

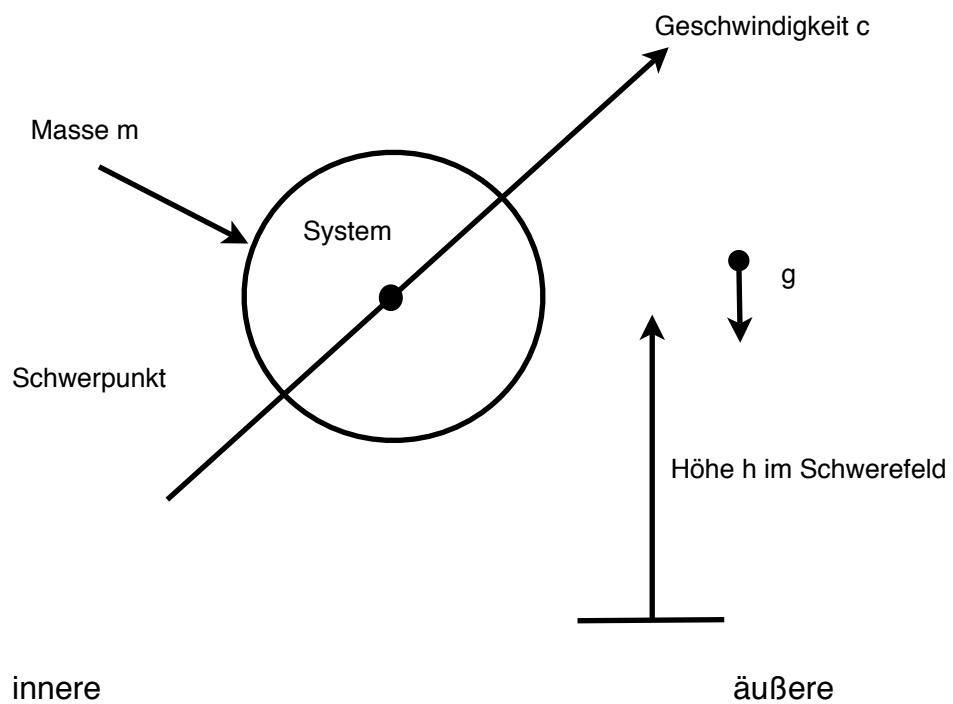
**1.2 Zustandsgrößen, Zustandsänderungen, Gleichgewichtszustand**

Wie erfolgt die Beschreibung des Zustands eines Systems?

→ über Zustandsgrößen (makroskopische Eigenschaften, die den Zustand eines Systems kennzeichnen)

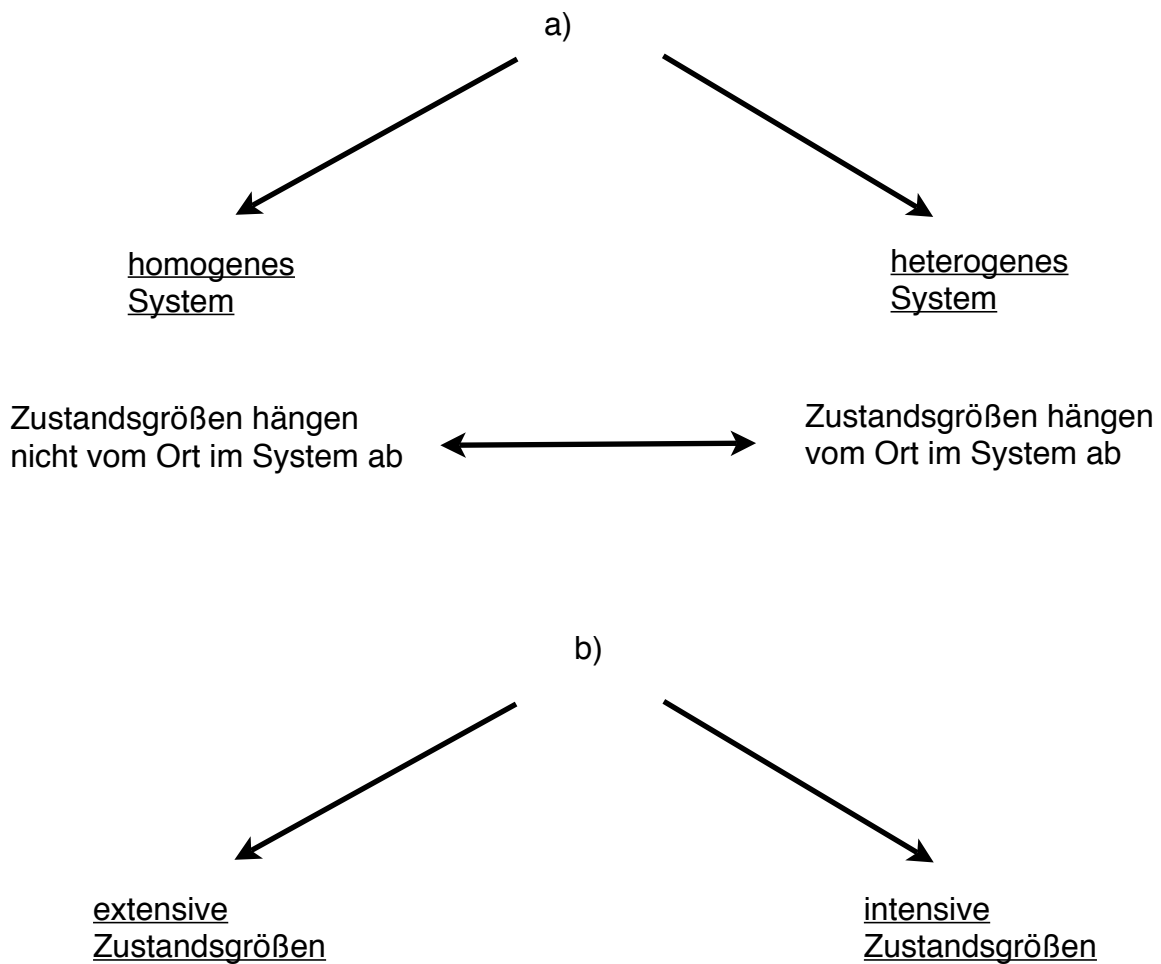
Welche Zustandsgrößen zur Behandlung einer gegebenen Aufgabe benötigt werden, hängt von dieser Aufgabe ab. Hier im Allgemeinen nur Fluide (Flüssigkeiten, Gase) Methoden sind aber auch auf Feststoffe anwendbar.

