

## Altlasten der Physik (3)

### Carnotscher Wirkungsgrad

#### Gegenstand:

Dass sich Wärme grundsätzlich nur beschränkt in Arbeit umwandeln lässt, bedingt den vergleichsweise niedrigen Wirkungsgrad einer Wärmekraftmaschine. Der Anteil der Wärme, der im Idealfall als Arbeit nutzbar ist, heißt *Carnotscher Wirkungsgrad*. Wenn  $T_2$  und  $T_1$  die Temperaturen des Zu- und Abwärmespeichers sind, beträgt er  $\eta = (T_2 - T_1)/T_2$ .

#### Mängel:

Was uns hier als eine Besonderheit von Wärmekraftmaschinen erscheint, ist Ausdruck einer eigentümlichen Doppelmoral. Betrachten wir zum Vergleich ein – schon von *Carnot* herangezogenes – mechanisches Beispiel:

Einer Mühle, sagen wir im Schwarzwald  $h_2 = 1000$  m über dem Meeresspiegel mit einem  $h_2 - h_1 = 5$  m hohen, überschlächtigen Wasserrad, fließen mit jedem kg Wasser rund  $m \cdot g \cdot h = 10$  kJ potenzieller Energie zu, von denen sie im Idealfall  $m \cdot g \cdot (h_2 - h_1) = 50$  J nutzen kann. Ihr „*Carnotscher*“ Wirkungsgrad beträgt  $\eta = (h_2 - h_1)/h_2 = 0,005$ .

Die gleiche Wassermühle am Niederrhein, sagen wir  $h = 20$  m über dem Meeresspiegel, hätte einen Wirkungsgrad von 0,25. Dabei haben wir großzügig für die potenzielle Energie nur den Wert gegenüber Normalnull in Anschlag gebracht. Bezogen auf die rund 20 MJ an potenzieller Energie, die 1 kg Wasser gegenüber dem Erdmittelpunkt besitzt, wird das Ergebnis für beide Mühlen noch bedrückender:  $\eta = 2,5 \cdot 10^{-6}$ .

Wir spüren sofort, dass hier irgendetwas nicht stimmt. Offenbar hat der Carnotsche Wirkungsgrad nichts mit der Mühle und anscheinend auch nichts mit der Dampfmaschine zu tun, sondern mit der Lage der beiden wirksamen Niveaus  $h_1$  und  $h_2$  bzw.  $T_1$  und  $T_2$  zu einem fiktiven Bezugsniveau. Er ist dem falschen Objekt zugeordnet. Wir haben uns jedoch so daran gewöhnt, thermische und nichtthermische Vorgänge mit zweierlei Maß zu messen, dass wir an derlei Ungereimtheiten keinen Anstoß mehr nehmen.

#### Herkunft:

*S. Carnot*, der seine Gedanken noch vor der Aufstellung des Energiesatzes niederschrieb, kannte die Größe  $\eta$  nicht. Er verglich eine Dampfmaschine mit einer Wassermühle. Die Arbeit stammte für ihn, wie bei der Mühle, gleichsam aus dem Unterschied der „potenziellen Energie“ der Wärme im Zu- und Abwärmespeicher. Erst die von *R. Clausius* geforderte beschränkte Äquivalenz von Wärme und Arbeit schuf das Bedürfnis für eine solche Größe.

#### Entsorgung:

So unnötig wie in der Mechanik ist der Begriff auch in der Thermodynamik. Formuliert als „Entropiemühle“, ist eine Wärmekraftmaschine so trivial wie eine Wassermühle.

G. J.