

Medizinische Biophysik 11. Vorlesung

Strahlungen

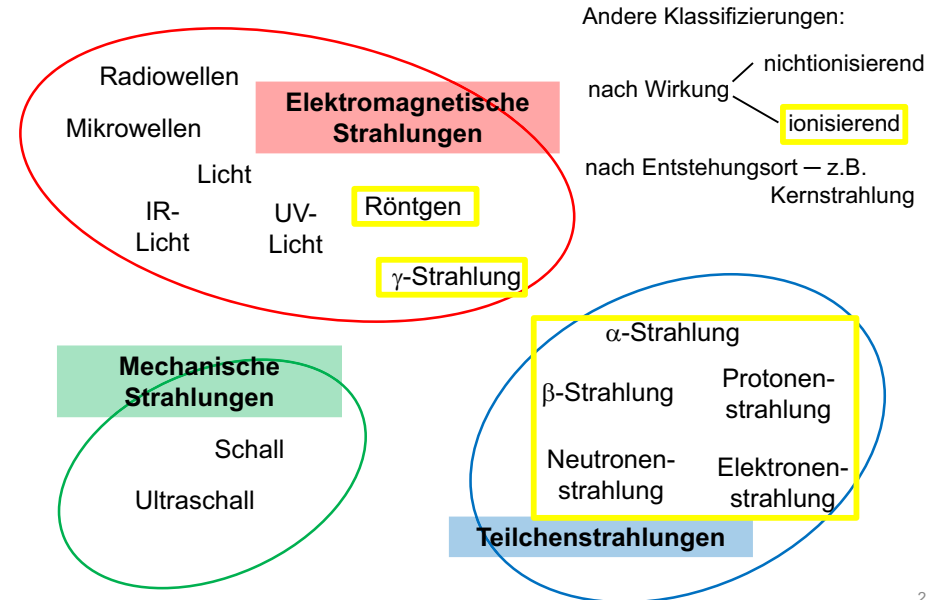
Strukturuntersuchungsmethoden in der Medizin

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

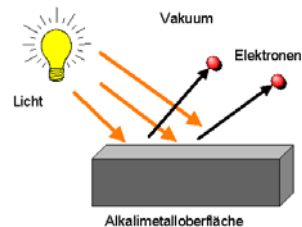
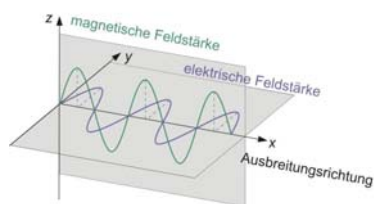
2. Elektromagnetische Strahlungen

Elektromagnetische Wellen – Transversalwellen & Teilchen - Photonen

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

elektromagnetische Welle

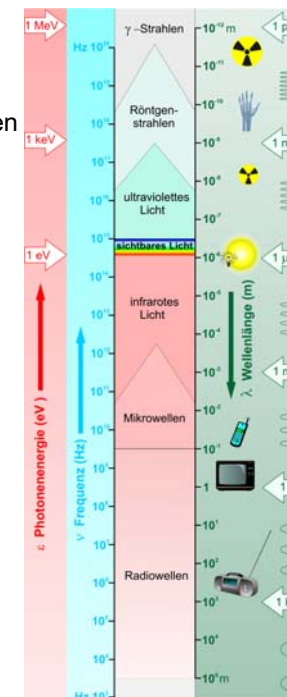
$$\varepsilon = h \cdot f$$



3

7 Bereiche:

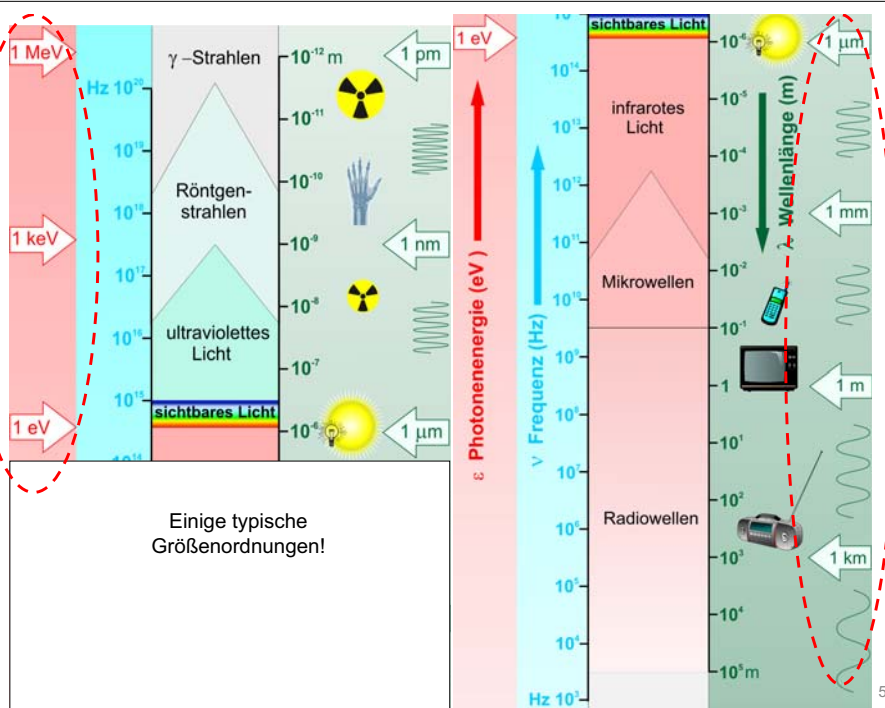
- γ-Strahlen
- Röntgenstrahlen
- UV-Licht
- VIS-Licht
- IR-Licht
- Mikrowellen
- Radiowellen



