

Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

4^{te} Vorlesung
 Strukturuntersuchungsmethoden
 5 Oktober 2017
 Gergely Agócs

Lehrbuch:
 8. Kapitel

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

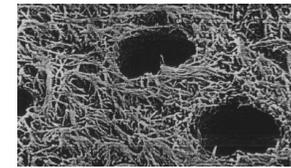
1

Was bedeutet "Struktur"?

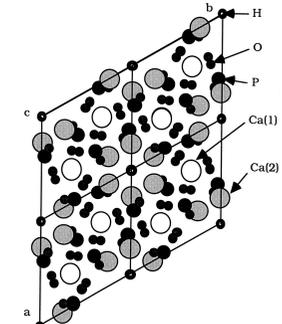
Die **Lage** der Elemente eines komplexen Systems und die **Beziehungen** zwischen ihnen.



die schematische Anatomie eines Molars



die Feinstruktur des Dentins

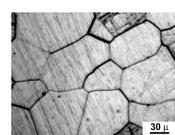
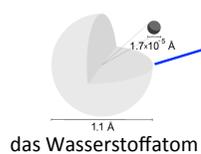
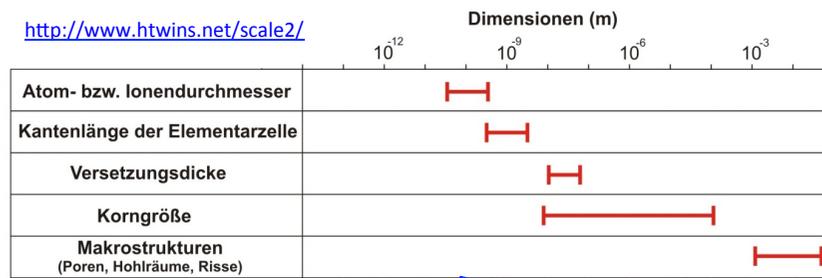


die Struktur des Hydroxylapatitkristalls

2

Dimensionen der Strukturuntersuchungen

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



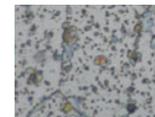
Metallkörner



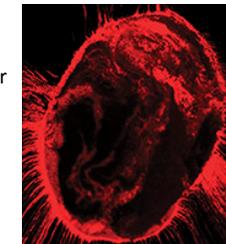
ein Zahnbruch

Was ist das Wesen der Bildgebung?

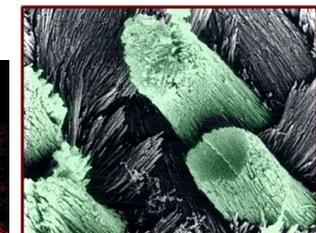
Wir ordnen Intensitätswerte zu den einzelnen Bildpunkten aufgrund irgendwelcher Eigenschaften der Gegenstandspunkte zu



die Struktur der Metallkörner im Metallmikroskop



eine Wurzelfüllung aus Guttapercha im konfokalen Mikroskop



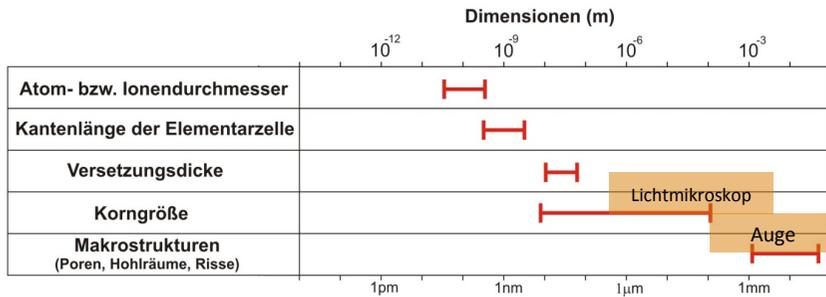
die Apatitkristalle des Zahnschmelzes im Elektronenmikroskop



