

Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

4^{te} Vorlesung
Strukturuntersuchungsmethoden
4. Oktober 2018.
Gergely Agócs

Lehrbuch:
8. Kapitel

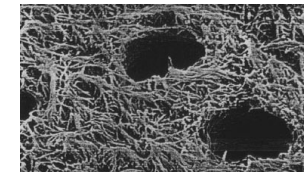
Hausaufgaben:
2. Kap.: 1-7, 10, 12

Was bedeutet "Struktur"?

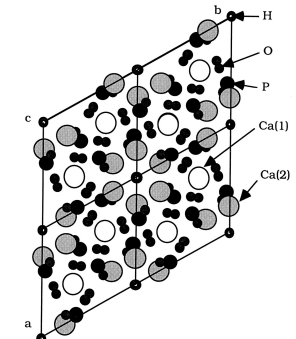
Die **Lage** der Elemente eines komplexen Systems und die **Beziehungen** zwischen ihnen.



die schematische Anatomie eines Molars

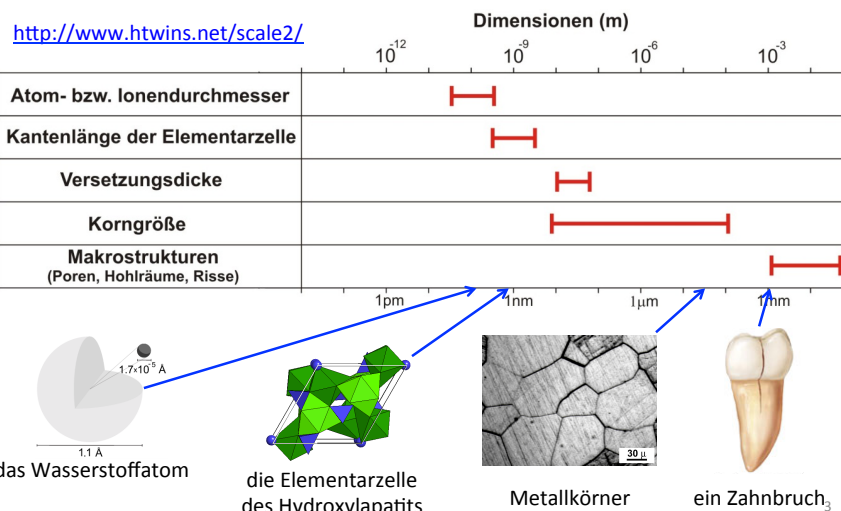


die Feinstruktur des Dentins



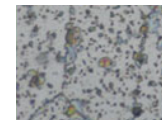
die Struktur des Hydroxylapatitkristalls

Dimensionen der Strukturuntersuchungen

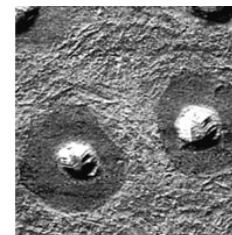


Was ist das Wesen der Bildgebung?

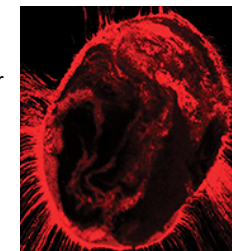
Wir ordnen Intensitätswerte zu den einzelnen Bildpunkten aufgrund irgendwelcher Eigenschaften der Gegenstandspunkte zu



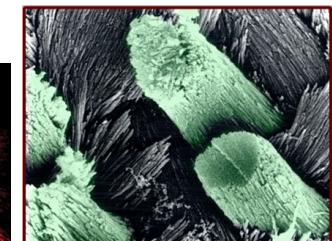
die Struktur der Metallkörner im Metallmikroskop



