

## Mikroreaktionstechnik

Die Mikroverfahrenstechnik, als relativ junge Technologie, hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung als Produktionsverfahren gewonnen. Vereinfacht kann man sie als die Miniaturisierung von kontinuierlich betriebenen Reaktoren beschreiben. Inzwischen ist eine ganze Anzahl von Firmen am Markt, die spezielle Komponenten wie Mikromischer, Mikrowärmetauscher und Mikroreaktoren für dieses Produktionsverfahren anbieten. Institute, wie beispielsweise das Institut für Mikrotechnik in Mainz oder das Forschungszentrum Karlsruhe beschäftigen sich mit dieser Art der Technologie schwerpunktmäßig. Vermehrt bieten auch Hochschulen Lehrveranstaltungen zur Mikroverfahrenstechnik an.

Seit Mitte der 90iger Jahre wird das Potential der Mikroverfahrenstechnik für chemische und auch biologische Reaktionen untersucht. Eine ganze Anzahl internationaler Konferenzen wie beispielsweise die IMRET beschäftigen sich mit diesem Thema und die DECHEMA hat eigens eine Industriepattform Mikroverfahrenstechnik eingerichtet.

Mikrostrukturreaktoren kann man sich als dreidimensionale Strukturen mit inneren Abmessungen von 1 mm und weniger vorstellen. Gängige Größenordnungen liegen bei zehn bis einigen hundert Mikrometern.

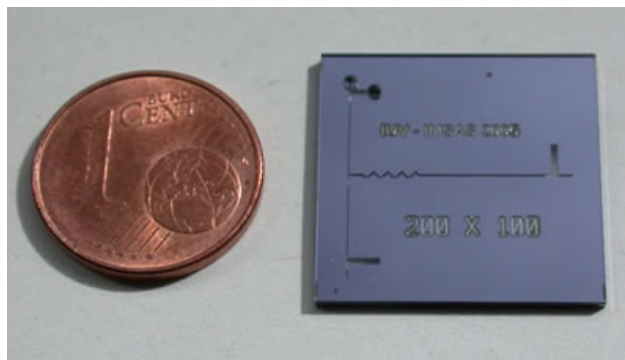


Abb.1: Größenverhältnisse von Mikromischern (Copyright IUW)

Aus diesen Abmessungen ergeben sich einige wichtige Merkmale der Mikroreaktoren im Vergleich zu konventionellen chemischen Reaktoren:

- ein großes Oberflächen-Volumen-Verhältnis aufgrund der Abmessungen
- höhere Wärmeübertragungskoeffizienten und damit verbundener Wärmeaustausch

Da ein schnelles Erwärmen bzw. Abkühlen des Reaktionsgemisches möglich ist, wird Hot-Spot-Bildung und Akkumulation von Reaktionswärme verhindert. Aufgrund dieser Eigenschaften wird eine hohe Selektivität, Ausbeute und Produktqualität. Gleichzeitig werden unerwünschte Neben-, Folge- Zersetzungsreaktionen verhindert. Mikrostrukturreaktoren sind daher für stark exotherme und schnelle Reaktionen geeignet. Eine weitere günstige Eigenschaft ist der Stofftransport in Mikroreaktoren, so liegen Mischzeiten bei wenigen Millisekunden. Durch die Miniaturisierung wird die Zeitskala der Diffusion im Vergleich zur Zeitskala der Reaktion stark verkleinert, diese läuft somit schneller ab bezüglich der Zeitskala der Reaktion.

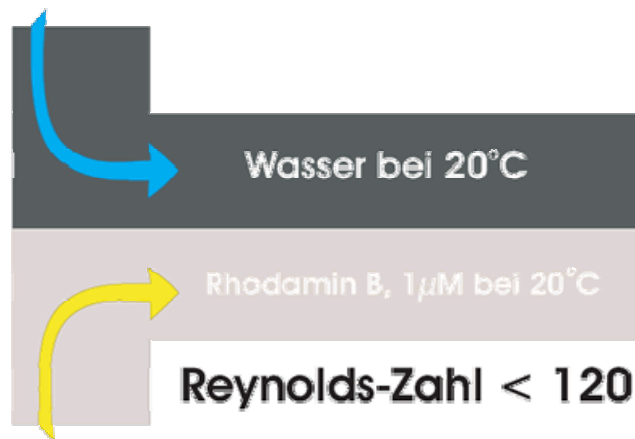


Abb.2: Laminare Strömung im Mikromischer (Copyright IUUV)

Bei der Betrachtung der Hydrodynamik, also des Verhaltens der Strömung in Mikrokanälen, zeigt sich, dass aufgrund der geringen Abmessungen meist laminare und hoch symmetrische Strömungen vorliegen. Eine wesentlich genauere Vorhersage über geeignete Verweilzeiten können daher erzielt werden. Im Vergleich zum konventionellen Reaktor lassen sich hier Parameter wie Verweilzeit, Fließgeschwindigkeit, Druck und Temperatur besser kontrollieren. Durch die bessere Kontrolle lässt sich gleichzeitig die Sicherheit bei Durchführung von exothermen Reaktionen, Reaktionen bei hohen Drücken oder Reaktionen mit einem Explosionspotential erhöhen. Durch den geringen Stoffeinsatz ist auch der Umgang mit toxischen Edukten und Produkten sicherer. Somit kann im Zusammenhang mit Mikroreaktoren von inhärenter Sicherheit gesprochen werden.

Aufgrund der niedrigen Mengen sollte eigentlich davon ausgegangen werden, dass die Produktionsmengen bei Mikroreaktoren sehr gering sind. Im Vergleich zum klassischen Batch-Verfahren zeigt sich jedoch, dass der kosten- und zeitaufwendige Prozess des so genannten Scaling-Up entfällt. Wird eine Reaktion für einen Mikroreaktor entwickelt, so können die im Labor gewonnenen Erkenntnisse direkt für den großtechnischen Prozess übernommen werden, indem ein so genanntes Numbering-up durchgeführt wird. Es wird also für den Produktionsprozess eine Mehrzahl des im Laborexperiment verwendeten Reaktors verwendet, um die gewünschten Produktionsmengen zu erhalten.

Ein weiterer Vorteil der Mikroreaktoren ist, dass bereits im Labor ein kontinuierlicher Prozess entwickelt werden kann. Dennoch hat sich der Einsatz der Mikroreaktoren bisher auf spezielle Bereiche der Produktion beschränkt. Die geringen Abmessungen der Mikroreaktoren führen auch dazu, dass ein besonderer Umgang mit den Komponenten nötig ist. So sind eigene Pumpensysteme erforderlich, die die Pulsation verhindern. Die Mikrokanäle machen es erforderlich, dass die Edukte eine gewisse Reinheit aufweisen. Einsatz findet die Mikroreaktionstechnik daher vor allem im Bereich Feinchemikalien oder bei Reaktionen mit hohem Gefährdungspotential, wie beispielsweise bei Fluorierungsreaktionen oder zweiphasigen exothermen Reaktionen (Evonik).

Literatur:

Chemie in Mikrostrukturreaktoren, K.Jähnisch, V. Hessel, H. Löwe und M. Baerns, Angewandte Chemie 2004, 116, 410-415 und hier angegebene Literatur

Transport Phenomena in Micro Process Engineering (Heat and Mass Transfer), N. Kockmann, Springer 2007

Elements22 Evonik Science Newsletter 2008, 20-24

Autoren: Marko Hoffmann, Claudia M. Müller

