

# Fortgeschrittene Experimentalphysik für Lehramtsstudierende

## Teil II: Kern- und Teilchenphysik



Prof. Markus Schumacher  
Sommersemester 2013

### Kapitel 3: Eigenschaften stabiler Kerne

# Mattauchsches Massenspektrometer

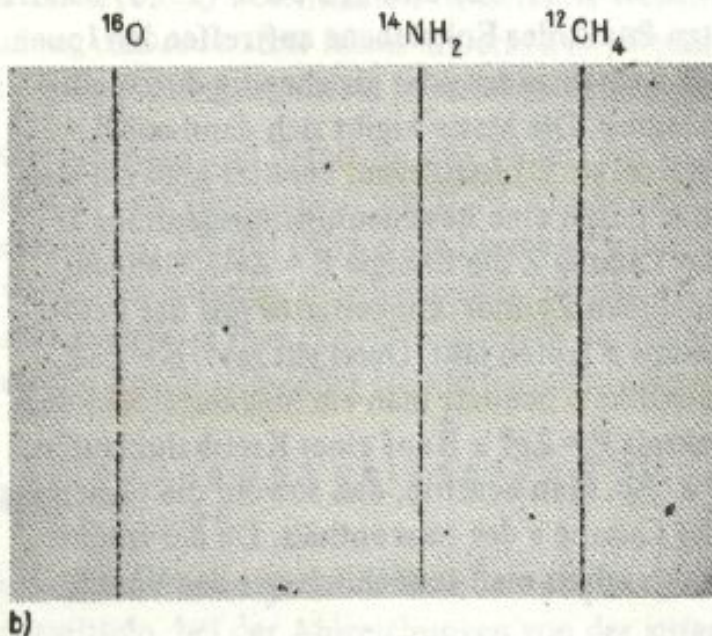
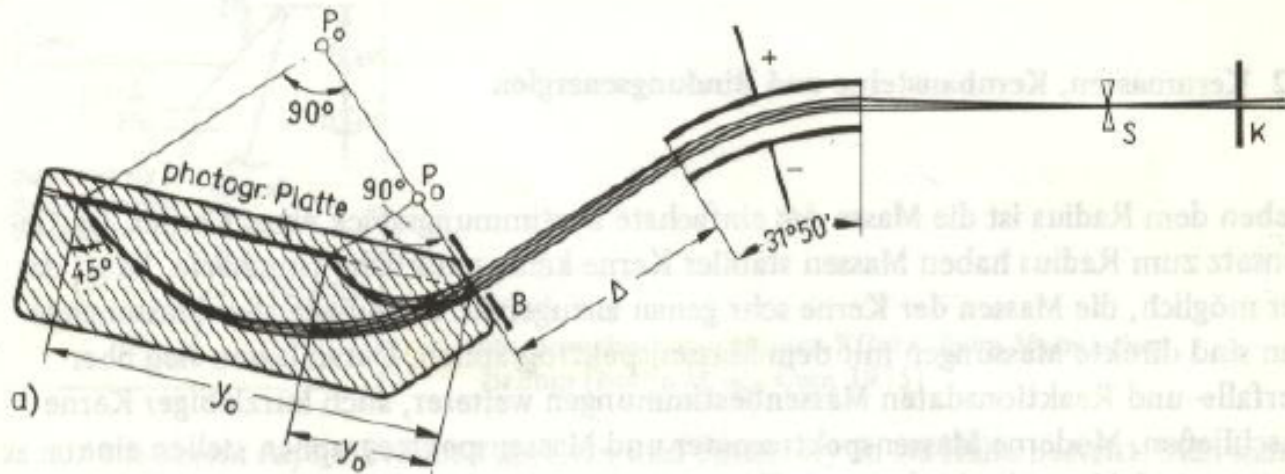
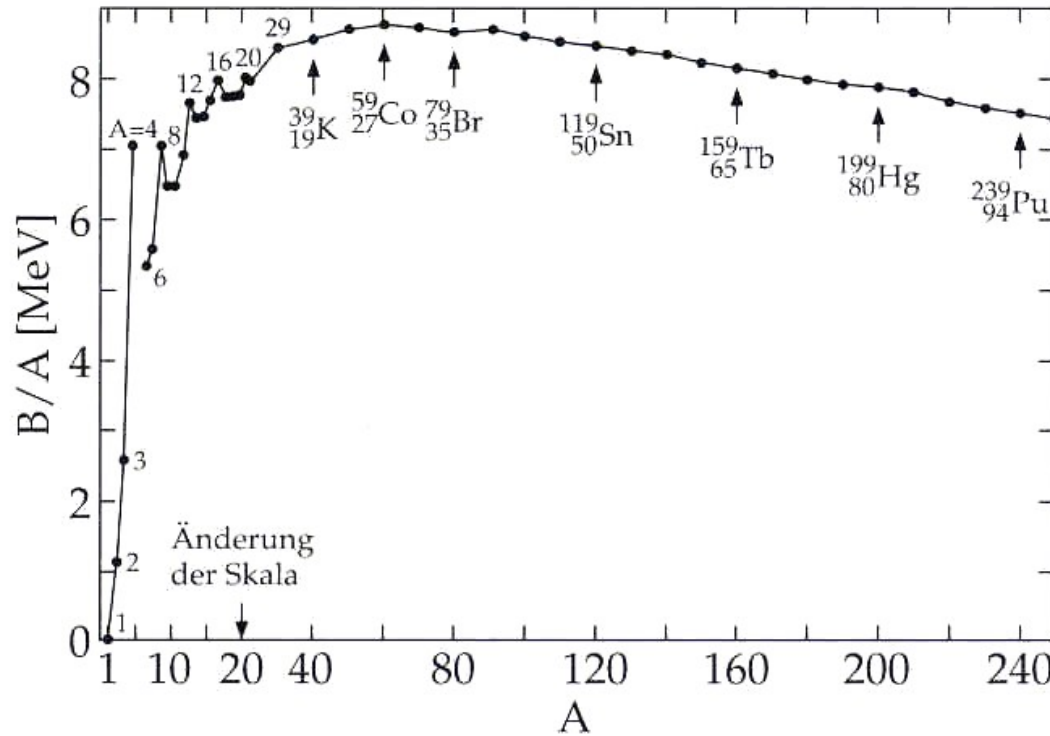


Fig. 9  
 a) Feldanordnung des Mattauchschen Massenspektrographen  
 b) drei mit diesem Instrument aufgenommene Linien zur Massenzahl 16 [Bie 55]



