

Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

4^{te} Vorlesung
Struktur Untersuchungsmethoden
1 Oktober 2015
Gergely Agócs

Lehrbuch:
8. Kapitel

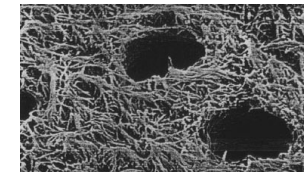
Hausaufgaben:
2. Kap.: 1-7, 10, 12

Was bedeutet Struktur?

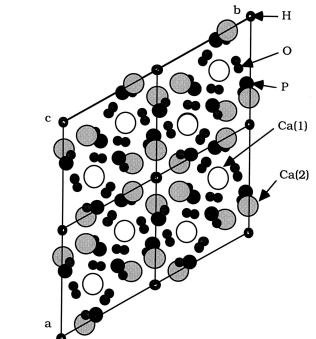
Die **Lage** der Elemente eines komplexen Systems und die **Beziehungen** zwischen ihnen.



schematische Anatomie eines Molars

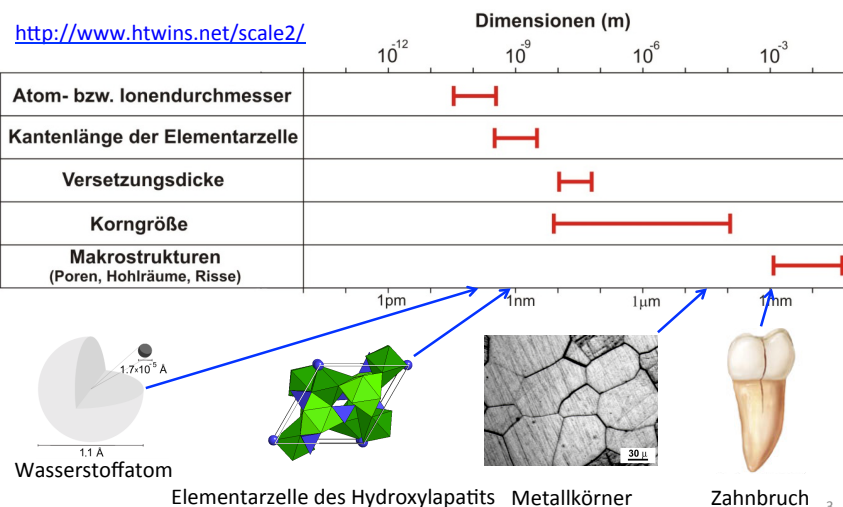


Feinstruktur des Dentins



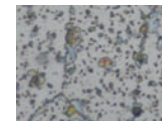
Struktur des Hydroxylapatitkristalls

Dimensionen der Strukturuntersuchungen

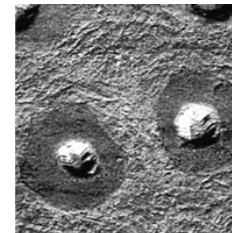


Was ist das Wesen der Bildgebung?

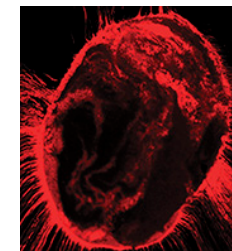
Wir ordnen Intensitätswerte zu den einzelnen Bildpunkten basierend auf irgendwelche Eigenschaften der Gegenstandspunkte zu



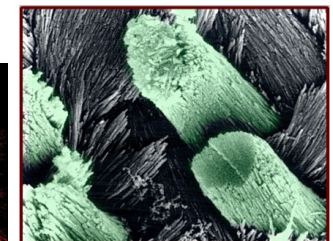
Struktur der Metallkörner im Metallmikroskop



