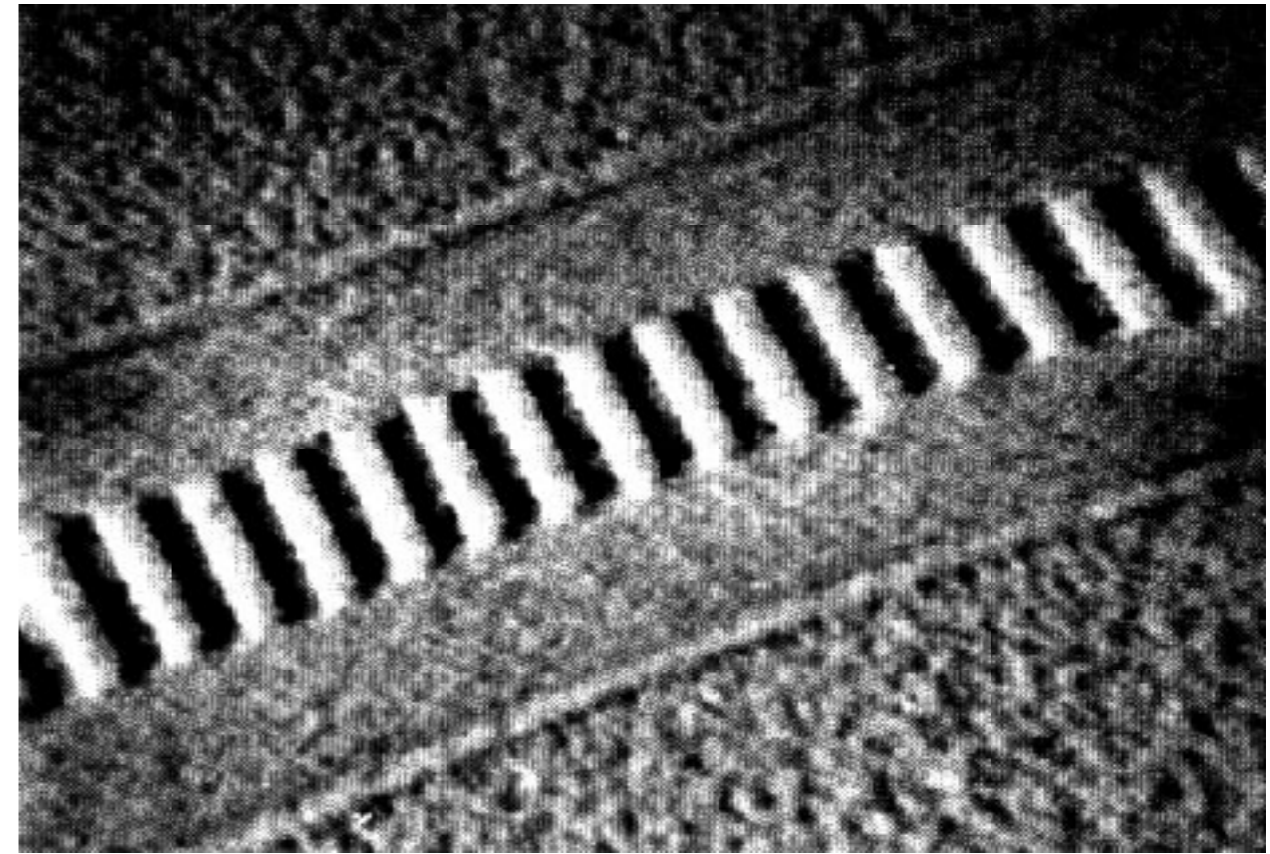
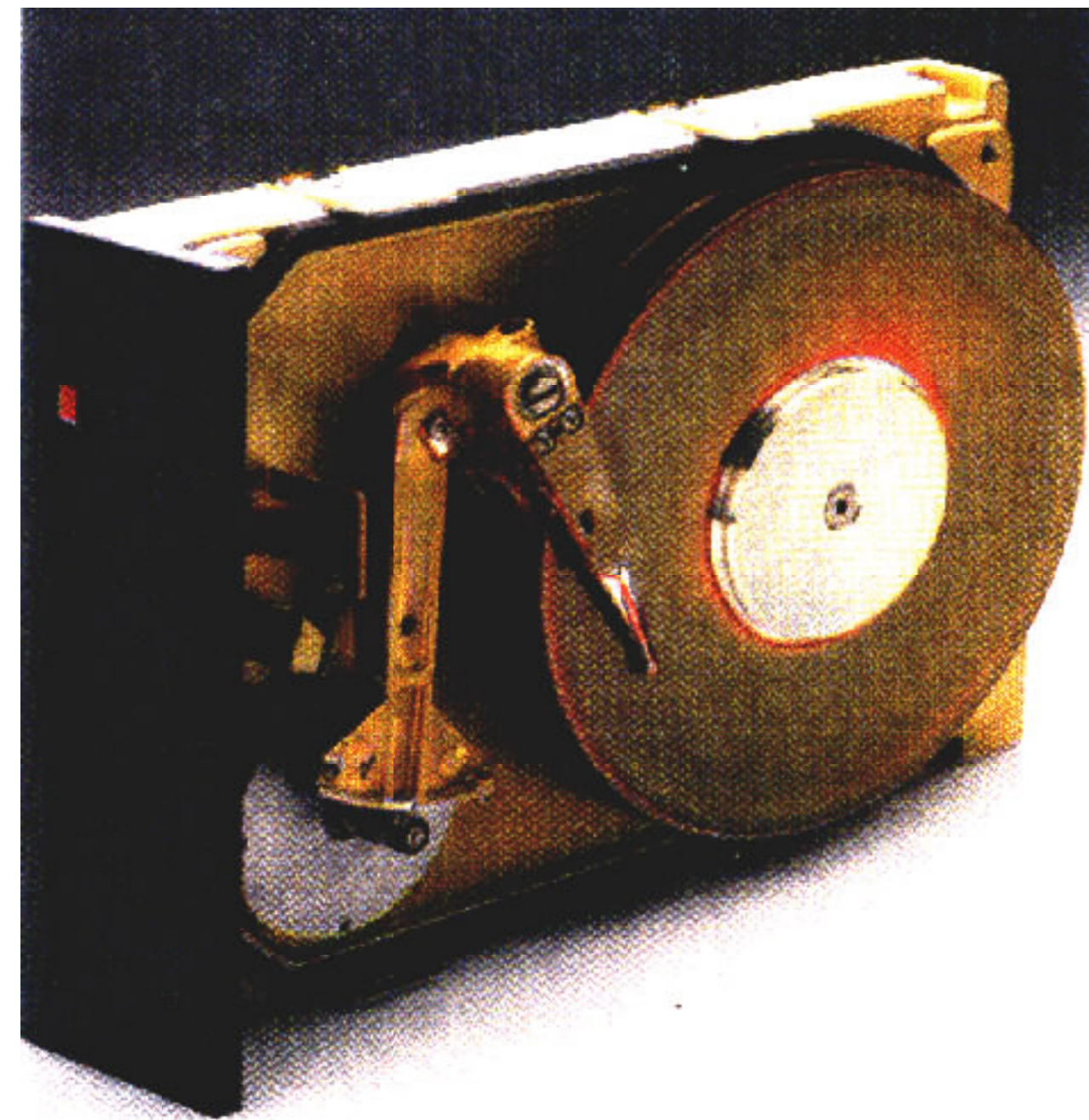


