Wärme- und Stoffübertragung I

Verdunstung an einer flüssigen Oberfläche
- Stefan-Strom -

Prof. Dr.-Ing. Reinhold Kneer
Dr.-Ing. Dr. rer. pol. Wilko Rohlfs

Lehrstuhl für Wärme- und Stoffübertragung
RWTH AACHEN UNIVERSITY

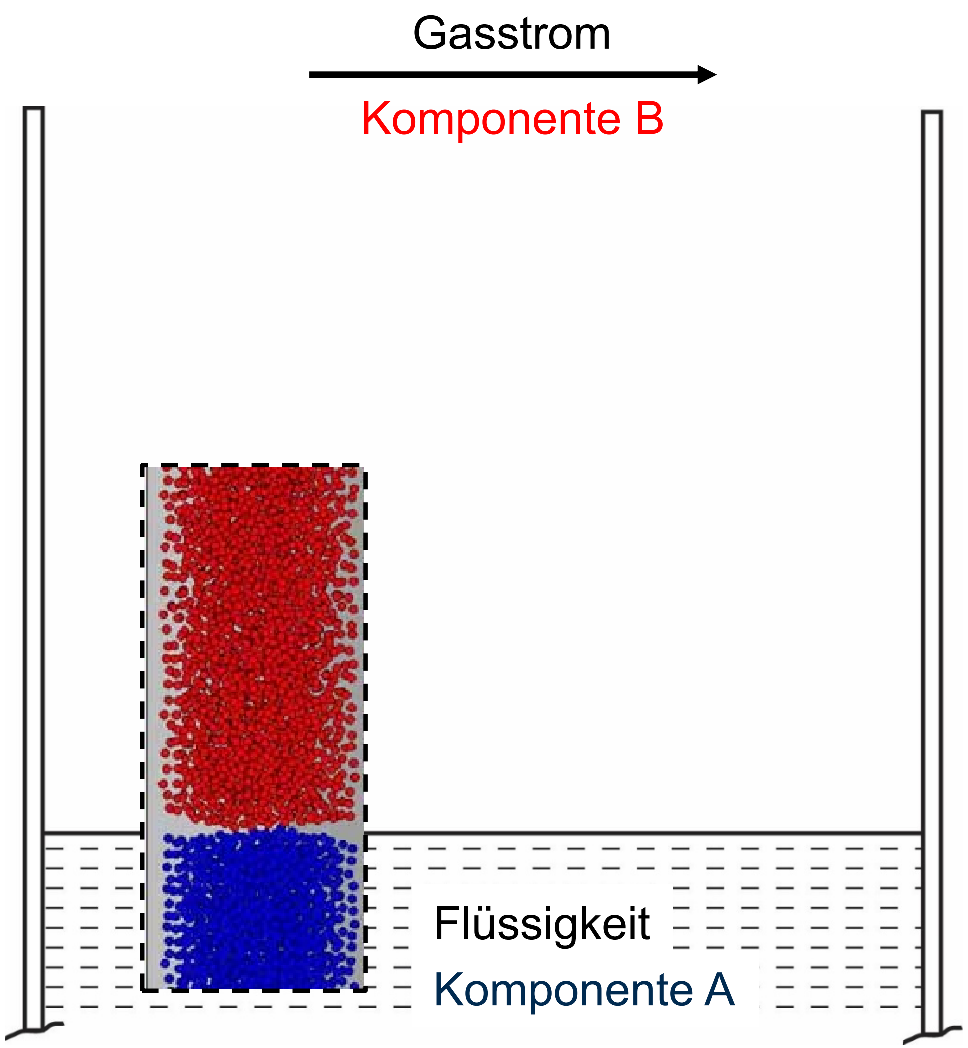
Lernziele

Verdunstung an einer flüssigen Oberfläche

- Verständnis der Besonderheiten des Stofftransports an einer flüssigen semipermeablen Oberfläche
- Kenntnis über den Stefan-Strom

