

Vitali Heptin und Bärbel Fromme

Universität Bielefeld, Fakultät für Physik, Universitätsstr. 25, 33615 Bielefeld



Ernest Rutherford (1871–1937) im Alter von einundzwanzig Jahren. (A. S. Eve, Rutherford, London, Cambridge University Press, 1939)

„...es ist als habe man mit einer Pistole auf ein Blatt Papier geschossen, und die Kugel ist abgeprallt.“ [1]

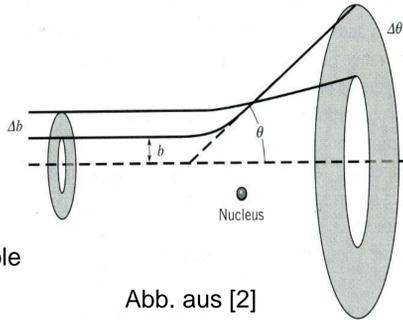


Abb. aus [2]

Teilchen, die mit einem Stoßparameter $b + \Delta b$ einfallen, werden unter einem Streuwinkel $\theta - \Delta\theta$ gestreut.

Rückstreuung möglich!

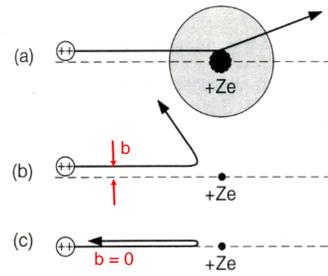


Abb. aus [3]

Der Streuwinkel ist umso größer, je kleiner der Stoßparameter (b und c).

Bei ausgedehnter Ladungsverteilung würde sich die abstoßende Wirkung des größten Teils der Ladung aufheben – Streuwinkel nur klein (a).

Rutherfordstreuung

- Streuung von α -Teilchen am Coulomb-Potential eines praktisch punktförmigen positiv geladenen Atomkerns (Kernladungszahl Z)

Streupotential: $V = \frac{1}{4\epsilon_0} \frac{2Ze^2}{r} = Ze^2 \cdot \frac{K}{r}$

- Es wird Rückstreuung beobachtet

- Teilchenbahnen Hyperbeln

- Für den Stoßparameter b gilt: $b = \frac{rV}{2E} \cot \frac{\theta}{2} = \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 E} \cot \frac{\theta}{2}$, also $\cot \frac{\theta}{2} \sim b$

Mechanisches Modell

- Streuung von Kugeln an einem rotationssymmetrischen „Potentialhügel“; Radius und Höhe umgekehrt proportional: $h = k/r$

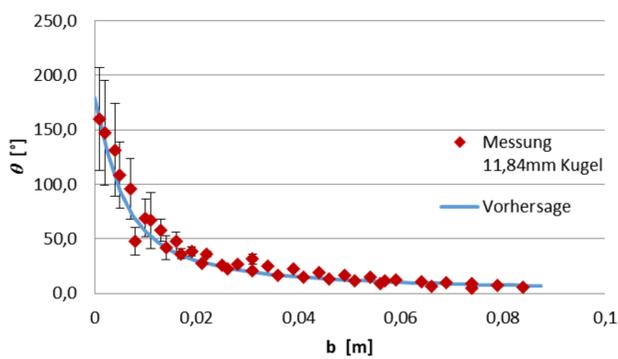
Streupotential: $V = mgh = mg \frac{k}{r}$

- Es wird Rückstreuung beobachtet - **experimentell verifizierbar**

- Teilchenbahnen Hyperbeln - **experimentell verifizierbar**

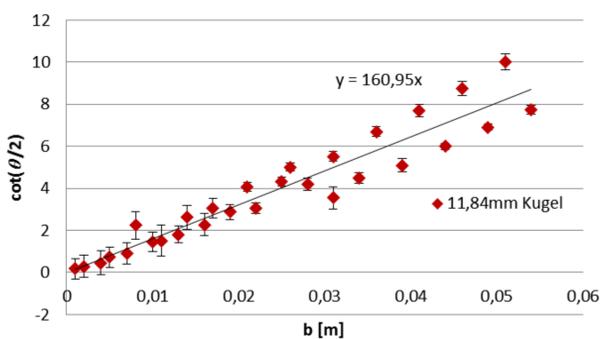
- Für den Stoßparameter b gilt: $b = \frac{rV}{2E} \cot \frac{\theta}{2} = \frac{mgk}{2E} \cot \frac{\theta}{2}$, also $\cot \frac{\theta}{2} \sim b$ - **experimentell verifizierbar**

