



Röntgenstrahlung

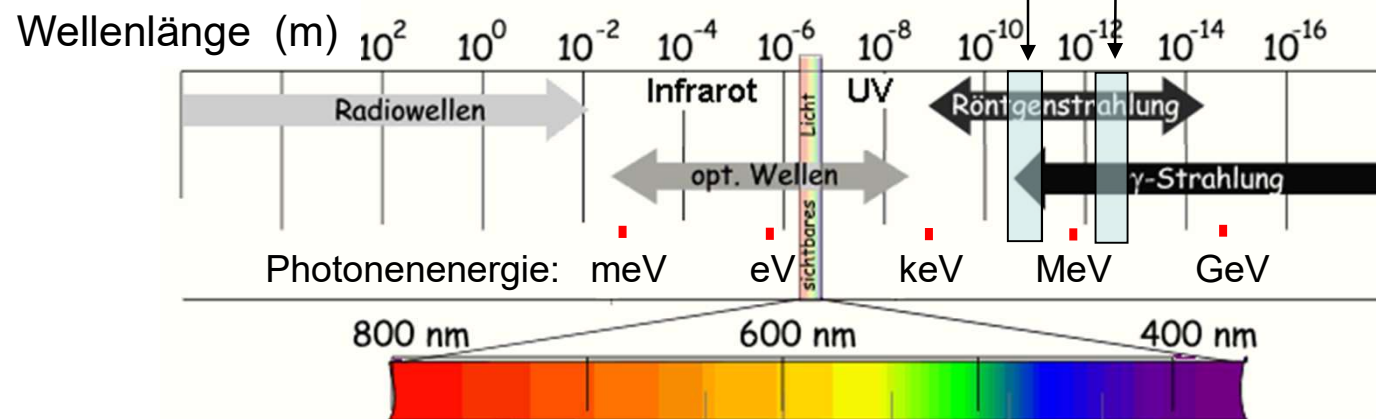
Erzeugung und Eigenschaften

Physikalische Grundlagen

der Röntgendiagnostik

Charakterisierung der Röntgenstrahlung

- elektromagnetische Strahlung
- Photonenergie:
 - Diagnostik: 30-200 keV
 - Therapie: 5-20 MeV
- Wellenlänge:
 - ~ einige 10 pm (Diagn.)
 - ~ 100 fm (Ther.)



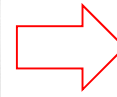
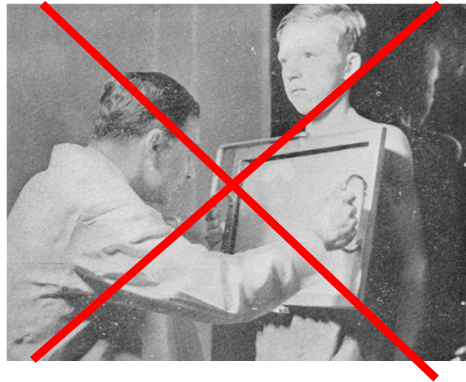
- Wirkungen:

- Ionisation
- Lumineszenz (Fluoroskopie, Bildverstärker)
- chemische (z.B. Photographie)
- biologische (Strahlenschädigung)

- Entstehung: in der Elektronenhülle

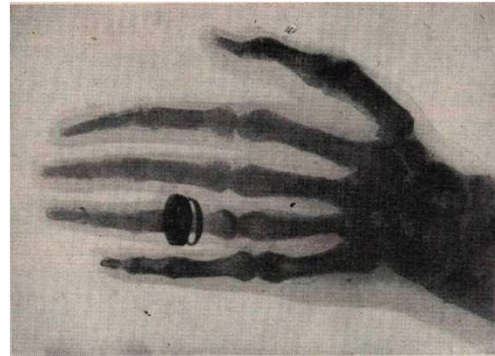
- Typen

- Bremsstrahlung
- charakteristische Strahlung



Historie

- 1895 Wilhelm Conrad Röntgen
X-Strahlung (X-ray)
 - 1896 erste
medizinische
Anwendung
 - 1901 Nobel Preis
(erster Nobel Preis in Physik)
- ... heute:
3D Röntgen-CT



Entstehung der Röntgenstrahlung

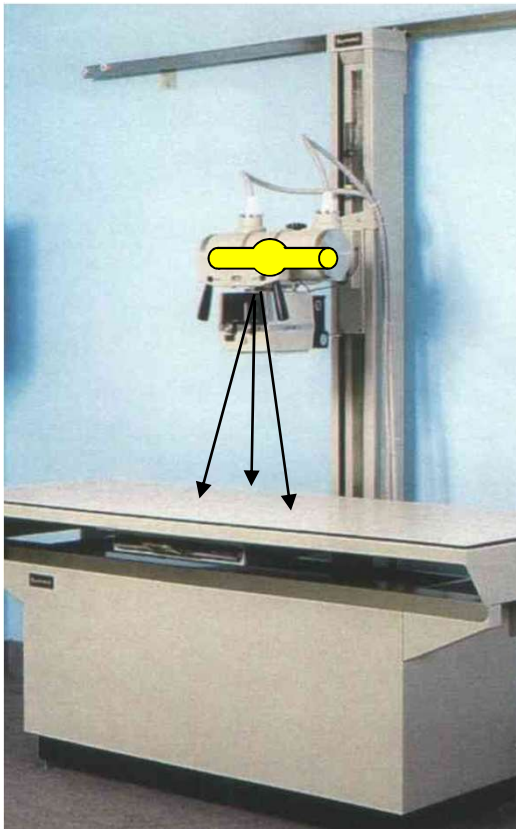
Röntgenstrahlung Entsteht wenn
hochenergetische (beschleunigte)
geladene Teilchen ihre Energie abgeben.

Elektronen E_{kin}

Röntgenröhre (Diagnostik)
Teilchenbeschleuniger (Therapie)

