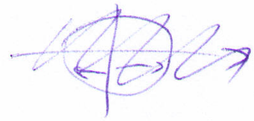
Magnetisierung: $\vec{M} = N\langle\mu\rangle_{av}$



μ hat denselben Betrag, kann aber in jede beliebige Richtung zeigen. Bei Anwesenheit eines Magnetfelds ~~gibt es~~ richtet sich M parallel zu B aus (schwache Magnetfelder). Die Energie des Atoms im Magnetfeld ist dann:

$$\Delta U = \pm \mu_0 B$$

Dabei ist $-\mu_0$ die z-Komponente des magnetischen Moments für den Fall, dass der Spin nach oben gerichtet ist, und $+\mu_0$ ist die z-Komponente des magnetischen Moments, falls der Spin unten ist. $\vec{\mu}_s = -\frac{2\mu_B}{\hbar}\vec{S}$

Nun sagt die statistische Mechanik, dass die Wahrscheinlichkeit dafür, dass ein Atom in dem einen oder anderen Zustand ist proportional ist zu

$$e^{-\frac{\text{Energie des Zustands}}{kT}} \rightarrow \Delta U$$

Die Zahl der Atome pro Volumeneinheit mit Spin oben ist

$$N_{oben} = a\, e^{-\frac{\mu_0 B}{kT}}$$

mit Spin unten ist:

$$N_{unten} = a\, e^{+\frac{\mu_0 B}{kT}}$$

Die Konstante a ist so zu bestimmen, dass

$$N_{oben} + N_{unten} = N$$

der Gesamtzahl von Atomen pro Volumeneinheit

$$a\, e^{-\frac{\mu_0 B}{kT}} + a\, e^{\frac{\mu_0 B}{kT}} = N$$

$$a\left(e^{\frac{-\mu_0 B}{kT}} + e^{\frac{\mu_0 B}{kT}}\right) = N$$

$$a = \frac{N}{e^{\frac{-\mu_0 B}{kT}} + e^{\frac{\mu_0 B}{kT}}}$$

<u>mittlere</u> magnetische Moment in Richtung der z-Achse

$$\langle\mu\rangle_{avg} = \frac{N_{oben}(-\mu_0) + N_{unten}(\mu_0)}{N}$$

$$N\langle\mu\rangle_{avg} = N_{oben}(-\mu_0) + N_{unten}(\mu_0)$$

$$\frac{-\mu_0 a e^{-\frac{\mu_0 B}{kT}} + \mu_0 a e^{\frac{\mu_0 B}{kT}}}{N} = \langle \mu \rangle_{av}$$

$$\frac{+\mu_0 \frac{N}{e^{\frac{\mu B}{kT}} + e^{-\frac{\mu_0 B}{kT}}} \left(e^{\frac{\mu_0 B}{kT}} - e^{-\frac{\mu_0 B}{kT}} \right)}{N} = \langle \mu \rangle_{av}$$

$$M = N \langle \mu \rangle_{av}$$

$$\boxed{M = N \mu_0 \frac{e^{\frac{\mu_0 B}{kT}} - e^{-\frac{\mu_0 B}{kT}}}{e^{\frac{\mu B}{kT}} + e^{-\frac{\mu_0 B}{kT}}}}$$

$$pV = NkT$$

$$N = \frac{pV}{kT}$$

$$M = \chi H = \frac{pV}{kT} \langle \mu \rangle_{avg}$$

$$\boxed{\chi = \frac{pV}{kTH_z} \frac{e^{\frac{\mu_0 B}{kT}} - e^{-\frac{\mu_0 B}{kT}}}{e^{\frac{\mu B}{kT}} + e^{-\frac{\mu_0 B}{kT}}}}$$