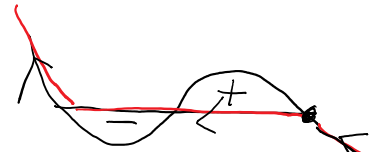
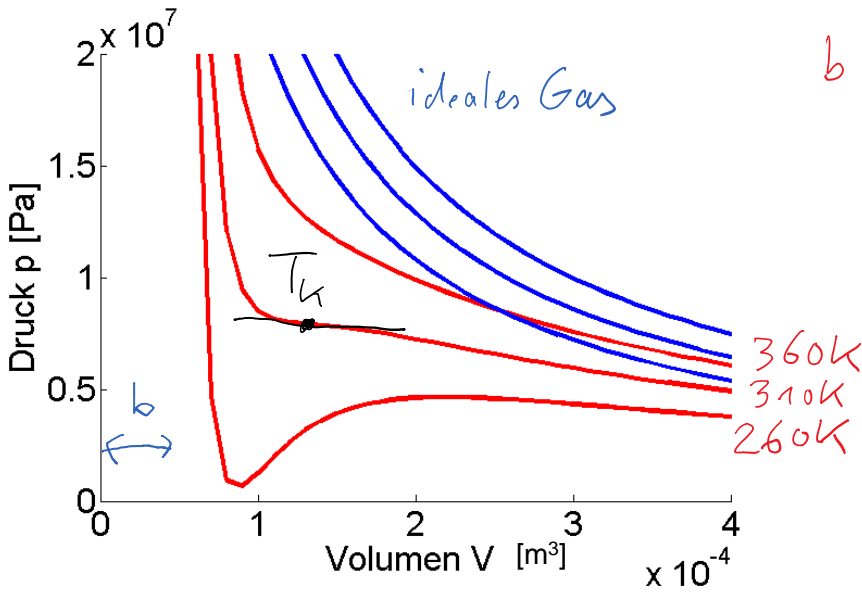


Reale Gas-Kurven

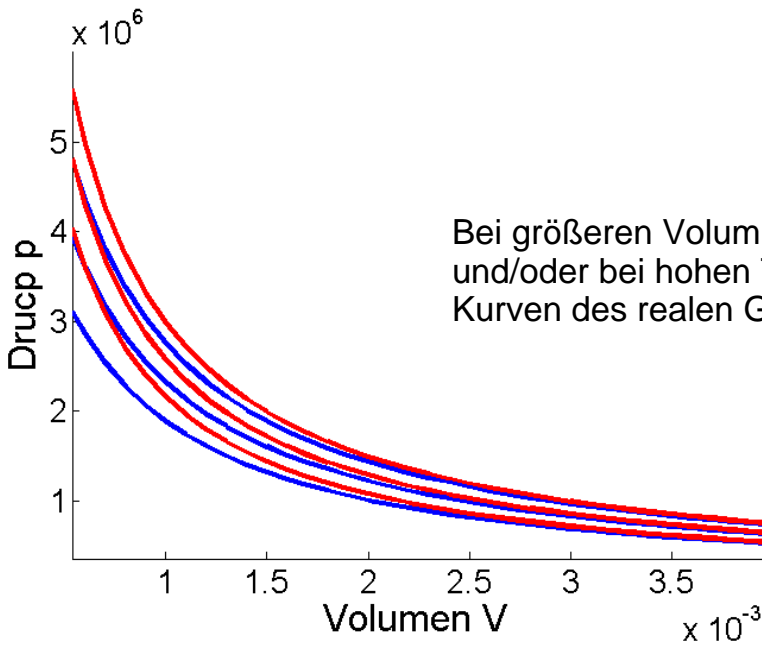
CO₂

$a = 3,64 \frac{\text{l}^2 \text{bar}}{\text{mol}^2}$

$b = 42,67 \text{ mL/mol}$



Van der Waals - Schleife
 In der Realität konst. p
 so gelöst, daß Fläche
 oberhalb (+) und unterhalb (-)
 gleich sind



Bei größeren Volumina (kleineren Drücken)
 und/oder bei hohen Temperaturen gleichen sich die
 Kurven des realen Gases und des idealen Gases an