Geräte zur Erzeugung der Röntgenstrahlung

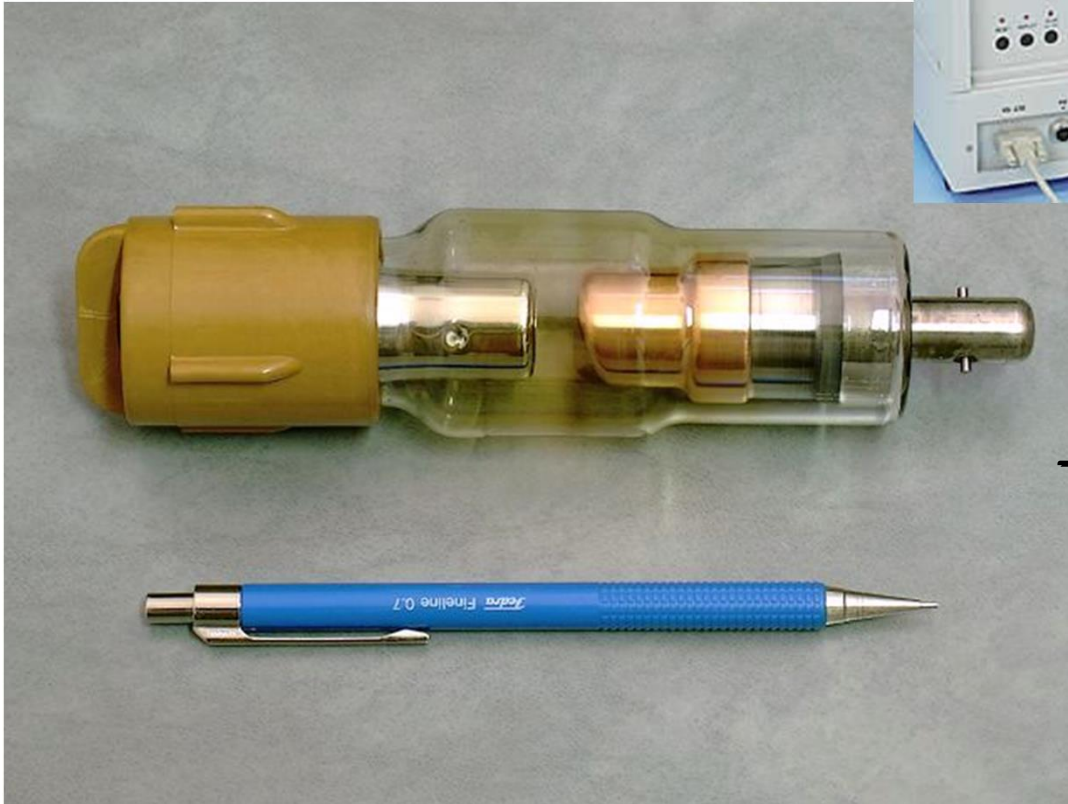
Röntgenröhre

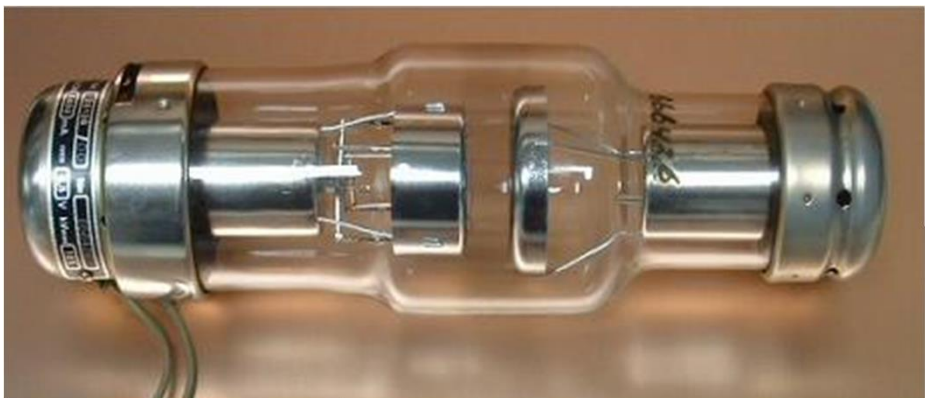


Teilchenbeschleuniger

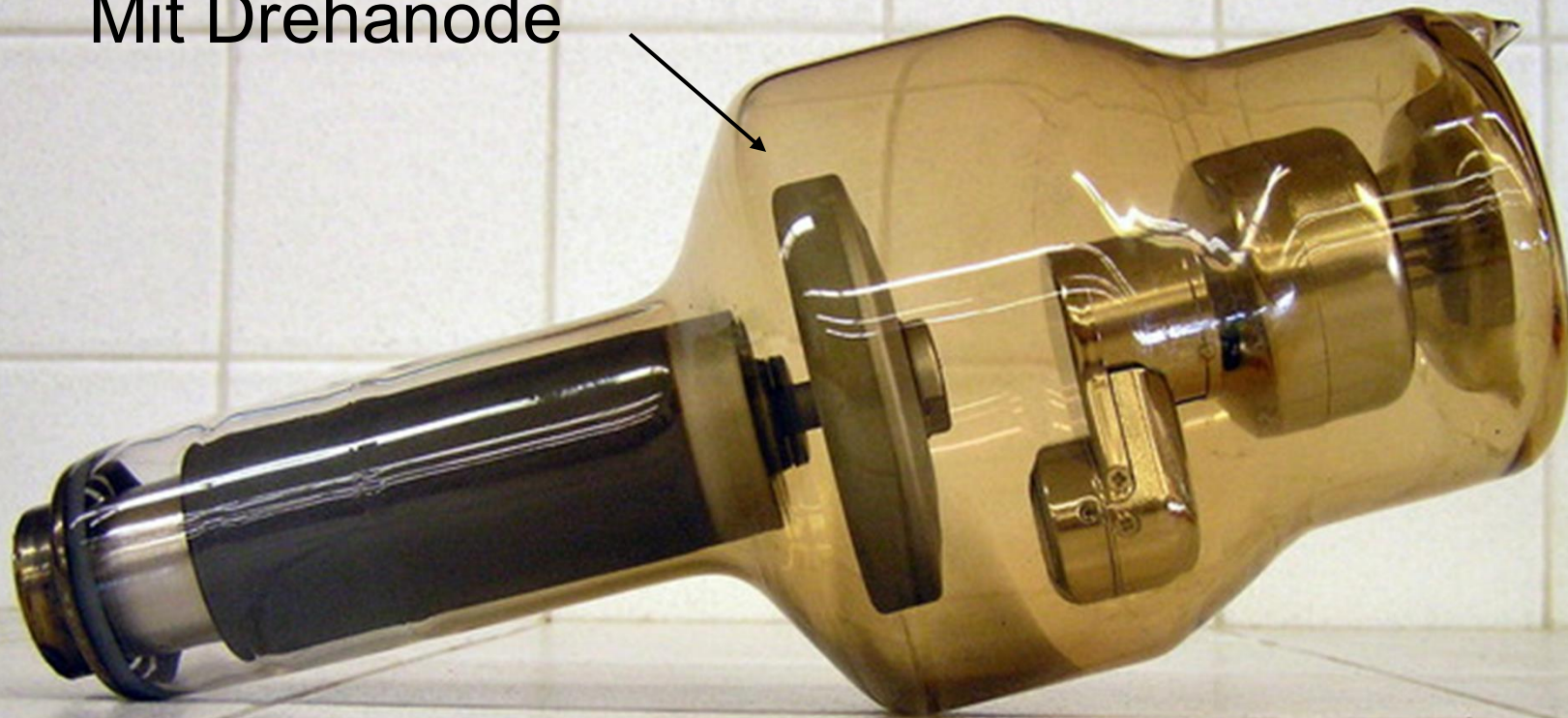


Die Röntgenröhre

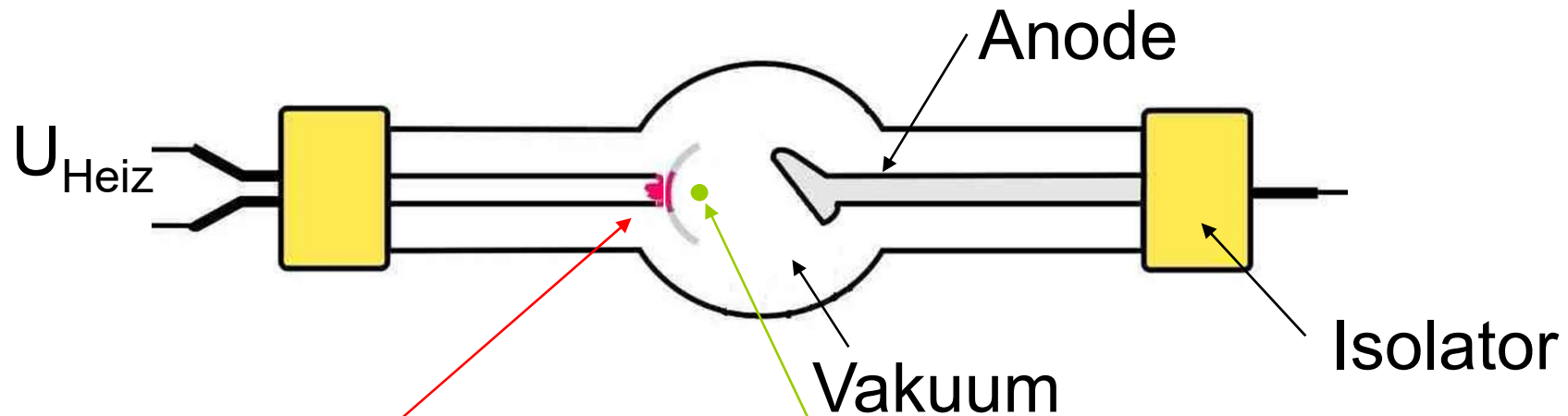




Mit Drehanode



Die Röntgenröhre (1)

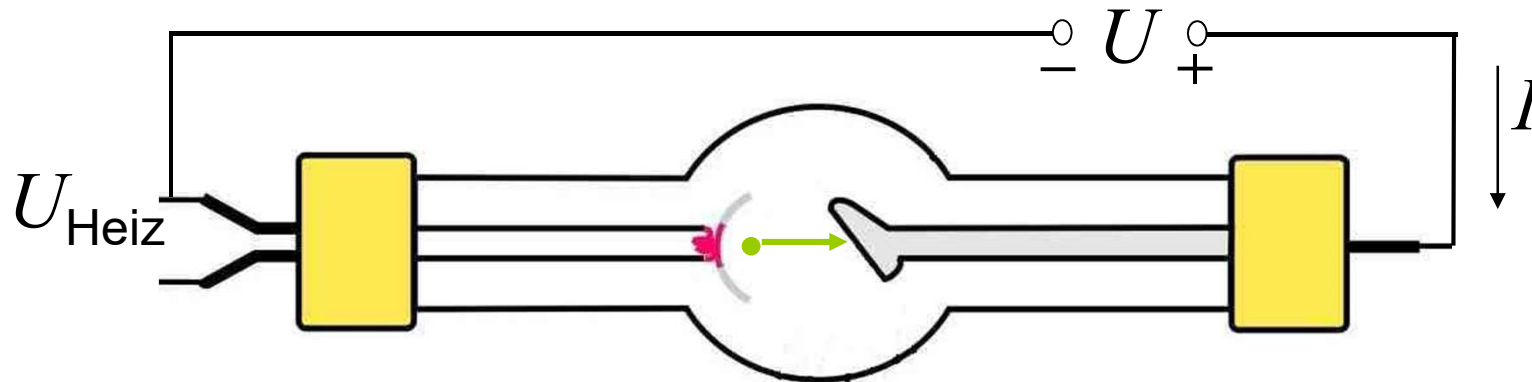


Heizkathode: Heizung (T Erhöhung) \Rightarrow Erhöhte thermische Energie \Rightarrow **Elektronen** treten aus der Kathode aus.

