

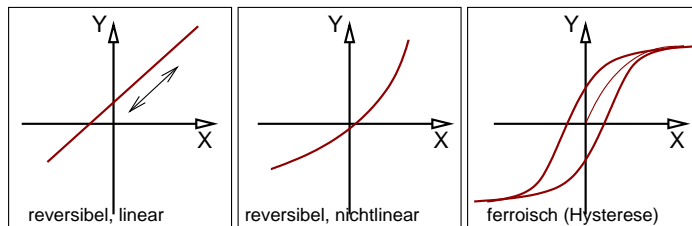
## 2. Elementare Metalle, Metallischer Zustand

### 2.1. Physikalische Eigenschaften: generelle Übersicht

#### Polarisationseffekte (statischer Response, Gleichgewicht)

$$\chi^{YX} = \frac{\delta Y}{\delta X}$$

| X ⇒<br>↓ Y   | Temperatur<br>T [K]   | elektrisches Feld<br>E <sub>i</sub> [V/m]  | Magnetfeld<br>H <sub>i</sub> [Vs/m <sup>2</sup> ]  | mechanische Spannung<br>σ <sub>i,j</sub> [N/m <sup>2</sup> ]   |
|--|---|--|--|--|
| Entropie<br>S [J/K]  | Wärmekapazität<br>χ <sup>ST</sup> = c <sub>p</sub> = $\frac{\delta S}{\delta T} T$                              | elektrokalorischer Effekt<br>χ <sub>i</sub> <sup>SE</sup> = $\frac{\delta S}{\delta E}$                                    | magnetokalorischer Effekt<br>χ <sub>i</sub> <sup>SH</sup> = $\frac{\delta S}{\delta H}$                      | χ <sub>i,j</sub> <sup>Sσ</sup> = $\frac{\delta S}{\delta \sigma}$  |
| elektrische Polarisation<br>P <sub>k</sub> [Asm <sup>-2</sup> ]    | pyroelektrischer Effekt<br>χ <sub>k</sub> <sup>PT</sup> = $\frac{\delta P}{\delta T}$                           | elektrische Suszeptibilität<br>χ <sub>i,k</sub> <sup>PE</sup> = $\frac{\delta P}{\delta E}$                                | magnetoel. Effekt<br>χ <sub>i,k</sub> <sup>PH</sup> = $\frac{\delta P}{\delta H}$                            | piezoelektrischer Effekt<br>χ <sub>i,k</sub> <sup>Pσ</sup> = $\frac{\delta P}{\delta \sigma}$                                    |
| Magnetisierung<br>M <sub>k</sub> [A/m]                             | pyromagnetischer Effekt<br>χ <sub>k</sub> <sup>MT</sup> = $\frac{\delta M}{\delta T}$                           | elektromagnetischer Effekt<br>χ <sub>i,k</sub> <sup>ME</sup> = $\frac{\delta M}{\delta E}$                                 | magnetische Suszeptibilität<br>χ <sub>i,k</sub> <sup>MH</sup> = $\frac{\delta M}{\delta H}$                  | piezomagnetischer Effekt<br>χ <sub>i,k</sub> <sup>Mσ</sup> = $\frac{\delta M}{\delta \sigma}$                                    |
| mechanische Deformation<br>ε <sub>k,l</sub><br>(Dehnung, Scherung) | thermische Ausdehnung<br>χ <sub>k,l</sub> <sup>εT</sup> = α <sub>k,l</sub> = $\frac{\delta \epsilon}{\delta T}$ | reziproker piezoelektr. Effekt (Elektrostriktion)<br>χ <sub>i,k,l</sub> <sup>εE</sup> = $\frac{\delta \epsilon}{\delta E}$ | reziproker piezomagnetischer Effekt<br>χ <sub>i,k,l</sub> <sup>εH</sup> = $\frac{\delta \epsilon}{\delta H}$ | Spannungstensor<br>χ <sub>i,j,k,l</sub> <sup>εσ</sup> = $\frac{\delta \epsilon}{\delta \sigma}$<br>elastische/ Elastizitätsmodul |



#### Transporteffekte (dynamischer Response, Nicht-Gleichgewicht)

$$J_Y = - a^{YX} \nabla X$$

Fluß                      Transportkoeff.      Gradient

| ∇X ⇒<br>Fluß ↓ J <sub>Y</sub>                        | Gradient  |  |  |  |
|--|---|--|--|--|
|  | ∇T [K/m]  | ∇p [kg/m <sup>2</sup> s <sup>2</sup> ]   | ∇N <sub>v</sub> [m <sup>-4</sup> ]   | ∇V (E) [V/m]   |
| Wärme Q<br>[J/m <sup>2</sup> s]                      | Wärmeleitung<br>$\frac{dQ}{dt} = -\kappa A \frac{dT}{dz}$ | mechanokalorischer Effekt  | Diffusionswärme  | Peltier-Effekt bzw.<br>2. Benedicks-Effekt   |
| Masse m<br>[kg/m <sup>2</sup> s]                     | thermomechanischer Effekt                                 | Massetransport<br>$\frac{dm}{dt} = \frac{\text{const.}}{\eta} \frac{dp}{dz}$<br>(η: Viskosität)<br>Hagen-Poiseuille-Gesetz | Diffusionsdruck  |  |
| Teilchenzahl N<br>[m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ] | Thermodiffusion   | Druckdiffusion   | Diffusion<br>$\frac{dN}{dt} = -D \frac{dN}{dz}$<br>(Diffusionskoeffizient)<br>1. Fick'sches Gesetz | Elektrophorese   |
| Ladung q<br>[A/m <sup>2</sup> ]                      | Seebeck-Effekt<br>1. Benedicks-Effekt                     |  | Strömungsstrom   | Elektrizitätsleitung<br>$\frac{dq}{dt} = -\sigma A \frac{dV}{dz}$<br>(elektronische Leitfähigkeit)<br>Ohm'sches Gesetz |