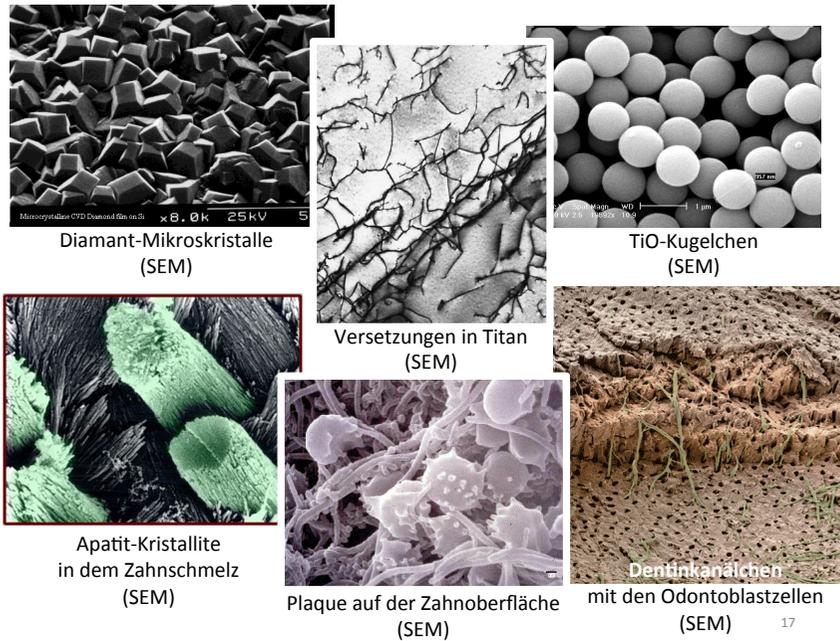
Viren der Kinderlähmung (TEM)



Humanblut (SEM)



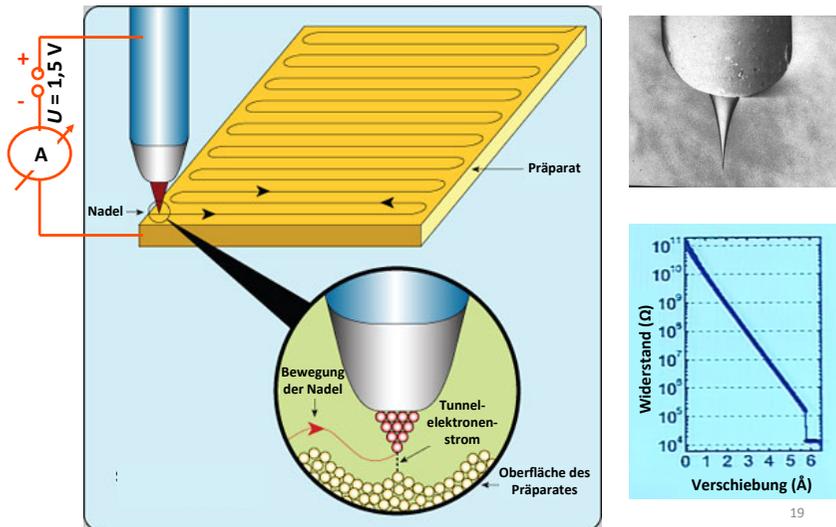
Korrosionsschicht auf einem antiken Glasstück (SEM)



(Engl. scanning probe microscopes – SPM)

Rastersondenmikroskope

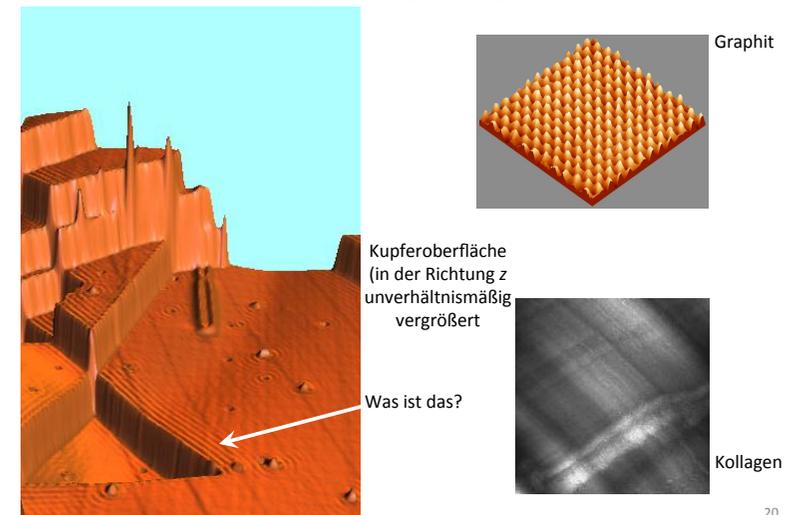
Rastertunnelmikroskop (Engl. scanning tunneling microscope – STM)



