



HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



09.06.2022 – PROF. DR. BIRGIT HINRICHS

PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN DER NATUR UND AGRARTECHNIK



1



HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

WÄRMELEHRE

PROF. DR. BIRGIT HINRICHS

TEMPERATUR & WÄRME

DIE 4 HAUPTSÄTZE DER THERMODYNAMIK

VOLUMENÄNDERUNG VON STOFFEN

WÄRMEAUSTAUSCH

WÄRMEÜBERTRAGUNGSARTEN

WÄRMESTROM

2

2

TEMPERATUR UND WÄRME

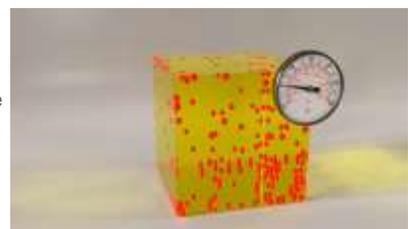
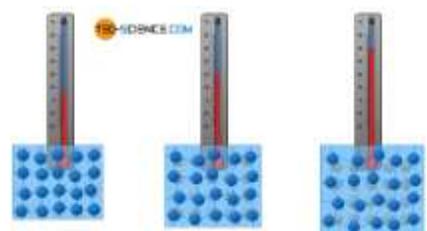
DEFINITIONEN
THERMISCHE ENERGIE
INNERE ENERGIE
UNTERSCHIEDE UND ZUSAMMENHÄNGE

3

3

TEMPERATUR

- physikalische Zustandsgröße
- beschreibt momentanen, thermischen Zustand eines Körpers
 - wie warm
 - wie kalt
- mittlere kinetische Energie der Körperteilchen
- je höher die Temperatur, umso größer die kinetische Energie, umso größer die Bewegung der Teilchen
- je niedriger die Temperatur, umso geringer die kinetische Energie, umso geringer die Bewegung der Teilchen
- kinetische Energie = Mittelwert
- Temperaturbestimmung mithilfe objektiver Messmethoden = Thermometer



<https://www.tec-science.com/de/thermodynamik-waermelehre/temperatur/temperatur-und-teilchenbewegung/>, Zugriff am 06.06.2022

4

4

MAßEINHEITEN FÜR DIE TEMPERATUR

- objektives Messinstrument = Thermometer
- SI-Einheit = Kelvin (K)
- deutschsprachiger Raum: Grad Celsius (°C)
- USA, Großbritannien und Australien: Fahrenheit (F)

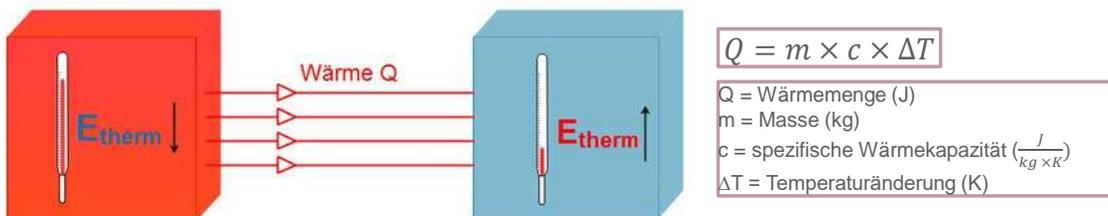


https://www.wetter.com/wetterlexikon/gefuehle-temperatur_aid_570f4122cebfc0060e8b4639.html, Zugriff am 06.06.2022

5

5

WÄRME



- Prozessgröße
 - Synonym: Wärmemenge, Wärmeenergie
 - Wärmemenge = Q mit der Einheit Joule (J)
 - Wärme in der Physik: thermische Energiebeschreibung während des Prozesses der Temperaturänderung eines Körpers und nicht die Eigenschaft, ob etwas warm oder kalt ist
- gibt Auskunft über die Menge der thermischen Energie, die ein System aufnimmt oder abgibt, wenn Wärmeübertragung stattfindet

6

6

THERMISCHE ENERGIE

Thermische Energie ist die Menge an Energie, die in der ungeordneten Bewegung der Teilchen des Systems steckt.

- jeder Körper besitzt Energie, da Teilchenbewegung stattfindet
- Fähigkeit eines Körpers an seine kältere Umgebung Wärme abzugeben → Zustandsgröße
- thermische Energie ist abhängig von der Temperatur, Masse und Wärmekapazität
 - je mehr Masse, desto mehr Teilchen können sich ungeordnet bewegen → höhere thermische Energie
 - je höher die Wärmekapazität, desto mehr Energie wird für die Temperaturerhöhung benötigt, umso mehr thermische Energie kann gespeichert werden
- → thermische Energie ist von denselben Faktoren abhängig wie die Wärmemenge, die bei der Wärmeübertragung transportiert wird

thermische Energie = Wärmemenge = direkter Zusammenhang zur inneren Energie

7

7

INNERE ENERGIE

Die innere Energie eines Systems beschreibt die Gesamtenergie aus allen Energiearten, die ein Körper hat.

