



## Thermodynamik I – Übung 3

Folien von Dominic Landolf, angepasst durch Pascal Hodel

# Ablauf

- Recap: 1. Hauptsatz für geschlossene Systeme
- Recap: Ideale Gase
- Polytrope Zustandsänderung
  - Allgemein
  - Ideale Gase

# Recap: 1. Hauptsatz für geschlossene Systeme

- Erster Hauptsatz für **geschlossene** Systeme:

$$\Delta E = \Delta KE + \Delta PE + \Delta U = Q - W$$

- Einheiten:  $[E] = [U] = [W] = [Q] = \text{J}$
- **Vorzeichenkonvention Arbeit:**
  - **$W > 0$** : Vom System geleistete Arbeit (abgeführte Arbeit)
  - **$W < 0$** : Am System geleistete Arbeit (zugeführte Arbeit)
- **Vorzeichenkonvention Wärme:**
  - **$Q > 0$** : Dem System zugeführte Wärme
  - **$Q < 0$** : Vom System abgegebene Wärme
- Gilt für Gesamtprozess (z.B. Kreisprozess) und Teilprozesse

# Recap: Ideale Gase

- Recap: Ideale Gasgleichung

$$pV = n\bar{R}T \quad \text{bzw.} \quad pv = RT \quad \text{bzw.} \quad pV = mRT$$

wobei:

- $\bar{R} = 8.314 \text{ J/molK}$  (universelle Gaskonstante)
- $R = \frac{\bar{R}}{M}$  mit  $M$ : Molare Masse (Tab. A-1)

- Kein «Hügel» in Diagrammen
- Innere Energie und Enthalpie sind für ideale Gase nur Funktionen der Temperatur (und nicht des Druckes). Diese Grössen sind jeweils tabelliert.

$$u = u(T) \quad \text{bzw.} \quad h = h(T)$$

# Polytrope Zustandsänderung – Allgemein I

- Volumenarbeit:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p(V) \cdot dV$$

- **Polytrope Zustandsänderung:**

Ansatz für Funktion  $p(V)$ :  $p \cdot V^n = \textit{konst.}$

$$p \cdot v^n = \textit{konst.} \quad \text{mit } n: \text{Polytropenkoeffizient}$$

- Arbeit bei polytropen Zustandsänderungen: LTNT-ZF S. 3&4 (oder abgleichen mit bzw. ergänzen auf eigener ZF)  
→ Unterscheide ob ideales Gas oder realer Stoff (d.h. allgemeiner gültig)!

