

Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

4. Vorlesung
Struktur Untersuchungsmethoden
1. Oktober 2020.
Gergely Agócs

Lehrbuch:
8. Kapitel

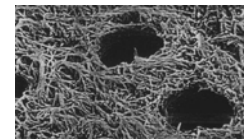
Hausaufgaben:
2. Kap.: 1-7, 10, 12

Was bedeutet “Struktur”?

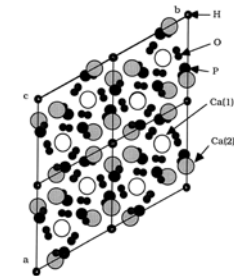
Die **Lage** der Elemente eines komplexen Systems und die **Beziehungen** zwischen ihnen.



die schematische
Anatomie eines Molars



die Feinstruktur des Dentins



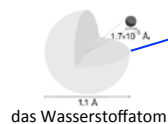
die Struktur des Hydroxylapatitkristalls

Dimensionen der Strukturuntersuchungen

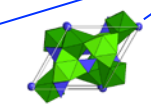
<http://www.htwins.net/scale2/>

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

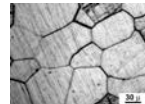
	Dimensionen (m)
Atom- bzw. Ionendurchmesser	~ 10 ⁻¹⁰ m
Kantenlänge der Elementarzelle	~ 10 ⁻⁹ m
Versetzungsdicke	~ 10 ⁻⁸ m
Korngröße	~ 10 ⁻⁷ m
Makrostrukturen (Poren, Hohlräume, Risse)	~ 10 ⁻³ m



das Wasserstoffatom



die Elementarzelle
des Hydroxylapatits



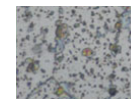
Metallkörner



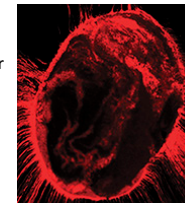
ein Zahnbruch,

Was ist das Wesen der Bildgebung?

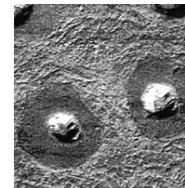
Wir ordnen Intensitätswerte zu den einzelnen Bildpunkten aufgrund irgendwelcher Eigenschaften der Gegenstandspunkte zu



die Struktur der Metallkörner
im Metallmikroskop



eine Wurzelfüllung
aus Guttapercha
im konfokalen Mikroskop



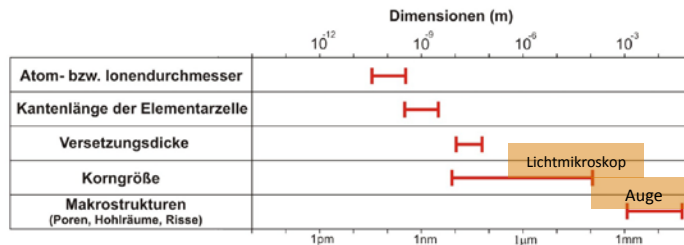
die Dentinkanälchen
in Rasterkraftmikroskop



die Apatitkristalle
des Zahnschmelzes
im Elektronenmikroskop

4

Dimensionen der Strukturbauelemente



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

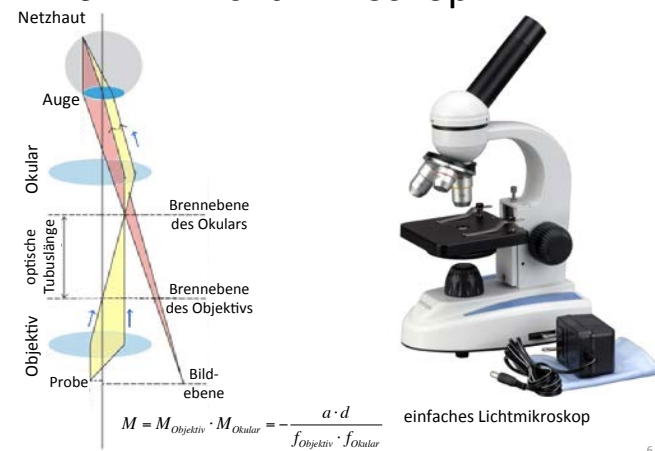
• **Lichtmikroskop** Auflösungsgrenze: ≈ 200 nm
 (s. Biophysik, Vorlesung und Praktikum)

