

Medizinische Biophysik 11. Vorlesung

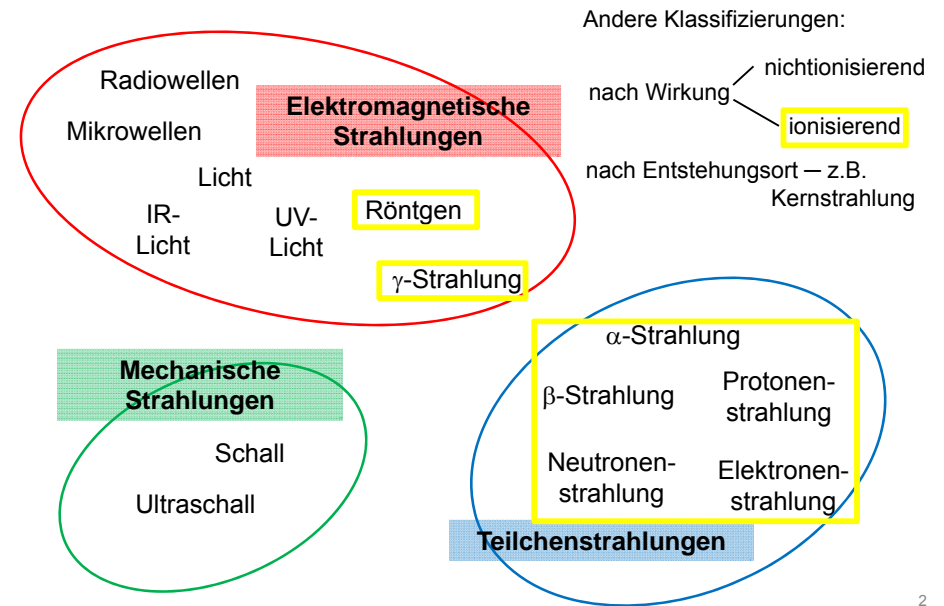
Strahlungen
Strukturuntersuchungsmethoden in der Medizin

Strahlungen

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

1

Strahlungen in der medizinischen Praxis



2

1. Gemeinsame Eigenschaften

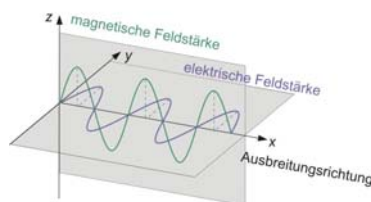
- Strahlung = Energietransport ! (Strahlungsintensität (J), ...)
- Doppelcharakter = Wellencharakter & Teilchencharakter

2. Elektromagnetische Strahlungen

Elektromagnetische Wellen – Transversalwellen & Teilchen - Photonen

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

elektromagnetische Welle

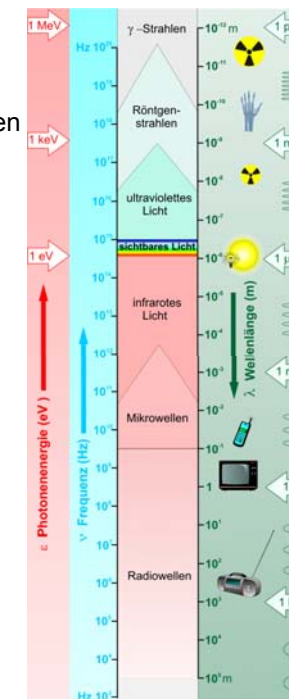


Über die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen
Diese Geschwindigkeit stimmt so gut mit der Lichtgeschwindigkeit überein, daß wir anscheinend allen Grund zur Annahme haben, das Licht (sowie die Wärmestrahlung, aber auch andere Strahlungen, wenn es solche gibt) sei eine elektromagnetische 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)

3

7 Bereiche:

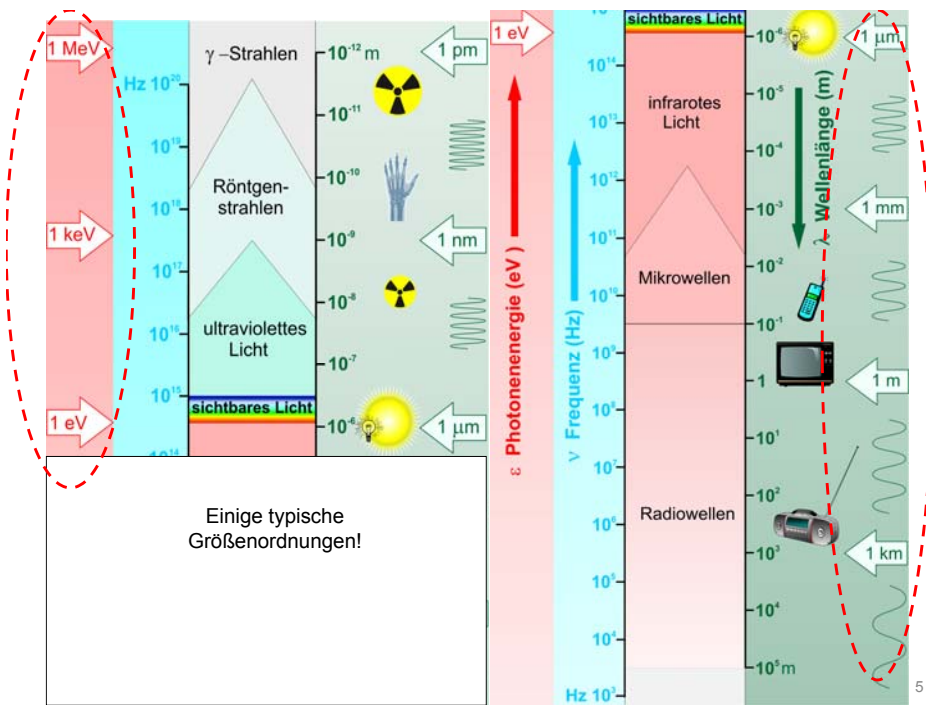
- gamma-Strahlen
- Röntgenstrahlen
- UV-Licht
- VIS-Licht
- IR-Licht
- Mikrowellen
- Radiowellen