# Polytrope Zustandsänderung – Allgemein II

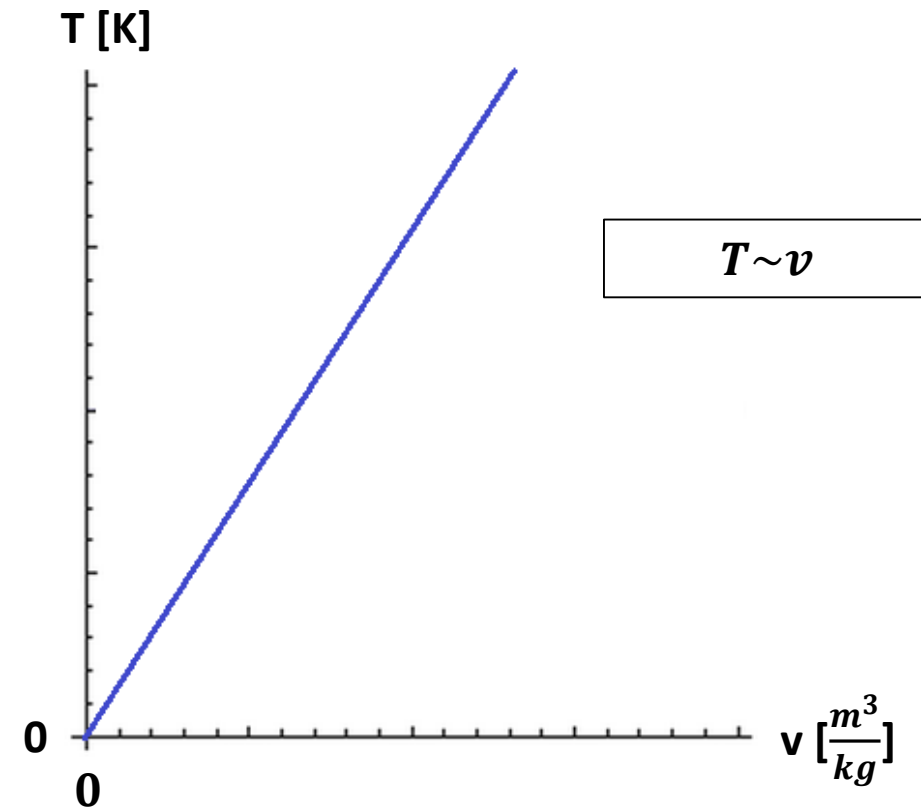
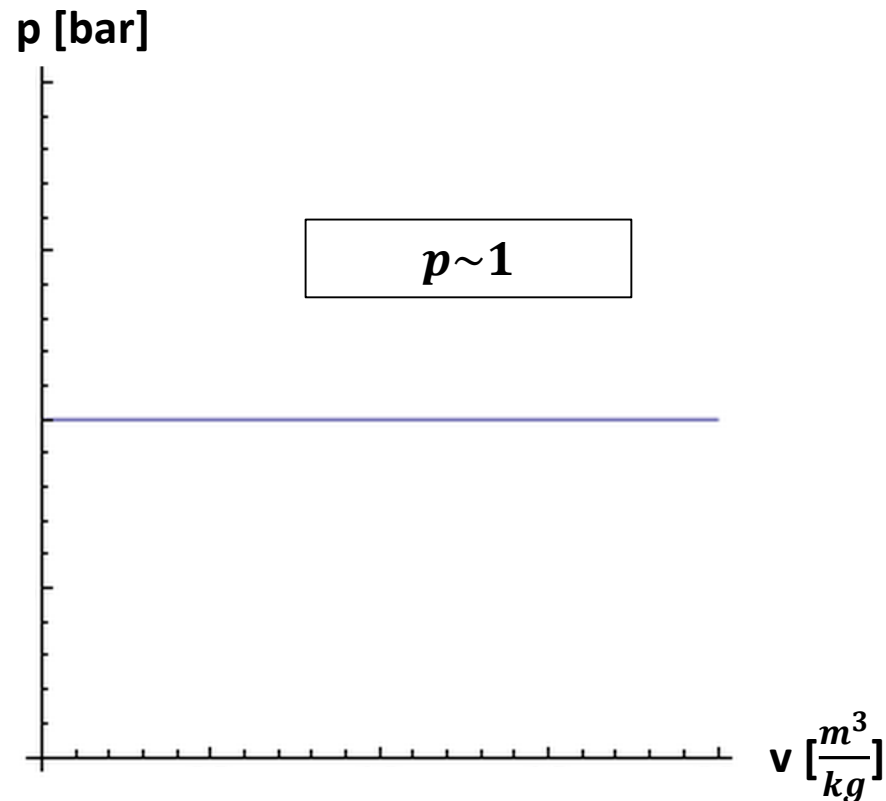
- Polytrope Zustandsänderung zum Vergleich von 2 Zuständen:

$$p \cdot v^n = \textit{konst.} \rightarrow p_1 v_1^n = p_2 v_2^n \rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^n$$

- Polytropenkoeffizient kann alle Werte zwischen  $-\infty$  und  $+\infty$  annehmen, wobei einige spezielle Prozesse ausgewählte Werte für  $n$  haben

