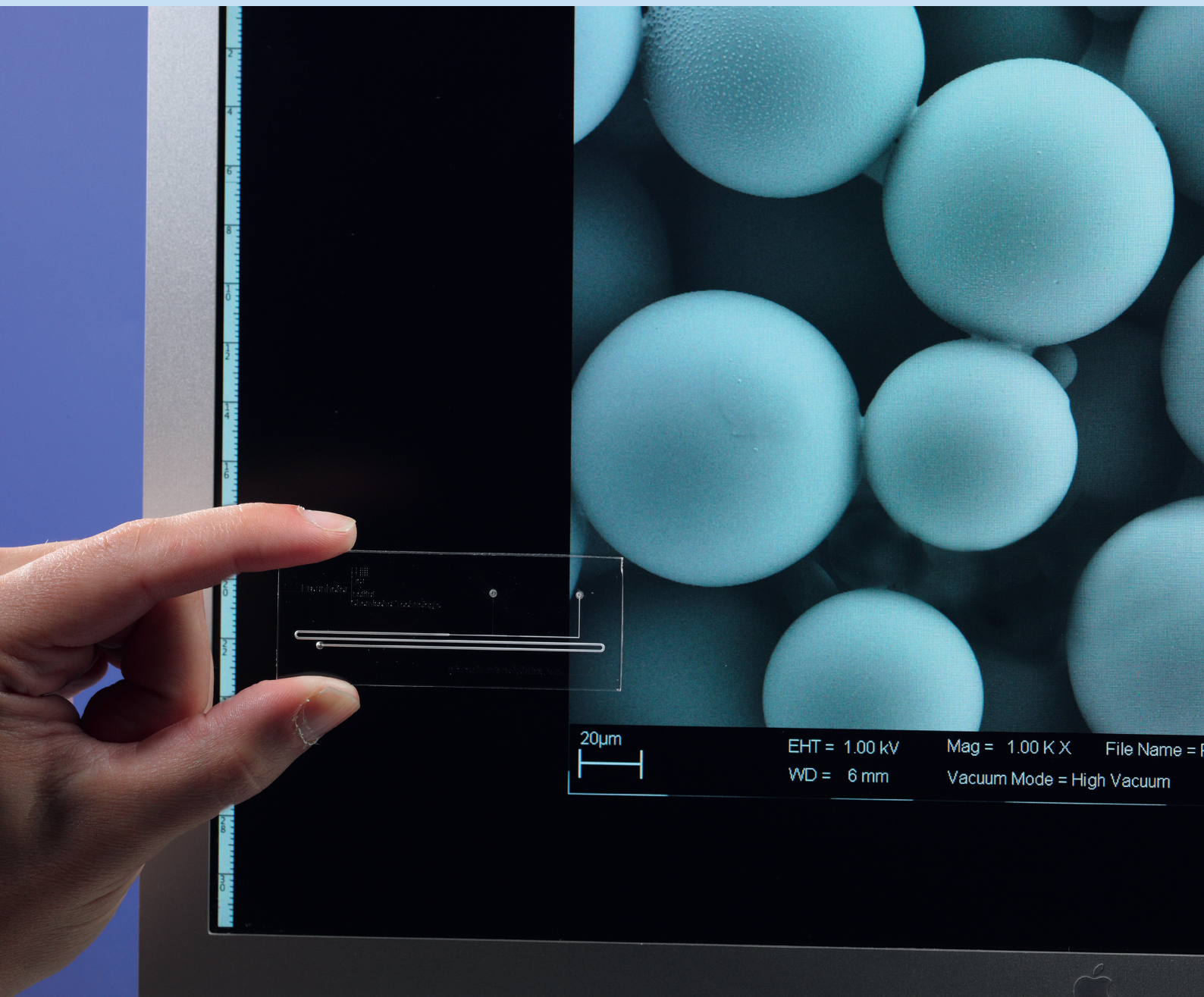
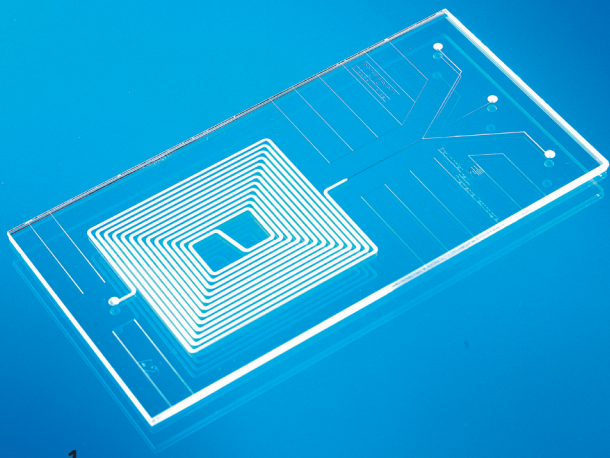
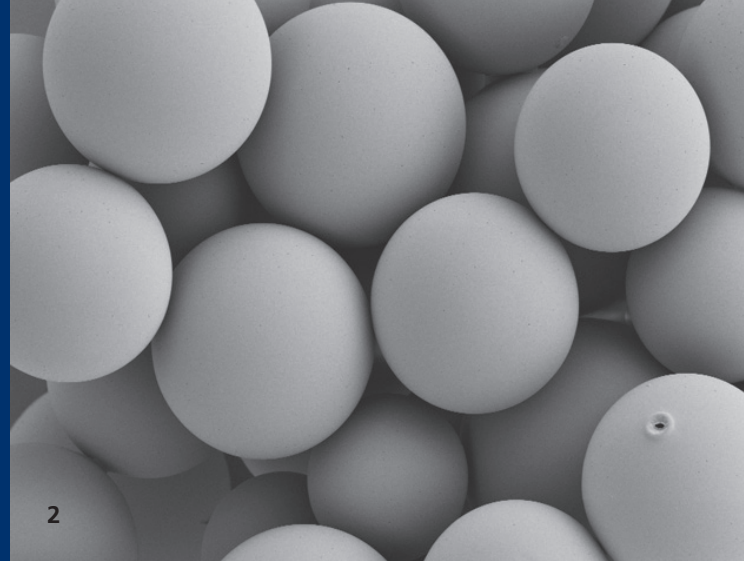


