

F. Herrmann

Q tut's nicht, S tut's

Das Problem des Wärmemaßes

Extensive (mengenartige) Größen:

Masse (Mengenmaß für Trägheit und Schwere)

Energie (Mengenmaß für Arbeitsfähigkeit)

elektrische Ladung (Mengenmaß für Elektrizität)

räumliche Verteilung:

Massendichte

Energiedichte

Ladungsdichte

Strom:

Massenstrom

Energiestrom

Ladungsstrom (elektrischer Strom)

Mengenmaß für Wärme?

Alltagserfahrung legt es nahe.

Wissenschaft und Technik braucht es.

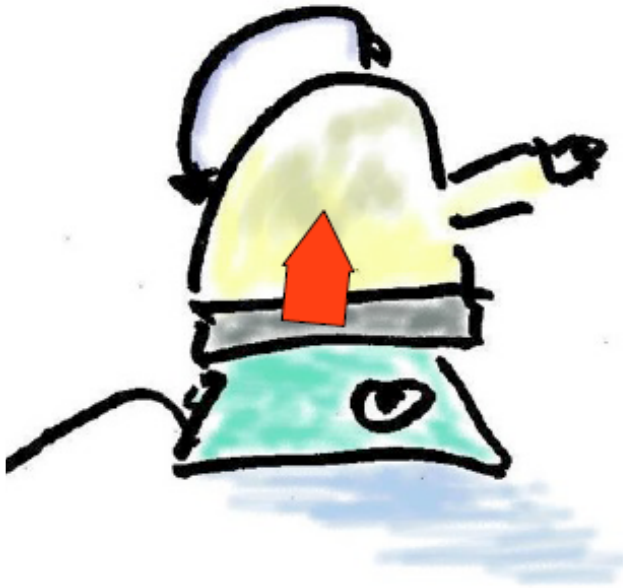
Ende des 18. Jahrhunderts eingeführt.

Später wieder verschwunden. (Vortrag Pohlig)

Was benutzt die Wissenschaft heute als Wärmemaß?

Das Problem des Wärmemaßes

Erwartungen an ein Wärmemaß



Wärme geht aus Heizplatte ins Wasser.

Je höher die Temperatur des Wassers, desto mehr Wärme ist drin.

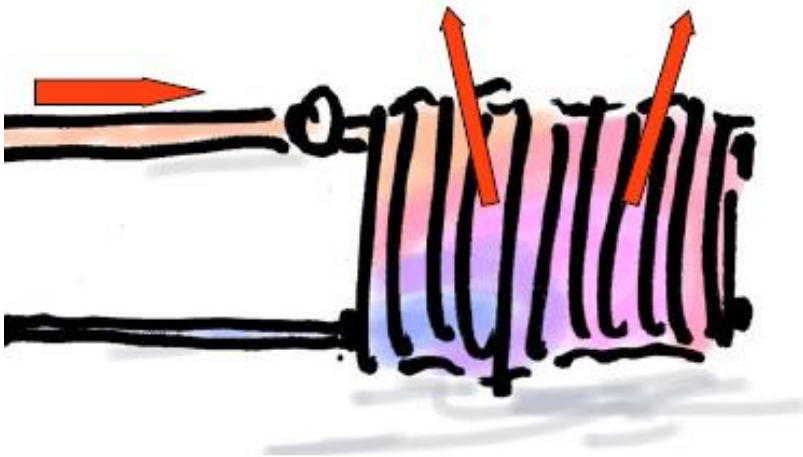


In zwei Wärmflaschen ist doppelt so viel Wärme wie in einer.

