

# Chemiefabrik im Aktenkoffer

Arzneimittel und Chemikalien werden mit Mikro-Reaktoren besonders umweltfreundlich und preiswert produziert

VON REINHOLD KURSCHAT

Geheimnisvolle gläserne Apparaturen, in denen es blubbert und ab und zu auch mal kracht, hat das Labor des Chemikers Alexander Azzawi nicht zu bieten. Bei ihm laufen chemische Synthesen ganz unspektakulär in kleinen mikrostrukturierten Metallwürfeln ab, die er auf einer Aluminiumplatte druckdicht miteinander verbindet. Wo andere Chemiker mit Glasgeräten hantieren, montiert er Anlagenteile mit Schraubenzieher und Inbusschlüssel.

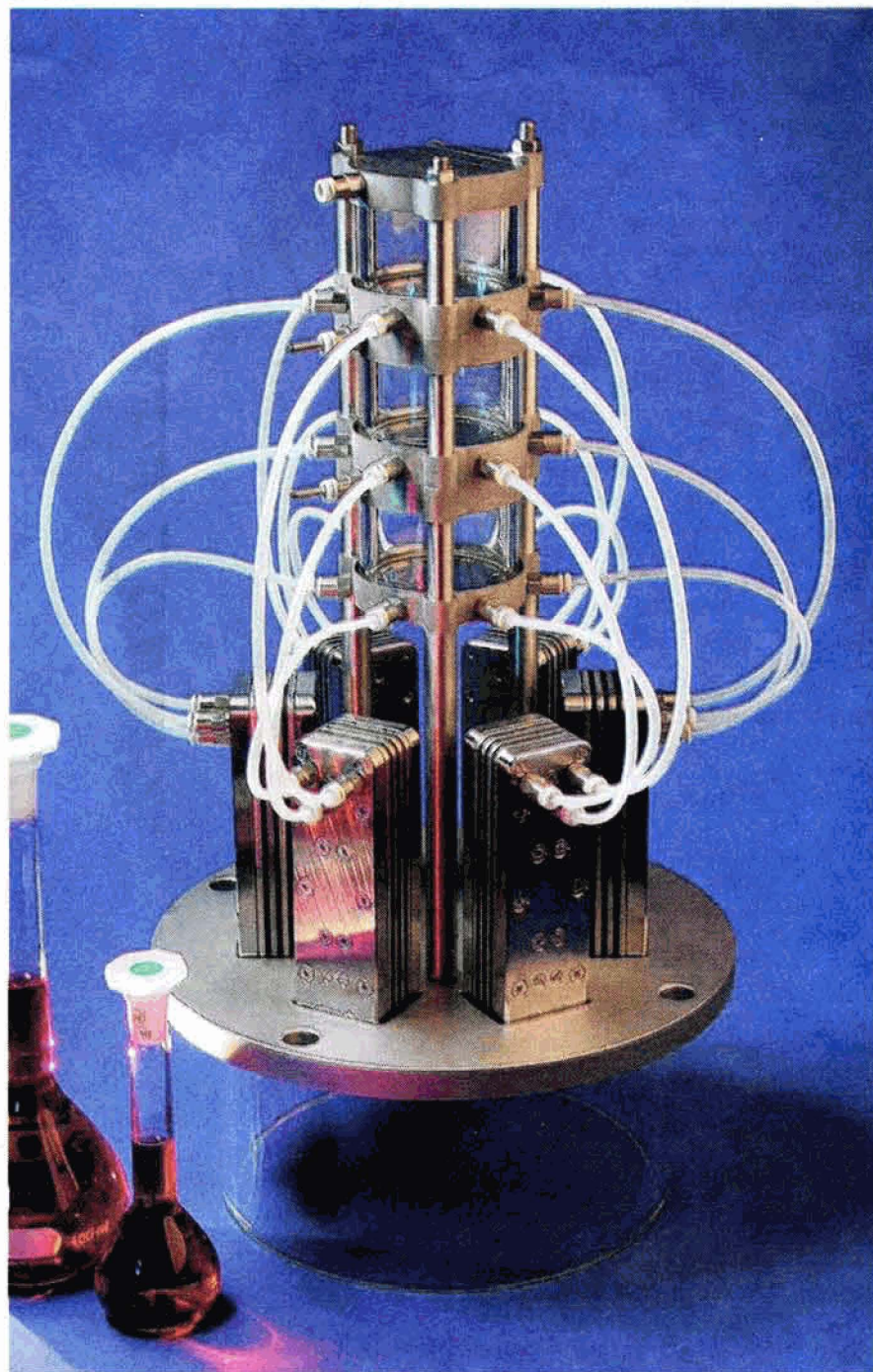
„Eine solche Mini-Chemieanlage aus einzelnen Modulen lässt sich problemlos in einem Aktenkoffer unterbringen“, sagt Azzawi. Mit ähnlichen Anlagen, wie er sie im Labor der Firma Ehrfeld Mikrotechnik BTS, einer Bayer Technology Services-Tochter, im rheinland-pfälzischen Wendelsheim nutzt, forschen immer mehr Chemiker an Universitäten, in Firmen und Forschungszentren.

