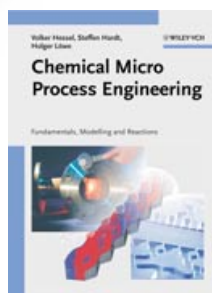




Chemical Micro Process Engineering



Fundamentals, Modelling and Reactions. Von Volker Hessel, Steffen Hardt und Holger Löwe. Wiley-VCH, Weinheim. 674 S., geb., 189.00 €.— ISBN 3-527-30741-9

Wahrscheinlich wird jeder, der auf dem Gebiet der chemischen Mikroreaktionstechnik zuhause ist, dieses Buch zunächst für die zweite Ausgabe des 2000 herausgegebenen Werks *Microreactors* halten. Obwohl zwei der drei Autoren auch an jenem 2000 erschienenen Buch beteiligt waren, ist *Chemical Micro Process Engineering* aber ein vollkommen eigenständiges Werk. Auf fast 700 Seiten bietet es eine ausführliche und aktuelle Übersicht über die in der Chemie angewendeten Mikroapparaturen. Der Titel ist allerdings etwas rätselhaft und verleitet zu einem Vergleich mit Lehrbüchern der allgemeinen chemischen Verfahrenstechnik. Schon hieraus lassen sich etliche Fragen ableiten: Inwieweit unterscheiden sich Massen- und Wärmetransport, Fluidodynamik und andere Elementarprozesse in der allgemeinen chemischen Verfahrenstechnik und in der chemischen Mikrotechnologie? Wie werden Probleme der Maßstabsvergrößerung („Scale-up“) erörtert? Wie klein mussten Kanäle oder andere Teile eines Reaktors sein, um in das Buch Aufnahme zu finden? Welche Design-Prinzipien gelten bei dieser neuen Technologie?

Der Stoff ist in nur fünf Kapitel eingeteilt, wobei jedes Kapitel (mit Ausnahme des letzten, 80-seitigen) ca. 130 Seiten umfasst. Das Buch hätte auch als zweibändiges Werk erscheinen können: Band 1 mit den Kapiteln 1 und 2 über die Grundlagen und Band 2 mit den übrigen, anwendungsorientierten Kapiteln. Mikrofertigungstechniken werden nicht behandelt, da diese bereits in dem 2000 veröffentlichten Buch *Microreactors* berücksichtigt wurden.

Kapitel 1 enthält einen bunten Themenmix rund um die chemische Mikrotechnologie. Hier findet sich alles, beginnend von Ausführungen über die Prozessintensivierung bis hin zu gesellschaftlichen Auswirkungen, ökologischen Aspekten und sozialer Akzeptanz. Behandelt werden der Einfluss auf die chemische Verfahrenstechnik, Mikroanalytik, Mischungsprozesse, Maßstabsvergrößerungen und grüne Chemie. Der Leser erhält einen umfassenden Überblick über laufende weltweite Forschungsprogramme zur chemischen Mikrotechnologie und sogar eine Zusammenstellung nichtwissenschaftlicher Literatur zum Thema. Zu bemängeln wäre, dass nur Anwendungen von Mikroreaktoren beschrieben werden und andere Mikroapparaturen, z.B. solche zur Trennung, außen vor bleiben. Die Erörterung grundlegender Prinzipien ist mit acht Seiten sehr knapp ausgefallen, zudem werden nur Flüssig-fest-Reaktoren basierend auf einer einzigen Literaturstelle behandelt. Mit dem Zusammentragen der vielfältigen Informationen in diesem Kapitel haben die Autoren allerdings eine enorme Leistung vollbracht.

Kapitel 2 beschäftigt sich mit dem Design von Mikroapparaturen, speziell von Reaktoren und Mischern. Einen großen Raum nimmt die Einführung in Designtechniken wie CFD („computational fluid dynamic“) ein. Die Ausführungen sind nicht speziell auf Mikroapparaturen zugeschnitten und eignen sich insbesondere für Neulinge im Mikroreaktordesign. Nur eine Seite ist dem Massen- und Wärmetransport bei katalytischen Reaktionen in porösen Materialien gewidmet, was angesichts der zahlreichen Anwendungen fester Katalysatoren in Mikroreaktoren etwas wenig ist. Wichtige Phänomene in der Mikrofluidik wie Benetzung, Nanoströ-

mungen und Oberflächenrauigkeit werden aber angesprochen.