Dentinkanälchen in Rasterkraftmikroskop

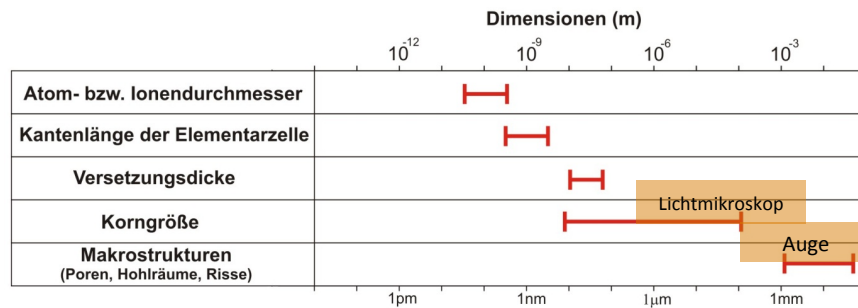


Wurzelfüllung aus Guttapercha im konfokalen Mikroskop



Apatitkristalle des Zahnschmelzes im Elektronenmikroskop

Dimensionen der Strukturbaulemente



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

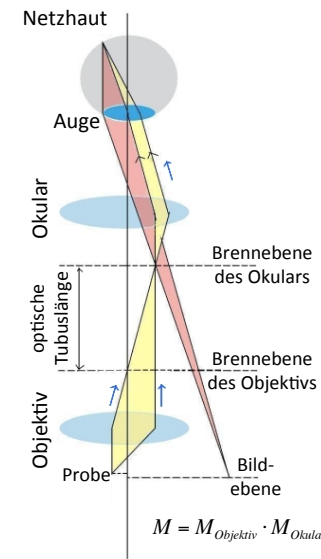
• **Lichtmikroskop** Auflösungsgrenze: ≈ 200 nm
 (s. Biophysik, Vorlesung und Praktikum)

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

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

5

Lichtmikroskop



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



einfaches Lichtmikroskop

6

Lichtmikroskop

Entwicklungsmöglichkeiten:

Verbesserung
des Kontrastes

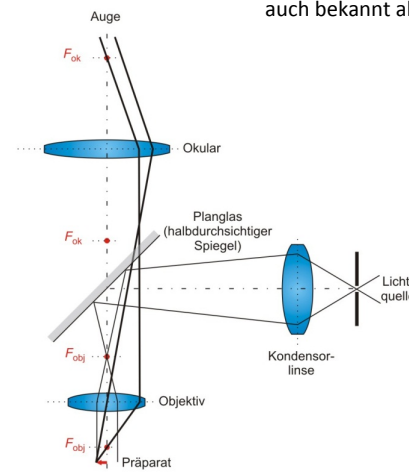
Verbesserung
der Auflösung



7

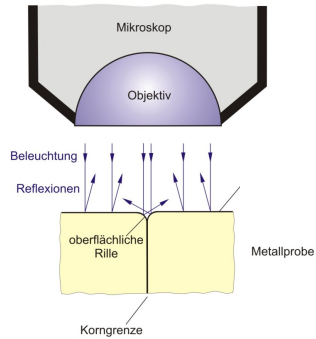
Metallmikroskop

auch bekannt als: Auflichtmikroskop



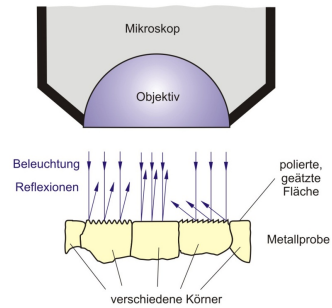
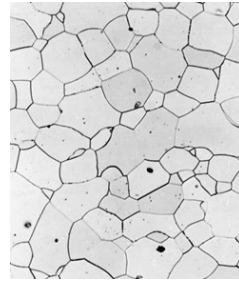
stehendes Metallmikroskop

