

Wärme- und Stoffübertragung: Lernpfad Stoffübertragung

Nomenklatur

Subskript:

adv	Advektion
diff	Diffusion
konv	Konvektion
i	Komponentenspezifisch-Partialanteil
D	Dampf
∞	Umgebung
ges	Gesamt
w	Wasser
O	Oberfläche
fl	Flüssigkeit
v	Verdampfung

Superskript:

"	Flächenbezogen
'''	Volumenbezogen
•	Zeitliche Ableitung (Wärmestrom, Massenstrom, Enthalpiestrom etc.)

Symbole

m	Masse	[kg]
M	Molmasse	[kg/kmol]
n	Molmenge	[kmol]
ρ_i	Partialdichte	[kg/m ³]
ρ	Gesamtdichte	[kg/m ³]
C	Konzentration	[kmol/m ³]
ψ	Stoffmengenanteil	[–]
ξ	Massenkonzentration	[–]
p_i	Partialdruck	[N/m ²]
V	Volumen	[kg/m ³]
\dot{n}''	Stoffmengenstromdichte	[kmol/s m ²]
\dot{j}''	Diffusionsstromdichte	[kg/s]
\dot{m}	Massenstrom	[kg/s]
D	Diffusionskoeffizienten	[m ² /s]
ν	Kinematische Viskosität	[m ² /s]
λ	Wärmeleitfähigkeit	[W/m K]
c_p	Spezifische Wärmekapazität	[J/kg K]
H_i	Henry-Koeffizient	[–]
u	Geschwindigkeit	[m/s]
α	Konvektiver Wärmeübergang	[W/m ² K]
Δh_v	Verdampfungsenthalpie	[kJ/mol]
g	Stoffübergangskoeffizient	[kg/m ² s]

Wärme- und Stoffübertragung: Lernpfad Stoffübertragung

Dimensionslose Kennzahl

Re	Reynoldszahl	[–]
Pr	Prandtl Zahl	[–]
Nu	Nusselt Zahl	[–]
Sh	Sherwood Zahl	[–]
Sc	Schmidt Zahl	[–]

V 01: Einführung in die Stoffübertragung

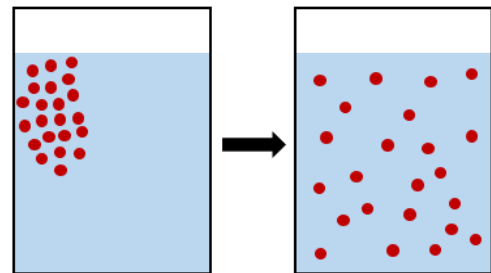
Lernziele:

- Rekapitulation der Größendefinitionen in binären Gemischen
- Verständnis der Annahmen für ein gasförmiges, binäres Stoffgemisch
- Kenntnis des Konzentrationsverlaufs der eindimensionalen, äquimolaren Diffusion in ruhenden, binären Gasgemischen



Verständnisfragen:

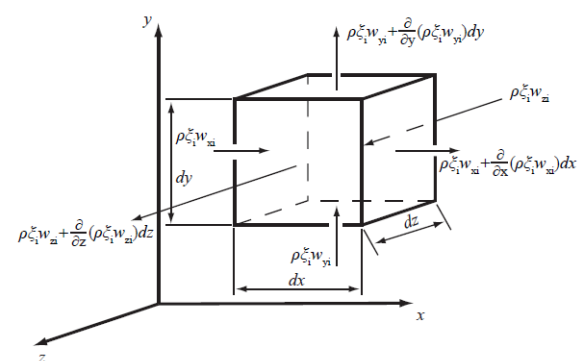
- ☐ Was besagt das Gesetz von Dalton?
- ☐ Was besagt das Ficksche Gesetz?
- ☐ Was bedeutet äquimolare Diffusion?
- ☐ In welchem Zusammenhang stehen Teilchenfluss und diffusiver Massenfluss?



