

Fortgeschrittene Experimentalphysik für Lehramtsstudierende

Teil II: Kern- und Teilchenphysik



Prof. Markus Schumacher
Sommersemester 2013

Kapitel 3: Eigenschaften stabiler Kerne

Mattauchsches Massenspektrometer

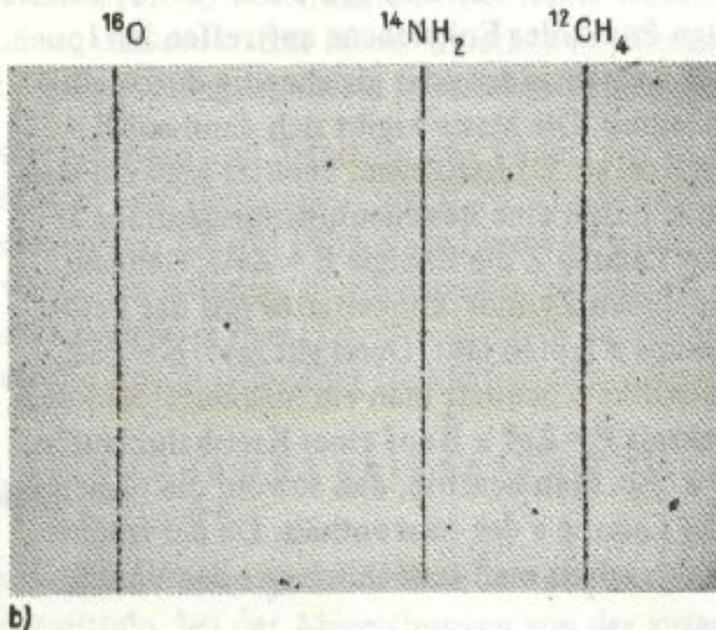
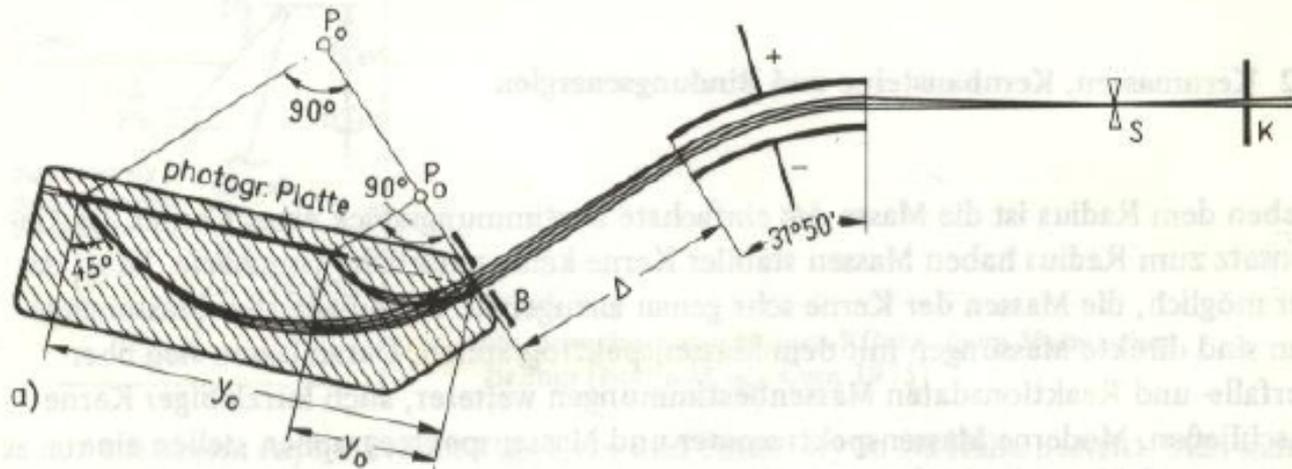
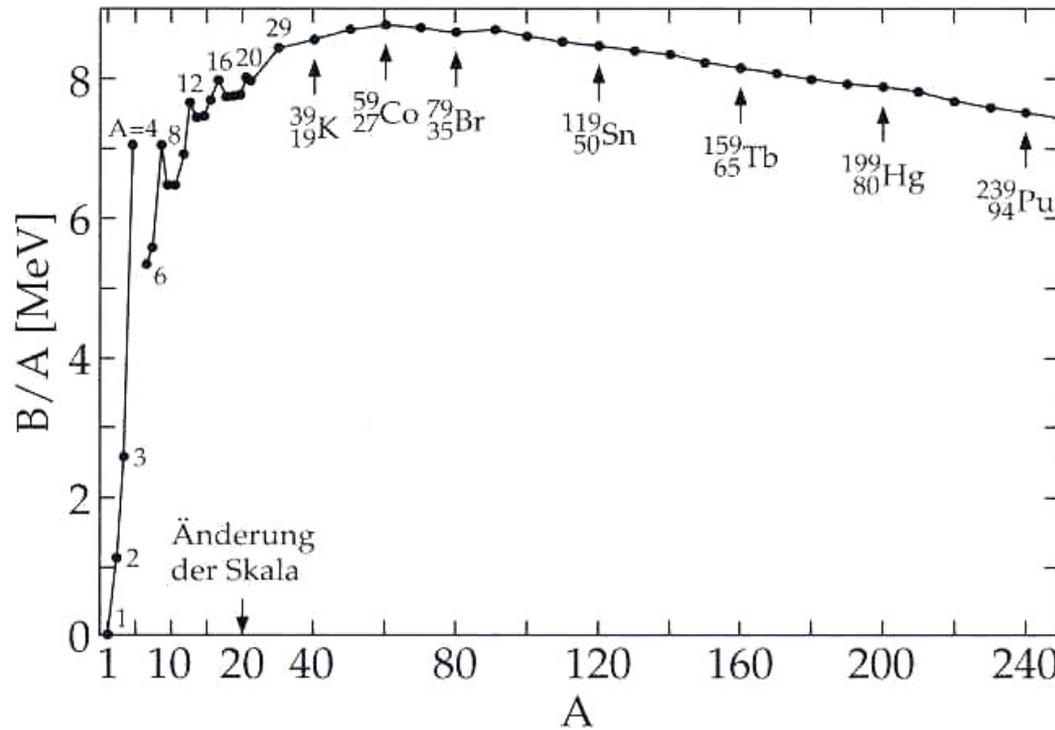


