

# III. E Hyperfeinstruktur

$$\Delta \bar{\nu} \approx 0,1 \text{ cm}^{-1}$$

Hinweis: In Molekülen und Festkörpern auch noch "Super hyperfein - Ww."!  
(mit Nachbar-Kernen)

## III.E.1 a) Kern spin $\vec{I}$

irreführend! ; = Kern - Gesamt - Drehimpuls!

$I = 0$ , ganz- oder halbzahlige; isotonenabhängig

$$\langle |\vec{I}| \rangle = \sqrt{I(I+1)} \hbar$$

$$\langle I_z \rangle = M_I \hbar ; M_I = +I, I-1, \dots, -I$$

	Proton	Neutron	Deuteron	${}^4_2\text{He}$	${}^{50}_{23}\text{V}$
I:	1/2	1/2	1	0	6

→ erweitertes Schalenmodell, Physik VI

## b) Kern magnetisches Moment

Kern-Magneton

$$\mu_K = \frac{m_e}{m_p} \cdot \mu_B = \frac{e \hbar}{2 m_p} = \mu_K$$

$$= 5,050 783 17(20) \cdot 10^{-27} \text{ J/T}$$

$$= 3,152 451 238(24) \cdot 10^{-8} \text{ eV/T}$$

Kern-g-Faktor



$$\langle \mu_{I_z} \rangle = + g_I M_I \mu_K$$



kann positiv oder negativ sein!

$$g_p \approx +5,5857$$

$$g_n \approx -3,8261$$

Vorsicht: tabelliertes

Kernmoment:

$$\mu_I = g_I \cdot I \cdot \mu_K$$

$$W_{Ij} = W_{HF} = A \vec{I} \cdot \vec{j}$$

analog zu Spin-Bahn-W.

s-Elektronen

$$A \sim |\psi(r=0)|^2$$

Fermi-Kontakt-Wechselwirkung

$$B_{HF, I} = \frac{A \langle S_z \rangle}{g_I \mu_N \hbar}$$

H(1s) Na(3s) K(4s) Rb(5s) Cs(6s)

