

## Das magnetische Moment des Silberatoms.

Von **Walther Gerlach** in Frankfurt a. M. und **Otto Stern** in Rostock.

(Eingegangen am 1. April 1922.)

In drei vorangegangenen kurzen Abhandlungen wurde 1. darauf hingewiesen, daß die Untersuchung der Ablenkung eines Molekularstrahles im Magnetfeld eine Prüfung der Richtungsquantelung ermöglicht<sup>1)</sup>, 2. der Nachweis erbracht, daß das normale Silberatom im Gaszustand ein magnetisches Moment besitzt<sup>2)</sup>, 3. der experimentelle Beweis der Richtungsquantelung im Magnetfeld<sup>3)</sup> mitgeteilt. Die folgende Notiz bringt die Messung des magnetischen Moments des Silberatoms.

Hierzu ist zweierlei nötig: Erstens muß der Abstand  $z$  des Atomstrahls von der Polschneide sowohl im unabgelenkten (Magnetfeld 0) wie im abgelenkten (Magnetfeld  $\mathfrak{H}$ ) Zustand genau bekannt sein. Zweitens muß in den Entfernungen, in denen die abgelenkten Atome längs der Schneide vorbeilaufen, die Inhomogenität des Feldes in Richtung senkrecht zum Strahl  $\left(\frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial z}, \text{ s. I}\right)$  gemessen werden.

Ersteres wurde durch weitere Verbesserungen an der Justierungsmethode sowie durch am Ende der Schneide angebrachte Marken aus Quarzfäden, welche im Silberniederschlag als „Schatten“ zu sehen sind und Bezugspunkte für die Ausmessung geben, erreicht. Auch wurden noch engere Spaltblenden (als in III) verwendet, wodurch die Niederschläge schmaler wurden.

Die Inhomogenität des Magnetfeldes wurde über die ganze Feldbreite bestimmt aus Messungen von  $\text{grad } \mathfrak{H}^2$  durch direkte Wägung der Abstoßungskraft auf einen sehr kleinen Probekörper aus Wismut von Punkt zu Punkt und der Messung der Feldstärke durch Widerstandsänderung eines dünnen parallel zur Schneide gespannten Wismutdrahtes. Die folgende Tabelle gibt die Inhomogenität in Gauß pro cm

$z$ mm	$\frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial z} \times 10^{-4}$
0,15	23,6
0,20	17,3
0,30	13,5
0,40	11,2

<sup>1)</sup> O. Stern, ZS. f. Phys. 7, 249, 1921 (zitiert als I).

<sup>2)</sup> W. Gerlach und O. Stern, ebenda 8, 110, 1921 (zitiert als II).

<sup>3)</sup> W. Gerlach und O. Stern, ebenda 9, 349—352, 1922 (zitiert als III).

in der durch die Schneide gehenden Symmetrieebene als Funktion des Abstandes  $z$  von der Schneide.

Die in I angegebene Formel zur Berechnung der Ablenkung des Atomstrahls im Magnetfeld lautet

$$s = \frac{M}{6R} \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial z} \cdot \frac{l^2}{T},$$

$M$  das Bohrsche Magneton,  $R$  Gaskonstante,  $T$  absolute Temperatur,  $l$  Schneidenlänge (vgl. I). Diese wurde modifiziert, indem erstens die Veränderlichkeit von  $\frac{\partial \Phi}{\partial z}$  längs der Bahn der abgelenkten Strahlen

berücksichtigt wurde, und zweitens für die mittlere Temperaturgeschwindigkeit (Wurzel aus dem mittleren Geschwindigkeitsquadrat) der Silberatome nicht der in obiger Formel verwendete übliche Wert

$v = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$ , sondern ein höherer benutzt wurde: da nämlich die Atome mit höherer Geschwindigkeit bevorzugt den Ofen verlassen, würde sich theoretisch die mittlere Geschwindigkeit im Strahl zu

$v = \sqrt{\frac{4kT}{m}}$  berechnen<sup>1)</sup>. Die direkten Messungen<sup>2)</sup> der Temperaturgeschwindigkeit von Silberatomen unter gleichen Bedingungen (Ausmessung der Mitte der abgelenkten Streifen) hatten ergeben, daß man in diesem Falle eine zwischen diesen beiden Werten liegende Geschwindigkeit mißt. Wir haben deshalb in obiger Formel statt des Nenners 6 nicht den theoretischen Maximalwert 8, sondern den mittleren Wert 7 gesetzt.

Zur Berechnung wurden nur die abgestoßenen Strahlen verwendet, weil für den angezogenen Strahl infolge der starken Verbreiterung und der hierdurch bedingten unregelmäßigen Form nahe der Schneide (s. Abbildung in III) weder die Größe der Ablenkung noch die Inhomogenität des Feldes in so großer Nähe der Schneide gemessen werden konnte.

Die Ausmessung und Berechnung von zwei Aufnahmen ergab:

Aufnahme	Entfernung des unabgelenkten Strahles von der Schneide	Mittlere Ablenkung des abgestoßenen Strahles	
		beob.	ber.
I . . . . .	0,32 mm	0,10 <sub>3</sub> mm	0,11 <sub>1</sub> mm
II . . . . .	0,21 "	0,15 "	0,14 <sub>6</sub> "

<sup>1)</sup> O. Stern, ZS. f. Phys. 3, 417, 1920.

<sup>2)</sup> O. Stern, ebenda 2, 49, 1920; 3, 417, 1920.

Die erste Aufnahme ist die bereits in der vorhergehenden Mitteilung (III) wiedergegebene. Auf die zweite Aufnahme legen wir größeres Gewicht, weil bei ihr durch die oben erwähnten Marken und die Art der Justierung die Parallelität von unabgelenktem Strahl und Schneide und seine Entfernung von der Schneide auf  $1,100$  mm garantiert war. Trotzdem halten wir die Genauigkeit der Messungen für nicht so groß, wie sie aus dieser Übereinstimmung der beobachteten und unter Zugrundelegung des Bohrschen Magnetons von 5600 berechneten Ablenkung erscheinen könnte. Wir schätzen die Fehlergrenze auf etwa 10 Proz.

Aus den Messungen ergibt sich also, daß das magnetische Moment des normalen Silberatoms im Gaszustand ein Bohrsches Magneton ist.

Die Messungen wurden während der Osterferien im Frankfurter physikalischen Institut ausgeführt. Wir danken wiederholt der Vereinigung von Freunden und Förderern der Universität Frankfurt a. M. für die zur Verfügung gestellten Mittel, ferner Herrn E. Madelung für mehrfache wertvolle Ratschläge, besonders bei der Ausarbeitung der Justierungsmethode.

Frankfurt a. M., im März 1922.

---