Anwendungsbeispiele:

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

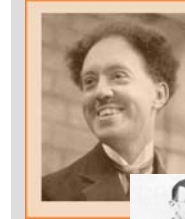
4



3. Teilchenstrahlungen

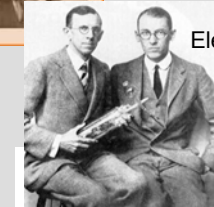
- Teilchen (α , β , e^- , e^+ , p^+ , n^0 , ...)

- Materiewellen



de Broglie (1923): Materiewellen

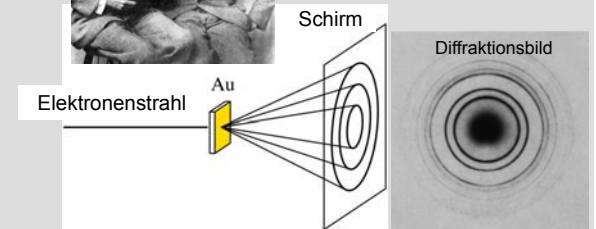
$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$



Davisson & Germer (1927): Elektronenbeugungsexperiment

- Anwendungsbeispiele:

- Elektronenmikroskop
- Neutronendiffraktion
- Strahlentherapie



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

- Mechanische Wellen

$$c = \lambda \cdot f$$

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

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



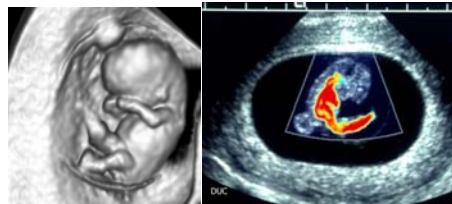
- transversale/longitudinale Wellen

- 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

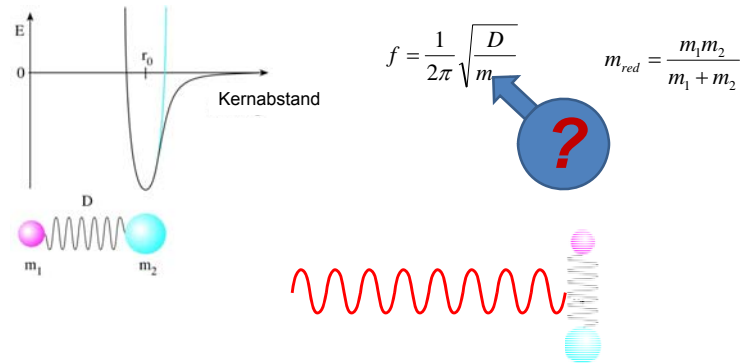
- Lichtmikroskop ✓
- Spezielle Lichtmikroskope (Stereo-, Polarisations-, Phasenkontrast-, Fluoreszenzmikroskop)
- Superresolutionsmikroskope
- Rastersondenmikroskope (SPM; STM, AFM), Piezoelektrizität
- Elektronenmikroskope (TEM, SEM)

3. Diffraktionsmethoden

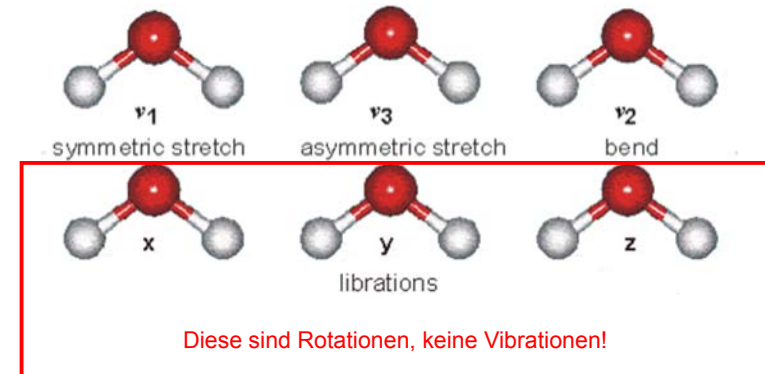
- Röntgendiffraktion
- Elektronendiffraktion
- Neutronendiffraktion

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



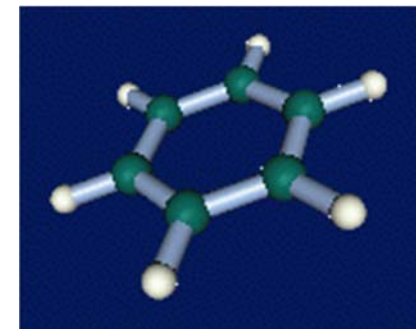
Mehratomige Moleküle: Die Schwingungen des Wassers