die Dentinkanälchen in Rasterkraftmikroskop

4

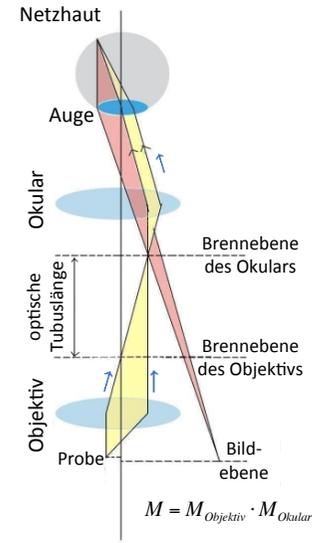
Dimensionen der Strukturbauelemente



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

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

Lichtmikroskop



einfaches Lichtmikroskop

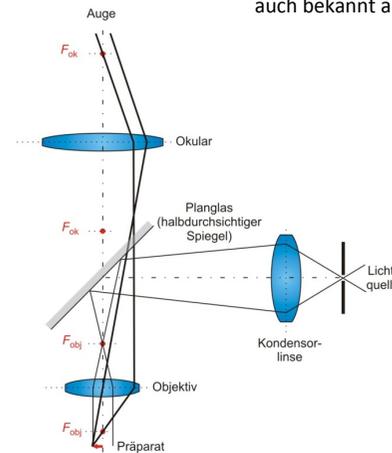
Lichtmikroskop

Entwicklungsmöglichkeiten:
 Verbesserung des Kontrastes Verbesserung der Auflösung

