

INSTITUT FÜR THEORETISCHE FESTKÖRPERPHYSIK - DIDAKTIK DER PHYSIK

# Drei Chancen für die Entropie

**100 Jahre Entropie als Wärme**  
**Zur Geschichte des Wärmebegriffs**

[www.pohlig.de](http://www.pohlig.de)

Entropie ist ein schwieriger Begriff

Hüfner und Löhken – MNU Juni 2011

Das Konzept der Entropie ist ohne Zweifel eins der okkultesten  
Konzepte der Physik

H. Heuser – Unendlichkeiten 2010

If you can live with entropy you can live with anything.

amerikanischer Cartoonist zitiert v. H.Heuser

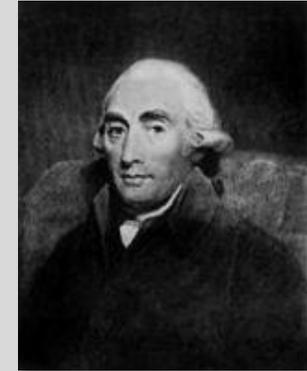
Entropie kann man auf eine Art einführen  
“**which every schoolboy could understand**”  
(Callendar, 1911).



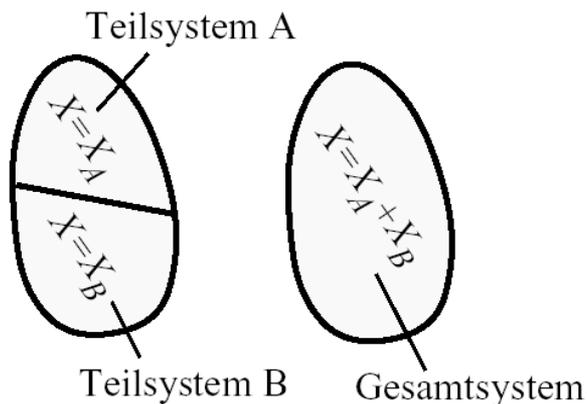
Callendar  
(1863-1930)

# 1. Chance

„Wenn wir z.B. ein Pfund Wasser in einem Gefäß haben und zwei Pfund in einem weiteren, und beide Wassermengen gleich heiß sind, was man mit einem Thermometer überprüft, so ist klar, dass die zwei Pfund Wasser die doppelte Wärmemenge (quantity of heat) enthält als das eine Pfund“



Joseph Black  
(1728 – 1799)



Für Black ist Wärme eine extensive und Temperatur eine intensive Größe

“Die Erzeugung von bewegender Kraft läßt sich daher ... nicht auf einen wirklichen Verbrauch des Wärmestoffs (calorique) zurückführen, *sondern von seinem Übergang (transport) von einem heißen Körper zu einem kalten.*”



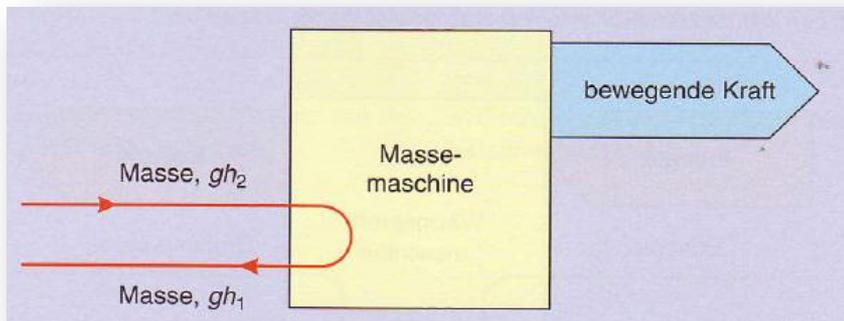
Sadi Carnot  
(1796-1832)

