$$\boxed{\begin{array}{ll} pV = \text{const} & \text{Boyle alias Gesetz} \\ \dfrac{V}{T} = \text{const} & \text{Gay-Lussac Gesetz} \end{array}}$$

$$\boxed{\frac{V}{N} = \text{const} \quad (\text{"Volumen/Teilchen"}) \quad \text{Avogadro-Prinzip}}$$

1866 Loschmidt ("zur Größe der Luftmoleküle")

$\longrightarrow$ Loschmidt-Zahl : $2{,}68678 \cdot 10^{19}\ \text{cm}^{-3}$

Anzahl der Teilchen pro Stoffmenge : Avogadro Konstante

$$\boxed{N_A = 6{,}022 \cdot 10^{23}\ \text{mol}^{-1}}$$

$N = n \cdot N_A \qquad (n = \text{Stoffmenge}\ [\text{mol}])$ Teilchenzahl

$V_m = \dfrac{V}{n} \qquad \left[\dfrac{m^3}{\text{mol}}\right]$ molares Volumen

$N_D = \dfrac{N}{V} \qquad \left[\dfrac{1}{m^3}\right] = \dfrac{n \cdot N_A}{V} = \dfrac{N_A}{V_m}$ Teilchendichte

$$\left.\begin{array}{l} pV = \text{const} \\ \dfrac{V}{T} = \text{const} \longrightarrow V \sim T \end{array}\right\} \quad \boxed{pV = \text{const} \cdot T}$$

$$\boxed{pV = \text{const} \cdot T}$$

$$\frac{V}{T} = \text{const} \longrightarrow V \sim \underset{[K]}{T}$$

+ Avogadro-Prinzip

$$\frac{V}{N} = \text{const}$$

$$N = nN_A \longrightarrow N \sim n \Longrightarrow \boxed{\frac{V}{n} = \text{const}}$$

$$V \sim n$$

$$\boxed{pV = \text{const} \cdot nT}$$

8,31448 (Proportionalitätsfaktor zwischen pV und nT)

„universelle Gaskonstante R" ..

$$[R] = \frac{[p]\cdot[V]}{[n]\cdot[T]} = \frac{\frac{kg}{m\,s^2}\cdot m^3}{mol\;\;K} = \frac{\frac{kg\,m^2}{s^2}}{mol\;K}\;J$$

$$[R] = \frac{J}{mol\;K} \Longrightarrow \boxed{R = 8{,}31448\,\frac{J}{mol\,K}}$$

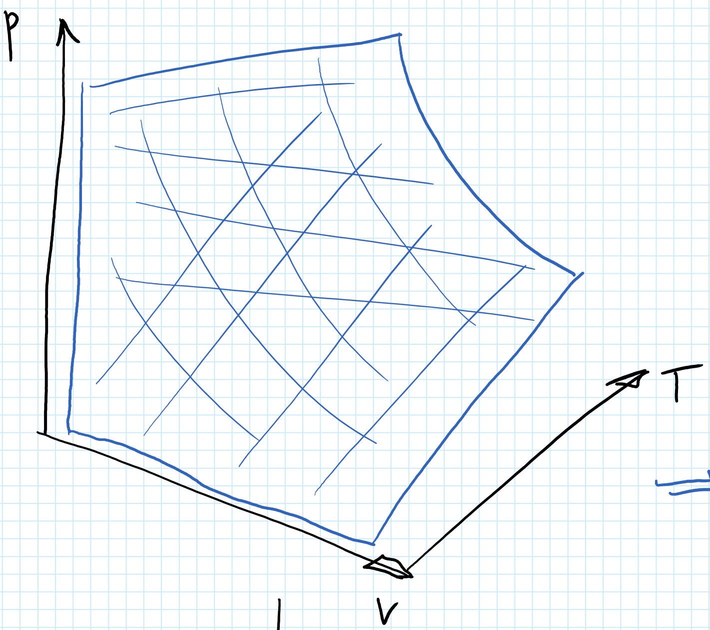
$p, V, n, T \longrightarrow$ „Zustandsgrößen"

(unabhängig vom Weg!)

