

## Mikroreaktoren im Wandel der Zeit

Dr. Gudrun Schirmer  
Hugo Delissen  
Dominique Bouwes

Die ersten Patente für Mikroreaktoren wurden bereits in den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts eingetragen. Mikroreaktoren wurden unter anderem eingesetzt, um die Kinetik chemischer Reaktionen zu untersuchen und dadurch die technische Umsetzung in der industriellen Produktion zu verbessern, welche beispielsweise in der pharmazeutischen Industrie vornehmlich als Batch-Produktion abläuft.

In der biologisch-medizinischen Forschung findet man Mikroreaktoren unter anderem bei der Beobachtung von Gleichgewichtsreaktionen, bei denen ein Reaktionsprodukt abgeschöpft wird, um die Rückreaktion zu minimieren. Der einfachste Mikroreaktor besteht aus zwei Einlasskanälen und einer Reaktionskammer mit einem nachfolgenden Auslauf in Form eines Y oder T.

### Herstellung aus verschiedenen Materialien

Mikroreaktoren wurden früher aus rostfreiem, manchmal auch aluminiumbeschichtetem Stahl hergestellt. Glas kam zunächst zum Einsatz, um die ablaufenden Reaktionen visuell zu kontrollieren, zum Beispiel durch eine Abdeckung aus gebondetem Pyrex®-Glas. Heute werden für Mikroreaktoren verschiedenste Materialien verwendet: weiterhin rostfreier Stahl, aber auch spezielle Metalllegierungen, Keramik, Kunststoffe, Glas und Silizium. Mikroreaktoren bestehen auch nicht mehr nur aus einem System, sondern es werden Reaktionsschichten übereinander geschichtet und verbunden – oft in Kombination mit Schichten zur Reaktionskontrolle.

### Einsatz von Mikroreaktoren

Die Chemikalien, die in einem Mikroreaktor umgesetzt werden, können gasförmig, flüssig oder auch fest in Form einer Beschichtung der Mikroreaktoroberfläche (Beispiel: Katalysator) sein. Nicht mischbare Substanzen können in den Mikrokanälen zusammengeführt

werden. Grundlage aller Einsatzmöglichkeiten von Mikroreaktoren ist die genaue Kenntnis der zugrunde liegenden chemischen und physikalischen Reaktion der verwendeten Substanzen. Der Einfluss von Reaktionszeit, Temperatur und Druck kann bei Mikroreaktoren optimal kontrolliert werden, was wiederum eine präzise Reaktionsführung gewährleistet. Die Ausbeute des Reaktionsproduktes erhöht sich, wodurch sowohl die Ausgangsstoffe als auch die benötigte Energie wirtschaftlicher eingesetzt werden. Auf der anderen Seite fallen kaum unerwünschte Nebenprodukte an, speziell bei mehrstufigen und Katalysereaktionen.

Mikroreaktoren erweitern die Möglichkeiten des Einsatzes und der Überwachung von chemischen Reaktionen, die bisher kaum oder nicht kontrollierbar waren. Die Reaktoren werden in kontinuierlichen Prozessen eingesetzt. Dadurch sinkt das benötigte Reaktorvolumen bei gleich bleibender Kapazität. Zusammen mit einem sehr hohen Oberflächen/Volumen-Verhältnis, das einen schnellen Wärmetausch ermöglicht, werden die Prozesse so wesentlich sicherer – Beispiele hierfür sind hoch exotherme oder auch sehr schnelle Reaktionen.

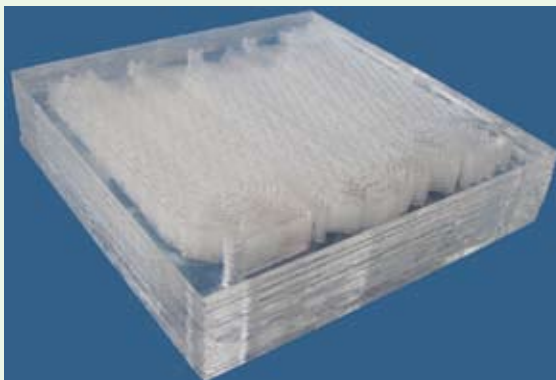
## | Schwerpunkt: Chemie/Pharmazie |

### Inhalt

Mikroreaktoren im Wandel der Zeit	1
Editorial/Impressum	2
Mikroreaktionstechnische Mehrzweckanlage zur Verfahrensentwicklung	3
Mikrozahnringspumpen als entscheidende Komponenten in der Prozessintensivierung	5
Neue Pumpen braucht die Feinchemie	6
Sensor für hochgenaues Wägen von Medikamenten	7
Energiesparende Oberflächen-funktionalisierung auf Basis chemischer Nanotechnologie	8
Lumineszenzsysteme für hintergrundfreie Assays	9
<b>Messe-Special: MicroTechnology/ HANNOVER MESSE 2009</b>	
<b>Produktmarkt „Mikro, Nano, Materialien“</b>	
Ausstellerübersicht Forum „Innovations for Industry“	10
Firmen und Produkte	15
Interview mit Ministerialdirektor Dr. Wolf-Dieter Lukas, Leiter der Abteilung „Schlüsseltechnologien – Forschung für Innovationen“ im BMBF	17
IVAM-Messen und -Veranstaltungen	18

### Glas bietet Vorteile

Glas hat bei der Herstellung von Mikroreaktoren im Vergleich zu anderen Materialien entscheidende Vorteile: Es ist gegenüber vielen Chemikalien inert und bei unterschiedlichen



Zwei Ansichten eines von der ix-factory GmbH produzierten Mikroreaktors aus Glas, bestehend aus 20 gebondeten Glassubstraten. Quelle: ix-factory GmbH.