# Magnetische Datenspeicher



# Magnetische Ordnung



Einfacher Ferromagnet



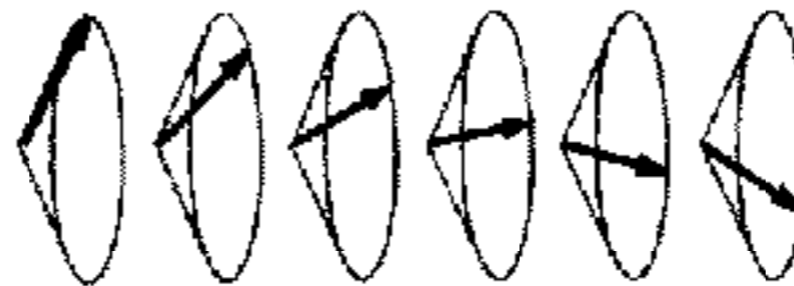
Einfacher Antiferromagnet



Ferrimagnet



Verkippter Antiferromagnet

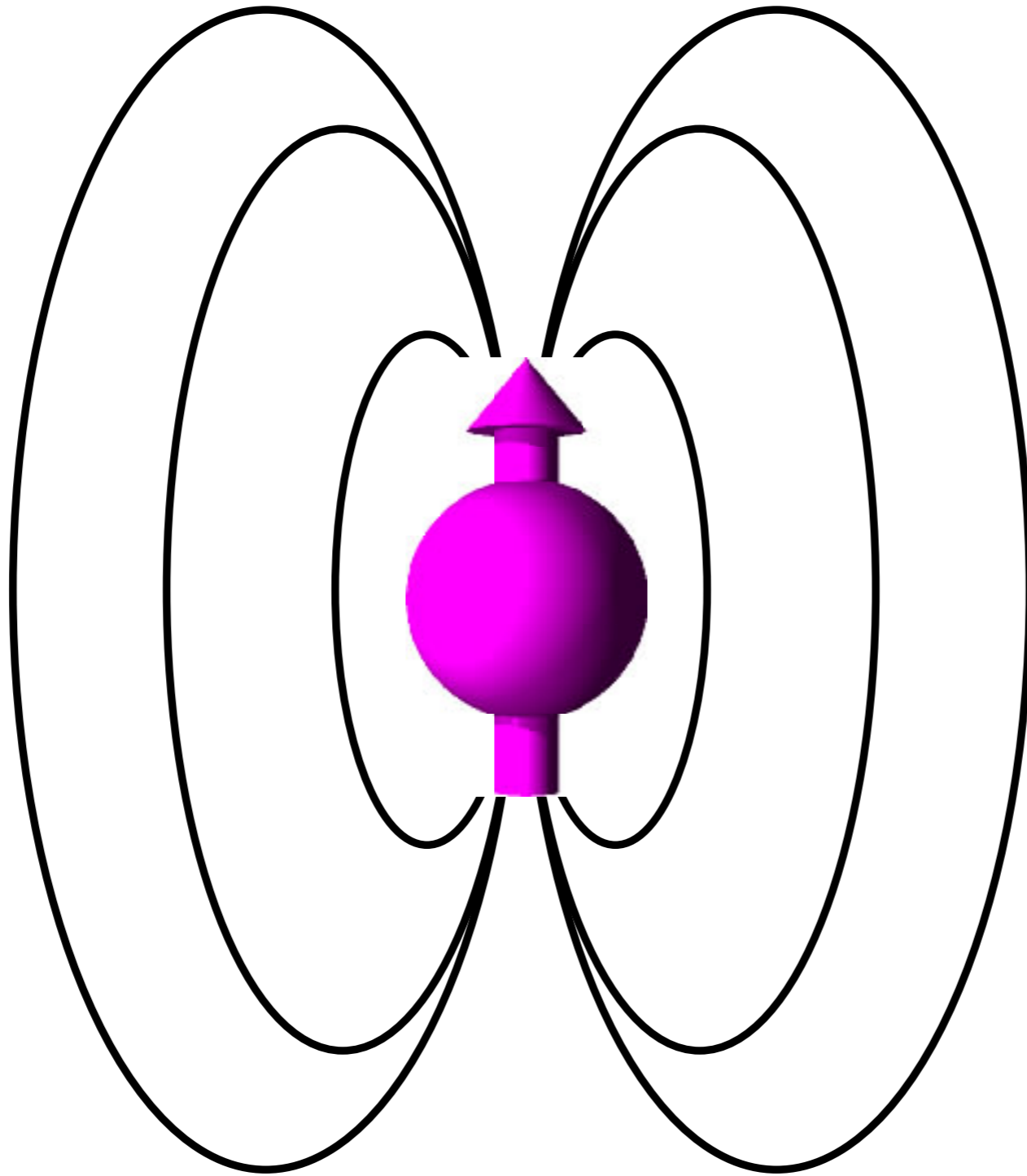


Spiralförmige Spinanordnung



Ferromagnetisches Energieband

# Spin

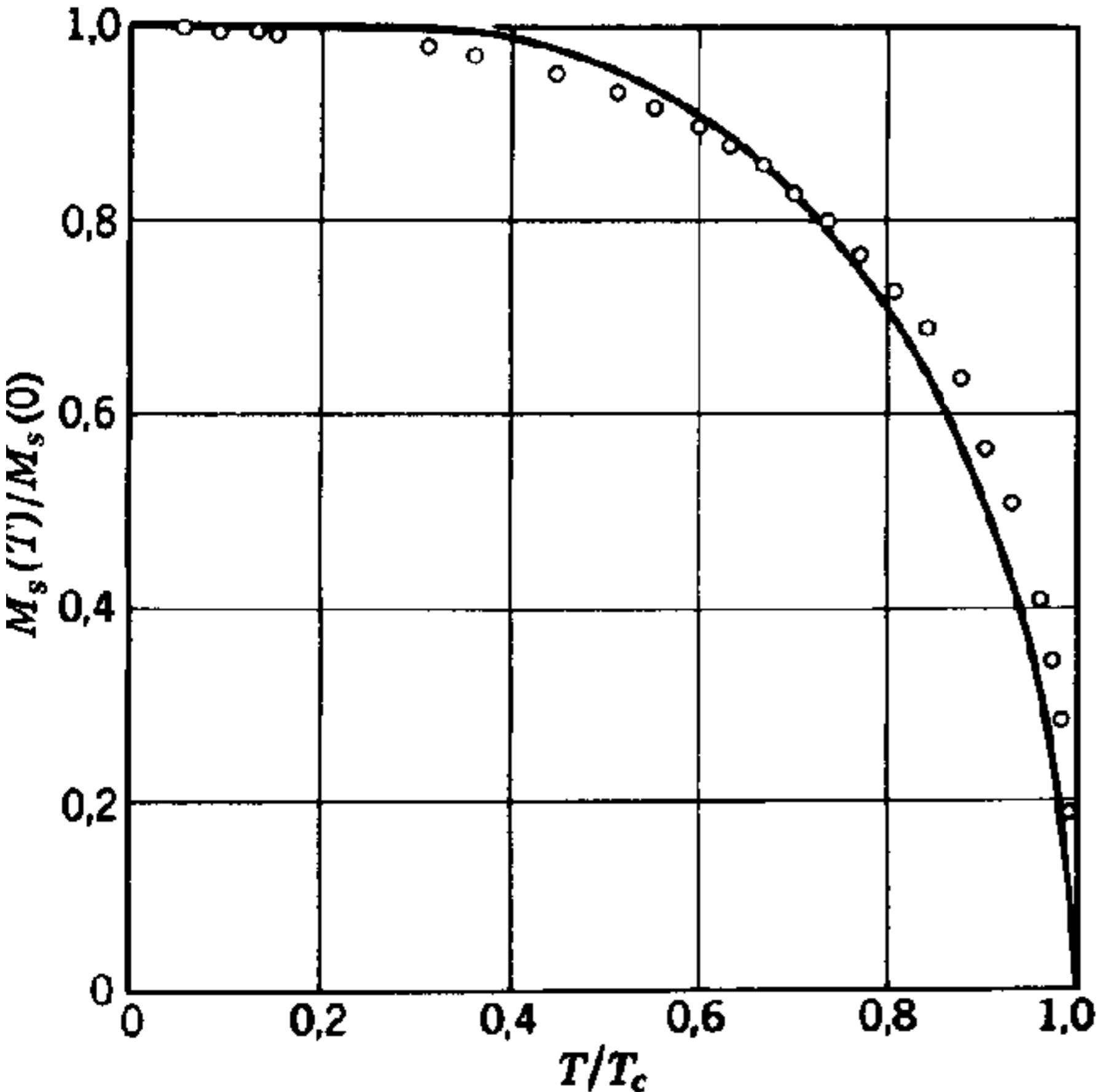


# Kritische Exponenten

	$\gamma$	$T_c$ in K
<b>Fe</b>	<b>1,33 ± 0,015</b>	<b>1043</b>
<b>Co</b>	<b>1,21 ± 0,04</b>	<b>1388</b>
<b>Ni</b>	<b>1,35 ± 0,02</b>	<b>627,2</b>
<b>Gd</b>	<b>1,3 ± 0,1</b>	<b>292,5</b>
<b>CrO<sub>2</sub></b>	<b>1,63 ± 0,02</b>	<b>386,5</b>
<b>CrBr<sub>3</sub></b>	<b>1,215 ± 0,02</b>	<b>32,56</b>
<b>EuS</b>	<b>-</b>	<b>16,50</b>



