

FAMOSflexible –
**AUTOMATISIERTES MIKROREAKTIONS-
SYSTEM FÜR DAS FuE-LABOR**



FAMOSflexible – AUTOMATISIERTES MIKROREAKTIONSSYSTEM FÜR DAS FuE-LABOR



MIKROREAKTIONSTECHNIK – CHEMISCHE PROZESSE AUF KLEINSTEM RAUM

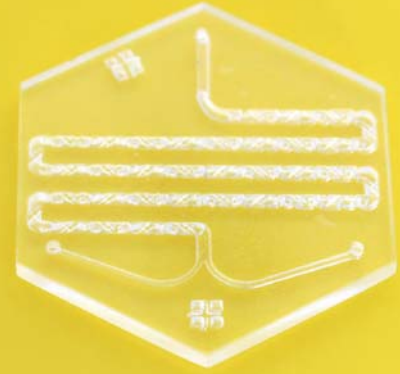
Der Einsatz von mikrostrukturierten Reaktoren in der chemischen Verfahrenstechnik ist eine innovative Technologie, bei der sowohl die starke Miniaturisierung als auch die damit verbundene extreme Vergrößerung des Oberfläche/Volumen-Verhältnisses genutzt werden, um hohe Stoff- und Wärmeübergänge zu realisieren. Stark exotherme Prozesse können so quasi-isotherm bei gleichzeitig präziser Dosierung und intensiver Vermischung der Reaktanden gefahren werden. Die Folge sind eine hohe Prozesssicherheit sowie eine kontrollierte thermische Prozessführung der chemischen Reaktionen, die häufig verbesserte Produktausbeuten und Selektivitäten zur Folge haben kann. Aufgrund der kontinuierlichen Prozessführung können mit der Mikroreaktionstechnik im Zusammenspiel mit präzise einstellbaren Verweilzeiten zudem hohe Raum/Zeit-Ausbeuten erzielt werden.

»FAMOSflexible« – EIN LEISTUNGS- STARKES MIKROREAKTIONSSYSTEM FÜR DAS FuE-LABOR

»FAMOSflexible« ist die neueste Generation eines am Fraunhofer ICT entwickelten, automatisierten Mikroreaktionssystems, das die Vorteile der Mikroreaktionstechnik mit einem leistungsstarken und modular aufgebauten Laborsystem vereint. Das System ist speziell für die Synthese-Entwicklung und Prozessoptimierung im FuE-Bereich entwickelt worden – auf der Grundlage von über 10 Jahren praktischer Erfahrung bei der Realisierung von Mikroreaktionsprozessen. »FAMOSflexible« bietet deshalb die erforderliche Flexibilität, um wechselnde Fragestellungen in Forschung und Entwicklung erfolgreich anzugehen.

Mit »FAMOSflexible« können nahezu beliebige mikrofluidische Prozesse für Flüssig-, Flüssig-/Flüssig- und Gas-/Flüssig-Reaktionen schnell aufgebaut und leicht umgerüstet werden. Hierfür steht eine breite Auswahl an mikrostrukturierten Reaktoren zur Verfügung, aber auch systemfremde Mikroreaktoren lassen sich in das Laborsystem mühelos integrieren. Die Steuerung des Mikroreaktionssystems erlaubt das vollautomatische Abarbeiten und Protokollieren individuell gestalteter Versuchspläne. Systematische Parameterscreenings und die Erzeugung von Probenbibliotheken für nachfolgende Untersuchungen sind auf diese Weise möglich. Unter Nutzung der Mikro-Effekte können zudem Reaktionsregime untersucht werden, die mit klassischen

»FAMOSflexible«: das automatisierte Mikroreaktionssystem von Fraunhofer ICT.



