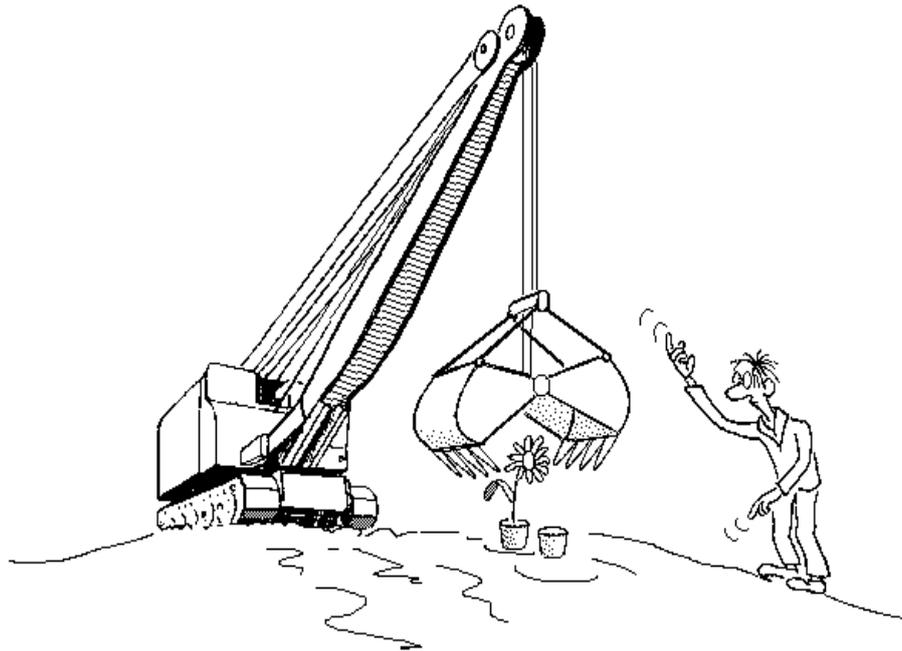
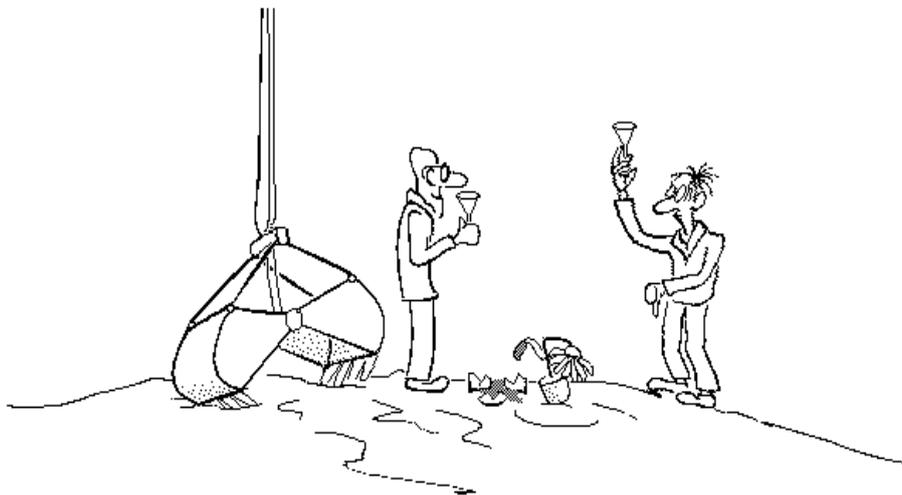


# Vom Ungeschick klassischer Thermodynamik



Um eine Blume umzutopfen, bemüht,  
was ein rechter Thermodynamiker ist, einen Bagger

