

INSTITUT FÜR THEORETISCHE FESTKÖRPERPHYSIK - DIDAKTIK DER PHYSIK

Drei Chancen für die Entropie

Zur Geschichte des Wärmebegriffs

www.pohlig.de



Der
Karlsruher
Physikkurs

Prolog

H. Heuser:

„Das Konzept der Entropie ist ohne Zweifel
eines der okkultesten Konzepte der
Physik“

Amerikanischer Cartoonist:

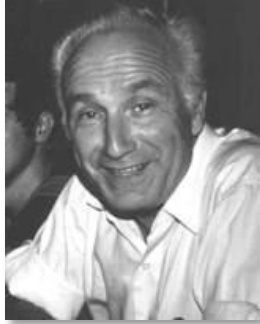
Who can live with entropy, can live with everything

Callendar:

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

Eine Tragikomödie in drei Akten

Darsteller



Gottfried Falk
1922 -1992



Joseph Black
1728 – 1799



Sadi Carnot
1796-1832



Callendar
1863-1930



Clausius
1822-1888



Georg Job

1. Akt - Blacks „Quantity of Heat“

150 Jahre lang (ca. 1600 bis 1750)
hauptsächlich im Messen der Temperatur

Neben einer intensiven Größe
(Temperatur) eine extensive Größe nötig

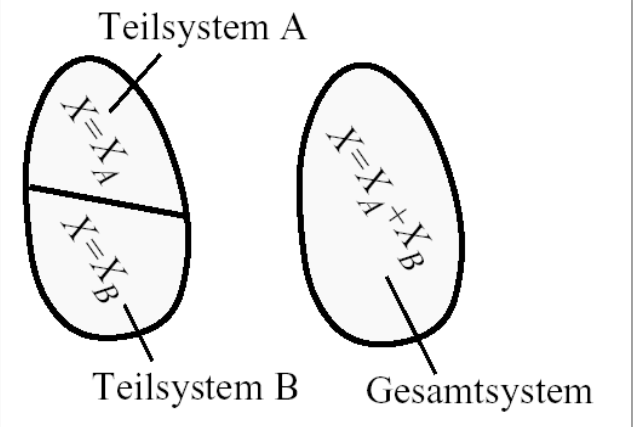
„Wenn wir z.B. ein Pfund Wasser in einem Gefäß haben und zwei Pfund in einem weiteren, und beide Wassermengen gleich heiß sind, was man mit einem Thermometer überprüft, so ist klar, dass die zwei Pfund Wasser die doppelte Wärmemenge (quantity of heat) enthält als das eine Pfund“

Wärmemenge

Quantity of heat



Joseph Black
(1728 – 1799)



1. Akt - Blacks „Quantity of Heat“

Blacks quantity of heat ≠ Energieform Wärme?

Nach Konstruktion
Zustandsgröße

Nach Konstruktion
keine Zustandsgröße



Joseph Black
(1728 – 1799)

Blacks quantity of heat - Entropie

Entropie ist das, was man in der Umgangssprache
Wärme nennt.

Problem: Erzeugen von Entropie
„creatio ex nihilo“

1. Akt - Blacks „Quantity of Heat“

Blacks quantity of heat ≠ Energieform Wärme?

Nach Konstruktion
Zustandsgröße

Nach Konstruktion
keine Zustandsgröße



Joseph Black
(1728 – 1799)

Blacks quantity of heat - Entropie

Entropie ist das, was man in der Umgangssprache
Wärme nennt.

Problem: Erzeugen von Entropie
„creatio ex nihilo“

2. Akt - Carnots „calorique“

1824:

Réflexions sur la Puissance Motrice du feu

Der Autor war gerade 28 Jahre alt.

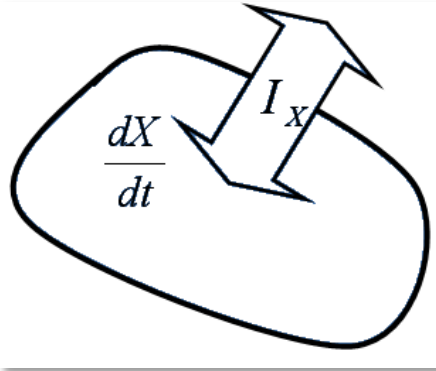
Gibt es eine prinzipielle Grenze für die Weiterentwicklung von Wärmekraftmaschinen?“ und „Wodurch ist die Grenze festgelegt?“



Sadi Carnot
(1796-1832)

“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.”

