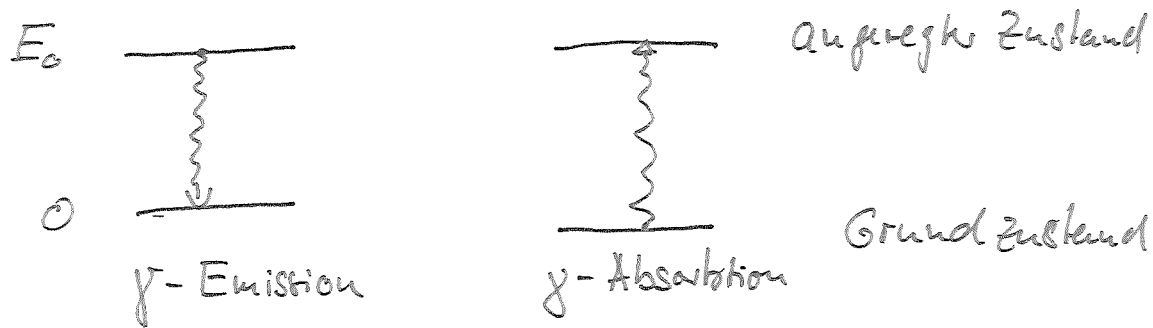


Resonanzabsorption von γ -Strahlung

(1)



Natürliche Linienbreite $\Gamma = \frac{h}{\tau}$; τ : Lebensdauer des angeregten Niveaus
 ($\Delta E \cdot \Delta t \sim h$)
 ($\Gamma \cdot \tau \sim h$)

z. Bsp: 14,4 keV Übergang in ^{57}Fe

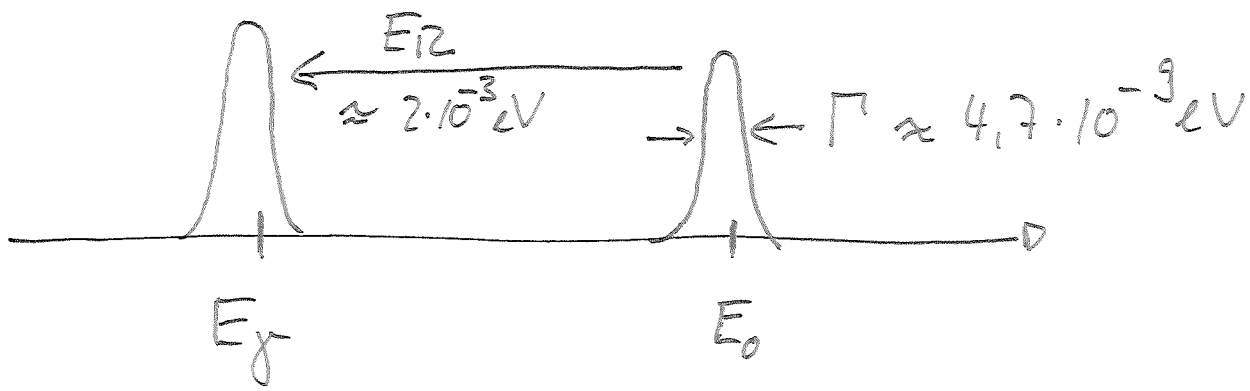
$$\tau = 1,4 \cdot 10^{-7} \text{ s} \Rightarrow \Gamma = \frac{h}{\tau} = \frac{6,58 \cdot 10^{-22} \text{ eVs}}{1,4 \cdot 10^{-7} \text{ s}} = \underline{4,7 \cdot 10^{-9} \text{ eV}}$$

In meisten Fällen von γ -Emission wird Resonanzabsorption durch folgend Nebeneffekte beeinträchtigt:

1) γ -Strahlung wird E_R oder E_f emittiert, die kleiner als Anregungsenergie E_0 ist.

$$E_R = \frac{p^2}{2M} = \frac{E_0^2}{2Mc^2} \quad ; \quad M: \text{Masse des Kerns}$$