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

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

5

Lichtmikroskop



6

Lichtmikroskop

Entwicklungsmöglichkeiten:

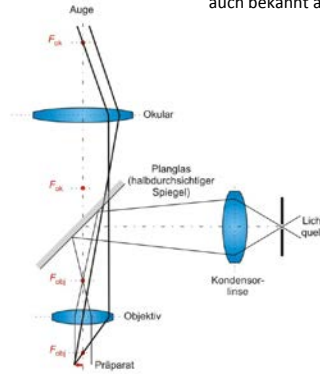
- Verbesserung des Kontrastes
- Verbesserung der Auflösung



7

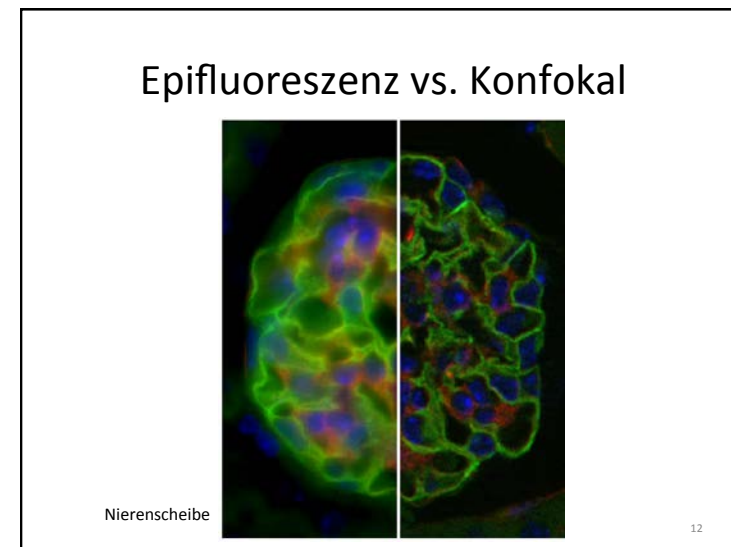
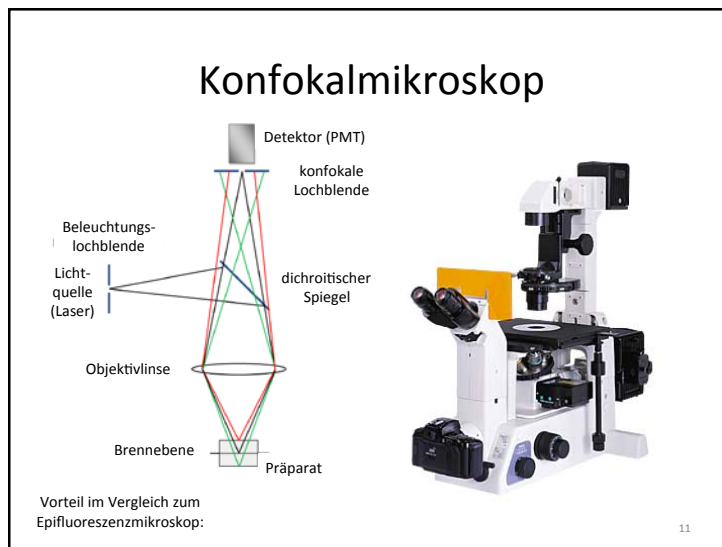
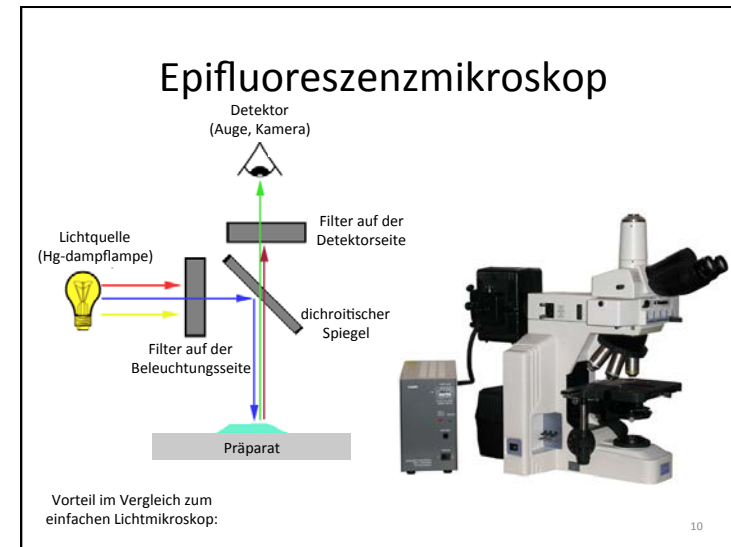
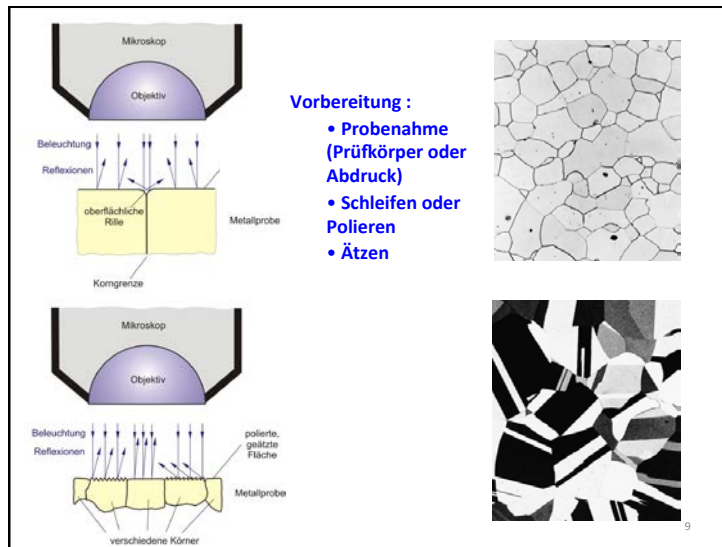
Metallmikroskop