(Glühelektrischer Effekt)



Die Röntgenröhre (2)



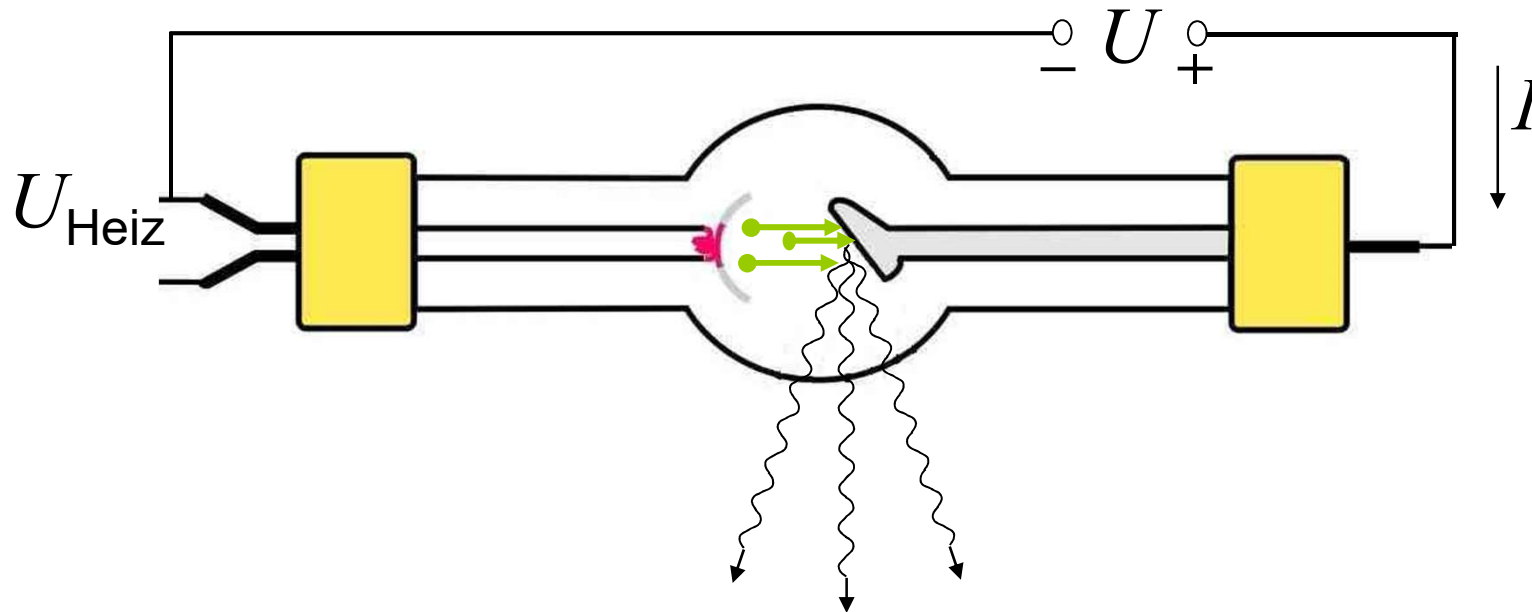
Anodenspannung(U) (typisch 30-200 kV):
beschleunigt die Elektronen

$$U \cdot e = E_{\text{kin}}$$

Elementarladung
 $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

kinetische Energie
des beschleunigten Elektrons

Die Röntgenröhre (3)

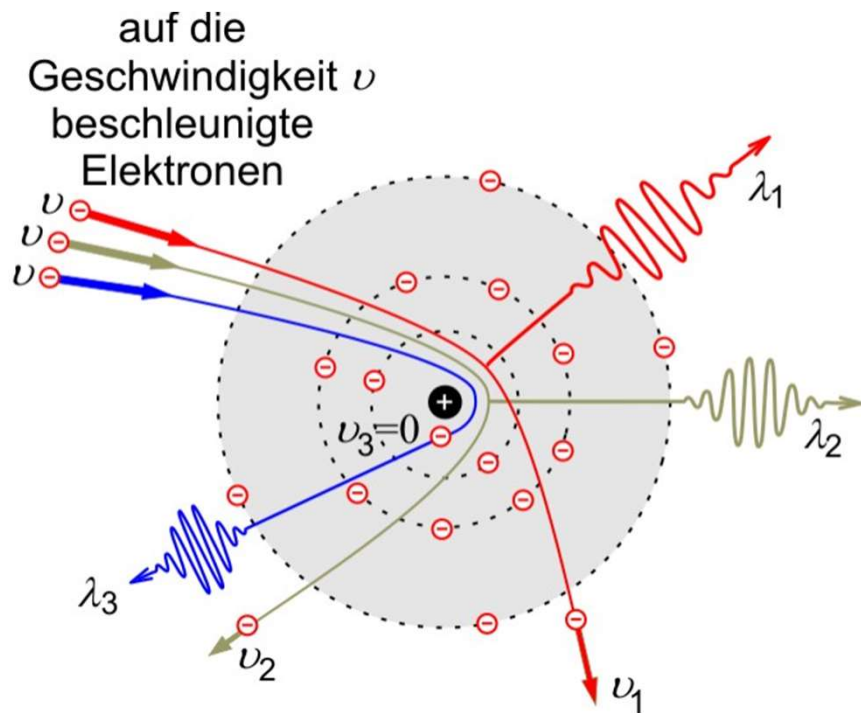


Röntgenstrahlung entsteht wenn die beschleunigten Elektronen auf die Anode prallen.

1. Abbremsung (Bremsstrahlung)
2. Elektronenausstoß+Elektronenübergang
(Charakteristische Str.)

Bremsstrahlung

Kinetische Energie \Rightarrow Photonenenergie (Rtg)
 \Rightarrow Thermische Energie



$$E_{\text{kin}} \geq hf$$

$$Ue = E_{\text{kin}} \geq hf = h \frac{c}{\lambda}$$

$$Ue \geq h \frac{c}{\lambda}$$

$$\lambda \geq \frac{hc}{Ue} = \lambda_{\text{min}}$$

Grenzwellenlänge, Duane-Hunt Gesetz

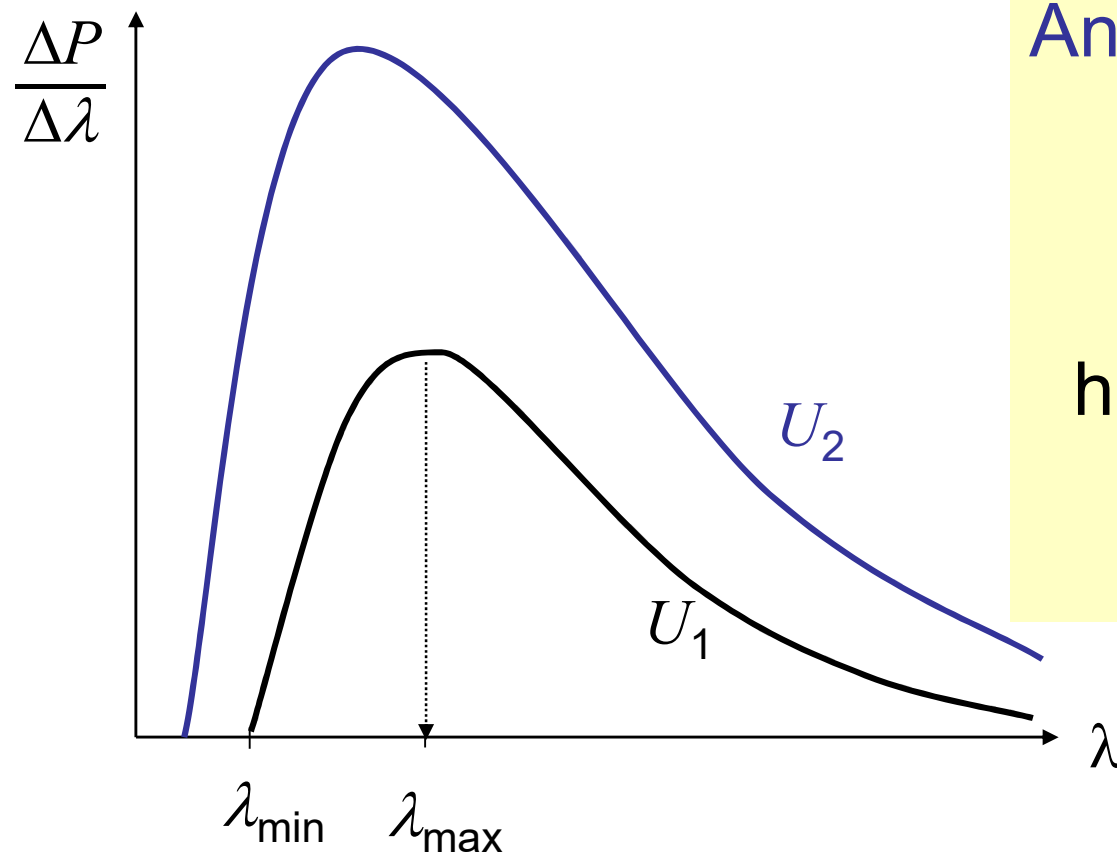
$$\lambda \geq \frac{hc}{U_e} = \lambda_{\min}$$

Konst.