8



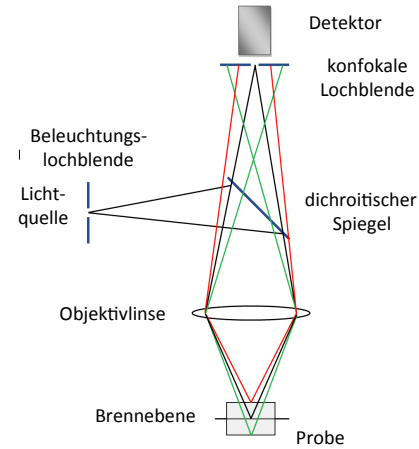
Vorbereitung :

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



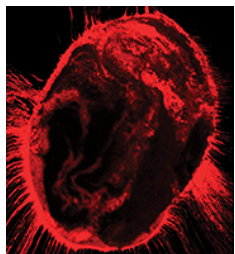
9

Konfokalmikroskop

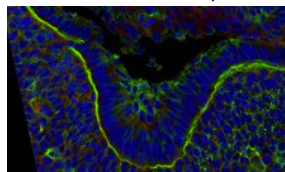


10

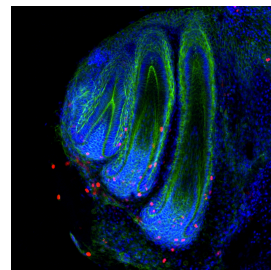
Konfokalmikroskop



Wurzelfüllung
aus Guttapercha



Einstülpung
einer Zahnknope



ein funktionierender Zahn
und zwei "Ersatzzähne"
einer Schlange

11

Elektronenmikroskop

Grundlage: Elektronenbündel als Materiewelle

theoretische Hypothese –
de Broglie-Wellenlänge
(1923):

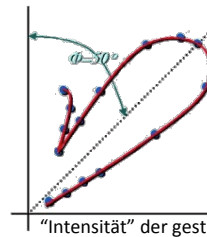
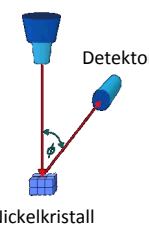
$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

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

Impuls des
Elektrons

experimenteller Beweis –
Elektronenbeugung
(1927):

