



Bridging Heterogeneous and Homogeneous Catalysis

Seit 1974, als sich Experten der heterogenen Katalyse, homogenen Katalyse und Enzymkatalyse in Brüssel zu einem Symposium zusammenfanden, um über Überschneidungen in ihren Forschungsgebieten zu diskutieren, wurde regelmäßig versucht, Brücken zwischen diesen Forschungsgebieten zu schlagen. Wenn dies gelänge, könnte das Phänomen Katalyse besser verstanden und neue, wirksamere Katalysatoren könnten entwickelt werden, mit deren Hilfe viele industrielle, gesellschaftliche, wirtschaftliche und andere Probleme gelöst werden könnten. Beispielsweise könnte die Umweltverträglichkeit von Produktionsprozessen verbessert werden, verstärkt erneuerbares Ausgangsmaterial verwendet werden und neue Methoden der Energieerzeugung und Sonnenenergienutzung entwickelt werden. Man sollte bedenken, dass die Sonne in einer Stunde ebenso viel Energie auf die Erde strahlt, wie derzeit in einem Jahr weltweit durch die Nutzung fossiler Brennstoffe verbraucht wird. Es wird geschätzt, dass 2050 der globale Energiebedarf nur mit mindestens 10000 Reaktoren abgedeckt werden könnte, wenn die Atomspaltung als alleinige Energiequelle diese Nachfrage erfüllen müsste.

Internationale Symposien über Beziehungen zwischen homogener und heterogener Katalyse (ISHHC) haben nahezu alle 2–3 Jahre stattgefunden, z.B. in Lyon, Groningen, Novosibirsk, Evanston, Stockholm, Berlin und erst kürzlich, 2013, in Sapporo. Die regelmäßig veröffentlichten Konferenzberichte waren und sind nützliche Informationsquellen für Neulinge und Experten auf diesen Gebieten. Wie der letzte Bericht der 16. ISHHC-Konferenz, publiziert in *Topics in Catal.*, **2014**, 57, 811–1111, zeigt, sind diese Publikationen qualitativ sehr unterschiedlich. Während einige Autoren sich wirklich dem Thema Brückenbildung zwischen heterogener und homogener Katalyse widmen, nutzen andere die Gelegenheit, um „ihr Steckenpferd zu reiten“, und tragen wenig zum Thema bei. Außerdem fehlt in solchen Publikationen oft der Zusammenhang zwischen den Beiträgen, d.h. der rote Faden.

Das vorliegende Buch lässt deshalb hoffen und erweckt die Erwartung, dass über wirkliche Fortschritte in besagtem Thema berichtet wird. Obwohl bei 30 chinesischen, 4 japanischen, 2 koreanischen, 4 holländischen und 2 US-amerikanischen Autoren eine asiatische Dominanz erkennbar ist, wird das Thema eindeutig in einem globalen Zusammenhang diskutiert.

Erfreulicherweise werden in 15 Kapiteln nützliche Untersuchungen über Beziehungen zwischen

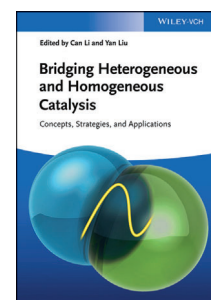
heterogenen und homogenen Katalysatoren und Enzymen beschrieben. Ein weiteres Kapitel ist ausschließlich und eingehend der Kinetik der Fischer-Tropsch-Synthese gewidmet. Einige der Beiträge, besonders die beiden von Haruta und Huang sowie Can Li und Yang, sind sehr eindrucksvoll.

Haruta und Hang haben in der Katalyse von Goldclustern und Goldnanopartikeln einen wichtigen Unterschied entdeckt. Sie stellten fest, dass sich aus 3–20 Atomen bestehende Goldcluster hinsichtlich elektronischer und anderer Eigenschaften deutlich von Goldnanopartikeln mit 2–10 nm Durchmesser unterscheiden.

