

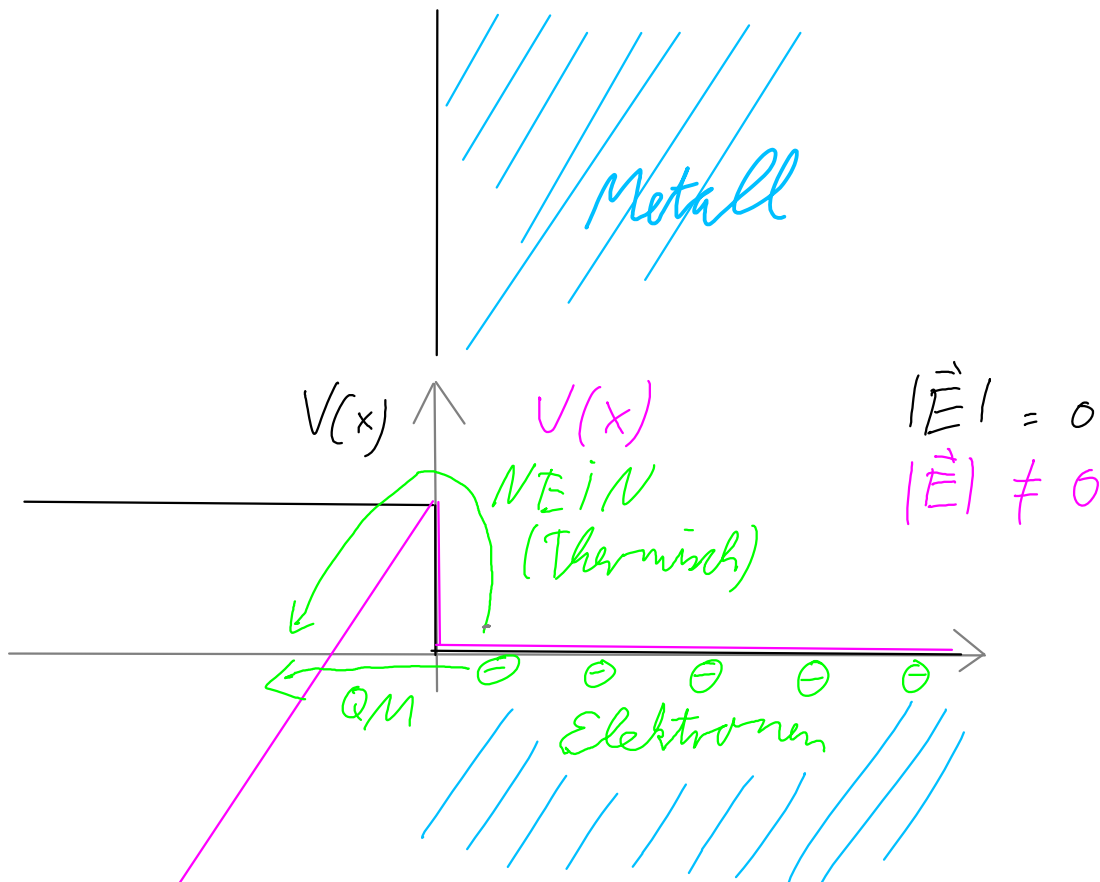
Experiment Feldionisation

1.1.2) Feldionisation (Tunneln von Elektronen)

Legt man an eine Metalloberfläche ein sehr starkes elektrisches Feld ($|\vec{E}| \approx 10^9 \frac{V}{m}$), so können Elektronen aus dem Festkörper (Metall) austreten. Praktisch geschieht dies an sehr scharfen Spitzen.

