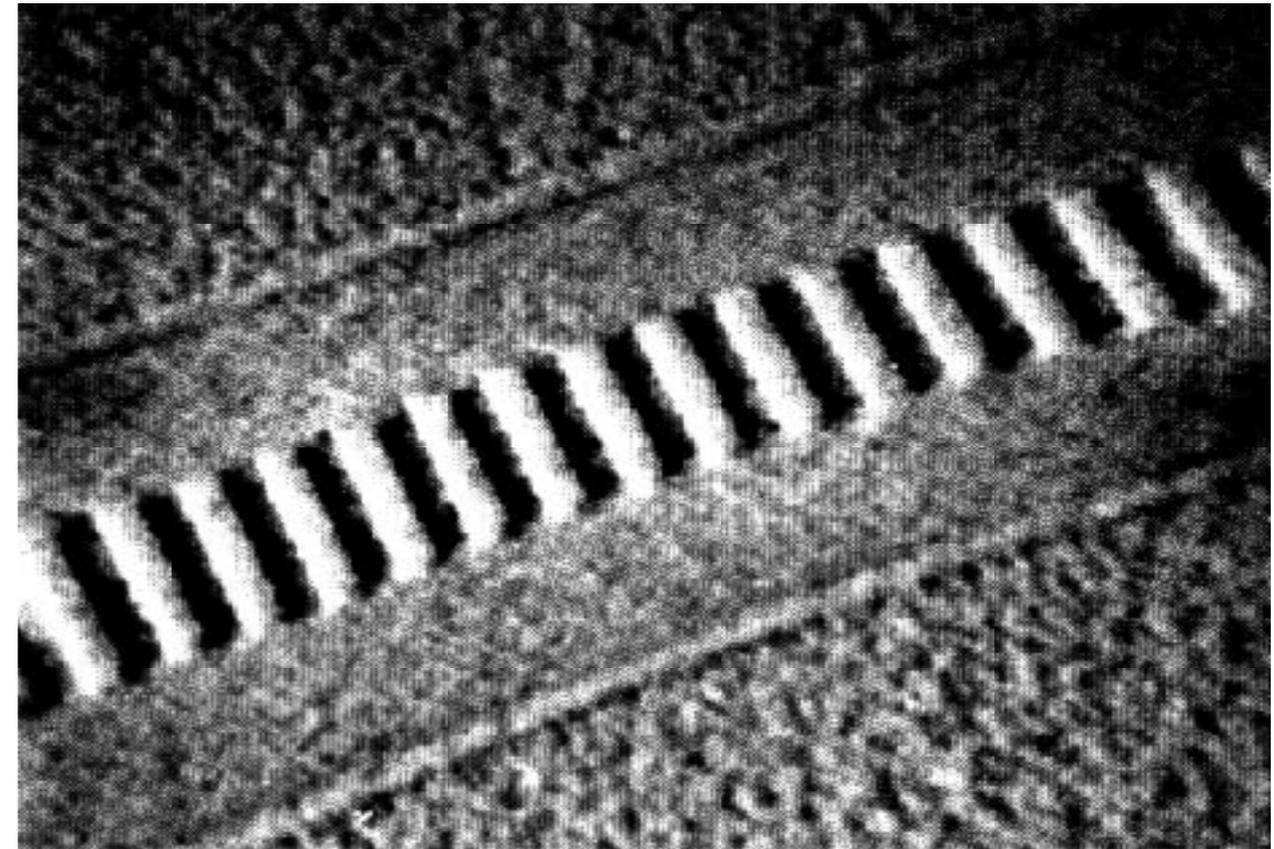
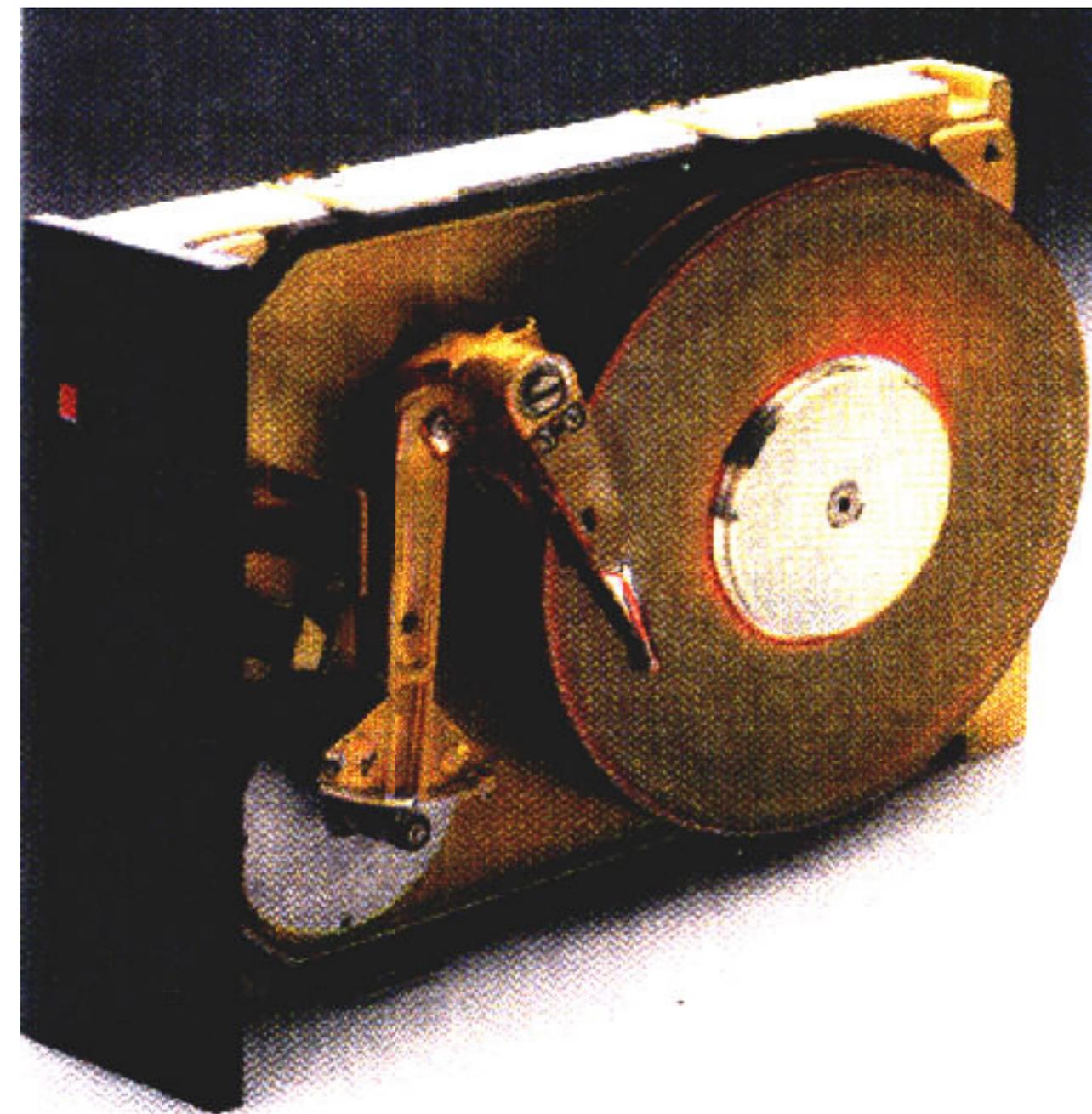