Erwartungen an ein Wärmemaß

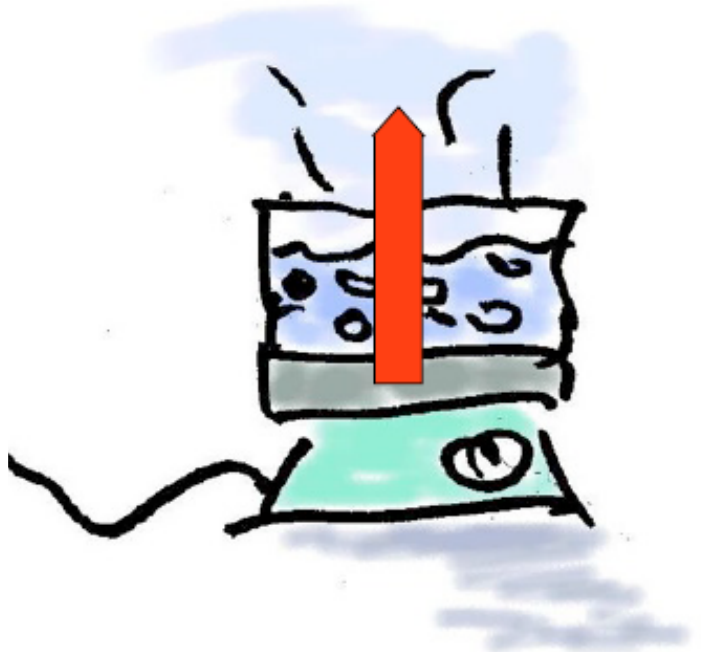


Lässt man den Tee stehen, so geht Wärme in die Umgebung.



Das Wasser transportiert Wärme vom Heizkessel zu den Heizkörpern.

Erwartungen an ein Wärmemaß



Wenn man kochendes Wasser weiter kochen lässt, wird es nicht wärmer. Es geht keine Wärme ins flüssige Wasser. Stattdessen wird Dampf erzeugt. Der Dampf enthält mehr Wärme als das flüssige Wasser.



In der Flamme entsteht Wärme.

Erwartungen an ein Wärmemaß



Wärme geht aus Heizplatte ins Wasser.

Je höher die Temperatur des Wassers, desto mehr Wärme ist drin.



Lässt man den Tee stehen, so geht Wärme in die Umgebung.



Wenn man kochendes Wasser weiter kochen lässt, wird es nicht wärmer. Es geht keine Wärme ins flüssige Wasser. Stattdessen wird Dampf erzeugt. Der Dampf enthält mehr Wärme als das flüssige Wasser.



In zwei Wärmeflaschen ist doppelt so viel Wärme wie in einer.



Das Wasser transportiert Wärme vom Heizkessel zu den Heizkörpern.



In der Flamme entsteht Wärme.

Der Stand der Dinge

Symbol

Name

Q

Wärme

U

Innere Energie

H

Enthalpie

keines

thermische Energie

Die Prozessgröße Q

keine Größe im üblichen Sinn

$$\delta Q = TdS$$

Differenzialform

Es gibt Zustands- und Prozessgrößen. ??

Es gibt fast nur Zustandsgrößen; mit zwei Ausnahmen.

Tipler: „Im Unterschied zur inneren Energie sind die ausgetauschte Arbeit und die umgesetzte Wärme *keine* Zustandsfunktionen. Man kann zwar sagen, ein System habe die innere Energie U , aber man kann ihm keinen bestimmten Inhalt an Arbeit oder Wärme zuschreiben; ...“

Erwartungen an ein Wärmemaß



~~Wärme geht aus Heizplatte ins Wasser.~~

~~Je höher die Temperatur des Wassers, desto mehr Wärme ist drin.~~



~~Lässt man den Tee stehen, so geht Wärme in die Umgebung.~~



~~Wenn man kochendes Wasser weiter kochen lässt, wird es nicht wärmer. Es geht keine Wärme ins flüssige Wasser. Stattdessen wird Dampf erzeugt. Der Dampf enthält mehr Wärme als das flüssige Wasser.~~



~~In zwei Wärmeflaschen ist doppelt so viel Wärme wie in einer.~~



~~Das Wasser transportiert Wärme vom Heizkessel zu den Heizkörpern.~~



In der Flamme entsteht Wärme.

Die innere Energie U

Falls $V = \text{const}$:

$$\delta Q = \Delta U$$

Oberstufenbuch 1:

Die **innere Energie** eines Körpers ist die **Summe der Energien aller seiner Teilchen**. Sie steigt mit der Temperatur.

Verwechsle nie die innere Energie mit der Wärme! Ein Körper hoher Temperatur *hat* viel innere Energie. Gibt er davon etwas ab, so nennt man die abfließende Energieportion, und nur diese, während des Abfließens *Wärme*. Im kalten Körper angekommen ist es keine Wärme mehr, vielmehr wurde dort die innere Energie und damit die Temperatur erhöht.