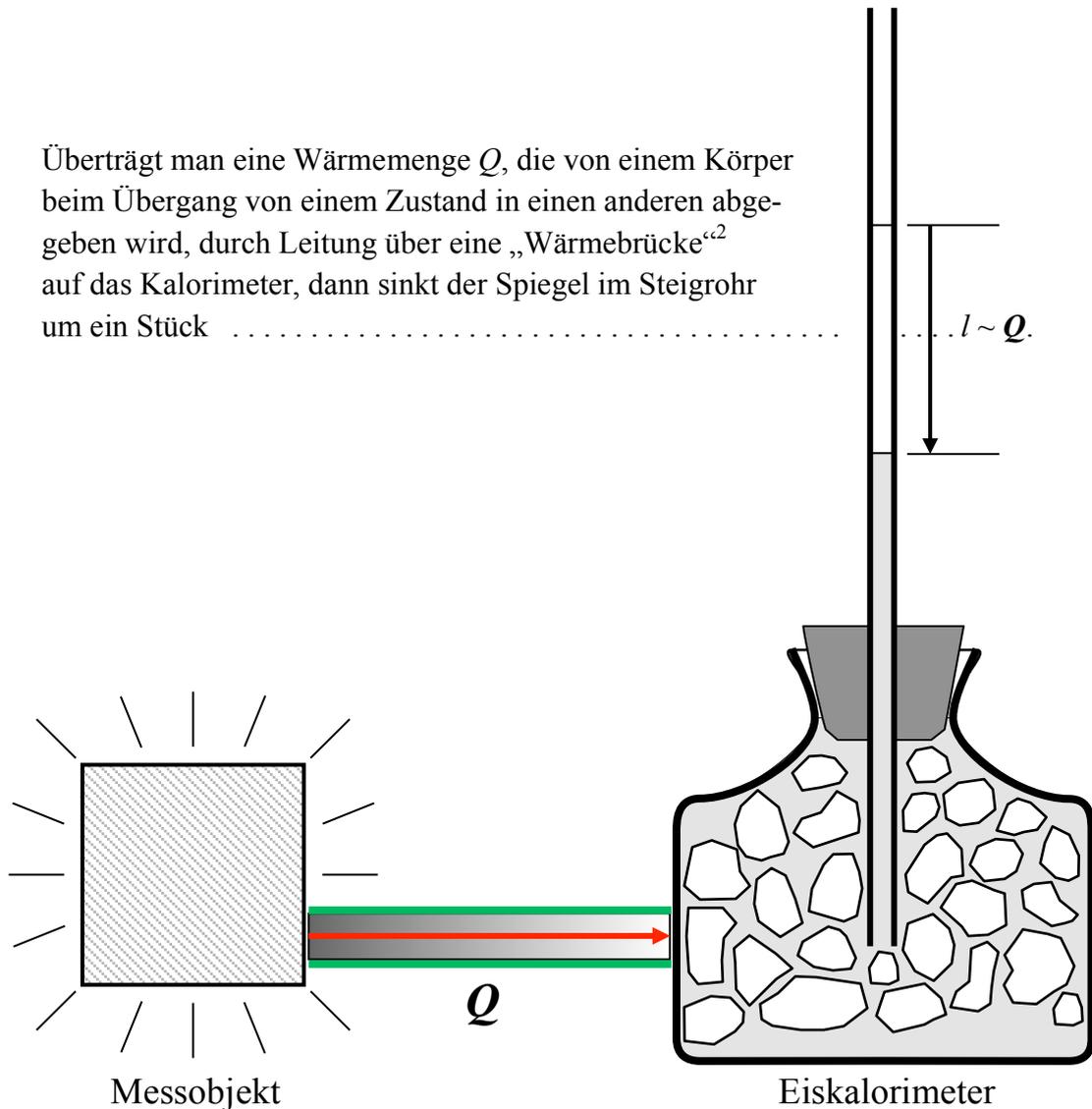


und feiert den Erfolg „als einen Triumph menschlichen Geistes  
über ein subtiles, abstraktes Problem.“ (CALLEN 1960)

Beeindruckt durch den Erfolg seines Einsatzes, liegt ihm der Gedanke,  
dass man dasselbe Ergebnis – vielleicht sogar schonender –  
auch ohne Bagger erzielen könnte, völlig fern.

# Wärme-Messung mit dem Eiskalorimeter<sup>1</sup>

Überträgt man eine Wärmemenge  $Q$ , die von einem Körper beim Übergang von einem Zustand in einen anderen abgegeben wird, durch Leitung über eine „Wärmebrücke“<sup>2</sup> auf das Kalorimeter, dann sinkt der Spiegel im Steigrohr um ein Stück .....



<sup>1</sup> In einem Eiskalorimeter dient die gebildete Schmelzwassermenge zur Bestimmung der Wärmemenge. R. W. BUNSEN benutzte hierzu die Volumenabnahme bei der Eisschmelze, die sich bei geeignetem Aufbau sehr genau messen lässt. Oben dargestellt ist eine stark vereinfachte Version seines Kalorimeters, eine mit einem Gemenge aus Eis und Wasser gefüllte Flasche mit aufgesetzter Kapillare, wobei die notwendige Dämmung nicht mitgezeichnet wurde. Auch das Messobjekt links wäre geeignet zu dämmen, um Wärmeverluste – hier etwa durch Strahlung – zu vermeiden.