Magnetische Datenspeicher



Magnetische Ordnung



Einfacher Ferromagnet



Einfacher Antiferromagnet



Ferrimagnet



Verkippter Antiferromagnet

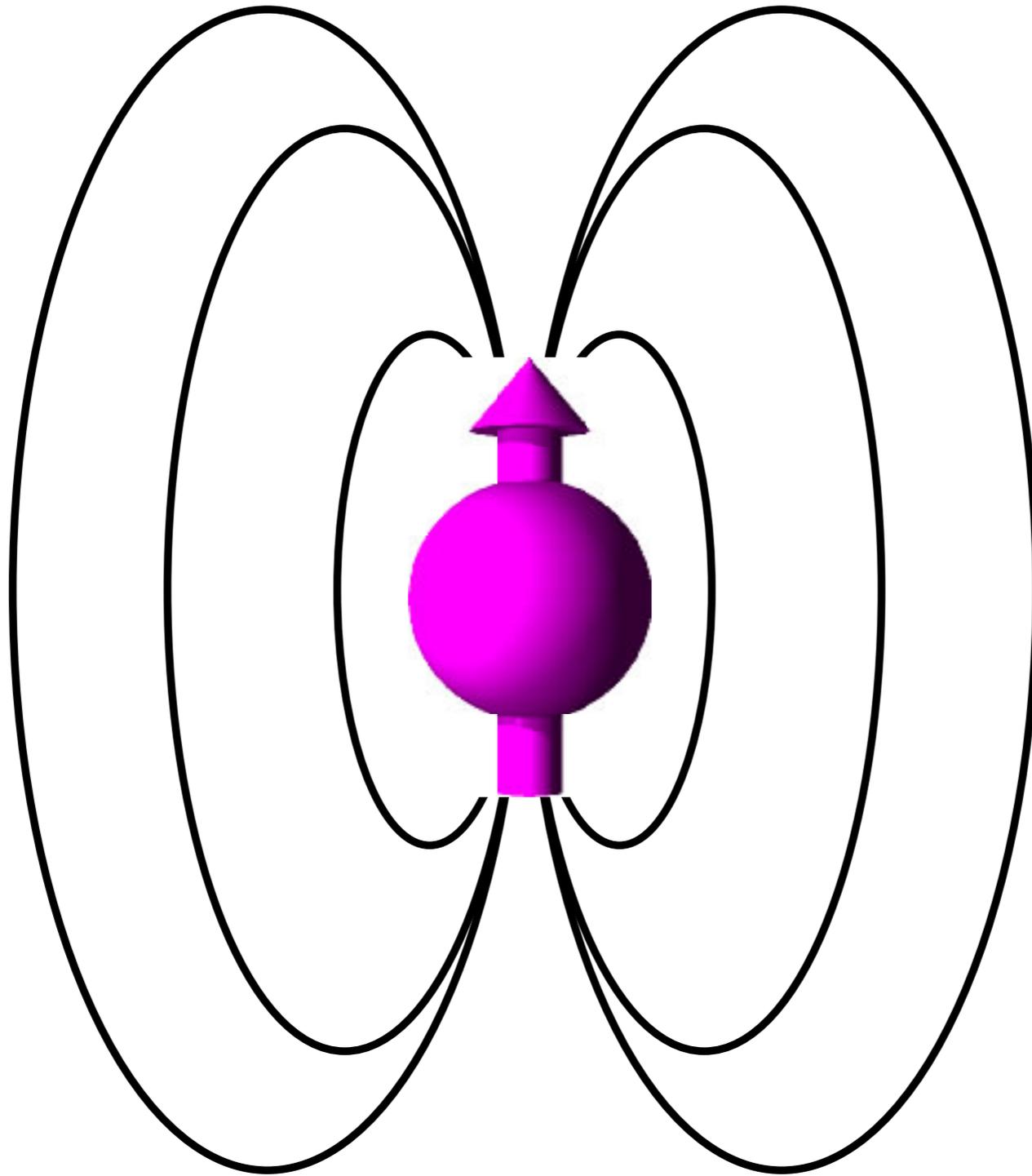


Spiralförmige Spinanordnung



Ferromagnetisches Energieband

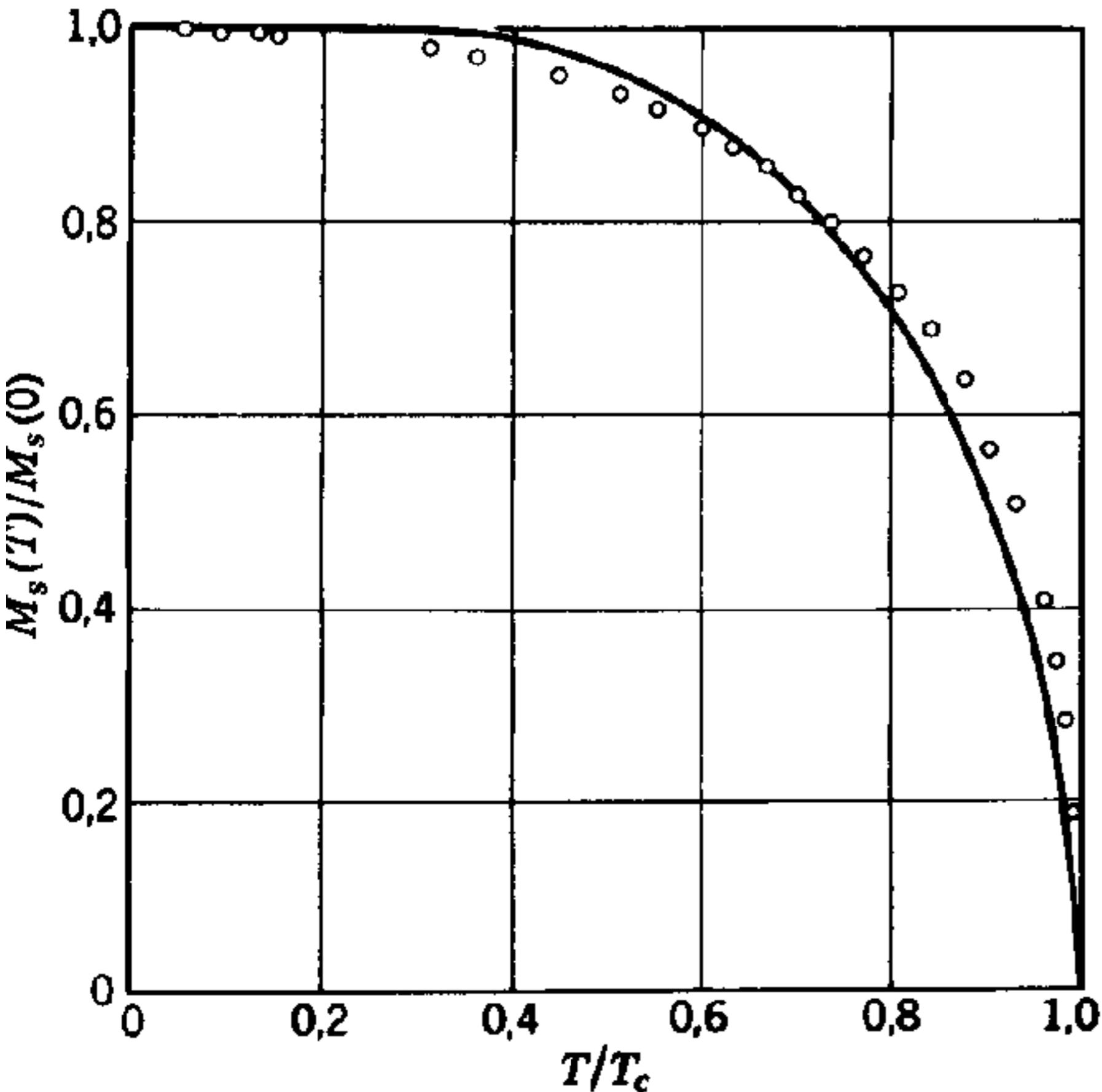
Spin



Kritische Exponenten

	γ	T_c in K
Fe	1,33 ± 0,015	1043
Co	1,21 ± 0,04	1388
Ni	1,35 ± 0,02	627,2
Gd	1,3 ± 0,1	292,5
CrO₂	1,63 ± 0,02	386,5
CrBr₃	1,215 ± 0,02	32,56
EuS	-	16,50

Sättigungsmagnetisierung von Ni



Sättigungsmagnetisierung von Nickel als Funktion der Temperatur; die theoretische Kurve ergibt sich für $S = 1/2$ aus der Molekularfeldnäherung. Die experimentellen Daten stammen von P. Weiss und K. Forster.