Typische zur Beschreibung des Zustands eines fluiden Systems verwendete Zustandsgrößen:

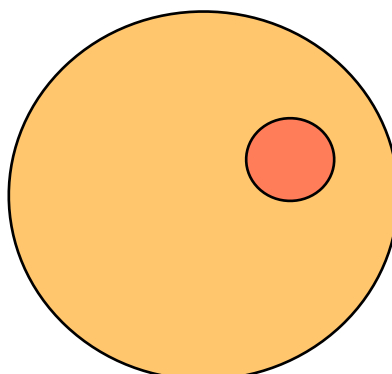


Je nach Aufgabenstellung sind andere Zustandsgrößen zu berücksichtigen, zum Beispiel: elektrische Ladung, elektrisches Potential.

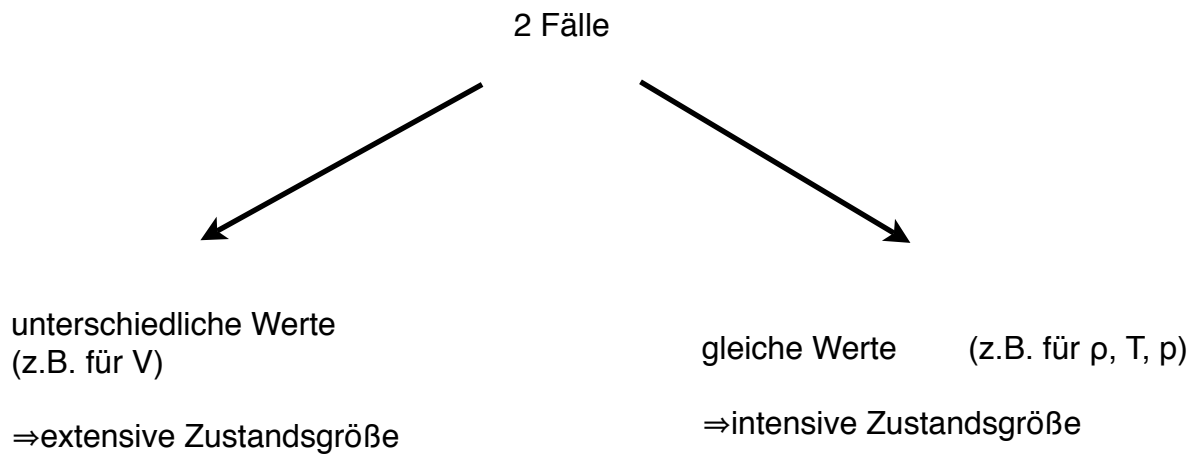
Nützliche Unterscheidung:



Betrachte ein homogenes System sowie ein darin enthaltenes Teilsystem:



Ermittle Zustandsgrößen für beide Systeme:



Ferner:

spezifische Zustandsgröße =  $\frac{\text{extensive Zustandsgröße}}{\text{Gesamtmolzahl}}$

z.B.:  $v^{(m)} = \frac{V}{m}$  spezifisches Volumen  $\left[ \frac{m^3}{kg} \right]$

Anmerkung: spezifische Dichte  $\rho^{(m)} = \frac{1}{v^{(m)}}$

Ähnlich:

$$\text{molare Zustandsgröße} = \frac{\text{extensive Zustandsgröße}}{\text{Gesamtmolzahl}}$$

z.B.:  $v^{(n)} = \frac{V}{n}$  molares Volumen  $\left[ \frac{m^3}{mol} \right]$

molare Dichte  $\rho^{(n)} = \frac{1}{V^{(n)}}$

Anmerkung: •spezifische und molare Zustandsgrößen sind intensive Zustandsgrößen  
 •Indizes hoch (m, n) werden nur mitgeführt wenn nötig.

