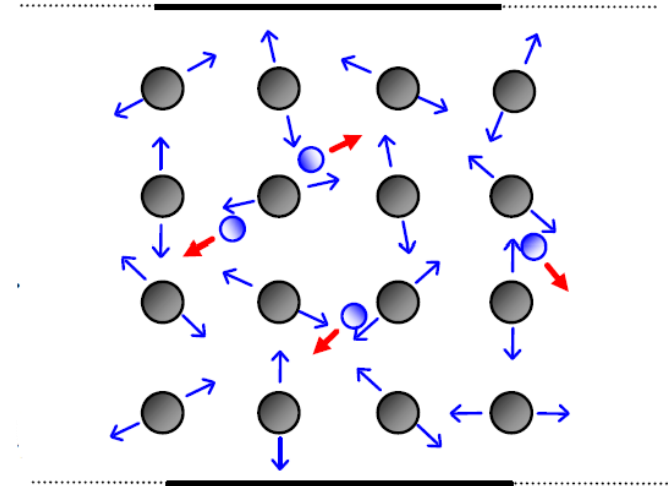


Elektronenstrahlen sind Bündel von Elektronen im Vakuum oder verdünnten Gasen. Wir nutzen sie in Röntgengeräten, zur Strahlentherapie und für Massenspektrometer. Auch in der Bilderzeugung (z.B. Elektronenrastermikroskop) kommen sie zur Anwendung. Um sie ins Vakuum zu bekommen, nutzen wir den Edison-Effekt (siehe Leifiphysik **Teilgebiet Elektrizitätslehre – Glüh-elektrischer Effekt Grundwissen**).

3.5 Bewegung von Teilchen in elektrischen Feldern

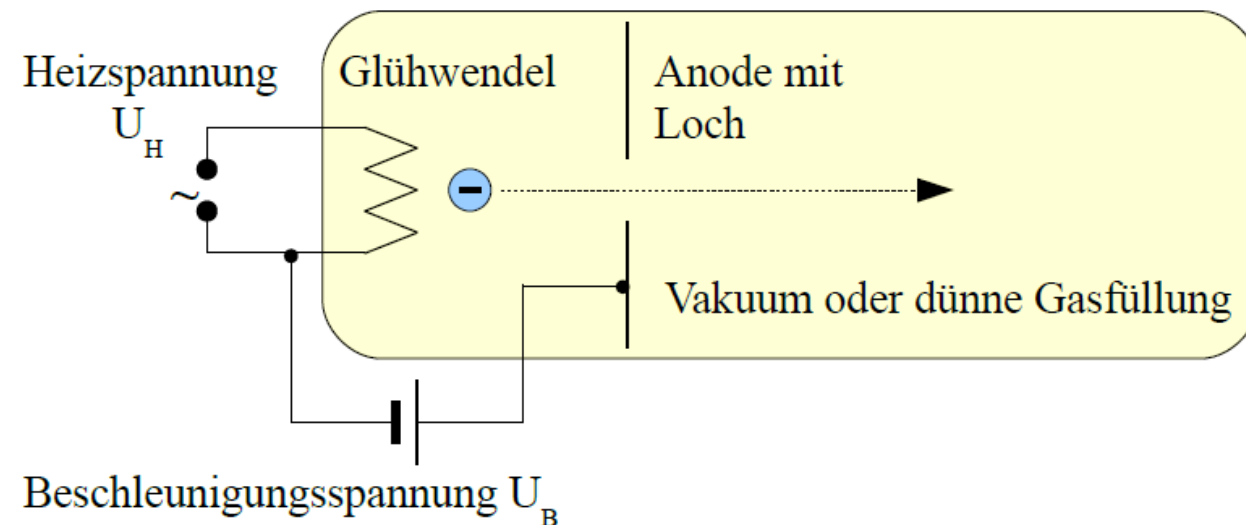
Freisetzung von Elektronen

Beim bewegen sich die Atome der Glühwendel und stoßen Elektronen aus dem Diese können sich dann frei im umgebenden bewegen (Edison-Effekt).