Fig 9

a) Feldanordnung des Mattauchschen Massenspektrographen

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

Bindungsenergie pro Nukleon



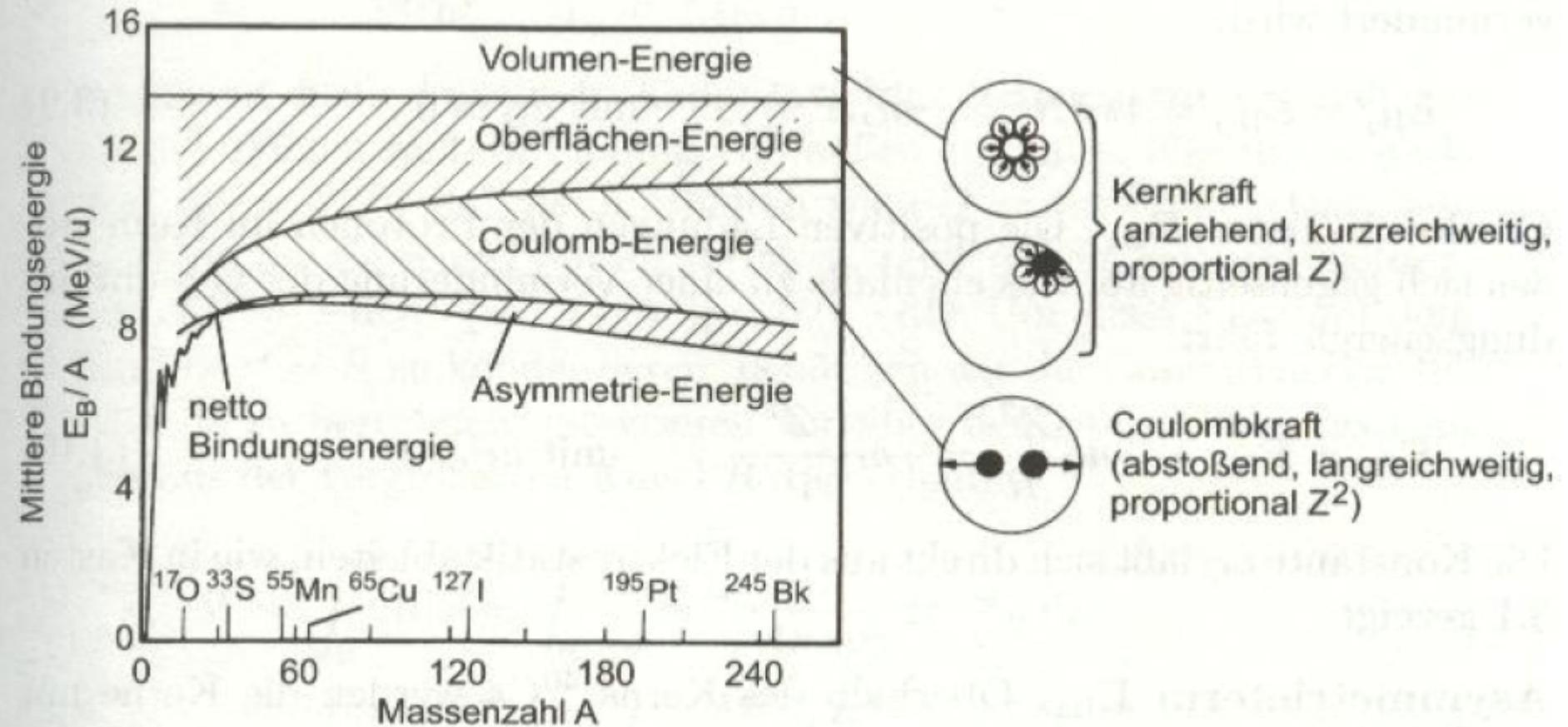
Bindungsenergie B/A vs A

Tab. 2 Bindungsenergie pro Nukleon für die leichtesten Kerne.

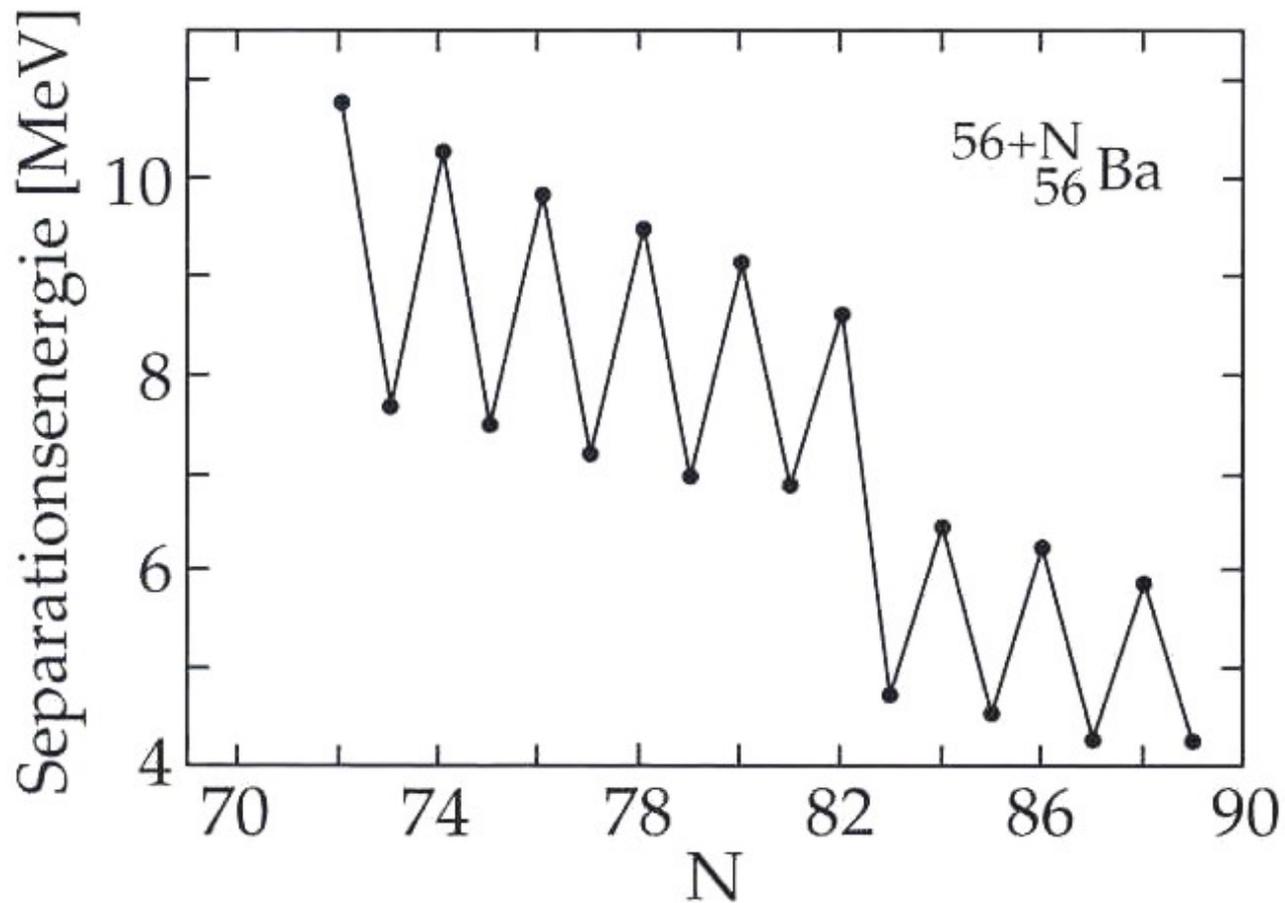
Kern	$^2_1\text{H}_1$ (d)	$^3_1\text{H}_2$ (t)	$^3_2\text{He}_1$	$^4_2\text{He}_2$ (α)	$^6_3\text{Li}_3$	$^7_3\text{Li}_4$	$^8_4\text{Be}_4$ ($\rightarrow 2\alpha$)	$^9_4\text{Be}_5$	$^{10}_5\text{B}_5$	$^{11}_5\text{B}_6$	$^{12}_6\text{C}_6$
B	2,225	8,482	7,718	28,29	31,99	39,24	56,49	58,16	64,75	76,20	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