die Dentinkanälchen in Rasterkraftmikroskop

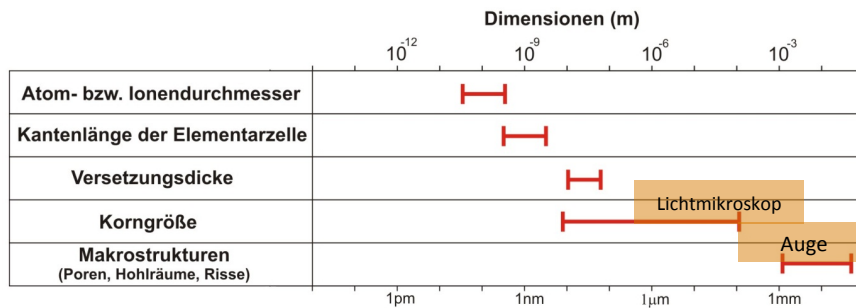


eine Wurzelfüllung aus Guttapercha im konfokalen Mikroskop



die Apatitkristalle des Zahnschmelzes im Elektronenmikroskop

Dimensionen der Strukturbaulemente



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

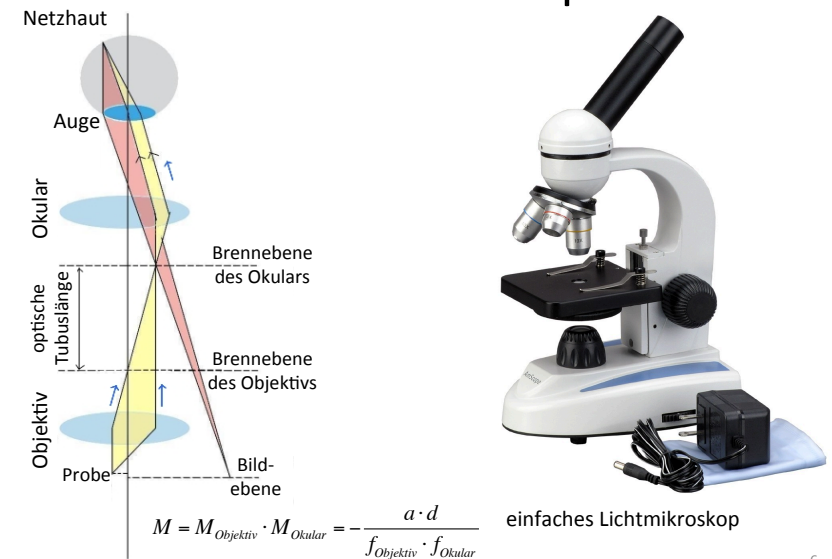
• **Lichtmikroskop** Auflösungsgrenze: ≈ 200 nm
 (s. Biophysik, Vorlesung und Praktikum)

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

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

5

Lichtmikroskop



6

Lichtmikroskop

Entwicklungsmöglichkeiten:

Verbesserung
des Kontrastes

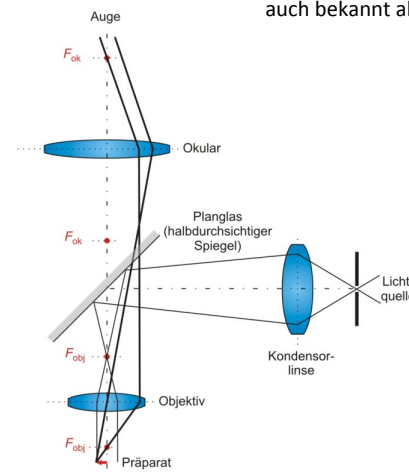
Verbesserung
der Auflösung



7

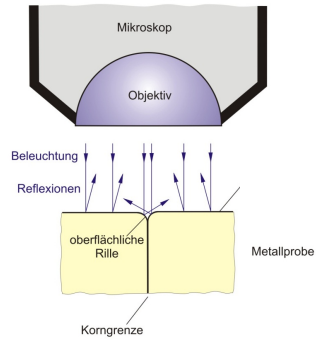
Metallmikroskop

auch bekannt als: Auflichtmikroskop



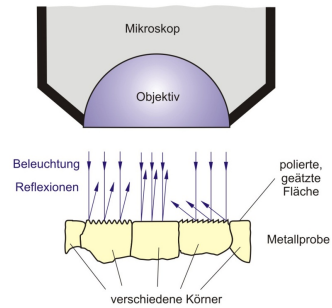
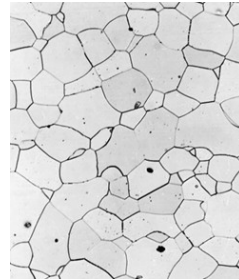
stehendes Metallmikroskop

