

# Experimentalphysik VI

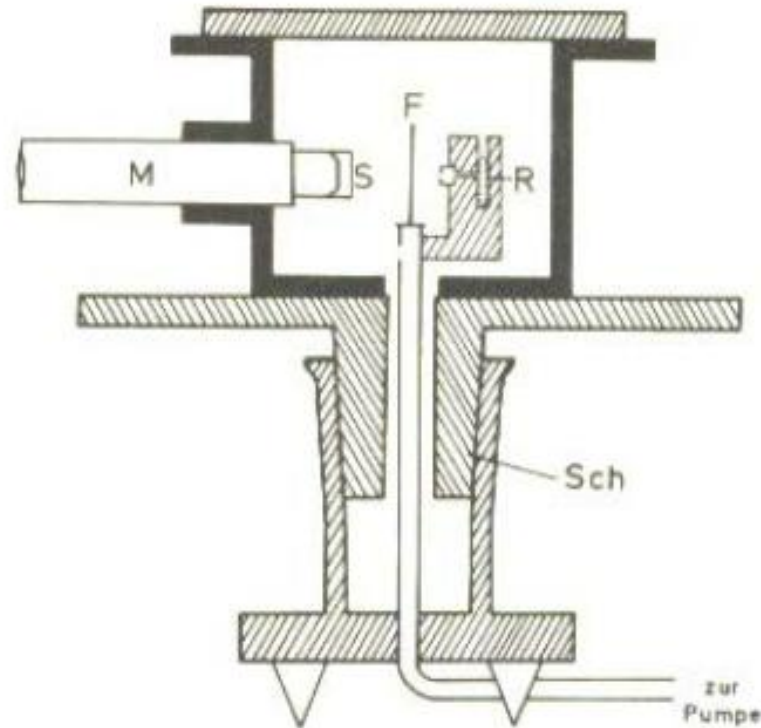
## Kern- und Teilchenphysik

Prof. Markus Schumacher

ALU Freiburg, Sommersemester 2010

## Kapitel 2: Eigenschaften stabiler Atomkerne

# Rutherford-Streuexperiment: experimenteller Aufbau

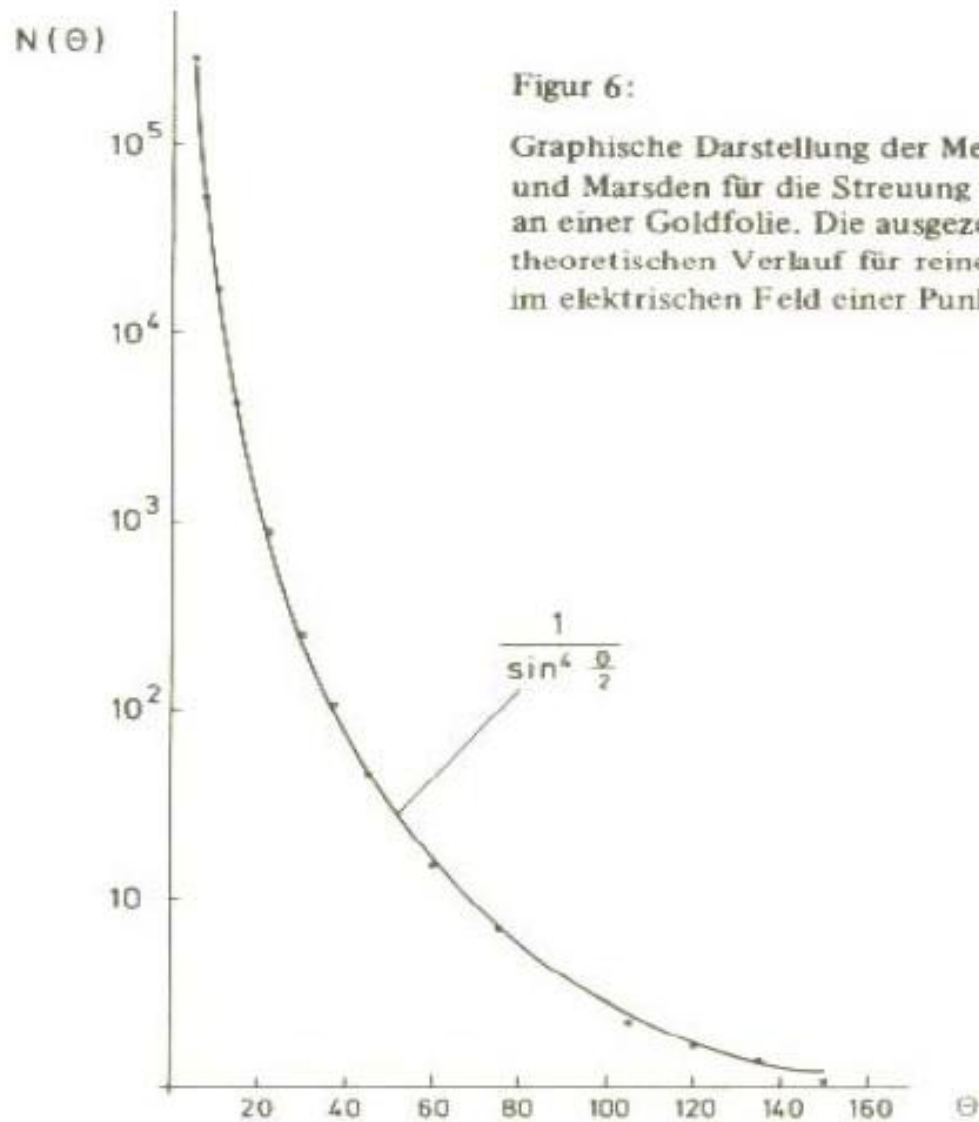


Figur 5:

Anordnung von Geiger und Marsden zur Beobachtung der Rutherford-Streuung von Alpha-Teilchen an einer Goldfolie. Die Figur ist der Originalarbeit von Geiger und Marsden, *Phil.Mag.* 25, 604 (1913) entnommen. Das Emanationsröhrchen *R* befindet sich in einem Bleiklotz. Der nach links austretende kollimierte Alpha-Strahl passiert die Goldfolie *F*. Die Alpha-Teilchen, die nach einer Streuung in der Goldfolie auf den Szintillator *S* gelangen, werden durch das Mikroskop *M* beobachtet. Das Mikroskop kann zusammen mit dem Szintillator in dem Schließwerkzeug *Sch* geschwenkt werden.

