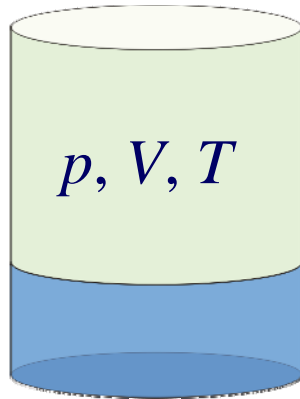


Phasengleichgewicht



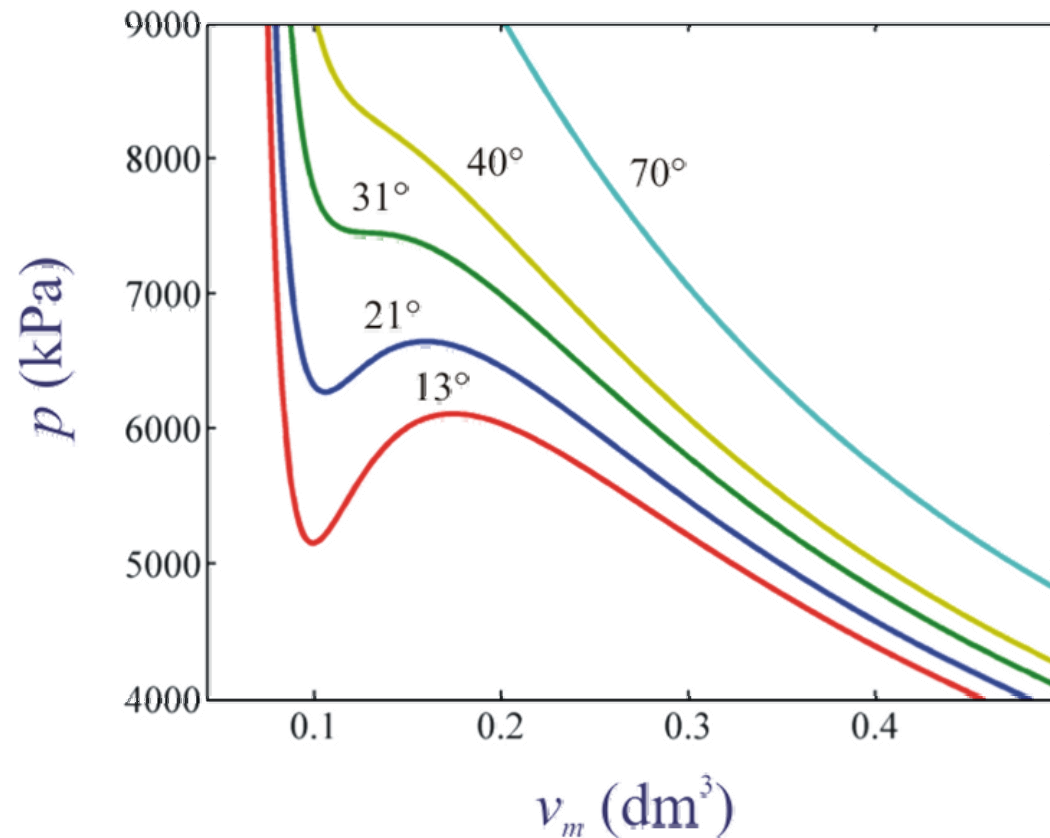
Wie ist das Stoffmengenverhältnis von Dampf zu Flüssigkeit?