# Bindungsenergie pro Nukleon



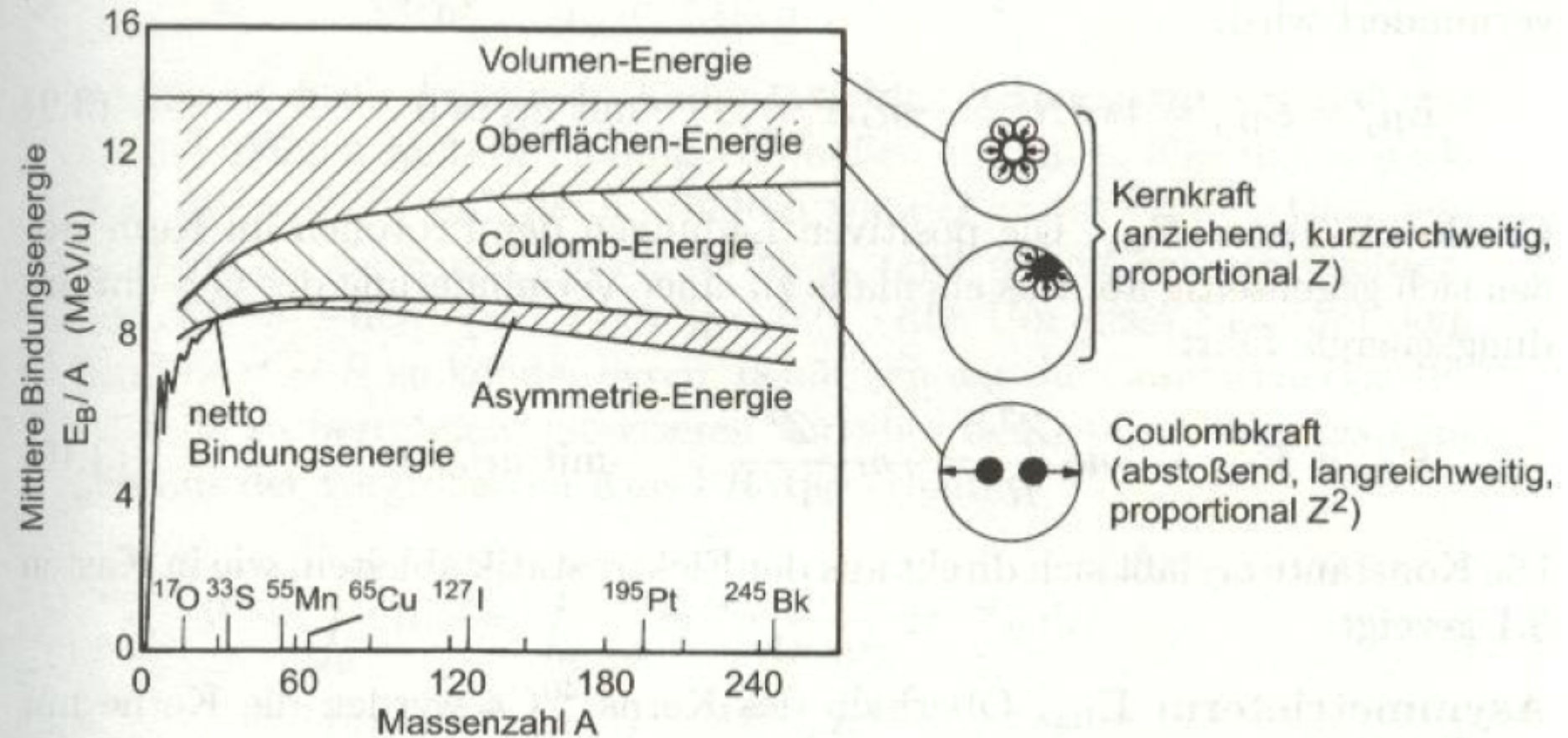
Bindungsenergie  $B/A$  vs  $A$

Tab. 2 Bindungsenergie pro Nukleon für die leichtesten Kerne.

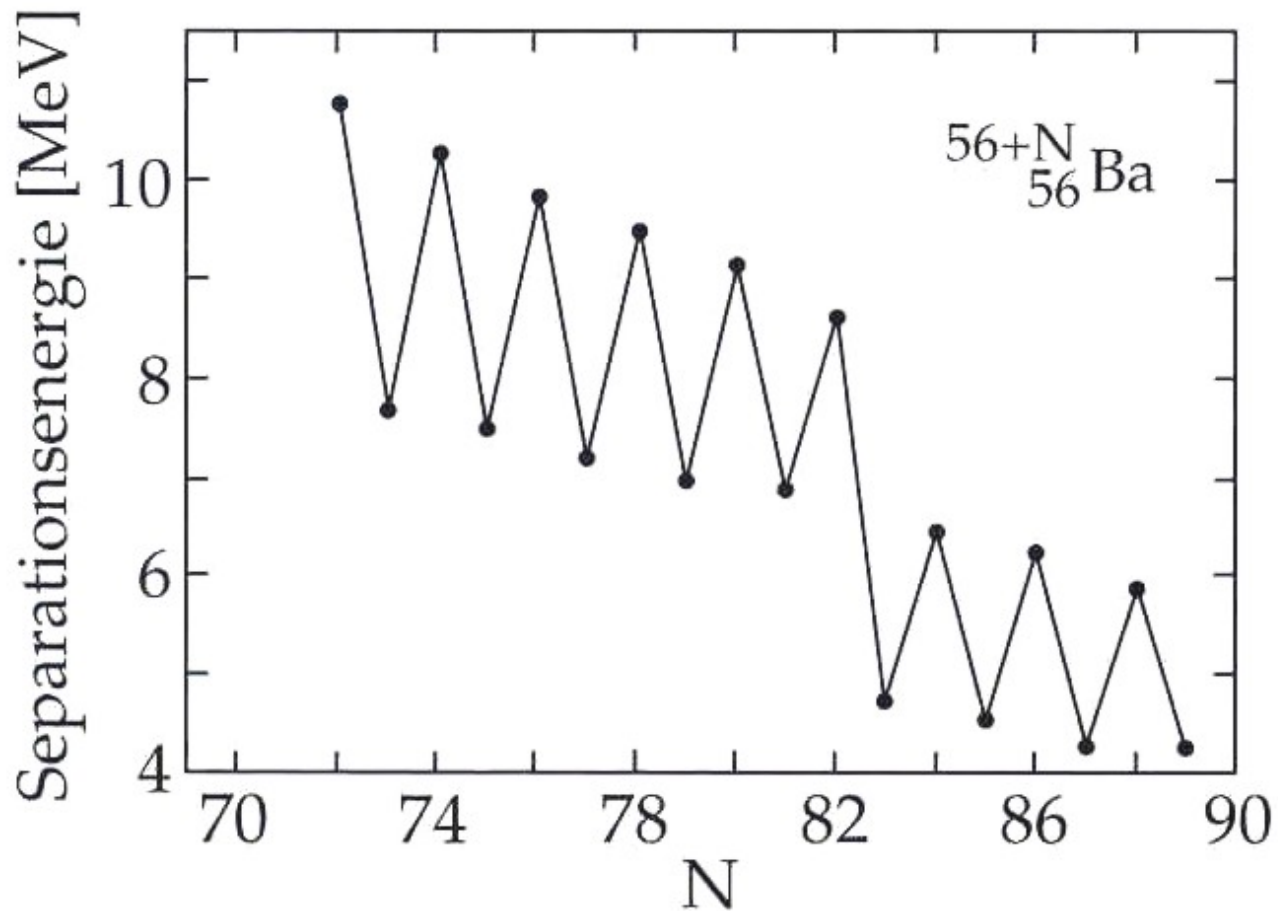
Kern	${}^2_1\text{H}_1$ (d)	${}^3_1\text{H}_2$ (t)	${}^3_2\text{He}_1$	${}^4_2\text{He}_2$ ( $\alpha$ )	${}^6_3\text{Li}_3$	${}^7_3\text{Li}_4$	${}^8_4\text{Be}_4$ ( $\rightarrow 2\alpha$ )	${}^9_4\text{Be}_5$	${}^{10}_5\text{B}_5$	${}^{11}_5\text{B}_6$	${}^{12}_6\text{C}_6$
B	2,225	8,482	7,718	28,29	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.