# 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

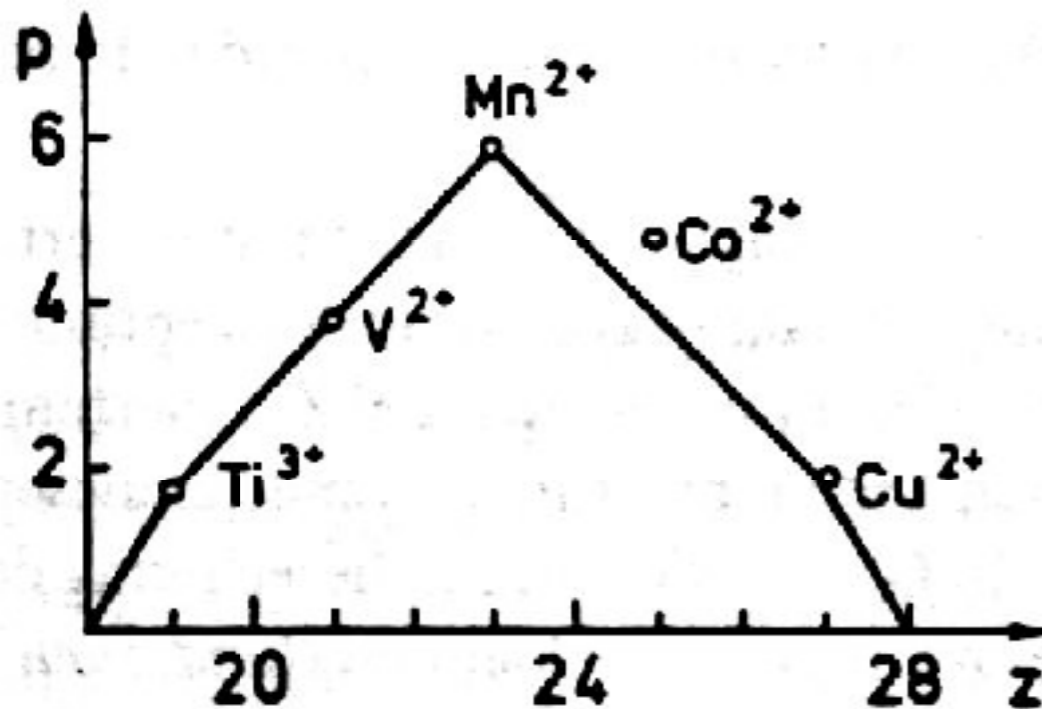
# Sättigungsmagnetisierungen

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 <sub>2</sub>	515	—	2,03	386
MnOFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	410	—	5,0	573
FeOFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	480	—	4,1	858
NiOFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	270	—	2,4	858
CuOFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	135	—	1,3	728
MgOFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	110	—	1,1	713
EuO	—	1920	6,8	69
Y <sub>3</sub> Fe <sub>5</sub> O <sub>12</sub>	130	200	5,0	560