$$V = n_g v_{g,m} + n_l v_{l,m}$$

$$n = n_g + n_l$$

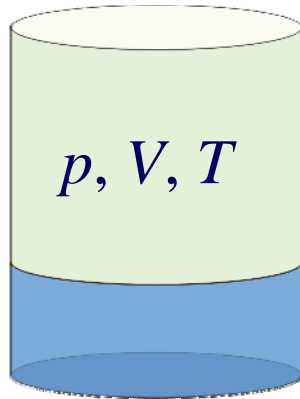
$$\frac{V}{n} = \frac{n_g}{n} v_{g,m} + \frac{n_l}{n} v_{l,m}$$

$$\frac{V}{n} = \chi v_{g,m} + (1 - \chi) v_{l,m}$$



Phasengleichgewicht

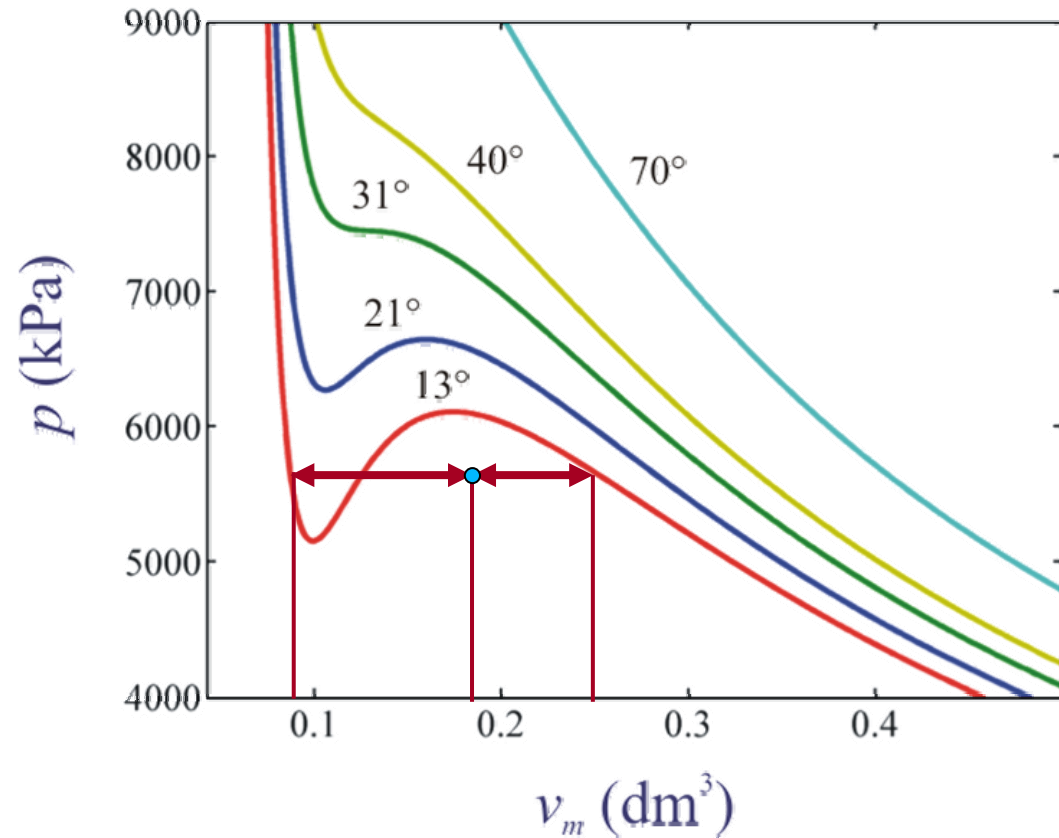
Wie ist das Stoffmengenverhältnis von Dampf zu Flüssigkeit?

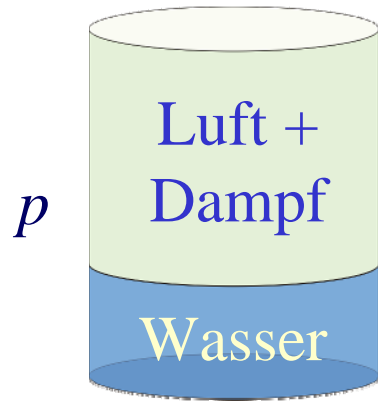


$$\chi = \frac{v_m - v_{l,m}}{v_{g,m} - v_{l,m}}$$

$$\chi = \frac{n_g}{n} \quad v_m = \frac{V}{n}$$

Hebel-Gesetz





Dampfdruck

Gesamtdruck p

Partialdruck des Wasserdampfes $p_g = \text{Dampfdruck}$

$$\mu_l = \mu_{l,i} + v_{l,m} (p - p_i) = \mu_g = \mu_{g,i} + \int_{p_i}^{p_g} dp v_{g,m}$$

