

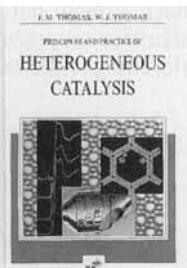
## Heterogene Katalyse – einfach alles

**Principles and Practice of Heterogeneous Catalysis.** *J. M. Thomas und W. J. Thomas.* WILEY-VCH, Weinheim, 1997. 669 S., geb., 128.00 DM—ISBN 3-527-29288-8

Im Vorwort ihres beeindruckenden Buches weisen die Autoren darauf hin, daß „Katalyse eine zentrale Stellung bei den physikalischen und biologischen Wissenschaften einnimmt“ und daß sie „auch die Hauptstütze der chemischen Industrie ist“. Die Richtigkeit dieser Aussagen reicht für alle, die mit Katalyse befaßt sind, als Begründung bereits aus, um ein Buch, daß sich mit den Prinzipien und der praktischen Anwendung der Heterogenen Katalyse beschäftigt, mit Freuden anzunehmen, auch wenn es derzeit kein Konkurrenzwerk gibt.

Obwohl der Titel des Buches ausdrücklich auf die Heterogene Katalyse verweist und viel von dem, was die Autoren zu berichten wissen, die Natur, die Struktur und die Verwendung fester Katalysatoren sowie die Reaktionsmechanismen, die die Katalysecyclen ausmachen, zum Gegenstand hat, wird das Buch auch all denen nützen, deren Hauptziel das allgemeine Verständnis der Natur und des Verhaltens von Katalysatoren ist.

Die Autoren des vorliegenden Buches stellen völlig richtig fest, daß während der letzten zwei oder drei Jahrzehnte revolutionäre Fortschritte hinsichtlich



des detaillierten Verständnisses von Oberflächenstrukturen fester Materialien gemacht worden sind, besonders bei großen Einkristallen, auf denen sich Schichten adsorbierten Materials befinden. Dieser Fortschritt ist durch die Verwendung ausgereifter physikalischer Methoden ermöglicht worden, und mit einigen ist sogar die Untersuchung der Katalysatoroberflächen während der katalytischen Reaktion möglich.

Das Buch ist ein grundlegendes Werk, das auf 669 Seiten und in acht Kapiteln folgende Themen abhandelt: 1. „Setting the Scene“ (ein Kapitel, das vielleicht am besten mit der Überschrift eines der Oberkapitel beschrieben wird: „Perspectives in Catalysis: Past, Present, Future“), 2. „The Fundamentals of Adsorption: Structural and Dynamic Considerations, Isotherms and Energetics“, 3. „Characterizing Catalysts and Their Surfaces“, 4. „The Significance of Pore Structure and Surface Area in Heterogeneous Catalysis“, 5. „The Solid State and Surface Chemistry of Catalysts“, 6. „Poisoning, Promotion, Deactivation, and Selectivity of Catalysts“, 7. „Catalytic Process Engineering“, 8. „Heterogeneous Catalysis: Examples and Case Histories“.

Das Thema wird in diesen acht Kapiteln in vielen Fällen ausreichend detailliert dargestellt, dennoch empfehlen wir den Autoren besonders die Aufnahme eines Kapitels über „Catalytic Process Engineering“ (Kapitel 7) sowie Material, das dem in Kapitel 4 über Diffusionseffekte in porösen Katalysatoren vorgestellten ähnelt. Diese Dinge werden von Chemikern sehr häufig vernachlässigt. Sogar bei Katalysereaktionen im Labormaßstab kommt dies vor, so daß Fehler bei der Abschätzung von Wärme- und Massenströmen zu völlig falschen Schlußfolgerungen führen können. In Kapitel 7 werden auch einige Experimental- und Industriereaktoren auf deutliche und erklärende Weise beschrieben.

Jedes der acht Kapitel enthält einige Testfragen (typischerweise 10 bis 25), anhand derer der Leser sein Verständnis des behandelten Stoffes überprüfen kann. Diese Fragen sind selten trivial, und jeder Leser, der in der Lage ist,

befriedigende Antworten auf die meisten dieser Fragen zu geben, wäre als kenntnisreich anzusehen. Trotz der Anmerkungen der Autoren, die an die Kapitel 1 und 2 angefügt sind, ist ein auf Problemlösung bedachter Leser am besten beraten, wenn er das gesamte Buch als Quelle verwendet und sich nicht nur auf den Inhalt eines einzelnen Kapitels verläßt.

Es ist offensichtlich, daß kein Buch des Umfangs und der Komplexität des hier vorgestellten frei von Kompromissen und Weglassungen ist. Wir lenken daher die Aufmerksamkeit auf folgende Punkte, in der Hoffnung, daß sie dem Leser von Nutzen sein mögen.