Elektronenkanone



"Intensität" der gestreuten Elektronen



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

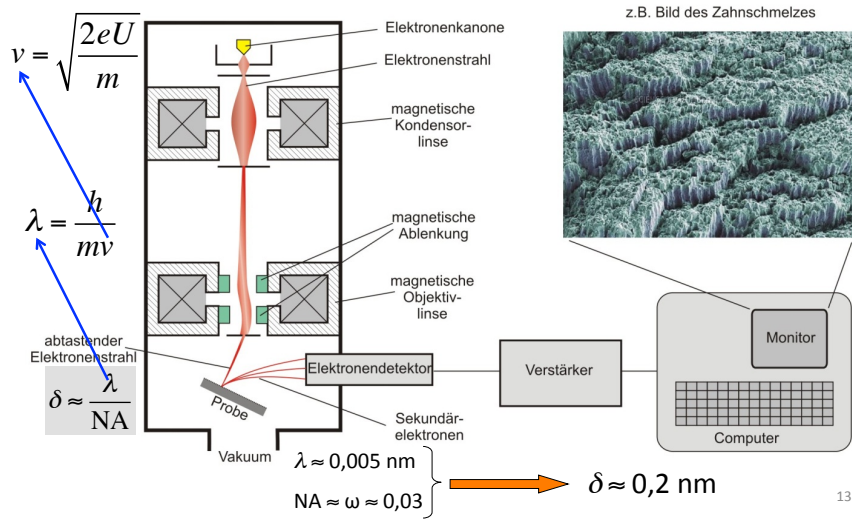


**Clinton
Davisson**
(1881-1958)
Lester Germer
(1896-1971)
Physiker

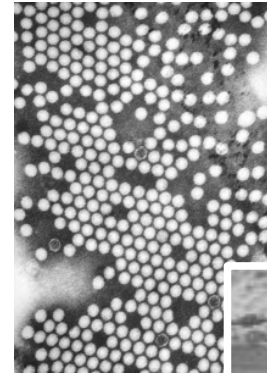
12

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

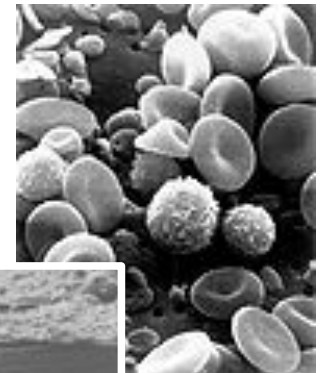
Rasterelektronenmikroskop (scanning electron microscope – **SEM**)



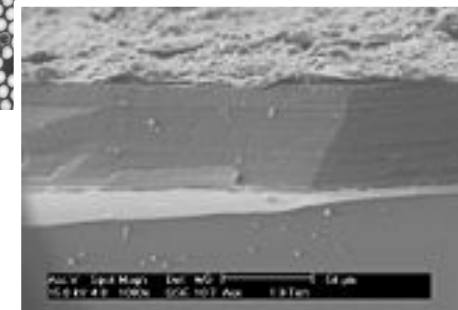
13



Viren
der Kinderlähmung
(TEM)

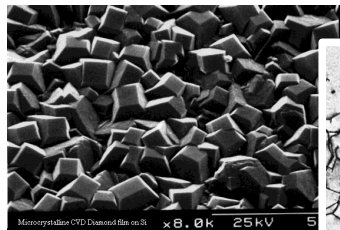


Humanblut
(SEM)

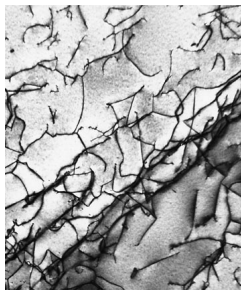


Korrosionsschicht
auf einem antiken Glasstück
(SEM)

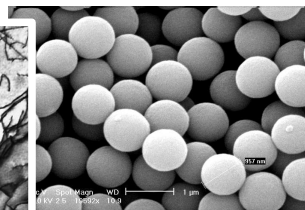
14



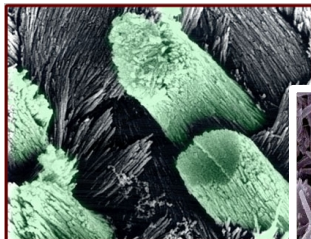
Diamant-Mikrokristalle
(SEM)



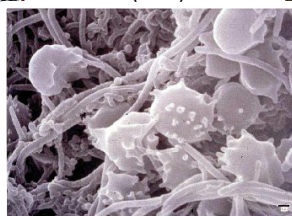
Versetzungen in Titan
(SEM)



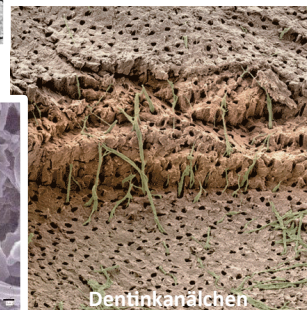
TiO-Kugeln
(SEM)



Apatit-Kristallite
in dem Zahnschmelz
(SEM)

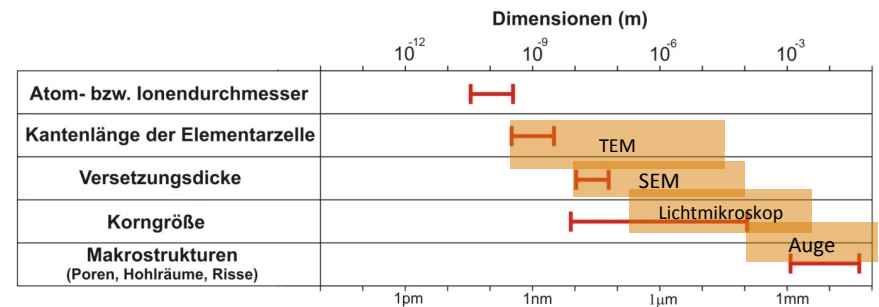


Plaque auf der Zahnoberfläche
(SEM)