Anwendungsbeispiele:

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

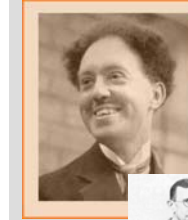
4



3. Teilchenstrahlungen

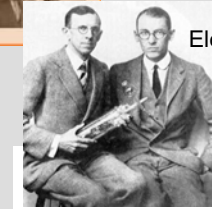
- Teilchen (α , β , e^- , e^+ , p^+ , n^0 , ...)

- Materiewellen



de Broglie (1923): Materiewellen

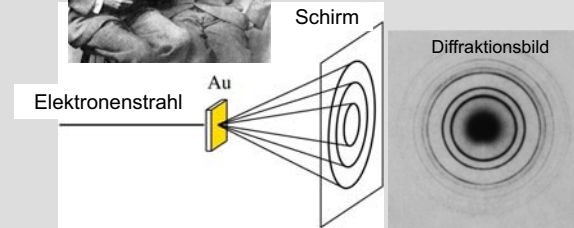
$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$



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

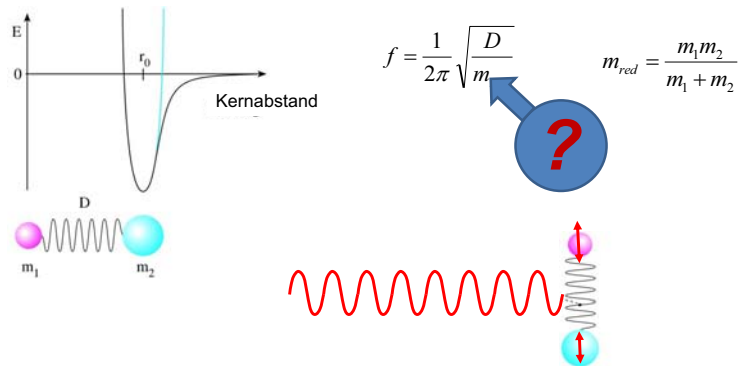
- Lichtmikroskop ✓
- Spezielle Lichtmikroskope (Stereo-, Polarisations-, Phasenkontrast-, Fluoreszenzmikroskop)
- Superresolutionsmikroskope
- Rastersondenmikroskope (SPM; STM, AFM), Piezoelektrizität
- Elektronenmikroskope (TEM, SEM)

3. Diffraktionsmethoden

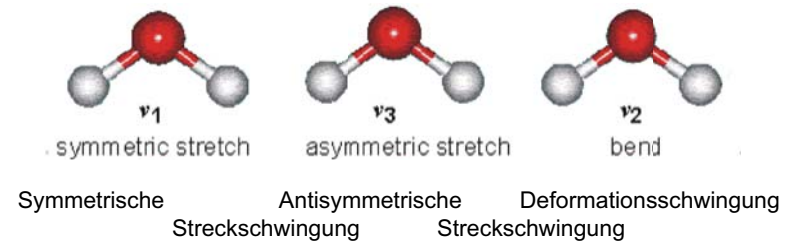
- Röntgendiffraktion
- Elektronendiffraktion
- Neutronendiffraktion

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



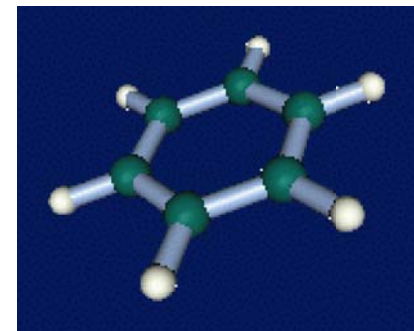
Mehratomige Moleküle: Die Schwingungen des Wassers



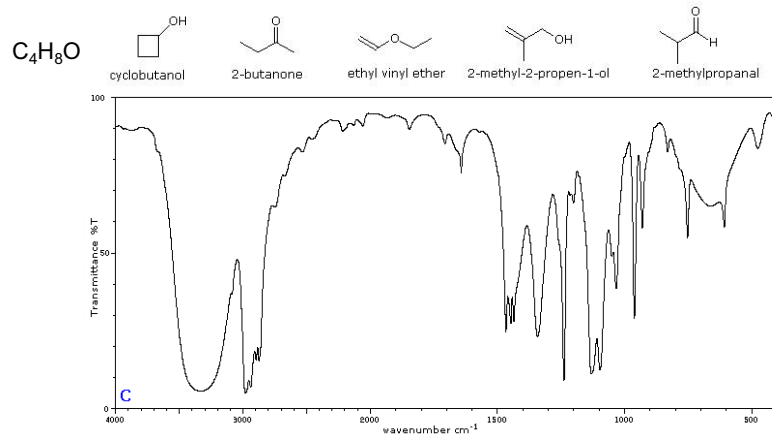
Weitere Beispiele: Flavin



Weitere Beispiele: Benzol



Anwendung: Identifizierung der Moleküle, Beweisung des Raumstruktures



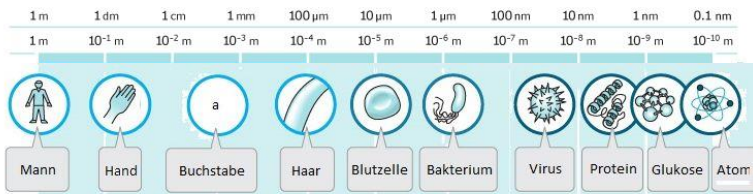
<http://www2.chemistry.msu.edu/faculty/reusch/VirtTxtJml/Spectrpy/InfraRed/infrared.htm>