8



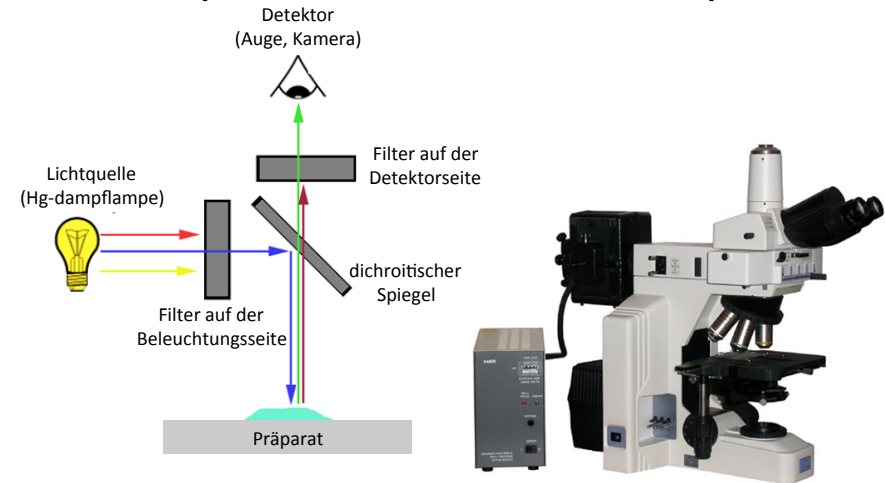
Vorbereitung :

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



9

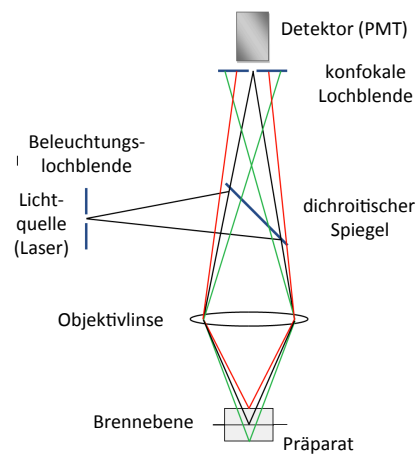
Epifluoreszenzmikroskop



Vorteil im Vergleich zum einfachen Lichtmikroskop:

10

Konfokalmikroskop



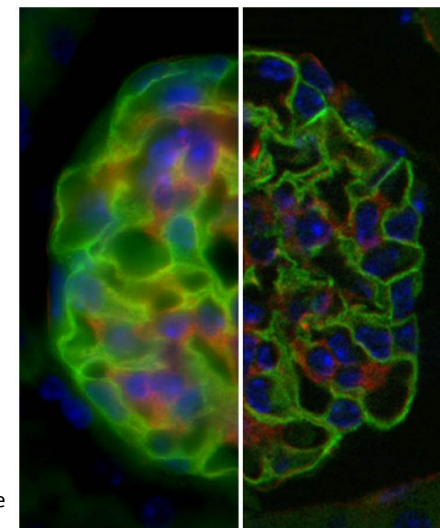
Vorteil im Vergleich zum Epifluoreszenzmikroskop:



11

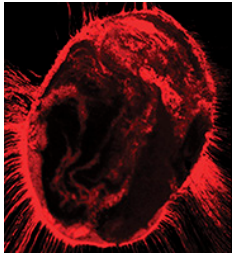
Epifluoreszenz vs. Konfokal

Nierenscheibe

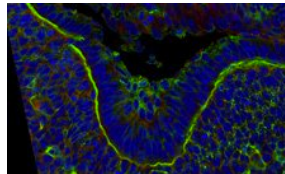


12

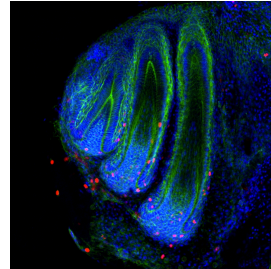
Konfokalmikroskop



Wurzelfüllung
aus Gutta serena



Einstülpung
einer Zahnknope



ein funktionierender Zahn
und zwei "Ersatzzähne"
einer Schlange

13

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



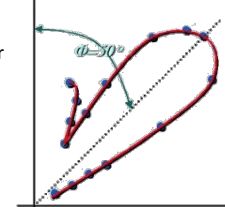
**Louis de
Broglie**
(1892-1987)
Physiker

experimenteller Beweis –
Elektronenbeugung
(1927):