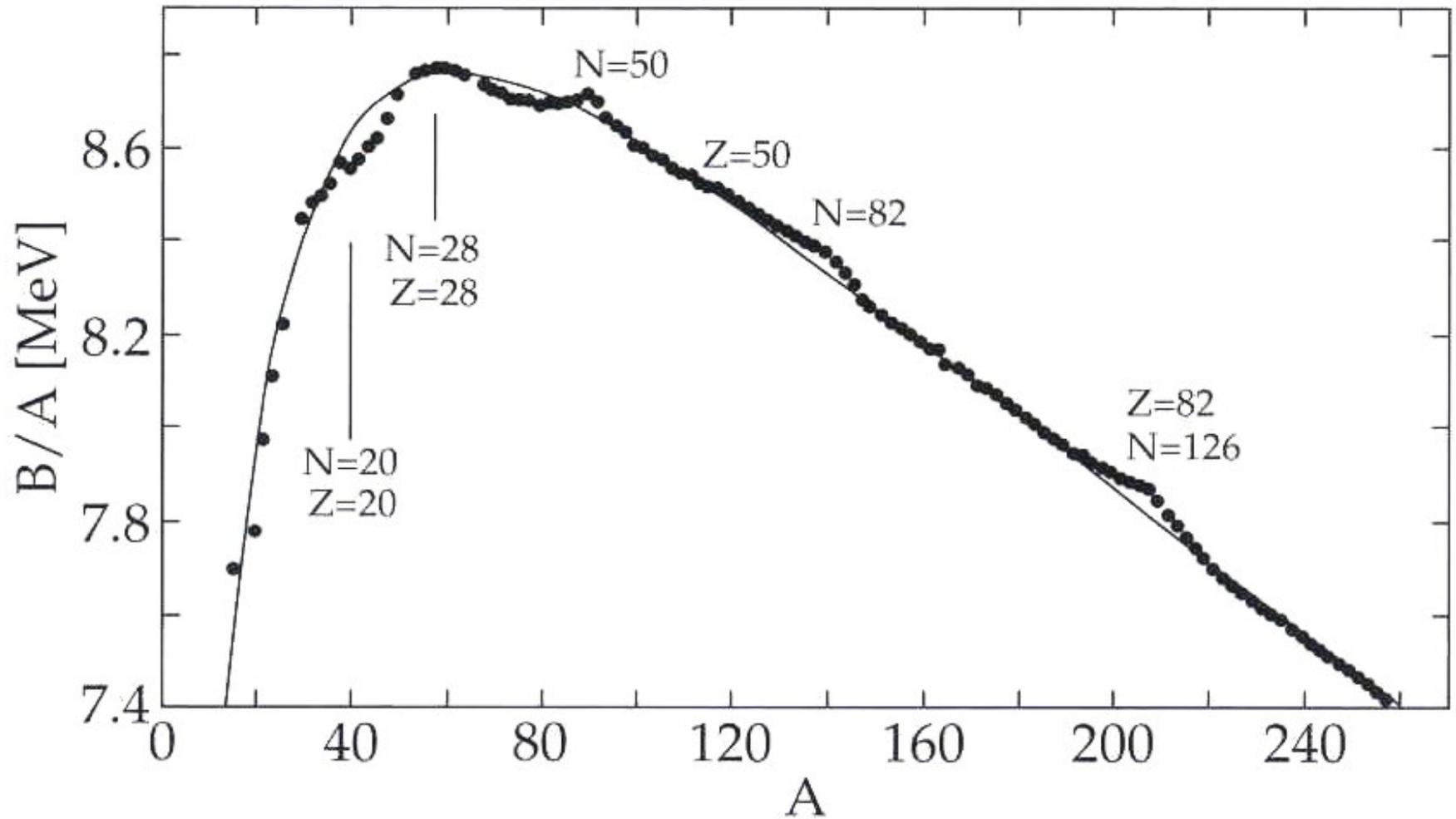
Separationsenergie für verschiedene Isotope von Ba. Der Sprung bei $N=82$ kommt von der abgeschlossenen Schale.

