



## 6.4 Röntgenstrahlung

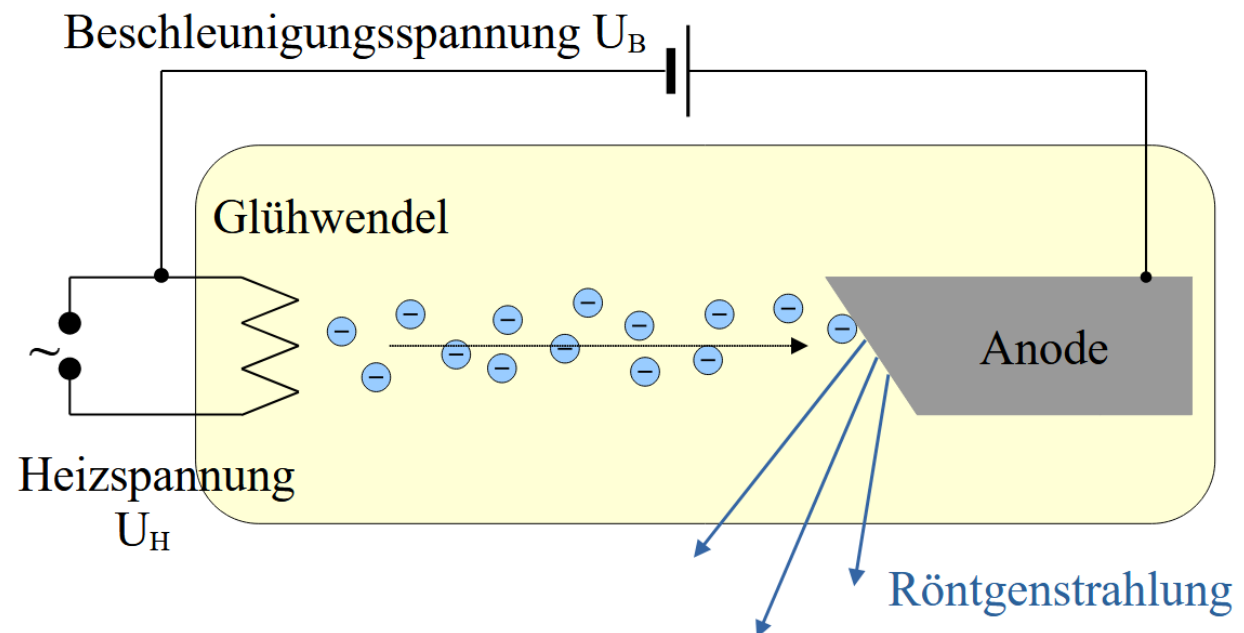
### Eigenschaften:

*Wilhelm Conrad Röntgen entdeckte 1895 an der Universität Würzburg beim Experimentieren mit Elektronenröhren (siehe Kap. 2 und 3) zufällig eine neue Art von Strahlung. Er erkannte deren Eignung und entwickelte ihren Einsatz zur medizinischen Diagnostik.*

*Finde Eigenschaften dieser Strahlung heraus, die die Untersuchung von Skelettstrukturen aber auch verschiedenen Organen ermöglichen.*

*Röntgen optimierte die uns aus Kap. 2.1 bekannte Bauweise der Elektronenstrahlröhre mit dem Ziel, die Menge und Intensität der freigesetzten Strahlung (die später nach ihm benannt wurde) zu erhöhen. 1901 erhielt er für seine Entdeckung und Entwicklung den Nobelpreis für Physik, der in diesem Jahr zum ersten Mal vergeben wurde. **Analysiere die Abbildung und erläutere das Funktionsprinzip.***

### Aufbau und Funktionsprinzip der Röntgenröhre:



Am Beispiel von Licht haben wir in der Mittelstufe die Quantenstruktur von Strahlung kennengelernt. Für den Zusammenhang von Energieportion und Frequenz gilt diese Formel.

**Berechne Frequenz und Wellenlänge der Röntgenstrahlung, wenn jedes Elektron ( $U_B = 25 \text{ kV}$ ) seine gesamte kinetische Energie zur Erzeugung eines Röntgenquants verwendet.**

Häufig werden Elektronen am Atomkern nicht vollständig abgebremst, sondern nur abgelenkt, dabei senden sie **Strahlungsquanten** kleinerer Energie aus (das kennen wir von der Synchrotronstrahlung, siehe Kap. 3.7) und fliegen dann in anderer Richtung weiter (siehe Abb.)

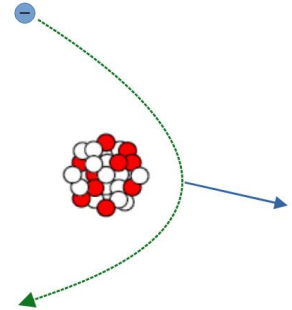
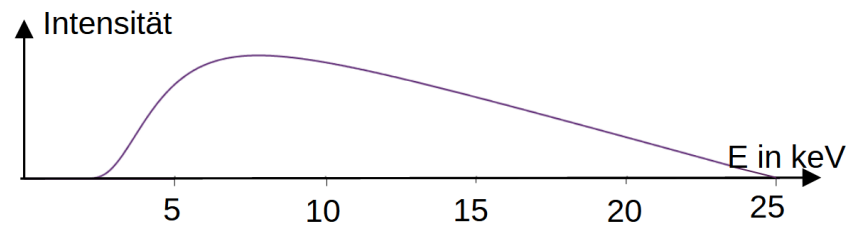
**Erläutere die Bedeutung des angegebenen Wertes  $U_B$  für das Energiespektrum der entstehenden Röntgenquanten sowie die Bedeutung der beiden berechneten Werte für das Frequenz- und Wellenlängenspektrum der erzeugten Röntgenstrahlung.**