Der Geldbetrag auf deinem Girokonto gehört zu deinem Vermögen. Überweist du davon eine Summe, so spricht man vom Überweisungsbetrag, solange das Geld unterwegs ist. Ist es beim Empfänger verbucht, so gehört es zu dessen Vermögen. Genauso gibt es Fachausdrücke für die Energie, die *ein Körper hat* (innere Energie), und für die, die *unterwegs* ist (Wärme bzw Arbeit).

Erwartungen an ein Wärmemaß



Innere Energie geht aus Heizplatte ins Wasser. Je höher die Temperatur des Wassers, desto mehr **innere Energie** ist drin.



~~Lässt man den Tee stehen, so geht **innere Energie** in die Umgebung.~~



~~Wenn man kochendes Wasser weiter kochen lässt, wird es nicht wärmer. Es geht keine **innere Energie** ins flüssige Wasser. Stattdessen wird Dampf erzeugt. Der Dampf enthält mehr **innere Energie** als das flüssige Wasser.~~



In zwei Wärmflaschen ist doppelt so viel **innere Energie** wie in einer.



Das Wasser transportiert **innere Energie** vom Heizkessel zu den Heizkörpern.



~~In der Flamme entsteht **innere Energie**.~~

Die Enthalpie H

Falls $p = \text{const}$:

$$\delta Q = \Delta H$$

Erwartungen an ein Wärmemaß



~~Enthalpie geht aus Heizplatte ins Wasser.~~

Je höher die Temperatur des Wassers, desto mehr **Enthalpie** ist drin.



~~Lässt man den Tee stehen, so geht **innere Energie** in die Umgebung.~~



Wenn man kochendes Wasser weiter kochen lässt, wird es nicht wärmer. ~~Es geht keine **Enthalpie** ins flüssige Wasser.~~ Stattdessen wird Dampf erzeugt. Der Dampf enthält mehr **Enthalpie** als das flüssige Wasser.



In zwei Wärmflaschen ist doppelt so viel **Enthalpie** wie in einer.



Das Wasser transportiert **Enthalpie** vom Heizkessel zu den Heizkörpern.