Th. Mayer-Kuckuck, *Kernphysik*, Teubner Verlag

# Ergebnisse von Geiger und Marsden

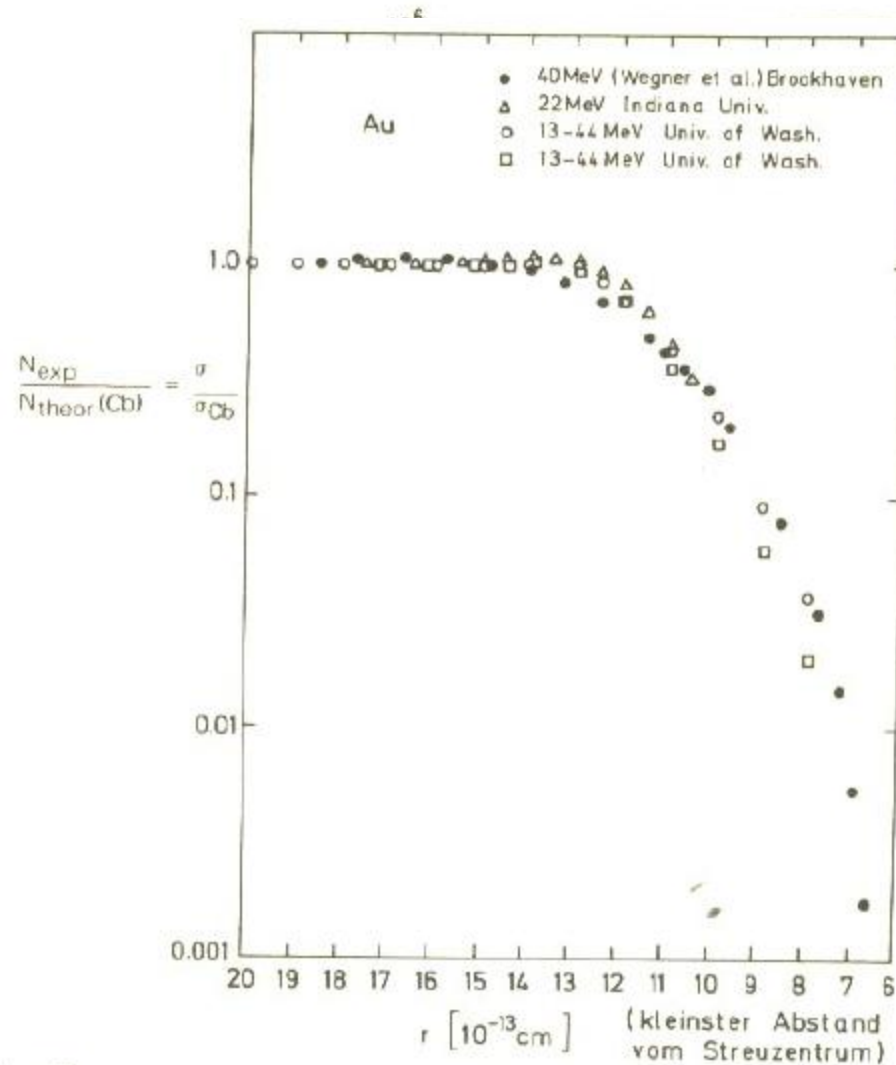


Figur 6:

Graphische Darstellung der Meßergebnisse von Geiger und Marsden für die Streuung von Alpha-Teilchen an einer Goldfolie. Die ausgezogene Kurve stellt den theoretischen Verlauf für reine Coulomb-Streuung im elektrischen Feld einer Punktladung dar.

Th. Mayer-Kuckuck, *Kernphysik*, Teubner Verlag

# Streuung hochenergetischer Alpha-Teilchen

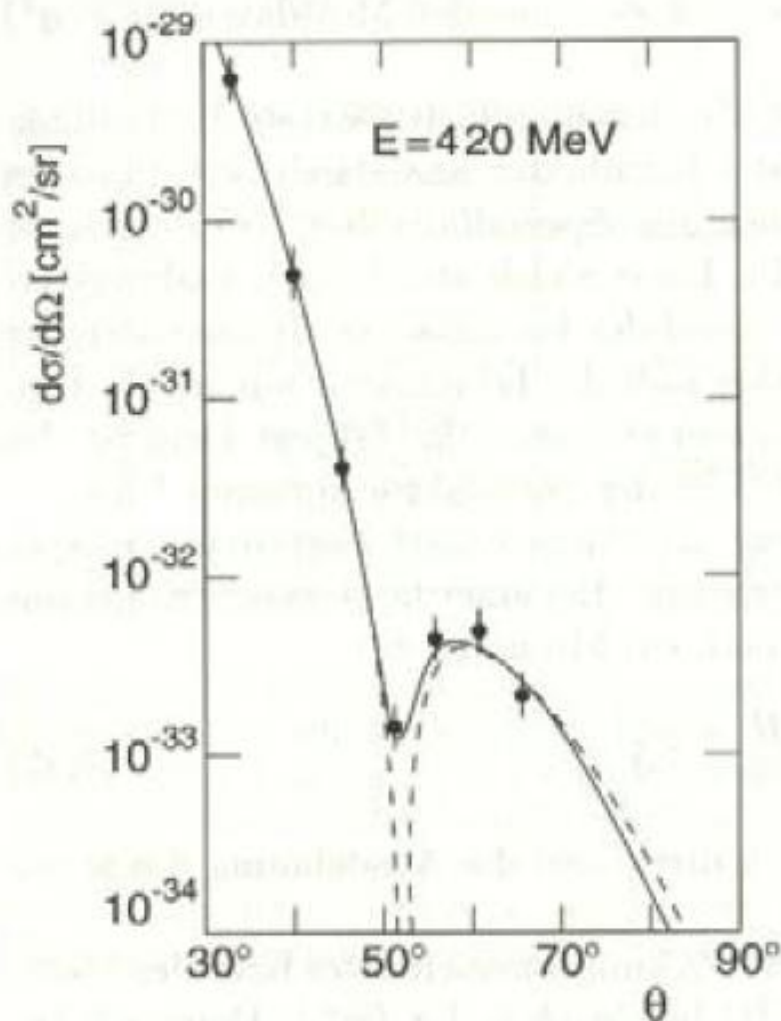


Figur 11:

Verhältnis des beobachteten Streuquerschnitts zum Coulomb-Streuquerschnitt, dargestellt als Funktion des kleinsten Abstands der klassisch berechneten Bahn der Alpha-Teilchen vom Streuzentrum. Diese Figur ist der bereits zitierten Arbeit von Wegner et al. entnommen.

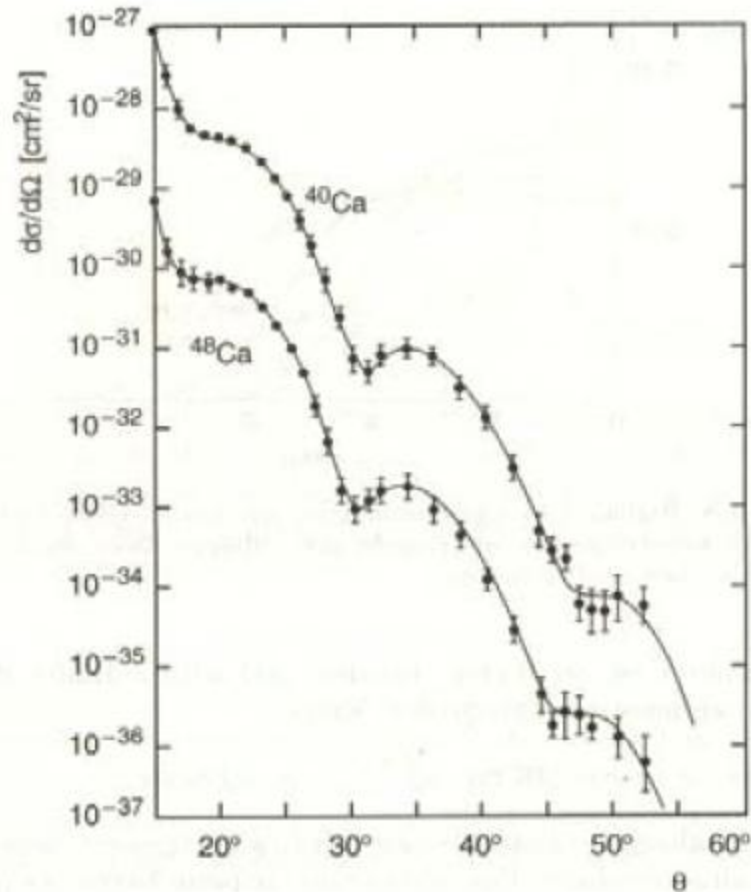
verhält sich nicht Coulomb-Streuung dar.

# Messung des Formfaktors von $^{12}\text{C}$



**Abbildung 5.5.** Messung des Formfaktors von  $^{12}\text{C}$  durch Elektronenstreuung (nach [Ho57]). Gezeigt ist der differentielle Wirkungsquerschnitt, der bei einer festen Strahlenergie von 420 MeV unter 7 verschiedenen Streuwinkeln gemessen wurde. Die gestrichelte Kurve entspricht dem Verlauf, der sich ergibt, wenn eine ebene Welle an einer homogenen Kugel mit diffusem Rand gestreut wird (Born'sche Näherung); die durchgezogene Kurve entspricht einer exakten Streuphasenanalyse, die an die Messdaten angepasst wurde.