Eine Übersicht über katalytische Gas-Feststoff-Reaktionen und zugehörige Reaktoren folgt im 3. Kapitel. Auf diesem Gebiet sind Mikroreaktoren wegen ihrer Massen- und Wärmetransporteigenschaften und wegen der gut steuerbaren Verweilzeiten stark vertreten. In der ersten Hälfte des Kapitels wird der gezielte Aufbau von Mikroapparaturen mit gewünschten Fließmustern, Druckbedingungen, Massen- und Wärmeaustauscheigenschaften usw. anhand von Fotos und Schemata erläutert. Im zweiten Teil finden sich praktische Anwendungen für Umsetzungen wie Oxidationen, Hydrierungen, Dehydrierungen, Eliminierungen, Additionen und oxidative Kupplungen. Die Vorzüge einer Reaktionsführung im Mikroreaktor werden jeweils erörtert, und es werden typische Ergebnisse präsentiert.

Der gleichen Einteilung (Reaktoren, dann Reaktionen) folgt auch das 4. Kapitel zu Flüssig-flüssig-Reaktionen. Sinnvoll ist die Einbeziehung sehr einfacher „Mikroreaktoren“ wie Kapillarsäulen, die ohne technisch anspruchsvolle Reaktortechnik Mikrometerabmessungen bereitstellen. Weiterhin vorgestellt werden komplexere Mikroreaktoren für die Elektroosmose, für photo- und elektrochemische Reaktionen sowie mit Mikrowärmetauschern gekoppelte Reaktoren. Wer sich mit organischen Synthesen beschäftigt, kommt in diesem Kapitel besonders auf seine Kosten. Zu den behandelten Beispielen gehören nucleophile und elektrophile Substitutionen an aliphatischen und aromatischen Verbindungen, katalytische Prozesse wie Suzuki- und Sonogashira-Kupplungen, Substitutionen mit freien Radikalen, Epoxidierungen, Cycloadditionen, Eliminierungen, Umlagerungen sowie katalytische, elektro- und photochemische Oxidationen. Auch einige anorganische Reaktionen werden besprochen. Erfreulich ist, dass über industrielle Anwendungen von Mikroreaktoren, etwa bei Nitrierungen, der Herstellung von Azopigmenten und Polyacrylaten oder Grignard-Additionen von Carbo-nylverbindungen, berichtet wird.

Im letzten Kapitel stehen Gas-flüssig-Reaktionen im Mittelpunkt. Aufgrund der Kapillarkräfte ist es sehr

schwierig, den für einen effizienten Massentransport notwendigen Kontakt zwischen einem Gas und einer Flüssigkeit im Mikrometerbereich zu gewährleisten. Ein weiteres Problem in diesem Zusammenhang ist die Steuerung der Materialströme. Lösungsansätze umfassen den Einsatz von Filmkontaktern, Tropfkörperreaktoren und die Herstellung disperser Mischungen. Wie in den vorangehenden Kapiteln werden zunächst die Reaktoren und anschließend Anwendungen wie Fluorierungen von aliphatischen und aromatischen Verbindungen, Hydrierungen von Nitrogruppen und C-C-Doppelbindungen, Oxidationen von Alkoholen usw. beschrieben.

Wer sich für chemische Mikrotechnologie interessiert, sollte dieses Buch lesen. Es ist für Chemiker, die neue Reaktionsbedingungen ausprobieren möchten, ebenso interessant wie für Chemieingenieure, die etablierte Prozesse verbessern wollen. Es werden allerdings keine grundlegenden Prinzipien erläutert, aus denen sich allgemeine Regeln für das Design von Mikroreaktoren ableiten ließen. Trotz vieler Bemühungen in der Forschung fehlen dazu noch detailliertere Kenntnisse in der Mikroreaktionstechnik. Die kritische Beurteilung der derzeit bekannten Mikroprozesse, die ausführliche Analyse von Literaturdaten und die zahlreichen Literaturverweise machen *Chemical Micro Process Engineering* zu einem regelrechten Handbuch der chemischen Mikrotechnologie, das Wissenschaftlern aller Colour als wertvolle Informationsquelle dienen kann.