C. Kittel, 'Einführung in die Festkörperphysik', R. Oldenbourg, München

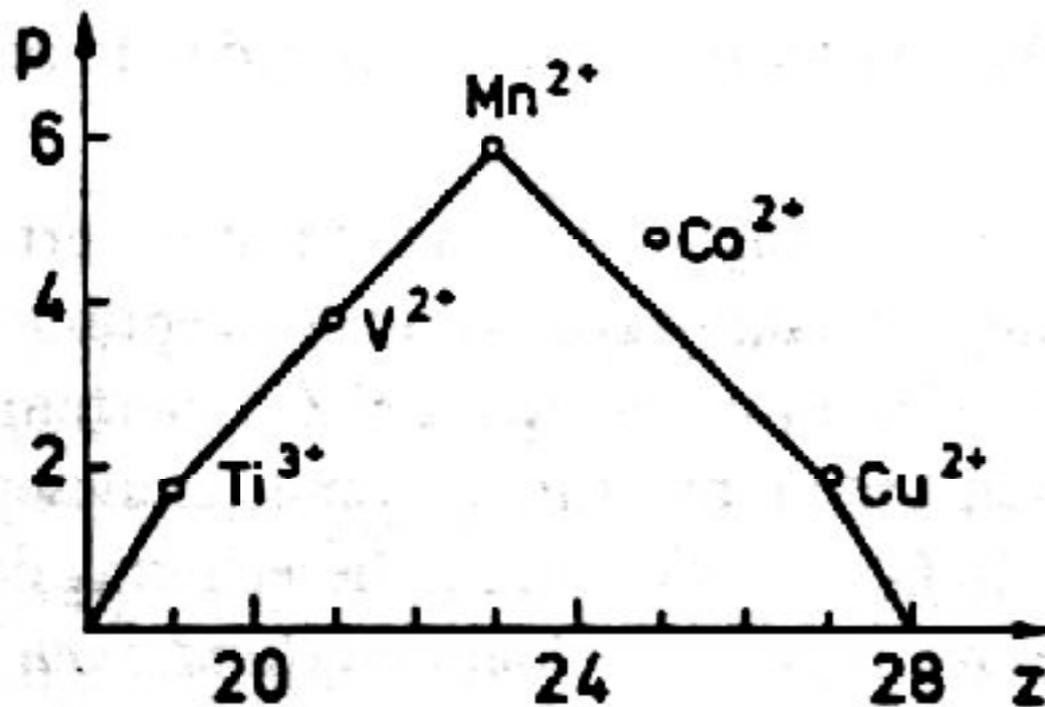
Sättigungsmagnetisierungen

in Gauß

Stoff	Zimmertemperatur	0 K	n_B (0 K) pro Molekül	Curie-Temperatur in K
Fe	1707	1740	2,22	1043
Co	1400	1446	1,72	1388
Ni	485	510	0,606	627
Gd	—	2060	7,63	292
Dy	—	2920	10,2	88
MnAs	670	870	3,4	318
MnBi	620	680	3,52	630
MnSb	710	—	3,5	587
CrO ₂	515	—	2,03	386
MnOFe ₂ O ₃	410	—	5,0	573
FeOFe ₂ O ₃	480	—	4,1	858
NiOFe ₂ O ₃	270	—	2,4	858
CuOFe ₂ O ₃	135	—	1,3	728
MgOFe ₂ O ₃	110	—	1,1	713
EuO	—	1920	6,8	69
Y ₃ Fe ₅ O ₁₂	130	200	5,0	560

