

# Das Stern-Gerlach-Experiment

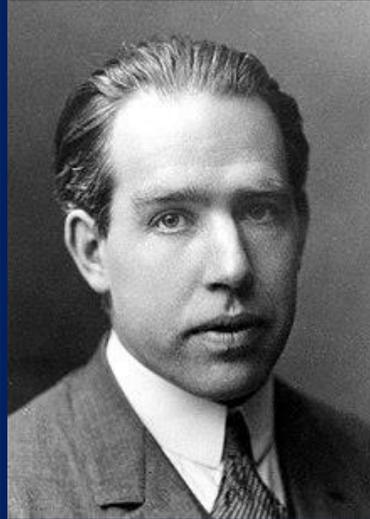
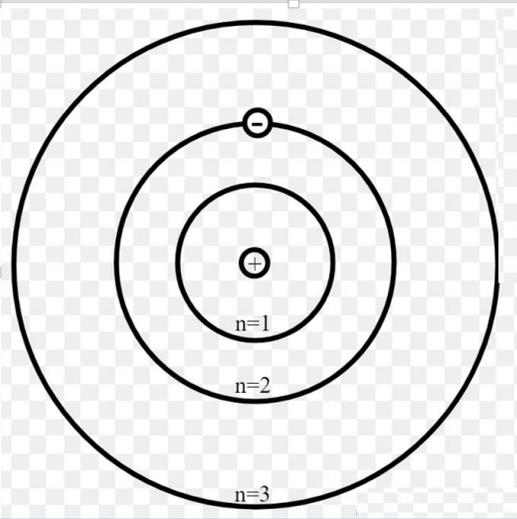
In fast allen Lehrbüchern der Quantenphysik wird das **Stern-Gerlach Experiment SGE** als das wichtigste Experiment zur Aufklärung der „kinetischen“ Struktur der Atomhülle beschrieben.

Begründung: **Nachweis der Richtungsquantelung im Silber Atom.**

**Aber:** Das SGE lieferte weitere Meilenstein-Ergebnisse.

**1. Was wusste man 1916 über den Aufbau der Elektronenhülle der Atome?**

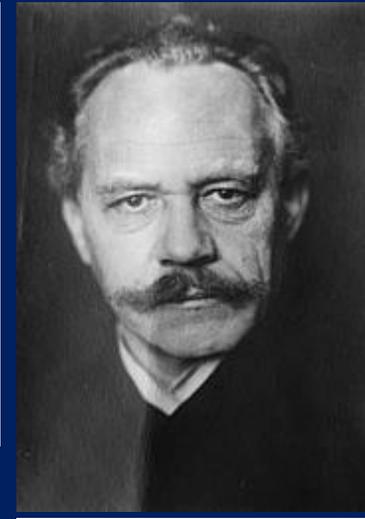
Vor 1922 waren das Bohr'sche Atommodell (1913) mit Kreisbahnen und dessen Erweiterung durch Sommerfeld (1916) durch Ellipsenbahnen (Feinstruktur der Spektrallinien) die damals anerkannten Modelle zur Beschreibung der Struktur der Atomhülle.



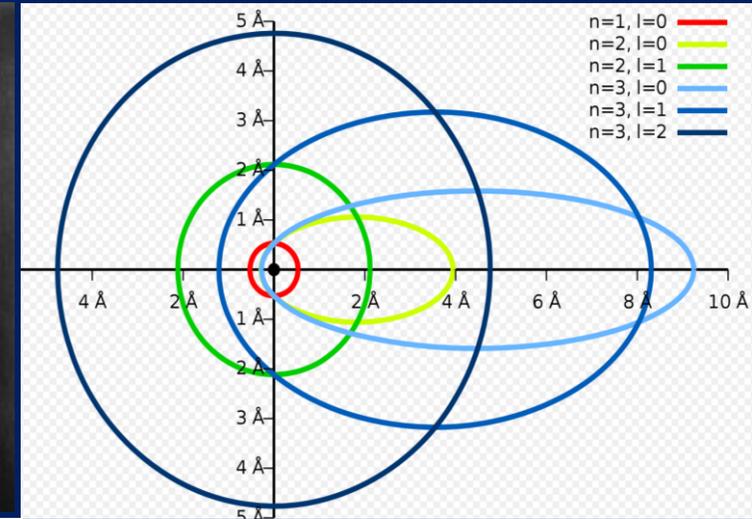
Niels Bohr  
(1885-1962)



Drall eines Kreisel's



Arnold Sommerfeld  
(1868-1951)

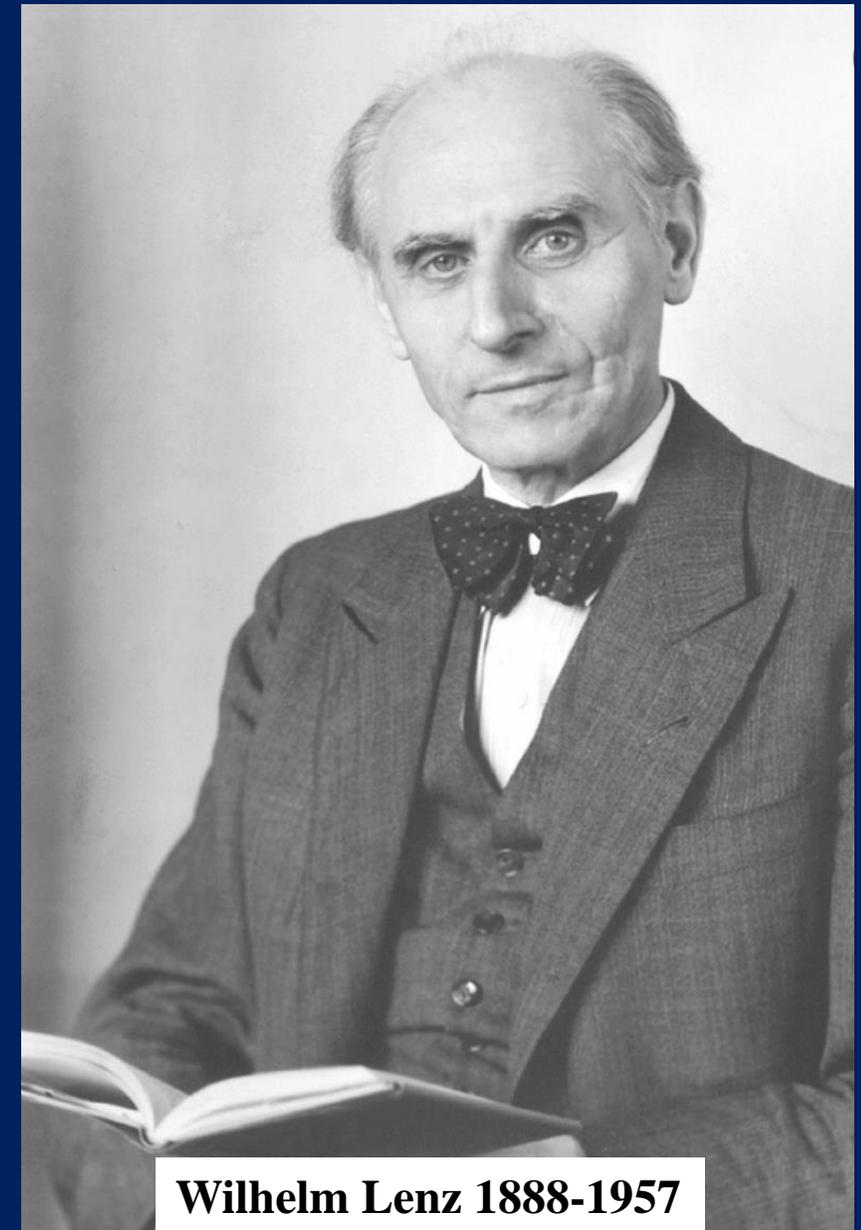


Im Bohr'schen und Sommerfeld'schen Atommodell bewegten sich die **Elektronen auf stabilen klassischen Bahnen**.

Damit die Atome stabil blieben, mussten **Postulate und Hypothesen** formuliert werden, die den Gesetzen der klassischen Physik widersprachen: z. B.

1. Die um den Atomkern laufenden Elektronen strahlen keine Energie ab.
2. Nur solche Bahnen sind erlaubt, für die der **Bahndrehimpuls oder Drall der Elektronen** ein ganzzahliges Vielfaches des **Planck'schen Wirkungsquantums** ist.  
etc.

Als Ergebnis dieser Rechnung wurde die „**Feinstrukturkonstante gefunden**  
**mit**  
 $\alpha = 1/(4\pi\epsilon_0) \cdot e^2/hbar \approx 1/137.$



Wilhelm Lenz 1888-1957

Neufrauenweg 8. 7. III. 16.  
 Fünferkommando 6 beim  
 AOK 6, Feldpoststation,  
 (406).

Lieber Herr Professor!

Nehmen Sie meinen herzlichsten  
 Dank für die Zusendung Ihrer wunderschönen  
 Arbeit über Spektrallinien.

— 3 —

$$\alpha = \frac{2\pi e^2}{hc} ; \cancel{\beta^2 = \left(\frac{\alpha}{n}\right)^2} ; \beta^2 = 1 - \left(\frac{\alpha}{n}\right)^2$$

Im Falle A) kommt also die folgende  
 Serienformel heraus:

$$\nu = \frac{W_1 - W_2}{h} = \frac{m_0 c^2}{h} \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\alpha^2}{(n_1 + n_2)^2}}} - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\alpha^2}{(n_1 - n_2)^2}} \right\}$$

Dank an Michael  
 Eckert/Deutsches  
 Museum

**Die Messung von Drehimpulsen war und ist daher zur Erforschung der Quantengeheimnisse von fundamentaler Bedeutung.**

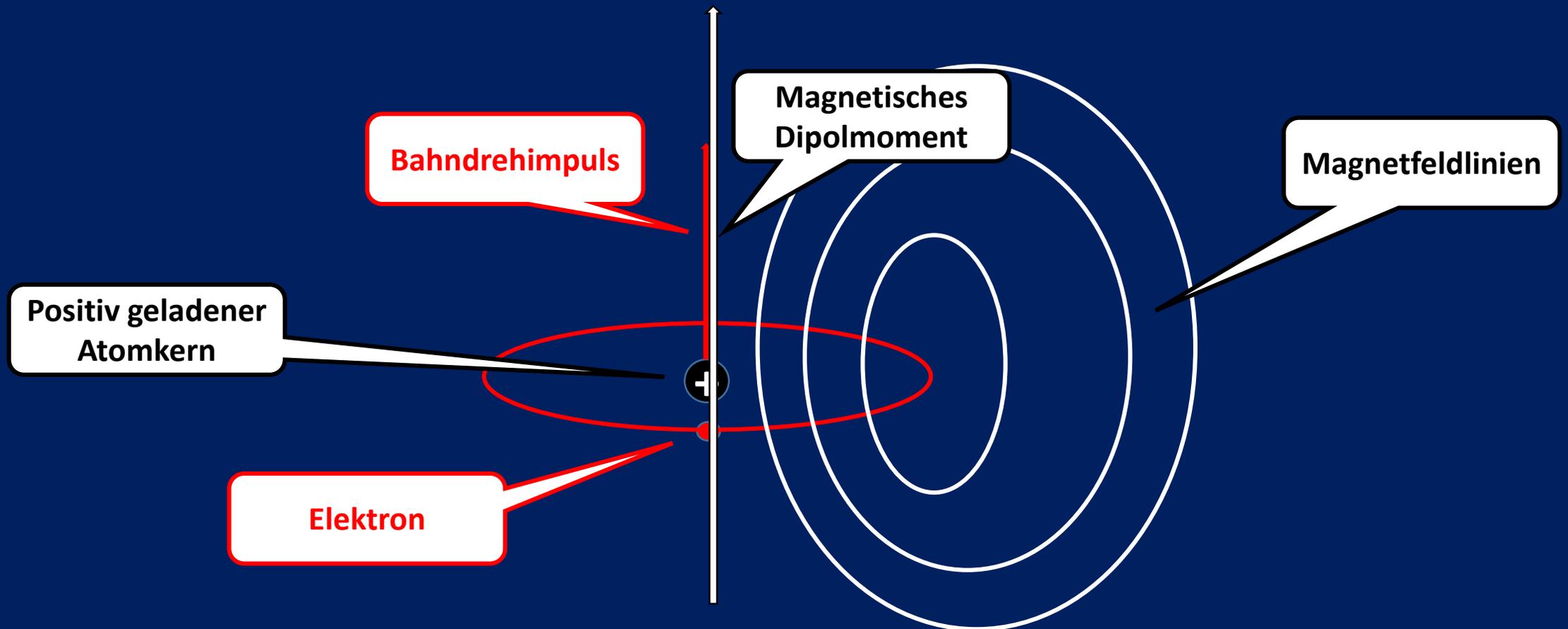
**Wie konnte man die Drehimpulse, deren Größe und deren Richtung experimentell direkt messen?**

**Wie konnte man die Bohr'schen und Sommerfeld'schen Postulate und Hypothesen experimentell eindeutig verifizieren?**

**Das SGE lieferte durch die Messung der atomaren magnetischen Momente **die notwendigen direkten experimentellen Beweise!****

Nach den Gesetzen der Physik erzeugt der **Elektronendrehimpuls  $l$**  ein gerichtetes **magnetisches Moment  $\mu$**  :

$$\mu \sim l.$$

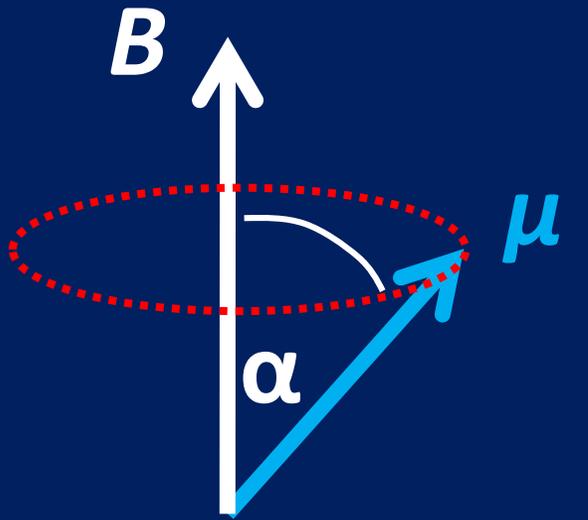


Durch Messung des **magnetischen Momentes  $\mu$**  kennt man damit den **Drehimpuls  $l$** .

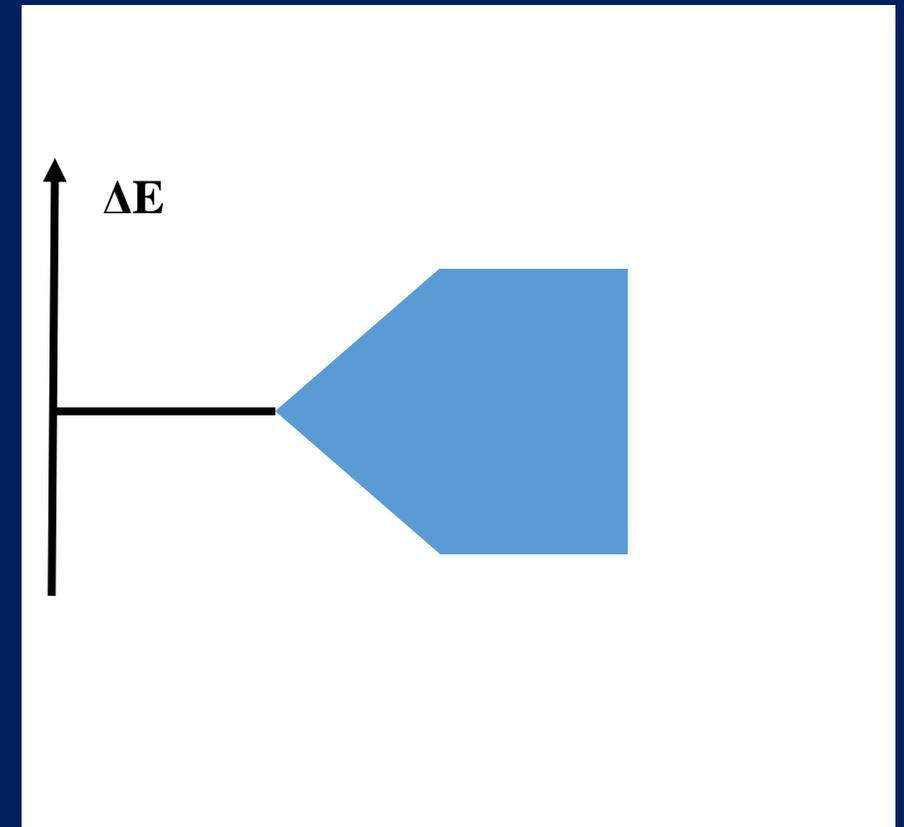
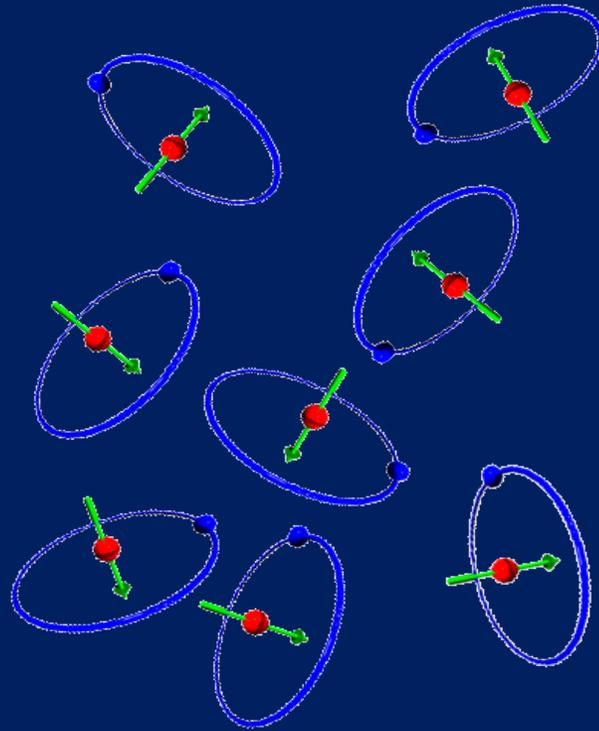
## **2. Die Vorgeschichte des SGE**

Der Motivation zum SGE geht auf Sommerfelds Erklärung des Zeeman-Effektes zurück.