<sup>2</sup> „Wärmebrücke“ heißt im Bauwesen eine wärmeleitende Verbindung zwischen zwei Bauteilen. Wir nehmen dabei an, dass außer über die starren, wärmeleitenden Endflächen keine Energie in irgendeiner Form mit der Umgebung ausgetauscht werden kann, hier durch eine Ummantelung aus einer grünen Dämmschicht ausgedrückt.

# Entropie-Messung mit dem Eiskalorimeter

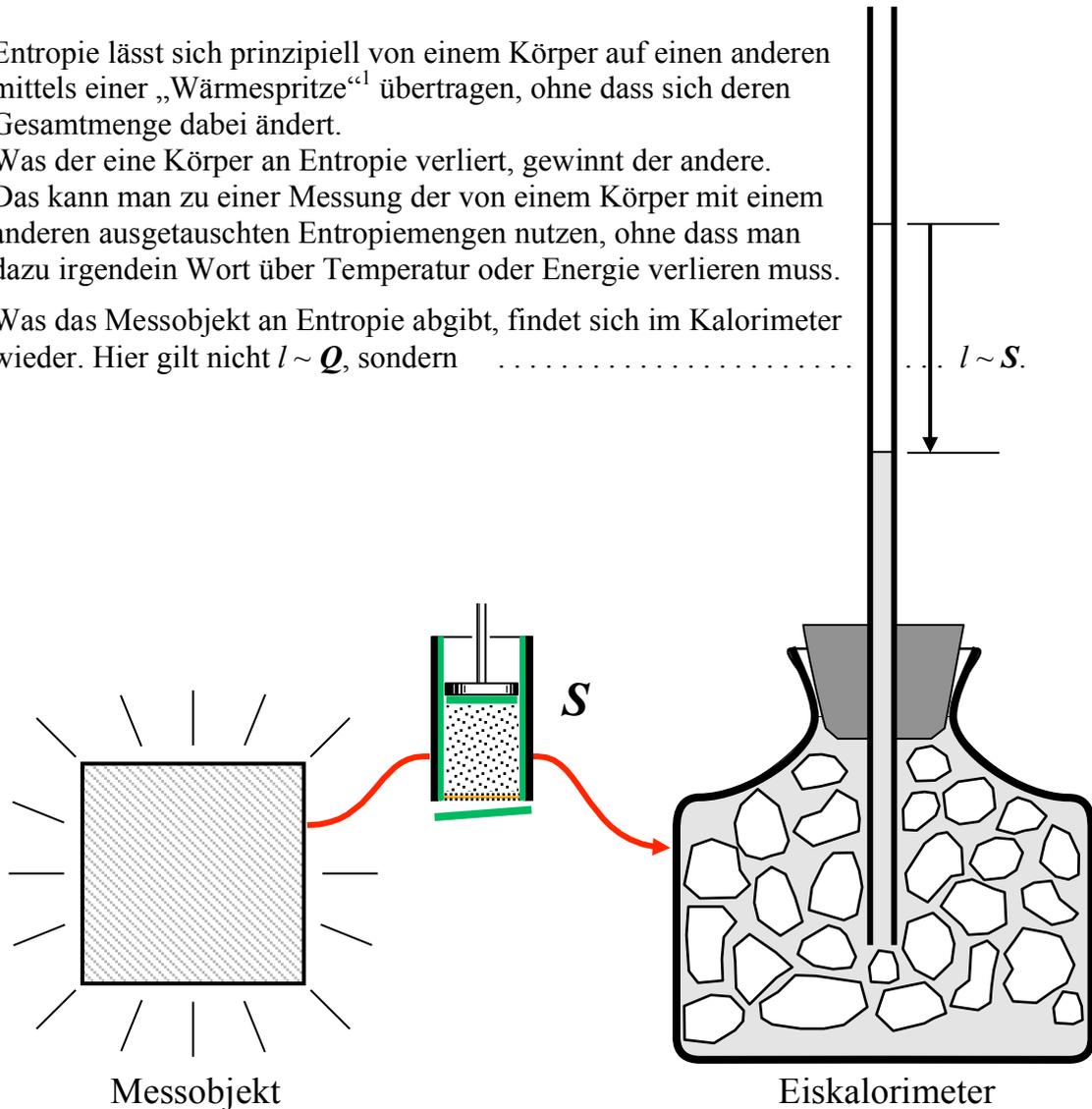
Entropie lässt sich prinzipiell von einem Körper auf einen anderen mittels einer „Wärmespritze“<sup>1</sup> übertragen, ohne dass sich deren Gesamtmenge dabei ändert.

