Der Stern-Gerlach-Versuch

Lukas Mazur

Physik Fakultät
Universität Bielefeld

Physikalisches Proseminar, 08.05.2013

1 Einleitung

2 Wichtige Personen

3 Motivation

4 Das Stern-Gerlach-Experiment

5 Pauli-Prinzip

6 Modernde Quantenmechanik

Welche Bedeutung hat dieses Experiment?

- einer der wichtigsten Meilensteine auf dem Weg zur modernen Quantenphysik
- beweist die Quantisierung des Elektronenspins
- dies ist klassisch nicht erklärbar
- heute grundlegendes Experiment in der Physik

Niels Bohr

- * 7. Oktober 1885 in Kopenhagen; † 18. November 1962 in Kopenhagen
- 1903 studierte Physik, Mathematik, Chemie, Astronomie und Philosophie an der Universität Kopenhagen
- 1922 Nobelpreis für Physik
  - Atomstruktur
  - Ausgehende Strahlung von Atomen

Otto Stern

- * 17. Februar 1888 in Sohrau, Oberschlesien; † 17. August 1969 in Berkeley
- 1906 studierte in Freiburg, München und Breslau physikalische Chemie
- 1943 Nobelpreis für Physik
  - Molekularstrahl-Methode
  - Magnetisches Moment

Walther Gerlach

- * 1. August 1889 in Biebrich am Rhein; † 10. August 1979 in München
- 1908 studierte Physik in Tübingen
- hat zahlreiche populärwissenschaftliche Bücher verfasst
  - die Geschichte der Physik
  - die "Physik des Alltags"
  - Physik-Lexika

Wolfgang Pauli

- * 25. April 1900 in Wien; † 15. Dezember 1958 in Zürich
- 1919 studierte Physik an der Universität München
- 1945 Nobelpreis für Physik: Pauli-Prinzip

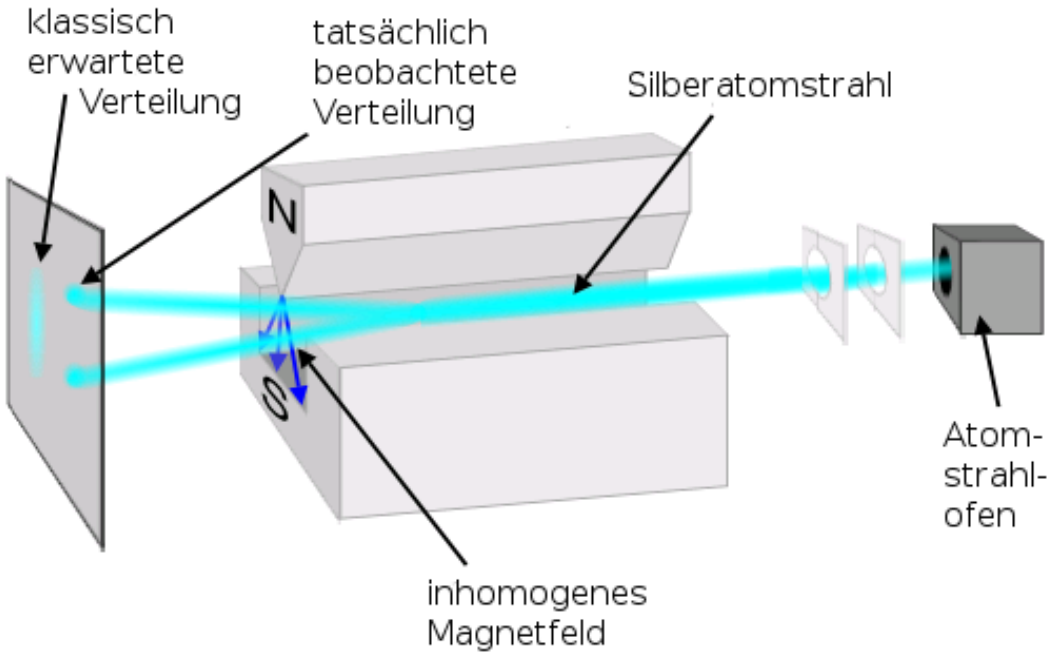
Warum wurde das Experiment gemacht?