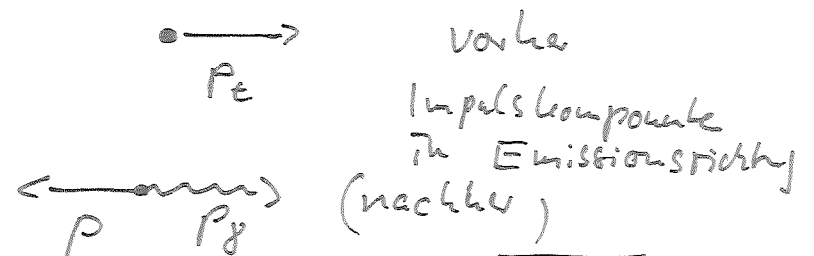
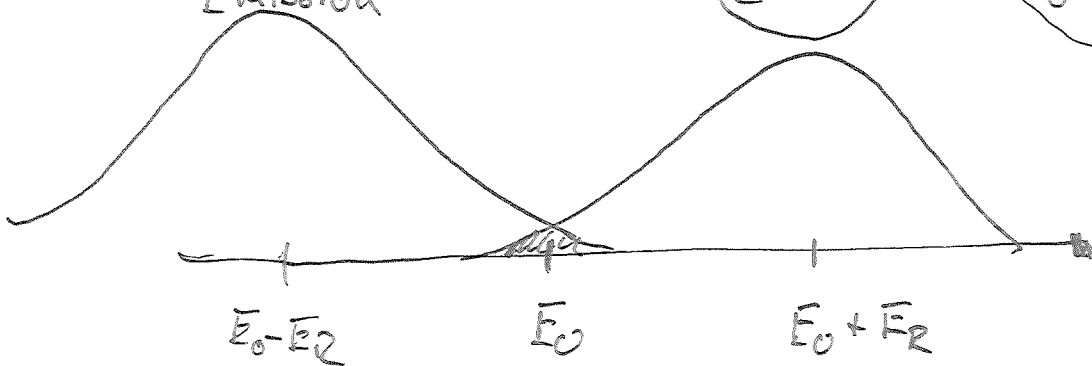


$$E_\gamma = E_0 - E_R$$

b) Doppler-Effekt: Die Linie wird infolge d. thermischen Bewegung der emittierenden Kerne verbreitert.

$$E_0 + \frac{p_e^2}{2m} = E_\gamma + \frac{(p_e - p)^2}{2m}$$

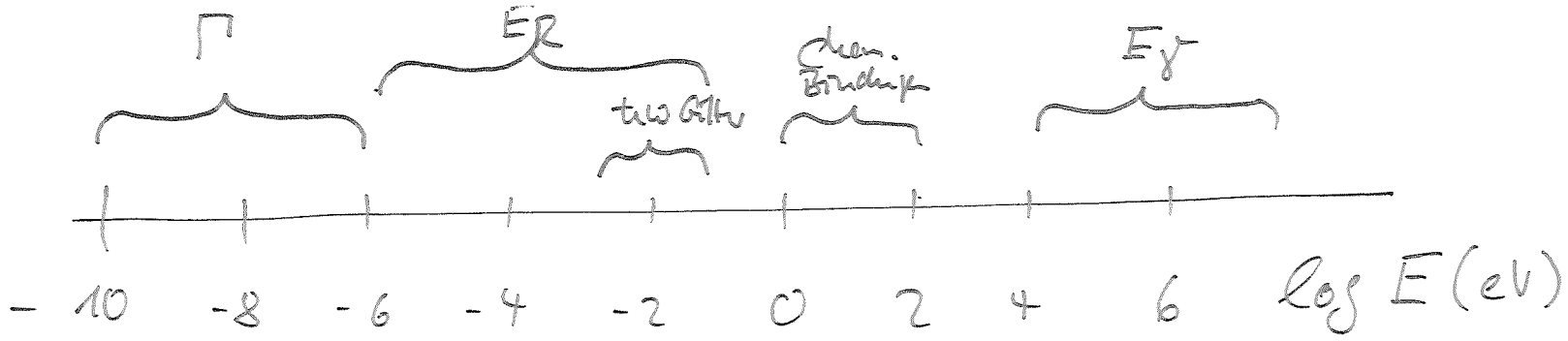
$$\Delta E = E_0 - E_\gamma = \frac{E_\gamma^2}{2mc^2} \pm E_\gamma \frac{v_b}{c}$$



$$\left(\Delta T = E_0 \sqrt{\frac{2kT}{mc^2}} \gg \Gamma \right)$$

für Maxwell'sche Verteilung

Resonanzabsorption ist auf kleiner Bereich um E_0 beschränkt.