auch bekannt als: Auflichtmikroskop



stehendes Metallmikroskop

8

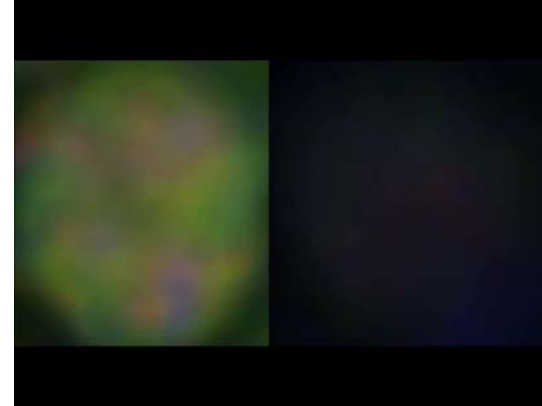


Epifluoreszenz vs. Konfokal



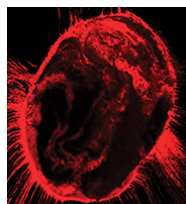
13

Epifluoreszenz vs. Konfokal

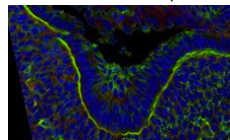


14

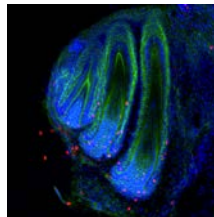
Konfokalmikroskop



Wurzelfüllung
aus Guttapercha



Einstülpung
einer Zahnknospe



ein funktionierender Zahn
und zwei "Ersatzzähne"
einer Schlange

15

Elektronenmikroskop

Grundlage: Elektronenbündel als Materiewelle

theoretische Hypothese –
de Broglie-Wellenlänge
(1923):

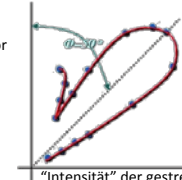
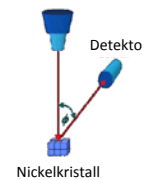
$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

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

Impuls des
Elektrons

experimenteller Beweis –
Elektronenbeugung
(1927):

