

Medizinische Biophysik 11. Vorlesung

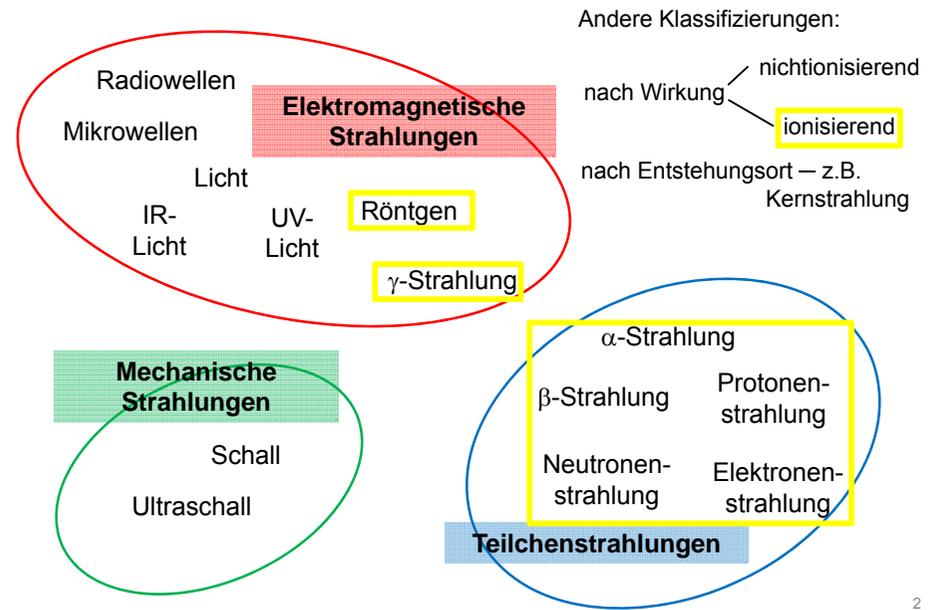
Strahlungen

Strukturuntersuchungsmethoden in der Medizin

Strahlungen

1. Gemeinsame Eigenschaften
2. Elektromagnetische Strahlungen
3. Teilchenstrahlungen
4. Mechanische Strahlungen (Schall, Ultraschall, ...)

Strahlungen in der medizinischen Praxis



1. Gemeinsame Eigenschaften

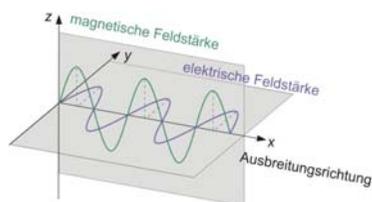
- Strahlung = Energietransport! (Strahlungsintensität (J), ...)
- Doppelcharakter = Wellencharakter & Teilchencharakter

2. Elektromagnetische Strahlungen

Elektromagnetische Wellen – Transversalwellen & Teilchen - Photonen

$$c = \lambda \cdot f \quad c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{im Vakuum}) \quad \epsilon = h \cdot f$$

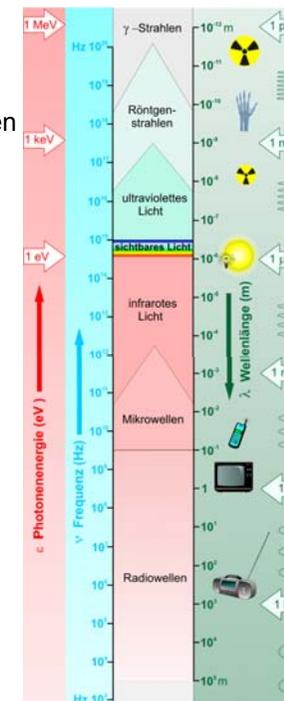
elektromagnetische Welle



Über die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen
 Diese Geschwindigkeit stimmt so gut mit der Lichtgeschwindigkeit überein, daß wir anscheinend allen Grund zur Annahme haben, das Licht (sowie die Wärmestrahlung, aber auch andere Strahlungen, wenn es solche gibt) sei eine elektromagnetische Störung, die sich in Form von Wellen durch das elektromagnetische Feld, den Gesetzen des Elektromagnetismus entsprechend, fortpflanzt.
 Maxwell: A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field (1859)

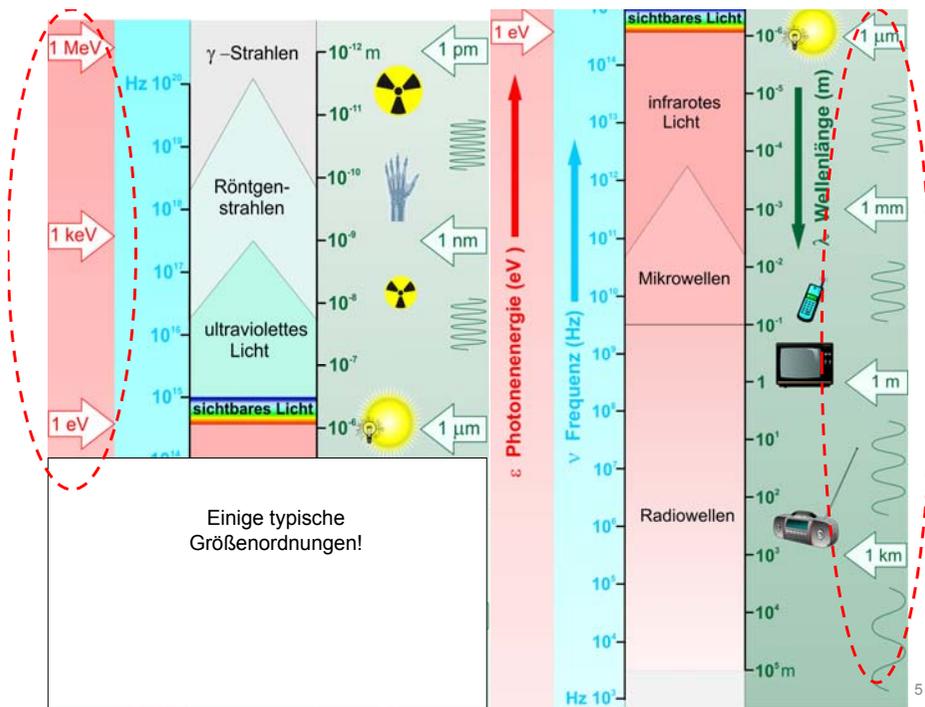
7 Bereiche:

