

## Unbeweglich und doch hochaktiv

**Chiral Catalyst Immobilization and Recycling.** Herausgegeben von *Dirk E. De Vos, Ivo F. J. Vankelecom* und *Pierre A. Jacobs*. Wiley-VCH, Weinheim 2000. XX + 320 S., geb. 248.00 DM (ca. 126 €).—ISBN 3-527-29952-1

Nach Ojimas Buch *Catalytic Asymmetric Synthesis*, das 1993 in der 1. und kürzlich in der 2. Auflage erschien, ist es für Neuerscheinungen sehr schwer, neue Maßstäbe auf diesem Gebiet zu setzen. In Ojimas Werk wird in erster Linie die stereokontrollierte Katalyse in Lösung behandelt und nur wenig über immobilisierte chirale Katalysatoren berichtet. Gerade dieses sich rasant entwickelnde Gebiet bildet den Schwerpunkt in dem von De Vos, Vankelecom und Jacobs herausgegebenen Buch *Chiral Catalyst Immobilization and Recycling*, in dem anerkannte Experten aus Industrie und Hochschule ausgewogen, umfassend und ansprechend über diesen Themenbereich berichten.

Von den zwölf Kapiteln des Buches beschäftigen sich vier mit allgemeinen Themen wie theoretischen Konzepten, Trägermaterialien und Trennungstechniken für immobilisierte chirale Katalysatoren. Den Hauptteil des Buchs bilden Beiträge über immobilisierte Enzyme, verschiedene Aspekte der enantioselektiven Hydrierung, die heterogenkatalytische Dihydroxylierung und Epoxidierung, die C-C-Bindungsknüpfung und die diastereoselektive Katalyse.

Das erste, von Industriechemikern verfasste Kapitel stellt die Herausforderungen dar, denen sich ein Forscher, sei es in der Industrie oder an der Hochschule, auf diesem Gebiet gegenüber sieht. Zahlreiche neue Entwicklungen werden vorgestellt, wobei allerdings Trennungstechniken für lösliche Trägermaterialien, kombinatorische Verfahren und katalytisch aktive molekulargeprägte Polymersysteme (MIPs) leider nur kurz erwähnt werden. Für den Leser ohne Industrieerfahrung erscheinen die Forderungen der Industrie bezüglich „Turnover“-Frequenzen (TOFs;  $> 500 \text{ h}^{-1}$ ) und „Turnover“-Zahlen (TONs;  $> 1000$ ) außerordentlich hoch. Aber an diesen Werten sollten neue immobilisierte chirale Katalysatoren wirklich gemessen werden. In der Tabelle 3 werden die Aktivitäten einiger gebräuchlicher immobilisierter Katalysatoren verglichen. Laut dieser Tabelle ergeben verschiedene, an einen löslichen, nicht quervernetzten Polymerträger gebundene Diphosphan-Rhodiumkomplexe bei der katalytischen Hydrierung von C-C-Doppelbindungen zehn Mal höhere TOF-Werte als vergleichbare heterogene Systeme mit quervernetzten Polymerträgern. Trotzdem lehnen die Autoren lösliche Polymerträger aufgrund fehlender Trennungsvorverfahren ab. Die fortgeschrittene Membranfiltrationstechnik wird als aufwändig und kostspielig eingestuft. Diese Meinung ist längst überholt! Die Membrantechnologie in der Katalyse hat sich so rapide weiterentwickelt, dass mittlerweile auch dem Forscher an der Hochschule kommerziell erhältliche Systeme zur Verfügung stehen. Sogar in industriellen Prozessen wird die Membranfiltration als Trenntechnik angewandt. Beispielsweise werden bei der BASF AG mit Hilfe dieser Technik polymerstabilisierte Rhodiumkatalysatoren in einem Hydroformylierungsprozess im Dauerbetrieb von Verunreinigungen abgetrennt (Patent DE 19801437).

In den folgenden Kapiteln werden verschiedene Verfahren zur Immobilisierung und Phasentrennung chiraler Katalysatoren beschrieben. Der Abschnitt über die Immobilisierung an anorganischen Trägern enthält eine sehr nützliche Tabelle mit allen anorganischen Trägermaterialien, die bisher in enantioselektiven Katalyseprozessen verwendet worden sind. Die Fülle von wertvollen Informationen in dieser Tabelle ist überwältigend; leider ist sie die einzige dieser Art im gesamten Buch. Mit der Frage des Katalysator-Recyclings setzen sich die Autoren kritisch auseinander, beispielsweise gibt es immer noch Gruppen, die trägergebundene Katalysatoren nicht wieder verwenden. Sehr hilfreich ist auch die Angabe von Verfahren, die für die Immobilisierung ungeeignet sind; sie erspart dem Praktiker auf diesem Gebiet Zeit und Arbeit. In einem weiteren Kapitel erfährt der Leser, dass quervernetzte (unlösliche) und nicht quervernetzte (lösliche) organische Polymere als „Träger“ bei der Wiedergewinnung von Katalysatoren eingesetzt werden können. Das Kapitel zeigt auch die rasante Entwicklung bei polymer-gebundenen enantioselektiven Katalysatoren auf.