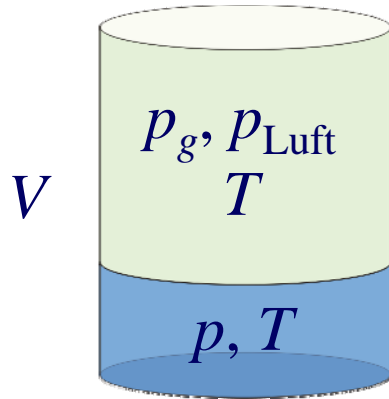
↑ ↑
 $\mu_{l,i} = \mu_{g,i}$ Dampfdruck des reinen Stoffes (ohne Luft)

$$v_{l,m} (p - p_i) = \int_{p_i}^{p_g} dp v_{g,m} \approx \int_{p_i}^{p_g} dp \frac{RT}{p} = RT \ln \frac{p_g}{p_i}$$



Phasengleichgewicht

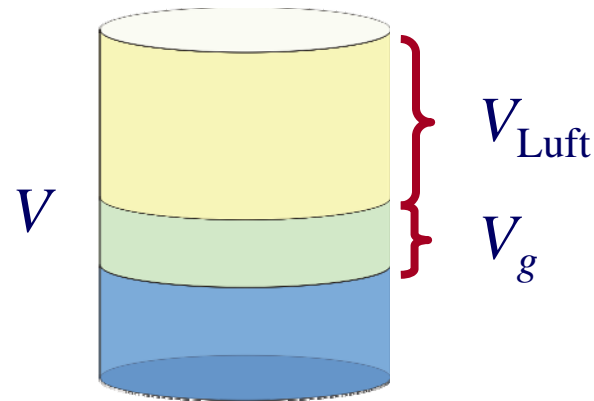
Wie ist das Stoffmengenverhältnis von Dampf zu Flüssigkeit?



$$\frac{V_g}{V_g + V_{\text{Luft}}} \approx \frac{p_g}{p}$$

$$V = \frac{p}{p_g} n_g v_{g,m} + n_l v_{l,m}$$

$$n = n_g + n_l$$



(Näherung
idealen
Gases)

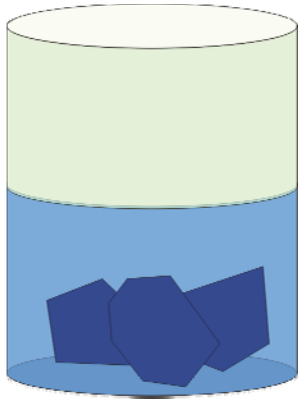
$$\frac{V}{n} = \frac{p n_g}{p_g n} v_{g,m} + \frac{n_l}{n} v_{l,m}$$

$$v_{g,m} = v_{g,m}(p)$$

$$\chi = \frac{V/n - v_{l,m}}{\left(\frac{p}{p_g}\right) v_{g,m} - v_{l,m}}$$



Gibbssche Phasenregel



Angenommen:

Gemisch aus Wasserdampf, Wasser und Eis

Unabhängige Variablen: p, T

Chemische Potentiale: $\mu_{phase} = \mu_{phase}(p, T)$

Im Gleichgewicht: $\mu_s = \mu_l = \mu_g$

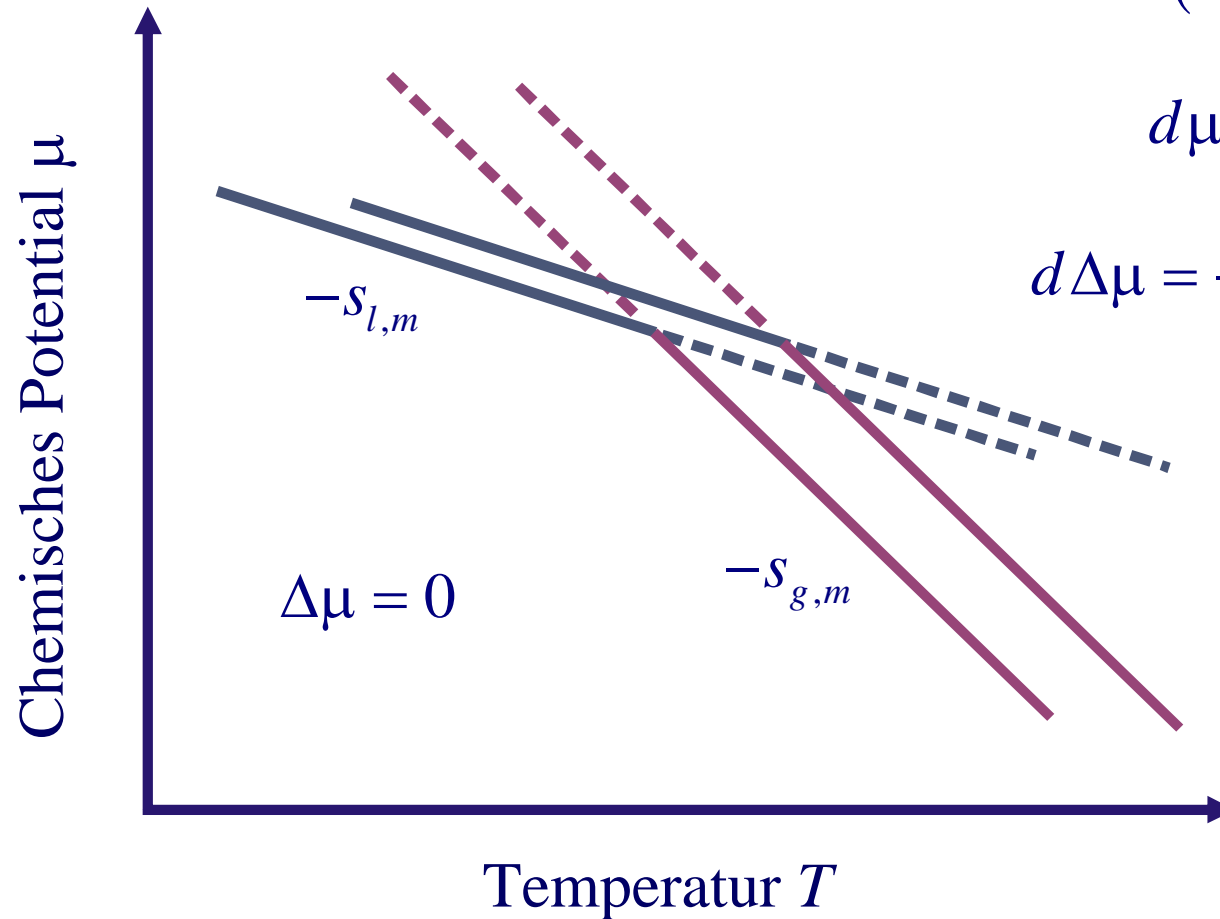
Zwei Gleichungen, zwei unabhängige Variablen

Es kann nur einen einzigen Punkt im (p, T) geben, an welchem alle drei Phasen im Gleichgewicht sind \longrightarrow Tripelpunkt