- Bohrsches Atommodel (1913) sagte vorraus, dass der Drehimpuls quantisiert sein sollte
- dh. L_Z kann nur diskrete Werte annehmen: $|L| = n\hbar$
- Klassische Theorie besagt das L_Z jeden beliebigen Wert zwischen $-|L|$ und $+|L|$ annehmen kann
- Welche Theorie ist richtig?

Theorie

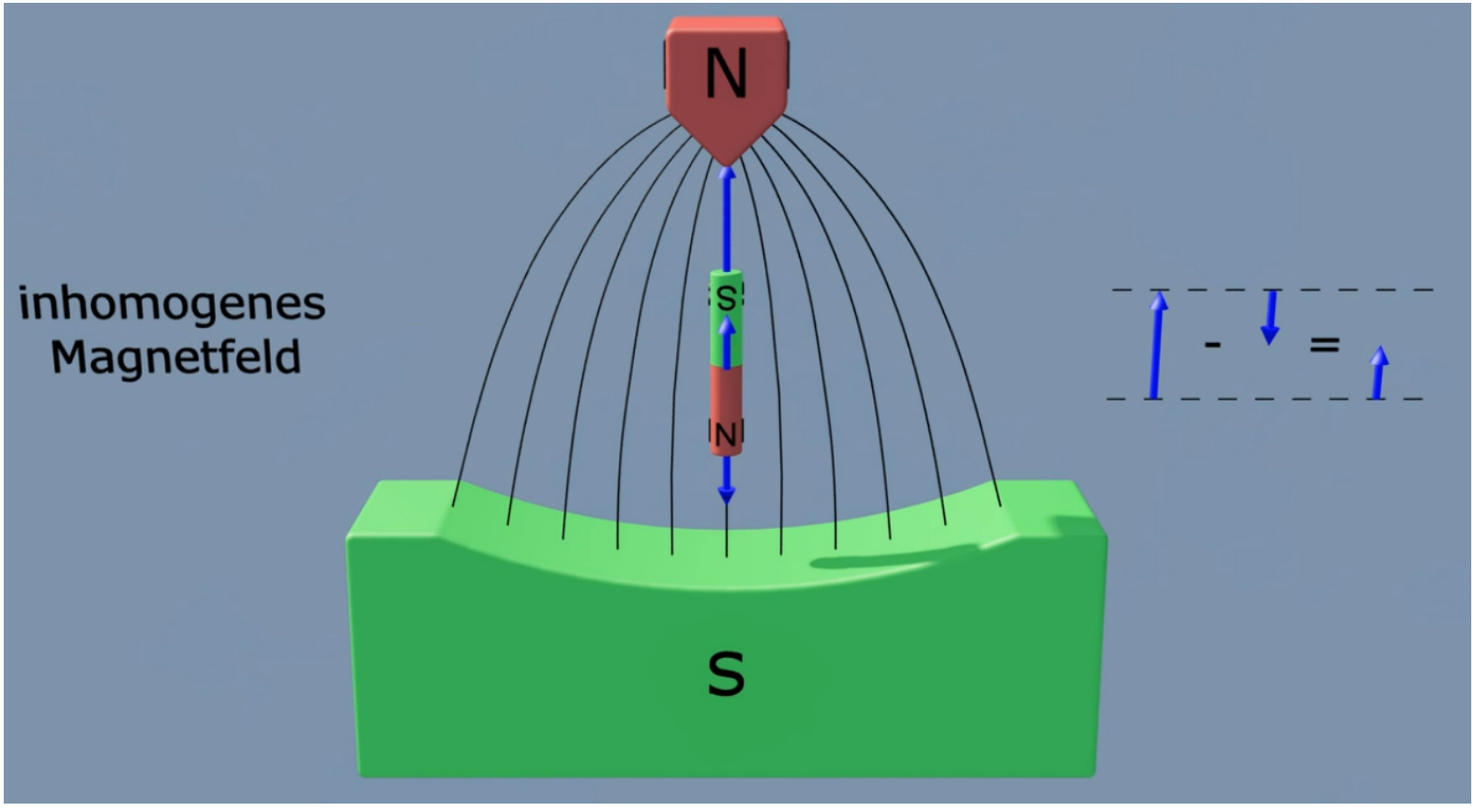
- man benötigt einen Versuch der die kontinuierliche oder diskrete Verteilung eines Drehimpulses nachweist
- man weiß: Drehimpuls eines Elektrons erzeugt magnetisches Moment
- dieses müsste sich in einem magn. Feld nachweisen lassen
- es sollte sich eine Verteilung einstellen, die eine der beiden Theorien beweist