Dentinkanälchen
mit den Odontoblastzellen
(SEM)

15

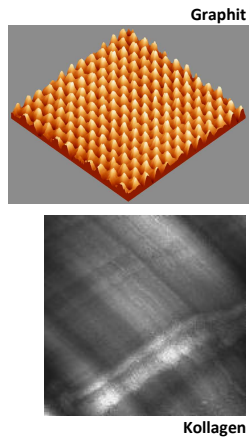
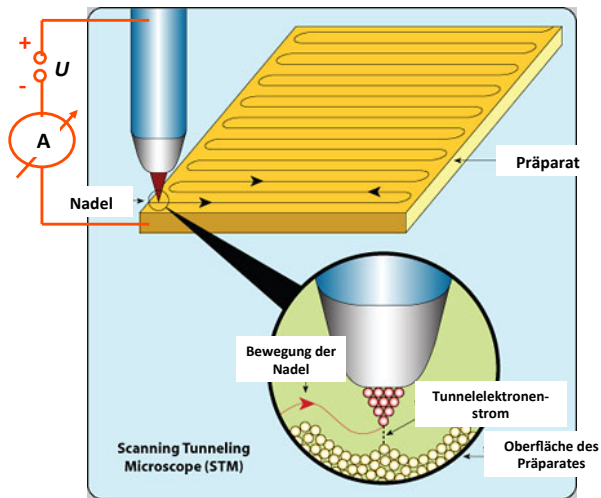


16

Rastersondenmikroskope

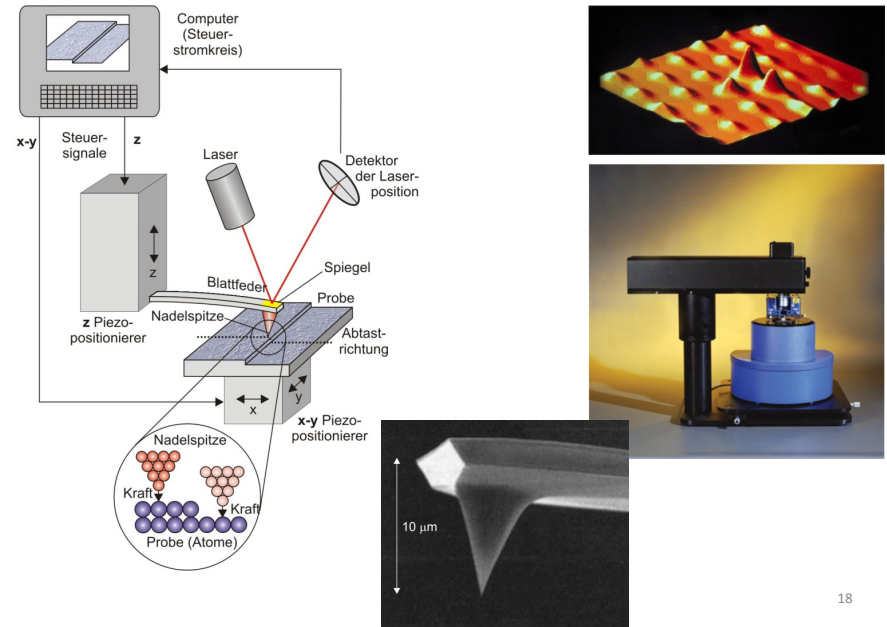
(Engl. scanning probe microscopes – SPM)

Rastertunnelmikroskop (Engl. scanning tunneling microscope – STM)



17

Rasterkraftmikroskop (Engl. atomic force microscope – AFM)



