

Stern-Gerlach-Versuch

Prinzip

1921 von O. Stern und W. Gerlach durchgeführtes Experiment der Atomphysik, das erstmals die Richtungsquantelung atomarer magnetischer Momente im Magnetfeld nachwies. Kaliumatome aus einem Atomstrahllofen werden durch Blenden kollimiert und in ein inhomogenes Magnetfeld geleitet (im Original-Experiment waren es Silberatome). Der Vektor der magnetischen Induktion sowie die Richtung des Gradienten stehen dabei senkrecht auf der Flugrichtung der Atome. Am Ende der Flugstrecke werden die Atome orts aufgelöst nachgewiesen. Das Experiment erlaubt die Bestimmung des magnetischen Momentes eines Atomes.

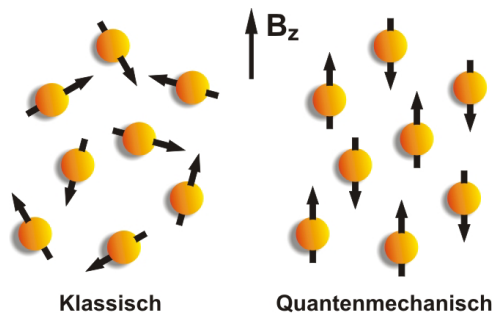
Ablenkung des Atomstrahls

Ein Atom mit dem magnetischen Moment $\vec{\mu}$ hat im magnetischen Feld \vec{B} die Zusatzenergie $E_{\text{mag}} = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$, woraus sich eine Kraft in z-Richtung ergibt:

$$F_z = \mu_z \frac{dB_z}{dz} = |\vec{\mu}| \frac{dB_z}{dz} \cos \alpha,$$

α entspricht dem Einstellwinkel zwischen der Richtung des Magnetfeldgradienten und dem magnetischen Moment. In der klassischen Physik kann der Winkel alle Werte zwischen 0 und 180° annehmen. In diesem Fall besitzt F_z eine kontinuierliche Verteilung, weshalb man ein kontinuierliches Spektrum möglicher Ablenkungen der Atome im Magnetfeld erwartet.

Tatsächlich ergibt sich eine räumlich diskrete Verteilung der abgelenkten Atome. Dies lässt sich damit erklären, dass die atomaren Drehimpulse und die damit verbundenen magnetischen Momente nur eine diskrete Anzahl möglicher Einstellungen haben, im Beispiel der neutralen Kaliumatome "up" und "down", also nur parallel bzw. antiparallel zum Magnetfeld. Für die potentielle Energie ergeben sich also die Werte $E_{\text{mag}} = \pm m \mu_{\text{Bohr}} B_z$, $m = 1/2$.

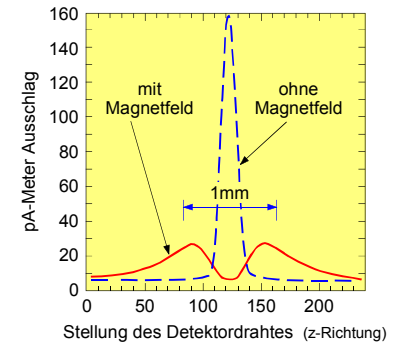


Magnetfeld

Für unseren Versuch brauchen wir ein Magnetfeld, das einen möglichst grossen und über die Länge, wo der Atomstrahl aufgespalten werden soll, einen homogenen Gradienten (in z-Richtung) hat. Wir benutzen einen Permanentmagneten und Polschuhe aus Armcoeisen.

Strahlblende: $\Delta z \sim 0.2 \text{ mm}$
 $\Delta x \sim 4 \text{ mm}$

Gradient von Magnet I: $\frac{dB}{dz} = 18.0 \text{ kG/cm}$

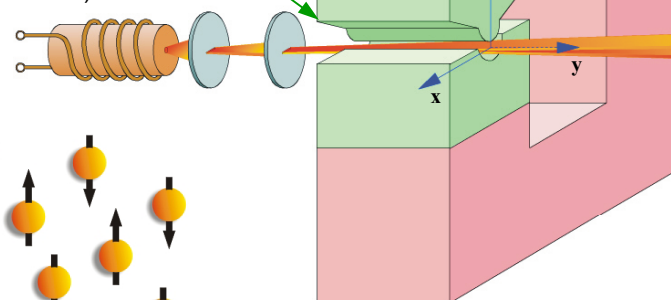


Ergebnis des Versuches:

Aufgetragen ist die Intensität des Atomstrahls als Funktion der Detektorposition auf der z-Achse, senkrecht zur Strahlrichtung (durchgezogene Kurve). Die gestrichelte Linie zeigt das Ergebnis bei entferntem Permanentmagneten.

Ofen

Zur Erzeugung des Kaliumstrahls wird ein Ofen verwendet (ca. 160°C).



Detektor

Zur Messung des Kaliumstrahls wird ein Oberflächenionisationsdetektor verwendet. Die Kaliumatome fliegen durch den Schlitz einer Kupferkathode und treffen dort auf einen glühenden Platindraht. Für die Drahttemperaturen von ca. 900 °C werden die Kaliumatome auf der Oberfläche des Drahtes praktisch zu 100% ionisiert. Die positiven Ionen verlassen den Draht wieder und werden auf der Kupferkathode, welche den Draht umgibt, gesammelt.