$$\lambda_{\min} = \frac{1230 \text{ kV} \cdot \text{pm}}{U}$$

nicht SI
aber praktische
Einheit

Emissionsspektrum der Bremsstrahlung

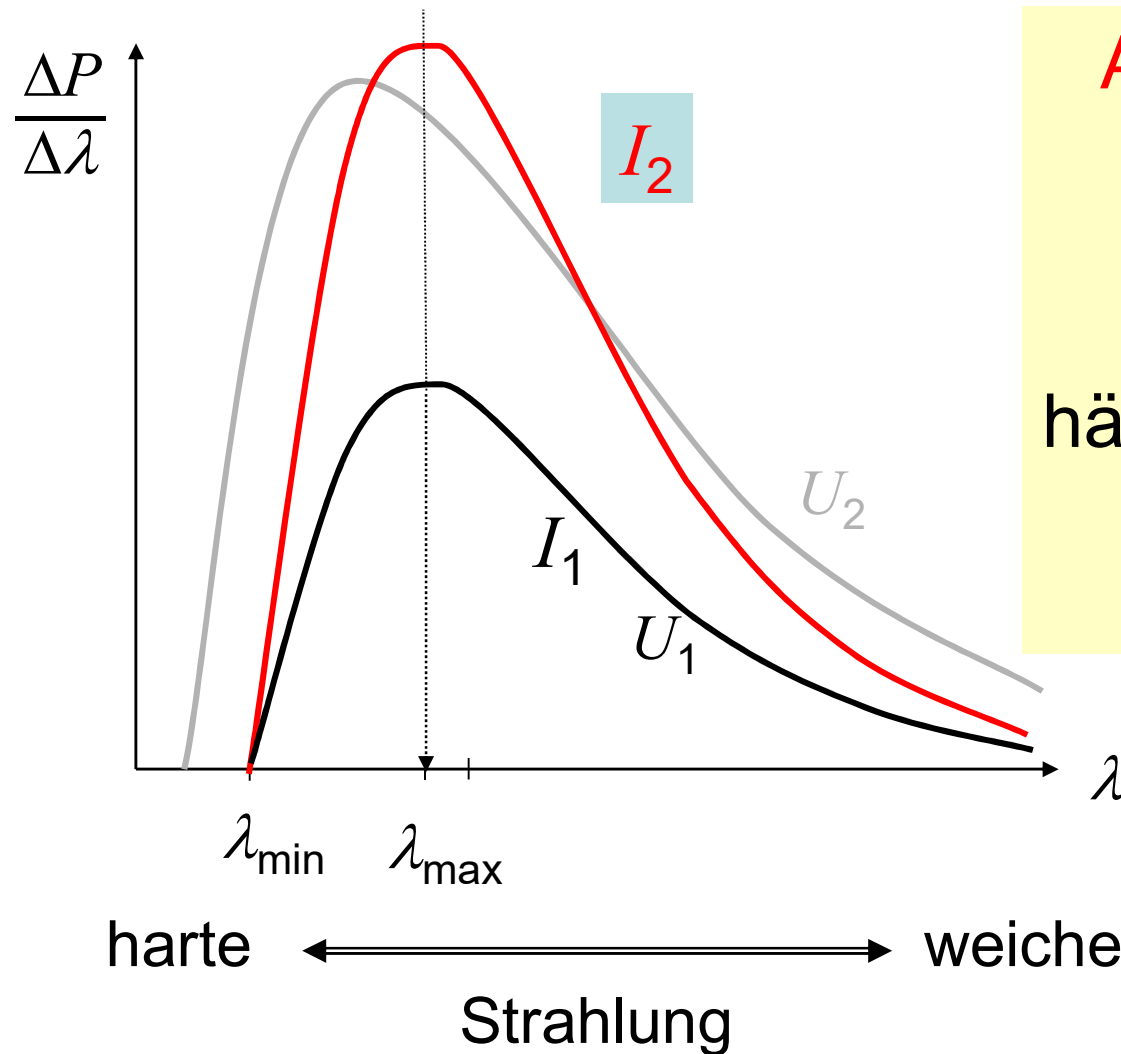


Anodenspannung \uparrow
 $\lambda_{\min} \downarrow$
 $\lambda_{\max} \downarrow$
 $E_{\text{photon}} \uparrow$
härtere Strahlung
 $N_{\text{photon}} \uparrow$
Leistung $\uparrow\uparrow$

$$P \sim U^2$$

harte \longleftrightarrow weiche
Strahlung

Emissionsspektrum der Bremsstrahlung



Anodenstrom \uparrow

λ_{\min} -

λ_{\max} -

E_{photon} -

härte d. Strahlung -

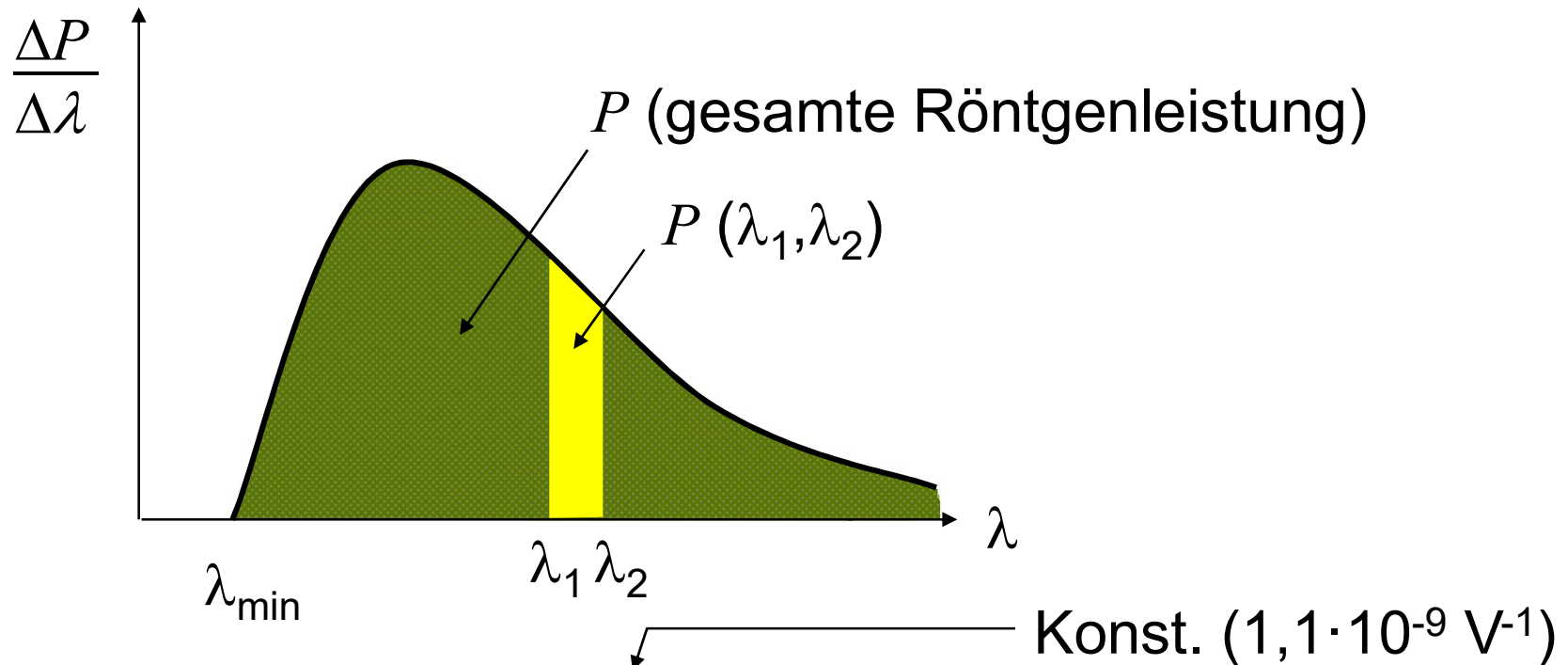
N_{photon} \uparrow

Leistung \uparrow

$$P \sim I$$

~~Ohm~~

Leistung der Röntgenstrahlung

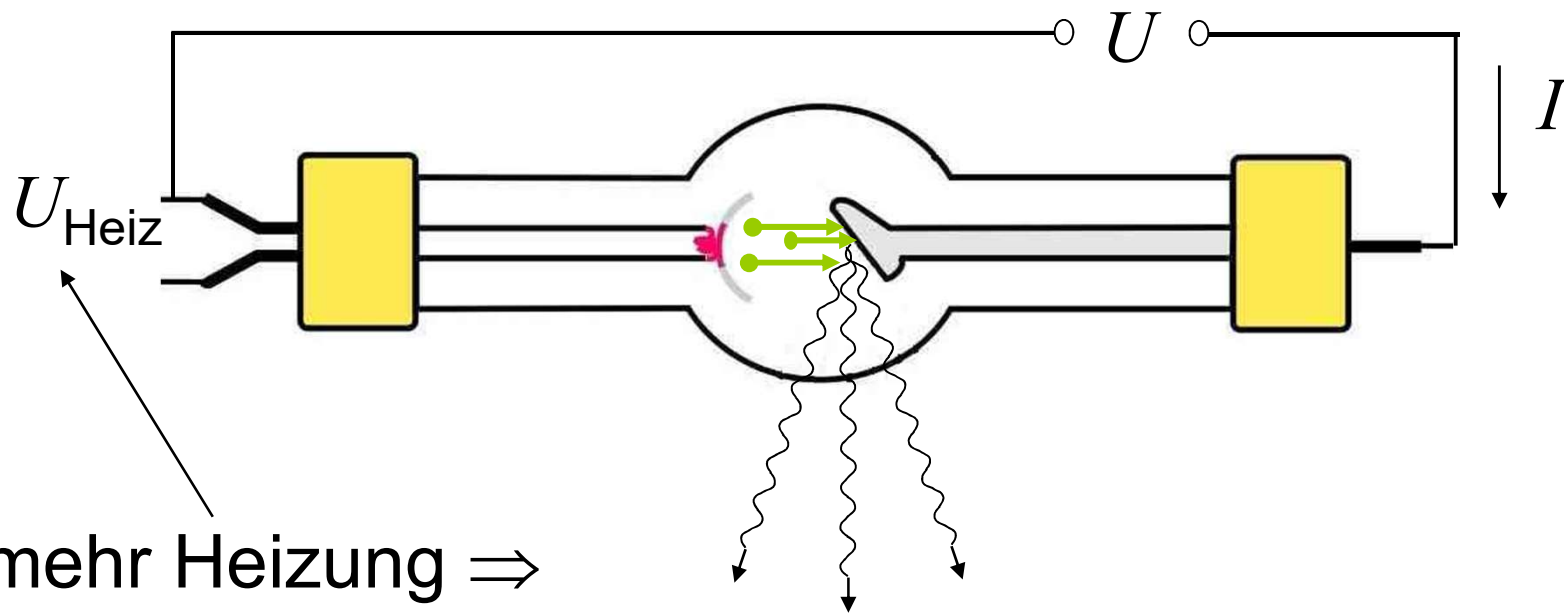


$$P = c_{\text{Rtg}} \cdot U^2 \cdot I \cdot Z$$

Konst. ($1,1 \cdot 10^{-9} \text{ V}^{-1}$)