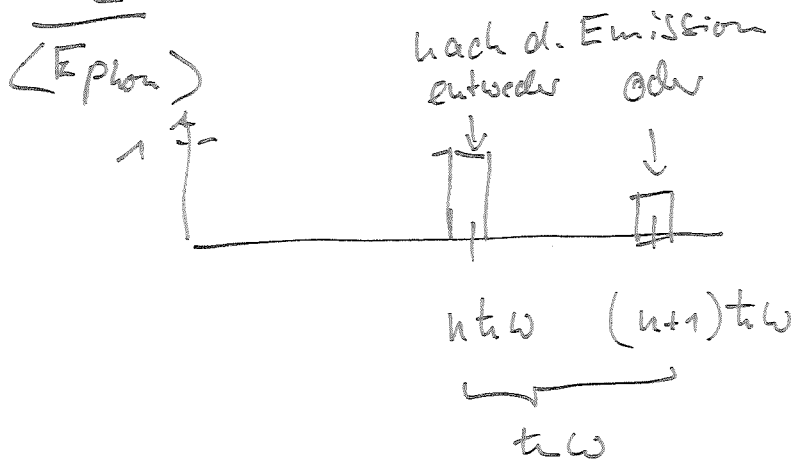
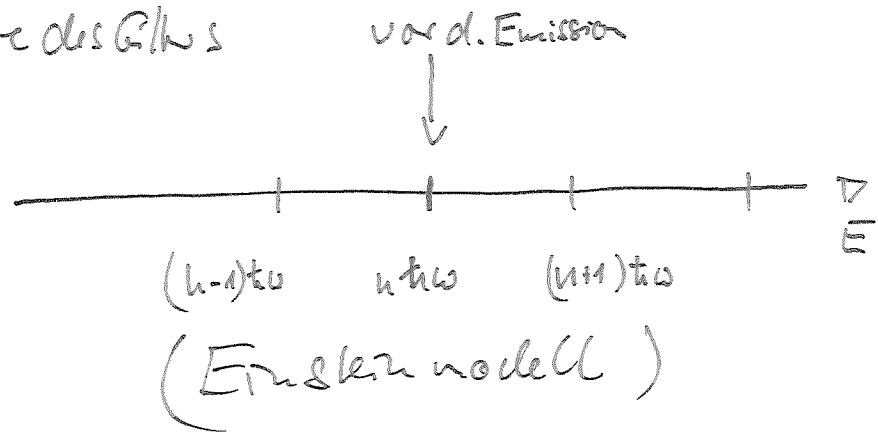
Röbshauer effekt (R. L. Röbshauer 31.1.1929, †14.9.2011)
 Nobelpreis 1961; Begründer des Physik Departments

Atome im Kristallgitter ($E_{\text{Phonon}} \approx 10^{-2} \text{ eV} > E_R$)

"Rückstoßfreie Emission", wenn kein Phonon angeregt wird

Näherungsweise gilt $f = 1 - \frac{E_R}{\langle E_{\text{Phonon}} \rangle}$

Energie des Gitters



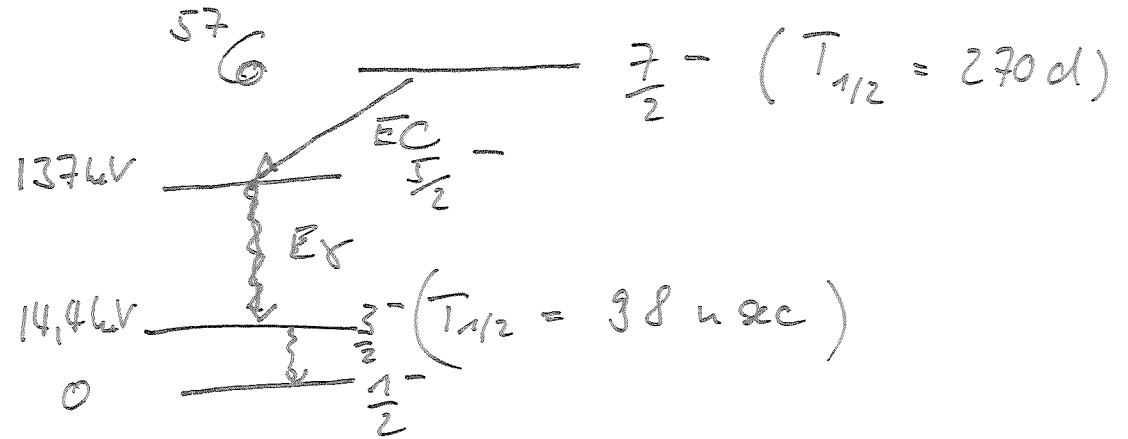
Debye'sche Theorie : ω Frequenzspektrum d. Oszillatoren
mit max. Frequenz ω_{max}