Dass die Wissenschaftler auf ihr bewährtes Handwerkszeug vom Reagenzglas bis zum Glaskolben verzichten können, ist den mikrometerfeinen Kanalstrukturen im Inneren solcher Bauteile zu verdanken. In ihnen mischen sich die Ausgangschemikalien, wenn sie hindurchströmen, um anschließend zum Produkt zu reagieren. Dann verlässt die Mischung den Mikrostrukturapparat sofort wieder. Die kurze Verweilzeit der Chemikalien im Mikroapparat und der kontinuierliche Betrieb ermöglichen trotz der winzigen Volumina in den Kanälen, dass selbst kleine Mikrostrukturanlagen große Stoffmengen bewältigen. Um die Produktmengen noch zu steigern, können Mikroreaktoren vergrößert oder mehrere kleine parallel betrieben werden.

Dass die Verwendung von mikrostrukturierten Mischern, Wärmetauschern und Reaktoren gegenüber großen Reaktionskesseln vorteilhaft sein könnte, hatten ostdeutsche Forscher bereits vor 20 Jahren in einem Patent beschrieben. Wenige Jahre später erblickte der erste mikrostrukturierte Wärmetauscher am Forschungszentrum Karlsruhe das Licht der Welt. Das Erfolgsgeheimnis der Mikrostrukturapparate: Mikrokanäle sind von einer vergleichsweise riesigen Oberfläche umgeben. Läuft also eine chemische Reaktion in einem solchen Kanal ab, bei der sehr viel Wärme frei wird, wird die Energie sofort über die Oberfläche an die Umgebung abgegeben. Deshalb bleibt die Temperatur der Reaktionsmischung konstant niedrig und die Chemikalien schlagen kaum noch unerwünschte Reaktionswege ein. So bilden sich sehr viel reinere Produkte als bei Synthesen in Rührkesseln.

## Überhitzung möglich

Noch werden unzählige Arzneimittel, Kosmetika, Duftstoffe, Pigmente und andere Alltagschemikalien in solchen Rührkesseln gewonnen. Darin verrührt und erhitzt man die Ausgangsstoffe längere Zeit. Bei anderen Synthesen, die sehr viel Reaktionswärme liefern, muss energieaufwendig gekühlt werden. In Kesseln kann es trotz aller Sorgfalt zu örtlichen Überhitzungen kommen, so dass sich auch unerwünschte Chemikalien bilden können. Wenn die Synthese beendet



Gleich sechs Mikroreaktoren sind hier zusammengeschlossen. Damit ist eine kostengünstige und umweltfreundliche Herstellung von Chemikalien möglich.

ist, muss der Prozess unterbrochen werden, um solche Abfallprodukte abzutrennen und teuer zu entsorgen.

„Mikrostrukturierte Apparate werden die chemische Verfahrenstechnik revolutionieren, wenn sie sich auch bei der Produktion von industrieüblichen Mengen praxistauglich zeigen“, ist Klaus Schubert vom Forschungszentrum Karlsruhe überzeugt. Schon jetzt arbeitet ein am Forschungszentrum entwickelter Mikroreaktor bei der Firma DSM Fine Chemicals in Linz, um ein Produkt für die Kunststoffindustrie zu produzieren. „Der 65 Zentimeter lange Reaktorblock ermöglicht stündlich einen Durchsatz von bis zu zwei Tonnen flüssigen Chemikalien“, berichtet Schubert. „Im Vergleich zur bisherigen Synthese in einem Rührkessel hat sich die Produktausbeute im Mikroreaktor deutlich erhöht“, freut sich Peter Pöchlauer von DSM Fine Chemicals. „Entspre-

chend sind der Rohstoffverbrauch und die Abfallmengen gesunken, was der Wirtschaftlichkeit und der Umwelt zugute kommt.“

