

lysatoren. Dies war eine wichtige Entdeckung, denn dadurch kann Wasserstoff, der in Brennstoffzellen verwendet wird, von CO befreit werden. Die CO-Oxidation bei tiefen Temperaturen wird seitdem auch als Testreaktion für die Beurteilung von neuen Goldkatalysatoren genutzt. Genaue Untersuchungen dieser Reaktion haben auch dazu beigetragen, weitere Informationen über den Einfluss der Partikelform auf die katalytische Aktivität, die Art der Aktivierung von CO und O<sub>2</sub> und elektro- nische Wechselwirkungen zwischen Nanopartikeln und Trägermaterial zu erhalten, wie in den Kapiteln 6 und 7 sehr detailliert, systematisch und klar ausgeführt wird. Zuvor wird in Kapitel 5 auf die Chemisorption von Reaktanten wie O<sub>2</sub> und CO näher eingegangen. Für jeden, der sich für die selektive Oxidation von CO mit Goldkatalysatoren interessiert, sind die Kapitel 5–7 eine unschätzbar Informationsquelle. Die Autoren haben nicht nur die einschlägige Literatur methodisch bearbeitet und zusammengefasst, sondern vertreten auch eigene maßgebliche Ansichten und Theorien. Das Resultat ist eine außergewöhnliche Übersicht über den Einfluss der Herstellungsmethoden, des Trägermaterials und der Metall-Träger- Wechselwirkungen auf die Größe, Form und Oxidationszahl der Goldpartikel und damit auf deren katalytische Aktivität in der CO-Oxidation sowie auf die Selektivität der Katalyse in Gegenwart von Wasserstoff. Aus spektroskopischen In-situ-Untersuchungen und kinetischen Studien leiten Bond, Louis und Thompson einen detaillierten Reaktionsmechanismus ab. Abgerundet wird diese „Monographie“ der goldkatalysierten CO-Oxidation durch eine Diskussion über die schwindende katalytische Aktivität während des Prozesses.

In Kapitel 8 wird gezeigt, dass auch andere Oxidationen durch Gold katalysiert werden können. Zunächst wird die industriell sehr wichtige Epoxidierung von Propen durch Sauerstoff vorgestellt. In diesem Prozess wird zuerst H<sub>2</sub> in Gegenwart von Goldkatalysatoren zu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oxidiert, das wiederum mit Propen an Titanosilikaten zu Propenoxid reagiert. Die Aktivitäten von Gold- und Titan-Katalysatoren werden diskutiert, wobei allerdings die Synthese von H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

im Mittelpunkt steht. Oxidationen von Alkanen, Alkenen und Cycloalkanen werden nur kurz abgehandelt. Demgegenüber werden goldkatalysierte selektive Oxidationen von aus Biomasse hergestellten Produkten wie Diolen, Glycerin oder Sorbitol und die Oxidation einwertiger Alkohole über Aldehyde zu Carbonsäuren ausführlich beschrieben. Goldkatalysierte chemo- selektive Hydrierungen und Dehydrierungen von Alkinen in Gegenwart von Alkenen und Carbonylverbindungen werden ebenfalls vorgestellt.

In Kapitel 10 erörtern die Autoren den Einsatz von Gold- und binären Goldkatalysatoren in der CO-Konvertierung. Vermutlich aufgrund der schwächeren Chemisorption von CO an Gold sind diese Katalysatoren in diesem wichtigen industriellen Prozess aktiver als Cu- oder Pd-Katalysatoren. Die Einflüsse von Trägern, Synthese- und Aktivierungsmethoden werden intensiv diskutiert.

In den Kapiteln 11–13 werden umweltrelevante Reaktionen, vor allem die Entfernung von Stickoxiden, und andere wichtige organische Reaktionen, in denen u. a. C–O-, C–N- und C–C-Bindungen geknüpft werden, behandelt. In erster Linie werden Reaktionen an festen Katalysatoren beschrieben. Homogene goldkatalysierte Reaktionen, die in organischen Synthesen häufig verwendet werden, werden nur am Rande erwähnt.

Das Buch schließt mit einem sehr interessanten Kapitel über industrielle Anwendungen von Goldkatalysatoren. Der Bericht demonstriert, dass viele in der Grundlagenforschung gewonnene Erkenntnisse bereits in industrielle Prozesse eingeflossen sind.

Das Buch liefert einen umfassenden Überblick über die Goldkatalyse. Von den Grundlagen bis zu den Anwendungen wird jeder Themenbereich systematisch abgehandelt. *Catalysis by Gold* ist ein ausgezeichnetes Handbuch für Forscher, die auf diesem Gebiet tätig sind oder tätig werden wollen. Diejenigen, die sich intensiver mit den Themen beschäftigen wollen, finden zahlreiche Verweise auf aktuelle Veröffentlichungen. Die Lektüre ist jedem, der sich für Katalysen interessiert, zu empfehlen. Vor allem aber sollte dieses Buch in jeder Forschungseinrichtung, die sich

mit Katalysen beschäftigt, vorhanden sein.

