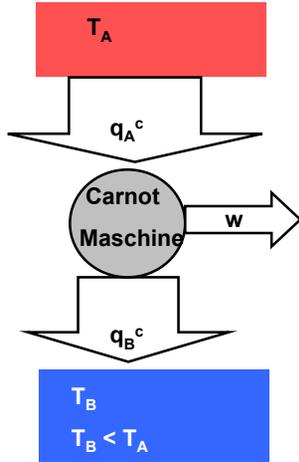


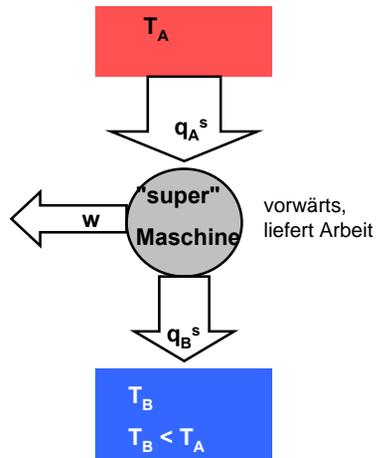
Gibt es eine (rev. oder irrev.) Maschine mit höherem Wirkungsgrad als die Carnotmaschine?

Annahme  $\eta_s > \eta_c \rightarrow |q_A^s| < |q_A^c|$



$$|q_A^c| = |q_B^c| + |w| \text{ wg. 1. HS}$$

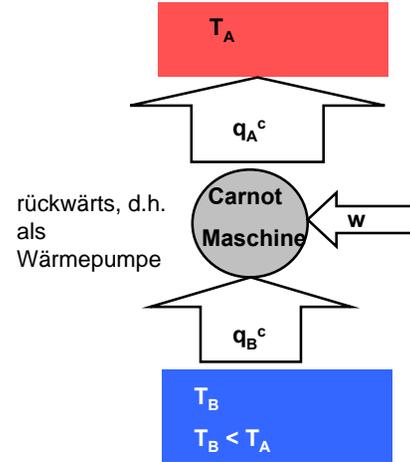
„Supermaschine“ braucht weniger Wärme  $q_A^s$ , um gleiche Arbeit  $w$  zu liefern, wie Carnot-Wärmepumpe verbraucht (man beachte die Breite der Pfeile)



$$|q_A^s| = |q_B^s| + |w| \text{ wg. 1. HS}$$

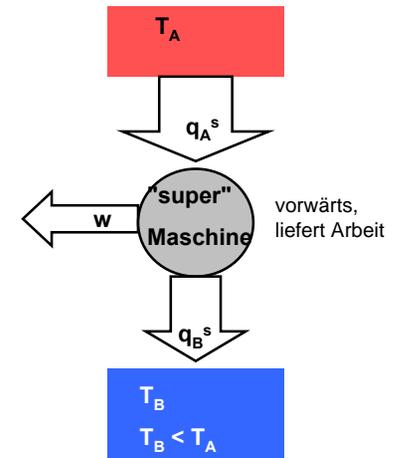
Gibt es eine (rev. oder irrev.) Maschine mit höherem Wirkungsgrad als die Carnotmaschine?

Annahme  $\eta_s > \eta_c \rightarrow |q_A^s| < |q_A^c|$



$$|q_A^c| = |q_B^c| + |w| \text{ wg. 1. HS}$$

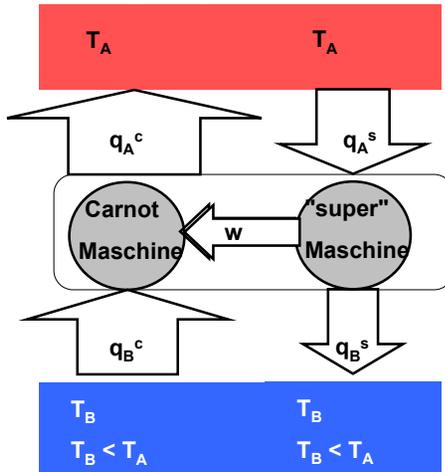
„Supermaschine“ braucht weniger Wärme  $q_A^s$ , um gleiche Arbeit  $w$  zu liefern, wie Carnot-Wärmepumpe verbraucht (man beachte die Breite der Pfeile)