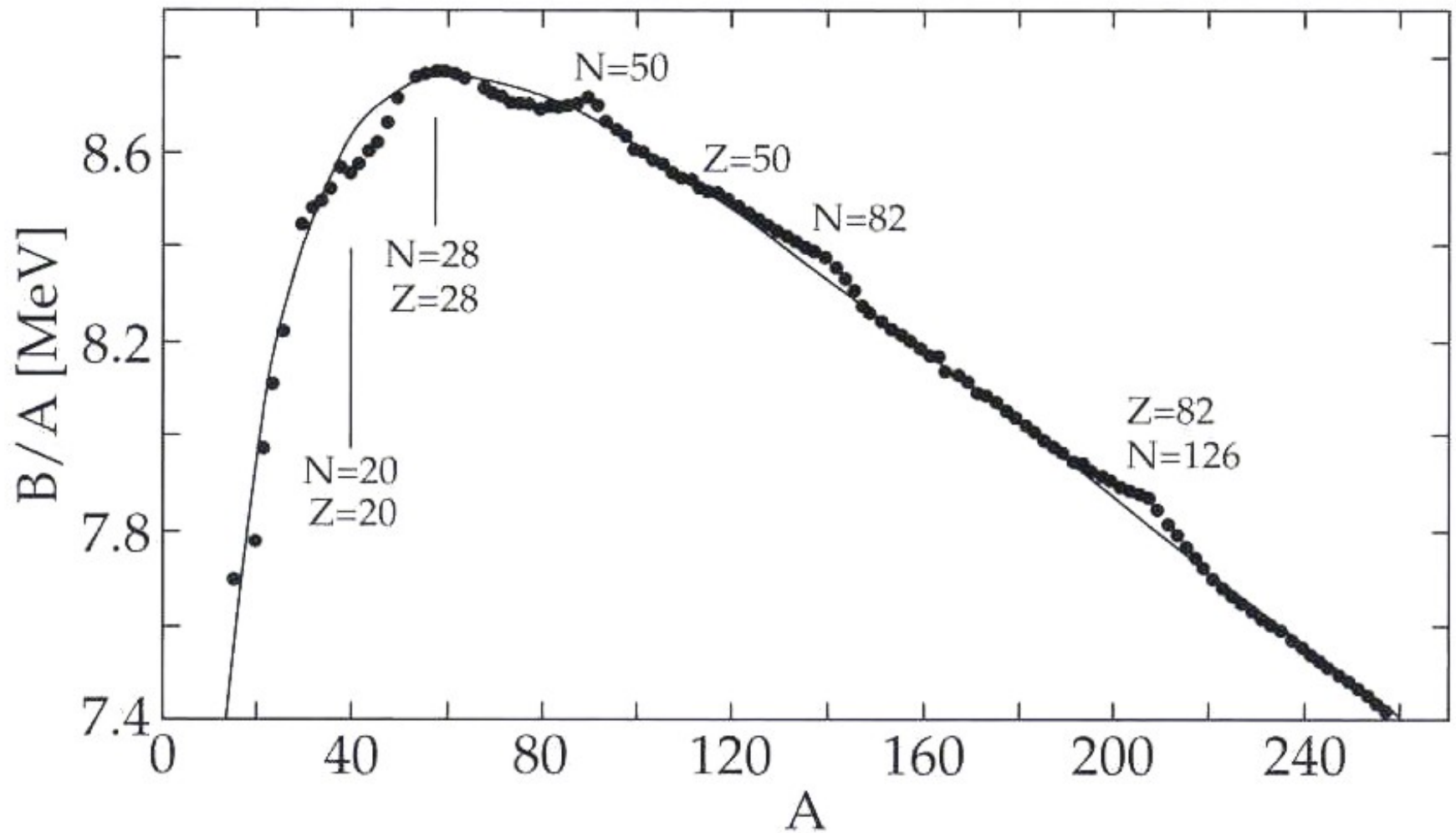
# Bethe-Weizsäckerformel

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

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

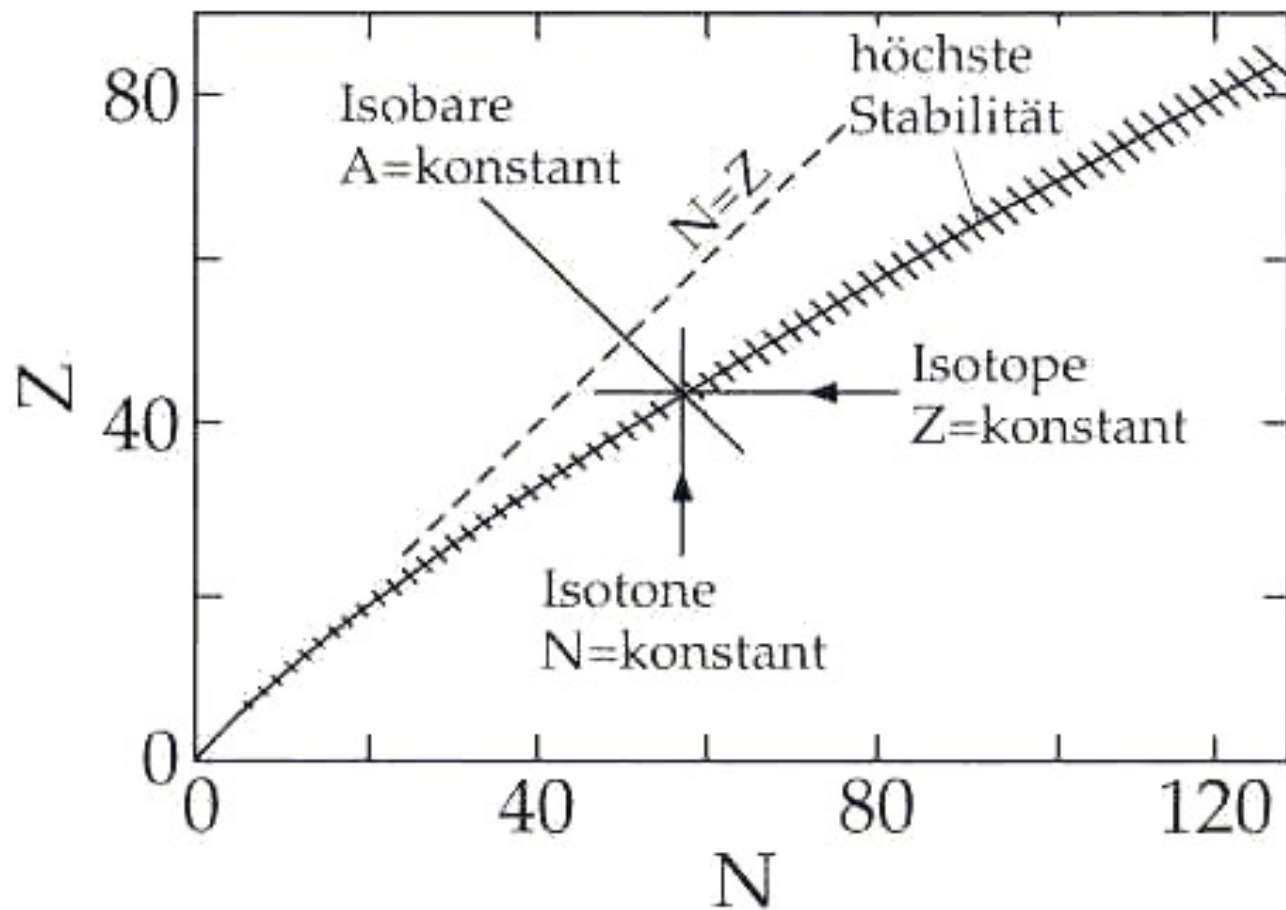