- thermische Energie übt einen Einfluss auf die innere Energie des Systems aus
- Wärmezu- oder -abfuhr oder mechanische Arbeit = Veränderung der inneren Energie und damit der Temperatur
- innere Energie ist proportional zur Temperaturänderung → durch Wärme oder Arbeit wird die Temperatur des Körpers verändert.

$$\Delta U = Q + W$$

ΔU = Änderung der inneren Energie
 Q = Wärmemenge
 W = Arbeit

8

8



Temperatur

- physikalische Zustandsgröße
- messbar
- nicht übertragbar
- gibt Auskunft wie warm oder kalt ein Körper ist
- gibt Auskunft über die Größe der mittleren kinetischen Energie



Wärme

- Prozessgröße
- Berechnung
- übertragbar
- gibt Auskunft über die Menge der thermischen Energie die ein System aufnimmt oder abgibt
- Wärmeübertragung führt zu neuen Größen der inneren Energie

9

9

DIE 4 HAUPTSÄTZE DER THERMODYNAMIK

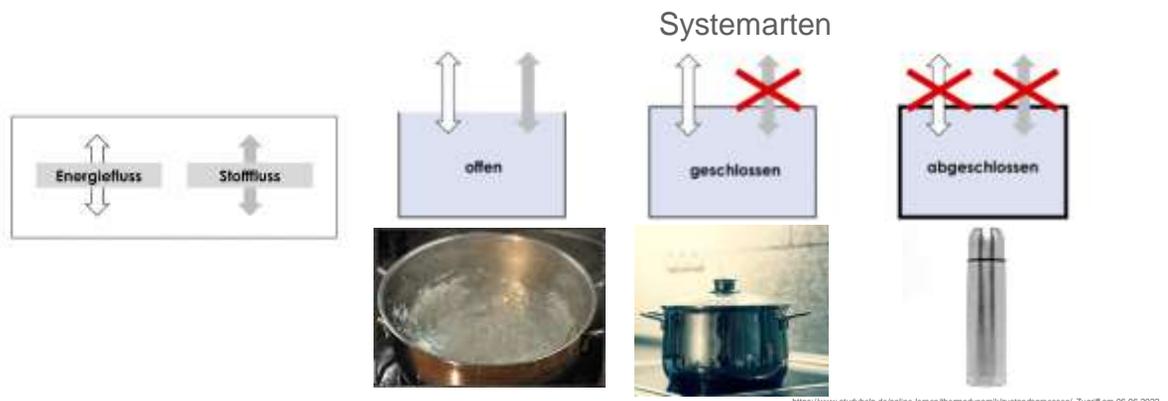
DEFINITION THERMODYNAMIK
 DER NULLTE HAUPTSATZ DER THERMODYNAMIK
 DER 1. HAUPTSATZ DER THERMODYNAMIK
 DER 2. HAUPTSATZ DER THERMODYNAMIK
 DER 3. HAUPTSATZ DER THERMODYNAMIK

10

10

THERMODYNAMIK

Umwandlung und Änderung von Energie innerhalb eines oder mehrerer Systeme.



11

11

NULLTER HAUPTSATZ DER THERMODYNAMIK

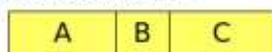
Zwei Teilsysteme verschiedener Temperatur streben einen Gleichgewichtszustand an, wenn sie in einem Wärmekontakt stehen.

Ausgangszustand:



$$T_A > T_B = T_C$$

Gleichgewichtszustand:



$$T_A = T_B = T_C$$

- Gesetz des thermischen Gleichgewichts
- 2 Körper sind in Kontakt, Wärme fließt immer vom Warmen zum Kalten bis zum Gleichgewicht
- Wärme in beiden Richtungen ist „gleich“
- am Ende haben beide Körper die gleiche Temperatur.

http://www.pci.tu-bs.de/aggericke/PC1/Kap_II/Nullter_Hauptsatz.htm, Zugriff am 07.06.2022

12

12

1. HAUPTSATZ DER THERMODYNAMIK

Energien sind ineinander umwandelbar, können aber nicht gebildet oder vernichtet werden.

- Energieerhaltungssatz
- Die Änderung ΔU der inneren Energie in einem geschlossenen System ist gleich der, mit der Umgebung ausgetauschten Wärme Q und Arbeit W



$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W$$

U = innere Energie
 Q = Wärme
 W = Arbeit

http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch1/pc/pc_02/pc_02_02/pc_02_02_01.vlu/Page/vsc/de/ch1/pc/pc_02/pc_02_02/pc_02_02_02.vscml.html, Zugriff am 07.06.2022

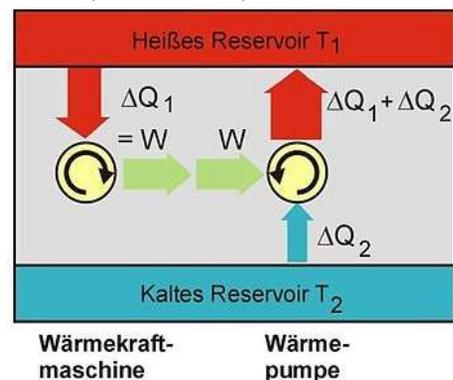
13

13

2. HAUPTSATZ DER THERMODYNAMIK

Wärme geht niemals selbst von einem Körper niedriger Temperatur zu einem Körper höherer Temperatur über.

