

Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

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

Lehrbuch:
8. Kapitel

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

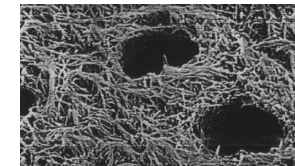
1

Was bedeutet "Struktur"?

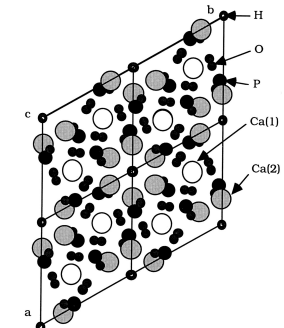
Die **Lage** der Elemente eines komplexen Systems und die **Beziehungen** zwischen ihnen.



die schematische Anatomie eines Molars



die Feinstruktur des Dentins

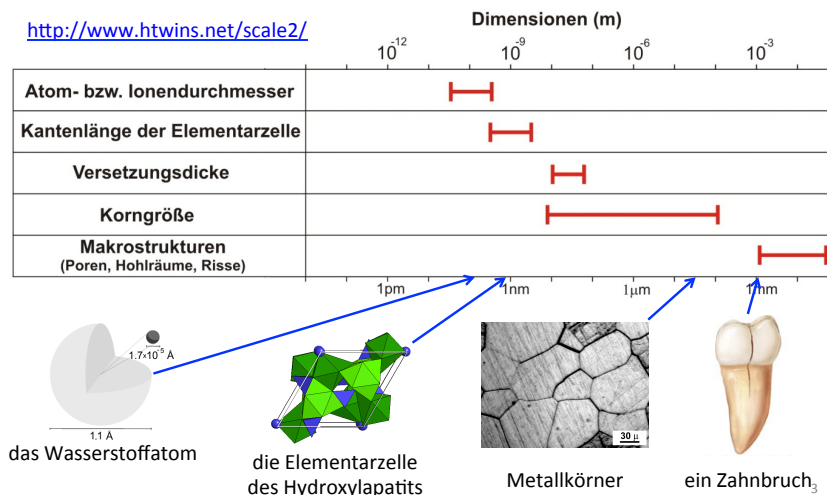


die Struktur des Hydroxylapatitkristalls

2

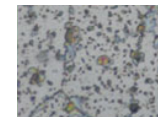
Dimensionen der Strukturuntersuchungen

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

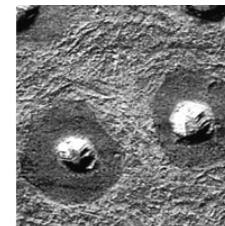


Was ist das Wesen der Bildgebung?

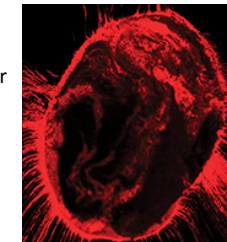
Wir ordnen Intensitätswerte zu den einzelnen Bildpunkten aufgrund irgendwelcher Eigenschaften der Gegenstandspunkte zu



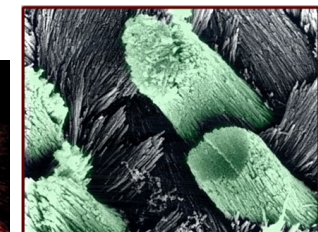
die Struktur der Metallkörner im Metallmikroskop



die Dentinkanäle in Rasterkraftmikroskop



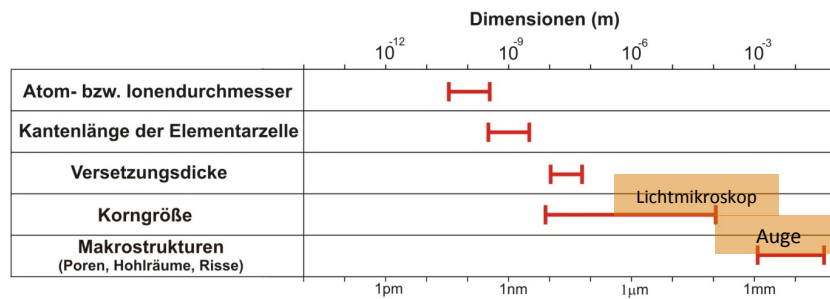
eine Wurzelfüllung aus Guttapercha im konfokalen Mikroskop



die Apatitkristalle des Zahnschmelzes im Elektronenmikroskop

4

Dimensionen der Strukturbaulemente



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

• **Lichtmikroskop**
(s. Biophysik,
Vorlesung und
Praktikum)