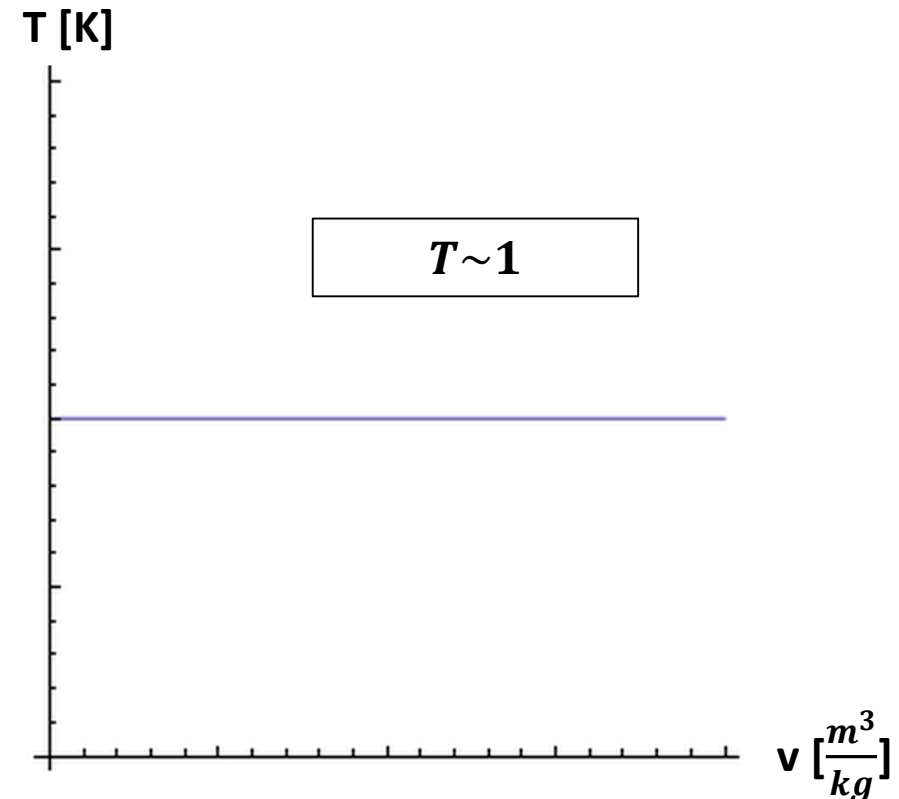
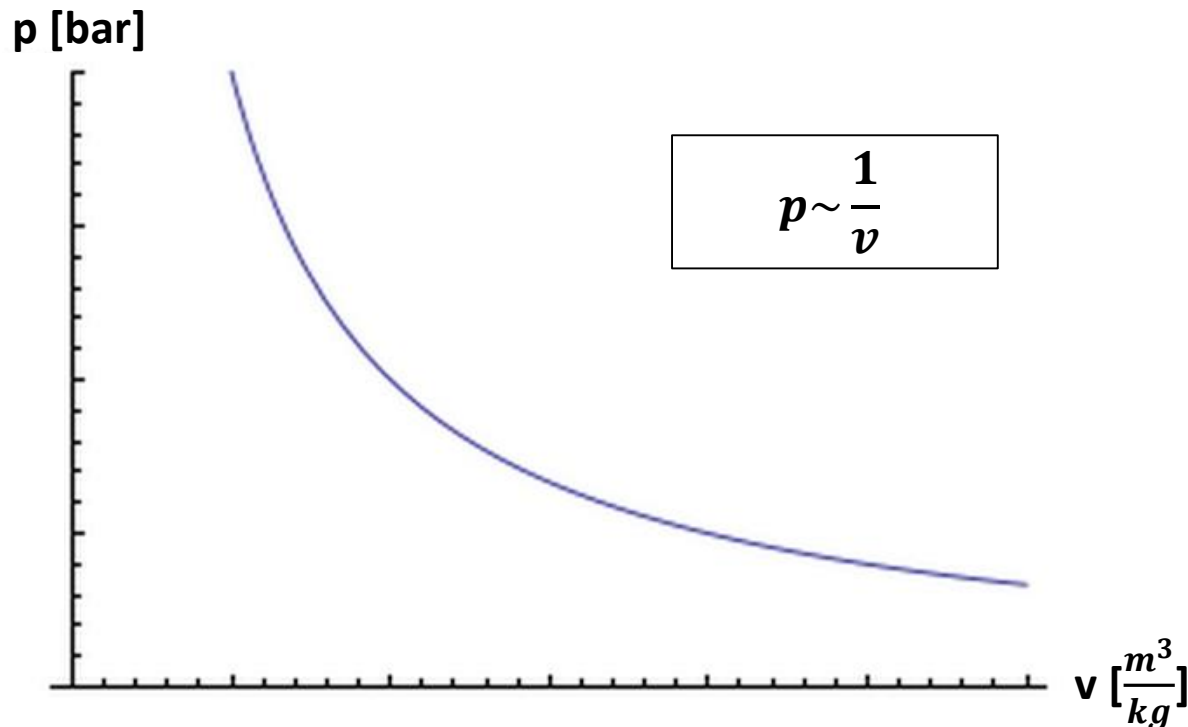
# Polytrope Zustandsänderung – ideale Gase I

- **Isobarer Prozess:**  $p = konst. \rightarrow p \cdot v^0 = konst. \rightarrow n = 0$
- Isobarer Prozess ist polytrope Zustandsänderung mit Polytropenkoeffizient  $n=0$



# Polytrope Zustandsänderung – ideale Gase II

- **Isothermer Prozess:**  $T = konst. \rightarrow R \cdot T = p \cdot v^1 \rightarrow n = 1$
- Isothermer Prozess ist polytrope Zustandsänderung mit Polytropenkoeffizient  $n=1$