18

Umweg: Piezoelektrizität

Z.B.: Quarz



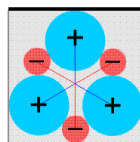
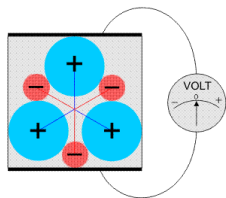
1880 P. Curie (*piezein* = gr. zusammendrücken)

(direkter) piezoelektrischer Effekt:

Deformation \Rightarrow elektrische Spannung

inverser piezoelektrischer Effekt:

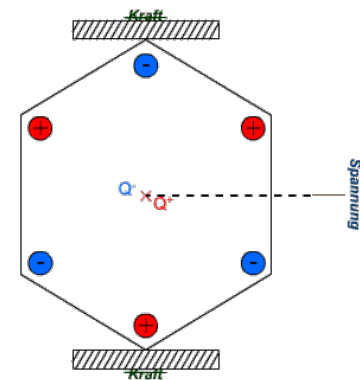
elektrische Spannung \Rightarrow Deformation



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

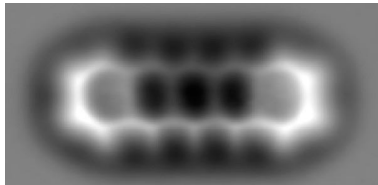
z.B für Quarz: $\delta \approx 10^{12} \text{ V/m}$

19

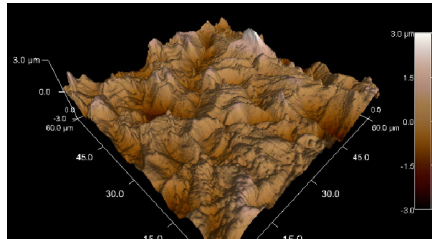


20

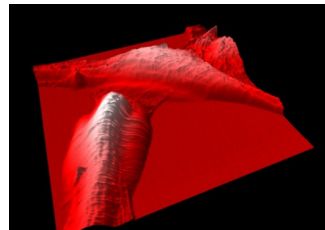
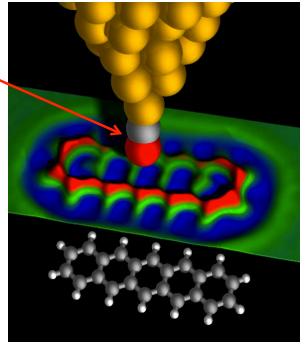
ein Kohlenstoffmonoxid-Molekül (CO)
auf der Messspitze



Pentacen ($C_{22}H_{14}$) -Molekül (2009)



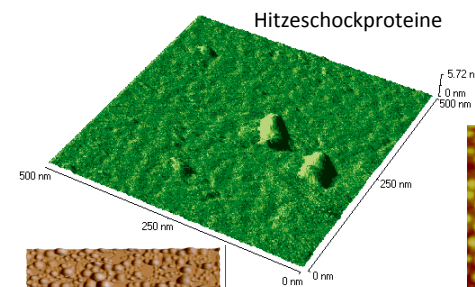
raue Ti-Oberfläche



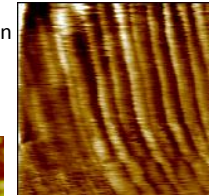
Knochenzellen auf einer Ti-Oberfläche

21

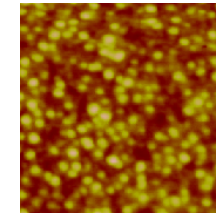
Hitzeschockproteine



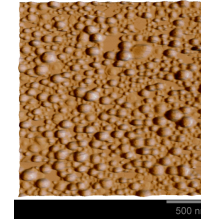
Kollagenfibrillen



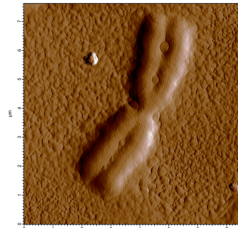
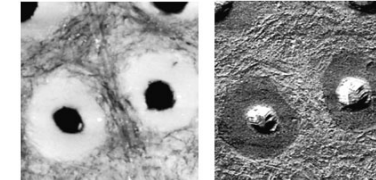
Aggregate von
Amelogenin-Proteinen
500x500 nm