Anodenspannung Anodenstromstärke Ordnungszahl
des Anodenmaterials

Regulierung der Anodenstromstärke



mehr Heizung \Rightarrow

mehr Elektronen treten aus \Rightarrow

größerer Anodenstrom ($I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{n \cdot e}{\Delta t}$)

Wirkungsgrad der Röntgenröhre

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{nützliche Leistung}}{\text{investierte Leistung}}$$

$$\eta = \frac{c_{Rtg} U^2 I Z}{U I} = c_{Rtg} U Z$$

$1,1 \cdot 10^{-9} \text{V}^{-1}$

Anodenmaterial mit hoher Ordnungszahl !

Praktisch: Wolfram ($Z=74$)

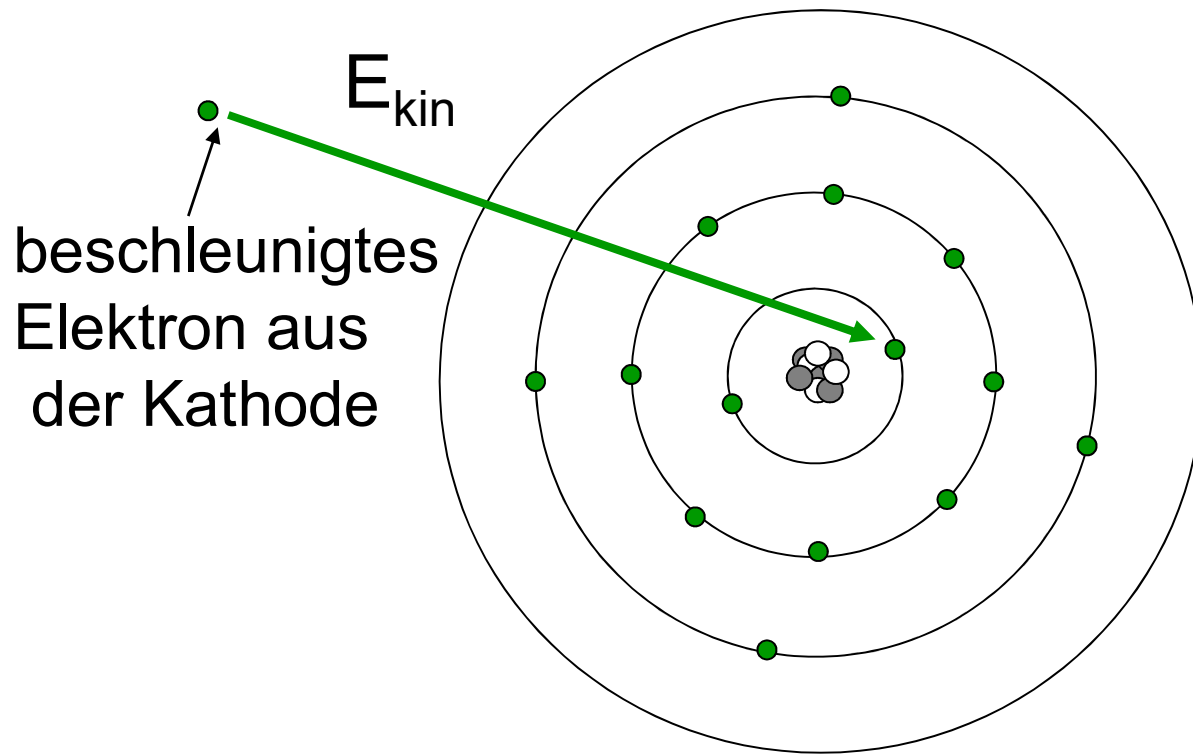
typischer η : 1% **99% Wärme!**

$Z_{\text{blei}}=82$!

$T_{\text{Schm,W}} \approx 3400^\circ\text{C}$ $T_{\text{Schm,Pb}} \approx 330^\circ\text{C}$

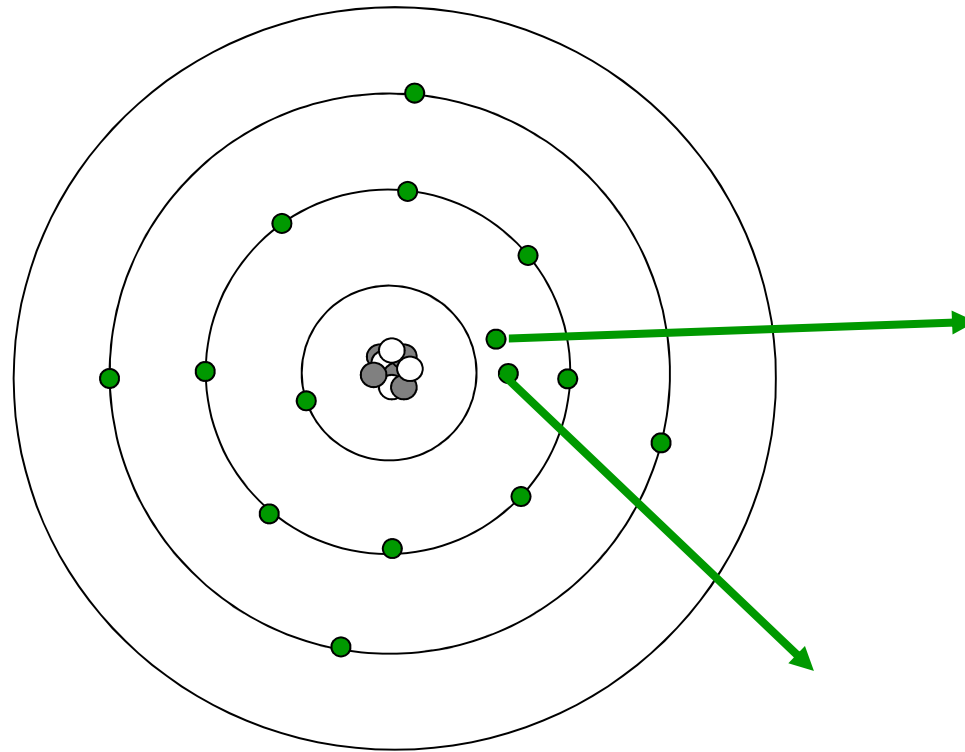
Auch Kühlung der Anode ist notwendig!