## 2. Chance

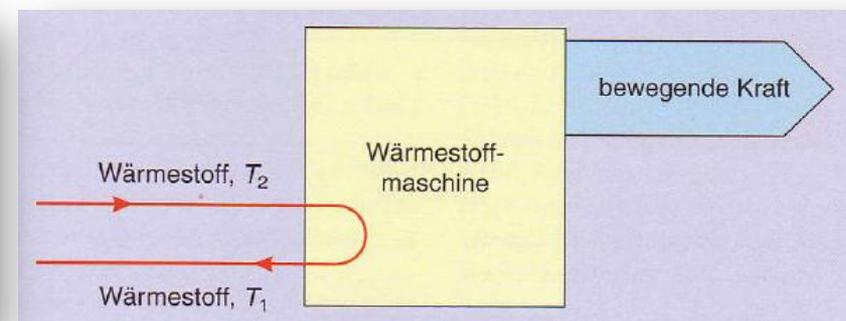


Nach den bisher festgestellten Begriffen kann man sehr angemessen *die bewegende Kraft der Wärme mit der des fallenden Wassers* vergleichen:

[...]. Die bewegende Kraft des fallenden Wassers hängt von seiner Höhe und der Menge der Flüssigkeit ab; die bewegende Kraft der Wärme (chaleur) hängt gleichfalls von der *Menge des angewendeten Wärmestoffs (calorique)* ab, und dem, was man seine Fallhöhe nennen könnte, d.h. dem *Temperaturunterschied der Körper, zwischen denen der Austausch des Wärmestoffs stattfindet.*



$$W = \Delta E = \Delta m (gh_2 - gh_1)$$



$$W = \Delta E = \Delta S (T_2 - T_1)$$

calorique - Entropie

Carnot:

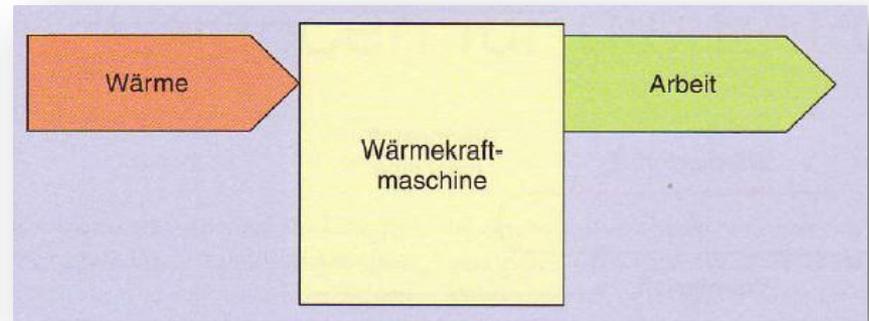
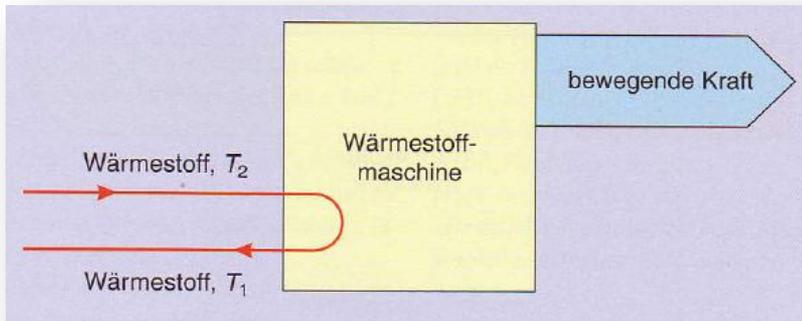
Der in der Feuerung durch Verbrennung entwickelte Wärmestoff (calorique) **durchdringt** die Wände des Kessels und erzeugt den Dampf, indem er sich sozusagen demselben **einverleibt**...