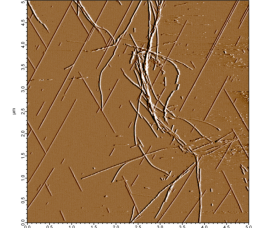
Liposome



Dentinkanälchen



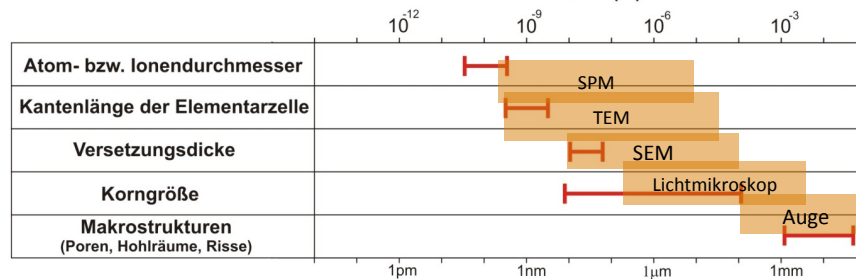
Chromosome



Amiloidfibrillen

22

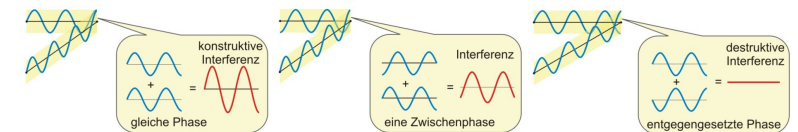
Dimensionen (m)



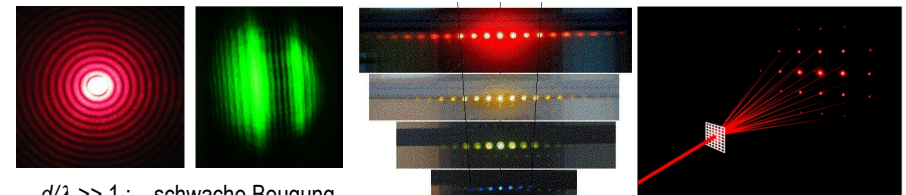
23

Interferenz und Diffraction (Beugung)