Mikroskopische Methoden



14

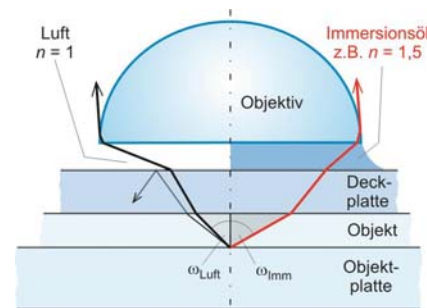
Typische Abmessungen von einigen Objekten



15

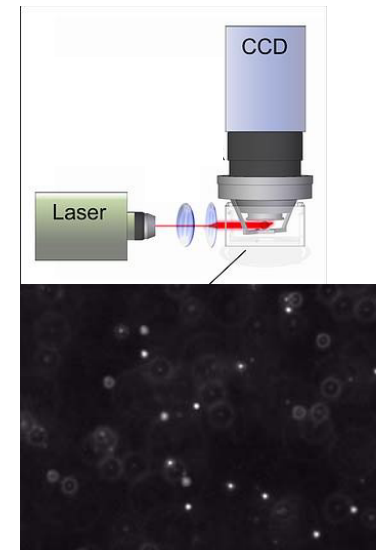
2. Mikroskopie

- a) Lichtmikroskop ✓
- b) Spezielle Lichtmikroskope
 - Immersionsobjektiv



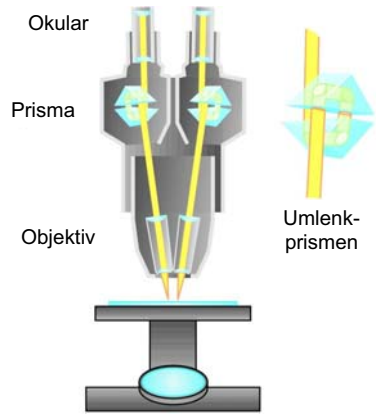
$$\delta = 0,61 \frac{\lambda}{n \sin \omega}$$

- Ultramikroskop (Dunkelfeldmikroskop)



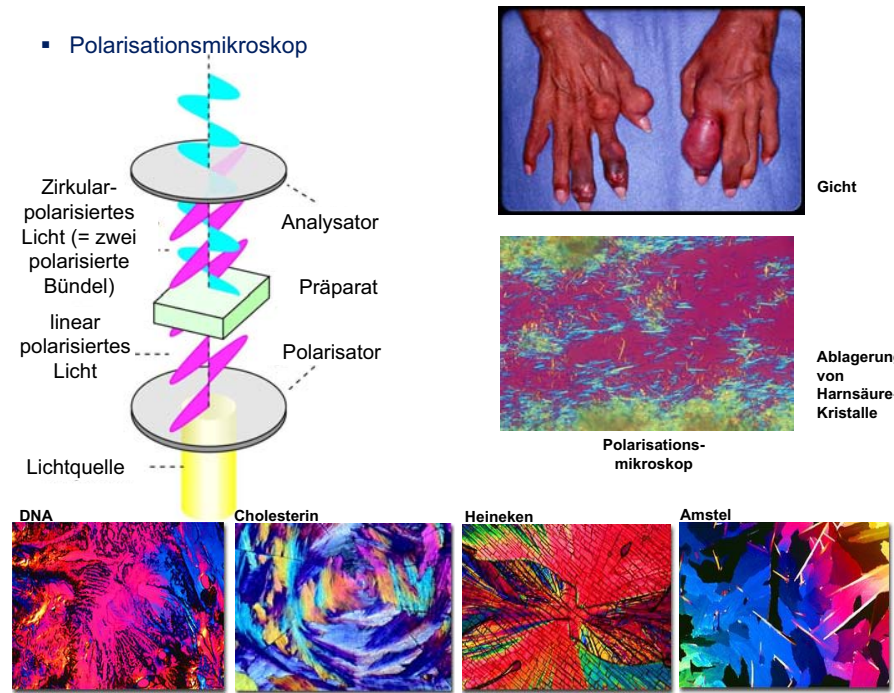
16

▪ Stereomikroskop



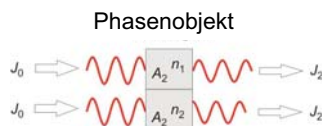
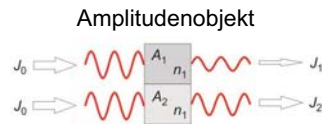
17

