

Dimensionslose Kennzahlen

➤ Stoffwerte

Bedeutung	Formelzeichen	Gleichung	Einheit	
Temperaturleitzahl	a	$a = \frac{\lambda}{c_p \cdot \rho}$	$\text{m}^2 \text{s}^{-1}$	Analoge Stoff- / Wärmeübergang
Diffusionskoeffizient	D		$\text{m}^2 \text{s}^{-1}$	
Erdbeschleunigungsfaktor	g		m s^{-2}	
Wärmeleitfähigkeit	λ		$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$	
dynamische Viskosität	η	$\eta = \nu \cdot \rho$	$\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$	
Dichte	ρ		kg m^{-3}	

➤ Stoffwerte (beeinflusst von Betriebsbedingungen)

Wärmeübergangszahl	α		$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$	Analoge Stoff- / Wärmeübergang
Stoffübergangszahl	β		m s^{-1}	

Dimensionslose Kennzahlen

➤ Apparate- / Betriebswerte

Bedeutung	Formelzeichen	Gleichung	Einheit
Konzentration	c		mol l^{-1}
Reaktionsgeschw.-konstante	k		$(\text{m mol}^{-1})^{n-1} \text{s}^{-1}$
charakteristische Länge	L		m
spezifische Abmessungen	d		m
Geschwindigkeit	u		m s^{-1}
Druck	p		N m^{-2}

Achtung: **W** und **N** sind keine SI-Einheiten!
(siehe Kapitel 1)

Dimensionslose Kennzahlen



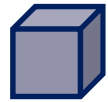
Dimensionslose Kennzahlen

	Name	Kennzahl	Bedeutung	Anwendung
Sim- plexe	Geometrie-Zahl	$\Gamma = \frac{L_1}{L_2}$	Längenverhältnis	Apparategeometrie
	Archimedes-Zahl	$Ar = \frac{d^3(\rho_s - \rho_f)\rho_f g}{\eta^2}$	$\frac{\text{Auftriebskraft}}{\text{Scherkraft}}$	Sedimentation
Komplexe	Bodenstein-Zahl	$Bo = \frac{u \cdot d}{D} = Sc \cdot Re$	$\frac{\text{Konvektionsstrom}}{\text{Dispersionsstrom}}$	Stoffdispersion
	Euler-Zahl	$Eu = \frac{\Delta p}{\rho \cdot u^2}$	$\frac{\text{Druckkraft}}{\text{Trägheitskraft}}$	Druckverlust
	Gallilei-Zahl	$Ga = \frac{g \cdot d^3 \cdot \rho^2}{\eta^2}$	$\frac{\text{Schwere - Antriebskraft}}{\text{innere Trägheitskraft}}$	Filmströmung
	Nusselt-Zahl	$Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda}$	$\frac{\text{Wärmeübergang}}{\text{Wärmeleitung}}$	Wärmeübergang
	Péclet-Zahl	$Pe = \frac{u \cdot d}{a} = Pr \cdot Re$	$\frac{\text{Wärme konvektion}}{\text{Wärmedispersion}}$	Wärmedispersion
	Reynolds-Zahl	$Re = \frac{u \cdot d \cdot \rho}{\eta}$	$\frac{\text{Trägheitskraft}}{\text{innere Reibungskraft}}$	Strömungszustand
	Sherwood-Zahl	$Sh = \frac{\beta \cdot d}{D}$	$\frac{\text{Stoffübergang}}{\text{Diffusion}}$	Stoffübergang
Güte- grade	Prandtl-Zahl	$Pr = \frac{\eta}{\rho \cdot a} = \frac{Pe}{Re}$	$\frac{\text{innere Reibung}}{\text{Wärmeleitung}}$	Impuls-/Wärmetransp.
	Schmidt-Zahl	$Sc = \frac{\eta}{\rho \cdot D} = \frac{Bo}{Re}$	$\frac{\text{innere Reibung}}{\text{Diffusionsstrom}}$	Impuls-/Stofftransport

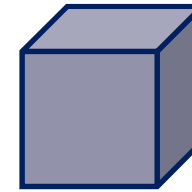


Ähnlichkeitsgesetze

➤ geometrische Ähnlichkeit



Modell



Hauptausführung

Die Verhältnisse der Hauptabmessungen zueinander sind in Modell und Hauptausführung gleich.