- γ-Strahlen
- Röntgenstrahlen
- UV-Licht
- VIS-Licht
- IR-Licht
- Mikrowellen
- Radiowellen



Anwendungsbeispiele:

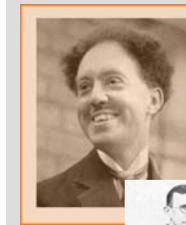
- Gamma-Messer
- Röntgendiagnostik
- UV-Phototherapie
- Mikroskopie/Sehen
- Infrarotdiagnostik
- MRI



3. Teilchenstrahlungen

- Teilchen (α , β , e^- , e^+ , p^+ , n^0 , ...)

Materiewellen



de Broglie (1923): Materiewellen

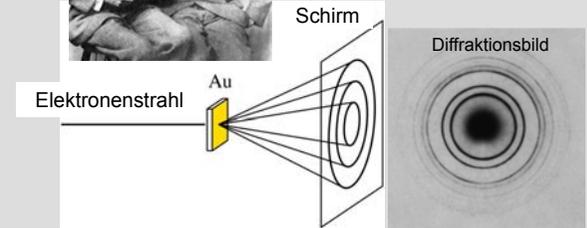
$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$



Davisson & Germer (1927): Elektronenbeugungsexperiment

- Anwendungsbeispiele:

- Elektronenmikroskop
- Neutronendiffraktion
- Strahlentherapie



4. Mechanische Strahlungen (Schall, Ultraschall, ...)

- Mechanische Wellen

$$c = \lambda \cdot f$$

$$c = 330 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{in der Luft})$$

$$c = 1500 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{im Wasser und im Weichteilgewebe})$$



- transversale/longitudinale Wellen

- 3 Bereiche:

Infraschall	–	Hörschall	–	Ultraschall
< 20 Hz		20 Hz – 20 kHz		20 kHz <

- Anwendungsbeispiele:

- Sonographie
- Ultraschalltherapie
- Hören



Strukturuntersuchungsmethoden in der medizinischen Forschung

1. Spektroskopische Verfahren

- Fluoreszenzspektroskopie ✓
- Absorptionsspektroskopie (UV-VIS) ✓
- Infrarotspektroskopie

2. Mikroskopie

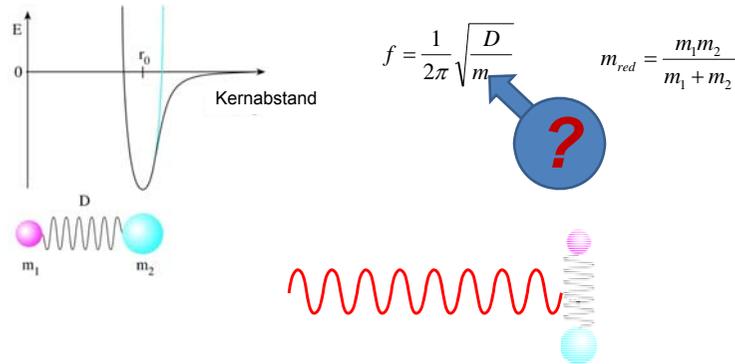
- Lichtmikroskop ✓
- Spezielle Lichtmikroskope (Stereo-, Polarisations-, Phasenkontrast-, Fluoreszenzmikroskop)
- Superresolutionsmikroskope
- Rastersondenmikroskope (SPM; STM, AFM), Piezoelektrizität
- Elektronenmikroskope (TEM, SEM)

3. Diffraktionsmethoden

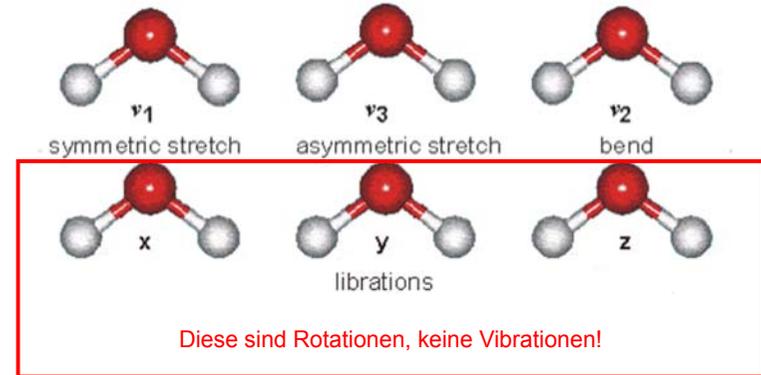
- Röntgendiffraktion
- Elektronendiffraktion
- Neutronendiffraktion