# Effektive Magnetonezahl

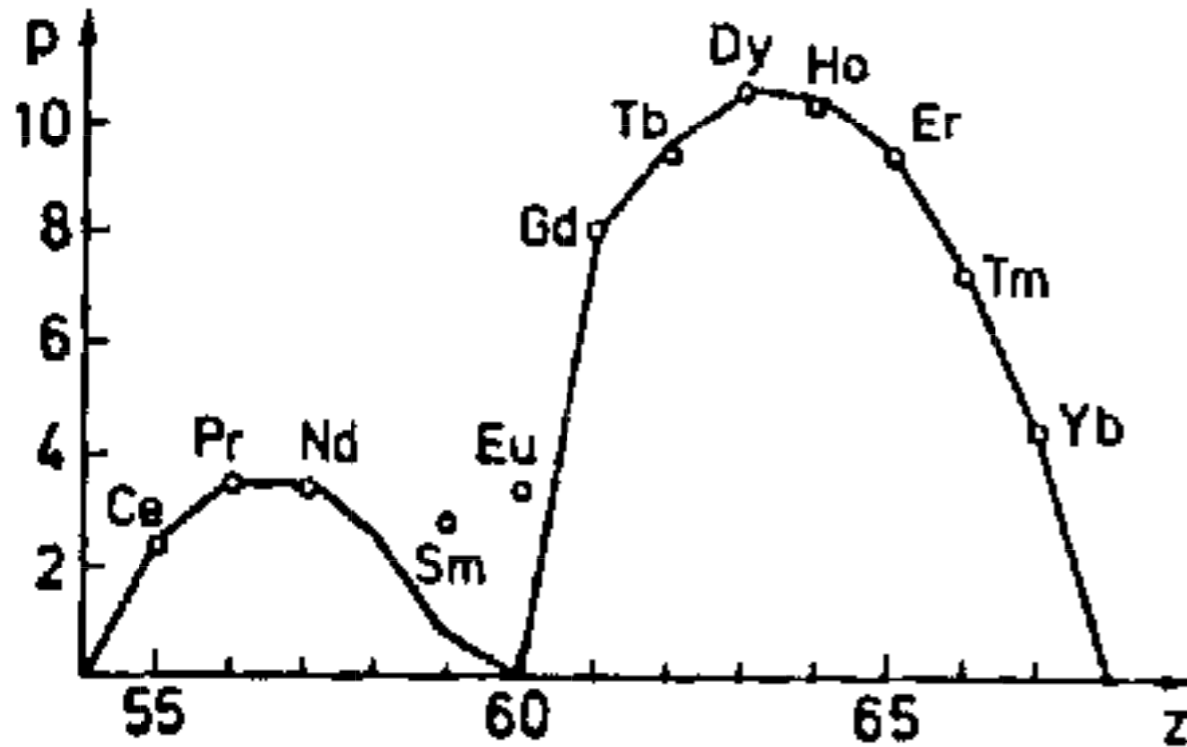
## Fe-Gruppe



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

# Effektive Magnetoneinheit

## Lanthanide

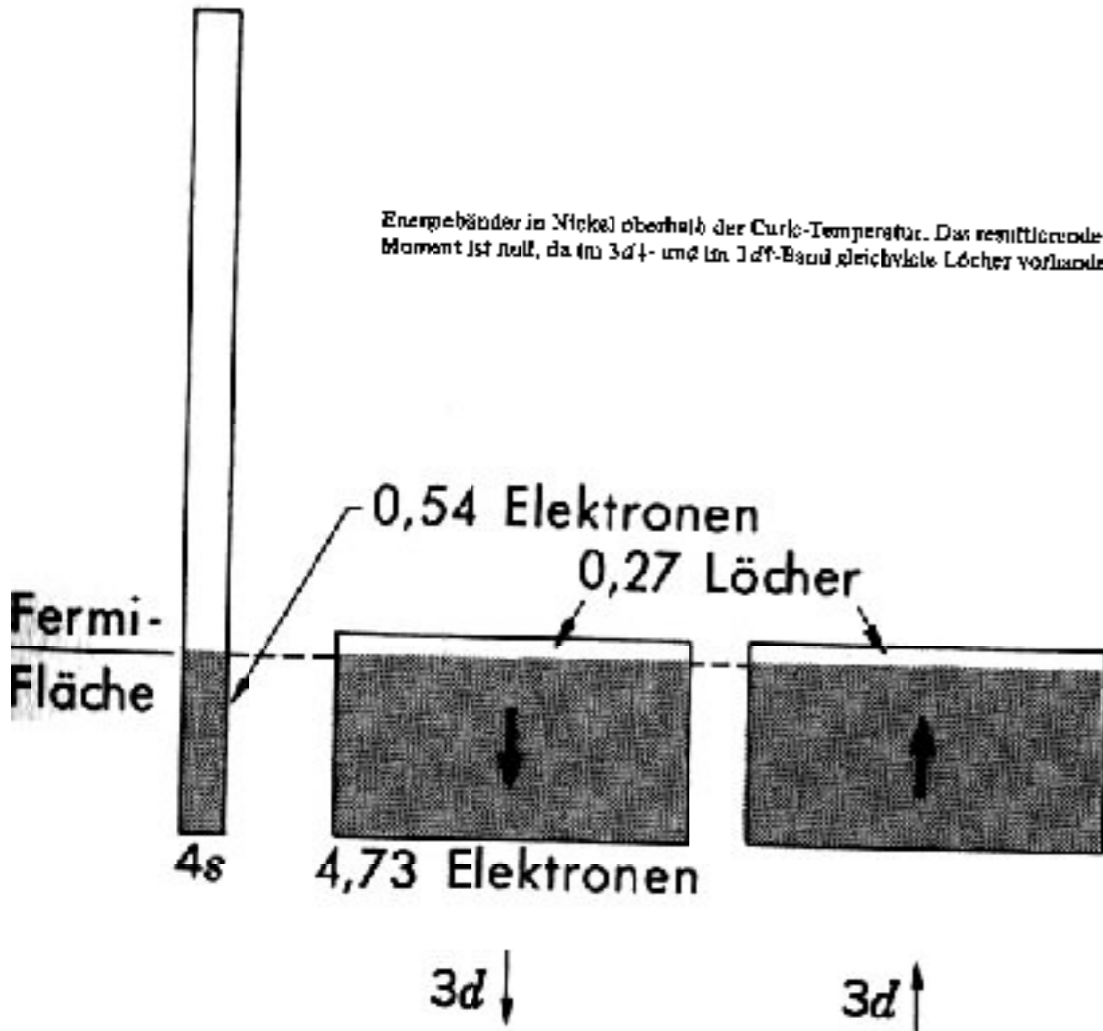


Ion	Konfiguration	Grundterm	$p$ (berechnet) = $= g[J(J+1)]^{1/2}$	$p$ (exp) (Näherung)
Ce <sup>3+</sup>	4f <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup> p <sup>6</sup>	<sup>2</sup> F <sub>5/2</sub>	2,54	2,4
Pr <sup>3+</sup>	4f <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup> p <sup>6</sup>	<sup>3</sup> H <sub>4</sub>	3,58	3,5
Nd <sup>3+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

