

Theoretische und praktische Untersuchung der Mikrovermischung in Rührkesseln

Doctoral Thesis

Author(s):

Angst, William Henry

Publication date:

1982

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000272331>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

Diss ETH Nr. 7083

THEORETISCHE UND PRAKTISCHE UNTERSUCHUNG
DER MIKROVERMISCHUNG IN RUEHRKESSELN

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
Doktors der Technischen Wissenschaften
der
EIDGENOESSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZUERICH

vorgelegt von
WILLIAM HENRY ANGST
dipl. Chem. Ing. ETH
geboren am 5. Oktober 1952
von Zürich

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. J. R. Bourne, Referent
Prof. Dr. P. Rys, Korreferent

Zürich 1982

8. ZUSAMMENFASSUNG

Sehr schnelle chemische Reaktionen laufen in Reaktoren lokal ab und können durch nicht chemische Parameter (z.B. Drehzahl des Rührers) beeinflusst werden. Bei irreversiblen konkurrierenden Folge/Parallelreaktionen können anhand der Produktverteilung Rückschlüsse auf den mikroskopischen Mischzustand des Reaktors gezogen werden.

Das von Rys und Ott entwickelte Modell MIRE beschreibt den Verlauf solcher Reaktionen. Es wurde in zwei Schritten verfeinert:

- Durch Zufügen eines Diffusionsterms für das bisher fixierte B wurde diese Spezies innerhalb der Reaktionszone mobil gehalten.
- Die Reaktionszone mit der Ausdehnung des Kolmogoroff-Längeparameters λ_K wird als verformbarer Körper betrachtet. Durch Scherkräfte werden sie gedehnt; bei Volumenkonstanz resultiert daraus eine Verkleinerung der Diffusionslänge. Die Dehnung der Reaktionszone konnte mathematisch unter Umgehung der Turbulenztheorie und ohne Anpassung von Parametern beschrieben werden.

Das vom Modell MIRE-STRETCH beschriebene Verhalten einer diffusionsmaskierten Folge/Parallelreaktion konnte mit halbkontinuierlich durchgeführten Experimenten nachgewiesen werden. Die Übereinstimmung von Modell und Experiment ist sehr gut, solange im Reaktor eine hohe Turbulenz aufrecht erhalten werden kann.

Als Testreaktion diente die Kupplung von 1-Naphthol mit diazotierter Sulfanilsäure, deren Kinetik bekannt ist.

Es wurde festgestellt, dass die von verschiedenen Rührertypen erzeugten unterschiedlichen Strömungsbilder die Mikrovermischung im Rührerbereich nicht zu beeinflussen vermögen. Alle untersuchten Rührer (Rushton-Turbine, Axial-Turbine, Marine-Propeller, rotierende Scheibe) ergaben bei gleicher durchschnittlicher Energiedissipation in einem $2,8 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ Rührkessel vergleichbare Produktverteilungen.

Bei der Durchführung von diffusionsmaskierten Reaktionen wird an den Rührer nur die Anforderung gestellt, im Rührerbereich eine hohe Turbulenz zu erzeugen. Es muss jedoch darauf geachtet werden, dass die dünne Zuleitung der Edukte auf der Ansaugseite des Rührwerkes angebracht wird. Damit werden Rückvermischungen in der Zuleitung vermieden und es besteht Gewähr, dass die Edukte unverzüglich der höchsten Turbulenz ausgesetzt werden.

9. ABSTRACT

Fast reactions are influenced by physical parameters like stirrer speed, feed location and viscosity. The product distribution of irreversible competitive, consecutive reactions characterizes the mixing conditions at the molecular level.

The model "MIRE", which was developed by Rys and Ott, aims to describe the progress of such reactions. In this work the model has been modified in two ways:

- the species B is mobile within the reaction zone
- the reaction zone with the initial length λ_K (Kolmogoroff minimal eddy size) progressively thins out by laminar shear.

A simplified one-dimensional description of the kinematics of this shearing has been combined with reaction-diffusion equations, so that the product distribution can be calculated. Measurements of the product distribution for a diazocoupling reaction confirmed the prediction of the new model without the need to fit any parameters. For the case where high turbulence can be maintained in the stirred tank, the difference between experimental results and those predicted from the model is small.

The product distributions of the diazo coupling reaction are comparable for all studied impellers (Rushton-turbine, axial turbine, marine propeller, rotating disc) at the same overall energy dissipation rate in a $2.8 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ tank. Thus different macroscopic flow patterns do not influence the micromixing regime near the impeller.

In general, during the execution of diffusion disguised reactions, the only requirement of the stirrer is to

create high turbulence near itself. It is recommended that solution feeds should be placed at the intake side of the stirrer. In this way backmixing into the feed pipe can be avoided and fresh solution immediately reaches the most turbulent region of the tank reactor.