Infrarotspektroskopie

- Infrarotes Licht: $\lambda=800 \text{ nm} - 1 \text{ mm}$
Mittleres Infrarot: $2,5\text{-}50 \mu\text{m}$
- Absorptionsspektroskopie
- Das absorbierte Licht induziert Molekülschwingungen
- Besonders empfindlich für die Molekülstruktur



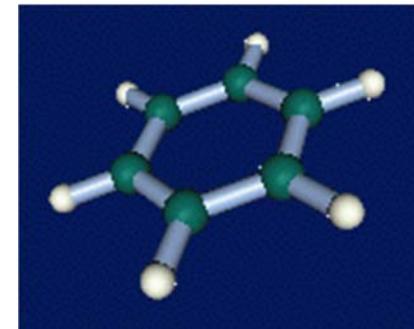
Mehratomige Moleküle: Die Schwingungen des Wassers

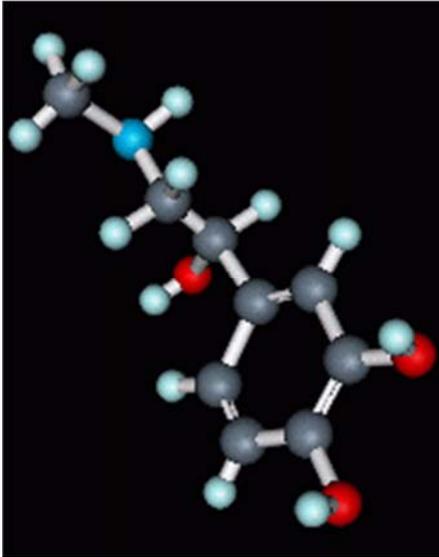


Weitere Beispiele: Flavin

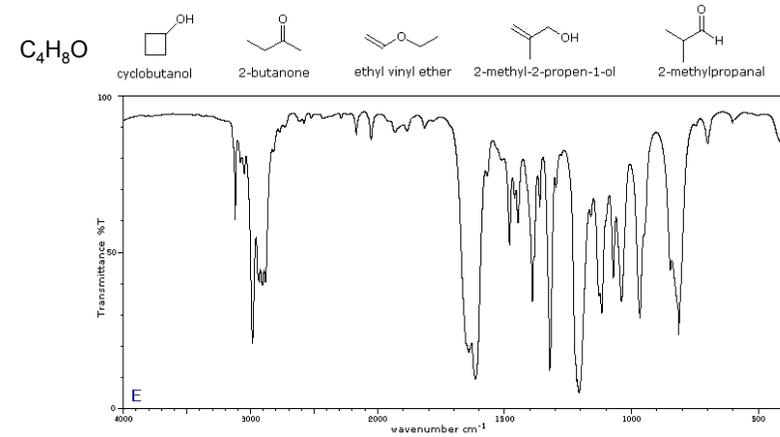


Weitere Beispiele: Benzol





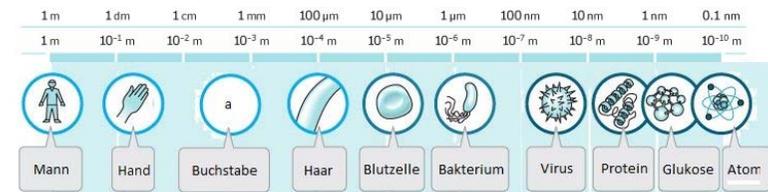
Anwendung: Identifizierung der Moleküle, Beweisung des Raumstruktues



Mikroskopische Methoden



Typische Abmessungen von einigen Objekten

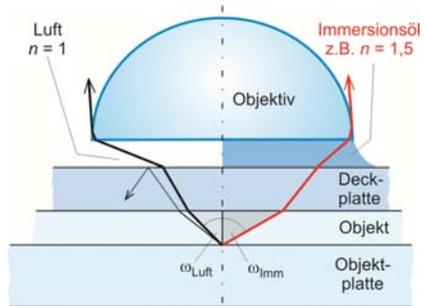


2. Mikroskopie

a) Lichtmikroskop

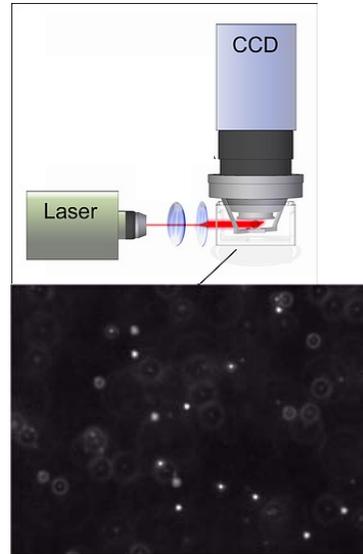
b) Spezielle Lichtmikroskope

- Immersionsobjektiv



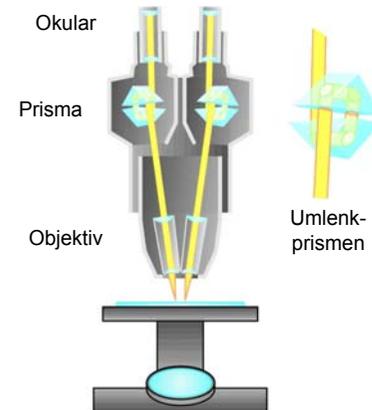
$$\delta = 0,61 \frac{\lambda}{n \sin \omega}$$