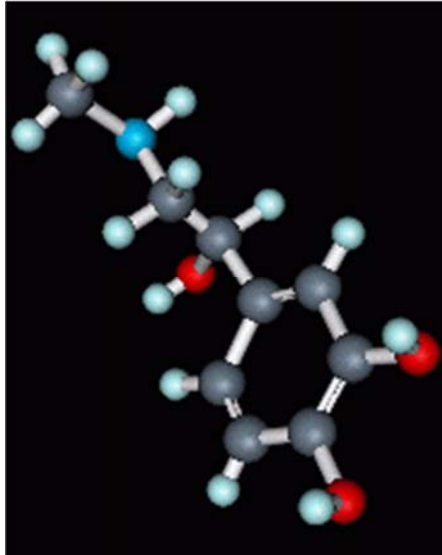


Weitere Beispiele: Flavin

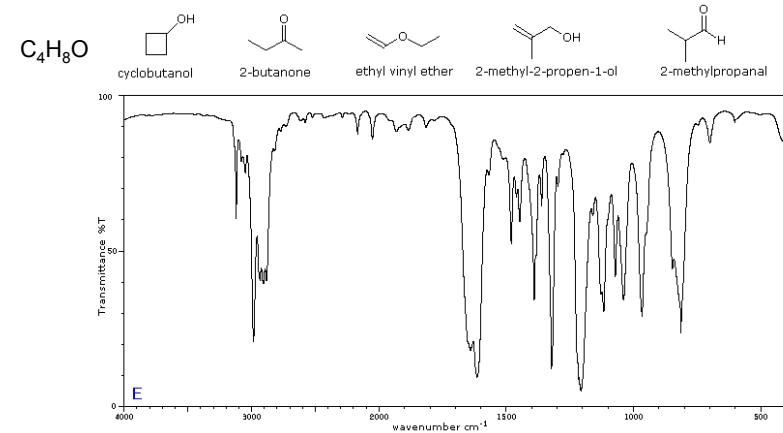


Weitere Beispiele: Benzol





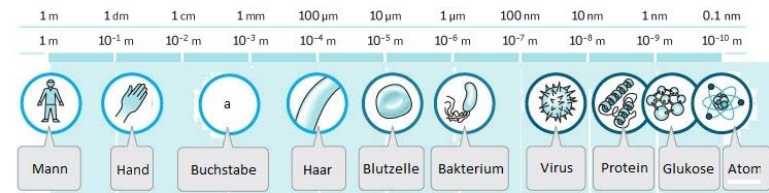
Anwendung: Identifizierung der Moleküle, Beweisung des Raumstrukturs



Mikroskopische Methoden



Typische Abmessungen von einigen Objekten

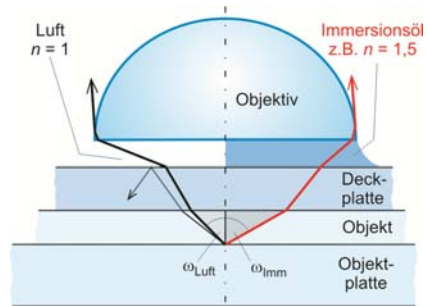


2. Mikroskopie

a) Lichtmikroskop

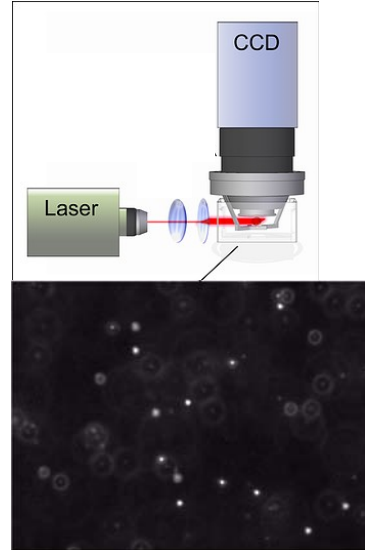
b) Spezielle Lichtmikroskope

■ Immersionsobjektiv



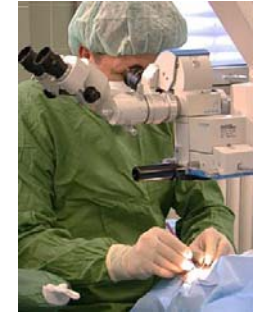
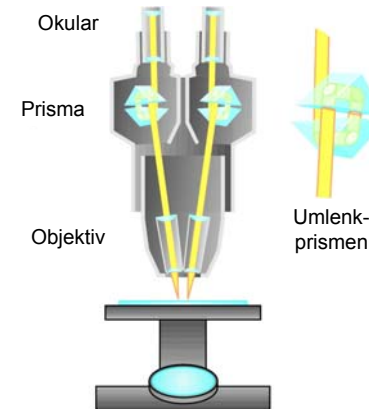
$$\delta = 0,61 \frac{\lambda}{n \sin \omega}$$

■ Ultramikroskop (Dunkelfeldmikroskop)