➤ physikalische Ähnlichkeit



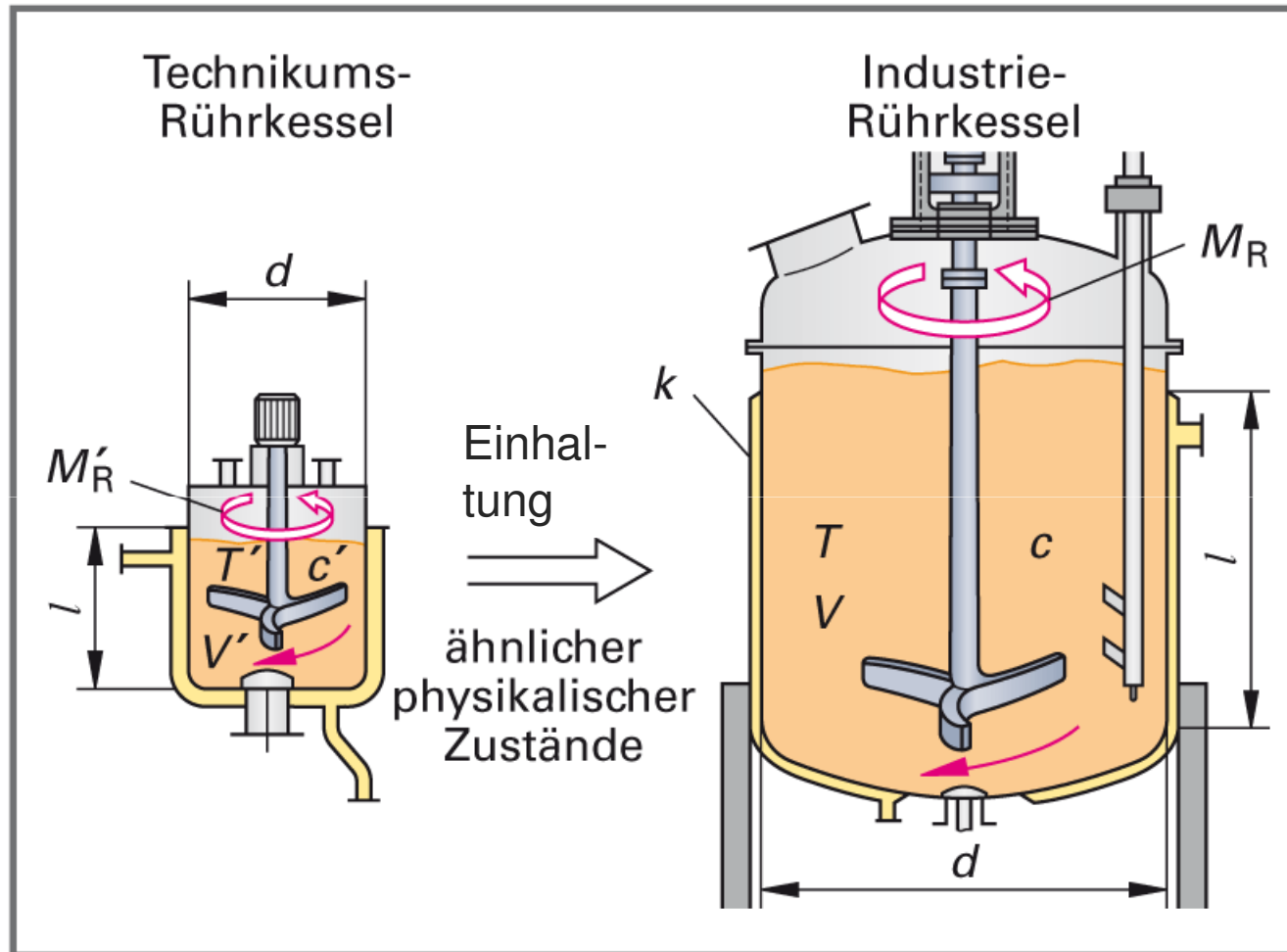
Modell



Hauptausführung

*Voraussetzung ist die geometrische Ähnlichkeit.
Es werden gleiche unabhängige Variablen erzeugt, d. h. die dimensionslosen Kennzahlen sind in Modell und Hauptausführung gleich.*

Ähnlichkeitsgesetze



Quelle: Ignatowitz, E., Chemietechnik, Verlag Europa-Lehrmittel, 12. Aufl., 2015

Dimensionsanalyse

➤ Π -Theorem

$$\text{Anzahl Kennzahlen} = \text{Anzahl Apparate- u. Betriebswerte} + \text{Anzahl Stoffwerte- u. Naturkonstanten} - \text{Anzahl Grund- (SI-) einheiten}$$