2. Akt - Carnots „calorique“



Mengenartigkeit

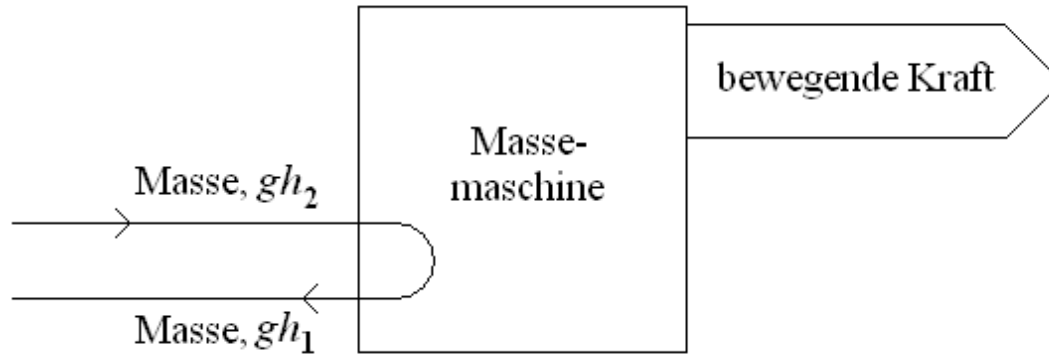


Sadi Carnot
(1796-1832)

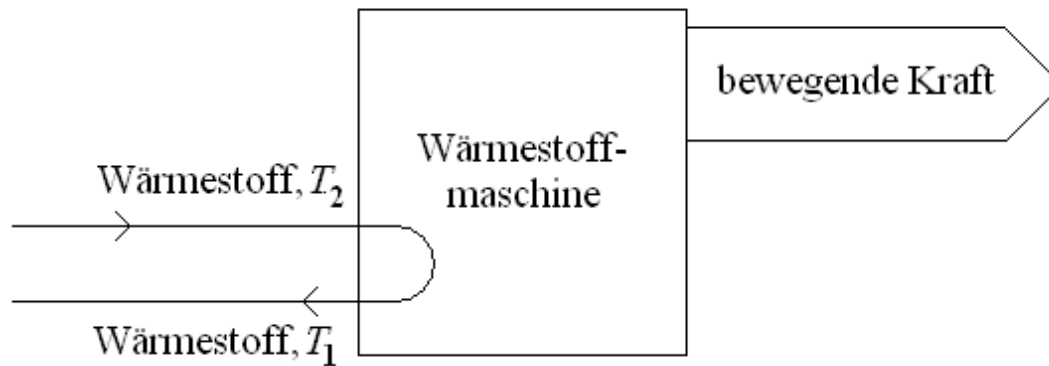
Nach den bisher festgestellten Begriffen kann man sehr angemessen *die bewegende Kraft der Wärme mit der des fallenden Wassers* vergleichen:

[...]. 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.*

2. Akt - Carnots „calorique“



Sadi Carnot
(1796-1832)