# Magische Kerne



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

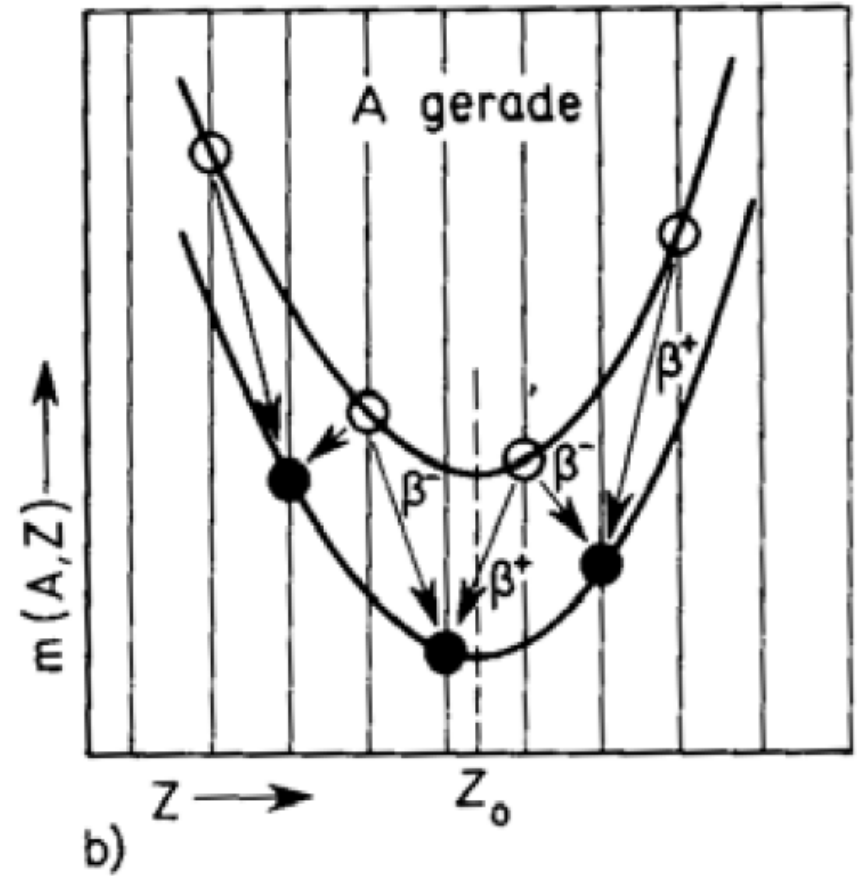
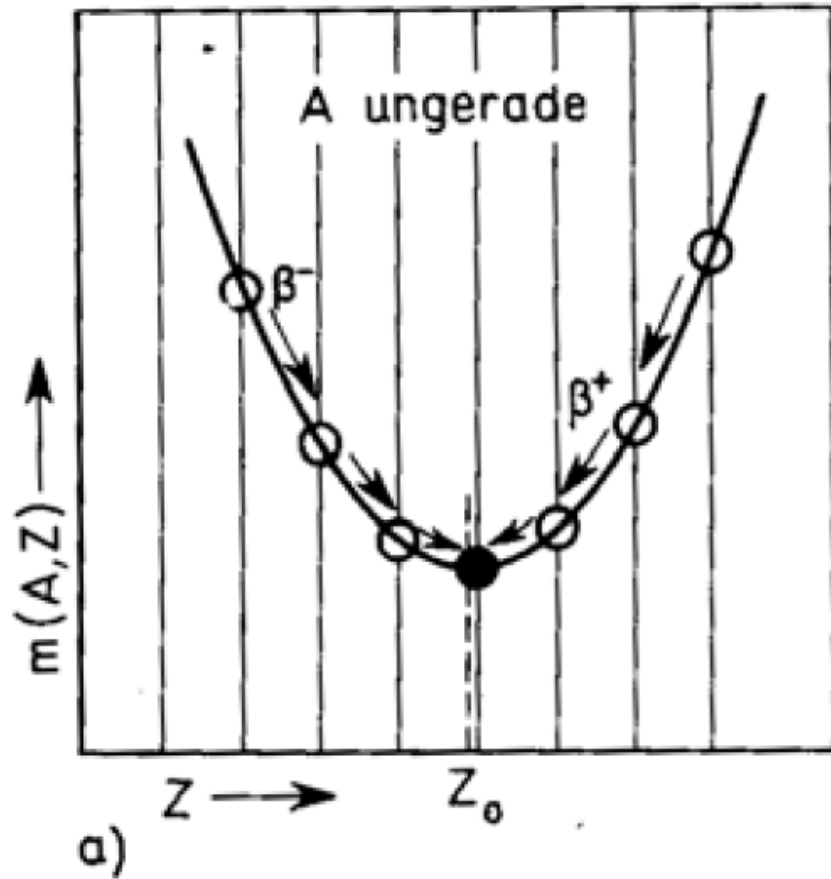
# Tal der Stabilität