Wasserglas
im Labor

Verdunstung an einer flüssigen Oberfläche



Problemstellung

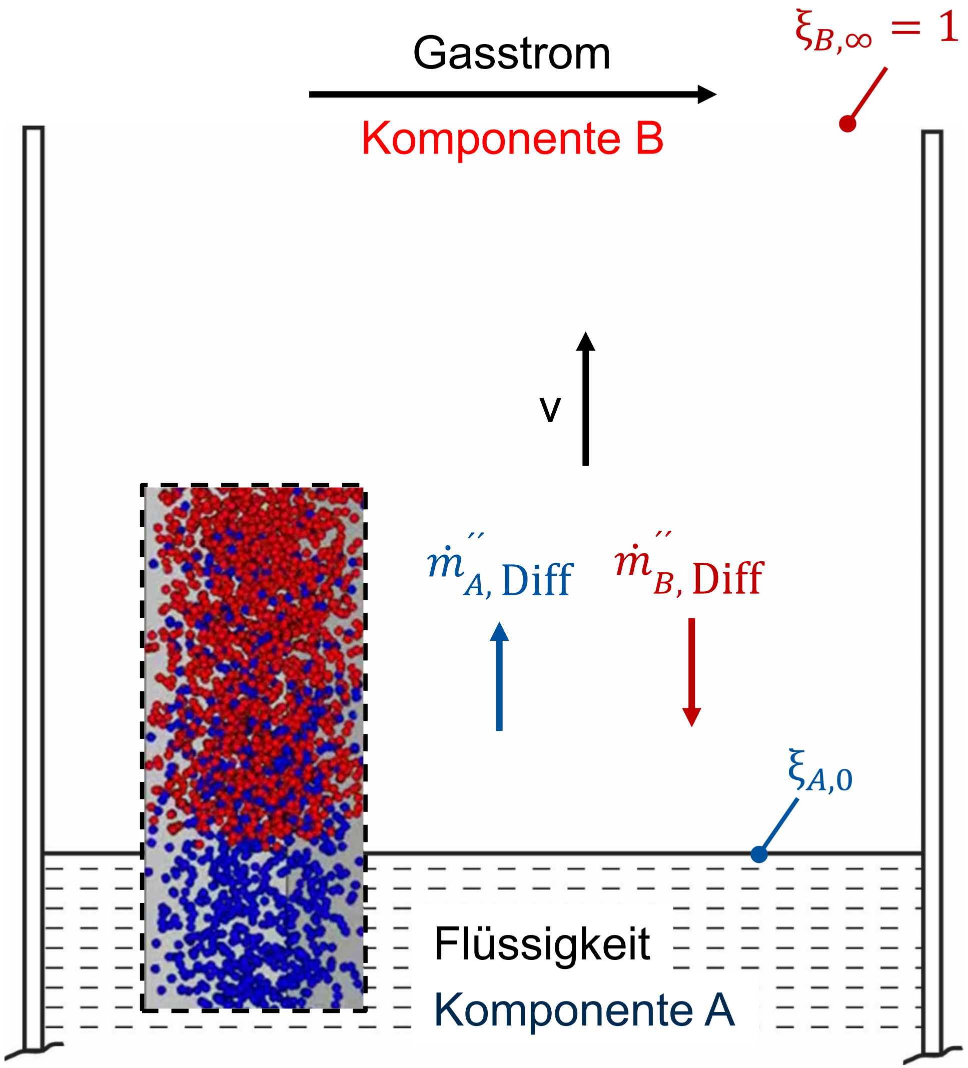
- Komponente A (flüssig) verdunstet.
- Komponente B (gasförmig) löst sich nicht in Komponente A.

➢ Die Flüssigkeitsoberfläche ist semipermeabel.

Fragestellung

- Wie groß ist der verdunstende Massenstrom?

Verdunstung an einer flüssigen Oberfläche



Was passiert in dieser Situation?