▪ Polarisationsmikroskop

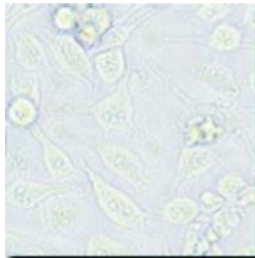


18

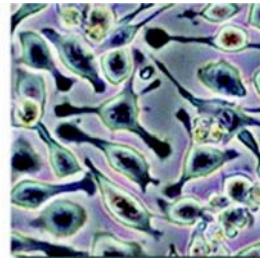
▪ Phasenkontrastmikroskop



Gliahirnzellen



Gewöhnliches Mikroskop

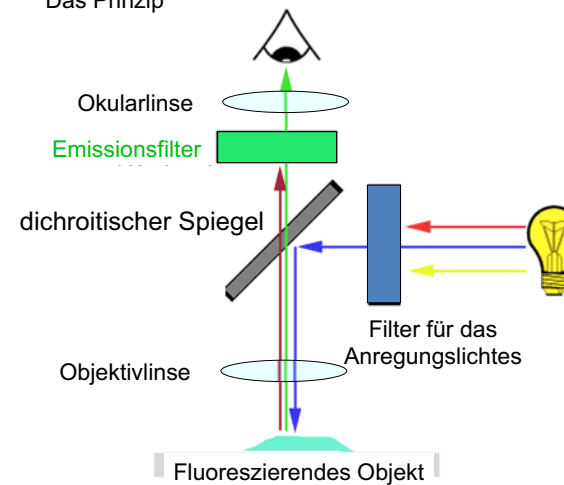


Phasenkontrastmikroskop

19

▪ Fluoreszenzmikroskop

Epifluoreszenz-Anordnung:
Das Prinzip



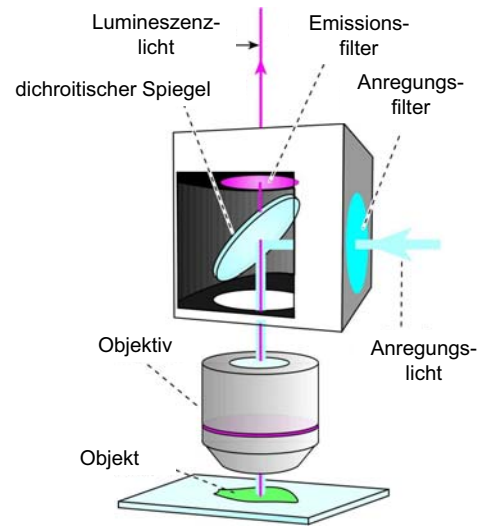
ATP-Verteilung
visualisiert mit Luciferin



Konventionelle
mikros-kopische
Aufnahme

Epifluoreszenz-Anordnung:

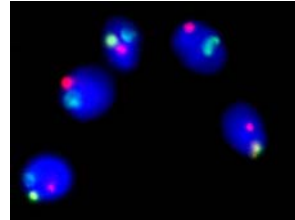
Die praktische Realisierung



Lebende und tote Spermien

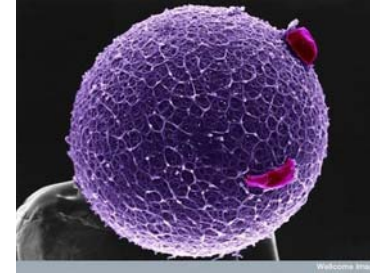


X und Y Chromosomen

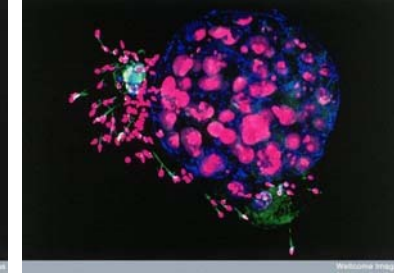


21

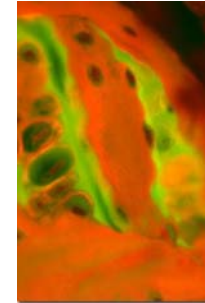
Eizelle



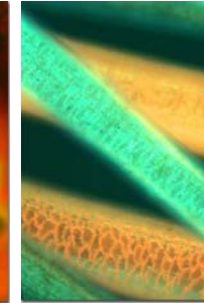
Eizelle nach Befruchtung



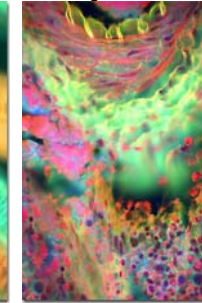
???