Was der eine Körper an Entropie verliert, gewinnt der andere.

Das kann man zu einer Messung der von einem Körper mit einem anderen ausgetauschten Entropiemengen nutzen, ohne dass man dazu irgendein Wort über Temperatur oder Energie verlieren muss.

Was das Messobjekt an Entropie abgibt, findet sich im Kalorimeter wieder. Hier gilt nicht  $l \sim Q$ , sondern .....

$l \sim S$ .



<sup>1</sup> „Wärmespritze“ nennen wir eine Vorrichtung zur *reversiblen* Übertragung von Entropie von einem Körper auf einen anderen. Typisches Beispiel hierfür wäre ein gas- oder dampfgefüllter Zylinder mit einem reibungsfrei beweglichen Kolben, wobei der Hohlraum gegen Zylinderwände und Kolben thermisch isoliert sein mag, hier durch eine grün gezeichnete Dämmschicht dargestellt. Den Zylinderboden denken wir uns als „Wärmeventil“, das je nach Bedarf geöffnet oder geschlossen werden kann, indem man die Dämmung am Boden entfernt oder aufbringt. Wenn wir uns vorstellen, dass das „Wärmeventil“ *von selbst* nur dann öffnet, wenn die Temperatur auf der Innen- und Außenseite des Ventils praktisch gleich ist, dann wird die Handhabung der „Wärmespritze“ besonders einfach.

# Temperatur-Messung mit dem Eiskalorimeter

Die Kombination beider Verfahren, des zur Messung von  $Q$  mit dem zur Messung von  $S$ , erlaubt es, auch die absolute Temperatur  $T$  eines Körpers mit dem Eiskalorimeter zu bestimmen, obwohl die Temperatur des Kalorimeters selbst unveränderlich ist. Sie beträgt, solange Eis und Wasser nebeneinander vorliegen, vereinbarungsgemäß 273,15 K. Ferner gilt für das Eiskalorimeter ebenfalls durch Vereinbarung  $Q = T_0 \Delta S$ .

## Messverfahren:

Im Ausgangs- und Endzustand mögen sich „Wärmespritze“ und „Wärmebrücke“ im thermischen Kontakt mit dem Kalorimeter, aber getrennt von der Umgebung und dem zu vermessenden Körper befinden. Dieser ist thermisch einmal mit der „Wärmespritze“, ein andermal mit der „Wärmebrücke“ verbunden, sonst aber isoliert zu denken.

Im ersten Schritt entnimmt man mit der „Wärmespritze“ dem Eiskalorimeter rechts eine kleine Entropieprobe  $S$  und überträgt sie auf den zu vermessenden warmen Körper, wobei darauf zu achten ist, dass hierbei keine Entropie hinzukommt oder verloren geht. Wir gehen dabei davon aus, dass unser Messobjekt Merkmale hat, ganz gleich welcher Art, an denen sich dessen Zustand eindeutig erkennen lässt. Durch die Entropieentnahme ändert sich der Wasserspiegel im Steigrohr des Kalorimeters, er steigt, sagen wir, um ein Stück  $l$ .

Im zweiten Schritt wird dieselbe Entropiemenge  $S$  dem Körper wieder entzogen, indem man sie dem Kalorimeter – anders als zuvor – über eine „Wärmebrücke“ zuleitet. Der Körper kehrt dadurch in den Ausgangszustand zurück und der Wasserspiegel im Steigrohr fällt um  $l'$ . Da die Entropie bei der Leitung über die „Wärmebrücke“ zunimmt, liegt der Wasserspiegel am Ende niedriger als ganz zu Anfang.

- a) Welche Temperatur  $T$  hat der Körper, wenn  $l'$  betragsmäßig um 30 % größer ist als  $l$  ?
- b) Wie ist die Messung auszuführen, wenn der Körper links kälter ist als das Kalorimeter?