

Weiteres Beispiel einer Zustandsgleichung:

Van-der-Waals-Zustandsgleichung

$$\left(p + \frac{a m^2}{V^2} \right) \cdot (V - b \cdot m) = m R T$$

$\frac{a m^2}{V^2}$
Druckdruck

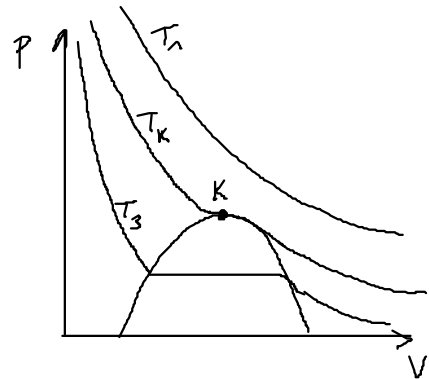
$b \cdot m$
Korvolumen

→ gegenseitige Anziehung
der Gasteilchen

reduziert das
verfügbare Gesamtvolumen

muss zum realen Druck
addiert werden um ideales
Gas zu erhalten

Berechnung des krit. Punktes:



Berechnung des Sattelpunktes:

p-V Diagramm: Ableitung nach V!

$$\left(\frac{\partial p}{\partial V} \right)_T = 0 \quad \text{und} \quad \left(\frac{\partial^2 p}{\partial V^2} \right)_T = 0$$

molare Schreibweise der v d V Gleichung:

$$\left(p + \frac{a}{V_m^2} \right) (V_m - b) = R T \rightarrow p(V_m, T) = \frac{R T}{V_m - b} - \frac{a}{V_m^2}$$

$$1) \quad \frac{\partial p}{\partial V} = 0$$

$$2) \quad \frac{\partial^2 p}{\partial V^2} = 0$$

2 Gleichungen,

2 Unbekannte

→ lösbar durch
ineinander einsetzen

→ $V_m^k =$

molares Volumen am krit. Punkt

$$\begin{array}{|l} T^k = \\ \hline p^k = \end{array}$$

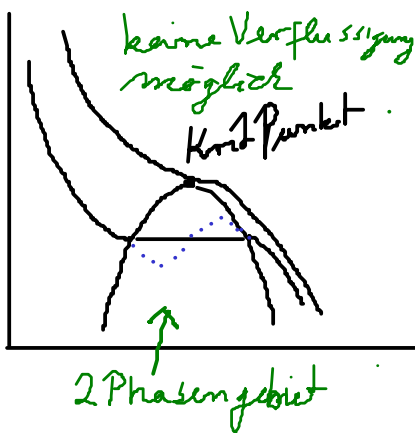
→ Übung

$T \gg T_K$ Verhalten ist ähnlich dem id Gas (Hyperbeln)
 → keine Verflüssigung möglich

hohe Temp, kleine Dichte: Atomabstand \gg Atomdurchmesser
 \Rightarrow keine WW

$T = T_K$ krit Isotherme / Beginn des Zweiphasengebietes
 ↓
 Überwindung v id Gas

$T < T_K$ fl + gas koexistieren → Phasenübergang

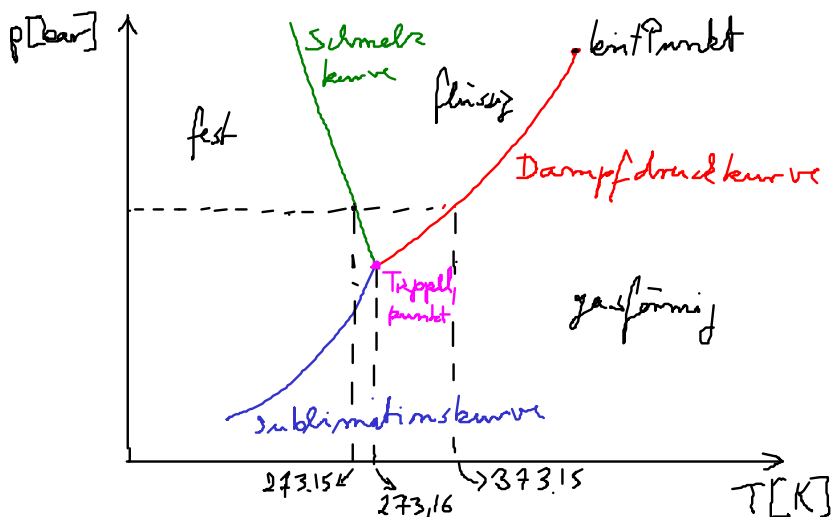


... Van der Waals
 — reale Kurve

aus energetischen
 Gründen: Fläche
 über/unter realer
 Kurve gleich
 → aber entspricht
 nicht realem Verhalten

v.d.W.: reale Gase vom Gesichtspunkt der kin. Gastheorie
 Vollständige Beschreibung des Verhaltens eines Stoffes gibt das
 Phasendiagramm.

Phasendiagramm:



Wärmeenergie / Wärmekapazität

Begriff der Wärme Q

Q ist eng mit der Temperatur T verknüpft.
→ wird oft verwechselt

Wärmeenergie wird im Körper als kinetische Energie gespeichert

Äquipartitionsprinzip:

In jedem Freiheitsgrad (trans, rot, vib) ist die gleiche Energie gespeichert:

$$\frac{1}{2}RT$$

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}RT \quad i: \# \text{ Freiheitsgrade}$$

- Einatomiges Gas: nur Translation: 3 FG  $i=3$

- Zweiatomiges Gas: a) starres Hantelmodell

Translation: 3 FG

Rotation: 2 FG



$i=5$

b) zusätzlich Vibration



$i=7$

Schwingungsfreiheitsgrade zählen doppelt!

→ speichern $E_{\text{Pot}} + E_{\text{kin}}$

- Mehratomiges Gas: Trans + Rot: im allgemeinen...  $i=6$

linear $i=5$