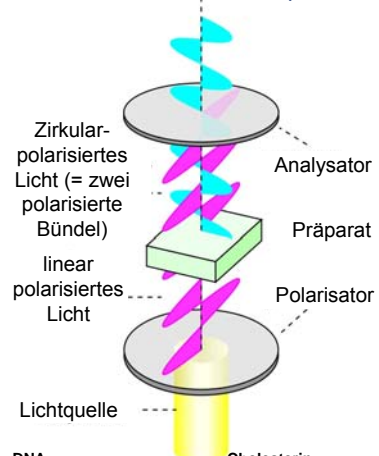
17

■ Stereomikroskop

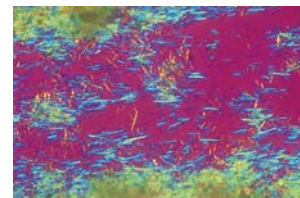


18

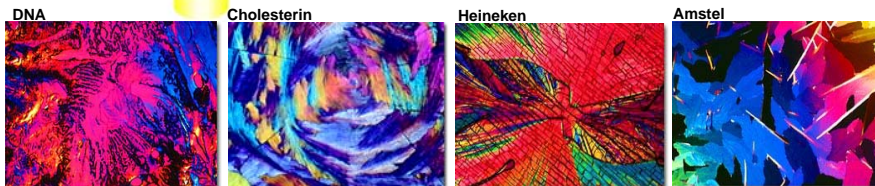
■ Polarisationsmikroskop



Gicht

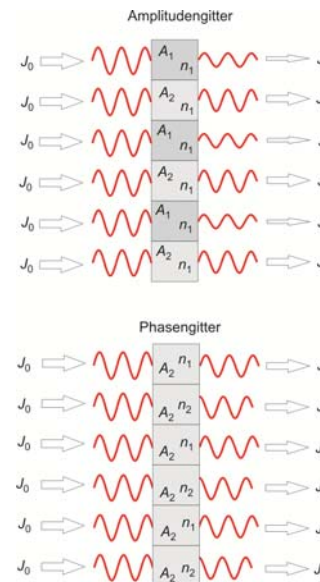


Polarisations-
mikroskop

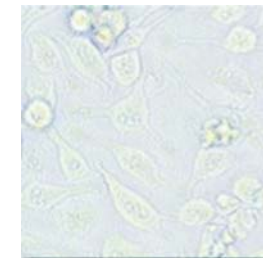


19

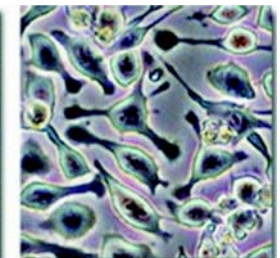
■ Phasenkontrastmikroskop



Gliahirnzellen



Gewöhnliches Mikroskop



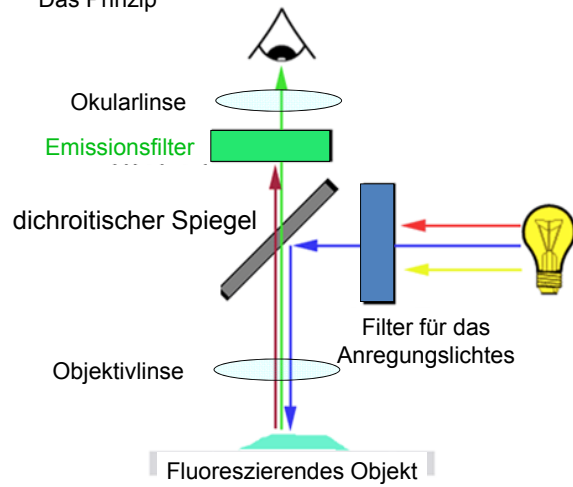
Phasenkontrastmikroskop

20

Fluoreszenzmikroskop

Epifluoreszenz-Anordnung:

Das Prinzip



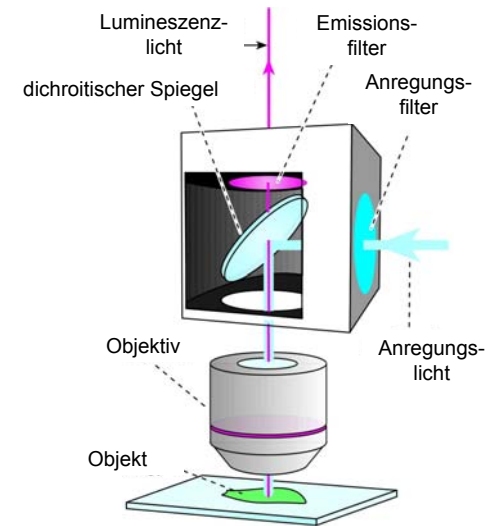
ATP-Verteilung
visualisiert mit Luciferin



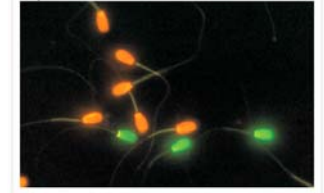
Konventionelle
mikros-kopische
Aufnahme

Epifluoreszenz-Anordnung:

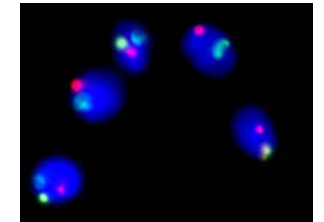
Die praktische Realisierung



Lebende und tote
Spermien

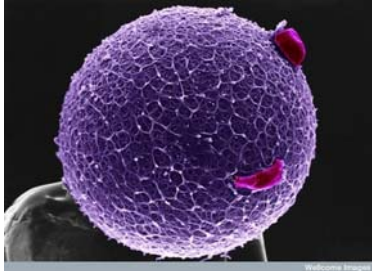


X und Y Chromosomen

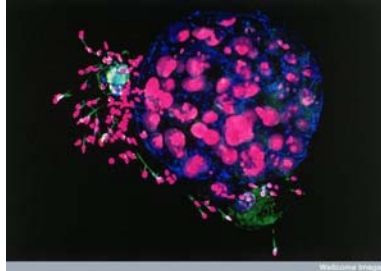


22

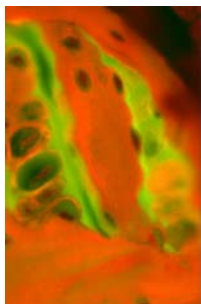
Eizelle



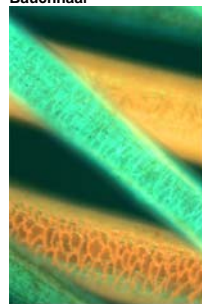
Eizelle nach Befruchtung



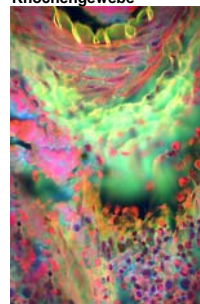
???



