

Es ändert sich natürlich auch das Volumen eines Körpers. Für den isotropen Festkörper wird der **Volumenausdehnungskoeffizient** analog definiert:

$$\frac{\Delta V}{V} = \gamma \Delta T \quad \text{bzw.} \quad V(T) = V(T_0) (1 + \gamma \Delta T)$$

$$\Delta T = T - T_0$$

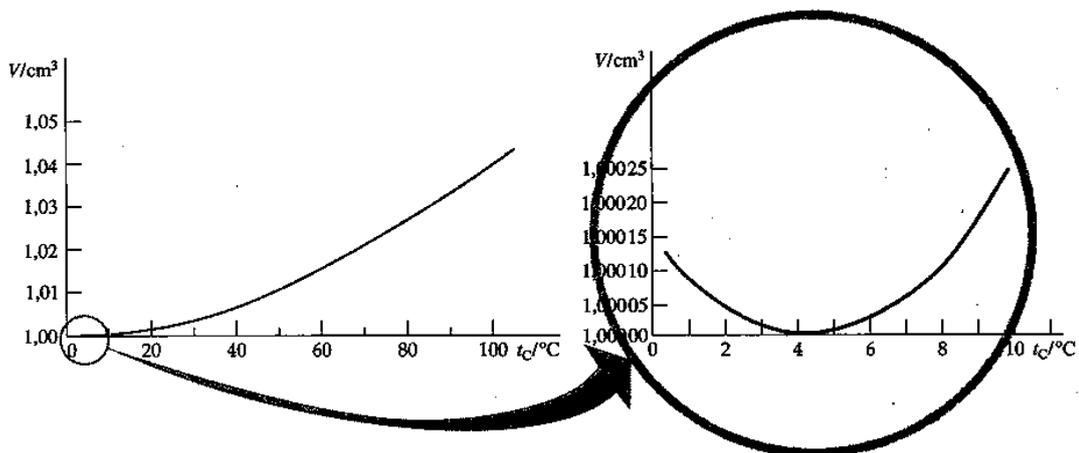
$$[\gamma] = \frac{1}{K}$$

Die gleiche Definition gilt auch für den Volumenausdehnungskoeffizient bei Flüssigkeiten :

Werte für γ (in $10^{-4} 1/K$) bei $20^\circ C$:

| | |
|---------------------------|-------|
| Wasser | 2,07 |
| Äthylalkohol | 11 |
| Quecksilber | 1,8 |
| Wasser (bei $0^\circ C$) | - 0,7 |

Anomalie des Wassers:



Quelle: Tipler

Beachte:

- bei $T = 0^\circ C$: Phasenumwandlung, (denke an Eisberg)

$$\rho_{Eis} = 917 \frac{g}{m^3} \rightarrow 1g \rightarrow V = 1,09 \text{ cm}^3$$

Es lässt sich zeigen: (Übungsblatt)

isotroper Körper: $\gamma = 3\alpha$

anisotroper Körper:

$$\gamma = 3\bar{\alpha}$$

mit $\bar{\alpha} = \frac{1}{3}(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3)$

γ = Volumen-

α = linearer

Ausdehnungs-
koeffizient

Thermische Ausdehnung von Gasen:

Äquivalent zum Festkörper und der Flüssigkeit definiert man den Ausdehnungskoeffizienten γ_V :

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \gamma_V \cdot \Delta T$$

bei $p = \text{const}$

$$[\gamma_V] = \frac{1}{K}$$

Mit $[T_c]$ in $^{\circ}C$ und V_0 als Volumen bei $T_c = 0^{\circ}C$:

$$V = V_0 (1 + \gamma_V T_c) \quad (1)$$

$$[T_c] = ^{\circ}C$$

Beachte $V < 0$ möglich?

Unisau!