Elektronenkanone

Detektor

Nickelkristall



"Intensität" der gestreuten Elektronen



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

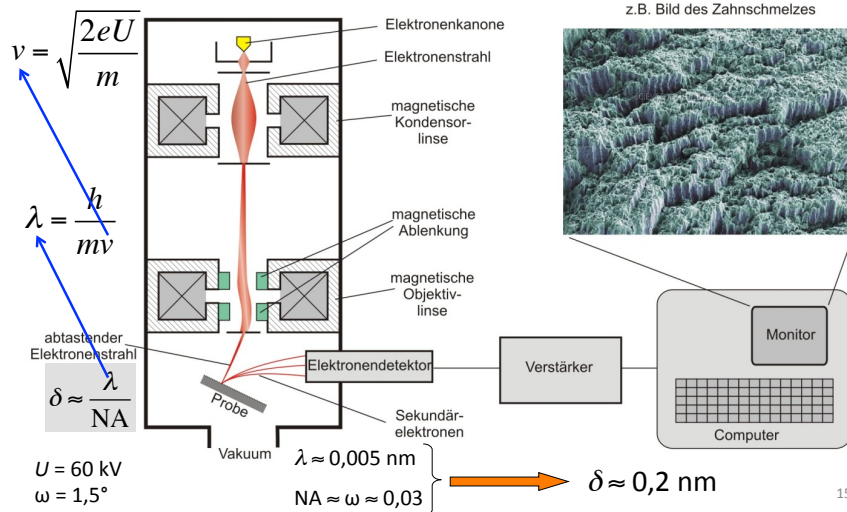
14

Transmissionselektronenmikroskop

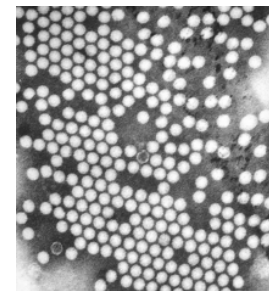
(transmission electron microscope – **TEM**)

Rasterelektronenmikroskop

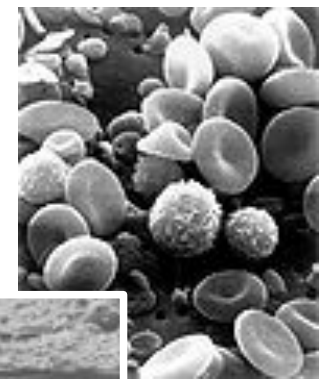
(scanning electron microscope – **SEM**)



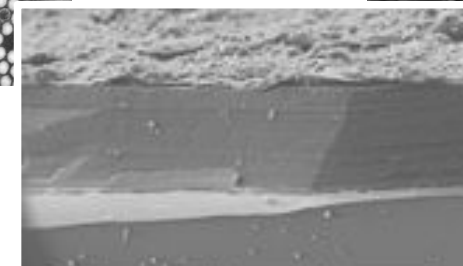
15



Viren
der Kinderlähmung
(TEM)

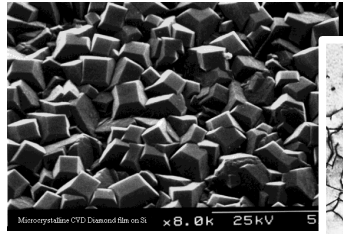


Humanblut
(SEM)

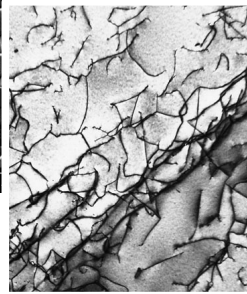


Korrosionsschicht
auf einem antiken Glasstück
(SEM)

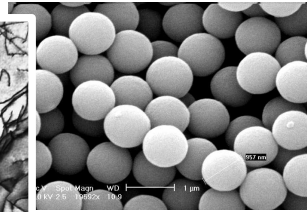
16



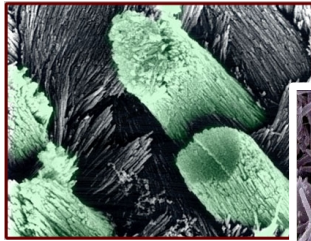
Diamant-Mikrokristalle (SEM)



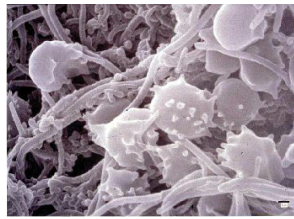
Versetzungen in Titan (SEM)



TiO-Kugeln (SEM)



Apatit-Kristallite in dem Zahnschmelz (SEM)