## **Peripetie**

von altgr.: περιπέτεια: „plötzlicher Umschlag,  
unerwartetes Unglück/Glück“ im Drama

Einführung der Energie durch  
*Joule (1814-1889)*  
*Mayer (1814 – 1878)*

Wärme als Energieaustauschform



*“Es ist also korrekt zu sagen, dass ein System eine große Menge an innerer Energie enthält, aber es ist nicht korrekt wenn man sagt, dass ein System eine große Menge Wärme oder einer große Menge Arbeit enthält. Wärme ist nicht etwas, das in einem System enthalten sein kann. Eher ist sie ein Maß für die Energie, die in Folge einer Temperaturdifferenz von einem zu einem anderen System fließt.” (Tipler, 2003)*

Clausius (1822-1888)

$$\Delta S = \int_{rev} \frac{\delta Q}{T}$$

*“Eine solche Definition spricht nur Mathematiker an”* (Callendar, 1911).

*“Das Konzept der Entropie ist ohne Zweifel eines der okkultesten Konzepte der Physik”* (Heuser, 2008).

### 3. Chance

“Die calorische Theorie der Wärme ist jetzt schon so lange vergessen, dass sie kaum noch erwähnt wird, es sei denn als Beispiel für ursprüngliche Unwissenheit; aber sie war überhaupt nicht so unlogisch, wie sie im allgemeinen dargestellt wird.“  
(Callendar 1911).



Callendar  
(1863-1930)

“The Caloric Theory of Heat and Carnot’s Principle”.

Entropie kann man auf eine Art einführen  
“**which every schoolboy could understand**”

### 3. Chance

Job veröffentlichte im Jahr 1972 ein Buch mit dem Titel “Neudarstellung der Wärmelehre– Die Entropie als Wärme”.

Der Autor spricht in seinem Buch über die Entropie auf die gleiche Weise, wie Black über *quantity of heat*, und wie Carnot über *calorique sprachen*.



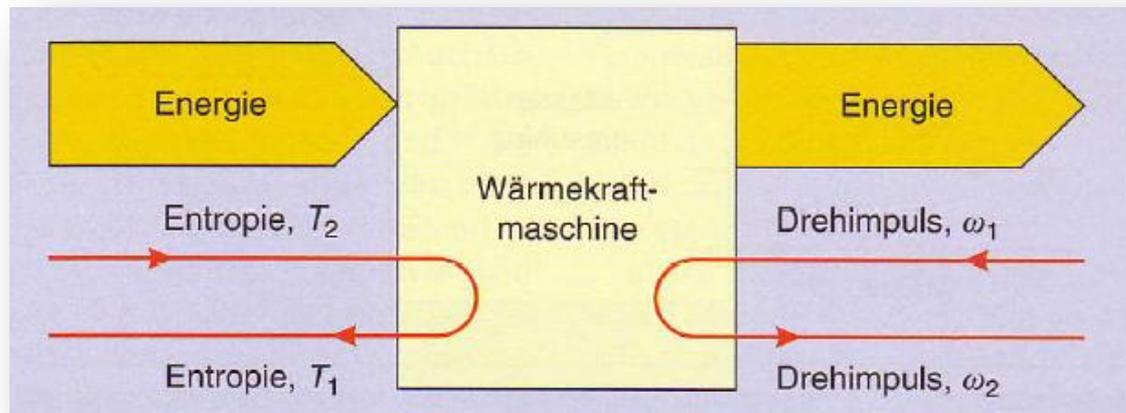
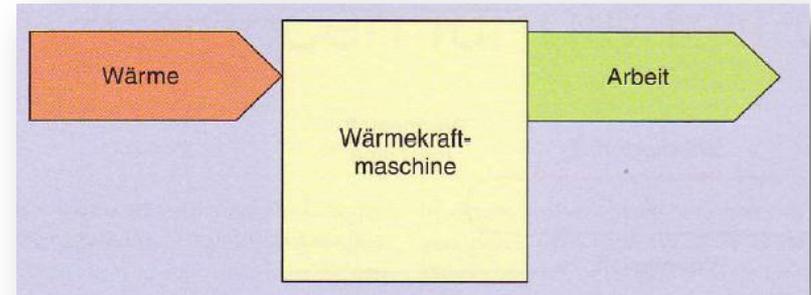
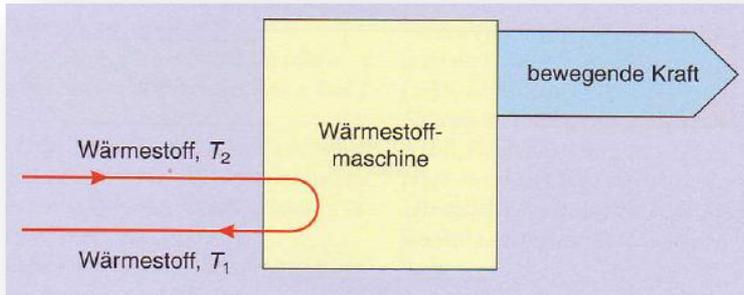
G. Job

