

# Gase zwischen Mechanik und Wärmelehre

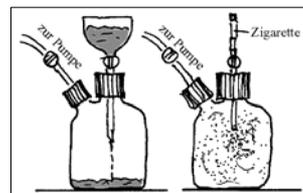
Gase zwischen Mechanik und Wärmelehre, Folie 1

## Gase und kondensierte Stoffe

Einteilung: Feststoffe ↔ Fluide (flüssig/gasig; können strömen)

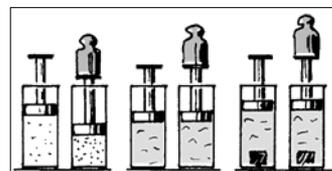
Gase ↔ kondensierte Stoffe (fest/flüssig)

Gase füllen den ganzen ihnen zur Verfügung stehenden Raum aus, kondensierte Stoffe nicht.



Gase lassen sich zusammendrücken, kondensierte Stoffe fast nicht.

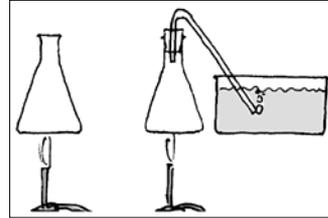
⇒ Die Dichte von Gasen erhöht sich bei Druckzunahme, die von kondensierten Stoffen fast nicht.



Gase zwischen Mechanik und Wärmelehre, Folie 2

## Gase und kondensierte Stoffe

Gase dehnen sich bei Entropiezufuhr aus, kondensierte Stoffe fast nicht.



*Anmerkung:*

Bei Untersuchung von Gasen: 4 Variablen

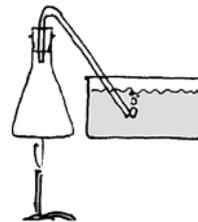
- |                  |                      |            |
|------------------|----------------------|------------|
| - Volumen $V$    | } mechanische Größen | } Kopplung |
| - Druck $p$      |                      |            |
| - Entropie $S$   | } thermische Größen  |            |
| - Temperatur $T$ |                      |            |

Zustand durch 2 Größen festgelegt, d. h. 2 Werte sind wählbar.

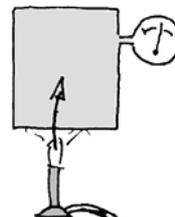
Gase zwischen Mechanik und Wärmelehre, Folie 3

## Qualitative Zusammenhänge

- (1) Führt man einem Gas bei konstantem Druck Entropie zu, so nimmt sein Volumen zu (und die Temperatur steigt).
- $p = \text{const}$   
 $S \uparrow$   
 $V \uparrow$   
 $T \uparrow$



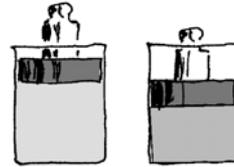
- (2) Führt man einem Gas bei konstantem Volumen Entropie zu, so wächst sein Druck (und die Temperatur steigt).
- $V = \text{const}$   
 $S \uparrow$   
 $p \uparrow$   
 $T \uparrow$



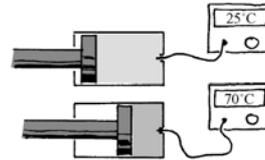
Gase zwischen Mechanik und Wärmelehre, Folie 4

## Qualitative Zusammenhänge

- (3) Verringert man  
bei konstanter Temperatur  $T = \text{const}$   
das Volumen eines Gases,  $V \downarrow$   
so nimmt seine Entropie ab  $S \downarrow$   
(und der Druck steigt).  $p \uparrow$



- (4) Verringert man  
bei konstanter Entropie  $S = \text{const}$   
das Volumen eines Gases,  $V \downarrow$   
so wächst seine Temperatur  $T \uparrow$   
(und der Druck steigt).  $p \uparrow$



Gase zwischen Mechanik und Wärmelehre, Folie 5

## Qualitative Zusammenhänge

$$p = \text{const} \quad S \uparrow \quad V \uparrow \quad T \uparrow \quad (1)$$

$$V = \text{const} \quad S \uparrow \quad p \uparrow \quad T \uparrow \quad (2)$$

$$T = \text{const} \quad V \downarrow \quad S \downarrow \quad p \uparrow \quad (3)$$

$$S = \text{const} \quad V \downarrow \quad T \uparrow \quad p \uparrow \quad (4)$$

Gase zwischen Mechanik und Wärmelehre, Folie 6

## Oberstufe: Quantitative Zusammenhänge

1. Gasgleichung:  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$   $R = 8,3144 \text{ Ct/mol}$

(1) Bei konstantem Druck ist das Volumen proportional zur Temperatur.

$$V / T = \text{const.} \quad (\text{Gay-Lussac})$$

(2) Bei konstantem Volumen ist der Druck proportional zur Temperatur.

$$p / T = \text{const.} \quad (\text{Amonton})$$

(3) Bei konstanter Temperatur ist das Produkt aus Volumen und Druck konstant.

$$p \cdot V = \text{const.} \quad (\text{Boyle-Mariotte})$$

Ein mol eines beliebigen Gases hat bei Standardbedingungen (25°C, 1 bar) ein Volumen von 25 Litern.