Claude de Bellefon
Laboratory de Génie des Procédés
Catalytiques
CNRS ESCPE Lyon
Villeurbanne (Frankreich)

DOI: 10.1002/ange.200485187

Biocatalysis



Von Andreas S. Bommarius und Bettina R. Riebel.
Wiley-VCH, Weinheim 2004. 611 S., geb., 129.00 €.— ISBN 3-527-30344-8

Enzyme werden seit mehr als einem Jahrhundert in der Biokatalyse eingesetzt. Speziell in den vergangenen Jahrzehnten war ein beeindruckender Schub zu verzeichnen, vor allem aufgrund von Fortschritten in der Enzymfindung, der Molekularbiologie und beim Proteindesign. Biokatalysatoren finden auf unterschiedlichsten Gebieten Verwendung, z.B. bei der Produktion von Detergentien für Waschmittel, der Papier- und Zellstoffverarbeitung, der Nahrungsmittelproduktion und in der organischen Synthese, insbesondere von optisch reinen Verbindungen.

Ein effizienter Einsatz von Biokatalysatoren setzt Kenntnisse hinsichtlich Verfügbarkeit, katalytischer Funktion, Herstellung und Prozess-Design voraus. Dies wiederum erfordert ein einschlägiges Basiswissen auf solch unterschiedlichen Gebieten wie Mikrobiologie, Molekularbiologie, Fermentationstechnologie, Computer-Modeling, Analytik, Organische Chemie und Reaktionstechnik. Gewöhnlich findet man nur Lehrbücher, die eines oder einige wenige dieser Gebiete in ausreichender Tiefe behandeln, während die restlichen Themen kaum berührt werden.

Bommarius und Riebel präsentieren mit *Biocatalysis* nun ein Werk, das alle wichtigen Aspekte der Biokatalyse abdeckt. Die größte Herausforderung bestand sicher darin, aus dem umfangreichen Datenbestand die wesentlichen Fakten herauszufiltern – mit ausgezeichnetem Ergebnis. Das Buch hat mehr als 600 Seiten Umfang und ist in drei Hauptteile mit insgesamt 20 Kapiteln untergliedert. Mehrere Kapitel befassen sich mit grundlegenden Methoden (Einführung; Charakterisierung, Isolierung und Präparation von Enzymen; Methoden der Molekularbiologie; enzymati-

sche Reaktionstechnik). Ebenfalls behandelt werden nichtkonventionelle Medien sowie anspruchsvollere Methoden zur Enzymgewinnung, Proteinkarakterisierung und zum Protein-Engineering (einschließlich rationalem Proteindesign und gerichteter Evolution).

Einige Kapitel befassen sich mit Methoden, die selbst Studenten im Grundstudium bereits bekannt sein sollten. Bedenkt man die Interdisziplinarität des Themas (und den Umstand, dass wohl nicht jeder Chemiker oder Ingenieur mit molekularbiologischen Methoden vertraut ist und umgekehrt nicht jeder Biologe mit der chemischen Synthese), erscheint diese umfangreiche Diskussion als sinnvoll. Mehrere Kapitel behandeln die Anwendung von Enzymen, sowohl als Additive (Detergentien, Textilien, Zellstoff und Papier, Tierfutter) wie auch als echte Katalysatoren bei der Herstellung von Grund-, Fein- und Massenchemikalien. Erfreulicherweise beschränkt sich der Inhalt nicht auf Einenzym-Systeme (in diesem Fall spricht man von „Biokatalyse“ in Abgrenzung zur „Biotransformation“, bei der ganze Zellen als Systeme an der Produktion beteiligt sind – und oft mehr als ein Enzym), vielmehr werden auch mehrere Beispiele für die Verwendung von gentechnisch veränderten Zellen von *E. coli* vorgestellt (z.B. für die Herstellung von 1,3-Propanediol und Indigo). Ebenso werden auch relativ neue Trends wie die Systembiologie und der Einsatz der Bioinformatik für Entdeckung, Evolution und Design von Biokatalysatoren angesprochen. Angesichts des chemieindustriellen Hintergrundes eines der Autoren (A. Bommarius war über zehn Jahre bei der Degussa AG) ist es nicht überraschend, dass das Buch einen kritischen Vergleich von biokatalytischen mit chemischen Methoden enthält. Der Entwurf biokatalytischer Prozesse wird an einer Reihe von Beispielen dargestellt, z.B. anhand der Herstellung von Glucose-Fructose-Sirup oder der Synthese enantiomerenreiner L-Aminosäuren und chiraler Alkohole.

Positiv fällt weiterhin auf, dass jedem Kapitel eine Zusammenfassung vorangestellt ist und viele aktuelle Beispiele biokatalytischer Verfahren mit dazugehörigen Hintergrundinformationen vorgestellt werden. Eher enttäu-