Alle unsere Elektronenröhren sind prinzipiell gleich aufgebaut. Eine Glühwendel setzt die Elektronen frei, die dann mit Hilfe eines elektrischen Längsfeldes beschleunigt werden (Beachte die Polung der Beschleunigungsspannung!). Durch ein Loch in der Anode fliegen die Elektronen dann in den Experimentierraum zur weiteren Verwendung.

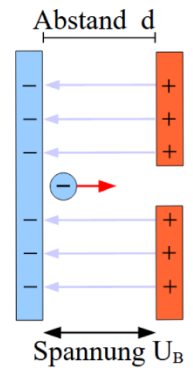
Aufbau einer Elektronenröhre



In diesem Abschnitt geht es darum, was zwischen Glühwendel und Anode passiert.

*Die Geschwindigkeit lässt sich mit dem Energiekonzept leicht berechnen. Hierzu musst du wieder den Begriff "Potential" hervorkramen. **Gib eine Formel für die Arbeit im homogenen Feld an und bestimme die kinetische Energie eines Elektrons, das mit 1,0 kV beschleunigt wurde.***

Beschleunigung der Elektronen im homogenen Längsfeld



Die Einheit eV („Elektronenvolt“)

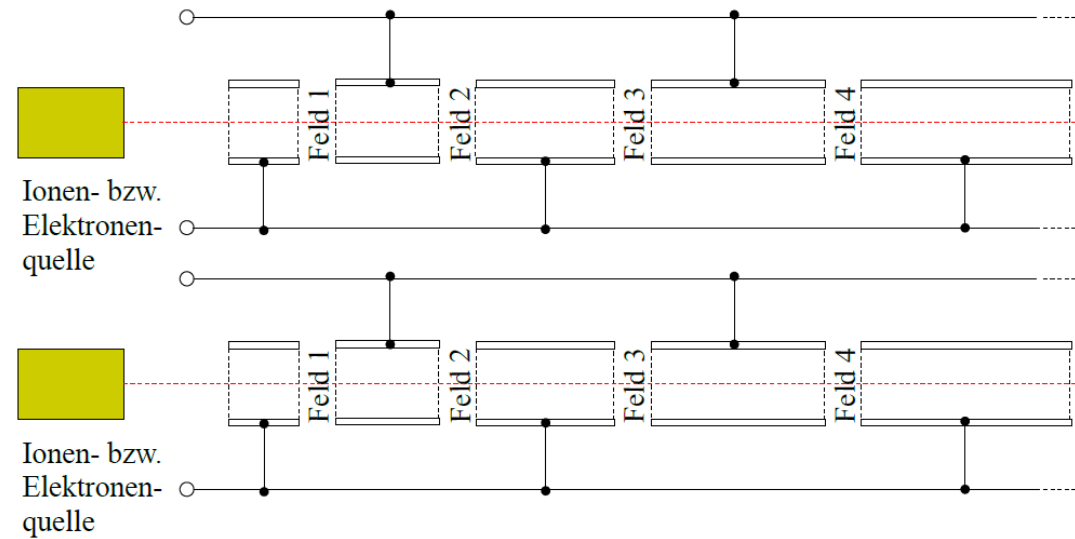
Endgeschwindigkeit der Elektronen

Leite aus dem letzten Abschnitt eine Formel für die Berechnung der Endgeschwindigkeit her und berechne diese für die Beschleunigungsspannung 1,0 kV. Diskutiere den Einfluss der Beschleunigungsstrecke d.