(z.B. Rastertunnelmikroskop)

(Dies ist klassisch nicht erklärbar)

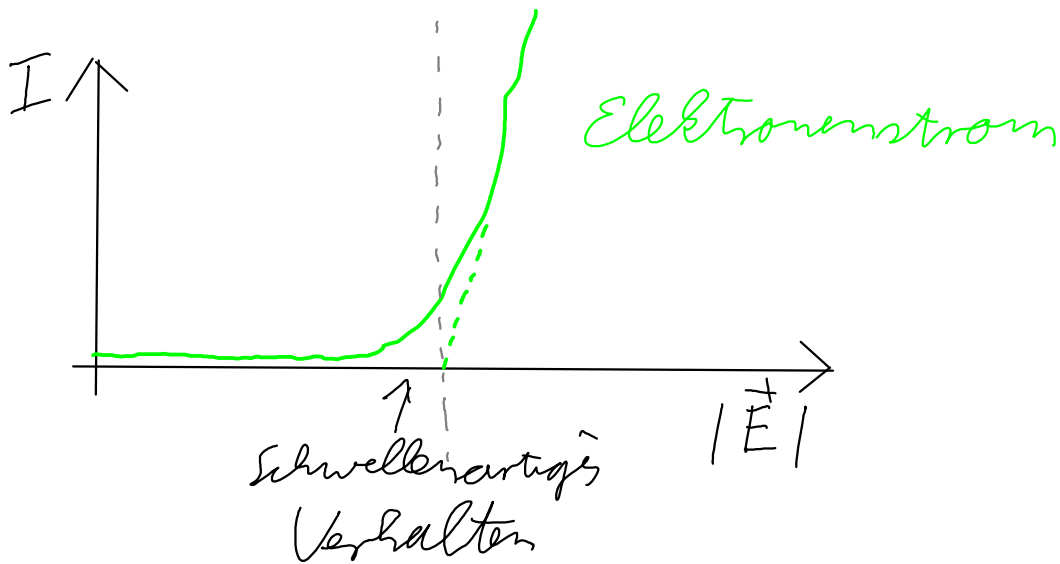
Einfaches Modell:

Der thermische Weg über die Barriere kann exp. Ausgeschlössen werden.

Klassisch ist der Weg durch die Barriere unmöglich.

(Klassisch dürfte der Effekt nicht auftreten)

Man beobachtet typischerweise folgende Stromcharakteristik:



1.1.3 Optische Spektren von Atomen

Klassisch führt die Coulombanziehung zwischen dem positiv geladenen Kern und dem negativ geladenen Elektron wieder auf das Kepler-Problem, d. h.

alle Elektronenenergien E sind möglich

Experiment Regt man (el. neutrale) Atome an (optisch, thermisch oder durch eine Gasentladung), so findet man in den optischen Emissionsspektren diskrete Linien. Empirisch findet man

$$h \omega = Z^2 R_y \left(\frac{1}{m_1^2} - \frac{1}{m_2^2} \right) \quad \begin{array}{l} m_1, m_2 \in \mathbb{N} \\ m_2 > m_1 \end{array}$$

Z : Kernladungszahl

R_y : Rydberg - Konstante mit
 $13,6 \text{ eV}$ ($\cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}}$)