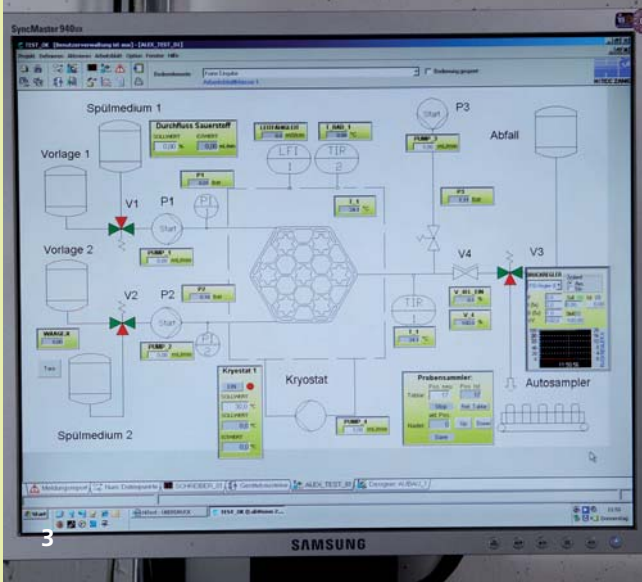
Verfahren nicht zugänglich sind. »FAMOSflexible« verfügt zusätzlich über Schnittstellen für die online- und offline-Analytik, integrierte Sicherheitsvorrichtungen sowie eine optionale Fernsteuerung und Fernüberwachung für Reaktionen mit erhöhtem Gefährdungspotenzial. Die robuste Bauweise und durchgängige Prozessüberwachung erlauben den Einsatz von »FAMOSflexible« auch für die kampagnenweise Kleinmengenproduktion im Labor.

DER MIKROFLUIDISCHE PROZESS

Für den Aufbau des mikrofluidischen Prozesses stehen verschiedene, aus Glas gefertigte Module mit speziellen mikrofluidischen Strukturen zum Mischen, Verweilen, Emulgieren, usw. zur Verfügung, die sich in ihren Kenngrößen wie Mischgüte, Mischprinzip, Verweilzeit-Charakteristik, Kanaldimensionierung und Druckabfall unterscheiden. Auf einer Grundplatte erfolgt die einfache und schnelle fluidische Verschaltung der mikrofluidischen Module, die in standardisierter Sechseckform mit jeweils bis zu sechs Fluid-Anschlüssen ausgestattet sind. Dies gewährleistet ein Höchstmaß an Flexibilität bei der Realisierung unterschiedlichster, zum Teil komplexer mikrofluidischer Prozesse.

Der mikrofluidische Aufbau wird zur Temperierung in einem geschlossenen Bad versenkt, der mit einem Kryostaten verbunden ist. Durch die spezielle Bauart der Grundplatte lassen sich die hohen Wärmeübertragungsleistungen mikrofluidischer Systeme ausnutzen. Das System erlaubt auch die Realisierung mehrstufiger Syntheseprozesse in mehreren Temperaturzonen (Temperaturbereich: -30 °C bis +180 °C).

Für alle medienberührenden Komponenten werden beständige Werkstoffe wie Glas, Teflon und Titan verwendet, so dass »FAMOSflexible« auch für Reaktionen unter Einsatz von stark aggressiven oder korrosiven Medien eingesetzt werden kann. Abhängig von den eingesetzten mikrofluidischen Modulen können zudem Prozessdrücke bis zu 18 bar eingestellt werden, beispielsweise für Flüssigphasen-Umsetzungen oberhalb der Siedetemperatur des Lösungsmittels. Die Terminierung von Reaktionen kann optional durch einen thermischen oder chemischen Quench erfolgen. Sämtliche flüssige Medien wie Reaktions-, Spül- und Reinigungslösungen werden mit kontinuierlichen Spritzenpumpen (Volumenstrombereich: 0 – 40 mL/min) gefördert.



SOFTWARE UND AUTOMATION

Die Steuerung des Mikroreaktionssystems ermöglicht das Einbinden aller handelsüblichen und steuerbaren Prozesskomponenten wie beispielsweise Pumpen, Kryostaten, Ventile, Druck- und Durchflussregler über standardisierte Schnittstellen, wodurch auch das Einbinden zusätzlicher oder bereits vorhandener Laborgeräte leicht möglich ist. Eine vollautomatische Erfassung, Regelung und Protokollierung relevanter Prozessgrößen wie Druck, Temperatur, Flussrate, usw. erfolgt über die Software.