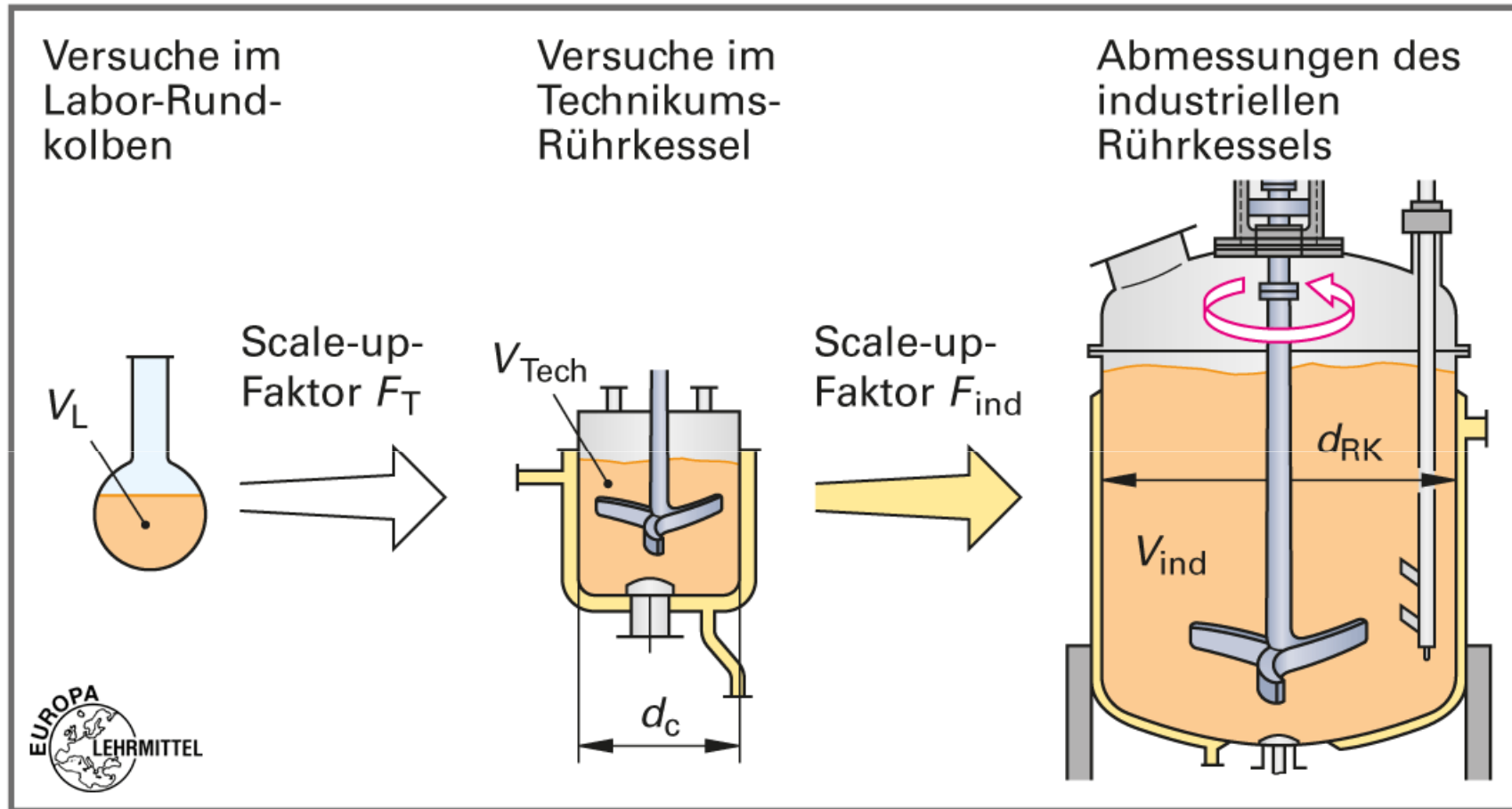
➤ Beispiel:

Sedimentation im Schwerfeld ohne Druckeinfluss

<i>Apparate- und</i>	Geschwindigkeit u	[m s ⁻¹]
<i>Betriebswerte:</i>	Partikeldurchmesser d	[m]
<i>Stoffwerte:</i>	Viskosität η	[kg m ⁻¹ s ⁻¹]
	Dichte ρ	[kg m ⁻³]
	Erdbeschleunigung g	[m s ⁻²]