V 02: Herleitung der Erhaltungsgleichung der Stoffdiffusion und Analogie zur Wärmeübertragung

Lernziele:

- Verständnis der notwendigen Schritte zur Erstellung/Berechnung eines Konzentrationsprofils
- Kenntnis der Gemeinsamkeiten von Wärme- und Stoffübergang



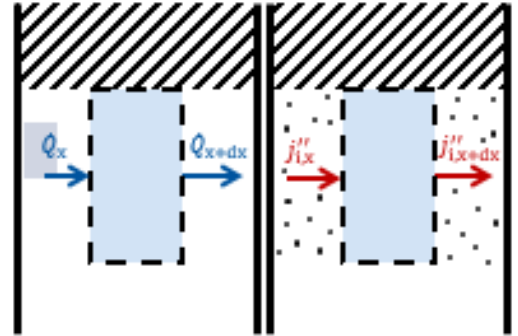
Verständnisfragen:

- ☐ Was ist das Analogon zum Diffusionskoeffizienten in der Wärmeübertragung und beim Impulstransport?

V 03: Beispiel zur Analogie: Instationäre 1-D Wärmeleitung / Diffusion

Lernziele:

- Rekapitulation der Lösung des eindimensionalen Wärmeleitungsproblems
- Verständnis der Schritte zur Lösung des eindimensionalen Diffusionsproblems
- Transferwissen zwischen Wärmeleitungs- und Diffusionsproblemen entwickeln



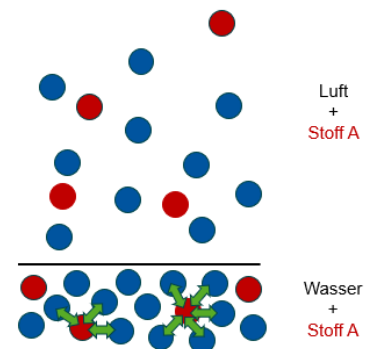
Verständnisfragen:

- ☐ Welche Anfangs- und Randbedingungen werden bei der Lösung des eindimensionalen instationären Diffusionsproblems gewählt?
- ☐ Für welche Art von Problemen lassen sich die Heisler-Diagramme verwenden? Welche Randbedingungen müssen erfüllt werden?

V 04: Phasengleichgewicht

Lernziele:

- Wie wird das Gleichgewicht zwischen zwei Phasen, flüssig/gasförmig oder flüssig/flüssig, beschrieben?
- Konsequenzen für den Konzentrationsverlauf



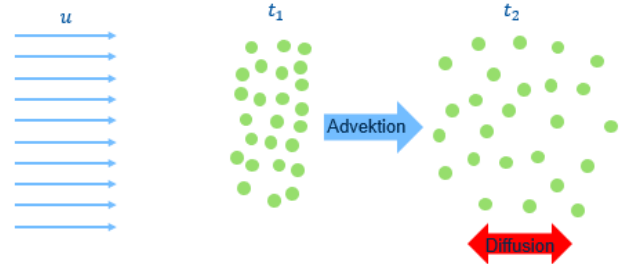
Verständnisfragen:

- ☐ Welche Größen bestimmen das Verhältnis der Massenkonzentration an einer Phasengrenze zwischen Flüssig- und Gasphase?
- ☐ Warum entsprechen die Massenkonzentrationen an der Phasengrenze auch im instationären Fall dem Gleichgewichtszustand?

V 05: Advektiver Stofftransport und Herleitung der Erhaltungsgleichungen

Lernziele:

- Unterscheidung von diffusivem und advektivem Stofftransport



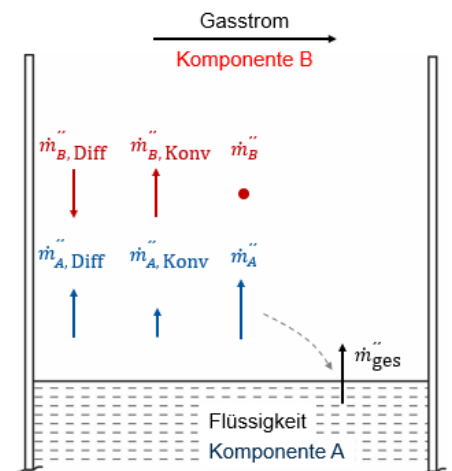
Verständnisfragen:

- ☐ Benennen Sie das treibende Potential der Diffusion und der advektiven Stoffübertragung?
- ☐ Welche Kennzahl der Stoffübertragung kann als Analogon zur Prandtl-Zahl in der Wärmeübertragung betrachtet werden?
- ☐ Warum ist die Summe aller Diffusionsströme gleich Null?