- Entropiesatz
- Richtungsbeschreibung der Energieumwandlung
- mechanische Arbeit kann vollständig in Wärme umgewandelt werden, umgekehrt jedoch nur ein Teil der Energie.
- Bei Wärmeumwandlung in mechanischer Energie entstehen immer Verluste \rightarrow irreversibler Prozess



<https://www.biancahoegel.de/thermodynamik/hauptsatz2.html>, Zugriff am 08.06.2022

14

14

3. HAUPTSATZ DER THERMODYNAMIK

Man kann sich dem absoluten Nullpunkt der Temperatur zwar nähern, ihn aber nie erreichen.

- Nernstsches Wärmethoerem
- absoluter Nullpunkt – keine Entropieänderung

15

15

VOLUMENÄNDERUNG VON KÖRPERN BEI TEMPERATURÄNDERUNG

VERÄNDERUNGSVERHALTEN VON FESTEN, FLÜSSIGEN UND GASFÖRMIGEN KÖRPERN
ANOMALIE DES WASSERS

16

16

VOLUMENÄNDERUNG BEI TEMPERATURÄNDERUNG

Feste Körper



17

17

VOLUMENÄNDERUNG BEI TEMPERATURÄNDERUNG

Feste Körper

- jeder Körper hat ein Volumen (V) = Rauminhalt
- Volumenänderung ist abhängig von dem Ausgangsvolumen der Temperaturveränderung und der Stoffzusammensetzung
- in der Regel
 - Temperatur \uparrow \rightarrow Volumen \uparrow : Warme Teilchen schwingen stärker hin und her \rightarrow benötigen mehr Raum
 - Temperatur \downarrow \rightarrow Volumen \downarrow
- Volumenveränderung in Länge und Breitenrichtung, Abstände zwischen den Molekülen vergrößern sich \rightarrow Kohäsionskräfte werden geringer

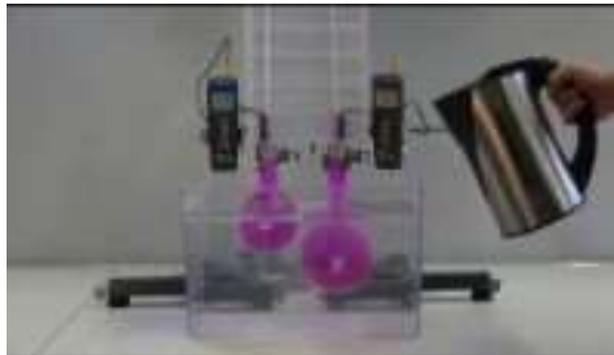


18

18

VOLUMENÄNDERUNG BEI TEMPERATURÄNDERUNG

Flüssige Körper



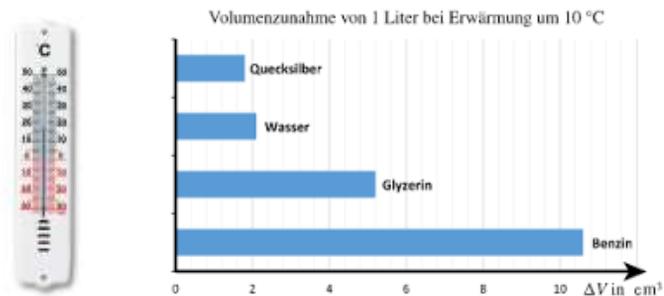
19

19

VOLUMENÄNDERUNG BEI TEMPERATURÄNDERUNG

Flüssige Körper

- Volumenveränderung wie bei den festen Körpern, jedoch stärkere Ausprägung



20

20

VOLUMENÄNDERUNG BEI TEMPERATURÄNDERUNG

Gasförmige Körper



21

21

VOLUMENÄNDERUNG BEI TEMPERATURÄNDERUNG

Gasförmige Körper

- Volumenveränderung wie bei den festen und flüssigen Körpern, stärkste Ausprägung weil die Moleküle in den Gasen bereits viel Raum einnehmen und stark schwingen



22

22

VOLUMENÄNDERUNG

Bei Erwärmung gibt es eine höhere Teilchenbewegung und somit wird mehr Platz benötigt!



<https://www.leifiphysik.de/waermelehre/ausdehnung-bei-erwaermung/grundwissen/volumenaenderung-von-stoffen>, Zugriff am 08.06.2022

23

23

LÄNGENVERÄNDERUNG BEI TEMPERATURÄNDERUNG

$$\Delta l = \alpha \times l_0 \times \Delta v$$

ΔV = Längenänderung
 γ = Ausdehnungskoeffizient
 l_0 = Ausgangslänge
 Δv = Temperaturänderung

| Fester Stoff | α | Fester Stoff | α |
|--------------|----------|-----------------------|----------|
| Aluminium | 23,6 | Zinn | 27 |
| Blei | 29,2 | Graphit | 7,9 |
| Eisen | 12 | Holz, längs zur Faser | 8 |
| Federstahl | 11 | Porzellan | 3 |
| Invar | 1,5 - 2 | Kupfer | 16,8 |
| Messing | 18,4 | Gedärglas 20 | 4,8 |
| Silber | 10,5 | Normalglas 16 | 8,2 |
| V2A-Stahl | 16 | Thermometerglas | 6,0 |
| Stahlbeton | 10 - 15 | Quarzglas | 0,55 |
| Gips | 25 | Ziegel | 3 |