## Quantenstruktur von elektromag. Strahlung:

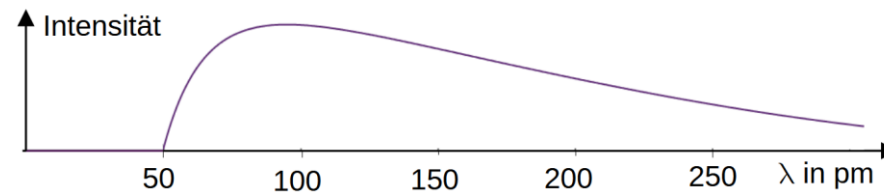
$$E_{\text{ph}} = h \cdot f$$

mit Frequenz  $f$  und Planckkonstante  $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

## Röntgenbremsspektrum (nach Energie):



## Röntgenbremsspektrum (nach Wellenlänge):

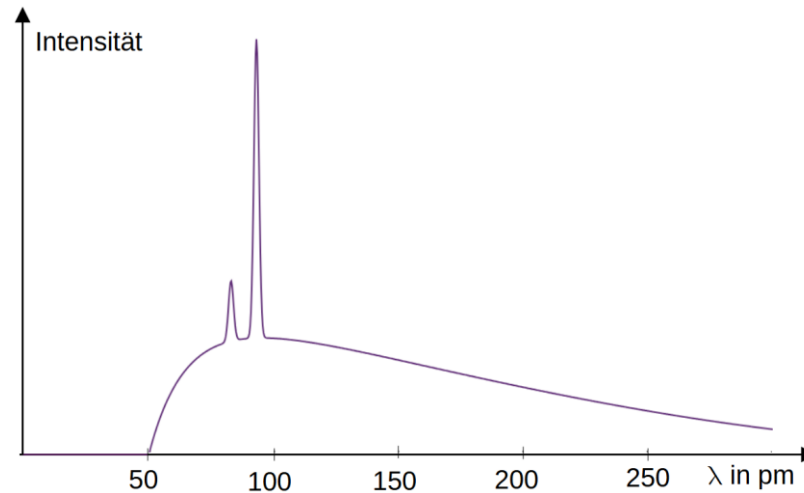


Bei höheren Energien treten im Röntgenspektrum einzelne Peaks (Linien) auf, die für das jeweilige Material (Element) der eingesetzten Anode charakteristisch sind (hier Rubidium). Der Mechanismus für das starke Auftreten dieser Wellenlängen (und damit Energien von Röntgenquanten) findet in der Elektronenhülle der Anodenatome statt, ist also ein atomphysikalischer Vorgang.

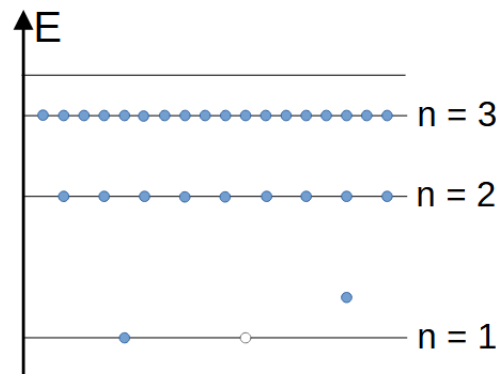
Das Energieniveauschema zeigt die Ionisation eines Atoms auf dem tiefsten Energieniveau (k-Schale), die durch das Auftreffen eines schnellen Elektrons (Röntgenröhre) hervorgerufen wurde. Erkläre mit dem Atommodell, dass hierdurch nur Strahlung bestimmter Wellenlänge entstehen kann.

Henry Mosley entwickelte eine Formel für die Berechnung der Frequenz bei solchen Übergängen. Eigentlich sollte darin die Kernladungszahl  $Z$  stehen, da das verbliebene k-Elektron den Kern etwas abschirmt, ist  $Z - 1$  besser.

## charakteristisches Spektrum:



## Mechanismus für die Entstehung diskreter Linien:



## Gesetz von Moseley:

$$\Delta E = hf = \frac{3}{4} \cdot Rhc \cdot (Z - 1)^2$$

mit Rydbergkonstante  $R$   
und Planckkonstante  $h$

## Training: Spektren einer Röntgenröhre

*Eine Röntgenröhre mit Molybdän-Anode wird bei einer Spannung von 40 kV betrieben.*

*a) Berechne Grenzfrequenz und -wellenlänge der emittierten Röntgenstrahlung.*

*b) Skizziere ein Bremsspektrum nach Wellenlänge und erlautere das Auftreten einer kurzwelligen Grenze im Spektrum.*

*c) Erläutere die Veränderungen im Diagramm, wenn man die Betriebsspannung erhöht.*

*d) Zusätzlich zum Bremsspektrum treten in der spektralen Verteilung bei bestimmten Wellenlängen Peaks (Linien) auf. Erläutere den zugrundeliegenden atomphysikalischen Vorgang und stelle den Zusammenhang zum Diagramm her. Begründe den Begriff "charakteristisches Spektrum".*

*e) Berechne Frequenz und Wellenlänge der  $K_{\alpha}$ -Linie.*

### **Selbst-Check:**

- Erzeugung und Eigenschaften von Röntgenstr.
- Bremsspektrum
- charakterist. Spektrum
- Gesetz von Moseley

### Übungsmöglichkeiten:

Auf Leifiphysik passt hier im **Teilgebiet Atomphysik - RÖNTGEN-Strahlung Aufgabenübersicht** lediglich (dafür aber sehr gut) die Abituraufgabe "h-Bestimmung mit Röntgenstrahlung" zu diesem Kapitel.

[12 Licht und Röntgenstrahlung 6.4 Röntgenstrahlung](#)