- Ultramikroskop (Dunkelfeldmikroskop)



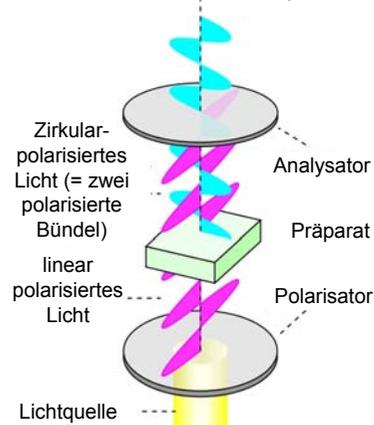
17

- Stereomikroskop

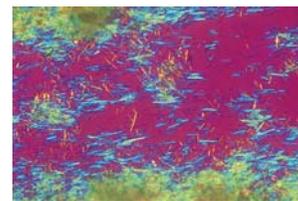


18

- Polarisationsmikroskop

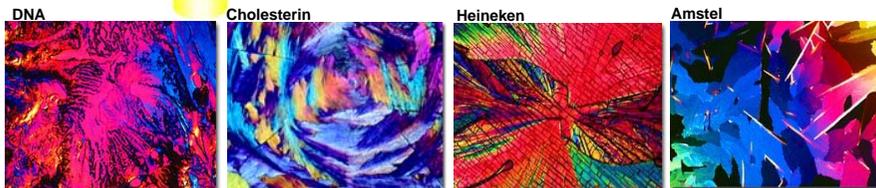


Gicht



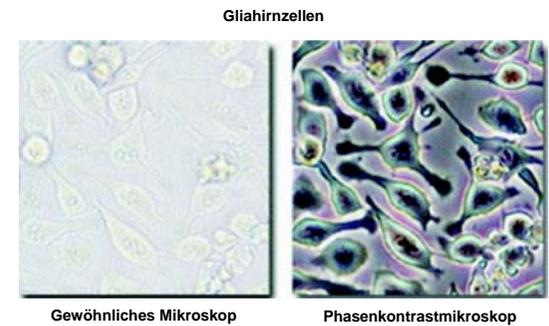
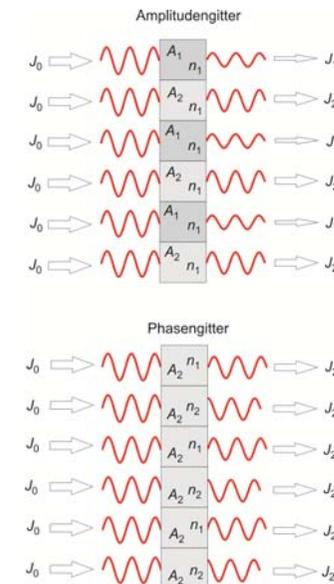
Ablagerung von Harnsäure-Kristalle

Polarisationsmikroskop



19

- Phasenkontrastmikroskop



Gewöhnliches Mikroskop

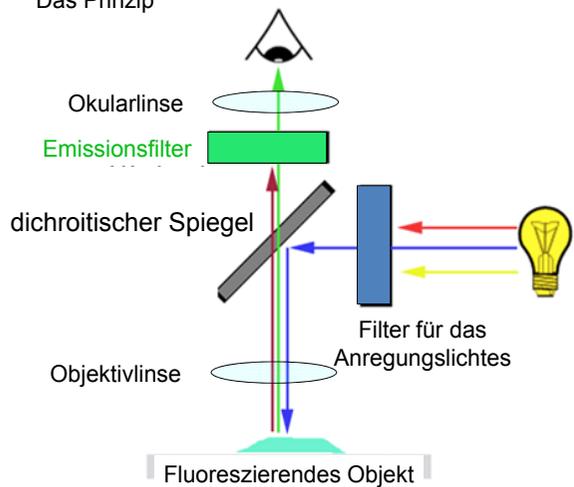
Phasenkontrastmikroskop

20

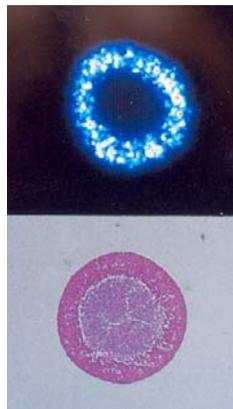
Fluoreszenzmikroskop

Epifluoreszenz-Anordnung:

Das Prinzip



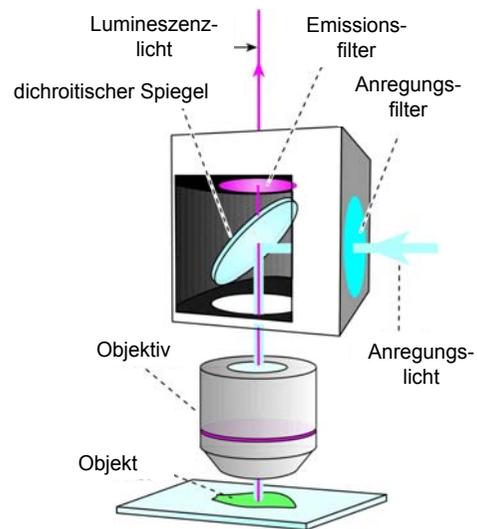
ATP-Verteilung visualisiert mit Luciferin



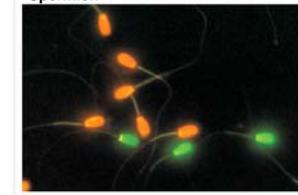
Konventionelle mikroskopische Aufnahme

Epifluoreszenz-Anordnung:

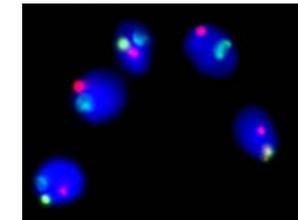
Die praktische Realisierung



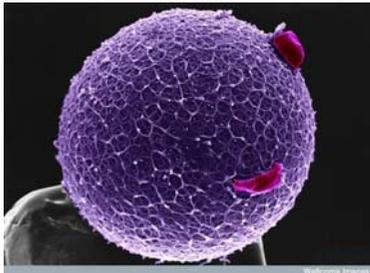
Lebende und tote Spermien



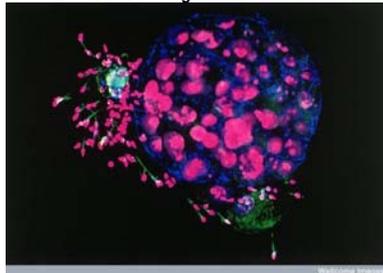
X und Y Chromosomen



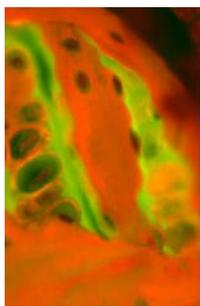
Eizelle



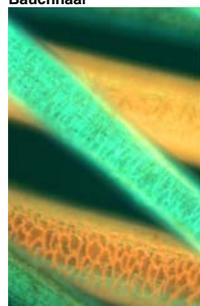
Eizelle nach Befruchtung



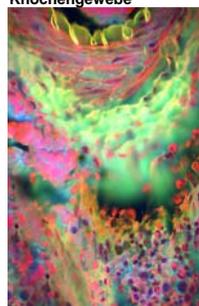
???