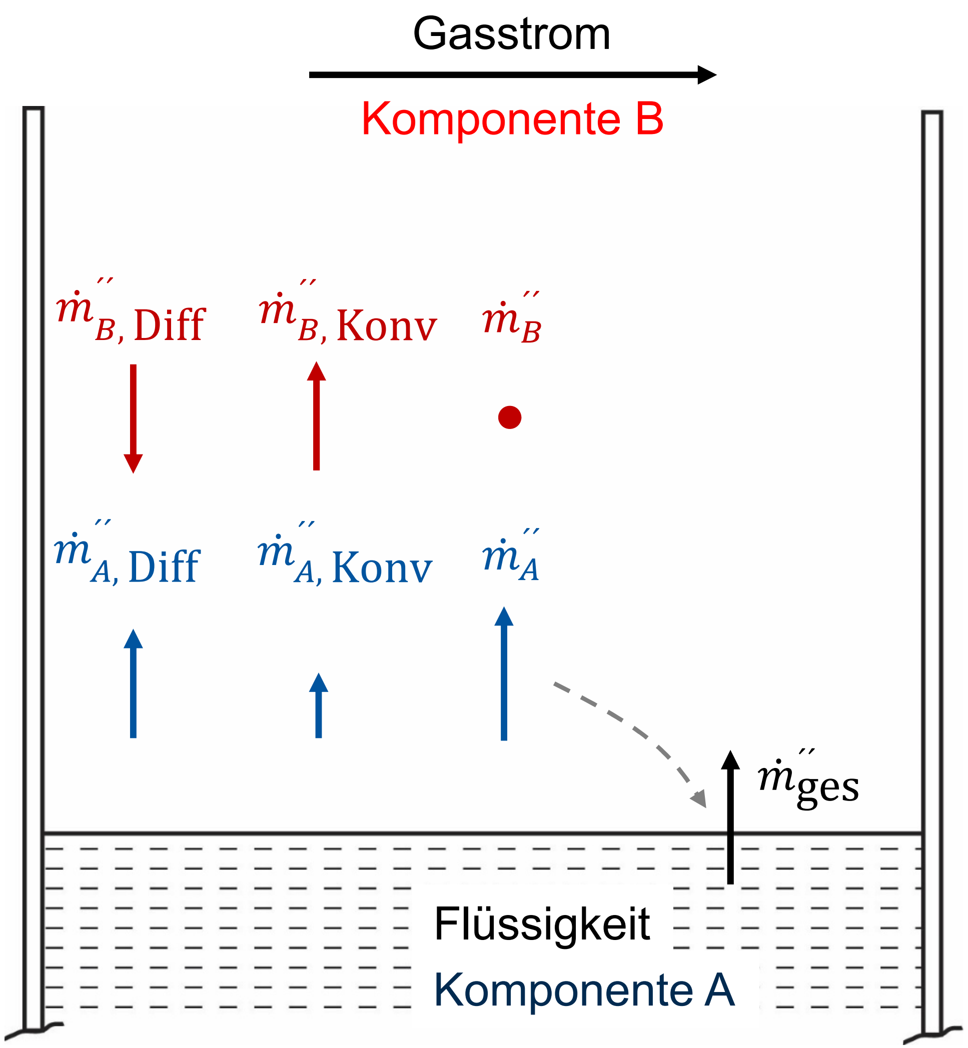
- An der Flüssigkeitsoberfläche entspricht die Konzentration der Komponente A der Sättigungskonzentration $\xi_{A,0}$.
- Im Gasstrom ist nur Komponente B vorhanden: $\xi_{B,\infty} = 1$

➢ Diffusionsströme für A und B.

- Die Flüssigkeitsoberfläche ist undurchlässig für B.

➢ Der Diffusionsstrom von B muss durch einen entgegengerichteten Konvektionsstrom ausgeglichen sein.

Verdunstung an einer flüssigen Oberfläche



Bestimmung verdunstender Massenstrom der Komponente A:

Massenströme im stationären Zustand:

$$\dot{m}''_B = \dot{m}''_{B,\,\mathrm{Diff}} + \dot{m}''_{B,\,\mathrm{Konv}} = j''_B + \rho v \xi_B = 0$$