Die Autoren haben sich ganz allgemein viel Mühe gemacht, die historischen Hintergründe vieler Themen darzustellen, die dann detailliert diskutiert werden. Dies muß sicherlich anerkannt werden und wird von beträchtlichem Wert für Leser sein, deren Hauptziel es ist, einen umfassenden Überblick über das Thema zu erhalten. Dennoch sollte diese Annäherung über die Historie vorsichtig gehandhabt werden. So sollte die Betonung der Geometrie von Benzol und der bestimmter Ebenen von Übergangsmetallen, die von Balandin und anderen mit Betonung vorgebracht wird, heute nur noch als interessante historische Anekdote dargestellt (siehe Kapitel 1) und nicht als wirklich relevant für Reaktionsmechanismen angesehen werden, da dies der Benzolhydrierung.

Auf Seite 27 gibt es einige Verwirrung bei der Definition der Wechselfrequenz (*turn over frequency, TOF*). Diese sollte eindeutig als die Reaktionsgeschwindigkeit (z. B.  $dn/dt$ ) pro aktivem Zentrum definiert werden, wie von der IUPAC empfohlen wurde und auf Seite 27 in Gleichung (3) geschehen ist. Unter besonderen Umständen – wenn etwa der Umsatz gegen Null geht oder eine Reaktion nullter Ordnung vorliegt – ist  $dn/dt$  allerdings nicht gleich der Zahl der Moleküle, die während der Zeit  $t$ , wie im Text direkt vor Gleichung (3) geschrieben steht, reagieren: Dies ist keine TOF, sondern eine Ausbeute pro aktivem Zentrum und Zeit. Wie die Autoren richtig herausstellen, ist es bei Heterogenkatalysatoren allgemein recht

Diese Rubrik enthält Buchbesprechungen und Hinweise auf neue Bücher. Buchbesprechungen werden auf Einladung der Redaktion geschrieben. Vorschläge für zu besprechende Bücher und für Rezessoren 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.

schwer, die genaue Zahl der aktiven Zentren pro Quantitätseinheit zu kennen: Dennoch glauben wir nicht, daß es vernünftig ist, die Verwendung einer Art von TOF zu empfehlen, die als Flächen- oder Volumeneinheit des Katalysators formuliert wird. Die IUPAC-Definition der TOF ist die Zahl von durchlaufenen Katalysecyclen pro Sekunde. Tatsächlich ist einer der wesentlichen Vorzüge dieser Definition die Tatsache, daß die TOF unter Verwendung nur einer physikalischen Größe definiert ist – der Zeit. Bei der Diskussion dieses Punktes wird von den Autoren auf Seite 27 völlig richtig festgestellt, daß die Chemisorption – jedenfalls in manchen Fällen – eine nützliche Methode zum Abschätzen der Konzentration der aktiven Zentren ist, und Näheres zur Chemisorption, so wird der Leser verwiesen, befindet sich in Kapitel 3. In Wahrheit steht in Kapitel 3 fast nichts über Chemisorption (ausgenommen ein einzeiliger Eintrag in Tabelle 3.1). Die bekannte Bedeutung von Chemisorptionsmethoden für die Katalysatorcharakterisierung verlangt nach einer detailreicher Darstellung als nur einer einzeiligen Erwähnung.

In Kapitel 8 („Heterogeneous Catalysis: Examples and Case Histories“) werden die bedeutende und die am besten verstandenen Katalyseprozesse beschrieben: Methanolsynthese, Fischer-Tropsch-Katalyse, Ammoniaksynthese, Ammoniakoxidation, In-situ-Umsetzungen und -Trennungen, Autoabgaskatalyse, photokatalytische Wasserspaltung sowie die Verwendung von Solarenergie, Katalyse mit mikro- oder mesoporösen Feststoffen und modifizierten Tonen, katalytische Prozesse in der Öl-Industrie und die Rolle der Katalyse bei der energiebezogenen Umwelttechnologie. In den meisten Fällen wurden diese Themen ausreichend gut behandelt, wenn man den dafür zur Verfügung gestellten Platz und die sehr große Menge berücksichtiger technischer Details bedenkt. Auch werden in Kapitel 8 die Reaktortypen mehrerer, in großen Maßstäben durchgeführter Industrieprozesse diskutiert sowie einige vielversprechende Vielzweck-Katalysereaktoren vorgestellt, die sich sowohl für Destillationen, Membranfiltrationen oder Verbrennungen eignen. In zwei Fällen haben die Autoren sehr lehrreiche Zahlenbeispiele angeführt. Trotzdem müssen wir zwei Dinge kritisch kommentieren. Erstens ist es schade, daß die Autoren sich nicht mit metallkatalysierten C-C-Bindungsbrüchen befaßt haben, denn diese sind von beträchtlichem industriellem Interesse und