(unabhängig vom Weg!)

Wärme, Arbeit: keine Zustandsgrößen!
(hängen vom Weg ab)

Zustandsgleichung eines idealen Gases: $\boxed{pV = nRT}$



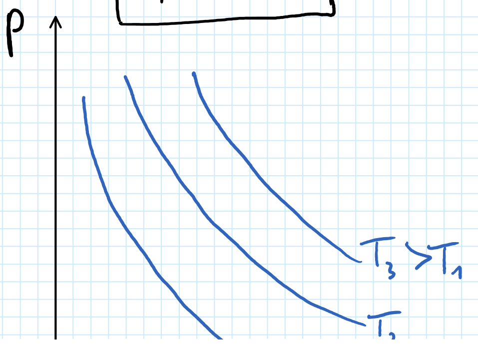
3D Fläche (jeder Punkt der Fläche entspricht einem Zustand den das Gas annehmen kann)

$\Rightarrow$ Folie #12

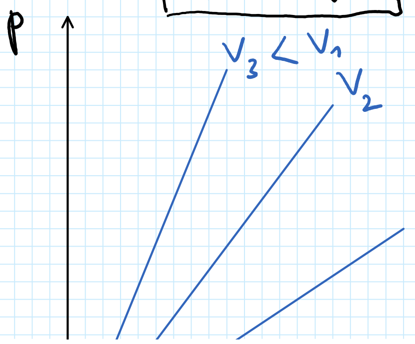
2D Darstellung

1 Größe konstant halten

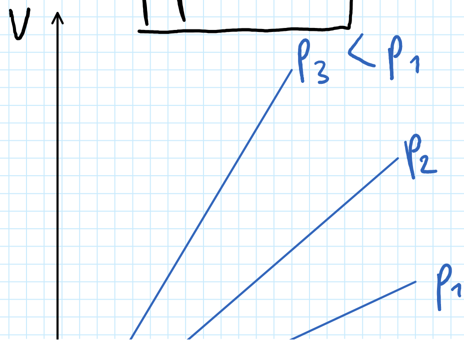
$\boxed{T = const}$

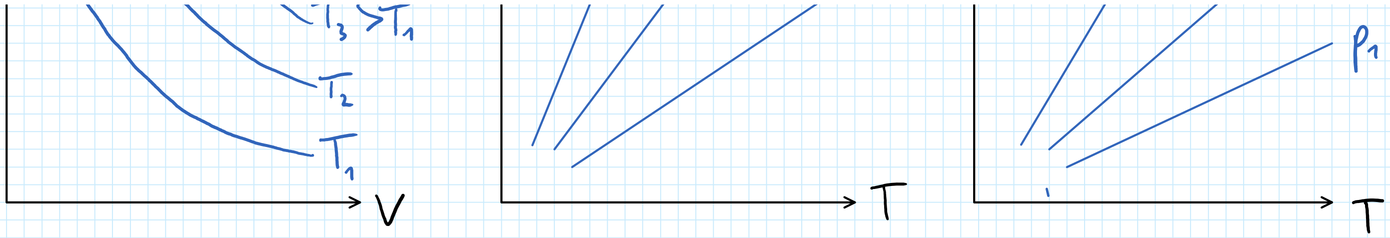


$\boxed{V = const}$



$\boxed{p = const}$



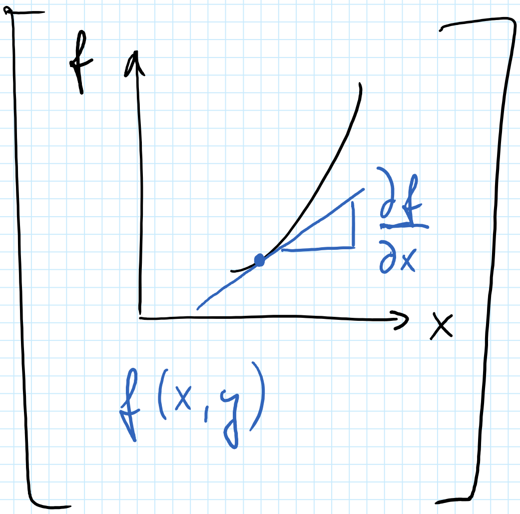


"Isothermen" $p \sim \frac{1}{V}$