Aufbau und Durchführung



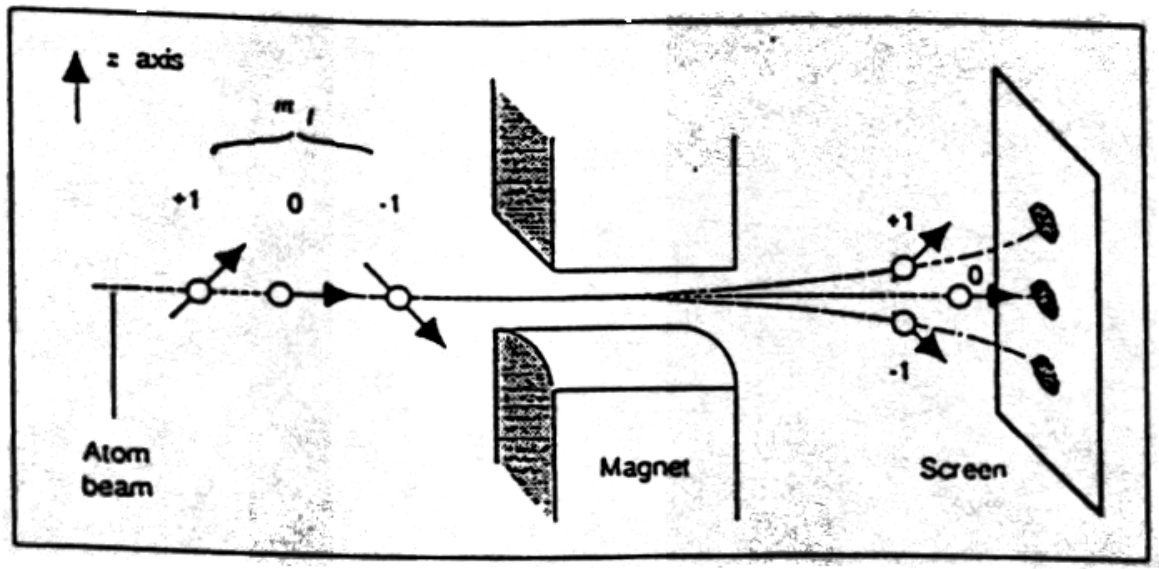
- Atomstrahl schießt durch inhom. magn. Feld
- Ag-Atome besitzen magn. Moment
- $\Rightarrow$Atome erfahren eine Kraft und werden abgelenkt

Warum ein inhomogenes Magnetfeld?



Warum Silberatome?