# Polytrope Zustandsänderung – ideale Gase III

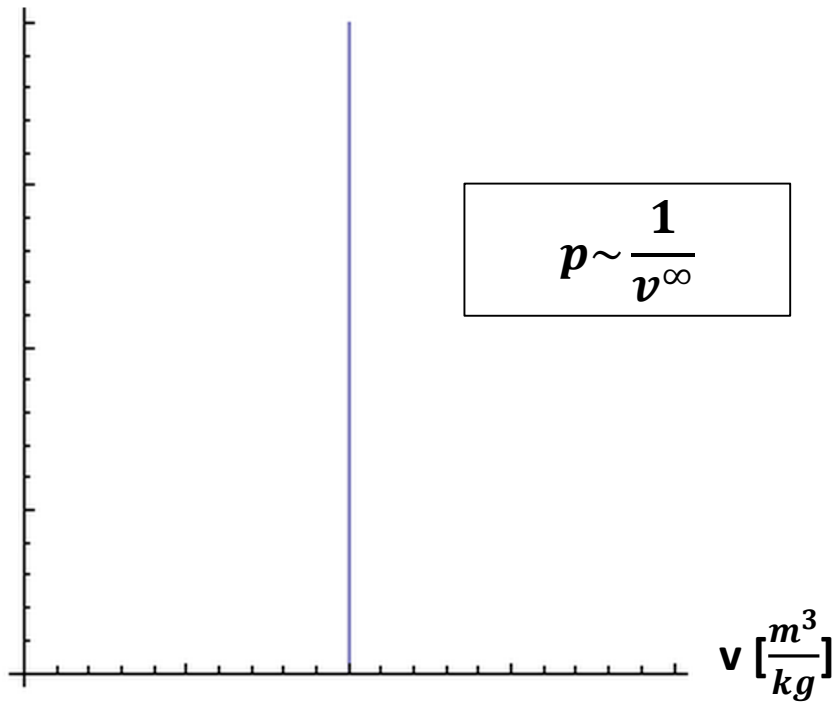
- **Isochorer Prozess:**  $v = konst. \rightarrow \frac{v_1}{v_2} = 1 = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{1/n} \rightarrow \frac{1}{n} = 0 \rightarrow n = \infty$

zur Erinnerung:

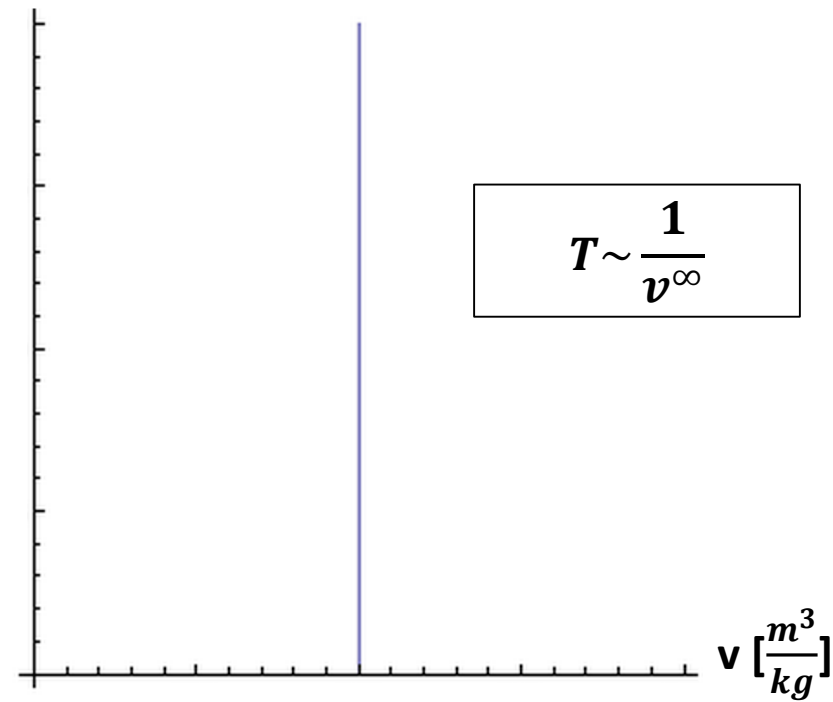
$$p \cdot v^n = konst. \rightarrow p_1 v_1^n = p_2 v_2^n \rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^n$$

- Isochorer Prozess ist polytrope Zustandsänderung mit Polytropenkoeffizient  $n = \infty$

p [bar]



T [K]



# Polytrope Zustandsänderung – ideale Gase IV

- Zusammenfassend: Je grösser  $n$  desto steiler abfallend werden die Kurven