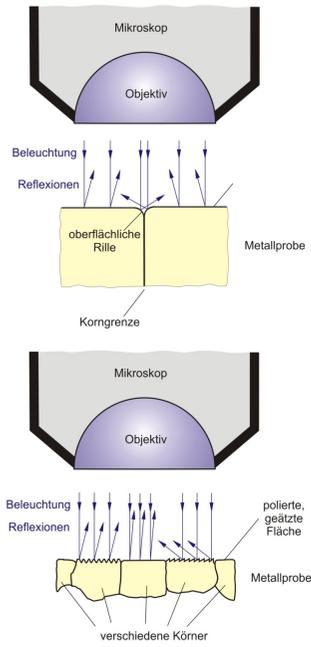


Metallmikroskop

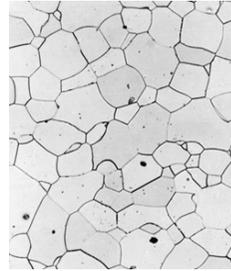
auch bekannt als: Auflichtmikroskop



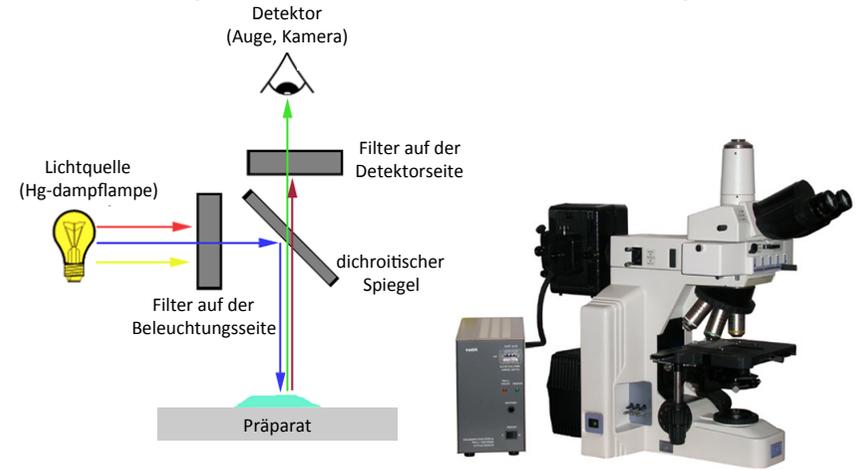
stehendes Metallmikroskop



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

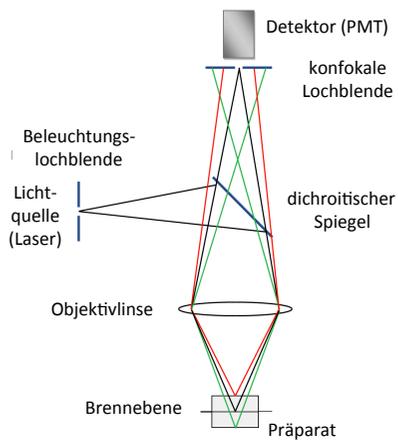


Epifluoreszenzmikroskop



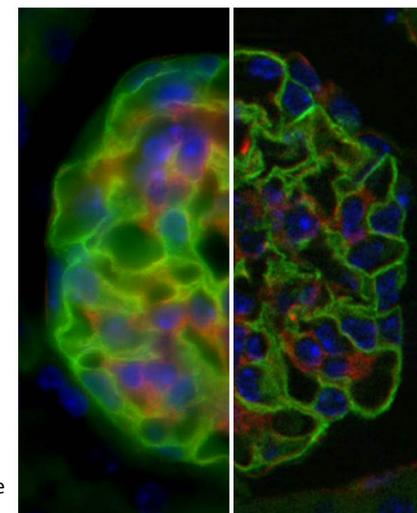
Vorteil im Vergleich zum einfachen Lichtmikroskop:

Konfokalmikroskop



Vorteil im Vergleich zum Epifluoreszenzmikroskop:

Epifluoreszenz vs. Konfokal



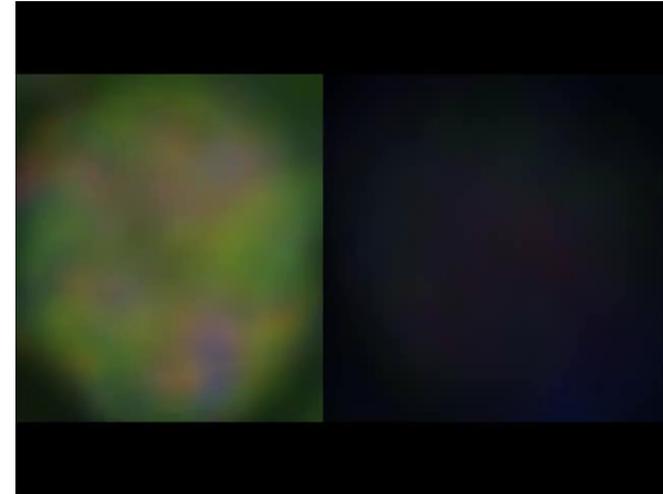
Nierenscheibe

Epifluoreszenz vs. Konfokal



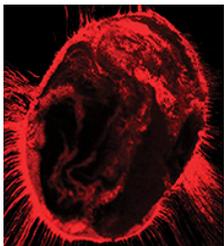
13

Epifluoreszenz vs. Konfokal

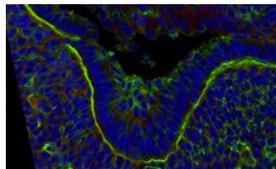


14

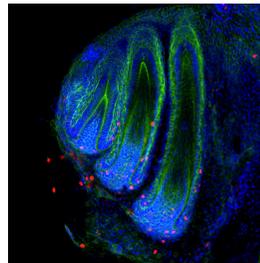
Konfokalmikroskop



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):

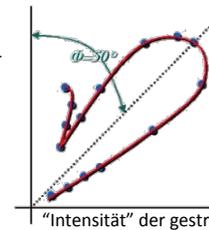
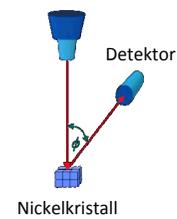
$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