**Zustandsänderung eines Systems**

warum ändert ein System seinen Zustand?

a) Wechselwirkung mit Umgebung

z.B.: •Kompression  
 •Aufheizen

b) Ausgleichsvorgänge im Inneren

starrer, wärmeisolierter Behälter  
 ⇒keine Wechselwirkung mit Umgebung

**Ursache der Ausgleichsvorgänge:**

⇒Unterschiede in intensiven Zustandsgrößen

$p \neq \text{konst.} \Rightarrow$  Strömung

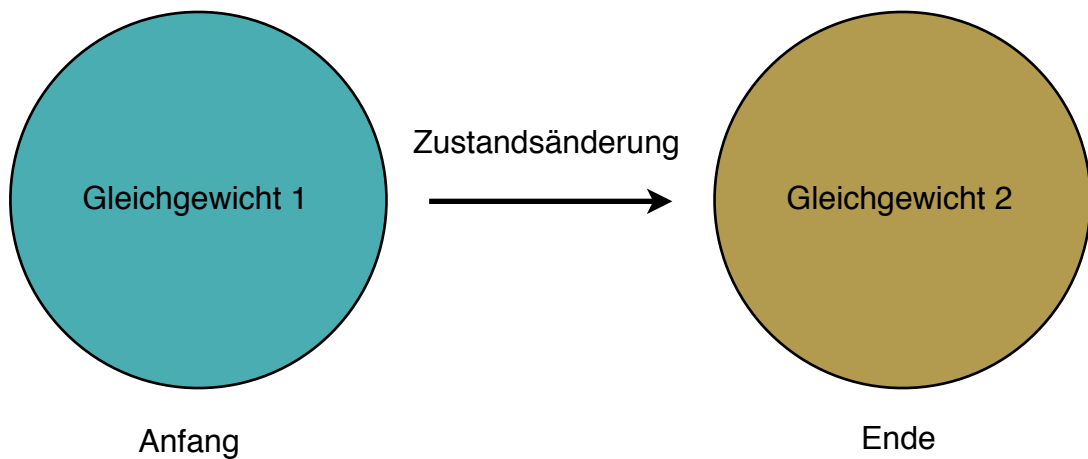
$T \neq \text{konst.} \Rightarrow$  Wärmestrom

$x_i \neq \text{konst.} \Rightarrow$  Diffusionsstrom

Endzustand Ausgleichsvorgang = Gleichgewicht

Anm.: Gleichgewichtszustände sind im Allgemeinen durch die Angabe weniger Zustandsgrößen beschreibbar, Ausgleichsvorgänge hingegen nicht.

Zustandsänderung:



Nur in Ausnahmefällen: Gleichgewicht während der gesamten Zustandsänderung

$\Rightarrow$  dann wäre der Zustand immer eindeutig spezifiziert, nicht nur an Anfang und Ende

z.B.: Ideale (langsame, reibungsfreie Kompression eines Gases)

## **1.3 Temperatur**

Was ist Temperatur?

### phänomenologische Betrachtung

- eine makroskopische Zustandsgröße
- Messvorschrift im Folgenden vertieft

### molekulare Thermodynamik

- Temperatur ist ein Maß für kinetische Energie der ungerichteten Molekülbewegung (Translation, Vibration, Rotation)
- nicht für potentielle Energie der Moleküle

### **1.3.1 Temperaturgleichheit/Skalen**

Temperaturgleichheit:

Wenn 2 Systeme miteinander in Kontakt gebracht werden und sich deren Zustände (ohne Wechselwirkung mit Umgebung) nicht mehr ändern, dann haben die Systeme die gleiche Temperatur.

Anm.: • Dies wird teilweise „nullter Hauptsatz“ der Thermodynamik genannt.

- Dies ist die Basis der Temperaturmessung

Was braucht man zur Temperaturmessung?

- ein Messgerät (Normal), das eine messbare Eigenschaft hat, die eindeutig von der Temperatur abhängt
- eine Temperaturskala, die einen Zusammenhang zwischen dieser Eigenschaft und der Temperatur herstellt (z.B. festgelegt durch 2 Fixpunkte und eine lineare Teilung)

Problem:

Die so gewonnenen Temperaturskalen sind willkürlich und von den Eigenschaften des Normals abhängig.

z.B.: Celsius-Skala (1742)

- Normal: Quecksilber Thermometer
- Eigenschaften: Volumen  $V$  des flüssigen Quecksilbers
- Skala:
  - Fixpunkt 1: Schmelzpunkt von Wasser (Messergebnis  $V_1$ )  
per Definition:  $t=0^\circ\text{C}$
  - Fixpunkt 2: Siedepunkt von Wasser (Messergebnis  $V_2$ )  
per Definition:  $t=100^\circ\text{C}$

Dazwischen lineare Teilung

Skala: 
$$t = \frac{V - V_1}{V_2 - V_1} \cdot 100^\circ\text{C}$$