Für Wasser: 273.16 K und 611.73 Pa



Clausius-Clapeyron-Gleichung



$$(d\mu)_p = -s_m dT$$

$$d\mu = -s_m dT + v_m dp$$

$$d\Delta\mu = -\Delta s_m dT + \Delta v_m dp = 0$$

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta s_m}{\Delta v_m}$$



Dampfdruckerhöhung

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta s_m}{\Delta v_m}$$

vernachlässige $v_{l,m}$ gegen $v_{g,m}$

$$\frac{dp}{dT} \approx \frac{L}{Tv_{g,m}}$$

ideales Gas

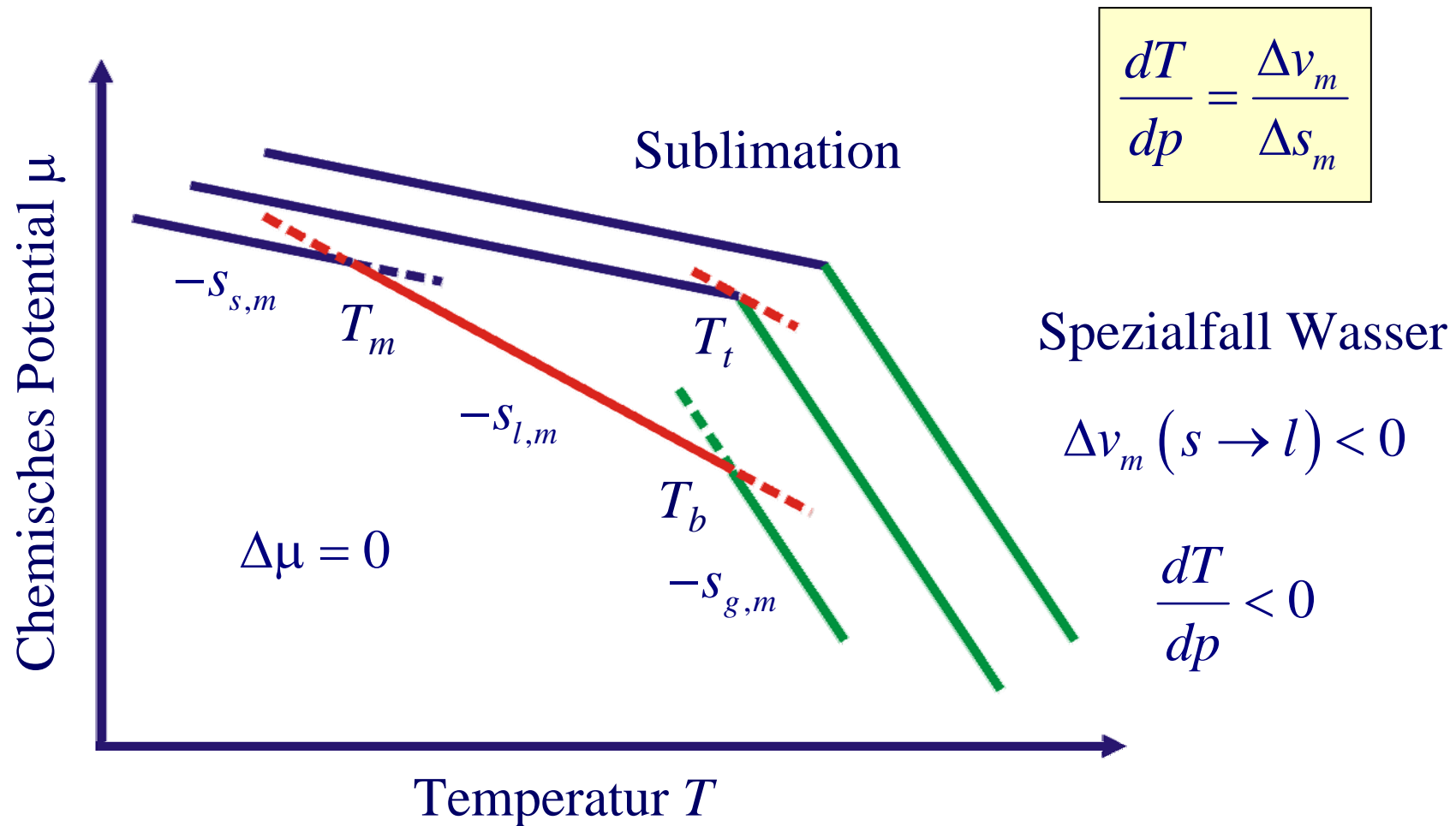
$$\frac{dp}{dT} \approx \frac{Lp}{RT^2}$$