Stabilitätslinie von Kernen.

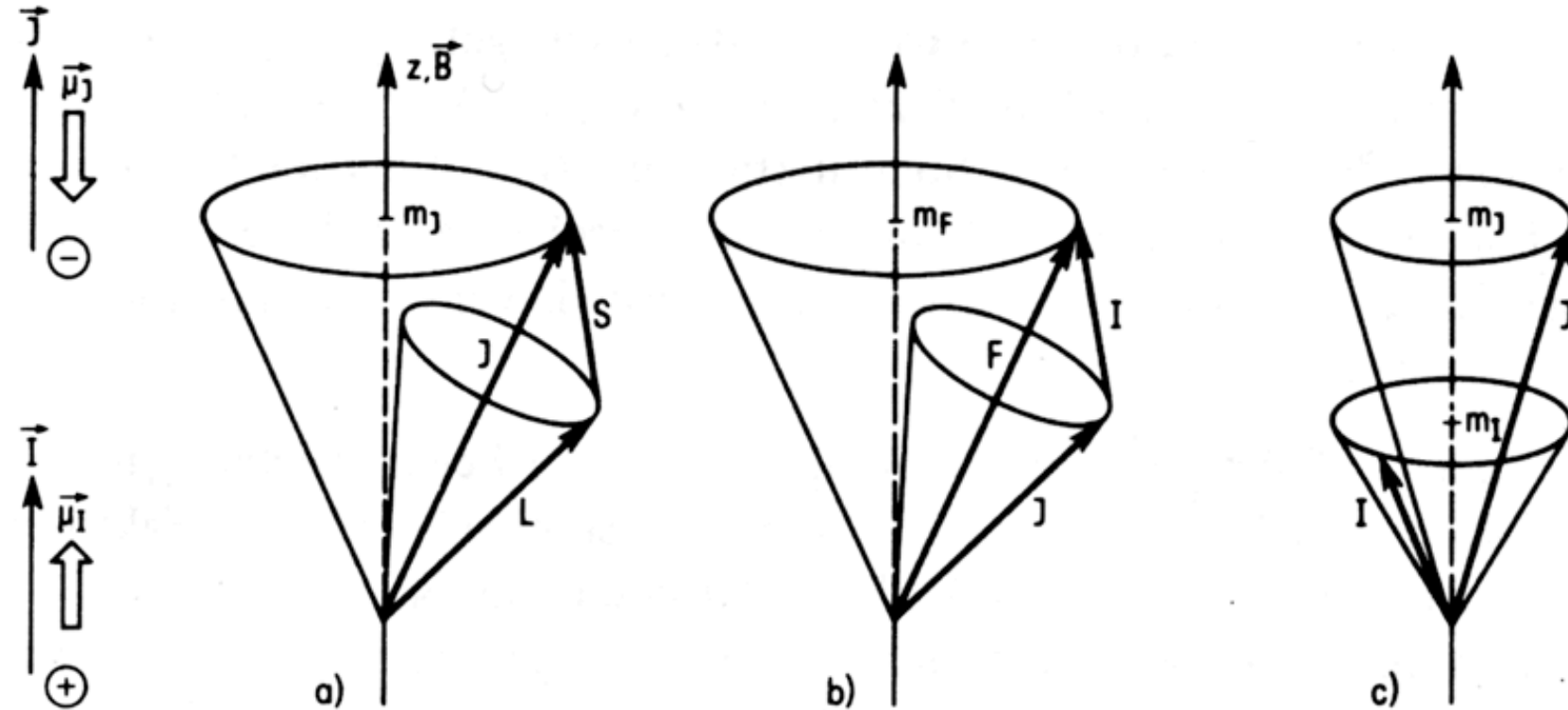


# Tal der Stabilität



# 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

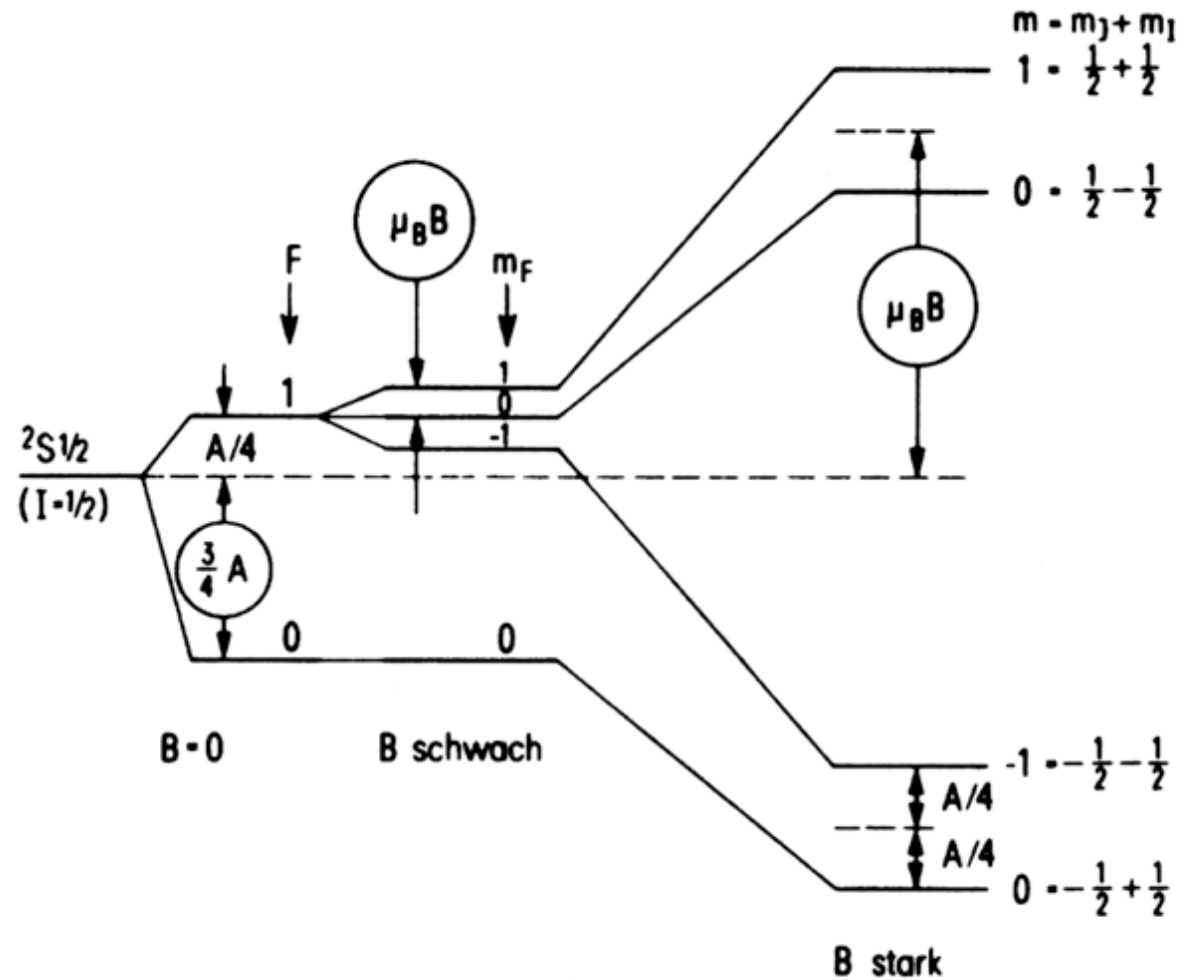