16,7 T 40 T 55 T 125 T 210 T

2a) Gesamt-Drehimpuls

$$\vec{F} = \vec{I} + \vec{j}$$

$$\langle |\vec{F}| \rangle = \sqrt{F(F+1)} \hbar$$

$$\langle F_z \rangle = M_F \hbar ; M_F = F, F-1, \dots, -F$$

Vektorgerüst:  $F = I + j, I + j - 1, \dots, I - j$  für  $I > j$

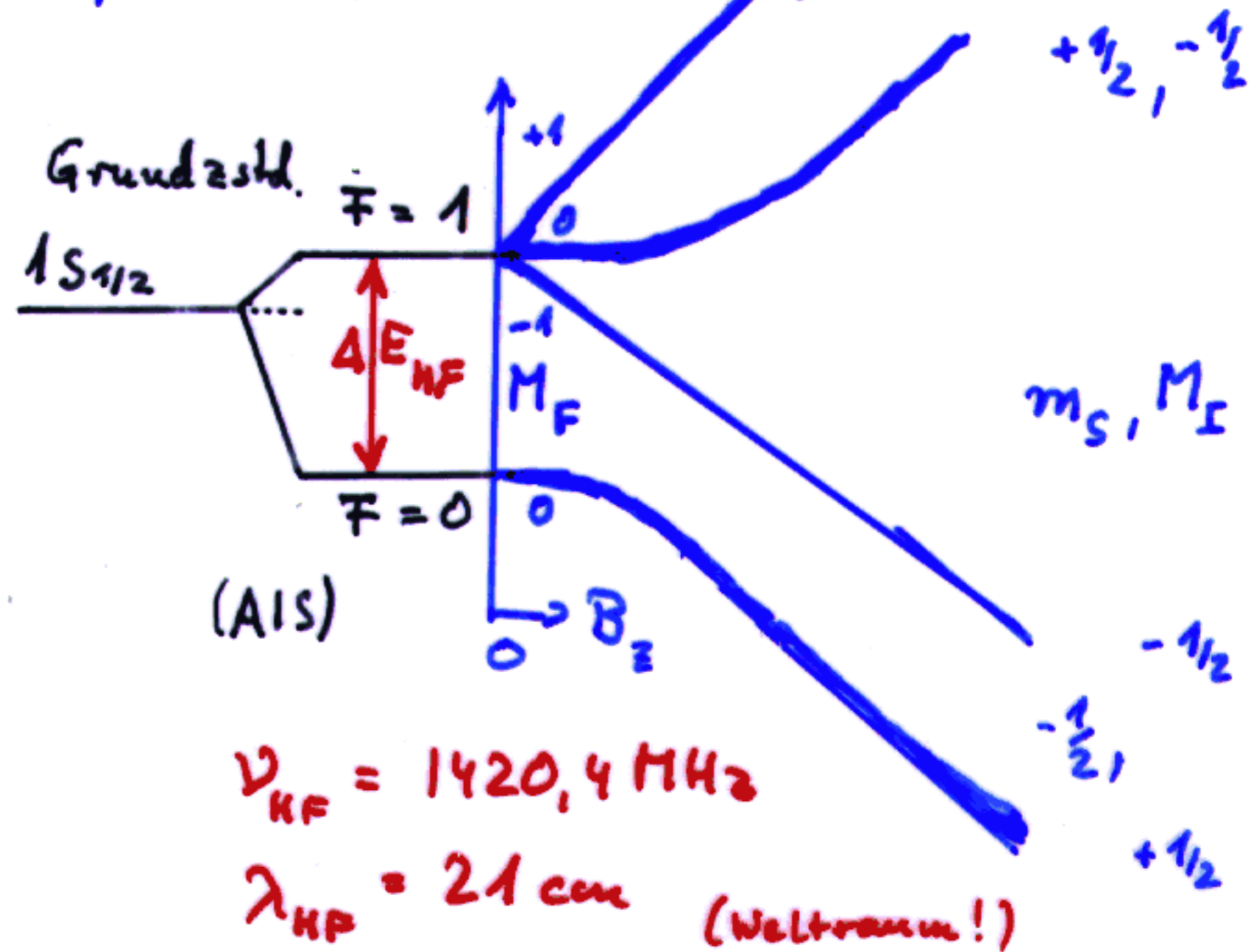
Modell:  $= j + I, j + I - 1, \dots, j - I$  für  $j > I$

z.B. Wasserstoff  $^1_1\text{H}$  Grundzust.  $\vec{j} = 1$

$$n=1; j = s = 1/2$$

$$I_p = 1/2$$

$$F = 1, 0$$



z.B. Deuterium,  $^2_1\text{H}$ , Angeregter Zustand; ( $^2_1\text{D}$ )