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

Impuls des
Elektrons

experimenteller Beweis –
Elektronenbeugung
(1927):

Elektronenkanone



"Intensität" der gestreuten Elektronen



Louis de Broglie
(1892-1987)
Physiker

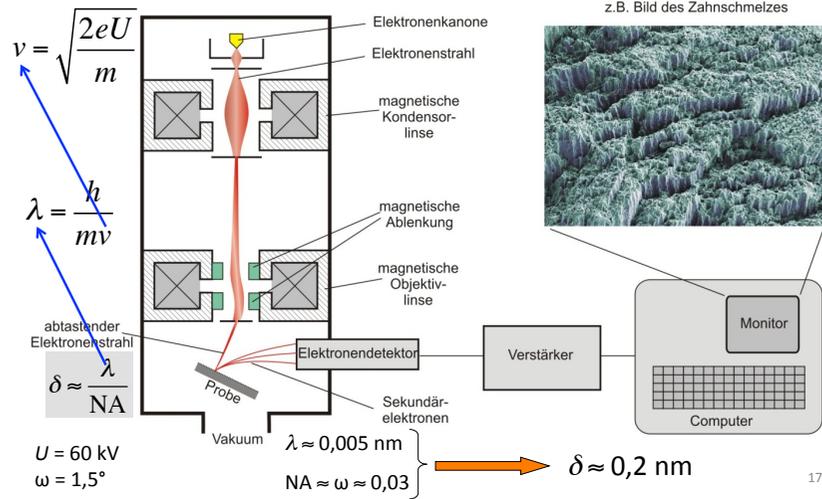


Clinton Davisson
(1881-1958)
Lester Germer
(1896-1971)
Physiker

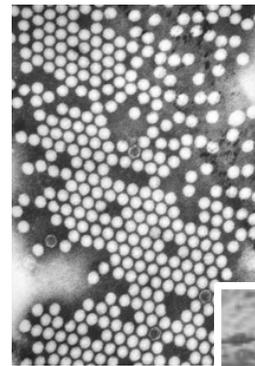
16

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

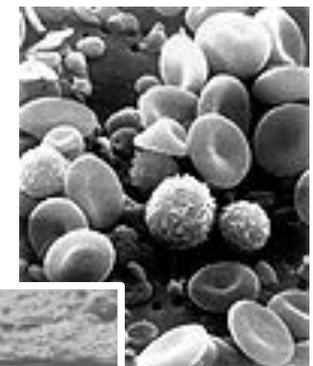
Rasterelektronenmikroskop (scanning electron microscope – **SEM**)



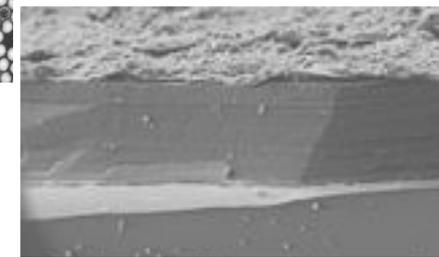
17



Viren der Kinderlähmung (TEM)

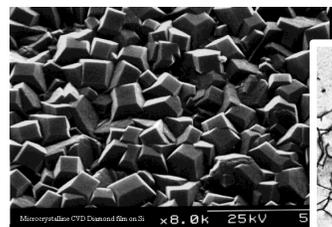


Humanblut (SEM)

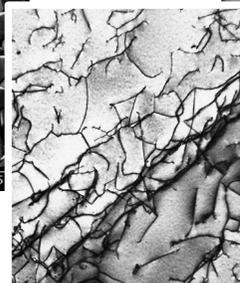


Korrosionsschicht auf einem antiken Glasstück (SEM)