Ein ganzes Kapitel der Immobilisierung von Enzymen zu widmen, mag auf den ersten Blick überraschen, aber die Fortschritte auf diesem Gebiet waren in den letzten zehn Jahren gewaltig. Hier werden hauptsächlich Technologien beschrieben, die industriell genutzt werden können. Auf die aktuellen Entwicklungen in der Grundlagenforschung wird dagegen kaum eingegangen. Die Kostenreduzierung aufgrund des Einsatzes gentechnischer Verfahren und einer effizienten Wiederverwertung der Enzyme macht diese Technik für die industrielle Produktion von Feinchemikalien interessant. Viele immobilisierte Enzyme werden mittlerweile im Handel angeboten. Neben Angaben zur Stabilität dieser Systeme in unterschiedlichen Reaktions-

Diese Rubrik enthält Buchbesprechungen und Hinweise auf neue Bücher. Buchbesprechungen werden auf Einladung der Redaktion geschrieben. Vorschläge für zu besprechende Bücher und für Rezensenten sind willkommen. Verlage sollten Buchankündigungen oder (besser) Bücher an die Redaktion Angewandte Chemie, Postfach 101161, D-69451 Weinheim, Bundesrepublik Deutschland senden. Die Redaktion behält sich bei der Besprechung von Büchern, die unverlangt zur Rezension eingehen, eine Auswahl vor. Nicht rezensierte Bücher werden nicht zurückgesandt.

medien findet der Leser in diesem Kapitel ausführliche Informationen über verschiedene Trägersysteme und Trennungstechniken für immobilisierte Enzyme.

Außer den bereits erwähnten Kritikpunkten sind keine nennenswerten Mängel aufgefallen. Die katalytische Dihydroxylierung und Epoxidierung werden zwar zweimal, in Kapitel 3 und 10, besprochen, aber weitere Wiederholungen kommen nicht vor. In manchen Teilen des Buches sehen die Zeichnungen etwas altmodisch aus, aber die Aussage ist immer klar verständlich.

Chemiker in der Industrie und an der Hochschule werden die kritische Vorstellung und Bewertung immobilisierter chiraler Katalysatoren in diesem Buch zu schätzen wissen. Es sollte in keiner chemischen Bibliothek fehlen. Jedem auf dem Gebiet der stereoselektiven Katalyse tätigen Wissenschaftler ist die Lektüre dieses Buchs zu empfehlen.

Rainer Haag

Materialforschungszentrum/  
Institut für Makromolekulare Chemie  
der Universität Freiburg

**Biom mineralization.** From Biology to Biotechnology and Medical Application. Herausgegeben von *Edmund Baeuerlein*. Wiley-VCH, Weinheim 2000. XXII + 294 S., geb. 268.00 DM (ca. 137 €).—ISBN 3-527-29987-4

Als Biomineralisation bezeichnet man die Bildung und Nutzung anorganischer Festkörper (Mineralien) durch Lebewesen. Oft ist uns nicht bewusst, in welchem Umfang solche Prozesse unsere Umgebung bestimmen: Calciumphosphate halten unseren Körper aufrecht (Knochen) und dienen uns als „Werkzeuge“ für die Nahrungsaufnahme (Zähne), biologisch gebildete Calciumcarbonate formen Gebirge (aus Kalkalgen und Muschelschalen) und sorgen für unser „Gleichgewicht“ (durch winzige Kalkkristalle im Gleichgewichtsorgan im Ohr). Von über 60 verschiedenen anorganischen Festkörpern ist bekannt, dass sie in biologischen Systemen vorkommen. Faszinierend ist insbesondere die Ästhetik der Biomineralien: Die

Strukturen fein ziselierter Algenskelette (z. B. Radiolarien, Coccolithen, Foraminiferen, Diatomeen), gewundener Schneckenhäuser und glänzenden Perlmutter in Muscheln sind durch chemische Synthesen bislang nicht zugänglich.