### 3. Chance

“Entgegen weitverbreiteter Lehrmeinung handelt es bei der durch Clausius eingeführten Entropie keineswegs um eine neue Größe der Physik, sondern um die Rekonstruktion einer viel älteren Größe, nämlich der hundert Jahre früher von dem schottischen Chemiker Black konzipierten 'quantity of heat'. Dieselbe Größe benutzte Carnot [1824] unter dem Namen 'calorique' in seiner berühmten Abhandlung, in der er die Grundlagen der Thermodynamik entwickelte. Dass Entropie und Wärmemenge (im Sinne Blacks) lediglich zwei verschiedene Namen für dieselbe Größe sind, ist nicht nur für die Geschichte der Physik von Bedeutung, sondern sollte es vor allem für die Didaktik sein - besagt es doch, dass die Entropie anschaulich verstanden werden kann als Menge der Wärme. Diese wie eine Art Substanz betrachtete Wärme befolgt einen halben Erhaltungssatz: Sie kann zwar erzeugt, aber nicht vernichtet werden.“



G. Falk



Galilei: Sollten wir nicht in der Umgangssprache fortfahren? Mein Kollege, Herr Federzoni, versteht kein Latein.

B. Brecht: Leben des Galilei.  
Das Bertolt Brecht Buch, Suhrkamp Verlag Frankfurt, 1972 S. 124

Wir stehen selbst enttäuscht und sehn betroffen den Vorhang zu und alle Fragen offen.

Bertold Brecht, Der gute Mensch von Sezuan

## Literatur

Black, J. (1803). Lectures on the Elements of Chemistry. J. Robinson ed. Edingburgh

Callender, H. L. (1911). The Caloric Theory of Heat and Carnot's Principle. Proc. Phys. Soc. London, 23, 153.

Carnot, S. (1824). Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propre à développer cette puissance. Paris, Bachelier, 10

Falk, G. (1985). Entropy, a resurrection of caloric – a look at the history of thermodynamics. Eur. J. Phys. 6

Falk, G. (1990). Physik, Zahl und Realität. Birkäuser. Basel

Herrmann, F. (2003). Der Karlsruher Physikkurs, Ein Lehrbuch für den Unterricht der Sekundarstufe 1, Teil 1, 6. Aufl. Aulis Verlag Deubner. Köln

Heuser, H. (2008). Unendlichkeiten. Teubner Verlag. Wiesbaden.

Hüfner, Löhken (2011). Entropie in der Schule, MNU, Juni 2011

Job, G. (1972). Neudarstellung der Wärmelehre - Die Entropie als Wärme. Akademische Verlagsgesellschaft. Frankfurt am Main

Pohlig, M. (2010) Drei Chancen für die Entropie, PdN-Ph-PhiS. 6/59 Jg. Aulis

Tipler, P. A. (2003) Physics for Scientists and Engineers. Palgrave Macmillan.