Interferenz



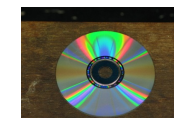
Diffraction



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

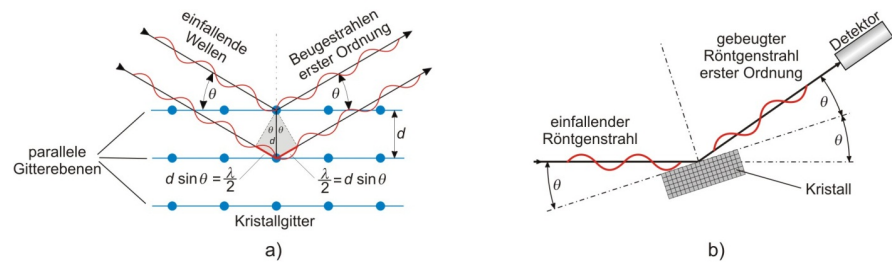
$d/\lambda \approx 1$: starke Beugung

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

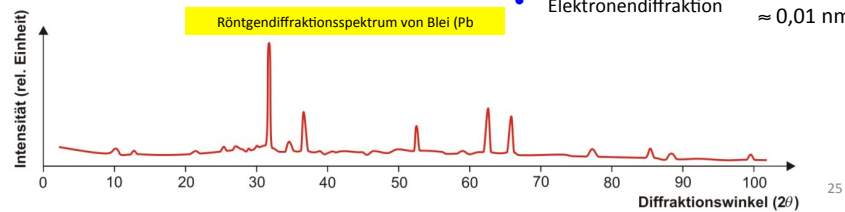


24

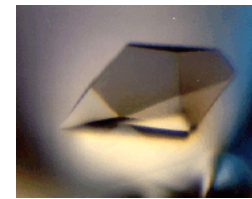
Diffractionsmethoden



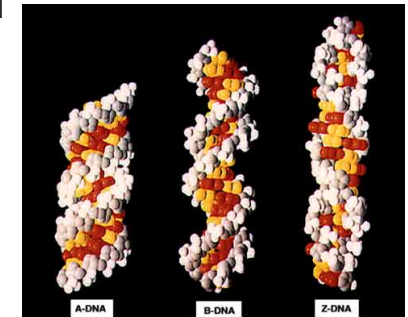
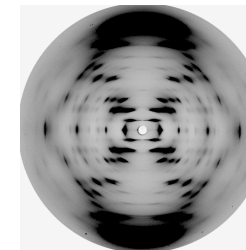
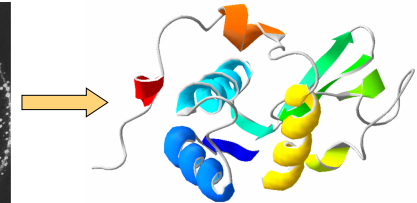
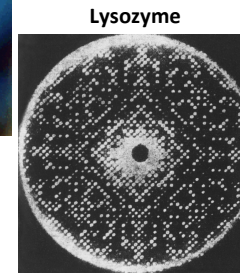
Bragg-Gleichung: $2d \sin \theta = n \cdot \lambda$



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

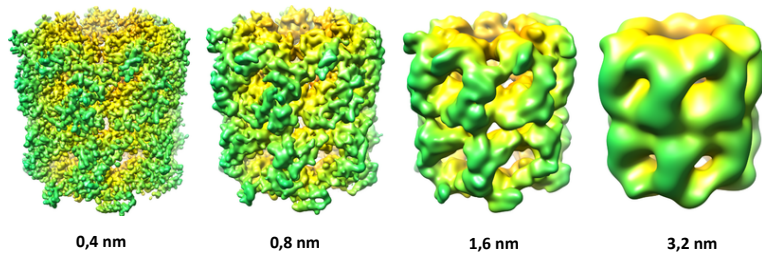


Protein-Kristall

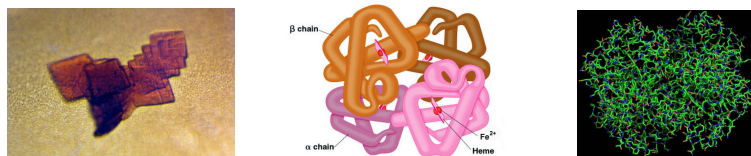


26

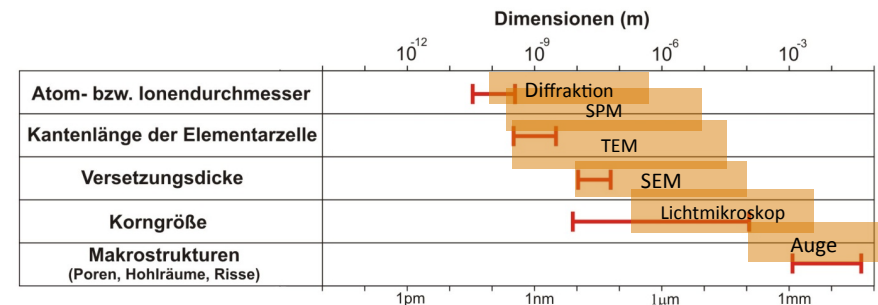
GroEL (Chaperon Protein in Bakterien)
bei verschiedenen Auflösungen:



Hämoglobin:



27



Nächste Vorlesung:
Kapitel 9-13

28