Nach den Gesetzen der klassischen Physik sollte das **magnetische Moment  $\mu$**  eines Atoms in einem äußeren Magnetfeld  $B$  eine **Larmor Präzession um die B-Feldrichtung** ausführen und der Energiewert eines Zustandes sollte sich um einen  **$\Delta E$  – Betrag** ändern.



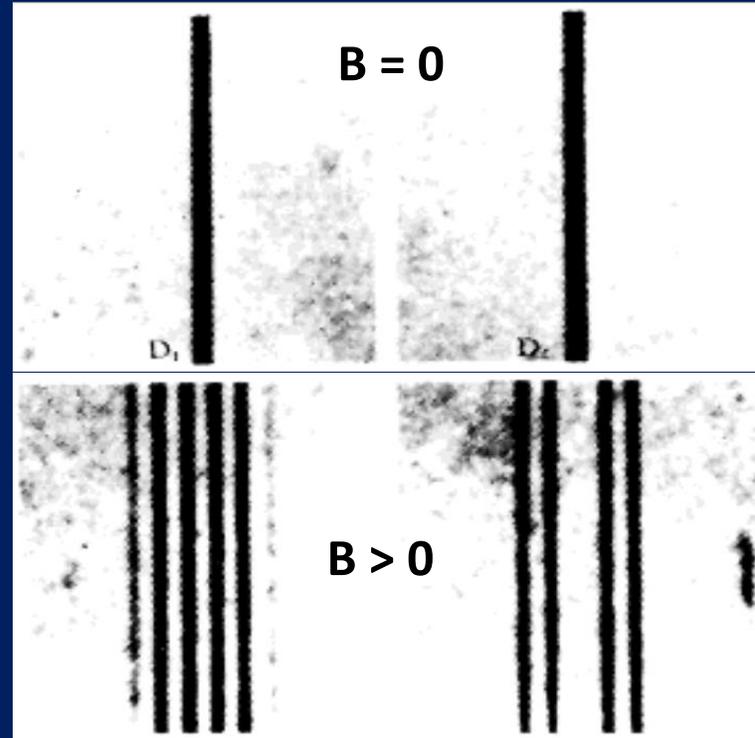
$$\Delta E \sim B \cdot \mu \cdot \cos \alpha$$



## Zeemaneffekt ZE (1896-7)

Aber:

Wenn Atome in Gegenwart eines äußeren Magnetfeldes Licht emittieren, dann spalten sich die Linien in weitere scharfe Linien, sogenannte Multipletts, auf.



⇒ Normaler ZE Triplets, Quintetts,

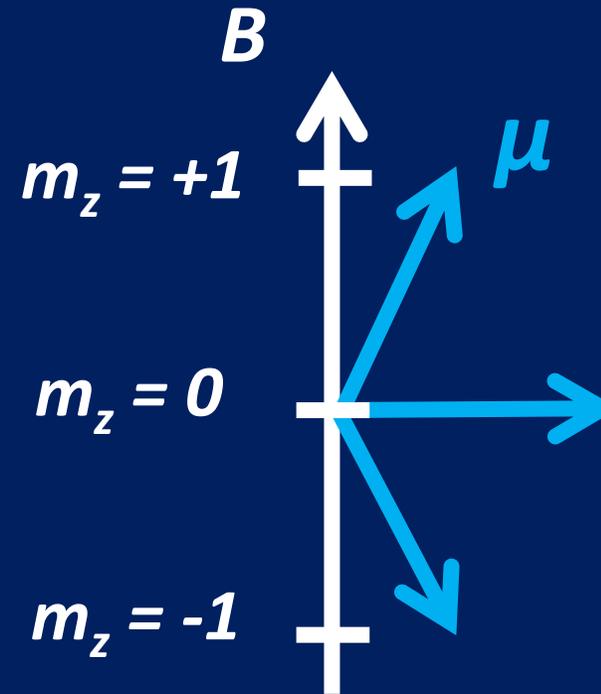
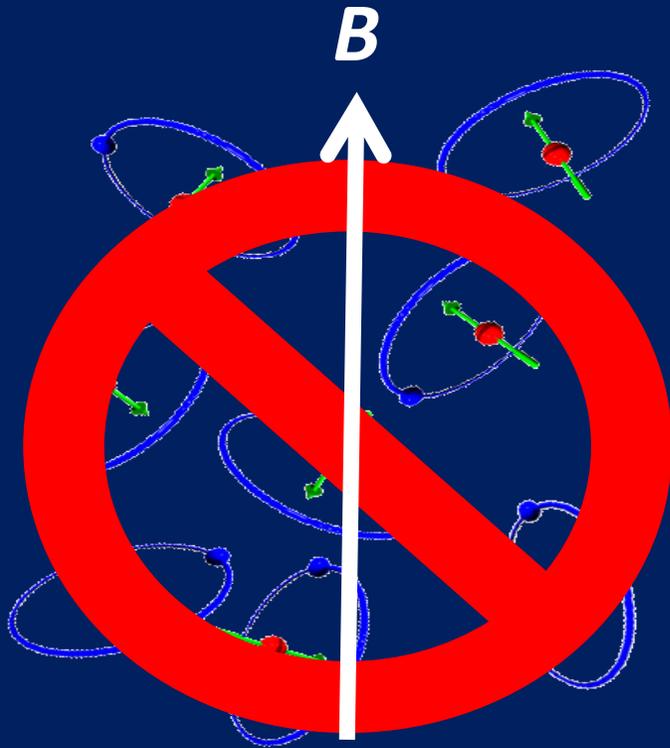
...

⇒ Anomaler ZE Dubletts, Quartetts,

...

Um die Linienschärfe im Zeeman-Effekt zu erklären, haben Arnold Sommerfeld und Pieter Debye 1916 die **Hypothese der „Richtungsquantelung“** der magnetischen Momente in einem äußeren Magnetfeld aufgestellt.

Die Projektionen auf die B-Feldrichtung müssen quantisierte Vielfache des Bohr'schen Magnetons sein.



$m_z$  ist die magnetische Quantenzahl.

**Dieses Postulat der „Richtungsquantelung“ der Atome im Magnetfeld widersprach völlig dem „gesunden Menschenverstand“.**

**Selbst Pieter Debye war überzeugt, dass diese Richtungsquantelung nur eine theoretische Erfindung sein konnte, aber in der Realität nicht auftreten konnte.**

**Auch Otto Stern war fest überzeugt, dass die Sommerfeld'sche Hypothese Unsinn sei.  
Dies wollte er experimentell beweisen!**

### **3. Planung und Durchführung des Stern-Gerlach-Experimentes**

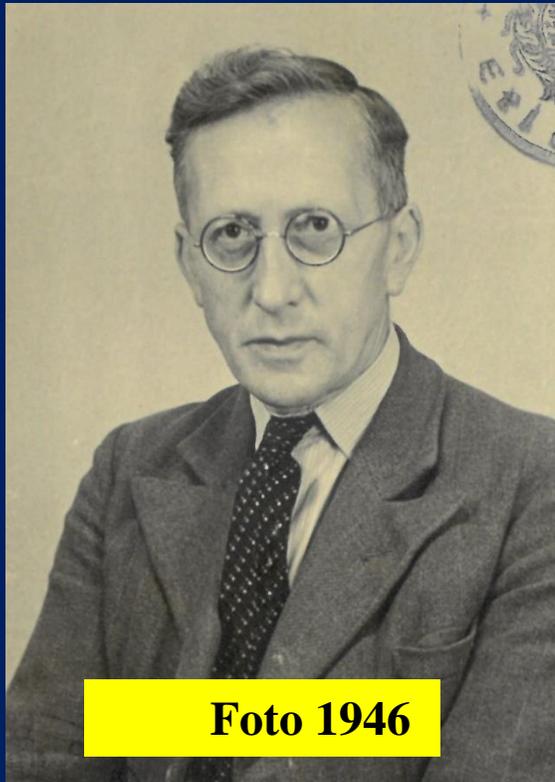
# Otto Stern, Walther Gerlach und Adolf Schmidt, die drei „Väter“ des SGE.

*Die Bezeichnung „Stern-Gerlach-Experiment“ wurde 1922 von Albert Einstein eingeführt.*

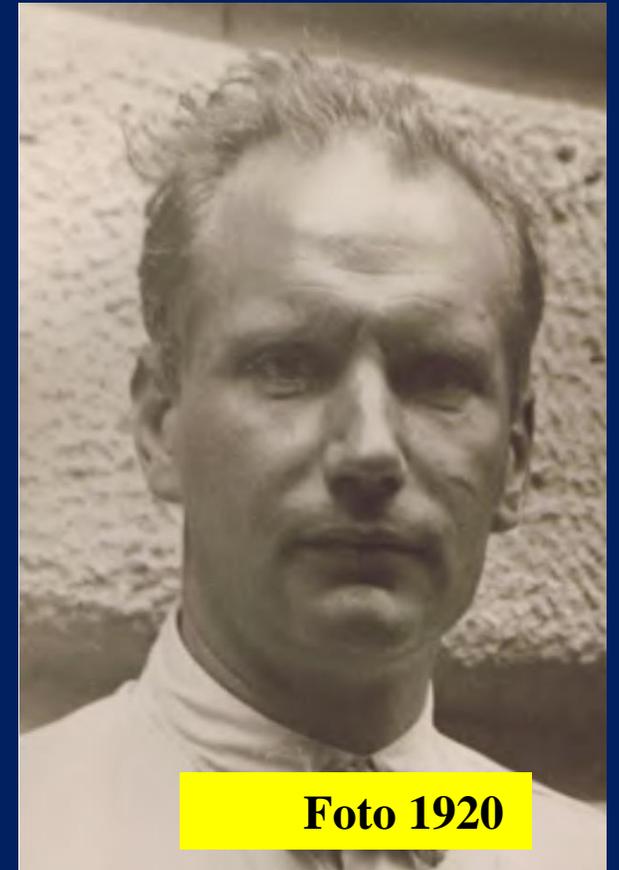
**Otto Stern (1888-1969)**  
war der Ideengeber und geniale  
Planer des SGE.



**Adolf Schmidt (1893-1971)**  
war der  
Feinmechanikermeister,  
ohne den das SGE niemals  
gelingen wäre.



**Walther Gerlach (1889-1979)**  
war der geniale „Macher“.





**1919 kam dann Walther Gerlach nach Frankfurt (Privatdozent bei Wachsmuth)**



**Walther Gerlach, Lise Meitner and Otto Stern 1925  
in Zürich**

**1888 Otto Stern wurde am 17.2.1888 in Sohrau/Oberschlesien geboren.**

**1892 übersiedelten seine Eltern, der Mühlenbesitzer Oskar Stern und seine Frau Eugenie nach Breslau, wo Otto Stern die Schule besuchte (ab 1906 das Johannes Gymnasium) und von 1906 bis 1912 physikalische Chemie studierte. 1912 promovierte er dort bei Otto Sackur.**

**1912 bis 1914 war er Mitarbeiter bei Albert Einstein in Prag und Zürich.**

**1914 wechselte er als Privatdozent von Max von Laue an die neu gegründete Universität Frankfurt.**

**1914 bis 1918 als Kriegsfreiwilliger war er Wetterbeobachter in Ostpolen.**

**1919 bis 1922 Entwicklung der Molekularstrahlmethode MSM und Stern-Gerlach-Experiment in Frankfurt.**

**1921 Am 1.10.1921 ging Otto Stern nach Rostock und wurde dort Apl. Professor für theoretische Physik.**

**1923 Am 1.1.1923 ging Otto Stern nach Hamburg als Ordinarius für exp. Physikalische Chemie.**

**1933 Am 1.10.1933 musste Otto Stern in die USA emigrieren und wurde Forschungsprofessor in Pittsburgh am Carnegie Institute of Technology. 1939 bis 1945 Mitarbeit am Manhattan Projekt.**

**1944 erhielt er den Nobelpreis für Physik für das Jahr 1943.**

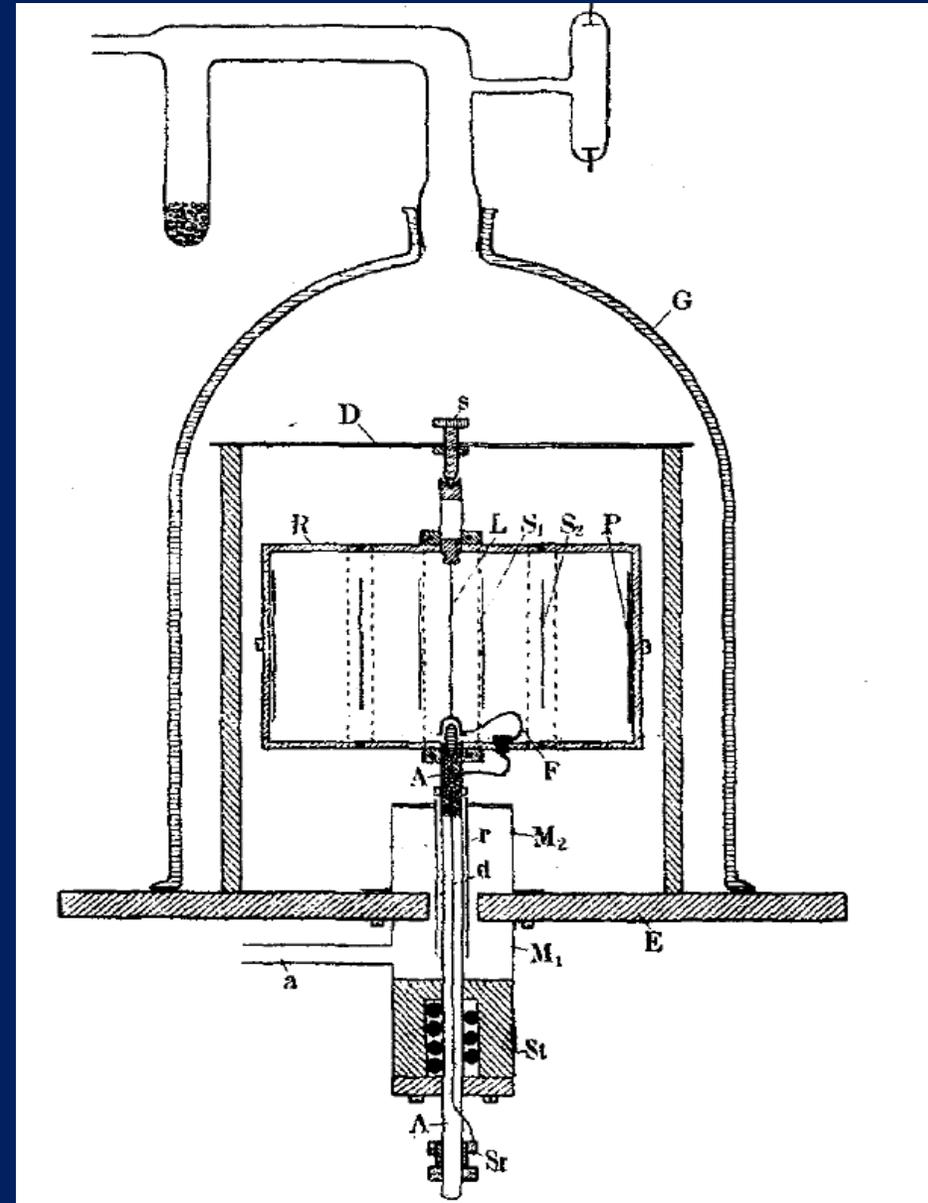
**1945 Emeritierung und Umzug nach Berkeley, wo er am 17.8.1969 verstarb.**

- 1889** Walther Gerlach wurde am 1.8.1889 als Sohn des Mediziners Valentin Gerlach und seiner Frau Maria Wilhelmine in Wiesbaden-Biebrich geboren.
- 1899** Eintritt in das Kgl. Gymnasium Wiesbaden (Abitur 1908)
- 1908** Studium der Mathematik und Philosophie in Tübingen
- 1911** Assistent bei F. Paschen in Tübingen
- 1912** Promotion bei F. Paschen in Tübingen
- 1915** Wehrdienst
- 1916** Habilitation bei F. Paschen in Tübingen
- 1917** Umhabilitation nach Göttingen
- 1919/20** Leiter des Physiklabors bei den Farbenfabriken Elberfeld
- 1920** Assistent bei R. Wachsmuth an der Universität Frankfurt
- 1922** Stern-Gerlach-Experiment in Frankfurt
- 1925** Lehrstuhl für Experimentalphysik in Tübingen, Nachfolger von Friedrich Paschen
- 1929** Lehrstuhl für Experimentalphysik an der LMU in München, Nachfolger von Wilhelm Wien
- 1944** wurde Walther Gerlach der Chef vom Reichsforschungsrat.
- 1945/48** Internierung in Farm Hall (GB) und in der britischen Zone (D)
- 1949** Gründungspräsident der Fraunhofer Gesellschaft, Präsident der DPG etc. ...
- 1957** Emeritierung
- 1979** 10.8.1979 Tod in München

**Stern verfügte damals als Einziger über eine Messmethode, seiner sogenannten „Molekularstrahlmethode“, diese Sommerfeld'sche Hypothese experimentell überprüfen zu können.**

**Der „Theoretiker“ Otto Stern hatte 1919-20 in Frankfurt mit seiner „Molekularstrahlmethode“, die Grundlagen für ein extrem hochauflösendes Impulsspektrometer im Vakuum geschaffen.**