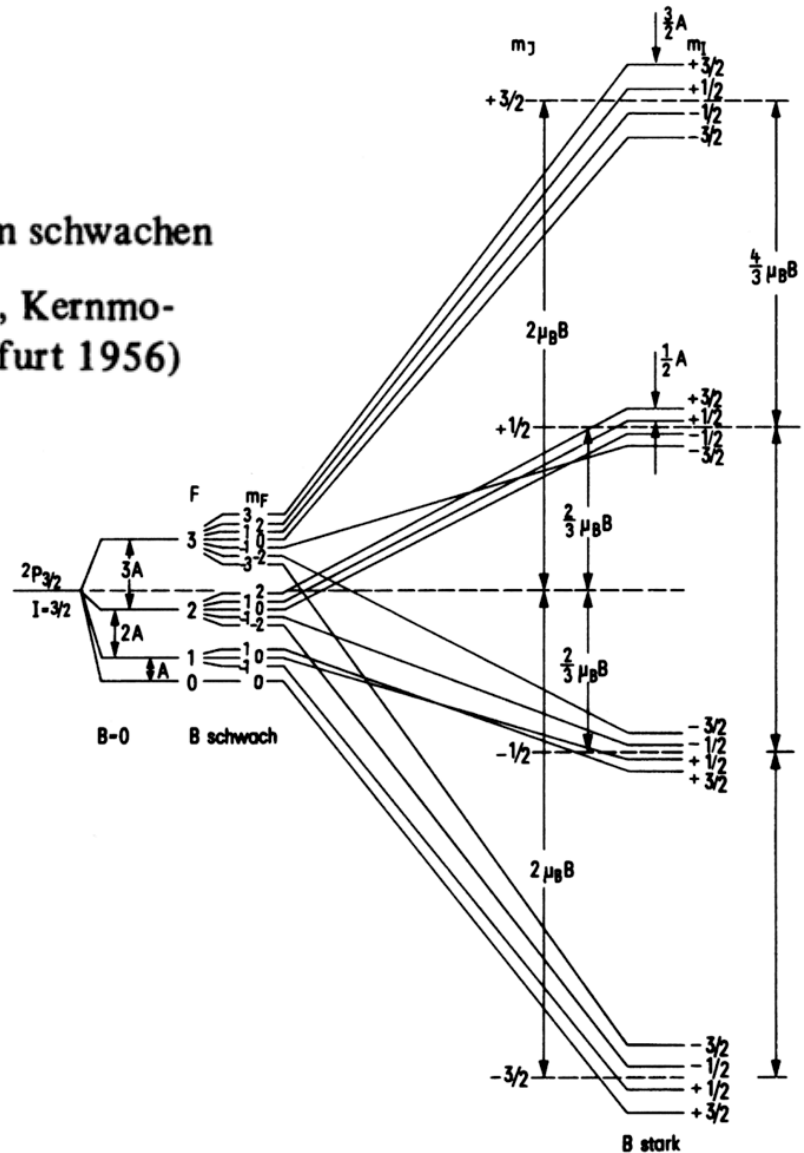
Fig. 100  
 Aufspaltung der HFS-Terme für  
 $J = \frac{1}{2}$ ,  $I = \frac{1}{2}$  im schwachen und  
 starken äußeren Feld



