

# *Physik II für Medis 2022*

Übungsgruppe

**Stunde 5**

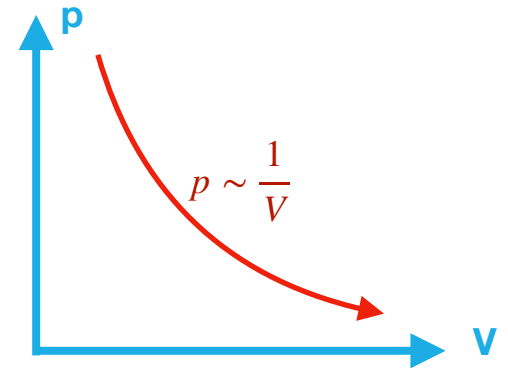
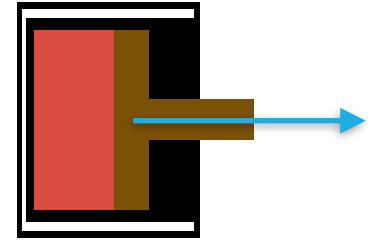


## Intro - Frage

Ein ideales Gas dehnt sich im abgebildeten Volumen aus und drückt dabei den abgebildeten Kolben nach aussen. Im p-V Diagramm sieht der folgt das Gas der rot eingezeichneten Funktion.

Welche Aussagen stimmen?

- A) Das Gas kühlt sich bei der Ausdehnung ab.
- B) Wärme aus der Umgebung wird in Volumenarbeit umgewandelt.
- C) Es handelt sich um einen adiabatischen Prozess.
- D) Es handelt sich um einen Isobaren Prozess.
- E) Die Temperatur des Gases bleibt während des Prozesses gleich.



**Thermodynamische Prozesse**

**Erster Hauptsatz**

**Volumenarbeit**

**Themen heute**

**p-V-Diagramme**

**Rechnen mit  
 $\Delta Q, \Delta W, \Delta U$**

# 1. Hauptsatz der Thermodynamik

Die innere Energie eines Systems kann nur auf zwei Arten geändert werden:  
Durch geleistete Arbeit oder durch Wärmeaustausch.

$$\Delta U = \Delta W + \Delta Q$$

## Innere Energie $U$

= kinetische Energie aller Gasteilchen  
→ verknüpft mit Temperatur !

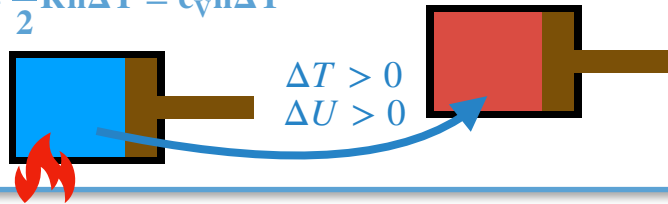
$$\Delta U = \frac{f}{2} n R \Delta T \quad f: \text{Freiheitsgrade}$$

$f = 3$  ideales Gas

## Spezialfall $\Delta W = 0$

$V = \text{const.}$ , Wärmeaustausch mit außen

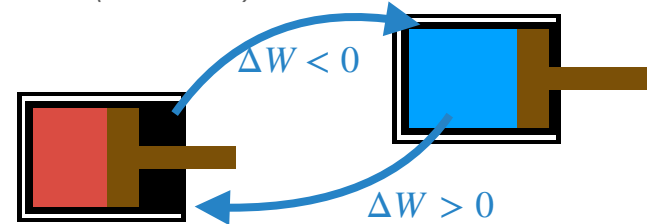
$$\Delta Q = \frac{f}{2} R n \Delta T = c_V n \Delta T$$



## Arbeit durch Volumenänderung

- System, das sich ausdehnt, verrichtet Arbeit ( $\Delta W < 0$ )
- das System komprimieren braucht Arbeit ( $\Delta W > 0$ )