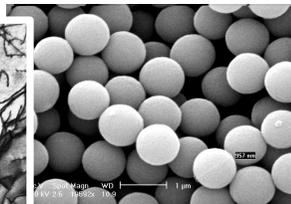
18



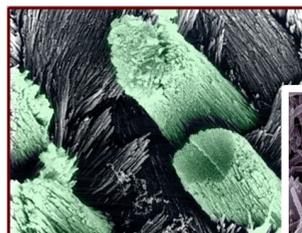
Diamant-Mikrokristalle (SEM)



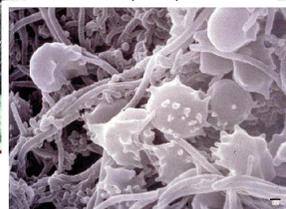
Versetzungen in Titan (SEM)



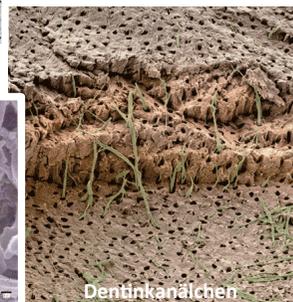
TiO-Kugelchen (SEM)



Apatit-Kristallite in dem Zahnschmelz (SEM)

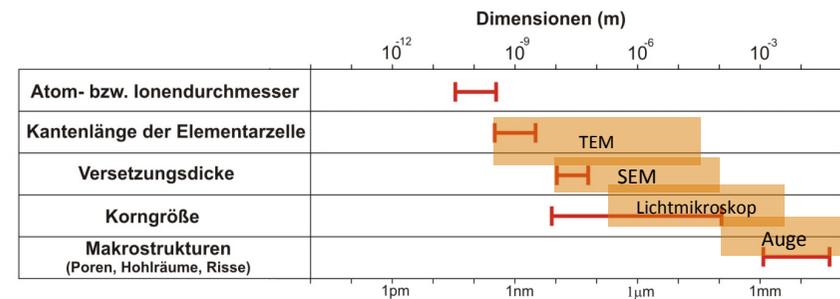


Plaque auf der Zahnoberfläche (SEM)



Dentinkanälchen mit den Odontoblastzellen (SEM)

19



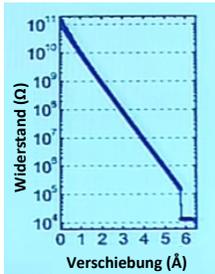
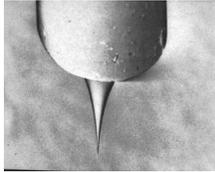
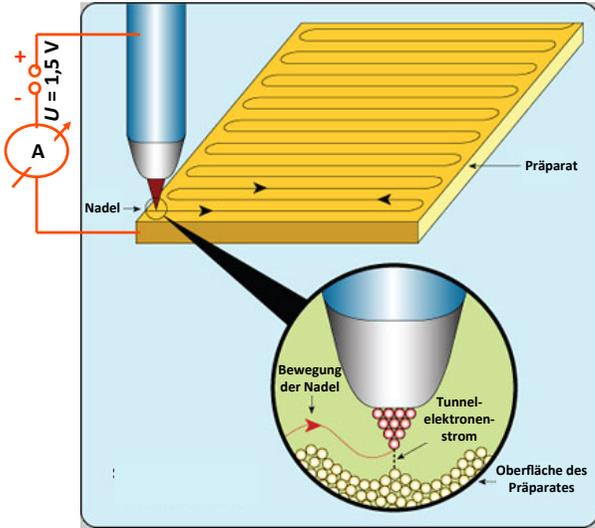
20

(Engl. scanning probe microscopes – SPM)

Rastersondenmikroskope

Rastertunnelmikroskop

(Engl. scanning tunneling microscope – STM)