Kritische Temperatur

T_k

$$\frac{\partial p}{\partial v} \stackrel{!}{=} 0$$

$$\frac{\partial^2 p}{\partial v^2} \stackrel{!}{=} 0$$

$$T_k = \frac{8a}{27Rb}$$

$$V_m^k = 3b$$

$$p_k = \frac{a}{27b^2}$$

$$(\text{O}_2 \Rightarrow) T_k = 304 \text{ K}$$

Real-Ideal

Berthelot
$$p = \frac{RT}{V_m - b^*} - \frac{a^*}{TV_m^2}$$

Dieterici
$$p = \frac{RT e^{-a/RTV_m}}{V_m - b^{**}}$$

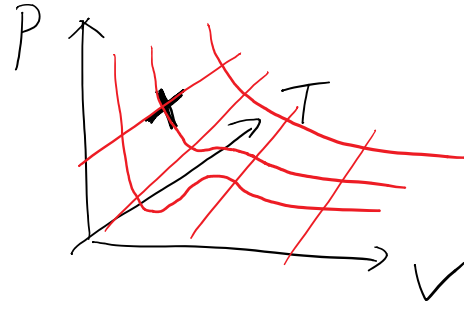
Kammerling-Onnes
$$p = \frac{RT}{V_m} \left\{ 1 + \frac{B(T)}{V_m} + \frac{C(T)}{V_m^2} + \dots \right\}$$

Andere Ansätze

	a [$\text{L}^2 \text{bar/mol}^2$]	b [$\frac{\text{mL}}{\text{mol}}$]	B [$\frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}$]	T_k [K]
N_2	1.4	39	-11	126
CO_2	3.7	43	-142	304
O_2	1.4	32	-22	155
H_2	0.25	27	14	33
He	0.035	24	12	5

Zustandsfunktionen

$$P = f(V, T)$$



$$\left. \frac{\partial P}{\partial T} \right|_{V=\text{const}} \quad \left. \frac{\partial P}{\partial V} \right|_{T=\text{const}}$$

P, V, T Zustandsfunktionen

dp totale Differential von P

$$dP = \underbrace{\left. \frac{\partial P}{\partial T} \right|_{V=\text{const}}}_{\text{}} dT + \underbrace{\left. \frac{\partial P}{\partial V} \right|_{T=\text{const}}}_{\text{}} \cdot dV$$

Satz von Schwarz : $\frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right) \stackrel{!}{=} \frac{\partial}{\partial V} \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)$

$$P = \frac{R \cdot T}{V}$$

$$\frac{\partial P}{\partial T} = \frac{R}{V}$$

$$\frac{\partial P}{\partial V} = - \frac{RT}{V^2}$$

$$\frac{\partial}{\partial V} \left(\frac{R}{V} \right) = - \frac{R}{V^2}$$

$$\frac{\partial}{\partial T} \left(- \frac{RT}{V^2} \right) = - \frac{R}{V^2}$$

Physik $\doteq E_{\text{ges}}$

Chemie $U = \bar{E}_{\text{ges}} - E_{\text{kin}}^{\text{SP}} - E_{\text{pot}}^{\text{SP}}$

$$U = \bar{E}_{\text{kin}}^{\text{intern}} + \bar{E}_{\text{WW}}^{\text{mol}}$$

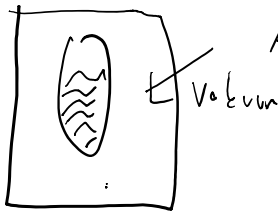
U ist absolut nicht bestimmbar

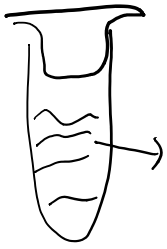
aber $\Delta U = U_{\text{ende}} - U_{\text{anfang}}$


$$\Delta U \neq U \neq dU$$

$$\underbrace{\Delta U}_{\text{Zustandsfkt.}} = \underbrace{\Delta W + \Delta Q}_{\text{keine Zustandsfkt}}$$

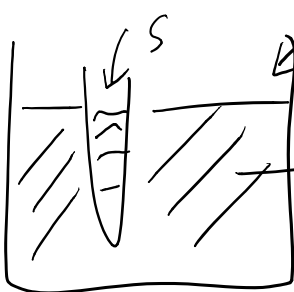
Zustandsbedingungen


a)  Abgeschlossenes System
 kein W - Austausch mit Umgebung
 Q - " " "
 n - " " "

b)  kein n - Austausch
 u Austausch erlaubt
Geordnetes System

c)  n - Austausch
 u - Austausch
Offenes System

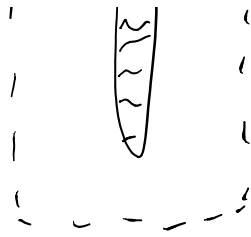
Bedingungen:

 isotherm
 $\Delta U_S \neq \Delta U_{GS}$

 $p = konst$ isobar

 $V = konst$ isochor

 adiabatisch $\Delta Q = 0$



adiabatisch $\Delta Q = 0$

1. HS der TD

Die innere Energie U eines abgeschlossenen Systems bleibt konstant

$$\boxed{\Delta U = 0}$$

$$\rightarrow dU = 0$$

$$dU = \delta Q + \delta W$$

Dieser E-Erhaltungssatz wurde unabhängig von Robert Mayer, James Joule und Herman von Helmholtz entdeckt (siehe Historisches)