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



# Prozesse im PV - Diagramm

**Isobar:**  $p = \text{konst.}$   
 $V \sim T$

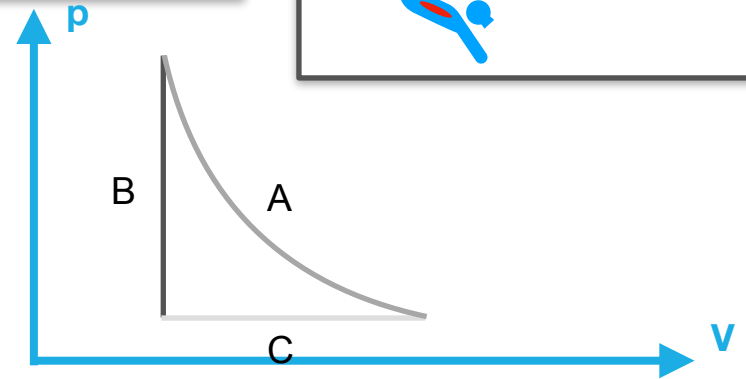
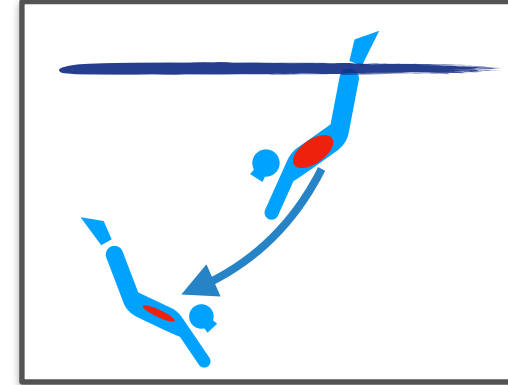
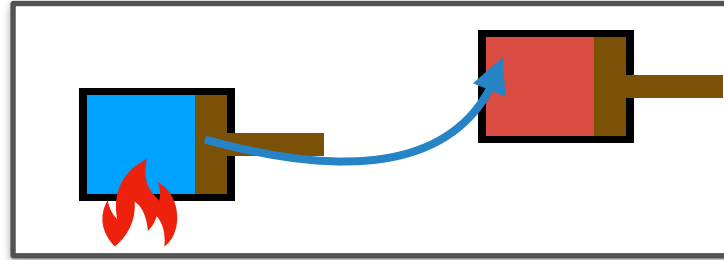
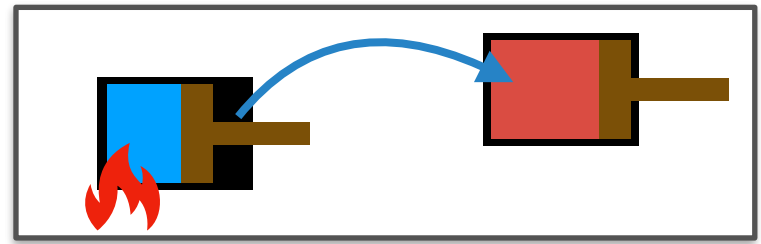
**Isotherm:**  $T = \text{konst.}$   
 $p \sim \frac{1}{V}$

**Isochor:**  $V = \text{konst.}$   
 $p \sim T$

$$\Delta W = 0$$
$$\Delta Q = \Delta U$$

$$\Delta Q > 0$$
$$\Delta W < 0$$

$$\Delta U = 0$$
$$\Delta Q = -\Delta W$$



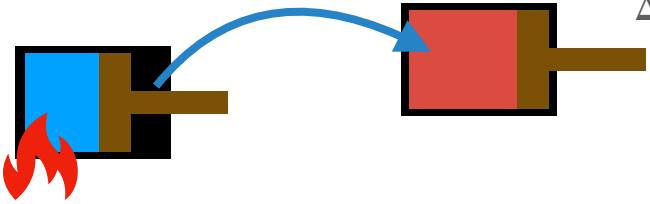
# Prozesse im PV - Diagramm

**Isobar:**  $p = \text{konst.}$

$$V \sim T$$

Isobare Expansion:

$$\begin{aligned} \Delta U &> 0 \\ \Delta Q &> 0 \\ \Delta W &< 0 \end{aligned}$$



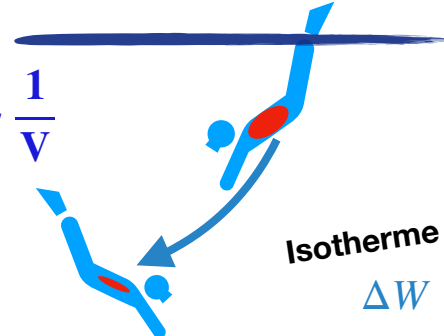
**Isotherm:**  $T = \text{konst.}$  "Wärmebad"