Effektive Magnetonezahl

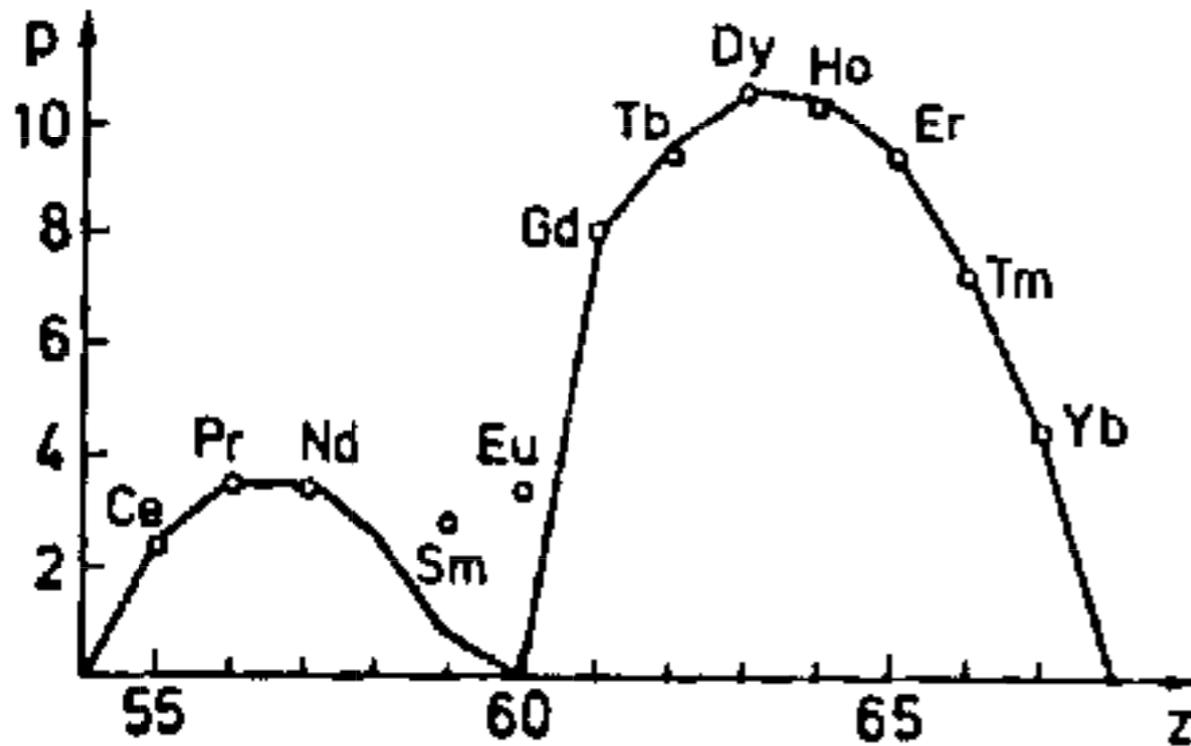
Fe-Gruppe



Ion	Konfiguration	Grundterm	p (berechnet) = $g[J(J+1)]^{1/2}$	p (berechnet) = $2[S(S+1)]^{1/2}$	p (exp)
Ti^{3+}, V^{4+}	$3d^1$	$^2D_{3/2}$	1,55	1,73	1,8
V^{3+}	$3d^2$	3F_2	1,63	2,83	2,8
Cr^{3+}, V^{2+}	$3d^3$	$^4F_{3/2}$	0,77	3,87	3,8
Mn^{3+}, Cr^{2+}	$3d^4$	5D_0	0	4,90	4,9
Fe^{3+}, Mn^{2+}	$3d^5$	$^6S_{5/2}$	5,92	5,92	5,9
Fe^{2+}	$3d^6$	5D_4	6,70	4,90	5,4
Co^{2+}	$3d^7$	$^4F_{9/2}$	6,63	3,87	4,8
Ni^{2+}	$3d^8$	3F_4	5,58	2,83	3,2
Cu^{2+}	$3d^9$	$^2D_{5/2}$	3,55	1,73	1,9

