

Mikroverfahrenstechnik lässt Produktionsanlagen schrumpfen

# Chemiefabrik im Aktenkoffer

28

Mikroverfahren





**Miniaturisierung liegt im Trend. Auch in der Chemie: In winzigen Reaktoren laufen chemische Reaktionen sicherer ab, lassen sich besser steuern und genauer überwachen. Die Bayer-Technology-Services-Tochter Ehrfeld Mikro-technik BTS GmbH hat ein geniales Baukastensystem für unterschiedliche Anwendungen entwickelt. Die Grundversion passt in einen Aktenkoffer.**

Wenn Dr. Alexander Azzawi einen chemischen Laborversuch vorbereitet, braucht er nur wenig Werkzeug: ein paar Schraubenzieher, einen Inbusschlüssel und einige Maulschlüssel.

„Das hat schon was von einem Technikbaukasten“, schmunzelt der Projektleiter der Ehrfeld Mikrotechnik BTS GmbH (EMB) im rheinland-pfälzischen Wendelsheim. Alexander Azzawi ist Chemiker, aber auf typisches Laborzubehör wie Erlenmeyerkolben, Rückflusskühler oder Tropftrichter kann er komplett verzichten. Will er Chemie betreiben, setzt Azzawi ein gutes Dutzend kleiner, glänzender Metallwürfel auf einer Aluminiumplatte zusammen. Anschließend schiebt er noch Dichtscheiben zwischen die 2,4 Zentimeter großen Würfel, verspannt sie mit einem Inbusschlüssel und bringt abschließend an einigen der Kuben dünne Schläuche zur Zu- und Abführung der Einsatzstoffe an.

Das Resultat ist, abgesehen von der Peripherie wie Pumpen und Sammel- sowie Lagerbehältern, eine komplette Chemieanlage – die ohne Probleme in einen Aktenkoffer passt.

Die Ehrfeld Mikrotechnik BTS GmbH entwirft so genannte modulare Mikroreaktionssysteme. Das sind Anlagen im Miniaturmaßstab, die aus einzelnen, leicht austauschbaren Einheiten bestehen. Die Firma hat Module für alle wichtigen Komponenten der Reaktionstechnik im Programm: unterschiedliche Mischer, Wärmetauscher und Reaktoren. Andere der Metallwürfel enthalten Sensoren, die Tem-

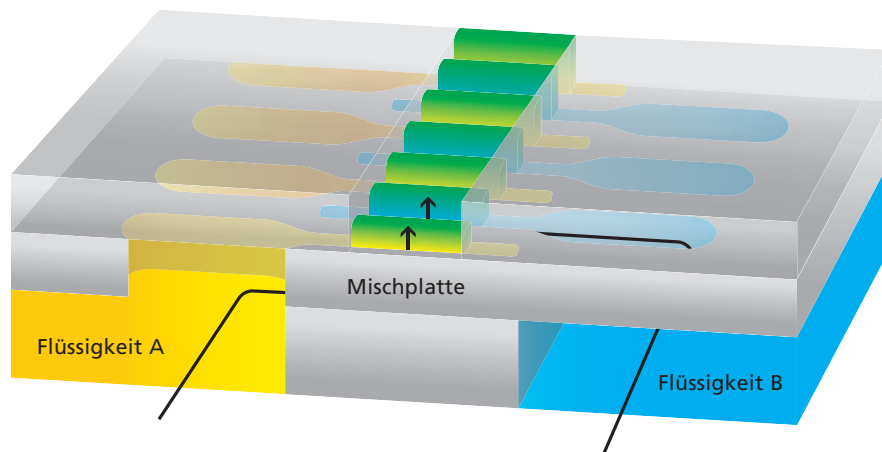
peratur, Druck oder Durchflussrate messen und kontrollieren. Analyse-Module überwachen zum Beispiel mit einem Infrarot-Spektrometer, ob am Ende die gewünschte Qualität des Reaktionsprodukts herauskommt.

#### **Mikroformat macht Reaktionen exakt beherrschbar**

„Mikroreaktionstechnik ist eine Zukunftstechnologie“, sagt Dr. Hans-Erich Gasche, Departmentleiter bei Bayer Technology Services (BTS). „Bis jetzt hat sie noch nicht ihren Weg von den Start-Up-Unternehmen zur Großindustrie gefunden. Eine Ursache hierfür ist beispielsweise, dass bisher kaum geeignete Module für die industrielle Produktion zur Verfügung standen bzw. in diesem Umfeld eingesetzt werden konnten.“

Dies hat Bayer Technology Services mit der Übernahme der Ehrfeld Mikrotechnik AG im September 2004 geändert: „Die neue Ehrfeld Mikrotechnik BTS GmbH bietet Module an, mit denen sich Chemikalien vom Labor- bis hin zum Produktionsmaßstab herstellen lassen“, erklärt Gasche begeistert. Eine weitere Stärke des Baukastensystems von EMB sei die einfache Handhabung. Nicht nur der Aufbau der Anlagen ist kinderleicht, auch die Module selbst lassen sich problemlos in wenige Teile zerlegen, reinigen und wieder zusammenbauen. „Das findet man nirgendwo sonst auf dem Markt“, weiß Dr. Marcus Grünewald, der bei Bayer Technology Services Anwendungs-

Anlage im Koffer: (v. l.)  
Dr. Olaf Stange,  
Dr. Alexander Azzawi,  
Dr. Marcus Grünewald,  
Dr. Hans-Erich Gasche  
und Dr. Stephan Laue.