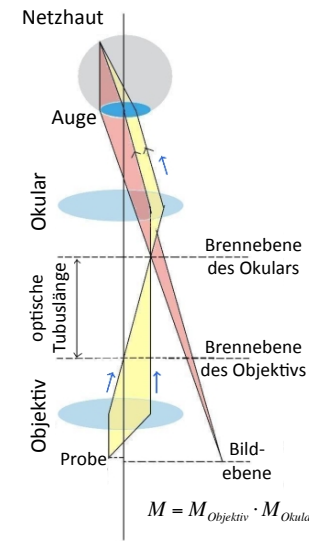
Auflösungsgrenze: ≈ 200 nm

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

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

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

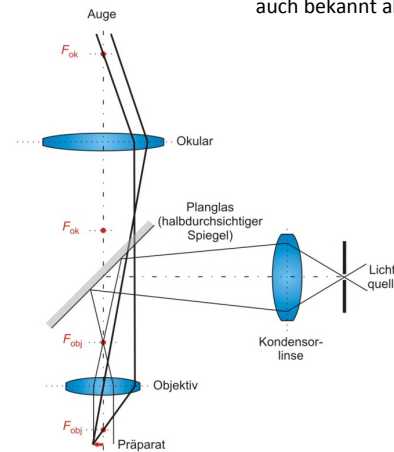
Verbesserung
der Auflösung



7

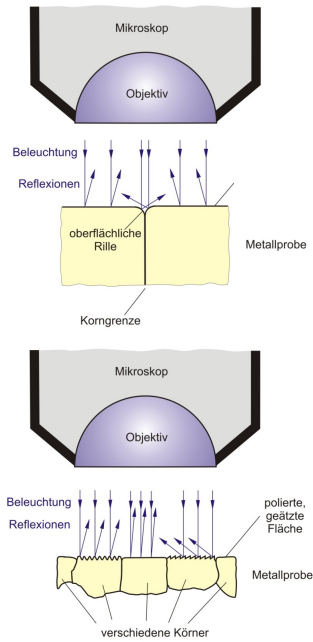
Metallmikroskop

auch bekannt als: Auflichtmikroskop



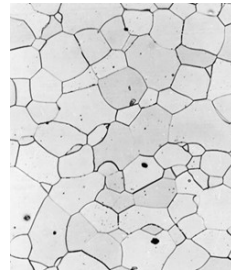
stehendes Metallmikroskop

8



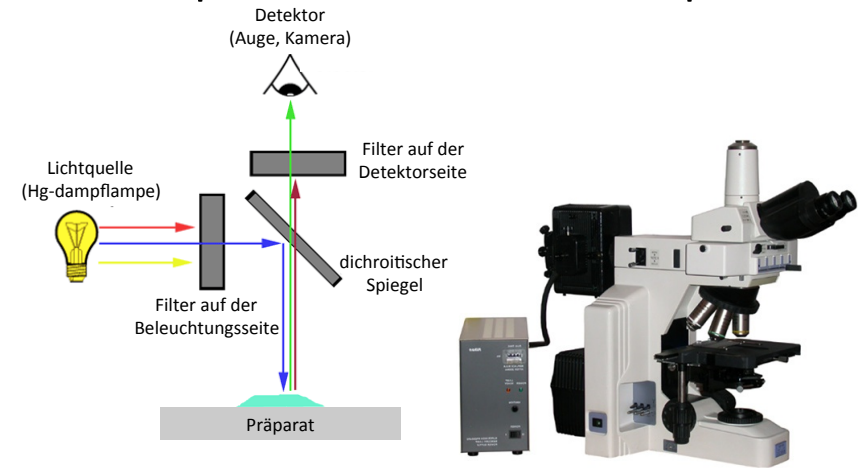
Vorbereitung :