Lyman - Serie $n_1 = 1$; $n_2 = 2, 3, \dots$

Balmer - Serie $n_1 = 2$; $n_2 = 3, 4, \dots$

Brackett - Serie $n_1 = 3$, $n_2 = 4, 5, \dots$

Pfund - Serie $n_1 = 4$, $n_2 = 5, 6, \dots$

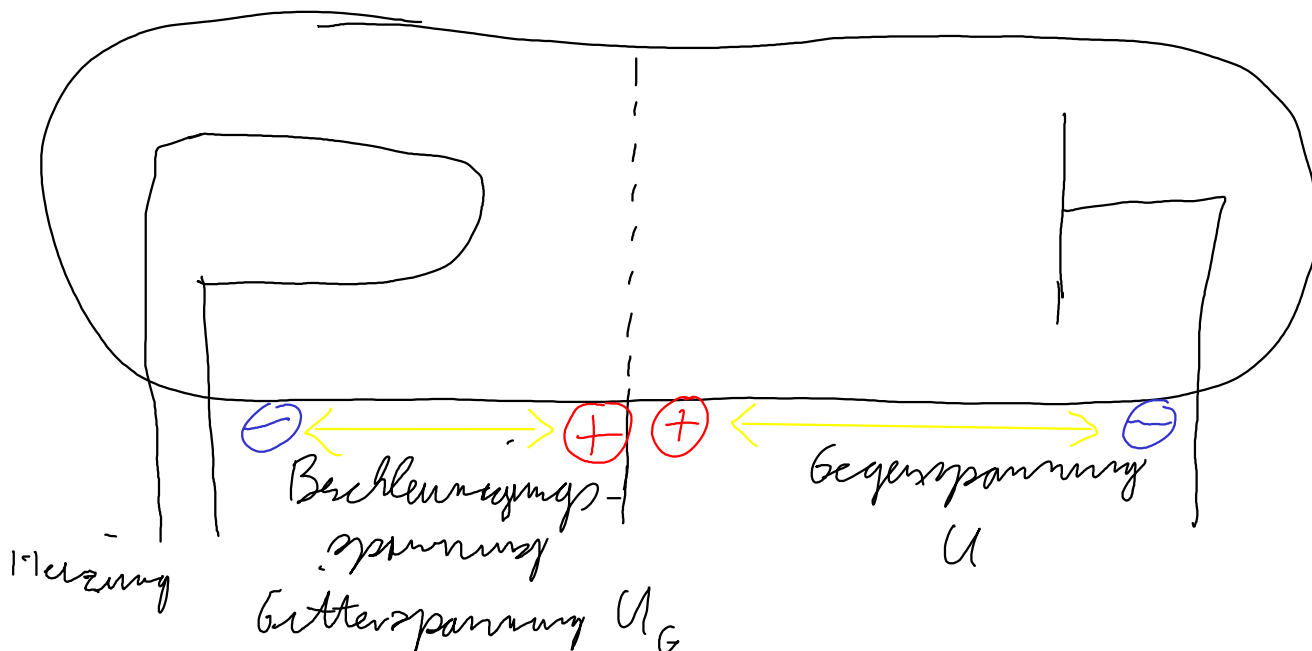
Energie

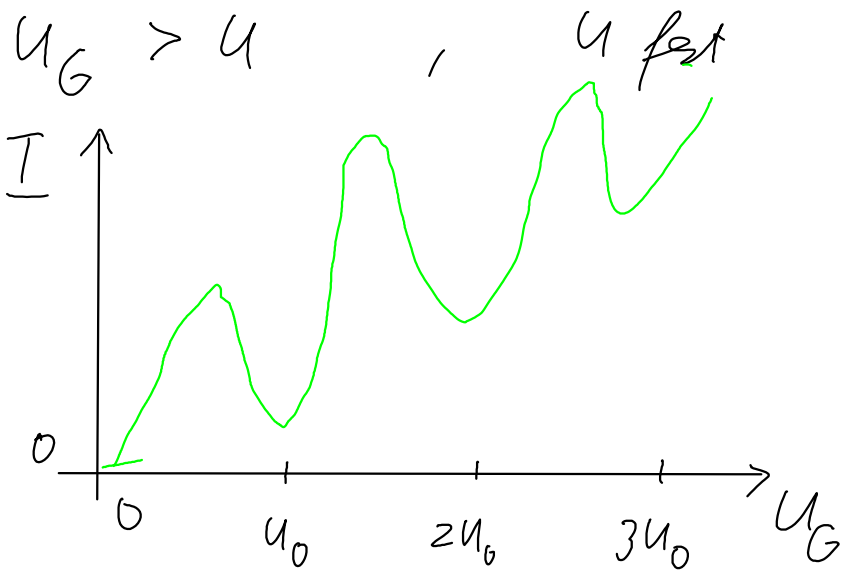
Dieses beobachtete Verhalten suggeriert, dass sich die Elektronenergien E verhalten wie

$$E_n = -Z^2 R_y \frac{1}{n^2} \quad n \in \mathbb{N}$$

7.7.4) Frank - Hertz - Experiment

Quantisierung der Elektronenergien im Atom (Neon) wird suggeriert.