# Messung des diff. Wirkungsquerschnittes an Ca



**Abbildung 5.7.** Differentielle Wirkungsquerschnitte für die Streuung von Elektronen an den Kalziumisotopen  $^{40}\text{Ca}$  und  $^{48}\text{Ca}$  [Be67]. Zur besseren Darstellung wurde der Wirkungsquerschnitt für  $^{40}\text{Ca}$  und  $^{48}\text{Ca}$  mit  $10$  bzw.  $10^{-1}$  multipliziert. Die durchgezogenen Linien entsprechen Ladungsverteilungen, die man an die Daten angepasst hat. Aus der Lage der Minima kann man sehen, dass der Radius von  $^{48}\text{Ca}$  größer ist als der von  $^{40}\text{Ca}$ .

Th. Mayer-Kuckuck, *Kernphysik*, Teubner Verlag

# Messungen von Hofstätter und Fermiverteilung

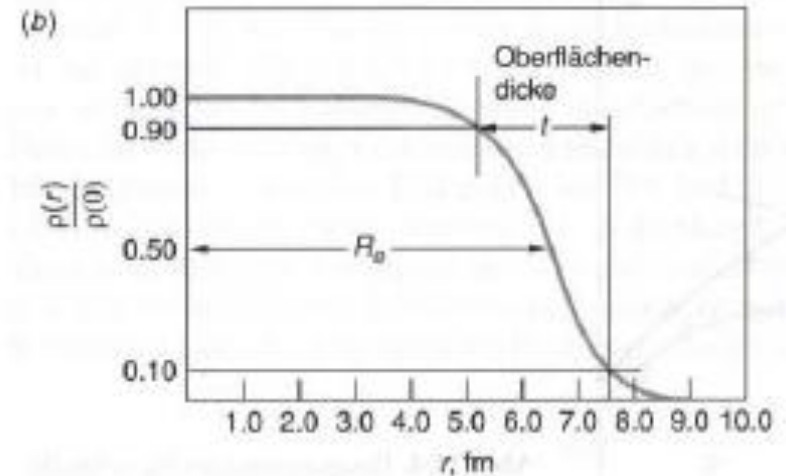
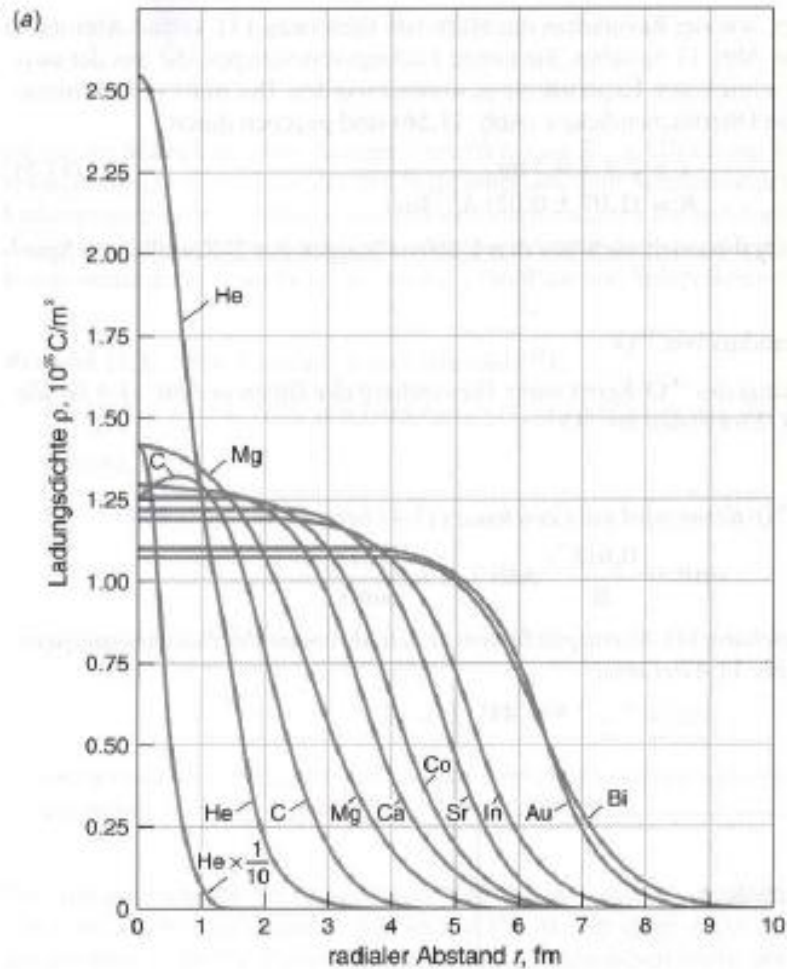
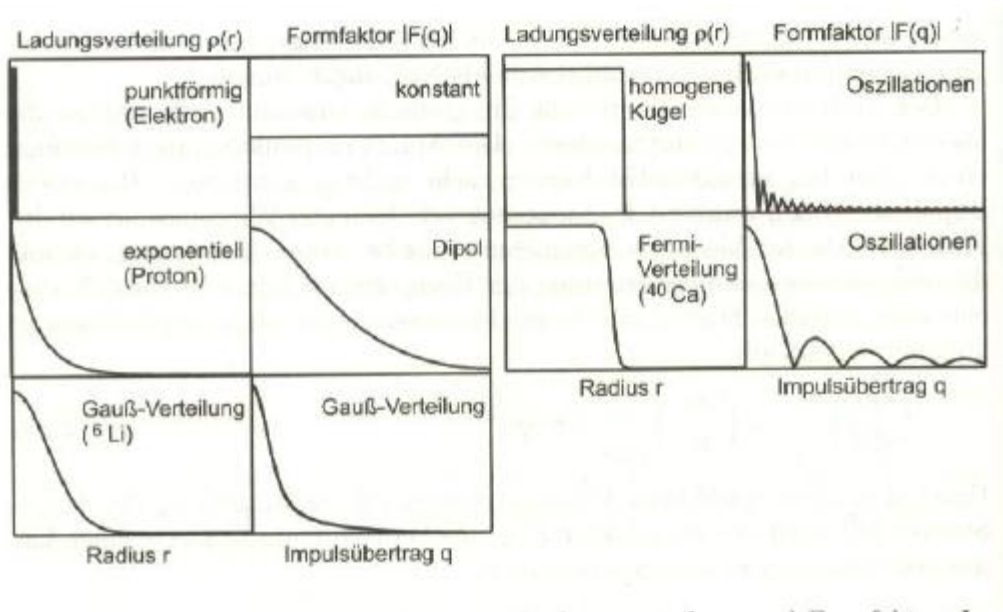


Abb. 11.5. (a) Ladungsverteilung verschiedener Kerne aus Streuexperimenten mit schnellen Elektronen. (b) Definitionen der Parameter  $R$  und  $t$ , die zur Beschreibung der Kernladungsdichte verwendet werden. Die Oberflächendicke  $t$  wird zwischen 10 und 90 Prozent der Ladungsdichte in der Mitte des Kerns gemessen. (Aus R. Hofstadter, *Annual Review of Nuclear Science* 7, 231 (1957).)