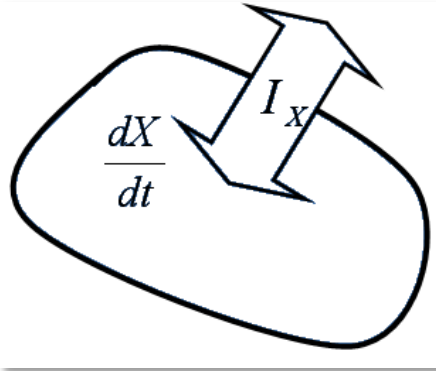


$$W = \Delta E = \Delta m (gh_2 - gh_1)$$

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

Carnots calorique = Entropie

2. Akt - Carnots „calorique“

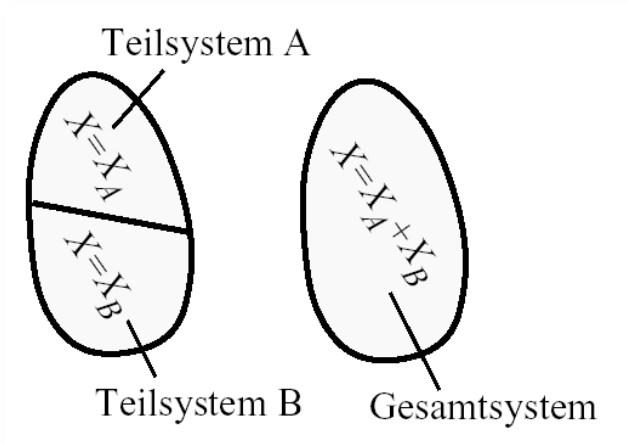


Mengenartigkeit

Carnots calorique
= Entropie
= Blacks quantity of heat

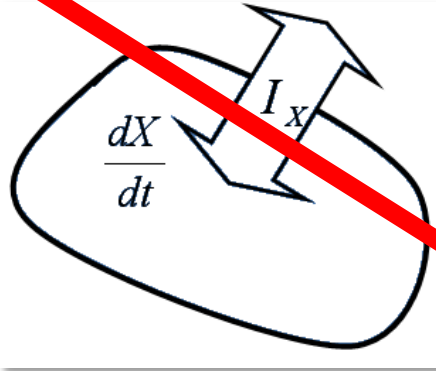


Sadi Carnot
(1796-1832)



Entropie ist das, was
man in der
Umgangssprache
Wärme nennt.

2. Akt - Carnots „calorique“

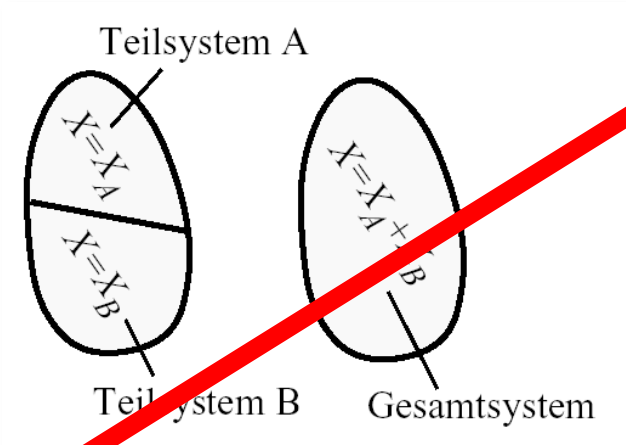


Mengenartigkeit

Carnots calorique
= Entropie
= Blacks quantity of heat



Sadi Carnot
(1796-1832)



Entropie ist das, was
man in der
Umgangssprache
Wärme nennt.

2. Akt - Carnots „calorique“

Gründe für das Scheitern der zweiten Chance

Das Erzeugen?

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



Sadi Carnot
(1796-1832)

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

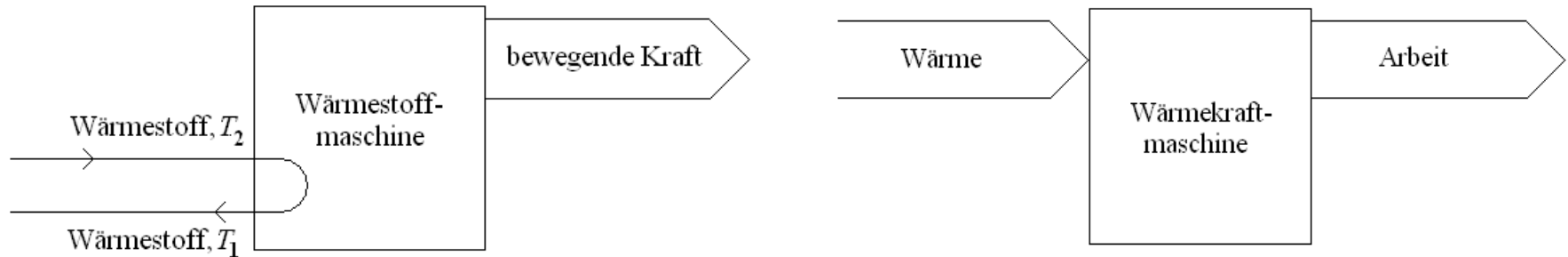
Wärme als Austauschform der Energie

2. Akt - Carnots „calorique“

“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)



Sadi Carnot
(1796-1832)



2. Akt - Carnots „calorique“

**Chance vertan dass
Umgangssprachliche Wärme =
Entropie**

**Wärme (des Physikers) ist etwas,
das mit der Wärme der
Alltagsprache nichts zu tun hat**



Sadi Carnot
(1796-1832)

Clausius (1822-1888)

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



Clausius
1822-1888

“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. Akt Die Wiederentdeckung

“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”.