Interpretation e^- werden im Feld der Gitterspannung U_G beschleunigt. Nur wenn ihre Energie am Gitter größer ist als eU , können sie zum Anodenstrom I beitragen. Bei der Spannung $U_G = U_0$ hat das Elektron fast seine gesamte Energie durch einen Stoß mit einem Atom abgegeben, bei $U_G = 2U_0$ zweimal usw.

↳ klassisch

1.2 Bohrsches Atommodell

klassisch: Kern positiv geladen mit $+Ze$ ($Z \in \mathbb{N}$)
 Elektron neg. geladen mit $-e$
 \Rightarrow Coulomb - Anziehung
 \Leftrightarrow Keppler - Problem

Zentrifugalkraft = Coulombkraft

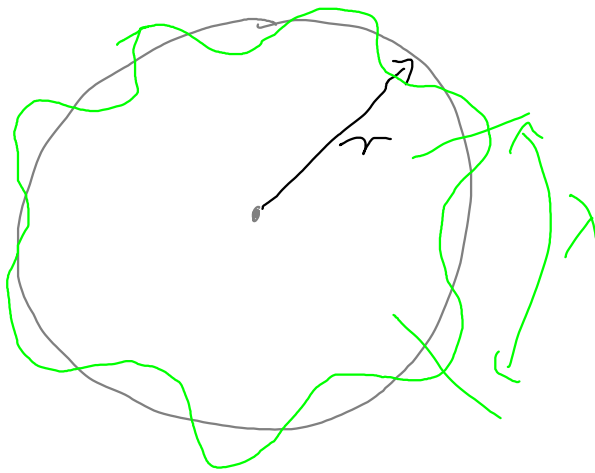
$$\frac{m v^2}{r} = \frac{Z e^2}{4\pi \epsilon_0 r^2}$$

Klassisch ist jede Geschwind. v möglich,
somit auch jede Energie E .

Bohrsches Atommodell

Idee: Elektronen verhalten sich wie Wellen.
Stehende Wellen auf klassischer
Kreisbahn

$$\Rightarrow \boxed{2\pi r = n \lambda} \quad n \in \mathbb{N}$$



Aber Was ist die Wellenlänge λ ?

Postulat: $\lambda = \frac{h}{p}$ Plancksches W.
Impuls (wie bei
Photonen)

$$h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

\Rightarrow Quantisierung des Drehimpuls:

$$L = r \cdot p = \frac{n \lambda}{2\pi} \cdot \frac{h}{\lambda} = n \hbar$$

$$\boxed{L = n \cdot \hbar}$$

Was bedeutet das für die Energie?

Elektronenergie:

$$E = E_{kin} + E_{pot}$$
$$= \frac{m}{2} v_m^2 - \frac{z e^2}{4\pi \epsilon_0 r_m}$$

$$\left(m v^2 = \frac{z e^2}{4\pi \epsilon_0} \frac{1}{r} \right)$$

$$r_m = \frac{m^2 \hbar^2 4\pi \epsilon_0}{z e^2 m}$$

$\hat{=}$ erlaubtes Bahnradius

Beispiele

H-Atom: $z = 1$

$$\Rightarrow r = 0,0529 \text{ nm}$$

$$\Rightarrow v_m = \frac{z e^2}{m \hbar 4\pi \epsilon_0}$$

$\hat{=}$ erlaubte Geschwindigkeit

Einsetzen in Gesamtenergie:

$$E_m = - \frac{z^2 e^4 m}{32 \pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^2} \frac{1}{m^2} \quad (m \in \mathbb{N})$$