"Isochoren" $p \sim T$

"Isobaren" $V \sim T$

Steigung der Kurven: partielle Ableitung (wie ändert sich eine Zustandsgröße bei Veränderung einer anderen?)



$$f(x,y) = x^2 y^2$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} = 2xy^2$$

$$\boxed{\alpha = \frac{1}{V_0}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p}$$

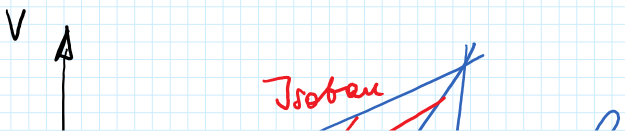
thermischer Ausdehnungskoeffizient

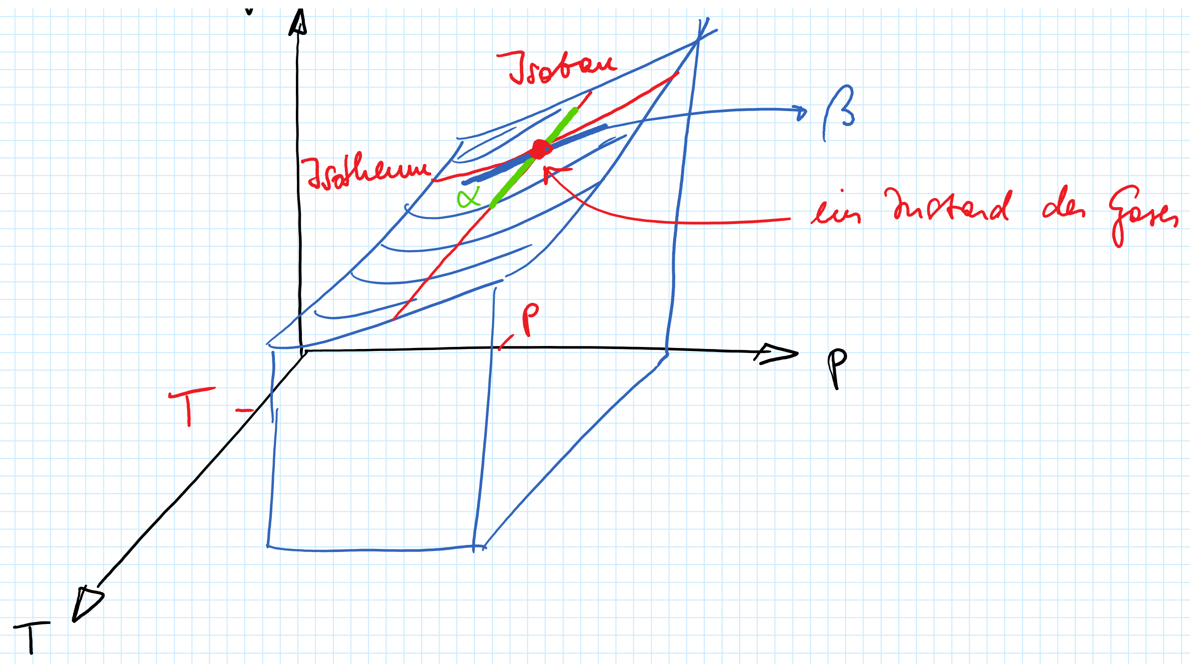
$p = \text{const}$

$$\boxed{\beta = \frac{1}{V_0}\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T}$$

Kompressibilität

"Änderung von V mit p"