$$\dot{m}''_A = j''_A + \rho v \xi_A \qquad (1)$$

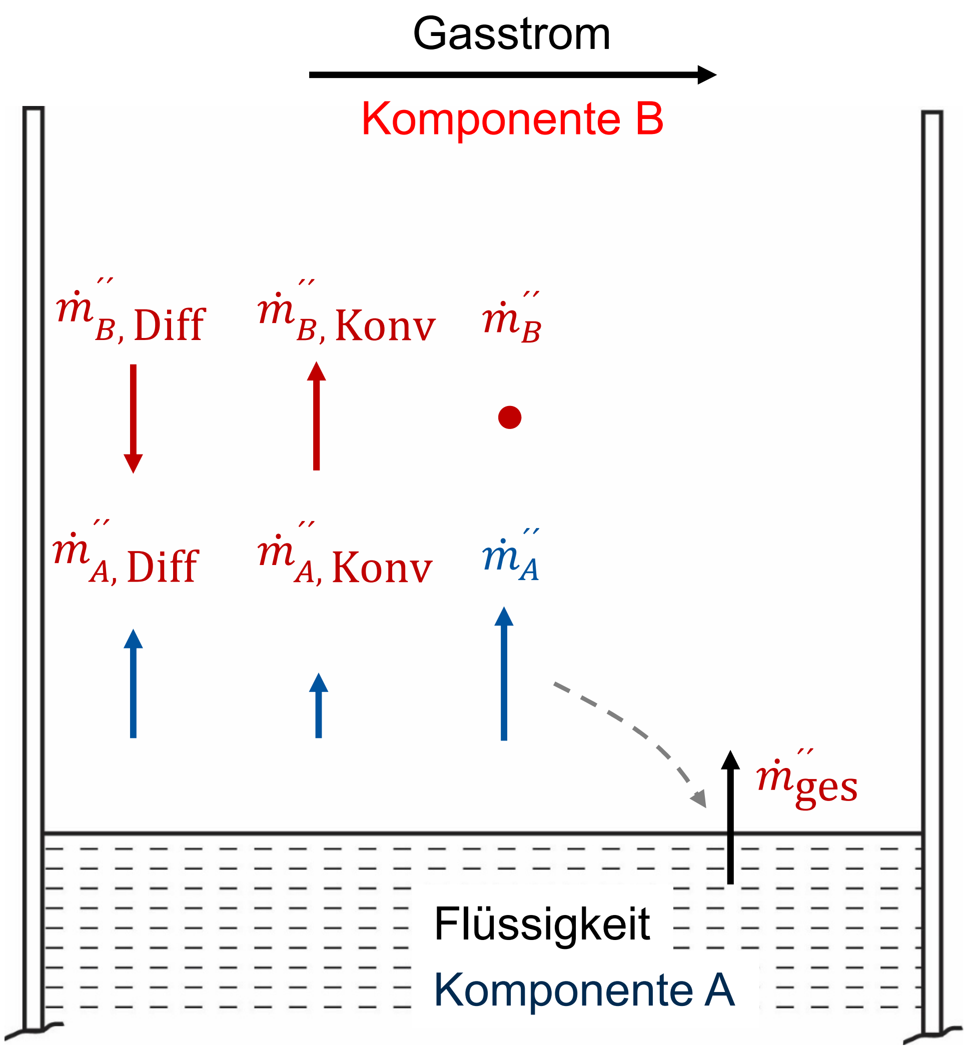
Gesamtmassenstrom entspricht Verdunstungsmassenstrom:

$$\dot{m}''_{\mathrm{ges}} = \dot{m}''_A + \dot{m}''_B = \dot{m}''_A$$

$$= \underbrace{(j''_A + j''_B)}_{=0\ (\text{äquimolare Diffusion})} + \rho v \underbrace{(\xi_A + \xi_B)}_{=1}$$

$$\Rightarrow \dot{m}''_A = \rho v \qquad (2)$$

Verdunstung an einer flüssigen Oberfläche



Bestimmung verdunstender Massenstrom der Komponente A:

(2) in (1):