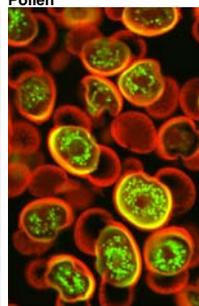
Bauchhaar



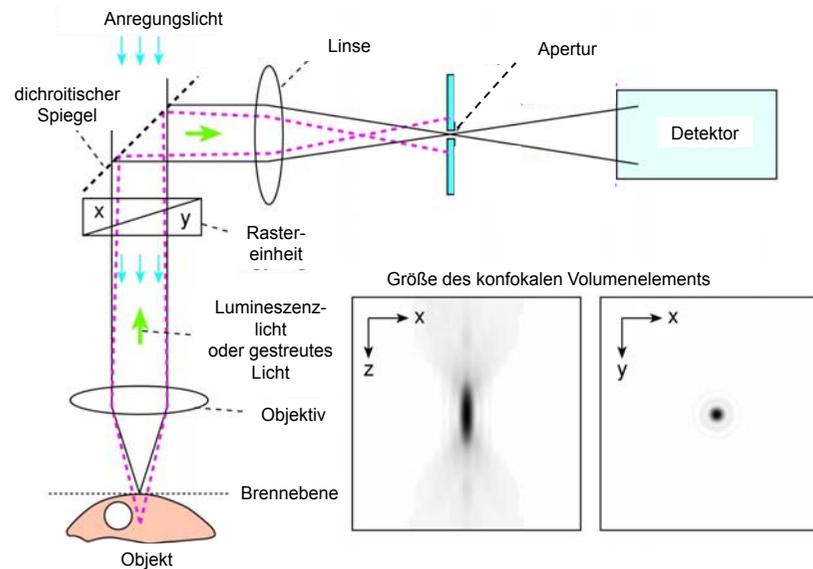
Knochengewebe

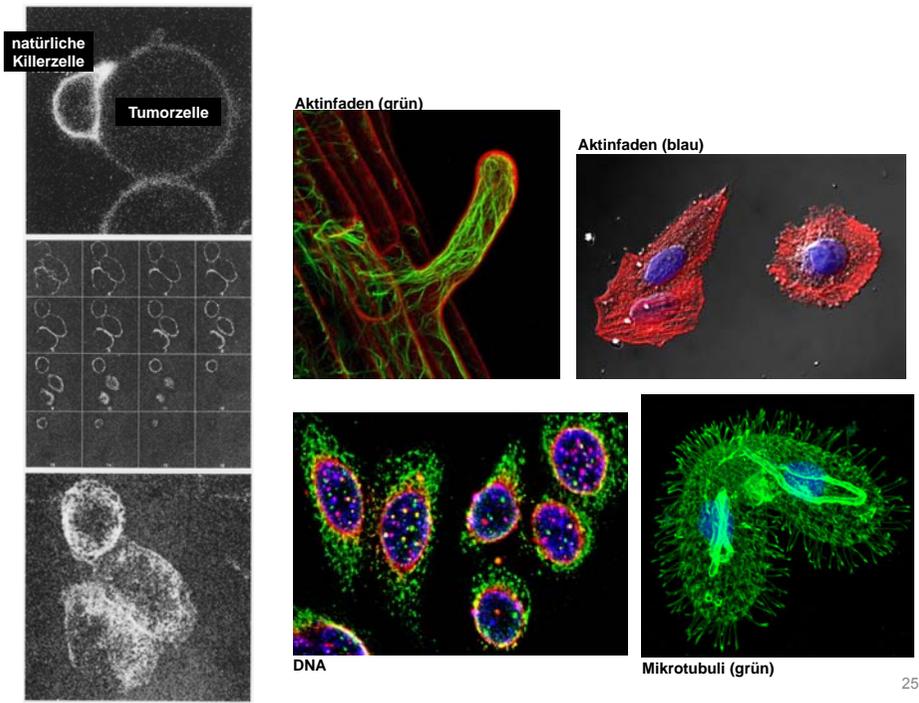


Pollen

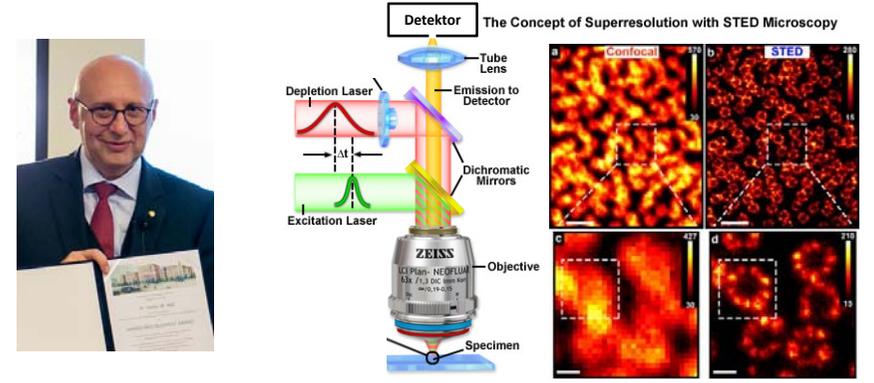


Konfokales Laser Rastermikroskop (CLSM)

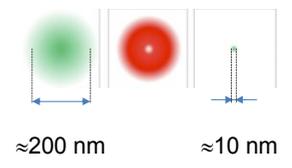




c) Superresolutionsmikroskopie. Beispiel: STED



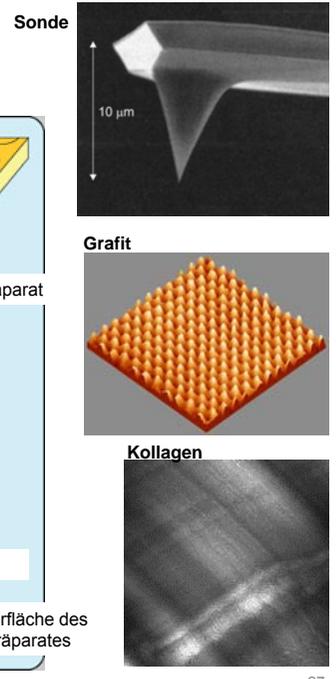
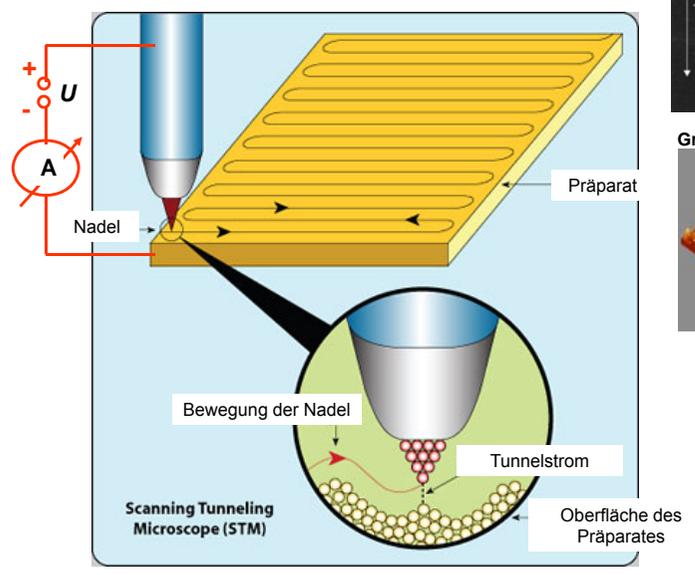
STED: Stimulierte Emission Depletion



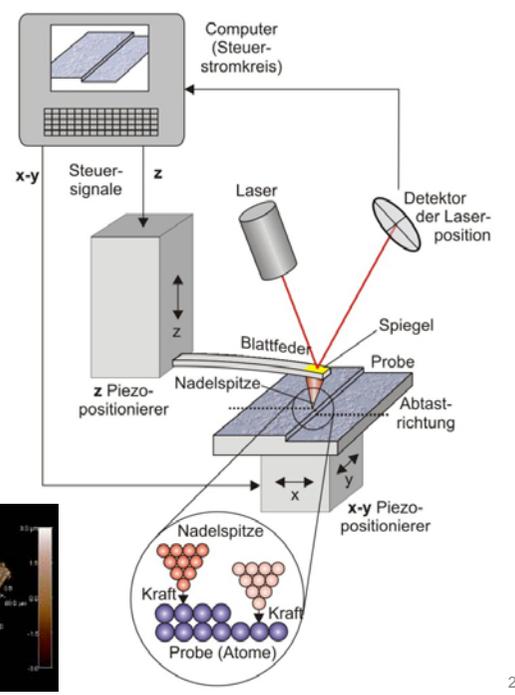
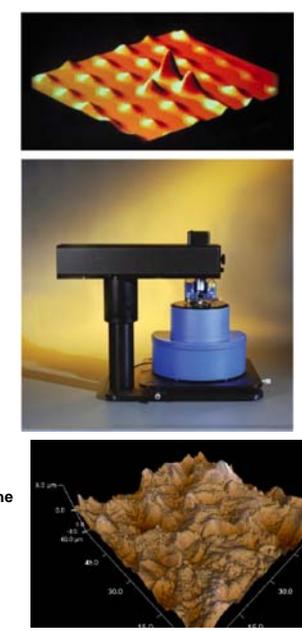
- Anregung
- Stimulierte Emission
- Fluorophore nur in sehr kleinen Raumteil Emittieren
- Abtastung

d) Rastersondenmikroskope (SPM)