Bethe-Weizsäckerformel

$$m(Z, A) = Zm_H + (A - Z)m_n - \alpha_V A + \alpha_S A^{\frac{2}{3}} + \alpha_C Z^2 A^{-\frac{1}{3}} + \alpha_A \frac{(Z - \frac{A}{2})^2}{A} \pm \delta$$

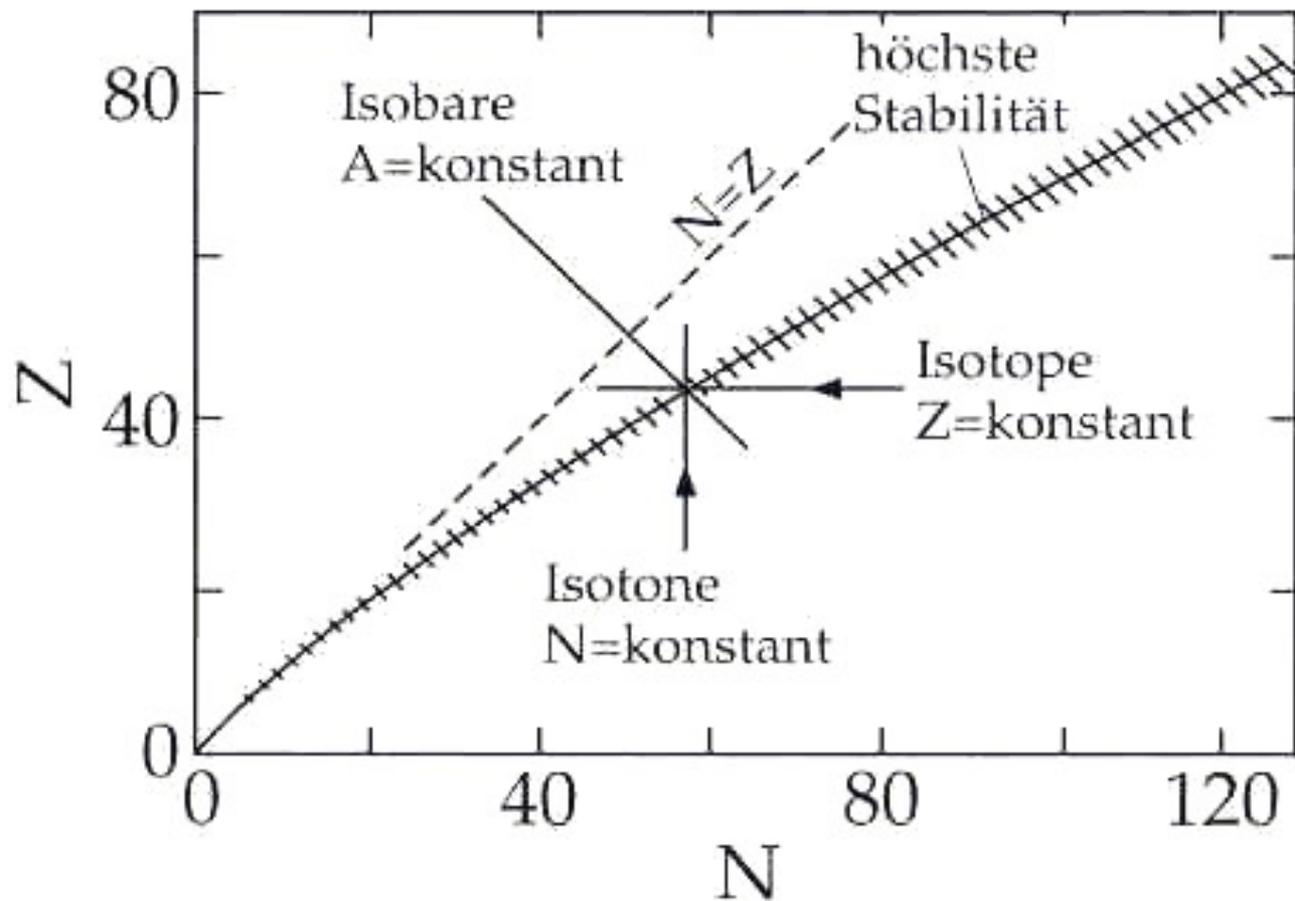
Beitrag	a	[MeV]
Volumen	a_V	15.56
Oberfläche	a_S	17.23
Coulomb	a_C	0.697
Asymmetrie	a_A	23.285
Paarung	a_P	12.0