# MEHRPHASIGE PROZESSFÜHRUNG IN MIKROREAKTOREN





1



2

# MEHRPHASIGE PROZESSFÜHRUNG IN MIKROREAKTOREN

In mikrostrukturierten Reaktoren lassen sich mehrphasige Stoffsysteme (flüssig/flüssig oder gas/flüssig) mit hoher Präzision in Form von segmentierten Flüssen oder monodispersen Emulsionen prozessieren – was interessante Anwendungsmöglichkeiten bietet.

## Segmentierter Fluss – der Tropfen als Reaktor

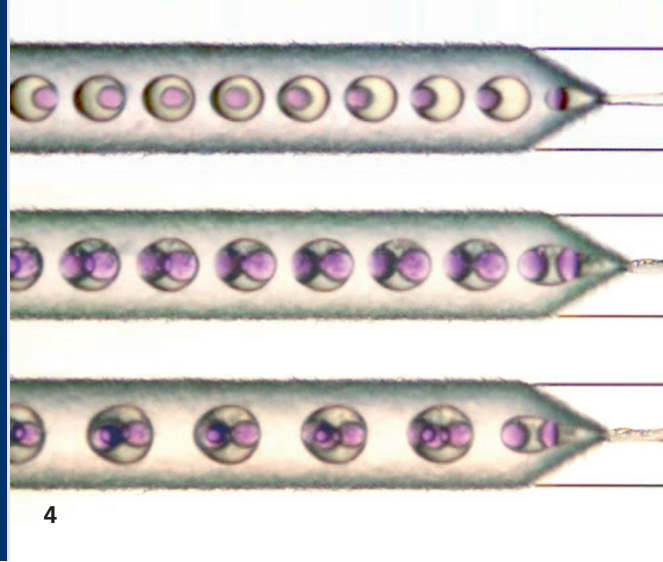
Am Fraunhofer ICT werden in speziell entwickelten mikrofluidischen Bauteilen durch Abscheidung oder Abschnürung Fluidsegmente in Form von flüssigen Tropfen oder gasförmigen Blasen in einer zweiten strömenden Flüssigphase kontinuierlich erzeugt. Durch Wahl der Strömungsverhältnisse, Kanalgeometrien und anderer Prozessbedingungen können sowohl die Größe der erzeugten Tropfen und Blasen als auch die Frequenz der Segmentierung sehr genau kontrolliert werden. Die generierten Fluidsegmente können als abgeschlossene Reaktionsräume mit wenigen Nanoliter Volumen betrachtet werden, die mit der Transportphase keine chemischen Wechselwirkungen eingehen. Auf diese Weise können insbesondere bei hochwertigen Wirkstoffsynthesen Querkontaminationen, Verdünnungs- und Dispersionseffekte durch Konvektion und Diffusion unterdrückt werden. Darüber hinaus wird die Durchmischung der Reaktionspartner im Nanoliter-Segment durch Advektion stark intensiviert – ganz ohne die sonst in der Mikroreaktortechnik notwendigen komplexen statischen Mischstrukturen. Dies ermöglicht sogar die Verarbeitung von feststoffhaltigen Lösungen, beispielsweise bei der Synthese von Nanopartikeln.

Eine segmentierte Prozessführung kann auch eingesetzt werden, um die Wechselwirkung zwischen zweiphasigen Stoffsystemen gezielt zu intensivieren. Durch die Bereitstellung großer Grenzflächen können Stofftransportprozesse über die Phasengrenzfläche im Vergleich zu makroskopischen Prozessen zum Teil drastisch beschleunigt werden. Typische Anwendungen sind Phasentransferkatalysen und andere zweiphasige organische Synthesen.