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



9

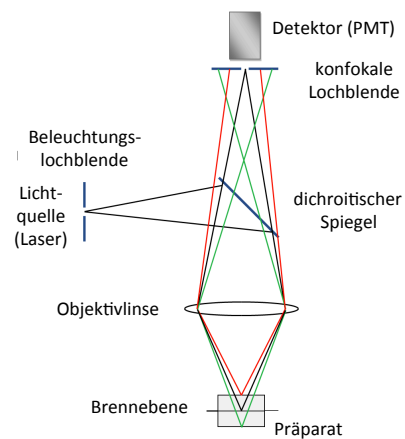
Epifluoreszenzmikroskop



Vorteil im Vergleich zum einfachen Lichtmikroskop:

10

Konfokalmikroskop

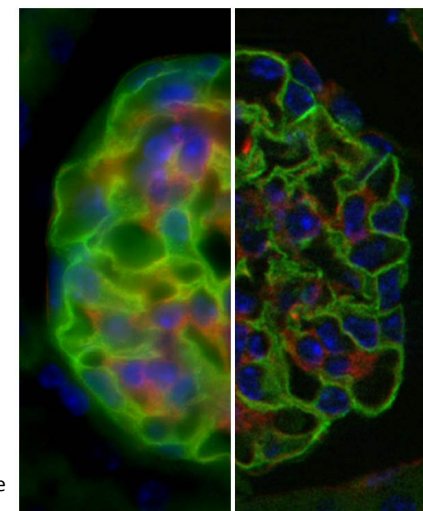


Vorteil im Vergleich zum Epifluoreszenzmikroskop:



11

Epifluoreszenz vs. Konfokal



Nierenscheibe

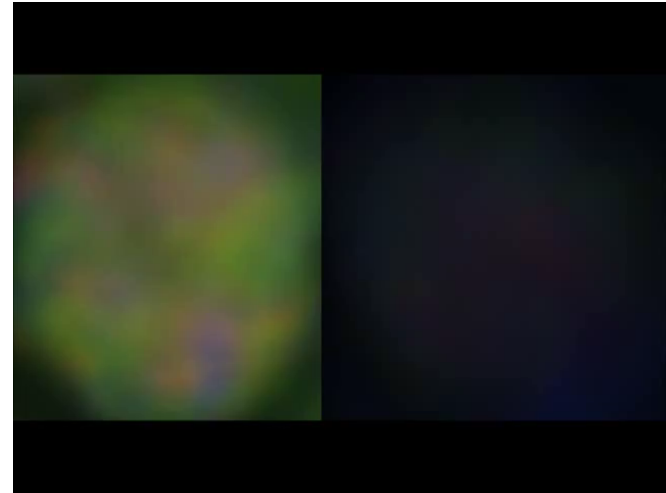
12

Epifluoreszenz vs. Konfokal



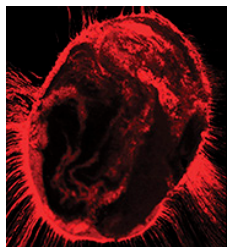
13

Epifluoreszenz vs. Konfokal

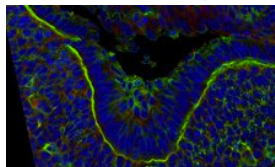


14

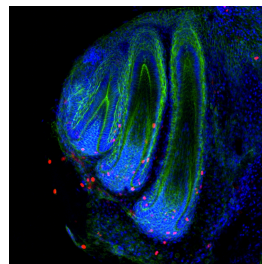
Konfokalmikroskop



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):

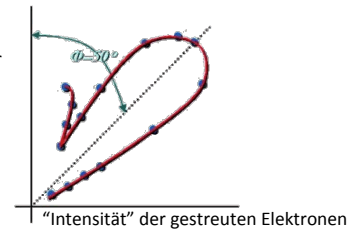
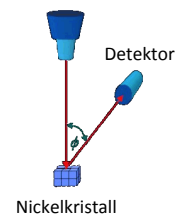
$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