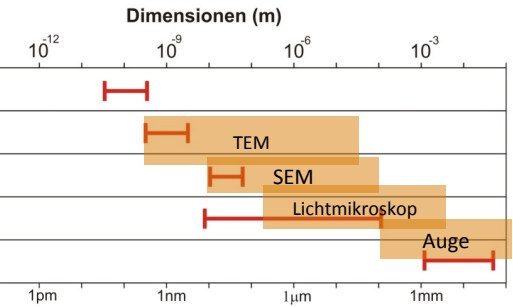


Plaque auf der Zahnoberfläche (SEM)



Dentinkanälchen mit den Odontoblastzellen (SEM)

17



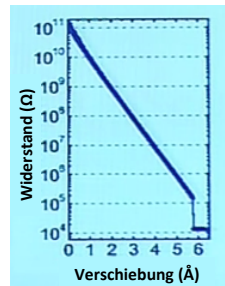
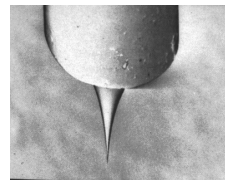
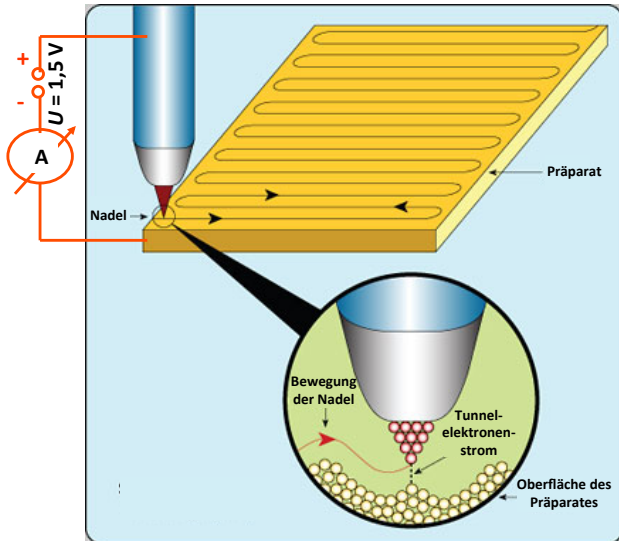
18

(Engl. scanning probe microscopes – SPM)

Rastersondenmikroskope

Rastertunnelmikroskop

(Engl. scanning tunneling microscope – STM)



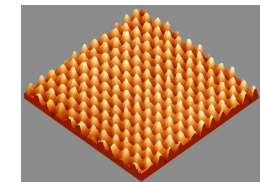
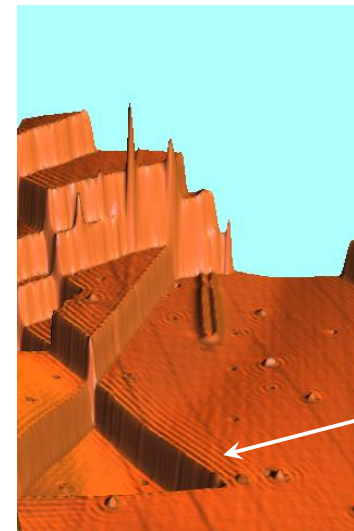
19

(Engl. scanning probe microscopes – SPM)

Rastersondenmikroskope

Rastertunnelmikroskop

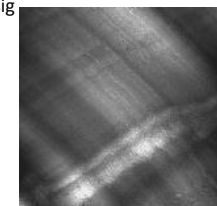
(Engl. scanning tunneling microscope – STM)



Graphit

Kupferoberfläche
(in der Richtung z
unverhältnismäßig
vergrößert)

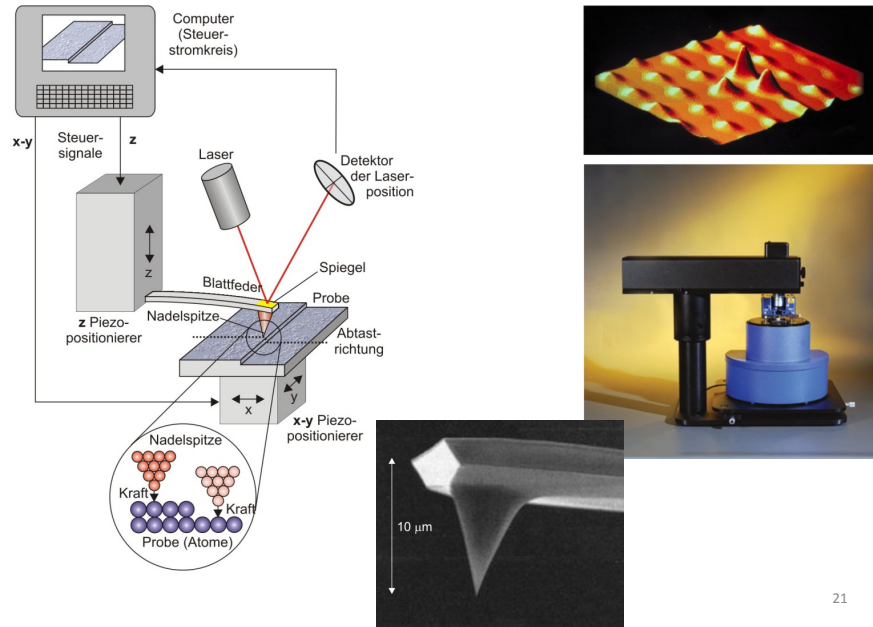
Was ist das?