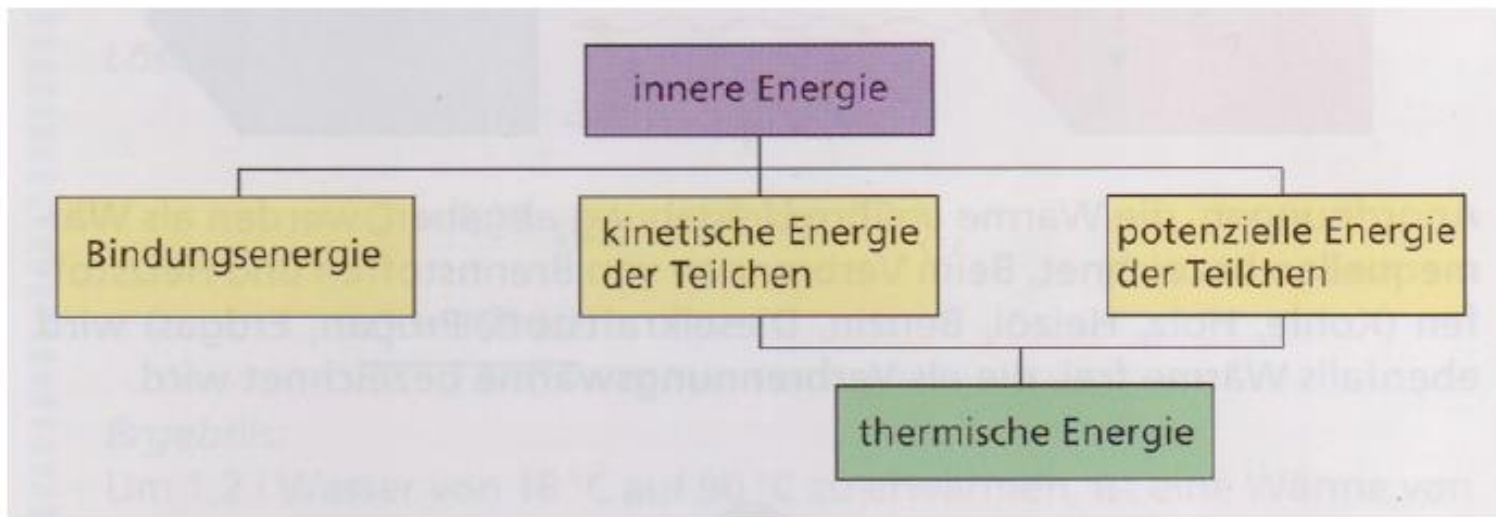


~~In der Flamme entsteht **innere Energie**.~~

Die thermische Energie

Oberstufenbuch 2:

Die innere Energie gibt an, wie groß die in einem System gespeicherte Energie ist.
Diese innere Energie setzt sich aus unterschiedlichen Bestandteilen zusammen:



Die **thermische Energie** ist Teil der inneren Energie und wird weitgehend durch die Temperatur bestimmt. Da man in vielen Fällen von der Konstanz der anderen Bestandteile ausgehen kann, wird mitunter nur die thermische Energie betrachtet.

Die thermische Energie

Zwischen Körpern oder Systemen kann Energie übertragen werden.

Die Wärme gibt an, wie viel thermische Energie von einem System auf ein anderes übertragen wird.

Da durch die Wärme der Prozess der Energieübertragung zwischen zwei Systemen oder zwei Körpern beschrieben wird, ist sie eine Prozessgröße, deren Wert von der Energieänderung abhängig ist.

Für den Zusammenhang zwischen übertragener Wärme und Energieänderung gilt:

$$Q = \Delta E_{\text{therm}}$$

Die thermische Energie

Oberstufenbuch 2:

Die gesamte Energie eines thermodynamischen Systems, die aus **thermischer Energie** (*potentielle und kinetische Energie der Teilchen*), aus *chemischer Energie* und *nuklearer Energie* besteht, ist die **innere Energie U** .

$$~~U = E_{\text{th}} + E_{\text{ch}} + E_{\text{nuk}}~~$$

Vorläufige Schlussfolgerung

<i>Symbol</i>	<i>Name</i>	
Q	Wärme	kein Wärmeinhalt
U	Innere Energie	geht nur wenn $V = \text{const}$
H	Enthalpie	geht nur wenn $p = \text{const}$
keines	thermische Energie	gibt es nicht

Erwartungen an ein Wärmemaß



Entropie geht aus Heizplatte ins Wasser.

Je höher die Temperatur des Wassers, desto mehr **Entropie** ist drin.



In zwei Wärmflaschen ist doppelt so viel **Entropie** wie in einer.



Lässt stehen in die

S tut's



Wasser transportiert vom Heizkessel zu den Heizkörpern.



Wenn man kochendes Wasser weiter kochen lässt, wird es nicht wärmer. Es geht keine **Entropie** ins flüssige Wasser. Stattdessen wird Dampf erzeugt. Der Dampf enthält mehr **Entropie** als das flüssige Wasser.



In der Flamme entsteht **Entropie**

Aus einem Lehrbuch:

- „Verwechsle nie die innere Energie mit der Wärme! Ein Körper hoher Temperatur *hat* viel innere Energie. Gibt er davon etwas ab, so nennt man die abfließende Energieportion, und nur diese, während des Abfließens *Wärme*. Im kalten Körper angekommen, ist es keine Wärme mehr; vielmehr wurde durch diesen Energieübergang dort die innere Energie und damit die Temperatur erhöht.“

(Dorn-Bader)

In der Elektrizitätslehre:

FS Φ

$$dE = \varphi \cdot dQ$$

Könnten Sie sich vorstellen, die Elektrizitätslehre zu unterrichten, ohne den Begriff Elektrizität (bzw. elektrische Ladung) zu verwenden?

In der Wärmelehre:

FS Φ

$$dE = T \cdot dS$$

Könnten Sie sich vorstellen, die Wärmelehre zu unterrichten, ohne den Begriff Entropie zu verwenden?

ENDE