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

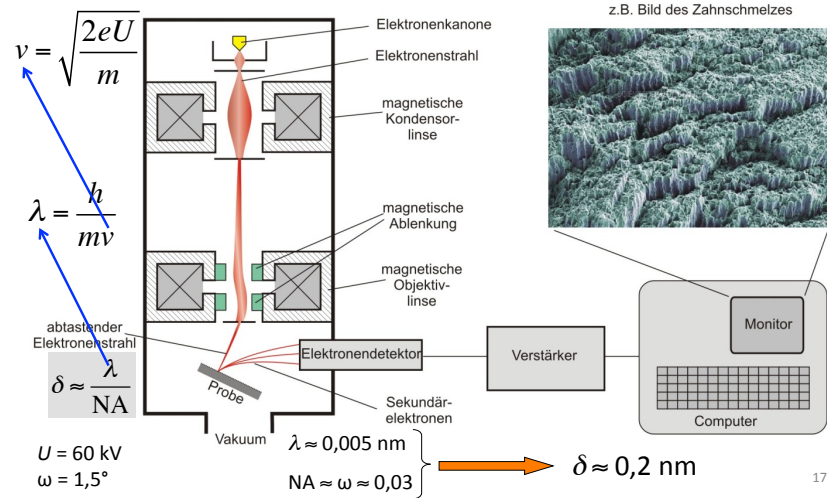


**Clinton
Davisson**
(1881-1958)
Lester Germer
(1896-1971)
Physiker

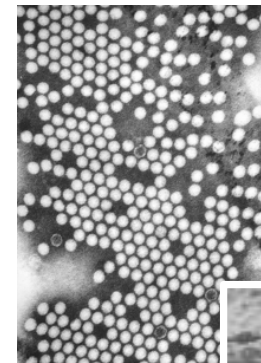
16

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

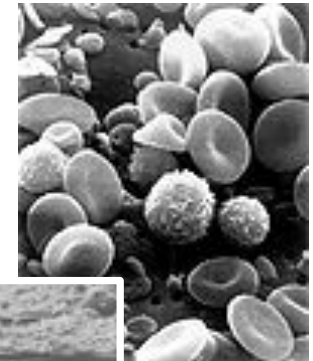
Rasterelektronenmikroskop (scanning electron microscope – **SEM**)



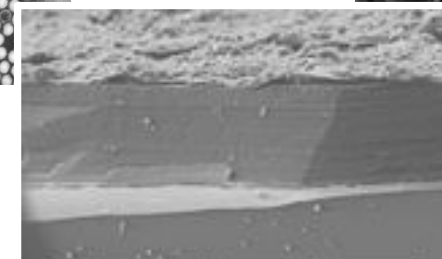
17



Viren der Kinderlähmung (TEM)

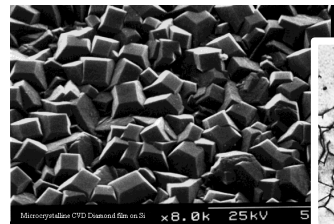


Humanblut (SEM)

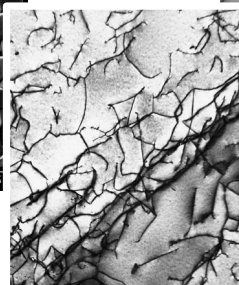


Korrosionsschicht auf einem antiken Glasstück (SEM)

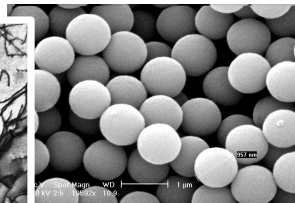
18



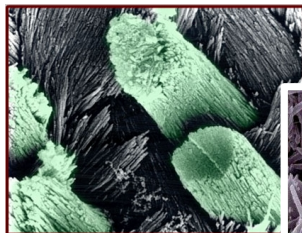
Diamant-Mikrokristalle (SEM)



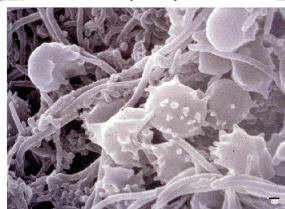
Versetzungen in Titan (SEM)



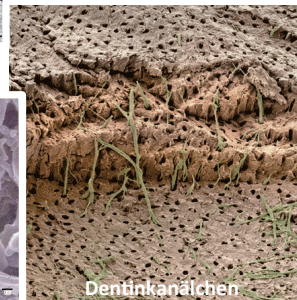
TiO-Kugeln (SEM)