$$|q_A^s| = |q_B^s| + |w| \text{ wg. 1. HS}$$

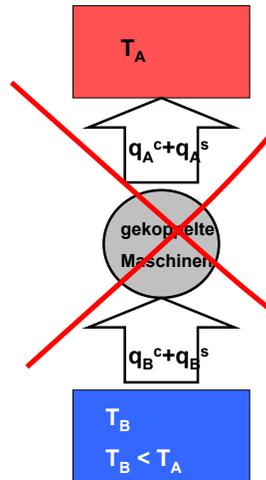
Gibt es eine (rev. oder irrev.) Maschine mit höherem Wirkungsgrad als die Carnotmaschine?

Annahme  $\eta_s > \eta_c \rightarrow |q_A^s| < |q_A^c|$



$$|q_A^c| = |q_B^c| + |w| \text{ wg. 1. HS}$$

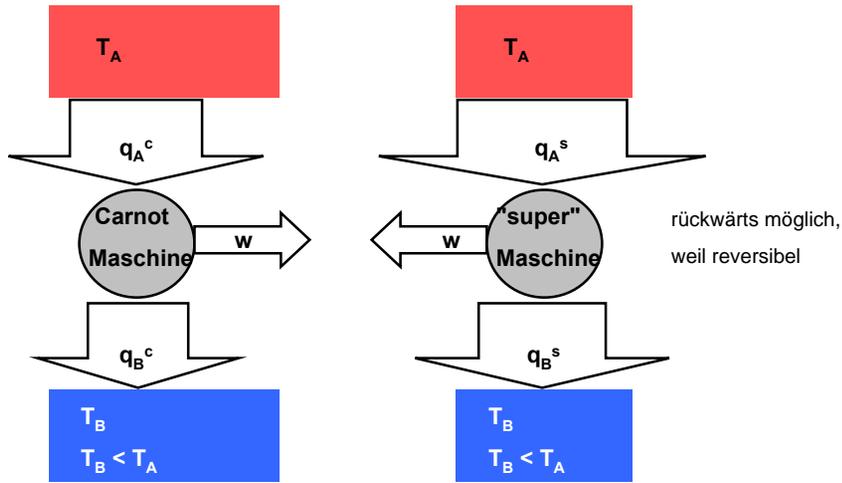
**Nein ! Widerspruch zu 2. HS !!!**  
(Clausius)



$$|q_A^s| = |q_B^s| + |w| \text{ wg. 1. HS}$$

Gibt es eine reversible Maschine mit niedrigerem Wirkungsgrad als die Carnotmaschine?

Annahme  $\eta_s < \eta_c \rightarrow |q_A^s| > |q_A^c|$



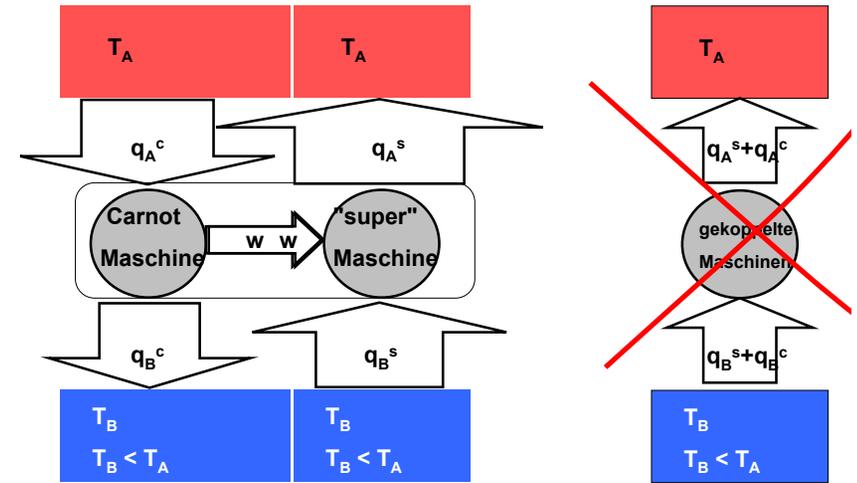
$$|q_A^c| = |q_B^c| + |w| \text{ wg. 1. HS}$$