$$\dot{m}''_A = \dot{m}''_{\mathrm{ges}} = \dot{m}''_A \xi_A + j''_A$$

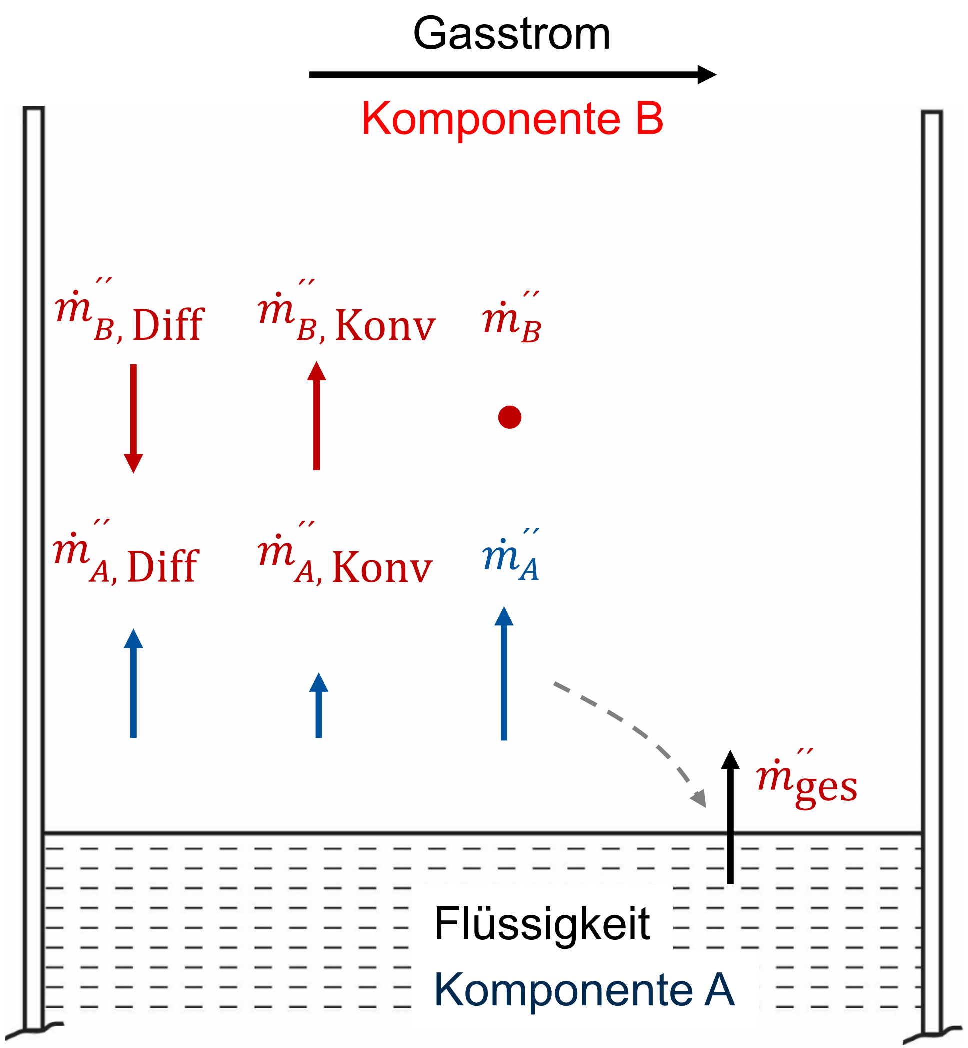
$$\boxed{\Rightarrow \dot{m}''_A = \underbrace{\frac{1}{1-\xi_A}}_{\text{Stefan-Faktor}} j''_A}$$

beschrieben mit dem Stoffübergangskoeffizienten g:

$$j''_A = g\,(\xi_{A,0} - \xi_{A,\infty})$$

$$\boxed{\Rightarrow \dot{m}''_A = g\,\frac{\xi_{A,0} - \xi_{A,\infty}}{1-\xi_{A,0}}}$$

Verdunstung an einer flüssigen Oberfläche



Bestimmung verdunstender Massenstrom der Komponente A:

$$\boxed{\Rightarrow \dot{m}''_A = g\,\frac{\xi_{A,0} - \xi_{A,\infty}}{1-\xi_{A,0}}}$$