Magische Kerne



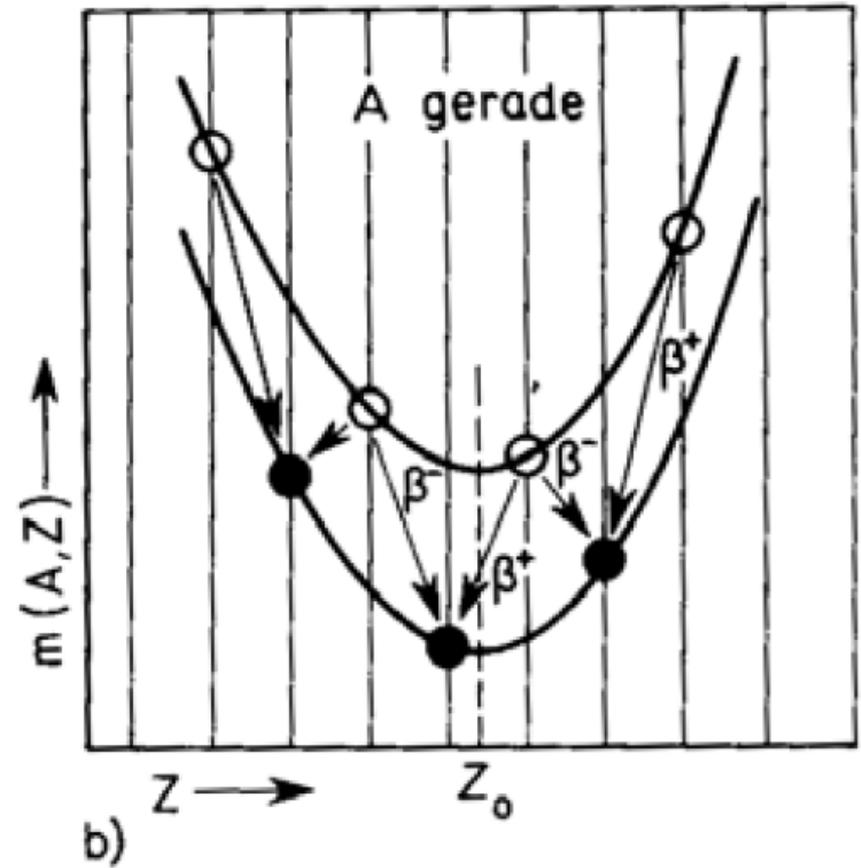
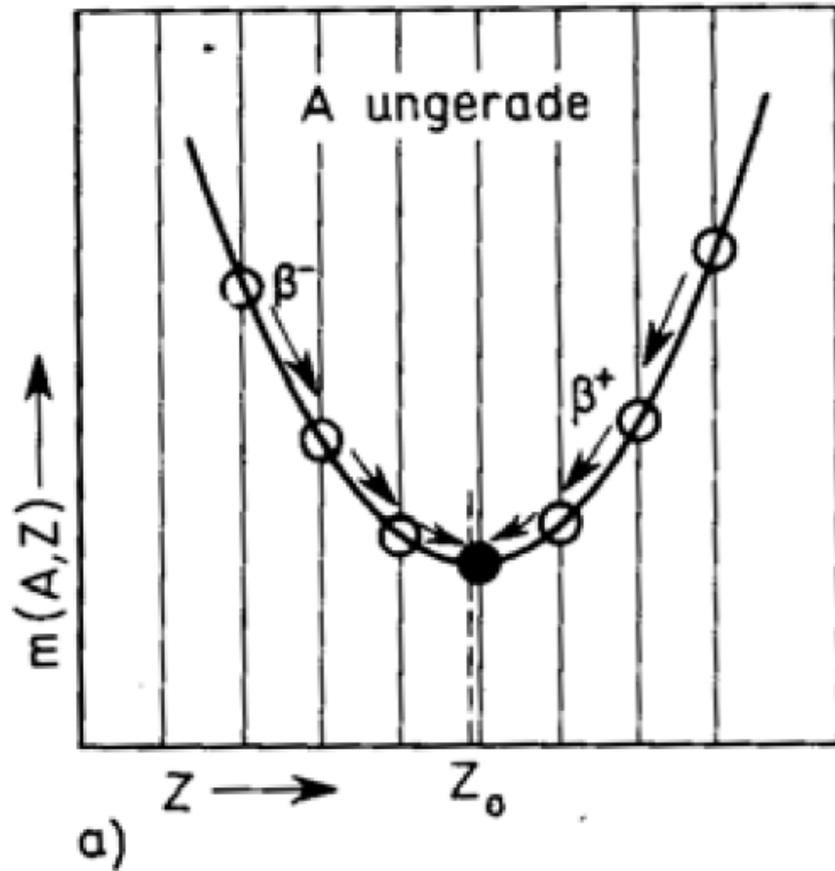
Bindungsenergie B/A pro Nukleon. Schwarze Kreise: Messungen; Kurve: Massenformel.
Beachten Sie die unterdrückte vertikale Skala

Tal der Stabilität



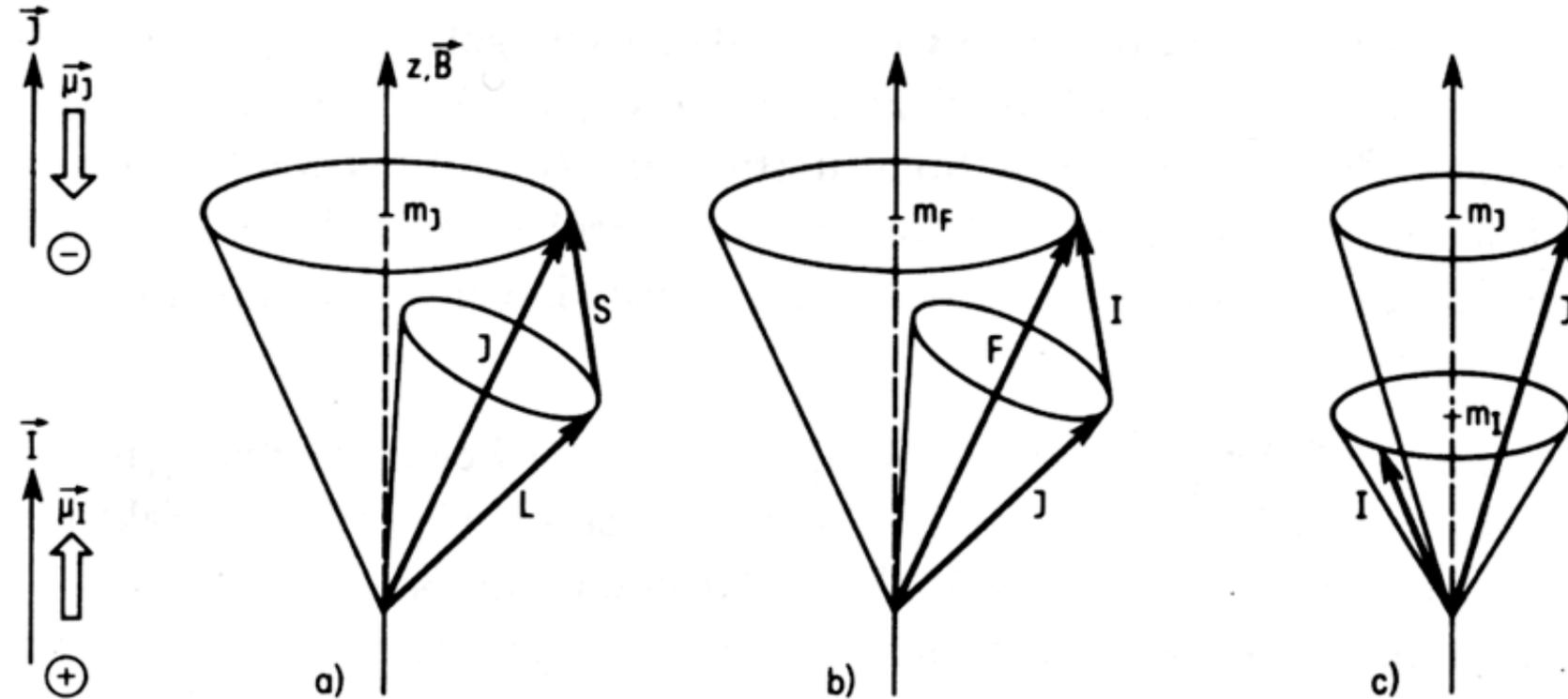
Stabilitätslinie von Kernen.