Kollagen

20

Rasterkraftmikroskop (Engl. atomic force microscope – AFM)



21

Umweg: Piezoelektrizität

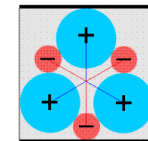
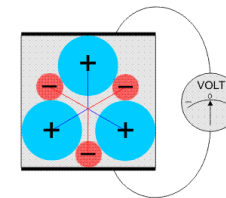
Z.B.: Quartz



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

(direkter) piezoelektrischer Effekt:
Deformation \Rightarrow elektrische Spannung

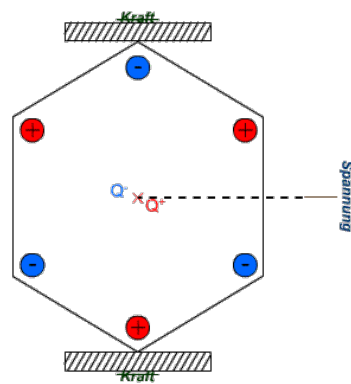
inverser piezoelektrischer Effekt:
elektrische Spannung \Rightarrow Deformation



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

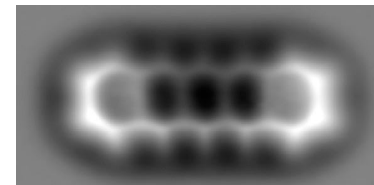
z.B für Quartz: $\delta \approx 10^{12} \text{ V/m}$

22

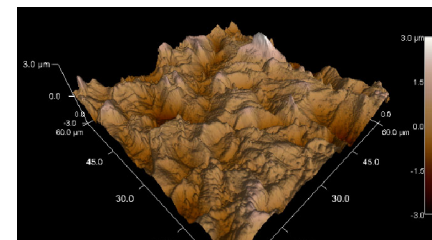


23

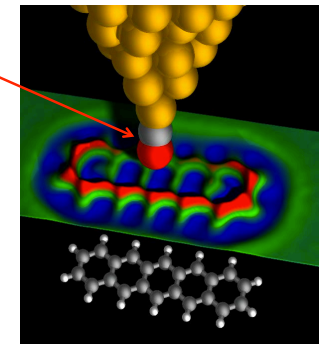
ein Kohlenstoffmonoxid-Molekül (CO)
auf der Messspitze



Pentacen ($\text{C}_{22}\text{H}_{14}$) –Molekül (2009)