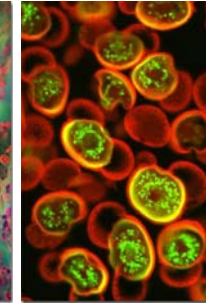
Bauchhaar



Knochengewebe

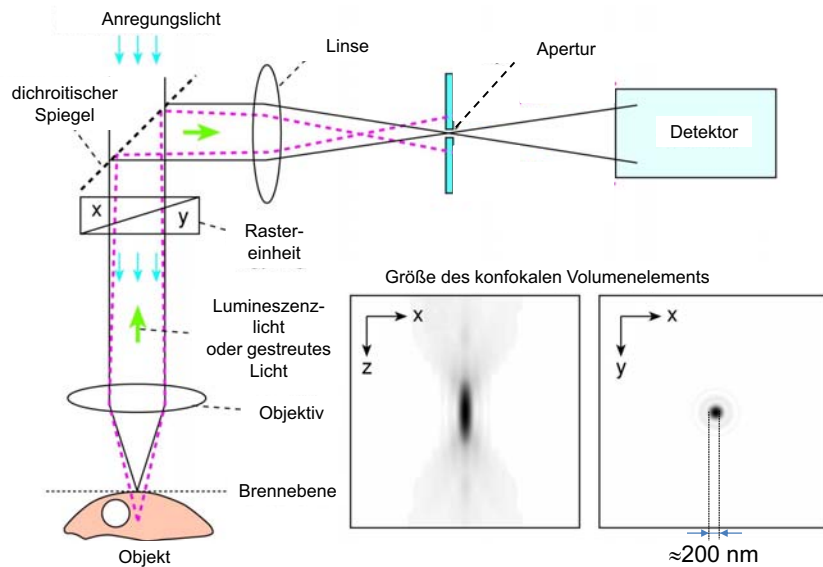


Pollen



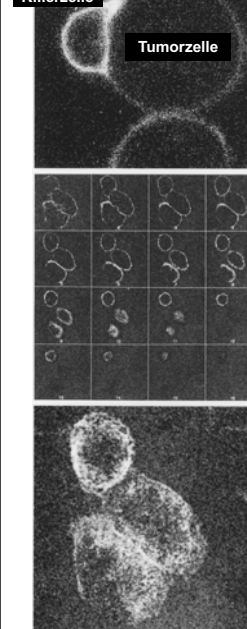
22

Konfokales Laser Rastermikroskop (CLSM)

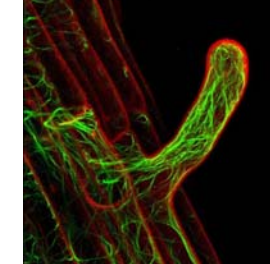


23

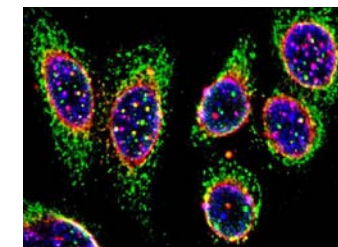
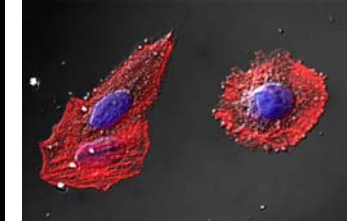
natürliche Killerzelle



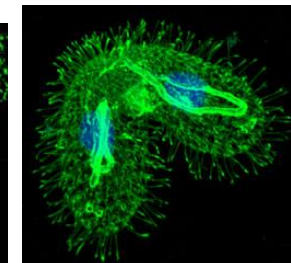
Aktinfaden (grün)



Aktinfaden (blau)



DNA



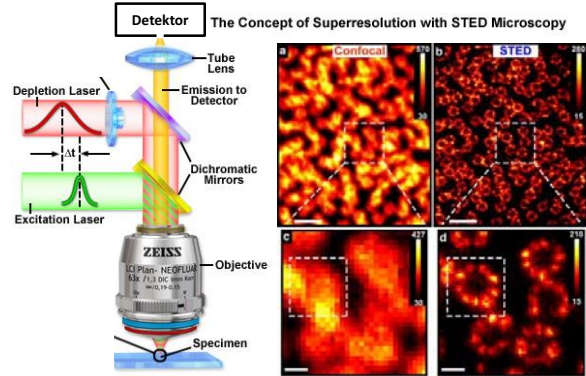
Mikrotubuli (grün)

24

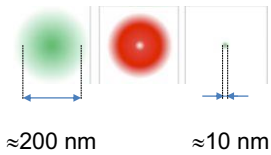
c) Superresolutionsmikroskopie. Beispiel: STED



Stefan W. Hell
Nobel Preis 2014
Semmelweis Award 2016



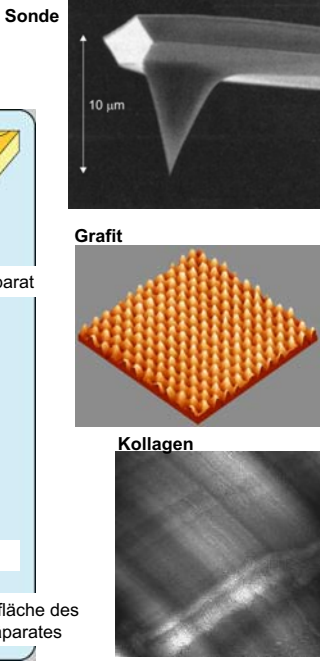
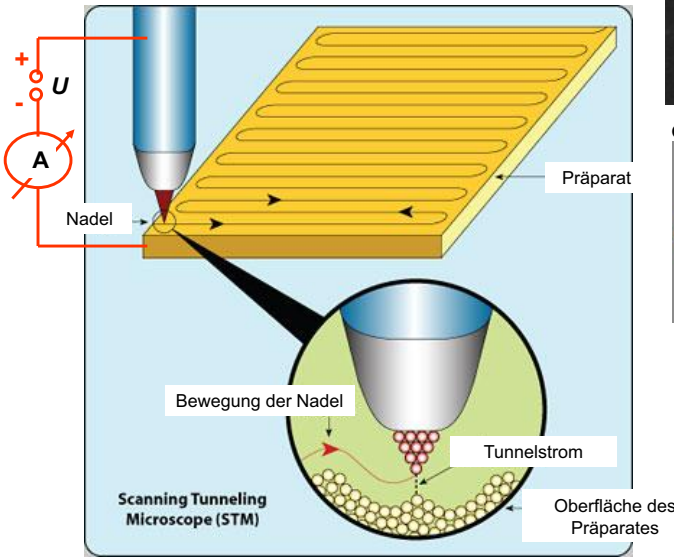
STED: Stimulierte Emission Depletion