Die Endgeschwindigkeit eines geladenen Teilchens in einem Längsfeld mit der Beschleunigungsspannung U_B lässt sich berechnen als:

Insbesondere für schwerere Teilchen (Ionen) wurden mehrstufige Beschleuniger entwickelt, einer der einfachsten ist der Linearbeschleuniger. Mit der abgebildeten Vorrichtung werden Protonen beschleunigt. Diese verlassen die Ionenquelle mit einer Anfangsgeschwindigkeit v_0 und durchlaufen dann mehrere Röhren hintereinander (Abb. zeigt ein Schnittbild). Am Zwischenraum zwischen zwei Röhren werden sie jeweils durch ein Feld beschleunigt, in den Röhren bewegen sie sich feldfrei. **Trage in die erste Zeichnung die Polung für Feld 1 ein, in die zweite Zeichnung die Polung für Feld 2. Erläutere die Art der Spannung, die man an der gesamten Anordnung anlegt.**

Linearbeschleuniger



Übungsaufgabe: Linearbeschleuniger ●●

a) In der Zeichnung werden die Röhren immer länger. Begründe die Notwendigkeit dieser Bauweise.

b) Die Protonen treten mit einer Geschwindigkeit von $v_0 = 6,0 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ein, der Scheitelwert der Spannung beträgt 500 kV. Berechne die Gesamtenergie und Geschwindigkeit in der 4. Röhre.

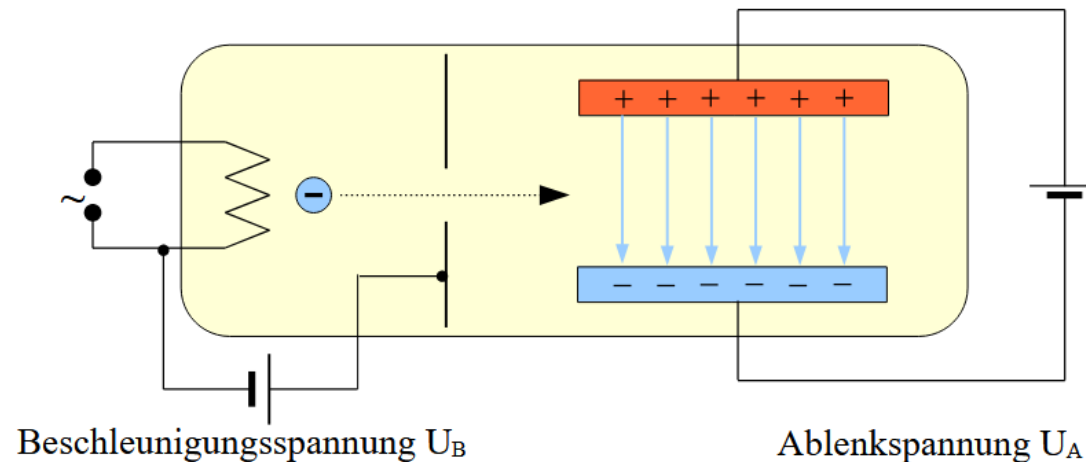
Berechne die Beschleunigungsspannung U_B , mit der ein Elektron auf die Geschwindigkeit $0,1 c$ beschleunigt wird.

Grenzen durch relativistische Effekte

Ab einer Geschwindigkeit von 10 % der Lichtgeschwindigkeit ($0,1 c$) treten relativistische Effekte auf. Die klassische Formel $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2$ gilt dann nicht mehr. Damit gilt auch die obige Formel für die Endgeschwindigkeit nicht mehr.

In den freien Experimentierraum wird nun ein Plattenkondensator eingebaut. Das System zur Strahlerzeugung ist identisch zu oben. **Zeichne den weiteren Strahlverlauf ein. Beschreibe den Einfluss der verwendeten Spannungen auf den Strahlverlauf.** Eine Simulation hierzu gibt es auf Leifiphysik unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre – Bewegte Ladungen und Felder – Elektronenablenkrohre Grundwissen.**

Bewegung in elektrischen Querfeldern



Ausführliche Informationen zur Bewegung von Teilchen in elektrischen Feldern sowie zur Relativitätstheorie findest du im Phlott-Skript 12 der klassischen Physik.