$$|q_A^s| = |q_B^s| + |w| \text{ wg. 1. HS}$$

Gibt es eine reversible Maschine mit niedrigerem Wirkungsgrad als die Carnotmaschine?

Annahme  $\eta_s < \eta_c \rightarrow |q_A^s| > |q_A^c|$

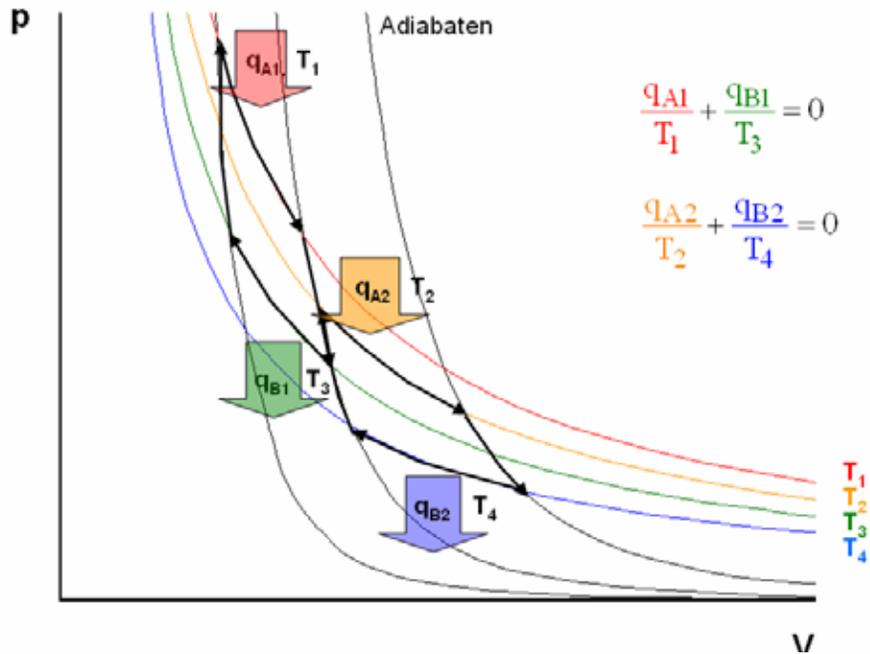
**Nein!** Widerspruch zu 2. HS !!! (Clausius)