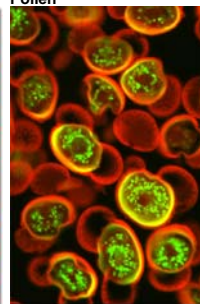
Bauchhaar



Knochengewebe

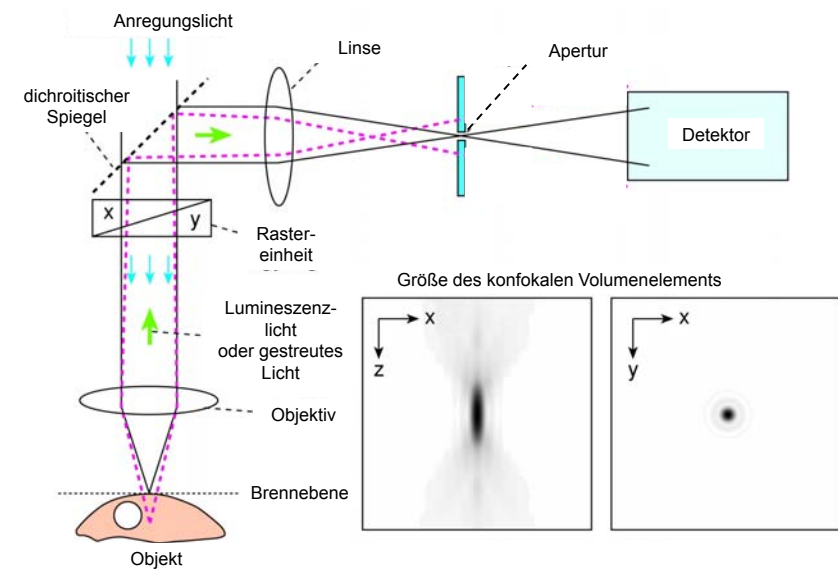


Pollen

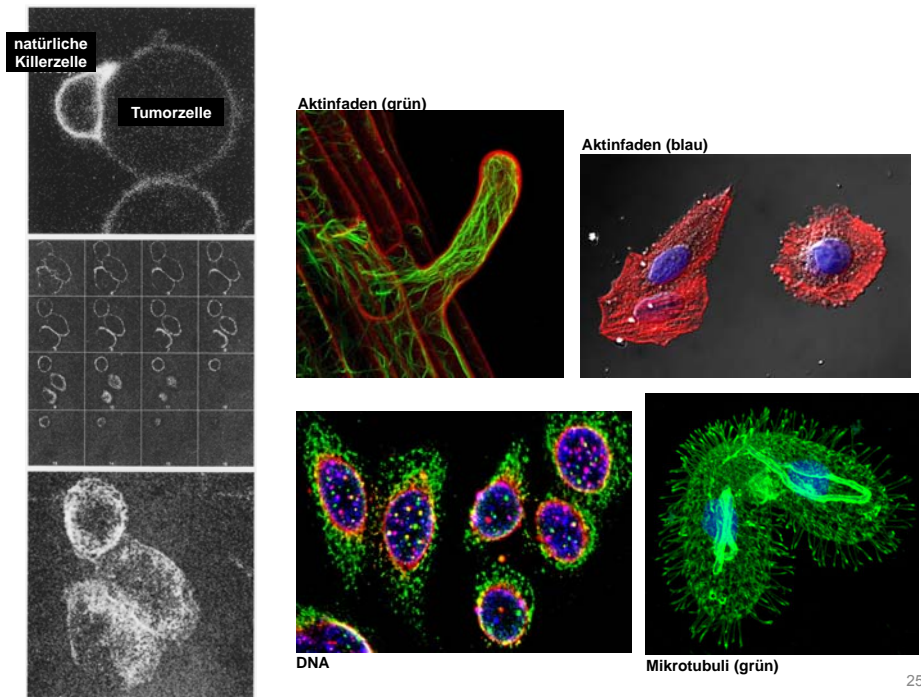


23

Konfokales Laser Rastermikroskop (CLSM)