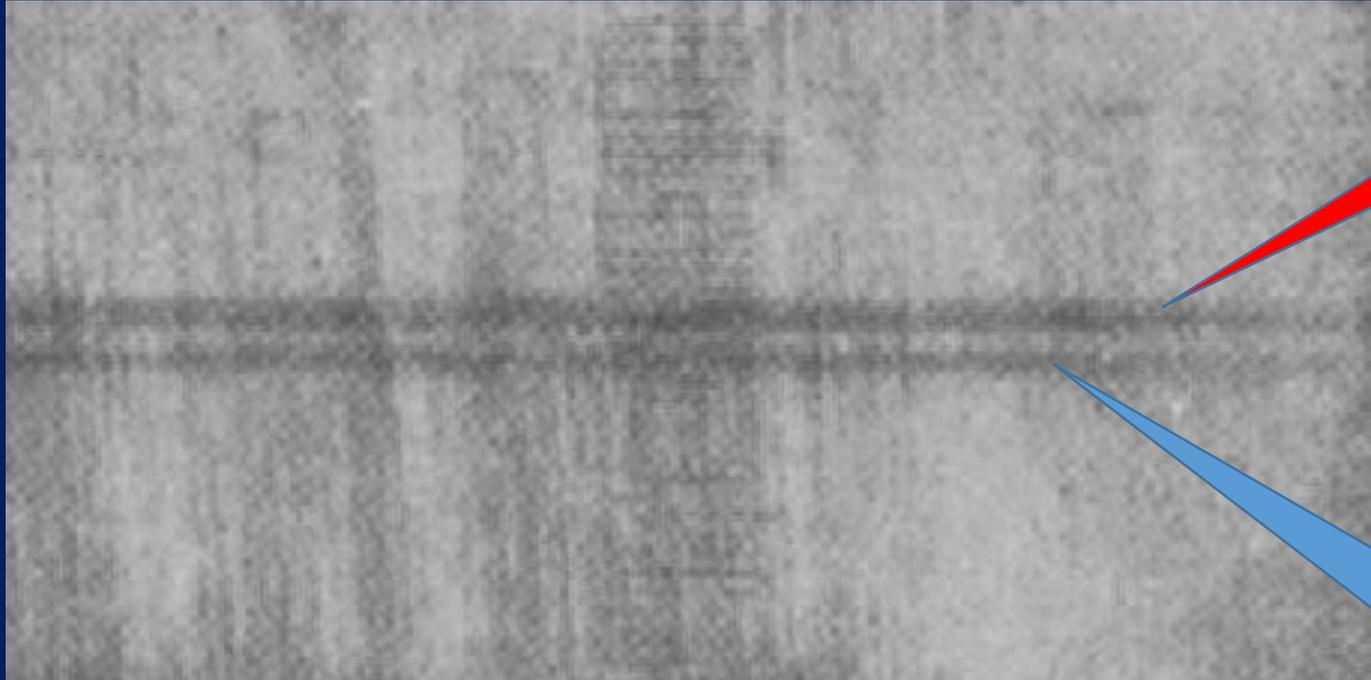
Sterns erste große Leistung war das Ausmessen der Maxwell-Geschwindigkeitsverteilung der Moleküle, die sich in einem Gas bei einer konstanten Temperatur  $T$  bewegen. Diese Arbeit wurde die Grundlage zur Entwicklung der sogenannten **Atom- oder Molekularstrahlmethode**, die zu einer der erfolgreichsten Untersuchungsmethoden in Physik und Chemie überhaupt werden sollte.





03/07/2014 12:33

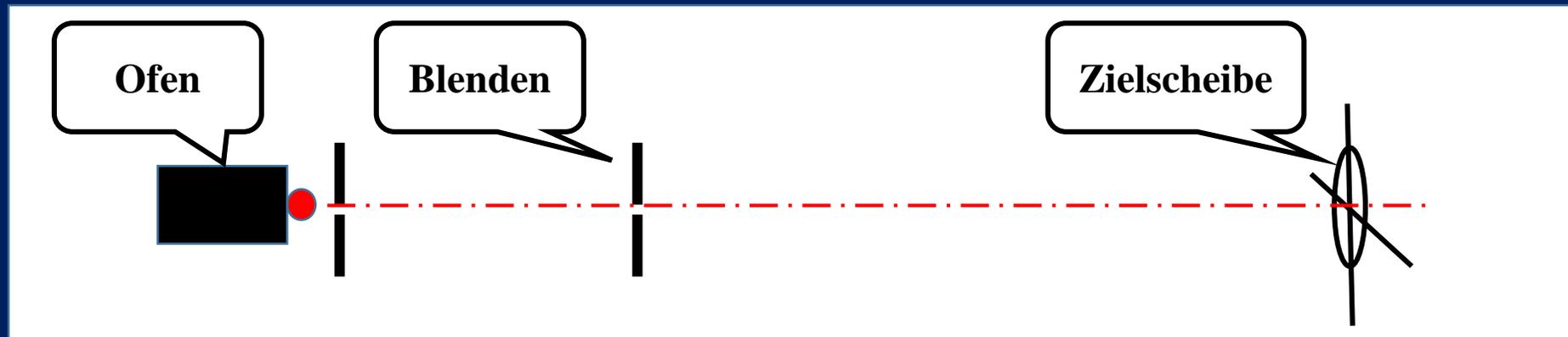
## Ms-Platte mit Ag-Kondensaten



**Ag-Kondensat mit  
im Uhrzeigersinn  
rotierendem  
Schlitzsystem**

**Ag-Kondensat mit  
entgegen dem  
Uhrzeigersinn  
rotierendem  
Schlitzsystem**

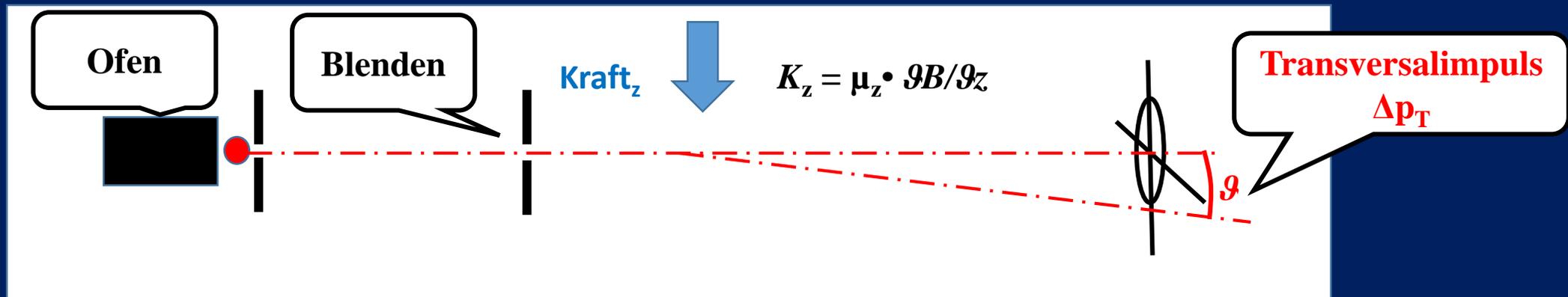
Man „schießt“ im Vakuum mit einzelnen Atomen auf eine Zielscheibe. Die Flugrichtung ist mit Hilfe von Blenden so ausgerichtet, dass der Experimentator immer ins Zentrum der Zielscheibe trifft.



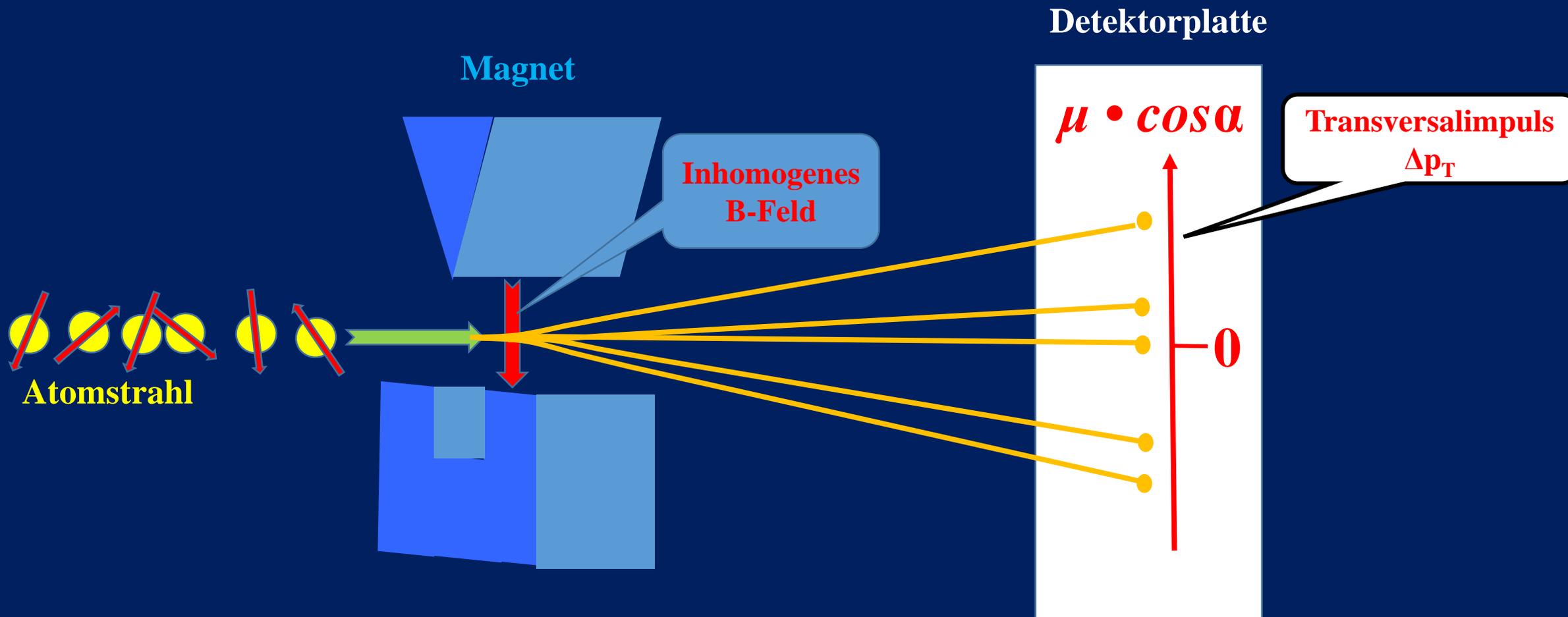
Lässt man nun auf das **fliegende Atom eine seitliche Kraft (z.B. Magnetfeld)** einwirken, dann wird das Ag-Atom abgelenkt.

Aus dem Ablenkwinkel  $\vartheta$  (wenige millirad oder zehntel mm) kann man innere Eigenschaften des Atoms bestimmen (z.B. die Größe und Ausrichtung des magnetischen Momentes).

$$\vartheta \Rightarrow |\mu| \text{ und } \alpha$$

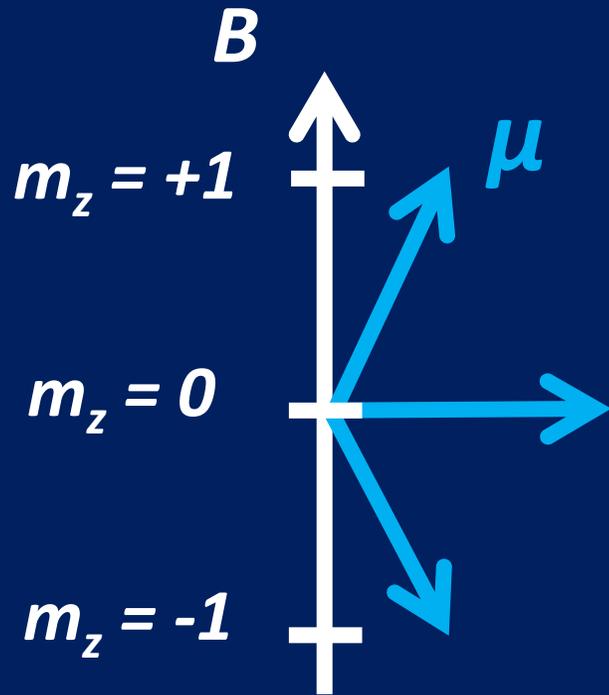


# Prinzip des Sternschen Experimentaufbaus

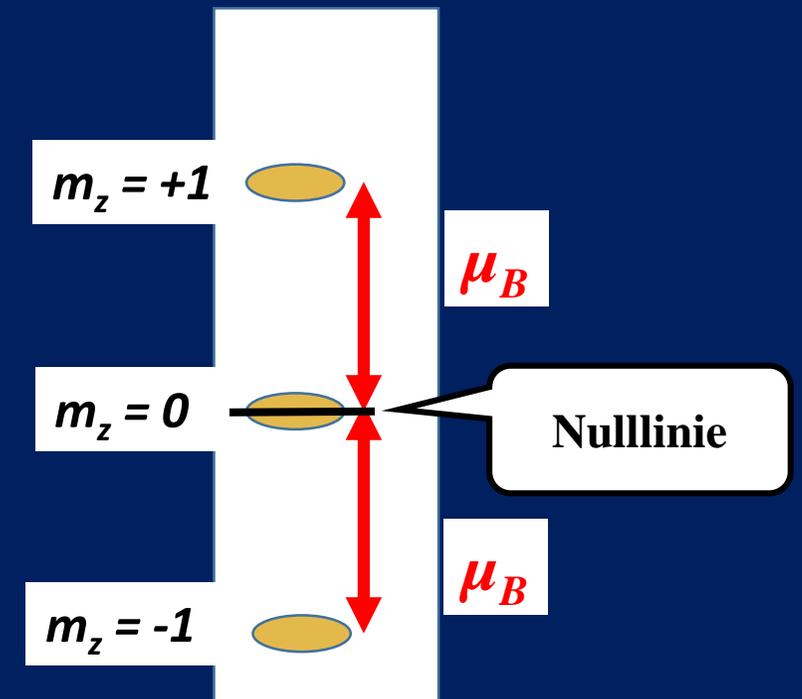


# Welche Ablenkverteilung könnte das Experiment zeigen?

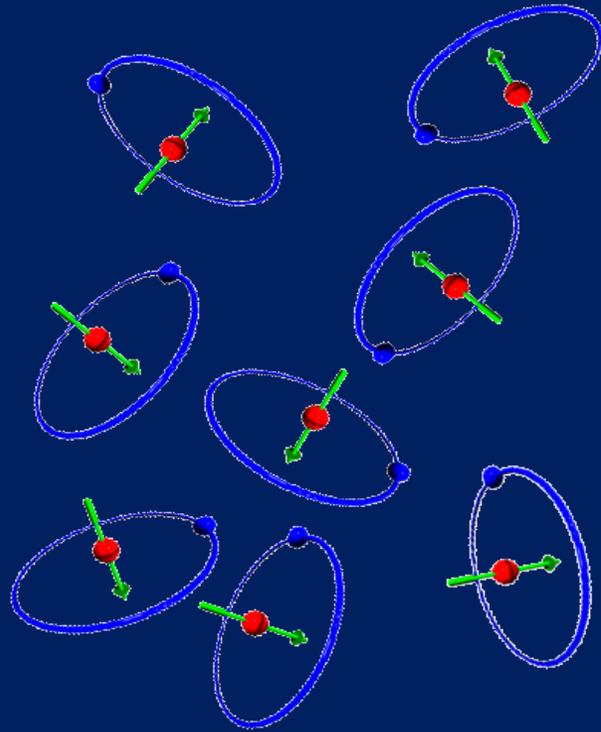
**Sommerfelds** Voraussage war in **Analogie zum Normalen Zeemaneffekt** (für  $l = 1$ ) eine Tripletstruktur.



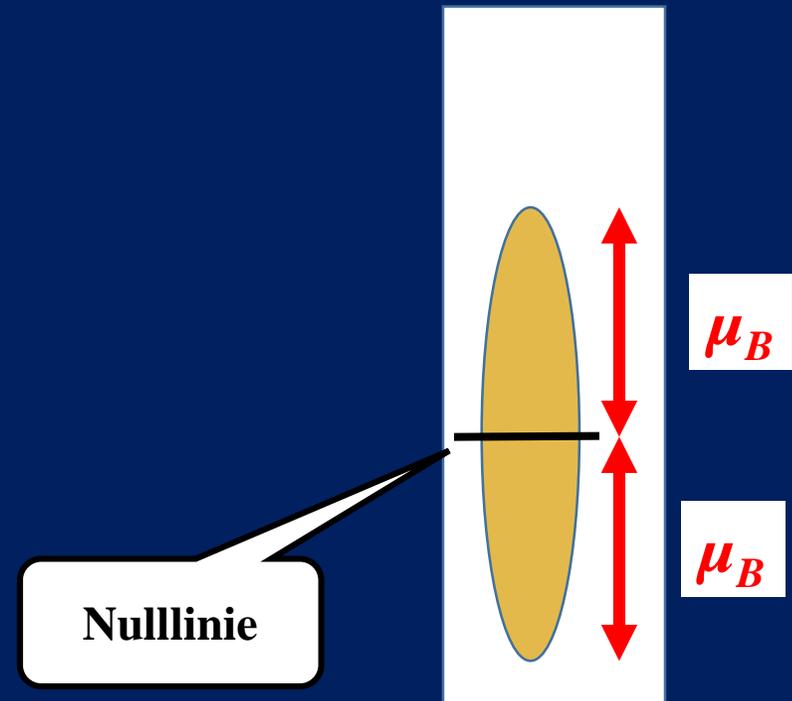
Niederschlag auf  
Detektorplatte



Stern erwartete keine Aufspaltung, sondern **Larmor –Präzession**  
entsprechend den Gesetzen der klassischen Physik.