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

$$\begin{aligned} \Delta U &= 0 \\ \Delta Q &= -\Delta W \end{aligned}$$

Isotherme Kompression:

$$\begin{aligned} \Delta W &> 0 \\ \Delta Q &< 0 \end{aligned}$$



$$pV = nRT$$

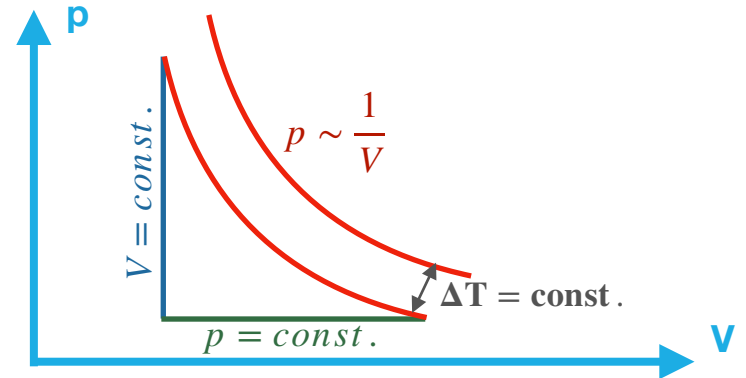
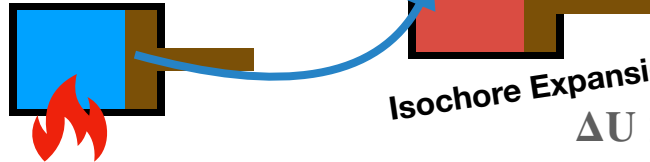
**Isochor:**  $V = \text{konst.}$

$$p \sim T$$

$$\begin{aligned} \Delta W &= 0 \\ \Delta Q &= \Delta U \end{aligned}$$

Isochore Expansion:

$$\Delta U > 0$$



# Adiabatische Prozesse

Bei einem adiabatischen Prozess findet kein Wärmeaustausch mit der Umgebung statt.

$$\Delta Q = 0 \Rightarrow \Delta U = \Delta W$$

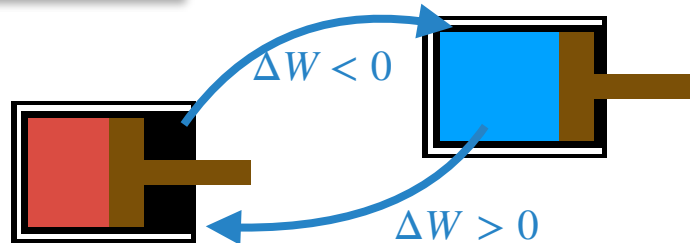
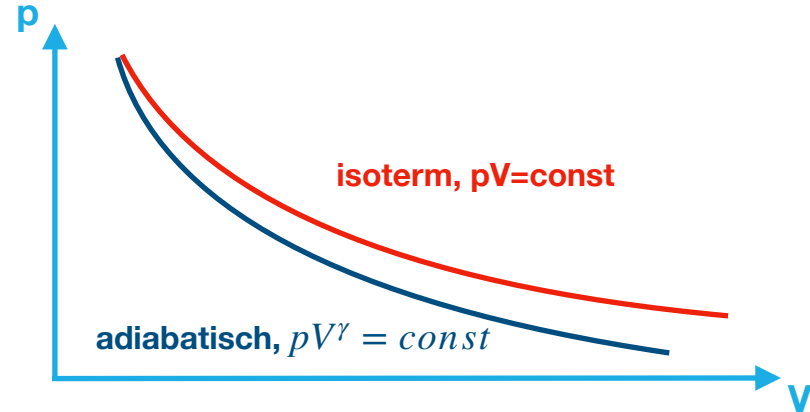
Es gilt bei Adiabasis:

$$pV^\gamma = \text{const.}$$

Ideales Gas:  $\gamma = \frac{5}{3}$

**Achtung:**

$pV = nRT$  gilt auch,  
aber  $T \neq \text{const.}$



# Rechnungen im PV-Diagramm

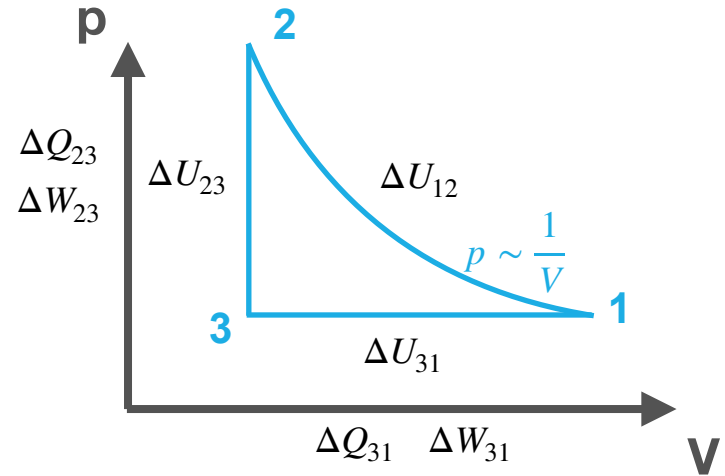
Was sind die Beziehungen der abgebildeten Grössen?