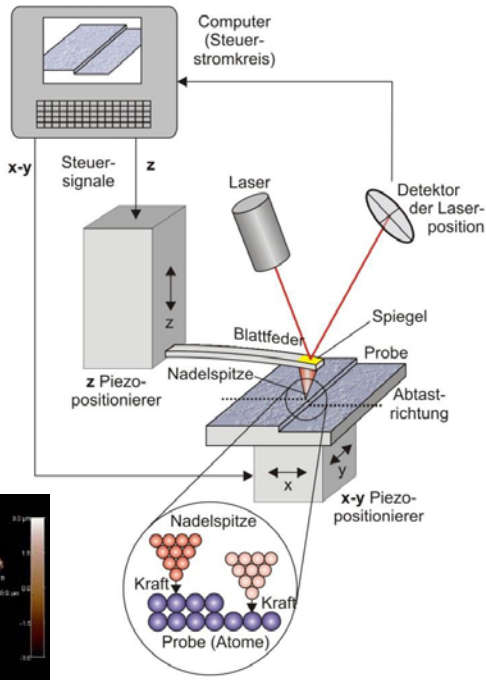
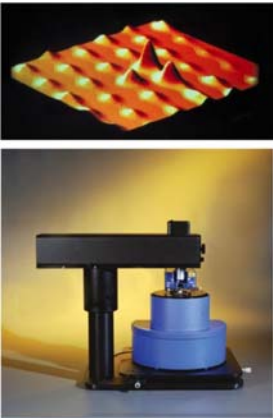
- Anregung
- Stimulierte Emission
- Fluorophore nur in sehr kleinen Raumteil emittieren
- Abtastung

d) Rastersondenmikroskope (SPM)

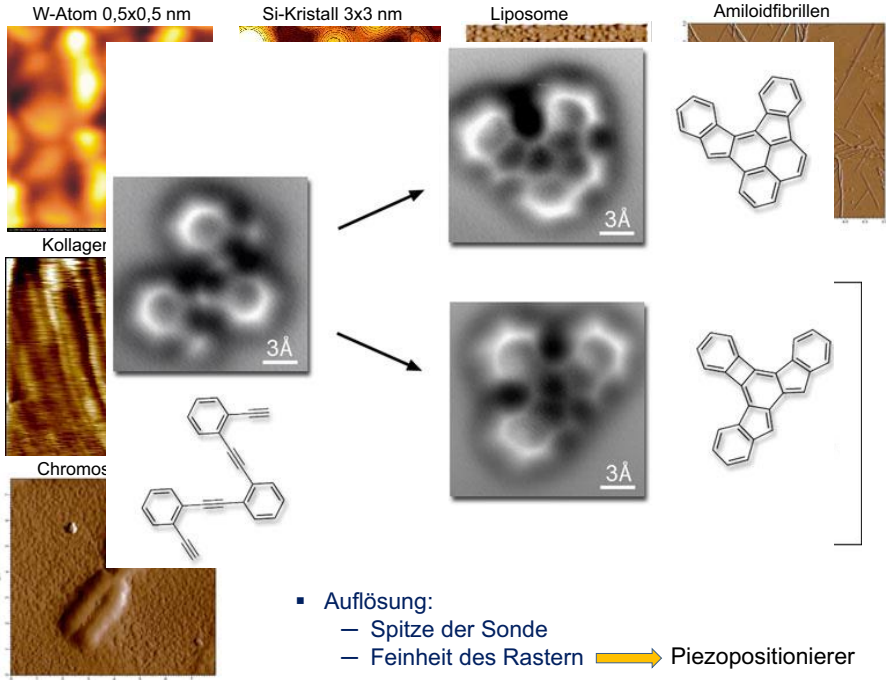
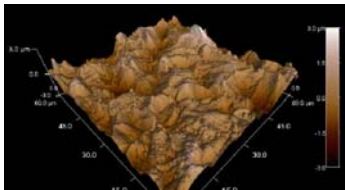
- Rastertunnelmikroskop (STM)



- Rasterkraftmikroskop (AFM)



Titan-Oberfläche



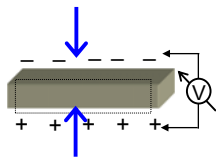
- Auflösung:
 - Spitze der Sonde
 - Feinheit des Rastern → Piezopositionierer

- Piezoelektrizität (piezoelektrischer Effekt)

(s. später Sonographie)