Elektronenkanone

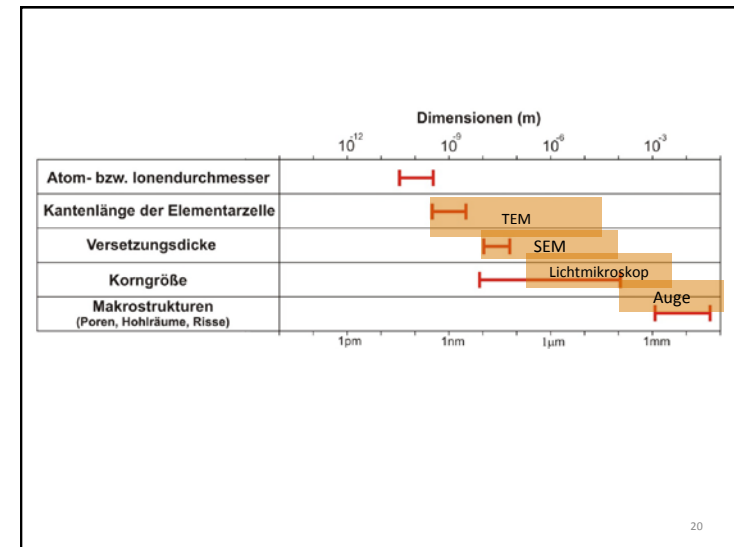
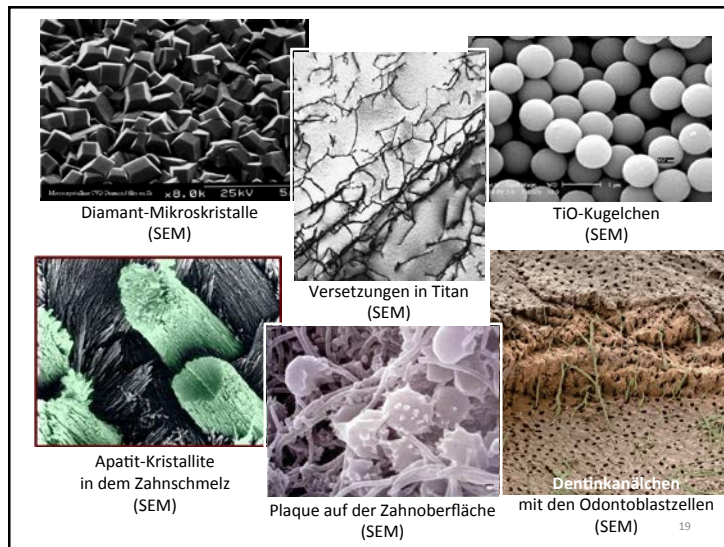
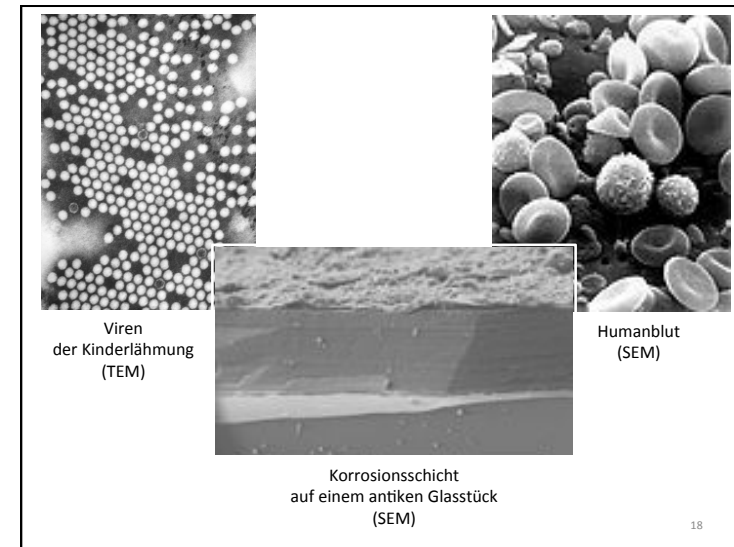
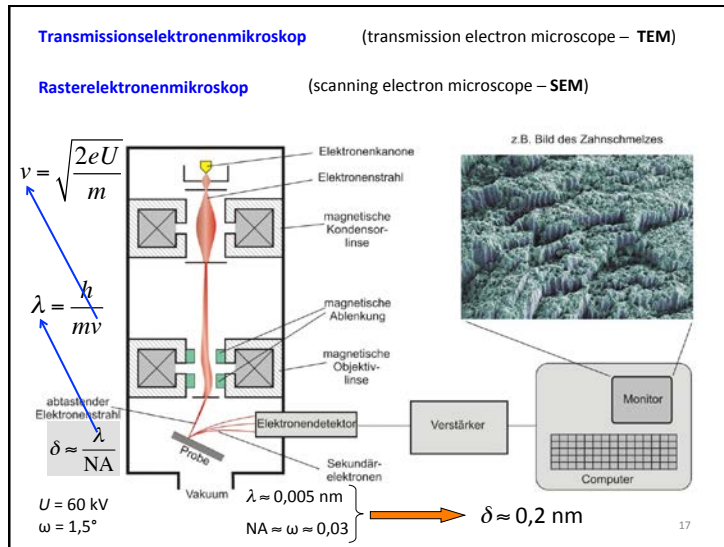


