



**Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg**
Maschinenbau und Produktion




2. Wärme

Experimentalphysik
Ulrich Stein




**Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg**
Maschinenbau und Produktion




Mechanik - Thermodynamik

Physikalische Größen

Mechanik: Teilchen <ul style="list-style-type: none">• Ort• Geschwindigkeit• Beschleunigung• Masse• Impuls• Kraft• kin. Energie	Thermodynamik <ul style="list-style-type: none">• Temperatur• Druck• Volumen• Stoffmenge• Entropie• Wirkungsgrad• Innere Energie
--	---



**Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg**
Maschinenbau und Produktion



Temperatur

Zentrale Größe der Wärmelehre

Sinneseindruck: kalt - warm

Erste physikalische Definition
über die Wärmeausdehnung
→ Thermometer

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha \Delta \vartheta.$$

Versuche: Ausdehnung Wasser / Luft



**Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg**
Maschinenbau und Produktion



Kinetische Gastheorie

Ursache der Temperatur:
Erklärt durch innere Bewegung in Materie
Vielteilchen-System, statistische Aussagen, Mittelwerte

Aufgabe der kinetischen Gastheorie:
Ableitung von Temperatur und Druck
aus mechanischen Größen,
wie Geschwindigkeit und Masse
der beteiligten Teilchen



Modellannahmen

Ausgangspunkt: Ideales Gas in Volumen

N Teilchen (Atome / Moleküle) gleicher Masse

Nahezu keine Wechselwirkung untereinander

Nur elastische Stöße mit Wänden und gegenseitig

Dazwischen gerade Flugbahnen

mit konstanter Geschwindigkeit



Ursache des Drucks

Stoß mit den Gefäßwänden

Impulsübertrag durch Umkehr der Flugbahn





bewirkt **Kraft** und
erzeugt **Druck** auf Wand,

$$p := \frac{F}{A},$$

zeitliche Abfolge der Stöße (Flugdauer)

hängt vom **Volumen** des Gefäßes ab



**Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg**
Maschinenbau und Produktion


Zusammenhang mit Temperatur

Ergebnis kin. Gastheorie

$$pV = \frac{2}{3} N \overline{E}_{\text{kin.}}$$

$$\overline{E}_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \overline{v^2}$$

Vergleich mit Experiment


$$pV = kNT$$


$k = 1.3807 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
 Boltzmann Konstante

➔

$$\overline{E}_{\text{kin}} = \frac{3}{2} kT$$

kin. Energie → abs. Temperatur
 $T_C \rightarrow T_K = T_C + 273^\circ$



**Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg**
Maschinenbau und Produktion


weiter ...

- Hauptsätze der Thermodynamik
- Entropie (2. Hauptsatz)
- Wirkungsgrad von Wärmekraftmaschinen
- Reale Gase (Wechselwirkungen im Gas)
- Phasenübergänge (gas/flüssig/fest)
- Quanteneffekte (Plasma/Supraleitung/...)
- Wärmeleitung