Apatit-Kristallite in dem Zahnschmelz (SEM)

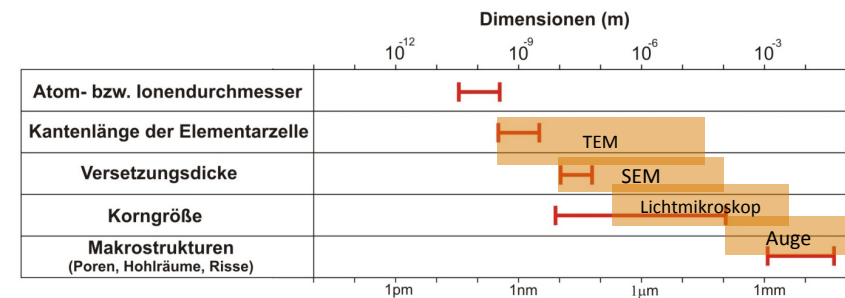


Plaque auf der Zahnoberfläche (SEM)



Dentinkanälchen mit den Odontoblastzellen (SEM)

19



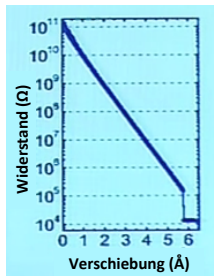
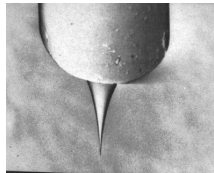
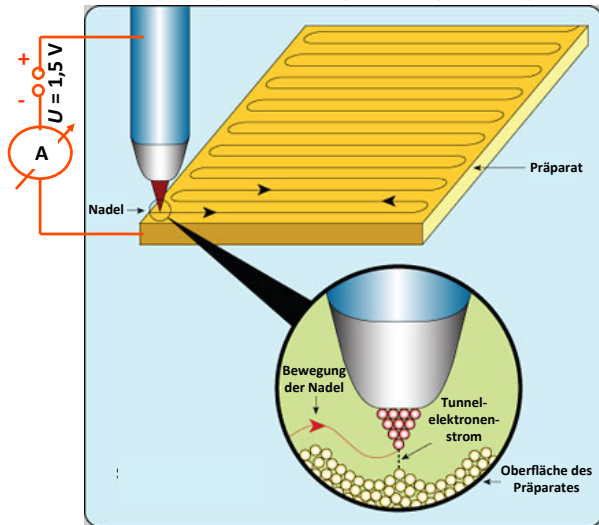
20

(Engl. scanning probe microscopes – SPM)

Rastersondenmikroskope

Rastertunnelmikroskop

(Engl. scanning tunneling microscope – STM)



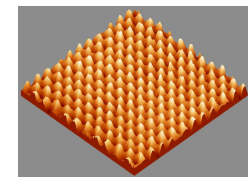
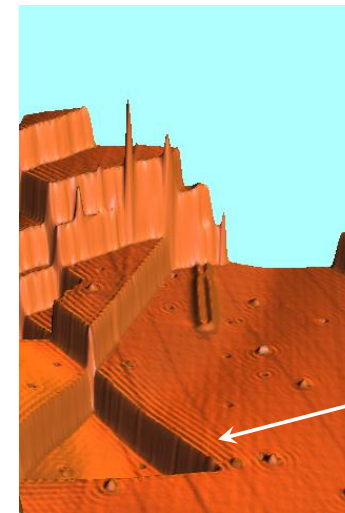
21

(Engl. scanning probe microscopes – SPM)

Rastersondenmikroskope

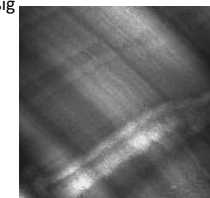
Rastertunnelmikroskop

(Engl. scanning tunneling microscope – STM)



Graphit

Kupferoberfläche
(in der Richtung z
unverhältnismäßig
vergrößert)