Tabelle 1: Mittlerer Längenausdehnungskoeffizient α von festen Stoffen in 10^{-5}K^{-1} zwischen -20°C und 100°C

24

24

VOLUMENÄNDERUNG BEI TEMPERATURÄNDERUNG

$$\Delta V = \gamma \times V_0 \times \Delta T$$

ΔV = Volumenänderung
 γ = Ausdehnungskoeffizient
 V_0 = Ausgangsvolumen
 ΔT = Temperaturänderung

| Flüssigkeiten | γ | Flüssigkeiten | γ |
|---------------|----------|-----------------------|----------|
| Äthanol | 11,0 | Glycerin | 5,0 |
| Aceton | 14,9 | n-Hexan | 13,5 |
| Benzol | 12,3 | Methanol | 12 |
| Diäthyläther | 16,2 | n-Pentan | 16 |
| Quecksilber | 1,82 | Tetrachlorkohlenstoff | 12,3 |
| Toluol | 11,1 | Wasser | 1,8 |

Tabelle 2: Volumenausdehnungskoeffizient γ von Flüssigkeiten in 10^{-4} K^{-1} bei 20°C

25

25

ANOMALIE DES WASSERS

Die Anomalie des Wassers gibt an, dass Wasser nur bis zu einer Temperatur von 4°C sein Volumen verringert. Wenn Wasser ab 4°C weiter erwärmt oder abkühlt, wird das Volumen wieder größer und seine Dichte sinkt. Dieser Zustand wird auch Dichteanomalie genannt.

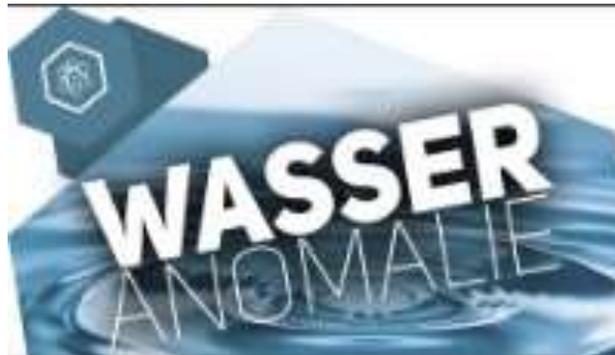
- Temperaturänderungen haben Auswirkungen auf das Volumen und die Dichte \rightarrow Wasser Besonderheit

26

26

ANOMALIE DES WASSERS

im Alltag



27

27

WÄRMEAUSTAUSCH

DEFINITION, FORMEL UND WÄRMEÜBERTRAGUNGSKOEFFIZIENT

28

28

GRUNDGESETZ DES WÄRMEAUSTAUSCHS

Wärmeübertragung oder auch Wärmetransport beschreibt die Übertragung von Wärme von unterschiedlich warmen Systemen über ihre Systemgrenzen hinweg. Dabei überträgt sich die Wärme vom System der höheren Temperatur auf das System der niedrigeren Temperatur.

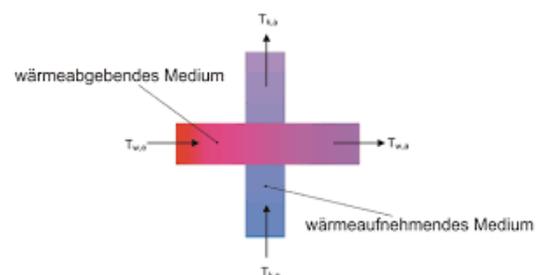
- Prozessgröße: transportierte Wärme Q
- thermische Energie wird aufgrund von Temperaturunterschieden zwischen den thermischen Systemen übertragen
- Voraussetzung: der andere Körper muss Wärme aufnehmen können \rightarrow Wärmekapazität C

29

29

WÄRMEAUSTAUSCH ZWISCHEN ZWEI KÖRPERN

- 2 Körper benötigen unterschiedliche Temperaturen
- 2 Körper müssen engen Kontakt haben
- Grundgesetz vom Wärmeaustausch: Wärmeaustausch zwischen 2 Körpern mit unterschiedlichen Temperaturen findet statt, die in engen Kontakt miteinander gebracht werden. Der Körper mit der höheren Temperatur gibt Wärme an den Körper mit der niedrigeren Temperatur ab. Die abgegebene Wärme Q_{ab} ist genauso groß, wie die aufgenommene bzw. zugeführte Wärme Q_{zu} .



$$Q_{ab} = Q_{zu}$$

30

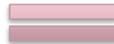
30

GRUNDGLEICHUNG DER WÄRMELEHRE

Die Wärmemenge Q , die ein Körper aufnimmt oder abgibt, ist das Produkt der spezifischen Wärmekapazität c des Körpers, der Masse m des Körpers und der Temperaturänderung ΔT in Kelvin.