Tal der Stabilität



Drehimpulskopplung

Vergleich von L-S und J-I Kopplung:



"Zeeman-Bereich"

schwaches B-Feld

"Paschen-Back-Bereich"

starkes B-Feld

Hyperfeinstruktur und Aufspaltung im externen Feld

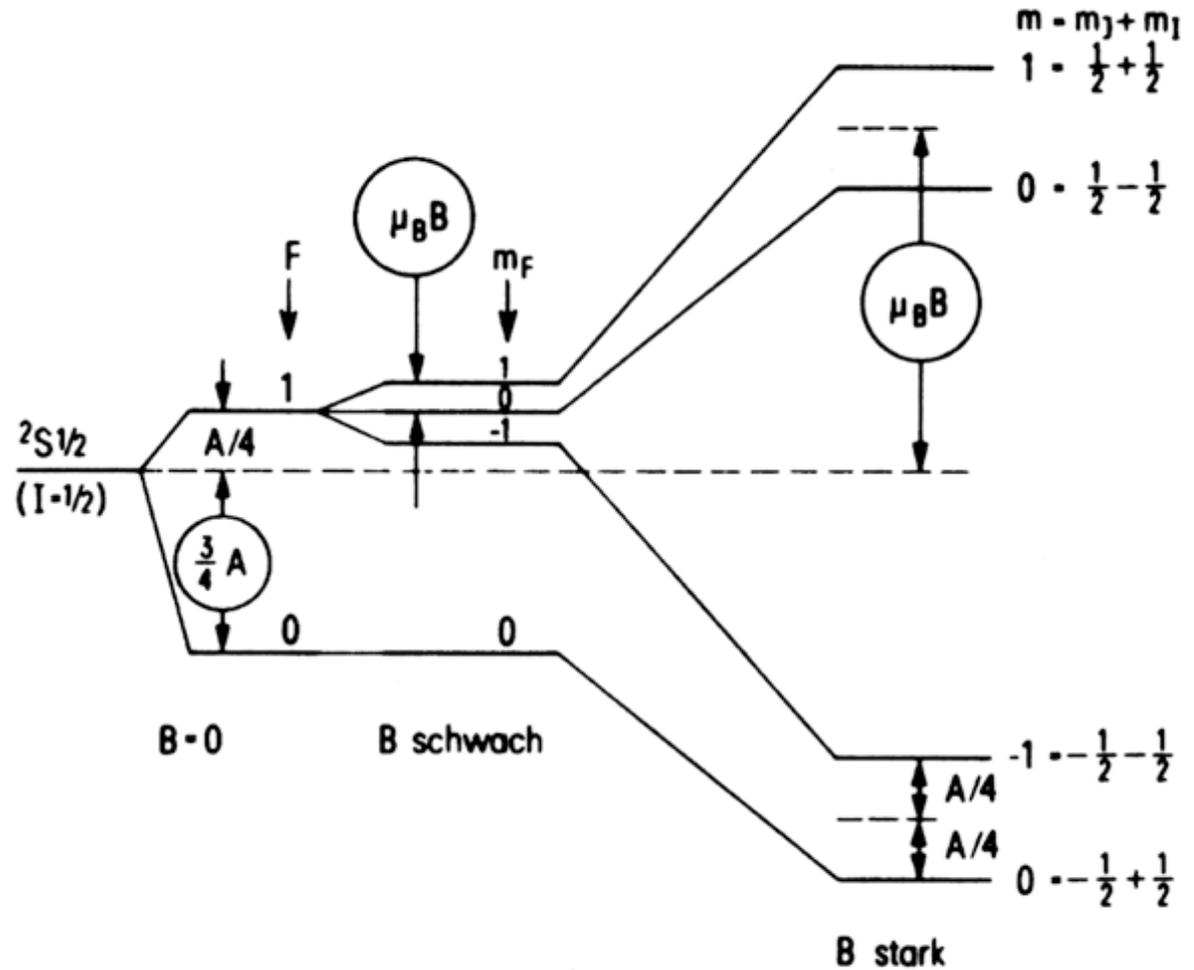
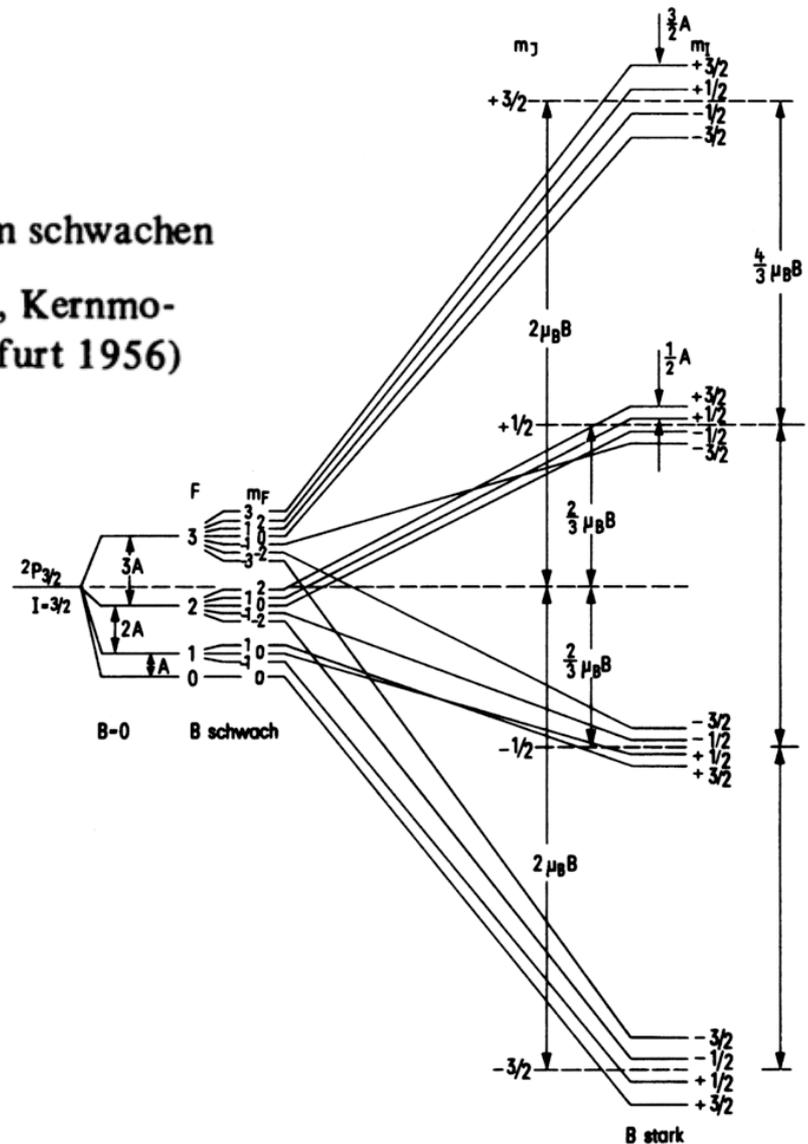