Effektive Magnetoneinheit

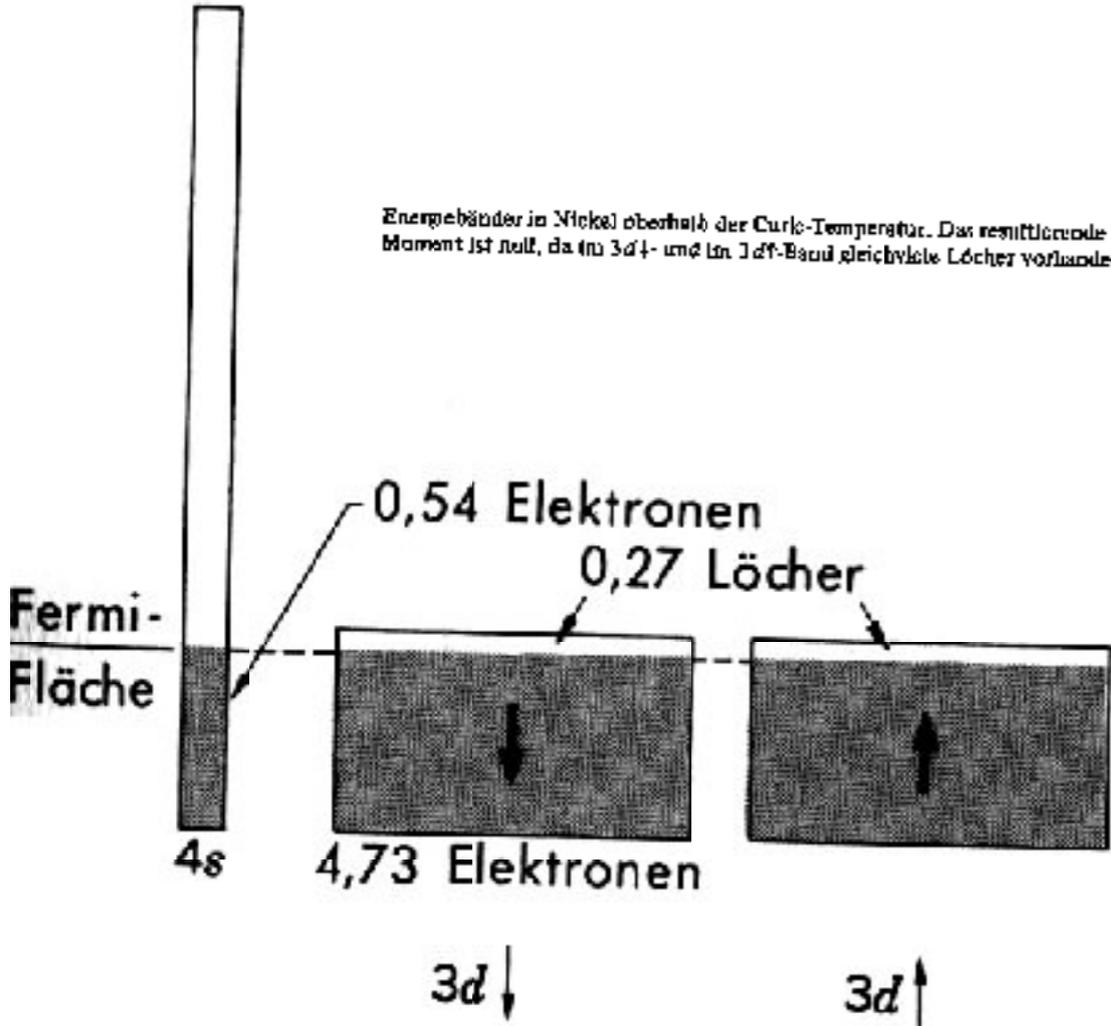
Lanthanide



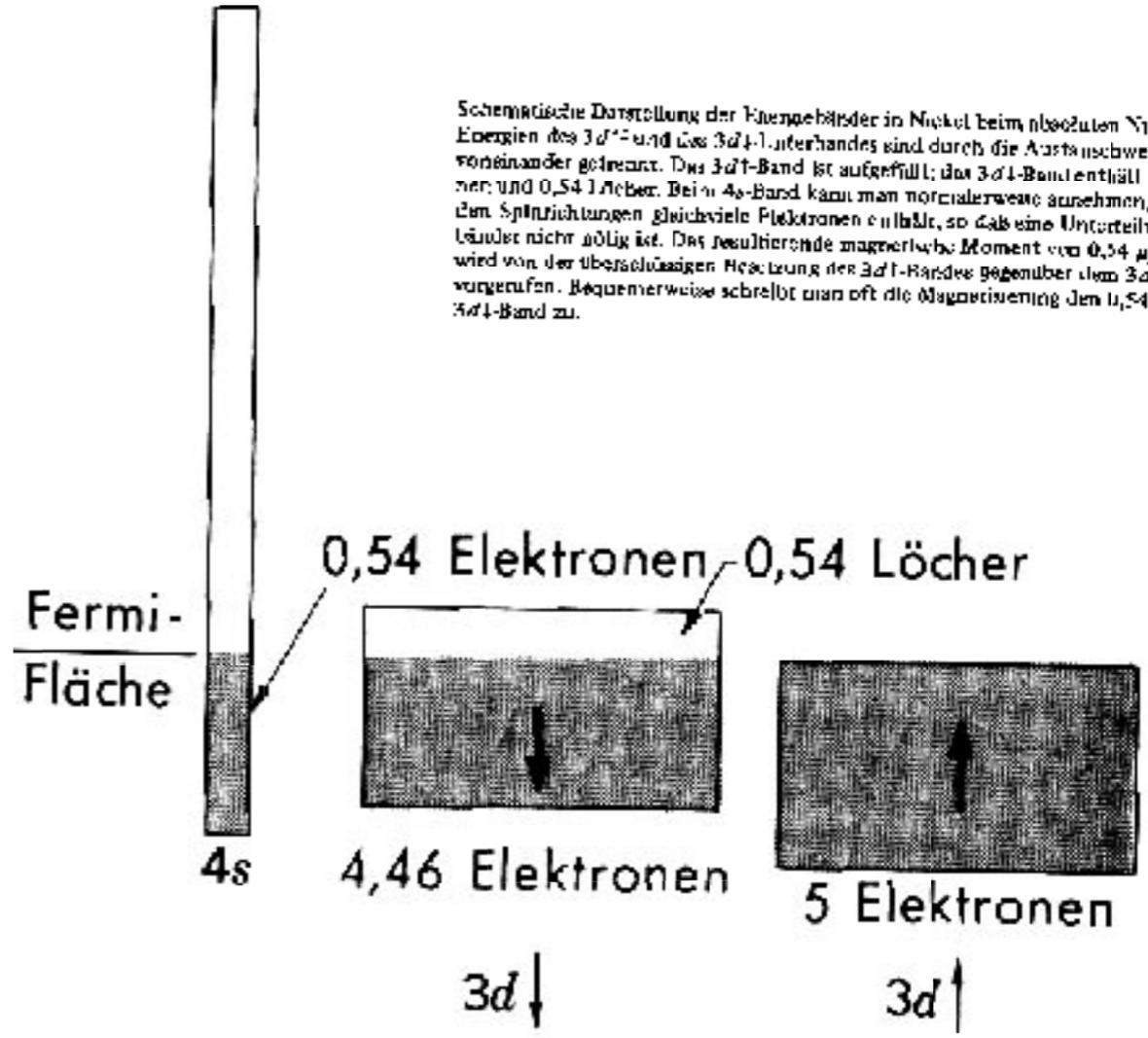
Ion	Konfiguration	Grundterm	p (berechnet) = $= g[J(J + 1)]^{1/2}$	p (exp) (Näherung)
Ce ³⁺	4f ¹ 5s ² p ⁶	² F _{5/2}	2,54	2,4
Pr ³⁺	4f ² 5s ² p ⁶	³ H ₄	3,58	3,5
Nd ³⁺	4f ³ 5s ² p ⁶	⁴ I _{9/2}	3,62	3,5
Pm ³⁺	4f ⁴ 5s ² p ⁶	⁵ I ₄	2,68	-
Sm ³⁺	4f ⁵ 5s ² p ⁶	⁶ H _{5/2}	0,84	1,5
Eu ³⁺	4f ⁶ 5s ² p ⁶	⁷ F ₀	0	3,4
Gd ³⁺	4f ⁷ 5s ² p ⁶	⁸ S _{7/2}	7,94	8,0
Tb ³⁺	4f ⁸ 5s ² p ⁶	⁷ F ₆	9,72	9,5
Dy ³⁺	4f ⁹ 5s ² p ⁶	⁶ H _{15/2}	10,63	10,6
Ho ³⁺	4f ¹⁰ 5s ² p ⁶	⁵ I ₈	10,60	10,4
Er ³⁺	4f ¹¹ 5s ² p ⁶	⁴ I _{15/2}	9,59	9,5
Tm ³⁺	4f ¹² 5s ² p ⁶	³ H ₆	7,57	7,3
Yb ³⁺	4f ¹³ 5s ² p ⁶	² F _{7/2}	4,54	4,5