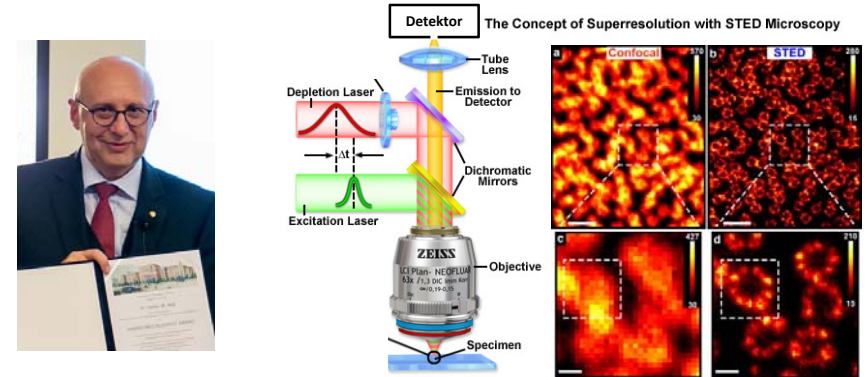


24

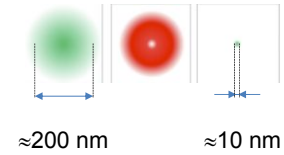


25

c) Superresolutionsmikroskopie. Beispiel: STED



STED: Stimulierte Emission Depletion

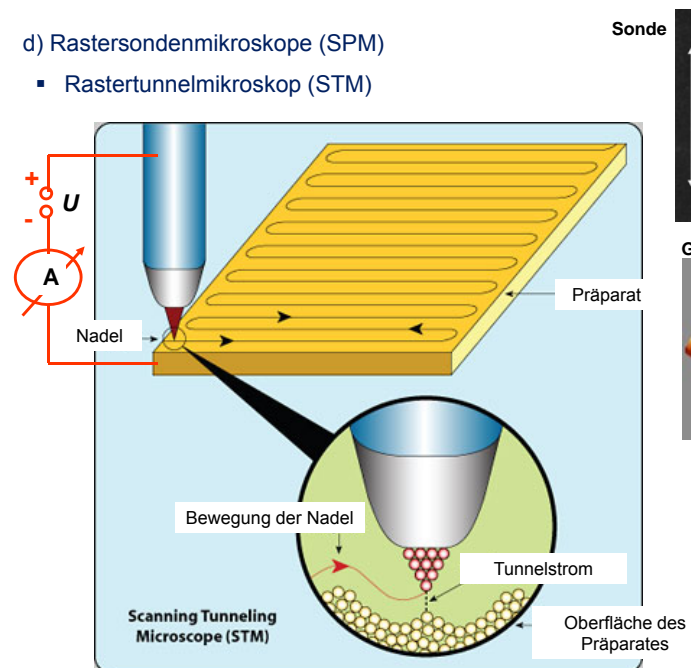


- Anregung
- Stimulierte Emission
- Fluorophore nur in sehr kleinen Raumteil Emittieren
- Abtastung

26

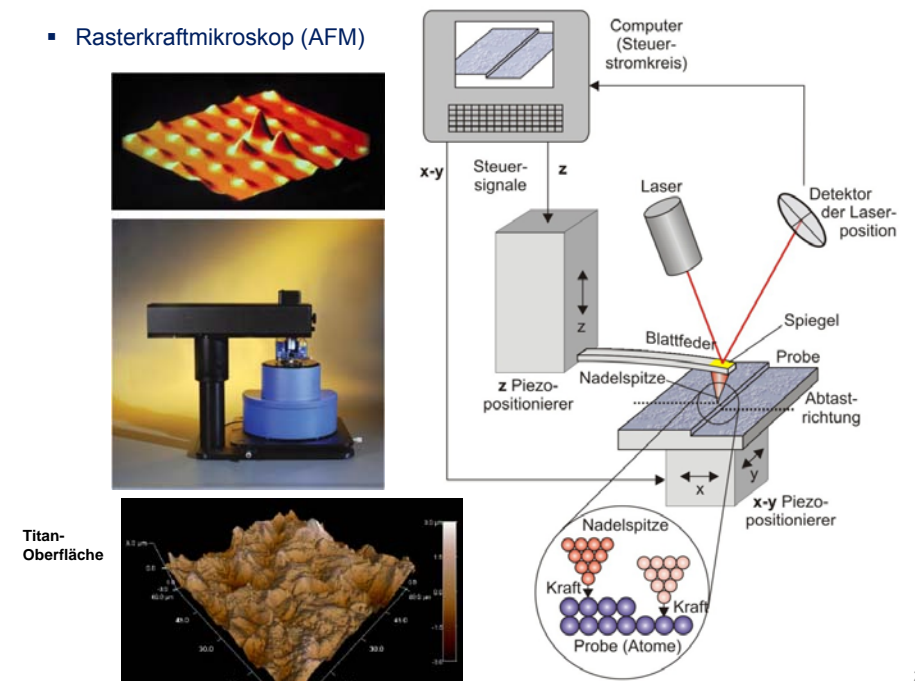
d) Rastersondenmikroskope (SPM)

▪ Rastertunnelmikroskop (STM)

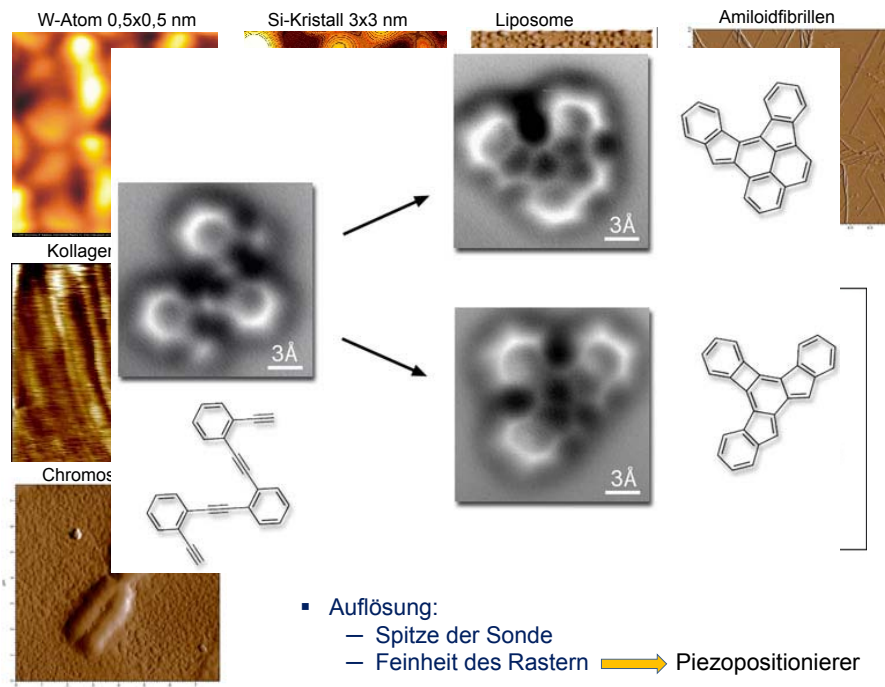


27

▪ Rasterkraftmikroskop (AFM)