Auch Can Li und Yang beschreiben in ihrem Beitrag über auf porösen Materialien basierende Nanoreaktoren anschauliche Beispiele der Brückenbildung zwischen heterogener und homogener Katalyse. Allerdings hätte das Potential der nanoporösen Feststoffe und Metall-organischen Gerüstverbindungen (MOFs) etwas ausführlicher erörtert werden können. Beispielsweise wird die vielversprechende künftige Verwendung von MOFs in der Photokatalyse nicht erwähnt. Auch über die grundlegenden Untersuchungen von in MOFs eingebetteten molekularen Redoxkatalysatoren, die dazu dienen, den Einfluss der dritten und vierten Koordinationssphären auf die katalytischen Eigenschaften zu ermitteln, erfährt der Leser nichts. Diese Effekte sind besonders in der Enzymkatalyse sehr wichtig. In der homogenen und heterogenen Katalyse konnte dieses komplexe Problem bisher nicht erforscht werden.

Mit einem einfachen Zahlenbeispiel hätte in dem ausgezeichneten Kapitel von Can Li und Yang gezeigt werden können, dass nanoporöse Feststoffe, deren Oberfläche mehrere hundert bis über tausend Quadratmeter pro Gramm betragen kann, als heterogene Wirte für einzelne „homogene“, d.h. identische, katalytisch aktive Zentren dienen können. Wenn diese eine Fläche bis ca. 100 nm² einnehmen, erhielte man einen heterogen-homogenen Mischkatalysator mit etwa 10¹⁷ aktiven Zentren pro Gramm. Ein aussagekräftigeres Beispiel für einen potenziellen Nutzen der Vereinigung von Heterogen- und Homogenkatalysatoren ist einfacher nicht zu finden. Solche Systeme werden schon in vielen organischen Synthesen verwendet. Einige davon stellen Motokura, Baba und Iwasaka im instruktiven einführenden Kapitel „Acid–base cooperative catalysis for organic reactions by designed solid surface with organofunctional groups“ vor.

Weitere bemerkenswerte Kapitel sind der Beitrag „Catalytic reactions in or by room-temperature ionic liquids“ von Deng et al., die anschaulich über die nützliche Verwendung von ionischen Flüssigkeiten auf Trägern berichten, das Kapitel über Emulsionskatalysatoren von Yan Liu et al. und das von Li und Ma verfasste Kapitel über die



Bridging Heterogeneous and Homogeneous Catalysis
Concepts, Strategies, and Applications. Herausgegeben von Can Li und Yan Liu.
Wiley-VCH, Weinheim, 2014.
656 S., geb., 159.00 €, —
ISBN 978-3527335831

asymmetrische Phasentransferkatalyse in der organischen Synthese. Der Beitrag von Park und Jeong über die heterogene Katalyse mit organisch-anorganischen Hybridmaterialien ist zwar informativ, aber unvollständig. In den beiden der Katalyse in Wasser gewidmeten Kapiteln wird Michel Ches maßgebliche Arbeit (siehe *Turning Points in Solid-State, Materials and Surface Science*, (Hrsg.: K. D. M. Harris und P. P. Edwards), RSC, **2007**, S. 588) leider nicht erwähnt. In Abbildung 9.12 wird die elegante Arbeit von Freund et al. aus dem Jahr 2010 über die CO-Adsorption an trägergebundene Goldnanopartikel dargestellt. Bedauerlicherweise wird versäumt, diese Abbildung in Verbindung mit Abbildung 11.9 zu erörtern. Jene Abbildung zeigt ausgezeichnet, dass nicht alle Goldatome der gesamten Oberfläche, sondern nur die Goldatome an der peripheren Grenzfläche für die

katalytischen Eigenschaften dieser Nanopartikel verantwortlich sind.

Diese empfehlenswerte Lektüre bietet wertvolle, aktuelle Beschreibungen der meisten derzeit bekannten, heterogene und homogene Katalyse verknüpfenden Anwendungen. Abschließend möchte ich den Organisatoren künftiger ISHHC-Konferenzen oder den Verfassern solch ausgezeichneten Berichte wie des vorliegenden noch vorschlagen, die neuen, bemerkenswerten Fortschritte hinsichtlich der Mimese von Enzymen durch kleine Moleküle wie L-Prolin auf dem Gebiet der Organokatalyse zu berücksichtigen.

John Meurig Thomas

Department of Materials Science and Metallurgy
University of Cambridge (Großbritannien)

DOI: 10.1002/ange.201408712