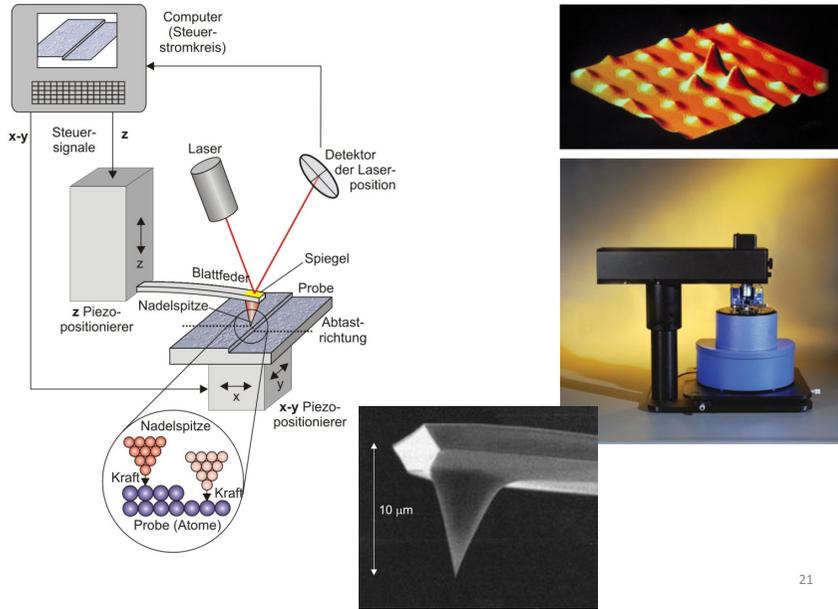
(Engl. scanning probe microscopes – SPM)

Rastersondenmikroskope

Rastertunnelmikroskop (Engl. scanning tunneling microscope – STM)



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



Z.B.: Quarz

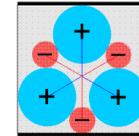
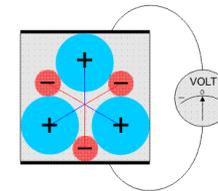


Umweg: Piezoelektrizität

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

(direkter) piezoelektrischer Effekt:
Deformation ⇒ elektrische Spannung

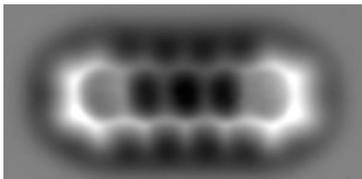
inverser piezoelektrischer Effekt:
elektrische Spannung ⇒ Deformation



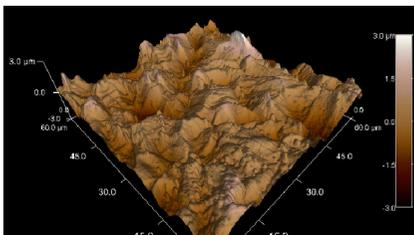
$$U = \delta \cdot \Delta x$$

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

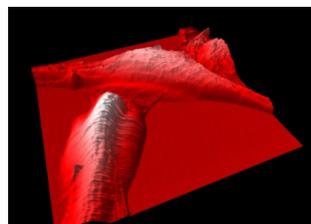
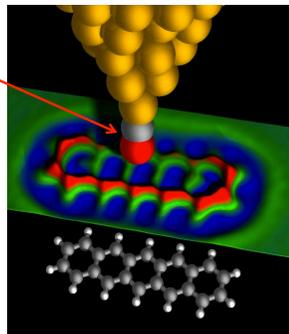
ein Kohlenstoffmonoxid-Molekül (CO) auf der Messspitze



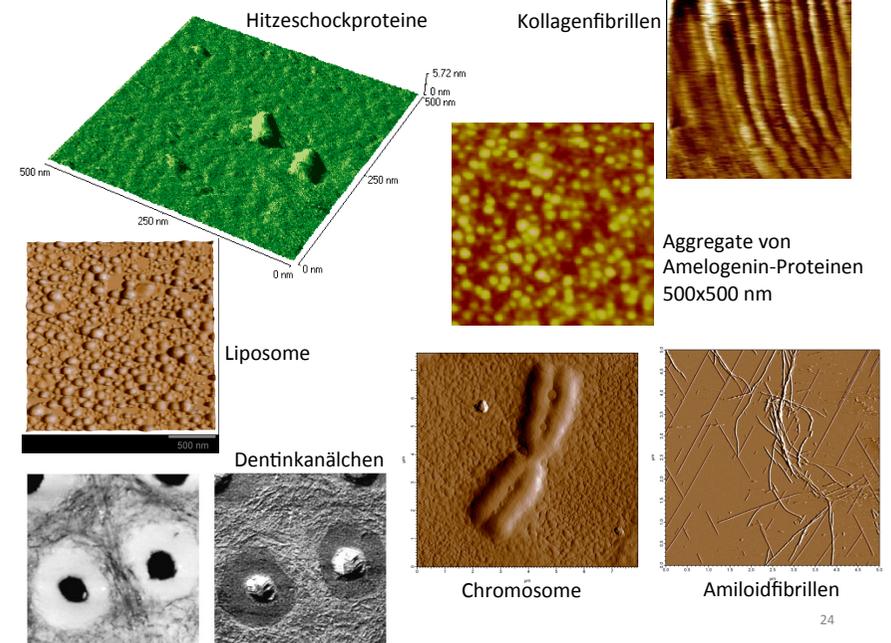
Pentacen (C₂₂H₁₄)-Molekül (2009)