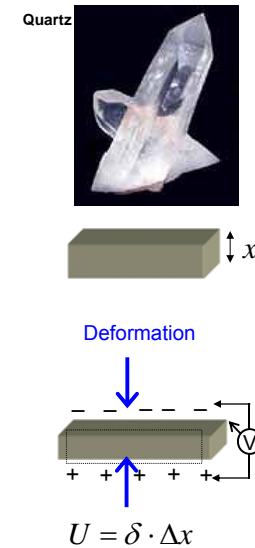
28



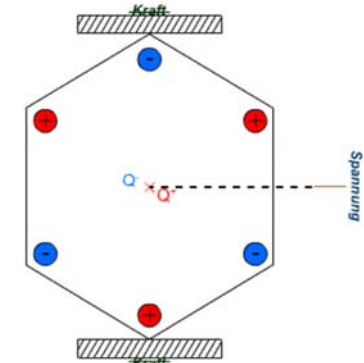
29

▪ Piezoelektrizität (piezoelektrischer Effekt)

(s. später Sonographie)

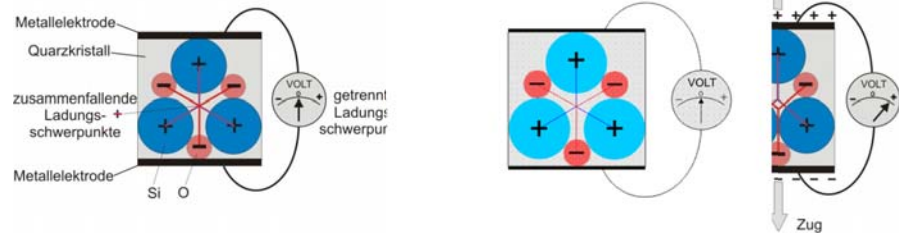


z.B für Quarz: $\delta \approx 10^{12} \text{ V/m}$

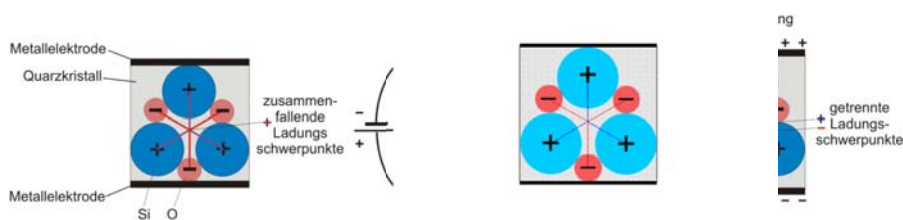


30

▪ Direkter piezoelektrischer Effekt



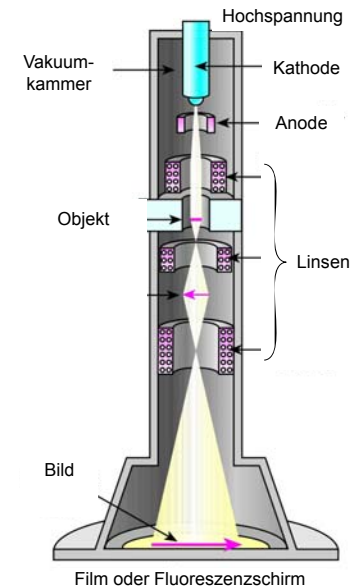
▪ Inverser piezoelektrischer Effekt



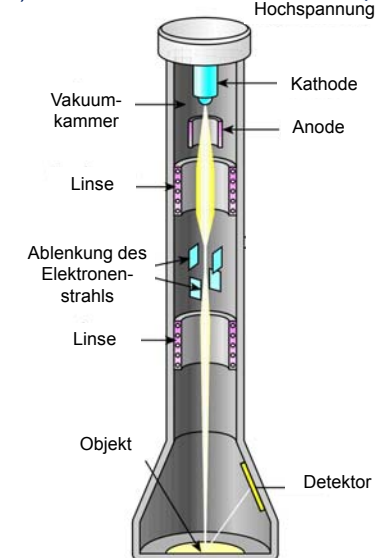
31

c) Elektronenmikroskope

▪ Transmissionselektronenmikroskop (TEM)



▪ Rasterelektronenmikroskop (SEM)



32

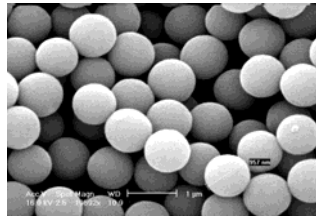
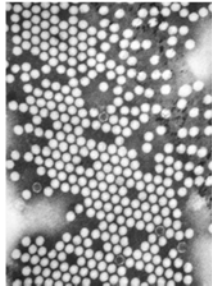
▪ Auflösungsgrenze (δ):