$\hat{=}$ Erlaubte Energien

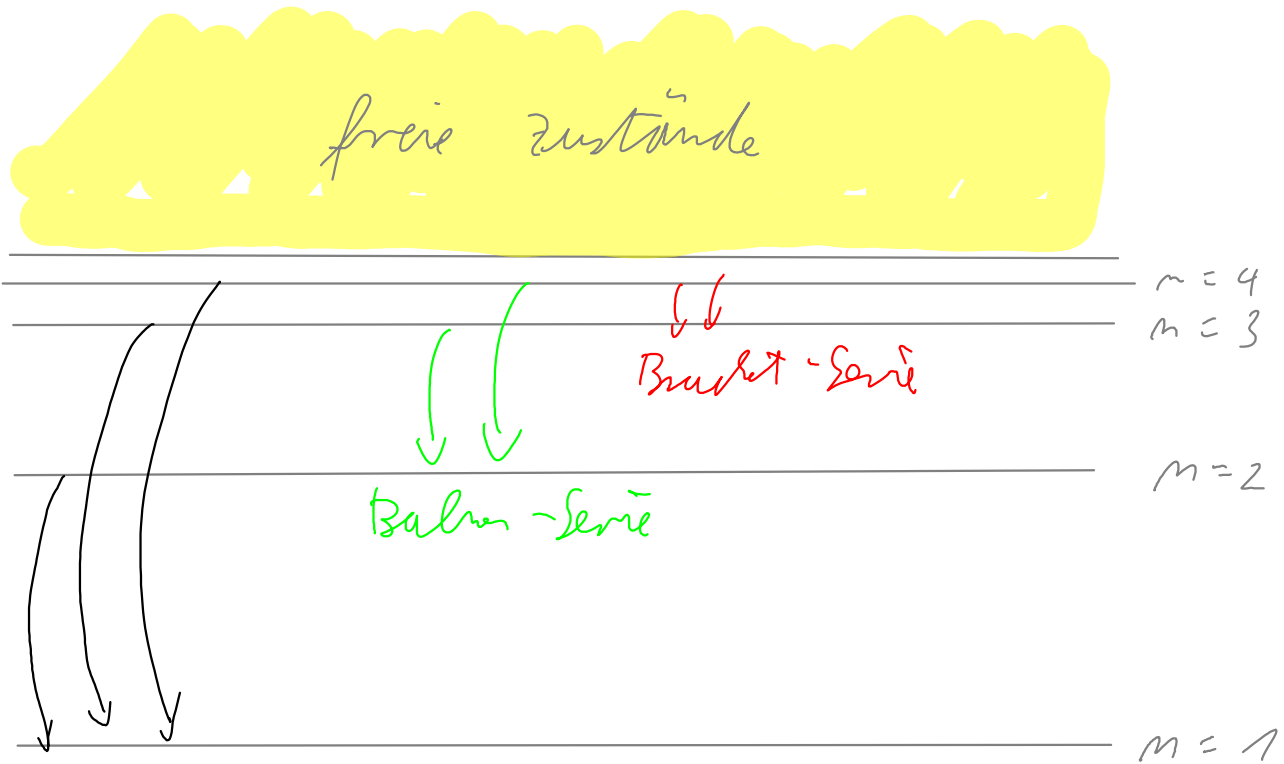
R_y Rydberg-Konstante

$$R_y = 13,6 \text{ eV}$$

$$E = -z^2 R_y \frac{1}{n^2} \quad n \in \mathbb{N}$$

Zur Einklang mit dem Experiment.
(1.1.3)

graphisch:



Lyman-Serie

A B E R Kreisbewegung des Elektrons

=> Beschleunigte Ladung

=> Quelle von EM-Wellen
(d. Dipol)

=> Energieabstrahlung

=> Elektron verliert Energie,
Atom kaputt

↑↑
W I D ! mit Realität

=> man darf dem Elektron kein
genauer Ort zuordnen können.

(sonst Bremsstrahlung => Abstrahlung)

(=> Die ges. Theorie darf nur
Wahrscheinlichkeiten über das
Elektron geben.)

=> Beschreibung muß Wahrscheinlichkeits-
aussagen machen und dem
Wellencharakter Rechnung tragen.

(Bohrsches Atommodell versagt)