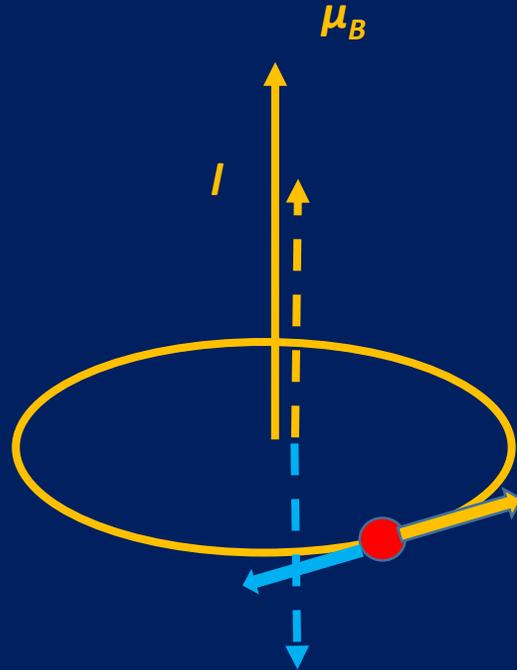


Niederschlag auf  
Detektorplatte

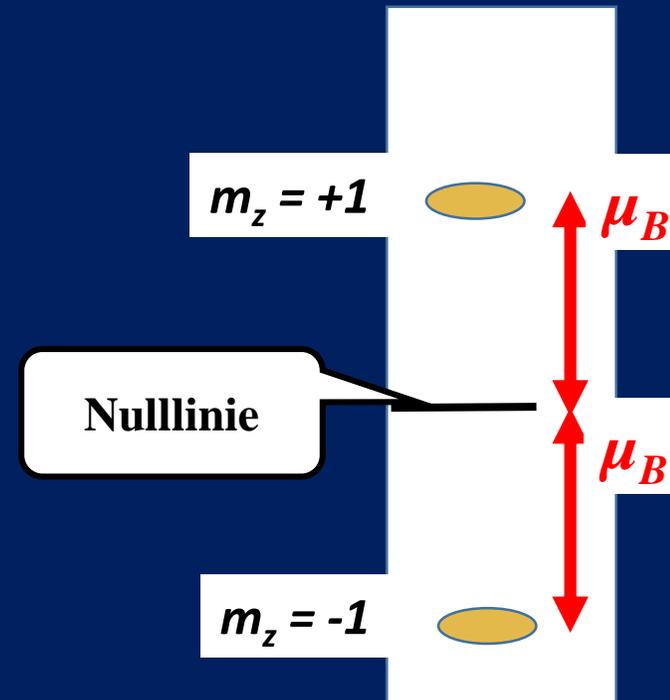


Bohr erwartete im Falle von Richtungsquantelung eine Dublettaufspaltung,  
da der Drehimpuls, d.h. das **magnetische Moment**, nur senkrecht auf der Bahnebene stehen kann.

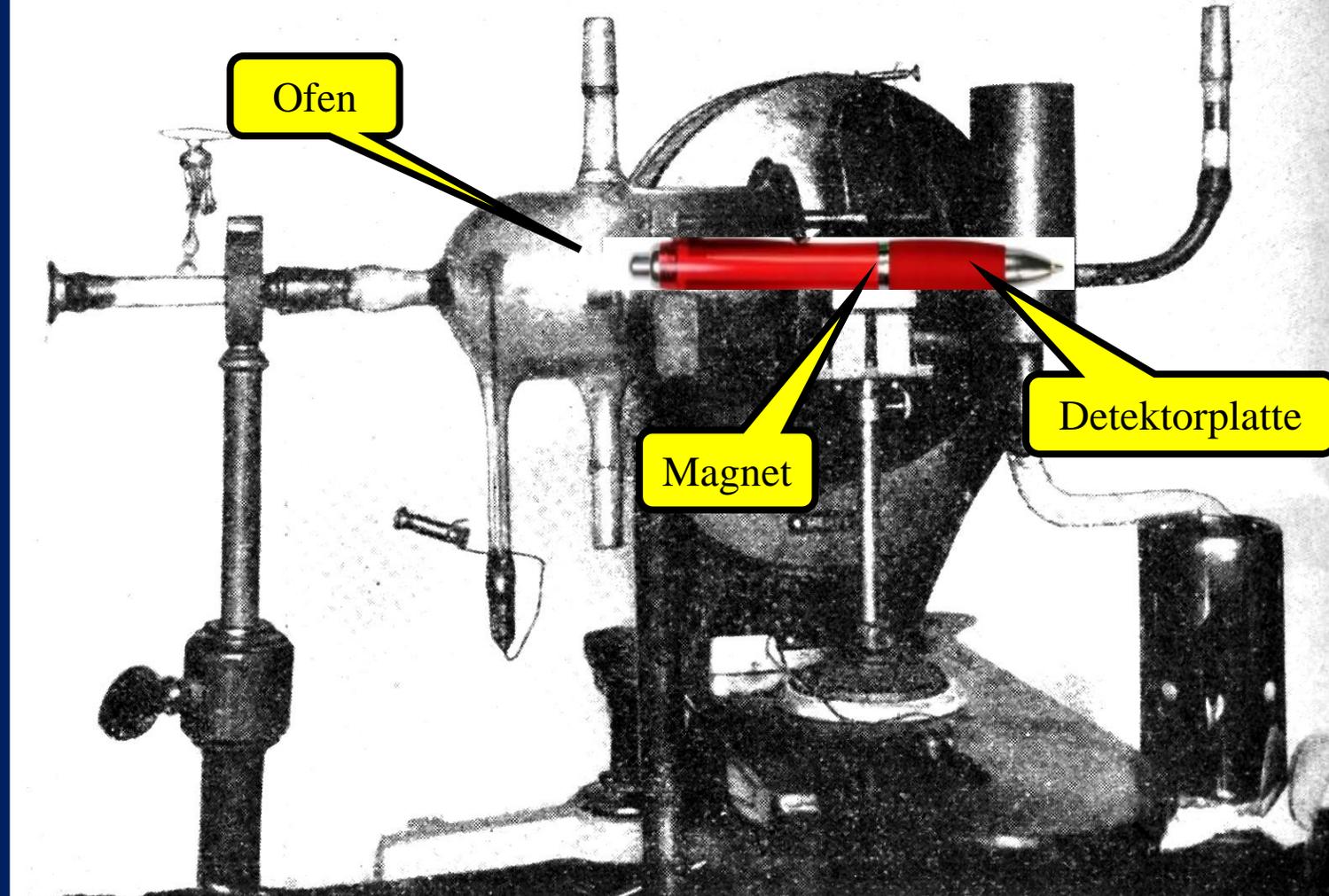
Richtungen der  
magnetischen Momente



Niederschlag auf  
Detektorplatte



## Der historische Experimentaufbau



Stern und Gerlach erreichten mit einer ca. 10 cm langen Flugstrecke ca. **0,03 ° Winkelauflösung!**

Dies entsprach für Ag-Atome bei 962° C verdampft einer transversalen „Energieauflösung“ von ca. **2 mikro eV.**

## Die Sponsoren – 1919 bis 1923 Zeit der Inflation

Den für diese Versuche benötigten Elektromagneten beschafften wir mit Mitteln aus einer Stiftung des Kaiser Wilhelm-Instituts für Physik, dessen Direktor, **Herrn A. Einstein**, auch hier unser herzlichster Dank ausgesprochen werden soll. Ferner danken wir der **Vereinigung von Freunden und Förderern der Universität Frankfurt a. M.** ergebenst für die reichen Mittel, die sie uns so bereitwillig zur Weiterführung der Versuche zur Verfügung gestellt hat.

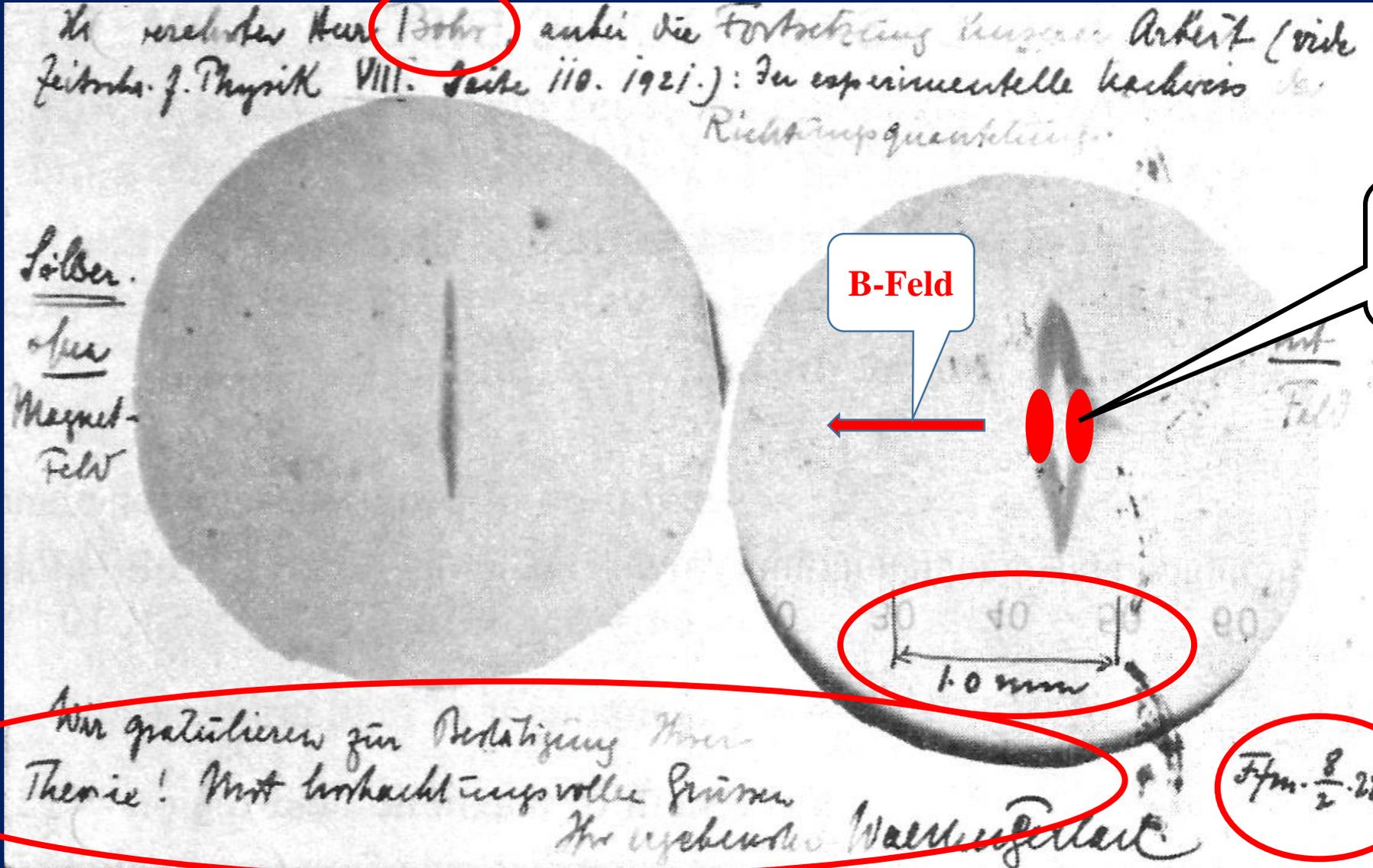
2) Der **Firma Hartmann und Braun** schulden wir herzlichen Dank für die leihweise Überlassung des Elektromagneten.

Wir möchten auch an dieser Stelle der **Firma Messer u. Co.**, Luftverflüssigungsanlagen, G. m. b. H. in Frankfurt a. M., unseren herzlichsten Dank aussprechen für die kostenlose Überlassung der großen Mengen flüssiger Luft.

**Henry Goldman (1857 –1937) (New York)** unterstützte das SGE mit anfänglich 400 \$. Sein Vater Marcus Goldmann war 1848 aus Frankfurt in die USA emigriert. Er hatte das Bankhaus Goldman & Sachs gegründet.

**Max Born: Vorträge über Einstein's Relativitätstheorie**

# Das experimentelle Ergebnis



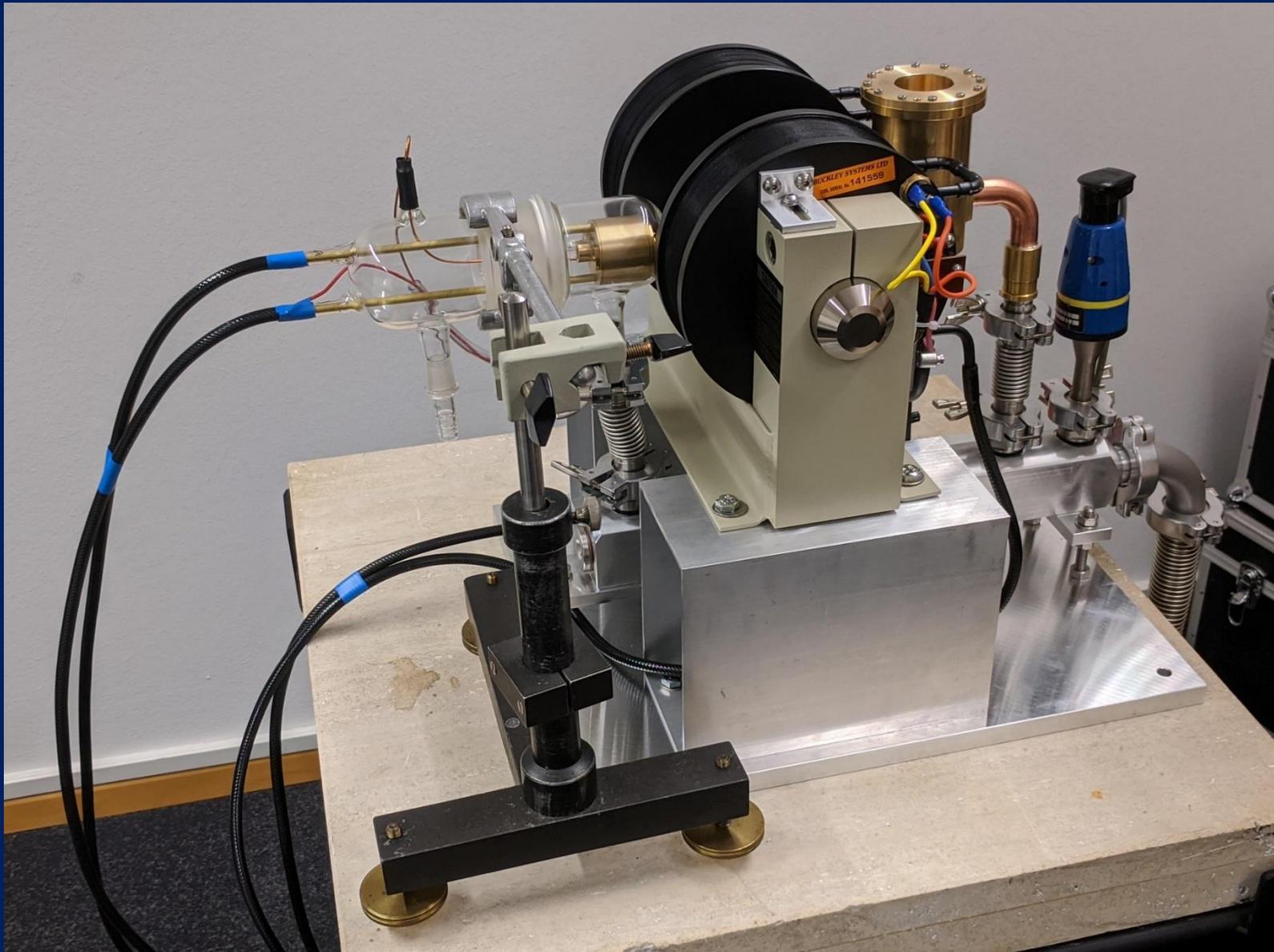


## Historic Microscope

## Historic Pumps

Left Volmer-  
Diffusion  
pump  $10^{-2}$  bis  
 $10^{-6}$  Torr and  
right Gaede-  
pump  
(20 bis  $10^{-2}$   
Torr).