V 06: Verdunstung an einer flüssigen Oberfläche- (Stefan-Strom)

Lernziele:

- Verständnis der Besonderheiten des Stofftransports an einer flüssigen semi-permeablen Oberfläche
- Zustandekommen und wichtige Randbedingungen des Stefan-Stroms verstehen und erklären können



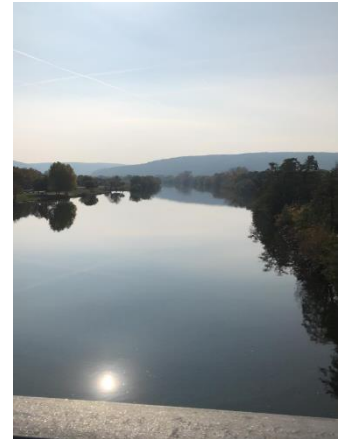
Verständnisfragen:

- ☐ Wodurch wird der zusätzliche Konvektionsstrom hervorgerufen? Was gleicht dieser aus?
- ☐ Welche Größe beeinflusst die Verstärkung des Verdunstungsmassenstroms durch die Konvektion maßgeblich?

V 07: Technisches Rechenbeispiel: Verdunstung an einer flüssigen Oberfläche- Stefanstrom

Überlegungen:

- Limitiert der Stofftransport das Problem?
Massenstrom = Transportkoeffizient * Treibendes Potenzial
- Limitiert der Wärmetransport das Problem?
Wärmestrom = Wärmeübergangskoeffizient * Treibendes Potenzial
Massenstrom = Wärmestrom / Verdampfungsenthalpie



$$\xi_{H_2O,i} = \frac{1}{\frac{1 - p_{H_2O}}{p_{H_2O}} \cdot \frac{M_{Luft}}{M_{H_2O}} + 1}$$

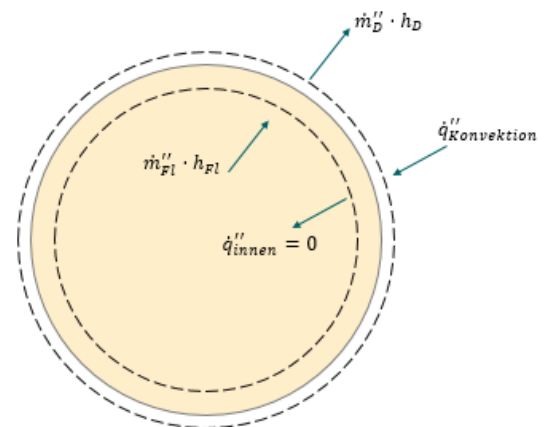
Verständnisfragen:

- ☐ Wie werden Massenanteile berechnet?
- ☐ Unter welchen Voraussetzungen gilt das Lewis- Gesetz?
- ☐ Wie wird der Stoffübertragungskoeffizient unter Geltung des Lewis Gesetzes berechnet?

V 08: Technisches Rechenbeispiel: Verdunstung eines Tropfens- Stefanstrom

Lernziele:

- Bilanz am Tropfen
- Gleichgewichtstemperatur bei Verdunstung eines Tropfens
- Massenstrom des verdunsteten Kraftstoffs \dot{m}''
- Dauer der vollständigen Verdunstung eines Tropfens



Verständnisfragen:

- ☐ Weshalb ist die Bestimmung der Oberflächentemperatur nur iterativ möglich?
- ☐ Welche Überlegungen stehen hinter der Abschätzung zur Verdunstungszeit eines Tropfens?
- ☐ Weshalb ist die Verdunstungszeit eines Atemtropfens relativ groß?