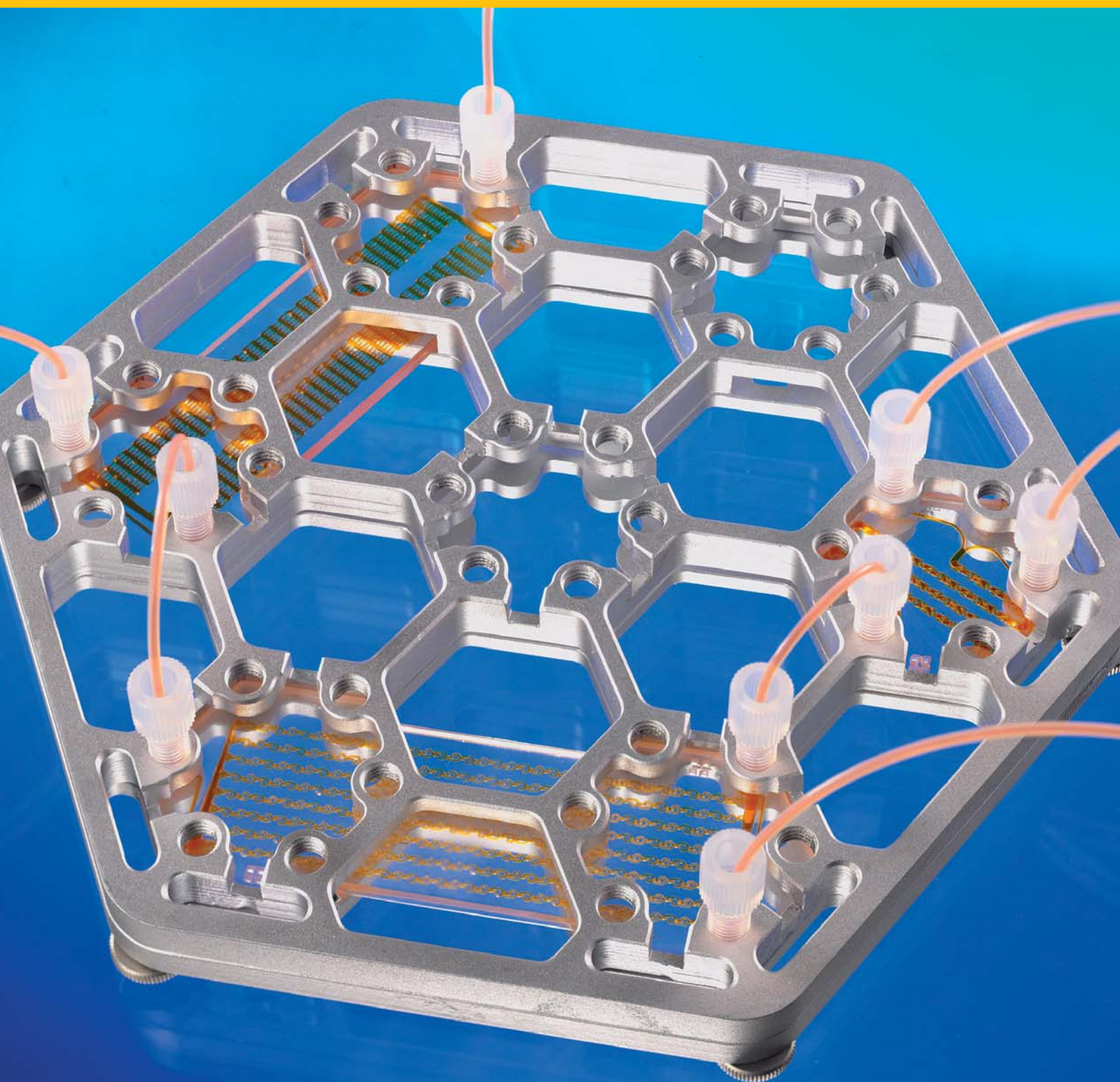
Das Mikroreaktionssystem kann sowohl im Handbetrieb ferngesteuert werden als auch vollautomatisch individuelle Versuchspläne abarbeiten. Damit sind Parameterscreenings unter Variation von Temperatur, Druck, Stöchiometrie, Verweilzeit usw. möglich. Im Handbetrieb wird das System über ein Arbeitsblatt gesteuert; dort sind alle Prozesskomponenten visualisiert und können parametrisiert werden. Für verschiedene Versuchsaufbauten können verschiedene Arbeitsblätter hinterlegt werden, aber auch ein späteres Bearbeiten und Anpassen der Arbeitsblätter durch den Anwender ist möglich.