$$\Delta U_{12} \quad \Delta U_{23} \quad \Delta U_{31}$$

$$\Delta W_{23} \quad \Delta Q_{23} \quad \Delta W_{31} \quad \Delta Q_{31}$$

$$T_1 \quad T_2 \quad T_3$$

$$\frac{\Delta Q_{23}}{\Delta Q_{31}} =$$





# Rechnungen im PV-Diagramm

Was sind die Beziehungen der abgebildeten Grössen?

$$\Delta U_{23} = -\Delta U_{31} \quad \Delta U_{12} = 0$$

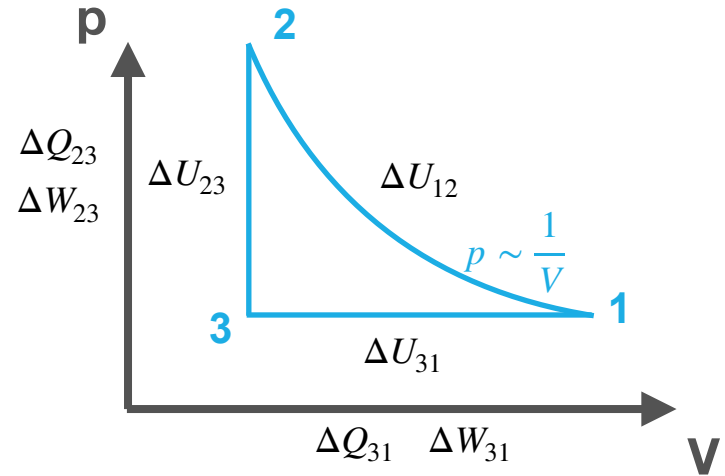
$$\Delta W_{23} = 0 \quad \Delta W_{31} = -(\Delta Q_{31} + \Delta Q_{23})$$

$$T_2 = T_1 \quad T_3 < T_1$$

$$\frac{\Delta Q_{23}}{\Delta Q_{31}} = -\frac{c_p}{c_v} = -\frac{f+2}{f} \quad \text{mit}$$

$$\Delta Q_{23} = n c_p \Delta T_{23}$$

$$\Delta Q_{31} = n c_v \Delta T_{31}$$



# Geschwindigkeit beim Problemlösen

Welche Formel wird bei den jeweiligen Aufgabenteilen gebraucht?

## 3. Aufgabe

Lernziel: Adiabatische Zustandsänderung üben, innere Energie üben

Kapitel: 10.5

Betrachten Sie ein Mol eines idealen einatomigen Gases, das adiabatisch vom Volumen  $V_1$ , Druck  $p_1$  und Temperatur  $T_1$  zum Volumen  $V_2$ , Druck  $p_2$  und Temperatur  $T_2$  expandiert. Gegeben seien  $V_1 = 0.045 \text{ m}^3$ ,  $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$  und  $p_2 = 6 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ .

- Wie gross ist das Volumen  $V_2$ ?
- Was ist der Betrag der Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  in Kelvin?
- Wie gross ist die Änderung der inneren Energie  $\Delta U$  bei diesem Vorgang?
- Was ist der Wert der vom Gas verrichteten Arbeit?

# Geschwindigkeit beim Problemlösen

Welche Formel wird bei den jeweiligen Aufgabenteilen gebraucht?

## 3. Aufgabe

Lernziel: Adiabatische Zustandsänderung üben, innere Energie üben

Kapitel: 10.5

Betrachten Sie ein Mol eines idealen einatomigen Gases, das adiabatisch vom Volumen  $V_1$ , Druck  $p_1$  und Temperatur  $T_1$  zum Volumen  $V_2$ , Druck  $p_2$  und Temperatur  $T_2$  expandiert. Gegeben seien  $V_1 = 0.045 \text{ m}^3$ ,  $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$  und  $p_2 = 6 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ .

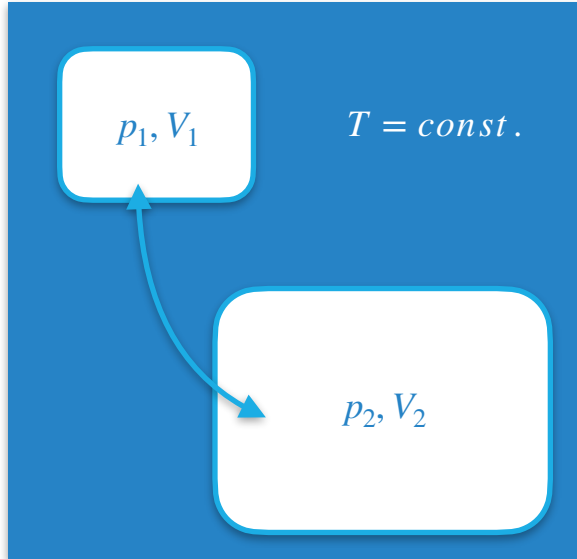
a) Wie gross ist das Volumen  $V_2$ ?  $pV^\gamma = \text{const.}$

b) Was ist der Betrag der Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  in Kelvin?  $pV = nRT$

c) Wie gross ist die Änderung der inneren Energie  $\Delta U$  bei diesem Vorgang?  $\Delta U = \frac{f}{2}nR\Delta T$

d) Was ist der Wert der vom Gas verrichteten Arbeit?  $\Delta U = \Delta W + \Delta Q$   $\Delta Q = 0$

# Isotherme Volumenänderung



$$\Delta T = 0$$

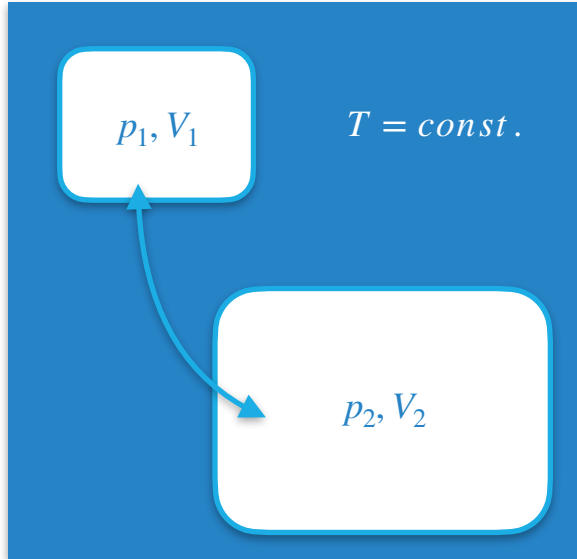
Was sind  $\Delta U$ ,  $\Delta W$  und  $\Delta Q$  ? Berechne, wenn nötig.

$$\Delta U =$$

$$\Delta Q =$$

$$\Delta W =$$

# Isotherme Volumenänderung



$$\Delta T = 0$$

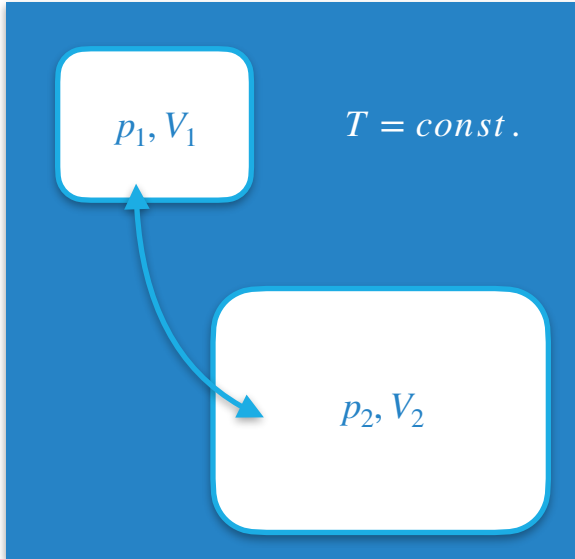
Was sind  $\Delta U$ ,  $\Delta W$  und  $\Delta Q$  ? Berechne, wenn nötig.

$$\Delta U = 0$$

$$\Delta Q = -\Delta W$$

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

# Isotherme Volumenänderung



$$\Delta T = 0$$

Was sind  $\Delta U$ ,  $\Delta W$  und  $\Delta Q$  ? Berechne, wenn nötig.