### Mischen in der Mikrowelt

Um zwei Flüssigkeiten zu vermischen, greifen Menschen seit Urzeiten auf ein einfaches Verfahren zurück: Rühren. Dabei werden turbulente Strömungen erzeugt, die beide Flüssigkeiten durcheinander wirbeln. Die Mikrotechnik bedient sich anderer Methoden. Bei einem Multilaminationsmischer beispielsweise werden die zwei Flüssigkeiten abwechselnd durch wenige Mikrometer breite Schlitze geleitet und ähnlich wie beim Mischen eines Kartenspiels ineinander geschoben. In unterschiedlichen Mischern mit 20 bis zu 20.000 Schlitzen lassen sich pro Stunde zwischen wenigen Millilitern und einigen 1.000 Litern schnell und effektiv vermischen.

möglichkeiten für die Mikrotechnik erprobt. „Zusammen mit den seit langem etablierten BTS-Kompetenzen in der Prozessentwicklung und Prozessintensivierung können wir den Bayer-Teilkonzernen so eine einzigartige Bandbreite an Dienstleistungen bieten.“

Obwohl die chemische Industrie zum Teil gewaltige Stoffmengen umsetzt, kann es in vielen Bereichen durchaus Vorteile bringen, Reaktionen in Mikroreaktoren zu verlagern. „Der entscheidende Punkt besteht darin, dass in Mikroanlagen die Oberfläche im Verhältnis zum Volumen viel größer ist“, erläutert Dr. Olaf Stange, Geschäftsführer der Ehrfeld Mikrotechnik BTS GmbH. Typische Vorgänge wie Mischen, Erwärmen und Abkühlen gehen deshalb in den Mikromodulen viel effektiver über die Bühne. Und auch Prozessparameter wie Druck, Temperatur und Mischungsverhältnisse lassen sich exakt einstellen. Das erhöht zum einen die Sicherheit: Druck und Temperatur können nicht in kritische Bereiche kommen, in denen eine Reaktion nur noch

schlecht zu steuern ist. Zum anderen lässt sich oft die Ausbeute steigern, wenn die Reaktionsbedingungen genau definiert sind. Auch die Abfallmengen sinken, wenn mal etwas nicht optimal läuft. „Man muss nur den Anlageninhalt von wenigen Millilitern entsorgen und nicht gleich ein paar Kubikmeter, wie in herkömmlichen Batchprozessen“, sagt Stange.

### Vier Zigarettenschachteln mischen 25 Tonnen pro Tag

Ein weiterer Pluspunkt: Die Mikroreaktionstechnik ermöglicht neue Synthesewege. Stark exotherme Reaktionen, die wegen der großen freigesetzten Wärmemengen für herkömmliche Anlagen zu gefährlich sind, lassen sich in Mikroreaktoren beherrschen. Mikrotechnik erleichtert auch die Suche nach den optimalen Einstellungen für einen Prozess: Eine Reaktion lässt sich schnell mit unterschiedlichen Drücken, Temperaturen oder Mischungsverhältnissen wiederholen. In Mikroanlagen laufen zudem alle Prozesse – selbst das Mischen – kontinuierlich und nicht portionsweise ab. Auch wenn in einen EMB-Mikroreaktor nur ein paar Tröpfchen hineinpassen, kann er deshalb trotzdem beträchtliche Mengen umsetzen. So können mit kleinen Modulen Produktmengen bis zu 50 Tonnen pro Jahr hergestellt werden. Das ist für viele Feinchemikalien schon eine durchaus relevante Menge. Mit den großen Modulen steigt die Menge schnell auf 10.000 Tonnen pro Jahr.

Aber auch feinste Partikel lassen sich mit der Mikroprozessertechnik produzieren. Das zeigt Projektleiter Alexander Azzawi im Labor. Er hat dort eine Anlage aufgebaut, in der in einem Demonstrationsversuch Natriumcarbonat und Calciumnitrat miteinander reagieren – es entsteht Kalk. Schnell füllt sich das aufgebaute Becherglas mit einer milchigen Flüssigkeit.