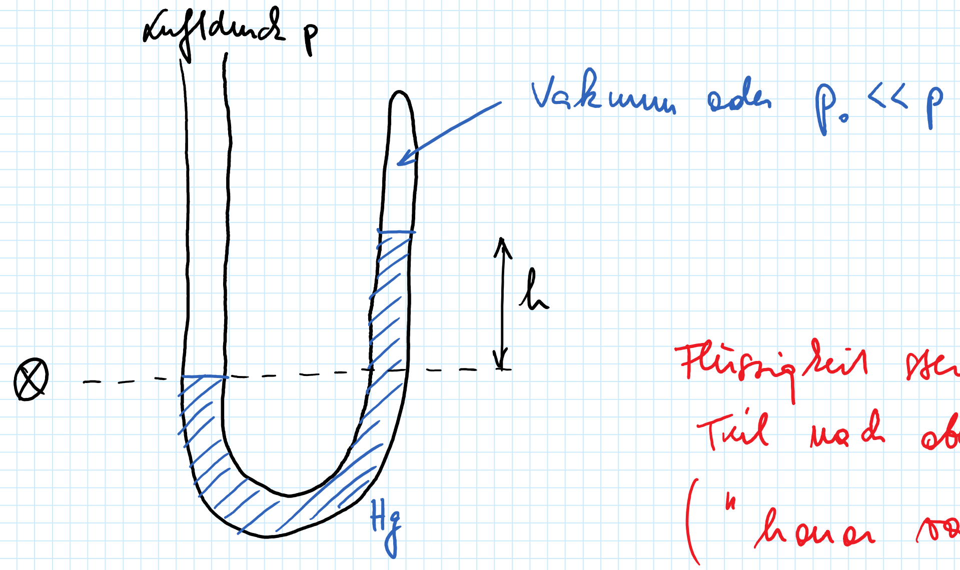




II.3 Zustandsgrößen p, V, T

Druckmessung : Barometer

Torricelli (17. Jhdt.) : "Torricelli Barometer"



Flüssigkeit steigt im luftleeren Teil nach oben !
("horror vacui")

Gleichgewicht : $p_{links} = p_{rechts}$ ⊗

$$\text{Druck} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}}$$

$$p = p_0 + p \text{ (durch Hg Säule)}$$

$$p = p_0 + \frac{F}{A} = p_0 + \frac{mg}{A}$$

$$p - p_0 = \frac{mg}{A} = \frac{m}{\underbrace{A \cdot h}_{V}} \cdot hg$$

$$\frac{m}{V} = \rho$$

Druck = $\frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}}$

$$\boxed{p = \frac{F}{A}}$$

$$[p] = 1 \text{ Pa} = 1 \frac{kg}{m\,s^2}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$p - p_0 = \rho g h = p \quad (\text{weil } p_0 \ll p)$$

$$\boxed{p = \rho g h}$$

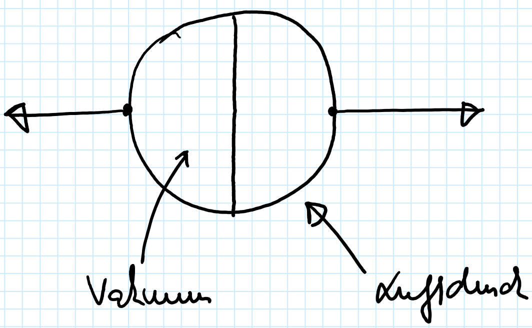
Bestimmung von p aus h!
(unabhängig von A)