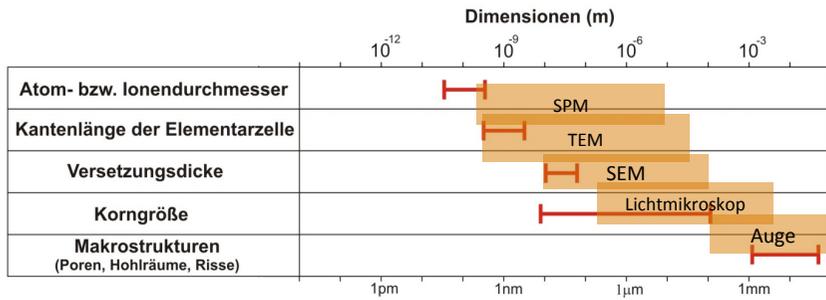


raue Ti-Oberfläche



Knochenzellen auf einer Ti-Oberfläche

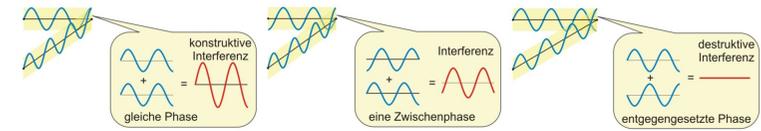




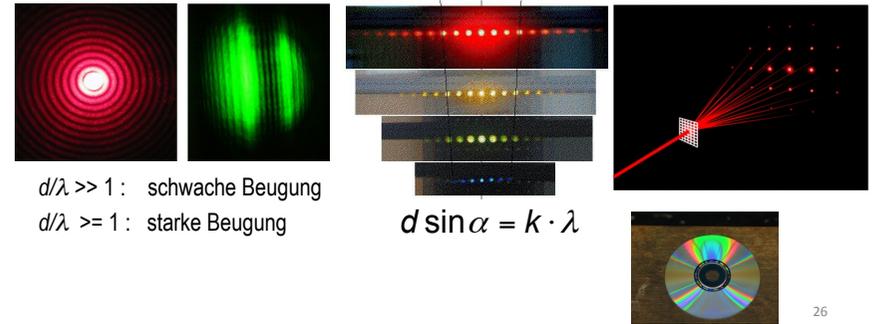
25

Interferenz und Diffraktion (Beugung)