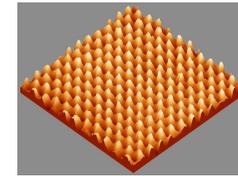
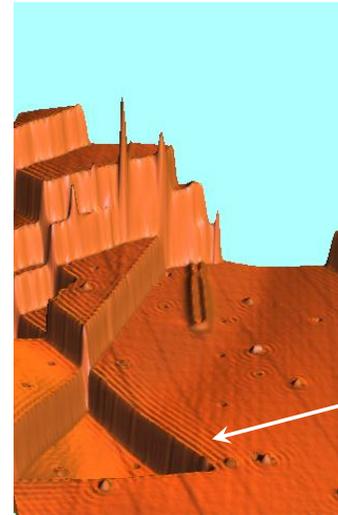
21

(Engl. scanning probe microscopes – SPM)

Rastersondenmikroskope

Rastertunnelmikroskop

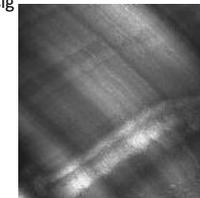
(Engl. scanning tunneling microscope – STM)



Graphit

Kupferoberfläche
(in der Richtung z
unverhältnismäßig
vergrößert)

Was ist das?

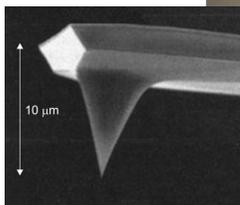
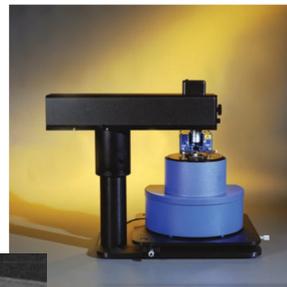
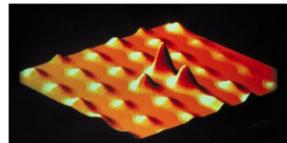
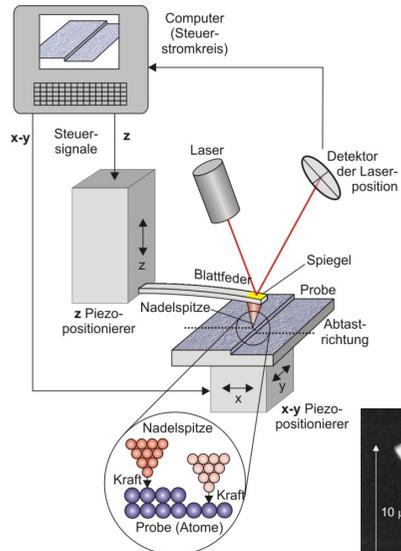


Kollagen

22

Rasterkraftmikroskop

(Engl. atomic force microscope – AFM)



23

Z.B.: Quarz



Umweg: Piezoelektrizität

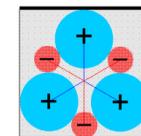
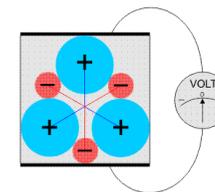
1880 P. Curie (*piezein* = gr. zusammendrücken)

(direkter) piezoelektrischer Effekt:

Deformation ⇒ elektrische Spannung

inverser piezoelektrischer Effekt:

elektrische Spannung ⇒ Deformation

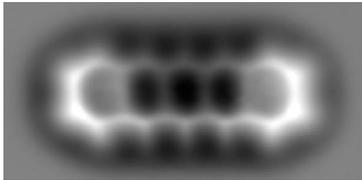


$$U = \delta \cdot \Delta x$$

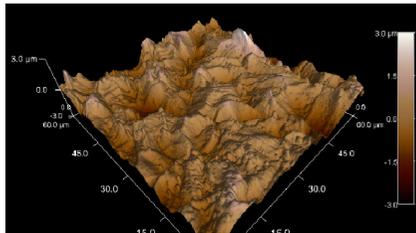
z.B für Quarz: $\delta \approx 10^{12}$ V/m