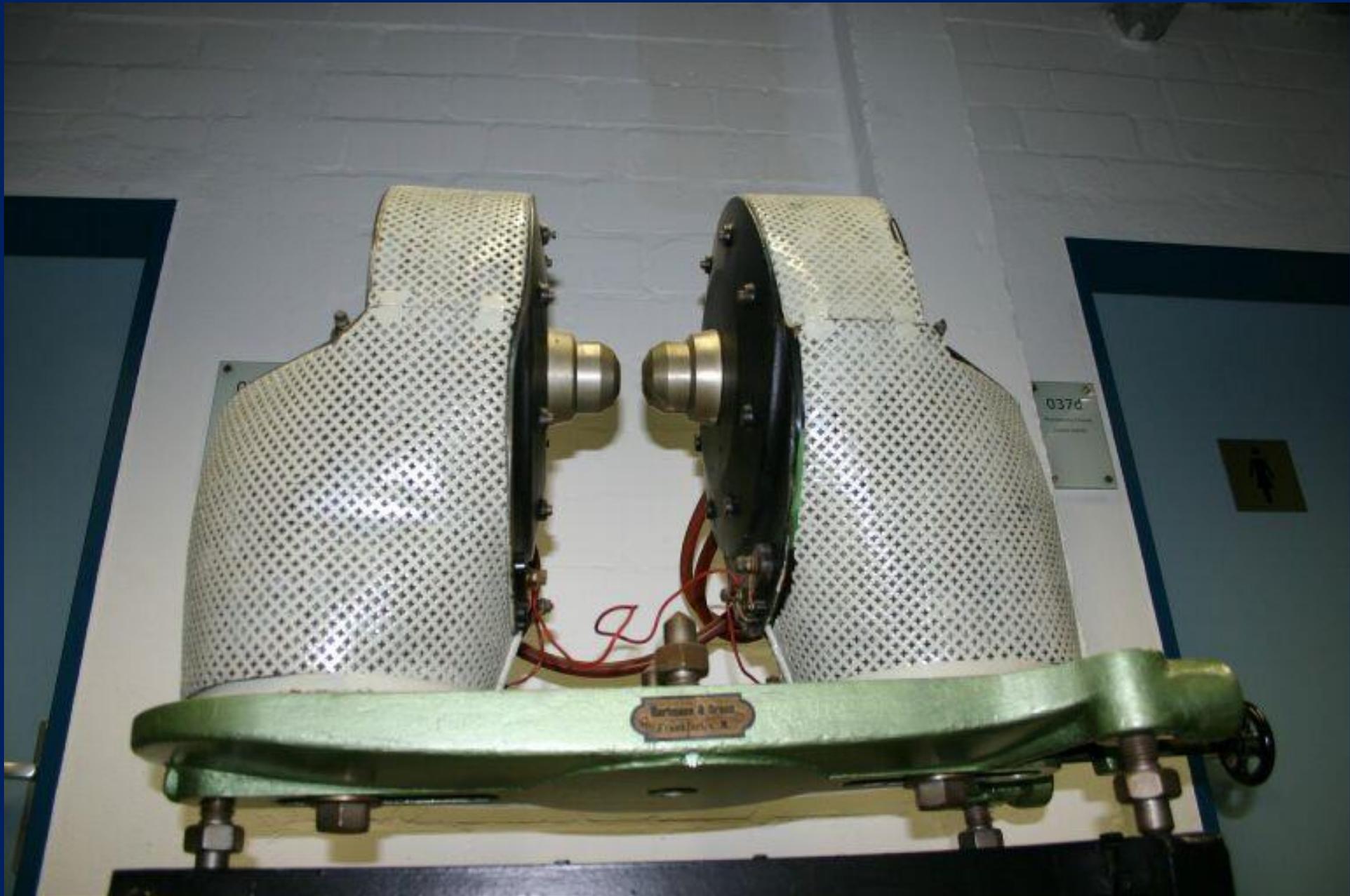


## **Rekonstruktion der Stern-Gerlach Apparatur**

**durch Wolfgang Engels / Fa. Histec  
und Horst Schmidt-Böcking**

**Das Vakuumsystem  
mit Ofen, Schlitz, Magnetspulen  
und Detektorplatte mit Kühlung  
wurde nachgebaut.**

**Die Umkleidung des Magneten wird  
montiert nach erfolgreichem  
durchgeführtem Experiment.**



## **Reaktion der Physikwelt 1922 auf das Stern-Gerlach-Experiment**

**Keiner hatte mit der Verifizierung der Richtungsquantelung gerechnet!**

**Einstein und Ehrenfest versuchten sofort das Umklappen der magnetischen Momente durch Wirkung von klassischen Kräften (Schüttelkraft) zu erklären:**

**Ergebnis: würde mehr als 100 Jahre dauern!**

**Richtungsquantelung ist eine Eigenschaft der Quantenwelt, hat aber nichts mit zeitabhängiger Kraftwechselwirkung zu tun.**

**Eine Art Kollaps!**

**Die Dublettaufspaltung wurde nicht diskutiert.**

**Alle waren überzeugt, dass die Dublettaufspaltung durch das Bohrmodell erklärt sei.**

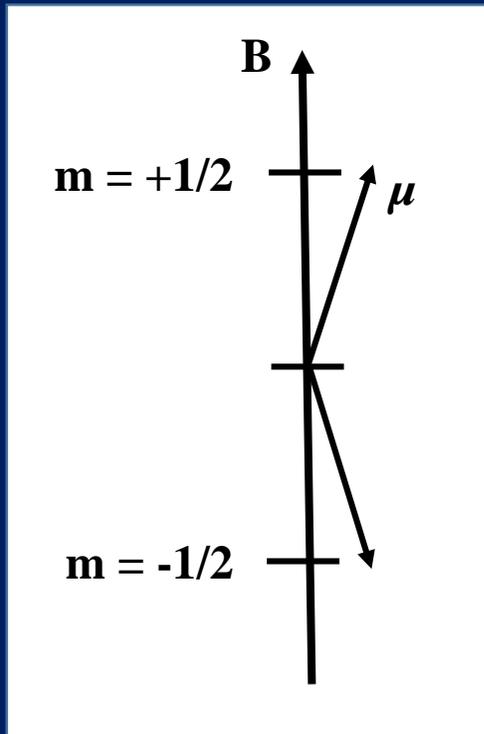
## Aber: auch Bohr's Erklärung war falsch!

Die richtige Erklärung gab **Alfred Landè in Analogie zur Dublett-Struktur des Anomalen Zeemaneffekt (1923)**.

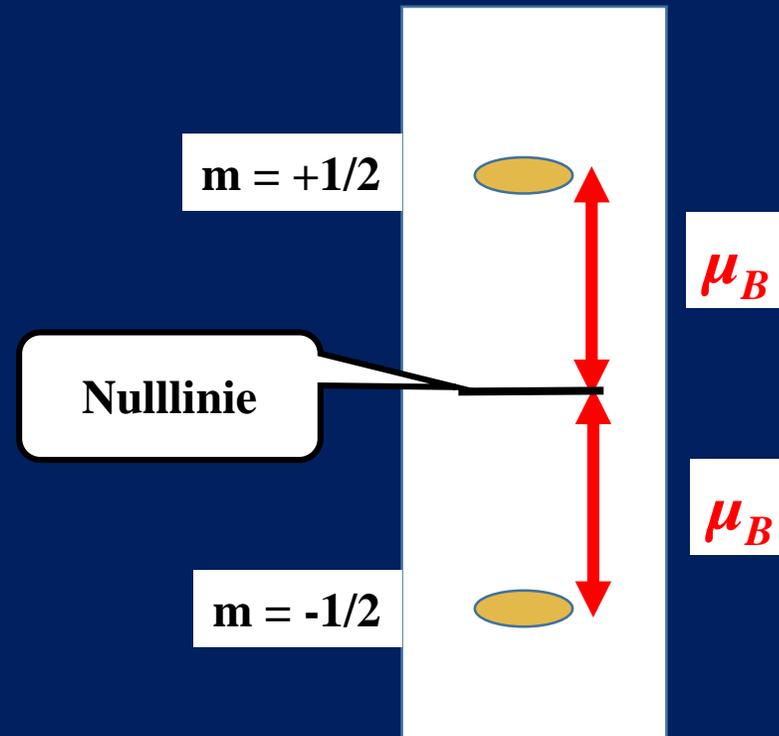
Landè's Begründung: Es gibt **halbzahlige Drehimpulse (verborgene Rotation mit  $k = 1/2$ )** geben mit **g-Faktor = 2**.

*Schwierigkeiten in der Quantentheorie des Atombaues, besonders magnetischer Art, Phys. Z. 24, 441-444 (1923).*

Richtungen der magnetischen  
Momente für  $s = 1/2$  (Dublett),  
g-Faktor = 2



Niederschlag auf  
Detektorplatte



**Landè publizierte 1921 in Frankfurt zweiwichtige Arbeiten:**

*Landè A., Über den anomalen Zeemaneffekt (I. Teil), Z.Phys. 5, 231-241 (1921) (eingereicht 16.4.1921)*

*and*

*Landè A., Über den anomalen Zeemaneffekt (II. Teil), Z.Phys. 5, 398-405 (1921)*

**In diesen Veröffentlichungen postulierte Landè zwei Arbeitshypothesen:**

**1. Es muss halbzahlige Quantenzahlen geben..**

**2. Landè führte dort auch den  $g$  – Faktor ein, der berücksichtigte, dass das gyromagnetische Verhalten in Atomen von  $g = 1$  abweichen konnte.**

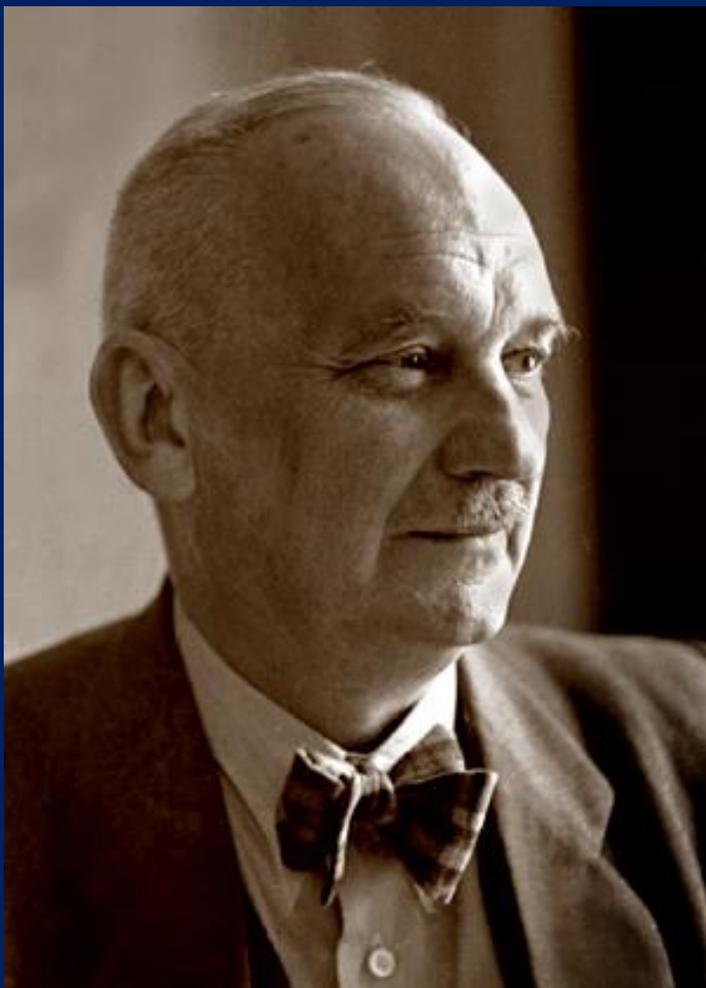
**Für die Herleitung dieser Postulate war die von Wojciech S. P. Rubinowicz gefundene Auswahl-Regel von entscheidender Bedeutung.**

1918 **Wojciech S. P. Rubinowicz** als Postdoc bei Sommerfeld entdeckte auf semiempirischem Wege folgende Auswahlregel:

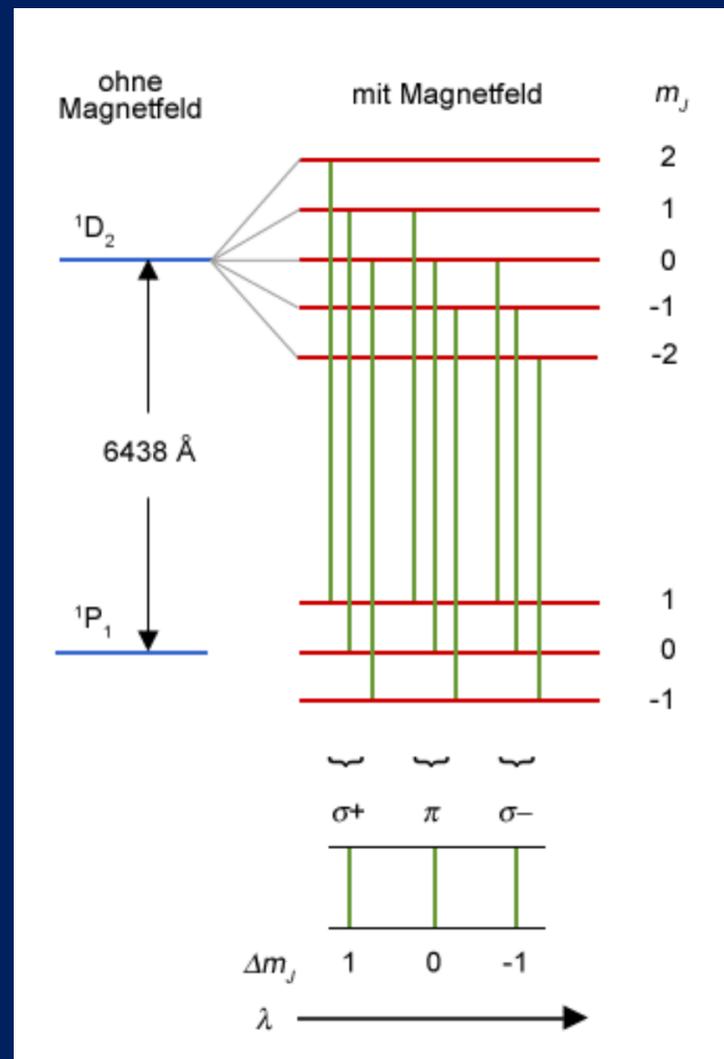
Ein Übergang zwischen zwei Zuständen ist nur erlaubt, wenn für die Differenz  $\Delta m$  der betreffenden magnetischen Quantenzahlen  $m_i$  und  $m_j$  gilt:

$$\Delta m = m_i - m_j = 0, \pm 1$$

A. Rubinowicz, "Bohrsche Frequenzbedingung und Erhaltung des Impulsmomentes. I. Teil," *Physikalische Zeitschrift*, vol. 19, pp. 441–445, 1918.



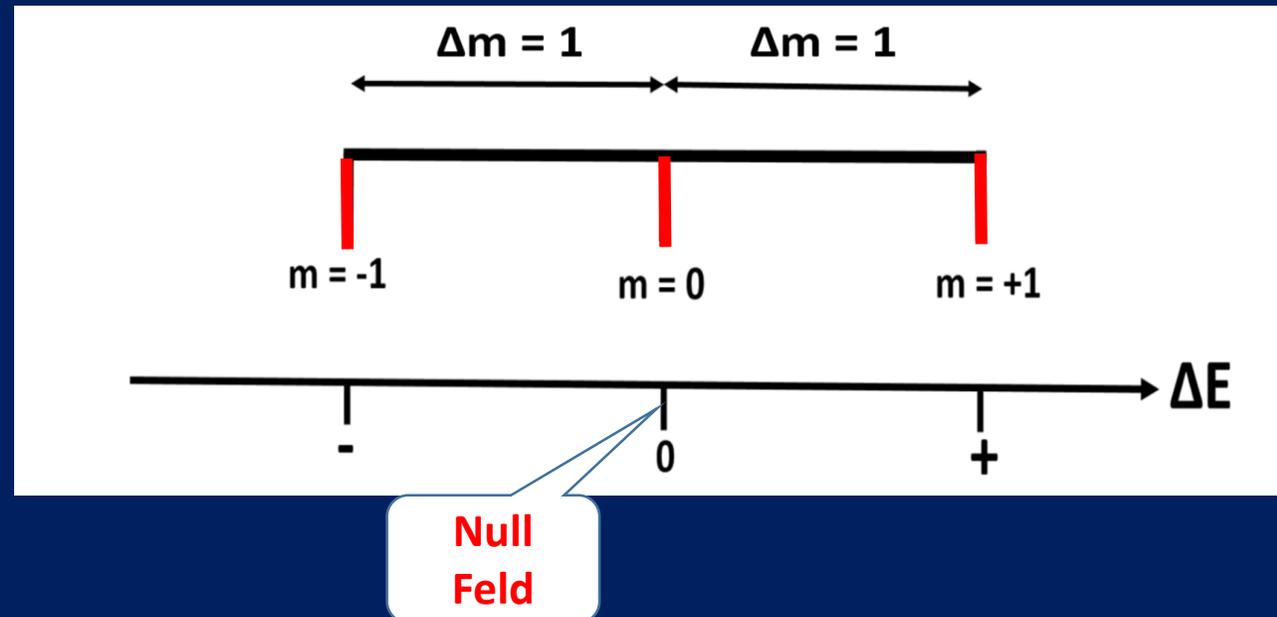
Wojciech Rubinowicz 1889-1974



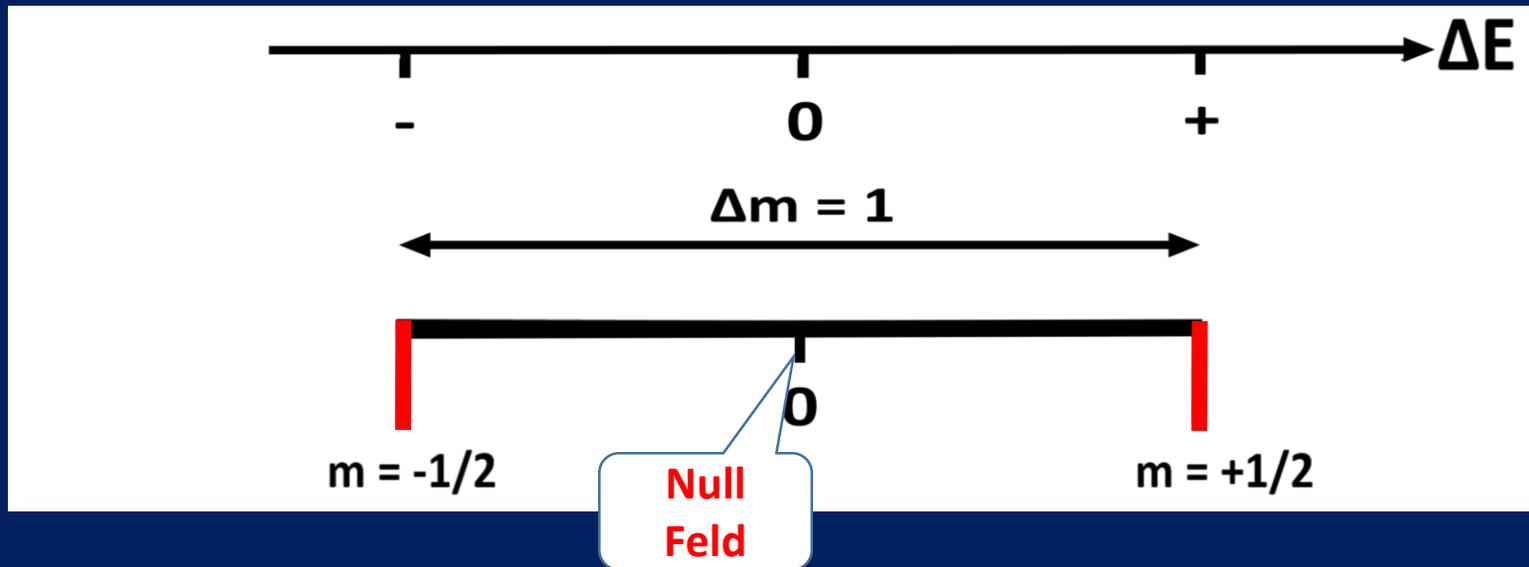
# Warum postulierte Landè halbzahlige Quantenzahlen?