- Rastertunnelmikroskop (STM)



▪ Rasterkraftmikroskop (AFM)



W-Atom 0,5x0,5 nm Si-Kristall 3x3 nm Liposome Amiloidfibrillen

Kollagen

Chromos

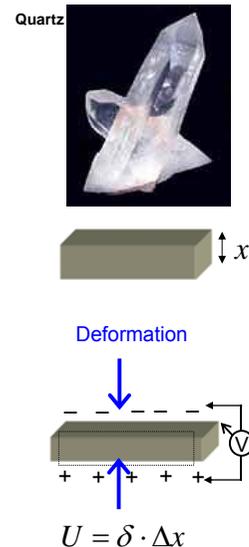
3Å 3Å 3Å

- Auflösung:
 - Spitze der Sonde
 - Feinheit des Rastern → Piezopositionierer

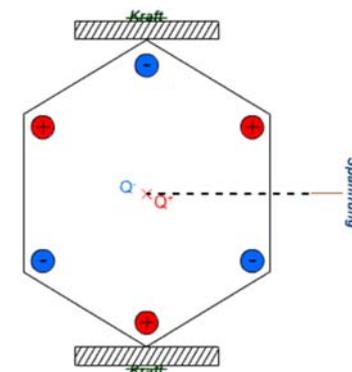
29

▪ Piezoelektrizität (piezoelektrischer Effekt)

(s. später Sonographie)

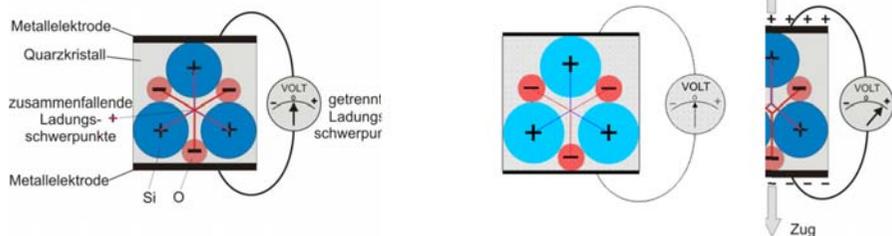


z.B für Quarz: $\delta \approx 10^{12}$ V/m

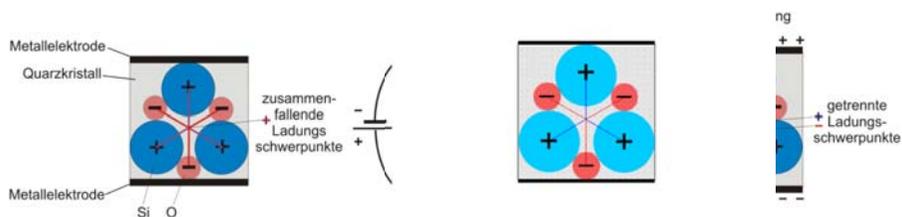


30

▪ Direkter piezoelektrischer Effekt



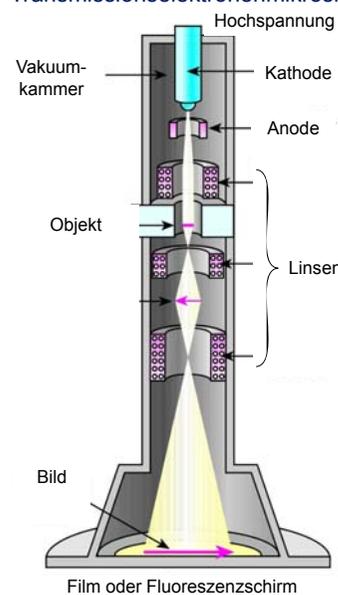
▪ Inverser piezoelektrischer Effekt



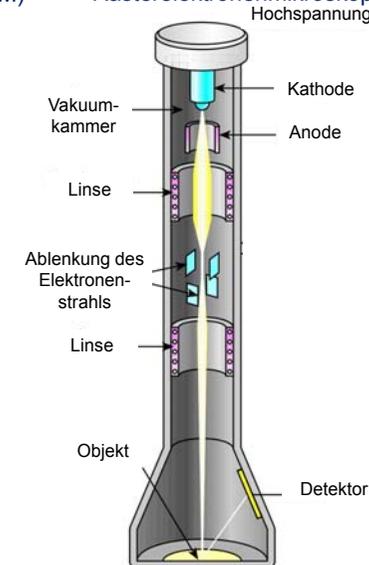
31

c) Elektronenmikroskope

▪ Transmissionselektronenmikroskop (TEM)



▪ Rasterelektronenmikroskop (SEM)



32

▪ Auflösungsgrenze (δ):

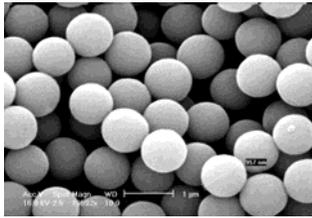
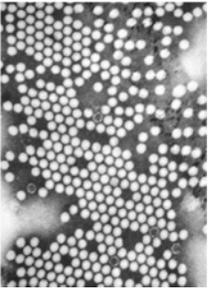
$$\delta \approx \frac{\lambda}{NA}$$