Das vorliegende Buch hat einen breit angelegten Titel, der eine umfassende Behandlung des Themas erwarten lässt. Leider wird diese Erwartung nicht ganz erfüllt. Etwa die Hälfte des Buches beschäftigt sich mit Eisenoxid-Mineralien, im restlichen Teil werden Kieselsäure und Calciumcarbonat in etwa gleichem Umfang abgehandelt. Calciumphosphate werden nicht behandelt. Da aber gerade diese Mineralien für die biomedizinische Anwendung der Biomineralisation von Interesse sind (Knochenheilung, Zahnersatz), ist der Titelzusatz „Medical Application“ kaum gerechtfertigt. Lediglich auf der Rückseite des Buches wird erwähnt, dass es sich ausschließlich mit der Biomineralisation in Einzellern beschäftigt und die Mineralisation in höheren Lebewesen nicht berücksichtigt.

Ist dies ein Manko? Ich glaube nicht. Es ist wohl nicht möglich, ein so umfassendes Gebiet vollständig, unter Einschluss aller bekannter Biomineralien, auf knapp 300 Seiten zu behandeln. Dieses Buch ist kein Nachschlagewerk, sondern eine Zusammenstellung von Beiträgen, die im Kern auf Vorträge zurückgehen, die 1996 auf einer Konferenz in Kalifornien gehalten wurden. Obwohl die Konferenz 1996 stattfand, endet das Literaturverzeichnis erfreulicherweise nicht in diesem Jahr. Es finden sich auch neuere Zitate, d. h. der aktuelle Stand der Forschung wird dargestellt.

In 17 Kapiteln werden Aspekte der Biomineralisation behandelt. Nach einer kurzen Einführung in die Thematik befassen sich die Kapitel 2 bis 9 im Wesentlichen mit Eisenoxidpartikeln in magnetotaktischen Bakterien. Diese in Gewässern weit verbreiteten Organismen bilden Ketten von ca. 100 nm kleinen Einkristallen (Magnetosomen), die zur Orientierung im Erdmagnetfeld benutzt werden. Der Zweck ist vermutlich die Kontrolle der Tiefe im Wasser, um in der Zone mit optimalem Sauerstoffgehalt zu bleiben. Kristallographische, mikrobiologische und genetische Aspekte der Eisenmineralbildung in magnetotaktischen Bakterien werden aus unter-

schiedlichen Blickwinkeln detailliert beleuchtet. Auch die mögliche Anwendung von Magnetosomen als Transfermedien für die Gentherapie wird erörtert (insoweit ist der Titelzusatz „Medical Application“ teilweise berechtigt).

Da die einzelnen Kapitel nur wenig aufeinander aufbauen, gibt es einige Wiederholungen. So findet man auf den ersten 140 Seiten eine Vielzahl von elektronenmikroskopischen Aufnahmen von aufgereihten bakteriellen Magnetosomen. Das zehnte Kapitel, „A Grand Unified Theory of Biomineralization“, fasst die Befunde zu Eisenmineralien auf etwas spekulative Weise zusammen. Es gibt Hinweise, dass Magnetosome schon seit 2 Milliarden Jahren von terrestrischen Organismen eingesetzt werden. Spekuliert wird auch, dass 4 Milliarden Jahre alte Einschlüsse in einem Mars-Meteoriten ebenfalls biologischen Ursprungs sind. Interessanterweise findet man solche Kristalle auch in höheren Lebewesen, z. B. im Gewebe von Lachsen und in menschlichem Gehirn. Vielleicht war das Eisenoxid in der Evolution wichtiger, als man heute annimmt.

Die Kapitel 11 bis 14 beschäftigen sich mit Kieselalgen, insbesondere mit Diatomeen. Der Schwerpunkt liegt auf der Beschreibung des Transports und der Abscheidung der Kieselsäure durch die biologischen Systeme. Die Kapitel 15 bis 17 sind dem Calciumcarbonat gewidmet: Modellsysteme für Perlmutter in Muscheln und die Mineralisation in Kalkalgen (Coccolithophoriden) werden vorgestellt.

Das Gebiet der Biomineralisation liegt naturgemäß zwischen der Mineralogie (mit Kristallographie und Festkörperchemie) und der Biologie (mit Genetik und Biomedizin). Der Schwerpunkt der Themen liegt mehr auf der biologischen als auf der anorganischen Seite. Die Autoren haben sich aber bemüht, den Stoff in verständlicher Weise zu präsentieren, sodass auch dem Nicht-Biochemiker der Zugang möglich ist. Die Kapitel sind übersichtlich, gut bebildert (z. T. sogar in Farbe) und in gutem Stil geschrieben. Die Aufmachung des Buches ist großzügig.

Wer sich über die drei aufgezählten Biomineralien ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ) informieren möchte, findet mit diesem Buch einen guten Einstieg. Für denjenigen, der sich mit Eisenoxid-Bio-