## Editorial



**Schwerpunkt:  
Chemie/  
Pharmazie**

Text folgt

Technologische Parameter	Technologische Ergebnisse	Technologische Vorteile	Kostenvorteile
Kleine Dimensionen – Zuflüsse und Reaktionsraum	Großes Oberflächen-Volumen-Verhältnis, bessere Vermischung der eingesetzten Stoffe, Vergrößerung der Phasengrenzflächen, schnellerer Stoffumsatz	Schnellerer Wärmetransport, geringere Sicherheitsrisiken, verbesserte Ablaufkontrolle und Selektivität	Geringerer Material- und Energieeinsatz, höhere Produktausbeute, weniger unerwünschte Nebenprodukte
Kontinuierlicher Fließprozess	Kleines Reaktionsvolumen, genaue Reaktionszeit		
Ein Mikroreaktor-design auf allen Stufen		Parallelschaltung des entwickelten Designs	Geringe Entwicklungszeit
Kombination verschiedenster Reaktionen auf einem Chip	Synthesewege, die bisher nicht kontrollierbar waren		Geringere Vorlaufzeit bis zur Produktion

Temperaturen und variierendem Druck stabil, was den Einsatzbereich erweitert. Nicht zuletzt ist Glas sehr kostengünstig. Die Größe der Kanäle beziehungsweise die Miniaturisierung wird nur durch die Möglichkeiten der eingesetzten Lithographie bestimmt; diese reichen bis in den Sub-Mikrobereich. Die Kanäle werden mit verschiedenen Techniken hergestellt – unter anderem Nass- und Trockenätzen sowie Mikrosandstrahlen. Glas allein ermöglicht den Einsatz optischer Messtechniken, integriert in den Glas-Chip. Verschiedene Schichten – wie Reaktionsschichten oder Kühlschichten bei exothermen Reaktionen – können mittels Bonden im Mikroreaktor beliebig kombiniert werden. Diese Faktoren stellen vor allem im Bereich der Forschung und Entwicklung eine schnelle Anpassung des Designs sicher.

### Nur für die Forschung?

Der Schritt von der Forschung und Entwicklung zur Produktion wird durch die Parallelschaltung von Mikroreaktoren im Umfang der gewünschten Produktionskapazität erreicht. Die einzelnen Module sind leicht austauschbar. Im Gegensatz zur konventionellen Batch-Produktion ermöglicht dies die genaue Übertragung der Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung in die Produktion. Der Zeitraum von der Konzeption und Entwicklung bis zur Anwendung verkürzt sich deutlich.

Unter anderem die chemische und pharmazeutische Industrie profitieren vom Einsatz des Mikroreaktors in der Produktion – und dies nicht nur bei der Erzeugung bereits entwickelter und jahrelang erprobter Substanzen. Vor allem die Suche, Entwicklung und Produktion neuer chemischer Verbindungen erfahren eine kürzere Vorlaufzeit und damit einhergehende Kostenvorteile.

iX-factory fertigt für ChemtriX kundenspezifische Mehrschicht-Mikroreaktoren aus Glas, die inklusive Zubehör für alle Einsatzbereiche von der Forschung und Entwicklung bis zum beliebigen Produktionsumfang erworben werden können. ChemtriX B.V. (www.chemtriX.com) stellt das Know-how in Sachen Chemie und Technologie zur Verfügung, schult Personal und begleitet die Kunden in allen Phasen der Projektdurchführung. iX-factory unterstützt die Kunden bei der Entwicklung und Herstellung applikationsspezifischer Produkte.

iX-factory GmbH, Dortmund  
www.ix-factory.de

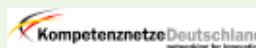
## Impressum

»inno«

Innovative Technik – Neue Anwendungen

**Herausgeber:**

IVAM e.V.  
Emil-Figge-Str. 76  
44227 Dortmund



**Redaktion:**

Josefine Zucker  
Dr. Christine Neuy  
Dr. Uwe Kleinkes

**Kontakt:**

Josefine Zucker  
Tel.: +49 231 9742 7089  
E-Mail: jz@ivam.de

Die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Nachdruck ist nur mit Genehmigung der Redaktion und Quellenangabe gestattet.

Viel Spaß beim Lesen wünscht

Ihr Dr. Uwe Kleinkes