Entstehung der charakteristischen Röntgenstrahlung



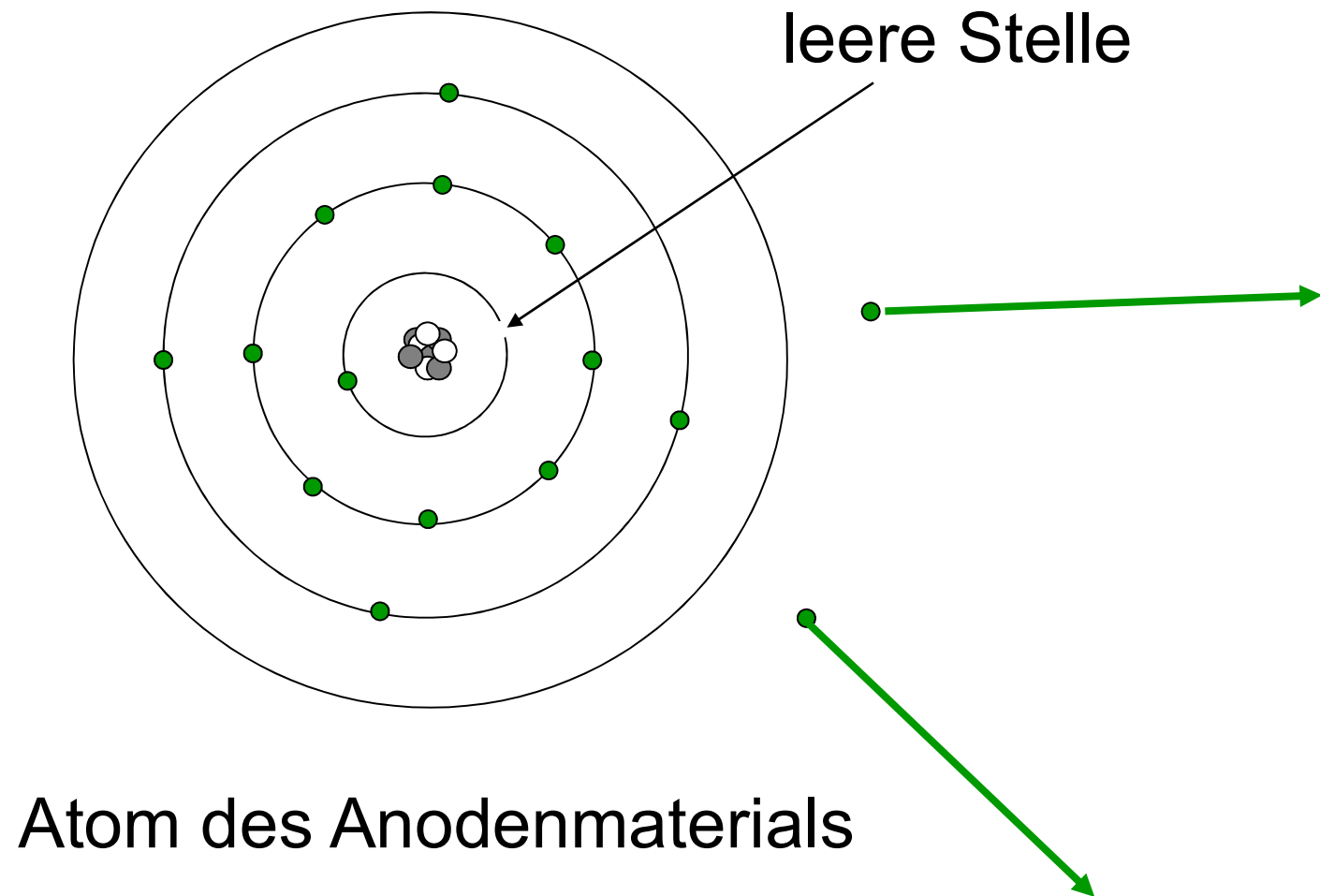
Atom des Anodenmaterials

Entstehung der charakteristischen Röntgenstrahlung

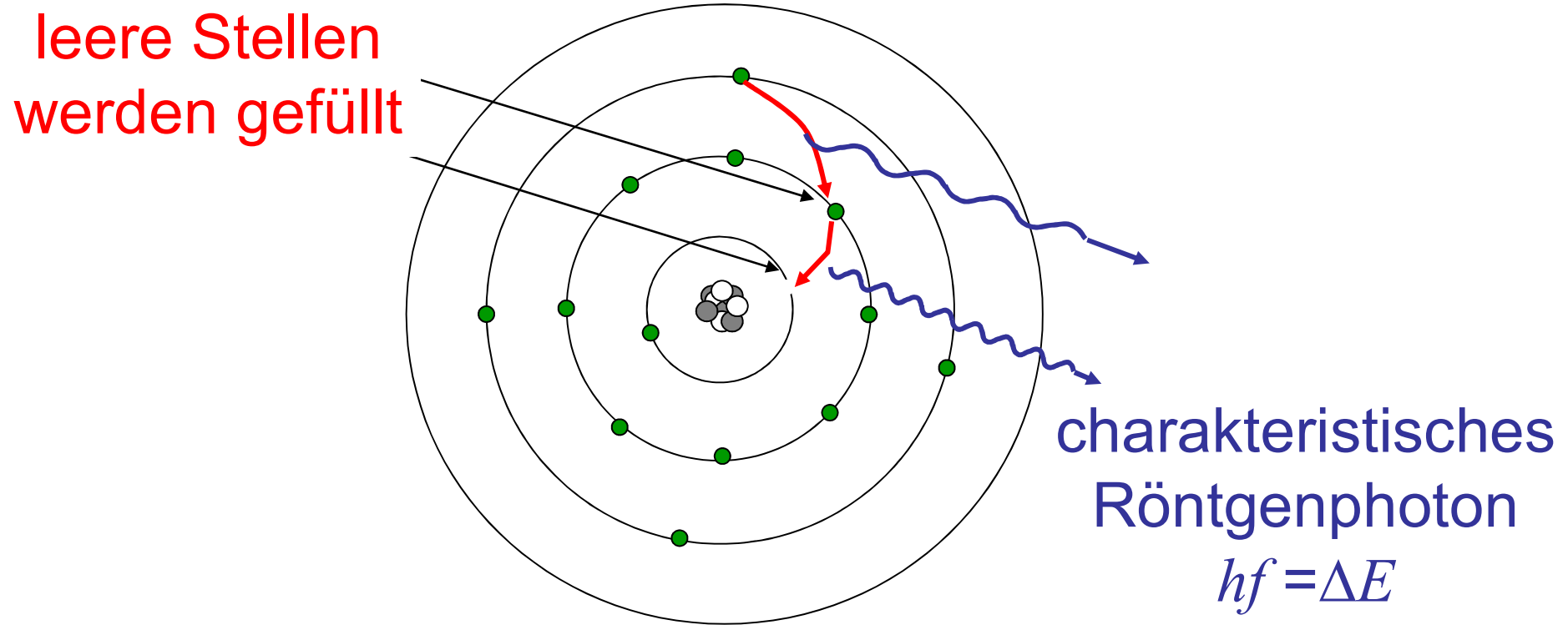


Atom des Anodenmaterials

Entstehung der charakteristischen Röntgenstrahlung

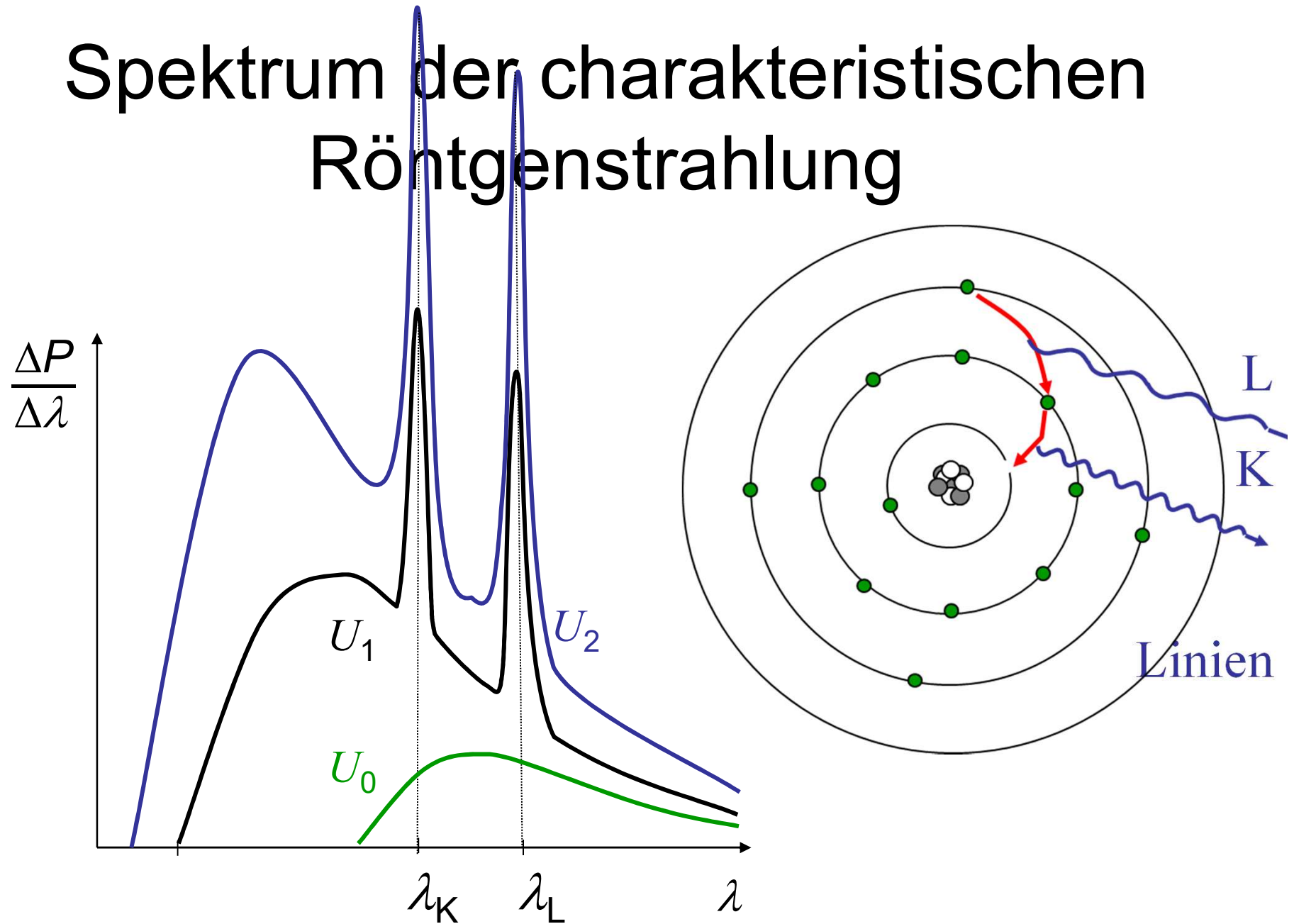


Entstehung der charakteristischen Röntgenstrahlung



Atom des Anodenmaterials

Spektrum der charakteristischen Röntgenstrahlung



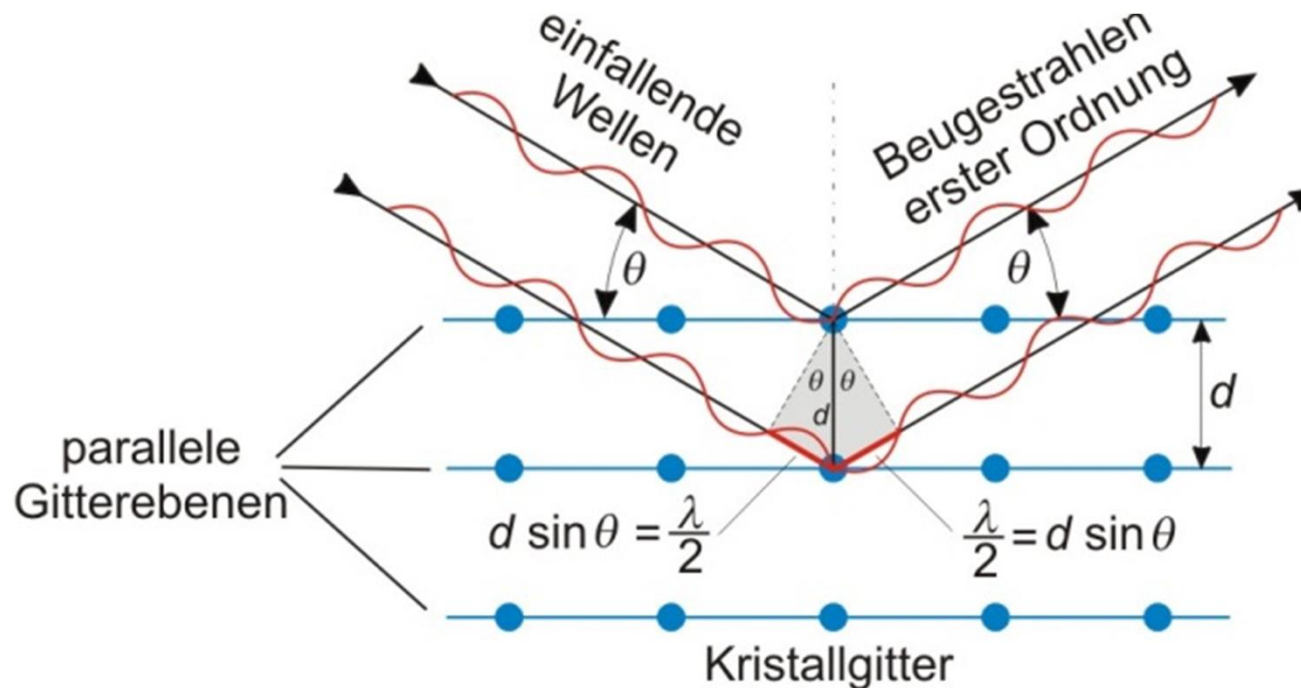