... which every schoolboy could understand”

3. Akt Die Wiederentdeckung

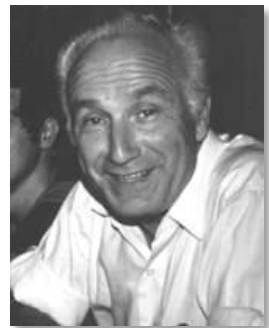
Job veröffentlichte im Jahr 1972 ein Buch mit dem Titel “Neudarstellung der Wärmelehre– Die Entropie als Wärme”.

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*.

Falk , der Job kannte, bewies 1985 noch einmal Callendar's Behauptung und fügte Black's Erwägungen hinzu, etwas, was Callendar nicht berücksichtigte.



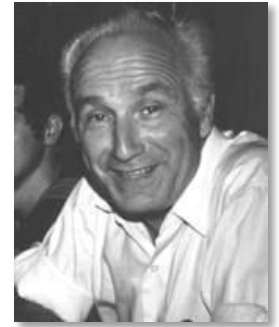
Gerhard Job



Gottfried Falk

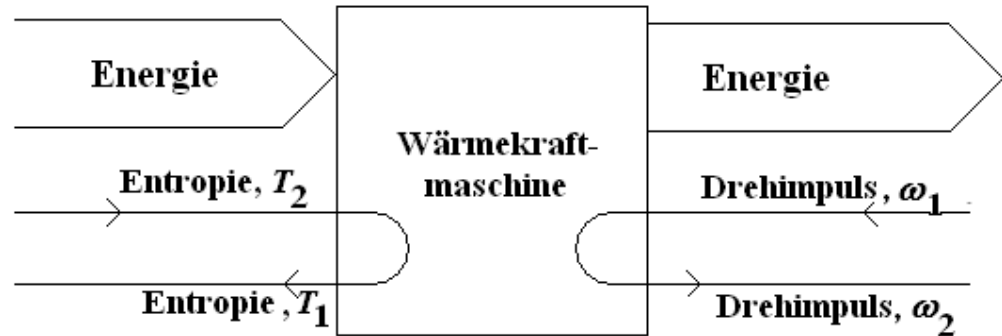
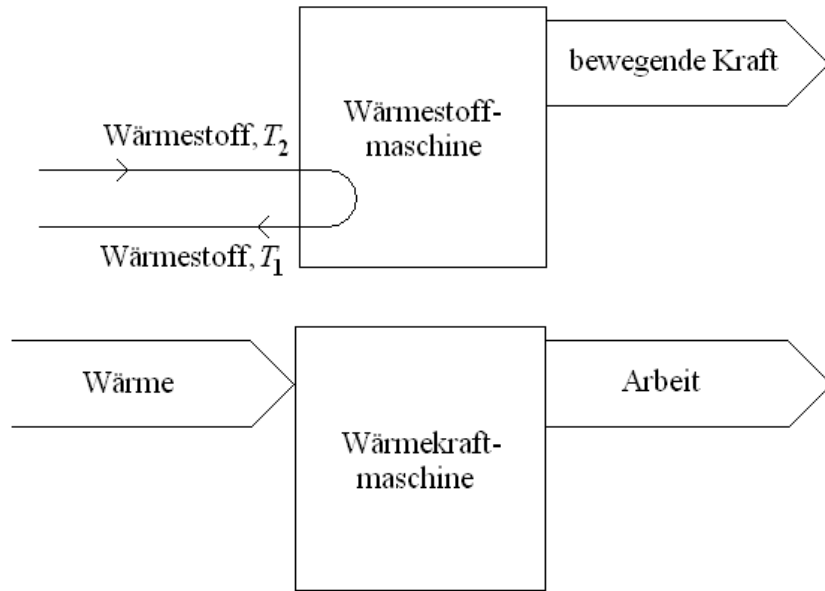
3. Akt Die Wiederentdeckung