B. Povh, K. Rith, C. Scholz und F. Zetsche, *Teilchen und Kerne*



# Formfaktoren und Ladungsverteilungen



**Tabelle 2.1.** Zusammenhang zwischen Ladungsverteilung und Formfaktor für einige kugelsymmetrische Ladungsverteilungen

Ladungsverteilung $f(r)$		Formfaktor $F(q)$	
Punkt	$\frac{1}{4\pi} \delta(r)$	1	konstant
exponentiell	$\left(\frac{a^3}{8\pi}\right) e^{-ar}$	$\left(\frac{1+q^2}{a^2\hbar^2}\right)^{-2}$	Dipol
Gauß	$\left(\frac{a^2}{2\pi}\right)^{3/2} e^{-a^2 r^2/2}$	$\exp\left(-\frac{q^2}{2a^2\hbar^2}\right)$	Gauß
homogene Kugel	$\begin{cases} C & \text{für } r \leq R \\ 0 & \text{für } r > R \end{cases}$	$3\alpha^{-3}(\sin \alpha - \alpha \cos \alpha)$ mit $\alpha =  q R/\hbar$	oszillierend



# Mattauchscher Massenspektrometer

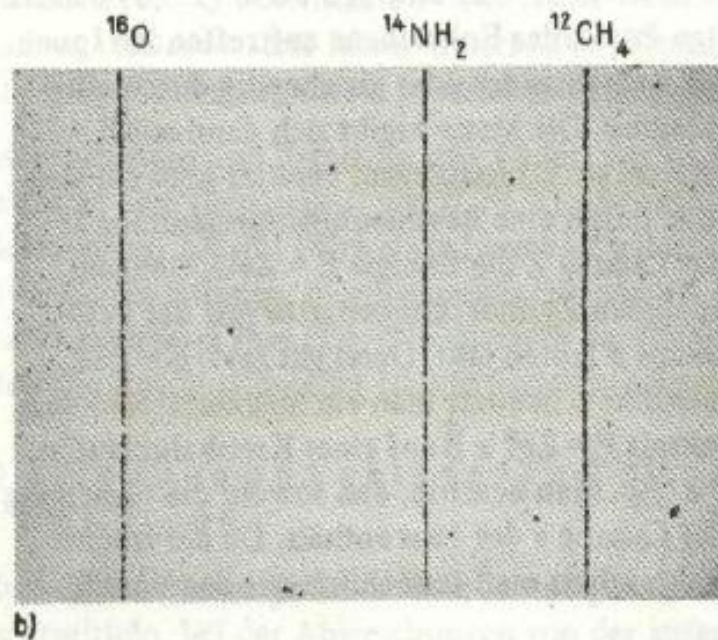
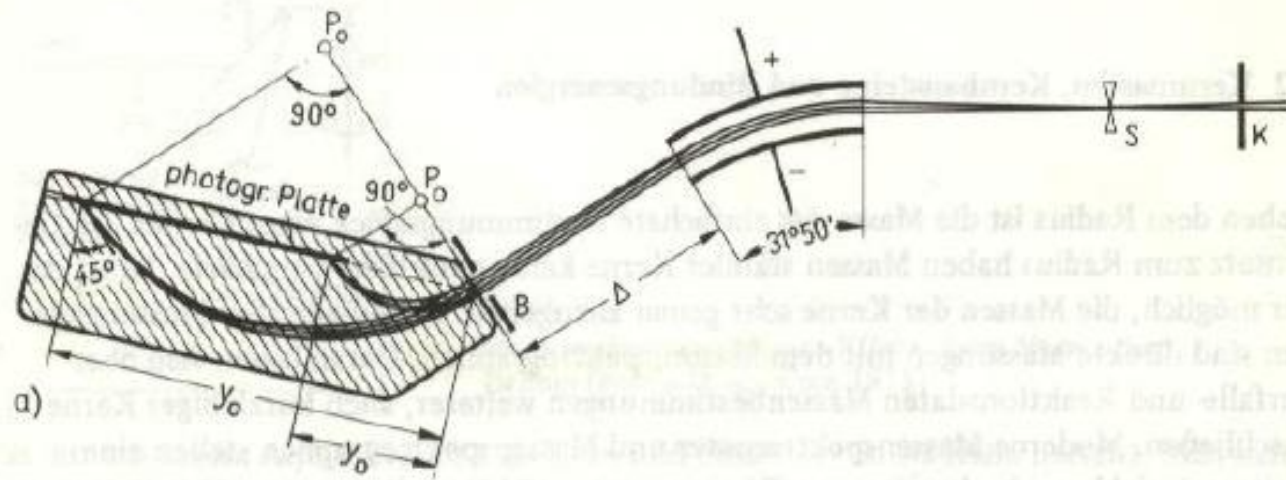


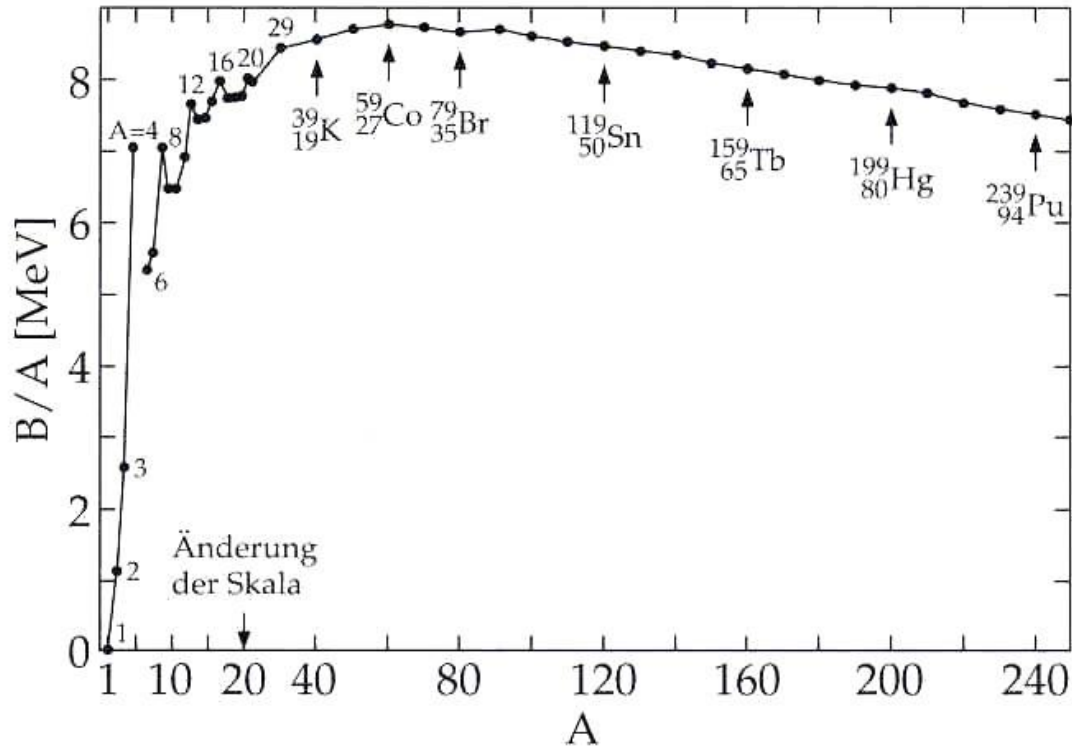
Fig 9

a) Feldanordnung des Mattauchschen Massenspektrographen

b) drei mit diesem Instrument aufgenommene Linien zur Massenzahl 16 [Bie 55]