**Louis de
Broglie**
(1892-1987)
Physiker



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

16



(Engl. scanning probe microscopes – SPM)

Rastersondenmikroskope

(Engl. scanning tunneling microscope – STM)

Rastertunnelmikroskop

U = 1.5 V

Nadel

Präparat

Tunnelstrom

Oberfläche des Präparates

Widerstand (Ω)

Verschiebung (Å)

21

(Engl. scanning probe microscopes – SPM)

Rastersondenmikroskope

(Engl. scanning tunneling microscope – STM)

Rastertunnelmikroskop

Graphit

Kupferoberfläche
(in der Richtung z
unverhältnismäßig
vergrößert)

Was ist das?

Kollagen

22

(Engl. atomic force microscope – AFM)

Rasterkraftmikroskop

Computer (Steuerstromkreis)

Steuer-signal

Laser

Detektor der Laserposition

Spiegel

Blattfeder

Probe

Abtast-richtung

Nadelspitze

Kraft

Probe (Atome)

10 μm

23

Z.B.: Quartz

Umweg: Piezoelektrizität

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

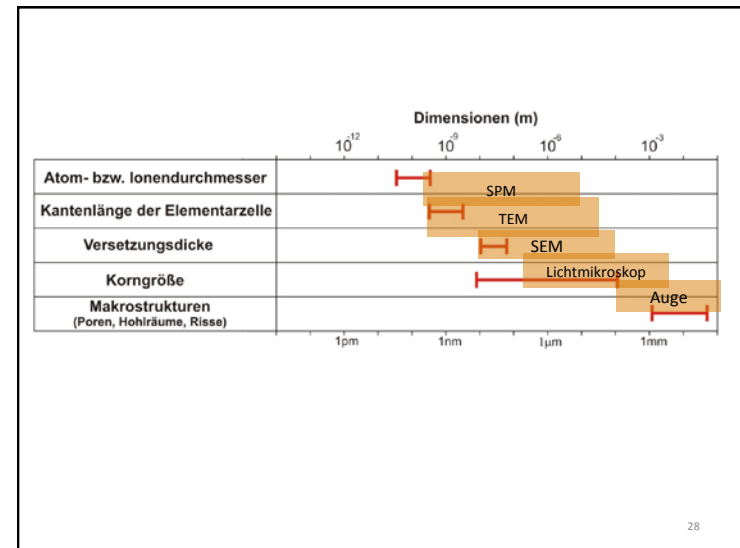
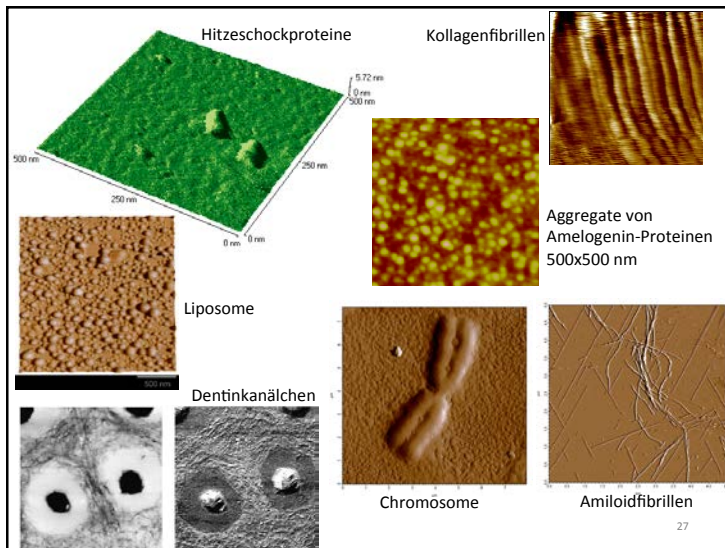
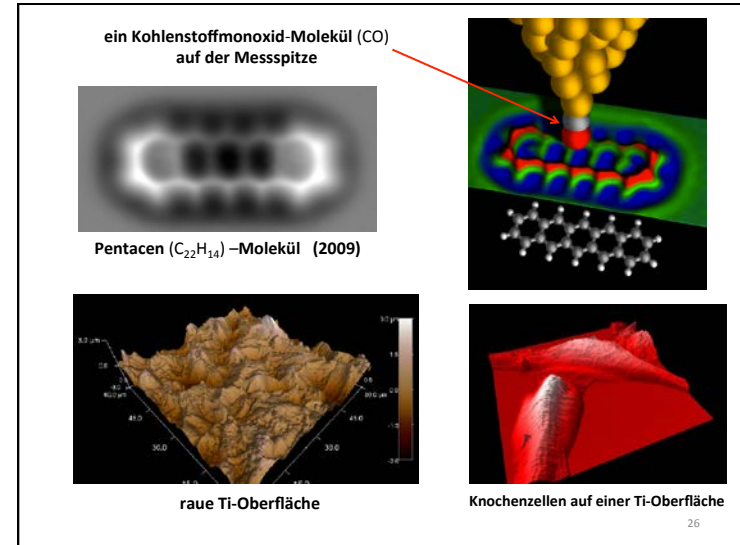
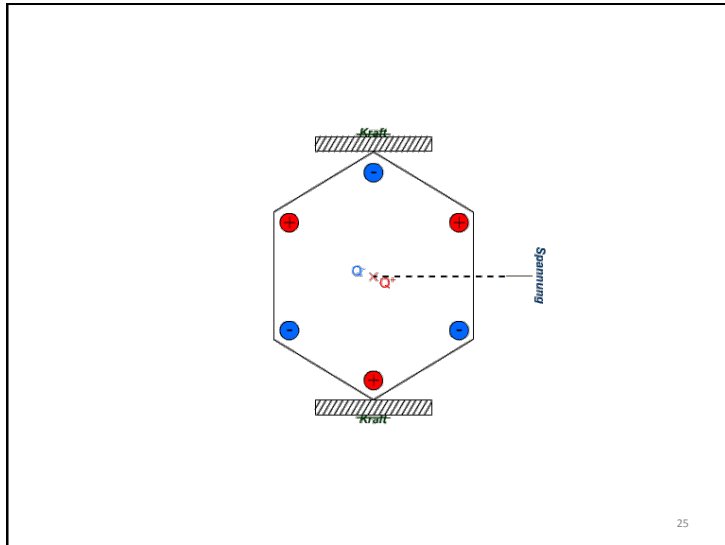
(direkter) piezoelektrischer Effekt:
Deformation → elektrische Spannung

inverser piezoelektrischer Effekt:
elektrische Spannung → Deformation

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

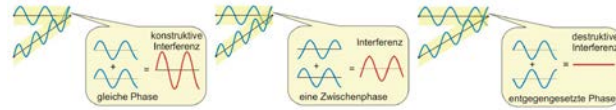
z.B. für Quartz: $\delta \approx 10^{12} \text{ V/m}$

24

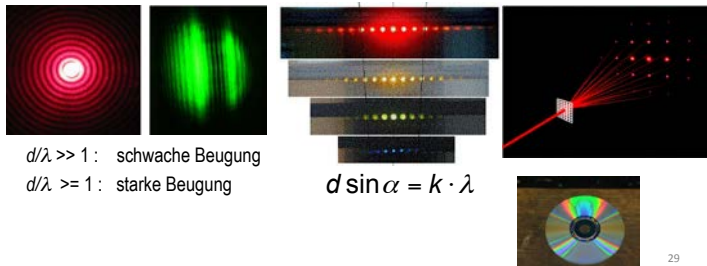


Interferenz und Diffraktion (Beugung)