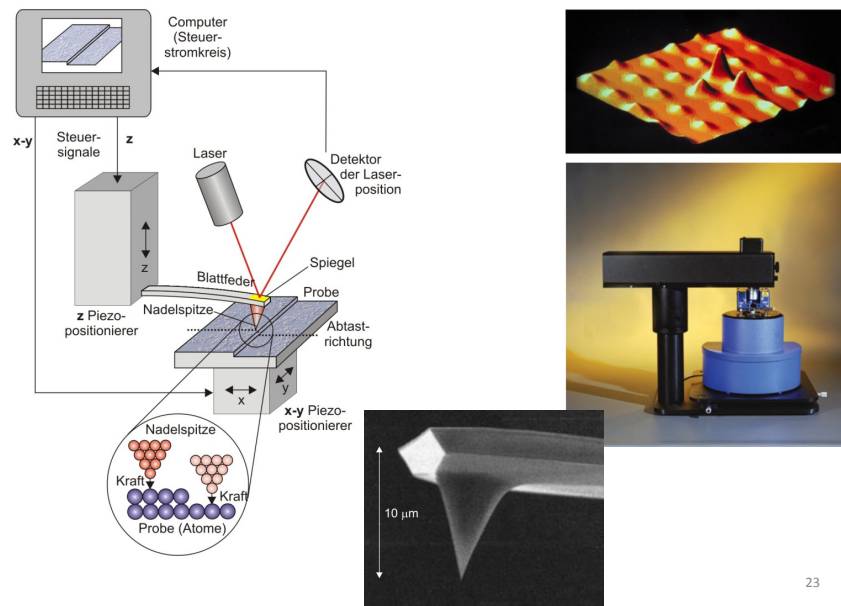


Kollagen

Was ist das?

22

Rasterkraftmikroskop (Engl. atomic force microscope – AFM)



23

Z.B.: Quartz

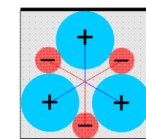
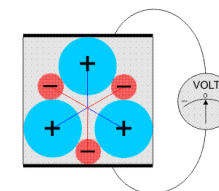
Umweg: Piezoelektrizität



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

(direkter) piezoelektrischer Effekt:
Deformation \Rightarrow elektrische Spannung

inverser piezoelektrischer Effekt:
elektrische Spannung \Rightarrow Deformation

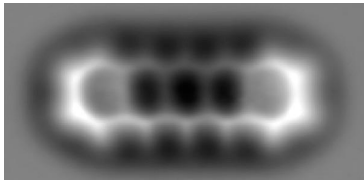


$$U = \delta \cdot \Delta x$$

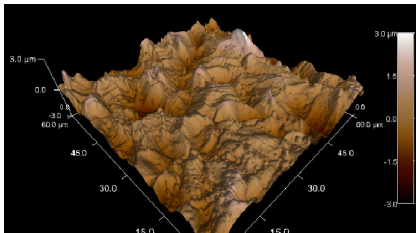
z.B für Quartz: $\delta \approx 10^{12} \text{ V/m}$

24

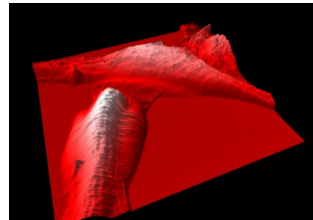
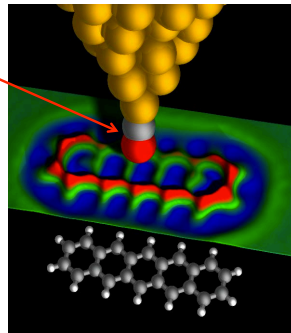
ein Kohlenstoffmonoxid-Molekül (CO)
auf der Messspitze



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

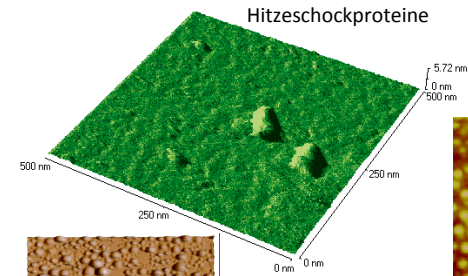


raue Ti-Oberfläche



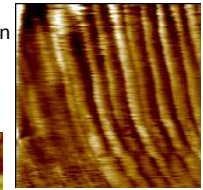
Knochenzellen auf einer Ti-Oberfläche

25

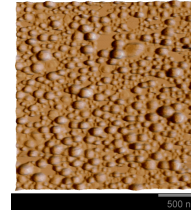
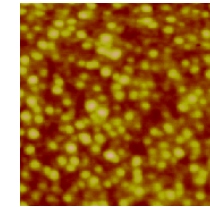