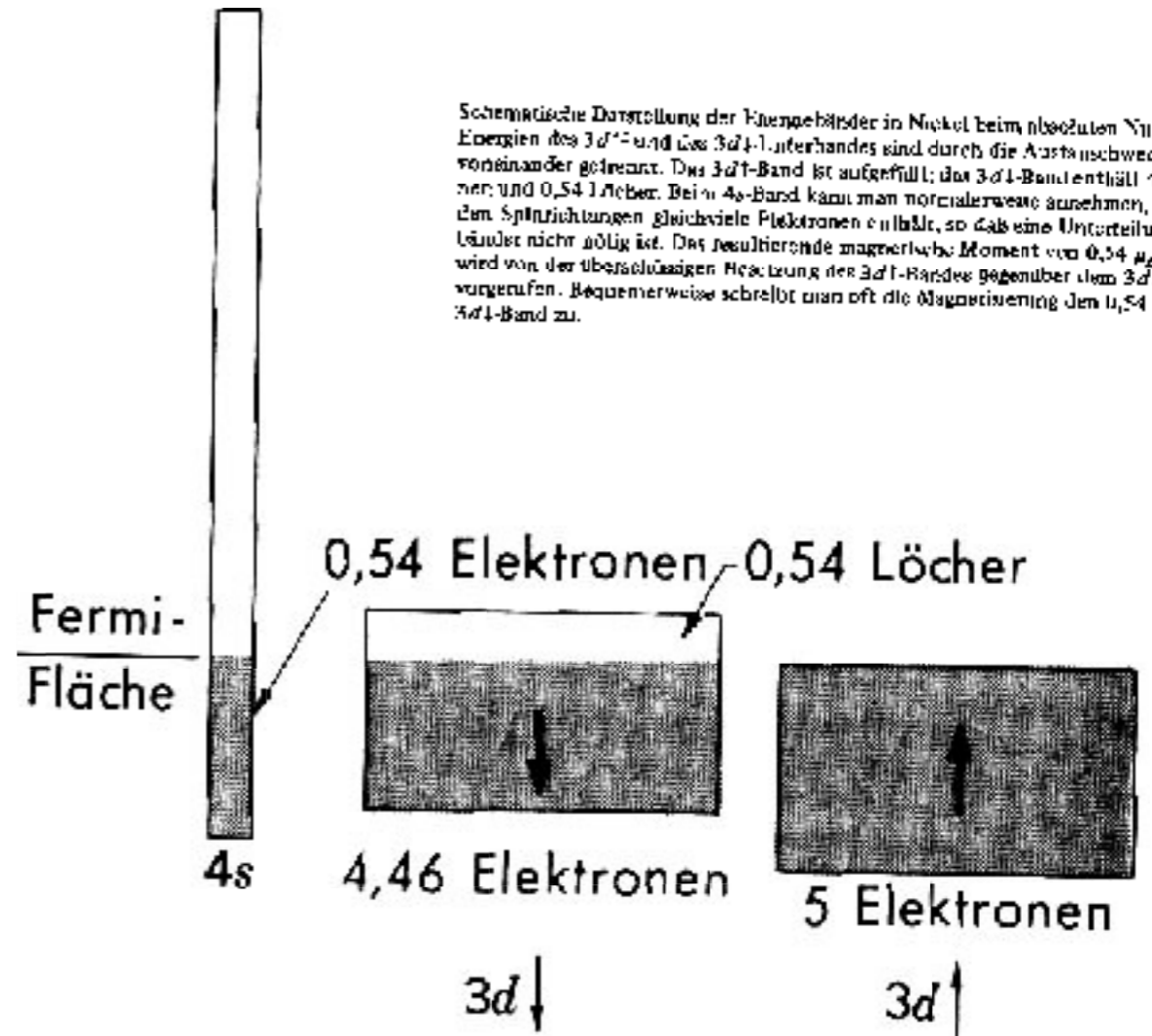


# Gebrochene Magnetonezzahlen

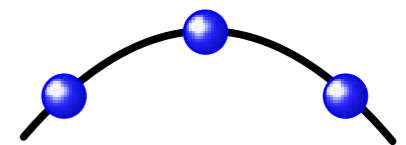
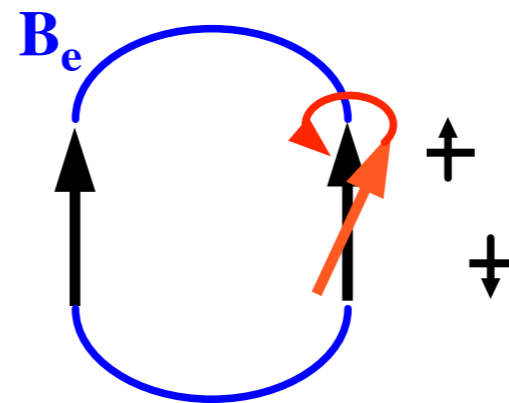
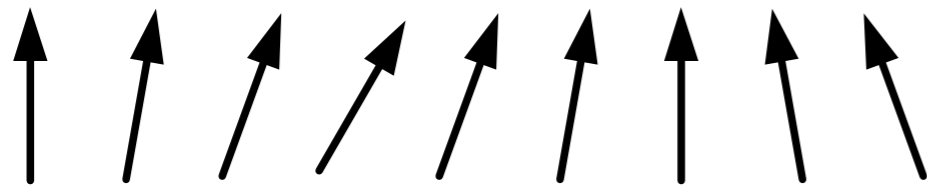
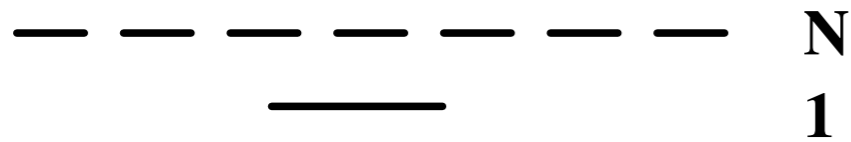
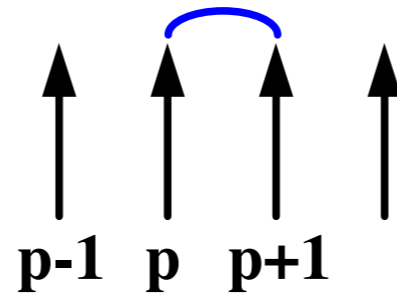
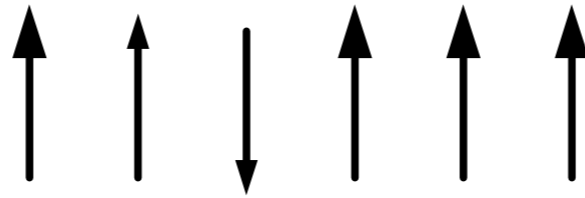
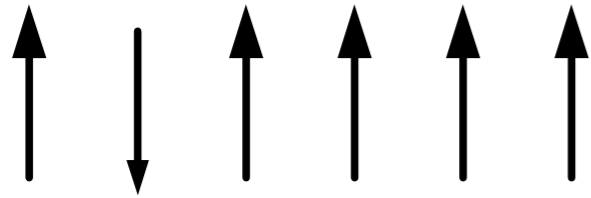
Energiebänder in Nickel oberhalb der Curie-Temperatur. Das resultierende magnetische Moment ist null, da im  $3d\downarrow$ - und im  $3d\uparrow$ -Band gleichviele Löcher vorhanden sind.



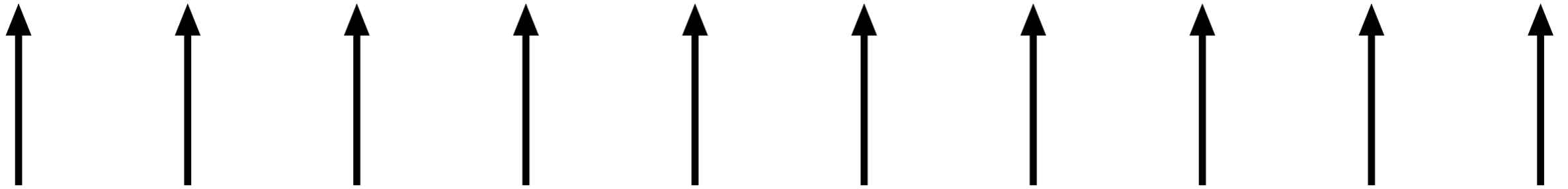
Schematische Darstellung der Energiebänder in Nickel beim absoluten Nullpunkt. Die Energien des  $3d\downarrow$ - und des  $3d\uparrow$ -Unterbandes sind durch die Austauschwechselwirkung voneinander getrennt. Das  $3d\downarrow$ -Band ist aufgefüllt; das  $3d\uparrow$ -Band enthält 1,46 Elektronen und 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.