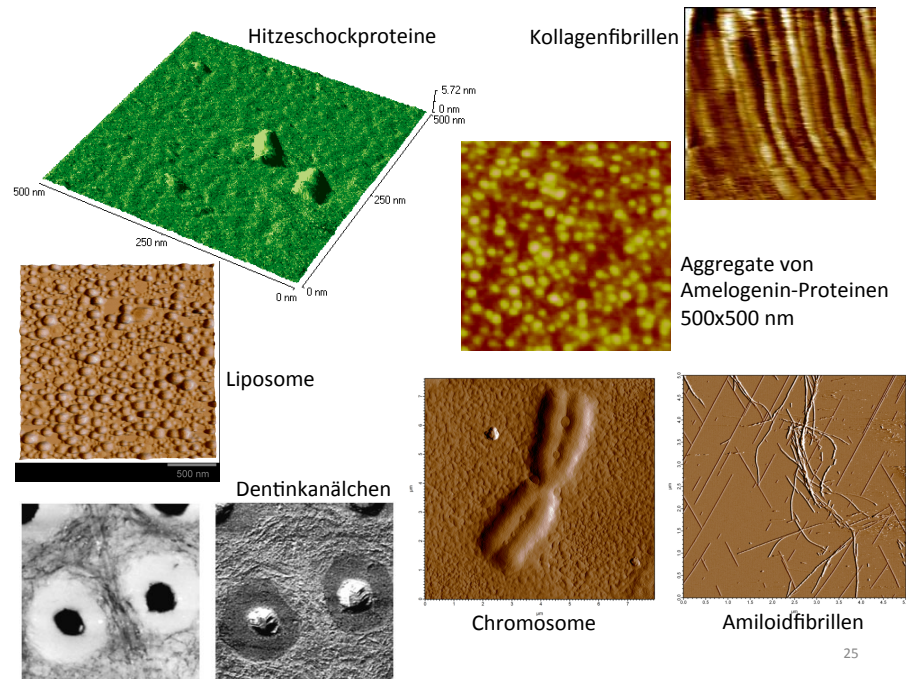


raue Ti-Oberfläche

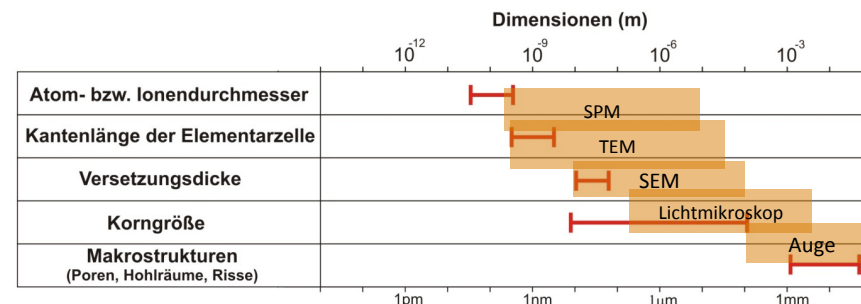


Knochenzellen auf einer Ti-Oberfläche

24



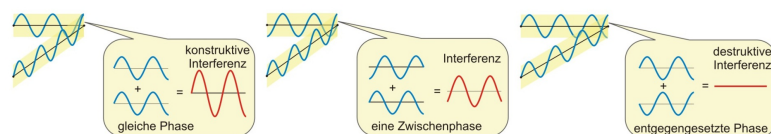
25



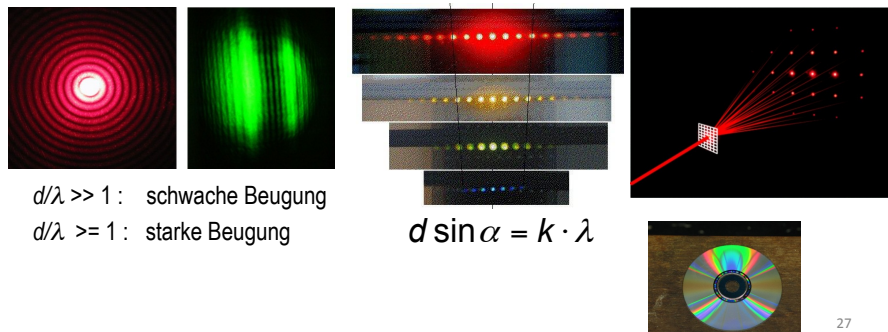
26

Interferenz und Diffraction (Beugung)

