

# Vergleich unterschiedlicher Messmethoden zur Bestimmung von Mischzeiten und Mischzeitverteilungen in gerührten Systemen

M.Eng. Marian Matzke<sup>\*<sup>o</sup></sup>, B.Eng. Mozhgan Parsi<sup>\*</sup>, Prof. Dr. Mathias Ulbricht<sup>#</sup> Prof. Dr.-Ing. Heyko Jürgen Schultz<sup>\*<sup>o</sup></sup>

<sup>\*</sup>Bereich Chemische Technik, Hochschule Niederrhein (HSNR), Krefeld; <sup>o</sup>Institut für Lacke und Oberflächenchemie (ILOC), Krefeld, <sup>#</sup>Lehrstuhl für Technische Chemie II, Universität Duisburg-Essen, Essen

Die möglichst exakte Bestimmung, Abschätzung und Voraussage von Mischzeiten und Mischzeitverteilungen ist von hohem Wert für die Auslegung und den Betrieb industrieller Rührprozesse. Zur Messung dieser Größen sind verschiedene Ansätze verfügbar, weshalb der vorliegende Beitrag Beurteilungskriterien als Zielgrößen hat, welche eine Bewertung dieser Methoden im Hinblick auf Genauigkeit, Aussagekraft aber auch auf Messaufwand ermöglichen. Dieser Beitrag nimmt dabei eine offene Diskussion der letztjährigen Mischtechnik-Tagung in Essen auf.

Die *Laser Induced Fluorescence* (LIF) einerseits ist eine etablierte, jedoch vergleichsweise aufwändige Methode zur Untersuchung von Mischvorgängen in Rührreaktoren [1–3]. Der große Vorteil dieser Methode besteht darin, dass zu jedem Zeitpunkt an jedem Ort des Untersuchungsgebietes eine Konzentration bestimmt werden kann. Ebenfalls lässt sich für jeden untersuchten Ort eine lokale Mischzeit und aus der Kombination dieser lokalen Mischzeiten eine örtliche Mischzeitverteilung erhalten, was Rückschlüsse auf z.B. Totzonen zulässt. Gemeinsam mit den durch *Particle Image Velocimetry* (PIV) untersuchten Strömungsfeldern erlaubt diese Mischzeitbetrachtung somit ein umfassendes und differenziertes Verständnis der untersuchten Prozesse [1,4].

Es existieren andererseits auch diverse andere Methoden zur Ermittlung der Mischzeit. Insbesondere die Entfärbungsmethode bzw. colorimetrische Methode ist nach wie vor weit verbreitet. Dabei wird eine saure oder basische Lösung mit einem Indikator (z.B. Phenolphthalein) versetzt vorgelegt und mit dem entsprechenden Gegenpart neutralisiert, was zu einer Entfärbung oder einem Farbschlag des Indikators führt.

Für diese Methode wird kein zusätzliches Equipment wie Laser benötigt, weswegen sie laut Literatur v.a. für Vorversuche herangezogen wird, um ein grundsätzliches Verständnis des Mischvorgangs zu ermöglichen. Es wird typischerweise nur ein einzelner Wert für die Mischzeit, bezogen auf den gesamten Reaktor, bestimmt.

Ein Vergleich stellt die unterschiedlichen Messmethoden gegenüber. Als mögliche Weiterentwicklung wird überprüft, ob dieser simple Versuchsaufbau ebenfalls – ggf. durch Adaptionen und Erweiterungen – über die gewünschten Zielgrößen Aufschluss zu geben vermag.

Als erster Ansatz erfolgt die Beobachtung des Entfärbungsprozesses mithilfe einer Hochgeschwindigkeitskamera und die computergestützte Auswertung der erhaltenen Videosequenzen. Die Ansätze, die experimentelle Vorgehensweise, die aufgetretenen Herausforderungen sowie erste Ergebnisse werden in diesem Beitrag dargestellt und diskutiert.

## References

- [1] K. Jähring, Untersuchung von Rührprozessen mit verschiedenen Wärmeaustauschereinbauten und Optimierung der Strömungsregime mittels Particle Image Velocimetry (PIV). Dissertation, Essen, 2019.
- [2] V. Bliem, Untersuchung des Einflusses der Strömungsverhältnisse auf den Wärmeübergang in Rührreaktoren mit Rohrschlängeneinbauten mittels PIV/LIF. Dissertation, Essen, 2015.
- [3] A. Stefan, M. Hirtsiefer, H.J. Schultz, CFD-Untersuchung der Mischzeit in einem Rührkessel mit eintauchenden Rohrschlangen, Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppen Mehrphasenströmungen, Partikelmesstechnik, Zerkleinern und Klassieren, Computational Fluid Dynamics, Mischvorgänge und dem TAK Aerosoltechnologie, Dresden (2017).
- [4] S. Wolinski. Dissertation, Essen, noch nicht veröffentlicht.