Die Triplettaufspaltung des normalen ZE

## NZE Triplettaufspaltung



## AZE Dublett Aufspaltung



Keine Linie bei der NULL Lage

Da  $\Delta m = 1$ ,  
=> Quantenzahlen müssen halbzahlig sein!

$$m = +1/2 \quad \text{and} \quad m = -1/2 .$$

Das wurde aber nicht von Sommerfeld, Born, Bohr, Kramers, van Fleck, Kemble etc. akzeptiert  
Für die Energieaufspaltung muss dann  $\Delta E$  für  $m = +1/2$  und  $m = -1/2$   
 $g = 2$  sein.

**Landè's bedeutende Postulate wurden aber nicht 1921-23 von der „Physics Community“ anerkannt, erst 1926!**

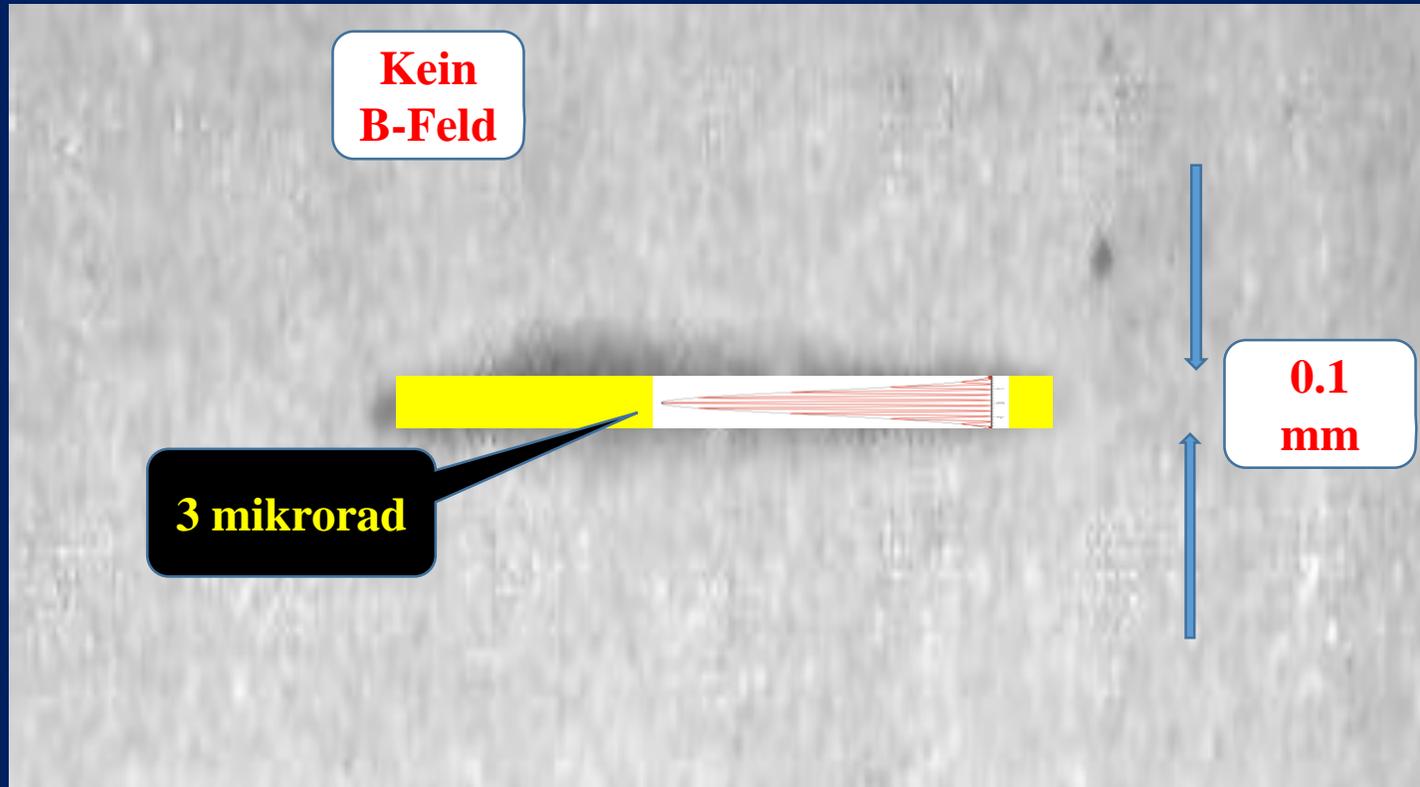
**Landè's Mentor Max Born (1882-1970) beschrieb Landè's Zahlenspiele“ (playing with numbers) wie folgt:  
Landè und Born saßen in Frankfurt in demselben Zimmer und am gleichen Schreibtisch.**

**Born beschreibt die Situation im Interview mit Thomas Kuhn 1962 folgendermaßen:**

*Then he [Landè] came back to Frankfurt and his head was completely occupied with the work, which I did not understand at first. It was these integer numbers relationships between the energies and intensities of multiplet lines and Zeeman effect lines. And he did it in a way that horrified me, by simply guessing numbers. He wrote long lists of numerical values and said they had to be in a formula - how do you "construct" them? And he tried the most impossible things. And finally it came out. Finally came a formula that gave all the desired results. I couldn't verify it - I can never do numerical arithmetic problems. So I didn't pay much attention to him, and he didn't notice much of our work either, even though we sat in the same room the whole time. But two or three years later, when we derived these integer numbers from quantum mechanics, we immediately saw that it was very important.*

# Warum wird das Ag-Atom transversal abgelenkt?

a. Streuung (**Diffraction**) am Eingangsschlitz (**0.1mm**,  $\lambda = 0.11$  a.u.)

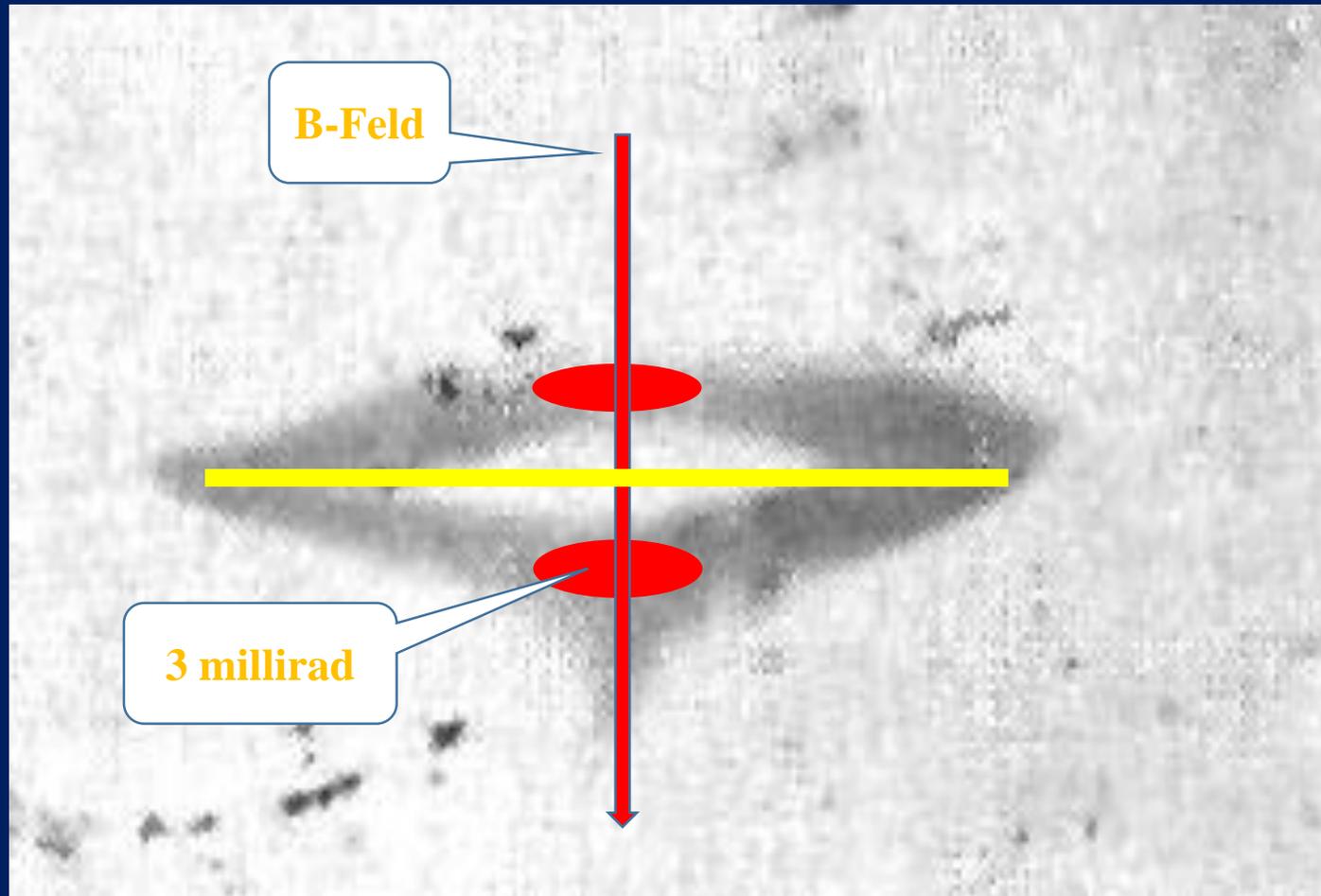


Quanten mechanisches Wellen-Packet => Interferenz

*Heisenberg 1927*

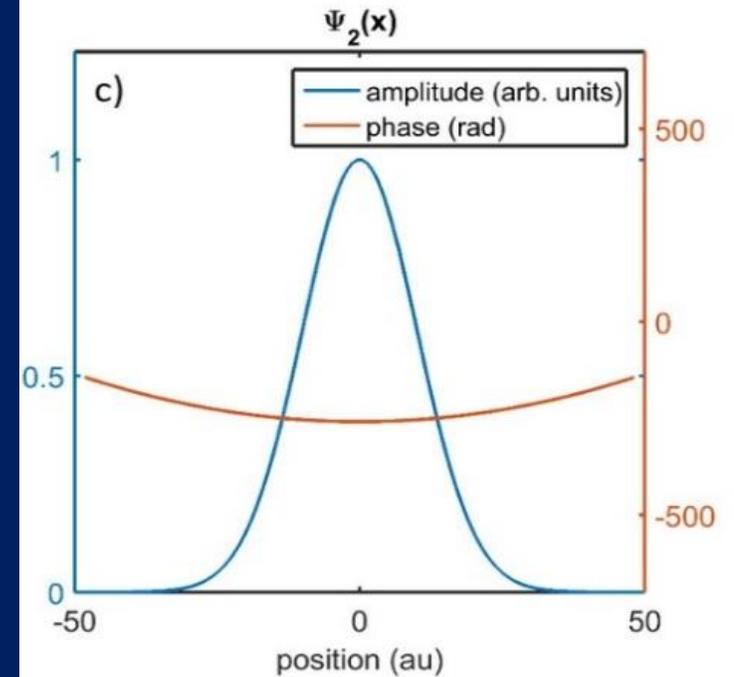
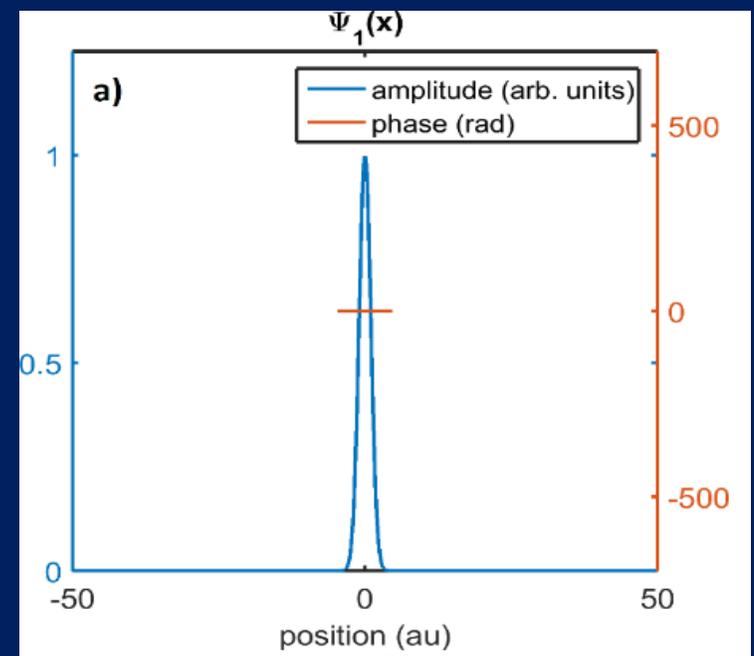
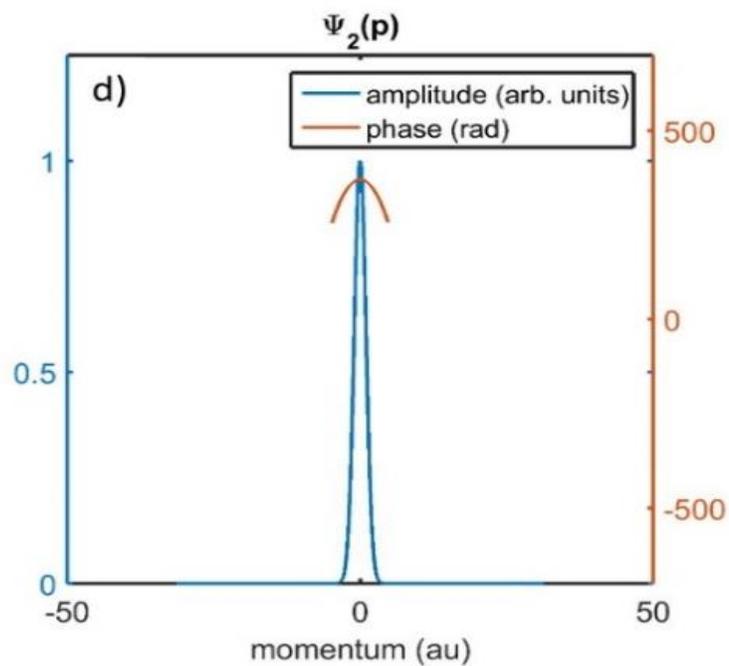
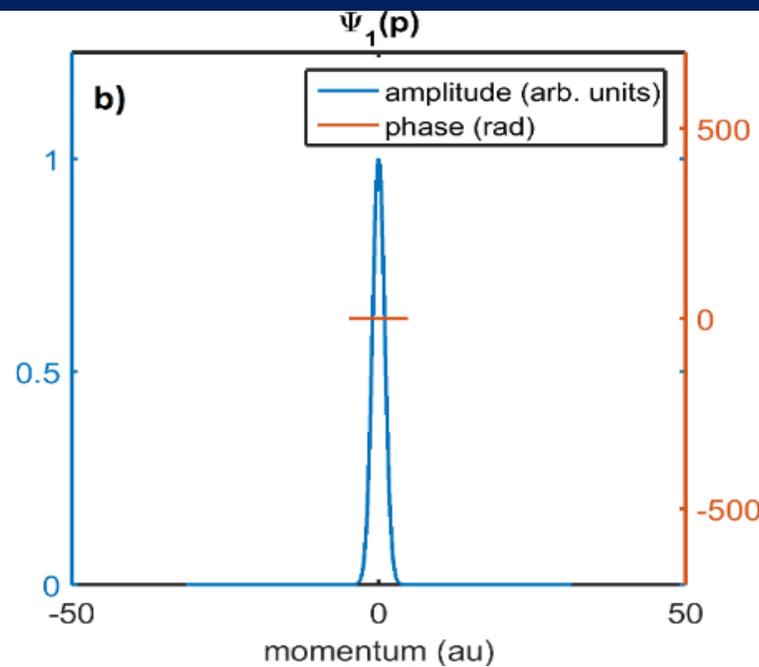
# Warum wird das Ag-Atom transversal abgelenkt?