$$n=2; l=1 \quad 2p_{3/2}; j = 3/2 \quad F = 5/2, 3/2, 1/2$$

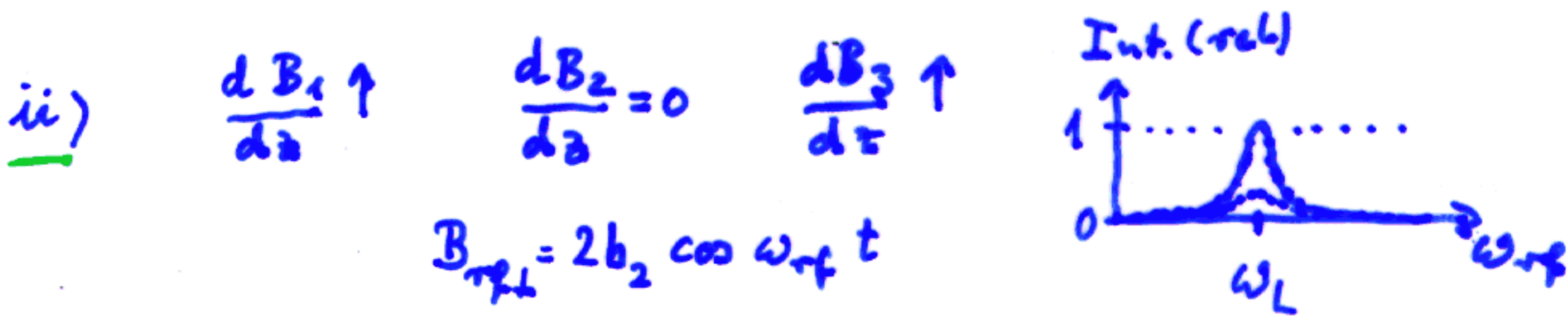
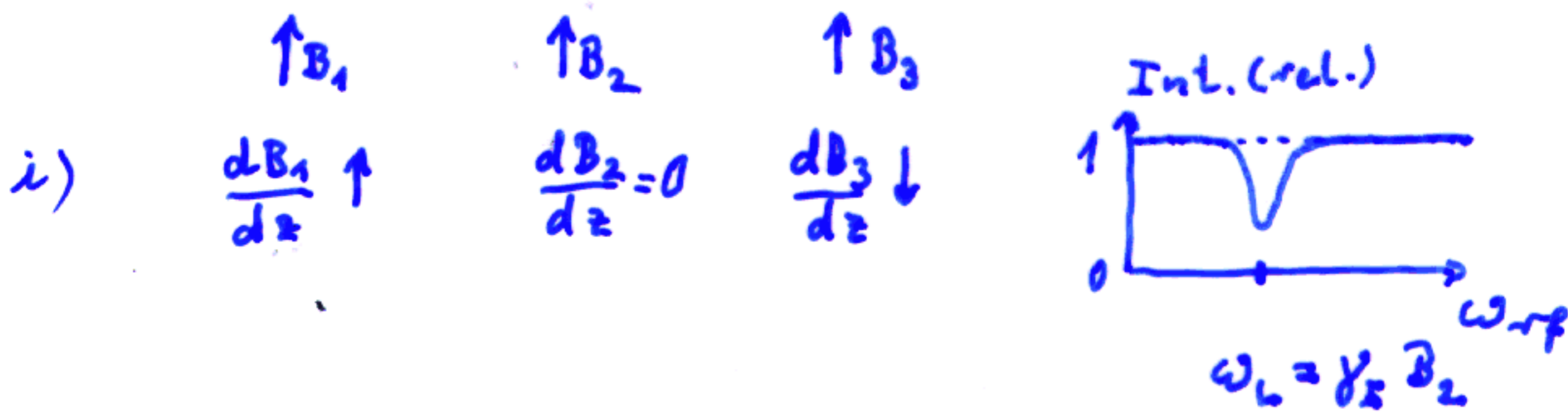
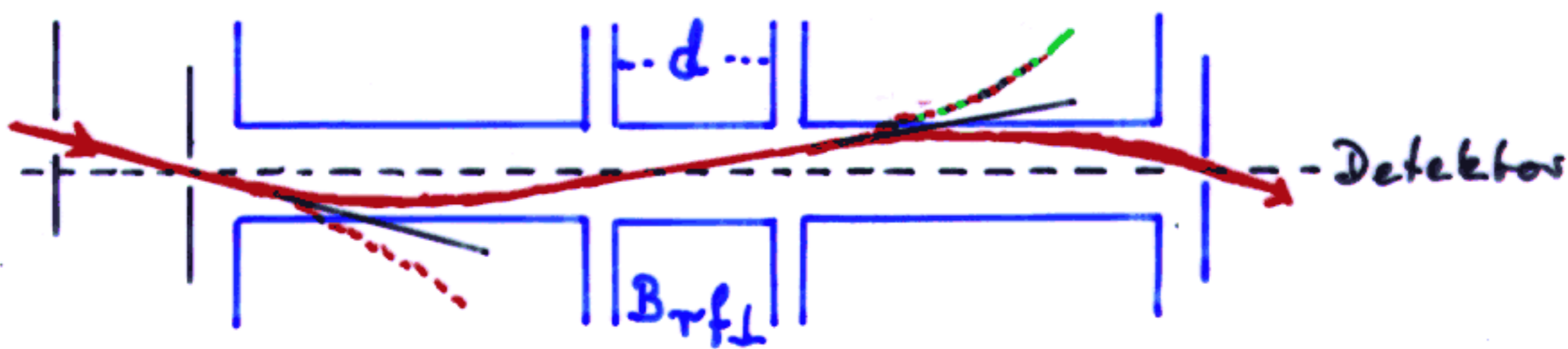
$$I_d = 1 \quad 2p_{1/2}; j = 1/2 \quad F = 3/2, 1/2$$