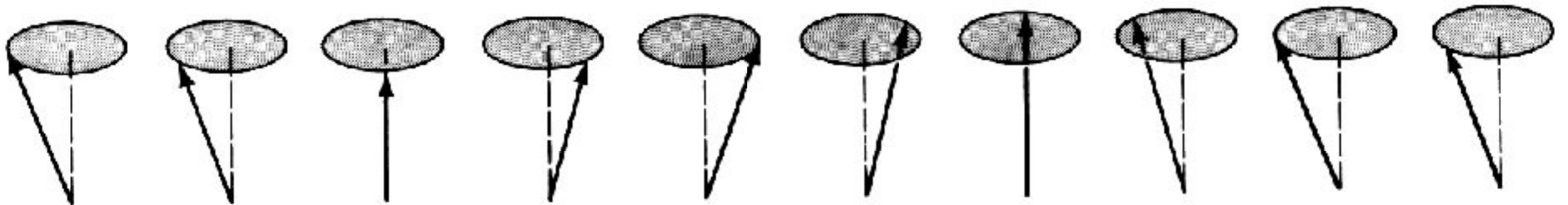
# Magnonen



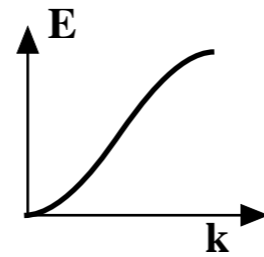
## Grundzustand



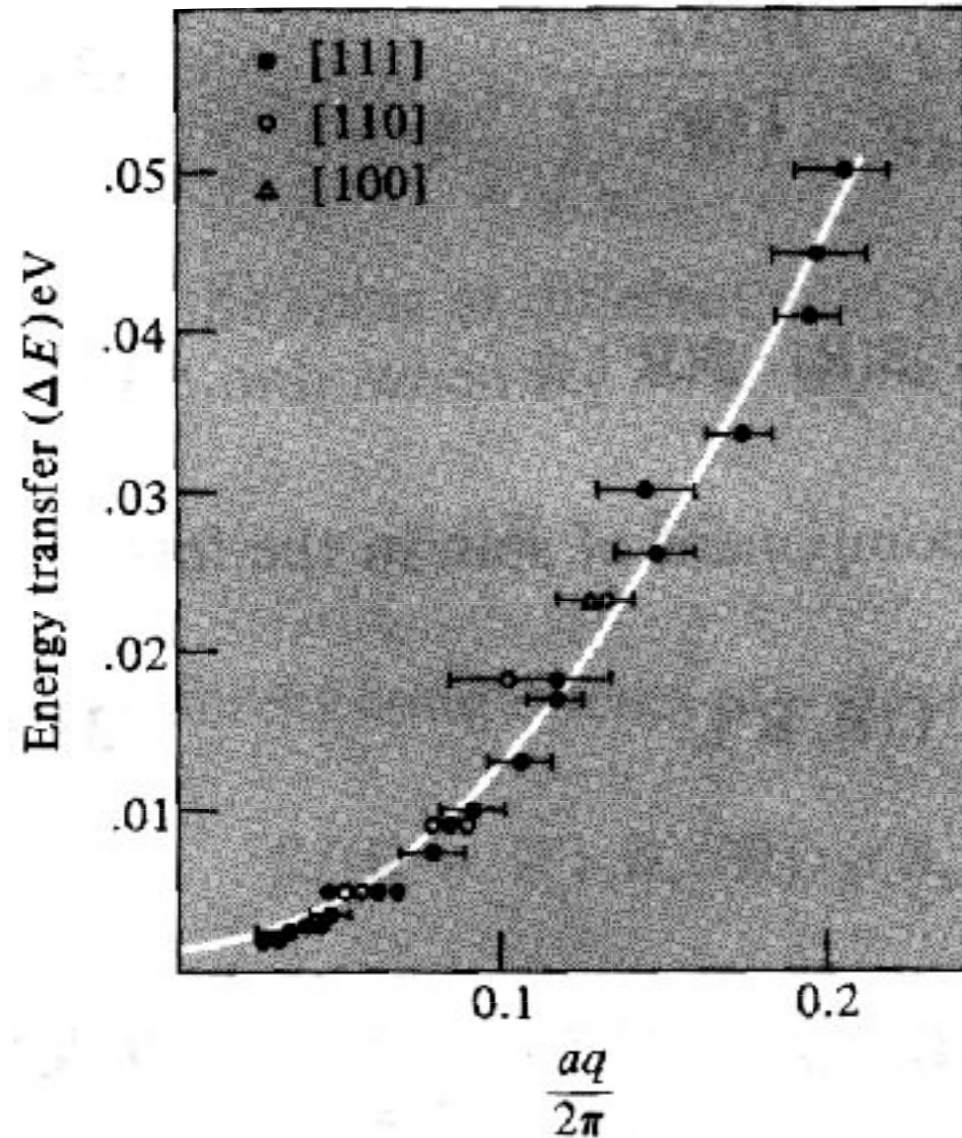
## Spinwelle



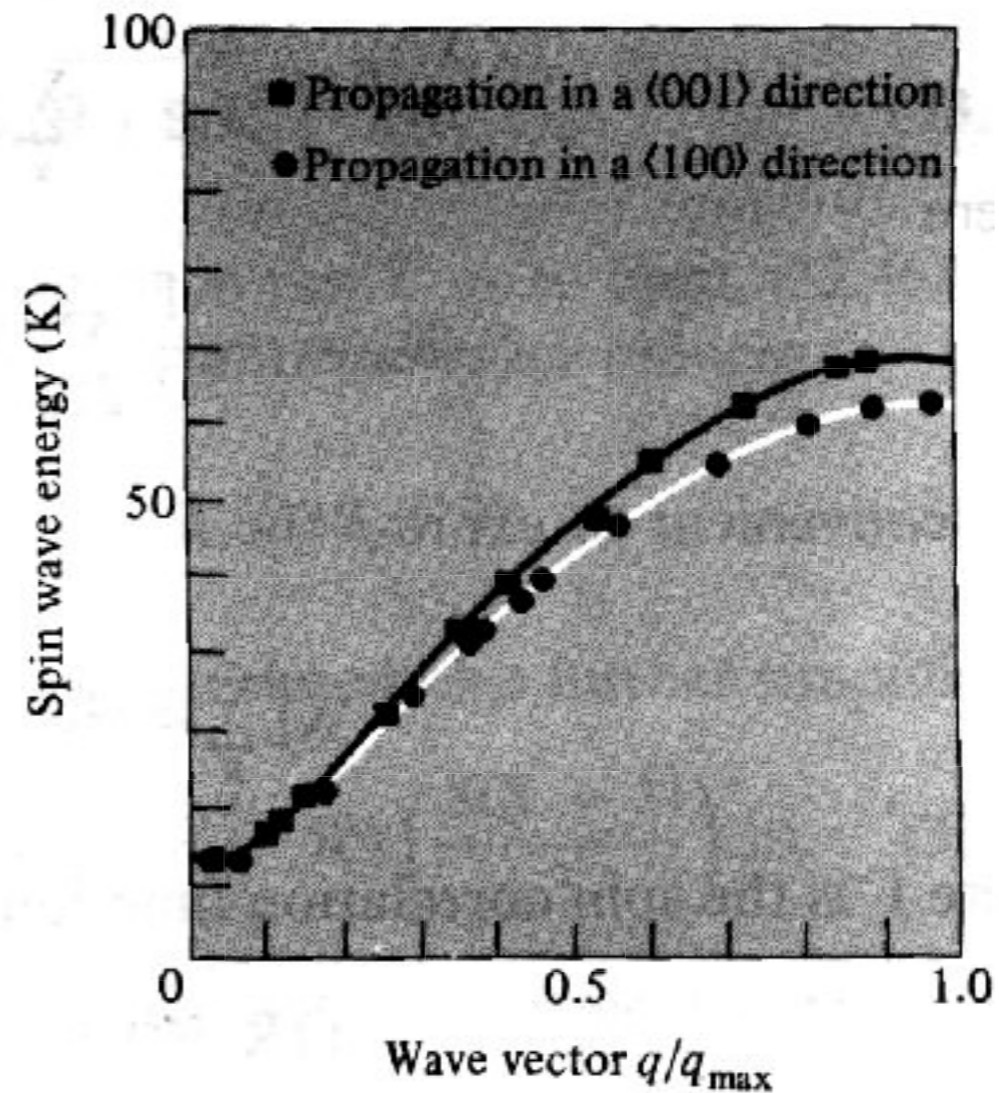
# Dispersion von Spinwellen



**Co<sub>92</sub>Fe<sub>8</sub> (Ferromagnet)**



**MnF<sub>2</sub> (Antiferromagnet)**

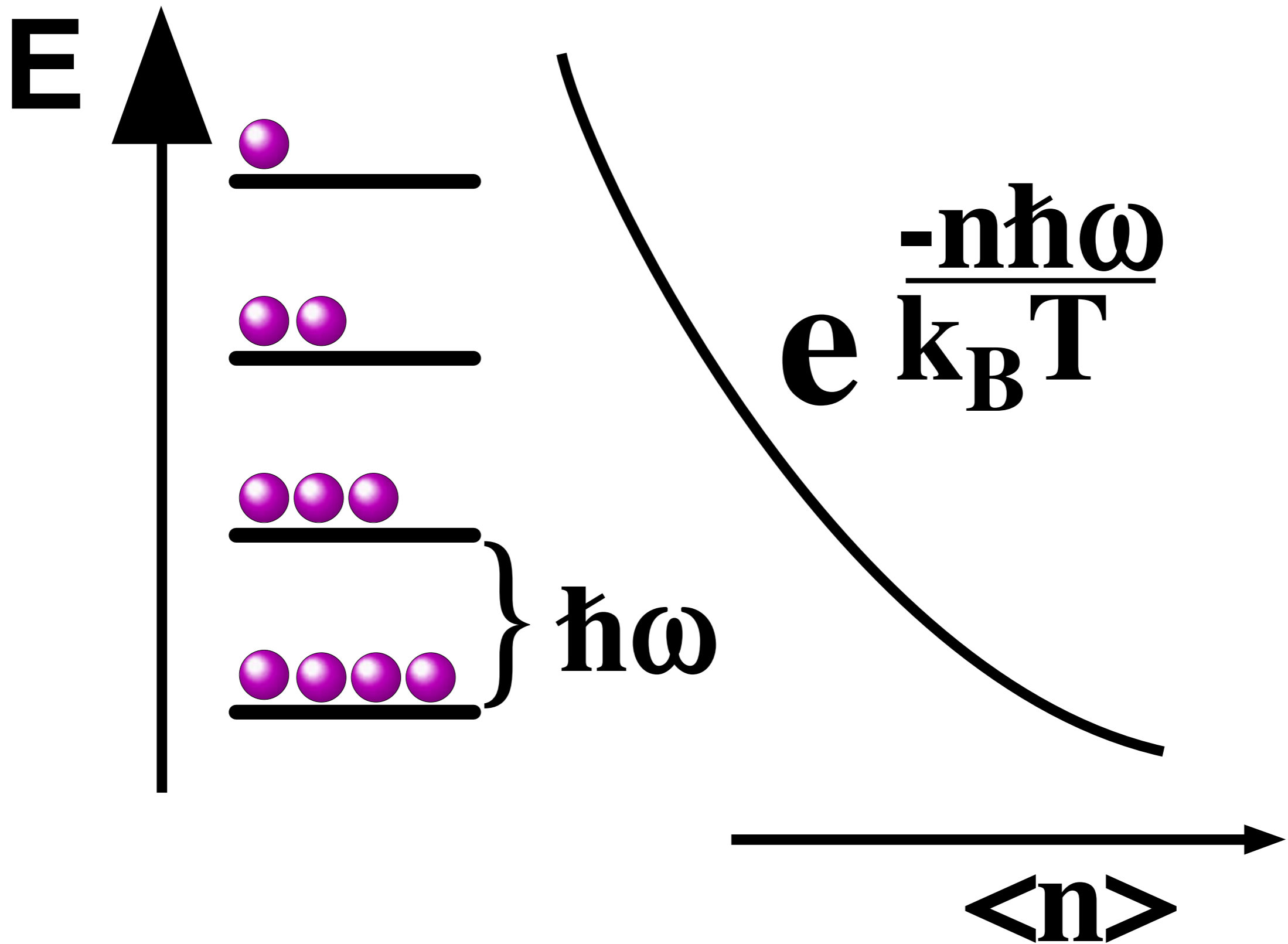


Characteristic spin wave spectra as measured by inelastic neutron scattering in (a) a ferromagnet and (b) an antiferromagnet. (a) Spin wave spectrum for three crystallographic directions in an alloy of cobalt with 8 percent iron, (R. N. Sinclair and B. N. Brockhouse, *Phys. Rev.* **120**, 1638 (1960)) 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 MnF<sub>2</sub>. (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 T<sup>3</sup> Gesetz

in Gd