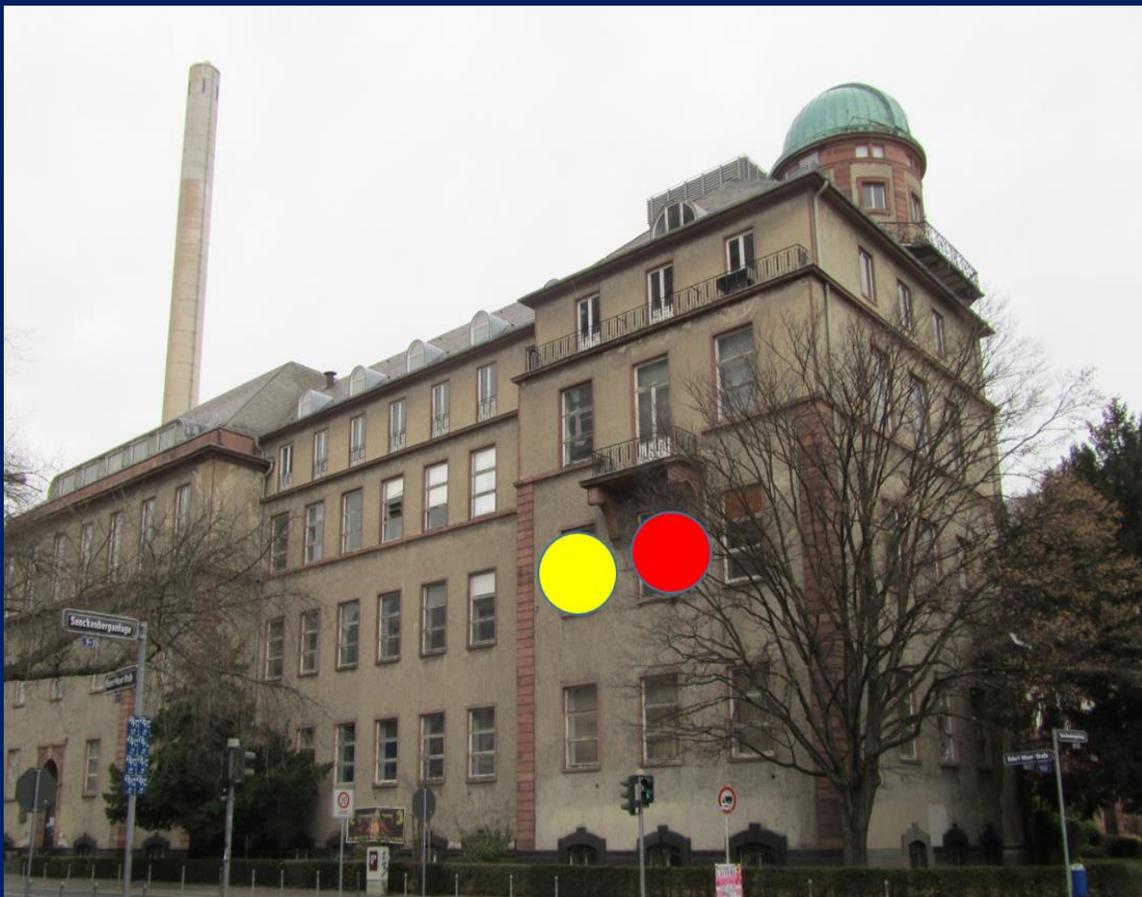
b. Impulsaustausch durch magnetische Kräfte mit dem Magneten



**Die Teilchenbahn ist für jedes Ag-Atom im Impulsraum genau bekannt!  
Daher keine Interferenz und kein Kollaps!**

The time dependence of the wave function in momentum and coordinate space





**Früheres Physikgebäude (Aufnahme 2011).**

**In dem gelb markierten Raum saßen Max von Laue, Max Born, Alfred Landè und Erwin Madelung, im rot markierten führten Otto Stern und Walther Gerlach ihre berühmten Experimente durch.**

**In diesem Raum fand 1922 das berühmte Stern-Gerlach-Experiment statt.**

**rechts: Alan Templeton, der Großneffe Otto Sterns / Oakland**

**und Otfried Madelung, der Sohn von Erwin Madelung der ab 1921 Nachfolger von Max Born in Frankfurt war.**





IM FEBRUAR 1922 WURDE IN DIESEM GEBÄUDE DES  
PHYSIKALISCHEN VEREINS, FRANKFURT AM MAIN,  
VON OTTO STERN UND WALTHER GERLACH DIE  
FUNDAMENTALE ENTDECKUNG DER RAUMQUANTISIERUNG  
DER MAGNETISCHEN MOMENTE IN ATOMEN GEMACHT.  
AUF DEM STERN-GERLACH-EXPERIMENT BERUHEN WICHTIGE  
PHYSIKALISCH-TECHNISCHE ENTWICKLUNGEN DES 20. JHDTS.,  
WIE KERNSPINRESONANZMETHODE, ATOMUHR ODER LASER.  
OTTO STERN WURDE 1943 FÜR DIESE ENTDECKUNG  
DER NOBELPREIS VERLIEHEN.

**Gedenktafel an der Alten Physik (Physikalischer Verein) Robert-Mayer-Str. 2 in Frankfurt.  
*Sponsored by Siemens***



**Richard Wachsmuth**

**Hedi Born**

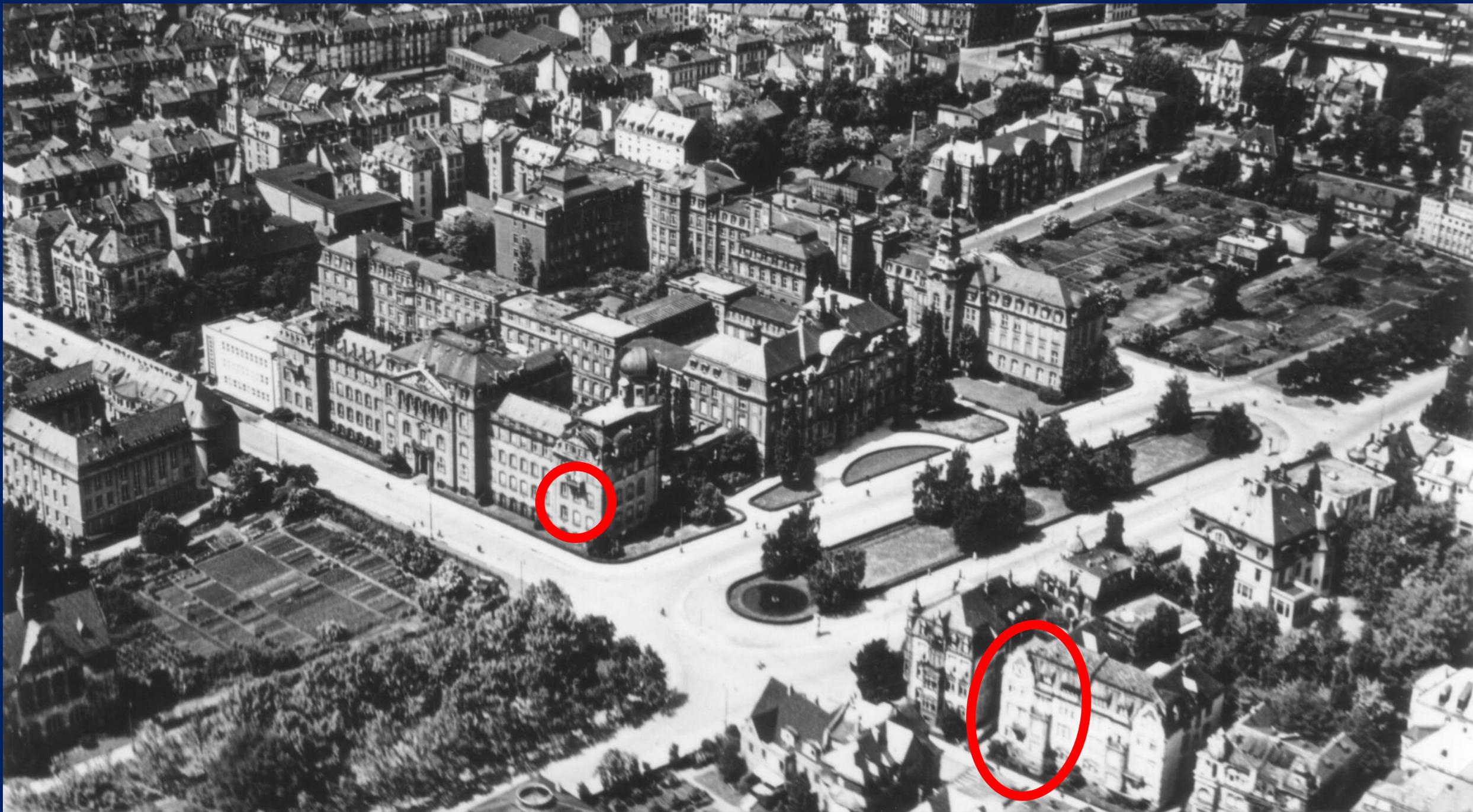
**Max Born**

**Elisabeth  
Bormann**

**Walther Gerlach**

**Alfred Landè**

**Otto Stern**



**4. Die Bedeutung des SGE für die Physik  
und welche wichtigen Technologien haben im SGE ihren Ursprung?**

## Die Meilensteinergebnisse des SGE

- 1. Das SGE bewies, dass Ag-Atome ein magnetisches Moment haben. Deren Größe wurde von Gerlach und Stern erstmals bestimmt.**
- 2. Das SGE brachte den Beweis, dass Debye's und Sommerfeld's Hypothese der Richtungsquantelung der inner-atomaren Magnete im Magnetfeld richtig ist.**
- 3 Das SGE brachte den direkten Beweis, dass die inner-atomaren Drehimpulse (Dralls) quantisiert sind.**
- 4. Das SGE zeigte für Silberatome eine Duplettaufspaltung. Dies war der erste experimentelle Hinweis, dass es im Atom halbzahlige Quantenzahlen gibt. Dies wurde erstmals 1921-1923 von Landè postuliert. Aber erst 1925 + 1927 wurde erkannt, dass für die Dublettaufspaltung im Ag-Atom der halbzahlige Spin des Elektrons verantwortlich ist.**
- 5. Das SGE lieferte einen Atomstrahl, der zu 100% in einem reinen Quantenzustand war.  
=> Charles Townes benutzte eine SG Apparatur, um den Maser zu entwickeln => Laser**
- 6. Das SGE war die erste Anwendung der Molekularstrahlmethode als extrem hochauflösendes Impulspektrometer, das bahnbrechende Einsichten in Atome und Kerne lieferte.**
- 7. Das SGE in 1922 war das erste Experiment, in dem Grundzustandseigenschaften von Atomen gemessen werden konnten.**

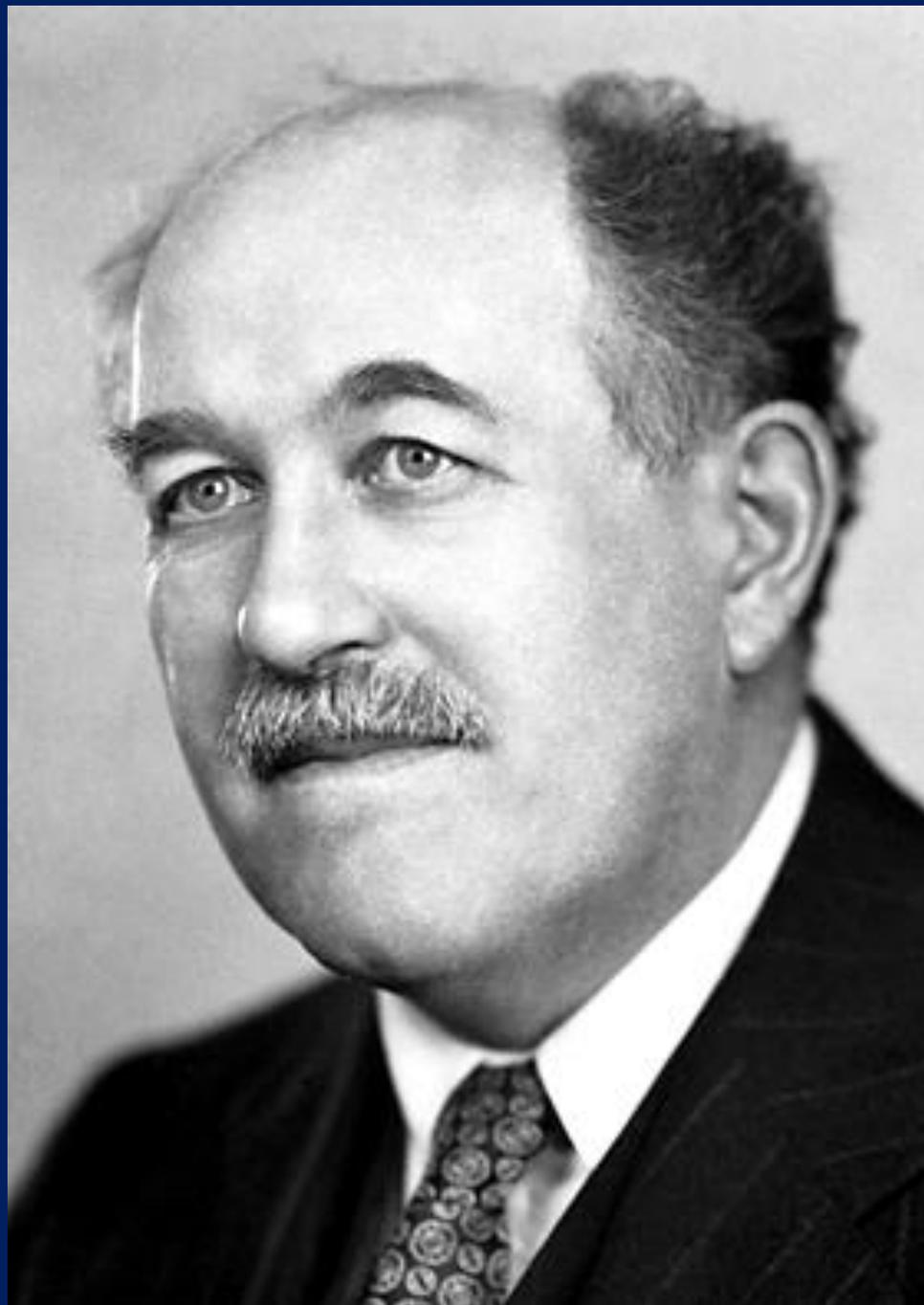
## 5. Stern's und Gerlach's Nobel Preis Geschichte

Von 1924 bis 1944 wurde Otto Stern 83 mal und Walther Gerlach 31 mal  
Für den Physik Nobel Preis nominiert.

In 1934 erhielt er 15 Nominierungen, aber wegen der grossen Diskrepanz zwischen Sterns ( $2.5 \pm 10\%$ ) und  
Rabis ( $3.25 \pm 10\%$ )  $\mu_{proton}$  Wert wurde kein Preis verliehen.

Stern erhielt 1944 den Physik Nobel Preis für das Jahr 1943 „for the Development of the MBM and the  
measurement of the Proton magnetic moment“.

In der Laudatio von Eric Hulthèn im Schwedischen Radio am 10th. 12. 1944 wurde fast ausschliesslich das  
SGE gewürdigt.



*Foto 1944*



LETTRE DU PRÉSIDENT DES ÉTATS UNIS D'AMÉRIQUE

The White House, Washington.

December 6, 1944.

HENRY GODDARD LEACH, Esq.  
President of the Board  
The American Scandinavian Foundation  
116 East 64 Street  
New York 22, N. Y.

Dear Mr. Leach:

It is of particular interest to me to learn that two residents of the United States, Professor OTTO STERN and Professor ISIDOR ISAAC RABI, have been selected to receive the 1943 and 1944 Nobel prizes for Physics. I am also glad to note that the 1943 and 1944 Nobel prizes for Physiology and Medicine are shared by four residents of this country, Professor HENRIK DAM and Professor EDWARD A. DOISY, Professor JOSEPH ERLANGER and Professor HERBERT S. GASSER. Here in America we have always believed that science should be a servant of the people. I am confident that after this war the scientists of all nations will again contribute their talents to a world body of knowledge, useful alike to all people. The Nobel prizes for the past 43 years have fostered this concept that science and art are builders of peace.

Very sincerely yours,  
(Signed) FRANKLIN D. ROOSEVELT

**Glückwunschtelegramm des  
amerikanischen Präsidenten  
Roosevelt**

**Verleihung des Nobelpreises am 10.12.1944 im Waldorff Astoria Hotel in New York,  
v.l.: Otto Stern· Physik 1943; Isidor Rabi· Physik 1944 und der schwedische  
Minister für Auswertige Angelegenheiten Wolmar Boström**



KUNGLIGA SVENSKA  
VETENSKAPSAKADEMIEN

HAR VID SIN SAMMANKOMST  
DEN 9 NOVEMBER 1944  
I ENLIGHET MED  
FÖRESKRIFTERNA  
I DET AV

ALFRED  
NOBEL

DEN 27 NOVEMBER 1895 UPPRÄTTADE  
TESTAMENTET BESLUTIT ATT TILDELA  
DET PRIS SOM FÖR ÅR 1943 BORTGIVES  
ÅT DEN SOM INOM FYSIKENS OMRÅDE  
HAR GJORT DEN VIKTIGASTE UPPTÄCKT  
ELLER UPPFINNING TILL

OTTO STERN

FÖR HANS BIDRAG TILL UTVECKLINGEN  
AV MOLEKYLSTRÅLMETODEN OCH  
UPPTÄCKTEN AV PROTONENS  
MAGNETISKA MOMENT.

STOCKHOLM DEN 10 DECEMBER 1944.

*Hindmark*

KUNGL. VET. AKADEI PRESED

*Arne Westgren*

KUNGL. VET. AKADEI SEKRETERARE



The very close scientific scholarship relation between Stern and Rabi was expressed by Felix Bloch in 1944 by this poem, when they celebrated in Rabi's house Rabi's Nobel Prize.

1. Twinkle, twinkle Otto Stern  
 how did Rabi so much learn?  
 He rose in the world so high  
 Like a diamond in the sky.  
 Twinkle, twinkle Otto Stern  
 how did Rabi so much learn?

2. The infant cried when he was born:  
 In Austria I feel forlorn.  
 And he said: The stupid stork  
 Should have brought me to New York.  
 Twinkle, twinkle Otto Stern  
 how did Rabi so much learn?

3. He crossed the sea a baby sm  
 But that didn't hurt at all.  
 Great was his intelligence  
 In a certain narrow sense.  
 Twinkle, twinkle Otto Stern  
 how did Rabi so much learn?

4. Talmud and philosophie  
 Didn't really sarisfy  
 So he thought as physicist  
 He perhaps would not be missed  
 Twinkle, twinkle Otto Stern  
 how did Rabi so much learn?

5. He together with his team  
 wiggled the atomic beam  
 Up and down through slits so fine  
 Saw the light of reason shine  
 Twinkle twinkle Otto Stern  
 How did Rabi so much learn.