$$V = 0 \quad ?$$

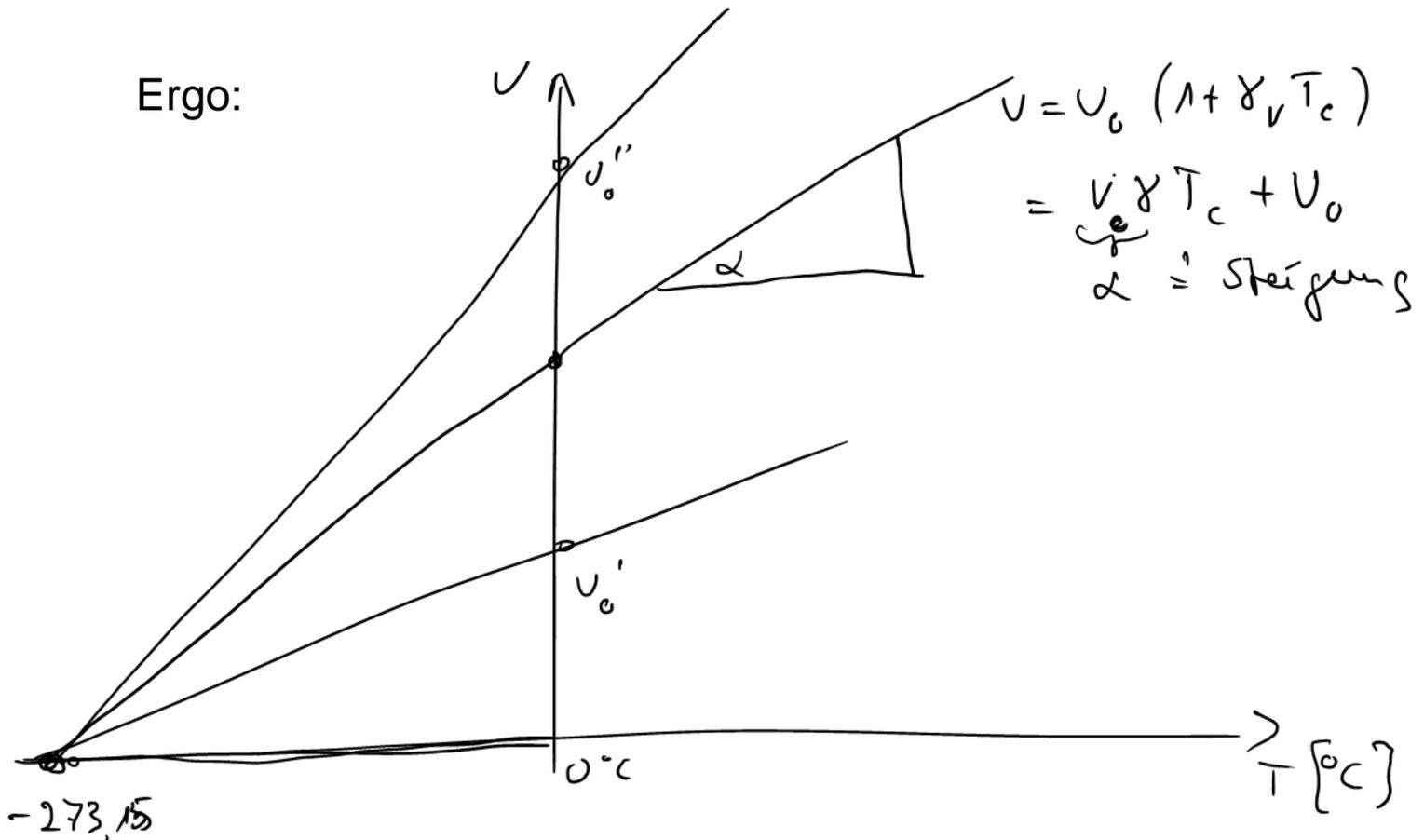
$$(1) \quad V - V_0 = V_0 \gamma_V \cdot T_c \quad \xrightarrow{V \stackrel{!}{=} 0} \quad -V_0 = V_0 \gamma_V \cdot T_c^{(0)}$$

$$\hookrightarrow T_c^{(0)} = -\frac{1}{\gamma_V}$$

Für Gase, die sich ideal verhalten, finden Charles & Gay-Lussac:

$$\gamma_V \approx 3,661 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^{\circ}C} = \frac{1}{273,15} \cdot \frac{1}{^{\circ}C}$$

Ergo:



Beachte:

- negatives Volumen macht keinen Sinn $\rightarrow -273,15^\circ\text{C}$ ist die Temperatur, die man nicht unterschreiten kann (\rightarrow absolute T-Skala).
- In Realität kann $V = 0$ nicht vorkommen, da die Atome und Moleküle eine endliche Ausdehnung haben.
 - \rightarrow Ein Gas verhält sich ideal, wenn man das Eigenvolumen der Gasatome gegenüber dem Gesamtvolumen vernachlässigen kann (notwendige aber nicht hinreichende Bedingung).
 - \rightarrow Jedes Gas zeigt ideales Verhalten, wenn es genügend verdünnt ist, z.B. bei hohen Temperaturen.
- Wenn die Dichte des Gases zu groß ist, zeigen die Gase eine Änderung ihres Verhaltens, man spricht von **realen Gasen** (später).

In weiteren Experimenten zeigten sie: {Charles & Gay-Lussac}

$$p = p_0 (1 + \gamma_p T_c) \quad (2) \quad \text{für } v = \text{const} \quad [\gamma_p] = \frac{1}{T}$$

und vor allem erhielten Sie das sehr wichtige Ergebnis

$$\boxed{\gamma_p = \gamma_v = \gamma}$$

Diese beiden Gesetze [für $V(T)$ und $p(T)$] heißen Gay-Lussac-Gesetz (bzw. Charles law).

Zusammen mit dem Boyle-Mariottesche-Gesetz

folgt unmittelbar die Temperaturabhängigkeit des Produkts pV .