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$Q_{ab} = c_1 \times m_1 \times (T_1 - T_M)$$



$$Q_{zu} = c_2 \times m_2 \times (T_M - T_2)$$

c_1 = spezifische Wärmekapazität
 m_1 = Masse des Körpers
 T_1 = Ausgangstemperatur
 T_M = Mischtemperatur

c_2 = spezifische Wärmekapazität
 m_2 = Masse des Körpers
 T_2 = Ausgangstemperatur
 T_M = Mischtemperatur

31

31

RICHMANNSCHE MISCHUNGSREGEL

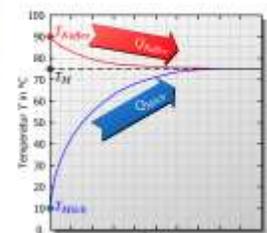
Mit Hilfe der Richmannschen Mischungsregel kann die Mischtemperatur zweier Körper berechnet werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass es bei den beteiligten Körpern zu keinen Aggregatzustandsänderungen kommen darf und auch kein Wärmeverlust beteiligt ist.

$$Q_{ab} = Q_{zu}$$

$$c_1 \times m_1 \times (T_1 - T_M) = c_2 \times m_2 \times (T_M - T_2)$$

$$T_M = \frac{c_1 \times m_1 \times T_1 + c_2 \times m_2 \times T_2}{c_1 \times m_1 + c_2 \times m_2}$$

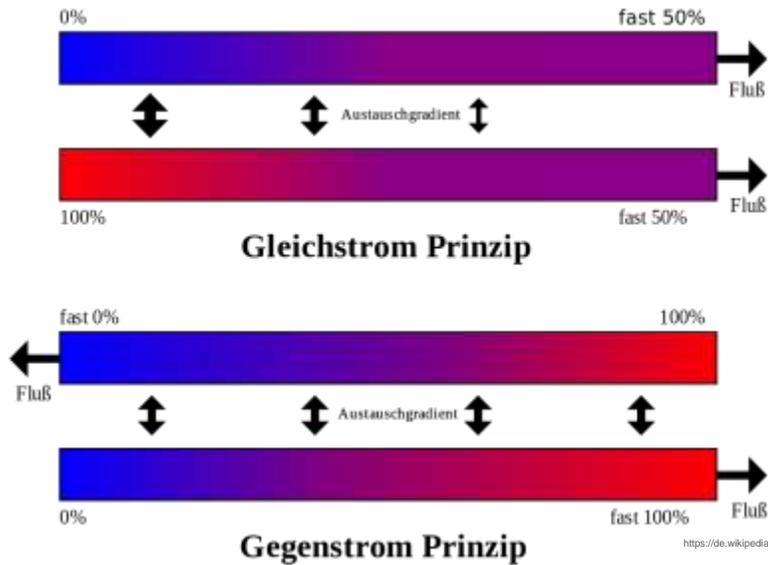
$$[T_M] = 1\text{K} = 1^\circ\text{C}$$



<https://www.ahoeffer.de/maschinenbau/thermodynamik/waerme/waermekapazitaet/46-3-richmann-sche-mischungsregel.html>, Zugriff am 08.06.2022

32

32



33

33

WÄRMEAUSTAUSCH

Gleichstromprinzip

Beim Gleichstromprinzip werden Stoffe unterschiedlicher Temperatur kontinuierlich in die gleiche Richtung geführt. Sie tauschen dabei solange Wärme aus, bis beide Ströme gleich warm sind.

Gegenstromprinzip

Beim Gegenstromprinzip werden Stoffe unterschiedlicher Temperatur kontinuierlich in entgegengesetzten Richtungen aneinander vorbeigeführt und tauschen Wärme aus.

räumlich getrennt
Austausch Wärmeenergie

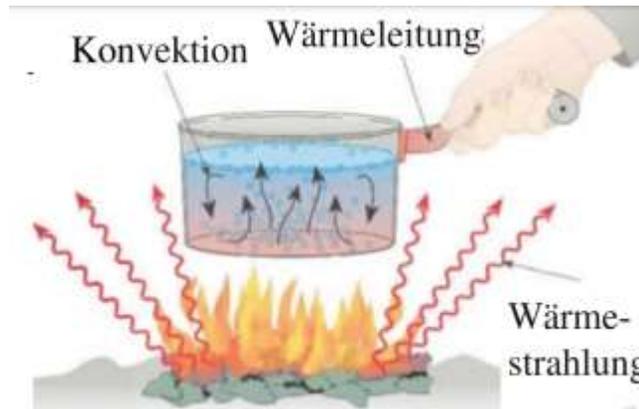
direkter Kontakt
Austausch Wärmeenergie und chemische Reaktion

34

34

WÄRMEÜBERTRAGUNGSARTEN

Unterschiedliche Formen beim Wärmeaustausch



http://crysta.physik.hu-de/~ines/Experimente/VL_5/Waermeuebertragung_wz.pdf, Zugriff am 09.06.2022

35

35

WÄRMEÜBERTRAGUNGSARTEN

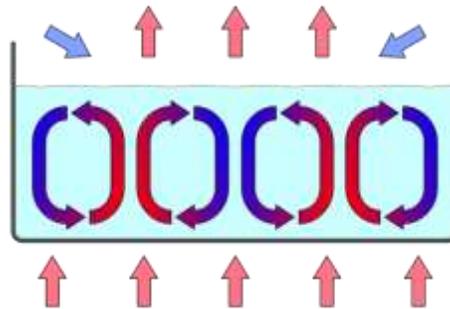
WÄRMEKONVEKTION
WÄRMELEITUNG
WÄRMESTRAHLUNG

36

36

KONVEKTION

Die Konvektion bezeichnet den Vorgang, dass ein strömendes Fluid Wärme auf- bzw. abgibt. Das Fluid strömt hierbei über die Oberfläche von einem anderen Medium, dadurch kommt es zu einer Temperaturanpassung und es stellt sich eine mittlere Temperatur ein.