Interferenz

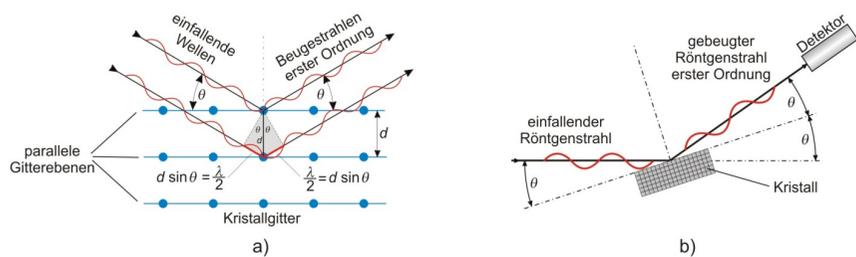


Diffraktion



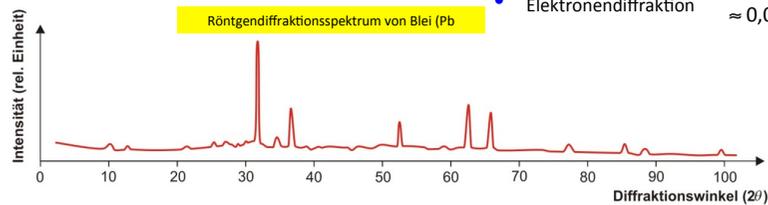
26

Diffraktionsmethoden

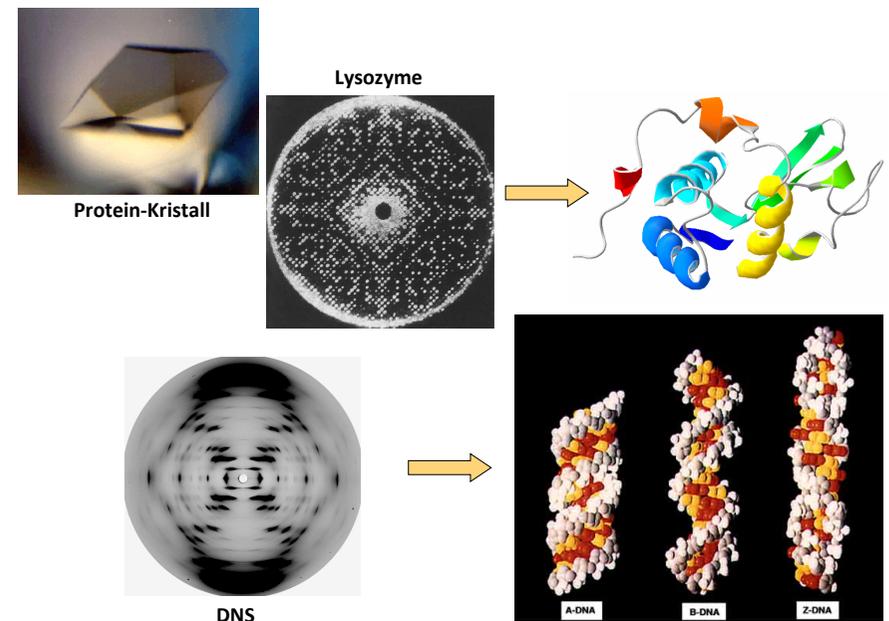


Bragg-Gleichung: $2d \sin \theta = n \cdot \lambda$

- Röntgendiffraktion $\lambda \approx 0,01-0,1 \text{ nm}$
- Neutronendiffraktion $\approx 0,1 \text{ nm}$
- Elektronendiffraktion $\approx 0,01 \text{ nm}$

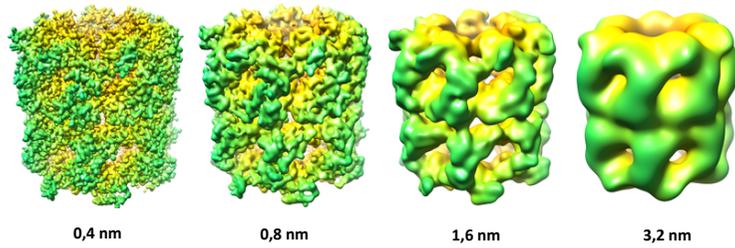


27

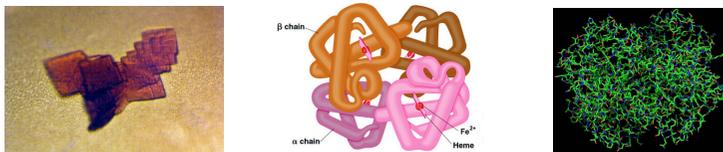


28

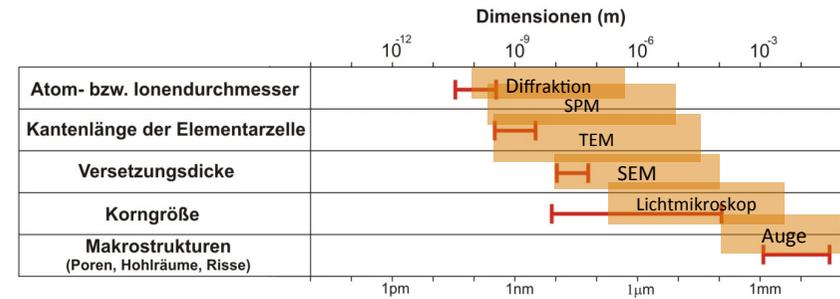
GroEL (Chaperon Protein in Bakterien)
bei verschiedenen Auflösungen:



Hämoglobin:



29



Nächste Vorlesung:
Kapitel 9-13

30

Kontrollfragen

1. Was ist der Unterschied zwischen dem Metallmikroskop und dem einfachen Lichtmikroskop?
2. Ungefähr wie groß ist die Auflösungsgrenze des Auges eines gesunden Menschen?
3. Wie wird das Bild durch ein Konfokalmikroskop erstellt?
4. Was ist der Hauptvorteil eines mit einem Konfokalmikroskop erstellten Bildes im Vergleich zu einem mit einem einfachen Lichtmikroskop erstellten Bild?
5. Wie muss man das Präparat für ein Metallmikroskop vorbereiten?
6. Was muss man mit einem Eiweiß tun, damit man es mit Röntgenstrahlenbeugung untersuchen kann?
7. Welche bildgebenden Methode haben das größte Auflösungsvermögen?
8. Welche bildgebenden Methode werden durch Beugung nicht begrenzt?

31