

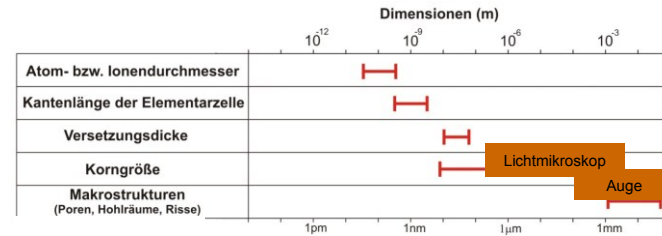
Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

4.

Struktur der Materie Strukturuntersuchungsmethoden

1

Dimensionen der Strukturbaulemente



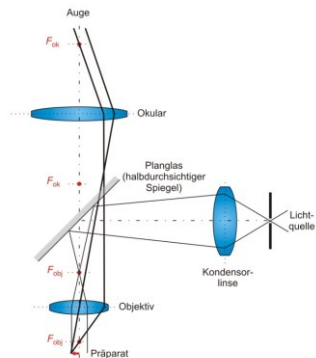
• **Auge** Auflösungsgrenze: $\approx 1'$ \Rightarrow bei der deutlichen Sehweite (25 cm) $\approx 0,1$ mm

• **Lichtmikroskop** Auflösungsgrenze: ≈ 200 nm
(s. Biophysik)

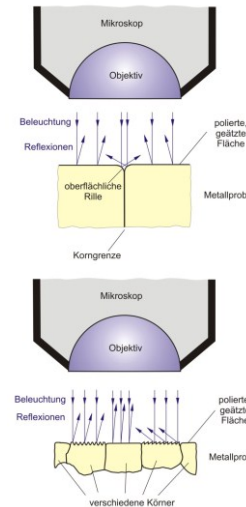
$$\delta \approx \frac{\lambda}{NA}$$

2

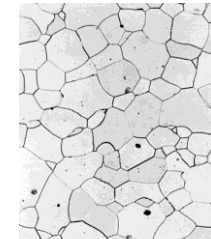
Metallmikroskop (Auflichtmikroskop)



3



Vorbereitung :
• Schleifen
• Polieren
• Ätzen



4

Elektronenmikroskop

$$\delta \approx \frac{\lambda}{NA}!$$

Grundlage: Elektronenbündel als Materiewelle

Theoretische Hypothese
— de Broglie-Wellenlänge
(1923):

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

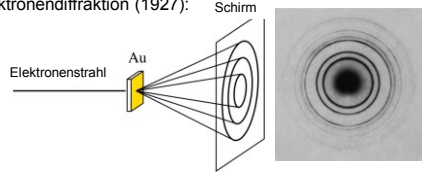
Planck-Konstante
($h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J/s}$)

Impuls des
Elektrons



Louis de Broglie
(1892-1987)
Physiker

Experimenteller Beweis —
Elektronendiffraktion (1927):