Avelino Corma  
Instituto de Tecnología Química  
UPV-CSIC, Valencia (Spanien)

## Grundlagen der metallorganischen Komplexkatalyse



Von Dirk Steinborn.  
Teubner Verlag,  
Wiesbaden 2007.  
346 S., Broschur,  
39.90 €.—ISBN  
978-3-8351-0088-6

Gegenstand der vorliegenden Monographie sind die Grundlagen der metallorganischen Komplexkatalyse, praktisch also der homogenen Katalyse durch Übergangsmetallkomplexe. Dem Vorwort zufolge liegt die Zielsetzung des Studienbuches darin, dem Leser ein Verständnis für die Reaktionsabläufe metallkomplexkatalysierter Reaktionen zu vermitteln. Im Vordergrund stehen dabei „technisch wichtige Prozesse und neuere Entwicklungen mit interessanten mechanistischen Aspekten.“

Das Buch ist in 14 Kapitel gegliedert, wobei die Ausführungen stets mit einer genügenden Zahl von Beispielen veranschaulicht werden. Die Kapitel enthalten teilweise recht anspruchsvolle Aufgaben zur Überprüfung des Gelehrten; die Lösungen finden sich am Ende des Buches. „Wissenswertes aus dem Umfeld der Komplexkatalyse, das für das Verständnis wichtig ist,“ ist in Form von insgesamt 14 Exkursen über Themen wie „Zur Oxidationsstufe von Metallen in Olefin- und Alkinkomplexen“ oder „Der ‚Biss‘ von P,P-Chelatliganden“ in den Text eingefügt.

In einer Einführung gelingt es dem Autor zunächst, den historischen Weg der Katalyseforschung prägnant, sehr informativ und durch Verwendung von

Originalzitaten lebendig nachzuzeichnen. Die für ein Verständnis der homogenen Katalyse mit Übergangsmetallkomplexen notwendigen Grundlagen werden in den Kapiteln 2 und 3 vermittelt. Während einige Begriffe, z.B. Aktivität und Produktivität sowie damit verbundene Probleme ausführlich dargestellt sind, scheinen andere Themen wie etwa die Quantifizierung von Enantioselektivitäten etwas zu kurz gekommen. Sorgfältig dargestellt sind die vielfältigen Möglichkeiten der Elementarschritte eines Katalyzyklus mit jeweils typischen Beispielen.

In den Kapiteln 4–13 werden alle derzeit wichtigen Reaktionen der Homogenkatalyse abgehandelt. Im Einzelnen sind dies die Olefinhydrierung, Hydroformylierung und Fischer-Tropsch-Synthese, Carbonylierungen, Metathese, Oligomerisation und Polymerisation von Olefinen, C-C-Verknüpfungen und -Kupplungen sowie Hydrocyanierungen, -silylierungen, -aminierungen und schließlich die Oxidation von Olefinen. Sehr gelungen sind die kurzen historischen Überblicke, die jedem Kapitel vorangehen. Zwar sind die darin beschriebenen Prozesse teilweise nur aus chemiehistorischer Sicht interessant, da diesem Aspekt in der Chemikerausbildung aber kaum Aufmerksamkeit geschenkt wird, sind die Bemühungen des

Autors umso erfreulicher – oder wie schon Richard Willstätter schrieb: „Ich halte Lehre und Studium der historischen Entwicklung der Wissenschaft für unentbehrlich.“ Natürlich kommen auch moderne großtechnische Entwicklungen wie das  $\alpha$ -Sablin-Verfahren zur Herstellung von Ethenoligomeren nicht zu kurz.

Ebenfalls lesenswert sind die thematischen Ausflüge in die heterogene und Enzymkatalyse (z.B. Fischer-Tropsch-Synthese, Ziegler-Natta-Katalysatoren, Kohlenmonoxiddehydrogenasen). Auch dass theoretische Arbeiten z.B. in Form von Energieprofilen berücksichtigt werden, ist positiv hervorzuheben.

Natürlich ist es bei dem begrenzten Umfang eines Studienbuches nicht möglich, auf alle mechanistischen Facetten komplexkatalysierter Reaktionen einzugehen, zumal einige Arbeitsgebiete, wie etwa die Metathese, derzeit im Zentrum der Aufmerksamkeit stehen. Bezuglich der enantioselektiven Katalyse hätte ich mir jedoch Hinweise auf neuere Erkenntnisse über die grundeliegenden Mechanismen gewünscht. Erst kürzlich wurden mehrere Arbeiten veröffentlicht, die nahelegen, dass es neben der klassischen kinetisch kontrollierten Enantioselektivität („Anti-Schlüssel-Schloss-Beziehung“)

auch möglich ist, das überschüssige Enantiomer im Sinne der „Schlüssel-Schloss-Beziehung“ zu bilden.

In jedem Kapitel finden sich Literaturverweise auf die wichtigsten Lehrbücher und Monographien sowie sorgfältig ausgewählte, weiterführende Literaturstellen. Allerdings ist mir der Sinn des Zitiersystems leider verborgen geblieben: Im Haupttext werden für den Verweis nur die ersten drei Buchstaben des – meist weniger bekannten – Erstautors und das Publikationsjahr genannt. Sind mehrere Arbeiten des Erstautors innerhalb eines Jahres erschienen, ist eine weitere Unterteilung mithilfe von Kleinbuchstaben notwendig. In Abbildungs-, Tabellenlegenden usw. werden dagegen die Korrespondenzautoren ausgeschrieben.

Das Buch ist insgesamt sehr kompakt und anregend geschrieben und damit eine gelungene Fortführung des Klassikers *Homogene Katalyse* von R. Taube. Es kann jedem Leser empfohlen werden, der sich für die homogene Katalyse durch Übergangsmetallkomplexe interessiert.

*Detlef Heller*

Leibniz-Institut für Katalyse an der  
Universität Rostock e.V.

DOI: 10.1002/ange.200785508