- 1 *Mikroreaktor für die Herstellung von sphärischen Polymerpartikeln und Mikrokapseln.*
- 2 *Sphärische Polymerpartikel mit einstellbaren Porositäten.*
- 3 *Segmentierter Fluss in Mikrokanälen (oben: gasflüssig; unten flüssigflüssig).*
- 4 *Erzeugung von Mehrfachemulsionen als Vorstufe für gefüllte Mikrokapseln.*

## TITELFOTO:

*Mikroreaktor für die Herstellung von Polymerpartikeln.*



### Herstellung partikulärer Produkte

Die segmentierte Prozessführung in Mikroreaktoren wird am Fraunhofer ICT auch für die Herstellung mikroskaliger partikulärer Produkte eingesetzt. Die exakte Kontrolle über die Tropfengröße von Emulsionen nutzen wir beispielsweise, um monomodale sphärische Polymerpartikel im Mikroreaktor zu synthetisieren. Bereits bei der Synthese können die Partikel im Hinblick auf unterschiedliche Anwendungen funktionalisiert werden, beispielsweise durch die Einstellung von Porositäten oder die Erzeugung molekular geprägter Polymere. Die Größe der Polymerpartikel ist stufenlos in einem breiten Bereich von wenigen Mikrometern bis einigen hundert Mikrometern einstellbar.

Die hohe Präzision bei der Segmentierung und Tropfenerzeugung ermöglicht uns auch die Herstellung komplexer Mehrfachemulsionen. Auf diese Weise stellen wir polymere Mikrokapseln her, die eine feste Kapselhülle mit typischen Wandstärken von ca. 100 nm besitzen und kleinste, aber genau definierte Mengen fester oder flüssiger Substanzen einschließen. Die Verkapselung dient dabei dem Schutz, der Maskierung oder dem Transport eingeschlossener Inhalts- oder Wirkstoffe.

### Phasentrennung

Bei der mehrphasigen Prozessführung in Mikroreaktoren spielt auch die abschließende Trennung der einzelnen Phasen eine wichtige Rolle. Gemeinsam mit unserem Schwesterinstitut, dem Fraunhofer IST, entwickeln wir mikrostrukturierte Separatoren, die durch spezielle Oberflächenbeschichtungsverfahren im Mikroreaktor lokale Bereiche mit unterschiedlichem Benetzungsverhalten erzeugen. In Kombination mit dem großen Oberfläche/Volumenverhältnis von Mikrokanälen erlauben diese Beschichtungen eine kontinuierliche und vollständige Stofftrennung.

### Unser Angebot

Unsere Kunden und Projektpartner unterstützen wir bei der Erprobung und Nutzung der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von fluidischen Mehrphasensystemen. Wir bieten Machbarkeitsstudien, Parameter-Screenings und gezielte Prozessauslegungen unter Ausnutzung segmentierter Fluidströmungen an. Zudem betreiben wir mit unseren Kunden gemeinsame Produktentwicklungen im Bereich der Fein- und Spezialitätenchemikalien sowie bei der Herstellung von funktionalisierten Polymerpartikeln und Mikrokapseln.

Mikroreaktoren für die segmentierte Prozessführung werden für den jeweiligen Anwendungsfall maßgeschneidert ausgelegt, gefertigt und experimentell erprobt. Modernste Mess- und Analysetechniken erlauben die Echtzeitverfolgung der Prozesse und die Identifikation optimaler Prozessbedingungen. Für die Charakterisierung der erzeugten chemischen oder partikulären Produkte stehen zahlreiche Analysemethoden zur Verfügung.

Im Hinblick auf eine schnelle Prozessentwicklung nutzen wir für die Auslegung der mikrofluidischen Strukturen rechnergestützte Simulationswerkzeuge auf Basis von CFD. Für die schnelle Prototypenfertigung steht eine Ultrakurzpuls-Laser-Anlage zur Erzeugung von mikrofluidischen Strukturen in unterschiedlichen Werkstoffen (Glas, Keramik, Kunststoff, Metall) zur Verfügung.

# MEHRPHASIGE PROZESSFÜHRUNG IN MIKROREAKTOREN

## **Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT**

Joseph-von-Fraunhofer-Strasse 7  
76327 Pfinztal (Berghausen), Germany

Institutsleiter:  
Prof. Dr.-Ing. Peter Elsner  
Phone +49 721 4640-0

### **Kontakt**

Dr. Dušan Bošković  
Telefon +49 721 4640-759  
Fax +49 721 4640-111  
[dusan.boskovic@ict.fraunhofer.de](mailto:dusan.boskovic@ict.fraunhofer.de)

[www.ict.fraunhofer.de](http://www.ict.fraunhofer.de)

Weitere Informationen zur  
Mikroreaktionstechnik am  
Fraunhofer ICT finden Sie unter:  
[www.microreaction-technology.info](http://www.microreaction-technology.info)