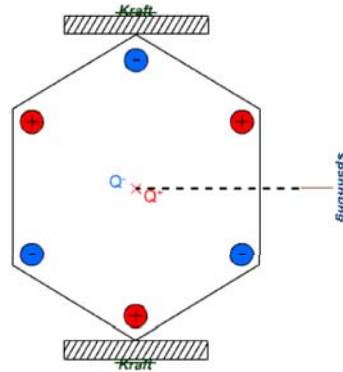


Deformation



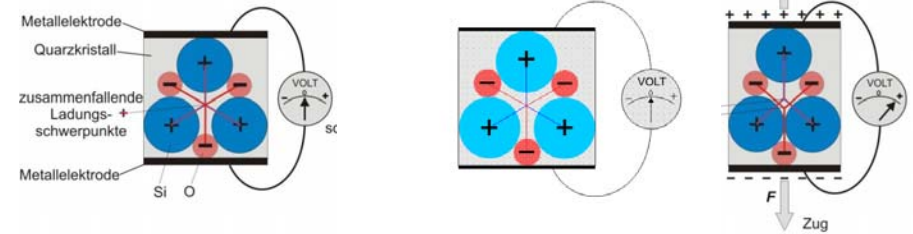
$$U = \delta \cdot \Delta x$$

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

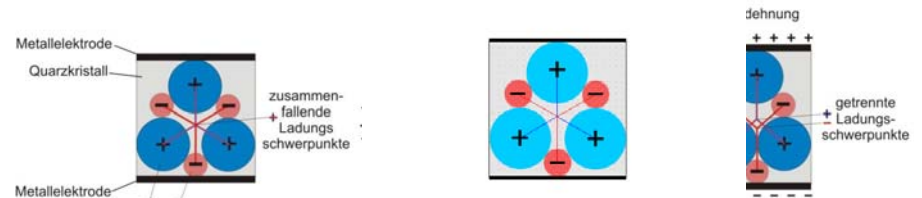


29

- Direkter piezoelektrischer E



- Inverser piezoelektrischer E

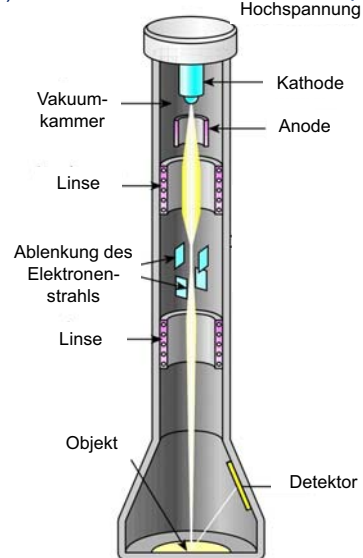
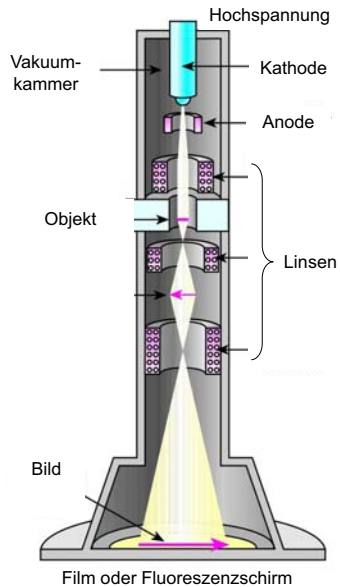


30

- c) Elektronenmikroskope

- Transmissionselektronenmikroskop (TEM)

- Rasterelektronenmikroskop (SEM)



31

- Auflösungsgrenze (δ):

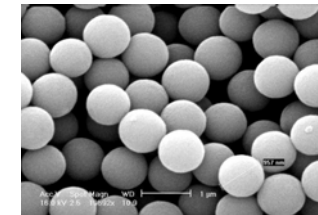
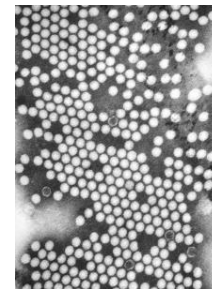
$$\delta \approx \frac{\lambda}{NA}$$

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

$$NA \approx 0,03$$

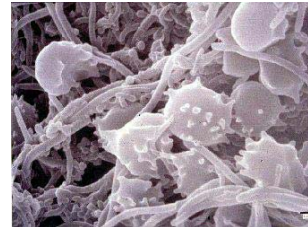
$$\delta \approx 0,2 \text{ nm}$$

Viren der Kinderlähmung (TEM)

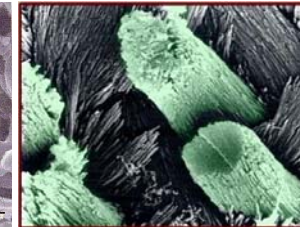


TiO-Kugeln (SEM)

Zahnplaque (SEM)



Zahnschmelzprismen mit den Apatitkristallen (SEM)



Dentin mit den Odontoblasten (SEM)