## Explosives wird gebändigt

Mit Mikrostrukturapparaten können sogar explosive Chemikalien relativ gefahrlos gehandhabt werden, was in Kesseln nur unter höchsten Sicherheitsvorkehrungen möglich ist. So haben der Chemiker Holger Löwe vom Institut für Mikrotechnik Mainz und seine Kollegen kürzlich für die Xi'an Chemical Industrial Group in China eine Produktionsanlage für Nitroglycerin gebaut.

Da das mit der Anlage hergestellte Nitroglycerin als Arzneimittel zur Behandlung von *Angina pectoris* und Herzinfarkt dient, muss es ganz besonders rein sein. Selbst das eher als Explosivstoff bekannte Nitroglycerin verliert durch die Synthese im Mikrore-

## TAUSENDE KANÄLE

■ Mikrostrukturapparate bestehen aus dünnen Plättchen, die schicht- und kreuzweise übereinander gestapelt und in einem abgedichteten Gehäuse mit Anschlüssen für die Reaktionspartner und das Kühlmittel verschweißt werden. So entsteht ein Bauteil, das von Tausenden von Kanälen durchzogen ist

■ Durch ein Schichtpaket schiebt man die Chemikalien, durch das andere das Kühlmittel. Die Plättchen können aus Metall, Silizium, Kunststoff, Glas oder Keramik gefertigt werden. Mit Laserstrahlen oder durch Ätz- und Fräsvorgänge lassen sich Mikrokanäle in die Plättchen einschneiden. Mit Mikroreaktoren können im Labor ausgearbeitete Synthesen zeitsparend in den Industriemaßstab übertragen werden. R.K.

aktor viel von seinem Schrecken. „Mikroreaktoren punkten mit höheren Ausbeuten und Wirtschaftlichkeit, besserer Produktqualität, höherer Sicherheit und geringeren Risiken für die Umwelt“, sagt Löwe.

Mikroreaktoren für die Industrie besitzen nicht immer Aktenkofferformat. So steht bei der Firma Degussa am Standort Hanau-Wolfgang ein Reaktor, der vier Meter hoch ist. Damit erproben Degussa und der Anlagenbauer Uhe ein besseres Syntheseverfahren für ein Zwischenprodukt, aus dem Kunststoffe, Kosmetika und Schmierstoffe gewonnen werden.

Bevor der Reaktorkoloss in Betrieb gehen konnte, haben die Chemiker Elias Klemm von der Technischen Universität Chemnitz und Ferdi Schüth vom Max-Planck-Institut für Kohlenforschung in Mülheim an der Ruhr mit ihren Kollegen den Produktionsprozess im Labor eingehend untersucht. Dafür verwendeten sie einen Modellreaktor von nur 16 Zentimeter Länge, der einem Ausschnitt aus seinem großen Gegenstück entsprach.

Nachdem sich das neue Syntheseverfahren im Laborreaktor bewährt hat, setzen die Industriepartner mit dem großen Reaktor nun auch bei anderen Synthesen auf diese Technik. „Mikroreaktoren spielen für uns eine wichtige Rolle, um neue und bessere Prozesse zu verwirklichen“, sagt Henrik Hahn vom Projektteam *Process Intensification* der Firma Degussa.

Der Einsatz von mikrostrukturierten Anlagen erlaubt somit eine nachhaltigere Chemieproduktion, bei der Rohstoffe und Energie effizienter genutzt werden. Geht einmal etwas schief und werden Gefahrstoffe aus einem Mikroreaktor freigesetzt, so sind die Umweltauswirkungen dank des geringen Inhalts solcher Anlagen beherrschbarer, als bei den großen Stoffmengen in einem Reaktionskessel.

Sobald Mikrostrukturapparate eine vorteilhaftere und wirtschaftlichere Produktion erlauben, werden sie sich gegenüber den herkömmlichen Kesseln durchsetzen. Besonders die Pharmaindustrie und die Fein- und Spezialchemie können davon profitieren.