Hitzeschockproteine

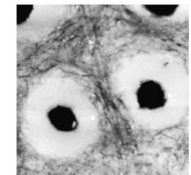
Kollagenfibrillen



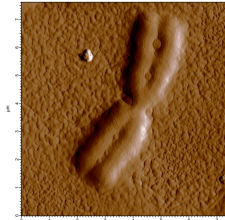
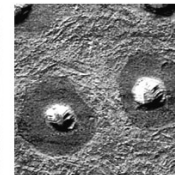
Aggregate von
Amelogenin-Proteinen
500x500 nm



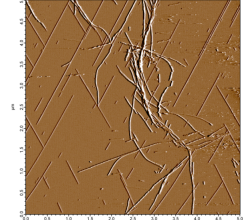
Liposome



Dentinkanälchen

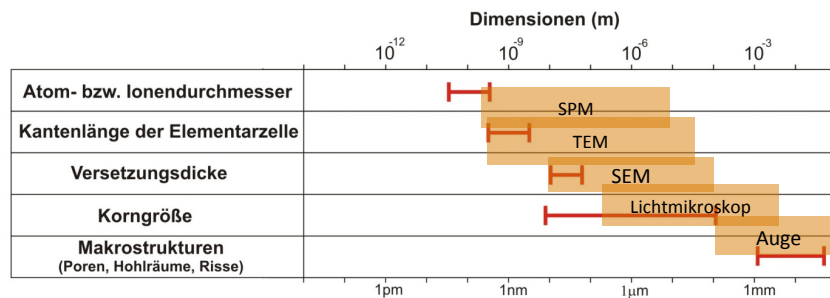


Chromosome



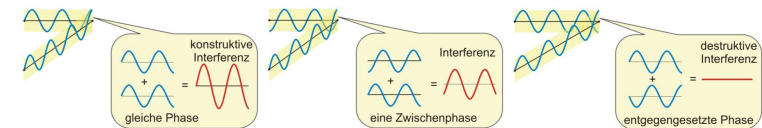
Amiloidfibrillen

26

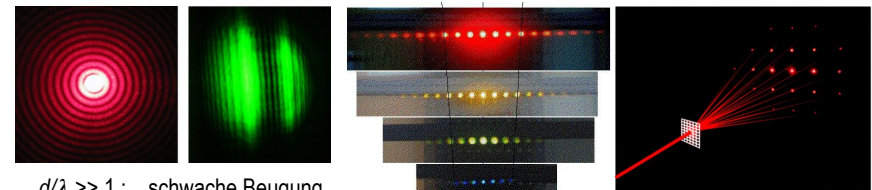


Interferenz und Diffraction (Beugung)

Interferenz



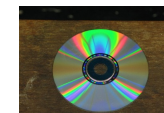
Diffraction



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

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

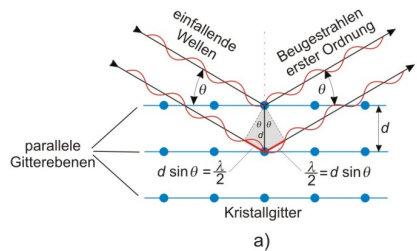
$$d \sin \alpha = k \cdot \lambda$$



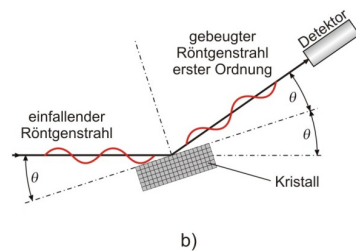
27

28

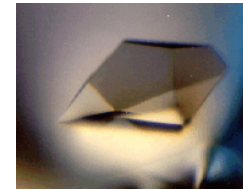
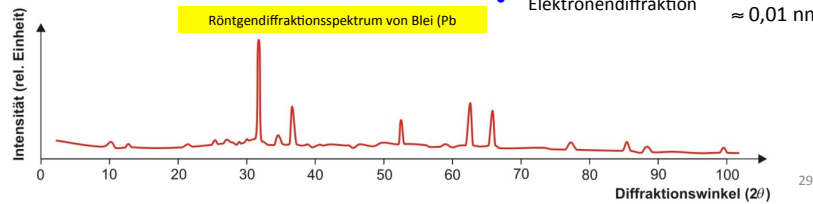
Diffraktionsmethoden



