

### 3 Didaktische Leitvorstellungen und Gesamtplanungsfeld

Temperatur  $T_2$  wieder heraus. Mit der Elektrizität wird der Energiestrom  $I_{E1}$  aufgenommen, mit der Entropie der Energiestrom  $I_{E2}$ . Mit diesem Energiestrom ist der Entropiestrom in der Wärmepumpe „beladen“ worden.

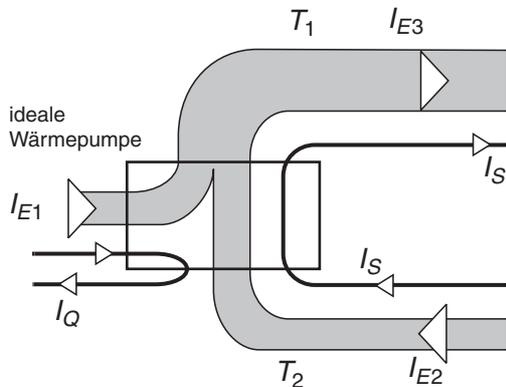


Abb. 16: Energieströme und Entropiestrom bei einer idealen Wärmepumpe. Charakteristisch: Der Entropiestrom ist konstant.

Für die ideale Wärmepumpe gilt: Der gesamte Zustrom an Energie und Entropie ist gleich dem Wegstrom.

#### Ideale Wärmepumpe

(Für die Energie 2 Eingänge, 1 Ausgang)

Z.B. Kühlschrank, Peltiermodul, technische Wärmepumpe

Temperatur:  $T_1 > T_2$

Entropiestrom:  $I_S$  ist konstant und wird vom Entropieeingang mit  $T_2$  zum Entropieausgang mit  $T_1$  gepumpt.

Energiestrom:

aufgeladen  $I_{E1} = (T_1 - T_2) I_S = \Delta T I_S$

hinein  $I_{E2} = T_2 I_S$

heraus  $I_{E3} = T_1 I_S$

#### Anmerkungen

Charakteristisch für jede Pumpe ist, dass Energie aufgeladen wird, für eine Wärmepumpe, dass sie auf die Entropie aufgeladen wird. Deshalb ist auch  $T_1 > T_2$  für die Wärmepumpe gegeben.

Die Stärken der Energieströme sind qualitativ durch die entsprechende Breite der Strompfeile veranschaulicht (Abb. 16). Dabei wird deutlich, dass die Summe  $I_{E1} + I_{E2}$  der hinströmenden Energie gleich der wegströmenden  $I_{E3}$  ist: eine Folge der Energieerhaltung, wenn keine Energie gespeichert wird.

Wärmepumpen können zum Heizen und zum Kühlen verwendet werden, abhängig davon, ob der Entropieeingang oder der Entropieausgang an den betrachteten Raum thermisch angekoppelt ist. Der Energiestrom  $I_{E2}$  in Abb. 16 ist mit dem Entropieeingang verbunden. Er entspricht im Falle der Kühlung dem Energiestrom („Kühlleistung“), der beim Kühlen dem Raum entzogen wird.

Der Energiestrom  $I_{E3}$  ist mit dem Entropieausgang verbunden. Das ist der Energiestrom, der bei einer Wärme-

pumpe zum Heizen eines Raumes genutzt werden kann („Heizleistung“).

#### Eigenschaften der Elektroheizung

Etwas einfacher als die Wärmepumpe ist die Elektroheizung zu beschreiben. Sie hat für die Energie nur einen Eingang und einen Ausgang (Abb. 17).

Der Zustrom von Entropie ist null, was daran zu erkennen ist, dass kein anderer Gegenstand Entropie abgegeben und dadurch seine Temperatur verringert hat. Hingegen wird hier Entropie erzeugt.

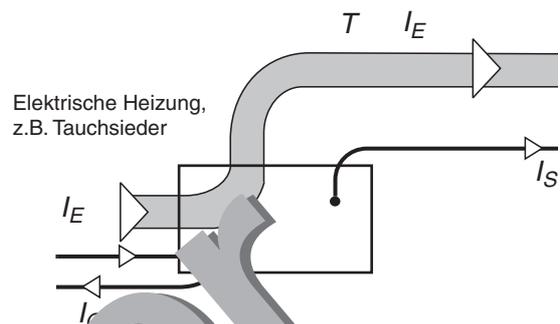


Abb. 17: Energiestrom und Entropiestrom bei einer elektrischen Heizung. Charakteristisch: Der Energiestrom ist konstant. Der Hinstrom der Entropie ist der Wegstrom der Entropie wird erzeugt.

#### Elektroheizung (1 Eingang, 1 Ausgang)

Z.B. Heizlüfter, Tauchsieder

Temperatur am Entropieausgang:  $T$

Entropiestrom:

hinein 0

heraus  $I_S = I_E / T$  (erzeugt)

Energiestrom:

aufgeladen  $I_E$  (als Beispiel:  $I_E = U I_Q$ )

heraus  $I_E$

#### Anmerkungen

Welches ist die Temperatur der Elektroheizung? Ist die des Heizelements gemeint oder die des Raumes, der letztlich damit geheizt werden soll? Die genannten Formeln treffen für beide Fälle zu. Bei der höheren Temperatur des Heizelements selbst ist der Entropiestrom  $I_S$  wegen  $I_S = I_E / T$  noch gering. Im Raum mit der geringeren Temperatur verteilt, hat beispielsweise der Entropiestrom in den Raum hinein einen größeren Wert. Auf dem Weg vom Heizelement in den Raum und aus dem Raum heraus wird Entropie erzeugt.

Die Schülerinnen und Schüler rechnen jeweils mit Temperatur, die der Raum bzw. der Stoff hat, der erwärmt werden soll. Dieser hat die niedrigste Temperatur der Transportkette. Der Entropiestrom  $I_S = I_E / T$  ist dann maximal, da  $T$  den kleinsten Wert annimmt.

Selbst bei „alten“ Elektroheizgeräten kann man davon ausgehen, dass der Zustrom an Energie *gleich* dem Wegstrom bleiben muss. Da die Energie nicht nennenswert