Th. Mayer-Kuckuck, *Kernphysik*, Teubner Verlag

# Bindungsenergie/Nukleon



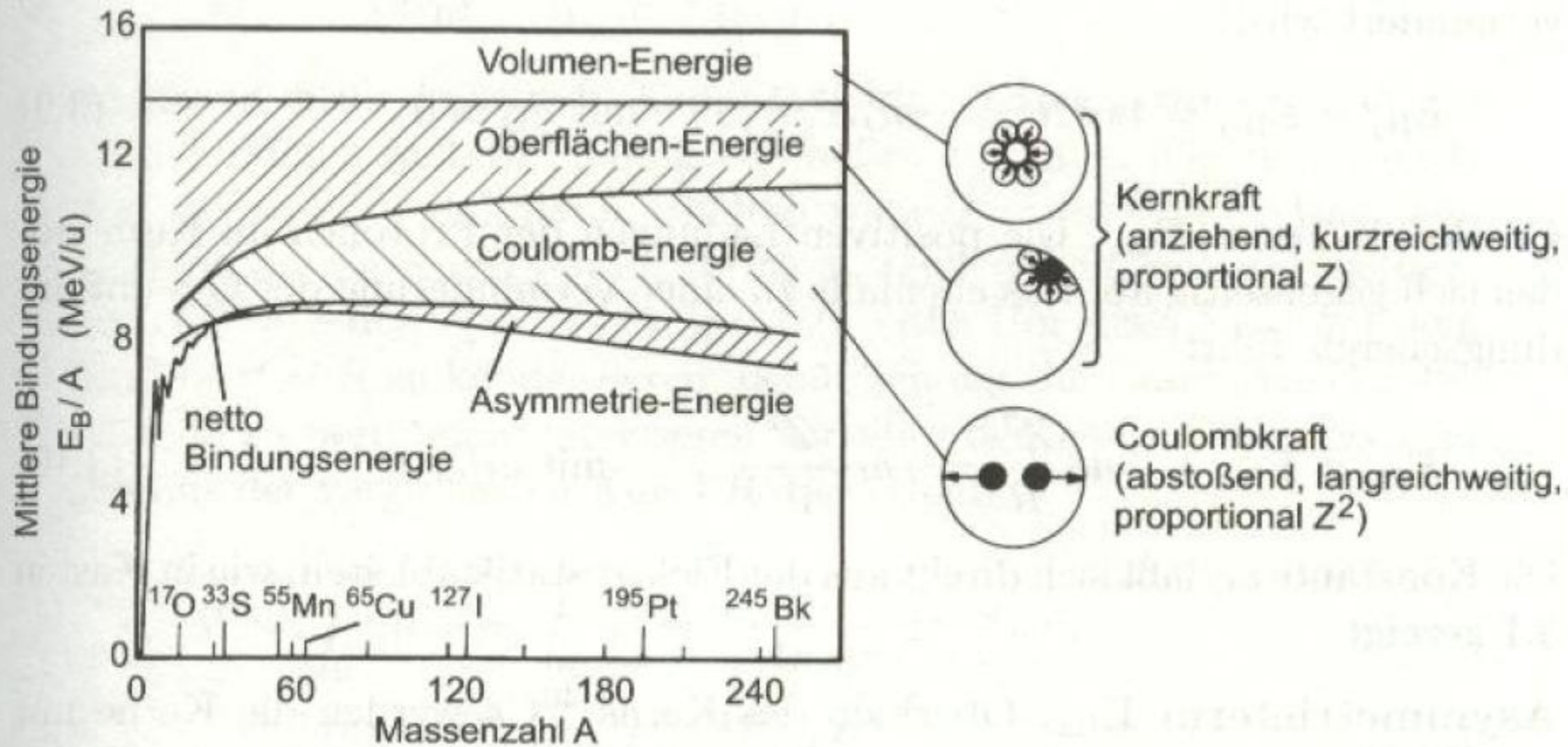
Bindungsenergie  $B/A$  vs  $A$

Tab. 2 Bindungsenergie pro Nukleon für die leichtesten Kerne.

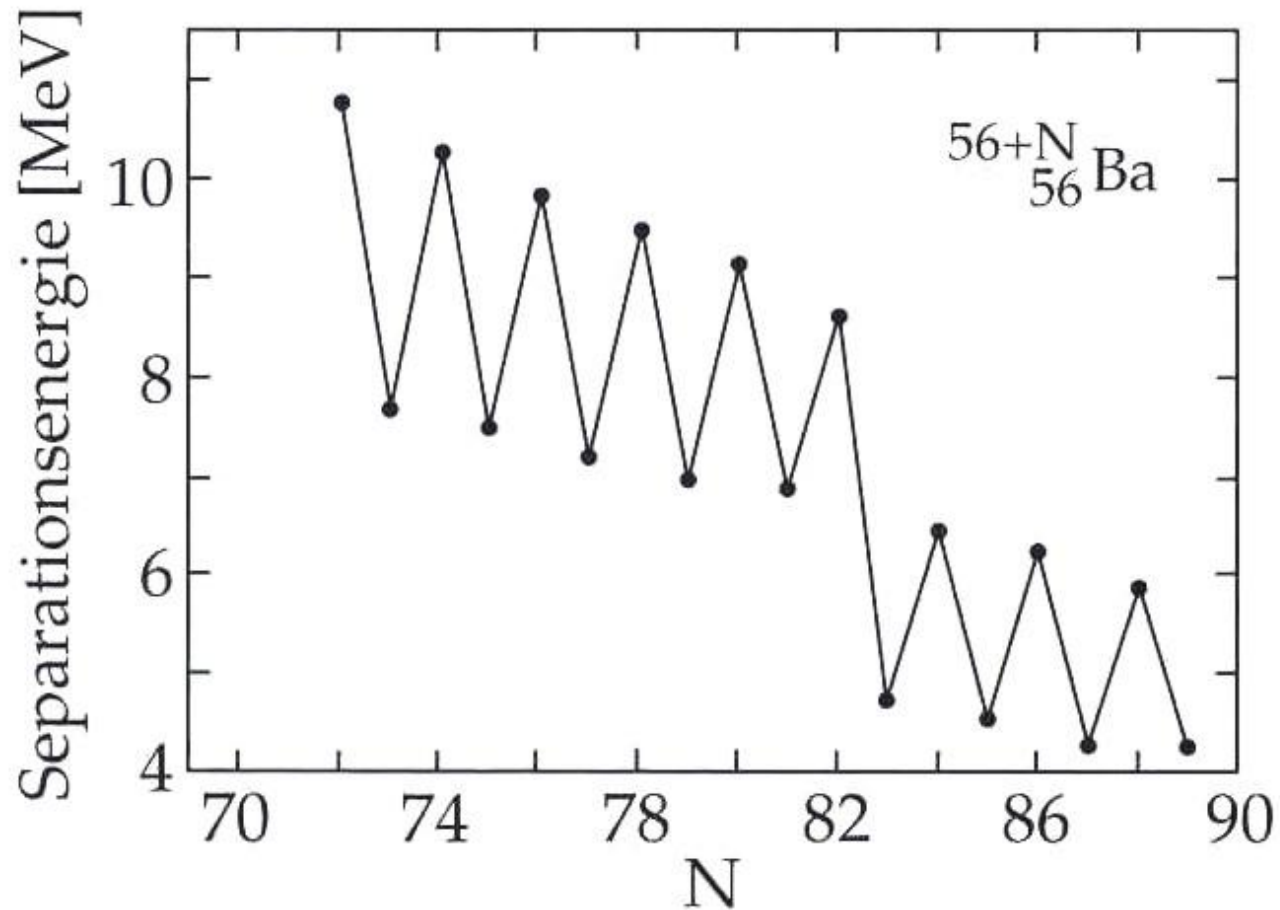
Kern	${}^2_1\text{H}_1$ (d)	${}^3_1\text{H}_2$ (t)	${}^3_2\text{He}_1$	${}^4_2\text{He}_2$ ( $\alpha$ )	${}^6_3\text{Li}_3$	${}^7_3\text{Li}_4$	${}^8_4\text{Be}_4$ ( $\rightarrow 2\alpha$ )	${}^9_4\text{Be}_5$	${}^{10}_5\text{B}_5$	${}^{11}_5\text{B}_6$	${}^{12}_6\text{C}_6$
B	2,225	8,482	7,718	28,29	31,99	39,24	56,49	58,16	64,75	76,20	92,16
B/A	1,11	2,83	2,57	7,07	5,33	5,60	7,06	6,46	6,47	6,93	7,67
$S_n$	2,22	6,25	—	20,6	5,66	7,25	18,9	1,67	8,44	11,4	18,7
$S_p$	2,22	—	5,49	19,8	4,65	9,98	17,2	16,9	6,59	11,2	15,9