ebenso einige der besten Beispiele für katalytische Selektivitätskontrolle. Zweitens glauben wir, daß einige Aspekte der Ammoniaksynthese von den Autoren ungerechtfertigt ungenau beschrieben wurden, wenn man bedenkt, was über diesen wichtigen katalytischen Prozeß bekannt ist. Insbesondere die Tatsache, daß die hauptsächlich aktiven Zentren bei dieser Reaktion die sogenannten C<sub>7</sub>-Stellen sind, ist heute recht allgemein akzeptiert. Diese Zentren befinden sich auf den (111)- und den (211)-Flächen von Eisen. Dies wird unzureichend behandelt, und ebensowenig wird darauf hingewiesen, daß die Zahl dieser aktiven Zentren durch Hochtemperatur-Stickstoffchemisorption bestimmt werden kann.

Betrachtet man das Buch als Ganzes, müssen sich die Autoren die Frage gefallen lassen, wie sie es mit dem Verweisen auf Literatur halten. Bestimmte Elemente des Inhalts, z. B. Abbildungen, die aus anderen Quellen stammen, sind zwar präzise genug zitiert. Im Text selbst (d. h. in dem von den Autoren stammenden Text) sind Zitate der relevanten Literatur im allgemeinen entweder gar nicht vorhanden (so wird etwa der Name eines Autors angegeben, nicht aber eine Referenz, die zur Originalliteratur führt) oder der Autorennname ist zusammen mit einem Datum zitiert. In diesen Fällen findet sich die entsprechende Literaturstelle wahrscheinlich im Teil „Further Reading“ am Kapitelende. Problematisch ist aber, daß der im Text zitierte Autorennname nicht notwendigerweise der des Hauptautors in der Zitatliste ist, was eine mühselige Suche zur Folge hat. Natürlich hängt die Menge der zu zitierenden Literatur davon ab, wer das Buch lesen wird. Unserer Meinung nach wird der Wert des Buches für Forscher und Dozenten durch die unzureichende und idiosynkratische Zitierweise der relevanten Originalliteratur beträchtlich vermindert. Hätte man weiterhin die allgemein akzeptierte Praxis angewendet, wäre es möglich, den Erstautoren den angemessenen Respekt zu zollen. In der vorliegenden Form macht die unzulängliche Zitierweise es uns schwer, das Buch uneingeschränkt als Referenzwerk zu empfehlen. Außerdem ist der Index unzureichend.

Trotz unserer Vorbehalte, sollten die Katalytiker den Autoren für dieses Buch sehr dankbar sein, macht es doch die Vitalität des Gebietes anhand eines gut lesbaren Textes verständlich. Jeder, dem zu Ohren gekommen ist, Katalyse sei ein nahezu fertig erforschtes Gebiet, wird

sogar bei einem nur flüchtigen Durchsehen dieses Buches leicht davon überzeugt werden, daß Wissenschaftler und Ingenieure, die an der Theorie und der Praxis der Katalyse arbeiten, auch in Zukunft Entdeckungen und Innovationen machen werden. In diesem Zusammenhang sollte das Buch auf der Leseliste von Dekanen, Industriemannern, Stiftungsdirektoren und Regierungsangestellten der Wissenschaftsministerien stehen. Eine ausführliche Zusammenfassung wäre übrigens ein nützlicher Zusatz für jedes Kapitel gewesen. Auch empfehlen wir das Buch ausdrücklich für Chemiestudenten nach dem Vorexamen und Chemieingenieuren sowie deren Mentoren, um mit der Materie vertraut zu werden. Der beschwingte und inspirierende Schreibstil wird den Horizont derer erweitern, die nach einem herausfordernden Fortgeschrittenenkurs und interessanten Karrieremöglichkeiten suchen.

John R. Anderson  
Monash University,  
Melbourne (Australien),  
und Michel Boudart  
Dept. of Chemical Engineering,  
Stanford University, CA (USA)

**Handbook of Heterogeneous Catalysis.** Herausgegeben von G. Ertl, H. Knözinger und J. Weitkamp, WILEY-VCH, Weinheim, 1997. 2500 S., geb., 2490.00 DM—ISBN 3-527-29212-8

Das fünfbändige Kompendium folgt dem Geist der von Schwab in den vierziger und der von Emmett in den fünfziger Jahren herausgegebenen, und die Herausgeber weisen darauf hin, daß dieses Handbuch das erste ist, das umfassend auf alle Aspekte der heterogenen Katalyse eingeht – von den wissenschaftlichen Grundlagen bis zu den industriellen Anwendungen. Obwohl an diesem anspruchsvollen Werk mehr als 200 Autoren mitgewirkt haben und die Erstellung mehrere Jahre gedauert hat, wie sich an den unterschiedlichen Daten der neuesten, jeweils an den Kapitelenden aufgeführten Literaturzitaten zeigt, ist