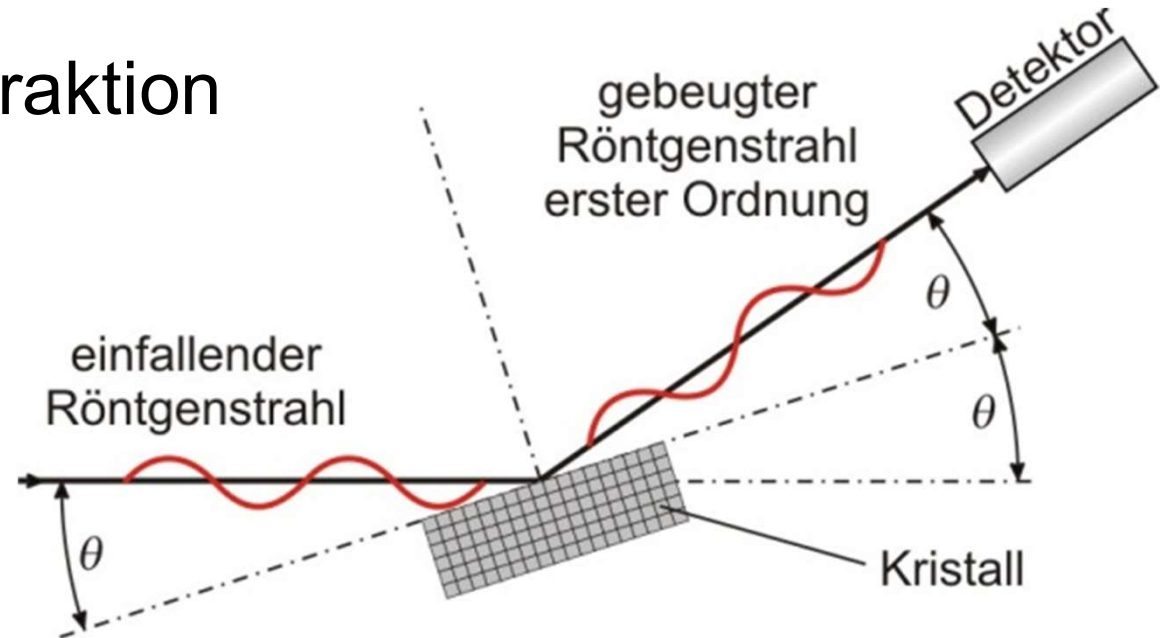
Anwendung der charakteristischen Röntgenstrahlung

fast monochromatische Röntgenstrahlung

- Diagnostik (zB.: Mammographie)
- Strukturanalyse der Materie (Röntgenbeugung)

Umweg: Röntgendiffraktion

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



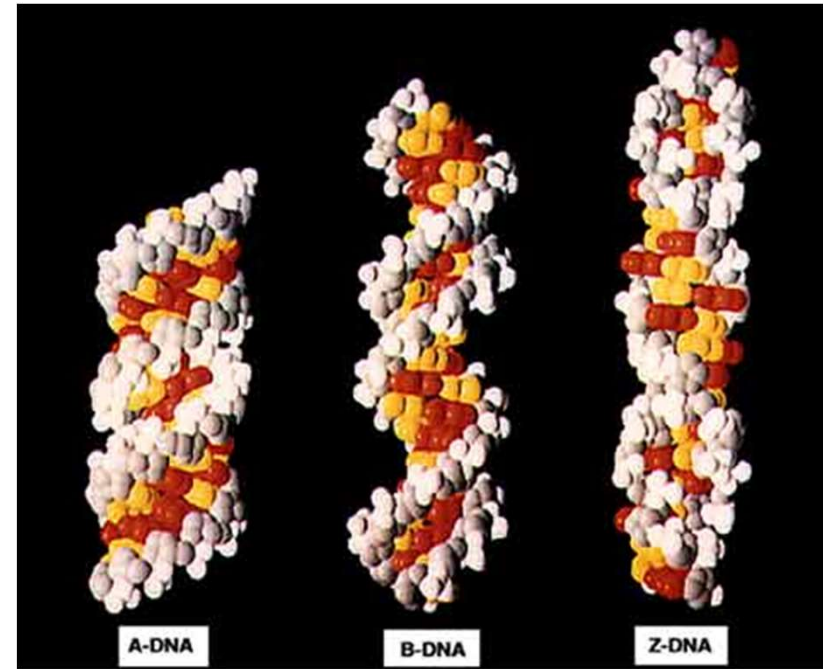
Bragg-Gleichung:

$$2d \sin \theta = n \cdot \lambda$$

Beispiele:

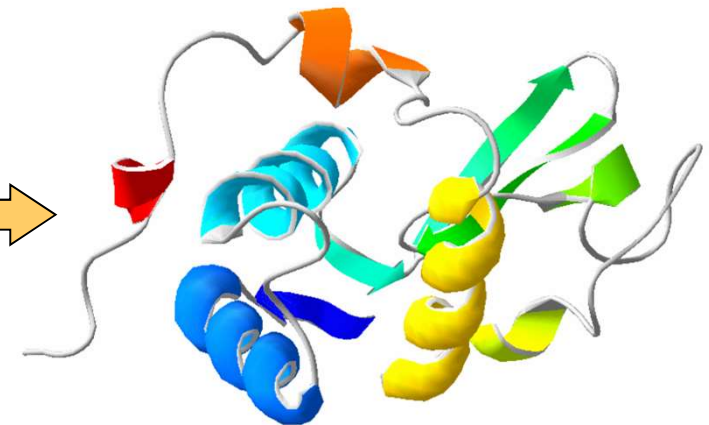
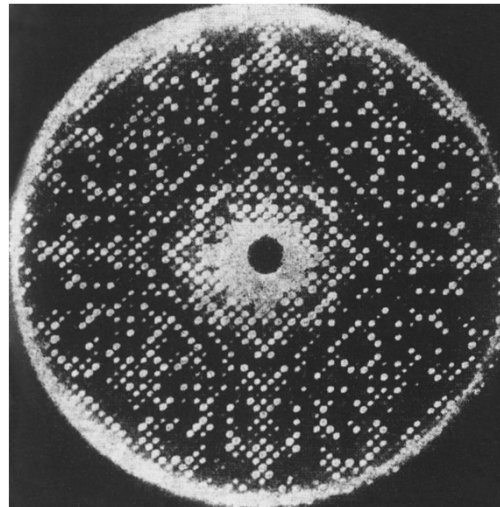
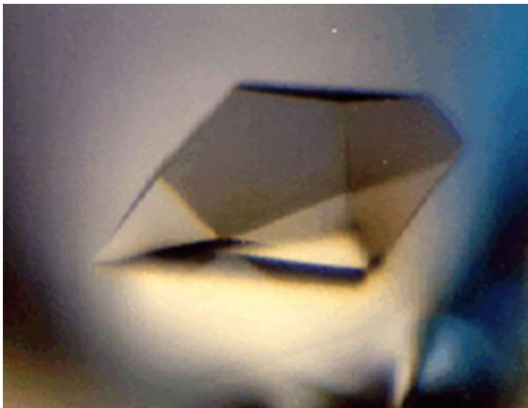


