

Beachte:

- Es handelt sich hierbei um reversibel zu- und abgeführte Wärmen
- Das Integral bedeutet, dass über einen vollständigen Kreisprozess die infinitesimalen reduzierten Wärmen aufsummiert werden.

Damit folgt unmittelbar die Existenz einer neuen Zustandsgröße. Da das Integral der reversiblen reduzierten Wärmen zwischen zwei Zuständen

$$\int_A^B \frac{dQ_{rev}}{T} = \int_A^B ds = S_B - S_A$$

unabhängig vom „Weg“ (der reversiblen Prozessführung) ist, beschreibt es die Änderung einer Zustandsgröße. Die Zustandsgröße heißt **Entropie**.

Beachte:

- $\Delta Q$  ist keine Zustandsgröße. Die in einem Prozess ab- oder zugeführte Wärmemenge (auch die reversible) hängt immer vom Prozess ab.
- Die reversible reduzierte Wärmemenge hingegen ist unabhängig vom Prozess und gibt die Änderung der Zustandsgröße Entropie an.
- Es gilt aber nicht, dass es einen Wärmeaustausch mit der Umgebung geben muss, damit sich die Entropie ändert!
- Die Gleichung gibt lediglich an, wie man die Entropieänderung bestimmen kann, wenn man Anfangs- und Endpunkt kennt.

- Wird bei dem reversiblen Prozess keine Wärme mit der Umgebung ausgetauscht (reversible Adiabate!), dann ändert sich die Entropie nicht. Ein solcher Prozess nennt man **isentrop** Zustandsänderung.

Wird ein Teilstück irreversibel durchlaufen, gilt: (analog)

$$\int \frac{dQ_{irr}}{T} < 0$$

Mit reversiblen „Rückprozess“:

$$\int_A^B \frac{dQ_{irr}}{T} + \int_B^A \frac{dQ_{rev}}{T} < 0$$

$$\int_A^B \frac{dQ_{irr}}{T} < S_B - S_A$$

→ Bei einem irreversiblen Prozess ist also die Entropiezunahme stets größer als die Summe der (mit der Umgebung oder Wärmebäder) ausgetauschten reduzierten Wärmemengen.

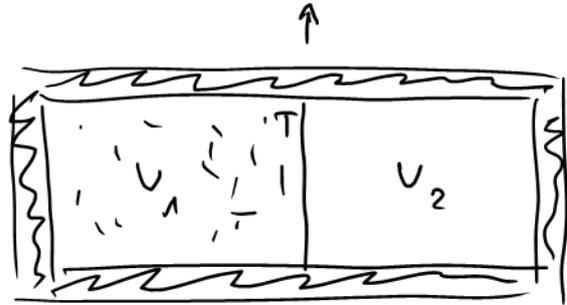
Bei einem adiabatischen Prozess, oder durch Erweiterung des Systems um das Wärmebad, gilt  $dQ = 0$  und damit:

$$\boxed{S_B - S_A > 0} \quad \text{bzw.} \quad \boxed{S_B > S_A}$$

→ Formulierung des 2. Hauptsatzes nach Clausius:

In einem abgeschlossenen System nimmt die Entropie bei einem irreversiblen Prozess stets zu. Von selbst verlaufen also nur die Vorgänge, bei der die Entropie wächst.

Bsp:



$$V = V_1 + V_2$$

1) Gay-Lussac-Versuch:

Irreversible Expansion eines idealen Gases von  $V_1$  auf  $V$  ohne Änderung der Temperatur (natürlich!)

$$\Delta S = \frac{\Delta Q_{\text{rev}}}{T} = n R \ln \frac{V}{V_1}$$

2) Entropie des idealen Gases:

$$dU = dQ_{\text{rev}} - (p dV)_{\text{rev}}$$

$$dQ_{\text{rev}} = dU + (p dV)_{\text{rev}}$$

$$dS = \frac{dQ_{\text{rev}}}{T} = \frac{dU}{T} + \left(\frac{p}{T} dV\right)_{\text{rev}}$$

mit  $C_{iV}$  & idealen Gasgleich. (immer gleich gew.)

$$dS = n C_{iV} \frac{dT}{T} + n R \frac{dV}{V}$$

$$S = \int dS = n C_{iV} \ln T + n R \ln V + S_0$$