

605c siehe auch: 552 Streitgespräch zwischen zwei Physikern

Zustand 1 – leere Pressluftflasche – Luftvolumen noch außerhalb

- [01] Pressluftflasche ist leer
Die Luftmenge m_1 , die nachher in der Pressluftflasche ist, befindet sich im Moment noch bei dem Volumen V_1 , der Temperatur T_1 (Umgebungstemperatur) und Umgebungsdruck p_1 ($\approx 1\text{bar}$) und der Entropie S_1 außerhalb der Pressluftflasche. Wir ziehen eine gedankliche! Systemgrenze um diese Luftmenge.
- [02] Diese Luftmenge enthält die Energie E_1

Prozess: Komprimierung

- [03] Der Kompressor presst diese Luftmenge unter Energieaufwand ΔE in die Pressluftflasche – nun ist die Luftmenge in der Pressluftflasche.

Zustand 2 – gefüllt, heiße Pressluftflasche

- [04] Die Luftmenge steht nun nach der Befüllung in der Pressluftflasche bei einem Volumen V_2 ($V_2 < V_1$) unter einem Druck p_2 ($p_2 > p_1$) bei einer Temperatur T_2 ($T_2 > T_1$)
- [05] Die Energie ΔE , die der Kompressor aufgebracht hat, steckt direkt nach der Befüllung (unter der Annahme eines thermisch isolierten Systems ... z.B. wenn dieser Vorgang so schnell geht, dass keine thermische Energie in die Umgebung entweicht) in der Pressluftflasche – $E_2 = E_1 + \Delta E$
Das bedeutet aber zwangsweise, dass die Bewegungsenergie der Gasteilchen in der Pressluftflasche größer sein muss als vorher ... das passt dazu, dass T_2 größer ist als T_1 .
- [06] Die allgemeine Gasgleichung $p \cdot V/T = \text{konstant}$ ist bei diesem Vorgang erfüllt.
- [07] Die Entropie S bleibt bei diesem mechanischen Befüllvorgang konstant ($S_1 = S_2$). Sie kann bei einem „thermisch isolierten System“ nicht abnehmen ... und weil es sich bei der Kompression um einen mechanischen Energiebeitrag ΔE handelt, nimmt die Entropie auch nicht zu (von Reibungsvorgängen bei der Befüllung wollen wir auch absehen! – idealer mechanischer Vorgang – früher nannte man diesen Vorgang: mechanische Arbeit).
- [08] Wenn die Gasmenge aber in einem kleineren Volumen steckt, dann ist die zugehörige Energie im „Ortsraum“ kleiner – ABER im „Impulsraum“ (Geschwindigkeitsraum) wächst die Entropie an – deshalb ist die komprimierte Gasmenge ja auch auf einer höheren Temperatur als vorher.

Prozess: Abkühlung bis zum thermodynamischen Gleichgewicht

- [09] Nun stellt man die „heiße Pressluftflasche“ in einen Lagerraum und wartet ab, bis sich die Pressluftflasche in einem thermodynamischen Gleichgewicht mit der Umgebung befindet. Bei diesem Abkühlvorgang fließt thermische Energie (früher Wärme ΔQ) zusammen mit Entropie ΔS aus der Pressluftflasche in die Umgebung ... so lange, bis die Temperatur T_3 auf die Temperatur T_1 (Umgebungstemperatur) abgesunken ist.

Zustand 3 – gefüllt, abgekühlte Pressluftflasche

- [10] Nach dieser Zeit (wenn sich die Pressluftflasche im thermodynamischen Gleichgewicht mit der Umgebung befindet) enthält die Pressluftflasche also weniger Entropie als vorher – also $S_3 < S_2$ ($=S_1$).
- [11] Und die Energie in der Pressluftflasche E_3 ist wieder auf den Wert E_1 abgesunken. Die Energie ΔE , die durch den Kompressor an mechanischer Energie in die Pressluftflasche gekommen ist, fließt mit der Entropie $\Delta S = \Delta E/T$ in die Umgebung ab.
- [12] Wir haben also eine Pressluftflasche mit $V_3 = V_2$; $T_3 = T_1$; $p_3 = p_2$; $E_3 = E_1$; $S_3 = S_1 - (\Delta E / T)$

Prozess: Pressluftflasche treibt einen Presslufthammer an ...

- [13] Es wird mechanische Energie ΔE^* an den Presslufthammer geliefert.
- [14] Diese mechanische Energie ΔE^* kommt aus der Pressluftflasche – sie fehlt in der Pressluftflasche – also sinkt die Temperatur in der Pressluftflasche ab.
- [15] Das Gasvolumen nimmt bei diesem Vorgang zu – es strömt ja aus der Pressluftflasche. Das heißt, die Entropie im Ortsraum nimmt zu ... diese Zunahme der Entropie im Ortsraum passt zur Abnahme der Entropie im Impulsraum (denn die Temperatur sinkt).
- [16] Wenn zwischen der Umgebung und der Pressluftflasche aber eine Temperaturdifferenz besteht, dann fließt thermische Energie – zusammen mit Entropie – aus der Umgebung in die Pressluftflasche ...
- [17] Wenn der Vorgang nicht zu schnell erfolgt, dann könnte man sagen, dass der Presslufthammer mit einer Energie betrieben wird, die aus der Umgebung kommt ... ☺