Luftdruck : $h \simeq 760$ mm

$h = 1$ mm $\Longrightarrow$ $p = 1$ Torr $= \frac{1}{760} \cdot 1$ bar

$\simeq 133$ Pa

Magdeburger Halbkugeln 1657 (Otto von Guericke)



$$p \cdot A = F$$

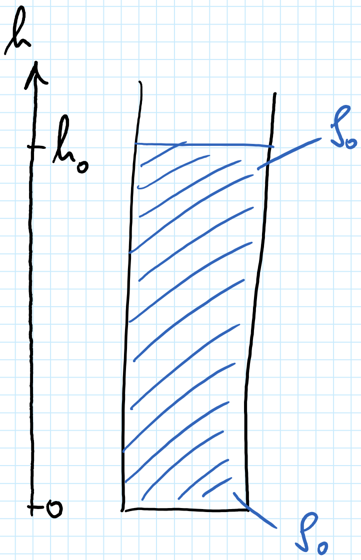
$$F = 10^5 \, Pa \cdot 0{,}2 \, m^2$$

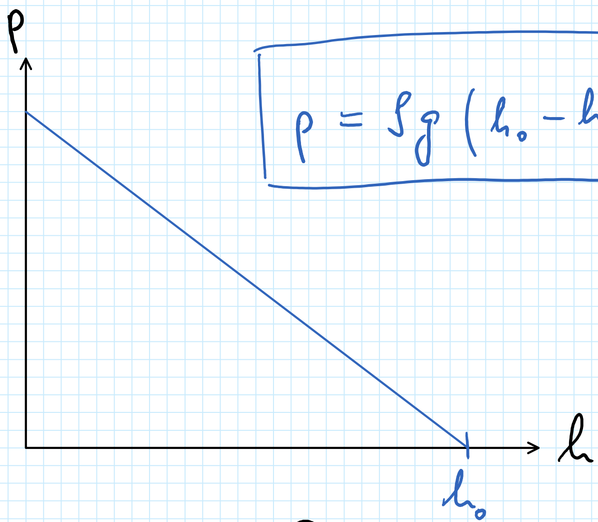
$$F \cong 20\,000 \, N$$

$$F = mg$$

$$m = \frac{F}{g} = \frac{20\,000 \, N}{9{,}81 \frac{m}{s^2}} \approx 2000 \, kg$$

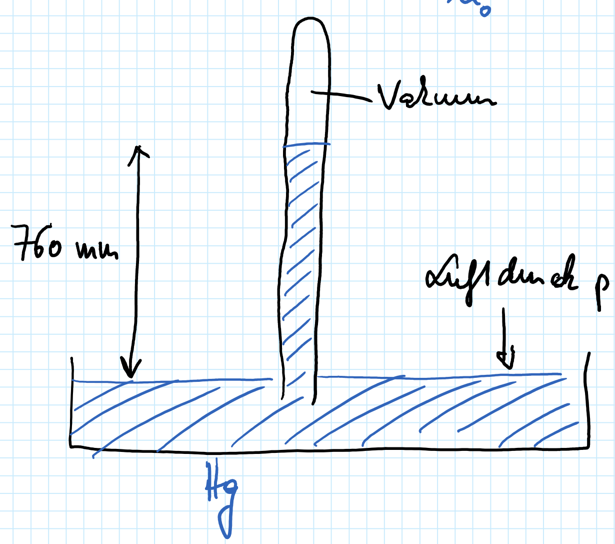
$\rho(h) = const \longrightarrow$ Flüssigkeiten haben konstante Dichte (kaum komprimierbar)





$$\boxed{p = \rho g (h_0 - h)}$$

andere Variante:



Druckverlauf bei Gasen

$\rho_{Luft} \neq const$

Annahme: $\rho_{Luft} = const$

$p = \rho \cdot g \cdot h$

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{p}{\rho \cdot g} = \frac{1{,}013 \cdot 10^5 \, \frac{\cancel{kg}}{\cancel{m}\, s^2}}{1{,}29 \, \frac{\cancel{kg}}{m^3} \cdot 9{,}81 \, \frac{m}{\cancel{s^2}}}$$

Dichte von Luft

(theor.) Höhe der Atmosphäre die zum Luftdruck (1,013 bar) führt

$$\underline{h \approx 8000 \text{ m}}$$

$\Downarrow$

Gipfel des Mount Everest wäre im Vakuum!

$\rho_{Luft} \neq const$ $\Longrightarrow$ p Verlauf im Gas muss anders sein als in der Flüssigkeit!