24

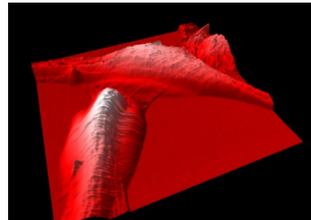
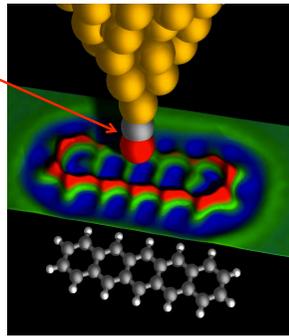
ein Kohlenstoffmonoxid-Molekül (CO)
auf der Messspitze



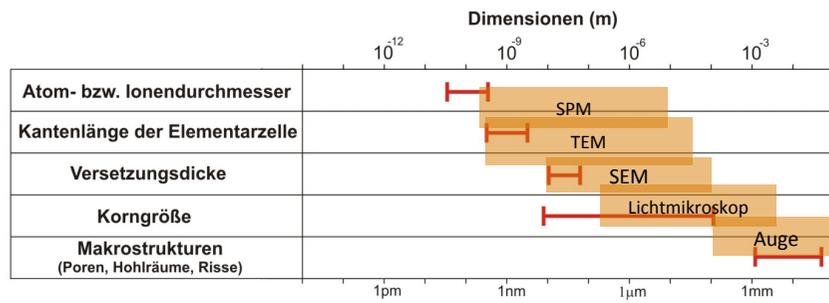
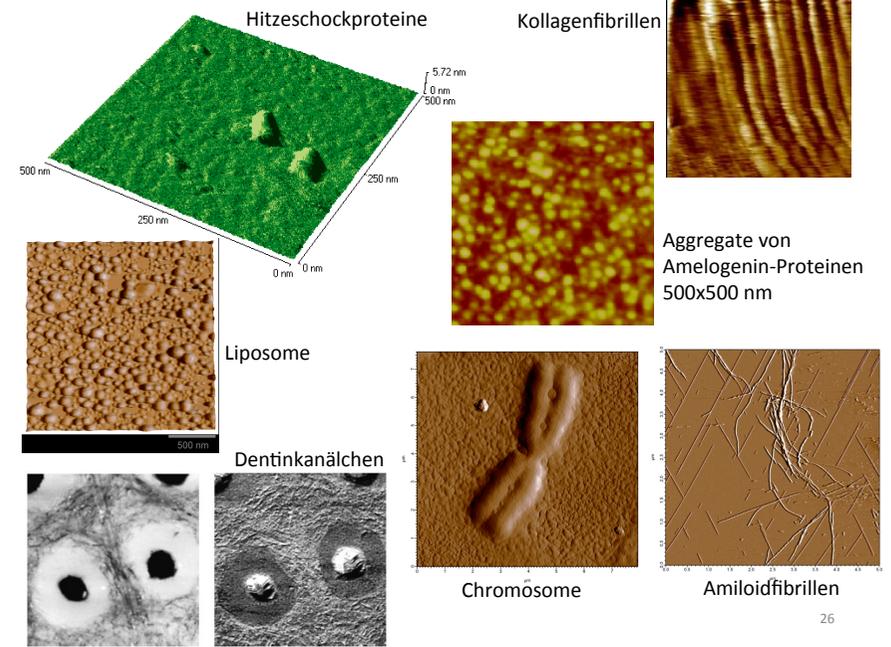
Pentacen (C₂₂H₁₄) -Molekül (2009)