Für den automatisierten Betrieb bietet die Software neben der klassischen Programmierung vorgefertigte Module, welche die erforderliche Programmierung für einen bestimmten Prozessschritt bereits enthalten. Somit ist es auch Anwendern ohne Programmierkenntnisse möglich, schnell ein Experiment durch einfaches Hintereinanderschalten einzelner Programm-Module zu erstellen und abarbeiten zu lassen.

Sowohl im Handbetrieb als auch im automatischen Betrieb sind Sicherheitsabschaltungen vorgesehen. Diese sorgen bei Störungen oder Leckage für ein automatisches Abfahren des Prozesses und Überführung in einen sicheren Betriebszustand.

- 1 und 2 Beispiele für »FAMOSflexible«-Module: Mikroreaktor aus Glas mit speziellen Mischstrukturen.
- 3 Interaktives Fließbild des Mikroreaktionsprozesses.
- 4 Echtzeit-Aufzeichnung von Prozessparametern durch die Steuerungssoftware.

FAMOSflexible – AUTOMATISIERTES MIKROREAKTIONSSYSTEM FÜR DAS FuE-LABOR



ONLINE- UND OFFLINE-ANALYTIK

Für eine Offline-Analytik (zum Beispiel mittels GC oder HPLC) ist eine Probenahme-Vorrichtung integriert. Über ein zeit- und ereignisgesteuertes Probenahme-Karussell können Proben, beispielsweise nach Variation von Prozessbedingungen, gewonnen und für eine nachfolgende Analytik bereitgestellt werden. Optional kann die Reaktionsmischung mittels Online- oder Inline-Analytik überwacht werden. Hierfür werden spezielle Durchflusszellen für die jeweilige spektroskopische Analysenmethode (UV/VIS, NIR, IR, Raman) in den Systemaufbau integriert. Die Spektroskopie-Software kann dabei in die Steuerung und Protokollierung des Mikroreaktionssystems integriert werden, wodurch eine regelnde Beeinflussung des Gesamtprozesses möglich ist.

UNSER ANGEBOT

Wir bieten unseren Projektpartnern und Kunden maßgeschneiderte Mikroreaktionssysteme auf Basis von »FAMOSflexible« an. Die Systeme werden entsprechend den Kundenanforderungen mit den erforderlichen Prozesskomponenten ausgestattet. Prozessabläufe, Rezepturen und ggf. erforderliche Sicherheitsvorrichtungen werden auf Wunsch vorprogrammiert und installiert, um einen schnellen Einsatz des Systems zu ermöglichen. Für die individuelle Handhabung, Umrüstung und Programmierung der Mikroreaktionssysteme bieten wir zudem vertiefende Schulungen an.

Gleichermaßen bieten wir FuE-Studien unter Einsatz von »FAMOSflexible« an. Wir betreiben im Auftrag unserer Kunden Studien zur Synthese-Entwicklung und Prozessoptimierung unter Einsatz von Mikroreaktionstechnik. Experimentelle Machbarkeitsstudien, schnelle Parameter-Screenings sowie gezielte Analysen einzelner Prozessschritte sind Bestandteil unseres Angebotes.

Grundplatte des Mikroreaktionssystems mit eingesetzten mikrofluidischen Glasmodulen.

FAMOS*flexible* – AUTOMATISIERTES MIKROREAKTIONS-
SYSTEM FÜR DAS FuE-LABOR

**Fraunhofer-Institut für
Chemische Technologie ICT**

Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7
76327 Pfinztal (Berghausen)

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

Ansprechpartner

Dr. Stefan Löbbecke
Telefon +49 721 4640-230
Fax +49 721 4640-441
stefan.loebbecke@ict.fraunhofer.de
www.ict.fraunhofer.de

Weitere Informationen zur
Mikroreaktionstechnik am
Fraunhofer ICT finden Sie unter:
www.mikroreaktionstechnik.info