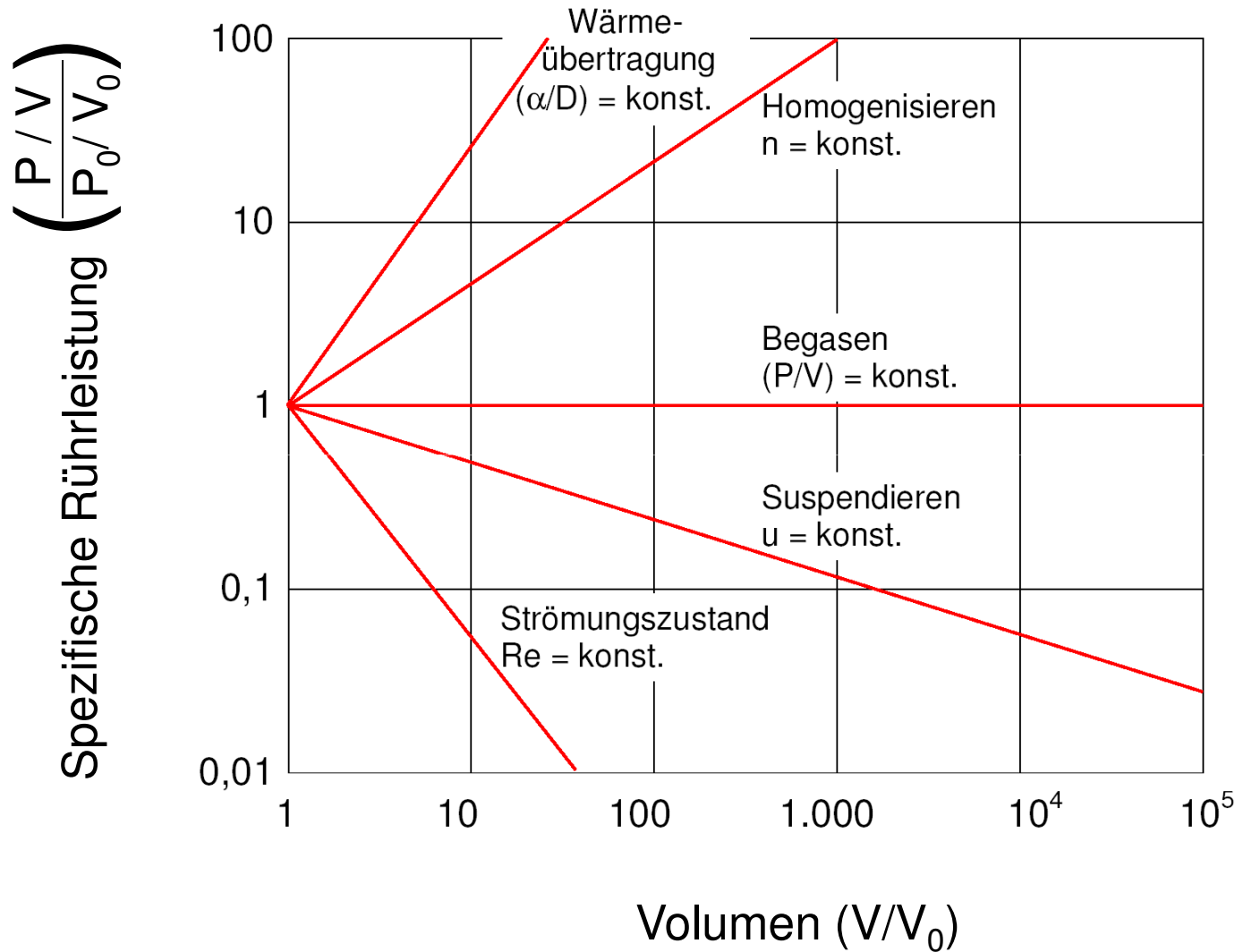
➤ $2 + 3 - 3 = 2 \quad \Leftrightarrow \mathbf{Re, Ar}$

Maßstabsvergrößerung (Scale Up)



Quelle: Ignatowitz, E., Chemietechnik, Verlag Europa-Lehrmittel, 12. Aufl., 2015

Maßstabsvergrößerung (Scale Up) – Penny Diagramm



Die spezifische Rührleistung der Hauptausführung ist abhängig von der Aufgabe.