Gebrochene Magnetonezzahlen

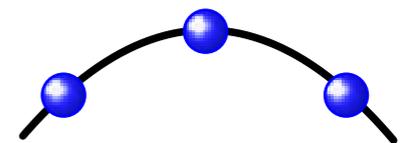
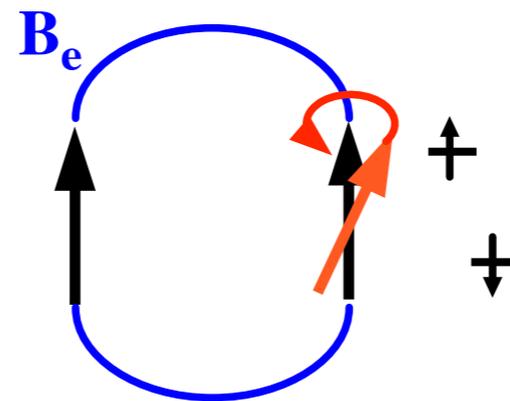
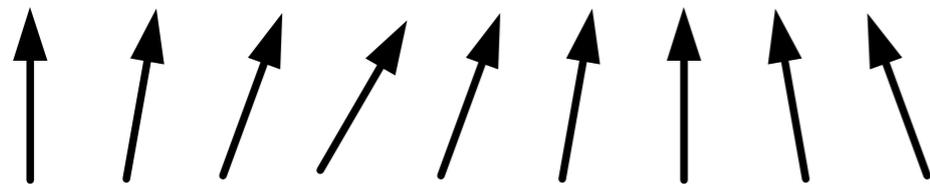
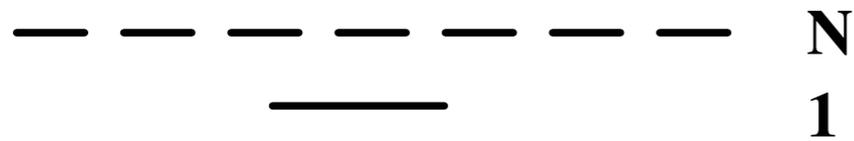
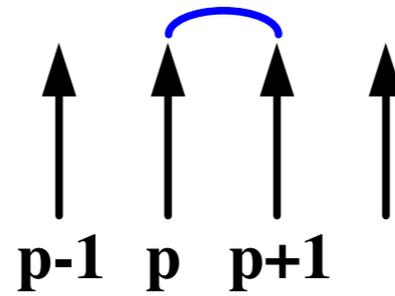
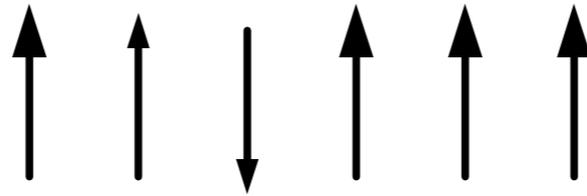
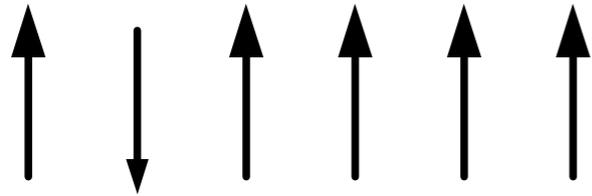
Energiebänder in Nickel oberhalb der Curie-Temperatur. Das resultierende magnetische Moment ist null, da im $3d\downarrow$ - und im $3d\uparrow$ -Band gleichviele Löcher vorhanden sind.



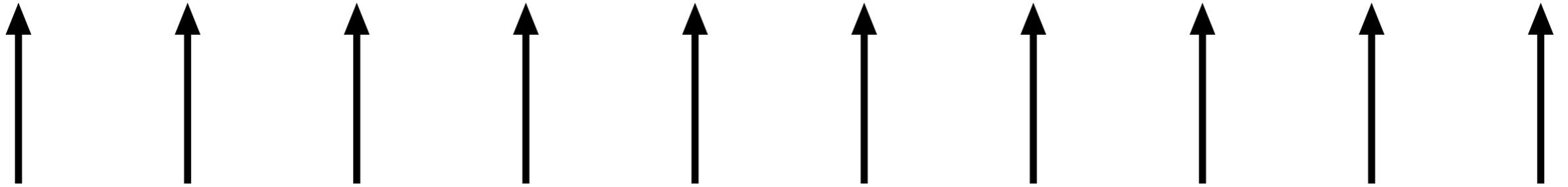
Schematische Darstellung der Energiebänder in Nickel beim absoluten Nullpunkt. Die Energien des $3d\downarrow$ - und des $3d\uparrow$ -Unterbandes sind durch die Austauschwechselwirkung voneinander getrennt. Das $3d\downarrow$ -Band ist aufgefüllt; das $3d\uparrow$ -Band enthält 1,46 Elektronen und 0,54 Löcher. Beim $4s$ -Band kann man normalerweise annehmen, daß es in beiden Spinrichtungen gleichviele Elektronen enthält, so daß eine Unterteilung in Unterbänder nicht nötig ist. Das resultierende magnetische Moment von $0,54 \mu_B$ pro Atom wird von der überschießigen Besetzung der $3d\downarrow$ -Bänder gegenüber dem $3d\uparrow$ -Band her hervorgerufen. Bequemerweise schreibt man oft die Magnetisierung dem 0,54 Löchern im $3d\uparrow$ -Band zu.