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

$$NA \approx 0,03$$

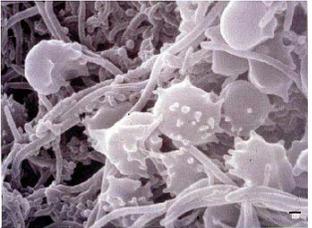
$$\delta \approx 0,2 \text{ nm}$$

Viren der Kinderlähmung (TEM)

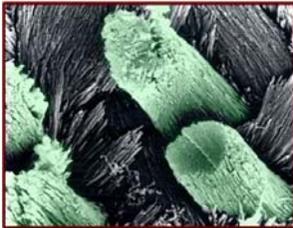


TiO₂-Kugeln (SEM)

Zahnplaque (SEM)



Zahnschmelzprismen mit den Apatitkristallen (SEM)



Dentin mit den Odontoblasten (SEM)

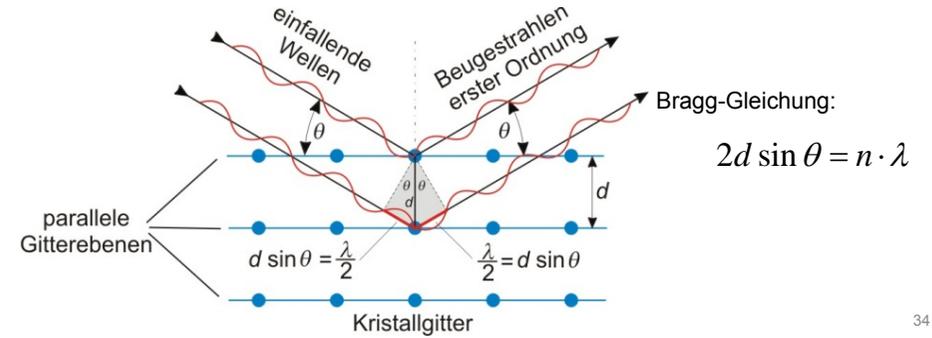
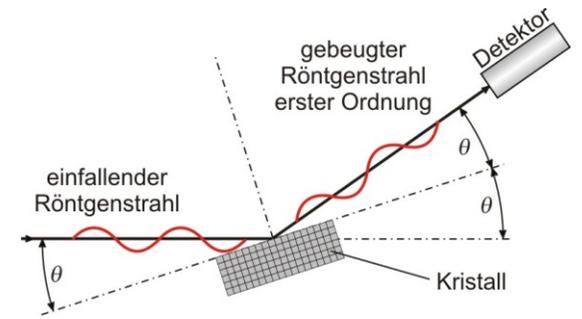


33

3. Diffraktionsmethoden

a) Röntgendiffraktion

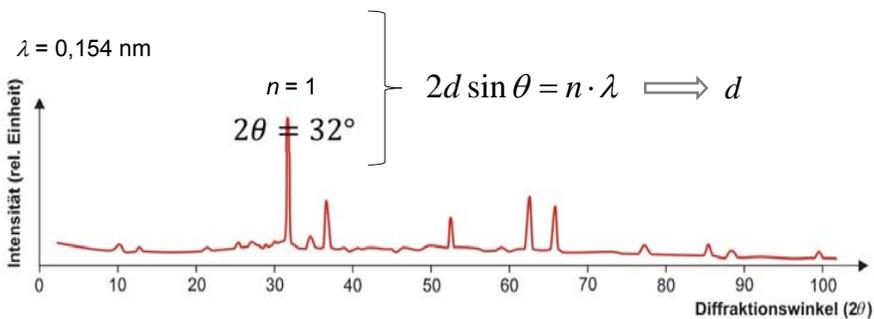
$$\lambda \approx 0,01-0,1 \text{ nm}$$



34

Beispiel:

Röntgendiffraktionsspektrum von Blei (Pb)



b) Elektronendiffraktion $\lambda \approx 0,1 \text{ nm}$

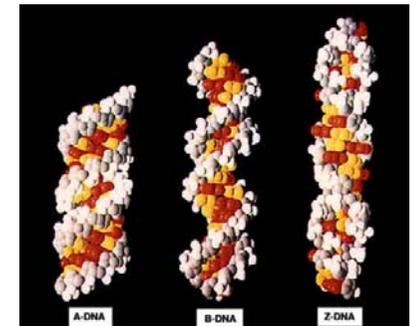
c) Neutronendiffraktion $\approx 0,01 \text{ nm}$

35

Beispiele:

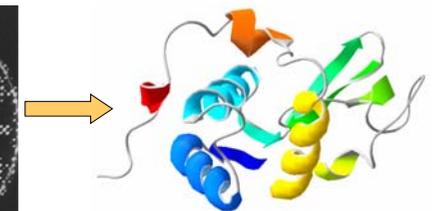
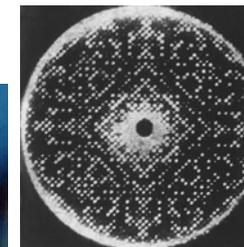
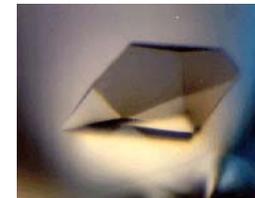


DNA



Lysozyme

Protein-Kristall



36