$S_n, S_p$  = Separationsenergien für Neutronen und Protonen

# Bethe-Weizsäcker-Formel/Tröpfchenmodell



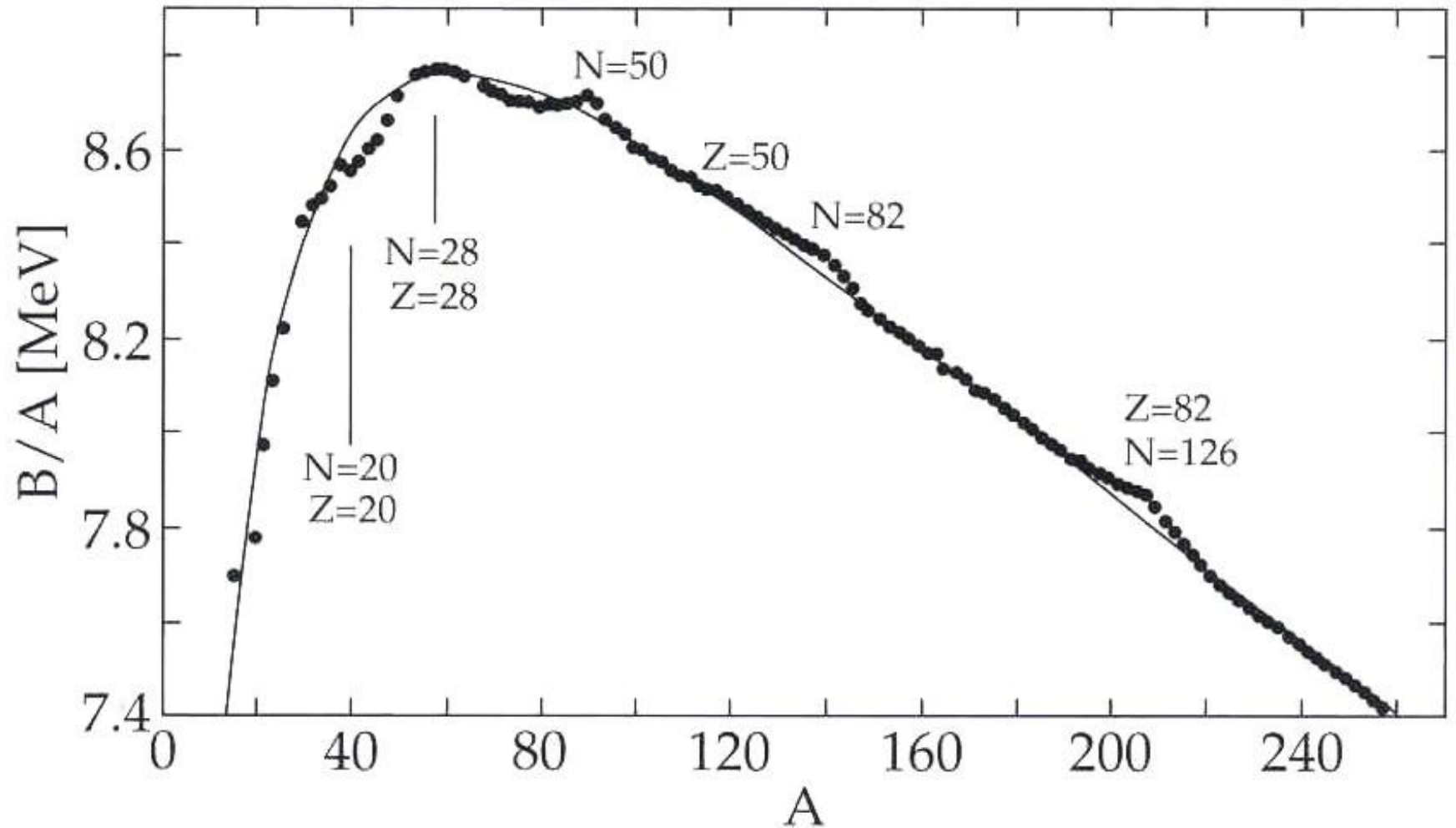
# Paarungsterm und Separationsenergie



Separationsenergie für verschiedene Isotope von Ba. Der Sprung bei  $N=82$  kommt von der abgeschlossenen Schale.