$$\frac{dp}{p} \approx \frac{LdT}{RT^2}$$

$$\ln \frac{p_f}{p_i} \approx -\frac{L}{R} \left(\frac{1}{T_f} - \frac{1}{T_i} \right)$$

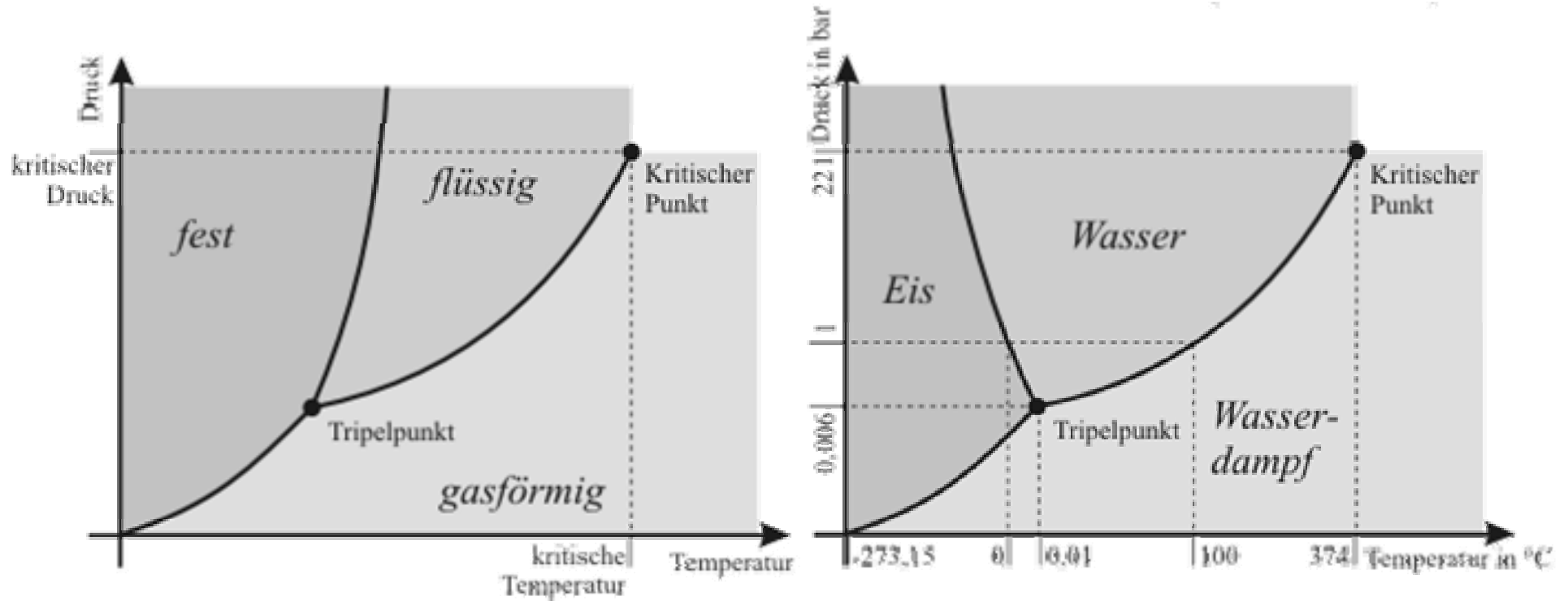


Clausius-Clapeyron-Gleichung



Phasendiagramme

$$\frac{dT}{dp} = \frac{\Delta v_m}{\Delta s_m}$$



ohne Anomalie

mit Anomalie