$$\lambda \approx 0,005 \text{ nm}$$

$$NA \approx 0,03$$

$$\delta \approx 0,2 \text{ nm}$$

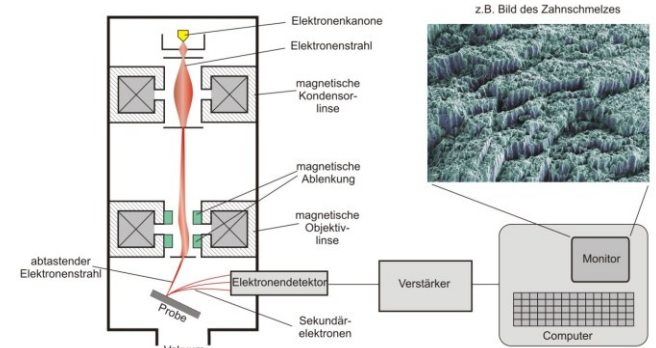


Clinton Davisson
(1881-1958)
Lester Germer
(1896-1971)
Physiker

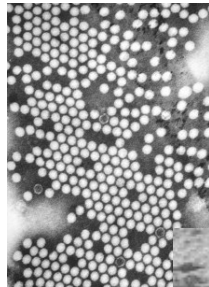
5

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

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



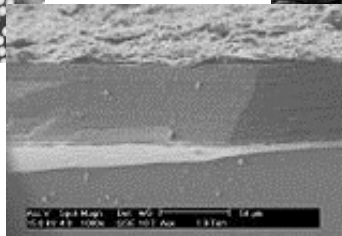
6



Viren der Kinderlähmung
(TEM)

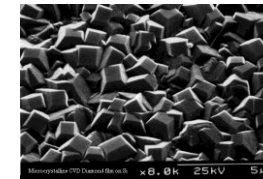


Humanblut
(SEM)

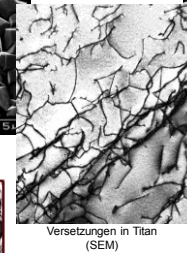


Korrosionsschicht auf einem antiken
Glasstück
(SEM)

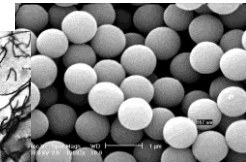
7



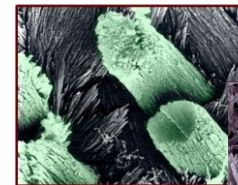
Diamant-Mikrokristalle
(SEM)



Versetzungen in Titan
(SEM)



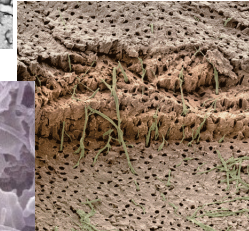
TiO-Kügelchen
(SEM)



Apatit-Kristallite in dem
Zahnschmelz
(SEM)

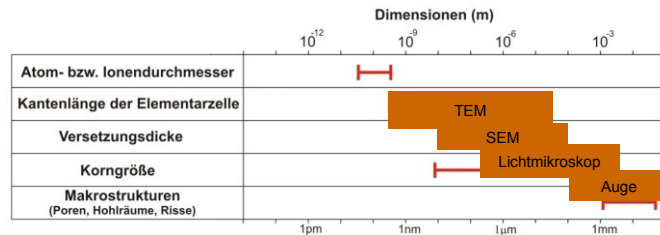


Plaques auf der Zahnoberfläche
(SEM)



Dentinkanäle mit den
Odontoblastzellen
(SEM)