37

37

KONVEKTION



38

38

KONVEKTION

Bei der Konvektion ohne Stoffaustausch ist das überströmte Medium ein Festkörper. Dies führt dazu, dass beim Überströmen sich ein reiner Wärmeaustausch einstellt. Das bedeutet genauer gesagt, dass das überströmende Fluid sich nicht mit dem anderen Medium, also dem Festkörper, vermischt und nur Wärme auf- bzw. abgibt.

Konvektion mit Stoffaustausch findet nur zwischen zwei Fluiden statt, d. h. auch das Medium was überströmt wird, ist in diesem Fall ein Fluid. Dies führt dazu, dass neben der Wärmeübertragung auch eine Stoffvermischung auftritt. Hierbei kommt es zu einer Angleichung der Zusammensetzung beider Stoffe.

39

39

FREIE ODER ERZWUNGENE KONVEKTION

Freie Konvektion, auch natürliche Konvektion genannt, bezeichnet die Art von Konvektion, bei welcher der Teilchentransport nur von natürlichen Faktoren bestimmt wird. Hiermit ist gemeint, dass ausschließlich der Temperaturunterschied verantwortlich ist für die Konvektion.

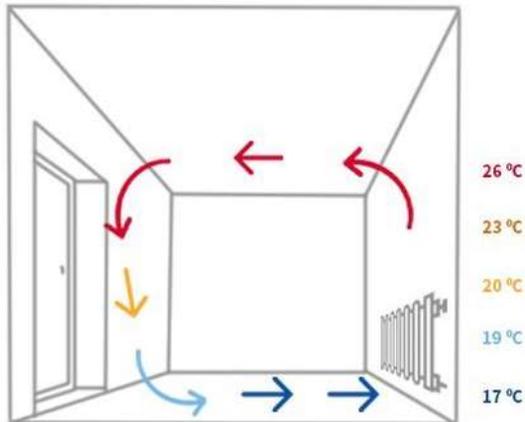
Die erzwungene Konvektion bezeichnet die Konvektion, welche nicht auf natürlichen Wege entsteht, sondern durch äußere Kräfte wie z. B. Pumpen und Gebläse künstlich geschaffen wird.

Die Pumpen und Gebläse führen zu Druckunterschieden, dies führt dann zu einer erzwungenen Strömung bzw. Konvektion.

40

40

FREIE ODER ERZWUNGENE KONVEKTION



41

41

WÄRMELEITUNG = KONDUKTION

Wärmeübertragung innerhalb eines Körpers ohne Stofftransport

- abhängig von der Wärmeleitfähigkeit des Stoffes (Materialkonstante)
- Feststoffe sind gute Wärmeleiter

Bei der Wärmeleitung geht die Wärme in Körpern hindurch von Gebieten **höherer Temperatur** über zu Gebieten **niedrigerer Temperatur**. Hierbei leiten die einzelnen Stoffe unterschiedlich gut bzw. schlecht, weshalb auch zwischen guten und schlechten Wärmeleitern unterschieden wird. Die Wärme wird hierbei über die einzelnen Teilchen im Körper übertragen bis sie an ihrem Zielort ankommt.

42

42

WÄRMELEITUNG = KONDUKTION

Wärmeübertragung innerhalb eines Körpers ohne Stofftransport

- Randbedingungen
 - Temperaturdifferenz
 - Länge und Querschnitt
 - stoffliche Zusammensetzung
 - Zeit

$$Q = \lambda \times \frac{A \times t \times \Delta\vartheta}{l}$$

Q = Wärme, welche durch den Stoff geht

λ = Wärmeleitfähigkeit

A = Querschnittsfläche

t = Zeit der Wärmeleitung

l = Länge

$\Delta\vartheta$ = Temperaturdifferenz

43

43

WÄRMESTRAHLUNG

Wärmestrahlung entsteht, indem ein Körper - dabei spielt es keine Rolle was für ein Körper dies ist - Strahlung aussendet. Die Stärke und Menge der ausgestrahlten Wärmestrahlung hängt einzig und allein von der Temperatur des Körpers ab.