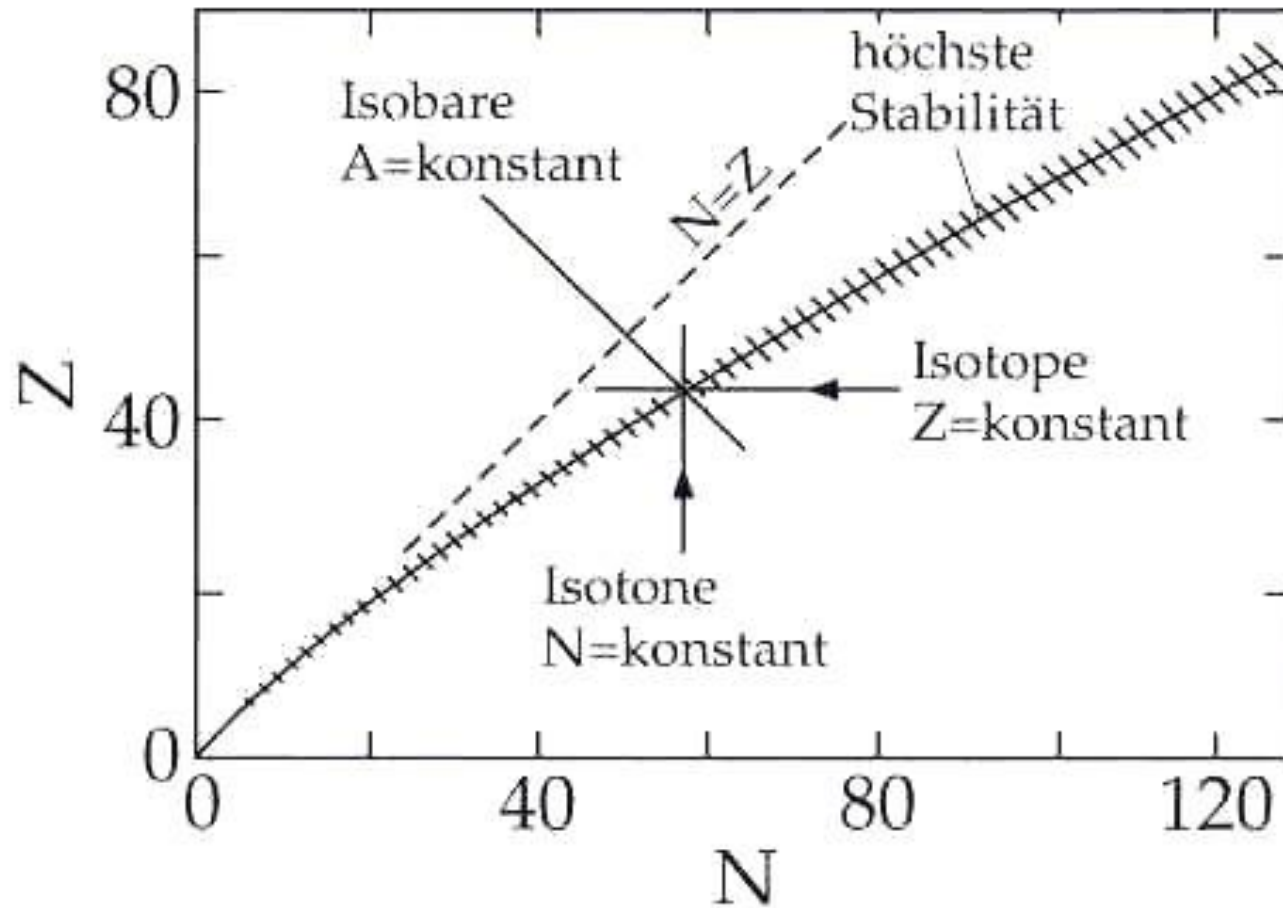


# „Magische Kerne“



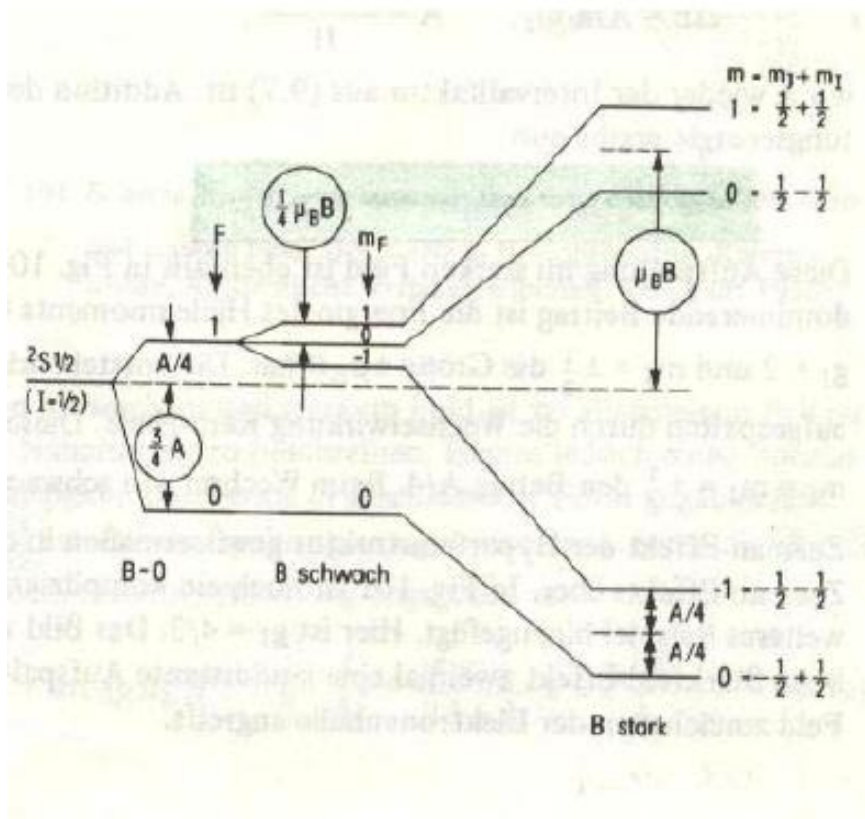
Bindungsenergie  $B/A$  pro Nukleon. Schwarze Kreise: Messungen; Kurve: Massenformel.  
Beachten Sie die unterdrückte vertikale Skala

# „Tal der Stabilität“

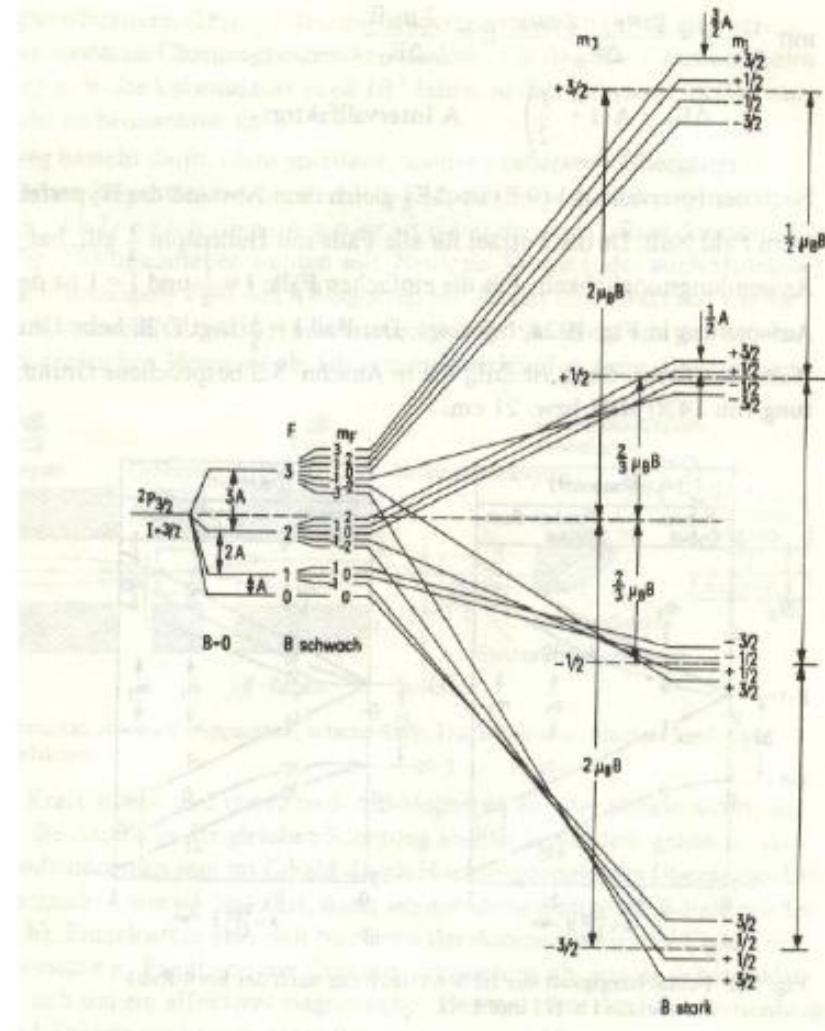


Stabilitätslinie von Kernen.

# Hyperfeinstruktur und Aufspaltung im externen Feld



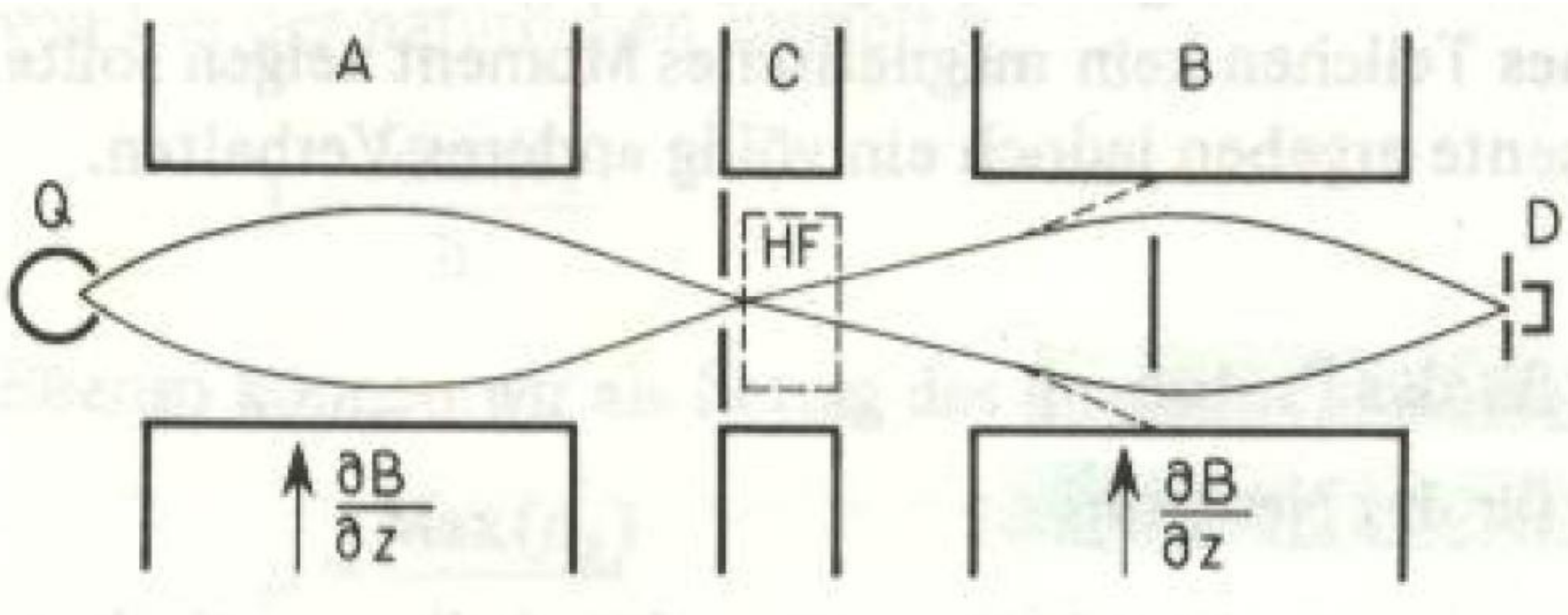
Aufspaltung der Hyperfeinstruktur-Terme für  $J=1/2$  und  $I=1/2$  für  $B=0$  sowie ein schwaches und starkes Magnetfeld