Gase zwischen Mechanik und Wärmelehre, Folie 7

## Oberstufe: Quantitative Zusammenhänge

1. Gasgleichung:  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

2. Prozesse mit konstanter Entropie

(4)  $(T / T_0) = (V_0 / V)^\beta$  wenn  $S = \text{const}$

*Anmerkung:*

$\beta = \gamma - 1 = (c_p / c_v) - 1$  gibt an, wie stark sich die Temperatur bei isentroper Kompression erhöht.

	$\beta$
Luft	0,4
Wasserdampf	0,3
CO <sub>2</sub>	0,29
Helium	0,63
Licht	0,33

mit Gasgleichung:  $(T / T_0) = (p / p_0)^{(\beta / (\beta + 1))}$  wenn  $S = \text{const}$

Gase zwischen Mechanik und Wärmelehre, Folie 8

## Oberstufe: Quantitative Zusammenhänge

Beispiel: Druckluftfeuerzeug

$$T_0 = 300 \text{ K}, V_0 = 10 \text{ cm}^3, V = 1 \text{ cm}^3, \beta = 0,4$$

$$(T / T_0) = (V_0 / V)^\beta \quad \text{wenn } S = \text{const}$$

$$T = T_0 \cdot (V_0 / V)^\beta$$

$$T = 300 \text{ K} \cdot (10/1)^{0,4} = 300 \text{ K} \cdot 2,5 = 750 \text{ K}$$

Gase zwischen Mechanik und Wärmelehre, Folie 9

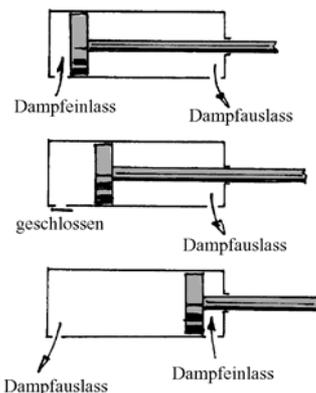
## Die Funktionsweise von Wärmemotoren

In einem Wärmemotor lässt man ein Gas sich entspannen. Dabei nehmen Druck und Temperatur des Gases ab, und das Gas gibt Energie ab.

Beispiel Kolbendampfmaschine

Problem: Entropie schnell in den Kolben hinein und hinaus zu bekommen.

Hier: konvektiv mit heißem Wasserdampf



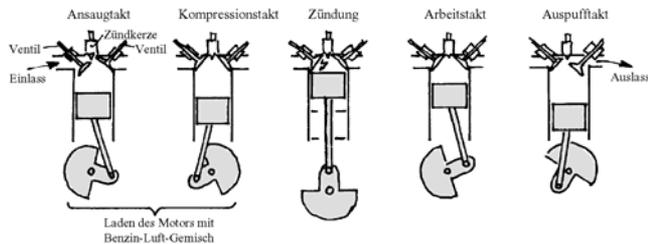
Gase zwischen Mechanik und Wärmelehre, Folie 10

## Die Funktionsweise von Wärmemotoren

In einem Wärmemotor lässt man ein Gas sich entspannen. Dabei nehmen Druck und Temperatur des Gases ab, und das Gas gibt Energie ab.

Beispiel Ottomotor

Hier: Erzeugung der Entropie im Kolben durch Verbrennung



Gase zwischen Mechanik und Wärmelehre, Folie 11

## Warum die Luft über der Erdoberfläche nach oben hin kälter wird

Luft ist ein schlechter Wärmeleiter  $\Rightarrow$  Entropie konstant.

Eine absinkende Luftportion zieht sich wegen zunehmendem Druck zusammen  $\Rightarrow$  Temperatur steigt.

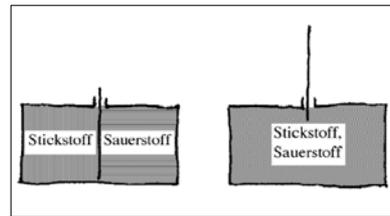
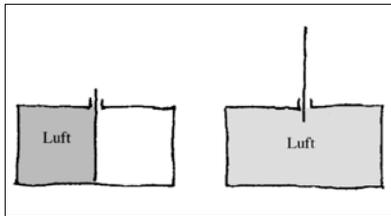
Bei aufsteigender Luftportion umgekehrt.

## Die thermische Konvektion

- Beispiele:
- Luftkreislauf im Zimmer (Heizung)
  - Seewind
  - Passatwind
  - Thermik (Segelflieger / Vögel)

Gase zwischen Mechanik und Wärmelehre, Folie 12

## Oberstufe: Irreversible Prozesse



### 1. Expansion ins Vakuum

Vorgang ist nicht umkehrbar.

⇒ Bei der Expansion eines Gases ins Vakuum entsteht Entropie.

Die Temperatur bleibt gleich.

### 2. Das Mischen von Gasen

Vorgang ist nicht umkehrbar.

⇒ Beim Mischen von Gasen entsteht Entropie.