# Hyperfeinstruktur und Aufspaltung im externen Feld

UV  
FRE

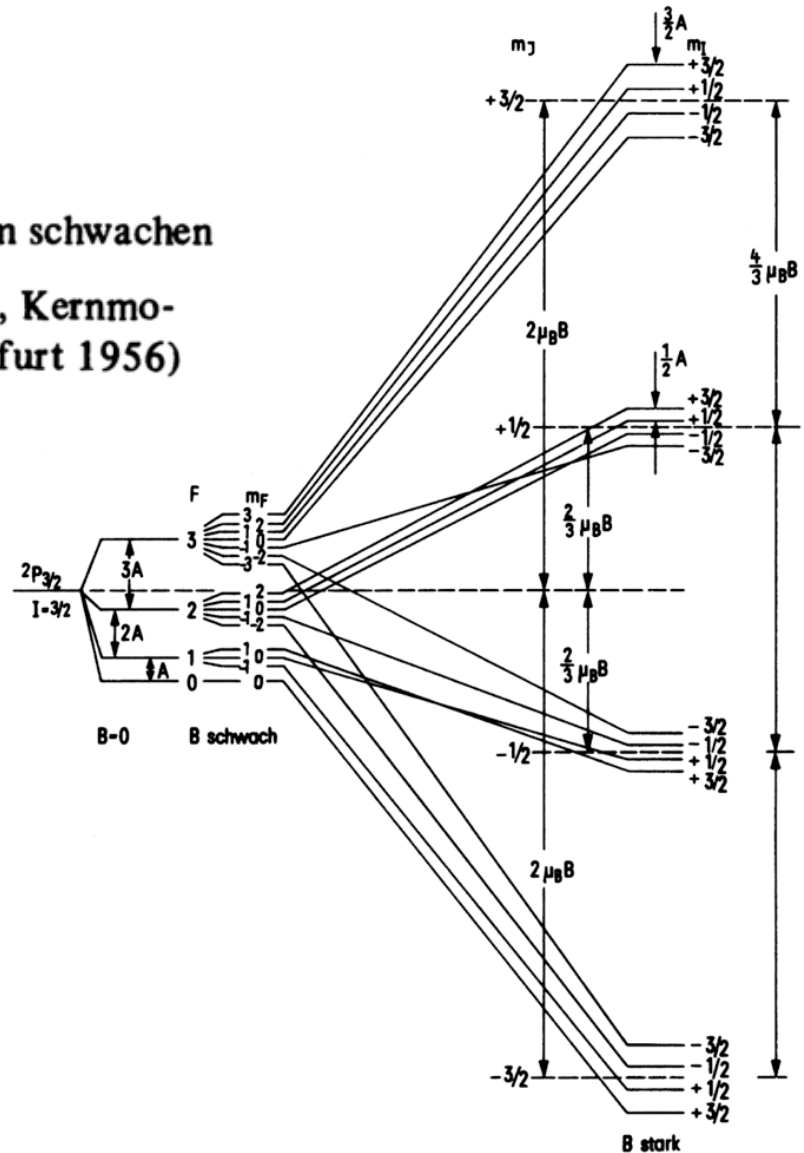
Schema der HFS-Aufspaltung für  $I = \frac{3}{2}$ ,  $J = \frac{3}{2}$  im schwachen und starken Feld.  $Q = 0$ . (Nach H. Kopfermann, Kernmomente, Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt 1956)



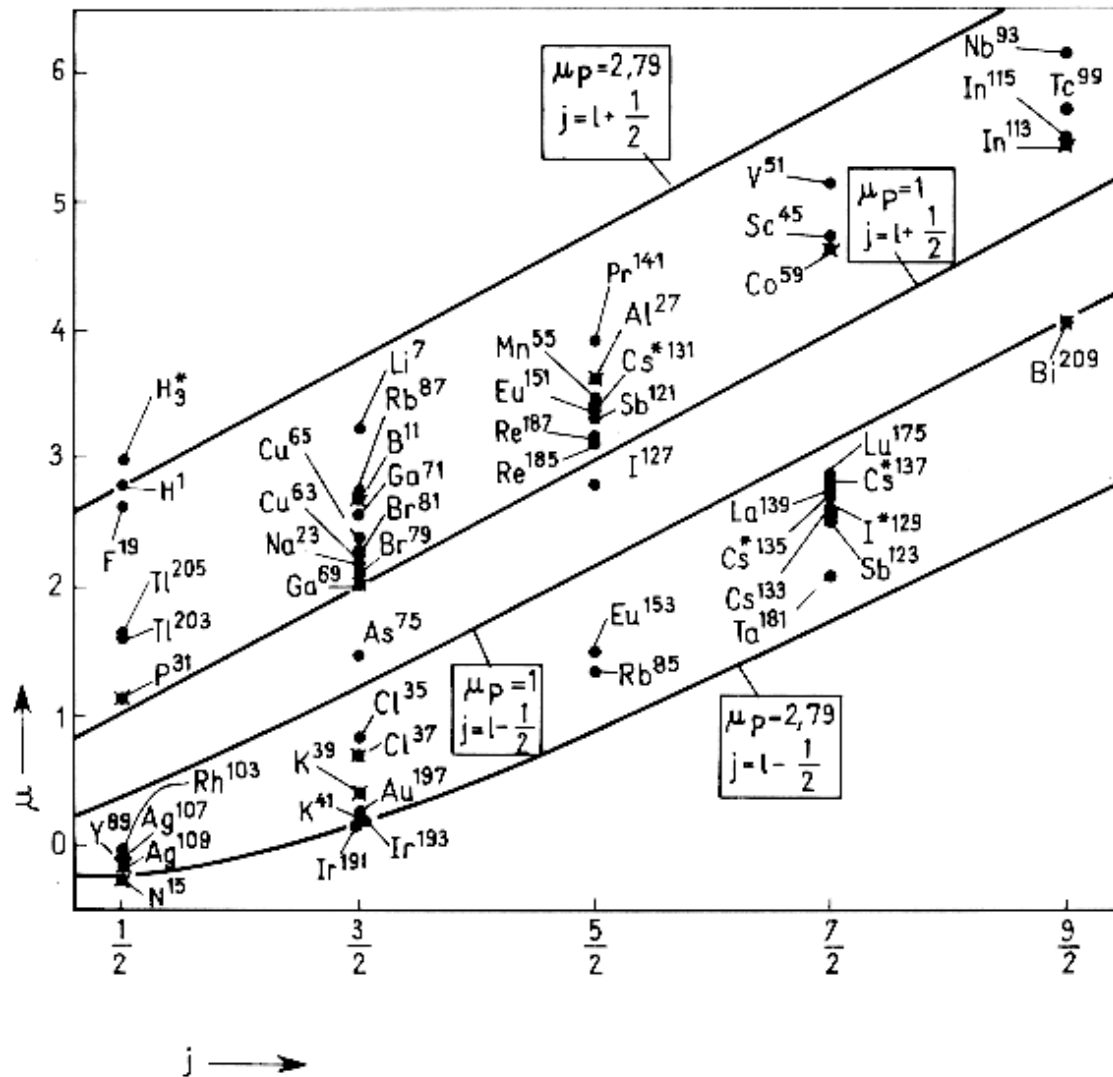
# Hyperfeinstruktur und Aufspaltung im externen Feld