Auswahl von Messungen mit dem Modell

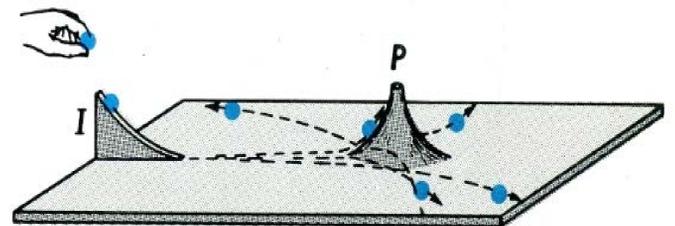


Streuwinkel in Abhängigkeit vom Stoßparameter.

Vergleich mit aus den Modellparametern berechneten Werten.



$\cot \frac{\theta}{2} \sim b$



Idee* und Abbildung aus [4].

- Je nach Stoßparameter b rollen die Kugeln unterschiedlich hoch den Hügel hinauf. Streuwinkel mit Höhe korreliert.



Der Potentialhügel wurde aus Aluminium gedreht, von Hand geschliffen, poliert und bündig in eine Hartfaserplatte eingesetzt.



Aufgeleimte Maßbänder erlauben Messungen des Streuwinkels und die genaue Einstellung des Stoßparameters.

Die Metallteile wurden in der mechanischen Werkstatt der Fakultät für Physik angefertigt.

Vergleich von Berechnungen und Messungen beim Modell

Berücksichtigt wurde:

- Potentielle Energie beim Kugelstart wird nicht nur in kinetische, sondern auch in Rotationsenergie umgewandelt
- Verwendete Kugeln sind unterschiedlich groß – Starthöhe des Schwerpunkts auf der Rampe verschieden
- Reibungseffekte auf der Bahn – abgeschätzt aus Messungen der Kugelgeschwindigkeit mit Hochgeschwindigkeitskamera und der Software Viana.NET
- Abweichungen beim Streuwinkel rechts und links vom Potential wegen leichter Bahnwölbung

Literatur:

[1] Emilio Segrè, *Die großen Physiker und ihre Entdeckungen*, Piper 1997

[2] James William Rohlfs, *Modern Physics from α to Z⁰*, John Wiley & Sons 1994

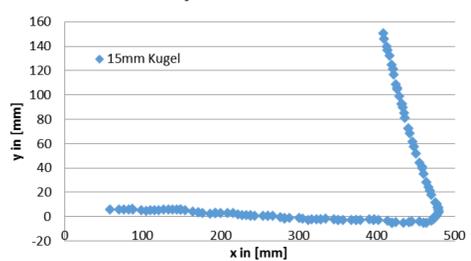
[3] Hans J. Paus, *Physik in Experimenten und Beispielen*, Carl Hanser 1995

[4] Harvey E. White, *Modern College Physics*, D. Van Nostrand 1972

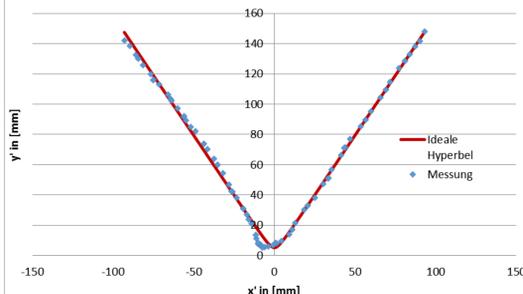
• Wie wir jetzt festgestellt haben, kann man einen auf den Tisch stellbaren „Potentialhügel“ und eine Startrampe bei einer englischen Lehrmittelfirma beziehen: <http://www.philipharris.co.uk/product/Alpha-Scattering-Analogue-Apparatus-B8H27179>

Unser Modell wurde im Rahmen der Masterarbeit „Demonstrationsversuch zur Rutherfordstreuung“ (2013) von Vitali Heptin berechnet und aufgebaut. Er führte auch die Messungen durch.

Kugelbahn aufgenommen mit Videoanalyse und Viana.NET



Vergleich: ideale und gemessene Hyperbel



Bahnen der Kugeln sind Hyperbeln (Die blaue Kurve entspricht der Bahnkurve in der Abbildung links)



Ausschnitt aus dem aufgenommenen Video.