→ Isotopie - Hyperfeinstruktur

Nachweis der Kernspin-Resonanz an Atomstrahlen

$$I \neq 0; (q=0, j=0)$$

Rabi - Apparat = 2x "Stern-Gerlach" + 1x Magn. Resonanz



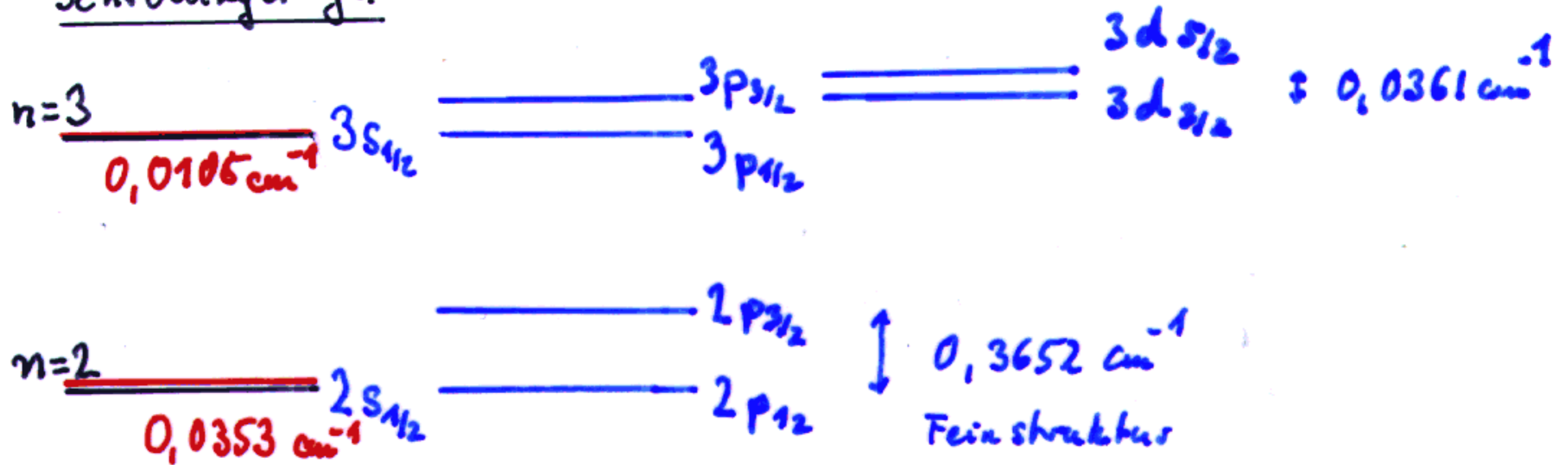
Resonanz  $\omega_{rf} = \omega_L = \gamma_I B_2$

Rabi-Frequenz:  $\omega_1 = \gamma_I \cdot b_2$

$$\omega_1 \cdot t_{flug} = \omega_1 \cdot \frac{d}{v} = \gamma_I b_2 t_{flug} = \pi \hat{=} 180^\circ$$

# III. E.4 Lamb - Shift / Termschema des H-Atoms qualitativ!

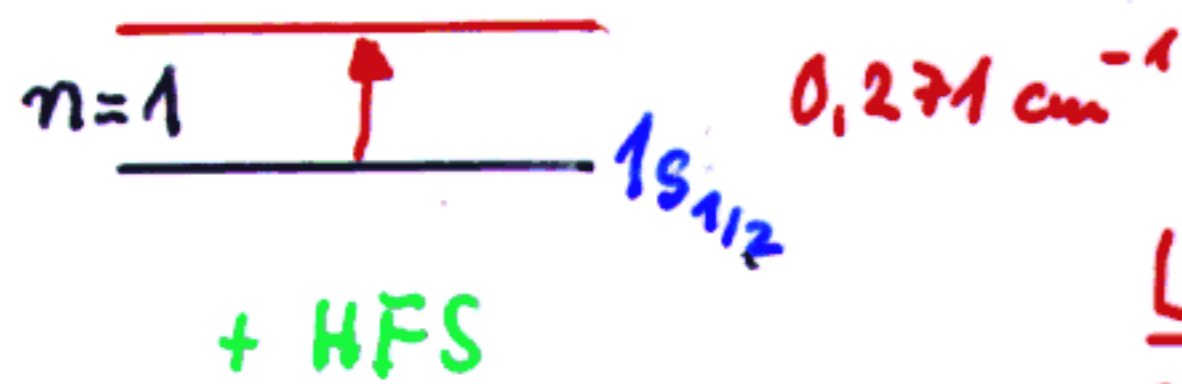
Schrödinger-Gl.



Dirac-Gl.