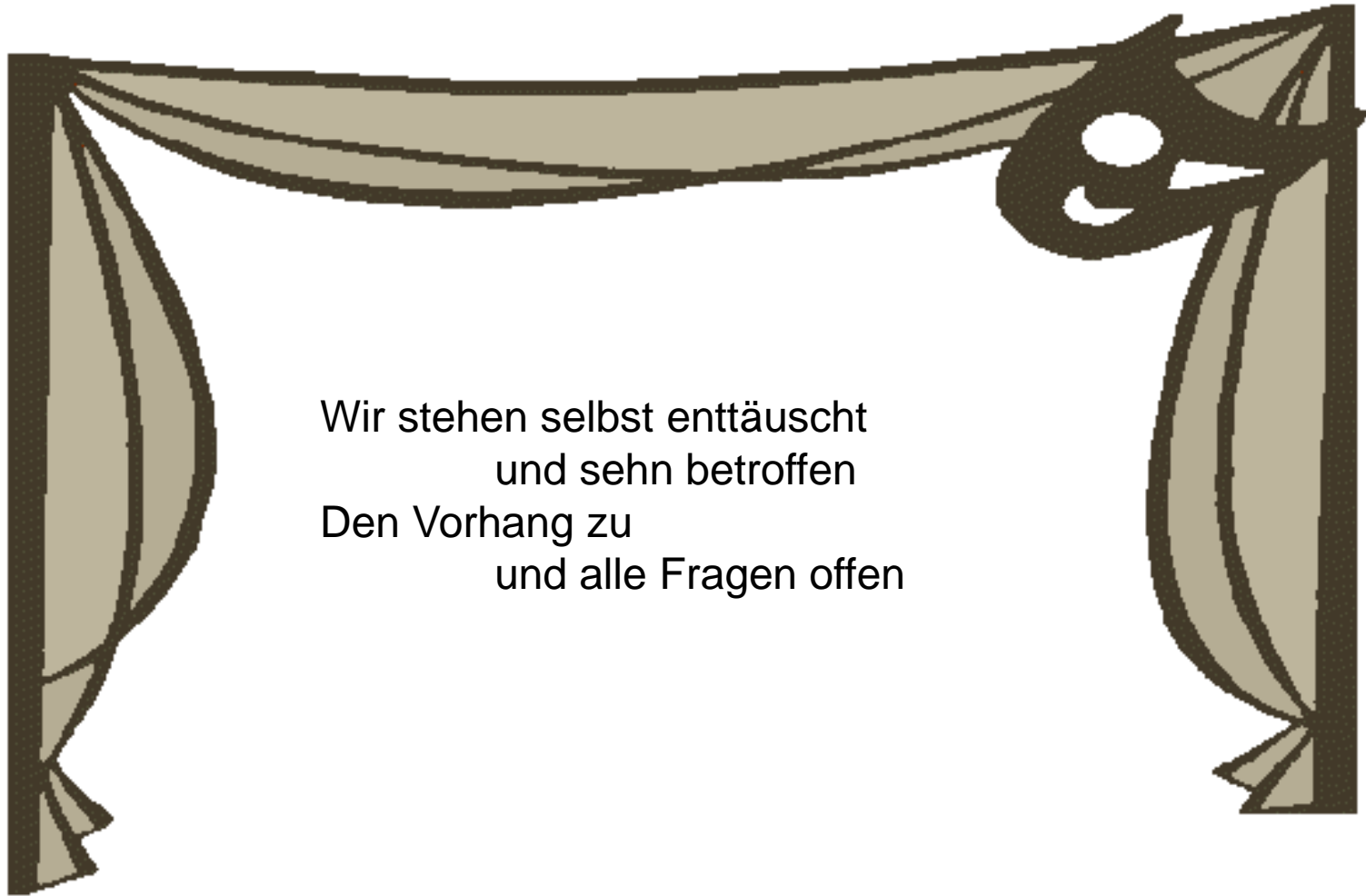
“Entgegen weitverbreiteter Lehrmeinung handelt es bei der durch Clausius eingeführten **Entropie** keineswegs um eine neue Größe der Physik, sondern um die **Rekonstruktion** einer viel **älteren Größe**, nämlich der hundert Jahre früher von dem schottischen Chemiker Black konzipierten '**quantity of 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.“



Gottfried Falk

3. Akt Die Wiederentdeckung





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

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.

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

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