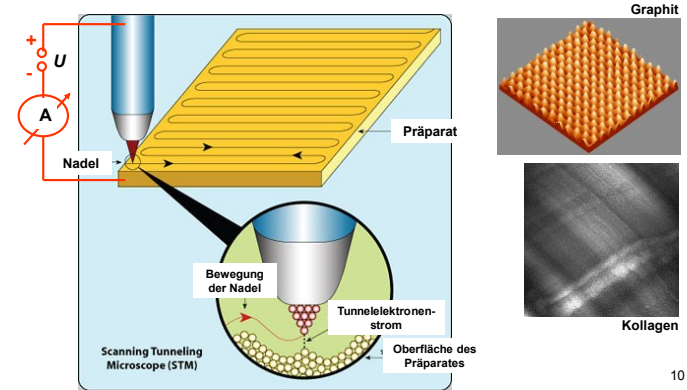
8



9

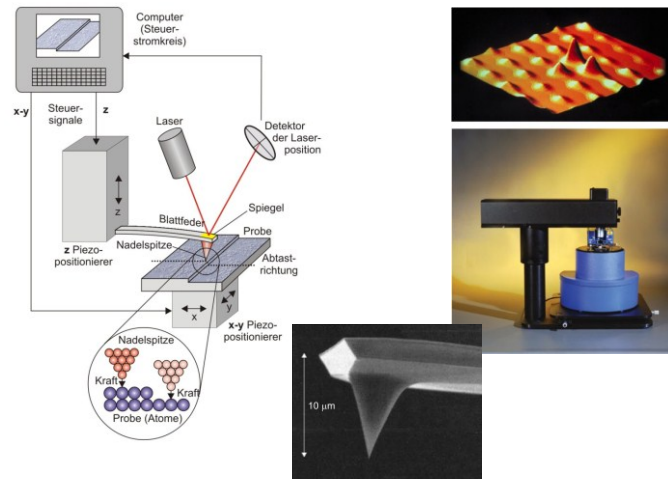
Rastersondenmikroskope

Rastertunnelmikroskop (scanning tunneling microscope — STM)



10

Rasterkraftmikroskop (atomic force microscope — AFM)



11

Umweg: Piezoelektrizität

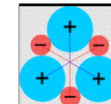
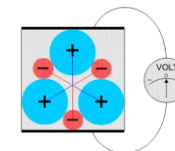
1880 P. Curie (piezein = gr. zusammendrücken)

Z.B.: Quarz



Piezoelektrischer Effekt:
Deformation \Rightarrow elektrische Spannung

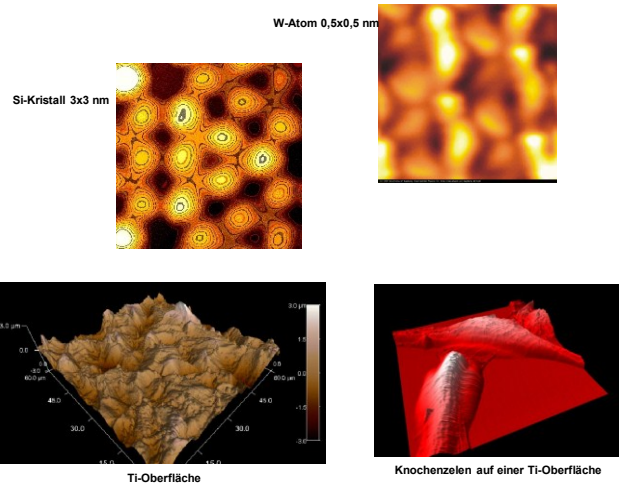
Inverser piezoelektrischer Effekt:
elektrische Spannung \Rightarrow Deformation