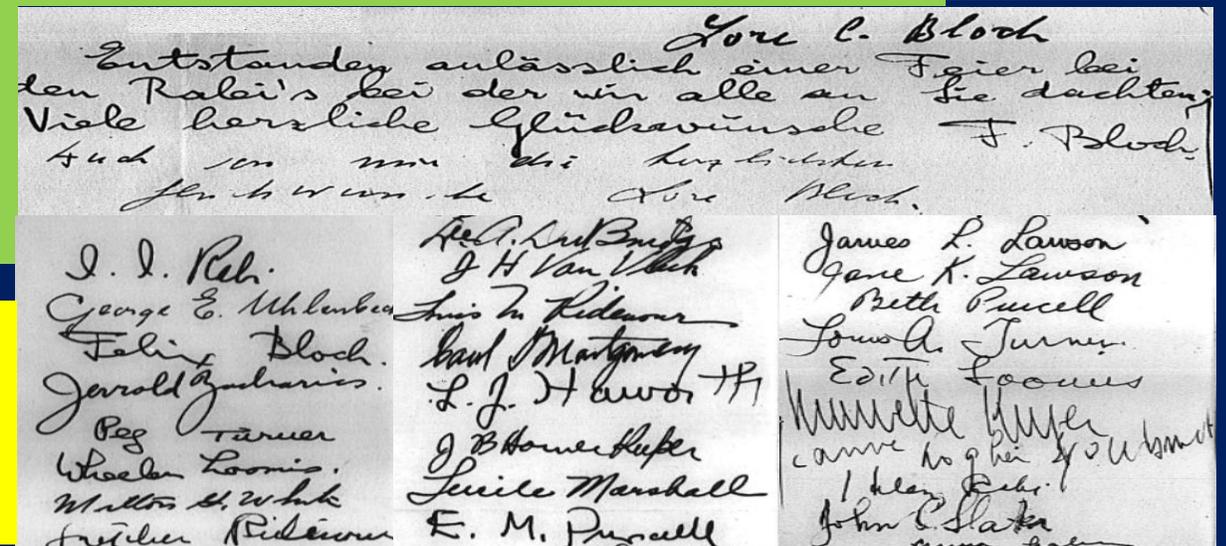
6. Soon the moments made him  
 and he said: I'm awfully sorry.  
 Gentlemen, we have no chance  
 What we need is resonance.  
 Twinkle, twinkle Otto Stern  
 how did Rabi so much learn?

7. Well you know, he's always right,  
 This time he was even bright,  
 And a quadrupole he found.  
 Deuterons were no more round  
 Twinkle twinkle Otto Stern  
 How did Rabi so much learn.

8. At R.L. he said: Why not  
 Should I be a great big shot?  
 and again he was quite right  
 he almost made it, but not quite.  
 Twinkle twinkle Otto Stern  
 How did Rabi so much learn.

9. So he finally grew wise  
 Got himself the Nobelprize.  
 Back to physics now he is  
 With undreamt possibilities.  
 Twinkle twinkle Otto Stern  
 How did Rabi so much learn.

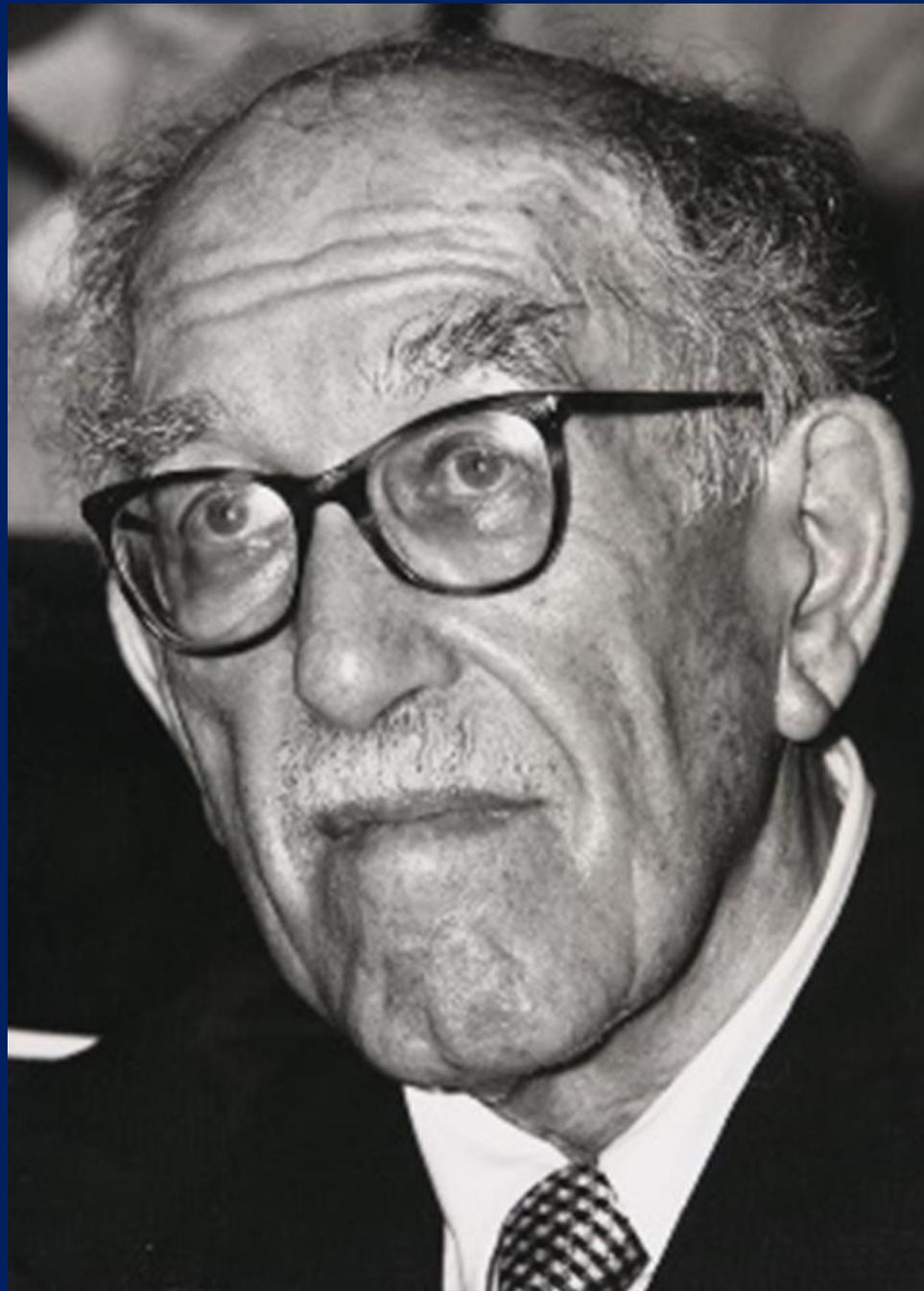
10. Twinkle, twinkle Otto Stern  
 How did rabi so much lear?  
 He rose in the world so high  
 like a diamond in the sky.  
 Twinkle twinkle Otto Stern  
 How did Rabi so much learn.



Isidor I. Rabi; George E. Uhlenbeck; Felix Bloch; Jerold Zacharias;  
 Reg Turner; Wheeler Loomis; Walton N....; .....; J.H. Van Vleck;  
 Luis Lederman; L.J. Haworth; ....; Marshall; E.M. Purcell; James  
 L. Lawson; Jane K. Lawson; Beth Purcell; Louis C. Turner; Edith  
 Loomis; Anette Hugh; Goudsmit; Helen Rabi; John Slater;

*1. Twinkle, twinkle Otto Stern  
how did Rabi so much learn?  
He rose in the world so high  
Like a diamond in the sky.  
Twinkle, twinkle Otto Stern  
how did Rabi so much learn?*

**Letztes (?) Foto von Otto Stern,  
1968 in Lindau /Bodensee**





**Otto Stern starb am 17. August 1969  
während eines Kinobesuchs. Er  
wurde auf "Cemetery in El Cerrito"  
Beerdigt.**



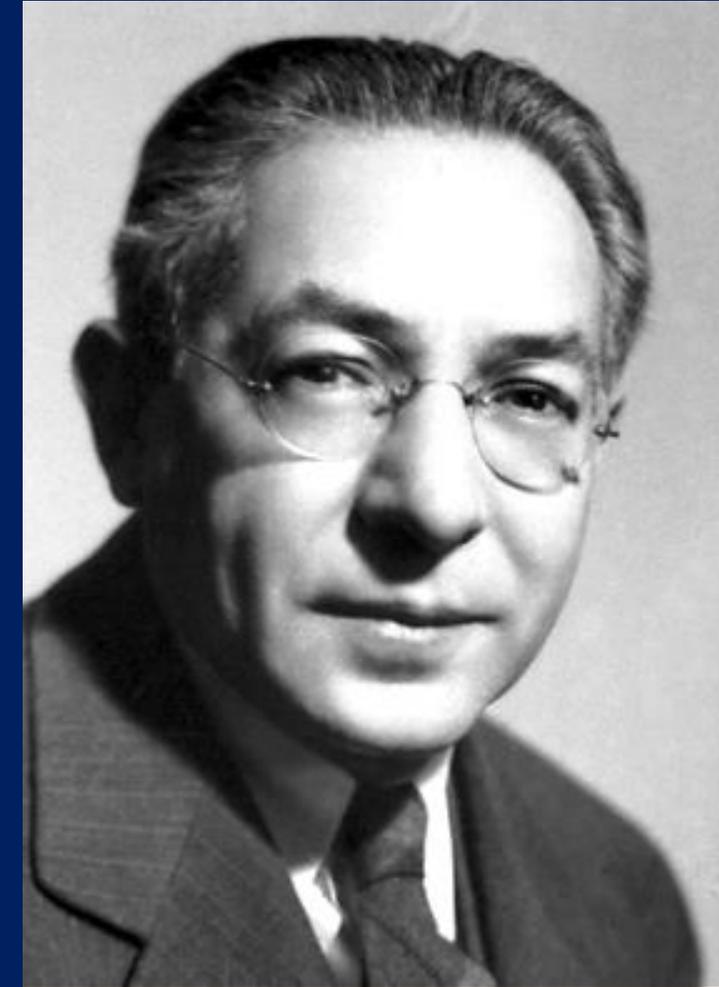
**Anzahl von Nobelpreisen, die aus dem SGE und Sterns Molekularstrahlmethode hervorgegangen sind  
(Otto Sterns Schüler nach Daniel Kleppner).**

**Isidor Rabi, Nobelprize 1944 Postdoc bei Stern in Hamburg 1927-28**



**1928 in Hamburg:**

**Von links: Friedrich Knauer, Otto Brill, Otto Stern, Ronald Fraser,  
Isidor Rabi, John Taylor, und Immanuel Estermann**



**Isidor Rabi (1898- 1988)**

## Physik

1944 Isidor Rabi

**1952 Felix Bloch und Henry Purcell**

1955 Phyllis Lamb und Polykarp Kusch

**1964 Charles Townes, Nikolay Basov and Alexander Prokhorov**

1965 Sin I. Tomonaga, Julian Schwinger and Richard P. Feynman

1966 Alfred Kastler

1981 Nicolas Bloembergen und Arthur L. Schawlow

**1989 Norman Ramsey und Hans Dehmelt**

1997 Bill Phillips, Claude Cohen-Tannoudji und Steve Chu

2001 Eric Cornell, Wolfgang Ketterle und Carl Wieman

**2005 Roy J. Glauber Theo Hänsch und John Hall**

2012 Serge Haroch und David W. Wineland

2017 Rainer Weiss, Barry C. Barish and Kip S. Thorne

2018 Arthur Ashkin, Gerard Mourou and Donna Strickland

Magnetresonanzmethode

**Kernspinresonanz**

Lambshift

**Maser+Laser**

Quantenelektrodynamik

Optical Resonances in Atoms

Laserspectroscopy

**Atomuhr und Ionenfalle**

Laserkühlung

Bose-Einstein-Kondensat

**Frequenzkamm und Atomuhr**

Manipulation of Individual Quantum Systems

Gravitational Waves

Optical Tweezers Ultra Short Laserpulses

34 Laureaten

## Chemie

1986 Dudley Herschbach, Yuan Lee und Michael Polyani

**1991 Richard Ernst**

1996 Robert Curl, Harold Kroto and Richard Smalley

**1999 Ahmed Zewail**

2002 John Fenn and Koichi Tanaka

2007 Gerhard Ertl

11 Laureaten

Crossed beam Experimente

**Kernspintomographie**

Fullerens

**Femtosecond Pump&Probe Lasertechnik**

Mass Analysis

Chemical Reactions on Surfaces

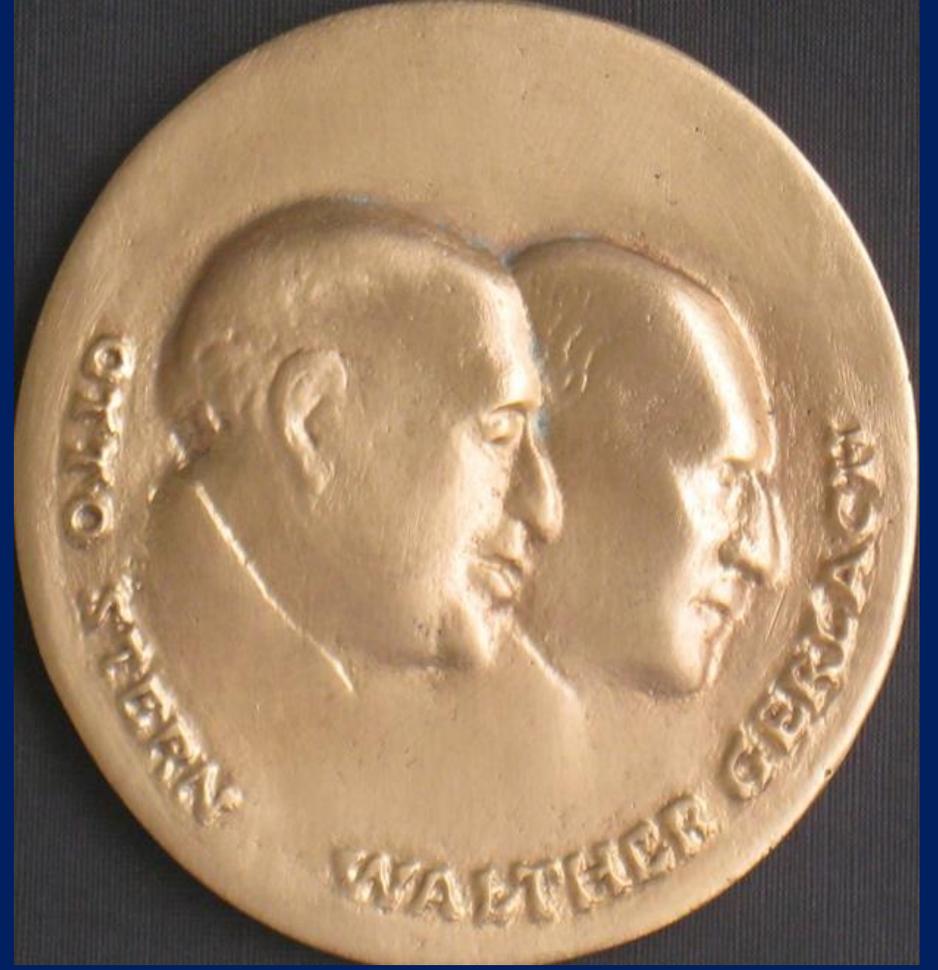


**Konferenz am Niels Bohr Institute in Kopenhagen**

**Lise Meitner, Otto Stern, Wolfgang Pauli, und Niels Bohr,**



**Max-Planck-Medaille  
seit 1929**



**Stern-Gerlach-  
Medaille seit 1992**

**2011 Das neue Hörsaal – und Bibliothekszentrum am Campus Riedberg der Universität Frankfurt wurde Otto Stern Zentrum genannt.**



# „Historic Site“- Plakette Frankfurt 2014 / 2019

## European Physical Society – EPS Historic Site

This building housed Max Born's Institute for Theoretical Physics where key discoveries were made during the period 1919-1922 that contributed decisively to the development of quantum mechanics. The Institute launched experiments in 1919 via the molecular beam technique by Otto Stern, for which he was awarded the 1935 Nobel Prize in Physics. Experiments done in 1920 by Max Born and Elisabeth Bormann sent a beam of silver atoms measuring the free-path length in gases and probing various gases to estimate sizes of molecules. An iconic experiment in 1922 by Otto Stern and Walther Gerlach demonstrated space quantization of atomic magnetic moments and thereby also, for the first time, of the quantization of atomic angular momenta. In 1921, Alfred Landé postulated here the coupling of angular momenta as the basis of the electron dynamics within atoms. This building is the seat of the Physical Society of Frankfurt (the oldest in Germany, founded in 1824).

## European Physical Society – EPS Historic Site

In diesem Gebäude wurden in den Jahren 1919 bis 1922 im Institut von Max Born bahnbrechende physikalische Entdeckungen gemacht, die entscheidend zur Entwicklung der Quantenmechanik beigetragen haben. Das sind die Entwicklung der Molekularstrahlmethode im Jahre 1919 durch Otto Stern, für die er den Nobelpreis für Physik des Jahres 1935 erhielt, sowie der im Jahre 1922 erbrachte experimentelle Nachweis der Richtungsquantelung atomarer magnetischer Momente durch Otto Stern und Walther Gerlach, die damit auch erstmals die Drehimpulsquantelung in Atomen nachgewiesen haben. Max Born zusammen mit Elisabeth Bormann haben hier 1920 erstmals die freie Weglänge von Atomen in Gasen und die Größe von Molekülen gemessen. Alfred Landé hat hier 1921 erstmals die Drehimpulskopplung als die Grundlage der inneratomaren Elektronendynamik postuliert. In diesem Gebäude ist der Physikalische Verein Frankfurt (der älteste Deutschlands, gegründet 1824), zu Hause.



**Danke fürs Zuhören.**

**Danke für jahrelange Unterstützung:**

**Liselotte-Templeton Nichte von Otto Stern, Berkeley  
Diana Killen-Templeton Großnichte von Otto Stern, Palo Alto  
Alan Templeton Großneffe von Otto Stern Oakland  
Werner Kittel Großneffe von Walther Gerlach, Hamburg**

**Dudley Herschbach, Harvard  
Karin Reich, Universität Hamburg  
Bretislav Friedrich, FHI Berlin  
Wolfgang Trageser, Universität Frankfurt  
Tilman Sauer, Universität Mainz  
Joseph Georg Huber, Deutsches Museum  
Dieter Hoffmann, MPG Berlin  
Howard Shugart, LBNL Berkeley,  
Mike Prior, LBNL Berkeley,  
u.a.**