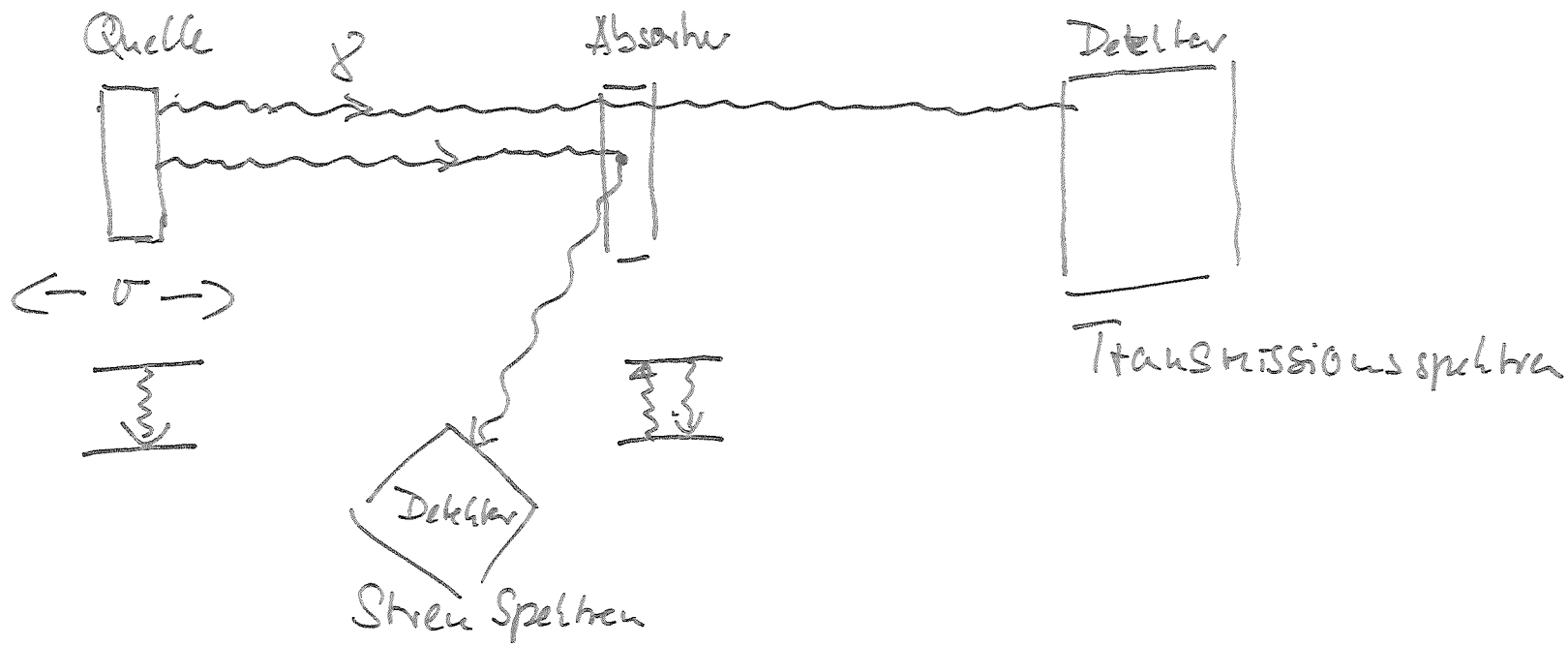
Debye Temperatur : $\Theta_D = \frac{h \omega_{max}}{k_B}$ (k_B : Boltzmannfaktor)

$$f = \exp \left\{ - \frac{E_R}{k_B \Theta} \left(\frac{3}{2} + \frac{\pi^2 T^2}{\Theta^2} \right) \right\} \quad \left(\begin{array}{l} \text{Debye-Waller-} \\ \text{Faktor} \end{array} \right)$$