- Wärmeübertragung durch unsichtbare Strahlen
- funktioniert auch im Vakuum, keine Materie notwendig
- die Elektronenbewegung durch die erhöhte Körpertemperatur führt zur Abgabe der elektromagnetischen Strahlung
- Sonne ist der Hauptproduzent



44

44



45

45

WÄRMESTROM

WÄRMESTROM
 WÄRMESTROMDICHTHE
 WÄRMEKAPAZITÄT
 WÄRMEÜBERTRAGUNGSKOEFFIZIENT
 WÄRMELEITFÄHIGKEIT
 WÄRMEÜBERGANG
 WÄRMEDURCHGANG

46

46

WÄRMESTROM

Quantitative Beschreibung der Wärmeübertragung

- Wärmestrom \dot{Q}
- thermische Leistung
- beschreibt die Menge an Wärme, welche in einer bestimmten Zeiteinheit vom Ort höherer Temperatur zum Ort geringerer Temperatur übertragen wird.
- Einheit: Watt (W)

$$\dot{Q} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$$[\dot{Q}] = 1W = 1 \frac{J}{s} = 1 \frac{m^2 \times kg}{s^3}$$

47

47

WÄRMESTROMDICHTE \dot{q}

Leistungsdichte vom Wärmestrom

- Leistungsdichte der Wärmeübertragung
- beschreibt den Wärmestrom \dot{Q} in Abhängigkeit zur Übertragungsfläche A der Wärme
- Einheit: Watt pro m²
- Übertragungsfläche A = Querschnittsfläche einer homogenen Systemgrenze → Grenzfläche zwischen den Systemen unterschiedlicher Temperatur

$$\dot{q} = \frac{\Delta Q}{\Delta t \times A} = \frac{\dot{Q}}{A}$$

$$[\dot{q}] = 1 \frac{W}{m^2} = 1 \frac{J}{s \times m^2} = 1 \frac{kg}{s^3}$$

48

48

WÄRMEKAPAZITÄT C EINES KÖRPERS

Berechnung der Wärmekapazität

- wie groß ist die feststellbare Temperaturerhöhung durch welche Menge an zugeführter Wärme
- molare und spezifische Wärmekapazität

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

$$[C] = 1 \frac{J}{K} = 1 \frac{m^2 \times kg}{s^2 \times K}$$

49

49

WÄRMEÜBERTRAGUNGSKOEFFIZIENT α

Maß für die Intensivität des Wärmeübergangs an Grenzflächen zwischen zwei Systemen mit Temperaturunterschied

Der Wärmeübertragungskoeffizient α oder auch h , ist ein Proportionalitätsfaktor, der Auskunft darüber gibt, wie groß die Fähigkeit eines, von Flüssigkeit oder Gas umgebenen, Stoffes ist, Wärme an seiner Grenzfläche aufzunehmen bzw. abzugeben.

$$[\alpha] = 1 \frac{W}{m^2 \times K} = 1 \frac{kg}{s^3 \times K}$$

- je höher der Wärmeübertragungskoeffizient, desto schlechter sind die Wärmedämmeigenschaften der betrachteten Stoffgrenze und umgekehrt
- von Bedeutung, wenn ein Stoff von einer Flüssigkeit oder einem Gas umgeben ist und Wärmeübertragung stattfindet
- keine reine Materialkonstante wie die Wärmeleitfähigkeit, da abhängig von
 - Strömung des Gases oder der Flüssigkeit, die den Stoff umgeben
 - geometrische Verhältnisse
 - Oberflächenbeschaffenheit
- Bauwesen: häufig pauschale Werte zur Vereinfachung
→ Einsatz beim Berechnen vom Wärmestrom

50

50

WÄRMEÜBERGANGSKOEFFIZIENT

| Wärmeübergangskoeffizient α von Stoffen (in $\frac{W}{m^2 \cdot K}$) | | |
|--|--|--|
| Luft | an Innenseite einer Wand | 8,1 |
| | an Außenseite einer Wand | 23 |
| | an Außenseite einer Wand bei Sturm | bis 116 |
| | am Innenfenster | 8,1 |
| | am Außenfenster | 12 |
| | an Fußböden und Decken von unten nach oben | 8,1 |
| Luft | an Fußböden und Decken von oben nach unten | 5,8 |
| | senkrecht zu einer Metallwand (ruhend) | 1,5...35 |
| | senkrecht zu einer Metallwand (mäßig bewegt) | 23...70 |
| | senkrecht zu einer Metallwand (kräftig bewegt) | 58...290 |
| Wasser | ruhend um Rohre | 350...580 |
| | strömend um Rohre | $350 + 2 \cdot 100 \cdot \sqrt{v}$ (v in m/s) |
| Strömendes warmes Wasser in Rohren | | 2 300...4 700 |
| Siedendes Wasser in Rohren | | 4 700...7 000 |
| Siedendes Wasser an Metallflächen | | 3 500...5 800 |
| Kondensierender Wasserdampf auf einem Körper | | 11 400 |

51

51

WÄRMESTROM UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VOM WÄRMEÜBERTRAGUNGSKOEFFIZIENTEN

$$\dot{Q} = \alpha \times A \times \Delta T$$

\dot{Q} = Wärmestrom

α = Wärmeübergangskoeffizient

A = Grenzfläche des von Flüssigkeit oder Gas umgebenden Stoffes

ΔT = Temperaturunterschied

52

52

WÄRMELEITUNG OHNE STOFFTRANSPORT

- ein Ende des Körpers wird erwärmt → schnellere Teilchenbewegung → Energieniveau erhöht sich → Nachbarn werden angeregt sich zu bewegen → Energieübertragung → Stoffteil erwärmt sich
- Kettenreaktion bis sich alle Teilchen schneller bewegen → der Körper ist wärmer als vorher
- Berechnung mithilfe des Wärmestroms durch einen homogenen Stoff

$$\dot{Q} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \lambda \times A \times \frac{\Delta T}{l} = \lambda \times A \times \frac{T_1 - T_2}{l}$$