Das Reaktionsprodukt von Azzawis Versuch – Calciumcarbonat oder gewöhnlicher Kalk – entsteht in Form weniger tausendstel Millimeter großer Kristalle, die die feinen Mikrostrukturen leicht zusetzen können. „Eigentlich hat man immer gedacht, Mikrotechnik und Kristalle oder Partikel passen nicht zusammen“, berichtet Azzawi. „Wir haben aber einen speziellen Ventilmischer für solche Reaktionen entwickelt.“ Anwendungsmöglichkeiten für das Modul sieht Azzawi zum Beispiel bei der Herstellung von Farbpigmenten, Pharmawirkstoffen oder Katalysatoren. Auch andere Module von EMB sind in der Lage, Partikel weiterzuverarbeiten oder zu erzeugen, ohne zu verstopfen. Der EMB-Baukasten wird durch ein computerbasiertes, einfach zu bedienendes Prozessleitsystem ergänzt.

Ein traditionelles Problem bei der Herstellung von Chemikalien besteht im so genannten „Scale-up“, wenn ein Prozess vom Labormaßstab auf Produktionsmaßstab ausgebaut werden muss. Auch dabei kann die Mikrotechnik Erleichterung bringen: „Man kann entweder mehrere Mikrotechnik-

Fingernagelgroß: Schlitzplatte eines Mikromischers (s. Abb. oben auf dieser Seite).





Testlauf: Dr. Alexander Azzawi (l.) und Dr. Stephan Laue an einer Pilotanlage.

anlagen parallel laufen lassen oder größere Module entwickeln, die im Grunde wie viele kleine Module auf einmal funktionieren“, sagt Olaf Stange. Nach diesem Prinzip hat EMB den Multilaminationsmischer LH1000 entwickelt. Er ist etwa so groß wie vier Zigarettenschachteln und kann pro Tag mehr als 25 Tonnen flüssige Medien vermischen. „Bei solchen Mengen wird klar, dass die Chemieanlagen insgesamt auch in Zukunft nicht auf Koffer-Format schrumpfen werden“, erklärt der EMB-Geschäftsführer. Denn die Peripherie, also Vorratsbehälter, Pumpen und Prozessleittechnik, wird auch in Zukunft groß bleiben. BTS-Departmentleiter Hans-Erich Gasche nimmt an, dass sich Komponenten der Mikrotechnik für sehr viele Reaktionen beispielsweise bei der Synthese von Pharma- und Agrochemikalien eignen. In drei bis fünf Jahren wird die Technologie seiner Meinung nach ihren Platz in der chemischen Produktion gefunden haben. „Vor allem schnelle, stark exotherme – also Wärme freisetzende – Reaktionen bieten sich für Mikrotechnik an“, ist der Chemieingenieur überzeugt. Aber auch bei der Herstellung von Massenchemikalien und Polymeren ist ihr Einsatz denkbar.

### Für Chemiker ein Neuland voller Möglichkeiten

Da Mikrotechnik für viele Chemiker noch ein ungewohntes Terrain ist, bieten Bayer Technology Services und Ehrfeld Mikrotechnik BTS GmbH den Kunden eine intensive Beratung an.

„Die meisten sind Neulinge auf dem Gebiet und müssen erst lernen, die Möglichkeiten dieser Systeme auszuschöpfen“, erklären Dr. Alexander Azzawi und Dr. Stephan Laue. In einer ersten Phase entwickeln die Chemiker und Verfahrenstechniker bei EMB und BTS deshalb zusammen mit den Anwendern in den Teilkonzernen die optimale Anlagenkonfiguration für deren Bedürfnisse. Geht es an die Pilotproduktion eines Stoffes, arbeiten die Mitarbeiter von EMB und BTS in Leverkusen zusammen. Im dortigen Technikum sind bereits zwei Pilotanlagen mit Mikroreaktoren in Betrieb. In der Summe kann den Kunden somit ein Leistungsspektrum geboten werden, das von der Modulent-

wicklung über die Prozess- und Produktentwicklung bis zum Engineering und Bau ganzer Anlagen reicht. Damit die neue Technologie sich endgültig durchsetzt, sei vor allem ein Umdenken bei den Anwendern erforderlich, sagen Hans-Erich Gasche und Olaf Stange übereinstimmend: „Wir brauchen Forscher und Entwickler in den Bayer-Laboren, die mit Mikroverfahrenstechnik umgehen können und Prozesse von Anfang an mit diesem neuen Werkzeug entwickeln.“

[www.ehrfeld.com](http://www.ehrfeld.com)

Auf der EMB-Internetseite gibt es einen Überblick über die Mikro-module.

### Chemie im Turbogang

In einer Mikrotechnik-Anlage lassen sich Temperatur und Druck in Reaktionsgemischen präzise steuern. In den winzigen Edelstahl-Würfeln kann eine Umesterung – der Austausch von Alkohol und Estergruppe – zum Beispiel bei 150 °C und 10 bar und damit im Vergleich zum Verfahren im Labor-Glaskolben 50-mal schneller ablaufen.

#### Ester-Ausbeute in Prozent