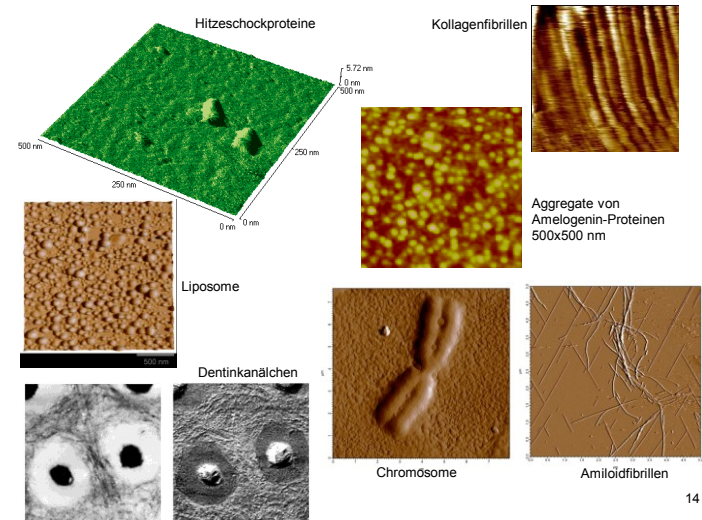
$$U = \delta \cdot \Delta x$$

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

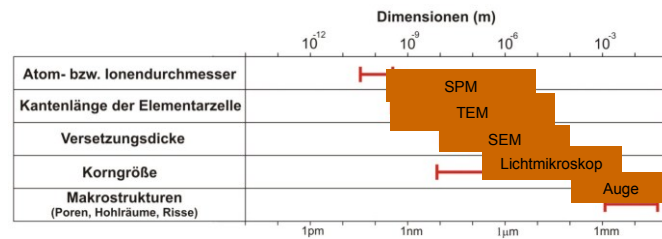
12



13



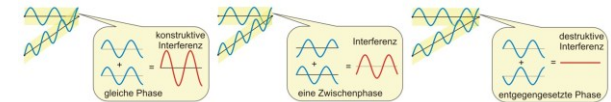
14



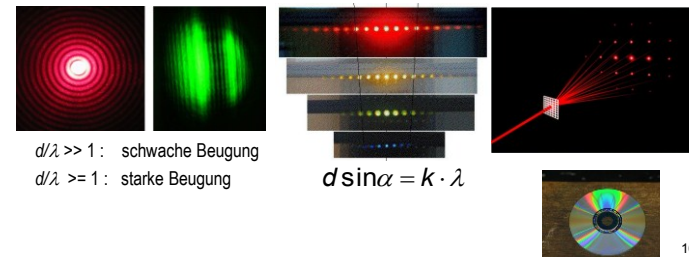
15

Interferenz, Diffraction (Beugung)

Interferenz



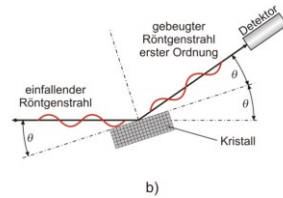
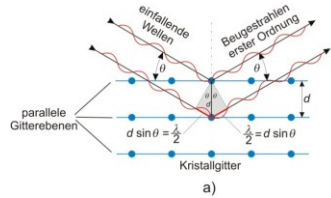
Diffraction



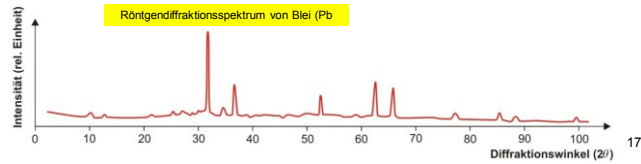
16

Diffractionsmethoden

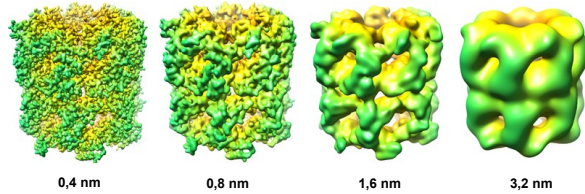
- Röntgendiffraktion $\lambda \approx 0,01\text{-}0,1 \text{ nm}$
- Neutronendiffraktion $\approx 0,1 \text{ nm}$
- Elektronendiffraktion $\approx 0,01 \text{ nm}$



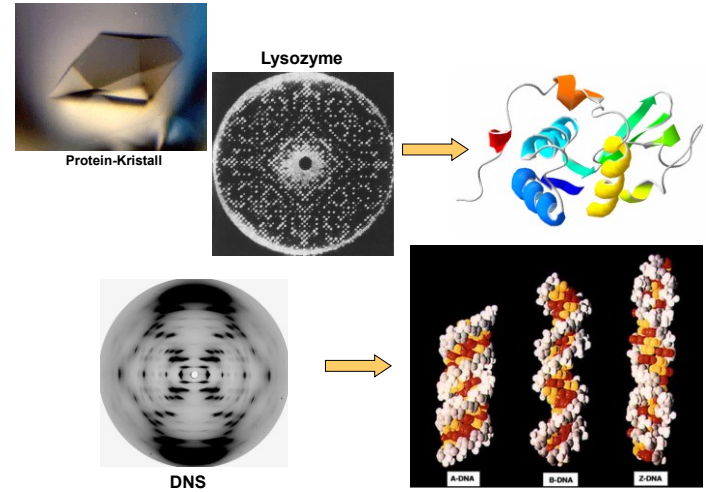
Bragg-Gleichung: $2d \sin \theta = n \cdot \lambda$



GroEL 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			
	1pm	1nm	1µm	1mm