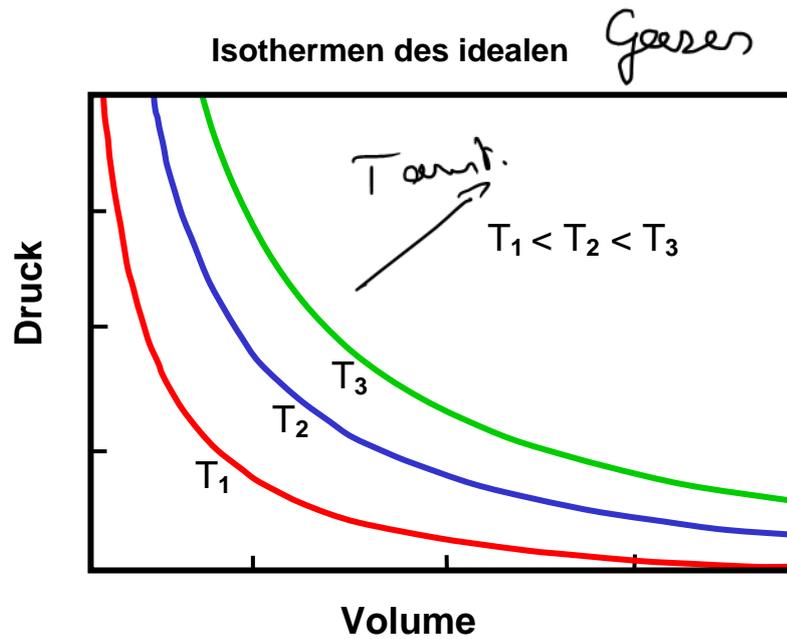
↓ NR

Das Ideale Gas

Also folgt aus beiden Gesetzen

$$\boxed{p \cdot v = \text{const} \cdot T} \quad [T] = K$$

Wenn man diese Abhängigkeit in ein Druck/Volumen - Diagramm entträgt, erhält man die Isothermen des idealen Gases, d. h. Kurven konstanter Temperaturen



Das Volumen eines Gases, z.B. bei Normaldruck, hängt von der im Volumen enthaltenen Stoffmenge ab:

$$p \cdot V \sim n \quad n = \text{Stoffmenge}$$

Definition der Stoffmenge Mol:

Als Mol definiert man diejenige Menge eines Stoffes, deren Masse in Gramm gleich der Molekül- oder Atommassenzahl (d.i. Molekül- oder Atommasse dividiert durch $1/12$ der Masse des C^{12} Isotops) ist.

| | |
|--------------------------|-------------------|
| z.B. 1 Mol He Gas | ~ 4 g Helium |
| 1 Mol H ₂ Gas | ~ 2 g Wasserstoff |
| 1 Mol N ₂ Gas | ~ 28g Stickstoff |

Definition Molvolumen:

Das Molvolumen V_M eines Gases ist das Volumen, das ein Mol des Gases enthält. Ein ideales Gas nimmt bei $T = 0^\circ\text{C}$ und $p = 10^5 \text{ Pa}$ ein Volumen von $22,4 \text{ dm}^3$ ein.

$$\underline{\underline{22,4 \text{ l}}}$$

Ein Mol eines Stoffes enthält immer die gleiche Anzahl von Moleküle oder Atome. Die Anzahl von Teilchen/Mol heißt **Avogadro Konstante** oder **Loschmidtsche Zahl**

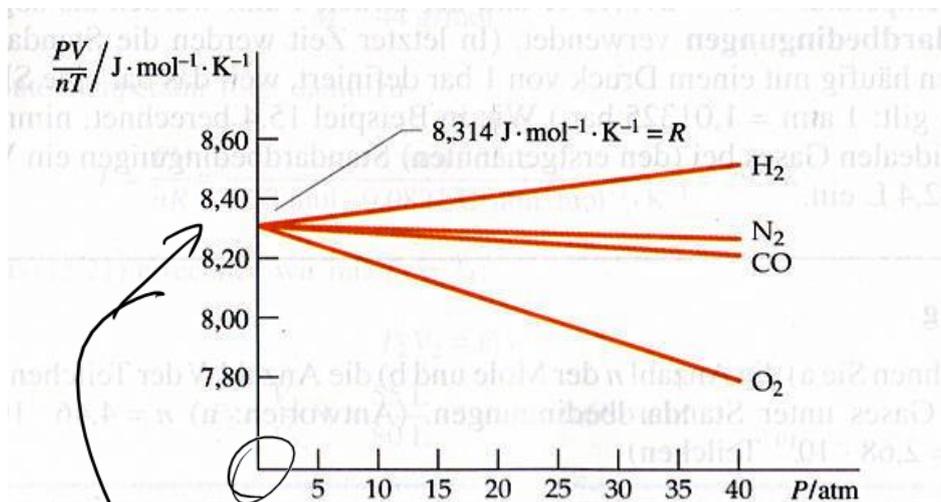
N_A .

$$N_A = 6,022169 \cdot 10^{23} \text{ Teilchen/Mol}$$

Gewissheit
 $\pm 4 \cdot 10^8$ Teilchen
 Mol

! Merke: Mol $\hat{=}$ feste Anzahl von Teilchen
 & die Molmasse eines Mols ist Atommasse in g

$$\frac{p_{\text{Mol}}}{T}$$



$$\frac{p_{\text{Mol}}}{T} = \text{konst.} \cdot \frac{1}{T} = R$$

Quelle: Tipler

$$\text{mit } R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{Mol K}}$$