Für $\frac{\sqrt{3}}{2} \Theta$ ist $f \approx 0,91$ bei Zimmertemperatur

Röbshaw - Apparat





Meßbare relative Breite d. Meßbau-Linien

^{131}I	:	$\Gamma/E_\gamma = 3 \cdot 10^{-11}$
^{57}Fe	:	$\Gamma/E_\gamma = 3 \cdot 10^{-13}$
^{67}Zn	:	$\Gamma/E_\gamma = 5 \cdot 10^{-16}$

Anwendungen:

- 1) Test der allg. Relativitätstheorie (Übungsaufgabe)

Photon der Energie $h\nu$ hat äquivalente Masse
 von $\frac{h\nu}{c^2}$. Die beim Durchqueren der Potential-
 differenz $\Delta\varphi$ aufgenommene Energie

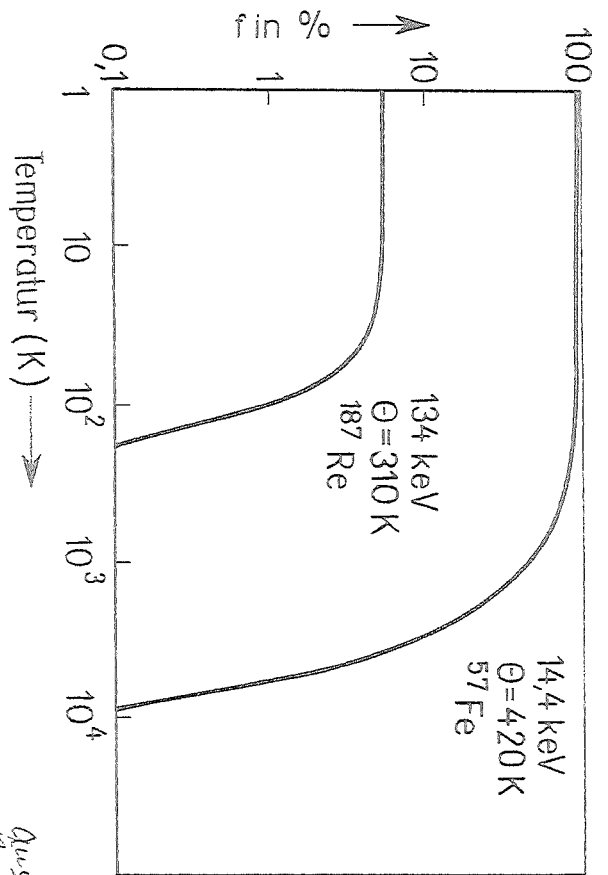
$$\delta E = \text{Masse} \cdot \Delta\varphi = \frac{h\nu}{c^2} \Delta\varphi = \frac{h\nu}{c^2} g h$$

$$\Rightarrow \frac{\delta\nu}{\nu} = 1,03 \cdot 10^{-18} \frac{d_{1/2}}{E} = \frac{\mu_0}{E}$$

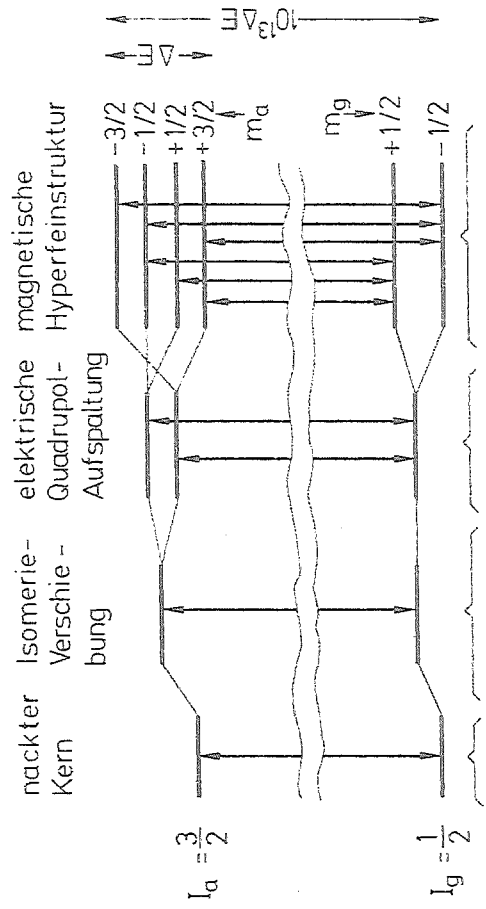
$$d_{1/2} = \begin{cases} 3 \mu\text{m} & \text{für } {}^{57}\text{Fe} \\ 4,8 \mu\text{m} & \text{für } {}^{67}\text{Zn} \end{cases}$$