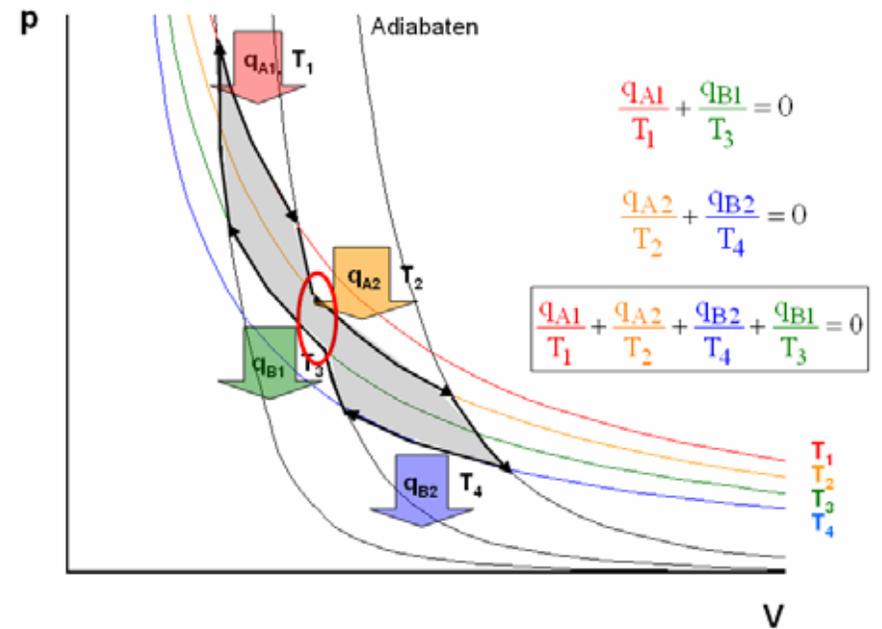
$$|q_A^c| = |q_B^c| + |w| \text{ wg. 1. HS}$$

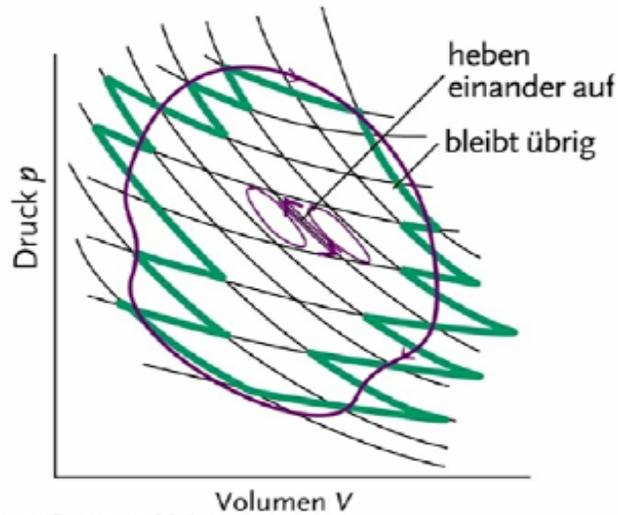
$$|q_A^s| = |q_B^s| + |w| \text{ wg. 1. HS}$$

zwei Carnot-Zyklen



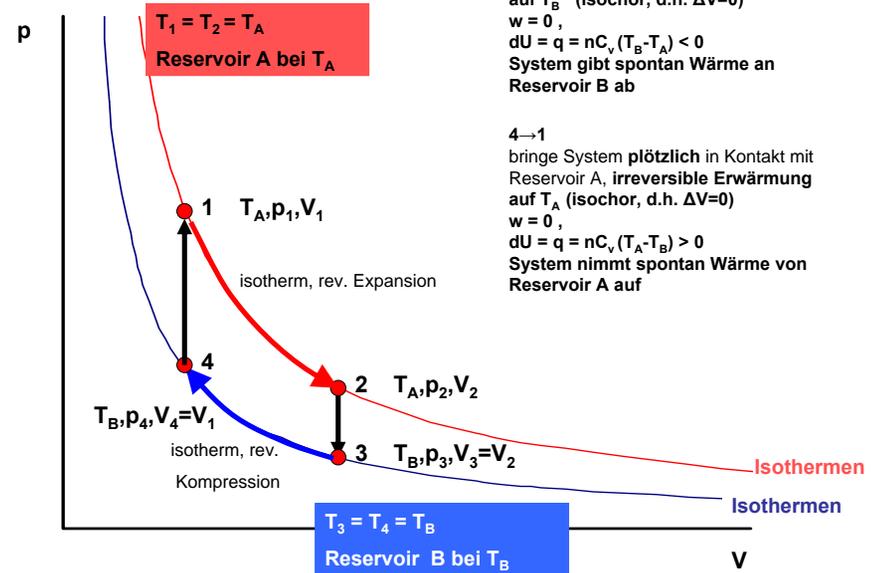
zwei Carnot-Zyklen **kombiniert zu einem größeren reversiblen Kreisprozeß**