Fig. 100
 Aufspaltung der HFS-Terme für
 $J = \frac{1}{2}, I = \frac{1}{2}$ im schwachen und
 starken äußeren Feld

Hyperfeinstruktur und Aufspaltung im externen Feld

UV
FRE

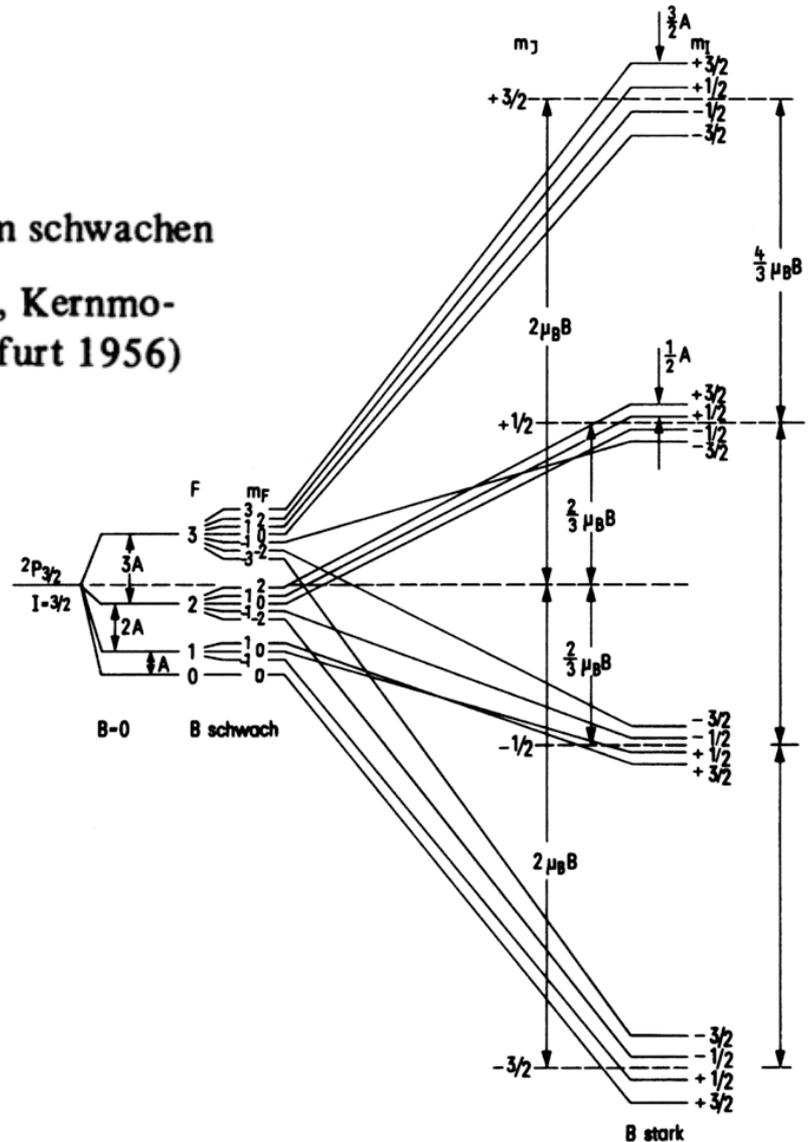
Schema der HFS-Aufspaltung für $I = \frac{3}{2}$, $J = \frac{3}{2}$ im schwachen und starken Feld. $Q = 0$. (Nach H. Kopfermann, Kernmomente, Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt 1956)



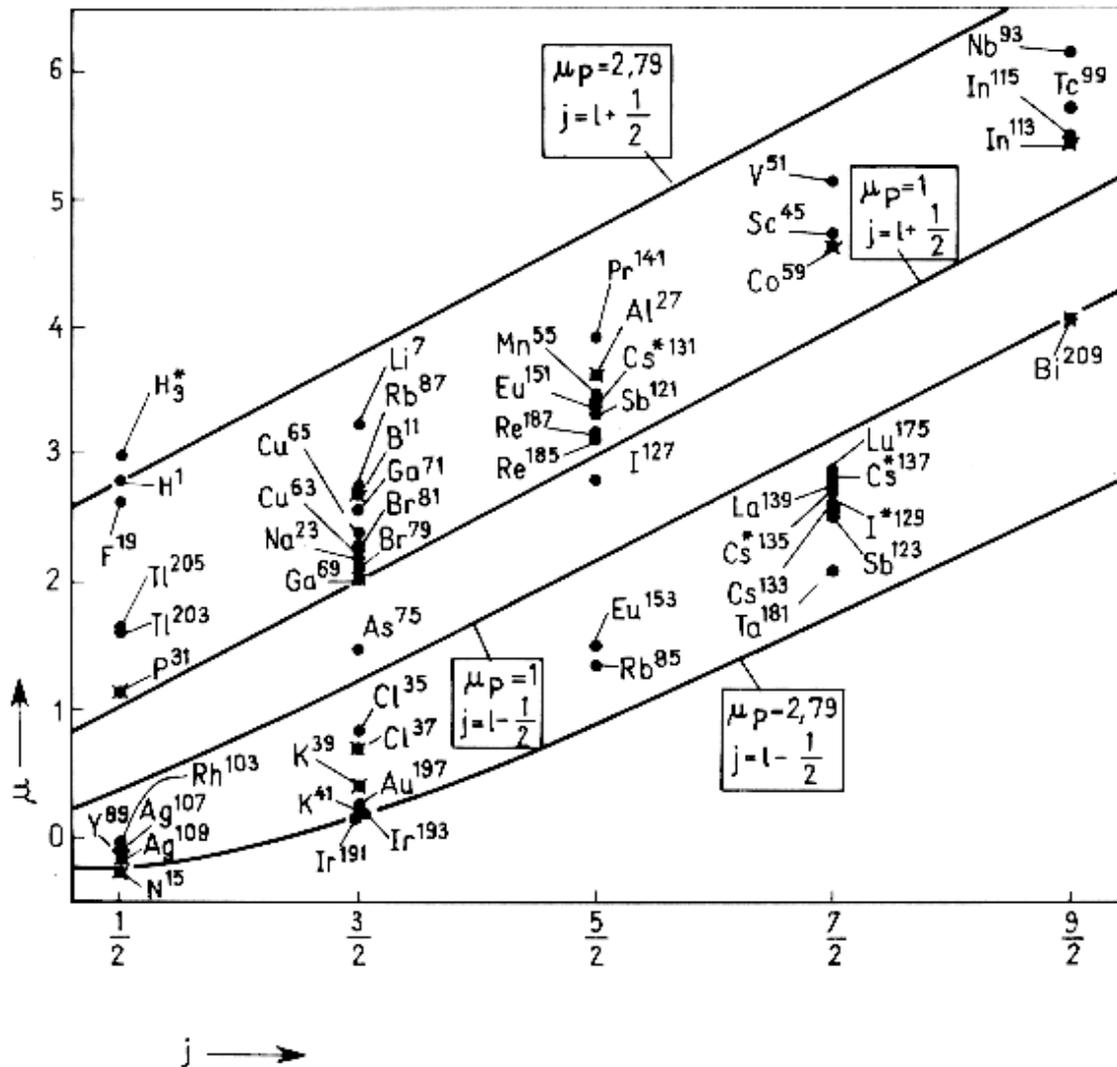
Hyperfeinstruktur und Aufspaltung im externen Feld