- 2) Isomerieverschiebung (chemische Verschiebung)
 Unterschiedliche chemische Verbindung in Quelle
 und Absorber (\equiv unterschiedliche Elektronendichteverteilung)
- 3) Quadrupolaufspaltung: Elektronenhülle unsymmetrisch
 (\Rightarrow Feldgradienten), kein Defizit (Quadrupolmoment)
- 4) Magnetische Aufspaltung: Magnetfeld am Kernort \Rightarrow magnet. Hyperfeinstruktur.

Debye-Waller-Faktor



aus
Hoyer-Buch

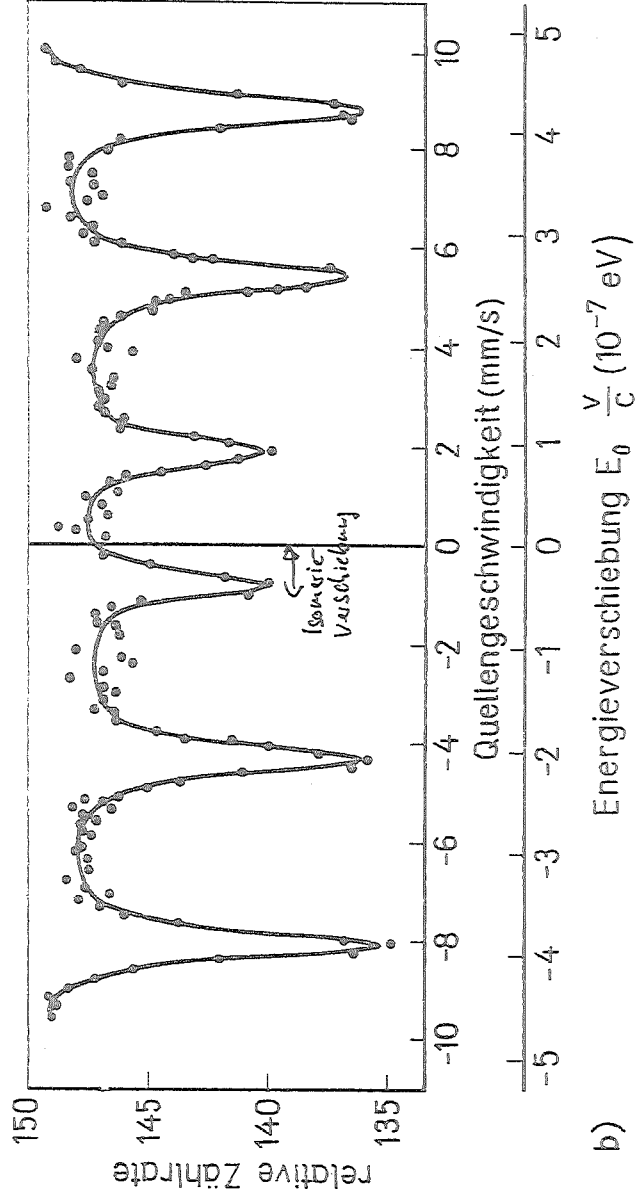


$$E_{\gamma} = E_a + \frac{2\pi}{3} L(0) [R_a^2 - R_g^2] + \frac{e}{4} \left(\frac{\partial E}{\partial z} \right) Q_z - \left[\frac{\mu_a m_a}{I_a} - \frac{\mu_g m_g}{I_g} \right] B$$

a)

Fig. 43

- a) Hyperfeinstrukturaufspaltung in ^{57}Fe (schematisch)
 b) Zu den eingezeichneten Gängen gehörendes Mößlerspektrum; nach [Kis 60]



b)

Aus Rapp