© 2006 Wiley-VCH, Weinheim  
Atkins / Physikalische Chemie  
ISBN: 3-527-31545-2 Abb-03-09

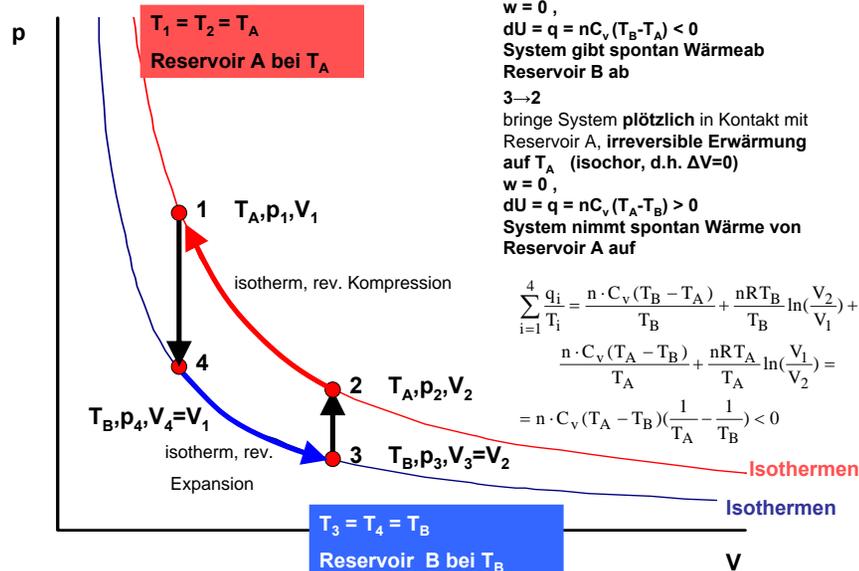
### irreversibler Kreisprozeß



2→3  
bringe System **plötzlich** in Kontakt mit Reservoir B, **irreversible Abkühlung** auf  $T_B$  (isochor, d.h.  $\Delta V=0$ )  
 $w = 0$ ,  
 $dU = q = nC_v(T_B - T_A) < 0$   
System gibt spontan Wärme an Reservoir B ab

4→1  
bringe System **plötzlich** in Kontakt mit Reservoir A, **irreversible Erwärmung** auf  $T_A$  (isochor, d.h.  $\Delta V=0$ )  
 $w = 0$ ,  
 $dU = q = nC_v(T_A - T_B) > 0$   
System nimmt spontan Wärme von Reservoir A auf

### irreversibler Kreisprozeß (umgekehrt)



1→4  
bringe System **plötzlich** in Kontakt mit Reservoir B, **irreversible Abkühlung** auf  $T_B$  (isochor, d.h.  $\Delta V=0$ )  
 $w = 0$ ,  
 $dU = q = nC_v(T_B - T_A) < 0$   
System gibt spontan Wärme an Reservoir B ab

3→2  
bringe System **plötzlich** in Kontakt mit Reservoir A, **irreversible Erwärmung** auf  $T_A$  (isochor, d.h.  $\Delta V=0$ )  
 $w = 0$ ,  
 $dU = q = nC_v(T_A - T_B) > 0$   
System nimmt spontan Wärme von Reservoir A auf

$$\sum_{i=1}^4 \frac{q_i}{T_i} = \frac{n \cdot C_v (T_B - T_A)}{T_B} + \frac{nRT_B}{T_B} \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) + \frac{n \cdot C_v (T_A - T_B)}{T_A} + \frac{nRT_A}{T_A} \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right) = n \cdot C_v (T_A - T_B) \left(\frac{1}{T_A} - \frac{1}{T_B}\right) < 0$$