dto. für  $J=3/2$  und  $I = 3/2$

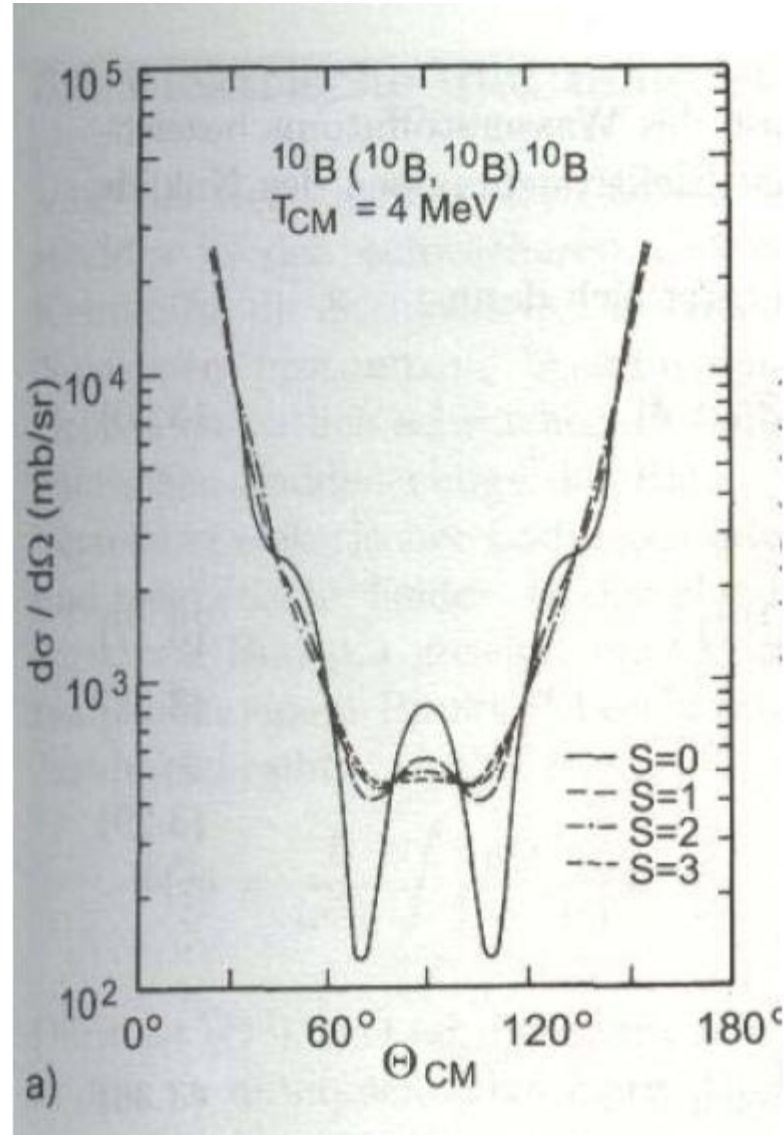


# Atomstrahlapparatur nach Rabi

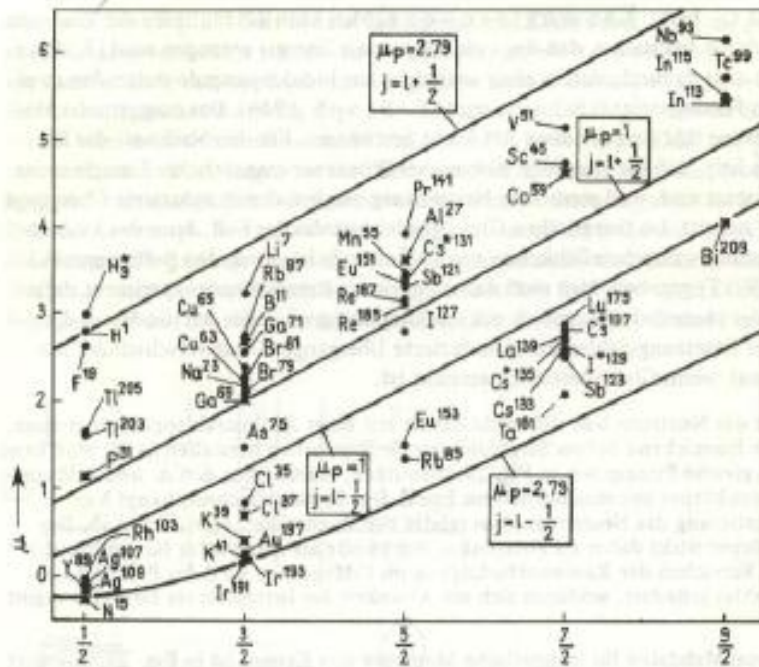


Th. Mayer-Kuckuck, *Kernphysik*, Teubner Verlag

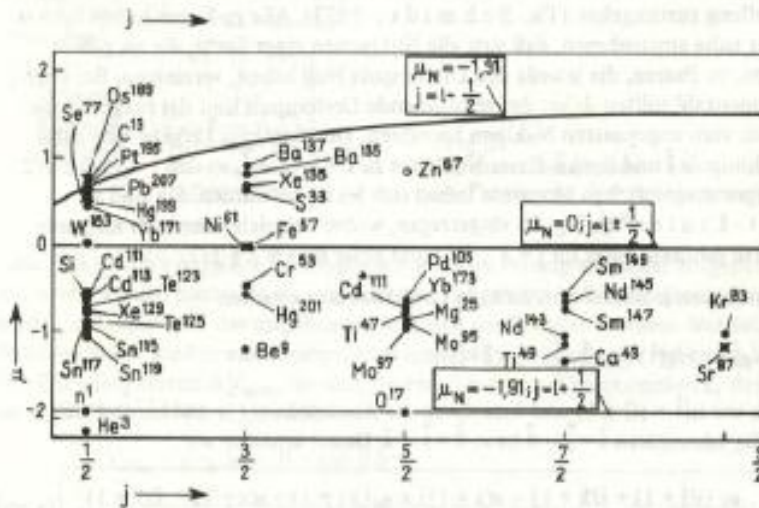
# Bestimmung des Kernspins in Streuung



# Schmidt-Linien für magnetische Momente



Magnetische Momente für Kerne mit ungepaartem Proton



Magnetische Momente für Kerne mit ungepaartem Neutron

Th. Mayer-Kuckuck, *Kernphysik*, Teubner Verlag