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

$\lambda \approx 0,005 \text{ nm}$
 $NA \approx 0,03$

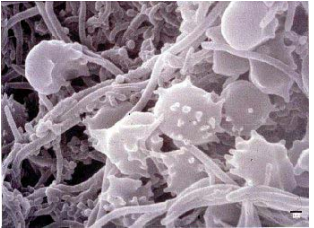
$\delta \approx 0,2 \text{ nm}$

Viren der Kinderlähmung (TEM)

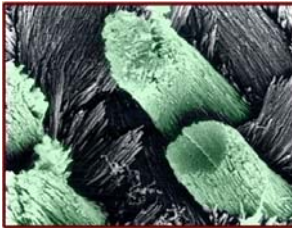


TiO-Kugeln (SEM)

Zahnplaque (SEM)



Zahnschmelzprismen mit den Apatitkristallen (SEM)



Dentin mit den Odontoblasten (SEM)

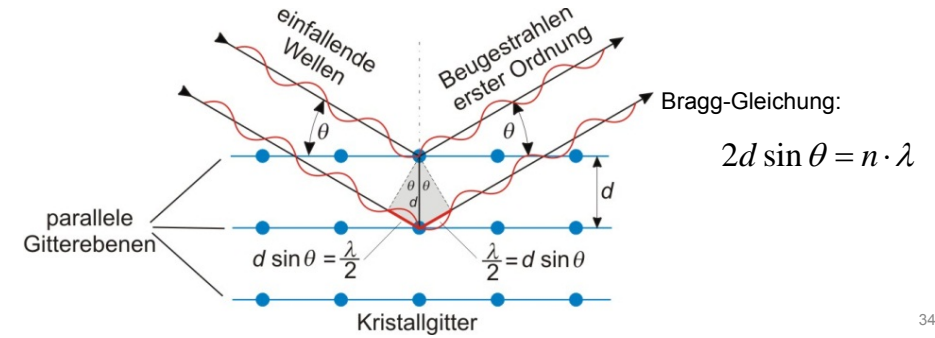
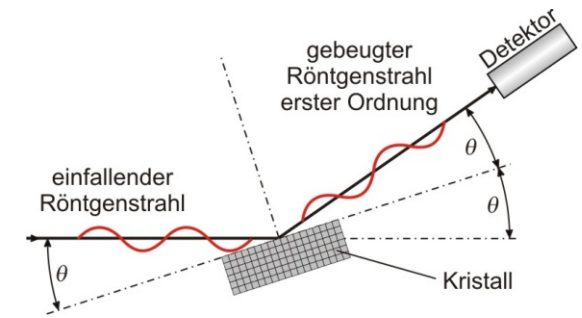


33

3. Diffraktionsmethoden

a) Röntgendiffraktion

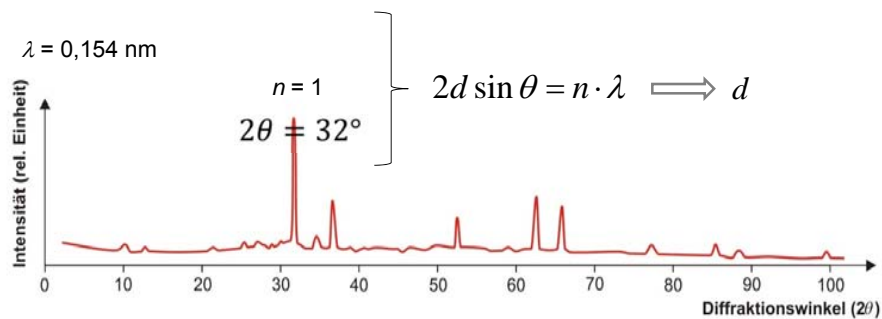
$$\lambda \approx 0,01-0,1 \text{ nm}$$



34

Beispiel:

Röntgendiffraktionsspektrum von Blei (Pb)

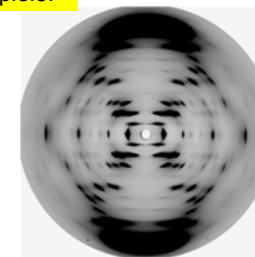


b) Elektronendiffraktion $\lambda \approx 0,1 \text{ nm}$

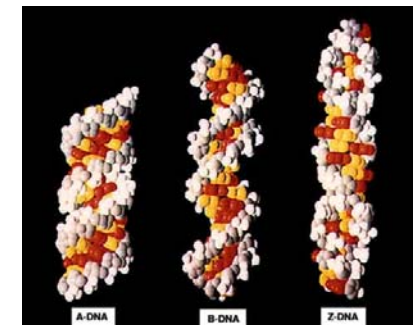
c) Neutronendiffraktion $\approx 0,01 \text{ nm}$

35

Beispiele:

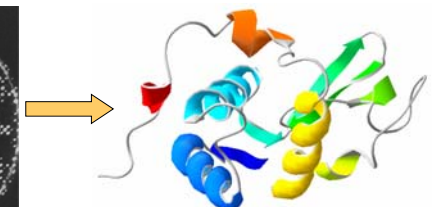
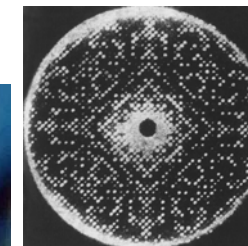
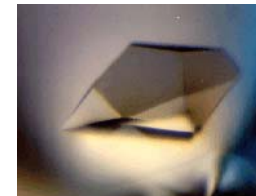


DNA



Lysozyme

Protein-Kristall



36