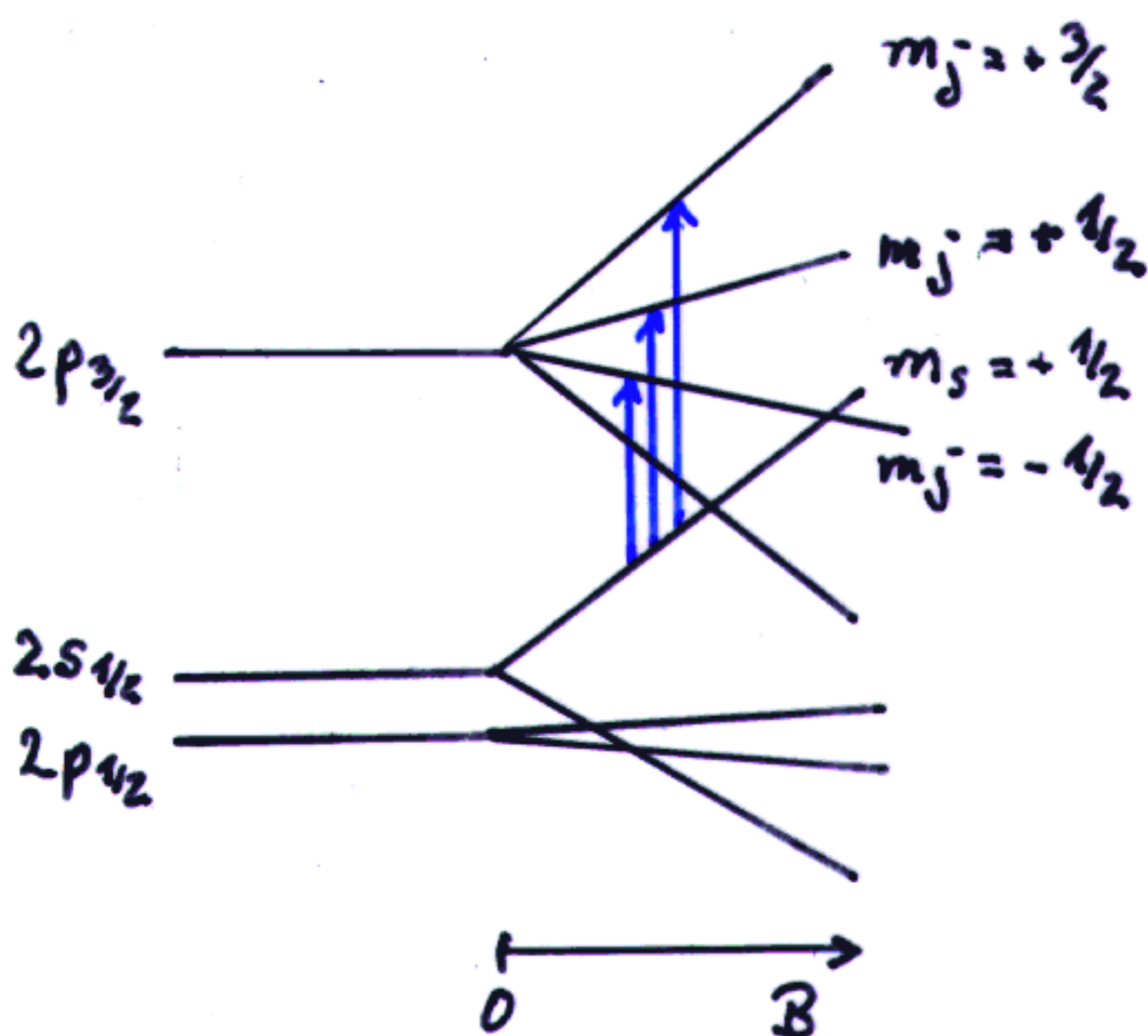
Heisenberg,  
Jordan

$\rightarrow$  Terme mit gleicher  
 $j$ -Quantenzahl fallen  
bei H-Atom zusammen.



Lamb shift: nicht exakt  $l$ -Entstg.  
( $\rightarrow$  QED) (wie  $g$ -Faktor - Korrektur)

## Lamb + Retherford (1947) - Experiment



$2S_{1/2}$  - Niveau metastabil  
 $\rightarrow$  Elektronenstoß - Anregg.  
 nachgewiesen im Detektor  
 $2S_{1/2} \rightarrow 2P_{3/2}$   
 Mikrowellen - Übergang  
 "abgeregt" durch  
 $2P_{3/2} \rightarrow 1S_{1/2}$  (spontan)  
 z.B.