λ = Wärmeleitfähigkeit des Stoffes
 A = Querschnittsfläche des Stoffes
 l = Länge des Stoffes
 T_1 und T_2 = verschiedenen Temperaturen

53

53

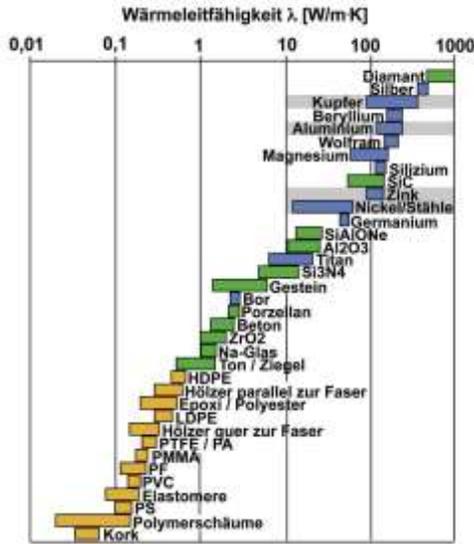
WÄRMELEITFÄHIGKEIT

- Materialkonstante
- Unterscheidungskriterium zwischen guten und schlechten Wärmeleitern
- gute Wärmeleiter: Kupfer, Diamant, Gold (Metalle generell)
- schlechte Wärmeleiter: Holz, Gummi, Glas, Flüssigkeiten und Gase
- gibt an, wie gut und wie schnell ein Körper Wärme transportieren kann
- material- und temperaturabhängig

$$[\lambda] = 1 \frac{W}{m \times K} = 1 \frac{m \times kg}{s^3 \times K}$$

54

54



<https://www.sanier.de/daemnung/hintergrund/daemnung-funktionsweise/waermeleitfaehigkeit>, Zugriff 01.06.2022
https://www.wotech-technical-media.de/womag/ausgabe/2012/11/10_womag_heine_01_12/10_womag_heine_01_12.php, Zugriff am 01.06.2022

WÄRMEÜBERGANG

Wärmeübergang betrifft 2 Medien!

Beim Wärmeübergang geht die Wärme nicht nur innerhalb eines Körpers von A nach B, sondern geht von einem Stoff auf den anderen Stoff über. Hierbei nimmt also nicht nur ein Medium an der Wärmeleitung teil, sondern zwei.

WÄRMEÜBERGANG

Wärmeübergang betrifft 2 Medien!

$$Q = \alpha \times A \times t \times \Delta\vartheta$$

Q = übertragene Wärme
 α = Wärmeübergangskoeffizient
 A = Querschnittsfläche
 t = Zeit
 $\Delta\vartheta$ = Temperaturdifferenz



57

57

WÄRMEDURCHGANG

Mischung von Wärmeübergang und Wärmeleitung → 3 Stoffe sind am Vorgang der Wärmeleitung beteiligt.

Die Wärme geht beim Wärmedurchgang vom ersten Stoff über durch einen festen zweiten Stoff und gibt anschließend die Wärme an den dritten Stoff ab.

58

58

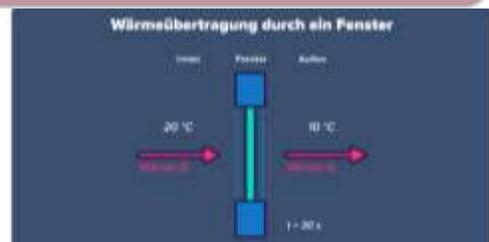
WÄRMEDURCHGANG

Mischung von Wärmeübergang und Wärmeleitung → 3 Stoffe sind am Vorgang der Wärmeleitung beteiligt.

Die Wärme geht beim Wärmedurchgang vom ersten Stoff über durch einen festen zweiten Stoff und gibt anschließend die Wärme an den dritten Stoff ab.

$$Q = k \times A \times t \times \Delta\vartheta$$

Q = übertragene Wärme
k = Wärmedurchgangskoeffizient
A = Querschnittsfläche
t = Zeit
 $\Delta\vartheta$ = Temperaturdifferenz



59

59

WÄRMELEITUNG KOMPAKT

- Bei der Wärmeleitung geht Wärme in einem Körper von höherer Temperatur in Gebiete niedriger Temperatur über.
- Abhängigkeit besteht zu Temperaturdifferenz, stoffliche Zusammensetzung und der Zeit
- Wärmeleitfähigkeit beschreibt, wie gut ein Stoff Wärme leitet oder nicht
- Wärmeübertragung bedeutet die Wärmeübertragung von einem Körper auf einen anderen Körper
- Wärmedurchgang ist ein Vorgang, bei dem Wärme von einem Stoff auf einen zweiten Stoff geht und von dort an einem dritten Stoff abgegeben wird.

60

60



<https://i.pinimg.com/originals/c1/3f/d0/c13fd072f54e4fb2a6d899e3bd75225.jpg>
Zugriff am 08.06.2022