UV
FRE

Schema der HFS-Aufspaltung für $I = \frac{3}{2}$, $J = \frac{3}{2}$ im schwachen und starken Feld. $Q = 0$. (Nach H. Kopfermann, Kernmomente, Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt 1956)



Schmidtlinie für ungepaarte Protonen

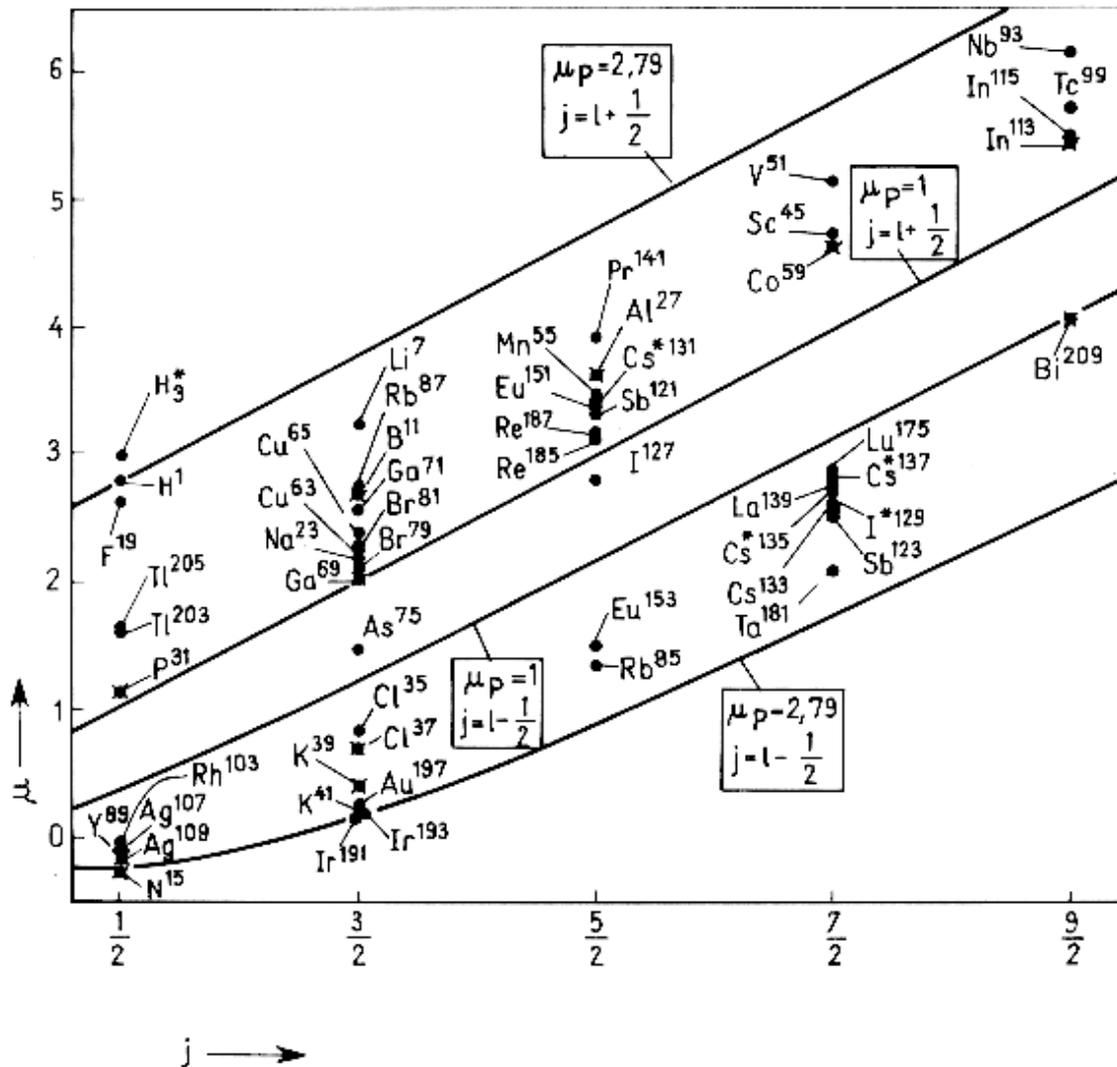


Gemessene magnetische Momente für Kerne mit einem ungepaarten Proton.

Die Schmidt-Linien (*) geben die Grenzwerte für Einteilchenzustände an.

* Theo Schmidt, 1937, Prof. in Freiburg

Schmidtlinien für ungepaarte Protonen



Gemessene magnetische Momente für Kerne mit einem ungepaarten Proton.

Die Schmidt-Linien (*) geben die Grenzwerte für Einteilchenzustände an.

* Theo Schmidt, 1937, Prof. in Freiburg