$$\Delta U = 0$$

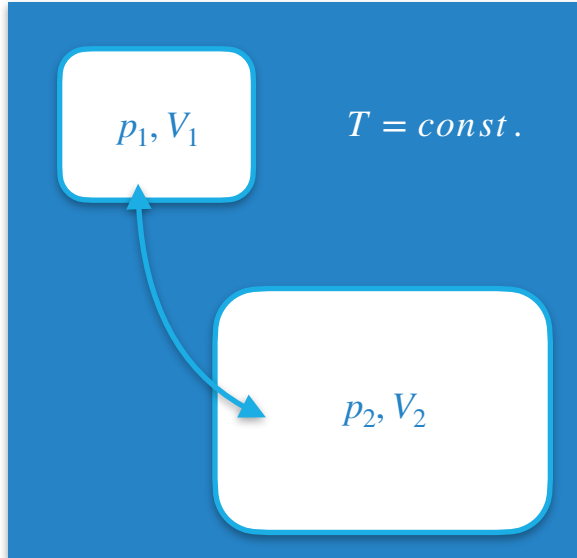
$$\Delta Q = -\Delta W$$

$$\Delta W = - \int_{V_1}^{V_2} p(V) dV = \int_{V_2}^{V_1} \frac{nRT}{V} dV$$

Isotherme:  $p = \frac{\text{const.}}{V}$

Adiabatisch wäre  
hier stattdessen  
 $p = \frac{\text{const}}{V^\gamma}$

# Isotherme Volumenänderung



$$\Delta T = 0$$

Was sind  $\Delta U$ ,  $\Delta W$  und  $\Delta Q$  ? Berechne, wenn nötig.

$$\Delta U = 0$$

$$\Delta Q = -\Delta W$$

$$\Delta W = - \int_{V_1}^{V_2} p(V) dV = \int_{V_2}^{V_1} \frac{nRT}{V} dV$$

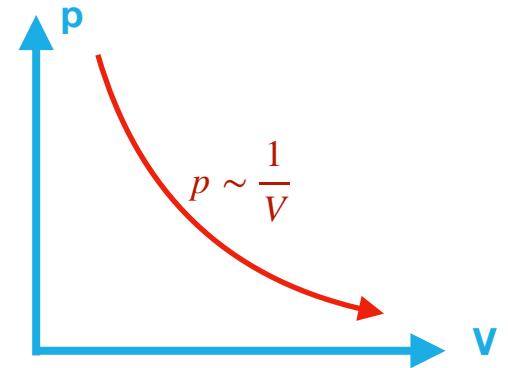
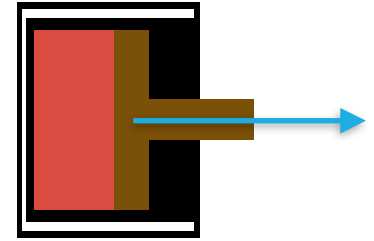
$$\Delta W = nRT \ln \frac{V_1}{V_2}$$

## Intro - Frage

Ein ideales Gas dehnt sich im abgebildeten Volumen aus und drückt dabei den abgebildeten Kolben nach aussen. Im p-V Diagramm sieht der folgt das Gas der rot eingezeichneten Funktion.

Welche Aussagen stimmen?

- A) Das Gas kühlt sich bei der Ausdehnung ab.
- B) Wärme aus der Umgebung wird in Volumenarbeit umgewandelt.
- C) Es handelt sich um einen adiabatischen Prozess.
- D) Es handelt sich um einen Isobaren Prozess.
- E) Die Temperatur des Gases bleibt während des Prozesses gleich.





# Intro - Frage

Ein ideales Gas dehnt sich im abgebildeten Volumen aus und drückt dabei den abgebildeten Kolben nach aussen. Im p-V Diagramm sieht der folgt das Gas der rot eingezeichneten Funktion.

Welche Aussagen stimmen?

A) Das Gas kühlt sich bei der Ausdehnung ab.

Innere Energie /  
Temperatur bleiben  
gleich



Wärme aus der Umgebung wird in Volumenarbeit umgewandelt.

C) Es handelt sich um einen adiabatischen Prozess.

Isothermer Prozess!

D) Es handelt sich um einen Isobaren Prozess.



Die Temperatur des Gases bleibt während des Prozesses gleich.