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



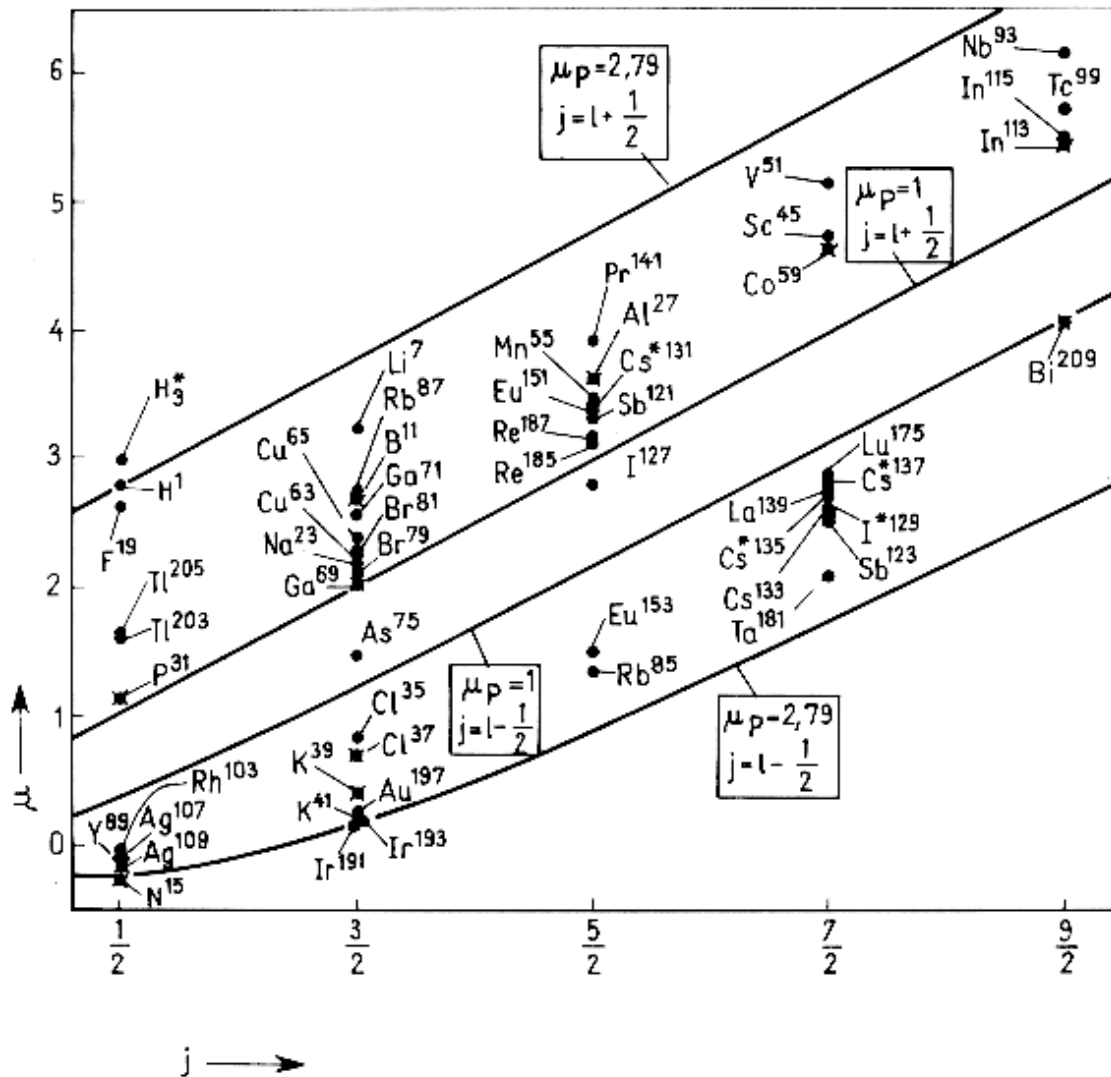
Gemessene magnetische Momente für Kerne mit einem ungepaarten Proton.

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

\* Theo Schmidt, 1937, Prof. in Freiburg



# Schmidtlinien für ungepaarte Protonen

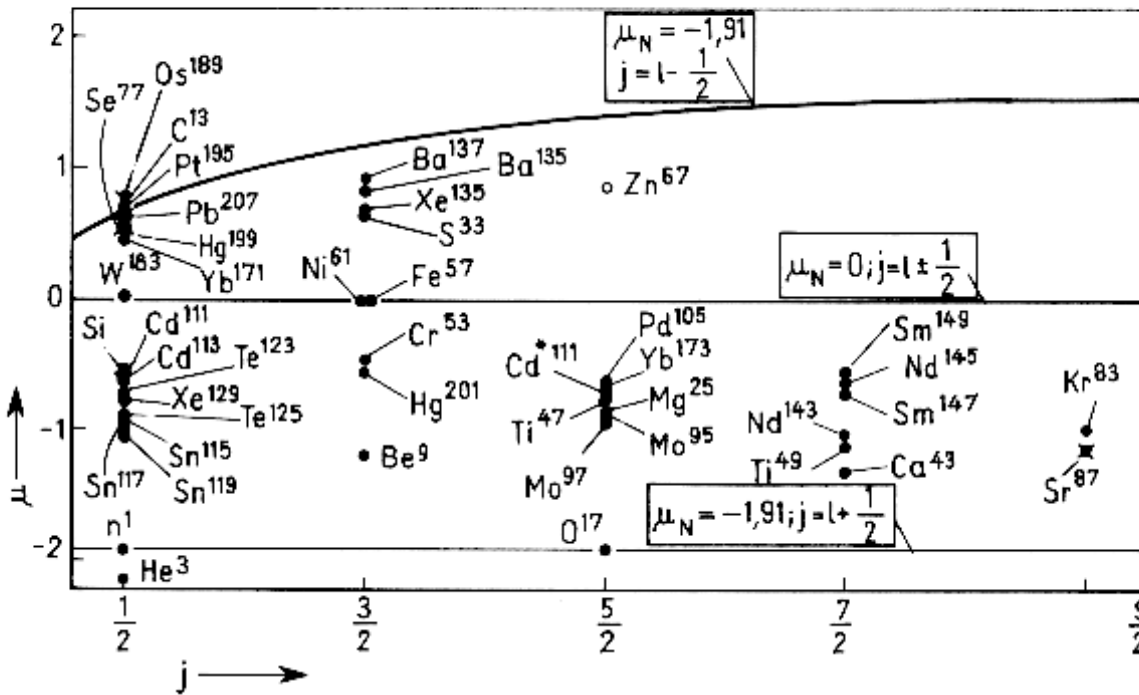


Gemessene magnetische Momente für Kerne mit einem ungepaarten Proton.

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

\* Theo Schmidt, 1937, Prof. in Freiburg

# Schmidtlinien für ungepaarte Neutronen



Gemessene magnetische Momente für Kerne mit einem **ungepaarten Neutron**

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