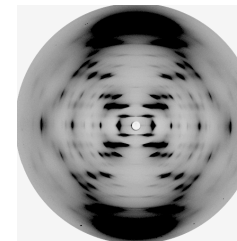
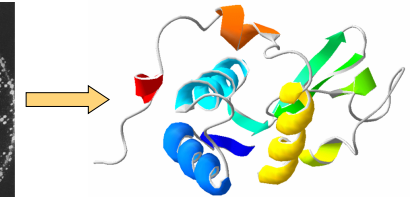
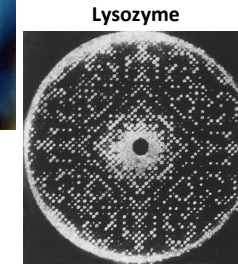
Bragg-Gleichung: $2d \sin \theta = n \cdot \lambda$



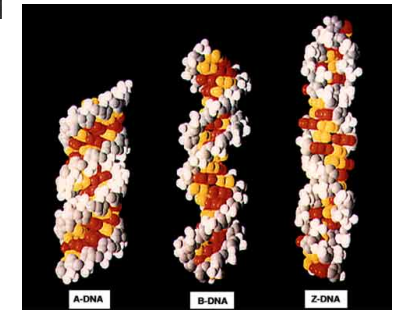
- Röntgendiffraktion $\lambda \approx 0,01-0,1 \text{ nm}$
- Neutronendiffraktion $\approx 0,1 \text{ nm}$
- Elektronendiffraktion $\approx 0,01 \text{ nm}$



Protein-Kristall

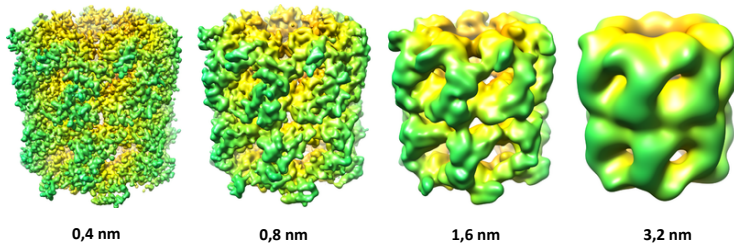


DNS

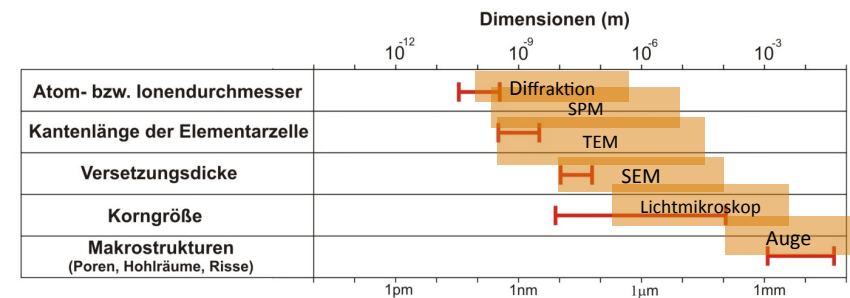
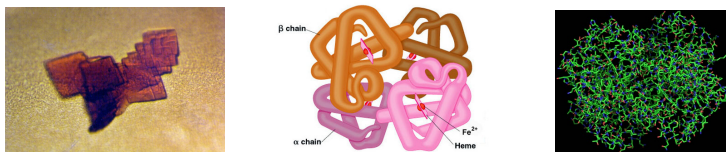


30

GroEL (Chaperon Protein in Bakterien)
bei verschiedenen Auflösungen:



Hämoglobin:



Nächste Vorlesung:
Kapitel 9-13