Interferenz

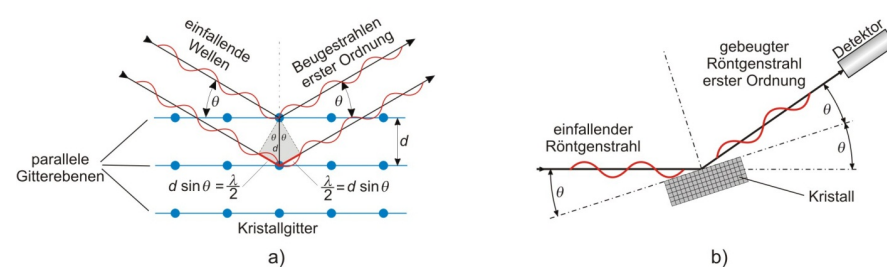


Diffraction



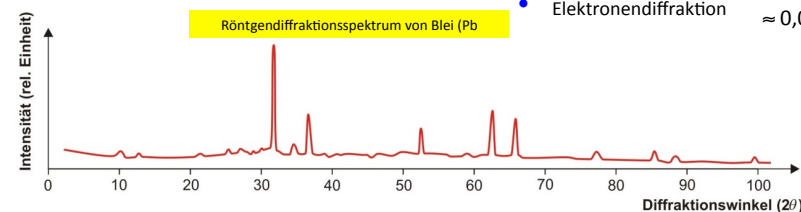
27

Diffraktionsmethoden

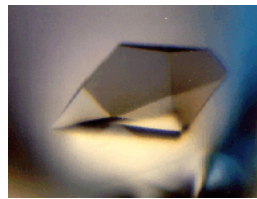


Bragg-Gleichung: $2d \sin \theta = n \cdot \lambda$

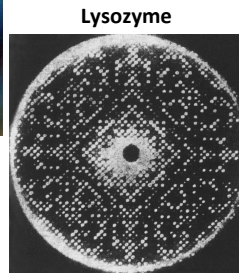
- Röntgendiffraktion $\lambda \approx 0,01-0,1 \text{ nm}$
- Neutronendiffraktion $\approx 0,1 \text{ nm}$
- Elektronendiffraktion $\approx 0,01 \text{ nm}$



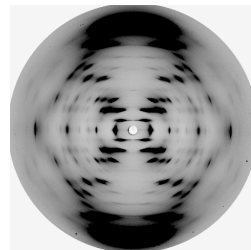
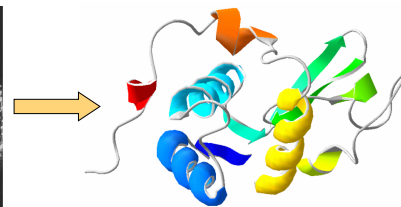
28



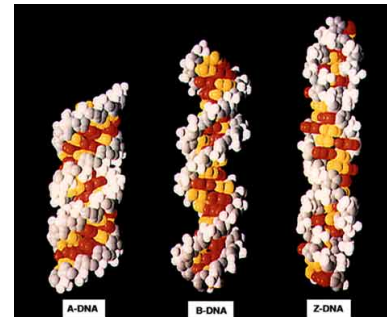
Protein-Kristall



Lysozyme

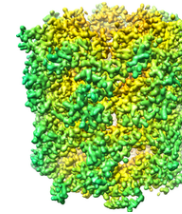


DNA

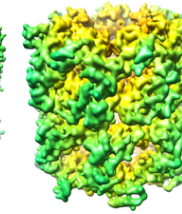


29

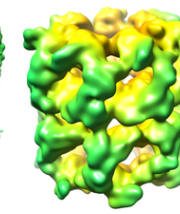
GroEL (Chaperon Protein in Bakterien)
bei verschiedenen Auflösungen:



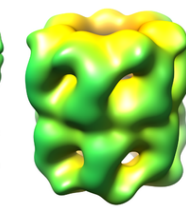
0,4 nm



0,8 nm

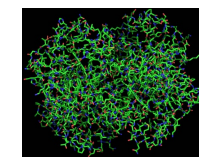
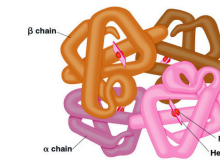
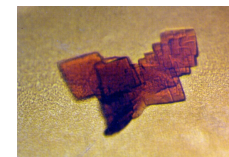


1,6 nm

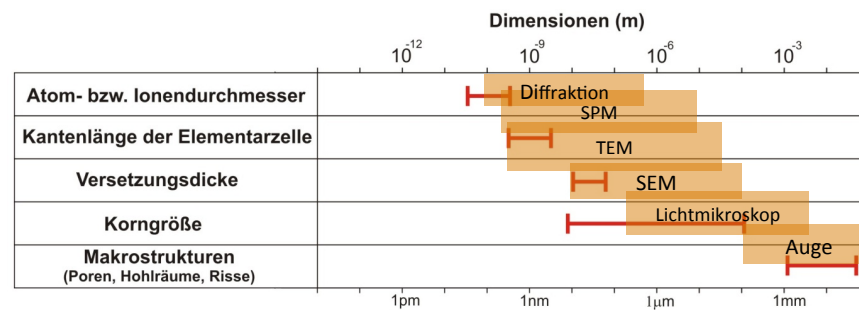


3,2 nm

Hämoglobin:



30



Nächste Vorlesung:
Kapitel 9-13

31