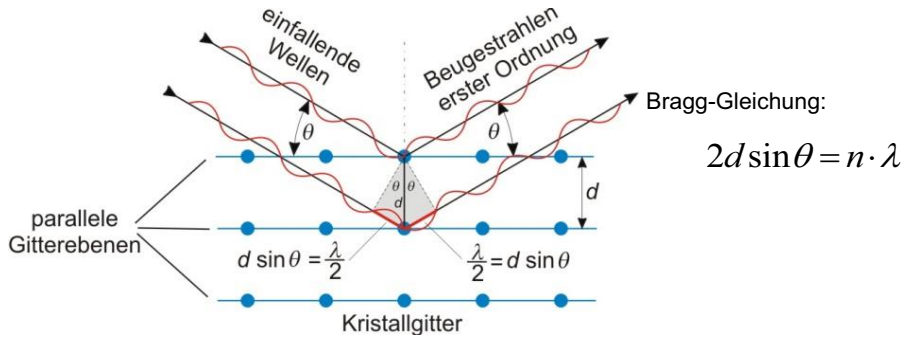
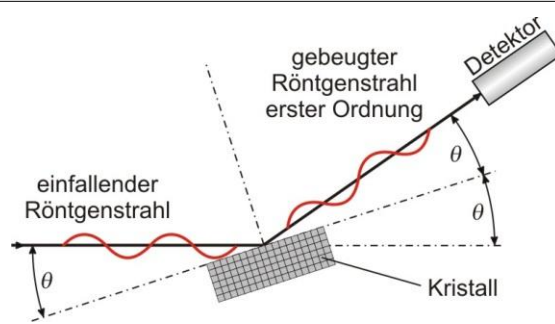


32

3. Diffraktionsmethoden

a) Röntgendiffraktion

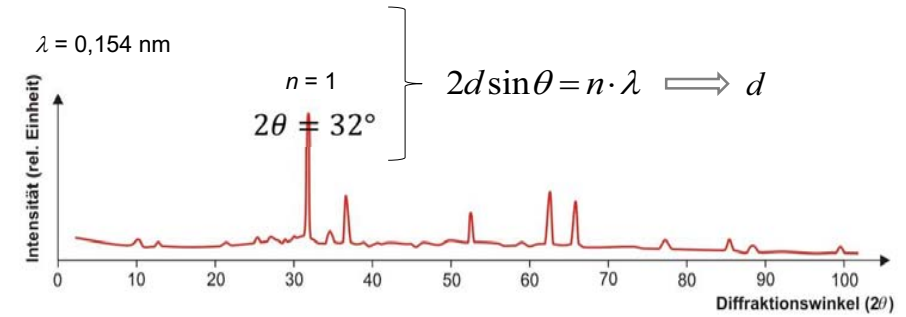
$\lambda \approx 0,01\text{-}0,1 \text{ nm}$



33

Beispiel:

Röntgendiffraktionsspektrum von Blei (Pb)



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

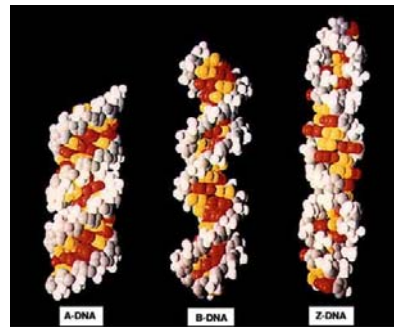
c) Neutronendiffraktion $\approx 0,01 \text{ nm}$

34

Beispiele:

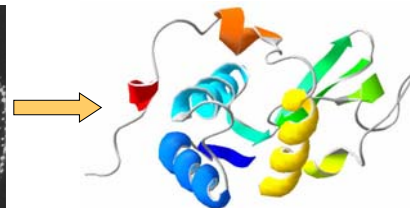
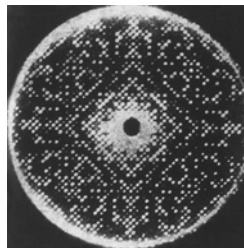


DNA



Lysozyme

Protein-Kristall



35

PDB Database: 3D Makromolekülstrukturen meistens mit Hilfe der Rtgdiffraktion bestimmt

RCSB PDB - Mozilla Firefox

14.11.2016: 124286

Fájli Szerkesztés Nézet Előzmények Könyvjelzők Eszközök Súgó

www.pdb.org/pdb/home/home.do

RCSB PDB PROTEIN DATA BANK

PDB-101

An Information Portal to Biological Macromolecular Structures

As of Tuesday Feb 14, 2012 at 4 PM PST there are 79,356 Structures | PDB Statistics

Search | All Categories: e.g., PDB ID, molecule name, author

Biological Macromolecular Resource

Full Description

Featured Molecules

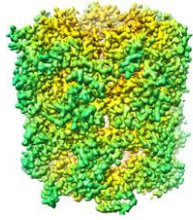
Structural View of Biology

Molecule of the Month

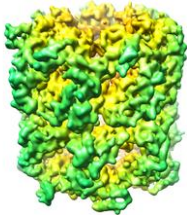
Aminoglycoside Antibiotics

The discovery of streptomycin in 1944 provided the first effective treatment for tuberculosis. Ever since then, we have fought an escalating battle with

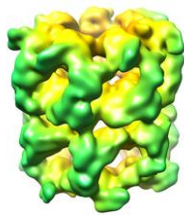
GroEL bei verschiedenen
Auflösungen:



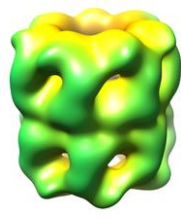
0,4 nm



0,8 nm

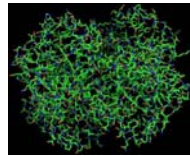
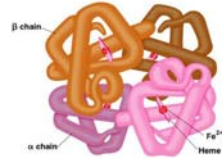
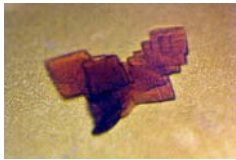


1,6 nm



3,2 nm

Hämoglobin:



37

Hausaufgaben: ■ Neue Aufgabensammlung
10.1-3 und 9-10



38