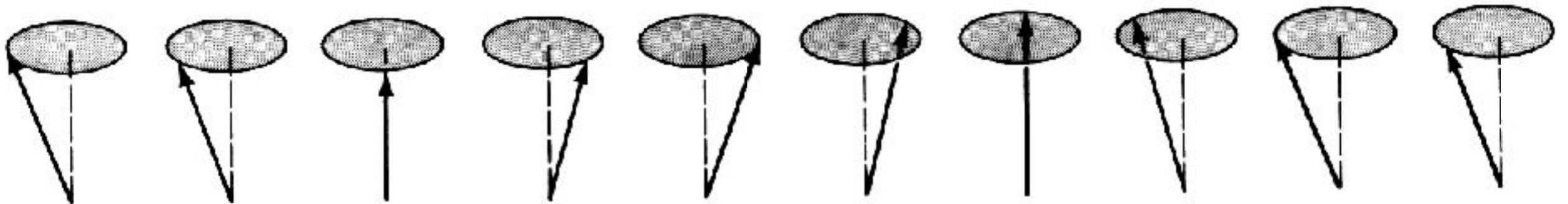
Magnonen



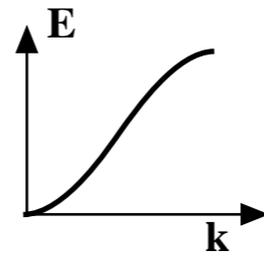
Grundzustand



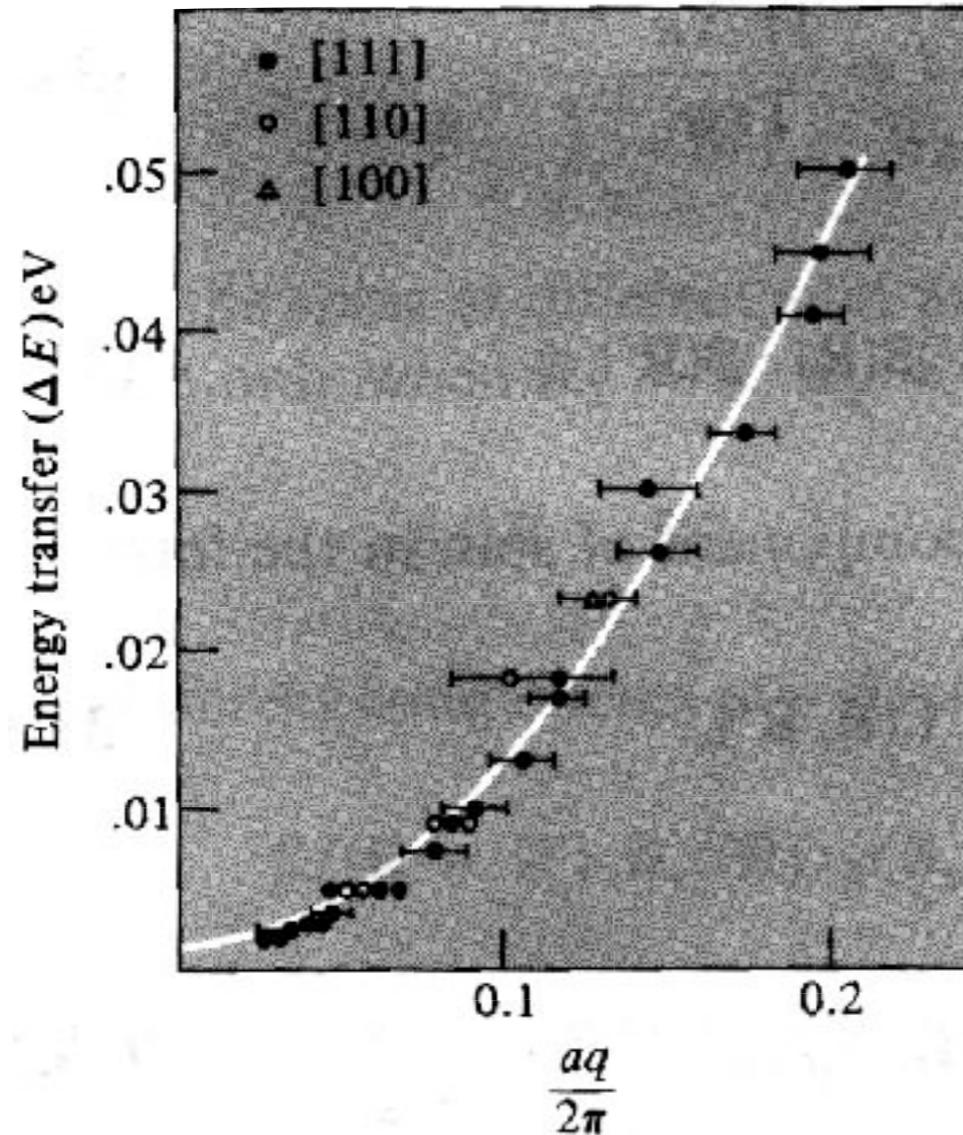
Spinwelle



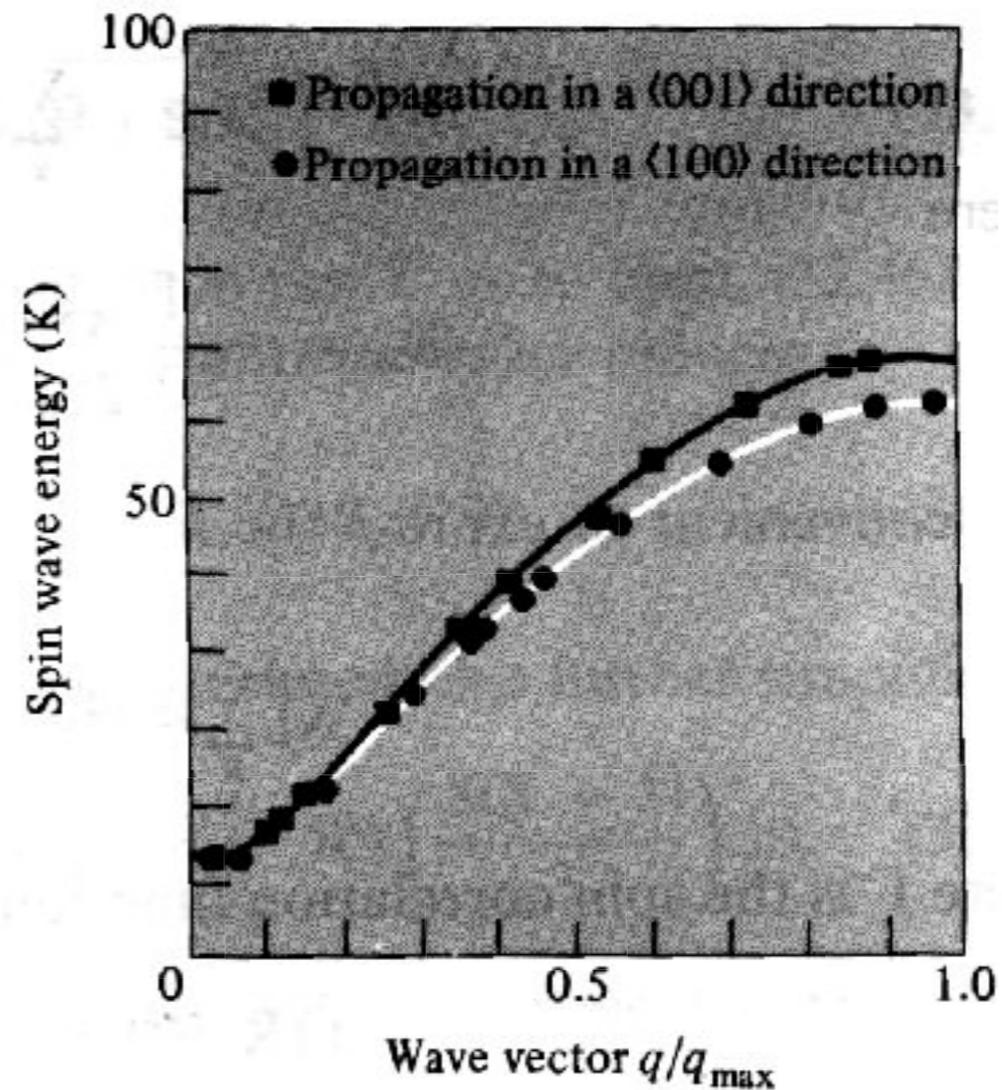
Dispersion von Spinwellen



Co₉₂Fe₈ (Ferromagnet)



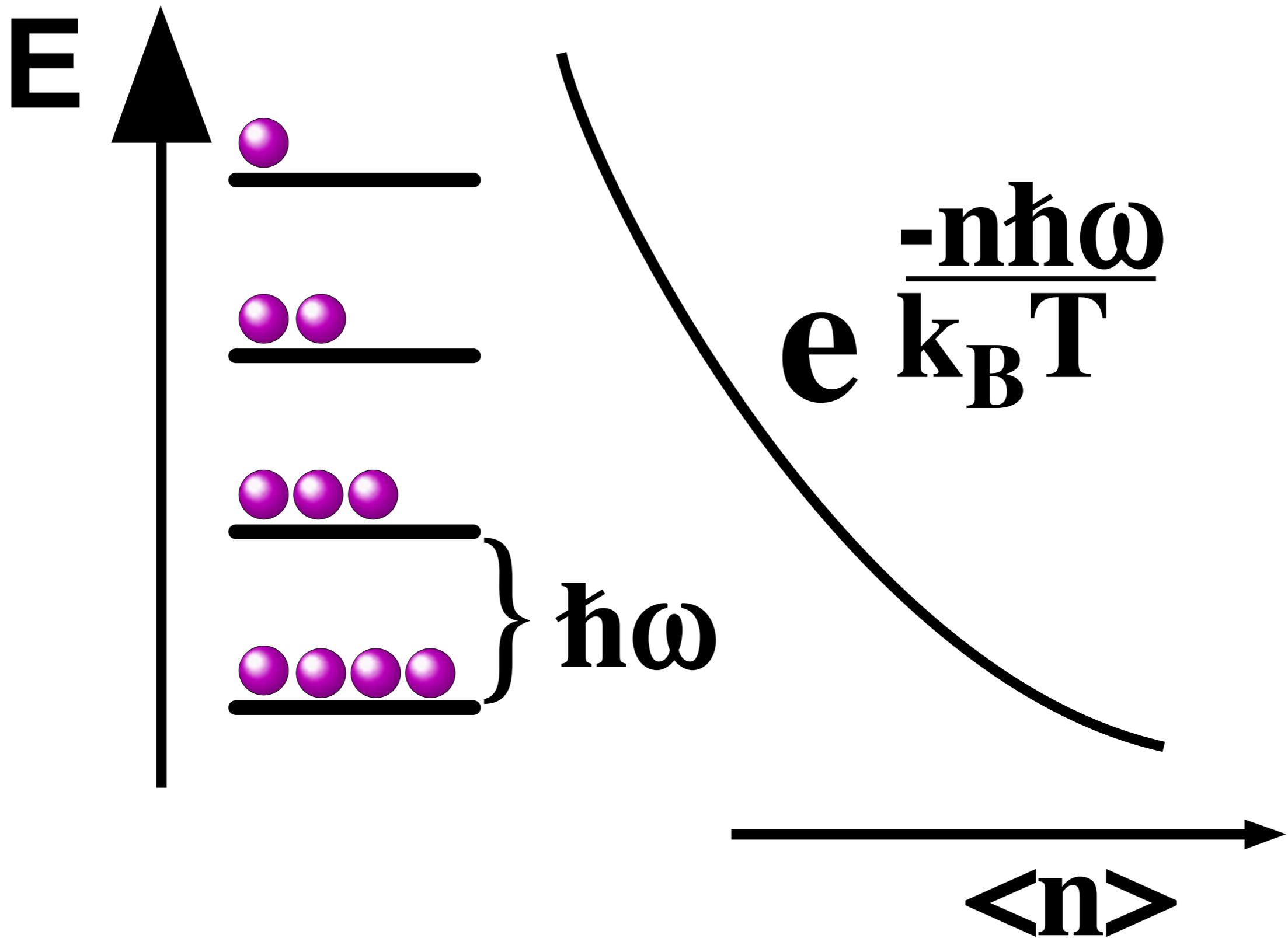
MnF₂ (Antiferromagnet)



Characteristic spin wave spectra as measured by inelastic neutron scattering in (a) a ferromagnet and (b) an antiferromagnet. (a) Spin wave spectrum for three crystallographic directions in an alloy of cobalt with 8 percent iron, (R. N. Sinclair and B. N. Brockhouse, *Phys. Rev.* **120**, 1638 (1960)) The curve is parabolic, as expected for a ferromagnet, with a gap at $q = 0$ due to anisotropy (see Problem 5). (b) Spin wave spectrum for two crystallographic directions in MnF₂. (G. G. Low et al., *J. Appl. Phys.* **35**, 998 (1964).) The curve exhibits the linear small- q behavior characteristic of an antiferromagnet. The gap at $q = 0$ is again due to anisotropy.

N.W. Ashcroft and N.D. Mermin, 'Solid state physics', Holt, Rinehart and Winston, New York (1976).

Thermische Besetzung



Bloch'sches T³ Gesetz

in Gd