Interferenz

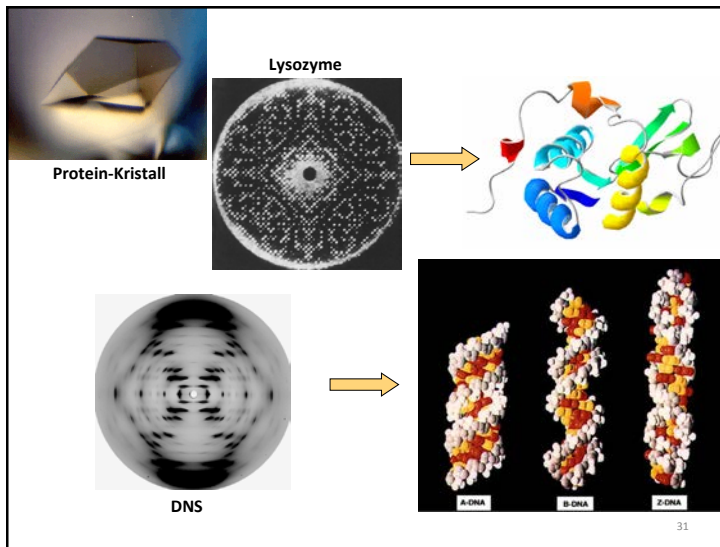
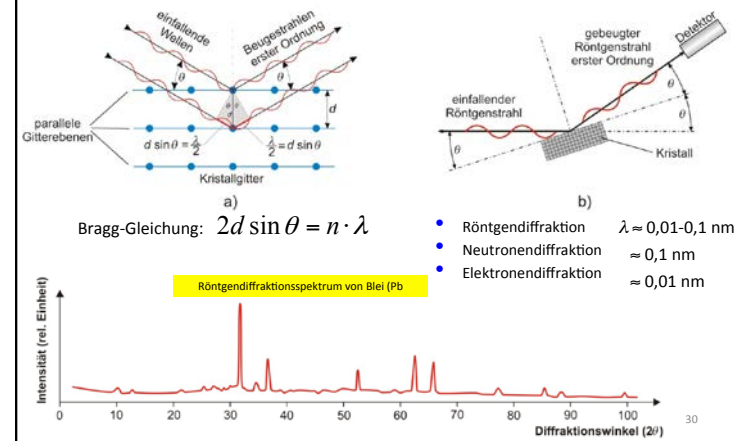


Diffraktion



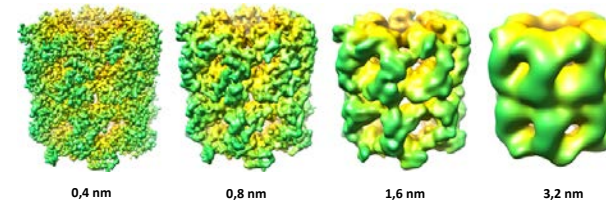
29

Diffraktionsmethoden



31

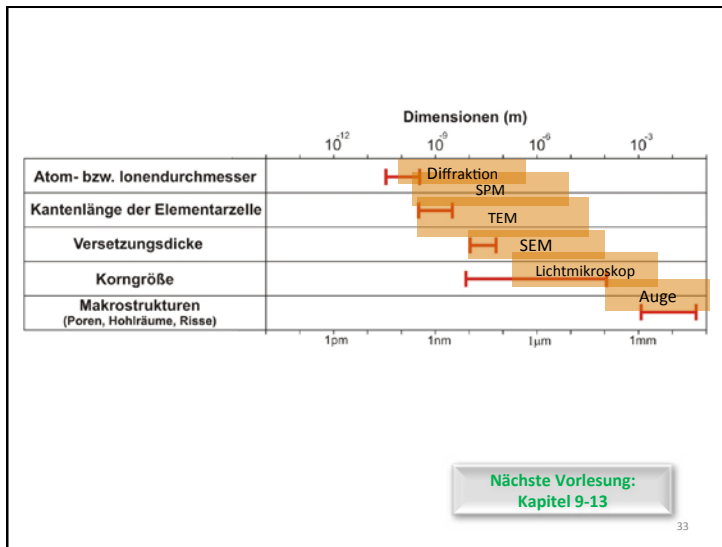
GroEL (Chaperon Protein in Bakterien) bei verschiedenen Auflösungen:



Hämoglobin:



32



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?

34