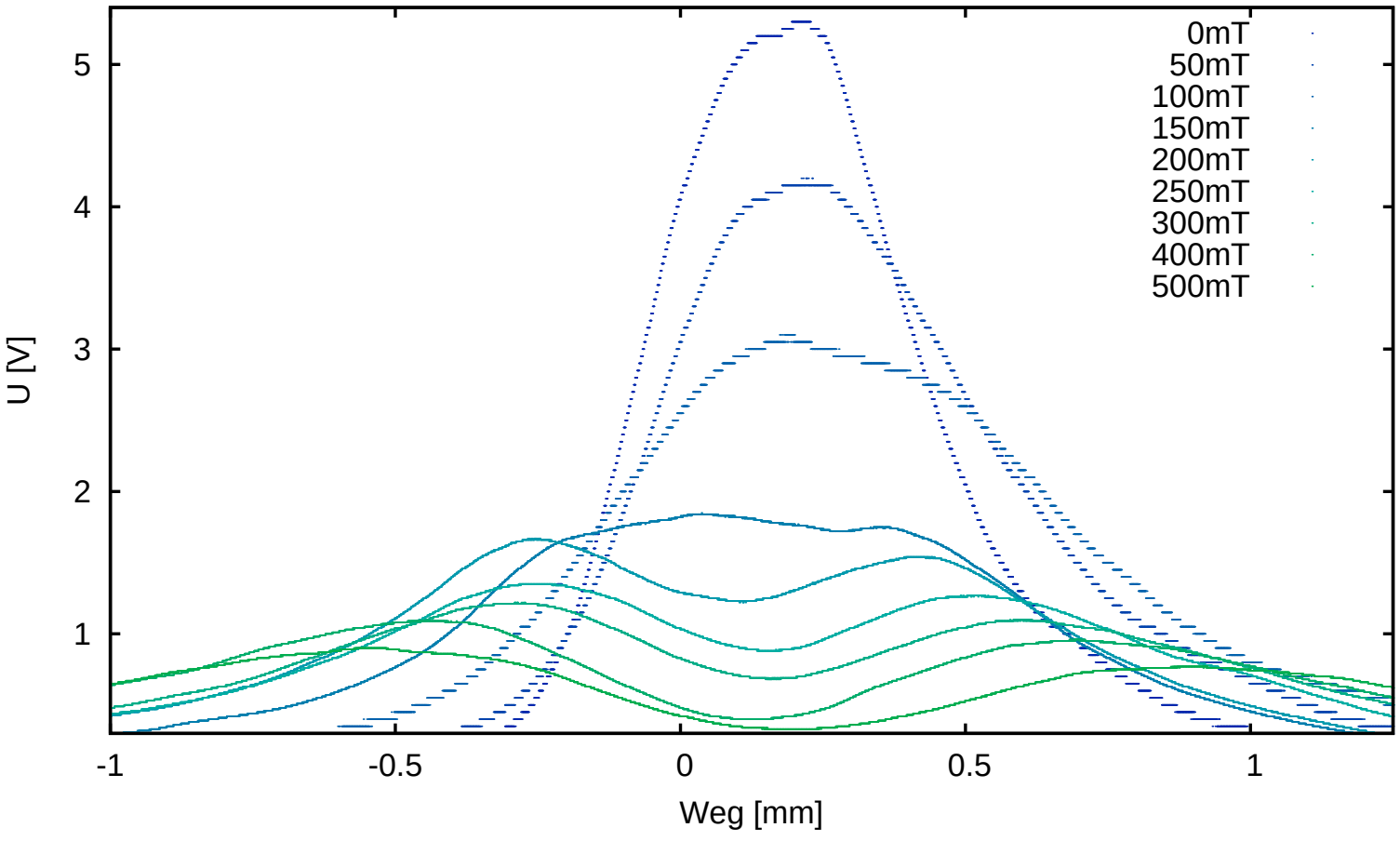
- damalige Annahme:
  - 46 der insgesamt 47 Elektronen koppeln zu L = 0
  - ein ungepaartes 'Leuchtelektron' auf der äußersten Schale L=1
  - quantenmechanisch erwartete man drei getrennte Flecken ($m_l = -1, 0, 1$)
  - klassische erwartete man eine kontinuierliche Aufweitung des Strahls



Was hat man gemessen?

- man hat zwei getrennte Flecken gemessen
- heutige Sicht:
  - Annahme L=1 im Silberatom falsch
  - 47. Elektron besetzt die 5s -Schale und hat daher L = 0
- bei L=0 hätte man aber nur ein Fleck messen können
- Feststellung einer Quantisierung, aber nicht des Bahndrehimpulses
- Was war falsch?!

Analoger Versuch mit Kaliumatomen



Ausschließungsprinzip

- Lösung des Rätsels im Jahr 1925 durch Goudsmit, Uhlenbeck und Pauli
- Paulisches Ausschließungsprinzip
  - es muss eine vierte 'Quantenzahl' für das Elektron geben
  - kein Elektron darf dieselbe Quantenzahlen wie ein anderes haben
- Diese Tatsache bestimmt maßgeblich den Aufbau des Periodensystems

Was man heute weiß

- vierte Quantenzahl: Spin
- Elektronenspin hat unveränderliche Spin-Quantenzahl $s = \frac{1}{2}$
- Spin besitzt fast alle Eigenschaften des klassischen mechanischen Drehimpulses
- An Elektronen wurde er 1925 erstmals entdeckt, danach auch an allen anderen Teilchenarten

Quellen

- http://www.physik.uni-bielefeld.de/~yorks/pro13/v4.pdf
- http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1945/index.html
- http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1943/index.html
- http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1922/index.html
- http://www.uni-frankfurt.de/fb/fb13/Dateien/117-4-Das_Stern-Gerlach-Zentrum-F.pdf
- http://www.physik.rwth-aachen.de/fileadmin/user_upload/www_physik/Institute/Inst_3A/BachelorPraktikum/V