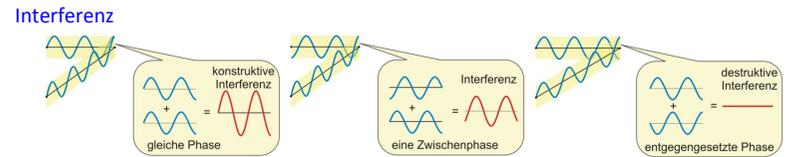
raue Ti-Oberfläche



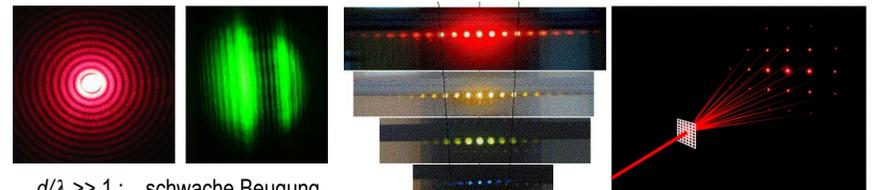
Knochenzellen auf einer Ti-Oberfläche



Interferenz und Diffraction (Beugung)



Diffraction



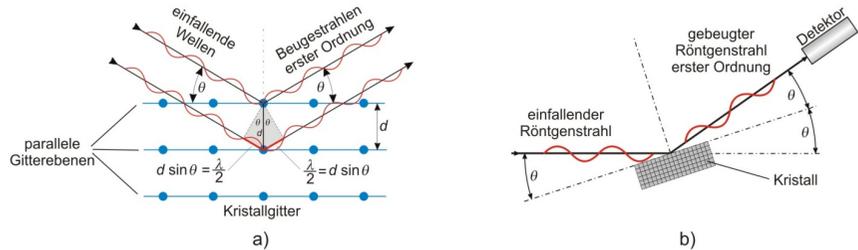
$d/\lambda \gg 1$: schwache Beugung

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

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

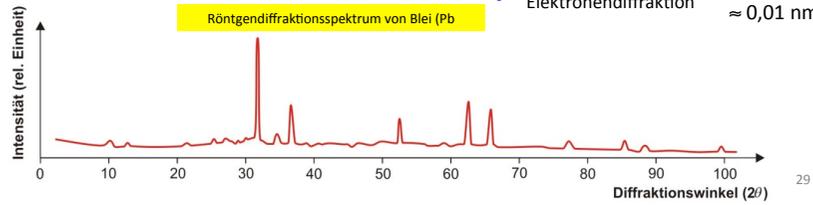


Diffractionsmethoden

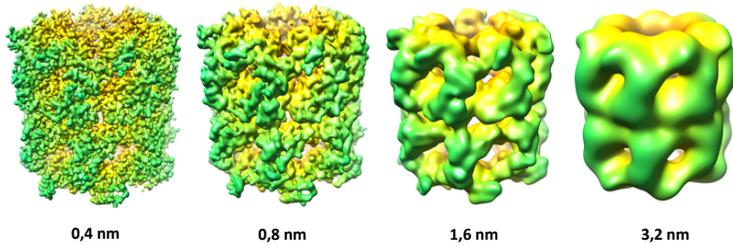


Bragg-Gleichung: $2d \sin \theta = n \cdot \lambda$

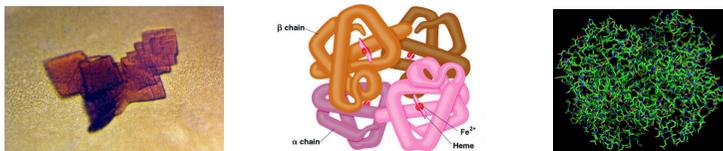
- Röntgendiffraktion $\lambda \approx 0,01-0,1 \text{ nm}$
- Neutronendiffraktion $\approx 0,1 \text{ nm}$
- Elektronendiffraktion $\approx 0,01 \text{ nm}$



GroEL (Chaperon Protein in Bakterien)
bei verschiedenen Auflösungen:



Hämoglobin:



	Dimensionen (m)			
	10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}
Atom- bzw. Ionendurchmesser		Diffraction	SPM	
Kantenlänge der Elementarzelle		TEM		
Versetzungsdicke			SEM	
Korngröße			Lichtmikroskop	
Makrostrukturen (Poren, Hohlräume, Risse)				Auge

Nächste Vorlesung:
Kapitel 9-13