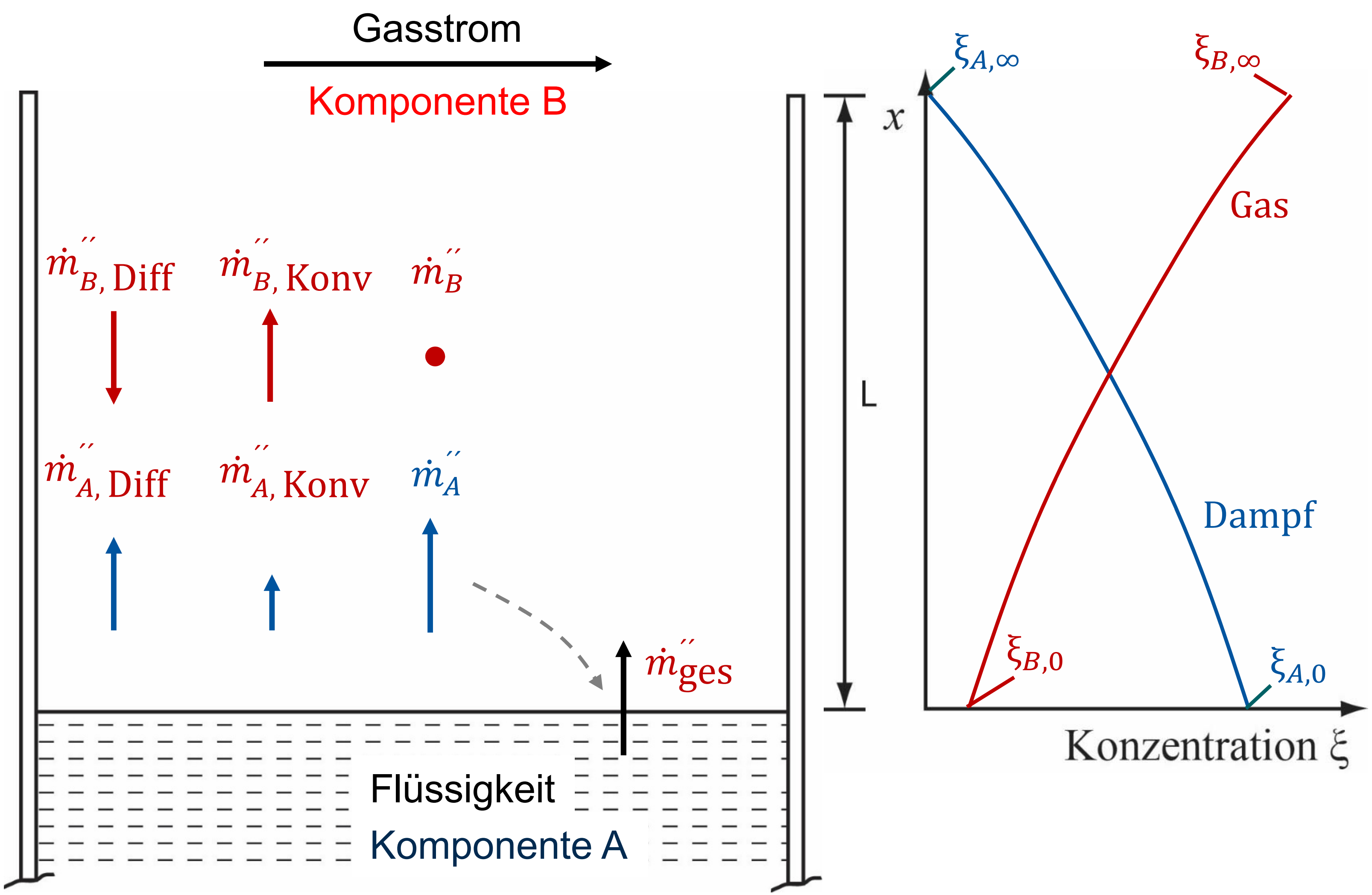
Dimensionslose Schreibweise:

$$Sh = \frac{gL}{\rho D} \Rightarrow g = Sh\,\frac{\rho D}{L} = Sh\,\underbrace{\frac{\rho D}{\eta}}_{1/Sc}\,\underbrace{\frac{\eta}{\rho v_\infty L}}_{1/Re}\,\rho v_\infty$$

eingesetzt

$$\boxed{\Rightarrow \frac{\dot{m}''_A}{\rho v_\infty} = \frac{Sh}{Sc\,Re}\,\frac{\xi_{A,0} - \xi_{A,\infty}}{1-\xi_{A,0}}}$$

Verdunstung an einer flüssigen Oberfläche



Die Herleitung des Konzentrationsprofils ist Teil von WSÜ II.

Verständnisfragen

Wodurch wird der zusätzliche Konvektionsstrom hervorgerufen? Was gleicht dieser aus?

Welche Größe beeinflusst die Verstärkung des Verdunstungsmassenstroms durch die Konvektion maßgeblich?