DNA



Lysozyme

Protein-Kristall



PDB Database: 3D

Makromolekülstrukturen meistens mit Hilfe der Röntgendiffraktion bestimmt

RCSB PDB - Mozilla Firefox

14.02.2021: 174507

Fájl Szerkesztés Nézet Előzmények Könyvjelzők Eszközök Súgó

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

Google

RCSB PDB PROTEIN DATA BANK

PDB-101

A MEMBER OF THE PDB

An Information Portal to Biological Macromolecular Structures

As of Tuesday Feb 14, 2012 at 4 PM PST there are ~~79256~~ Structures | PDB Statistics

All Categories Author Macromolecule Sequence Ligand

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

Browse Advanced

Customize This Page

MyPDB Hide

Login to your Account
Register a New Account
Query Results (2)
Query History (1)

Home Hide

News & Publications
Usage/Reference Policies
Deposition Policies
Website FAQ
Deposition FAQ
Contact Us

Biological Macromolecular Resource

Full Description

Featured Molecules Hide

Structural View of Biology

List View of Archive By: Title | Date | Category

Health & Disease

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

New Structures Hide

Latest Release
New Structure Papers
Search Unreleased Entries

New Features Hide

Ligands: Subcomponents and Leaving Atoms

Latest features released:

Website Release Archive: [dropdown]

RCSB PDB News Hide

A photograph of a clinical X-ray room. In the center, a large, white, C-arm X-ray machine is positioned over a patient table. The table is covered with a blue padded mat. The room has white tiled walls and a sink with a mirror above it in the background. The text is overlaid on the image.

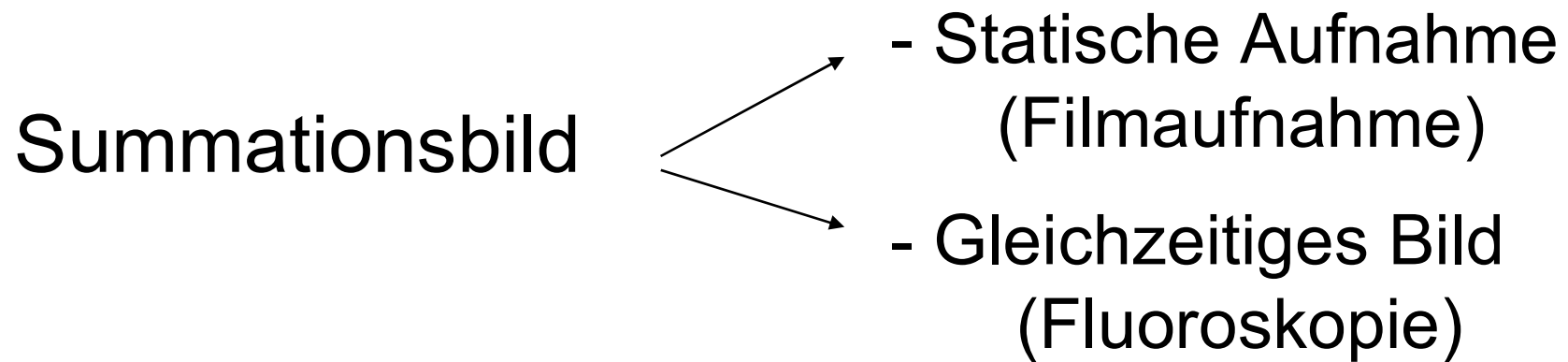
Röntgenstrahlung

Erzeugung und Eigenschaften

Physikalische Grundlagen

der Röntgendiagnostik

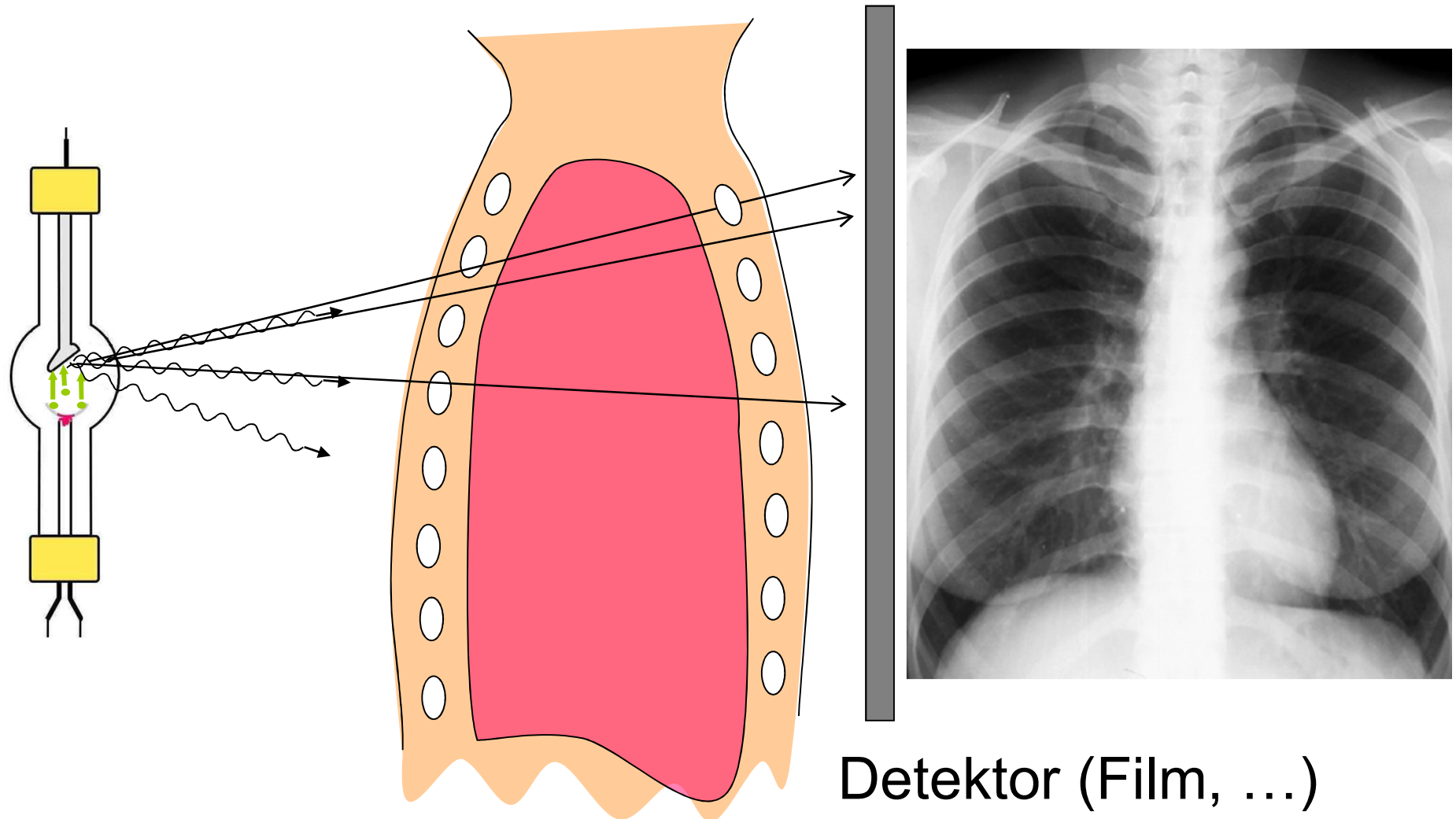
Röntgendiagnostische Verfahren



Tomographisches Bild CT

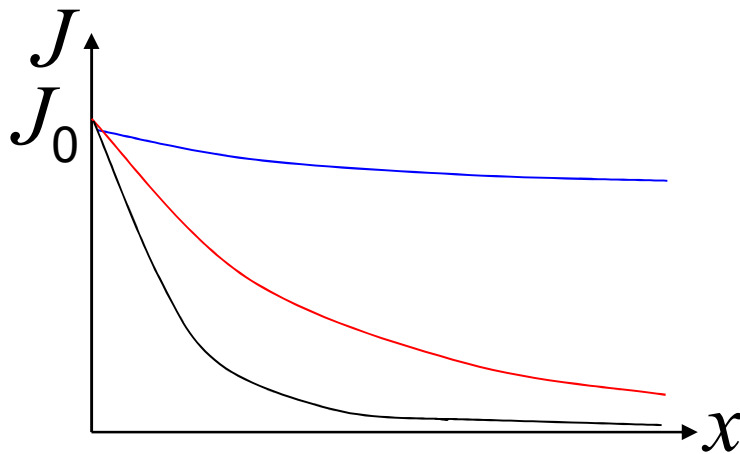
Spezialitäten: Anwendung von Kontrastmitteln,
Digitalisierung, Substraktion

Grundprinzip der Summationsaufnahmen



Röntgenbildentstehung

Grundprinzip der Röntgenbildentstehung: Unterschiedliche Strahlungsabsorption der verschiedenen Gewebe.



Luft

Weichteilgewebe

Knochen